

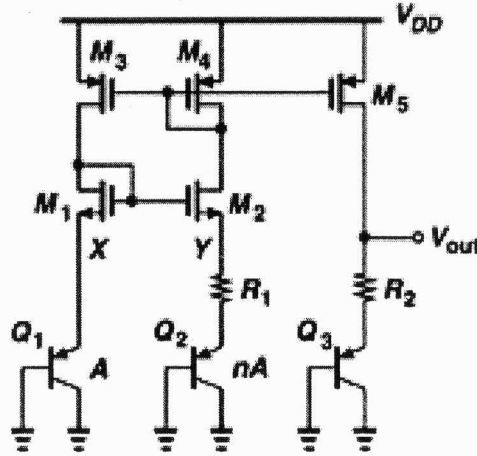
Jokaiseen vastauspaperiin nimi ja opiskelijanumero.

1. Piirrä ja kerro minkälainen on cascode-vahvistin. Mitkä ovat hyvät ja huonot puolet suhteessa muihin yksiasteisiin vahvistinrakenteisiin. (6p)

2. a) Bandgap jännitereferenssin tärkeimmät ominaisuudet.

b) Selitä pääpiirteissään switched capacitor piirin toiminta. Miksi switched capacitor piirejä käytetään?

c) Laske V_{OUT} kuvan 1 kytkennälle. Kooltaan $M_1=M_2$ ja $M_3=M_4=M_5$.



Kuva 1

3. Selitä lyhyesti seuraavat termit (1p/kohta): a) Hot Carrier Effects b) Kanavanpituusmodulaatio c) Kohinan kaistanleveys (*Noise bandwidth*) d) Cascode -aste e) Gilbertin solu f) Millerin teoreema.

4. a) Selitä lyhyesti NMOS transistorin toimintatilat ja kerro drain -virran yhtälöt niissä? Hahmottele drain virran kuvaaja gate-source jännitteen funktiona siten, että mainitsemasi toimintatilat näkyvät kuvaajassa. Merkitse selkeästi gate-source jännitteet joissa toimintatila muuttuu. (3p.)

b) Miten drain-virran kuvaaja muuttuu jos drain-source jännite kasvaa/pienenee? (1.5p)

c) Miten drain-virran kuvaaja muuttuu jos bulk-source jännite muuttuu? (1.5p)

5. Laske sisäänmenoimpedanssi kuvan 2 piirille kun

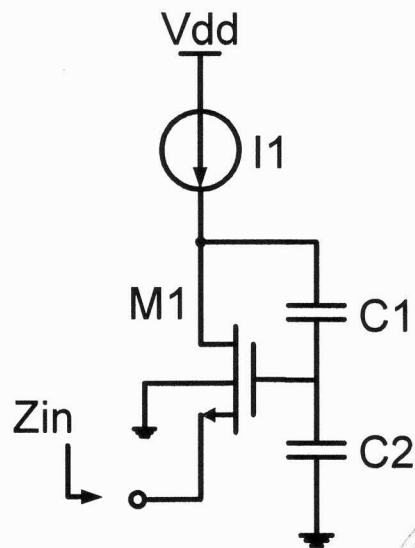
$$\lambda = 0$$

$$g_{m1} = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ A/V}$$

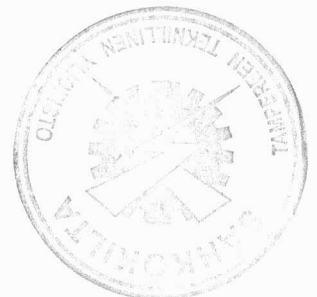
$$g_{mb1} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ A/V}$$

$$C1 = 60 \text{ fF}$$

$$C2 = 30 \text{ fF.}$$



Kuva 2



Jokaiseen vastauspaperiin nimi ja opiskelijanumero.

1. Vakio sähkökenttä skaalaus ("constant field scaling") Kerro mihin skaalauksella pyritään, kuinka se toteutetaan ja minkälaisia seurauksia sillä on. (6p)
2. Piirrä Millerin CMOS OTA ja selosta miten suunnittelet sen. Eli selosta proseduuri vaihe vaiheelta. Tarkkoja yhtälöitä ei tarvitse muistaa. Muista selittää mihin tietoihin mitoitus kunkin komponentin kohdalla perustuu, eli siis mitkä parametrit toimivat seuraavan mitoitusaskeleen alkuarvoina. (6p)
3. Selitä lyhyesti seuraavat termit (1p/kohta): a) Subthreshold conduction b) Pinch-off piste c) Diodikytketty MOSFET d) Cascode -aste e) Millerin efekti f) Korreloimaton kohina.
4. a) Laske kuvan piirille sellainen V_b arvo, jolla M1 on 50 mV päässä triodisesta alueesta ($\lambda_n = 0$ V). (3p)
b) Laske piensignaalin vahvistus ($\lambda_n = 0.1$ V⁻¹) (3p)

$$V_{DD} = 3\text{V}$$

$$I_{D1} = 0.5\text{ mA}$$

$$(W/L)_1 = 50/0.5$$

$$(W/L)_2 = 10/0.5$$

$$\mu_n C_{ox} = 1.34 \cdot 10^{-4} \text{ A/V}^2$$

$$\gamma = 0.45 \text{ V}^{1/2}$$

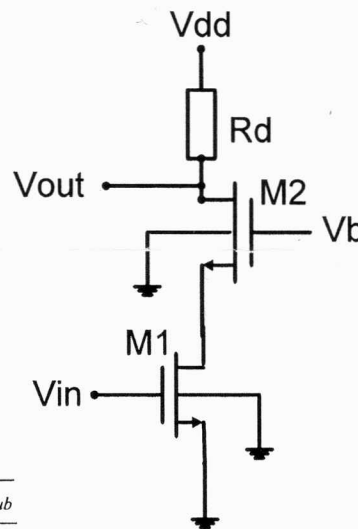
$$V_{TH0} = 0.7 \text{ V}$$

$$\Phi_F = 0.45 \text{ V}$$

$$R_d = 1\text{ k}\Omega$$

$$g_{mb} = g_m \frac{\gamma}{2\sqrt{2\Phi_F + V_{SB}}} = \eta g_m$$

$$V_{TH} = V_{TH0} + \gamma \left(\sqrt{|2\Phi_F + V_{SB}|} - \sqrt{|2\Phi_F|} \right), \gamma = \frac{\sqrt{2q\epsilon_{si}N_{sub}}}{C_{ox}}$$



5. Laske kuvan piirille sisäänmenoon suhteutettu lämpökohinajännite (input referred thermal noise voltage) 100 MHz:n taajuuskaistalle. (6p)

$$I_{D1} = 1\text{ mA}$$

$$W/L = 50/0.5$$

$$\mu_n C_{ox} = 1.34 \cdot 10^{-4} \text{ A/V}^2$$

$$\lambda_n = 0$$

$$R_d = 2\text{ k}\Omega$$

$$kT = 4.14 \cdot 10^{-21} \text{ J}$$

