

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko

# **4-KANALNA STEREO MEŠALKA**

Seminarska naloga pri predmetu  
Elektronska vezja

Janez Sluga

Ljubljana, marec 2007

## KAZALO

1	Uvod.....	3
2	Opis posameznih sklopov vezja .....	4
2.1	Vhodna stopnja.....	4
2.2	Srednja stopnja .....	5
2.3	Izhodna stopnja .....	6
2.4	Napajanje.....	7
3	Celotno vezje.....	7
3.1	Shematski prikaz za en kanal .....	7
3.2	Končno vezje.....	8
3.3	Seznam elementov.....	9
4	Izmerjene karakteristike .....	10
4.1	Amplitudna in fazna karakteristika za en kanal .....	10
4.2	Karakteristika presluha med desnim in levim kanalom .....	11
4.3	Karakteristika šuma za en kanal.....	11
4.4	Karakteristika popačenja .....	12
5	Zaključek.....	13
6	Priloge .....	14
6.1	TL072 – nizko-šumni JFET operacijski ojačevalniki .....	14
6.2	LM7909 – regulator negativnih napetosti .....	14
6.3	LM7809 – regulator pozitivnih napetosti.....	15
6.4	Tiskanina .....	16
6.5	Razpored elementov .....	17
6.6	Končni izdelek, ohišje .....	18
7	Zahvala .....	19
8	Viri .....	20

## 1 Uvod

Pri igranju glasbe v glasbeni skupini, pri snemanju v studiu in na koncertih je nujno da imamo mešalko. Mešalka je v osnovi namenjena temu, da združi signale iz različnih instrumentov, kateri so priključeni vsak na svoj kanal, in na izhodnem kanalu dobimo en signal katerega pripeljemo samo še do zvočnikov. Mešalke imajo ponavadi lastnost, da lahko za vsak kanal posebej nastavljamo treble, bas in glasnost levega in desnega kanala, glasnost obeh skupaj, nekatere pa vsebujejo celo kakšne dodatne efekte, s katerimi spreminjajo zvok.

Odločil sem se, da bom naredil stereo mešalko, ki bo vsebovala tri vhode za mikrofone in en vhod za avdio signale, vsem trem kanalom pa bo možno spreminjati glasnost. Predvsem pa sem se za to odločil, ker tudi sam sodelujem v glasbeni skupini in velikokrat prihaja do potrebe po mešalki. V nadaljevanju bom opisal izdelavo načrta, izdelavo samega izdelka ter težave na katere sem naletel.

## 2 Opis posameznih sklopov vezja

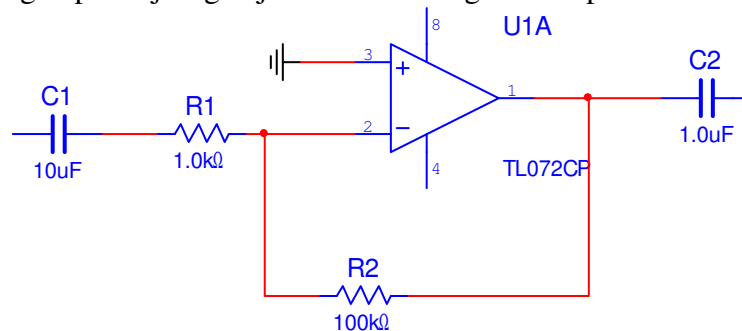
Vezje je sestavljeno iz treh sklopov za levi in desni kanal:

- vhodna stopnja: invertirajoč operacijski ojačevalnik z negativnim povratnim sklopom
- srednja stopnja: invertirajoč seštevalnik napetosti
- izhodna stopnja: nizkoprepustni Butterworthov filter 2. reda

in iz napajanja.

### 2.1 Vhodna stopnja

Vezje invertirajočega operacijskega ojačevalnika z negativnim povratnim sklopom:

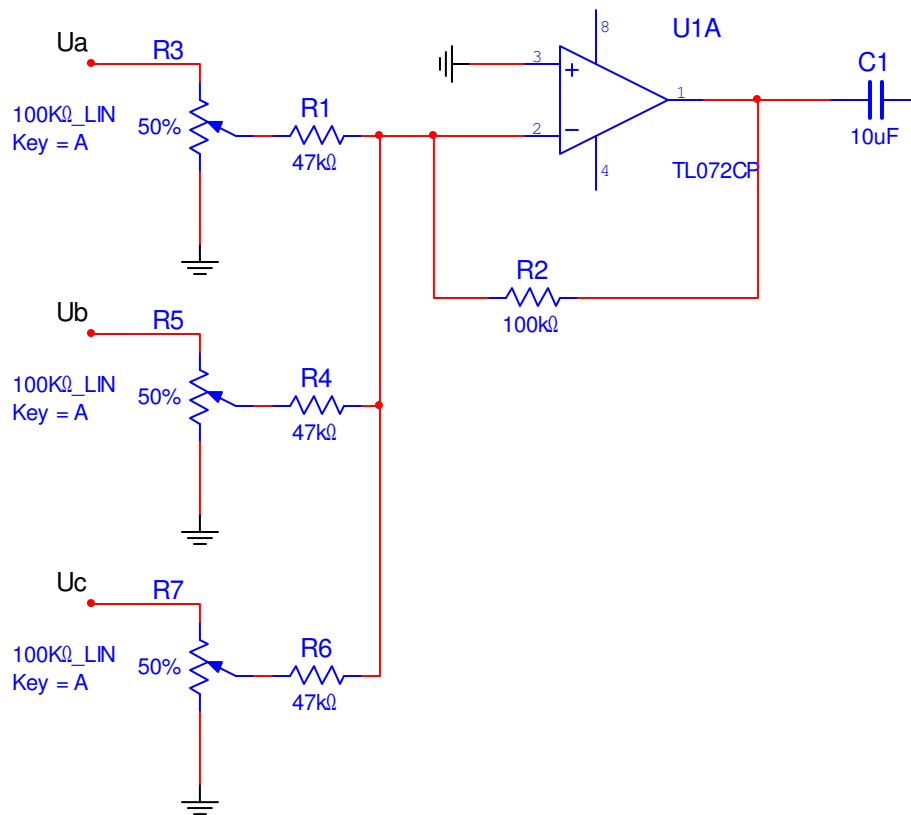


Ojačanje:  $A_u = -\frac{R_2}{R_1} = -100$

C1 in C2 sta vezna kondenzatorja, katera izničita enosmerne napetosti.

## 2.2 Srednja stopnja

Vezje invertirajočega seštevalnika napetosti:

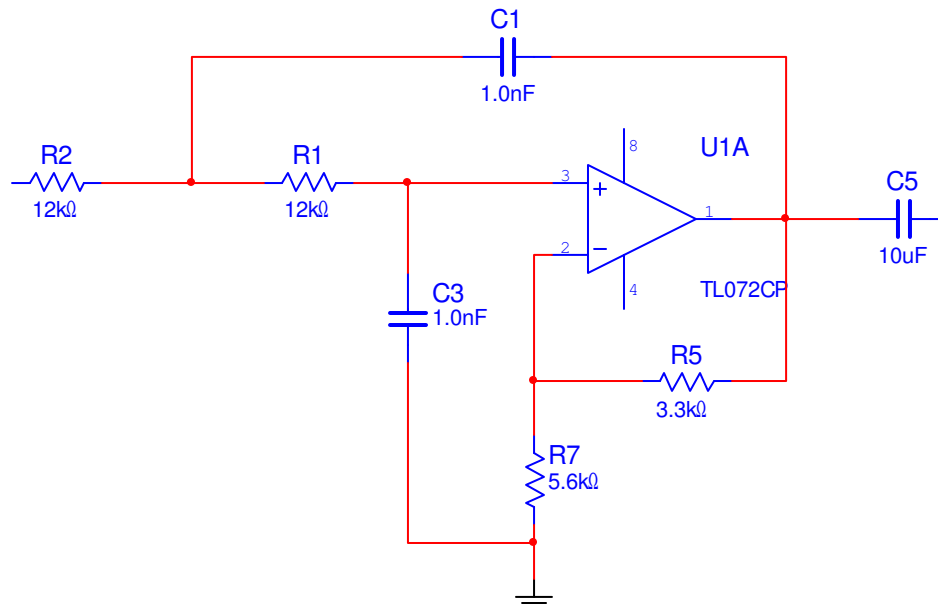


$$u_{IZH} = -R2 * \left( \frac{Ua}{R1 + R3} + \frac{Ub}{R4 + R5} + \frac{Uc}{R6 + R7} \right)$$

Potenciometri R3, R5 in R7 služijo za nastavljanje ojačevalnega razmerja (nastavljanje glasnosti). C1 je vezni kondenzator.

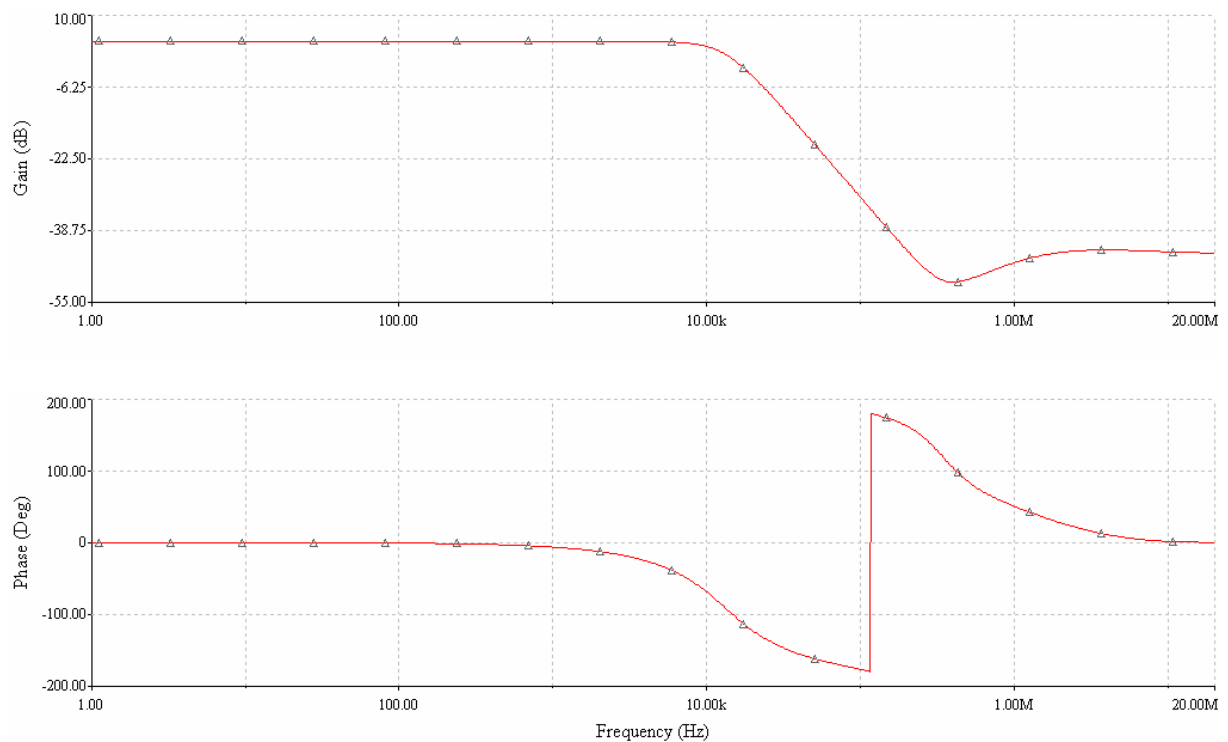
## 2.3 Izhodna stopnja

Vezje nizkoprepustnega Butterworthovega filtra 2. reda:

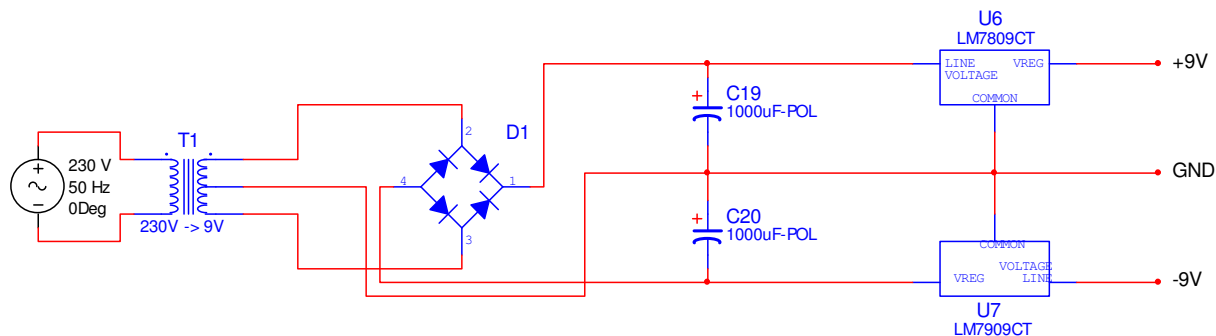


Filter služi za omejevanje visokofrekvenčnega šuma. Filter prepušča signale do 16kHz.

Amplitudni in fazni diagram nizkoprepustnega Butterworthovega filtra 2. reda:



## 2.4 Napajanje



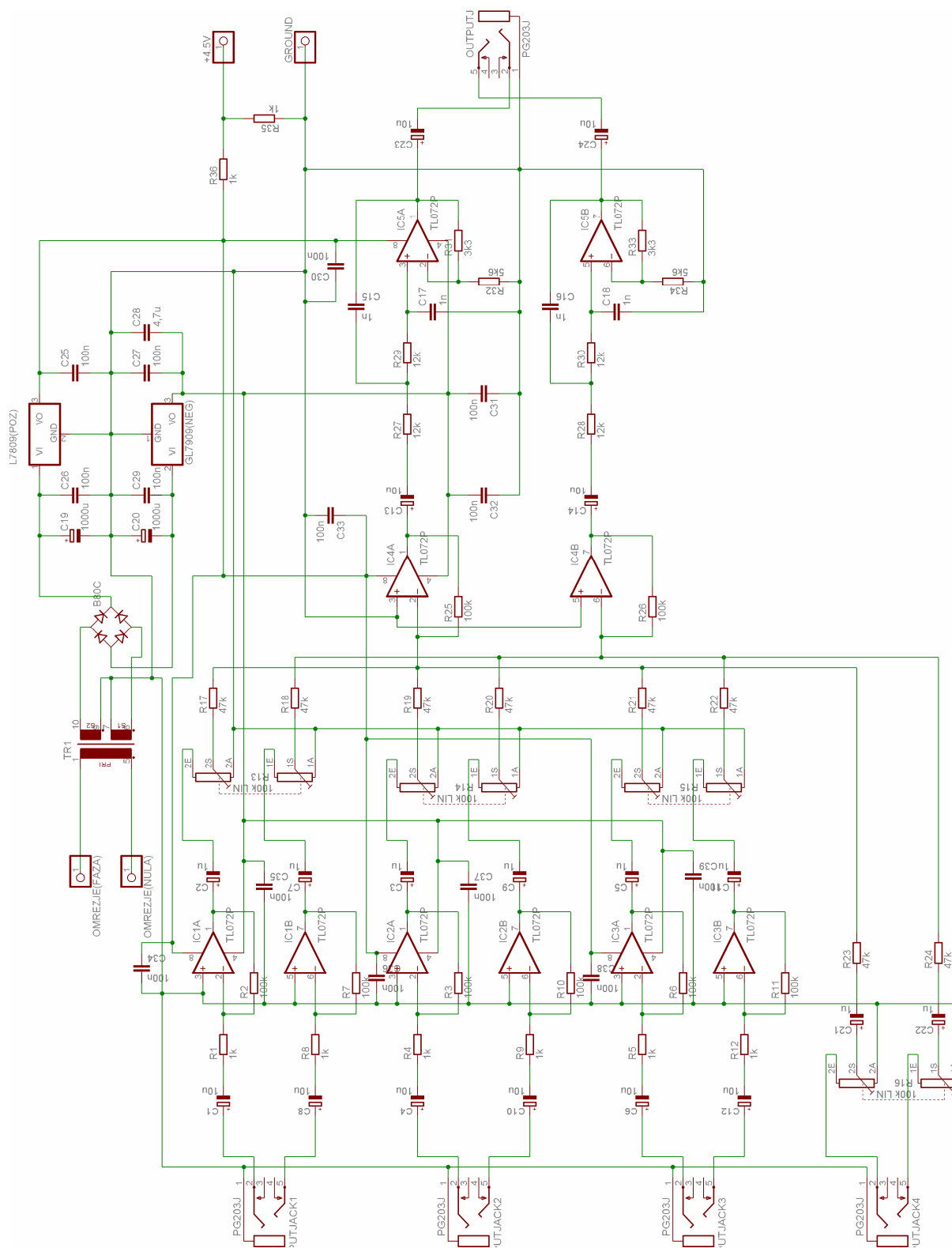
Diode D1 prepuščajo na sponki 1 samo pozitivne polvale, na sponki 4 pa negativne polvale. Ko se kondenzatorja C19 in C20 napolnita, držita napetost na +9V in -9V. Regulatorja U6 in U7 sta namenjena stabilizaciji napetosti. V nadaljevanju sem dodal še blokirne kondenzatorje na vhodu in izhodu regulatorjev in med pozitivnim napajanjem in ozemljitvijo ter med negativnim napajanjem in ozemljitvijo operacijskih ojačevalnikov.

## 3 Celotno vezje

### 3.1 Shematski prikaz za en kanal



### 3.2 Končno vezje



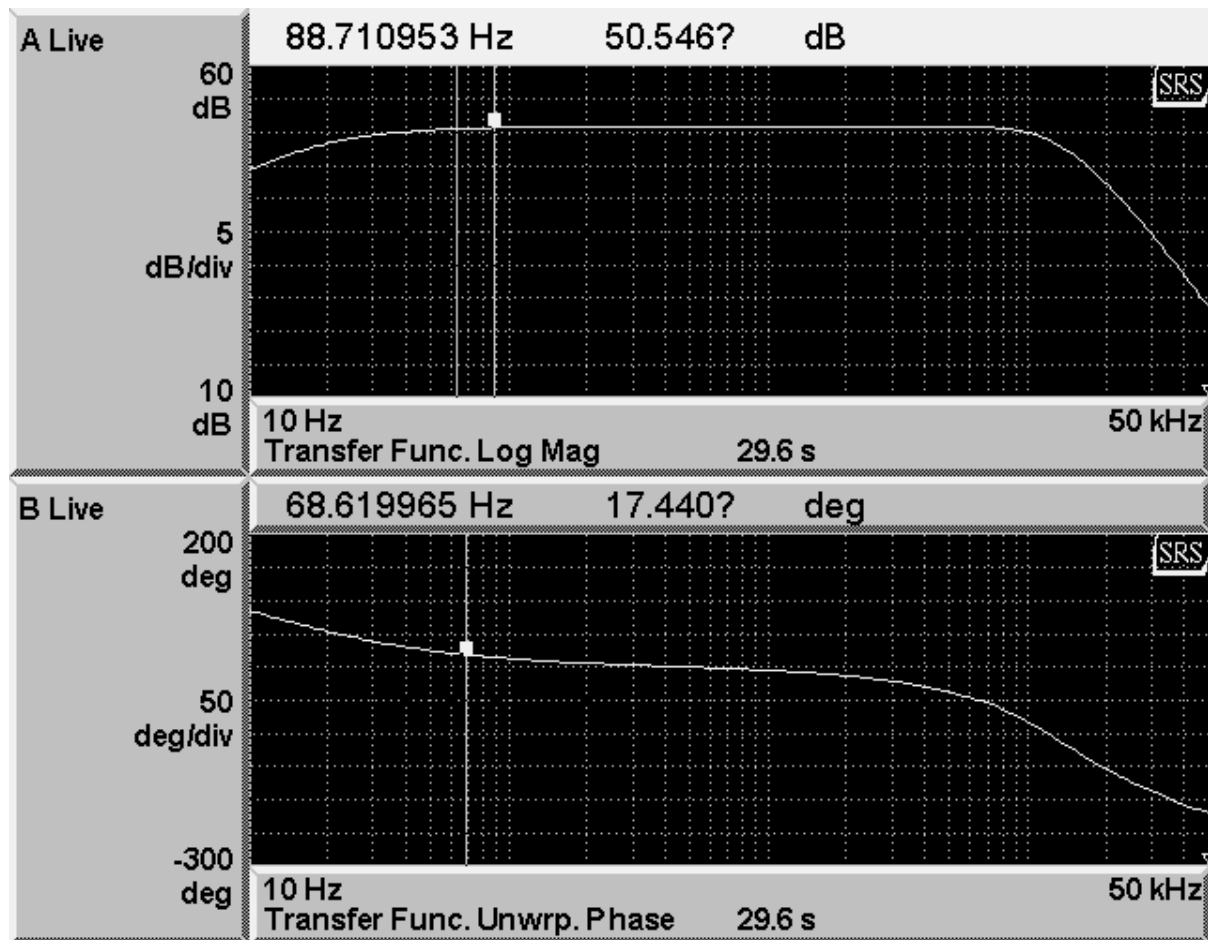


### 3.3 Seznam elementov

R1	1k	C1	10u	IC1	TL072
R2	100k	C2	1u	IC2	TL072
R3	100k	C3	1u	IC3	TL072
R4	1k	C4	10u	IC4	TL072
R5	1k	C5	1u	IC5	TL072
R6	100k	C6	10u	LM7909(NEG)	
R7	100k	C7	1u	LM7809(POZ)	
R8	1k	C8	10u	B80C	
R9	1k	C9	1u	TR1 - trafo EI30-2	
R10	100k	C10	10u		
R11	100k	C11	1u		
R12	1k	C12	10u		
R13	100k LIN	C13	10u		
R14	100k LIN	C14	10u		
R15	100k LIN	C15	1n		
R16	100k LIN	C16	1n		
R17	47k	C17	1n		
R18	47k	C18	1n		
R19	47k	C19	1000u		
R20	47k	C20	1000u		
R21	47k	C21	1u		
R22	47k	C22	1u		
R23	47k	C23	10u		
R24	47k	C24	10u		
R25	100k	C25	100n		
R26	100k	C26	100n		
R27	12k	C27	100n		
R28	12k	C28	4.7u		
R29	12k	C29	100n		
R30	12k	C30	100n		
R31	3k3	C31	100n		
R32	5k6	C32	100n		
R33	3k3	C33	100n		
R34	5k6	C34	100n		
		C35	100n		
		C36	100n		
		C37	100n		
		C38	100n		
		C39	100n		

## 4 Izmerjene karakteristike

### 4.1 Amplitudna in fazna karakteristika za en kanal



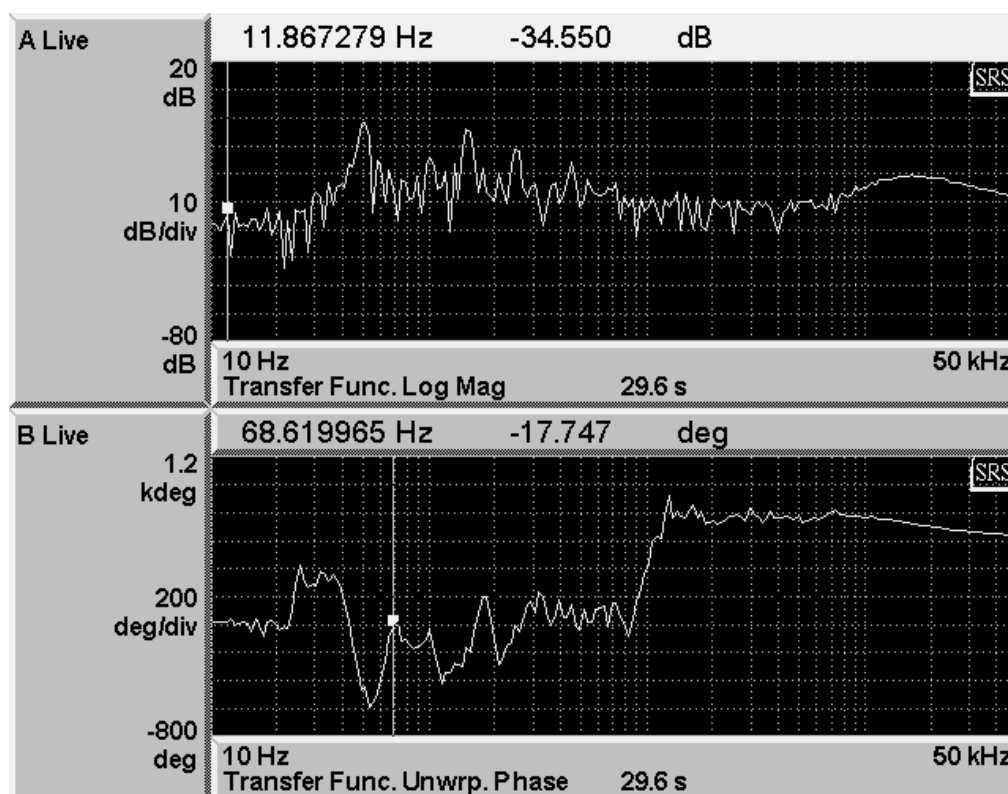
$$f_{SP} \cong 10\text{Hz}$$

$$f_{ZG} \cong 16\text{kHz}$$

$$Au \cong 50\text{dB}$$

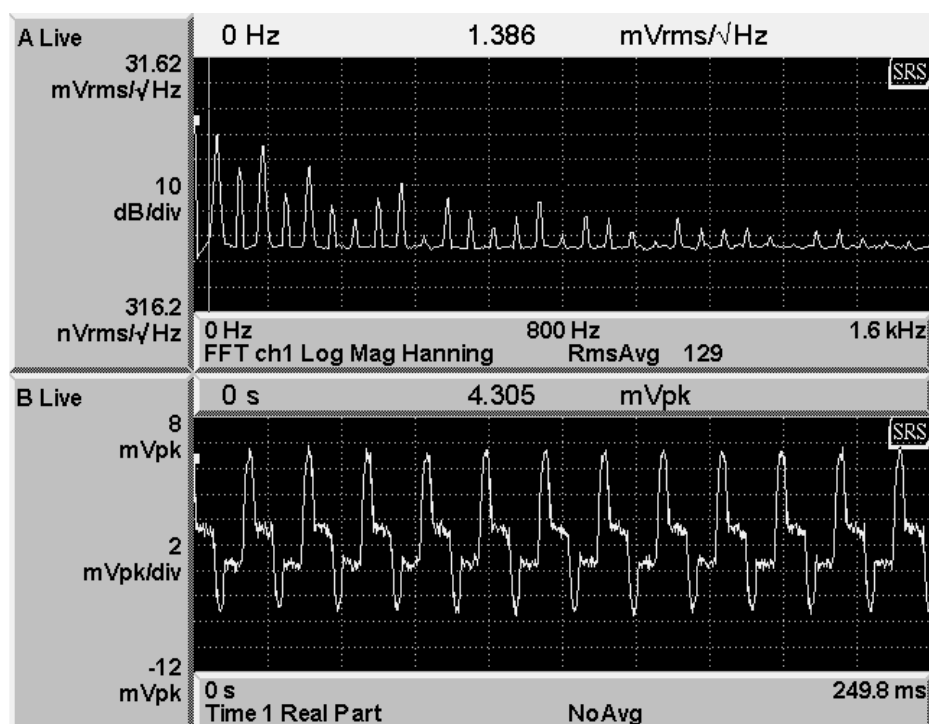
Iz rezultatov je razvidno, da nizkoprepustni filter res oslabi signale, ki imajo frekvenco večjo od 16kHz. Ojačanje je v prepustnem pasu okoli 50dB.

## 4.2 Karakteristika presluha med desnim in levim kanalom

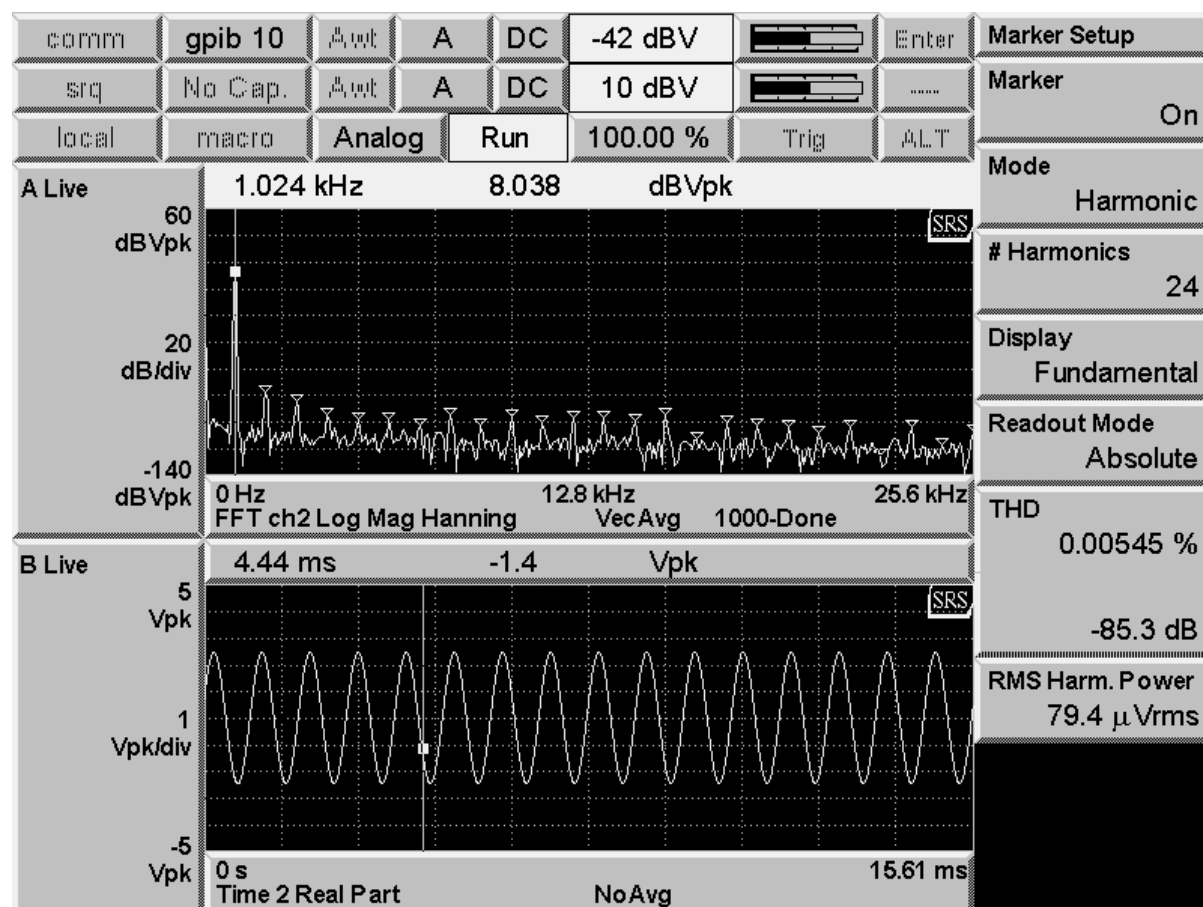


Iz karakteristike je razvidno, da obstaja nek vpliv med desnim in levim kanalom, vendar je ta vpliv zanemarljivo majhen in nima bistvenega pomena.

## 4.3 Karakteristika šuma za en kanal



#### 4.4 Karakteristika popačenja



Izkazalo se je, da mešalka opazno popači signale z amplitudo nad 26mV. Zgornja karakteristika je za mejni primer, ko je na vhodu sinusni signal z amplitudo 26mV.  
 $THD = 0.00545\%$

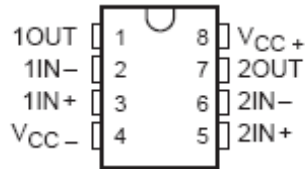
## 5 Zaključek

Končni izdelek mešalka je imela eno veliko napako in sicer osciliranje negativne napajalne napetosti. To osciliranje sem odpravil z dodajanjem blokirnih kondenzatorjev med vhodnimi sponkami in ozemljitvijo, med izhodnimi sponkami in ozemljitvijo regulatorjev, ter med negativnim napajanjem in ozemljitvijo in pozitivnim napajanjem in ozemljitvijo na vseh operacijskih ojačevalnikih. S tem sem odpravil poglavitno pomanjkljivost in dosegel, da se osciliranje ni prenašalo po celotnem vezju. Končni izdelek ima malo šuma, katerega sem še dodatno omejil z nizkopropustnim filtrom, kateri slabi visokofrekvenčni šum. Glavni razlogi za šum so v elementih in pa v notranjem napajanju. V transformatorju nastane zaradi magnetnega pretoka magnetno polje, ki se širi po celotnem vezju in posledica tega je dodaten šum. Rešitve, ki bi zmanjšale šum, bi bile v izbiri visoko kvalitetnih elementov, v izbiri zelo kvalitetnih nizkošumnih operacijskih ojačevalnikih, v zunanjem napajanju ali pa da bi transformator zaprl v tako ohišje, katero ne bi prepuščalo magnetnega polja. Ena izmed izboljšav bi bila tudi ločitev kanalov tako, da bi vezje za vsak kanal posebej naredili na svoji ploščici, katera bi zmanjšala kapacitivnosti med linijami.

Ker je to moj prvi izdelek, sem celotno vezje sestavil iz zelo enostavnih podvezij. Vse skupaj je izpadlo presenetljivo dobro, kar pa je samo še dodatna vzpodbuda za nadaljnje raziskovanje kako priti do še bolj kvalitetnega izdelka.

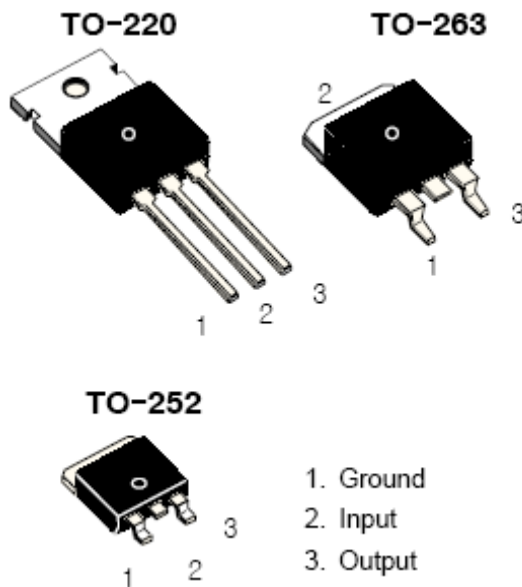
## 6 Priloge

### 6.1 TL072 – nizko-šumni JFET operacijski ojačevalniki



- Low Power Consumption
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Input Bias and Offset Currents
- Output Short-Circuit Protection
- Low Total Harmonic Distortion  
0.003% Typ
- Low Noise  
 $V_n = 18 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$  Typ at  $f = 1 \text{ kHz}$
- High Input Impedance . . . JFET Input Stage
- Internal Frequency Compensation
- Latch-Up-Free Operation
- High Slew Rate . . .  $13 \text{ V}/\mu\text{s}$  Typ
- Common-Mode Input Voltage Range  
Includes  $V_{CC+}$

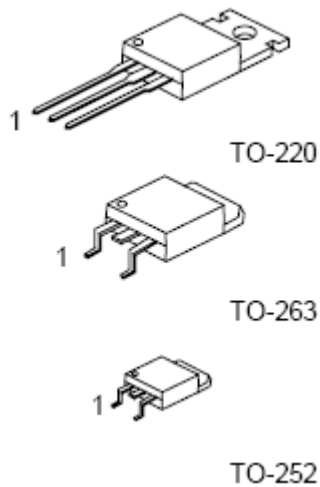
### 6.2 LM7909 – regulator negativnih napetosti



#### FEATURES

- Output current in excess of 1A
- Output voltage of -9V
- Internal thermal overload protection
- Short circuit protection
- Output transistor safe-area compensation

### 6.3 LM7809 – regulator pozitivnih napetosti

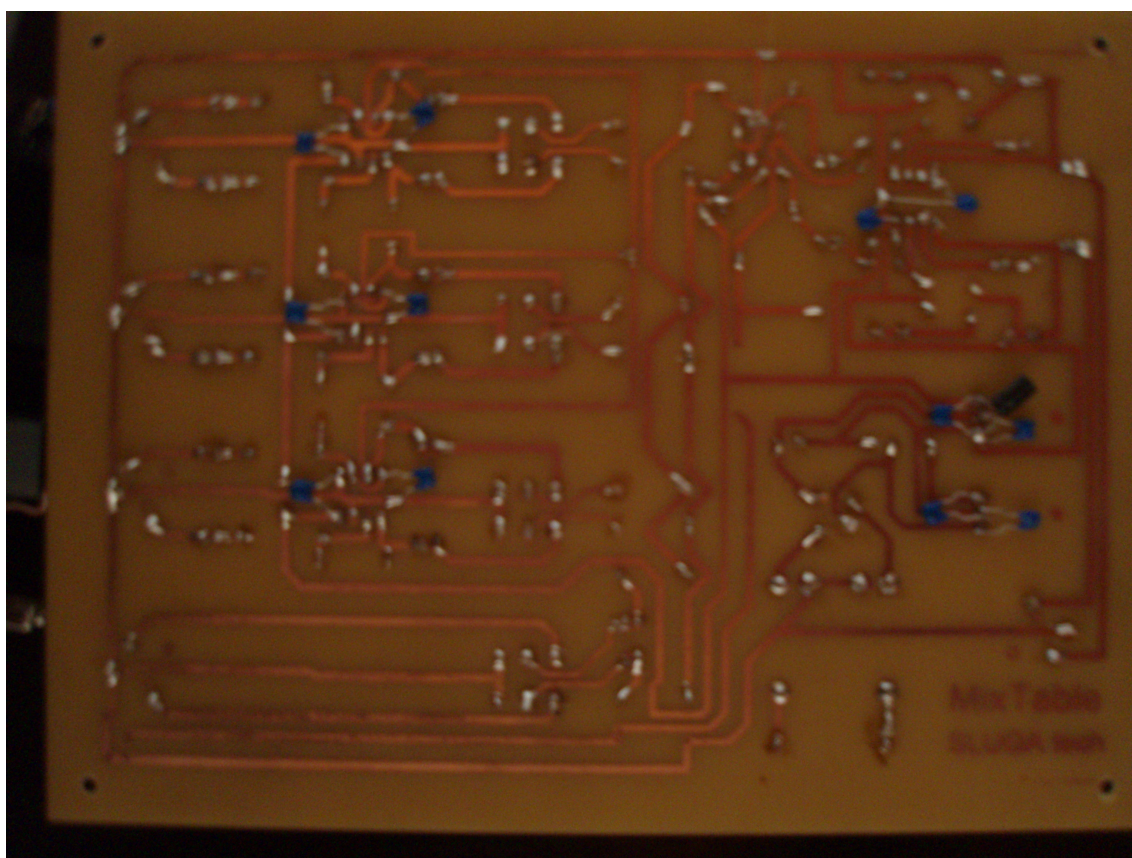
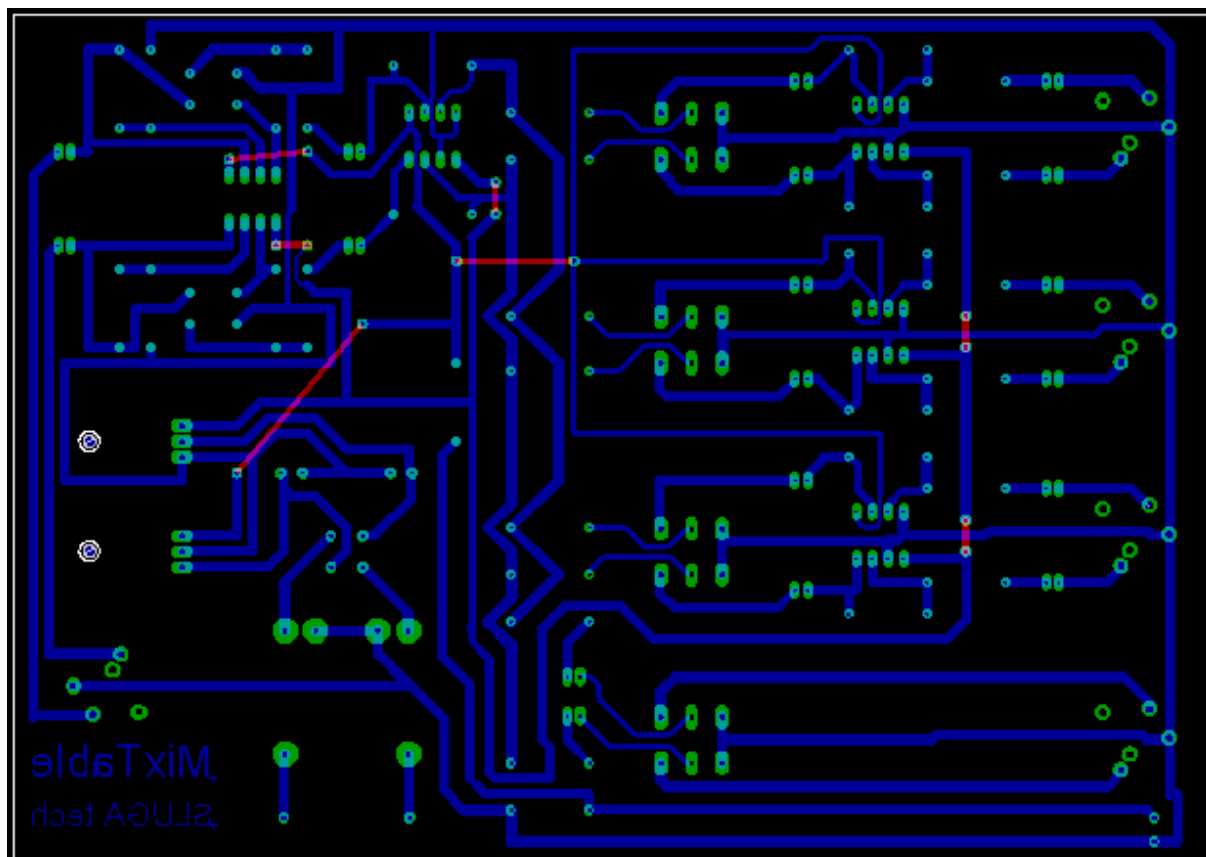


1: Input 2: GND 3: Output

#### FEATURES

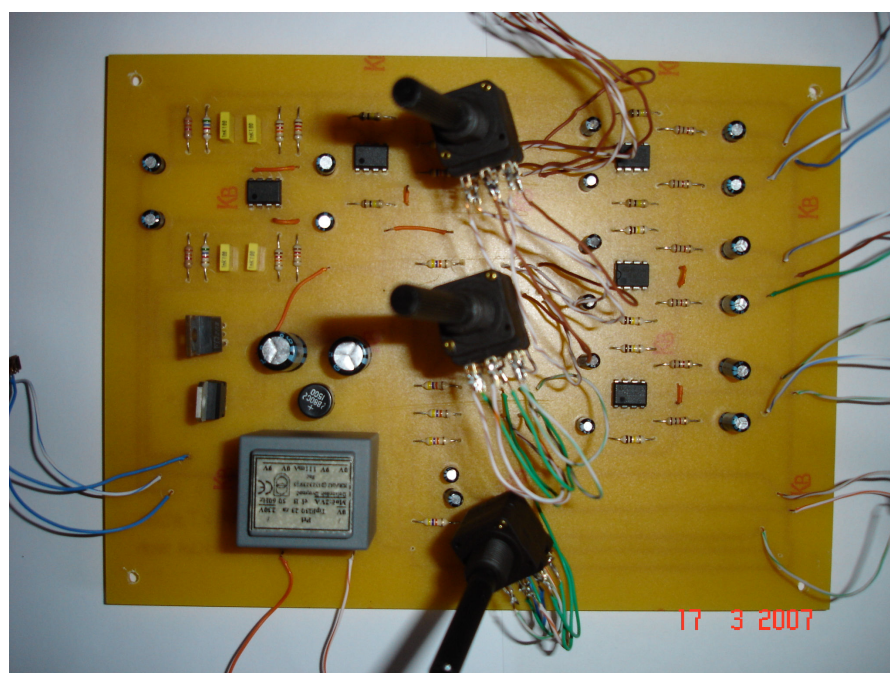
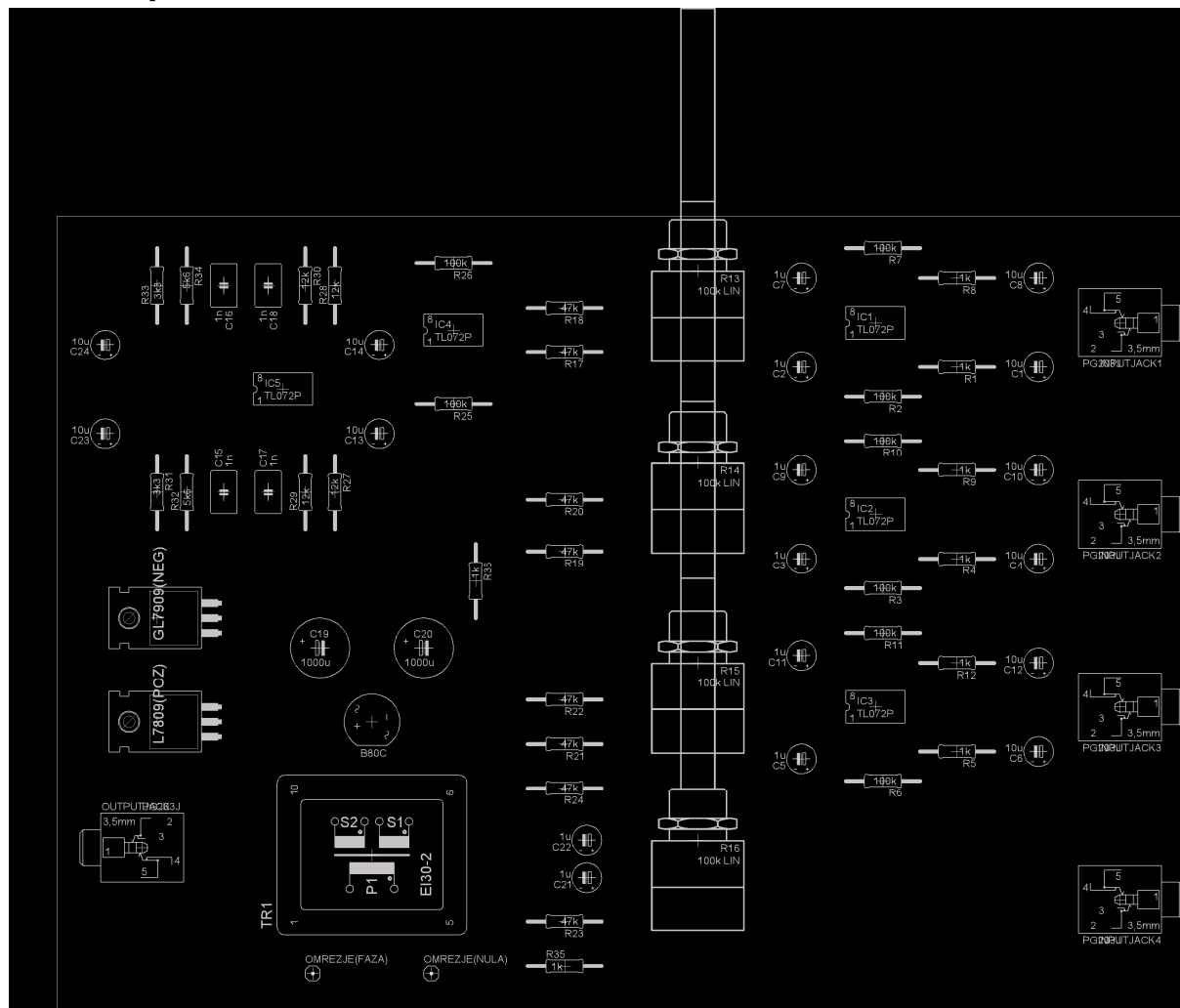
- Output current up to 1.5 A
- Fixed output voltage of 9V
- Thermal overload shutdown protection
- Short circuit current limiting
- Output transistor SOA protection

## 6.4 Tiskanina





## 6.5 Razpored elementov



## 6.6 Končni izdelek, ohišje

Pogled z vrha, kjer so potenciometri za nastavljanje glasnosti posameznega kanala:



Pogled iz strani, kjer so vhodi:



Pogled iz strani, kjer je izhod in priključek za 230V izmenične napetosti:



## 7 Zahvala

Zahvaljujem se vsem, ki so kakorkoli pripomogli pri izdelavi te seminarske naloge. Še posebej se zahvaljujem asistentu Marku Jankovcu za svetovanje, pomoč pri odkrivanju napak in merjenju karakteristik mešalke. Zahvaljujem se tudi Tomažu Kanalcu za pomoč in svetovanje pri načrtovanju vezja in očetu Janezu Slugi za pomoč pri izdelavi ohišja.

## 8 Viri

TL072 datasheet - <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tl072.pdf>

LM7809 datasheet - [http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/L/M/7/8/LM7809.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/L/M/7/8/LM7809.shtml)

LM7909 datasheet - <http://pubpages.unh.edu/~aperkins/pdf/LM-devices/LM7905A.pdf>