

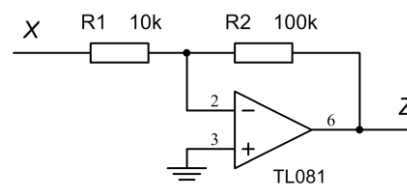
## 10 Frekvenčna karakteristika ojačevalne stopnje

### 10.1 Ozadje

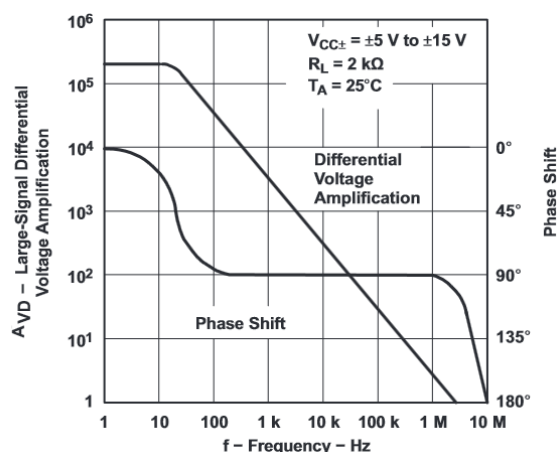
Z operacijskim ojačevalnikom (OP) smo naredili ojačevalno stopnjo z ojačenjem -10, vaja 8. Pri tem smo verjeli, da je ojačenje neodvisno od frekvence vhodnega signala, kar pa ni res. Pri tej vaji bomo preskusili obnašanje vezja v odvisnosti od frekvence vhodnega signala, shema vezja je na sliki 10.1.

OP ima ojačenje okoli 100000 le pri majhnih frekvencah, pri večjih je ojačenje manjše zaradi počasnosti tranzistorjev in neželenih kapacitivnosti, ki potrebujejo čas, da se napolnijo ali izpraznijo. Posledica tega je frekvenčna odvisnost ojačenja kot je na sliki 10.2. Ojačenje za tipični OP se začne zmanjševati že pri frekvenci nekaj deset Hz in pade na desetino za vsako podeseterjenje frekvence (-20db/dekado). Ojačenje se zmanjša na ena pri frekvenci, ki jo imenujemo »gain-bandwidth« (z angleško kratico GBW) in znaša za TL081 približno 2MHz.

Vezje, ki je sestavljeno iz več elementov, ojačuje kvečjemu tako dobro, kot to dopušča OP. Zato pričakujemo, da bo ojačevalna stopnja s TL081 in z razmerjem  $R_2/R_1 = 10$  ojačevala s faktorjem -10 do frekvence okoli 200 kHz (če ojačenja pri večjih frekvencah ne omejuje še katera od drugih komponent vezja). Če razmerje upornikov spremenimo v 100, bo isto vezje ojačevalo s faktorjem -100 le do frekvence 20kHz. Nauk iz tega je enostaven: izbiramo lahko med velikim ojačenjem in majhno frekvenčno širino ali obratno. Če potrebujemo ojačevalnik z velikim ojačenjem in hkrati veliko frekvenčno širino, to dosežemo z zaporedno vezavo več stopenj z majhnim ojačenjem (ali boljšim/dražjim OP).



SLIKA 10.1: OSNOVNA SCHEMA OJAČEVALNIKA



SLIKA 10.2: FREKVENČNA KARAKTERISTIKA ZA TL081, GBW JE PRIBLIŽNO 2MHZ

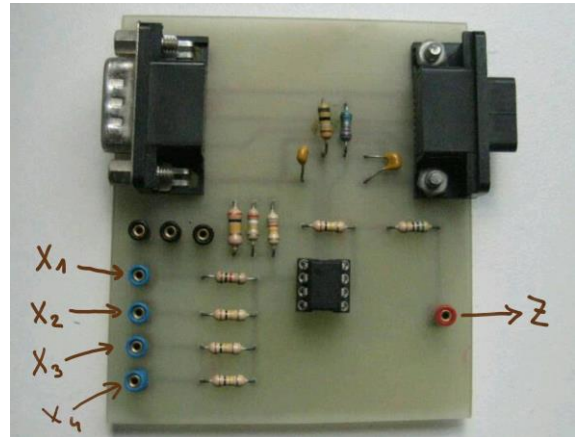
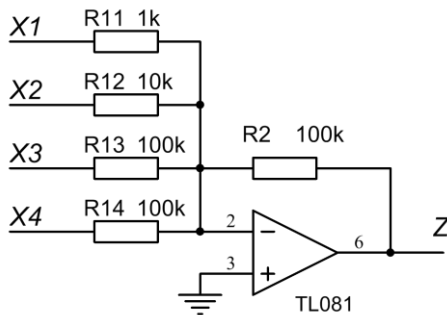
### 10.2 Naloga

#### 10.2.1 Vezje ojačevalnika z različnimi ojačenji je sestavljeno na plošči tiskanega vezja (TIV)

- Shema vezja je na sliki 10.3, tloris vezja pa na sliki 10.4.
  - ✓ Priključi harmonski signal iz funkcijskega generatorja na vhodno sponko  $X_1$  in opazuj obliko in velikost izhodnega signala. Oba signala morata biti enake oblike, sicer ne moremo govoriti o ojačevalniku. Spreminjaj frekvenco vhodnega signala in določi tisto vrednost, kjer ojačenje pade za 3dB pod -10 in tisto vrednost, kjer ojačenje pade na vrednost 1. Potek ojačenja vriši v diagram 10.2.
  - ✓ Kakšna je fazna razlika med vhodnim in izhodnim signalom takrat, ko je ojačenje za 3dB pod vrednostjo -10?
  - ✓ Priključi harmonski signal iz funkcijskega generatorja na vhodno sponko  $X_2$  in opazuj obliko in velikost izhodnega signala. Oba signala morata biti enake oblike, sicer ne moremo govoriti o ojačevalniku. Spreminjaj frekvenco vhodnega signala in določi tisto vrednost,

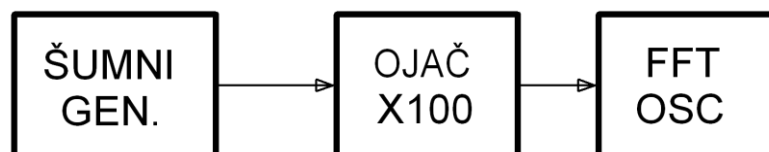
kjer ojačenje pade za 3dB pod -100 in tisto vrednost, kjer ojačenje pade na vrednost 1. Potek ojačenja vrti v diagram 10.2.

- ✓ Kakšna je fazna razlika med vhodnim in izhodnim signalom takrat, ko je ojačenje za 3dB pod vrednostjo -100?



SLIKA 10.3 IN 10.4: SHEMA VEZJA ZA TESTIRANJE IN SLIKA TIV

- Meritev frekvenčne odvisnosti ojačenja se da avtomatizirati. Če uporabimo funkcijski generator, ki zna sam spreminjati frekvenco izhodnega signala, lahko izhodni signal testiranega vezja priključimo na vhod osciloskopa in na zaslonu direktno opazujemo odvisnost ojačenja od frekvence. Za umiritev slike na zaslonu osciloskopa (sinhronizacijo) uporabimo prožilni izhod (SYNC) funkcijskega generatorja.
  - ✓ Avtomatiziraj meritev s pomočjo digitalnega funkcijskega generatorja in opazuj frekvenčni spekter ojačevalnika na zaslonu osciloskopa.
- Gre pa še drugače. Na vhod priključimo signal, ki ima raven frekvenčni spekter; tak signal je beli šum. Ko potuje signal z ravnim frekvenčnim spektrom skozi ojačevalnik, ta nekatere frekvenčne komponente ojači bolj, druge manj. Zato je frekvenčni spekter signala na izhodu ojačevalnika drugačen in ni več raven. Če znamo opazovati frekvenčni spekter izhodnega signala, dejansko opazujemo frekvenčne lastnosti ojačevalnika. Frekvenčni spekter signala lahko opazujemo na digitalnem osciloskopu kot FFT («fast Fourier transform»), le prave gumbe je treba pritisniti.
  - ✓ Beli šum ima raven frekvenčni spekter. Priključimo generator, ki daje beli šum do frekvence 50kHz, na vhod ojačevalnika ter opazujemo frekvenčni spekter šuma na izhodu ojačevalnika, slika 10.5. Tu nam bo v pomoč osciloskop, ki zna zajeti signal in narisati njegov frekvenčni spekter (FFT, Fast Fourier Transform; potrebnega bo nekaj povprečenja za sprejemljivo sliko).



SLIKA 10.5: GRE TUDI PREKO HITRE FOURIEROVE TRANSFORMACIJE

