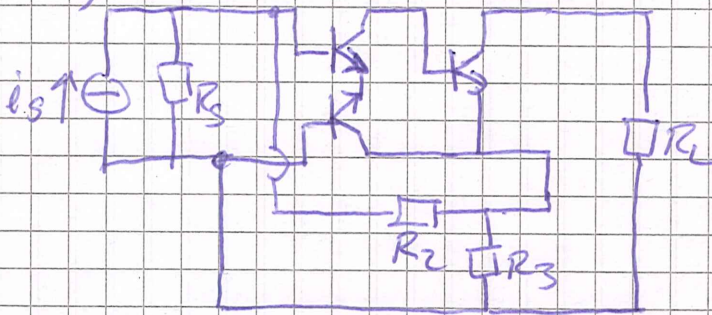


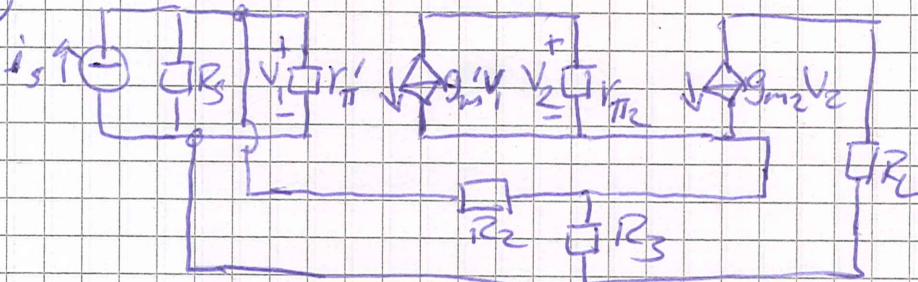
Del 1

1. a) I-I $|A_{\infty}| = 1 + \frac{R_2}{R_3}$

b)



c)



$$A = \frac{v_o}{v_i} = \frac{g_m v_2}{v_1} = \frac{g_m v_2 (-g_m v_1 r_{\pi 2})}{v_1} = -g_m^2 r_{\pi 2} R_L$$

$$\beta = \frac{v_o}{v_i} \Big|_{g_m=0} = \frac{v_1}{v_o}$$

A small-signal equivalent circuit for calculating β . It shows a voltage source v_1 in series with a resistor R_1 . This is connected to a resistor $r_{\pi 1}$. The node after $r_{\pi 1}$ is connected to a resistor R_2 in series with a resistor R_3 . The node after R_3 is labeled v_o . A load resistor R_L is connected between v_o and ground.

$$\beta = \frac{v_1}{v_o} = \frac{R_3}{R_3 + R_2 + r_{\pi 1} \parallel R_1} \cdot r_{\pi 1} \parallel R_1 = \frac{r_{\pi 1} R_1 R_3}{(R_2 + R_3)(r_{\pi 1} + R_1) + r_{\pi 1} R_1}$$

$$A_{\beta}(0) = - \frac{\beta^2 \cdot R_1 \cdot R_3}{(R_2 + R_3)(r_{\pi 1} + R_1) + r_{\pi 1} R_1}$$

$$2. a) A_E = A_{E\infty} \frac{-A\beta}{1-A\beta} \quad \begin{matrix} |A_{E\infty}| = 20 \\ A_E = 19 \end{matrix}$$

diskrepansfel

⇒ För låg slingförstärkning

b) öka $|A\beta|$ genom att lägga till ett steg.

$$3. r_{\pi} = \left(\frac{\partial i_B}{\partial V_{BE}} \right)^{-1} = \frac{I_S \beta V_T}{I_C}$$

$$g_m = \left(\frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} \right) = \frac{I_C}{V_T}$$

Alltså, r_{π} och g_m är tangenten i arbetspunkten för transistorerna; r_{π} tangent till ingångskaraktäristiken ($i_B - V_{BE}$) och g_m tangent till överföringskaraktäristiken ($I_C - V_{BE}$).

4. a) Det är systempolerna som bestämmer förstärkerens egenskaper. Genom att kompensera får man de egenskaper man vill ha, tex. maximalt flat TSW (MFM)

$$b) A_E = A_{E\infty} \frac{-A\beta}{1-A\beta} = A_{E\infty}(s) \cdot \frac{N_{E\infty}(s)}{P_{E\infty}(s)} \cdot \frac{-A\beta(s)}{1-A\beta(s)} \cdot \frac{N(s)}{P(s)}$$

$$A_E = A_{E\infty}(s) \frac{N_{E\infty}(s)}{P_{E\infty}(s)} \cdot \frac{-A\beta(s) \cdot N(s)}{P(s) - A\beta(s)N(s)} \quad \text{där } N(s) = P_{E\infty}(s)$$

Polen som bildas i $A_{E\infty}$ (med implementation av förtömmellan) elimineras av nollstället i β , dvs. $N(s) = P_{E\infty}(s)$

5. a) Antiseriesteget

b) Vilostörningen i ingångssteget bestäms av nödvändig noggrannhet i förstärkaren, dvs. av krav på slingförstärkningen.

c) switchmodellen, strömmen i utgångssteget bestämmer klippgränserna.

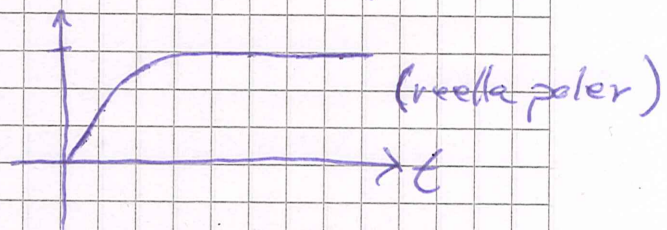
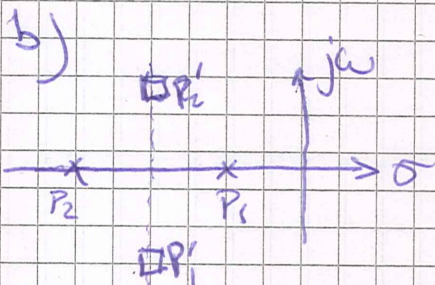
6. a) $\omega_0 = \sqrt{LP} = \sqrt{10 \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^6} = 6,3 \text{ Mrad/s}$

$$\Sigma P = -5 \text{ Mrad/s}$$

$$\Sigma P' = -\sqrt{2} \omega_0 = -8,94 \text{ Mrad/s}$$

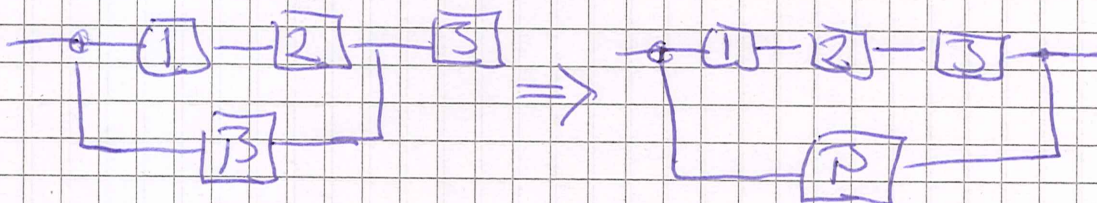
$$\Sigma P > \Sigma P'$$

OK, bara dominanta poler.



TBlecks modell

(jmf med lab.)

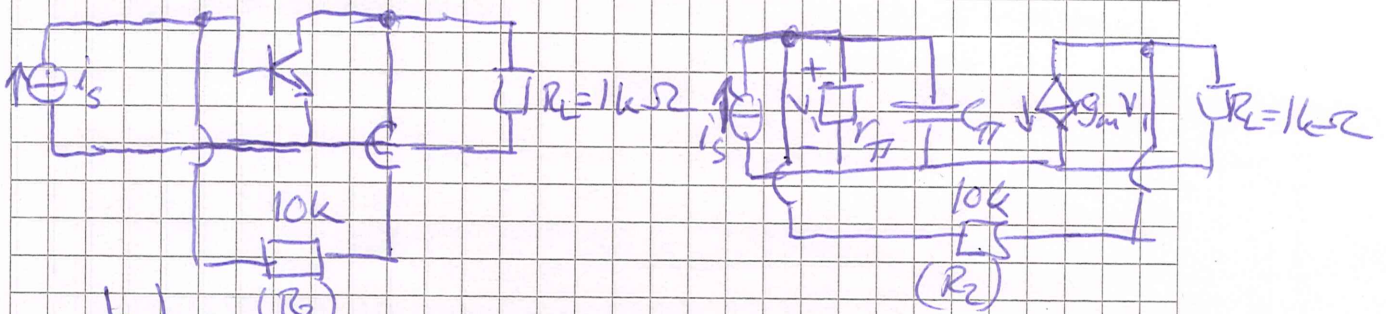


Linjäriteten förbättras då elinjäritet i utgångssteget trunkeras av återkopplingen.

Del 2

8. a) I-V (transimpedans)

Den övre transistoren utgör en strömkälla (jmf. lab)



b)

$$A = \frac{a_c}{a_i} = g_m \quad \beta = \frac{a_i}{a_c} \Big|_{a_g=0} = - \frac{R_L \cdot r_o}{R_L + R_2 + r_o}$$

$$A\beta(0) = -\beta g_m \frac{R_L}{R_L + R_2 + r_o} \quad r_o = \frac{\beta V_T}{I_c}$$

$$I_c = I_{c1} = I_{c2} = 2 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow r_o = \frac{200 \cdot 25 \text{ mV}}{2 \text{ mA}} = 2,5 \text{ k}\Omega$$

$$A\beta(0) = -200 \cdot \frac{1 \text{ k}}{1 \text{ k} + 10 \text{ k} + 2,5 \text{ k}} = -14,8$$

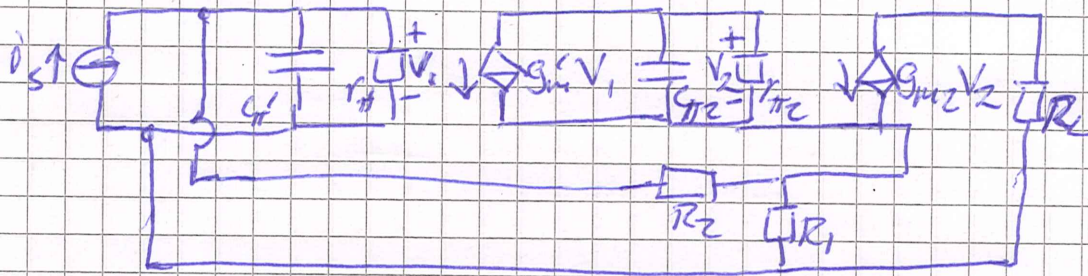
c) V_{CE} får från spänningsfallet över R_2 plus V_{BE} :

$$V_{CE, T2} = V_{BE} + V_{R2} = V_{BE} + I_{R2} \cdot R_2$$

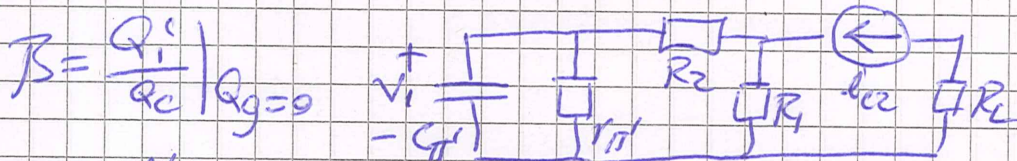
$$V_{CE, T2} = V_{BE} + \frac{I_c}{\beta_F} \cdot R_2 = 0,6 + \frac{2 \text{ mA}}{200} \cdot 10 \text{ k} = 0,7$$

$$V_{CE, T2} = 0,7 \text{ V}$$

9. a) I-I (AS-GE)



$$A = \frac{Q_c}{Q_i} = \frac{g_{m2} V_2}{V_1} = \frac{g_{m2}}{V_1} \left(-g_{m1} V_1 \frac{r_{\pi 2}}{1 + s r_{\pi 2} C_2} \right) = -\beta_F g_{m1} \frac{1}{1 + s r_{\pi 2} C_2}$$



$$\beta = \frac{V}{V_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + \frac{r_{\pi 1}}{1 + s r_{\pi 1} C_1}} \cdot \frac{r_{\pi 1}}{1 + s r_{\pi 1} C_1} = \frac{r_{\pi 1} R_1}{r_{\pi 1} + R_1 + R_2 + s r_{\pi 1} C_1 (R_1 + R_2)}$$

$$A\beta(s) = \underbrace{-\beta_F^2 R_1}_{A\beta(0)} \cdot \frac{1}{1 + s \frac{r_{\pi 1} C_1 (R_1 + R_2)}{r_{\pi 1} + R_1 + R_2}} \cdot \frac{1}{1 + s r_{\pi 2} C_2}$$

$$|A\beta(\infty)| = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 11 \Rightarrow \begin{cases} R_2 = 10 \text{ k}\Omega \text{ (given)} \\ R_1 = 1 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

$$|A\beta(0)| = 1000 = \frac{\beta_F^2 R_1}{r_{\pi 1} + R_1 + R_2} \Rightarrow r_{\pi 1}' = 29 \text{ k}\Omega$$

$$r_{\pi 1}' = 2 r_{\pi 1(a,b)} = 2 \cdot \frac{\beta_F V_T}{I_{C1(a,b)}}$$

$$I_{C1(a,b)} = \frac{2 \cdot \beta_F V_T}{r_{\pi 1}'} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 25 \text{ mV}}{29 \text{ k}} = 0,34 \text{ mA}$$

b) från a) $P_2 = -\frac{1}{r_{T2} C_{T2}} = -\frac{\omega_T}{\beta_f} = -\frac{8 \cdot 10^9}{200} = -40 \cdot 10^6$

$$P_1 = -\frac{1}{r_{T1} C_{T1} (R_1 + R_2)} = -\frac{\omega_T / \beta_f}{\frac{R_1 + R_2}{r_{T1} + R_1 + R_2}} = \frac{P_2}{0,275} = -145 \cdot 10^6$$

$$\omega_0 = \sqrt{LP} \approx \sqrt{|A_{\beta}(0) P_1 P_2|} = \sqrt{1000 \cdot 145 \cdot 10^6 \cdot 40 \cdot 10^6}$$

$$\omega_0 = 2,4 \text{ Grad/s}$$

$$\begin{cases} \Sigma P' = -\sqrt{2} \omega_0 = -3,4 \text{ Grad/s} \\ \Sigma P = -185 \text{ Mrad/s} \end{cases} \Rightarrow \Sigma P > \Sigma P' \Rightarrow \text{Isare dominerande poler.}$$

c) $n_{ph} = -\frac{\omega_0^2}{\sqrt{2} \omega_0 + P_1 + P_2} = -1,8 \cdot 10^9$

Alt. 1 $C_{ph} \parallel R_2$: $T_{s_{ph}} = \frac{e_i}{s_0} \Big|_{\omega_0=0} = \frac{e_i}{s_0}$

$$B_{ph} = \frac{R_1}{R_1 + \frac{R_2}{1+sR_2C_{ph}}} = \frac{R_1(1+sR_2C_{ph})}{R_1+R_2+sR_1R_2C_{ph}} = \frac{R_1}{R_1+R_2} \cdot \frac{1+sR_2C_{ph}}{1+s\frac{R_1R_2C_{ph}}{R_1+R_2}}$$

$$n_{ph} = -\frac{1}{R_2 C_{ph}} \quad P_{ph} = -\frac{R_1+R_2}{R_1 R_2 C_{ph}} \quad \delta = \frac{R_1+R_2}{R_1} = 11 (\approx 7)$$

$$\Rightarrow C_{ph} = -\frac{1}{R_2 n_{ph}} = -\frac{1}{10k \cdot (-1,8 \cdot 10^9)} = 0,055 \text{ pF}$$

Alt. 2 L_{ph} i serie med R_1

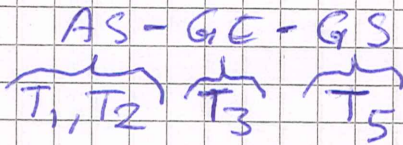
$$B_{ph} = \frac{R_1 + sL_{ph}}{R_1 + R_2 + sL_{ph}} = \frac{R_1}{R_1+R_2} \cdot \frac{1+sL_{ph}/R_1}{1+s\frac{L_{ph}}{R_1+R_2}}$$

$$n_{ph} = -\frac{R_1}{L_{ph}} \quad P_{ph} = -\frac{R_1+R_2}{L_{ph}} \quad \delta = \frac{R_1+R_2}{R_1} = 11$$

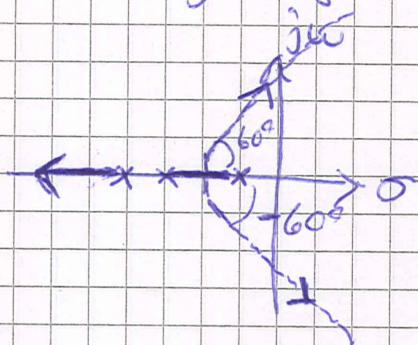
$$\Rightarrow L_{ph} = -\frac{R_1}{n_{ph}} = -\frac{1k}{(-1,8 \cdot 10^9)} = 0,55 \mu\text{H}$$

$$10. a) |A_{td}| = 1 + \frac{22k}{7k} = 23$$

Detta är en trestegsförstärkare (T₄ kopplingen är en strömkälla)



Kopplingen ger tre reella poler



Asymptoter: $\frac{\pi}{3} + 2k \cdot \frac{\pi}{3}$ $k=0,1,2$

$\frac{\pi}{3}, \pi, \frac{5\pi}{3} = -\frac{\pi}{3}$
 $60^\circ, 180^\circ, -60^\circ$

b)

$$I_{C, T_1} = I_{C, T_2} = \frac{0,6V}{105k} = 5,7 \mu A$$

$$I_{D, T_5} = I_{C, T_4} = \frac{2 \cdot V_{diad} - |V_{BE,4}|}{60} = \frac{2 \cdot 0,6 - 0,6}{60} = 10 \mu A$$

c) GS steg klipper i både ström och spänning.
 switchmodellen ger:

$-10V < v_L < I_{C, T_4} \cdot R_L$	$-10V/R_L < i_L < I_{C, T_4}$
$-10V < v_L < 0,5V$	$-0,2 < i_L < 10 \mu A$