

# INF3400 Digital Mikroelektronikk

## Obligatoriske deloppgaver DEL 3

Yngvar Berg, Øystein Bjørndal, Ole Herman S. Elgesem og Stian Selbek

### I. DEL 3: UTVIDET TRANSISTORMODELL OG DC-KARAKTERISTIKK FOR INVERTER OG PASSTRANSISTOR

#### Oppgave 1

Gitt prosessparameterverdier for en 90nm CMOS-prosess med  $V_{DD} = 1.2V$ :

$t_{ox} = 40\text{\AA}$ ,  $\mu_n = 180 \frac{cm^2}{V \cdot s}$ ,  $\mu_p = 90 \frac{cm^2}{V \cdot s}$ ,  $V_{tn} = 0.25V$ ,  $V_{tp} = -0.25V$ ,  $\lambda_n = 0.25V^{-1}$ ,  $\lambda_p = 0.25V^{-1}$  og transistorstørrelser  $\frac{W_n}{L_n} = \frac{100nm}{1.4\mu m}$  for nMOS-transistoren og  $\frac{W_p}{L_p} = \frac{200nm}{1.4\mu m}$  for pMOS-transistoren. Modellør nMOS- og pMOS-transistor ved hjelp av transistormodeller med kanallengdemodulasjon i **matlab**. Sammenlign resultatene med transistormodell uten kanallengdemodulasjon.

- Plott nMOS-transistorstrøm  $I_{dsn}$  som funksjon av  $V_{dsn}$ . Velg gate-source spenninger:
  - $V_{gsn} = 1.2V$ .
  - $V_{gsn} = 0.6V$ .
  - $V_{gsn} = 0.1V$ .
- Plott pMOS-transistorstrøm  $I_{sdp}$  som funksjon av  $V_{sdp}$ . Velg source-gate spenninger:
  - $V_{sgp} = 1.2V$ .
  - $V_{sgp} = 0.6V$ .
  - $V_{sgp} = 0.1V$ .

#### Oppgave 2

- Med utgangspunkt i enkle transistormodeller, skissør en inverters DC-karakteristikk (V-V) i Matlab.
  - Markør på karakteristikken ulike operasjonsområder for nMOS- og pMOS-transistoren.
  - Hva blir *forsterkningen* for inverteren? Forsterkning kan uttrykkes som  $\Delta V_{ut}/\Delta V_{in}$  der  $\Delta V_{in} < V_{DD}$ .
- Hva blir inverterens *inngangsterskel*?

#### Oppgave 3

Denne oppgaven kan godt utføres i grupper på 2 studenter. Lag en CMOS-inverter i Cadence og plot dens DC-karakteristikk (V-V). Bruk  $W_n/L_n = 120nm/1.4\mu m$ ,  $W_p/L_p = 240nm/1.4\mu m$  og  $V_{DD} = 1.2V$ .

Lag plot som viser *utgangsspenningen* som funksjon av inngangsspenningen og *strømmen* gjennom nMOS-transistoren som funksjon av inngangsspenningen. Finn *forsterkningen*, *inngangsterskel* og *støymarginer* for inverteren.

### II. HJELP TIL GJENNOMFØRING

Første gang du starter Cadence må du først legge det inn på din bruker. Følg *Instantiating* og *Starting* seksjonen i følgende guide: [http://nano.wiki.ifi.uio.no/Startup-TSMC90nmLPRFOA\\_for\\_Cadence\\_6.1.6\\_OA](http://nano.wiki.ifi.uio.no/Startup-TSMC90nmLPRFOA_for_Cadence_6.1.6_OA).

Når man starter Cadence er det første man lager et "library", dette kan sees på som en mappe, denne mappen kan blant annet inneholde "schematic" filer. Oppsett av dette samt gjennomgang av hvordan man kan sette opp kretsen er beskrevet her: [http://nano.wiki.ifi.uio.no/Cadence-Tutorial-English-cadence\\_6.1.6#Schematic](http://nano.wiki.ifi.uio.no/Cadence-Tutorial-English-cadence_6.1.6#Schematic).

For oppsett av testbenken før DC-simulering bruk en krets lignende den beskrevet i Setting up a SimCell, men hopp over generering av symbol og ta gjerne simuleringen rett på skjematikken denne gangen.

For selve DC-simuleringen følg guiden over, men bruk simuleringsverktøyet **ADE L** da dette er enklere for våre formål enn GXL som er nevnt i guiden. Dette kan startes fra skjematikkvinduet → Launch → ADE L.

Som de fleste nye verktøy kan Cadence virke vanskelig til å begynne med. Det anbefales derfor å møte opp på gruppetimen slik at man lettere får hjelp.

Rapporten må inneholde skjematikken, en guide ligger her: <http://www.egr.msu.edu/classes/ece410/mason/files/guide-imagecapture.pdf>. For å inkludere simuleringsresultater kan man enten

- Velge `file->save as image` (obs! kvaliteten på bilde vil avhenge av størrelsen på vinduet)
- Velge de linjene man er interessert i og `trace->save`, velger man `.csv` kan denne filen leses inn i matlab med kommandoen `M = csvread('del3_dc.csv', 1, 0);`

Rapporten skal leveres via innleveringssystemet devilry (<http://devilry.ifi.uio.no>). Frister blir publisert på semester-side/devilry.