

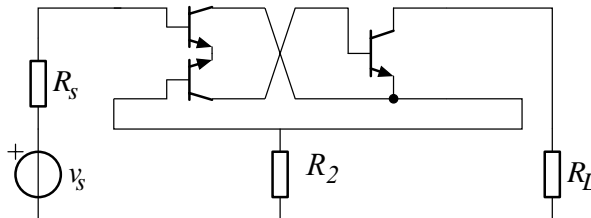
Tekniska Högskolan i Lund
Institutionen för Elektrovvetenskap

Tentamen i Analog elektronik den 1 juni 2009 Svar

1

a) $i_L/v_s = -1/R_2.$

b)



2

a)

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{5\text{mA}}{V_T} = 0,2\text{A/V} \quad r_{\pi 2} = \frac{\beta_f \cdot V_T}{I_C} = 1\text{k}\Omega$$

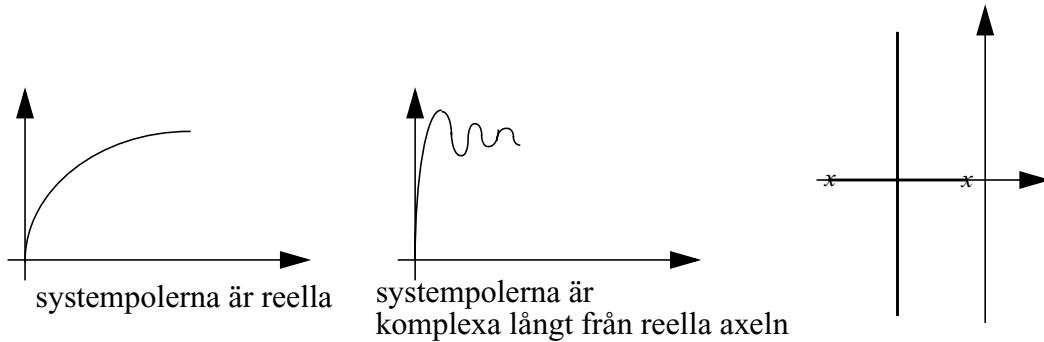
b) +/- 1mA utsignal delas med g_m och man får $v_{be} = +/-5\text{mV}$

3

$$\text{a) } A_t(0) = 10 \cdot \frac{-9}{(1 - (-9))} = 9$$

b) Inga nollställen; $p_1 = -10^6$; $p_2 = -10^7$

c)



4

$$\text{a) } p_{1a} = -\frac{1}{r_\pi \cdot C_\pi}; \text{ b) } p_{1b} = -\frac{1}{r_\pi \parallel R_s \cdot C_\pi}$$

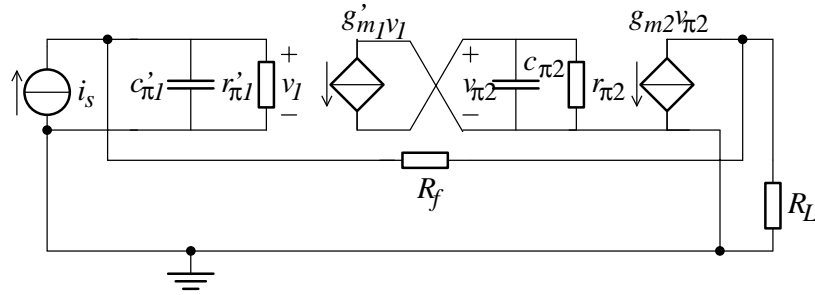
p_{1b} har en högre frekvens, är mer negativ, än p_{1a}

5 Phantom-Zero, ringa inverkan på bandbredd och slingförstärkning, se föreläsninganteckningarna om frekvenskompensering.

6

- a) Förstärkarens slingförstärkning: Lägg till ett steg, mer ström i ingångssteget.
- b) Förstärkarens utsignalsving, i_L : Öka viloströmmen i utgångssteget
- c) Bandbredden: Lägg till ett steg med större ω_T än de övriga

7 Testa med två steg eftersom slingförstärkningen är större än β_f :



a) Förstärkningen 10000 ger $R_f = 10k$.

$$A\beta(0) = -\beta_f^2 \frac{R_L}{R_L + R_f + r'_\pi} = -1000 \quad r'_\pi = 29k\Omega = 2 \cdot r_{\pi 1(a,b)}$$

$$r_{\pi 1(a,b)} = \frac{\beta_f \cdot V_T}{I_{C1(a,b)}} \quad I_{C1(a,b)} = \frac{\beta_f \cdot V_T}{r_{\pi 1(a,b)}} = \frac{\beta_f \cdot V_T}{\left(\frac{29k\Omega}{2}\right)} = 0,345mA$$

I_{C2} måste vara minst $(\max v_L)/R_L = 10000 \cdot i_{in}/R_L = 1mA$.

$$r_{\pi 2} = \frac{\beta_f \cdot V_T}{I_{C2}} = 5k\Omega$$

b) Schema se ovan.

$$p_1 = -\frac{1}{\frac{r'_{\pi 1}(R_f + R_L)}{(R_f + R_L + r'_{\pi 1})} C_{\pi 1}} = -\frac{\left(\frac{\omega_T}{\beta_f}\right)}{(R_f + R_L + r'_{\pi 1})} = -1,64 \times 10^8$$

$$p_2 = -\frac{1}{r_{\pi 2} C_{\pi 2}} = -\frac{\omega_T}{\beta_f} = -4,5 \times 10^7$$

$$LP \approx |A\beta(0)p_1 p_2| = \beta_f^2 \frac{R_L}{R_L + R_f + r'_\pi} \cdot \frac{1}{\frac{r'_{\pi 1}(R_f + R_L)}{(R_f + R_L + r'_{\pi 1})} C_{\pi 1}} \cdot \frac{1}{r_{\pi 2} C_{\pi 2}} =$$

$$= \beta_f^2 \frac{R_L}{(R_f + R_L)} \cdot \frac{1}{r'_{\pi 1} C_{\pi 1}} \cdot \frac{1}{r_{\pi 2} C_{\pi 2}} = \omega_T^2 \frac{R_L}{(R_f + R_L)}$$

$$\omega_0 = \sqrt{LP} = \omega_T \sqrt{\frac{R_L}{(R_f + R_L)}} = 2,7 \text{ Grad/s}$$

c) Kompensera med kondensator parallellt med R_f .

$$p'_{1,2} = -\frac{\omega_0}{\sqrt{2}}(1 \pm j) \quad \sum p' = -3,8 \times 10^9 \quad \sum p = -2,09 \times 10^8$$

$$n_{ph} = \frac{-\omega_0^2}{\sqrt{2}\omega_0 + p_1 + p_2} = -2 \times 10^9$$

$$\begin{aligned} \beta_{ph} &= \frac{R_L}{R_L + \frac{R_f}{1 + sR_f C_{ph}}} = \frac{R_L(1 + sR_f C_{ph})}{R_L(1 + sR_f C_{ph}) + R_f} = \\ &= \frac{R_L(1 + sR_f C_{ph})}{(R_L + R_f)\left(1 + s\frac{R_f R_L}{R_L + R_f} C_{ph}\right)} \end{aligned}$$

$$n_{ph} = -\frac{1}{R_f C_{ph}} \quad p_{ph} = -\frac{1}{\left(\frac{R_f R_L}{R_L + R_f}\right) C_{ph}} \quad \delta = \frac{R_L + R_f}{R_L} = 11$$

$$C_{ph} = -\frac{1}{R_f n_{ph}} = \frac{1}{10k \cdot 2 \times 10^9} = 0,045 \text{pF}$$

Alternativt kompensera med spole i serie med R_L .

$$\beta_{ph} = \frac{R_L + sL}{R_L + R_f + sL} = \frac{R_L\left(1 + s\frac{L}{R_L}\right)}{(R_L + R_f)\left(1 + s\frac{L}{R_L + R_f}\right)} =$$

$$n_{ph} = -\frac{R_L}{L} \quad p_{ph} = -\frac{R_L + R_f}{L} \quad \delta = \frac{R_L + R_f}{R_L} = 11$$

$$L_{ph} = -\frac{R_L}{n_{ph}} = \frac{1k}{2 \times 10^9} = 0,5 \mu\text{H}$$

Kompensering på ingången inte möjlig eftersom källan är ideal och det är strömingång.

8

a)

$$p_1 = -1 \times 10^6 \quad p_2 = -10 \times 10^6 \quad A\beta(0) = -50$$

$$p_3 = -\frac{\omega_T}{\beta_f} = -1 \times 10^9$$

$$LP \approx |A\beta_3(0)p_1p_2p_3| = 50 \cdot \beta_f \cdot 1 \times 10^6 \cdot 10 \times 10^6 \cdot \frac{\omega_T}{\beta_f}$$

$$\omega_0 = \sqrt[3]{LP} = 464 \text{ Mrad/s} \quad p'_{1,2} = -\frac{\omega_0}{2}(1 \pm j\sqrt{3}) \quad p'_3 = -\omega_0$$

$$\sum p' = -2\omega_0 = -928 \text{ Mrad/s} \quad \sum p = -1,011 \times 10^9$$

Icke dominanta poler finns, ta bort p_3 och räkna om:

$$LP \approx |A\beta_3(0)p_1p_2| = 50 \cdot \beta_f \cdot 1 \times 10^6 \cdot 10 \times 10^6$$

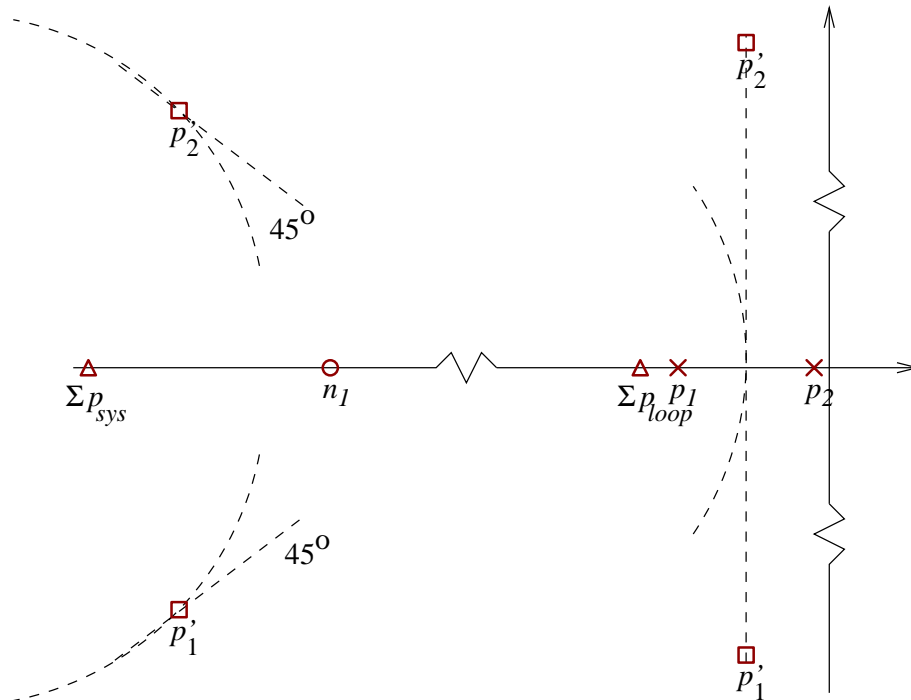
$$\omega_0 = \sqrt[2]{LP} = 316 \text{ Mrad/s}$$

$$p'_{1,2} = -\frac{\omega_0}{\sqrt{2}}(1 \pm j)$$

$$\sum p' = -\sqrt{2}\omega_0 = -446 \text{ Mrad/s} \quad \sum p = -11 \times 10^6$$

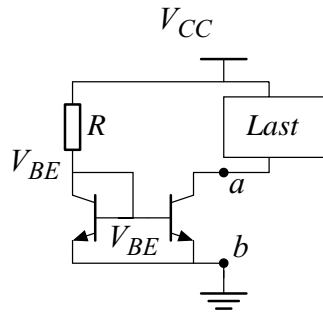
Nu är det endast dominanta poler och bandbredden blir 316 Mrad/s

b)



9

- a) Båda transistorerna har samma V_{BE} och därmed ungefär samma kollektorström. Detta är själva idén med kopplingen. Den vänstra transistoren har alltså kollektorströmmen $I_C = (V_{CC} - V_{BE})/R$, den högra samma ström. Spänningen a-b blir då $V_{CC} - I_C R_L$.



- b) Transistorn är inte återkopplad så det blir r_o endast.
- c) Genom återkoppling. Ström utgång medför att man måste mäta strömmen i utgången. Detta kan tex göras med en resistor i emittern, transadmittansförstärkare. Man får då sätta samma resistor i vänstra transistorens emitter för att erhålla samma basspanning efter modifikationen. (Utresistansen, r_o , kommer att öka med ung. slingförstärkningen)