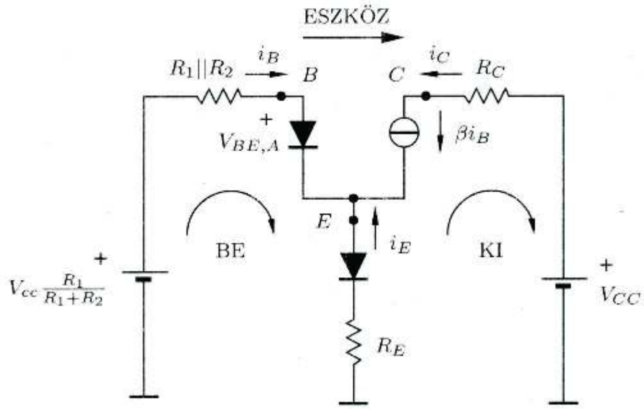
A 2011. december 20-i vizsga ZH 4. feladatának megoldása

4.1: A munkapont meghatározása



A NAGYJELŰ MODELLBEN HASZNÁLT JELÖLÉSMÓD: $i_E = I_E + i_e$

MUNKAPONT PERTURBÁCIÓ

(BE) $-V_{cc}\frac{R_1}{R_1+R_2} + I_B(R_1||R_2) + V_{BE,A} + V_F - I_E R_E = 0$

(ESZKÖZ) $I_E = -(\beta+1) I_B$

$$I_E = -\frac{V_{cc}\frac{R_1}{R_1+R_2} - V_{BE,A} - V_F}{R_E + \frac{R_1||R_2}{\beta+1}} = -0{,}92\,mA,$$

AZAZ A FIZIKAI ÁRAMIRÁNY ELLENTÉTES A BEJELÖLTTEL

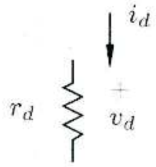
$$I_E + I_B + I_C = 0 \Rightarrow \underline{\underline{I_C}} = -\frac{\beta}{\beta+1} I_E = \underline{\underline{0{,}91\,mA}}$$

(KI) $I_E R_E - V_F - V_{CE} - I_C R_C + V_{CC} = 0$

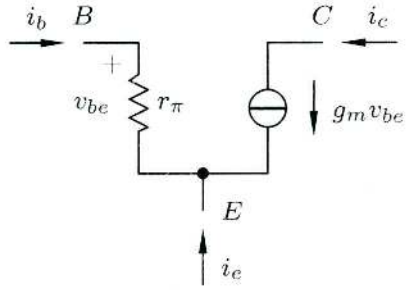
$$\underline{\underline{V_{CE}}} = V_{CC} - V_F + I_E R_E - I_C R_C = \underline{\underline{6{,}55\,V}}$$

4.2: Nemlineáris eszközök kisjelű modelljei

DIÓDA



BJT



$$r_d = \frac{V_T}{I_Q} = -\frac{V_T}{I_E} = 27\,\Omega$$

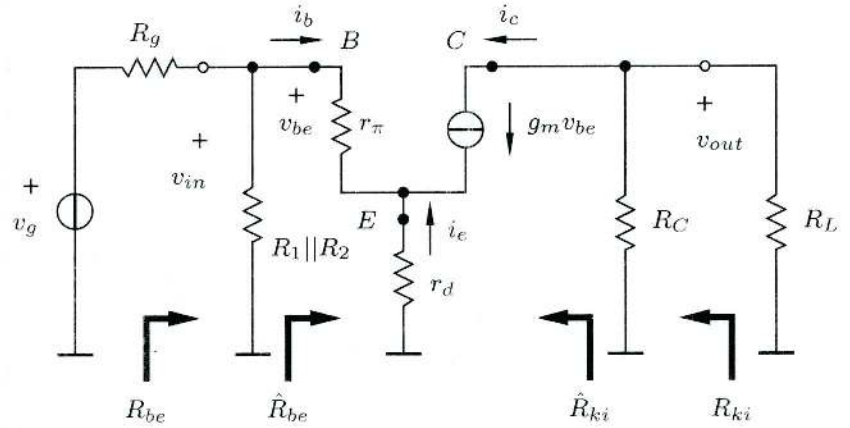
$$r_\pi = (\beta+1)\frac{V_T}{|I_E|} = 2{,}7\,\mathrm{k}\Omega$$

$$g_m = \alpha\frac{|I_E|}{V_T} \approx \frac{|I_E|}{V_T} = 36{,}8\,\frac{\mathrm{mA}}{\mathrm{V}}$$

ELLENŐRZÉS:

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1} = 0{,}99 \approx 1$$

4.3: Erősítő kisjelű helyettesítő képe



4.4: Az erősítő erősítése, valamint be- és kimenő ellenállása

ERŐSÍTÉS:

(BE) $-v_{in} + v_{be} - i_e r_d = 0$

(ESZKÖZ)
$$\left.\begin{array}{l} i_b + i_e + i_c = i_b + i_e + g_m v_{be} = 0 \\ i_e = -(\beta+1) i_b \end{array}\right\} i_e = -\frac{g_m v_{be}}{1-\frac{1}{\beta+1}} \approx -g_m v_{be}$$

$$v_{be} = \frac{v_{in}}{1+g_m r_d} \Rightarrow v_{in} = (1+g_m r_d)\, v_{be}$$

(FI) $v_{out} = -g_m v_{be} (R_C \| R_L)$

$$A_u = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{g_m \cancel{v_{be}} (R_C\|R_L)}{(1+g_m r_d)\cancel{v_{be}}} = -\frac{g_m (R_C\|R_L)}{1+\underbrace{\frac{\cancel{|I_E|}}{\cancel{V_T}}\,\frac{\cancel{V_T}}{\cancel{|I_E|}}}_{1}} = -\frac{g_m}{2}(R_C\|R_L)$$

$$A_u = -27{,}6 \Rightarrow \underset{=}{\overset{[dB]}{A_u}} = 20 \lg |A_u| = \underline{\underline{28{,}8\ dB}}$$

BEMENŐ ELLENÁLLÁS: A BEMENETI KAPOCSPÁRRA v_{in} FESZÜLTSÉGŰ FESZ. FORRÁST KÖTÜNK ÉS MEGHATÁROZZUK A BEFOLYÓ ÁRAMOT

$$\hat{R}_{be} = \frac{v_{in}}{i_b} = \frac{v_{be} - i_e r_d}{i_b} = r_\pi - \frac{i_e}{i_b} r_d$$

$i_e = -(\beta+1)\, i_b$

$$\hat{R}_{be} = r_\pi + (\beta+1) r_d = 2 r_\pi = 5{,}4\,k\Omega$$

$$\underline{\underline{R_{be}}} = \hat{R}_{be} \,\|\, R_1 \,\|\, R_2 = \underline{\underline{4{,}44\,k\Omega}}$$

KIMENŐ ELLENÁLLÁS: A KIMENETI KAPOCSPÁRRA v_{out} FESZÜLTSÉGŰ FESZ. FORRÁST KAPCSOLUNK ÉS MEGHATÁROZZUK A BEFOLYÓ ÁRAMOT

KÉRDÉS: MEKKORA v_{be} ÉRTÉKE?

IRJUK FEL AZ EGYENLETET A BEMENŐ KÖRRE:

$$-i_b (R_g \| R_1 \| R_2) + v_{be} - i_e r_d = -\frac{v_{be}}{r_\pi}(R_g \| R_1 \| R_2) + v_{be} + (\beta+1)\frac{v_{be}}{r_\pi} r_d = 0$$

$$\underbrace{\left(\frac{R_g \| R_1 \| R_2}{r_\pi} + 1 + \underbrace{\frac{(\beta+1) r_d}{r_\pi}}_{=1} \right)}_{>0} v_{be} = 0 \quad \Rightarrow \quad v_{be} = 0$$

MIVEL $v_{be} = 0 \Rightarrow i_c = 0$ ÉS $\hat{R}_{ki} = \dfrac{v_{out}}{i_c} \to \infty$

$$\underline{\underline{R_{ki}}} = \hat{R}_{ki} \,\|\, R_C = R_C = \underline{\underline{3\,k\Omega}}$$