

Audio ojačevalnik

Seminarska naloga pri predmetu
Elektronska vezja

Jernej ŠVIGELJ

Iška Loka, oktober 2003

1 Uvod

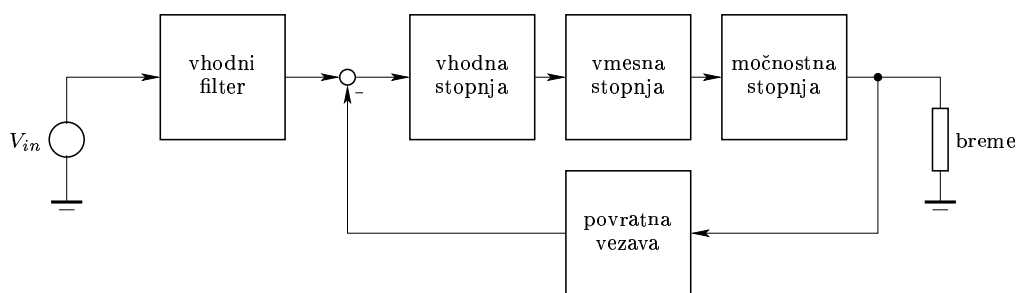
V tej seminarski nalogi je opisan audio ojačevalnik, katerega sem načrtoval za vajo pri študiju predmeta Elektronska vezja. Ojačevalnik deluje v frekvenčnem področju od 10Hz do 40kHz in je sposoben dovajati 100W_{RMS} moči na 8Ω breme. Shema ojačevalnika z vrednostimi elementov je v prilogi.

Seminarska naloga je razdeljena na dva dela. V prvem delu **Opis vezja** je ojačevalnik opisan po posameznih sklopih. V drugem delu **Stabilnost**, pa je opravljena analiza stabilnosti ojačevalnika s programom PSpice.

2 Opis vezja

2.1 Blokovna shema ojačevalnika

Audio ojačevalnik lahko razdelimo na naslednje sklope: vhodni filter, vhodna stopnja, vmesna stopnja, močnostna stopnja in povratna vezava. Blokovno shemo lahko vidimo na sliki 1.



Slika 1: Blokovna shema ojačevalnika

Vhodni filter nam frekvenčno omeji signal na vhodu ojačevalnika. Z njim izločimo morebitne visokofrekvenčne motnje in odmično napetost. Vhodna stopnja ima visoko vhodno upornost, tako da ne obremenjuje izhoda filtra. Poleg tega ima še veliko napetostno ojačanje. Vmesna stopnja ima velik razpon napetosti na izhodu. Izhodna stopnja pa ima nizko izhodno upornost in je sposobna gnati bremena z upornostjo $\approx 4\Omega$.

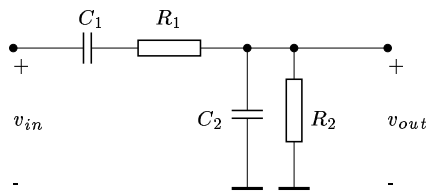
Povratna vezava nam omeji ojačanje in zmanjša harmonična popačenja.

2.2 Vhodni filter

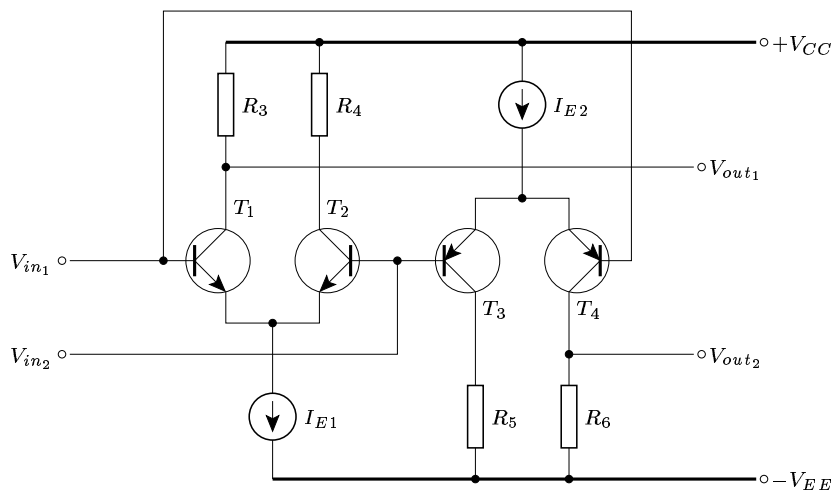
Vhodni filter je pasovno prepustni. Realiziran je s preprostim RC vezjem. Vidimo ga lahko na sliki 2. Mejni frekvenci ima pri $f_{min} = 10\text{Hz}$ in $f_{max} = 40\text{kHz}$

2.3 Vhodna stopnja

Vhodna stopnja je sestavljena iz dveh diferencialnih ojačevalnikov. Vidimo jo na sliki 3. Tranzistorja T_1 in T_2 sta ekvivalentna in komplementarna paru T_3 in T_4 . Tokovna vira I_{E1} in I_{E2} dajeta enak tok in upori R_3, R_4, R_5 ter R_6 so enaki. Na sponko V_{in1} je priključen signal s izhoda filtra, na sponko V_{in2} pa signal s povratne vezave. Sponki V_{out1} in V_{out2} sta



Slika 2: Vhodni filter



Slika 3: Vhodna stopnja

priključeni na vhod vmesne stopnje. Shema tokovnih virov je na sliki 4. Zaradi zenerjevih diod D_1 in D_2 , sta tokovna vira neodvisna od napajalne napetosti. Upora R_7 in R_{10} na sliki 4 naptostno razbremenita tranzistorja T_5 in T_6 .

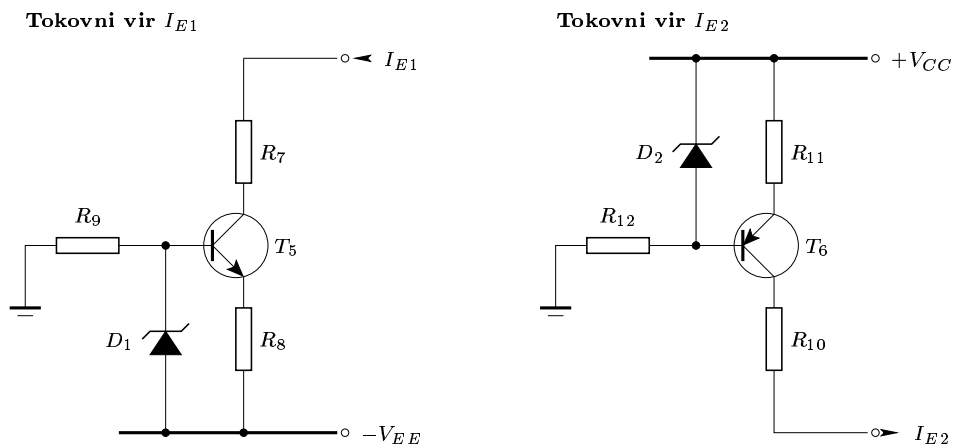
2.4 Vmesna stopnja

Vmesno ojačevalno stopnjo lahko vidimo na sliki 5. Sklop za konstantno napetost V_M bomo potrebovali za nastavitev mirovnega toka v močnostni ojačevalni stopnji. Napetost V_{CE} na tranzistorju T_9 je odvisna od V_{BE} na T_9 in vrednosti uporov R_{14} , R_{15} ter R_{16} . V serijo s potenciometrom R_{16} je vezan upor R_{15} . Ta upor nam v primeru nastavitve $R_{16} = 0\Omega$ omeji napetost V_{CE} na tranzistorju T_9 .

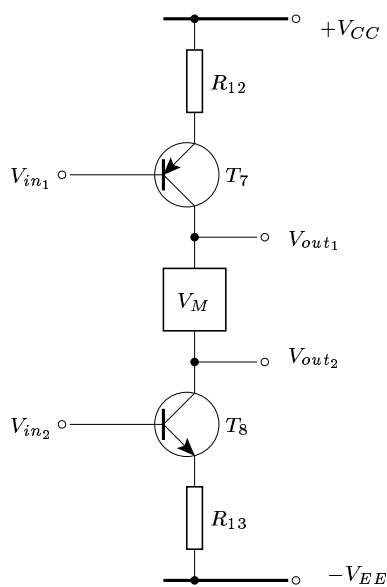
2.5 Močnostna stopnja

Močnostna stopnja je realizirana z paralelno vezanimi MOS tranzistorji v "push-pull" povezavi. Stopnjo lahko vidimo na sliki 6. Paralelna vezava je uporabljena zato, da porazdelimo izgubno moč na več tranzistorjev. Tako lahko z razmeroma šibkimi in cenenimi tranzistorji dosežemo velike izhodne moči. Ker pa tranzistorji niso povsem enaki, s pomočjo uporov vezanih med izvorom in bremenom (R_{23} , R_{24} , R_{25} , R_{26} , R_{27} in R_{28}) kompenziramo razlike.

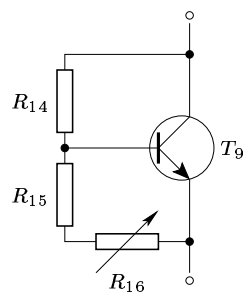
Upori R_{17} , R_{18} , R_{19} , R_{20} , R_{21} in R_{22} tvorijo skupaj s kapacitivnostmi C_{GS} na tranzistorjih nizkopreustni filter z lomno frekvenco v MHz področju.



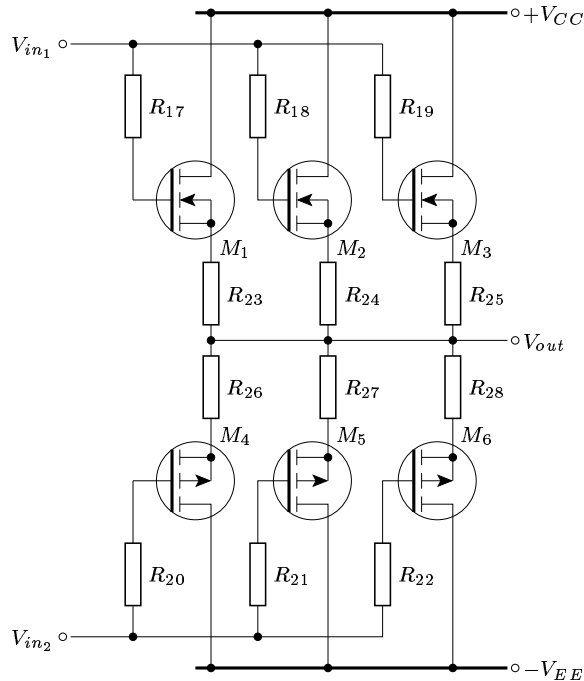
Slika 4: Tokovna vira



Sklop za konstantno napetost V_M :



Slika 5: Vmesna ojačevalna stopnja



Slika 6: Močnostna ojačevalna stopnja

2.6 Povratna vezava

Uporabljena je napetostno krmiljena napetostna povratna vezava. Povratna vezava je realizirana kar z napetostnim delilnikom.

3 Stabilnost

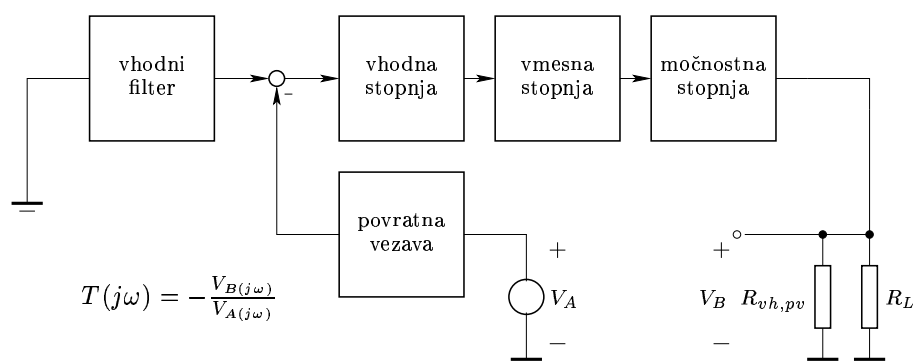
3.1 Nyquistov diagram

Opazovali bomo karakteristično ojačanje odprte zanke $T(j\omega)$. Meritev $T(j\omega)$ napravimo tako, da prekinemo povratno vezavo na izhodu ojačevalnika. Na vhod v povratno vezavo priključimo napetostni vir V_A . Na izhod ojačevalnika paralelno bremenu vežemo vhodno upornost povratne vezave in merimo napetost V_B . Vezava meritve je prikazana na sliki 7.

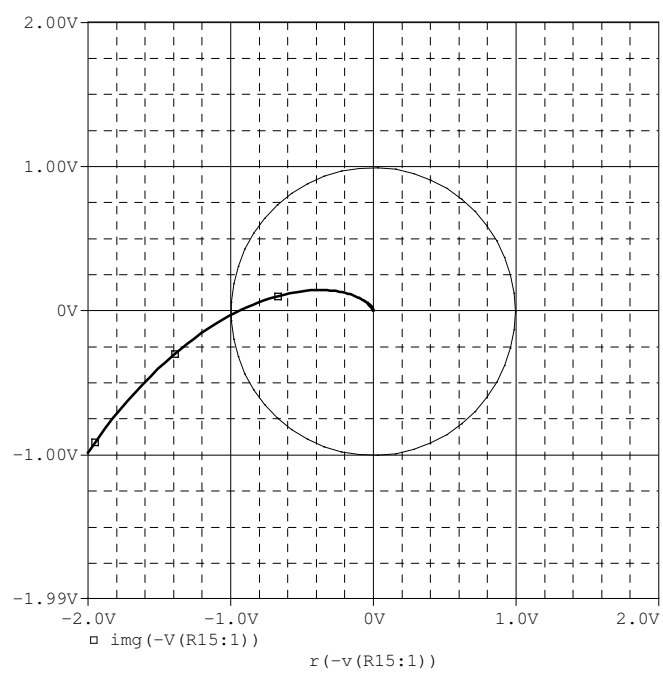
Rezultat simulacije je na sliki 8. Vidimo da gre $T(j\omega)$ blizu točke $(-1 + j0)$, vendar je ne objame. Ojačevalnik je na robu stabilnosti. Vsaka majhna sprememba lastnosti elementov zaradi staranja, spremembe temperature ali pa zaradi toleranc izdelave lahko spravi tak sistem v nestabilno stanje.

Da bi bil ojačevalnik stabilnejši ga kompenziramo z vstavitvijo dominantnega pola. To smo napravili tako, da smo dodali kondenzatorja C_{K1} in C_{K2} med bazo in kolektor na tranzistorjih T_7 in T_8 . Za $C_{K1} = C_{K2} = 100pF$ je potek $T(j\omega)$ na sliki 9. Opazimo, da je ojačevalnik res stabilnejši. Ocenimo lahko tudi fazni in amplitudni razloček, ki sta $\varphi_m = 45^\circ$ in $T_m = 10dB$.

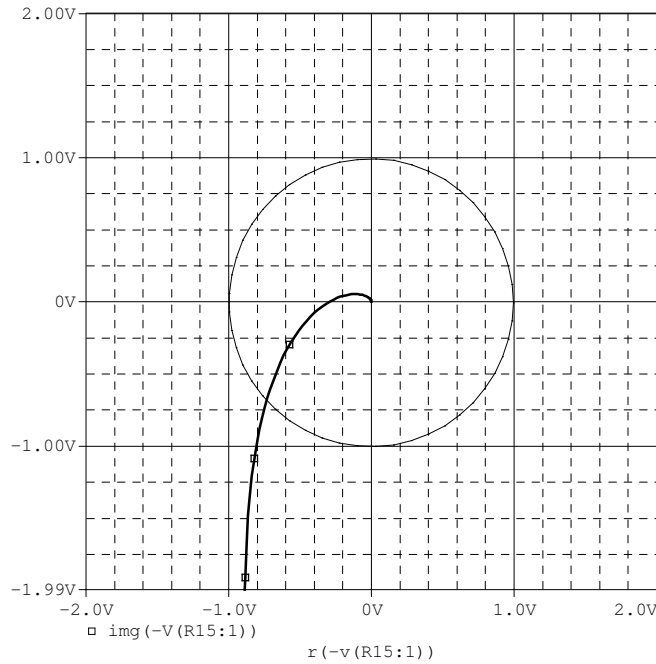
Za poizkus smo zamenjali kondenzatorja $C_{K1} = C_{K2} = 10nF$ in izmerili potek $T(j\omega)$. Na sliki 10 lahko vidimo da sta $\varphi_m = 85^\circ$ in $T_m = 26dB$. Ojačevalnik je še stabilnejši



Slika 7: Meritev $T(j\omega)$



Slika 8: $T(j\omega)$



Slika 9: Kompenzacija s $C_{K1} = C_{K2} = 100pF$

kot prej, vendar smo mu z velikim C_K omejili hitrost odzivanja. Zato je tak sistem enako neuporaben kot tisti nekompenziran.

3.2 Odziv v časovnem prostoru

Na sliki 11 lahko vidimo odzive ojačevalnika na stopnico $1V$.

Nekompenziran ojačevalnik je hiter (odziv strmo narašča). V fazi prehoda v stacionarno stanje pa malo zaniha.

Sistem kompenziran s $C_{K1} = C_{K2} = 100pF$ je počasnejši. S kompenzacijo smo pridobili lepši prehod v stacionarno stanje na račun hitrosti.

Pri kompenzaciji $C_{K1} = C_{K2} = 10nF$ pa je sistem popolnoma zadušen.

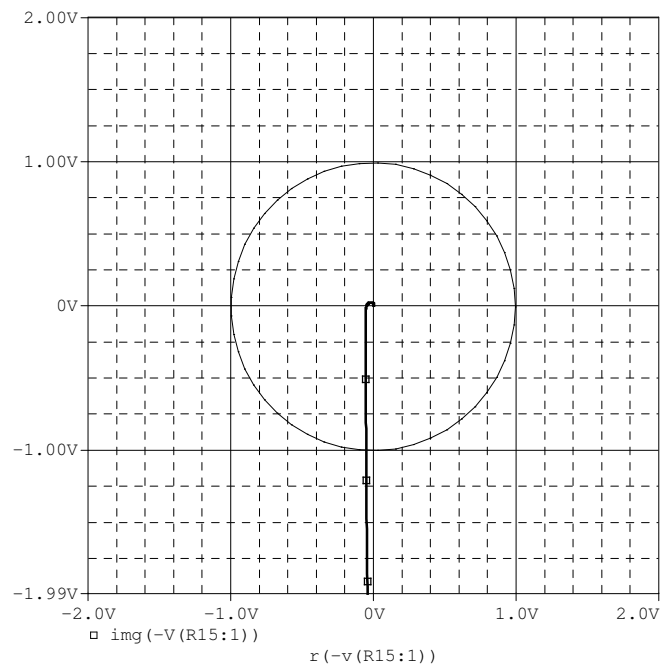
3.3 Frekvenčni potek ojačanja

Na sliki 12 je simuliran potek ojačanja ojačevalnika odvisnosti od frekvence.

4 Zaključek

Vse meritve, ki so prikazane v tej seminarski nalogi, so bile opravljene na simulacijskem modelu ojačevalnika v paketu PSpice.

Razlike med zgrajenim ojačevalnikom in modelom so se pokazale v mirovnih tokovih, kjer so dejanski mirovni tokovi za $\approx 5\%$ večji. Na izhodu dejanskega ojačevalnika se je pojavila odmična napetost $\approx 0.15V$. Sicer pa je ojačevalnik stabilen.



Slika 10: Kompenzacija s $C_{K1} = C_{K2} = 10nF$

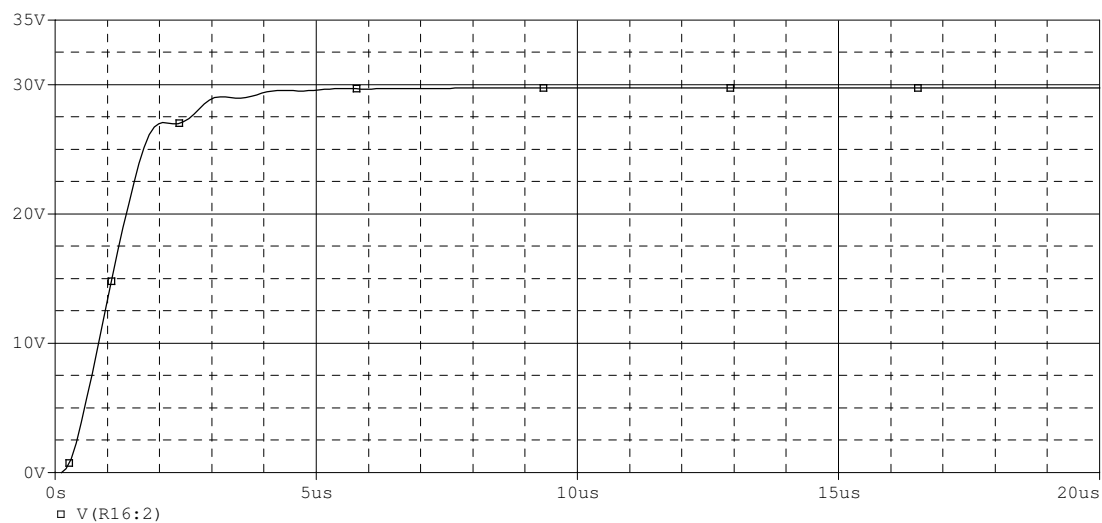
5 Literatura

- Marko Topič - Zapiski predavanj predmeta Elektronska vezja
- Savo Leonardis - Ojačevalniki

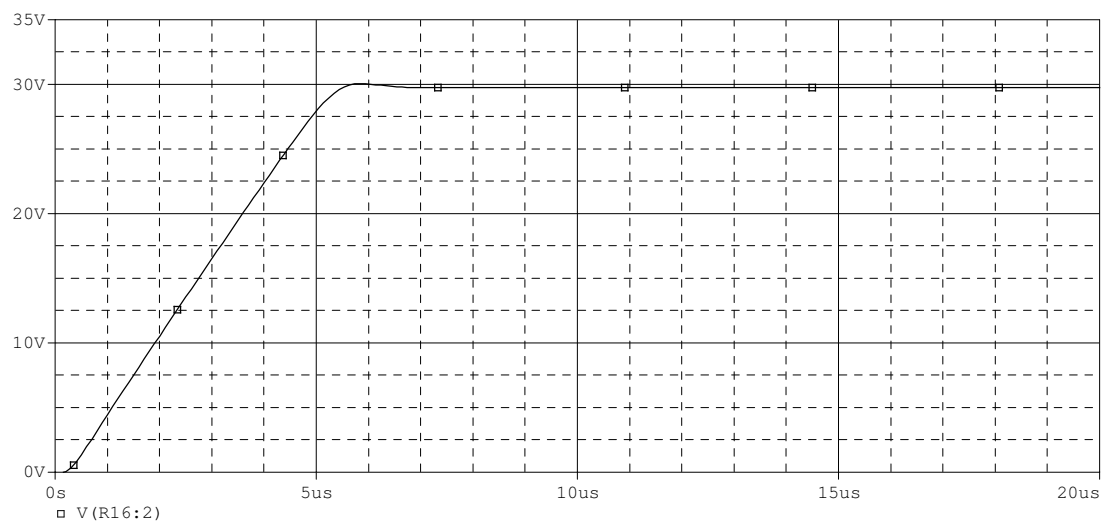
6 Priloga

- Shema ojačevalnika

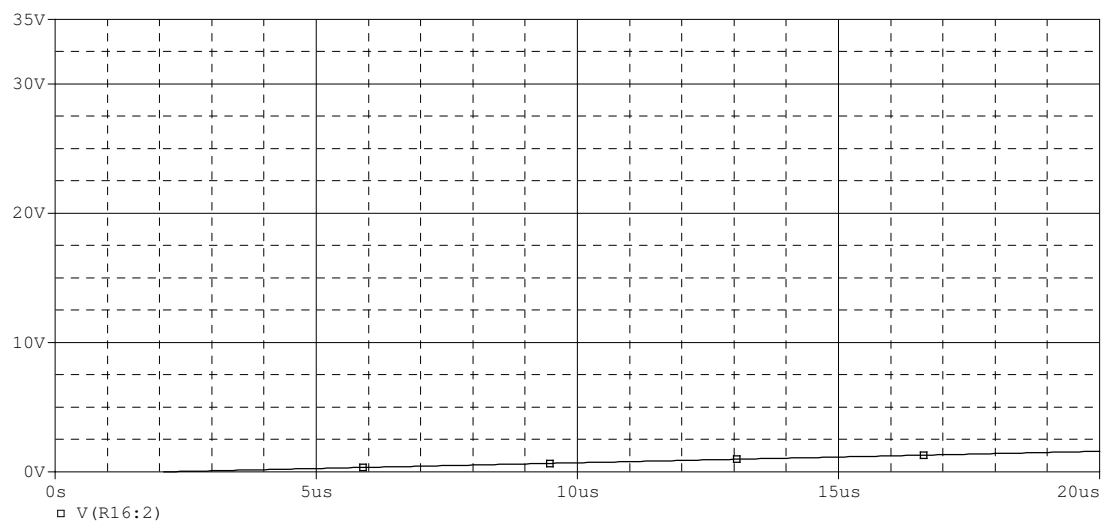
Odziv sistema brez kompenzacije



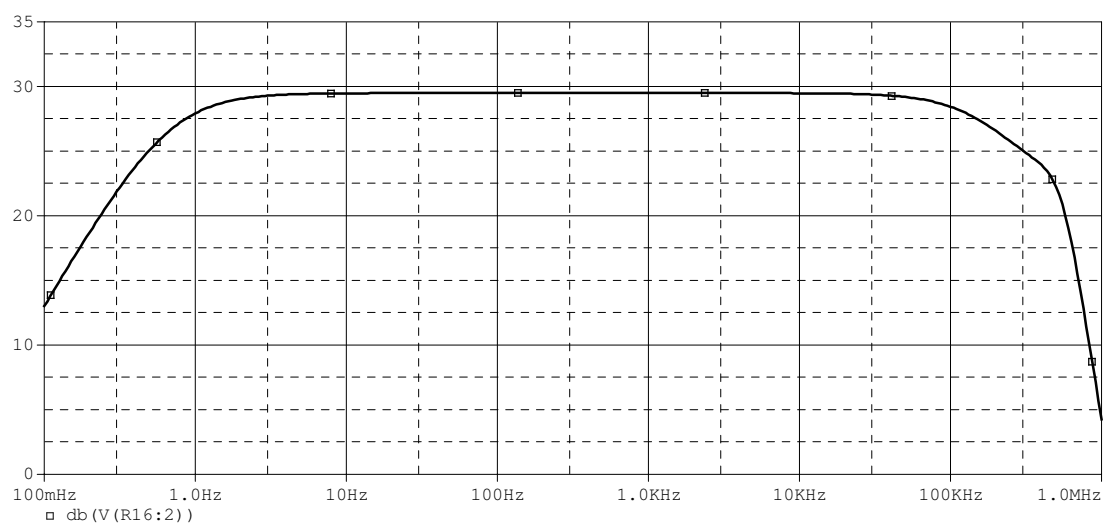
Odziv sistema pri kompenzaciji $C_{K1} = C_{K2} = 100pF$



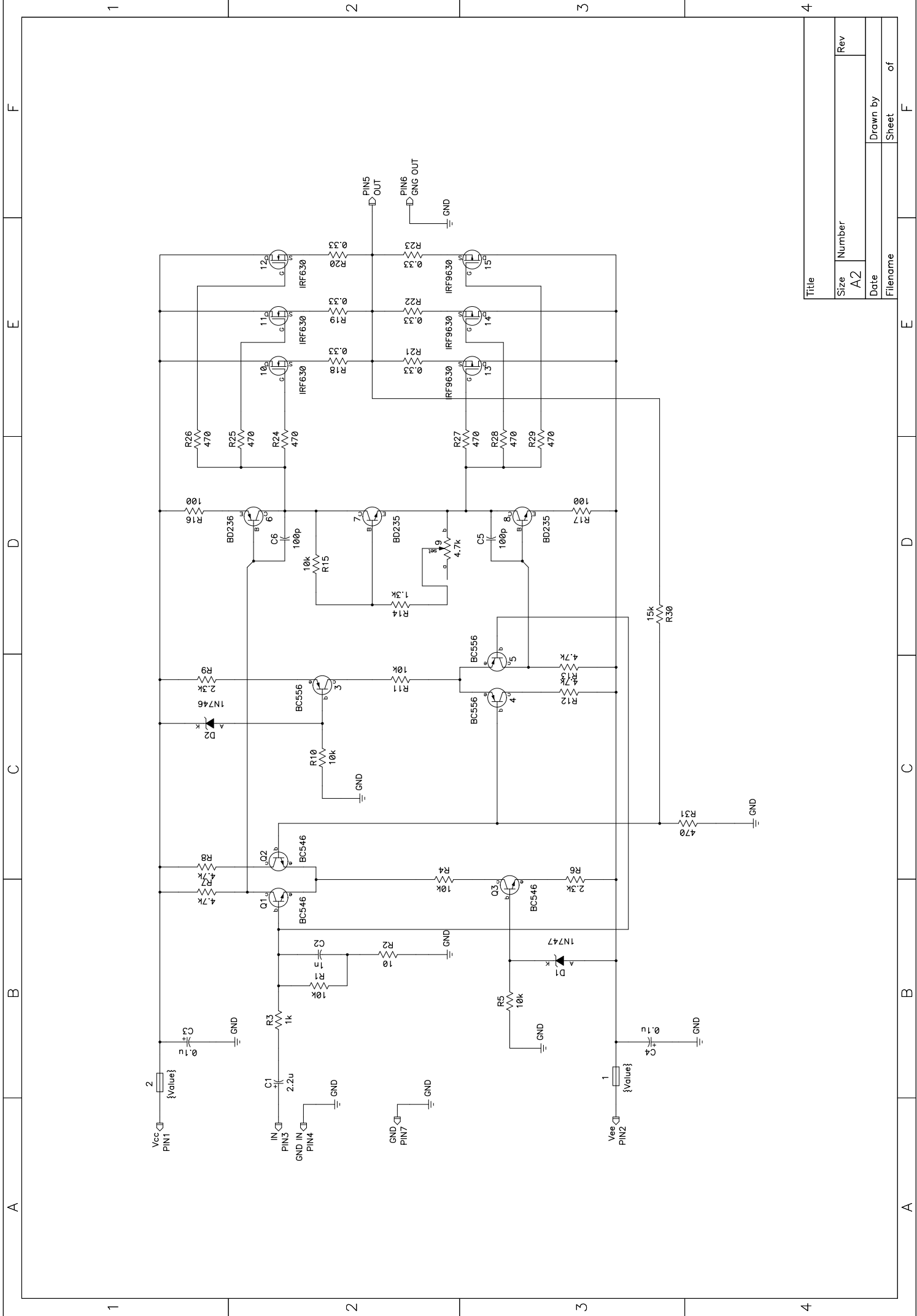
Odziv sistema pri kompenzaciji $C_{K1} = C_{K2} = 10nF$



Slika 11: Odziv sistema na stopnico 1V



Slika 12: Frekvenčni potek ojačanja v $[dB]$



Title		Size		Number		Rev	
		A2					
Date		Drawn by		Sheet		of	
Filename				F			