

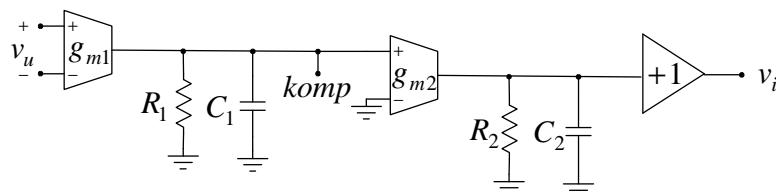
1. a) [12] Koristeći pravila za crtanje GMK skicirati geometrijsko mesto korenova karakterističnog polinoma funkcije povratne sprege:  $1+GH(s)=1+K \frac{s+8}{s(s+2)^2}=0$  za  $0 < K < \infty$ . [Pomoć pri izračunavanju tačaka odvajanja/spajanja: pošto funkcija  $1/GH(s)$  ima dvostruku nulu u  $s = -2$ , njen izvod ima prostu nulu u istoj tački, tj.  $s = -2$  je jedna od tačaka odvajanja/spajanja grana za  $-\infty < K < \infty$ .]

b) [13] Na primeru neinvertujućeg pojačavača realizovanog pomoću operacionog pojačavača i dva otpornika u kolu povratne sprege, objasniti postupak integralne kompenzacije u kolu povratne sprege. Navesti prednosti i nedostatke ovog tipa kompenzacije.

2. Na slici 2 je prikazana struktura trostepenog operacionog pojačavača (OP). Pojačanje OP na niskim učestanostima iznosi 5000. 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 otpornost izlaznog čvora drugog stepena je  $R_2 = 500\text{k}\Omega$ . Izlazni stepen je idealni bafer. Poznato je da prvi stepen u prenosu karakteristiku OP unosi pol na višoj učestanosti.

a) [9] 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 kapacitivnost  $C_2$  drugog stepena i učestanosti polova OP.

b) [16] 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  $75^\circ$ . 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. 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] Nacrtati jednostavnu bikvadratnu sekciju sa 2 OTA (operaciona transkonduktansna pojačavača). Izvesti izraz za funkciju prenosa filtra propusnika opsega učestanosti realizovanog pomoću pomenute bikvadratne sekcije. Odrediti osetljivosti sopstvene učestanosti i Q-faktora polova funkcije prenosa dobijenog filtra na promene vrednosti svih pasivnih elemenata i transkonduktansi pojačavača.

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  $0,6\text{dB}$ ,
- slabljenje naponske funkcije prenosa na učestanostima  $f > f_2 = 35\text{kHz}$  je veće od  $18\text{dB}$ .

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

b) [5] 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 od  $50\Omega$ .

d) [4] Kolo filtra iz tačke c) transformisati u NF filter sa graničnom učestanostu  $f_g = 20\text{kHz}$ .

e) [6] Filter iz prethodne tačke realizovati u direktnoj formi koristeći otpornike, kondenzatore i FDNR komponente. Svaku od korišćenih FDNR komponenti realizovati na bazi GIC konvertora i pritom predložiti vrednosti komponenata koje će se koristiti u realizaciji.

**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.**