

1. a) [12] Koristeći pravila za crtanje GMK skicirati geometrijsko mesto korenova karakterističnog polinoma funkcije povratne sprege:  $1 + H(s) = 1 + k \frac{1}{(s+1)(s^2 + 2s + 2)} = 0$  za  $0 < k < \infty$ .

b) [13] Dvostepeni CMOS operacioni (transkonduktansni) pojačavač je kompenzovan tehnikom razdvajanja polova tako da mu je učestanost drugog pola veća od  $\omega_r$ . Objasniti postupak za poništavanje nule u desnoj poluravni uvođenjem strujnog bafera. Nacrtati šemu modela kompenzovanog operacionog pojačavača kod kojeg je nula u desnoj poluravni poništena uvođenjem strujnog bafera i izvesti funkciju prenosa pojačavača u tom slučaju.

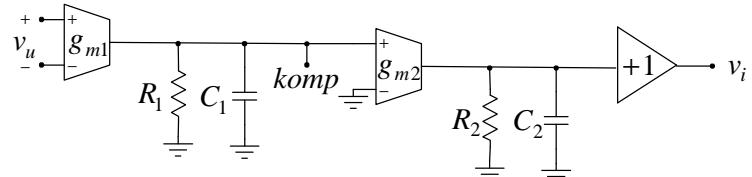
c) [12] Definisati strujni prenosnik prve vrste, napisati definiciju u matričnoj formi i nacrtati njegov simbol. Zatim nacrtati puš-pul realizaciju u bipolarnoj tehnologiji. Pokazati kako se korišćenjem ovakvog strujnog prenosnika može napraviti negativni konvertor impedanse.

d) [13] Nacrtati i objasniti bikvadratne sekcije sa tri operaciona pojačavača. Za jednu od njih (po izboru) izvesti funkciju prenosa filtra propusnika opsega učestanosti.

2. Na slici 2 je prikazana struktura trostopenog operacionog pojačavača (OP). Pojačanje OP na niskim učestanostima iznosi 74dB. Prva dva stepena OP su transkonduktansna. Ekvivalentna otpornost i kapacitivnost izlaznog čvora prvog stepena su  $R_1 = 50\text{k}\Omega$  i  $C_1 = 10\text{pF}$ , respektivno. Ekvivalentna kapacitivnost izlaznog čvora drugog stepena je  $C_2 = 150\text{pF}$ . Izlazni stepen je idealni bafer. Poznato je da prvi stepen u prenosu karakteristiku OP unosi pol na višoj učestanosti.

a) [10] Ako se od OP i dva otpornika napravi neinvertujući pojačavač pojačanja 30 na niskim učestanostima, fazna margina kružnog pojačanja iznosi  $\pi/4$ . Izračunati ekvivalentnu izlaznu otpornost  $R_2$  drugog stepena i učestanosti polova OP.

b) [15] Kompenzovati OP dodavanjem redne veze kompenzacionih elemenata  $R_K$  i  $C_K$  između kompenzacionog priključka *komp* i mase, tako da fazna margina kružnog pojačanja neinvertujućeg pojačavača, formiranog od kompenzovanog OP i otporne povratne sprege, u najgorem slučaju bude jednaka  $60^\circ$ . Kompenzacija treba da kompenzacionom nulom poništi pol nekompenzovanog OP koji unosi drugi stepen OP. Odrediti vrednosti elemenata  $R_K$  i  $C_K$ , kao i učestanosti polova kompenzovanog OP.



Slika 2

3. 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  $0,9\text{dB}$ ,
- slabljenje naponske funkcije prenosa na učestanostima  $f > f_2 = 35\text{kHz}$  je veće od  $20\text{dB}$ .

a) [4] Izračunati gabarite normalizovanog NF filtra koji odgovara zadatim specifikacijama.

b) [4] Odrediti potreban red i funkciju prenosa Batervortovog normalizovanog NF filtra koji zadovoljava gabarite izračunate u prethodnoj tački.

c) [7] Realizovati dobijenu funkciju prenosa iz prethodne tačke kao pasivnu mrežu bez gubitaka pobuđenu naponskim generatorom unutrašnje otpornosti  $R_u = 1\Omega$ , otvorenu na izlaznim krajevima, a potom skalirati impedanse na nivo  $R_u = 600\Omega$ .

d) [5] Filtar sa skaliranim impedansama iz tačke c) realizovati pomoću otpornika, kondenzatora i FDNR komponenti. Svaku od korišćenih FDNR komponenti realizovati na bazi generalisanog konvertora imitanse. Predložiti vrednosti za korišćene pasivne komponente.

e) [5] Kolo filtra sa skaliranim impedansama iz tačke c) transformisati u filter propusnik opsega učestanosti na centralnoj učestanosti  $f_0 = 50\text{kHz}$  sa propusnim opsegom  $B=5\text{kHz}$ .