

1. a) [12] Nacrtati Nikvistove dijagrame pojačavača sa povratnom spregom za koje je fazna margina relativnog kružnog pojačanja:  $FM = 90^\circ$ ,  $FM < 90^\circ$ ,  $FM > 90^\circ$ . Na svakom od tih dijagrama grafički predstaviti vektor funkcije povratne sprege. Za  $FM = 90^\circ$  odrediti moduo vektora funkcije povratne sprege, kao i odnos granične učestanosti propusnog opsega i jedinične učestanosti relativnog kružnog pojačanja. Na koji način se menja (u odnosu na slučaj  $FM = 90^\circ$ ) moduo vektora funkcije povratne sprege u preostala dva slučaja ( $FM < 90^\circ$  i  $FM > 90^\circ$ )? Na koji način se menja (u odnosu na slučaj  $FM = 90^\circ$ ) odnos granične učestanosti propusnog opsega i jedinične učestanosti relativnog kružnog pojačanja u preostala dva slučaja ( $FM < 90^\circ$  i  $FM > 90^\circ$ )?

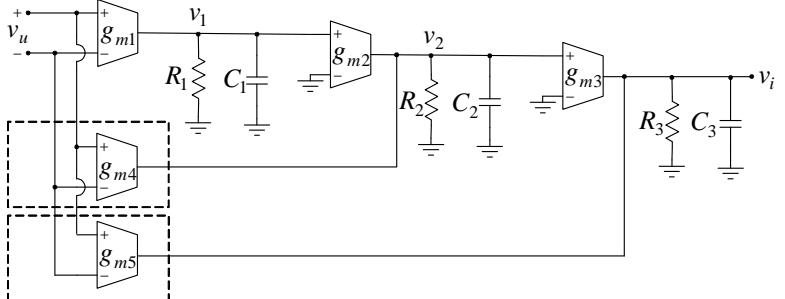
b) [13] Objasniti postupak za poništavanje nule u desnoj poluravni uvođenjem strujnog bafera kod dvostepenog MOS pojačavača kompenzovanog tehnikom razdvajanja polova. Prikazati praktičnu realizaciju i objasniti njene prednosti i nedostatke. Nacrtati šemu modela kompenzovanog pojačavača kod kojeg je nula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

2. Na slici 2 je prikazana struktura kompenzovanog trostupenog operacionog pojačavača (OP). Transkonduktansni stepeni sa transkonduktansama  $g_{m1} = 75\mu\text{S}$ ,  $g_{m2} = 50\mu\text{S}$  i  $g_{m3} = 400\mu\text{S}$  čine strukturu nekompenzovanog OP, a transkonduktansnim stepenima  $g_{m4}$  i  $g_{m5}$  (na slici uokvireni isprekidanim linijom) pojačavač je kompenzovan tehnikom višestrukog premoščavanja. Poznato je da ukupne kapacitivnosti u izlaznim čvorovima prvog, drugog i trećeg stepena iznose  $C_1 = 300\text{pF}$ ,  $C_2 = 250\text{pF}$  i  $C_3 = 4\text{pF}$ , respektivno. Takođe, poznato je da ako se na ulaz nekompenzovanog OP priključi idealni generator sinusoidalnog napona veoma učestanosti i amplituda  $10\mu\text{V}$ , amplituda napona  $v_1$  iznosi  $2,5\text{mV}$ .

a) [12] Ako se u kolo pojačavača doda samo transkonduktansni stepen čija je transkonduktansa  $g_{m4} = 250\mu\text{S}$  (na način prikazan na slici 2), izvršava se poništavanje pola koji unosi drugi stepen nekompenzovanog OP. Izračunati ukupnu otpornost u izlaznom čvoru drugog stepena nekompenzovanog OP ( $R_2$ ).

b) [13] Ako se u kolo pojačavača doda i transkonduktansni stepen čija je transkonduktansa  $g_{m5}$  (na način prikazan na slici 2), izvršava se poništavanje pola koji unosi treći stepen nekompenzovanog OP, a jedinična učestanost kompenzovanog pojačavača iznosi  $5\text{Mrad/s}$ . Izračunati ukupnu otpornost u izlaznom čvoru trećeg stepena nekompenzovanog OP ( $R_3$ ) i transkonduktansu  $g_{m5}$ .

NAPOMENA: Pri proračunu smatrati da se ukupne otpornosti i kapacitivnosti izlaznih čvorova drugog i trećeg stepena ne menjaju dodavanjem kompenzacijonih kola.



Slika 2

3. a) [13] Nacrtati i objasniti blok šemu „current feedback“ operacionog pojačavača. Koristeći „current feedback“ operacioni pojačavač, nacrtati šeme neinvertujućeg i invertujućeg naponskog pojačavača sa povratnom spregom i napisati izraze za naponsko pojačanje tih pojačavača na niskim učestanostima  $A_{vr}(0)$ . Od čega zavisi kružno pojačanje, a od čega propusni opseg ovih pojačavača? Na koji način se može dobiti maksimalni propusni opseg? Smatrati da je transrezistansa „current feedback“ operacionog pojačavača  $R_t$ , i da ona zajedno sa ukupnom kompenzacijonom kapacitivnošću  $C_t$  određuje dominantni pol ovog pojačavača.

b) [12] Definisati FDNR i diskutovati njegovu realizaciju korišćenjem GIC-a. Objasniti direktni način realizacije funkcije prenosa aktivnog filtra korišćenjem FDNR elemenata. Kako se može realizovati impedansa kapacitivnosti opterećenja ovakvog aktivnog filtra?

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

- donja granična učestanost je  $f_0 = 10\text{kHz}$ ,
- slabljenje naponske funkcije prenosa na učestanostima  $f < f_1 = 5\text{kHz}$  je veće od  $25\text{dB}$ ,
- slabljenje naponske funkcije prenosa na učestanostima  $f > f_2 = 20\text{kHz}$  je manje od  $0,9\text{dB}$ .

a) [6] Izračunati gabarite normalizovanog VF filtra koji odgovara zadatim specifikacijama, a zatim odrediti gabarite odgovarajućeg normalizovanog NF filtra.

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

c) [6] Realizovati dobijenu funkciju prenosa iz prethodne tačke kao pasivnu mrežu bez gubitaka pobuđenu idealnim naponskim generatorom i zatvorenu otpornikom  $R_P = 1\Omega$ , a potom skalirati impedanse tako da otpornik kojim je mreža zatvorena ima vrednost  $100\Omega$ .

d) [7] Transformisati kolo pasivnog filtra iz tačke c) (sa skaliranim impedansama) u VF filter koji zadovoljava zadate specifikacije. Induktivnosti realizovati korišćenjem OTA (operacionih transkonduktansnih pojačavača) i kondenzatora i predložiti vrednosti odgovarajućih parametara.

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.