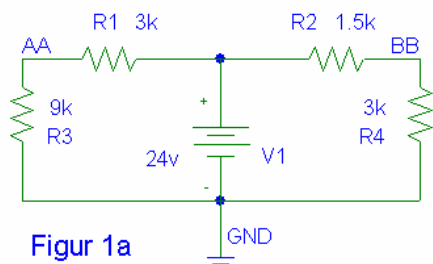


Forslag til løsning på eksamen FYS1210 V-2007 (rev.2)

Oppgave 1

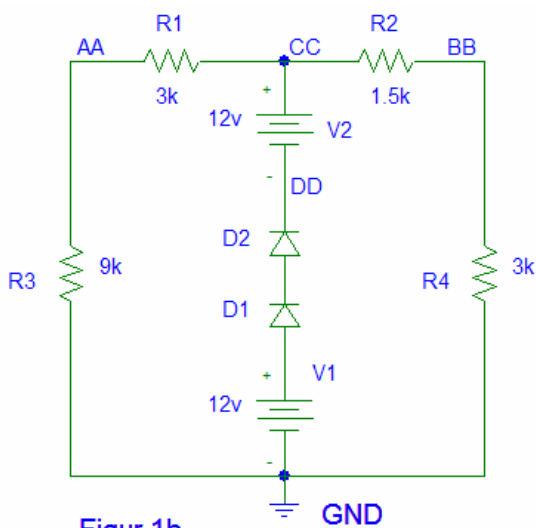


Figur 1a

Figur 1a viser et nettverk med et batteri på 24 volt og 4 motstander. $R_1 = 3\text{k}\Omega$, $R_2 = 1,5\text{k}\Omega$, $R_3 = 9\text{k}\Omega$, $R_4 = 3\text{k}\Omega$

1a) Hva er spenningen i punktene AA og BB – målt i forhold til jord (GND)?

$$AA = 18\text{v} \quad BB = 16\text{v}$$



Figur 1b

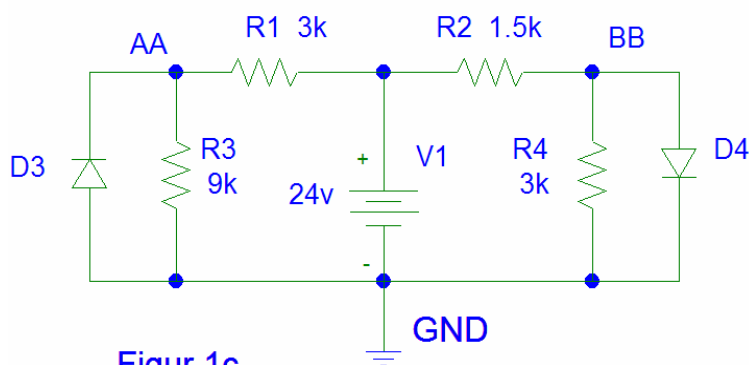
1b) Hvor stor er strømmen ut fra batteriet ?

$$I_{\text{total}} = 7,33\text{ mA}$$

Figur 1b viser det samme motstandsnettverket som figur 1a, - men batteriet er splittet i 2 separate enheter, V1 og V2, - hver på 12 volt. Mellom batteriene står 2 silisiumdioder D1 og D2.

1c) Hva blir spenningen i punkt DD og CC – målt i forhold til jord (GND) ?

Hver av silisiumdiodene "tar" 0,7 volt.
Spenningen i DD = $12\text{v} - 1,4\text{v} = 10,6\text{ volt}$
Spenningen i CC = $24\text{v} - 1,4\text{v} = 22,6\text{ volt}$.



Figur 1c

Figur 1c viser et nettverk med et batteri på 24 volt, 4 motstander $R_1 = 3\text{k}\Omega$, $R_2 = 1,5\text{k}\Omega$, $R_3 = 9\text{k}\Omega$, $R_4 = 3\text{k}\Omega$ - (så langt er kretsen identisk med oppgave 1a) men i tillegg har vi satt inn 2 silisiumdioder - D3 og D4.

1d) Hva er spenningen i punktene AA og BB

- målt i forhold til jord (GND)

$$AA = 18\text{ v} \quad BB = 0,7\text{ v}$$

1e) Hva er strømmen gjennom R4 ?

$$I_{R4} = 0,2\text{ mA}$$

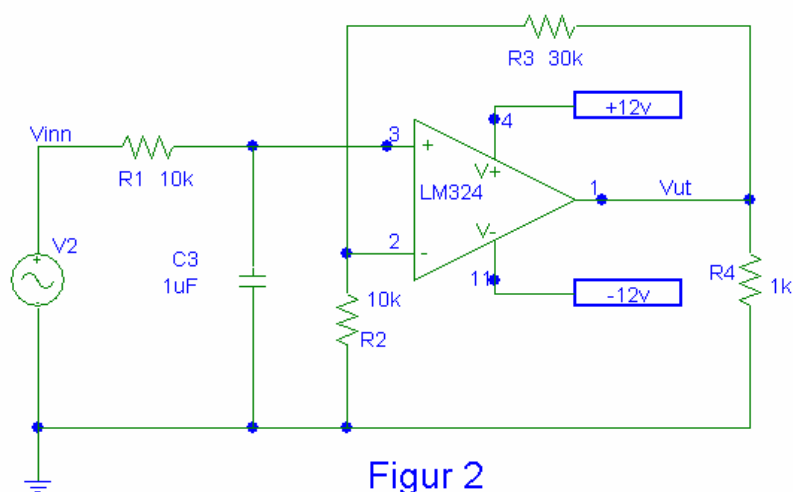
1f) Hvor stor er strømmen gjennom D4 ?

$$I_{D4} = 15,3\text{ mA} \quad I_{R1} = 2\text{ mA} \quad I_{R2} = 15,5\text{ mA}$$

1g) Hvor stor er strømmen ut fra batteriet ?

$$I_{\text{total}} = 17,5\text{ mA}$$

Oppgave 2



Figur 2

Figur 2 viser et frekvensfilter med tilhørende operasjonsforsterker.

Operasjonsforsterkeren LM324 har et GBW-produkt på 1MHz. (Unity gain)

DC - spenningsforsterkning 100dB. Slewrate til forsterkeren er 0,5v/μs

2a) Er dette et høypass -, lavpass - eller båndpass - filter? [Lavpass-filter](#)

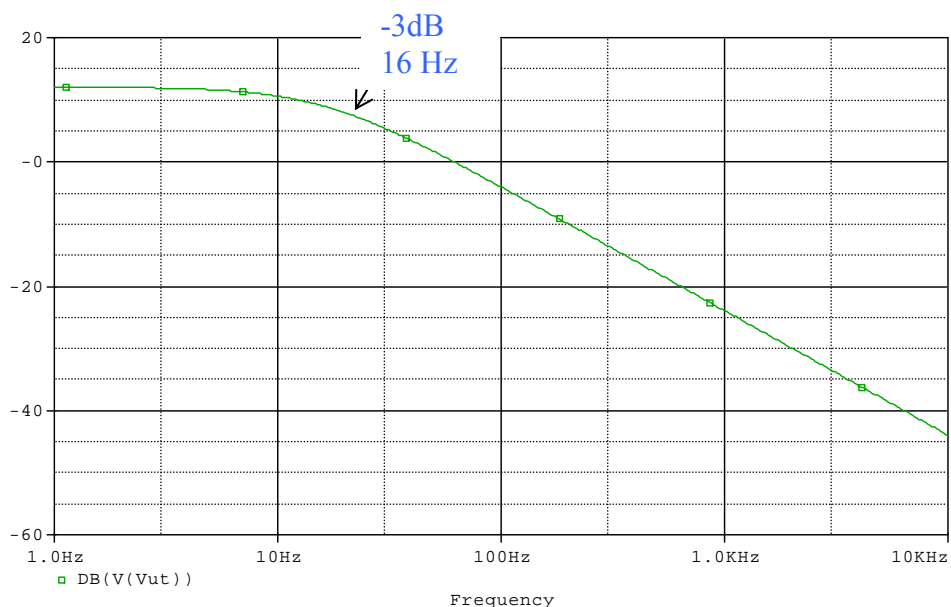
2b) Hvor stor forsterkningen har kretsen for DC-spenninger – og hva blir denne

forsterkningen omregnet i dB?
$$A_v = \frac{R_3}{R_2} + 1 = \frac{30k}{10k} + 1 = 4$$

$$A_v(dB) = 20 \cdot \log 4 = 20 \cdot 0,6 = 12 \text{ dB}$$

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

Knekkfrekvensen :
$$f_H = \frac{1}{2\pi R C} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^4 \cdot 10^{-6}} = \frac{100}{6,28} \approx 16 \text{ Hz}$$



2d) Vi bytter om på R1 og C3 – Denne nye kretsen vil sammen med operasjonsforsterkeren danne et frekvensfilter. Hva slags filter (høypass -, lavpass eller båndpass) ?

- Vi får et båndpassfilter. R1 og C3 danner et høypassfilter.

Operasjonsforsterkeren kutter de høye frekvensene – responsen faller med 20dB pr dekade (GBW = 1MHz) Tilsammen danner de et båndpassfilter.

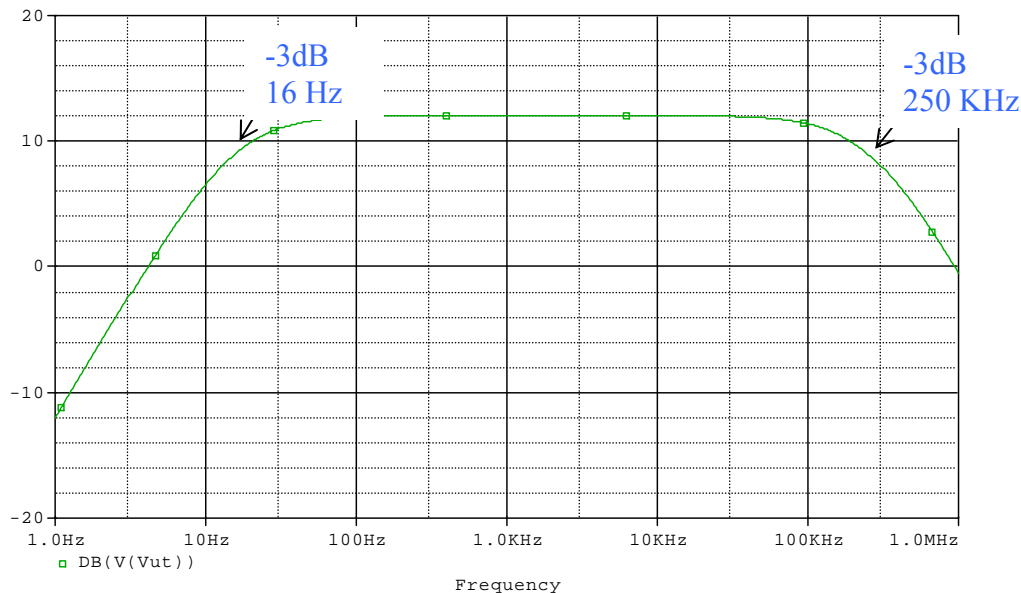
2e) Tegn frekvensresponsen til kretsen i frekvensområdet 1Hz til 1MHz. Bruk logaritme papiret som følger oppgaven
Marker tydelig knekkpunkt(er)

$$f_L = \frac{1}{2\pi R C} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^4 \cdot 10^{-6}} = \frac{100}{6,28} \approx 16 \text{ Hz}$$

Øvre knekkpunkt kan finnes grafisk

– trekk en rett linje som faller med 20db pr. dekade – eller 6 dB pr. oktav - la denne gå igjennom 0dB ved GBW = 1MHz Der denne linja skjærer responsen for midlere frekvenser (12dB) har vi øvre knekkpunkt.

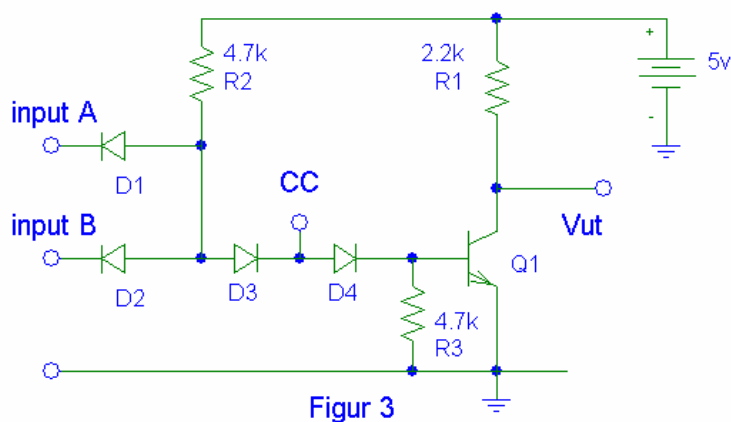
Dette skjer ved ca 250 KHz - dvs. 2 oktaver under 1MHz. (250-500-1000)



2f) Hvor stor signalamplitude (V_p) kan vi få ut fra kretsen uten at signalet blir forvrengt ved 10 kHz ?

$$V_P = \frac{s}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,5 \cdot 10^6}{6,28 \cdot 10^4} \approx 8 \text{ volt}$$

Oppgave 3



Figur 3

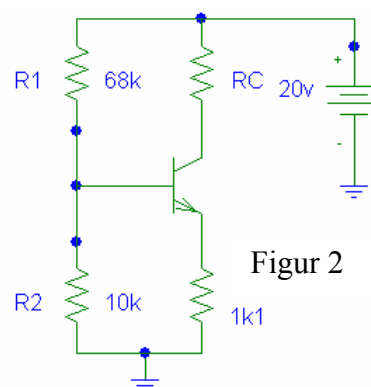
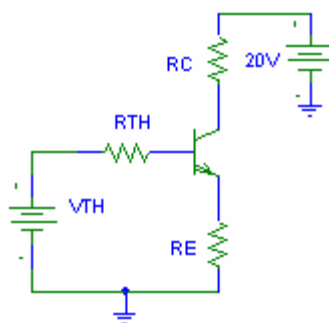
Oppgave 3 er hentet fra Laboratorieoppgave # 4.

- 3a) Figur 3 viser en DTL - port.. (Diode Transistor Logikk = DTL)
 Hva blir spenningen V_{ut} hvis begge inngangene (input A og input B) ligger uten tilkøpling? (som vist på figuren) (0,1 volt)
 og hva blir spenningen på basis til transistor Q1? (0,7 volt)
 Det er forbindelse fra GND (jord) opp gjennom motstand R3 – D4 – D3 – R2 til +5 volt. Spenningen over R3 er tilstrekkelig til å ”løfte” basis på Q1 til 0,7volt. Q1 vil lede – og spenningen ut vil ligge lavt – under 100mV. Transistoren Q1 er i metning – saturation.
- 3b) Hva er spenningen i punktet CC (mellom diodene D3 og D4)?
 Spenningen i punktet CC = basespenning (0,7v) + diodespenning D4(0,7v) = 1,4volt (ca)
 (hvis du simulerer kretsen og bruker komponenter som 1N4148 og 2N2222 vil du finne at spenningen blir ca 1,3volt)
- 3c) Hva blir spenningen V_{ut} hvis input A koples til +5volt og input B fortsatt er uten tilkøpling?
 Med +5v på A endres ikke situasjonen fra 3a) Dioden D1 er forspendert i sperreretning. Spenningen ut vil fortsatt ligge lavt – under 100mV. Transistoren er i metning – saturation.
- 3d) Hva blir spenningen V_{ut} hvis input B koples til ”jord” (0 volt) og input A samtidig holdes på +5volt ? Spenningen $V_{ut} = 5$ volt.
 Spenningen i knutepunktet mellom D2 og D3 blir 0,7 volt. Dette er ikke nok til å ”løfte” basis på Q1 opp til 0,7volt. Transistoren er ”cutoff”.
- 3e) Hvilken type ”logisk port” er dette ? (OR, NOR, AND eller NAND)
 Dette er en NAND-port

Oppgave 4

Figur 2 viser et normalt forspenningsnettverk rundt en bipolar transistor. Transistoren har en strømforsterkningen $\beta = 100$

a) Tegn opp Thevenin ekvivalenten for forspenningen av basis.



Figur 2

b) Beregn størrelsen på Thevenin spenningen, V_{TH} og Thevenin motstanden R_{TH} .

$$V_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC} = \frac{10}{68 + 10} \cdot 20 \text{ volt} = 2,56 \text{ volt}$$

$$R_{TH} = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{68 \cdot 10}{68 + 10} \text{ k}\Omega = 8,7 \text{ k}\Omega$$

c) Transistoren har en strømforsterkningen $\beta = 100$ Hva blir hvilestrømmen (I_{CQ}) til transistoren i denne koplingen? Vis beregningen.

Beregner først basestrømmen ut fra Kirchhoffs lov ; Summen av spenningene i kretsen rundt basis må være null.

$$V_{TH} = i_b \cdot R_{TH} + V_{BE} + V_{RE} \Rightarrow 2,56 = i_b \cdot 8,7 + 0,7 + i_b (R_E \cdot (\beta + 1))$$

$$2,56 = i_b \cdot 8,7 + 0,7 + i_b (1,1 \cdot 101) = i_b (8,7 + 111) + 0,7$$

$$2,56 = i_b (8,7 + 111) + 0,7 \Rightarrow i_b = \frac{2,56 - 0,7}{8,7 + 111} \approx \frac{1,9}{120} \text{ mA} \approx 16 \mu\text{A}$$

Basestrømmen $i_b = 16 \mu\text{A}$ med en strømforsterkning på 100 blir hvilestrømmen (I_{CQ}) = $16 \mu\text{A} \cdot 100 = 1,6 \text{ mA}$

d) Hvis hvilestrømmen (I_{CQ}) er $1,5\text{mA}$ – Hva blir transkonduktansen g_m og inngangsmotstanden r_π til transistoren? (småsignalparametere)
(Husk strømforsterkningen $\beta = 100$)

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1,5\text{mA}}{25\text{mV}} = 60\text{mS} \quad r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{\beta \cdot V_T}{I_C} = \frac{100 \cdot 25\text{mV}}{1,5\text{mA}} = 1,67\text{k}\Omega$$

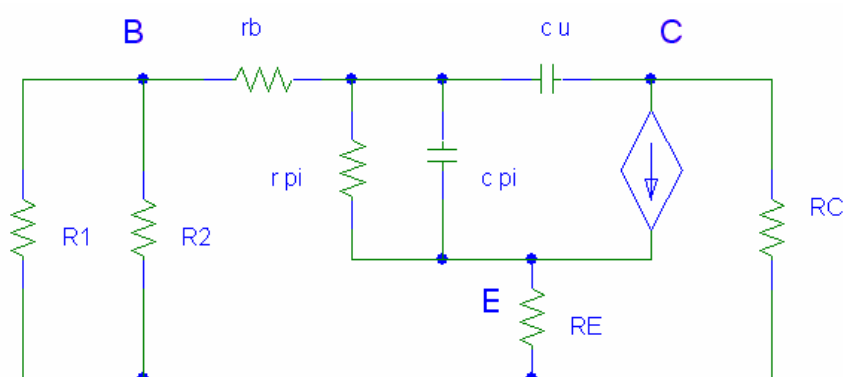
e) Hvis $RC = 6\text{k}\Omega$. Hvor stor er spenningsforsterkningen? $A_v \cong \frac{RC}{RE} = \frac{6\text{k}}{1.1\text{k}} \approx 5,5$

f) Hvis $RC = 6\text{k}\Omega$ og vi setter en stor kondensator over motstanden RE . Hva blir nå forsterkningen?

$$A_v = g_m \cdot RC = 60\text{mS} \cdot 6\text{k}\Omega = 360 \quad \text{Spenningsforsterkning } A_v = 360$$

omregnet til dB $20 \log A_v = 20 \cdot 2,55 = 51\text{dB}$

g) Tegn opp småsignal -ekvivalenten til kretsen. (ta med interne kapasiteter)
Forklar kort hva forstår du med "Miller effekt"? (NB. Kort forklaring !)



h) Motstanden r_b kan godt fjernes – den er liten i forhold til r_π . Kapasiteten C_u kan legges parallell med C_{pi} – men da med en verdi som er $(A+1)$ ganger større.
Re.: Miller effekt. Millerkapasiteten $C_m = C_u \cdot (A + 1)$ Denne begrenser transistorens øvre grensefrekvens.