



1.

Piirrä staattinen CMOS invertteri tarkasti. Merkitse piirikaavioon sisäänmeno ja ulostulo(1p).

Piirrä myös sisäänmeno-ulostulo koordinaatistoon toimintakäyrä(1p), jonka avulla selität tarkasti kuinka invertteri transistorikohtaisesti toimii.(4p)

2.

Laske kapasitanssit C_{gs} , C_{gd} , C_{db} ja C_{sb} kaikilla toiminta-alueilla transistorissa, jolla $W = 50 \mu\text{m}$ ja $L = 1,2 \mu\text{m}$. Oleta, että lähde ja nielu ovat pituudeltaan $L_s = L_d = 4 \mu\text{m}$ ja muodostavat alueet

$A_s = A_d = 200 (\mu\text{m})^2$. Alueiden "ympärysmitat"

$P_s = P_d = 58 \mu\text{m}$.

$C_j = 5 \times 10^{-4} \text{ pF}/(\mu\text{m})^2$

$C_{j-sw} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ pF}/\mu\text{m}$

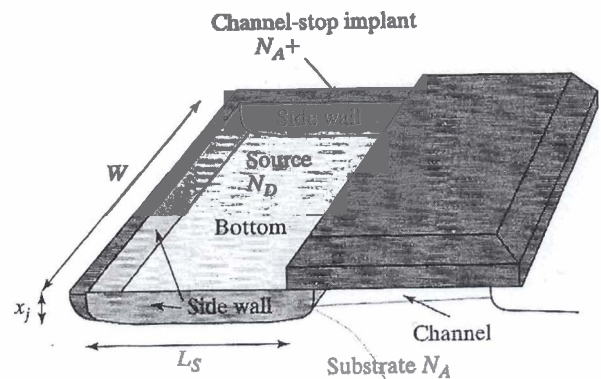
$C_{ox} = 3,4 \times 10^{-3} \text{ pF}/(\mu\text{m})^2$

$C_{gs}(\text{overlap}) = C_{gd}(\text{overlap}) = 2,0 \times 10^{-4} \text{ pF}/\mu\text{m}$

Ohminen alue: $C_{GCS} = C_{ox}WL/2$

Saturaatio: $C_{GCS} = \frac{2}{3}C_{ox}WL$

Ohminen alue: $C_{GCD} = C_{ox}WL/2$



3.

a) Lämpöä tuottava siru halutaan koteloida. Millaisia jäähdytyskeinoja sirun jäähdyttämiseksi voidaan käyttää? (2p)

b) Kannettavan tietokoneen alapinta (20cm x 30cm) lämpenee tietokoneen olessa käynnissä. Kun laite käynnistetään, sen alapinta jäähtyy luonnollisella konvektiolla ympäröivään ilmaan ($h = 10 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$), kunnes alapinnan lämpötila ylittää $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Tällöin käynnistetään tuuletin. Oletetaan, että lämmöntuotto ennen tuulettimen päälle kytkemistä kasvaa lineaarisesti $1\text{W}/\text{min}$. Kuinka kauan koneen käynnistämishetkestä lähtien kestää, ennen kuin tuuletin käynnistyy? (4p)

4.

Mitkä tekijät aiheuttavat laitteen vikaantumisen? Kerro menetelmistä, joilla luotettavuutta voidaan tutkia ja analysoida. Millä tavoin laitteen luotettavuutta voidaan kuvata? (6p)

5.

Kerro miten fotolitografian avulla voidaan valmistaa MOS-transistorin kanta. Oleta lähtötilanteeksi tyhjä, hiottu ja kiillotettu puolijohdekiekko. (6p)