

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

3-pasovni avdio izenačevalnik (equalizer)

**seminarsko delo pri predmetu
komunikacijska vezja**

Mentor:
as. dr. Anton Umek

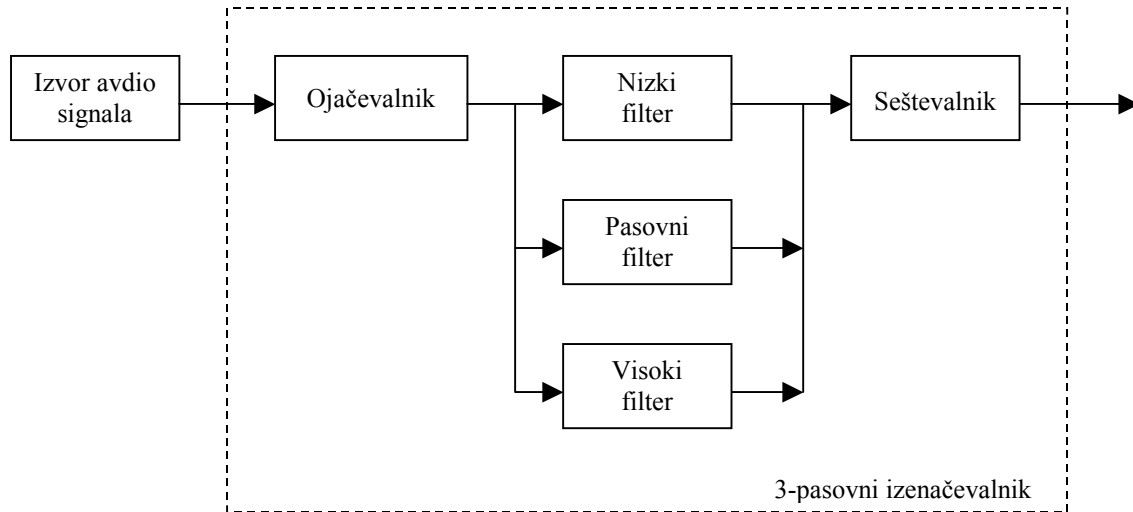
Avtor:
Urban Sedlar

Kazalo

1. Ideja	3
2. Osnovne zahteve.....	3
3. Zgradba.....	4
3.1 Nizki prepustni filter z dvema poloma:	4
3.2 Pasovni filter:.....	5
3.3 Visoki prepustni filter z dvema poloma:.....	6
3.4 Skupna karakteristika:	7
4. Načrt.....	9
5. Uporabljeni elementi	10
6. Priloge	11
6.1 Meritev z osciloskopom in funkcijskim generatorjem:.....	11
6.1.1 Meritev mejnih frekvenc (priloga 1).....	11
6.2 Meritev prevajalnih funkcij s spektralnim analizatorjem:	11
6.2.1 Nizki filter, desni kanal (priloga 2).....	11
6.2.2 Nizki filter, levi kanal (priloga 3).....	11
6.2.3 Pasovni filter, desni kanal (priloga 4).....	11
6.2.4 Visoki filter, desni kanal (priloga 5).....	11
6.2.5 Prevajalna funkcija celotnega equalizerja (priloga 6).....	11
6.3 Primerjava izmerjenih in izračunanih prevajalnih funkcij:.....	11
6.3.1 Nizki filter (priloga 7).....	11
6.3.2 Pasovni filter (priloga 8).....	11
6.3.3 Visoki filter (priloga 9).....	11

1. Ideja

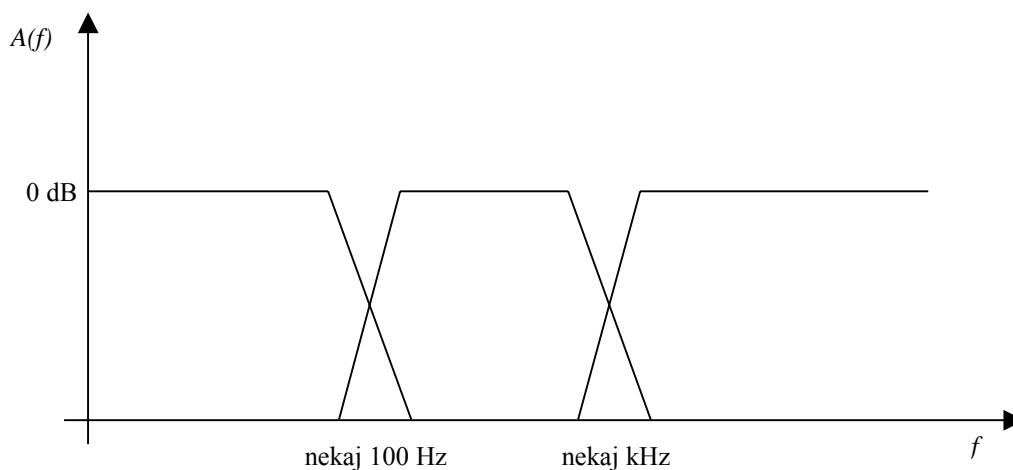
Namen seminarske naloge je sinteza izenačevalnika (equalizerja), s katerim bo mogoče uravnavati prepustnost nizkih, srednjih in visokih frekvenc v avdio signalu.



2. Osnovne zahteve

Nizke frekvence: 0 Hz ÷ nekaj 100 Hz
Srednje frekvence: nekaj 100 Hz ÷ nekaj kHz
Visoke frekvence: nekaj kHz in višje

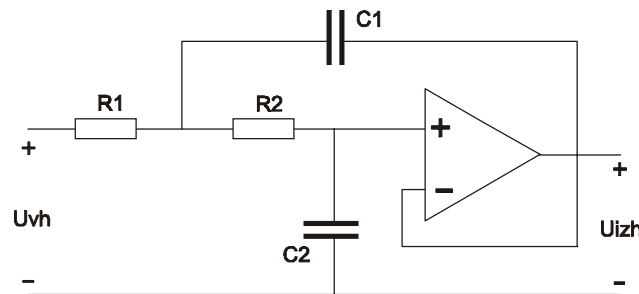
Približen potek želenih frekvenčnih karakteristik:



3. Zgradba

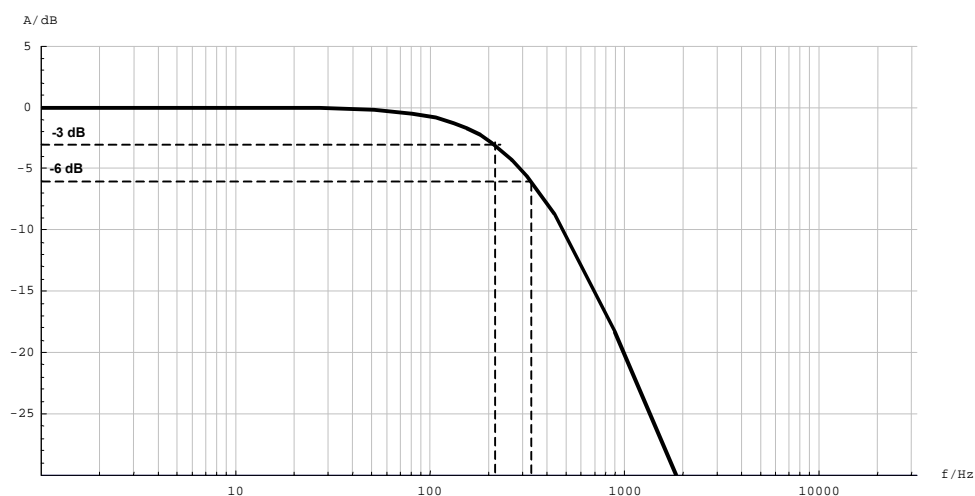
Za zgradbo izenačevalnika uporabimo nizki, pasovni in visoki filter. Filtri z enim polom imajo slabljenje 20 dB/dekado. Ker želimo, da so frekvenčni pasovi čim ostreje ločeni med seboj, uporabimo za nizke in visoke frekvence filtre z dvema poloma – s slabljenjem 40 dB/dekado.

3.1 Nizki prepustni filter z dvema poloma:



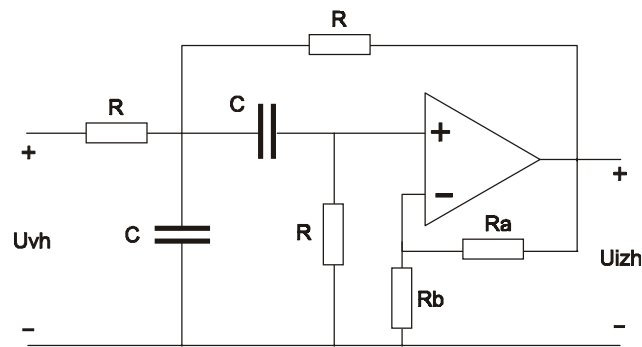
$$A(s) = \frac{U_{izh}}{U_{vh}} = \frac{1}{R_1 R_2} \cdot \frac{1}{s^2 C_1 C_2 + s C_2 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) + \frac{1}{R_1 R_2}} = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2} \cdot \frac{1}{s^2 + s \frac{R_1 + R_2}{C_1 R_1 R_2} + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} = \frac{1}{2\pi RC} \Big|_{\substack{R_1=R_2 \\ C_1=C_2}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10n \cdot 48k} = 330 \text{ Hz}$$



Prevajalna funkcija nizkega filtra za izbrane elemente
($C_1 = C_2 = 10\text{nF}$, $R_1 = R_2 = 48\text{k}\Omega$)

3.2 Pasovni filter:



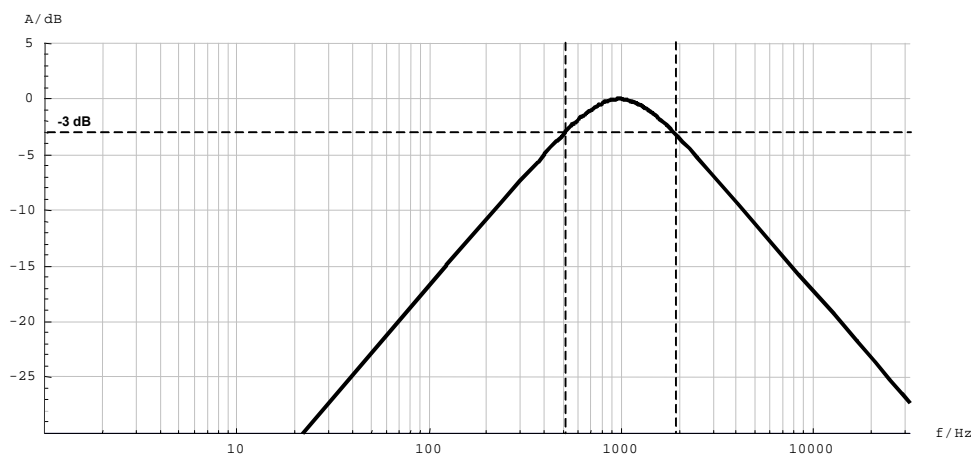
$$A(s) = \frac{U_{vh}}{U_{izh}} = \frac{\frac{R_a + R_b}{R_b} sCR}{2 + 4sCR + 2s^2C^2R^2 - sCR \frac{R_a + R_b}{R_b} - s^2C^2R^2} = \frac{A_a sCR}{2 + sCR(4 - A_a) + s^2C^2R^2} =$$

$$= \frac{A_a \frac{s}{RC}}{s^2 + s \frac{4 - A_a}{RC} + \frac{2}{R^2C^2}}$$

Resonančna frekvenca: $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{\sqrt{2\pi RC}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 230k \cdot 1n} = 980\text{Hz}$

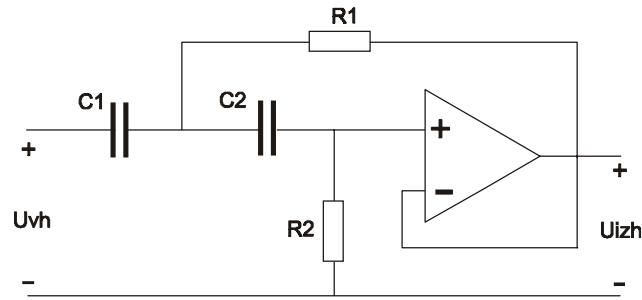
Kvaliteta: $Q = \frac{\sqrt{2}}{4 - A_a} = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$; $A_a = \frac{R_a + R_b}{R_b} = \frac{100k + 100k}{100k} = 2$

Ojačenje v resonanci: $A(s) \Big|_{\substack{s=j\omega \\ \omega=\omega_0}} = \frac{\frac{R_a + R_b}{R_b}}{4 - \frac{R_a + R_b}{R_b}} = \frac{R_a + R_b}{3R_b - R_a} \Big|_{\substack{R_a=100k \\ R_b=100k}} = \frac{200k}{300k - 100k} = 1$



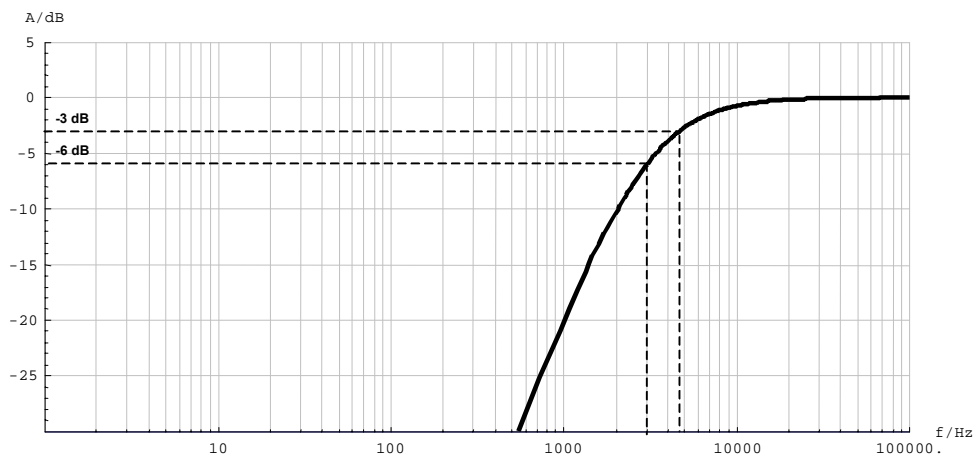
Prevajalna funkcija pasovnega filtra za izbrane elemente
($C = 1\text{nF}$, $R = 230\text{k}\Omega$, $R_a = R_b = 53\text{k}\Omega$)

3.3 Visoki prepustni filter z dvema poloma:



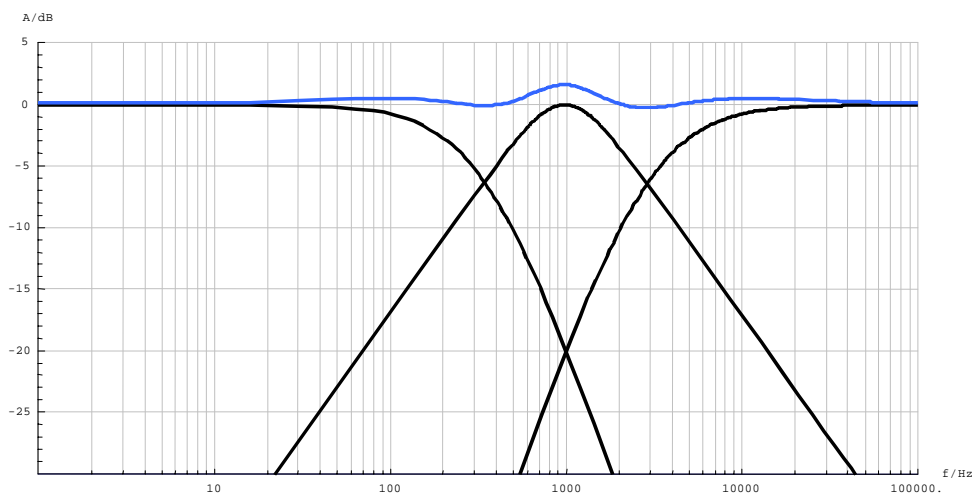
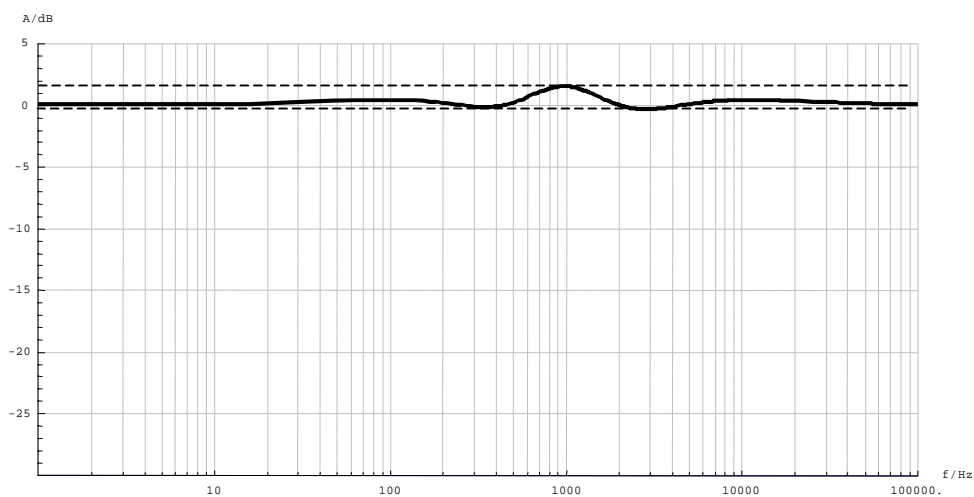
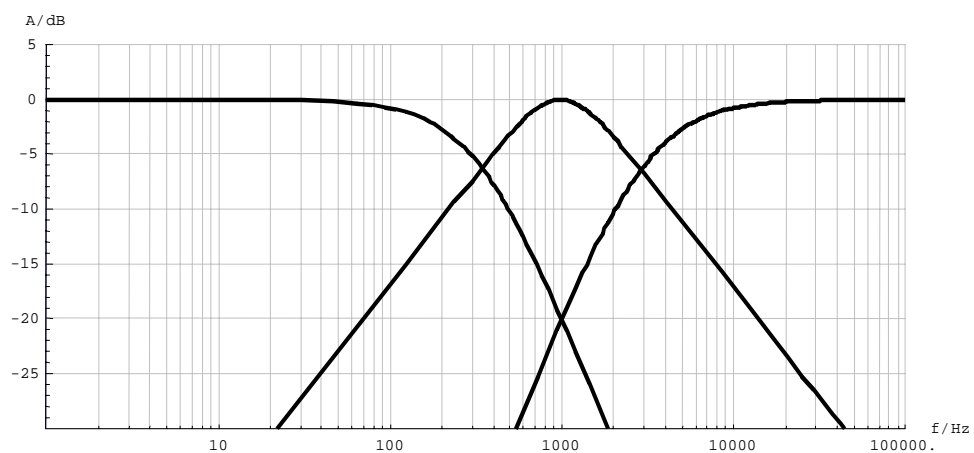
$$A(s) = \frac{s^2 C_1 C_2}{s^2 C_1 C_2 + s \frac{C_1 + C_2}{R_2} + \frac{1}{R_1 R_2}} = \frac{s^2}{s^2 + \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 R_2} + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} = \frac{1}{2\pi RC} \Big|_{\substack{R_1=R_2 \\ C_1=C_2}} = \frac{1}{2\pi \ln 53k} = 3003 \text{ Hz}$$

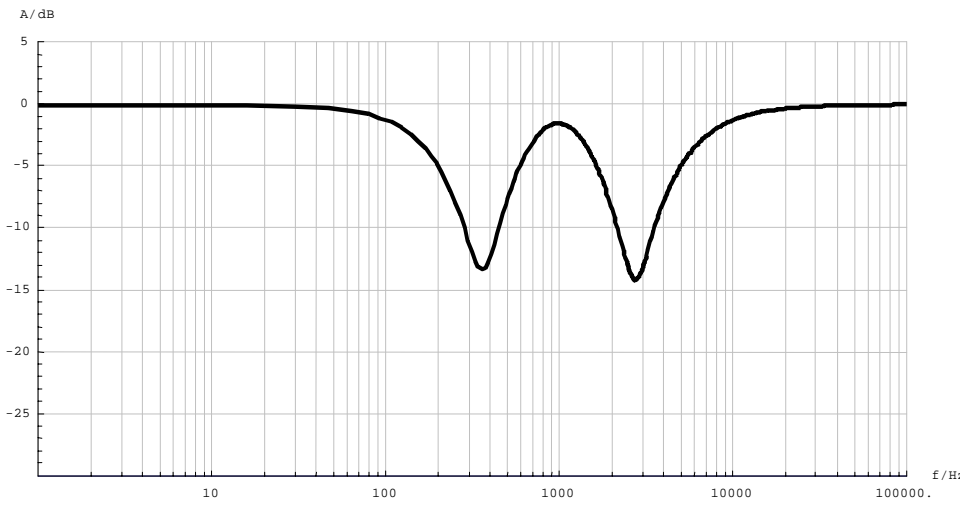


Prevajalna funkcija visokega filtra za izbrane elemente
($C_1 = C_2 = 1\text{nF}$, $R_1 = R_2 = 53\text{k}\Omega$)

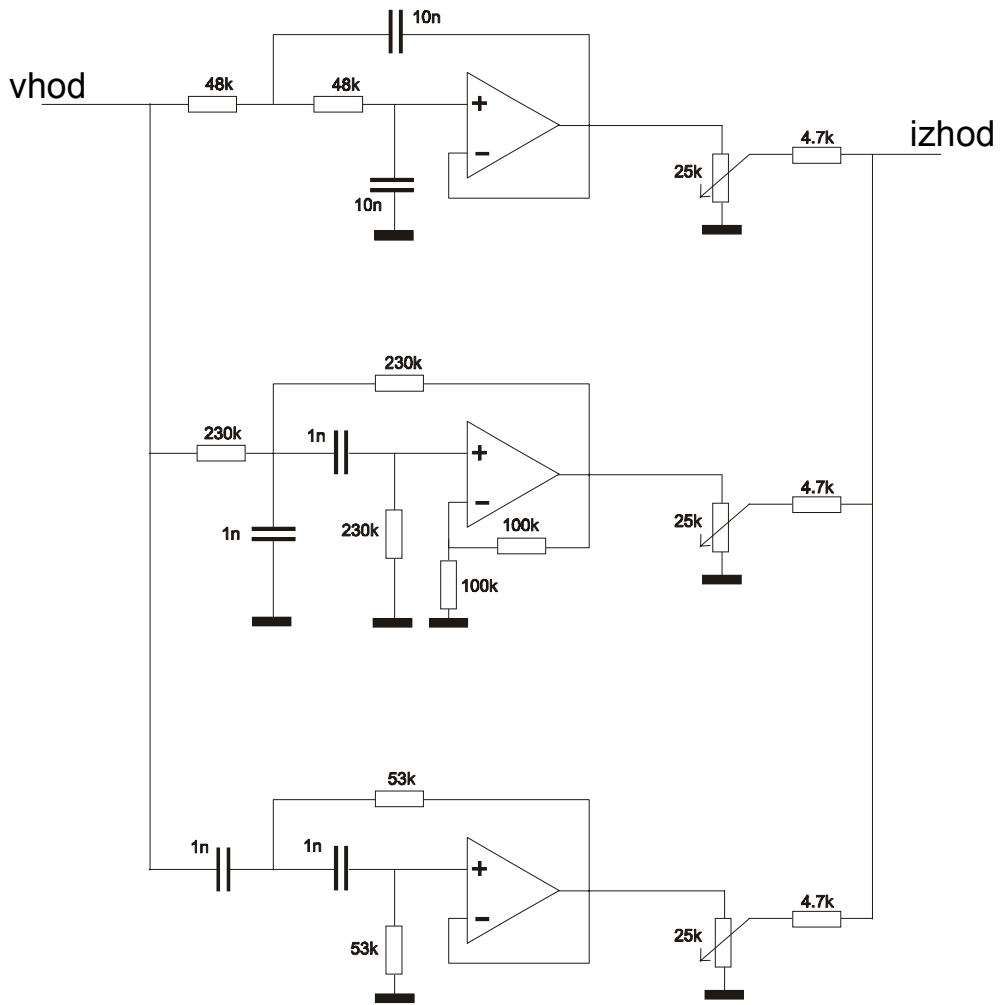
3.4 Skupna karakteristika (seštevanje absolutnih vrednosti):



3.5 Pravilna skupna karakteristika:



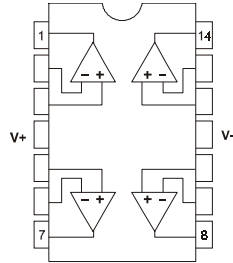
Načrt



4. Uporabljeni elementi in realizacija

Operacijski ojačevalnik:

2x TL 074 (4 x operacijski ojačevalnik)



Napajanje: $V_{+max} = +18V$
 $V_{-max} = -18V$

Upori:

3x potenciometer 25k (stereo)
3x 1k
3x 4.7k
2x 5.6k
3x 10k
5x 47k
2x 100k
3x 220k

Kondenzatorji:

4x 10 nF
8x 1 nF

Realizacija:

Vezje sem realiziral na Euro ploščici. Delovanje sem preveril z osciloskopom. Ugotovil sem, da operacijski ojačevalnik deluje brez popačenja pri najnižji napajalni napetosti $\pm 4V$.

Meritev s spektralnim analizatorjem je potrdila, da se posamezne prevajalne funkcije filtrov ujemajo s predvidenimi poteki. Zaradi vezave izhodov v skupno točko se na izhodu prevajalni funkciji nizkega in visokega filtra za malenkost premakneta – rezultat je, da izhodna prevajalna funkcija ni več ravna. Vezje v praksi kljub temu zadovoljivo deluje.

Priloge

4.1 Meritev z osciloskopom in funkcijskim generatorjem:

- 4.1.1 Meritev mejnih frekvenc (priloga 1)

4.2 Meritev prevajalnih funkcij s spektralnim analizatorjem:

- 4.2.1 Nizki filter, desni kanal (priloga 2)
- 4.2.2 Nizki filter, levi kanal (priloga 3)
- 4.2.3 Pasovni filter, desni kanal (priloga 4)
- 4.2.4 Visoki filter, desni kanal (priloga 5)
- 4.2.5 Prevajalna funkcija celotnega equalizerja (priloga 6)

4.3 Primerjava izmerjenih in izračunanih prevajalnih funkcij:

- 4.3.1 Nizki filter (priloga 7)
- 4.3.2 Pasovni filter (priloga 8)
- 4.3.3 Visoki filter (priloga 9)

Meritev z osciloskopom in funkcijskim generatorjem

S pomočjo osciloskopa izmerimo frekvenco, pri kateri pade amplitudni odziv za 3dB:

Nizki filter:

$$f_{zg} = 240 \text{ Hz}$$

Pasovni filter:

$$f_{sp} = 480 \text{ Hz}$$

$$f_{zg} = 1950 \text{ Hz}$$

$$f_{res} = 990 \text{ Hz}$$

Visoki filter:

$$f_{sp} = 4.5 \text{ kHz}$$