



ANALOG ELEKTRONIK

Sammanfattning av 8 veckor

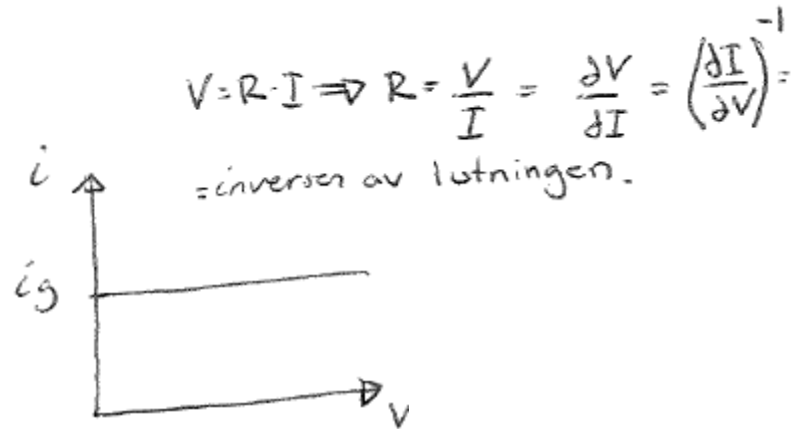
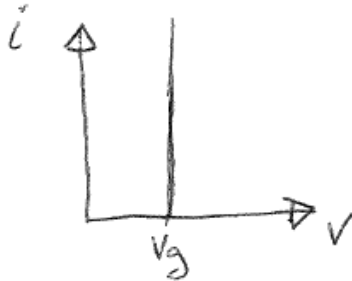
Andreas Axholt

FÖRELÄSNING 1

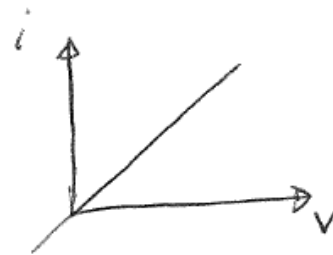
Följande skulle ni ha lärt er innan kursens start

I-V diagram

1: Källor

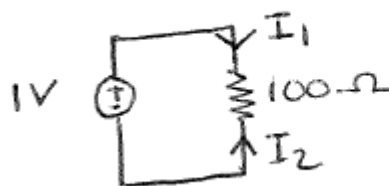


2: Impedanser:



$$I = k \cdot V \Rightarrow k = \frac{I}{V} \left(\frac{1}{\Omega}\right)$$
$$Z = \frac{1}{k} \Omega$$

3: Strömreferenser



$$I_1 = 10 \text{ mA}$$
$$I_2 = -10 \text{ mA}$$



FÖRELÄSNING 2

Vilka förstärkare har vi:

$$(y=x*k)$$

Spänningsförstärkare $V_{in} \rightarrow V_{out}$
($V_{out} = V_{in} * k$), k enhetslöst V/V

Strömförstärkare $i_{in} \rightarrow i_{out}$
($i_{out} = i_{in} * k$), k enhetslöst I/I

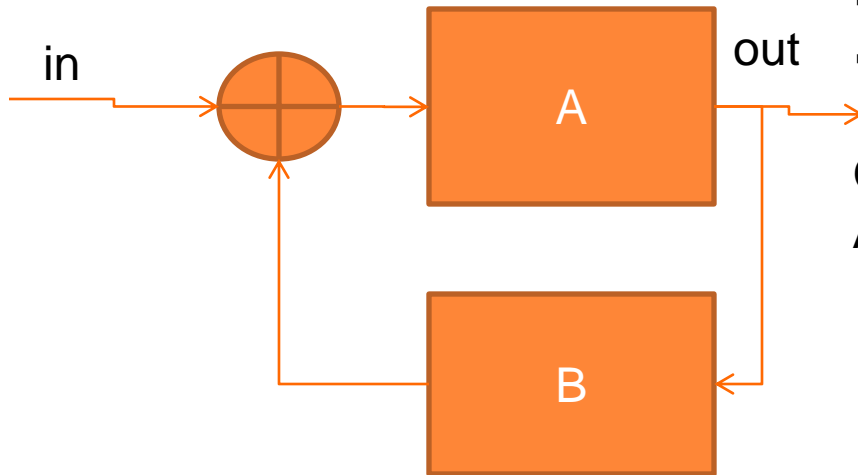
Transimpedans $i_{in} \rightarrow V_{out}$
($V_{out} = i_{in} * k$), k har enheten Ohm. Transformerar med en impedans.

Transadmittans $V_{in} \rightarrow i_{out}$
($i_{out} = V_{in} * k$), k har enheten Simens. Transformerar med en admittans.



FÖRELÄSNING 2

Blacksmodel



$$\text{out} = (\text{out} * \text{B} + \text{in}) * \text{A} = \text{out} * \text{B} * \text{A} + \text{in} * \text{A}$$

$$\rightarrow \text{out}(1 - \text{A} * \text{B}) = \text{in} * \text{A}$$

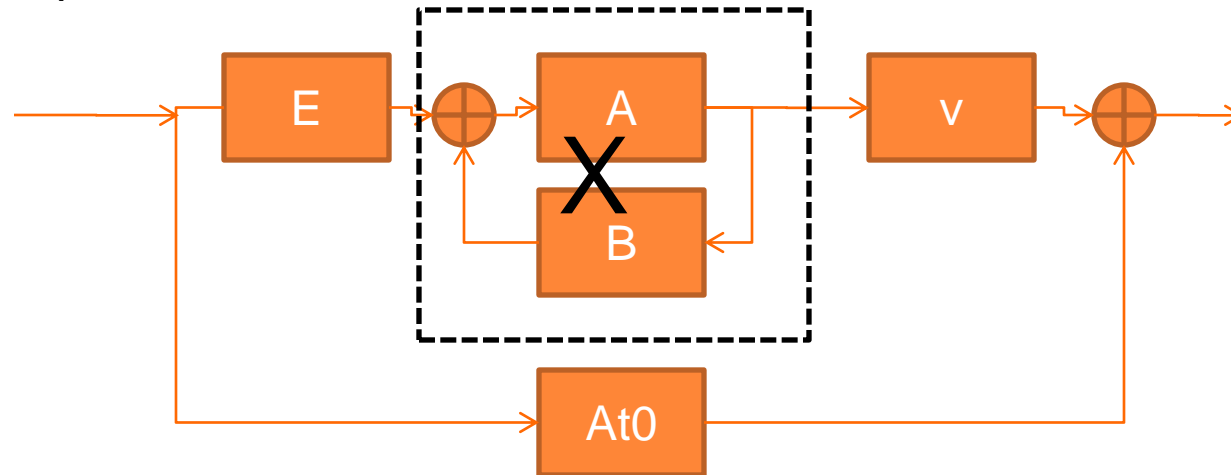
$$\rightarrow \text{out}/\text{in} = \text{A}/(1 - \text{A} * \text{B})$$

Om vi låter A gå mot oändligheten:
 $A_{t\infty} = 1/\text{B}!$



FÖRELÄSNING 2

Superpositionsmodellen



$$A_t = \text{out/in} = A_{t0} + v \cdot X \cdot E,$$
$$X = A / (1 - AB)$$

E: förluster på ingången (t.ex. spänningsdelning)

v: förluster på utgången (t.ex. strömgrening)



FÖRELÄSNING 2

Vad gör återkopplingen:

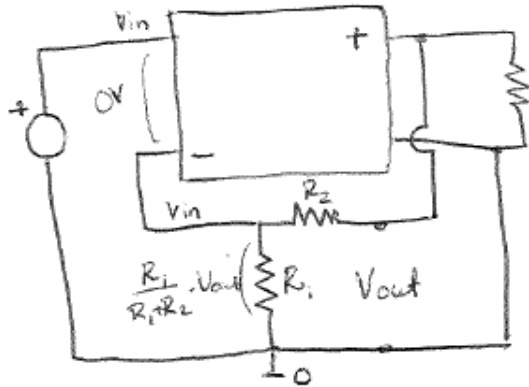
1. Mäter utsignalen
2. Ger en bild av utsignalen till kretsens ingång. Om signalen dämpas då kommer utsignalen tvingas upp så att insignalerna blir lika. ($A_{t\infty} = 1/B$)



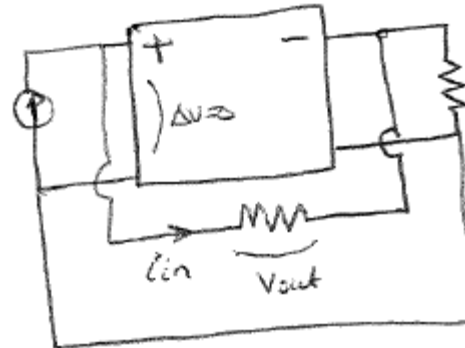
FÖRELÄSNING 2

Vilka återkopplingar har vi:

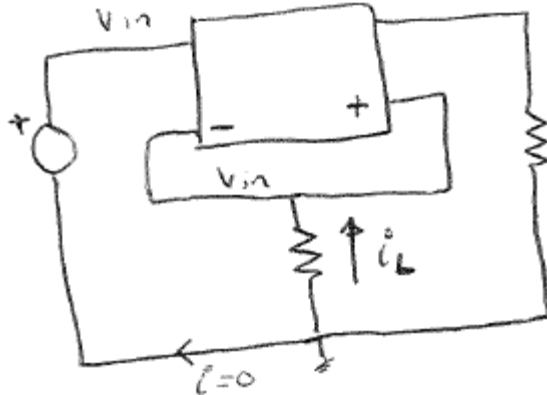
V → V



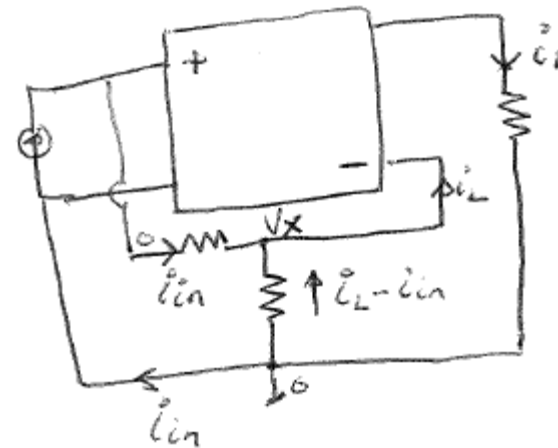
I → V



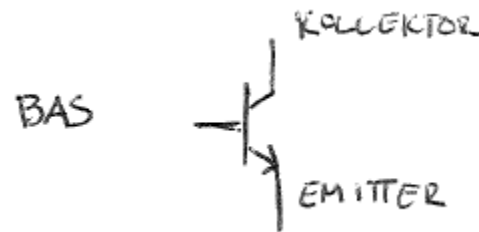
V → I



I → I



FÖRELÄSNING 3



Arbetsområden:

$V_{bas} > V_{emitter} \ \& \ V_{bas} < V_{kollektor} \rightarrow$ AKTIVT

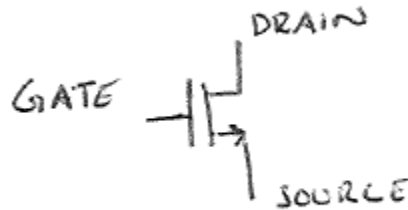
$V_{bas} > V_{emitter} \ \& \ V_{bas} > V_{kollektor} \rightarrow$ bottnad (I_{max})

$V_{bas} < V_{emitter} \ \& \ V_{bas} > V_{kollektor} \rightarrow$ Inverterat aktivt
läge \rightarrow Lägre B_f .

$V_{bas} < V_{emitter} \ \& \ V_{bas} < V_{kollektor} \rightarrow$ Strypt (I_{min})



FÖRELÄSNING 3



Arbetsområden:

$V_{gs} > V_t$ & $V_{ds} > (V_{gs} - V_t)$ Aktivt område

$V_{gs} > V_t$ & $V_{ds} < (V_{gs} - V_t)$ Triod område

$V_{gs} < V_t$ Off



FÖRELÄSNING 4

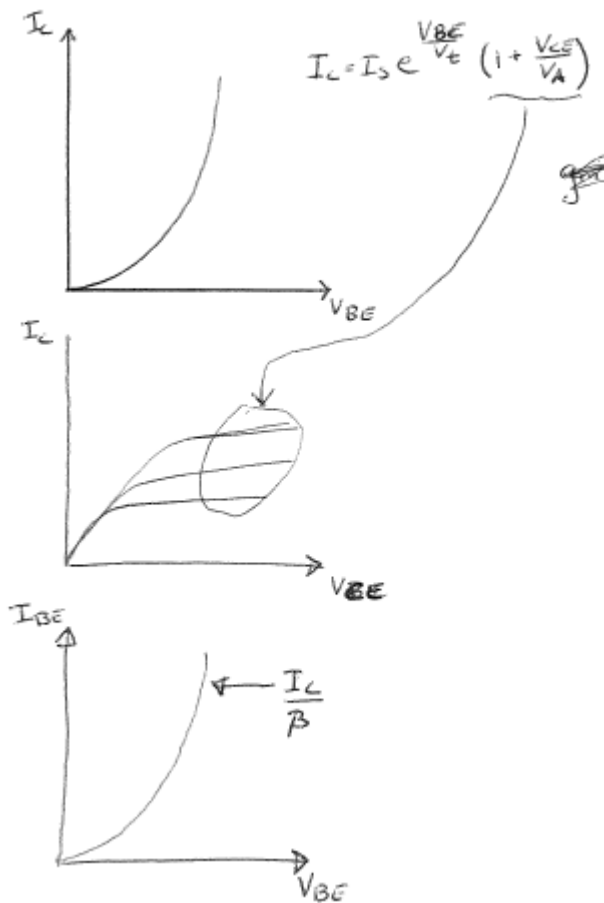
Småsignalsmodellen, bygger på hur kretsen ser ut vid en viss given arbetspunkt.

Den kan göras mycket invecklad med för att beskriva beteendet tillräckligt bra och samtidigt göra det rimligt för handberäkningar så hålls antalet komponenter nere.

1. Det går en ström in på basen och ut på emittern som beror på spänningen → Resistor, R_n
2. Det går en ström från kollektor till emitter som beror på bas emitter spänningen. → Spänningsstyrd strömkälla, g_m
3. Det går en ström från kollektor till emitter som beror på kollektor – emitter spänningen. → Resistor, R_o



FÖRELÄSNING 4



$$r_{\pi} = \left(\frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right)^{-1}$$

$$g_m = \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}}$$

$$r_o = \left(\frac{\partial i_C}{\partial v_{CE}} \right)^{-1}$$



Vi skulle mycket väl kunna ta derivatan på dV_{be}/dI_b men uttrycket blir jobbigt att ta fram då vi är tvungna till att först lösa ut V_{be} och sedan derivera med avseende på I_c .



FÖRELÄSNING 4

NOTERA ATT SMÅSIGNALSMODELLEN ÄR GILTIG
ENBART FÖR DEN ARBETSPUNKT
KOMPONENTERNA HAR RÄKNATS UT FÖR!



FÖRELÄSNING 5

Vad är en arbetspunkt?

Arbetspunkten avgörs av:

1. Vilken bas emitter spänning vi har
2. Vilken kollektor emitter spänning vi har
3. Vilken Ic vi har

När detta är givet, DÅ kan vi räkna ut småsignalsparametrarna som är giltiga precis runt om kring denna punkt.



FÖRELÄSNING 5

De olika transistor konfigurationerna är:

Gemensam emitter (inverterande)

- Stor förstärkning

Gemensam kollektor (icke inverterande)

- Spänningsföljare förstärkningen 1

Gemensam bas (icke inverterande)

- Strömföljare



FÖRELÄSNING 6

Beskriver hur man beräknar A och B givet en småsignalsmodell.

(MYCKET VIKTIGT ATT KUNNA DETTA!!!)

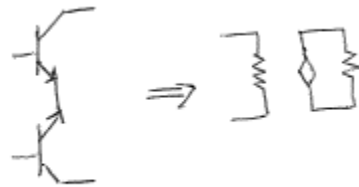
Kommer räkna igenom några uppgifter i slutet om tid finns.



FÖRELÄSNING 7

Diffsteget (Antiseriesteget)

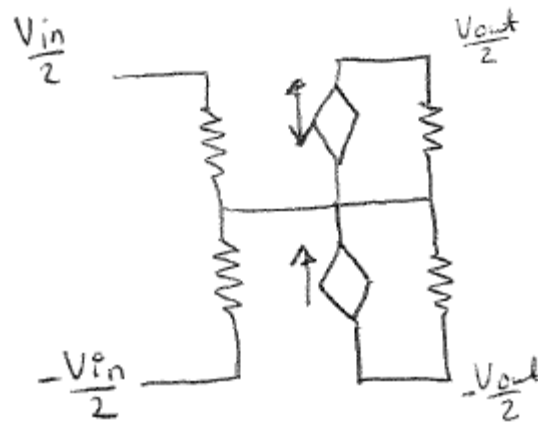
Härledning av småsignalsmodellen



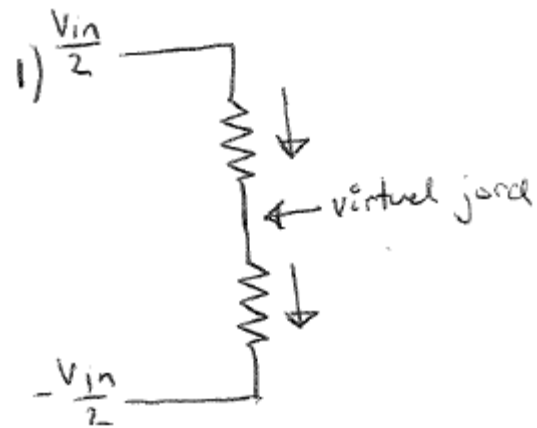
?



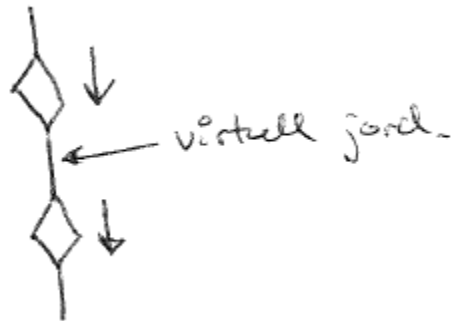
FÖRELÄSNING 7



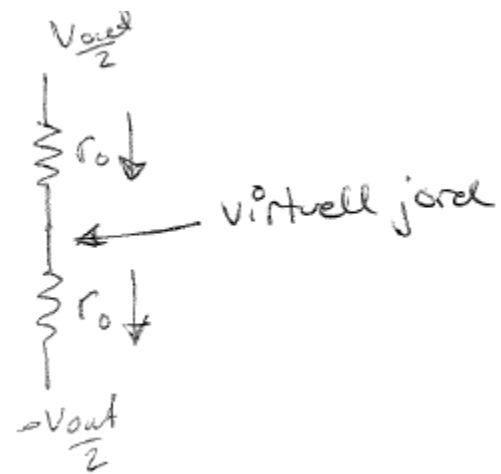
FÖRELÄSNING 7



FÖRELÄSNING 7



FÖRELÄSNING 7



FÖRELÄSNING 8

Flera steg

AB räknas ut som vanligt.

Varför vill jag ha flera steg?

Öka slingförstärkningen!



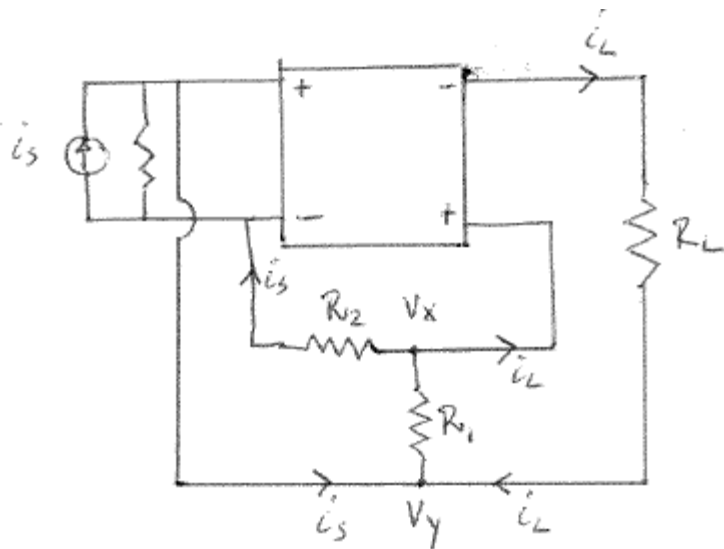
RÄKNA: PROBLEM

Uppgift:

- o Bygg en $I \rightarrow I$ förstärkare med $A_{\text{tot}} = -10$
- o $-|A_{\text{B}}|$ skall vara minst 150^2 för att den ideala förstärkningen, A_{tot} , inte skall avvika med mer än 0.01%.
- o Varje steg skall biaseras med 1mA. Anlag $V_{\text{oe}} = 0.7V$
- o Lasten är 10k Ω
- o Källans parallell resistans är 10k Ω
- o Transistorennas strömförstärkning är 150
- o $R_{\text{out}} \approx \infty$



RÄKNA: NULLOR



$$(i) \frac{V_y - V_x}{R_1} = i_s + i_L$$

$$(ii) V_x = V_y + i_s \cdot R_2$$

$$\Rightarrow \frac{V_y - (V_y + i_s \cdot R_2)}{R_1} = i_s + i_L$$

$$\Leftrightarrow -i_s \frac{R_2}{R_1} = i_s + i_L$$

$$\Leftrightarrow -i_s \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = i_L$$

$$\Leftrightarrow \frac{i_L}{i_s} = A_{t\infty} = -\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

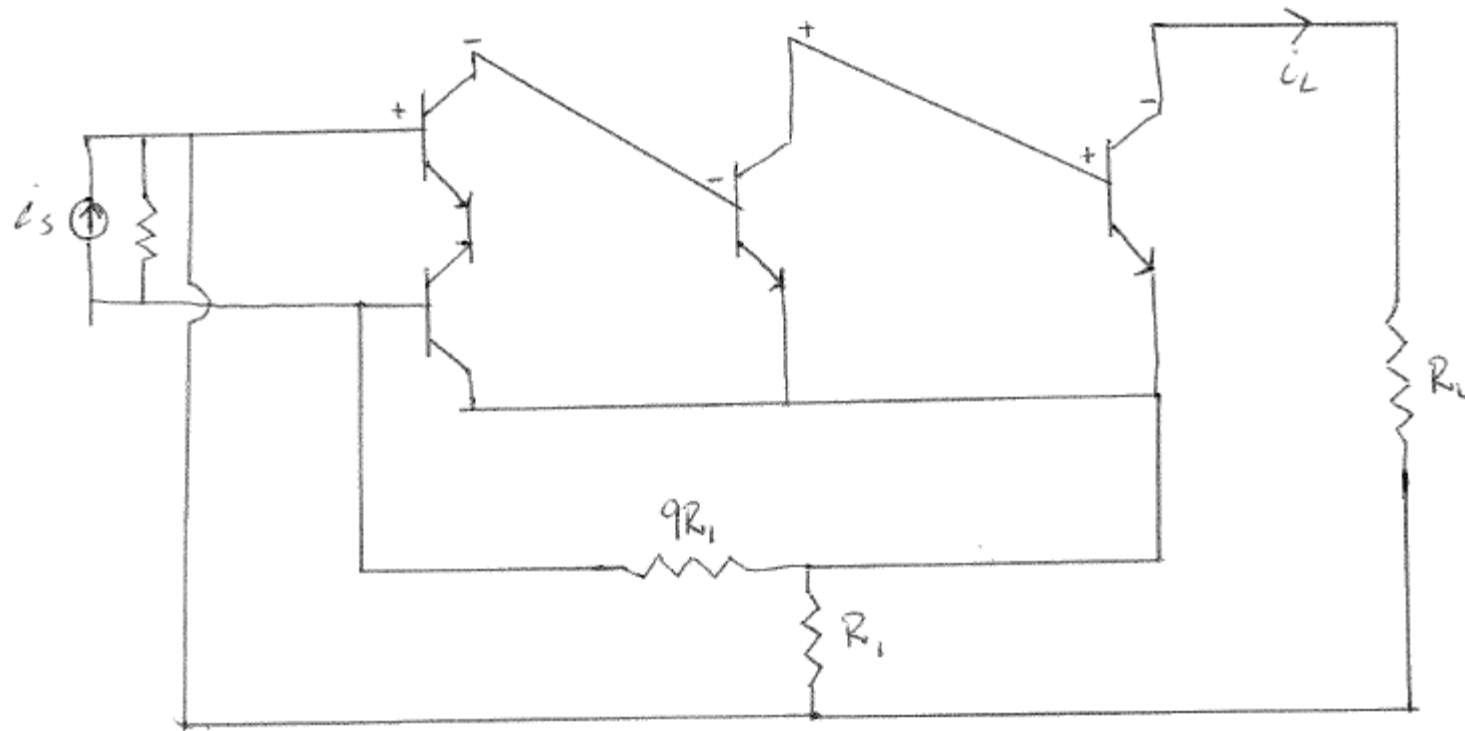
$$\text{Givet att } A_{t\infty} = -10 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 9 \Rightarrow R_2 = 9R_1$$



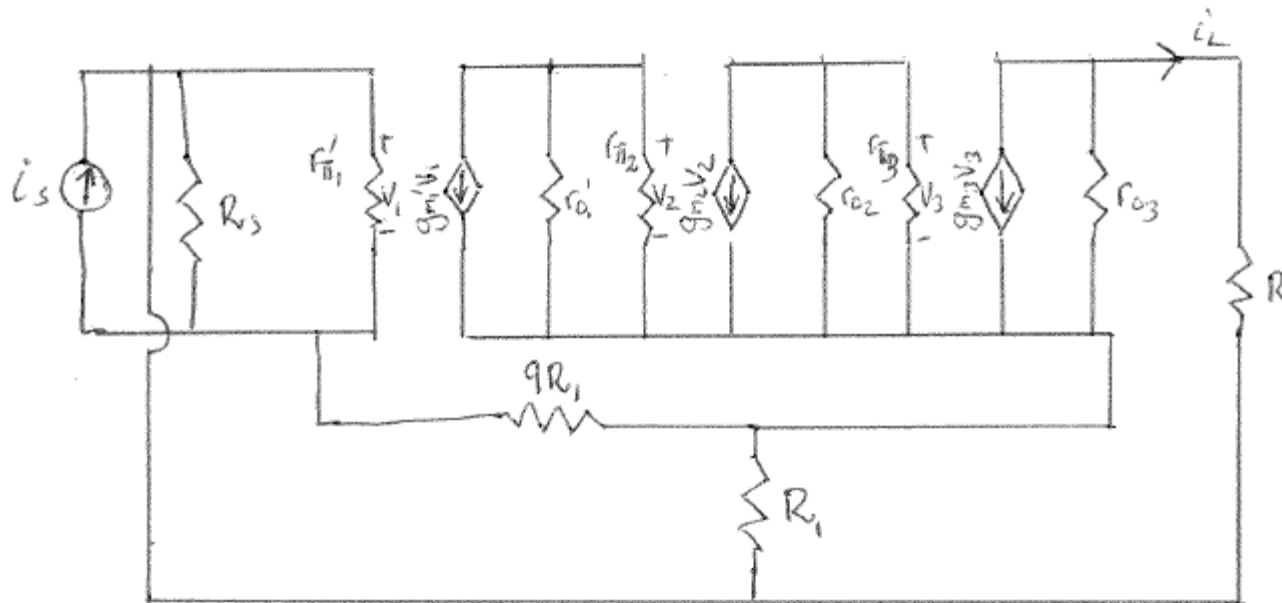
RÄKNA: KRETSSCHEMA

Da $|A\beta| > 150^2$ och $\beta_f = 150$ krävs minst 3 steg då maximala $A\beta$ är β_f^n .

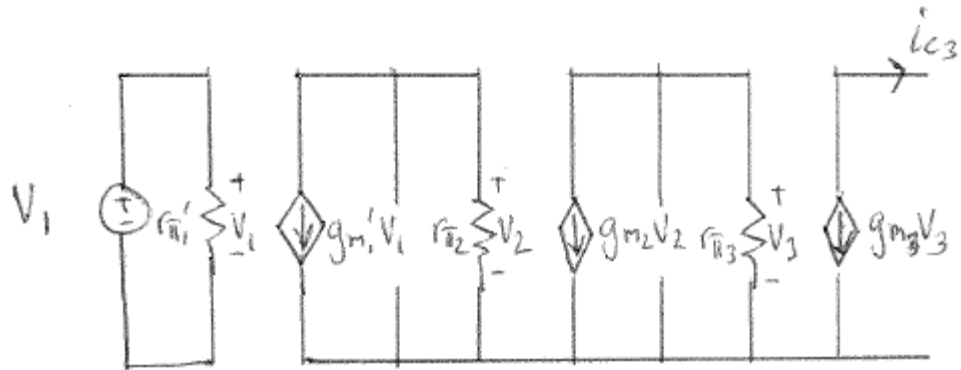
För att undvika kortslutning av R_2 används ett antiserie steg på ingången.



RÄKNA: SMÅSIGNALSMODEL



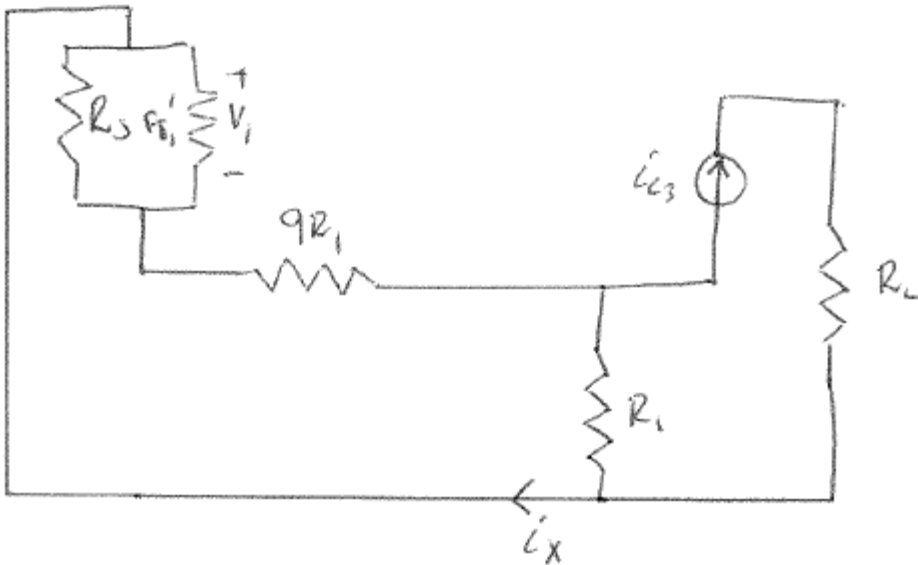
RÄKNA: A



$$A = \frac{i_{c3}}{V_1} = g_{m1}' \cdot r_{\pi 2} \cdot (-g_{m2}) \cdot r_{\pi 3} \cdot (-g_{m3}) \cdot (-1) = -g_{m1}' \cdot \beta_f^2$$



RÄKNA: B



$$(I) \quad i_x = i_{c3} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_s // r_{\pi}' + 9R_1}$$

$$(II) \quad V_1 = i_{c3} \cdot r_{\pi}' \quad \text{Fel! Givetvis skall } r_{\pi} \text{ vara } r_{\pi} // R_s$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{R_1 r_{\pi}'}{10R_1 + R_s // r_{\pi}'} \cdot i_{c3}$$

$$\frac{V_1}{i_{c3}} = \beta = \frac{R_1 r_{\pi}'}{10R_1 + R_s // r_{\pi}'}$$

$$A\beta = -\beta f^3 \frac{R_1}{10R_1 + R_s // r_{\pi}'}$$

OBS! Notera felet, dock ändrar sig inte tillvägagångssättet att lösa uppgiften på.

RÄKNA: R_{PI}

$$r_{\pi_i}' = 2 r_{\pi_i}$$

1 mA/steg \Rightarrow 0,5 mA/transistor givet ett antiseriesteg.

$$I_C = I_S e^{\frac{V_{be}}{V_T}}$$

$$r_{\pi} = \left(\frac{\partial I_B}{\partial V_{be}} \right)^{-1} = \left(\frac{\partial I_C}{\partial V_{be}} \frac{1}{\beta} \right)^{-1} = \left(\frac{\partial I_C}{\partial V_{be}} \right)^{-1} \cdot \beta = \left(I_S e^{\frac{V_{be}}{V_T}} \frac{1}{V_T} \right)^{-1} \cdot \beta = \left(\frac{I_C}{V_T} \right)^{-1} \cdot \beta = \frac{V_T}{I_C} \cdot \beta$$

$$r_{\pi} = \frac{25 \text{ mV}}{0,5 \text{ mA}} \times 150 = 7500 \Omega$$

$$r_{\pi_i}' = 15 \text{ k}\Omega$$



RÄKNA: HITTA R1 & R2

$$Z_1 = R_3 // r_{\pi_1}' = \frac{R_3 \cdot r_{\pi_1}'}{R_3 + r_{\pi_1}'} = \frac{10k \cdot 15k}{10k + 15k} = 6k \Omega$$

$$A\beta_{spec} = -\beta_f^3 \frac{R_1}{10R_1 + Z}$$

$$R_1 = \frac{-Z_1 \cdot \frac{A\beta_{spec}}{-\beta_f^3}}{\frac{10 \cdot A\beta_{spec}}{-\beta_f^3} - 1} = \frac{-Z_1 \cdot \frac{-150^2}{-150^3}}{\frac{10 \cdot \frac{-150^2}{-150^3} - 1} = \frac{\frac{-Z_1}{150}}{\frac{10}{150} - 1} = \frac{\frac{-Z_1}{150}}{\frac{1}{15} - \frac{15}{15}} = \frac{\frac{-Z_1}{150}}{-\frac{14}{15}} =$$

$$\frac{15Z_1}{150 \cdot 14} = \frac{Z_1}{140} = 42.86 \Omega$$

$$R_2 = 9 \cdot R_1 = 385.71 \Omega$$

