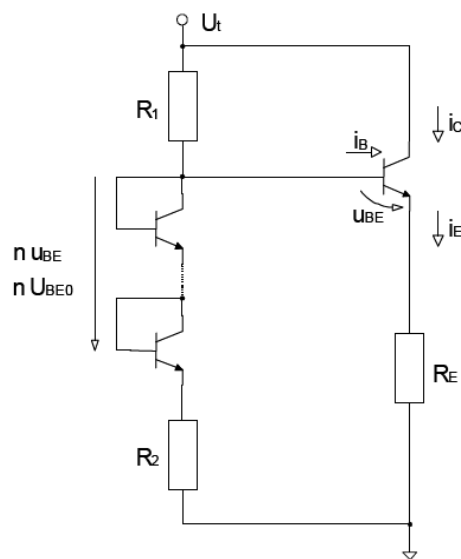


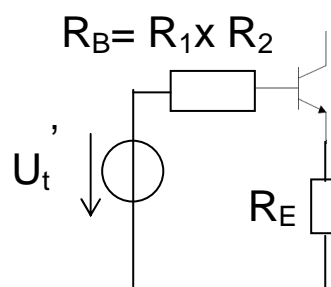
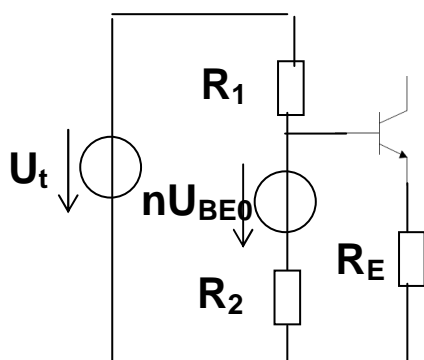
Elektronika 1. ZH	2014. 10. 28.	1.	2.	3.	Σ
Név:	Neptun:	20	20	70	110

1. Diódás munkapont stabilizálás:

1.1. Rajzolja le az egy telepes, bázis osztót és emitter ellenállást tartalmazó munkapont beállításnak diódákkal stabilizált változatát! (5pont)



1.2. Határozza meg a tranzisztort a bázison lezáró áramkör Thevenin helyettesítő képét és annak paramétereit! A diódákat egyparaméteres modellel (U_{BE0}) vegye figyelembe! (5pont)



$$U_t' = U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} + nU_{BE0} \frac{R_1}{R_1 + R_2},$$

1.3. Írja fel a nyitó irányban előfeszített dióda átmeneteket tartalmazó hurok egyenletet! (5pont)

$$U_t' = U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} + nU_{BE0} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = R_1 \times R_2 (1 - A) I_{E0} + U_{BE0} + R_E I_{E0}$$

$$I_{E0} = \frac{U_t' - U_{BE0}}{R_1 \times R_2 (1 - A) + R_E} = \frac{U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} + nU_{BE0} \frac{R_1}{R_1 + R_2} - U_{BE0}}{R_1 \times R_2 (1 - A) + R_E}$$

1.4. Határozza meg a kompenzálás feltételét: mi az összefüggés a kompenzálásban részvevő diódák száma és a bázis osztó ellenállásainak aránya közt? (5pont)

$$nU_{BE0} \frac{R_1}{R_1 + R_2} - U_{BE0} = 0 \qquad n = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

2. Az alábbi áramkörben a műveleti erősítők ideálisak

2.1 $u_{ki} / u_1 = ?$ (5pont)

$$\frac{u_{ki}}{u_1} = -\frac{R_4}{R_3} = -1$$

2.2 $u_1 / u_{be} = ?$ ha $u_{ki} = 0$ (5pont)

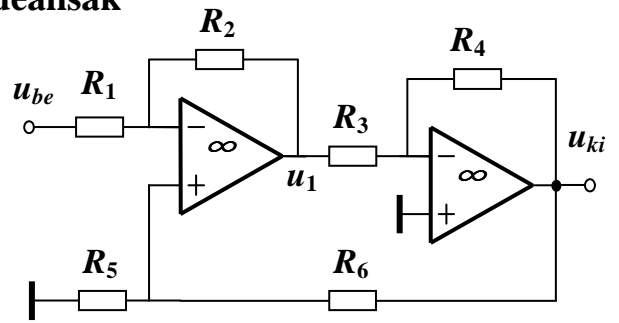
$$\frac{u_1}{u_{be}} \Big|_{u_{ki} = 0} = -\frac{R_2}{R_1} = -1$$

2.3 $u_1 / u_{ki} = ?$ ha $u_{be} = 0$ (5pont)

$$\frac{u_1}{u_{ki}} \Big|_{u_{be} = 0} = \frac{R_5}{R_5 + R_6} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) = 1$$

2.4 $u_{ki} / u_{be} = ?$ ha $R_i = R$, $i=1, \dots, 6$ (5pont)

$$u_{ki} = \frac{u_{ki}}{u_1} \left(\frac{u_1}{u_{ki}} \Big|_{u_{be} = 0} u_{ki} + \frac{u_1}{u_{be}} \Big|_{u_{ki} = 0} u_{be} \right) = -(u_{ki} - u_{be}) \rightarrow u_{ki} / u_{be} = 1/2$$



3. Az áramkör paramétereit:

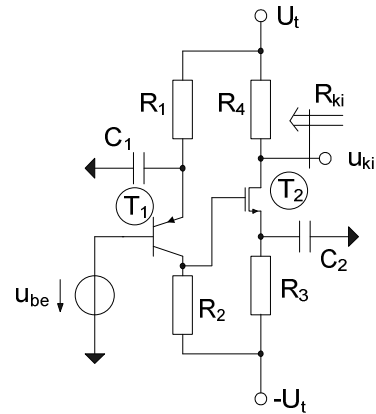
T₁: p-n-p tranzisztor,

$$U_{EB0} = 0,6 \text{ V}, \quad B = \beta \rightarrow \infty, \quad U_m = 0,5 \text{ V}$$

T₂: n-csatornás kiürítéses MOS FET,

$$i_D = I_{D00} \left(\frac{u_{GS} - U_p}{U_p} \right)^2 \quad U_p = -4 \text{ V}; \quad I_{D00} = 4 \text{ mA};$$

C₁, C₂ → ∞ U_t = 15 V; U_{be}: váltóáramú gerjesztés



Megoldások:

3.1. Milyen a T1 és T2 tranzisztor alkapcsolásának típusa? (5pont)

T1: FE, T2: FS

3.2. Mely ellenállásoktól függ, mely ellenállásoktól nem függ a T1 pnp tranzisztor munkaponti emitter árama és mely ellenállásoktól függ, mely ellenállásoktól nem függ a T2 tranzisztor munkaponti drain árama? (5pont)

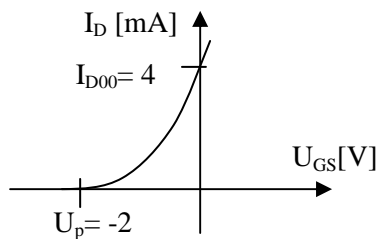
I_{E0} függ R1-től, nem függ: R2, R3, R4-től
I_{D0} függ R1, R2, R3-től, nem függ: R4-től

3.3. R₁ = ? ha I_{E0} = 1 mA, R₂ = 6 kΩ, R₃ = 14 kΩ, R₄ = 10 kΩ (5pont)

$$U_{be} = 0, \Rightarrow U_t - U_{EB0} = R_1 I_{E0} \Rightarrow R_1 = \frac{(15 - 0,6) \text{ V}}{1 \text{ mA}} = \underline{\underline{14,4 \text{ k}\Omega}}$$

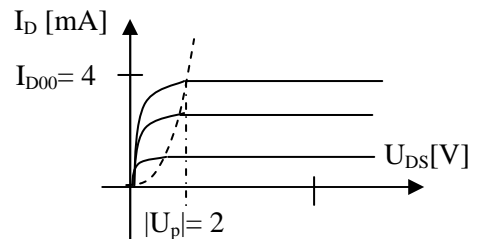
3.4. Rajzolja fel a T2 kiürítéses tranzisztor tanszfer karakterisztikáját és kimeneti karakterisztikáit, feltüntetve az elzáródásos tartomány határát és annak egyenletét (5pont)!

transzfer karakterisztika:



kimeneti karakterisztika:

$$\text{határa: } I_D = I_{D00} \left(\frac{U_{GS}}{U_p} \right)^2$$

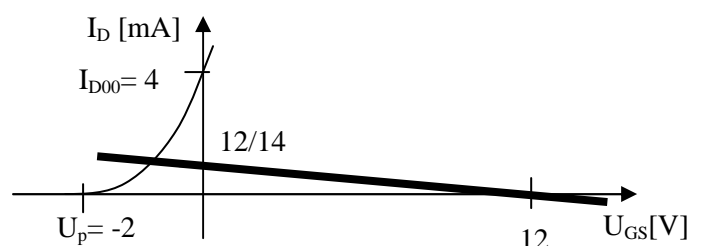


3.5 Rajzolja fel a Gate-Source kapu lezárásának munkaegyenesét az ID-UGS síkon! (I_{E0} = 2 mA, R₁ = 7,2 kΩ, R₂ = 6 kΩ, R₃ = 14 kΩ, R₄ = 10 kΩ) (5pont)

$$R_2 I_{E0} = U_{GS} + R_3 I_S$$

$$I_D = I_S$$

$$12 = U_{GS} + 14 I_D \quad \text{munkaegyenes} \Rightarrow$$



- 3.6. Határozza meg T2 munkaponti drain áramát! ($I_{E0} = 2 \text{ mA}$, $R_1 = 7,2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 14 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$) (5pont)

$$R_2 I_{E0} = U_{GS} + R_3 I_D = U_{GS} + R_3 I_{D00} \left(\frac{U_{GS} - U_p}{U_p} \right)^2$$

$$12 = U_{GS} + 14 \cdot 4 \cdot \frac{(U_{GS} + 4)^2}{16} \Rightarrow 7U_{GS}^2 + 58U_{GS} + 88 = 0 \Rightarrow U_{GS0} = 2V \Rightarrow \underline{\underline{I_{D0} = 1mA}}$$

- 3.7. Mekkora a T2 tranzisztor záró irányú kivezérelhetősége, $U_{DS}^- = ?$ ($I_{E0} = 2 \text{ mA}$, $I_{D0} = 1 \text{ mA}$, $R_1 = 7,2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 14 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$) (5pont)

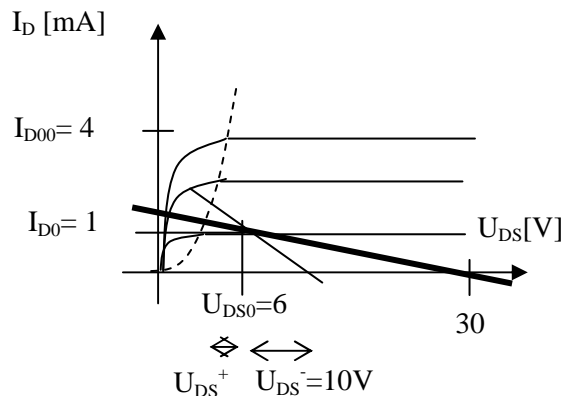
Egyenáramú munkaegyenes:

$$U_{DS} = 2U_t - (R_3 + R_4)I_D$$

$$U_{DS0} = 30 - 24 = 6V$$

Váltóáramú munkaegyenes:

$$\Delta U_{DS} = -R_4 \Delta I_D$$



- 3.8. Mekkora a T2 tranzisztor nyitó irányú kivezérelhetősége, $U_{DS}^+ = ?$ ($I_{E0} = 2 \text{ mA}$, $I_{D0} = 1 \text{ mA}$, $R_1 = 7,2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 14 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$) (5pont)

A határoló parabola és a váltóáramú munkaegyenes metszéspontja: az alábbi másodfokú egyenlet megoldása:

$$I_{D00} \left(\frac{U_{DS}}{U_p} \right)^2 = I_{D0} - \frac{1}{R_4} (U_{DS} - U_{DS0}) \Rightarrow U_{DS} = 2.34V$$

$$U_{DS}^+ = 6 - 2.34 = \underline{\underline{3.66V}}$$

- 3.9. Mekkora T2 disszipációja, ha a kimeneten a munkapontra szuperponáló 1 V amplitúdójú szinusz van? $P_{D2} = ?$ (5pont)

$$I_D(t) = I_S(t) = I_{D0} + I_v \sin(\omega t), \text{ ahol } I_v = \frac{1V}{R_4} = 0.1mA,$$

$$U_{DS}(t) = 2U_t - R_4 I_D(t) - R_3 I_{D0} = 30 - 10(1 + 0.1 \sin(\omega t)) - 14 \cdot 1 = 6 - 1 \sin(\omega t)$$

$$P_{D2} = \overline{U_{DS}(t) \cdot I_D(t)} = \overline{(6 - 1 \sin(\omega t))(1 + 0.1 \sin(\omega t))} = 6 - \frac{1}{2} \cdot 0.1 = \underline{\underline{6.05mW}}$$

- 3.10. Mekkora T1 disszipációja, ha az R_2 ellenálláson a munkaponti áramra szuperponálódó 0.1 mA amplitúdójú szimmetrikus négyszög jel van? ($I_{E0} = 2 \text{ mA}$, $R_1 = 7,2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 14 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$) $P_{D1} = ?$ (5pont)

$$P_{D1} = \overline{u_{CE}(t)i_E(t)}, \quad u_{CE}(t) = 2U_t - (R_1 + R_2)i_E(t) = 30 - 13,2i_E(t)$$

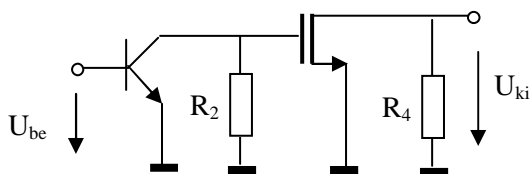
$$\text{egyik félperiódus: } i_E = 2 + 0,1 = 2,1, \quad u_{CE} = 30 - 13,2 \cdot 2,1 = 2,28$$

$$\text{másik félperiódus: } i_E = 2 - 0,1 = 1,9, \quad u_{CE} = 30 - 13,2 \cdot 1,9 = 4,92$$

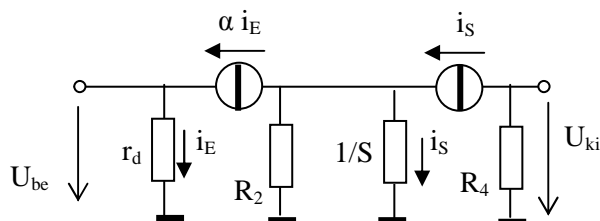
$$P_{D1} = \frac{1}{2}(2,28 + 4,92) = \underline{\underline{3,6 \text{ mW}}}$$

- 3.11. Rajzolja le az áramkör váltóáramú, kisjelű, lineáris helyettesítő képét! A T1 és T2 tranzisztorok lineáris helyettesítő képének paraméterei (S és r_d) hogyan függenek munkaponti áramoktól, feszültségektől? (5pont)

Váltóáramú helyettesítő kép:



vált. áramú, lineáris helyettesítő kép:



$$r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} \quad S = \frac{2I_{D0}}{(U_{GS0} - U_p)}$$

- 3.12. $U_{ki} / U_{be} = ?$, ha T1: $r_d = 13 \Omega$, T2: $S = 2 \text{ mS}$, $R_1 = 7,2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 14 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$ (5pont)

$$\frac{U_{ki}}{U_{be}} = -\alpha \frac{R_2}{r_d} S R_4 = \frac{6}{0,013} \cdot 2 \cdot 10 = \underline{\underline{9231}}$$

- 3.13. $R_{ki} = ?$, ha T1: $r_d = 13 \Omega$, T2: $S = 2 \text{ mS}$, $R_1 = 7,2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 14 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$ (5pont)

$$R_{ki} = \left. \frac{U_{ki}}{I_{ki}} \right|_{U_{be} = 0} = R_4 = \underline{\underline{10 \text{ k}\Omega}}$$

- 3.14. $R_{be} = ?$, ha T1: $r_d = 13 \Omega$, $\beta = 99$, T2: $S = 2 \text{ mS}$, $R_1 = 7,2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 14 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$ (5pont)

$$R_{be} = (1 + \beta)r_d = 1,3 \text{ k}\Omega$$