

1. a) [12] Izvesti izraz za slučajni („random“) offset napon CMOS diferencijalnog pojačavača sa strujnim ogledalom. Na osnovu izvedenog izraza ukratko diskutovati mogućnosti smanjenja ovog offset napona.

b) [13] Definisati pozitivni strujni prenosnik druge vrste, napisati definiciju u matričnoj formi i nacrtati njegov simbol. Zatim nacrtati realizaciju simetričnog CCII+ u CMOS tehnologiji. Pokazati kako se korišćenjem ovakvog strujnog prenosnika može napraviti pozitivni invertor impedanse.

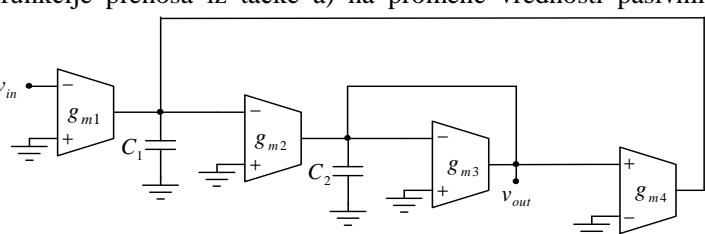
c) [12] Nacrtati realizaciju GIC-a (generalisanog konvertora imitanse). Nacrtati kola za simulaciju uzemljene i neuzemljene induktivnosti pomoću GIC-a. Za oba kola izvesti izraze za ulaznu impedansu. Komentarisiati tipove simulacije uzemljene induktivnosti.

d) [13] Nacrtati univerzalnu bikvadratnu sekciju sa 5 OTA (operacionih transkonduktansnih pojačavača). Izvesti izraz za funkciju prenosa VF filtra relizovanog pomoću pomenute bikvadratne sekcije. Odrediti osetljivosti sopstvene učestanosti i Q-faktora polova funkcije prenosa dobijenog filtara na promene vrednosti svih pasivnih elemenata i transkonduktansi pojačavača.

2. a) [6] Za kolo aktivnog filtra sa slike 2 odrediti funkciju prenosa  $H(s) = v_{out}/v_{in}$ . Svi operacioni transkonduktansni pojačavači (OTA) imaju beskonačnu ulaznu i beskonačnu izlaznu otpornost, dok je transkonduktansa svakog od njih označena na slici.

b) [6] Odrediti osetljivosti učestanosti i Q-faktora polova funkcije prenosa iz tačke a) na promene vrednosti pasivnih elemenata i transkonduktansi pojačavača.

c) [13] Funkciju prenosa izvedenu u tački a) realizovati pomoću KHN bikvadratne sekcije za slučaj kada je  $g_{m1} = g_{m4} = 2 \text{ mS}$ ,  $g_{m2} = g_{m3} = 1 \text{ mS}$ ,  $C_1 = C_2 = 50 \text{ pF}$ . Odrediti vrednosti svih elemenata u kolu KHN bikvadratne sekcije.



Slika 2

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

- gornja granična učestanost je  $f_0 = 10 \text{ kHz}$ ,
- slabljenje naponske funkcije prenosa na učestanostima  $f < f_1 = 5 \text{ kHz}$  je manje od  $0,8 \text{ dB}$ ,
- slabljenje naponske funkcije prenosa na učestanostima  $f > f_2 = 20 \text{ kHz}$  je veće od  $20 \text{ dB}$ .

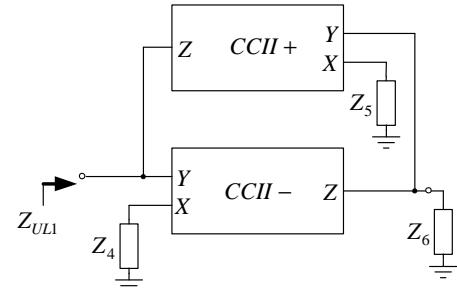
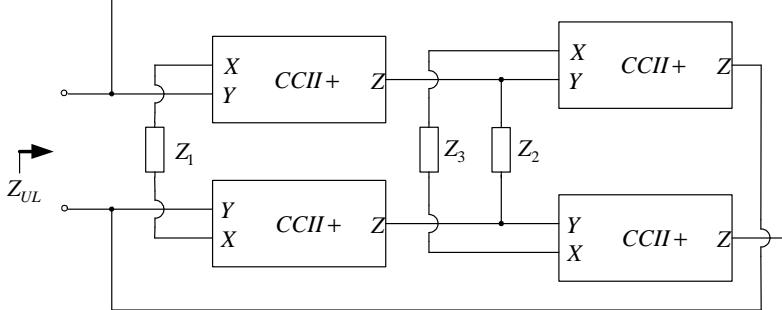
a) [3] Izračunati gabarite normalizovanog NF filtra koji odgovara zadatim specifikacijama.

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 naponskim generatorom unutrašnje otpornosti  $R_g = 1\Omega$ , otvorenu na izlaznim krajevima, a potom skalirati impedanse na nivo  $R_g = 600\Omega$ .

d) [5] Transformisati kolo pasivnog filtra iz prethodne tačke u filter propusnik opseg-a učestanosti sa centralnom učestanoscu  $f_C = 10 \text{ kHz}$  i propusnim opsegom  $B = 1 \text{ kHz}$ .

e) [6] Koristeći žiratore sa slike 3, realizovane pomoću strujnih prenosnika druge vrste, realizovati induktivnosti u filtru iz prethodne tačke. Za svaku od induktivnosti, predložiti minimalan broj pasivnih R i/ili C komponenti za realizaciju impedansi  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$  i  $Z_6$  i odrediti njihove vrednosti.



Slika 3