

INF 5460 Elektrisk støy – beregning og mottiltak

Obligatorisk oppgave nummer 3.

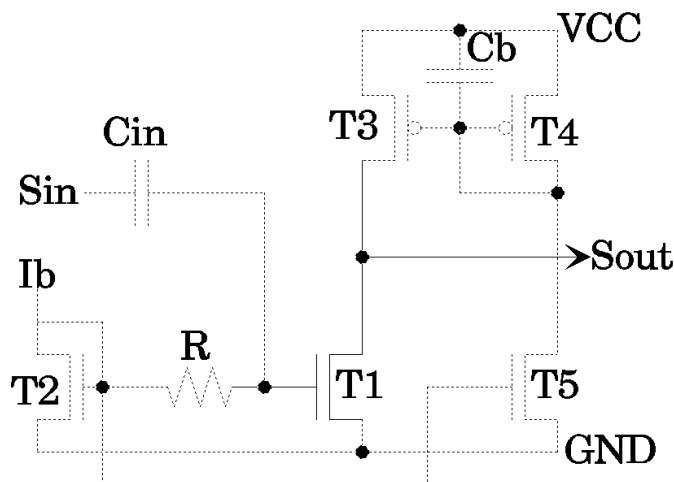
Frist for levering: 30 April (kl 23:59).

Vurderingsform: Godkjent/Ikke godkjent.

Oppgavene leveres på individuell basis. Oppgavene skal bestå av skjemaer som er brukt, simuleringsresultater samt tekst som forklarer hva som er gjort samt en analyse av resultatet. Besvarelsene kan enten leveres på papir eller elektronisk.

1. Common Source

Vi skal først se på et common source trinn.



Det sentrale elementet er transistoren T1. De øvrige komponenter brukes til å gi T1 riktig bias. T1s source er koblet til jord (common) mens inngangssignalet på gaten blir forsterket til T1s drain.

Vi ønsker kun å forsterke et lite frekvensområde og kan se bort fra inngangssignalets DC-verdi. Vi utnytter dette til å gi T1s inngang den DC verdien som gir optimal oppførsel. Vi plasserer en kondensator (C_{in}) mellom S_{in} og T1s gate for å oppnå DC-isolasjon. Kondensatorer må velges slik at frekvensen vi vil forsterke ikke blir for mye dempet av kondensatoren.

Strømmen som T1 skal fungere på velger vi med en ekstern strømkilde inn på inngangen I_b . Kretsen baserer seg på flere strømspeil. Strømmen gjennom T2 speiles til T1 og T5 mens strømmen gjennom T4 speiles til T3. I strømspeil skal gate lengden til T2, T1 og T5 skal være like store mens gate lengden til T4 og T3 skal være like store. For å forenkle litt så velger vi i denne oppgave å starte med å sette transistorbredden for T2, T1 og T5 like samt transistorbredden til T4 lik T3. Da vil alle de lokale strømmene være lik

referansestrømmen I_b . (I en virkelig realisering vil vi la strømmene gjennom T2, T4 og T5 være minimale for å spare effekt. Riktig strøm i T1 og T3 vil vi oppnå ved valg av breddeforholdet i strømspeilene.)

Parametere:

Vi skal fokusere på forsterkningen av et signal på 1MHz. Under støyanalysen skal vi beregne støyen mellom 0.8MHz og 1.2MHz. La inngangssignalet ha en amplitude på 1mV.

Vi kan starte med å la transistorlengden til NMOS transistorene være $0.35\mu\text{m}$ og transistorlengden til PMOS transistorene være $2\mu\text{m}$. NMOS transistorene kan ha bredde $35\mu\text{m}$ og PMOS transistorene bredde $20\mu\text{m}$. Vi bruker modellene MODN og MODP som i obligatorisk oppgave nummer 2. VCC er 3.3V. Start med å sette C_b til en meget lav verdi. R kan settes til $1\text{k}\Omega$. Vi starter med en bias strøm $I_b=10\mu\text{A}$.

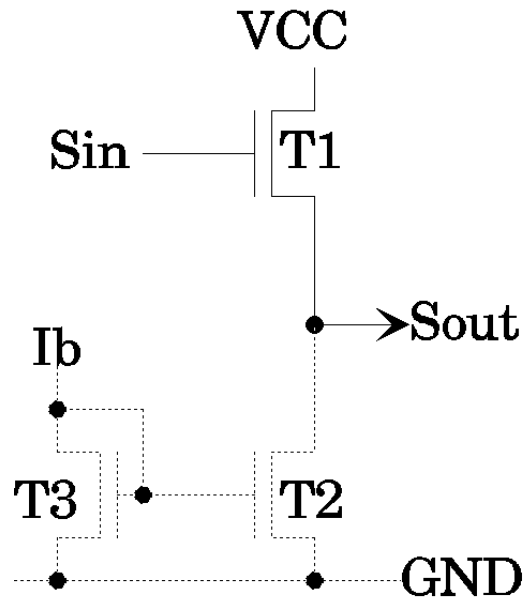
- Hvor stor må C_{in} være for å ikke dempe signalet mer enn ca 10% i dette tilfellet?
- Hvor stor må R være for å ikke bidra med signifikant (<10%) termisk støy?
- Hvilken funksjon har C_b ? Hvor stor støyreduksjon kan vi oppnå med C_b og hvor stor må C_b være for å oppnå dette? Hva er forsterkning, støy på utgang og ekvivalent inngangsstøy nå?

Vi kaller i det følgende forsterkeren med den C_{in} , R og C_b du har funnet for referanseoppstillingen.

- Forsøk etter tur å doble henholdsvis bredden til NMOS transistorene, lengden til NMOS transistorene, bredden til PMOS transistorene og lengden til PMOS transistorene. Finn støy på utgang, ekvivalent inngangsstøy samt forsterkning for disse 5 oppsettene (referanse + 4 variasjoner).
- Øk strømmen I_b i trinn på $10\mu\text{A}$ fra $10\mu\text{A}$ til $100\mu\text{A}$ og finn utgangsstøy, ekvivalent inngangsstøy og forsterkning. Plott ekvivalent inngangsstøy som funksjon av strømmen.
- Bytt ut MODN og MODP (3.3V modeller) med MODNH og MODPH (5V modeller). Sammenligning støyen i referanseoppstillingen for disse to modellsettene.
- Bytt ut MOS transistorene med NPN og PNP transistorer og sammenlign referanseoppstillingene.

2. Common Drain (source follower)

Vi skal i det følgende se på ett såkalt common drain trinn d.v.s. drain er koblet til et stabilt spenningspotensiale mens signalet forplanter seg fra gate til source på transistoren T1.

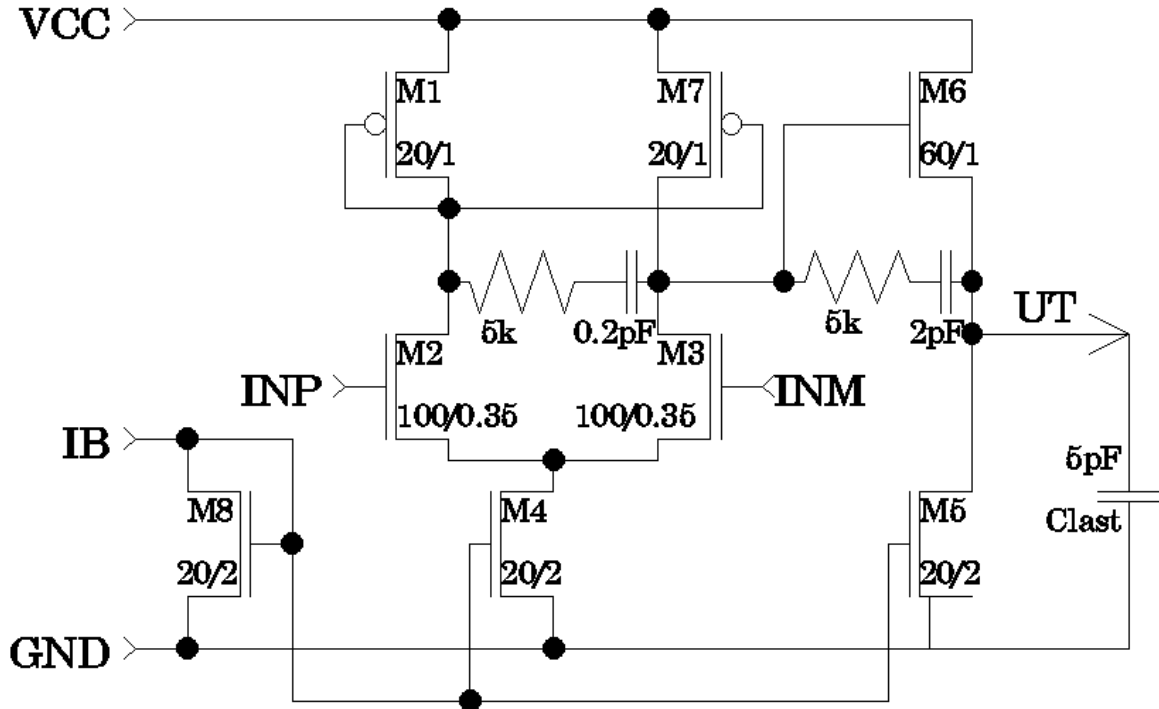


Dette trinnet er nyttig for å kunne drive en stor last. Slik trinnet er tegnet over kan det kobles direkte på utgangen av common source trinnet beskrevet tidligere. Bruk transistorstørrelsene $20\mu\text{m}/2\mu\text{m}$ i strømspeilet og $35\mu\text{m}/0.35\mu\text{m}$ i source følgeren.

- Omtrent hvor stor strøm trenger vi for å trekke en 50pF last 20mV (peak-to-peak) med en flanke som tilsvarer en 1MHz sinus?
- Hva er forsterkning, støy på utgang samt ekvivalent inngangsstøy for source følgeren? (Hvis du ikke har funnet en strøm i punkt a) så ta utgangspunkt i $70\mu\text{A}$).
- Sett sammen common source trinnet utviklet tidligere med common draintrinnet over. Det skal trekkes en last på 50pF . Inngangssignalet er en ($<1\text{mV}$) liten sinus med frekvens 1MHz . Forsterkningen skal være minimum 20dB . Hvor oppstår det mest støy? Rapportert forsterkning, utgang og ekvivalent inngangsstøy, effektforbruk og maksimum signalamplitude på inngang før signalet begynner å bli forvrengt.

3. CMOS forsterker med differensiell inngang

Vi skal i denne deloppgaven se mer på en litt modifisert utgave av forsterkeren vi så på i den andre obligatoriske oppgaven.



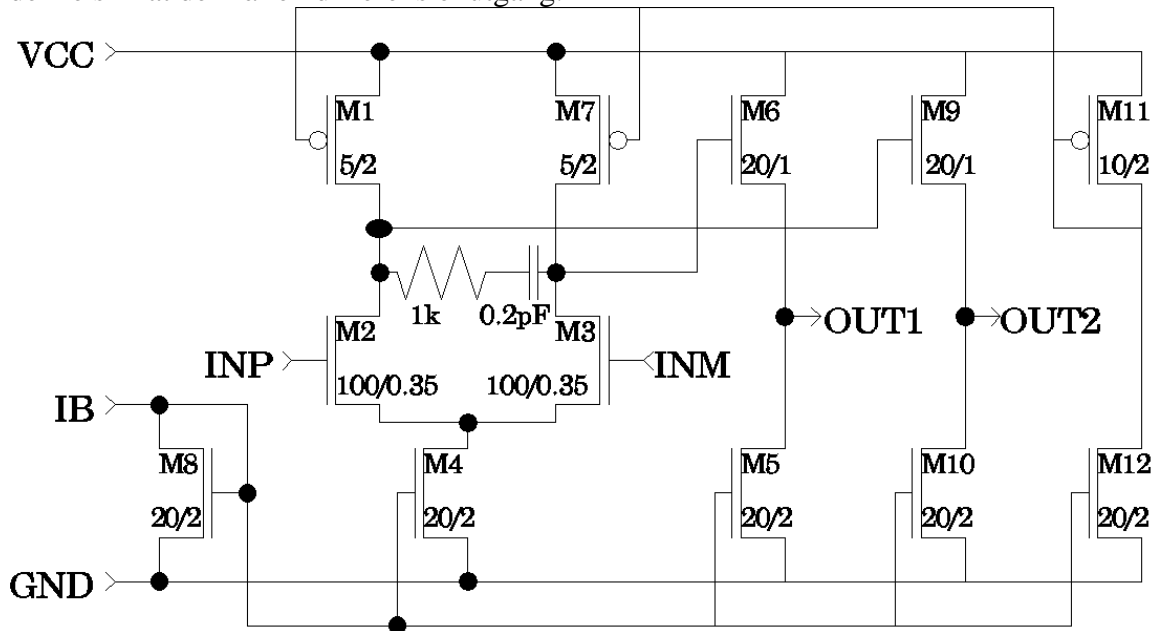
Sett VCC til 3.3V og DC-offsett (signaljord) for INM og INP til 1.65V. Bruk INP som signalinngang. Vi ser på forsterkeren alene uten tilbakekobling (open-loop). På utgangen har vi en kapasitiv last på 5pF.

I det følgende skal du variere noen størrelser og verdier og se hvordan dette påvirker forsterkning, støy på utgang og ekvivalent inngangsstøy. Oppgi verdier for 1MHz.

- Variér IB fra $30\mu\text{A}$ til $110\mu\text{A}$ i trinn på $20\mu\text{A}$.
- Halver bredden til M1 og M7.
- Dobl lengden til M1 og M7.
- Halver bredden til M2 og M3.
- Dobl både lengde og bredde til M2 og M3.

4. 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 på 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. La signalet være det største mulige før signalet blir forvrengt.