

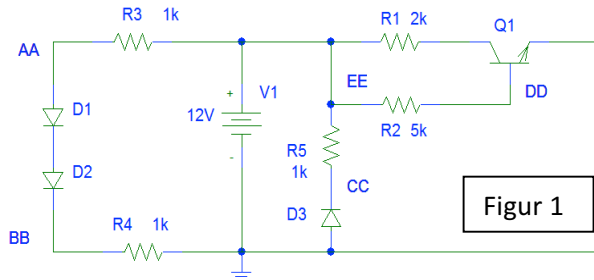
Forslag til løsning på eksamen FYS1210 våren 2013

Oppgave 1

Nettverksanalyse. Legg spesielt merke til diodenes plassering.

Figur 1 viser et nettverk bestående av en NPN silisium transistor Q1 ($\beta = 200$)

3 silisiumdioder D1, D2 og D3, et batteri V1 på 12 VDC og 5 motstander. Alle spenningene måles i forhold til «jord»



Figur 1.

1a) Hva er spenningen i punktene AA og BB – og hvor stor er strømmen gjennom R4 ?

$$V_{BB} = 5,3\text{V} \quad V_{AA} = 6,7\text{V} \quad I_{R4} = V_{R4} / R4 = 5,3\text{V} / 1\text{k} = 5,3\text{mA}$$

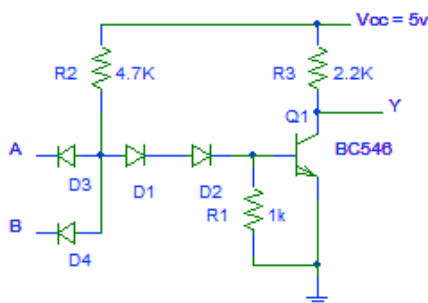
1b) Hva er spenningen i punktene DD og EE – og hvor stor er strømmen gjennom R2 ?

$$V_{DD} = 0,7\text{V} \quad V_{EE} = 12\text{V} \quad I_{R2} = V_{R2} / R2 = 11,3\text{V} / 5\text{k} = 2,26\text{mA}$$

1c) Hva er spenningen i punktet CC (katoden til D3) – og hva er strømmen ut av batteriet ?

$$V_{CC} = 12\text{V} \quad \text{Transistoren leder fullt (Saturation)} \quad V_{KE} = 0,1\text{V} \quad I_{BAT} = I_C + I_{R2} + I_{R4}$$

$$I_{BAT} = 12\text{V} / 2\text{k} + 2,26\text{mA} + 5,3\text{mA} = 6\text{mA} + 2,26\text{mA} + 5,3\text{mA} = 13,6\text{mA}$$



Figur 1B viser en DTL-krets fra laboratorieoppgave 5. Forsyningsspenningen $V_{CC} = 5\text{VDC}$

1d) Uten tilkopling på inngangene A og B – hva er spenningen på utgangen Y ? (ca.) $Y = 0,1\text{ volt}$

1e) Uten tilkopling på inngangene A og B - Hva er spenningen på katoden til dioden D1 ? $1,4\text{ volt}$

1f) Vi kople B (katoden på D4) til «jord» - Hva blir spenningen på utgangen Y – og hvor stor er strømmen gjennom motstanden $R2 = 4,7\text{ k}\Omega$ $Y = 5\text{ volt}$
 $I_{R2} = (5\text{V} - 0,7\text{V}) / R2 = 4,3\text{volt} / 4,7\text{k} = 0,9\text{ mA}$

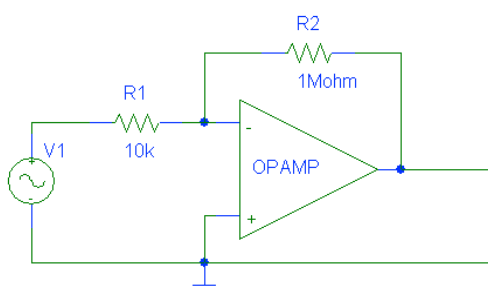
Oppgave 2

2a) Du har en operasjonsforsterker (OpAmp) med $GBW = 1\text{MHz}$, Slew rate = $0,5\text{ V}/\mu\text{s}$ (volt pr. mikrosek.) og skal konstruere en **inverterende** forsterker

Kravene er : Inngangsmotstand $R_{inn} = 10\text{ k}\Omega$. Spenningsforsterkningen $A_V = 100$.

Tegn opp kretsen. Sett på komponentverdier. Hvor stor er forsterkningen i dB ?

Forsterkningen i dB $V_{dB} = 20 \log A_V = 20 \cdot 2 = 40\text{ dB}$



2b) Hva blir øvre grensefrekvens til forsterkeren ? Øvre grensefrekvens – Bruk $GBW = 1\text{MHz}$
 $1\text{MHz} = A_V \cdot f_{\text{øvre}}$ $f_{\text{øvre}} = 1\text{ MHz} / 100 = 10\text{ kHz}$

Tegn opp frekvensresponsen til forsterkeren. Bruk vedlagte logaritmepapir.

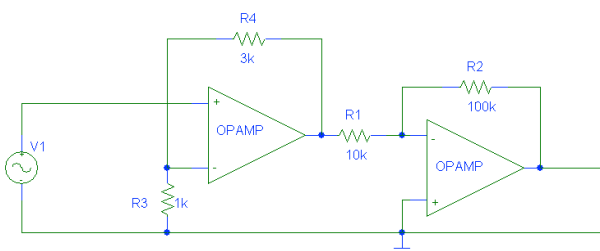
2c) Du har flere OpAmps – alle med $GBW = 1\text{MHz}$ - Du skal konstruere

en ny inverterende forsterker – Kravene er :

Spenningsforsterkningen $A_V = 40$. Øvre grensefrekvensen skal være 100 kHz

Inngangsmotstanden skal nå være størst mulig. ($R_{inn} > 1\text{ M}\Omega$)

Setter sammen en forsterker av 2 operasjonsforsterkere. En med $A_V = 4$ og den andre med $A_V = 10$. Grensefrekvensen bestemmes av den OPAMP som har størst forsterkning ($A_V = 10$) Størst mulig inngangsmotstand krever en ikke-inverterende forsterker. Signalet tilkoples + inngang. Første OPAMP har forsterkning $A_V = (R_4 / R_3 + 1) = 3 + 1$ $A_V = 4$



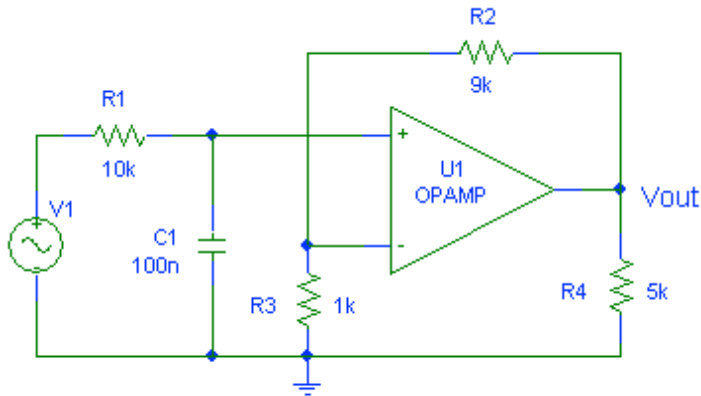
Tegn opp kretsen og sett på komponentverdier. (– du må bruke flere forsterkere ..)

2d) Hvor stort signal (V_{pp}) klarer denne forsterkeren å gjengi uten forvrengning ved 10 kHz . ?

Slewrate begrenser amplituden. Husk at formelen for Slewrate opererer med V_p (V peek)

ikke V_{pp} $S \geq 2\pi f V_p$ $V_p = \frac{S}{2\pi \cdot f} = \frac{0,5 \cdot 10^6}{6,28 \cdot 10 \cdot 10^3} = \frac{50}{6,28} = 7,9 V_p$ dvs ca. $16 V_{pp}$

Oppgave 3



Figur 3

Figur 3 viser et frekvensfilter med tilhørende operasjonsforsterker. Operasjonsforsterkeren har et GBW-produkt på 1MHz. (Unity gain) DC - spenningsforsterkning $A_{VdB} = 100dB$.

2a) Er dette et høypass -, lavpass - eller båndpass - filter? **Lavpass**

2b) Hvor stor forsterkningen har kretsen for DC-spenninger – og hva blir denne

forsterkningen omregnet i dB? **Forsterkning $A_V = (R2 / R3 + 1) = 9 + 1 = 10 = 20 dB$**

2c) Tegn frekvensresponsen til kretsen i frekvensområdet 1 – 10kHz

Bruk vedlagte logaritmeblad. Marker tydelig knekkpunkt(er) og skriv på frekvensen(e)

Oppgave 4

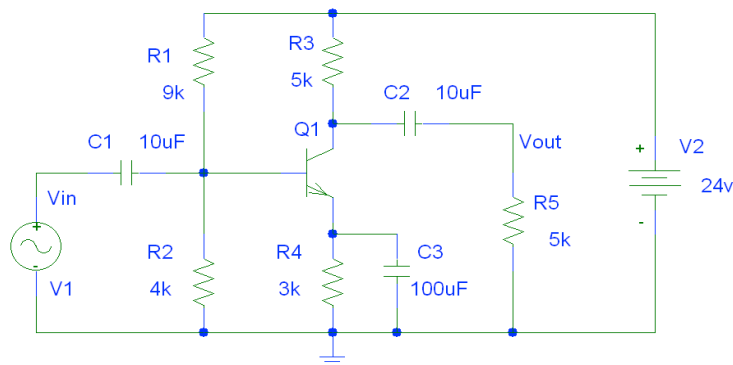


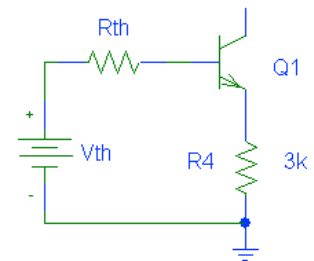
Figure 4 viser en AC - forsterker bygget med en NPN BJT-transistor Q1. Denne transistoren har en strømforsterkning $\beta = 200$. Batterispenningen $V_2 = 24$ volt

$$R_1 = 9 \text{ k}\Omega, R_2 = 4 \text{ k}\Omega, R_3 = 5 \text{ k}\Omega, R_4 = 3 \text{ k}\Omega, R_5 = 5 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 10 \text{ uF} \quad C_2 = 10 \text{ uF} \quad C_3 = 100 \text{ uF}$$

4 a) Tegn opp Thevenin-ekvivalenten for forspenning av basen.

Hvor stor er Thevenin-spenningen V_{TH} og Thevenin motstanden R_{TH} ?



$$V_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_1 = \frac{4}{9 + 4} \cdot 24\text{v} = 7,4 \text{ volt} \quad R_{TH} = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{36}{13} \text{ k} = 3 \text{ k}\Omega$$

4 b) Hvor stor er kollektorstrømmen I_C ? Du kan godt gjøre en forenklet beregning – uten bruk av Thevenin - Vis beregningen.

Strømmen gjennom R1 og R2 er mye større enn basestrømmen. $I_{R1R2} = 24\text{v}/13\text{k} = 1,8 \text{ mA}$. Det betyr at jeg kan gjøre en forenklet beregning av spenningen over emittermotstanden. Spenningen på basen er bestemt av R1 og R2 dvs. 7,4 volt. Base – emitterspenningen $V_{BE} = 0,7$ volt – følgelig blir spenningen over emittermotstanden $V_{RE} = 7,4 - 0,7 = 6,7$ volt.

$$R_E = 3 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Emitterstrømmen } I_E = V_{RE}/R_E = 6,7\text{v}/3\text{k} = 2,2 \text{ mA} \quad \text{Med } \beta (200) \quad I_E \approx I_C \quad \underline{I_C \approx 2,2 \text{ mA}}$$

Hvis du regner med Thevenin:

$$V_{TH} = V_{RTH} + V_{BE} + V_{RE} \quad 7,4\text{v} = i_b \cdot R_{TH} + 0,7\text{v} + i_b(\beta+1) \cdot R_E \quad \text{Løs likningen mhp } i_b$$

Du finner i_b - multipliserer med $\beta (200)$ og finner $\underline{I_C \approx 2,2 \text{ mA}}$.

4 c) Hvor stor er strømmen ut fra batteriet V2 ? $\underline{I_{BATT} \approx I_C + I_{R1R2} = 2,2 + 1,8 \text{ mA} = 4 \text{ mA}}$

4 d) Hvis kollektorstrømmen $I_C = 2 \text{ mA}$. Hvor stor blir spenningen (Kollektor – Emitter), V_{KE} ?

$$V_E = 3k \cdot 2mA = 6\text{volt} \quad V_{R3} = 5k \cdot 2mA = 10\text{volt} \quad V_{KOL} = 24v - 10v = 14 \text{ volt}$$

$$\text{Spenningen } V_{KE} = 14 \text{ volt} - 6 \text{ volt} = 8 \text{ volt}$$

4 e) – hvor stor er transistorens transkonduktans - g_m ? $g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T} = \frac{2mA}{25mV} = 80mS$

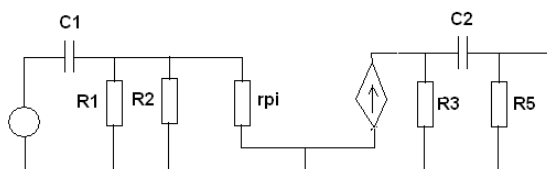
4 f) Hvor stor er spenningsforsterkningen A_V (V_{out} / V_{in})?

$$A_V = -g_m \cdot R_L = 80 \cdot R_3 \parallel R_5 = -80mS \cdot 2,5k\Omega = -200$$

4 g) Vi fjerner emitterkondensatoren C3. Hva blir forsterkningen A_V (V_{out} / V_{in}) ?

$$A_V = -\frac{R_L}{R_E} = -\frac{R_3 \parallel R_5}{R_E} = -\frac{2,5}{3} = -0,8$$

4 h) Tegn opp småsignalekvivalenten til kretsen – for lave frekvenser.



4 i) Forklar kort hva du forstår med Millereffekt *Kapasiteten C_u legger seg parallelt med C_{pi} – men da med en verdi som er (A_V+1) ganger større. Re.: Miller effekt.*

Millerkapasiteten $C_m = C_u \cdot (A_V + 1)$ Denne begrenser transistorens øvre grensefrekvens.