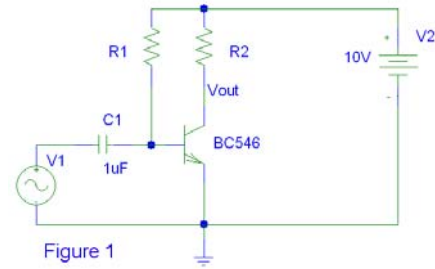


Forslag til løsning på eksamensoppgavene i FYS1210 våren 2011

Oppgave 1

Figure 1 viser en enkel transistorforsterker med en NPN-transistor BC546A. Transistoren har en oppgitt strømforsterkning $\beta = 200$. Kondensatoren C1 har verdien $1 \mu\text{F}$. Tilført spenning fra batteriet V2 er 10 volt.



- 1a) Transistoren skal arbeide med en kollektor hvilestrøm (I_{CQ}) på 1,5 mA. Beregn verdiene til basismotstanden R1 og kollektormotstanden R2.

Arbeidspunktet må ligge på 5 volt – dvs. spenningen over R2 må være 5 volt.

$$R2 = 5\text{ volt} / 1,5 \text{ mA} = 3\text{k}\Omega$$

Transistoren leder – dvs. basis = 0,7 volt.

$$R1 = (V2 - 0,7) / (1,5 \text{ mA} / 200) = 9,3 \text{ volt} / 0,0075 \text{ mA} = 1,24 \text{ M}\Omega$$

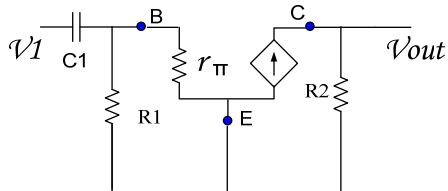
- 1b) Hvor stor er transistorens transkonduktans – g_m ?

$$g_m = I_C / V_T \quad g_m = 1,5 \text{ mA} / 25 \text{ mV} = 60 \text{ mS} \quad (r_{\pi} = \beta / g_m = 3\text{k}\Omega)$$

- 1c) Hvor stor er spenningsforsterkningen ?

$$A_v = -g_m \cdot R2 \quad (-g_m \cdot R2 = -198)$$

- 1d) Tegn opp småsignalekvivalenten for lave frekvenser.



- 1e) Hva blir nedre grensefrekvens til forsterkeren ?

$$\text{Frekvensen bestemmes av } C1 \text{ og } r_{\pi}. \quad f_L = \frac{1}{2\pi \cdot r_{\pi} \cdot C1} = 48 \text{ Hz}$$

R1 er stor - 1,24 MΩ Dvs. liten betydning når den står i parallell med r_{π} på 3kΩ

- 1f) Øvre grensefrekvens bestemmes blant annet av transistorens interne kapasitanser. Forsterkningen til kretsen vil også ha betydning for øvre grensefrekvens. Forklar kort hvordan dette henger sammen. (Millereffekt)

Oppgave 2

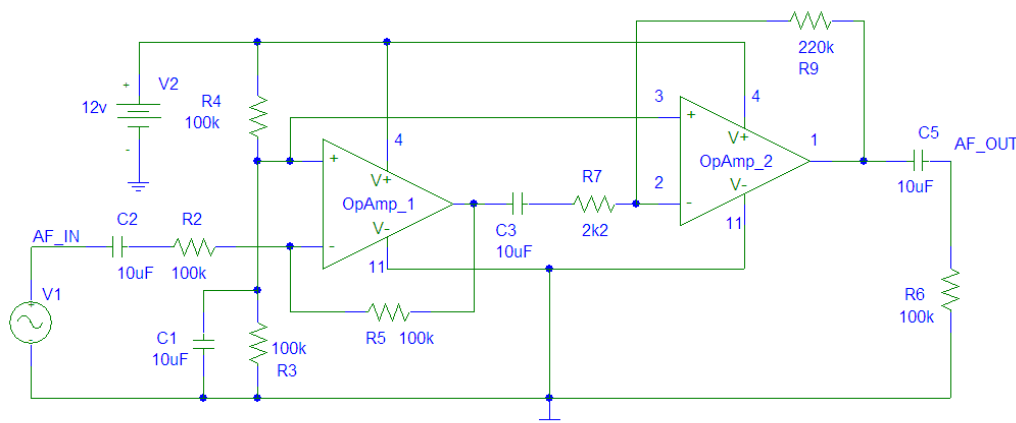


Figure 2

Figure 2 viser en forsterker sammensatt av to like operasjonsforsterkere (OpAmp) – Operasjonsforsterkerne har et $GBW = 1\text{MHz}$.

Forsyningsspenning $V_+ = 12\text{ volt}$. V_- er koplet til ”jord”.

Motstandene R_3 og R_4 danner en spenningsdeler som legger 6 volt inn til (+) på begge OpAmp. Pga. neg. tilbakekopling vil (-) inngangen til OpAmp følge spenningen på (+).

Dvs 6 volt DC distribueres rundt på forsterkeren - også utgangen.

2a) Hvor stor er forsterkningen (i dB) for midlere frekvenser ?

OpAmp 1 = gain 1 OpAmp 2 = gain 100 Totalt gain = 100 = 40dB

2b) Hva er øvre og nedre grensefrekvens ?

Øvre grensefrekv. bestemt av OpAmp 2 :

Gain 40 dB ($A_v = 100$) $GBW = 1\text{MHz}$ $\rightarrow f_h = 10\text{ kHz}$

Nedre grensefrekv bestemt av C_3 og R_7 $f_L = 7,2\text{ Hz}$

C_2 og R_2 danner et høypassfilter på samme måte som C_5 og R_6 - men begge disse har et f_L langt under 1 Hz.

Dvs. det er C_3 og R_7 bestemmer f_L for kretsen.

2c) Tegn opp frekvenskarakteristikken til forsterkeren i området 1 Hz til 1 MHz.

Bruk vedlagte logaritmeblad.

2d) Hvor stor er DC-spenningen på pinne 1, 2 og 3 til OpAmp_2 ? **6 volt**

2e) Vi vil beholde den store forsterkningen

– men vi ønsker å heve øvre grensefrekvens maksimalt.

Du kan endre verdien på motstandene R_2 og R_9 .

Kom med forslag til nye verdier.

Maksimal båndbredde får vi når begge OpAmp har lik forsterkning.

Dvs. ønsker gain = 10 på begge OpAmp. – da må $R_2 = 10\text{k}\Omega$ og $R_9 = 22\text{k}\Omega$

2f) Hvilke konsekvenser får det om vi kortslutter kondensator C_3 ?

Nedre grensefrekvens flyttes til under 1 Hz

Oppgave 3

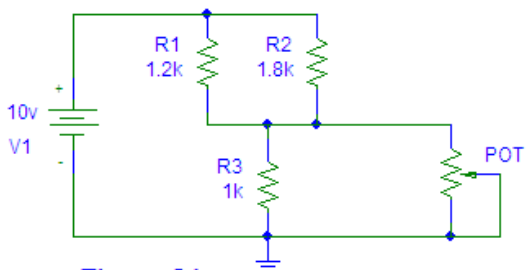


Figure 3A

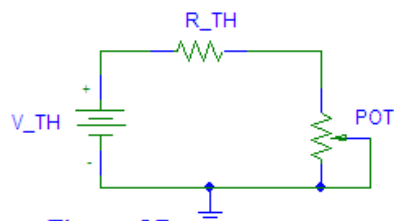


Figure 3B

Spenningskilden $V_1 = 10$ volt $R_1 = 1,2$ k Ω $R_2 = 1,8$ k Ω $R_3 = 1$ k Ω

- 3a) Kretsen i Figure 3A kan vha. Thevenins teorem transformeres til kretsen i Figure 3B
Beregn Theveninspenningen V_{TH} og Theveninmotstanden R_{TH} .

$V_{TH} = 5,8$ volt $R_{TH} = 418$ ohm (420 ohm)

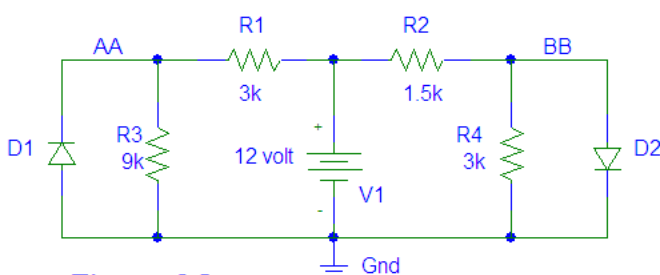


Figure 3C

Figure 3C viser et nettverk med et batteri $V_1 = +12$ volt, 4 motstander og 2 dioder :

$R_1 = 3$ k Ω , $R_2 = 1,5$ k Ω , $R_3 = 9$ k Ω , $R_4 = 3$ k Ω og 2 silisiumdioder – D1 og D2.

- 3b) Hva er spenningen i punktene AA og BB – målt i forhold til jord (Gnd) ?

Dioden D1 leder ikke. AA = 9 volt. Dioden D2 leder – Dvs BB = 0,7 volt

- 3c) Hvor stor er strømmen gjennom R4 ?

$I_{R4} = 0,7 / 3k = 0,23$ mA

- 3d) Hvor stor er strømmen gjennom D2 ?

$I_{D2} = 11,3 / R_2 - I_{R4} = 11,3 / 1,5k - 0,23mA = 7,5$ mA – 0,23 mA = 7,27mA

- 3e) Hvor stor er strømmen ut fra batteriet ?

$I_{BATT} = I_{R1} + I_{R2} = 1mA + 7,5mA = 8,5$ mA

Oppgave 3 fortsettes på side 4

Oppgave 3 forts.

Figur 3D viser en monostabil multivibrator – MV. Når en kort positiv puls kommer på Vinn sender kretsen ut en positiv puls med lengde bestemt av tidskonstanten $RB2 * C1$. Transistorene er vanlige NPN silisium. (Passende verdier: $RB2 = 100k$ $RK2 = 10k$)

(dvs. - transistoren TR2 er i metning)

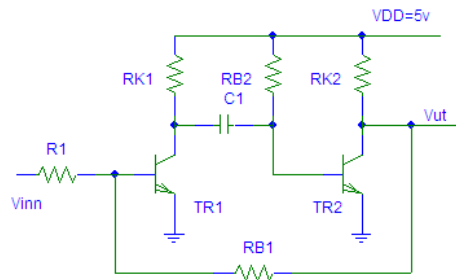


Figure 3D

3f) Uten signal inn på Vinn :

Hva er spenningen på basis til TR2 ?

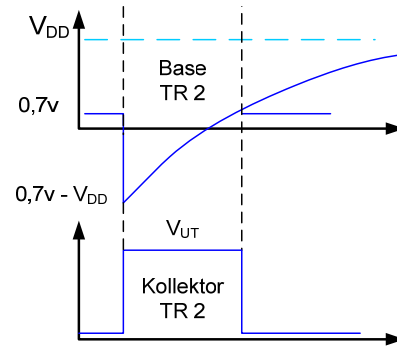
Ca. 0,7 volt

Hvor stor er spenningen Vut (ca) ?

Ca. 0,1 volt

En kort positiv puls kommer på Vinn

3g) Skisser spenningsforløpet på Kollektor og Basen til transistor TR2 – fra en kort stund før den positive pulsen kommer på Vinn – til kretsen igjen er tilbake i sin stabile tilstand.



Oppgave 4

Du skal konstruere en *ikkeinverterende* (non inverting) forsterker.

Du får 2 operasjonsforsterkere – hvor Gain Band Width produkt (GBW) = 10 MHz.

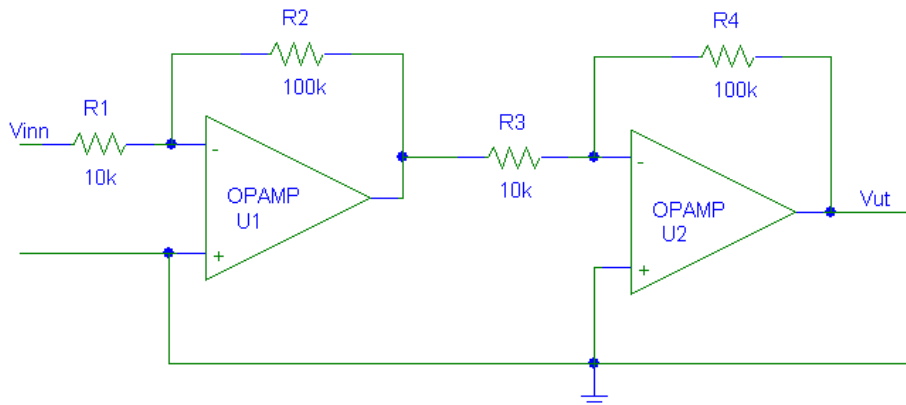
Kravene til forsterkeren er :

Rinn = 10 k Ω . (- Skal være konstant innenfor hele frekvensspekteret)

Spenningsforsterkningen $A_V = 40$ dB .

4a) Tegn kretsen. Sett på komponentverdier. Vi ønsker størst mulig båndbredde.

Størst mulig båndbredde betinger lik forsterkning i begge OpAmp. $A_V = 10$
Seriekopling av 2 inverterende forsterkere – med Rinn = 10 k Ω



Oppgave 4 forts.

Hva blir øvre grensefrekvens ?

$GBW=10\text{ MHz}$ $A_v = 10$ som gir $f_H = 1\text{MHz}$ ("Quick and dirty")

- men husk at vi adderer responsen fra 2 like OpAmp. – hver med $f_H = 1\text{MHz}$
Ved 1 MHz har vi totalt -6 dB dempning.

Grensefrekv. er definert ved -3 dB .

Vi søker frekvensen som gir $-1,5\text{ dB}$ dempning for hver av OpAmpene.

Forenklet resonnement:

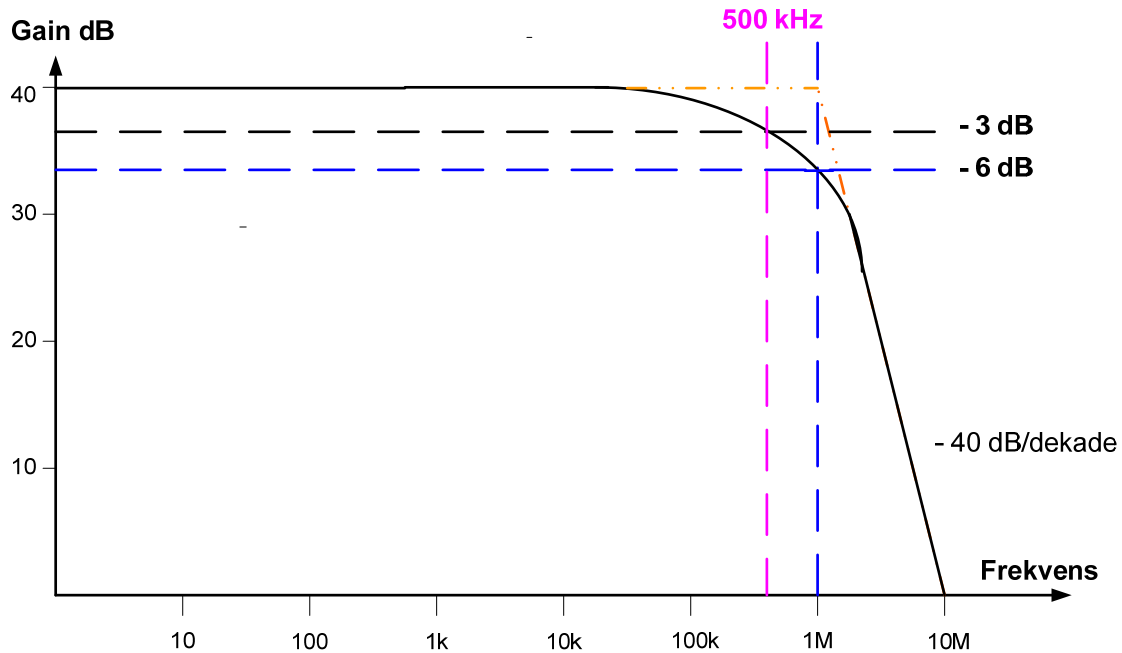
Punktet for -3 dB er definert med 45° faseskift ($R = X_C$).

$1,5\text{ dB}$ dempning inntreffer når reaktansen til C er ca. halvparten av verdien ved -3 dB . Dvs. halve frekvensen.

Grensefrekvensen for seriekoplingen av de 2 OpAmp er ca. 500kHz

4b) Tegn opp frekvensresponsen til forsterkeren. ($1 - 10\text{ MHz}$)

Bruk vedlagte logaritmeblad.



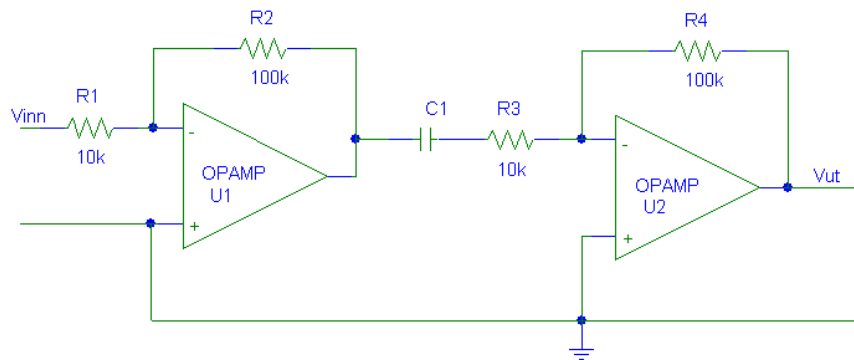
Oppgave 4 forts.

Vi blir plaget av et støysignal med lav frekvens – og vi ønsker å begrense forsterkningen for lave frekvenser.

Ved hjelp av en kondensator skal nedre grensefrekvens settes til 100 Hz.

Kravet om konstant Rinn = 10 kΩ opprettholdes.

4c) Tegn kretsen med kondensatoren på riktig plass og beregn størrelsen til kondensatoren.



*Kravet om konstant Rinn betinger at kondensatoren som skal begrense lave frekvenser ikke kan koples sammen med Rinn på OpAmp # 1
Kondensatoren må ligge mellom OpAmp # 1 og OpAmp # 2.
(Se oppgave 2)*

$C1 = 0,16 \mu F (160 nF)$