

# INF 5460 Elektrisk støy – beregning og mottiltak

## Obligatorisk oppgave nummer 3.

Frist for oppgave 2a: 29 Mars. Send skjema på epost til [joar@ifi.uio.no](mailto:joar@ifi.uio.no).

Frist for levering av hele oppgaven: 26 April kl 8:15. Leveres på devilry på vanlig måte.

Vurderingsform: Godkjent/Ikke godkjent.

Oppgavene leveres på individuell basis. Oppgavene skal bestå av skjemaer som er brukt, simuleringsresultater, tekst som forklarer hva som er gjort samt en analyse av resultatet.

Besvarelsene leveres elektronisk.

### 1. Ideell forsterker

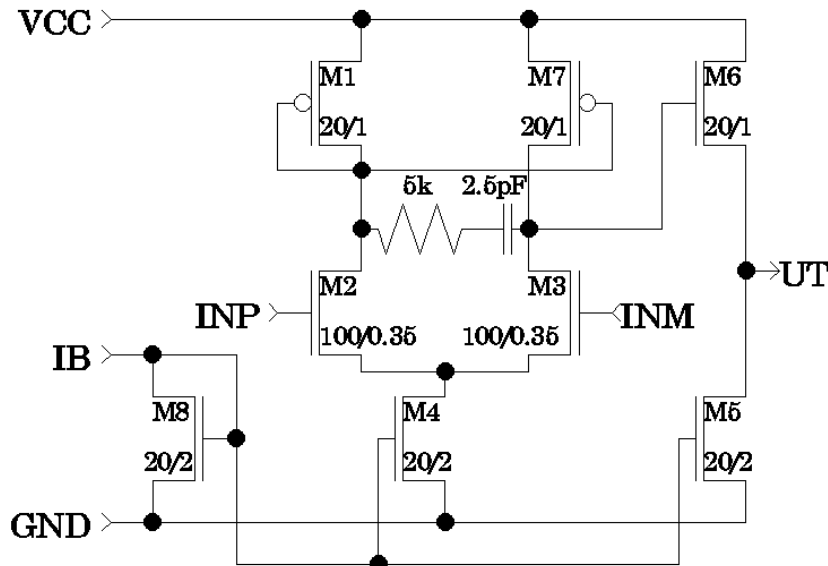
Vi skal først se på en ideell forsterker i en ideell differensiell forsterkeroppkobling. F. eks. kan dere ta utgangspunkt i forsterkeren i ”opamp” kretsen på ”Educational”-området. Sørg for å få med ”include”-setningen. Bygg opp et resistornettverk rundt slik det er angitt i figur 3-4 ”Differential amplifier using one op amp” s56 i Motchenbacher. La hele tiden forholdet mellom motstandene være slik at  $R1=R3$  og  $R2=R4=10*R1=10*R3$ .

a) La  $R1$  være  $1k\Omega$ ,  $10k\Omega$  og  $100k\Omega$  (og de andre skaleres tilsvarende). Forandrer forsterkningen seg mellom disse tre tilfellene? Kjør NOISE-simuleringer (untatt i 2.a) og finn utgangsstøy og ekvivalent inngangsstøy for de tre tilfellene for frekvenser under knekkpunktet. Finn samlet ekvivalent inngangsstøy både på den positive og den negative inngangen ved simulering. Hvilke typer støy er representert her? Finn ved utregning støyen i hver av komponentene lokalt, hva den representerer på utgang og på inngang.

### 2. Enkel CMOS forsterker

Den ideelle forsterkeren gir noe urealistisk oppførsel ved høyere frekvenser. Vi skal nå bytte ut forsterkeren med en enkel 8 transistors CMOS forsterker.

Før vi kan tegne forsterkeren må vi hente inn modellfiler og symboler. Last ned [standard.mos](#) og erstatt den opprinnelige modellfilen som ligger på /lib/cmp/ med denne. Last ned symbolene for pmos og nmos ([pmos4.asy](#) og [nmos4.asy](#)) og legg disse symbolene på det området du tegner skjemaer på. (Linker finnes også på forelesningsplanen.). Tegn deretter av følgende skjema:



Endr modellbetegnelsene til henholdsvis MODP og MODN. La bias referansestrømmen IB være  $50\mu\text{A}$ . Husk å kobl MODN substratkontakt til lavt potensial (GND) og tilsvarende for MODP til høyt potensial (VCC). Bredder og lengder må angis med  $\mu$  eller  $u$  etter størrelsen. Sett VCC til 3.3V

Lag deretter et symbol med nøyaktig samme navn som skjemaet.. (Når simulatoren finner et symbol leter den etter et skjema med samme navn for å finne innholdet av symbolet.)

- Utfør AC-analyse og transientanalyse (1MHz) med forsterkeren uten tilbakekobling (d.v.s. med open-loop). La common mode spenningen (=DC-spenningen til inngangssignalet) være 1.65V. Utfør AC-analysen for den positive inngangen, den negative og for begge samlet.
- Sett opp samme simulering som under oppgave 1 hvor den nye forsterkeren erstatter den ideelle og hvor  $R1=R3=1k\Omega$  og  $R2=R4=10k\Omega$ . Hvilke frekvensområde ser det ut som om flickerstøyen er dominerende?
- Vi ønsker å avlese støyen ved noen frekvenser samt den integrerte støyen over noen frekvensområder. Finn inngang og utgangsstøyen ved 1Hz, 1kHz, 1MHz og 1GHz. Finn deretter støyen for området 1Hz-1kHz, 1kHz-1MHz og 1Hz-1MHz. Hvordan legger vi sammen støyen i de to delområdene for å finne støyen i 1Hz-1MHz?
- Utfør samme simulering som i oppgave 1 med  $R1=1k\Omega$ ,  $R1=10k\Omega$  og  $R1=100k\Omega$ . Simuler med en last på 0.001fF og 50pF. List opp de fem største støykildene ved 1MHz. Kommenter resultatet.

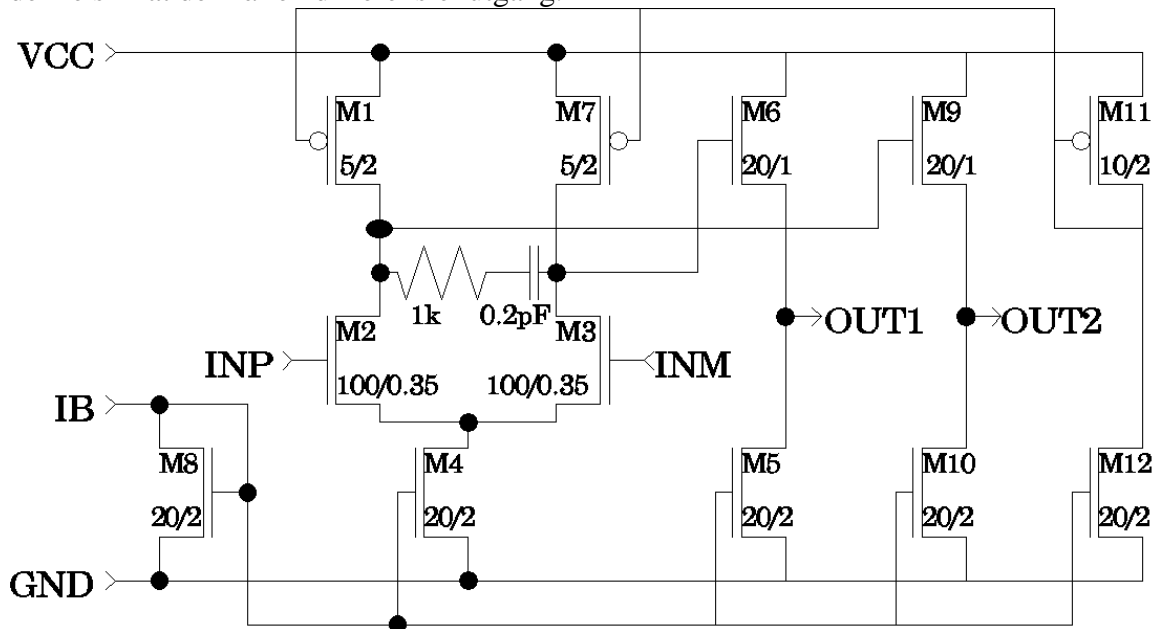
### 3. Open loop og closed loop.

Finn støy ved 1MHz, samt integrert fra 1Hz til 1MHz på inngang og utgang. Finn dette for open loop, 10x (med nettverket over) samt som follower.



## 5. CMOS forsterker med differensiell inngang og utgang

I det følgende har vi tatt utgangspunkt i forsterkeren i forrige deloppgave og modifisert denne slik at den får en differensiell utgang.



Bruk det samme påtrykket og samme transistormodeller som i forrige oppgave.

a) Finn forsterkning, differensiell forsterkning, utgangsstøy og ekvivalent inngangsstøy ved strøm referanse  $30\mu\text{A}$ ,  $50\mu\text{A}$  og  $70\mu\text{A}$ .

b) Bruk strømreferanse  $50\mu\text{A}$  og dobl bredde og lengde for M2 og M3 slik at W/L-forholdet holdes konstant. Finn forsterkning, utgangsstøy og ekvivalent inngangsstøy.

c) Sett opp en simulering for å finne påvirkningen for støy fra forsyningsspenningen VCC. Finn påvirkningen på hver av utgangene og påvirkningen på differansen mellom utgangene. Gjør samme simulering først hvor M2 og M3 er identiske (som angitt over) og deretter med bredden til M2 1% større enn bredden til M3. Sammenlign resultatene.

d) Prøv å angi variasjonen i strømtrekket på VCC når inngangssignalet er en 1MHz sinus med amplitude 10mV.