

Tekniska Högskolan i Lund  
Institutionen för Elektrovvetenskap

## Tentamen i Analog elektronik den 27 maj 2010 Svar

1

- a)  $i_L/i_g = 1 + R_1/R_3$ .
- b) R2 inverkar ej och kan ersättas med kortslutning. AS-GE med korsad kollektorer på AS.
- c)

$$A(0) = g_m' r_\pi g_m \quad \beta(0) = -\frac{R_3 (R_g \parallel r_\pi')}{(R_g \parallel r_\pi' + R_1 + R_3)}$$

$$A\beta(0) = -\beta_f^2 \cdot \frac{R_3}{(R_g \parallel r_\pi' + R_1 + R_3)} \cdot \frac{R_g}{R_g + r_\pi'}$$

$$= -\beta_f^2 \cdot \frac{R_3 R_g}{R_g r_\pi' + (R_1 + R_3)(R_g + r_\pi')}$$

2

- a)  $g_m = (2\text{mA} - 0)/(0,55\text{V} - 0,45\text{V}) = 20\text{mA/V}$ .  $r_\pi = \beta/g_m = 10\text{k}\Omega$ . Ur formler som vi använder fås:

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1\text{mA}}{V_T} = 40\text{mA/V} \quad r_\pi = \frac{\beta_f \cdot V_T}{I_C} = 5\text{k}\Omega$$

3

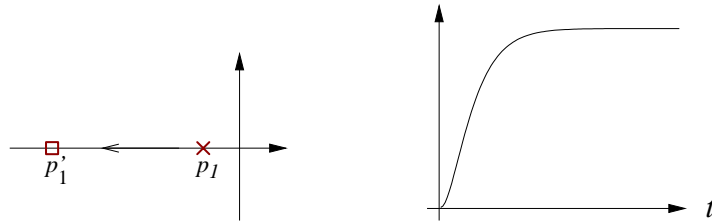
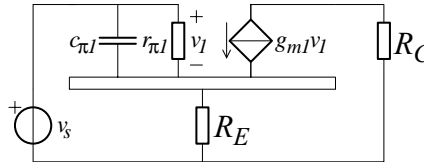
a)  $A_{t\infty} = 100$ ,  $A_t = 98$  och  $A\beta(0) = -49$ .

b) ,c) Första ordningen system, en pol.

(2p)

$$LP \approx |(1 - A\beta(0))p_1| = \omega_0$$

$$p_1 = \frac{\omega_0}{50} = 1 \text{ Mrad/s}$$

4  $c_{\pi 1} = 2C_{\pi}$ ;  $r_{\pi 1} = r_{\pi}/2$ ;  $g_{m1} = 2g_m$ 

$$p_1 = -\frac{1}{r_{\pi 1} \parallel R_E \cdot C_{\pi 1}}$$

5

a) Frekvenskompensering görs på förstärkare med mer än ett steg. Det är sällan förstärkarens egenskaper, som stegsvar och frekvensgång, överensstämmer med det önskade. Genom frekvenskompensering kan detta uppnås.

b) Kompensering med fantomnollställe: Bestäm möjlig bandbredd med LP-produkten. Beräkna systempolernas lägen med ett givet system (tex MFM) som förutsättning. Använd formeln för nollans placering. Välj var komponenten som ska åstadkomma fantomnollstället ska anslutas i kopplingen och beräkna sedan  $\beta_{ph} = i_{in}/i_c$  med kortsluten ingång. Identifiering ger komponentvärdet.

6

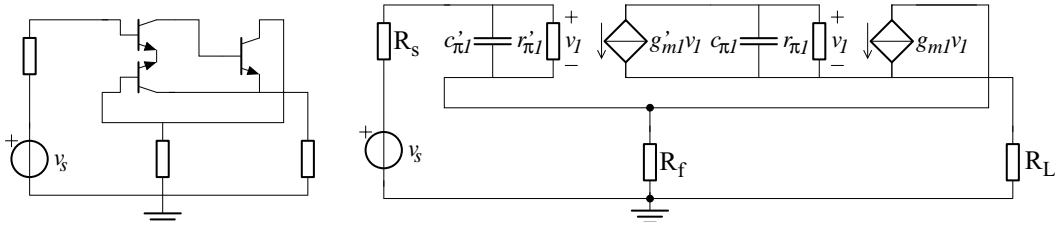
a) Slingförstärkningen.

b) Förstärkarens utsignalsving,  $i_{Lmax}$ 

7

a) Antiseriesteg

8



$$A_{t\infty} = -20 \text{ mA/V} \quad R_f = 50 \Omega \quad A(0) = -g'_{m1} r_{\pi1} g_{m1}$$

$$\beta(0) = \frac{R_f}{R_s + R_f + r_{\pi}'} \cdot r_{\pi}'$$

$$A\beta(0) = -\beta_f^2 \cdot \frac{50}{500 + 50 + r_{\pi}'} = -1000$$

$$r_{\pi}' = -\beta_f^2 \cdot \frac{50}{-1000} - 550 = 1450 \Omega$$

$$r_{\pi}' = 2r_{\pi} = 2 \frac{\beta_f V_T}{I_{C1(a,b)}} \quad I_{C1(a,b)} = 6,9 \text{ mA}$$

$$I_{C0} \geq 20 \text{ mA}$$

$$p_1 = -\frac{1}{\frac{r_{\pi}'(R_f + R_s)}{(R_f + R_s + r_{\pi}') C_{\pi1}} \left( \frac{\omega_T}{\beta_f} \right)} = -\frac{\left( \frac{\omega_T}{\beta_f} \right)}{(R_f + R_s + r_{\pi}')} = -1,8 \times 10^7$$

$$p_2 = -\frac{1}{r_{\pi1} C_{\pi1}} = -\frac{\omega_T}{\beta_f} = -5 \times 10^6$$

$$LP \approx |1000(-1,8 \times 10^7)(-5 \times 10^6)| = 9 \times 10^{16}$$

$$\omega_0 = \sqrt{LP} = 3 \times 10^8 \text{ rad/s}$$

$$p'_{1,2} = -\frac{\omega_0}{\sqrt{2}}(1 \pm j) \quad \sum p' = -4,2 \times 10^8 \quad \sum p \approx -2,3 \times 10^7$$

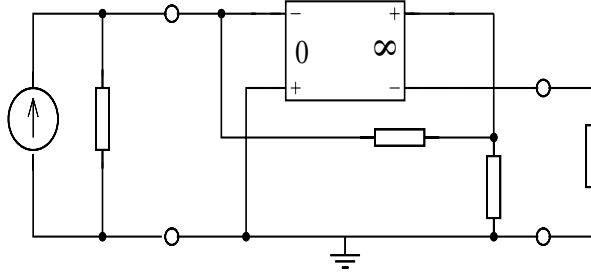
$$n_{ph} = \frac{-\omega_0^2}{\sqrt{2}\omega_0 + p_1 + p_2} = \frac{-9 \times 10^{16}}{4,2 \times 10^8 - 2,3 \times 10^7} = -2,27 \times 10^8$$

Kompensering kan göras i återkopplingen eller på ingången. Spole i serie med  $R_f$  ger:

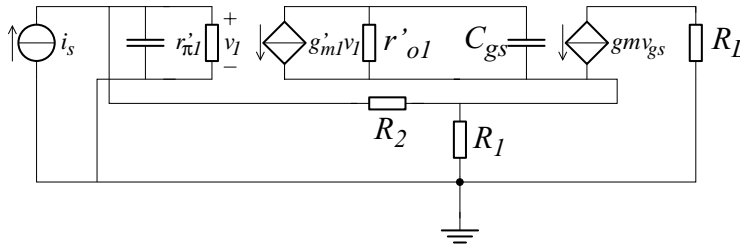
$$\beta_{ph} = \frac{R_f + sL}{R_s + R_f + sL} = \frac{R_f \left(1 + s \frac{L}{R_f}\right)}{(R_s + R_f) \left(1 + s \frac{L}{R_s + R_f}\right)} =$$
$$n_{ph} = -\frac{R_f}{L} \quad p_{ph} = -\frac{R_s + R_f}{L} \quad \delta = \frac{R_s + R_f}{R_f} = 11$$
$$L_{ph} = -\frac{R_f}{n_{ph}} = \frac{50}{-2,27 \times 10^8} = 220 \text{ nH}$$

9

a) Förstärkningen  $2A/0,1mA$  ger  $R_1 = 1\Omega$  och  $R_2 = 19\Omega$ .



b)



$$A\beta(0) = -\beta_f \frac{g_m R_1 r'_{o1}}{R_1 + R_2 + r'_{\pi 1}} = -1000 \quad r'_{\pi} = 380\Omega = 2 \cdot r_{\pi 1(a,b)}$$

$$r_{\pi 1(a,b)} = \frac{\beta_f \cdot V_T}{I_{C1(a,b)}} \quad I_{C1(a,b)} = \frac{\beta_f \cdot V_T}{r_{\pi 1(a,b)}} = \frac{\beta_f \cdot V_T}{\left(\frac{380\Omega}{2}\right)} = 26\text{mA}$$

$$p_1 = -\frac{1}{\frac{r'_{\pi 1}(R_1 + R_2)}{(R_1 + R_2 + r'_{\pi 1}) C_{\pi 1}}} = -\frac{\left(\frac{\omega_T}{\beta_f}\right)}{(R_1 + R_2)} = -1 \times 10^8$$

$$p_2 = -\frac{1}{r'_{o1} C_{gs2}} = -\frac{1}{2 \cdot 10k \cdot 10^{-9}} = -5 \times 10^4$$

$I_{D2}$  måste vara minst 2A.

c)

$$LP \approx |A\beta(0)p_1 p_2| = 1000 \cdot 1 \times 10^8 \cdot 5 \times 10^4 = 5 \times 10^{15}$$

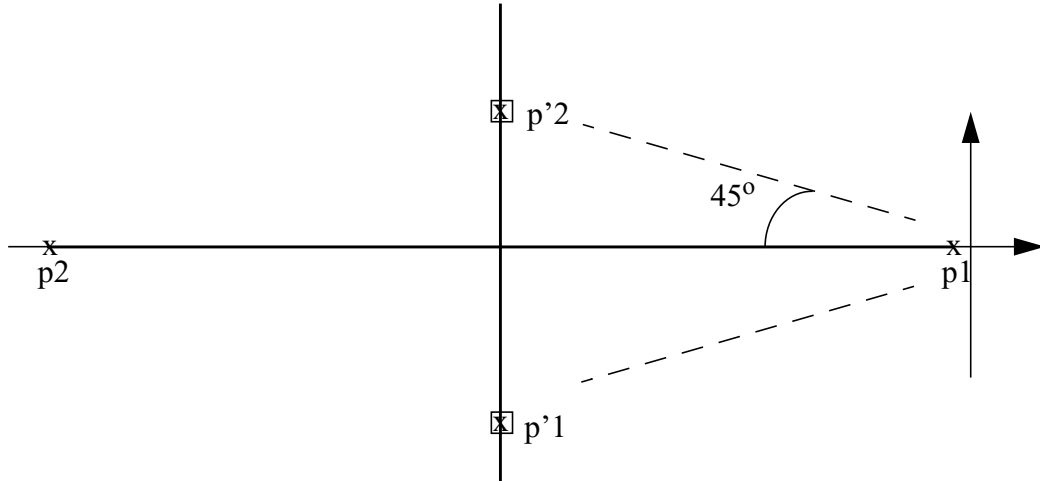
$$\omega_0 = \sqrt{LP} = 7 \times 10^7 \text{ rad/s}$$

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

Endast dominanta poler finns, polsummorna är lika, dvs ingen kompensering behövs.

Det ingår inte i kursen, men den stora kapacitansen på andra stegets ingång kommer att kräva mycket större viloström i ingångssteget om man ska kunna hålla denna bandbredd. Ungefär  $I_C = \omega_0 C_{gs}(2A/gm_2) = 1A$ . Man bör alltså använda ett mellansteg som tar hand om detta. Beräkningar av detta slag kommer i kursen *Avancerad analog design*

d)



10

a)

$$v \in \{-V_{CC} + 0,6; I_C R_L\} \quad i \in \left\{ \frac{-V_{CC} + 0,6}{R_L}; I_C \right\}$$

b)

$$I_{CT1} \geq \frac{1}{\beta_F} \cdot \left( \frac{V_{CC} - 0,6}{R_L} + I_C \right) + \frac{0,6 + 0,6}{R_C}$$

c) Lägg till ett komplementärt parallellt gemensamkolektor-steg

d)

