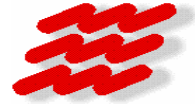




Univerza v Ljubljani



Fakulteta za elektrotehniko

# UBIJALEC HRUPA

## TK – Komunikacijska Vezja – 2002/03

Tadej Simčič

[tadej.simcic@email.si](mailto:tadej.simcic@email.si)

Ljubljana, 5/2/2003

# Kazalo

1.	<i>POVZETEK</i> .....	1
2.	<i>VSEBINA</i> .....	2
2.1	Veze .....	2
2.2	Analiza vezja .....	2
2.2.1	Predojačevalec .....	3
2.2.2	Invertirajoči del.....	4
2.2.3	Invertirajoči seštevalnik .....	4
2.3	Simulacije z orodjem SPICE OPUS.....	5
2.4	Dodatek.....	7
3.	<i>VIRI</i> .....	9

## Kazalo slik

<i>Slika 1 – Celotno vezje</i> .....	2
<i>Slika 2 - Predojačevalec</i> .....	3
<i>Slika 3 – Invertirajoči del</i> .....	4
<i>Slika 4 - Invertirajoči seštevalnik</i> .....	4
<i>Slika 5 - Ojačanje predojačevalca</i> .....	6
<i>Slika 6 - Ojačanje celotnega vezaj (<math>k=1</math>)</i> .....	6
<i>Slika 7 - fazne razlike</i> .....	7
<i>Slika 8 – zmanjšanje hrupa</i> .....	8

## Kazalo tabel

**Error! No table of figures entries found.**

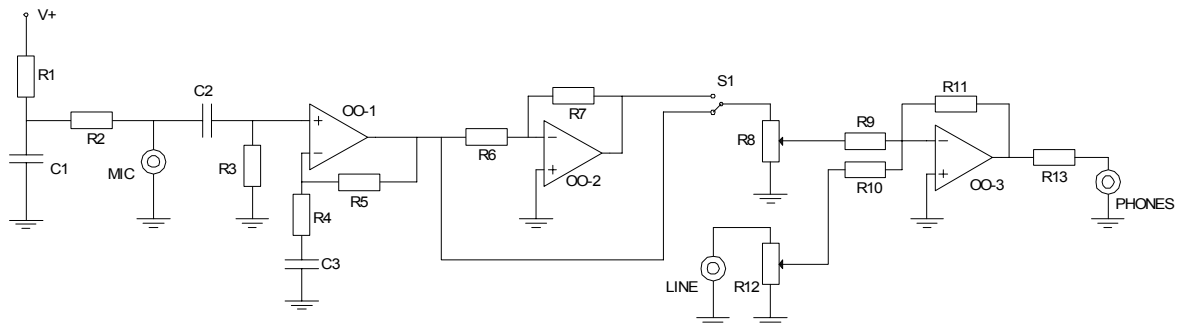
# 1. Povzetek

Namen seminarske vaje je bil, da bi naredil pripomoček, ki bi nam v vsakdanjem hrupnem življenja omogočil trenutek miru, tudi ko nam ta ni na voljo. Za ta namen sem naredil vezje, ki nam zajame zvok iz mikrofona, ga invertira in ojači ter reprodicija na slušalkah, kjer se nam originalen signal in invertiran izničita, ter tako ustvari tišino. Tako napisano deluje stvar enostavno, pri realizaciji pa je prišlo do težav. Načrt sem dobil na internetu, sama ideja pa me je privlačila že pred pred to seminarsko.

## 2. Vsebina

### 2.1 Vezje

Celotno vezje je napajano z 2x9V baterijama ali ekvivalentnim napetostnim virom. Za mikrofona sta uporabljena dva kondenzatorska mikrofona, ki pa potrebujeta od 2V do 10V napetosti na sponkah, da napajata ojačevalca v samem mikrofону. Vezje je narejeno iz dveh identičnih vezij kot jih vidimo spodaj za stereo efekt.

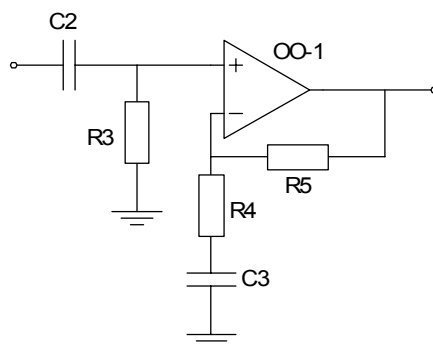


*Slika 1 – Celotno vezje*

### 2.2 Analiza vezja

Vezje na sliki je sestavljeno iz treh operacijskih ojačevalcev, vsakič pa uporabimo operacijski v različni vezavi. Najprej neinvertirajoči ojačevalnik na vhodu, ki nam ojači signal iz mikrofona, nato imamo invertirajoči ojačevalnik, katerega funkcija je da nam signal, če želimo, ojači in ne izniči. Na izhodu pa še invertirajoči seštevalnik, ki nam sešteje in ojači signal mikrofona in signal linijskega vhoda. Sam pa tudi krmili slušalke.

## 2.2.1 Predojačevalec



**Slika 2 - Predojačevalec**

Vhodni operacijski ojačevalnik imamo vezan z neinvertirajočo povratno vezavo. Ojačenje je odvisno od uporov  $R_4$  in  $R_5$ , frekvenčno odvisnost ojačanja pa nam določata kondenzator  $C_3$  v kombinaciji z  $R_4$ , ki nam da visokoprepustni filter s polom pri frekvenci 15,9Hz. Še en pol pa nam da kombinacija  $R_3$  in  $C_2$  na vhodu operacijskega ojačevalca, tudi ta pri frekvenci 15,9Hz.

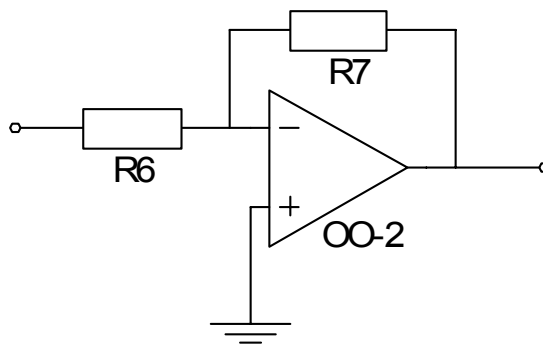
$$A_{u1} = \frac{R_5}{R_4} + 1 = \frac{33k\Omega}{1k\Omega} + 1 = 34$$

$$f_{p1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_4 \cdot C_3} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1k\Omega \cdot 10\mu F} = 15,9Hz$$

$$f_{p2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot C_2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1M\Omega \cdot 10nF} = 15,9Hz$$

Tako dobimo dvojni pol pri prekvenci 15,9Hz ter tako ostrejše padanje ojačanja pri nižjih frekvencah. Zgornje frekvence pa niso omejene, oziroma so omejene zgolj z omejitvijo operacijskega ojačevalca, to je nekaj 100 kHz.

### 2.2.2 Invertirajoči del



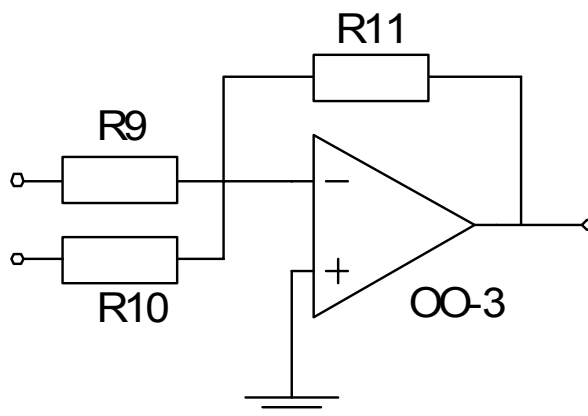
Slika 3 – Invertirajoči del

Ta operacijski ojačevaleč ima invertirajočo povratno vezavo, ojačanje pa je -1, saj sta upora  $R_6$  in  $R_7$  enaka,  $10k\Omega$ .

$$A_{u2} = -\frac{R_7}{R_6} = -\frac{10k\Omega}{10k\Omega} = -1$$

Izhod te stopnje in prejšnje stopnje vodimo na stikalo, s katerim izbiramo en ali drugi signal za zadnjo stopnjo. S tem lahko izbiramo med dvema funkcijama vezja: izničevanje zvoka (hrupa) ali pa ojačanje zvoka če česa ne slišimo dovolj dobro.

### 2.2.3 Invertirajoči seštevalnik



Slika 4 - Invertirajoči seštevalnik

Tretji operacijski ojačevalec pa je vezan invertirajoče, omogoča pa tudi seštevanje dveh signalov. Ta dva signala sta v tem primeru linijski vhod ter signal mikrofona.

$$U_{izh} = -(U_{vh1} \cdot \frac{R_{11}}{R_9} + U_{vh2} \cdot \frac{R_{11}}{R_{10}})$$

$$A_{u3} = -\frac{R_{11}}{R_9} = -\frac{100k\Omega}{10k\Omega} = -10$$

Še pred tem pa imamo potenciometer na vsakem vhodu v vezje s katerim določimo jakost zvoka posameznega signala na izhodu. Ta operacijski nam hkrati tudi krmili slušalke. Na njegovem izhodu pa imamo še upor  $R_{13}$ , s katerim se zaščiti morebiten kratek stik na izhodu.

Ojačanje celotnega vezja pa je:

$$A_{u,mic} = A_{u1} \cdot A_{u3} \cdot k$$

$$A_{u,line} = A_{u3} \cdot k$$

kjer je  $k$  razmerje napetostnega delilnika na potenciometru, če želimo najvišje ojačanje je  $k=1$ , ter tako dobimo:

$$A_{uMAX,mic} = A_{u1} \cdot A_{u3} \cdot 1 = 34 \cdot (-10) \cdot 1 = -340$$

$$|A_{uMAX,mic}| [dB] = 50,63$$

$$A_{uMAX,line} = A_{u3} \cdot 1 = -10 \cdot 1 = -10$$

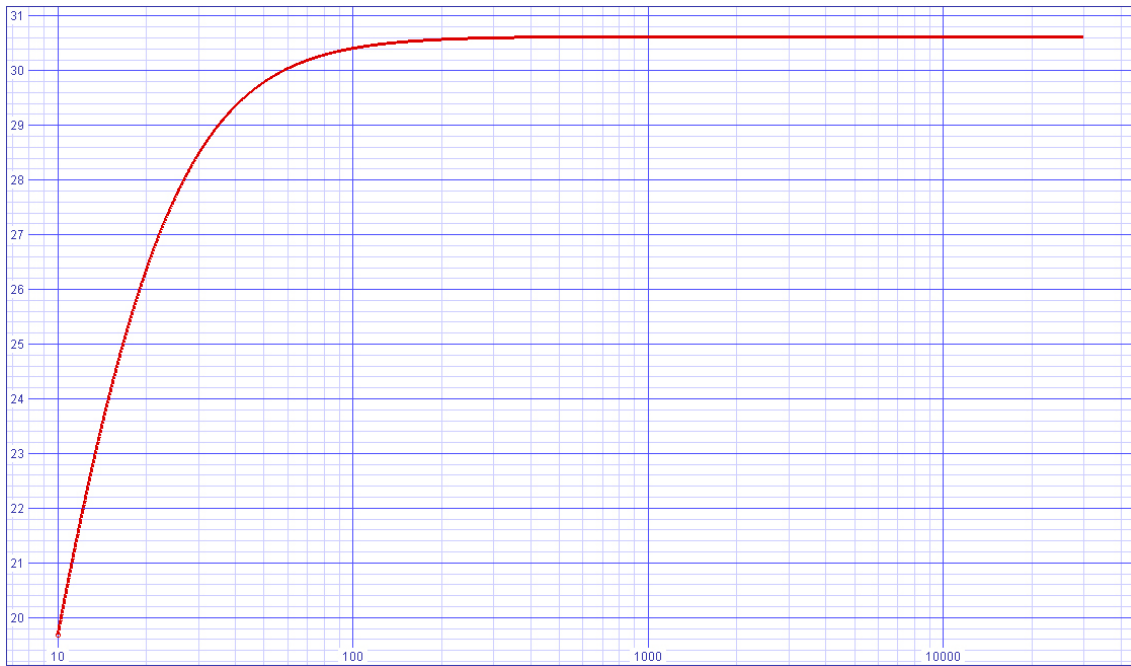
$$|A_{uMAX,line}| [dB] = 20$$

Vezje nam torej lahko ojači signal iz mikrofona za maksimalno 50dB, signal iz linijskega vhoda pa za maksimalno 20dB. Ojačanje obeh pa lahko izbiramo neodvisno eden od drugega.

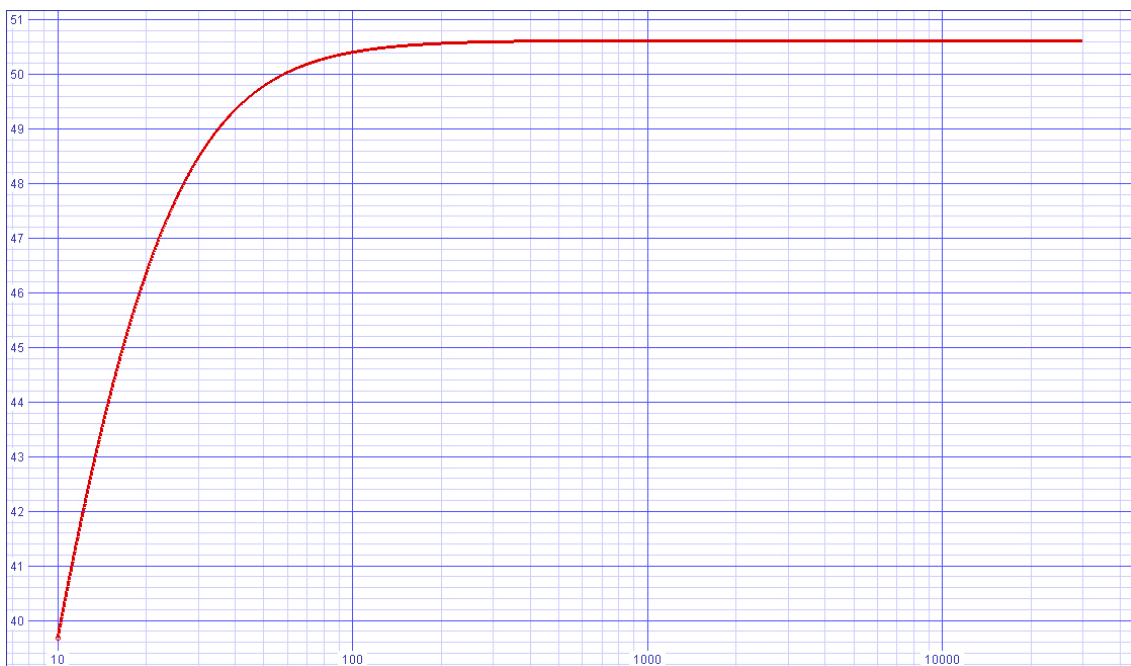
## 2.3 Simulacije z orodjem SPICE OPUS

Izračuni z orodjem Spice Opus se ujemajo z zgornjimi izračuni. Za ilustracijo sta spodaj podana dva grafa, ki prikazujeta frekvenčno odvisnost ojačanja predojačevalca in celotnega vezja, ko je  $k=1$ .





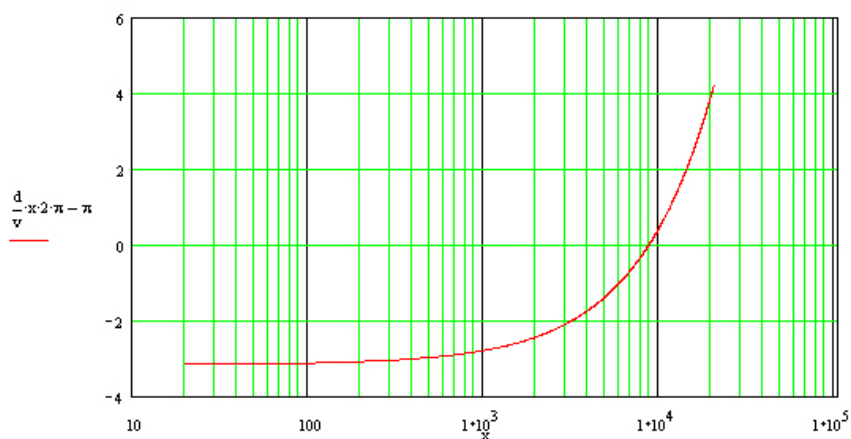
**Slika 5 - Ojačanje predojačevalca**



**Slika 6 - Ojačanje celotnega vezaj ( $k=1$ )**

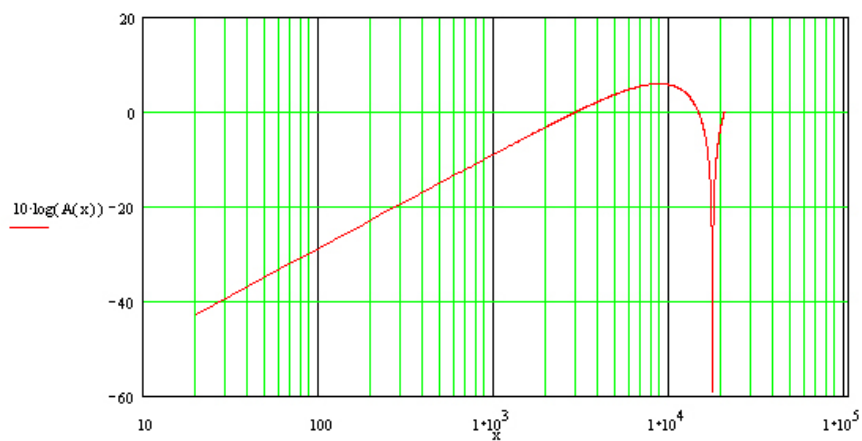
## 2.4 Dodatek

Vezje deluje kot bi moralo delovati z električnega vidika, ne zadovoljuje pa nemena za katerega je bilo narejeno. Razlog zakaj ne deluje zadovoljivo pa je drugje. Vezje skoraj nima zakasnitev, medtem ko pa zvok rabi nekaj časa za prepotovati razdaljo cca. 2cm, kolikor je razdalja med mikrofonom in slušalko. Zaradi tega zakasnilnga časa (cca.:  $60\mu\text{s}$  za 2cm) prihaja do nepravilnega odštevanja med rekonstruiranim in originalnim zvokom. Tega pa nismo predvideli pri načrtovanju vezja. Bolje se nam odštevajo nižje frekvence kot višje. Spoldnja skica nam lepo prikazuje, kolikšna je fazna razlika med originalnim in rekustruiranim signalom (z obrnjeno fazo):



**Slika 7 - fazne razlike**

Če to upoštevamo in izračunamo koliko se nam zmanjša amplituda hrupa po seštevanju z našim signalom, lahko vidimo da pri višjih vrekvencah ne samo, da se nam hrup slabše odšteva, celo prišteva se nam.



**Slika 8 – zmanjšanje hrupa**

Rešitev tega problema bi lahko rešil z zakasnitvijo signala v vezju, ki bi bila sorazmerne z razdaljo med mikrofonom in slušalko. Za primer razdalje točno 2cm bi to pomenilo zakasnitev za cca.  $59\mu\text{s}$ , kar bi lahko storili z digitalnim zakasnilnim vezjem. Pri vsem tem sem pa predpostavil da prihaja hrup pravokotno na naše uho, če to ne drži potem bi to delovalo slabše. Sklep : Problem ni tako enostavno rešljiv, kot sem sprva mislil.

### **3. Viri**

Vezje: [http://headwize2.powerpill.org/projects/noise\\_prj.htm](http://headwize2.powerpill.org/projects/noise_prj.htm)