

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko

Jernej Plankar

# **IR vmesnik za prenos zvoka**

Seminarska naloga

pri predmetu  
Elektronska vezja

V Ljubljani, avgust 2011

# 1 UVOD

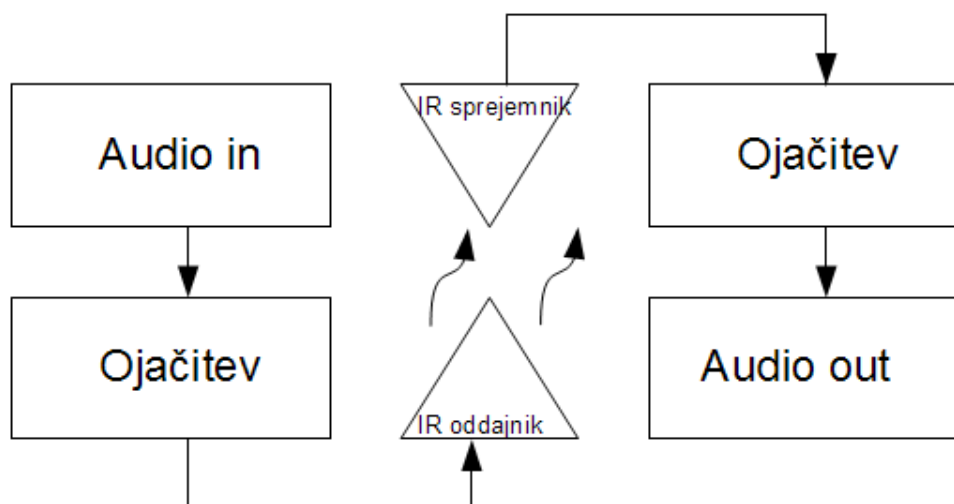
## 1.1 Zakaj ta tema?

Ker po naravi težim k uporabnosti svojih prizadevanj, a sem z vidika praktične elektrotehnike še brez izkušenj, sem si želel izdelati nekaj, kar ni težavno in mi bo občasno služilo še nekaj časa, s tem pa se bodo pokazale tudi morebitne posledice pomanjkanja izkušenj pri sami fizični realizaciji projekta in učenje iz le-teh.

Tako sem se po prvotnem iskanju ideje in osnovnega vezja na internetu odločil za izdelavo brezžičnega vmesnika zadovoljive kvalitete med poljubno audio napravo (MP3 pedvajalnik/TV/Hi-Fi/...) in slušalkami.

## 1.2 Blokovna shema vezja

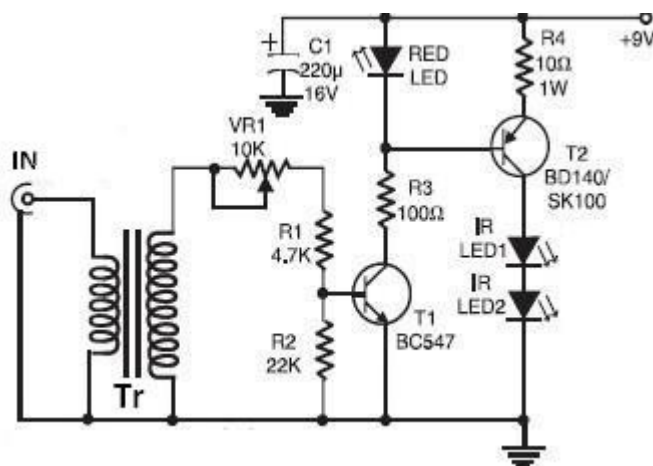
IR vmesnik sestoji iz dveh elektronsko ločenih delov – oddajnika in sprejemnika. Vsak od njiju ima svoje napajanje, saj mora biti oddani svetlobni signal dovolj močan, da pride do sprejemnika, potem pa na drugi strani zopet ojačan, da ga lahko zaznamo s slušnimi organi.



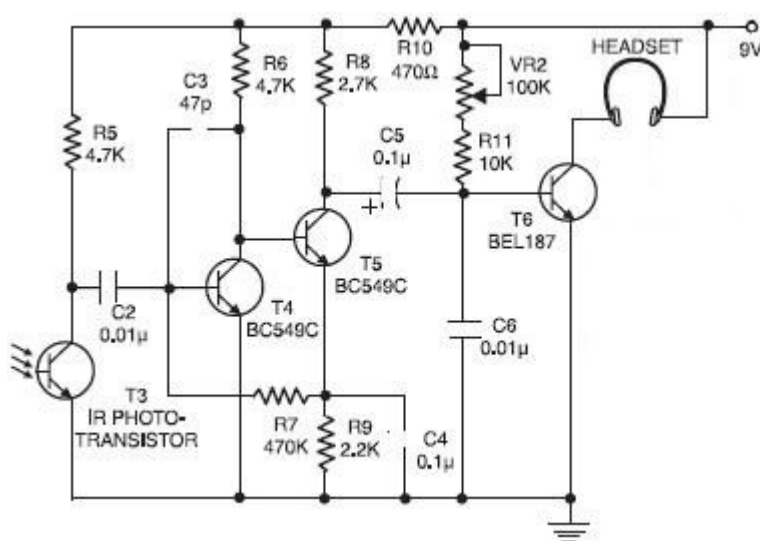
*Blokovna shema*

## 2 NAČRTOVANJE IN DELOVANJE POSAMEZNIH SKLOPOV VEZJA

### 2.1 Idejni zasnovi oddajnika in sprejemnika (z interneta):



*IR oddajnik*



*IR sprejemnik*

### 2.2 Oddajnik

Vežje oddajnika v zgornji sestavi ni pravilno delovalo, najbrž zaradi neprimerne transformatorja, saj naj bi bil le-ta audiotransformator. Ker bi nakup slednjega močno podražil celotno vezje, sem njegovo vključitev ovrgel, celotno vezje (v največji meri vrednosti uporov) pa v bistvu še enkrat od začetka načrtoval od izhodne strani (LED diod) proti vhodni.

Izbral sem relativno močne diode s širokim žarkom, da bi bil doseg vmesnika čim večji – za vezje na slikah naj bi bil okoli 6 m. Hkrati pa bi bilo dobrodošlo, če bi lahko glede na oddaljenost med obema deloma regulirali izhodno moč oddajnika (toka skozi diode), zato sem v emitorsko vejo izhodne stopnje vključil potenciometer, ki služi nastavitvi DC vrednosti električnega in posledično svetlobnega toka. Seveda je logično, da so upori v izhodni veji vzdržljivejši zaradi velikih moči in segrevanja. Največji deklariran DC tok diod je sicer 150 mA, vendar sem s približevanjem tej zgornji meji uničil nekaj ledic, zato je v končni izvedbi omejen na 125 mA.

Hkrati sem zaporedno z rdečo ledico (ta ima vlogo ohranjanja emitorsko-bazne napetosti na izhodnem pnp tranzistorju in indikacije napajanja) zvezal še 120  $\Omega$ , da se tranzistor dovolj odpre že pri manjših tokovih. Na emitorski strani je za temperaturno stabilizacijo dodan še upor.

Na vhodu sem, kot že rečeno, izpustil transformator, bazno sponko vhodnega tranzistorja pa preko upora povezal še na napajanje za zagotovitev delovne točke. Temu primerno sem dodal še kondenzator – ta mora biti zaradi nizkih frekvenc, prisotnih v glasbi, čim večji, da izgubimo čim manjši del spektra.

Vhodni potenciometer sem izpustil, saj se je na koncu (eksperimentalno) izkazalo, da je najbolj čist zvok v vsakem primeru pri ničelni upornosti.

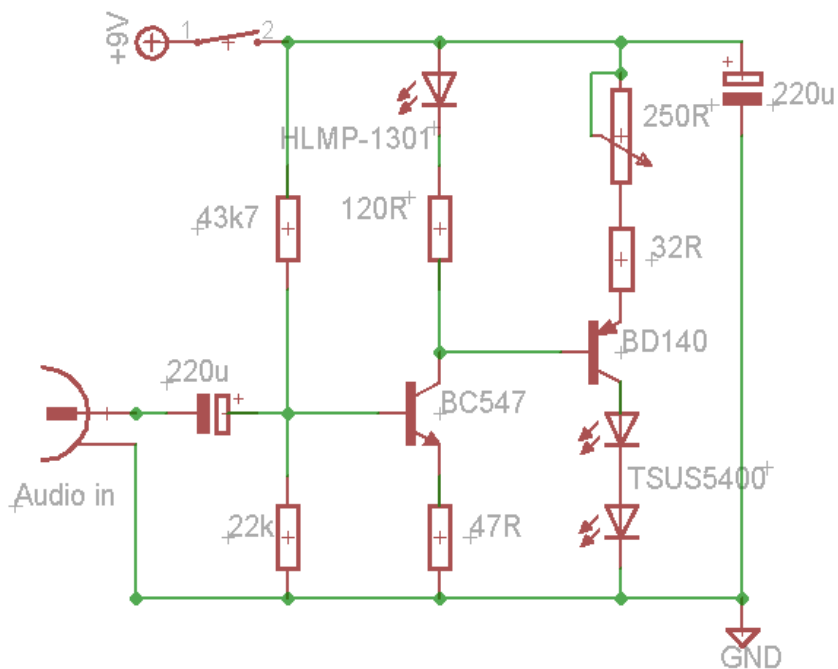
Ker ima vezje v končni podobi kar visoko porabo (tok v odvisnosti od nastavljenega toka skozi diode znaša med 43 in 150 mA), sem se odločil zagotoviti kar napajanje iz omrežja (preko napajalnika), zato je na fizični ploščici še napetostni regulator LM317T, da nivo napetosti ohranja pri 9 V. Vezje oddajnika je na naslednji strani.

### 2.3 Sprejemnik

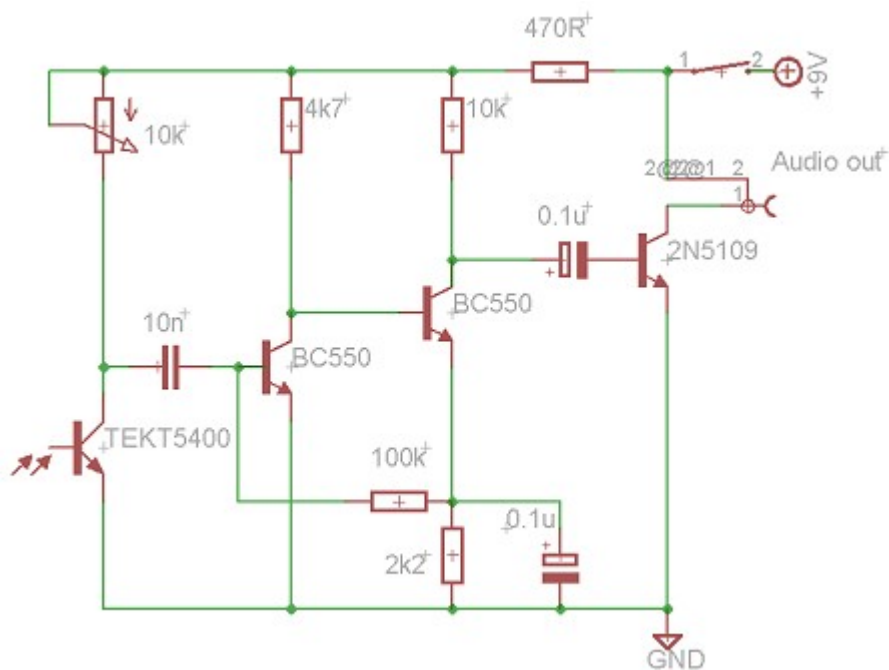
Pri modifikaciji sprejemnika je bilo manj dela z načrtovanjem (v pravem pomenu besede), kot z oddajnikom. Zgradil (na protoboardu) sem kar vezje na zgornji sliki, ki pa je na koncu zaradi nespecifičnega fototranzistorja in ne povsem enakih komponent kot so v načrtu (tranzistorja BEL187 že lep čas ni na voljo) potrebovalo še nekaj prilagoditev uporov, kar sem izvedel s pomočjo potenciometrov, voltmetra in nazadnje še slušalk kar z lastnim “uglaševanjem”.

Signal, ki ga dobimo na fototranzistorju, preko kondenzatorja peljemo na bazo prvega ojačevalnega tranzistorja, kateremu delovno točko zagotovimo preko povratne vezave iz druge ojačevalne stopnje. Amplificiran signal peljemo preko drugega tranzistorja in kondenzatorja na bazo izhodne stopnje. Potenciometer, vezan med napajanje in bazo zadnjega tranzistorja, sem po ugotovitvi, da je kvaliteta zvoka vedno najboljša, če je upornost okoli 100 k $\Omega$ , izključil, hkrati pa dodal 10 k $\Omega$  potenciometer v emitorsko vejo fototranzistorja, saj je možno z njim do določene mere (v resnici se z njim spreminja kolektorsko-emitorska napetost) nastavljanje glasnosti predvajanja neposredno na sprejemniku. Izkazalo se je (na protoboardu), da lahko nekaj kondenzatorjev, kar se tiče

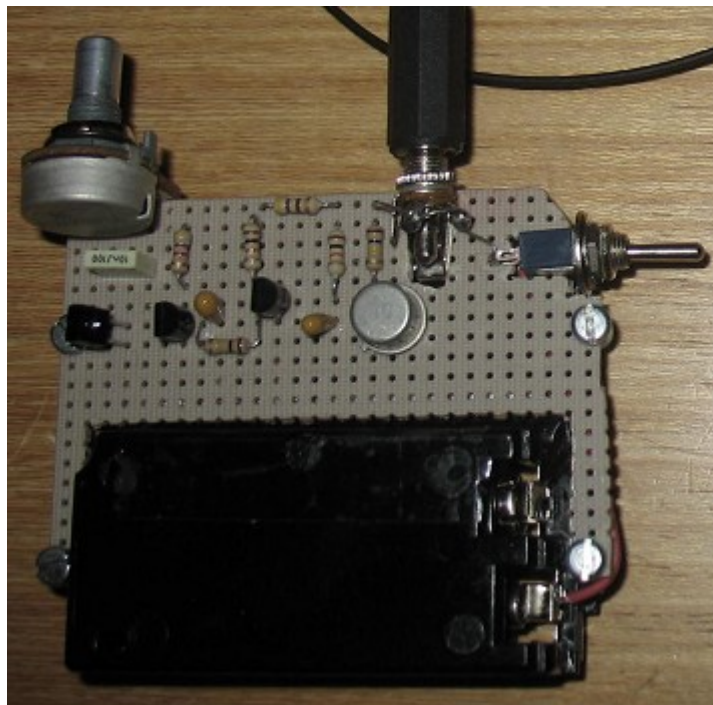
kvalitete zvoka, izpustim. Z nobenim se namreč ni zaznavno zmanjšal šum na slušalkah in sem jih zato smatral kot odvečne. Me je pa kolega opozoril, da se s prenosom vezja na spajkani protoboard zaradi boljših spojev šum zmanjša sam po sebi, zato bi veljalo v vezje vseeno vključiti še preostala kondenzatorja (ki pa sem jih sam izpustil).



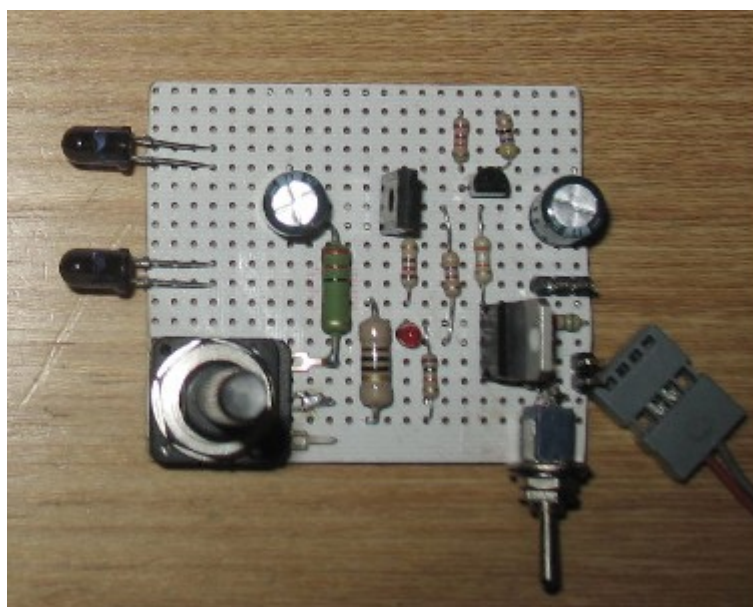
Vezje oddajnika



Vezje sprejemnika

**KONČNA PODOBA IN DELOVANJE**

*Sprejemnik; v črni škatlici je baterija*



*Oddajnik; na desni je priključek za glasbeni vhod*

Sprejemnik sem želel narediti čimbolj kompakten in primeren za nošenje na levi nadlakti in mislim da mi je to za amaterski izdelek kar dobro uspelo. Potrebujemo le pašček za zapenjanje.

Realizirano vezje je imelo poleg omenjenih dodanih lastnosti tudi dve slabosti, zaradi katerih lahko rečem, da nisem dosegel zadanih ciljev. Še posebej moteč je omejen doseg signala (tudi pri najvišjem možnem izhodnem toku). Ta podnevi znaša le približno 2 metra, zvečer pa se še zmanjša na 1 m – predpostavljam, da zaradi elektromagnetnih motenj, ki jih vnašajo različna prižgana svetila. To pa pomeni, da je izdelek zelo občutljiv na trenutne pogoje. Druga moteča napaka pa je precejšen šum, o katerem sem že pisal.

### 3 OPAŽANJA IN TEŽAVE

#### 3.1 Težave pri gradnji

Kot sem že omenil, je to moj prvi resni elektrotehniški projekt, zato sem pričakoval nemalo težav. Ko sem našel načrt na spletu, sem si mislil, da sem že skoraj pri koncu, vendar se takrat šele začne. Kot prvo je seveda iluzorno pričakovati, da bodo v trgovinah imeli točno takšne elemente, kot so uporabljeni v načrtu. Večinoma sem celo našel prave, a pri nekaterih je bil potrebno poiskati ustrezne nadomestke (npr. BEL187), poleg tega niso bili specifično določeni optični elementi. Potem pa seveda pridejo na vrsto še razne optimizacije, kot so regulacija izhodnega toka oddajnika (manjša poraba energije, manj segrevanja zaradi žarkov,...), nastavljenje glasnosti na sprejemniku.

Želel sem si tudi do potankosti razumeti vezje, zato sem spomočjo programa SpiceOpus temeljito analiziral vezji in opazoval, kako se obnašajo različni tokovi in napetosti (npr. na IR diodah). A tudi tu se pojavi problem, namreč niso na voljo modeli vseh elementov, pa še tisti, ki so, po dokumentaciji elementov sodeč niso točni (nekateri se ne ujemajo v nobenem od podatkov). Skratka, pojavi se vprašanje, koliko se pri načrtovanju obsežnejših projektov, ki dejansko zahtevajo računalniško simulacijo, lahko zanesemo na simulacijske programe. V mojem primeru se je na koncu sicer pokazalo, da so bili rezultati simulacije (izh. napetost oddajnika pri sinusnem vzbujanju) dokaj podobni meritvam v laboratoriju.

#### 3.2 Opažanja

Ta razdelek bi lahko pridružili tudi zgornjemu, saj se je zaradi tega malce zavlekla realizacija. Ker sem za namene testiranja na protoboardu želel "pokuriti" čim manj baterij, sem naredil napako in na isto napjanje in maso preko napetostnega regulatorja LM317T priključil oba dela, oddajnik in sprejemnik. To je zaradi neneskončno hitre korekcije napetosti na regulatorju (vsaj tako predvidevam) rezultiralo v tem, da je bil signal, ki gre skozi slušalke na sprejemniku, določen že neposredno s signalom toka, ki je tekel skozi izhodni tranzistor na oddajniku. Čeprav sem ravno v izogib takšnim zablodam med

prilagajanjem uporov vztrajno preverjal, če je kljub svetlobni oviri med sklopoma še vedno slišati glasbo (in res je bila takrat tišja, kar je bil zame znak, da je vse v redu), se je na koncu izkazalo, da tudi ob izločitvi večine elementov sprejemnika (tudi izhodnega tranzistorja) glasba igra, in to zelo lepo. Takrat se je seveda pokazalo, da ni bilo vse v redu in še enkrat sem moral sestaviti prvotno vezje sprejemnik ter galvansko ločiti oba dela.

Medtem sem opazil, da v kolikor se s prevodnikom (npr. s pinceto ali kar lastnoročno) dotaknem bazne sponke prvega ojačevalnega tranzistorja na sprejemniku, ne glede na oddajano vsebino na slušalki zasliši (sicer precej slabo in šumeče) Prvi program RTVSLO. Tako sem prišel tudi na idejo za nadgradnjo projekta, in sicer bi lahko s preprosto anteno, stikalom ter nastavljivo kapacitivnostjo dodal sprejemniku še funkcijo radia.

Opazil sem tudi, da zaradi kopice poškodovanih elementov med sestavljanjem in testiranjem vezja stroški načrtovanja zelo narastejo. Ocenjujem, da vsaj za polovico končne "cene" produkta (ki je vsota uporabljenih elementov) brez upoštevanja dela. Sicer bi lastna cena takega izdelka, če ne upoštevamo množične proizvodnje, stala skupaj z baterijo okoli 15 €.