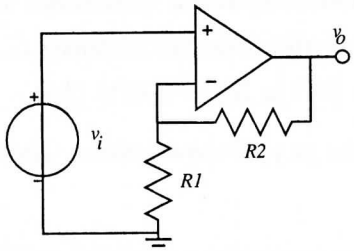
3. a) Mitoita kuvan 3 operaatiovahvistinkytkentä niin, että sen suljetun silmukan vahvistus $A_{CL} = v_o/v_i$ on 20dB, kun $R1 = 1k\Omega$ ja operaatiovahvistimen avoimen silmukan vahvistus A_o oletetaan äärettömäksi. (5p)

b) Johda kytkennän suljetun silmukan s-tason siirtofunktio $A_{CL}(s)$ lauseke, kun operaatiovahvistimen avoimen silmukan vahvistus ei ole ääretön, vaan likiarvona s-tasossa $A_o(s) = \omega_t/s$. (4p)

c) Mikä operaatiovahvistimen yksikkövahvistuksen taajuuden f_t pitää olla a)-kohdan kytkennässä, jotta suljetun silmukan vahvistuksen A_{CL} -3dB ylärajataajuus on 200kHz? (2p)

d) Piirrä $A_{CL}(s)$:n Boden diagrammi. (3p)



Kuva 3:

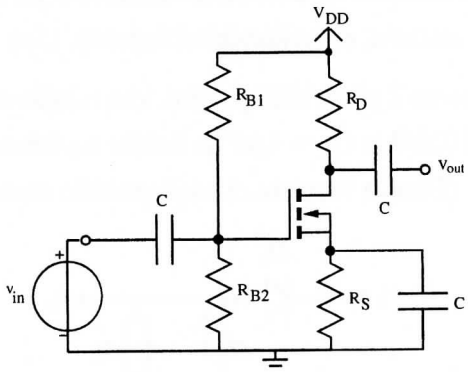
4. Kuvan 4 vahvistimessa $R_D = 5k\Omega$, $R_S = 1k\Omega$, $R_{B1} = 100k\Omega$, $R_{B2} = 25k\Omega$ ja $V_{DD} = 15V$. NMOS-transistorin $k'W/L = 2mA/V^2$ ja $V_t = 1V$.

Saturaatioalueella pätee $I_D = k'\frac{W}{2L}(V_{GS} - V_t)^2(1 + \lambda V_{DS})$. Kanavanpituusmodulaatiota ei tarvitse ottaa huomioon. Kondensaattorit ovat signaalitaajuuteen nähden suuria.

a) Laske vahvistimen toimintapiste. (4p)

b) Mikä on kondensaattoreiden tehtävä kytkennässä? (1p)

c) Piirrä CMOS-invertterin piirikaavio ja selitä invertterin toiminta. (1p)



Kuva 4: