

ŠOLSKI CENTER VELENJE  
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA  
Trg mladosti 3, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA  
**BREŽIČNI OMNIDIREKCIJSKI ZVOČNIK**  
Tematsko področje: Elektrotehnika, elektronika in robotika

Avtorji:

Marcel Andrej Beliš, 4. letnik

Emanuel Planko, 4. letnik

Janko Oštir, 4. letnik

Mentor:

Karel Planko

Velenje, 2020

Raziskovalna naloga je bila opravljena na ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2020.

Mentor: Karel Planko

Datum predstavitve: marec 2020

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD ŠC Velenje, šolsko leto 2019/20  
KG Elektrotehnika, elektronika in robotika  
AV BELIŠ, Marcel/ PLANKO, Emanuel/ OŠTIR, Janko  
SA PLANKO, Karel  
LE  
KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3  
ZA ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola  
LI 2020  
IN BREŽIČNI OMNIDIREKCIJSKI ZVOČNIK  
TD RAZISKOVALNA NALOGA  
OP VII, 29 str., 0 pregl., 0 graf., 19 sl., 0 pril., 16 vir.  
IJ SL  
JI sl  
AI

Med sošolci so zelo popularni prenosni Bluetooth zvočniki in tudi v svetu trend takšnih zvočnikov hitro narašča. Želeli bi narediti podoben zvočnik, vendar nekoliko drugačen od klasičnih zvočnikov. Pri klasičnih zvočnikih posamezni zvočniki v ohišju obrnjeni v isto smer, pomenijo, da ima takšen zvočnik usmerjen zvok naprej. Mi želimo, da bi zvok enakomerno bil prisoten vsaj približno v vse smeri t.i. »omnidirection« zvočnik. Dogovorili smo se za izvedbo v okrogli ali kvadratasti obliki piramide ali stožca, ki bi bil postavljen simetrično na sredini med zvočnikoma obrnjena en proti drugemu, ki razprši zvok okrog vertikalne osi v vse smeri enakomerno. V bistvu bi bil 360 stopinjski bi-radialni horn. Kot vstopni vir signala smo izbrali obstoječi elektronski modul, ki omogoča izbiro avdio signala iz oddaljenega vira preko Bluetooth komunikacije in signala iz SD kartice oz. USB ključka. Za močnostni ojačevalnik izberemo obstoječe že narejene digitalne module zaradi lažje uporabe pri nižjih napetostih zaradi litijevih akumulatorskih baterij. Zato bomo za napajanje modulov uporabili rabljene baterije prenosnega računalnika z dodanim Bms modulom. Takšne vrste zvočnik bi imel tudi možnost nadaljnjega razvoja kot povezovanje več enakih zvočnikov preko Bluetooth tehnologije in »streamanje« glasbe iz interneta, lahko tudi kot aktiven zvočnik z dodatnimi vhodi za mikrofona in glasbene instrumente ter možnost nadzora preko aplikacije na mobilnem telefonu.

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

ND ŠC Velenje, 2019/20  
CX Electrical engineering, electronics and robotics  
AU BELIŠ, Marcel/ PLANKO, Emanuel/ OŠTIR, Janko  
AA PLANKO, Karel  
PR  
PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3  
PB ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola  
PY 2020  
TI WIRELESS OMNIDIRECTIONAL SPEAKER  
DT RESEARCH WORK  
NO VII, 29p., 0 tab., 0 graf, 19 fig., 0 ann., 16 ref.  
LA SL  
AL sl/en  
AB

Portable Bluetooth speakers are very popular among our classmates and the trend of such speakers is growing rapidly in the world as well. We would like to make a similar speaker, but slightly different from the classic speakers. For classic speakers, the individual speakers in the housing face in the same direction, meaning that such speakers have forward-facing sound. We want the sound to be evenly present at least approximately in all directions, i.e. Omnidirection speaker. We have agreed to have a pyramid or cone in a circular or square shape arranged symmetrically in the middle between the speakers facing each other, which disperses the sound around the vertical axis in all directions evenly. It would basically be a 360 degree bi-radial horn. As an input signal source, we have chosen an existing electronic module that enables the selection of audio signals from a remote source via Bluetooth communication and signals from an SD card or. USB stick. For the power amplifier, we choose existing pre-made digital modules for ease of use at lower voltages due to lithium batteries. Therefore, we will use used laptop batteries with the added Bms module to power the modules. This type of speaker could also be further developed as connecting more of the same speakers via Bluetooth technology and streaming music from the Internet, as well as being an active speaker with additional inputs for microphone and musical instruments and the ability to control via an application on a mobile phone.

## **KAZALO KRATIC**

ŠCV – Šolski Center Velenje

ŠD – številka dokumenta

KG – klasifikacijska gesla

AV – avtor

SA – sekundarni avtorji

KZ – kraj založbe

ZA – založnik

LI – leto izdaje

IN – izvorni naslov

TD – tip dokumenta

OP – opombe

IJ – izvorni jezik

JI – jezik izvlečka

AI – avtorski izvleček

BLE – Bluetooth low energy(Bluetooth nizka energija)

## KAZALO VSEBINE

<b>1 UVOD</b>	1
<b>1.1 Hipoteze</b>	1
<b>2 BLUETOOTH TEHNOLOGIJA</b>	2
<b>2.1 Bluetooth in brezžične naprave</b>	3
<b>2.2 Razlika med Bluetooth in Wi-Fi</b>	4
<b>2.2.1 Hitrost</b>	6
<b>2.2.2 Varnost</b>	6
<b>2.2.3 Domet</b>	6
<b>2.2.4 Kompatibilnost</b>	7
<b>2.2.5 Poraba energije</b>	7
<b>2.2.6 Cena</b>	7
<b>3 ZVOČNIKI</b>	8
<b>3.1 Različne vrste zvočnikov</b>	10
<b>3.1.1 Visokotonec</b>	10
<b>3.1.2 Srednjetonski zvočnik</b>	11
<b>3.1.3 Nizkotonec ali bas</b>	12
<b>3.1.4 Širokopasovni zvočnik</b>	13
<b>4 METODE DE LA</b>	14
<b>4.1 Priprava za izdelavo ohišja</b>	14
<b>4.2 Elektronski moduli, ki so vgrajeni v boksa</b>	18
<b>4.3 Končni oblika boksa</b>	21
<b>5 DISKUSIJA</b>	23
<b>6 ZAKLJUČEK</b>	23
<b>7 POVZETEK</b>	25
<b>8 SUMMARY</b>	25
<b>9 ZAHVALA</b>	25
<b>10 VIRI IN LITERATURA</b>	26
<b>10.1 Spletni viri</b>	26
<b>10.2 Slikovni viri</b>	27

**KAZALO SLIK**

<b>Slika 1:</b> Bluetooth logo, (Vir: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Name_and_logo">https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Name_and_logo</a> ).....	2
<b>Slika 2:</b> Povezava Bluetooth na različne brezžične naprave, (Vir: <a href="http://c.mi.com/thread-2063365-1-0.html">http://c.mi.com/thread-2063365-1-0.html</a> ).....	3
<b>Slika3:</b> Primerjava Bluetooth in Wi-Fi tehnologij, (Vir: <a href="https://techdifferences.com/difference-between-bluetooth-and-wifi.html">https://techdifferences.com/difference-between-bluetooth-and-wifi.html</a> ).....	4
<b>Slika 4:</b> Wi-Fi logo (Vir: <a href="http://clipart-library.com/free/wifi-logo-png.html">http://clipart-library.com/free/wifi-logo-png.html</a> ).....	5
<b>Slika 5:</b> Audioengine A5 zvočniki, (Vir: <a href="https://www.mightyape.co.nz/product/audioengine-5-powered-bookshelf-speakers-pair-solid-bamboo/28242320">https://www.mightyape.co.nz/product/audioengine-5-powered-bookshelf-speakers-pair-solid-bamboo/28242320</a> ).....	8
<b>Slika 6:</b> Dinamični zvočnik, (Vir: <a href="https://www.shutterstock.com/search/dynamic+speaker">https://www.shutterstock.com/search/dynamic+speaker</a> )...	9
<b>Slika 7:</b> 2,75 Visokotonec T-120, (Vir: <a href="https://www.simplyspeakers.com/replacement-speaker-tweeter-t-120.html">https://www.simplyspeakers.com/replacement-speaker-tweeter-t-120.html</a> ) .....	10
<b>Slika 8:</b> Zvočnik srednjega dosega Pyle PDMR5 5 , (Vir: <a href="https://www.parts-express.com/pyle-pdmr5-5-sealed-back-midrange-speaker-driver--292-200">https://www.parts-express.com/pyle-pdmr5-5-sealed-back-midrange-speaker-driver--292-200</a> ).....	11
<b>Slika 9:</b> Woofer Zvočnik SP805 Black, (Vir: <a href="https://www.kanbkam.com/ae/en/midbass-woofer-speaker-sp805-black-N22794121A">https://www.kanbkam.com/ae/en/midbass-woofer-speaker-sp805-black-N22794121A</a> ).....	12
<b>Slika 10:</b> Gonilnik celotnega dosega 100W RMS - K12H-100TC, (Vir: <a href="https://cpcireland.farnell.com/celestion/k12h-100tc/driver-12-twin-cone-100w-rms/dp/LS04188">https://cpcireland.farnell.com/celestion/k12h-100tc/driver-12-twin-cone-100w-rms/dp/LS04188</a> ).....	13
<b>Slika 11:</b> Začetek lepljenja boksa, (Vir: lasten).....	14
<b>Slika 12:</b> Princip lepljenja boksa, (Vir: lasten).....	14
<b>Slika 13:</b> Prilepljena boksa, (Vir: lasten).....	15
<b>Slika 14:</b> Označba za izrez odprtine za zvočnik, (Vir: lasten).....	15
<b>Slika 15:</b> Notranjost boksa po tem, ko se je lepilo posušilo, (Vir: lasten).....	16
<b>Slika 16:</b> Model našega zvočnika, (Vir: lasten).....	16
<b>Slika 17:</b> Model našega zvočnika, (Vir: lasten).....	17

<b>Slika 18:</b> Zvočnik v boks, (Vir: lasten).....	17
<b>Slika 19:</b> Električna shema povezave modulov, (Vir: lasten).....	18
<b>Slika 20:</b> DSP Bluetooth MP3 Decoder Board Karaoke Preamp Mixer EQ Lossless Fiber Coaxial Equalizer (Vir: <a href="https://www.banggood.com/DSP-Bluetooth">https://www.banggood.com/DSP-Bluetooth</a> ).....	19
<b>Slika 21:</b> Screenshot app interface, (Vir: <a href="https://www.banggood.com/DSP-Bluetooth">https://www.banggood.com/DSP-Bluetooth</a> ).....	20
<b>Slika 22:</b> Zvočnik v boks z improviziranim stožcem, (Vir: lasten).....	21
<b>Slika 23:</b> Zvočnik v boks - komplet, (Vir: lasten).....	21
<b>Slika 24:</b> Spekter pink noise na 1m od vira, (Vir: lasten).....	22



# 1 UVOD

Ideja o raziskovalni nalogi se nam je porodila, ker nas zanimajo zvočniki vseh vrst in zaradi želje, da bi naredili svoj lasten zvočnik smo se v sklopu naloge to tudi odločili narediti. Naš cilj je bil narediti zvočnik takšne vrste, da bi ne glede na svojo postavitev, oddajal zvok enakomerno v vse smeri.

## 1.1 Hipoteze

- Prenosni Bluetooth zvočnik lahko naredimo brez predhodnega znanja o elektroniki in akustiki.
- Dosežemo lahko enako kvaliteto kot že obstoječi zvočniki na trgu.
- Zvočnik v vse smeri enakomerno oddaja zvok.

## 2 BLUETOOTH TEHNOLOGIJA

Bluetooth je standard za brezžično tehnologijo, ki se uporablja za izmenjavo podatkov med fiksnimi in mobilnimi napravami na kratkih razdaljah s pomočjo kratko valovnih UHF radijskih valov v znanstvenih, industrijskih in medicinskih radijskih pasovih, od 2.400 do 2.485 GHz, in za izgradnjo osebnih omrežij (PAN). Prvotno je bil zamišljen kot brezžična alternativa podatkovnim kablom RS-232.

Razvoj radijske tehnologije "kratke povezave", kasneje imenovane Bluetooth, je leta 1989 začel Nils Rydbeck, CTO, pri Ericsson Mobile v Lundu na Švedskem.

Bluetooth tehnologija je tehnologija brezžične komunikacije kratkega dosega, ki nadomešča kable, ki povezujejo elektronske naprave, in omogoča osebi telefonski pogovor prek slušalk, uporabo brezžične miške in sinhronizacijo informacij iz mobilnega telefona v računalnik, pri čemer vsi uporabljajo isti jedrni sistem.

Oddajnik Bluetooth (ali fizična plast) deluje v nelicenciranem pasu ISM s središčem 2,4 gigaherca (enak razpon frekvenc, ki jih uporabljajo mikrovalovne pečice in Wi-Fi). Jedrni sistem uporablja frekvenčni oddajnik za boj proti motnjami.

Bluetooth naprave upravljamo s pomočjo RF topologije, znane kot "zvezdna topologija." Skupina naprav, sinhroniziranih na ta način, tvori pikonet, ki lahko vsebuje enega glavnega in do sedem aktivnih sužnjev z dodatnimi robovi, ki ne sodelujejo aktivno v omrežju. (Dana naprava je lahko tudi del enega ali več pikotonov, bodisi kot glavni bodisi kot suženj.) V pikonetu fizični radijski kanal deli skupina naprav, ki so sinhronizirane v skupno uro in frekvenčni skok vzorec, z glavno napravo, ki zagotavlja reference sinhronizacije.

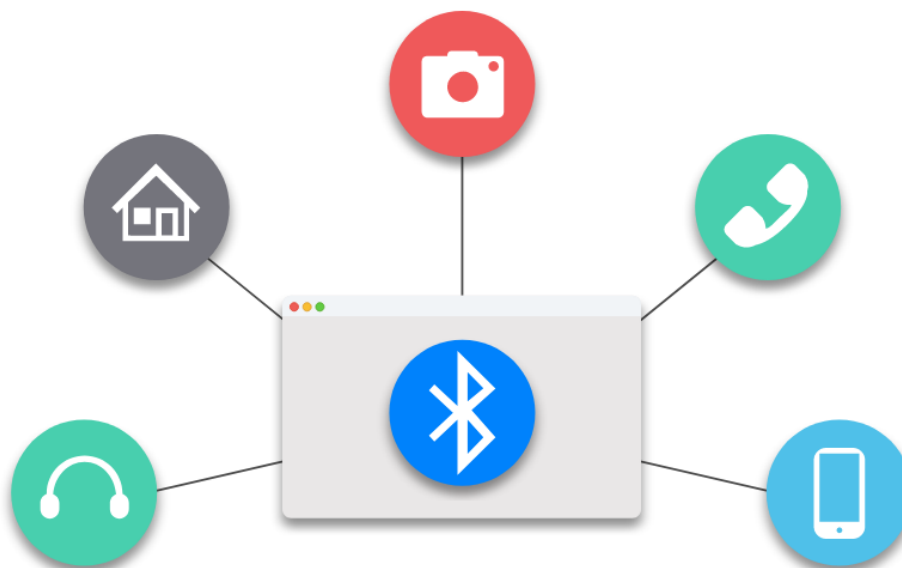
Ime Bluetooth je angleška različica skandinavske epitete kralja iz desetega stoletja Harald Modrozobega (Bluetooth), ki je združil danska plemena v enotno kraljestvo. Logotip za bluetooth je prikazan na sliki 1.



Slika 1: Bluetooth logo, (Vir: [https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Name\\_and\\_logo](https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Name_and_logo))

## 2.1 Bluetooth in brezžične naprave

Bluetooth tehnologija uporablja radio kratkega dosega, da povezuje dve napravi skupaj. To odpravlja uporabo kablov za povezavo različnih prenosnih elektronskih naprav, kot so slušalke, telefoni, foto aparati,...(slika 2). Standardi Bluetooth določajo enotno strukturo za komunikacijo med široko paleto naprav z minimalnim močjo uporabnika. Drugi način pogleda na Bluetooth je, da je robustna, preprosta in ekonomična tehnologija, ki ponuja brezžični dostop do krajevnih omrežij, mobilnih telefonskih omrežij, interneta in še veliko več.



Slika 2: Povezava Bluetooth na različne brezžične naprave, (Vir: <http://c.mi.com/thread-2063365-1-0.html>)

## 2.2 Razlika med Bluetooth in Wi-Fi

Bluetooth in Wi-Fi sta dve metodi, ki omogočata brezžično komunikacijo, vendar razlika med obema večinoma izhaja iz tega, kako sta zasnovana in kako se uporabljata (slika 3). Glavna razlika je v tem, da se Bluetooth uporablja predvsem za povezovanje naprav brez uporabe kablov, Wi-Fi pa omogoča hiter dostop do interneta.

Bluetooth je standard brezžične tehnologije, ki se uporablja za izmenjavo podatkov na kratkih razdaljah (manj kot 10 m), običajno med osebnimi mobilnimi napravami. To pomeni, da lahko naprava, ki podpira Bluetooth, na primer pametni telefon, komunicira z drugimi napravami Bluetooth, kot sta brezžična slušalka ali tiskalnik. Bluetooth torej deluje kot kabel med obema napravama, saj ustvarja varno brezžično osebno omrežje, v katerem lahko te naprave komunicirajo.

Bluetooth ima široko paleto aplikacij in povečuje udobje in funkcionalnost prenosnih naprav, saj omogoča preprost način za interakcijo z drugimi napravami, ki podpirajo Bluetooth. Bluetooth velja za lastniški protokol, saj morajo proizvajalci naprav za izdelavo in prodajo Bluetooth naprave pridobiti licence za več patentov.

BASIS FOR COMPARISON	BLUETOOTH	WIFI
Bandwidth	Low	High
Hardware requirement	Bluetooth adapter on all the devices connecting with each other.	Wireless adapter on all the devices of the network and a wireless router.
Ease of Use	Fairly simple to use and switching between devices is easier.	It is more complex and requires configuration of hardware and software.
Range	10 meters	100 meters
Security	Less secure comparatively	Security features are better. Still, there are some risks.
Power consumption	Low	High
Frequency range	2.400 GHz and 2.483 GHz	2.4 GHz and 5 GHz
Flexibility	Supports limited number of user	It provides support for a large number of users
Modulation techniques	GFSK (Gaussian frequency shift keying)	OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing) and QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

Slika 3: Primerjava Bluetooth in Wi-Fi tehnologij, (Vir: <https://techdifferences.com/difference-between-bluetooth-and-wifi.html>)

Wi-Fi ima nekaj podobnih nastavitev kot Bluetooth, na primer nastavitve omrežja ali tiskanje in prenos datotek. Je tudi brezžični standard, vendar namesto, da je zasnovan za komunikacijo med napravami, služi za brezžično povezovanje naprav v internet ali omrežja Ethernet, kot je lokalno omrežje (LAN). Njegov razpon je precej večji od zelo kratkega dosega, v katerem Bluetooth naprave komunicirajo, saj je dostop do Wi-Fi signala mogoč tudi do 100 m. To pomeni, da se lahko naprava, ki podpira Wi-Fi, na primer osebni računalnik ali pametni telefon, brezžično poveže z internetom, ko je v dostopni točki Wi-Fi ali na območju, kjer je možen dostop do signala Wi-Fi.

Ta dostopna točka je lahko majhno območje, kot je enoposteljna soba, ali lahko prekriva več kilometrov, če se lahko dostopne točke prekrivajo. Wi-Fi je blagovna znamka, ki se uporablja za označevanje naprav, ki uporabljajo standarde IEEE 802.11 razvidno na sliki 4. Proizvajalci izdelkov morajo opraviti preizkušanje certifikata o interoperabilnosti Wi-Fi, ki ga izvaja združenje Wi-Fi, da naprave označijo kot naprave Wi-Fi. Wi-Fi je na voljo v večini naprav, dostopne točke Wi-Fi pa se še naprej širijo po podjetjih, univerzitetnih kampusih, restavracijah, letališčih in drugih javnih lokacijah.



Slika 4: Wi-Fi logo (Vir: <http://clipart-library.com/free/wifi-logo-png.html>)

### 2.2.1 Hitrost

BLE (Bluetooth Low Energy) je bil zasnovan za pošiljanje majhnih paketov podatkov. Zaradi tega je najprimernejši za prenos manjše količine podatkov, kot so numerične vrednosti, iz senzorjev. BLE lahko zagotavlja pasovno širino približno 1 Mbps. Bluetooth Classic je 2-3 krat hitrejši.

Tudi počasnejši WiFi standardi, kot na primer HaLow lahko pošiljajo podatke do 347 Mbps, hitrejši pa lahko prenašajo podatke več kot 1,3 Gbps. Zato je WiFi zelo primeren za prenos večje količine podatkov, kot so videoposnetki, fotografije itd.

### 2.2.2 Varnost

V preteklosti je imel Bluetooth resne pomanjkljivosti v varnosti, vendar jih je bila večina odpravljenih z novejšimi standardi. V večini primerov še vedno ne veljajo najboljši možni varnostni standardi, toda s pravilno nastavitvijo je povezava lahko varna.

WiFi pa se je po drugi strani že prej ukvarjal z varnostjo, zato je razvil varnostne protokole oziroma WEP, WPA, WPA2 in WPA3. Zaželeno je uporabljati najnovejši možni varnostni protokol, WPA3. Pravilno nastavljena zaščita Bluetooth povezave bi bila dovolj skoraj v vseh primerih, a če so podatki, ki jih želimo posredovati, zelo občutljivi in želimo dodatno varnost, potem moramo razmisliti o uporabi WiFi.

### 2.2.3 Domet

Doseg Bluetooth je v veliki meri odvisen od ovir, zato se bo spreminjal glede na to, kje ga želimo uporabiti. Prav tako obstaja veliko modulov Bluetooth in imeli bodo različno največje območje. Običajno bo med 40 - 400 m. Lahko pa razmišljamo celo o modulih dolgega dosega, ki lahko dosežejo doseg kar 1000 m.

Na splošno usmerjevalniki Wi-Fi, ki delujejo na tradicionalnih 2,4 GHz, dosežejo do 46 m v zaprtih prostorih in 92 m na prostem. 5 GHz WiFi je bolj dovzeten za ovire kot 2,4 GHz. Toda WiFi HaLow, ki je bil zasnovan za doseganje dolgih razdalj, deluje na frekvenci pod 1 GHz in lahko doseže kar 1 kilometer.

### **2.2.4 Kompatibilnost**

Večina novejših iOS in Android naprav lahko deluje tako z WiFi kot Bluetooth z najnovejšimi standardi. Združljivost ne bi smela biti težava za nobeno od teh naprav.

### **2.2.5 Poraba energije**

V večini primerov naprave Bluetooth porabijo manj energije kot WiFi. BLE je bil zasnovan posebej za nizko porabo energije. Razlika je precej pomembna, saj lahko WiFi naprave porabijo 10-krat ali več električne energije kot naprave BLE. Če želimo uporabljati WiFi, moramo razmisliti o zagotavljanju vira energije in računati na dodatne stroške.

### **2.2.6 Cena**

Bluetooth naprave so običajno cenejše. Porabijo malo energije, zato so stroški nižji, posledično se menjava baterije zgodi zelo redko. Tudi nastavitev pravilne konfiguracije WiFi je precej težja, zato bo namestitev dražja. Priključitev naprav je zato preko bluetooth tehnologije bolj prijazen in preprost za širši krog uporabnikov.

### 3 ZVOČNIKI

Zvočnik je naprava za pretvorbo električne energije v zvočno energijo signala, ki se oddaja v sobo ali na prostem. Izraz signalna energija pomeni, da ima električna energija določeno obliko, ki ustreza na primer govoru, glasbi ali kateremu koli drugemu signalu v območju zvočnih frekvenc (približno 20 do 20 000 hertz). Zvočnik mora ohraniti bistveni značaj te signalne energije v akustični obliki. Ta opredelitev zvočnika izključuje takšne naprave, kot so zvočniki, gongi in sirene, pri katerih energija zvočnega signala ne ustreza obliki električnega signala. Del zvočnika, ki pretvarja električno v mehansko energijo, pogosto imenujemo motor ali zvočna tuljava. Motor vibrira membrano, ki obenem vibrira zrak v neposrednem stiku z njim, proizvaja zvočni val, ki ustreza vzorcu izvirnega govornega ali glasbenega signala. Najpogosteje je motor sestavljen iz tuljave žice, ki se giblje v močnem magnetnem polju, vendar lahko membrano deluje tudi z elektrostatičnimi silami ali z delovanjem piezoelektričnega materiala. Najbolj razširjena vrsta zvočnikov v današnjih časih je dinamični zvočnik, ki sta ga leta 1924 izumila Edward W. Kellogg in Chester W. Rice. Novejši primer prikazuje slika 5.



Slika 5: Audioengine A5 zvočniki, (Vir: <https://www.mightyape.co.nz/product/audioengine-5-powered-bookshelf-speakers-pair-solid-bamboo/28242320>)



Zvočniki so običajno nameščeni v ohišju zvočnikov al izvočnih skrinjah, ki je pogosto pravokotna kvadratna škatla iz več oblik lesa ali včasih plastike oz. iz posebnih ne-resonančnih materialov. Materiali in oblikovanje ohišja igrajo pomembno vlogo pri kakovosti zvoka zato mora biti skrinja čim bolj trdna in ne-resonančno. Kadar je potrebna visoko natančna reprodukcija zvoka je nameščenih več zvočnikov v isto zvočno skrinjo oz. boks, pri čemer vsak reproducira del zvočnega frekvenčnega območja (slika 5). V tem primeru se posamezni zvočniki imenujejo "gonilniki", celotna enota pa se imenuje zvočnik. Gonilniki, izdelani za reprodukcijo visokih zvočnih frekvenc, se imenujejo visokotonski zvočniki, tisti za srednje frekvence se imenujejo gonilniki srednjega obsega ali srednjjetonski zvočnik, tisti za nizke frekvence pa nizkotonski oz. bas zvočnik. Izjemno nizke frekvence (16Hz do 100Hz) lahko reproducirajo samostojni nizkotonski zvočniki in jih imenujemo woofer.. Manjše zvočnike najdemo v napravah, kot so radijski sprejemniki, televizorji, prenosni zvočni predvajalniki, računalniki in elektronski glasbeni inštrumenti. Večji zvočniški sistemi se uporabljajo za glasbo, ojačitev zvoka v gledališčih in koncertnih dvoranh ter v sistemih za javne razglase, hoteli, sejne sobe..



Slika 6: Dinamični zovčnik, (Vir: <https://www.shutterstock.com/search/dynamic+speaker>)

## 3.1 Različne vrste zvočnikov

Zvočniki so med nami že kar nekaj časa, zato je bilo vse od njihovega nastanka pa do danes sčasoma sprejetih veliko sprememb, ki so zvočnike spremenile v široke, visoke, glasne in podobno. Ko pa je kakovost zvoka postala poslanstvo zvočnih inženirjev, so spoznali, da je ločevanje zvoka nujno.

Da bi to dosegli, se morajo različni zvočniki (elektroakustični pretvorniki) osredotočiti na oddajanje različnih zvokov. Z drugimi besedami, za izboljšanje kakovosti zvoka mora vsak zvočnik oddajati zvoke le v omejenem frekvenčnem območju.

### 3.1.1 Visokotonec

Visokotonski zvočnik (slika 7) je najmanjša vrsta zvočnikov, ki je znana tudi kot visokotonski zvočnik. Zvočnik je zasnovan tako, da reproducira zgornjo mejo zvočnega frekvenčnega območja. Razlikuje se med visokotonci, običajno pa se zvočna frekvenca giblje od 2000 do 20 000 Hz.

Obstajajo posebne vrste visokotonskih zvočnikov, ki lahko oddajajo zvoke do 100.000 Hz, vendar ti zvočni valovi ostanejo zunaj človeške slušne zmogljivosti. Imenujemo ga ultrazvok.

Izraz "visokotonec" izvira iz besede "tweet", ki predstavlja zvoke visokega tona, ki jih oddajajo nekatere ptice.

Za izdajanje visokofrekvenčnih zvokov mora membrana vibrirati hitreje, zato je bistvena manjša velikost zvočnika. Pravzaprav se mora zvočnik višje frekvence premikati hitreje, zaradi česar je masa in velikost membrane pomemben dejavnik..

Sodobne membrane visokotonca so narejene iz svile, poliestrskega filma ali tkanine, aluminija in drugih posebnih zlitin ali celo titana in še mnogih eksotičnih materialov Diafragma oz. opna je pritrjena na širokem koncu (aka vzmetenje), ki predstavlja kovinsko platišče, ki podpira gibanje stožca. S košaro je povezan s prilagodljivim kovinskim obročem, ki omogoča gibanje tuljave in jo varno drži na svojem mestu.



Slika 7: 2,75 Visokotonec T-120, (Vir<http://www.troelsgravesen.dk/SBA-tweeters.htm>)

### 3.1.2 Srednjetski zvočnik

Zvočnik srednjega cenovnega razreda je gonilnik, ki ga poznamo tudi kot zvočnik za srednje tone oz. srednjetski zvočnik (slika 8). Zasnovan je za oddajanje zvoka v frekvenčnem območju od 250 do 2000 Hz.

Večino časa ima gonilnik obliko stožca, kljub temu pa lahko naletimo tudi na gonilnike tipa kupole, vendar so ti manj pogosti.

Zasnova je preprosta, klasičen dinamični srednjetski zvočnik ima membrano in tuljavo, ki je pritrjena na vratu, stožec pa je pritrjen na zunanjo stran membrane. Vse skupaj je pritrjeno na ogrodje (košaro) na katerem je tudi stalni magnet.

Najpogostejši material, ki se uporablja za stožce gonilnikov srednjega razreda, je papir. Obenem se smole in polimeri zdaj pogosteje uporabljajo, saj zagotavljajo boljše dušenje vibracij kot papir. Gonilnike hi-enda lahko izdelamo tudi z uporabo steklenih vlaken, zlitin iz lahkih kovin iz ogljikovih vlaken ali celo s Kevlarjem.

Pri celotnem zvočnem spektru zvočniki srednjega obsega delujejo v najpomembnejšem delu zvočnega spektra. Najprej je srednji obseg običajno najprometnejši od vseh frekvenčnih pasov, saj večina zvokov, ki jih vsak dan slišimo, spada v ta obseg. Poleg tega so človeška ušesa zaradi nenehnega sprejemanja zvokov srednjega frekvenčnega območja usposobljena za zelo natančno prepoznavanje neskladja in popačenj. Na 1000 Hz je naše uho sposobno zaznati popačenje tudi še 0,001% popačenje. Pri nizkih tonih pod 100Hz to zaznavanje popačenj pade na kar na nekaj procentov.



Slika 8: Zvočnik srednjega dosega Pyle PDMR5 5, (Vir: <https://www.parts-express.com/pyle-pdmr5-5-sealed-back-midrange-speaker-driver--292-200>)

### 3.1.3 Nizkotonec ali bas

Nizkotonec, imenovan tudi bas zvočnik (slika 9), je izraz za zvočnik ali gonilnik, ki ima nalogo, da reproducira nizkofrekvenčne zvoke.

Večino časa je opremljen z elektrodinamičnim gonilnikom iz močnega papirja ali različnih polimerov.

Ko najnižji konec človeškega sluha znaša približno 20 Hz, nozkotonci običajno ne izčrpajo človeških slušnih zmogljivosti, ki delujejo v območju od 40 Hz in več.

Pri nekaterih sistemih zvočnikov se razpon, ki ga pokriva nizkotonec, razširi na 3000 Hz ali celo 5000 Hz. Ti zvočniki se imenujejo "srednje nizki zvočniki" in jih običajno najdemo v sistemih za domači kino, kjer nizkotonec prihaja v lastnem ohišju. V praktičnem smislu prepuščajo spodnjo reprodukcijo nizkotoncem in prevzamejo nizkotonsko frekvenco nizkotonskega zvočnika.

Zvočniki so običajno večji, težji in imajo bistveno večje magnete kot drugi zvočniki v ohišju. Če želite učinkovito reproducirati spodnji del, mora imeti zvočnik večjo površino in več surove električne energije, torej večjo membrano in magnet.

Ojačevalnik nizkofrekvenčnega signala aktivira magnet, ki potiska relativno ravno površino membrane, da ustvari mehansko gibanje zraka. Zaradi tega so vibracije manj pogoste, a veliko bolj intenzivne v primerjavi z drugimi gonilniki v zaprtem prostoru.



Slika 9: Woofer Zvočnik SP805 Black, (Vir: <https://www.kanbkam.com/ae/en/midbass-woofer-speaker-sp805-black-N22794121A>)

### 3.1.4 Širokopasovni zvočnik

Širokopasovni zvočnik, kot že ime pove, je zasnovan tako, da pokriva celoten zvočni spekter od nizkih do visokih frekvenc.

Gonilniki nizkih, srednjih in visokih frekvenc odlikujejo različne zasnove, s katerimi lahko učinkovito reproducirajo zvok v ustreznih pasovih.

Izziv zvočnika v celotnem obsegu so fizične omejitve in omejitve, ki se včasih medsebojno izključujejo, če upoštevamo učinkovito nizko ali visokofrekvenčno reprodukcijo.

Da bi zagotovili čim več zvočnega frekvenčnega območja, je bilo treba storiti številne kompromise. Ena izmed ključnih stvari je, da se prepričamo o velikosti, saj ne more biti premajhna, saj moramo ustvariti fizično gibanje zraka, da dosežemo nizke frekvence. Hkrati ne more biti velika, ker bi bila potem membrana preveč obsežna, da bi ustvarila dovolj frekvence za visok konec zvočnega spektra. Posledično je najbolj značilna velikost gonilnikov celotnega obsega med 3 " in 8 ".

Jedro zasnove je podobno kot drugi gonilniki in ima en sam gonilnik, glavno tuljavo za napajanje membrane. Za zmanjšanje nekaterih zgoraj opisanih fizičnih omejitev se uporabljajo dodatne inženirske odločitve. Eden takšnih primerov je stožec roga ali žvižga, ki je nameščen na ozkem koncu membrane, da se izboljša reprodukcija visoke frekvence. Druge rešitve vključujejo uporabo sevalne kupole namesto tradicionalne pokrovke za prah in številne druge.

Na splošno so zvočniki v celotnem obsegu precej kompromis med kakovostjo zvoka, preprostostjo in fizično velikostjo. Niti običajno ne delujejo izjemno dobro v nobenem od frekvenčnih pasov, lahko oddajo zadostno amplitudo in včasih povzročijo nekoliko nenatančno reprodukcijo zvoka. Niso mojstri nobenega, ampak bolj kompromisa, ki je upravičen v nešteti avdio aplikacijah, kjer je praktičnost pomembnejša od zvočne zvestobe.

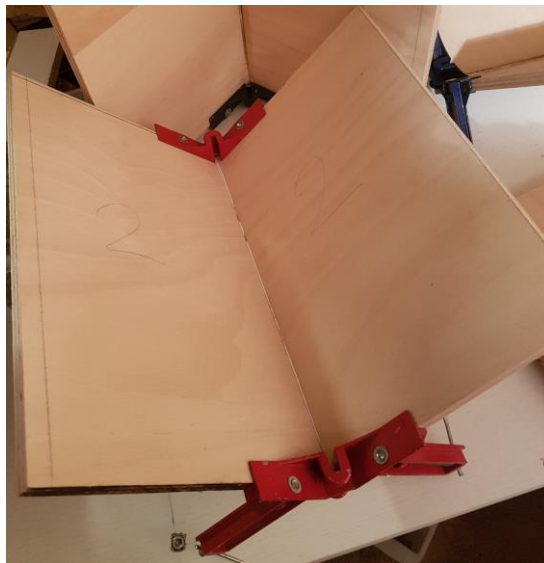


Slika 10: Gonilnik celotnega dosega 100W RMS - K12H-100TC, (Vir: <https://cpcireland.farnell.com/celestion/k12h-100tc/driver-12-twin-cone-100w-rms/dp/LS04188>)

## 4 METODE DELA

### 4.1 Priprava za izdelavo ohišja

Najprej smo si izbrali mere zvočnika za izrez plošč, potem smo se pa z mizarjem dogovorili, da nam naredi stožčasto piramido iz lesa, ki je bistvo tega zvočnika. Ko smo narezali plošče, smo jih postopoma zlepili v dva boksa z lepilom za les ter dodatno ojačali z trikotnimi letvami, da bi zmanjšali vibracije ohišja na minimum, da samo ohišje ne oddaja zvoka. Najprej smo začeli z lepljenjem dveh stranic kot kaže slika 11 in slika 12.



Slika 11: Začetek lepljenja boksa, (Vir: lasten)



Slika 12: Princip lepljenja boksa, (Vir: lasten)

Na sliki 13 in 14 smo kote zvočnika ojačali z trikotnimi letvami, da je samo ohišje mehansko bolj močno in konstrukcijsko močnejše, ker znotraj pri igranju nizkih frekvenc oz. bas področja glasbe nastanejo veliki pritiski in lahko pride do resonance ohišja in materialov.



*Slika 13: Prilepljena boks, (Vir: lasten)*



*Slika 14: Označba za izrez odprtine za zvočnik, (Vir: lasten)*



*Slika 15: Notranjost boka po tem, ko se je lepilo posušilo, (Vir: lasten)*



*Slika 16: Model našega zvočnika, (Vir: lasten)*





*Slika 17: Model našega zvočnika, (Vir: lasten)*



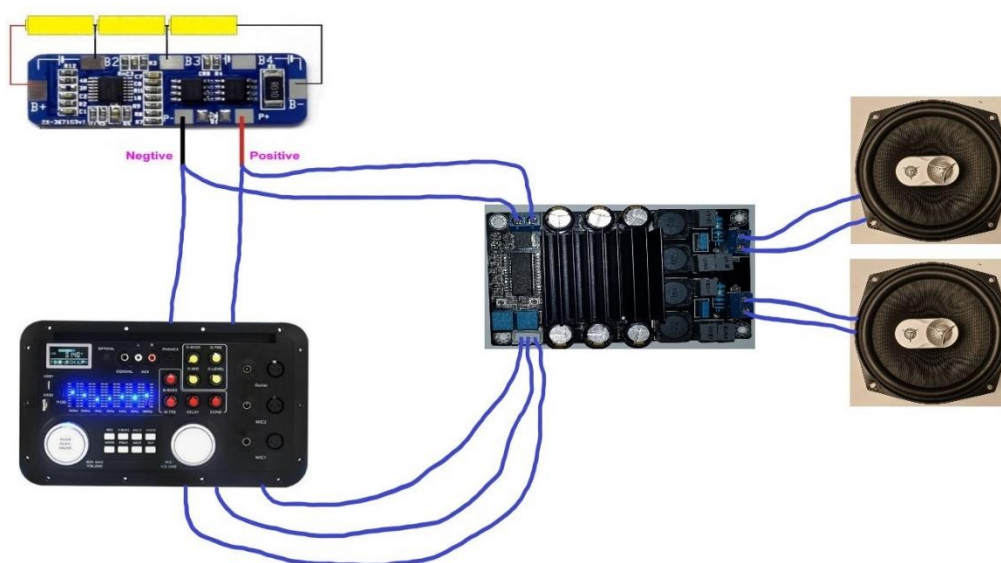
*Slika 18: Zvočnik v boksu, (Vir: lasten)*

Na sliki 17 je zvočnik, ki smo ga uporabili za našo raziskovalno nalogo. V osnovi je namenjen za vgradnjo v avtomobile, kar pomeni, da potrebuje manjšo prostornino (vrata avtomobila) in smo predvidevali, da bi bil primeren za našo velikost ohišja. Slika 18 prikazuje prvi preizkus sestavljenega eno od dveh ohišij.

## 4.2 Elektronski moduli, ki so vgrajeni v boksa

Zaradi dveh delov, ki jih nismo pravočasno prejeli, to sta stožčasta piramida ter Bluetooth modul, ki smo ga naročili iz Kitajske smo morali improvizirati preizkus, da smo lahko dokončali nalogo oziroma zvočnik. Stožčasto piramido smo naredili iz stiroporja in preizkusili, namesto Bluetooth modula pa smo se na ojačevalec povezali kar preko prenosnega telefona ter lahko potrdimo, da je naša hipoteza glede enakomerne razpršitve zvoka v vse smeri potrjena.

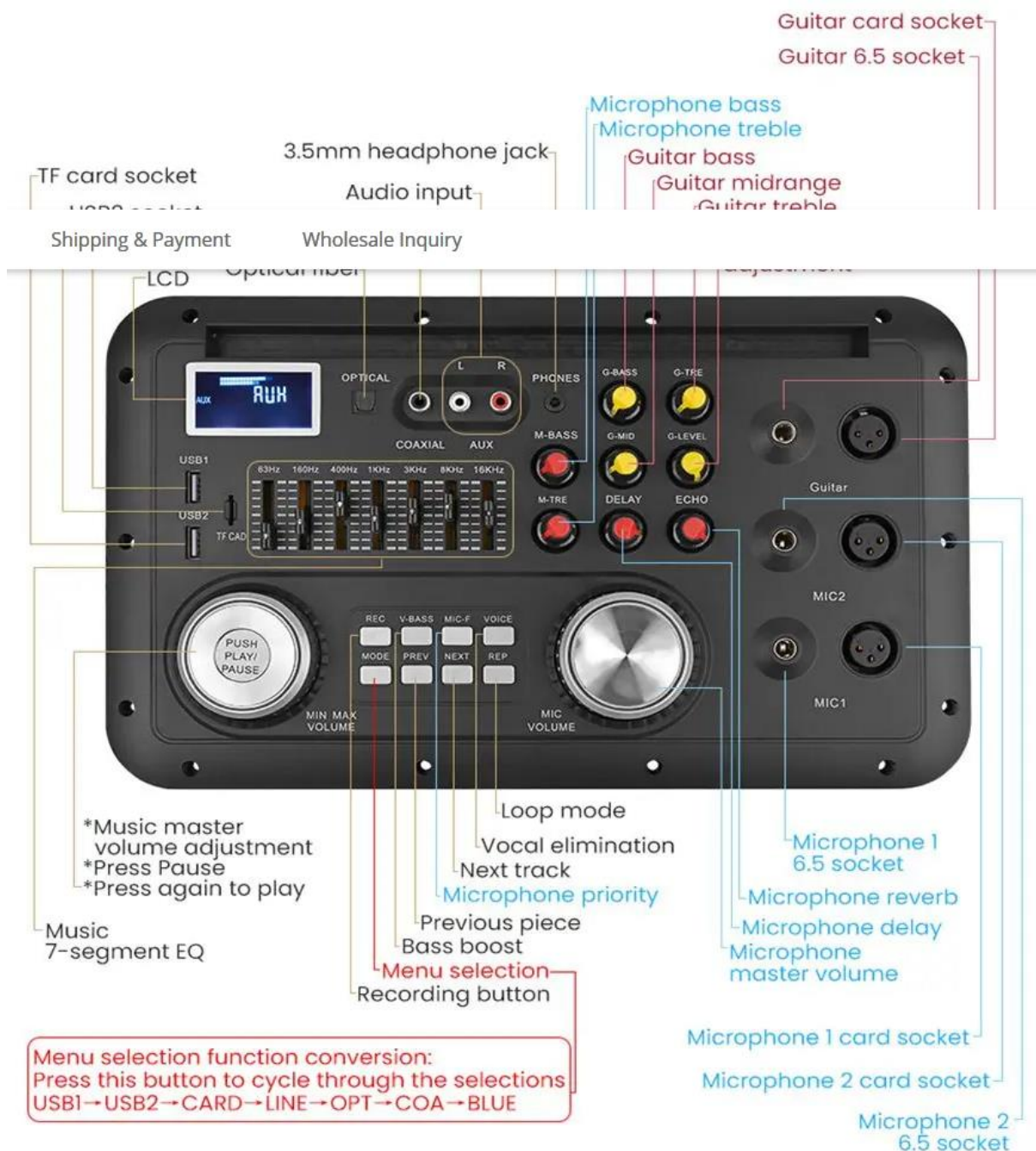
Shema na sliki 19 prikazuje na kakšen način so povezani moduli med seboj. Uporabili smo baterije od starih prenosnikov in dodali zaradi specifikave litijevih baterij elektronsko vezje, potem smo za izhod uporabili digitalni ojačevalec 2x50W\8ohm. Za zvočnike smo uporabili avto zvočnike JBL gto836e.



Slika 19: Električna shema povezave modulov, (Vir: lasten)

Ko smo končno z veliko zamudo prejeli bluetooth vmesnik (DSP Bluetooth MP3 Decoder Board Karaoke Preamp Mixer EQ Lossless Fiber Coaxial Equalizer for Amplifier Audio Home Theater), ki je več kot samo to kar smo potrebovali in nam je omogočil zelo univerzalno uporabo zvočnika.

Modul na sliki 20 nam je dal še več možnosti kot smo si sprva zamislili koncept bluetooth zvočnika. Ima možnost vhodov preko bluetooth, USB, TF kartice, coaxial, optičnega ter analognega vhoda. Ima DSP, ki omogoča še razne efekte in dodatne korekcije karakteristike zvočnika.

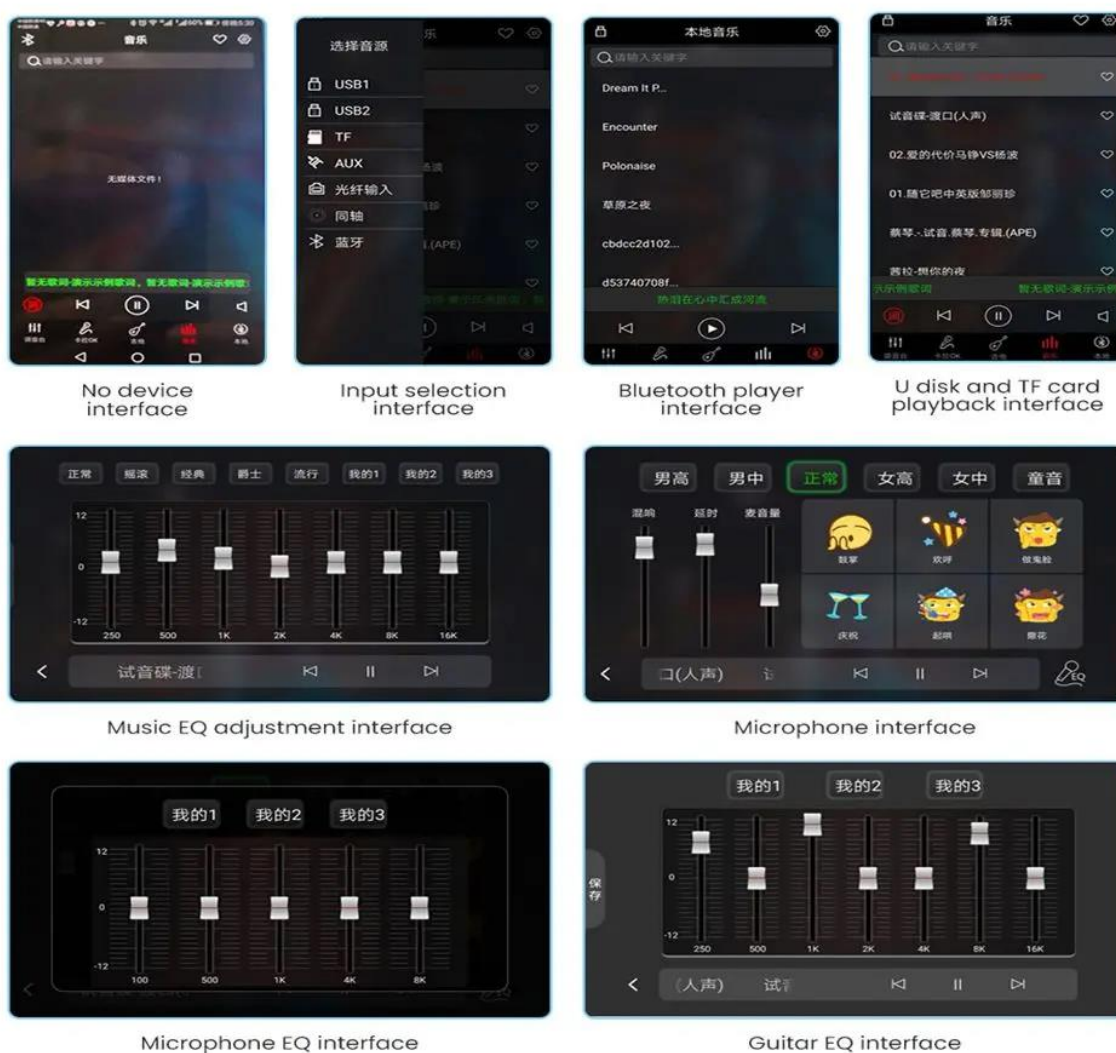


Slika 20: DSP Bluetooth MP3 Decoder Board Karaoke Preamp Mixer EQ Lossless Fiber Coaxial Equalizer

(Vir: <https://www.banggood.com/DSP-Bluetooth>)

Aplikacija Audio Pro Control za bluetooth modul (na sliki 21 so posnetki t.i. screenshot aplikacije) v bistvu ni to kar reklamirajo. Poskušali smo kontaktirati z proizvajalcem in ugotovili, da nam ne bodo dali dostopa, da bi lahko poizkusili sami spreminjati določene nastavitve. Kar reklamirajo je verjetno še nedokončano in zato trenutno še vedno nedosegljivo za uporabnika. Vendar delujejo druge aplikacije, ki so naložene na mobilnih telefonih ali tablicah, a te aplikacije delujejo na telefonu in samo pošiljajo glasbo na bluetooth modul. Mi pa smo želeli, tako kot je praviloma možno uporabiti ta modul, da z aplikacijo upravljamo nastavitve, ki delujejo v modulu in ne na našem telefonu.

## APP interface



Slika 21: Screenshot app interface, (Vir: <https://www.banggood.com/DSP-Bluetooth>)

### 4.3 Končni oblika boksa

Pri sami izdelavi smo veliko improvizirali in sproti spreminjali glede na material in možnosti, ki smo jih imeli. Slike 22 in 23 prikazujejo to kar nam je uspelo sestaviti.

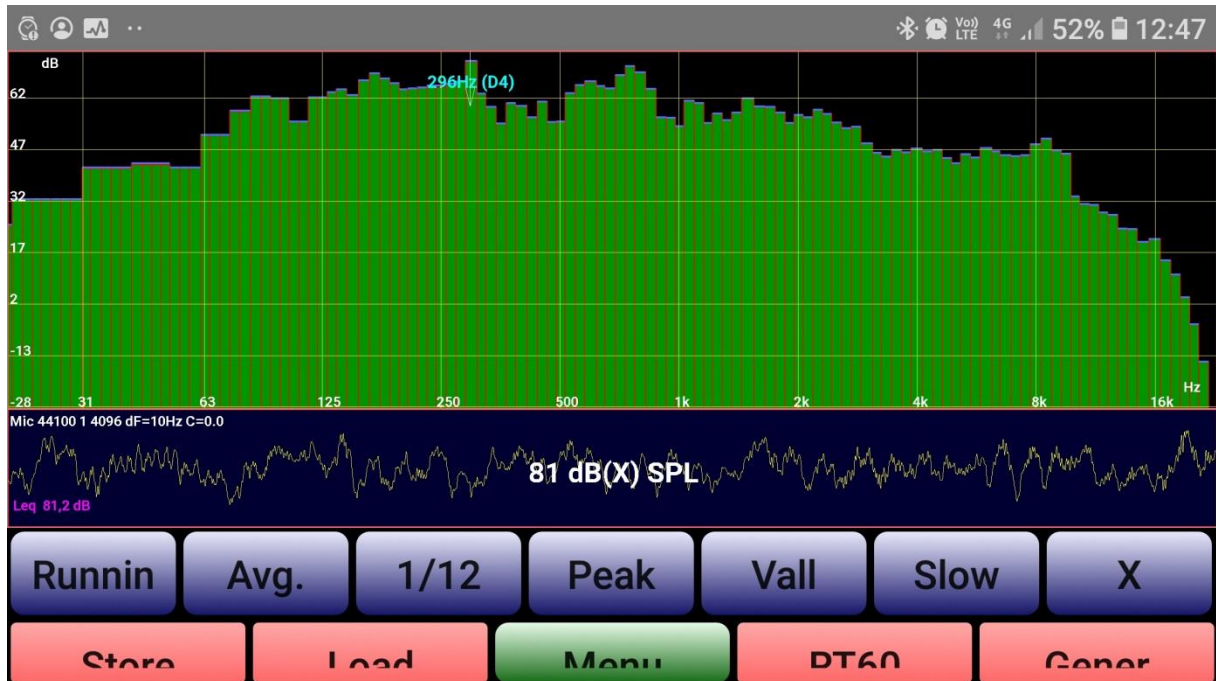


Slika 22: Zvočnik v boksu z improviziranim stožcem, (Vir: lasten)



Slika 23: Zvočnik v boksu - komplet, (Vir: lasten)

Naredili smo meritev z aplikacijo na mobilnem telefonu in na razdalji 1m od zvočnika preko BT predvajali pink noise oz. rožnati šum ter dobili spekter v sredinski osi stožca, razvidno na sliki 24.



Slika 24: Spekter pink noise na 1m od vira, (Vir: lasten)

## 5 DISKUSIJA

Po svetu popularnost Bluetooth zvočnikov narašča, to se vidi po tem, ker je na trgu veliko modelov dobre in slabe kvalitete. Večina teh zvočnikov pa ima povprečno kvaliteto zvoka, tisti, ki so pa zelo kvalitetni so zato zelo dragi. V tem smo videli izziv, da bi sami poskusili narediti takšen zvočnik, ki bi bil dobre kvalitete in bi zvok razprševal enakomerno v vse smeri v okolico ter bi bil cenovno sprejemljiv. S tem smo si pa zadali 3 hipoteze.

**Hipoteza 1:** Prenosni Bluetooth zvočnik lahko naredimo brez predhodnega znanja o elektroniki in akustiki.

Ta hipoteza je bila potrjena, saj smo z iskanjem materiala in informacij na internetu pridobili dovolj (minimum) znanja za izdelavo zvočnika.

**Hipoteza 2:** Dosežemo lahko enako kvaliteto kot že obstoječi zvočniki na trgu.

To hipotezo nismo mogli ne potrditi ne ovreči, saj svojega izdelka nismo mogli primerjati z kakšnimi vrhunskimi zvočniki.

**Hipoteza 3:** Zvočnik v vse smeri enakomerno oddaja zvok.

To hipotezo smo potrdili, ker smo z aplikacijo na prenosnem telefonu izmerili enakomeren spekter frekvence okoli zvočnika.

## 6 ZAKLJUČEK

Izdelava raziskovalne naloge nam je bila v izziv. Med izdelovanjem našega zvočnika smo se naučili veliko novih in zanimivih stvari o elektroniki, akustiki, sami izdelavi zvočnikov ter o zvočnikih na splošno. Prišli smo do ugotovitve, da bi bil takšen zvočnik na trgu zelo zanimiv ter bi lahko bil cenovno sprejemljiv. Po našem mnenju je cilj raziskovalne naloge v veliki meri dosežen, saj nam je uspelo uresničiti naš glavni cilj in željo, da ustvarimo lastni zvočnik, ki bi v nasprotju z drugimi klasičnimi zvočniki lahko oddajal zvok enakomerno v vse smeri v prostoru. Ker nas to področje zanima, nam je bila izdelava te naloge v veselje, vendar pa stožčaste piramide iz lesa in Bluetooth modula nismo prejeli pravočasno, zato smo morali improvizirati, posledično pa zvočnik ni bil tako natanko dodelan, kot smo si prvotno zamislili. S tem zvočnikom se želimo še naprej ukvarjati ter ga razvijati in ko prispeta še preostala dva dela, ga imamo namen še izboljšati in dodelati.

Sedaj, ko smo končno prejeli ves material (razen stožca) in smo izvajali preizkuse. Dejansko se je pokazalo, da je lažje sestaviti takšen zvočnik kot pa doseči res tisti vrhunski zvok. To kar smo dosegli z to nalogo smo sicer zadovoljni vendar ugotavljamo, da ima naš zvočnik veliko večji potencial kot smo predvideli v osnutku. Naše znanje o akustiki, fiziki, matematiki in elektroniki bi morali nadgraditi na precej višji nivo, ker je to res eno veliko področje znanja in izkušenj in intuicij. Mi smo na začetku in nam je bila ena prijetna izkušnja in kljub raznim težavam nismo ostali brez idej in upanja, da dokončamo izdelek, ki smo si ga določili za cilj naše raziskovalne naloge.



## **7 POVZETEK**

Namen naše raziskovalne naloge je bil narediti takšen zvočnik, ki bi enakomerno razprševal zvok v vse smeri, bi bil po kvaliteti podoben že obstoječim klasičnim zvočnikom na trgu ter bi bil v primerjavi z drugimi dražjimi zvočniki cenovno sprejemljiv. Sam zvočnik pa upravljamo preko Bluetooth modula ali pa preko aplikacije na prenosnem telefonu.

## **8 SUMMARY**

The purpose of our research work was to make a loudspeaker that would evenly spread the sound in all directions, be similar in quality to the existing classical speakers on the market and would be affordable in comparison to other more expensive speakers. The speaker itself is controlled via a Bluetooth module or via an application on a mobile phone.

## **9 ZAHVALA**

Zahvala je namenjena naslednjim osebam:

- Mentorju gospodu Karlu Planko za spodbudo, vztrajnost ter pomoč;
- Recenzentu raziskovalne naloge;
- Komisiji Mladih raziskovalcev in koordinatorici gibanja Mladi raziskovalci Karmen Hudournik;
- Staršem in prijateljem, ki so nas spodbujali;
- Vsem neomenjenim, ki so kakorkoli pomagali pri izdelavi naloge;

## 10 VIRI IN LITERATURA

### 10.1 Spletni viri

- [https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Name\\_and\\_logo](https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Name_and_logo), 13. 1. 2020
- <https://www.northps.com/bluetooth-technology-works/>, 13. 1. 2020
- <http://c.mi.com/thread-2063365-1-0.html>, 13. 1. 2020
- <http://c.mi.com/thread-2063365-1-0.html>, 13. 1. 2020
- <https://www.scientificamerican.com/article/experts-how-does-bluetooth-work/>, 13. 1. 2020
- <https://techdifferences.com/difference-between-bluetooth-and-wifi.html>, 13. 1. 2020
- <https://www.dignited.com/23114/bluetooth-5-vs-bluetooth-4/>, 13. 1. 2020
- <https://www.netguru.com/codestories/bluetooth-vs-wifi-comparison-for-the-iot-solutions>, 13. 1. 2020
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Loudspeaker>, 13. 1. 2020
- <https://www.mightyape.co.nz/product/audioengine-5-powered-bookshelf-speakers-pair-solid-bamboo/28242320>, 13. 1. 2020
- <https://addictedtoaudio.com.au/products/kef-lsx-wireless-bookshelf-speakers>, 13. 1. 2020
- <https://www.simplyspeakers.com/replacement-speaker-tweeter-t-120.html>, 13. 1. 2020
- <https://www.parts-express.com/pyle-pdmr5-5-sealed-back-midrange-speaker-driver--292-200><https://www.kanbkam.com/ae/en/midbass-woofer-speaker-sp805-black-N22794121A>, 13. 1. 2020
- <https://www.denonsalonai.lt/en/MM/Brands/WILSON/SUBWOOFERS/SUB-9>, 13. 1. 2020
- <https://cpcireland.farnell.com/celestion/k12h-100tc/driver-12-twin-cone-100w-rms/dp/LS04188>, 13. 1. 2020
- <https://www.techopedia.com/2/27881/networks/wireless/what-is-the-difference-between-bluetooth-and-wi-fi>, 13. 1. 2020

## 10.2 Slikovni viri

[Slika 1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Name\\_and\\_logo](https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Name_and_logo), 13. 1. 2020

[Slika 2] <http://c.mi.com/thread-2063365-1-0.html>, 13. 1. 2020

[Slika 3] <https://techdifferences.com/difference-between-bluetooth-and-wifi.html>, 13. 1. 2020

[Slika 4] <http://clipart-library.com/free/wifi-logo-png.html>, 13. 1. 2020

[Slika 5] <https://www.mightyape.co.nz/product/audioengine-5-powered-bookshelf-speakers-pair-solid-bamboo/28242320>, 13. 1. 2020

[Slika 6] <https://www.shutterstock.com/search/dynamic+speaker>, 13. 1. 2020

[Slika 7] <https://www.simplyspeakers.com/replacement-speaker-tweeter-t-120.html>, 13. 1. 2020

[Slika 8] <https://www.parts-express.com/pyle-pdmr5-5-sealed-back-midrange-speaker-driver-292-200>, 13. 1. 2020

[Slika 9] <https://www.kanbkam.com/ae/en/midbass-woofer-speaker-sp805-black-N22794121A>, 13. 1. 2020

[Slika 10] <https://cpcireland.farnell.com/celestion/k12h-100tc/driver-12-twin-cone-100w-rms/dp/LS04188>, 13. 1. 2020

[Slike 10-19] Lasten vir, 13. 1. 2020