

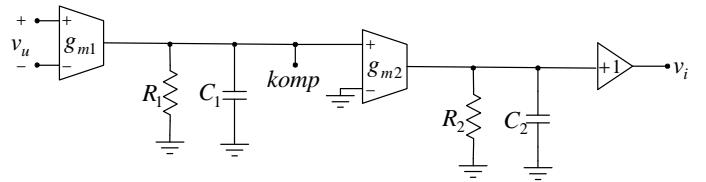
1. a) [12] Ukratko objasniti Nikvistov kriterijum stabilnosti. Nacrtati primere Nikvistovog dijagrama stabilnog i nestabilnog kola sa povratnom spregom. Na dijagramima označiti faznu i amplitudsku marginu relativnog kružnog pojačanja.

b) [13] Objasniti postupak za poništavanje nule u desnoj poluravni uvođenjem naponskog bafera kod dvostepenog MOS pojačavača kompenzovanog tehnikom razdvajanja polova. Nacrtati šemu modela kompenzovanog pojačavača kod kojeg je nula u desnoj poluravni poništena uvođenjem naponskog bafera i izvesti funkciju prenosa pojačavača u tom slučaju.

2. Na slici 2 je prikazana struktura trostepenog operacionog pojačavača (OP). Prva dva stepena su transkonduktansna, dok je treći stepen idealni naponski bafer. Poznato je da je ukupna kapacitivnost u izlaznom čvoru prvog stepena  $C_1 = 100\text{pF}$ , dok je ukupna kapacitivnost u izlaznom čvoru drugog stepena  $C_2 = 5\text{pF}$ . Ukupna otpornost u izlaznom čvoru drugog stepena je  $R_2 = 200\text{k}\Omega$ , a pojačanje nekompenzovanog OP na niskim učestanostima  $A_0 = 10^5$ .

a) [12] Ako se OP kompenzuje povezivanjem kompenzacionog kondenzatora  $C_K = 700\text{pF}$  između kompenzacionog priključka *komp* i mase, a zatim od kompenzovanog OP i dva otpornika formira neinvertujući pojačavač pojačanja 100 na niskim učestanostima, fazna margina relativnog kružnog pojačanja iznosi  $45^\circ$ . Odrediti ukupnu otpornost u izlaznom čvoru prvog stepena  $R_1$ .

b) [13] Izvršiti integralnu kompenzaciju u kolu povratne sprege, poklapajući nulom kompenzacionog kola pol OP tako da invertujući pojačavač pojačanja -199 napravljen od nekompenzovanog OP (bez kondenzatora  $C_K$  iz prethodne tačke) i dva otpornika ima maksimalno ravnu amplitudsku karakteristiku. Poznato je da je otpornost otpornika koji je vezan između invertujućeg ulaza i izlaza OP  $R_A = 199\text{k}\Omega$ . Odrediti vrednosti kompenzacionih elemenata.



Slika 2

3. a) [13] Nacrtati osnovnu šemu dvostepenog CMOS pojačavača kompenzovanog metodom razdvajanja polova i objasniti ograničenje maksimalne brzine promene izlaznog napona ("slew-rate"). Izvesti izraz za "slew-rate" u tom slučaju. Definisati propusni opseg za velike signale.

b) [12] Objasniti osnovne transformacije učestanosti i kola koje se primenjuju u projektovanju filtara.

4. Projektovati filter propusnik niskih učestanosti koji zadovoljava sledeće specifikacije:

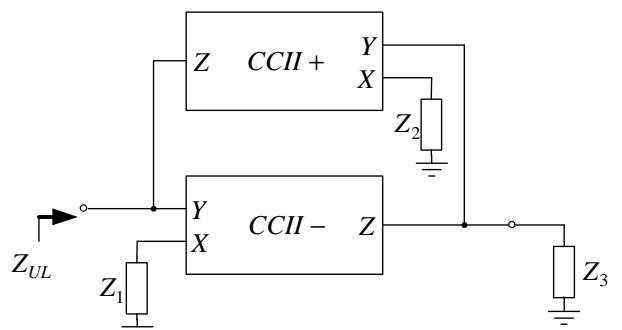
- gornja granična učestanost je  $f_0 = 20\text{kHz}$ ,
- slabljenje naponske funkcije prenosa na učestanostima  $f < f_1 = 10\text{kHz}$  je manje od  $1.1\text{dB}$ ,
- slabljenje naponske funkcije prenosa na učestanostima  $f > f_2 = 35\text{kHz}$  je veće od  $20\text{dB}$ .

a) [5] Izračunati gabarite normalizovanog NF filtra koji odgovara zadatim specifikacijama.

b) [6] Odrediti potreban red i funkciju prenosa Batervortovog normalizovanog NF filtra koji zadovoljava gabarite izračunate u prethodnoj tački.

c) [8] Realizovati dobijenu funkciju prenosa iz prethodne tačke kao pasivnu mrežu bez gubitaka pobudenu naponskim generatorom unutrašnje otpornosti  $R_u = 1\Omega$ , otvorenu na izlaznim krajevima, a potom skalirati impedanse na nivo  $R_u = 600\Omega$ .

d) [6] Filtar sa skaliranim impedansama iz tačke c) realizovati pomoću otpornika, kondenzatora i FDNR komponenti. Svaku od korišćenih FDNR komponenti realizovati na bazi konvertora impedanse sa slike 4, realizovanog pomoću strujnih prenosnika druge vrste, i minimalnog broja potrebnih pasivnih  $R$  i/ili  $C$  komponenti (za realizaciju impedansi  $Z_1$ ,  $Z_2$  i  $Z_3$ ). Predložiti vrednosti za korišćene pasivne komponente.



Slika 4

Studenti koji polažu prvi kolokvijum rade zadatke 1 i 2 u trajanju do 2 sata.

Studenti koji polažu drugi kolokvijum rade zadatke 3 i 4 u trajanju do 2 sata.

Studenti koji polažu integralni ispit rade sve zadatke u trajanju do 3 sata.