

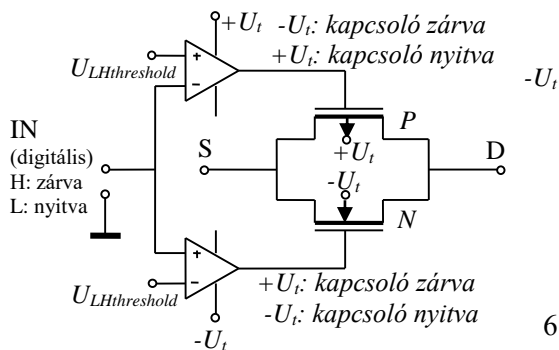
Elektronika 1. 1. vizsga	2020. 1. 3.	1.	2.	3.	4.	5.	Σ	IMSC
Név:	Neptun:							

1.) Feladat.

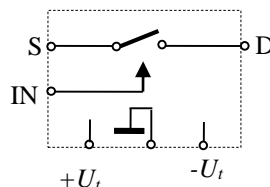
- Rajzolja fel az NMOS és PMOS tranzisztorokat tartalmazó analóg jelút kapcsoló integrált áramkör belső felépítését (5p) és az R_{ON} ellenállás feszültségfüggését (5p).
- Rajzolja fel a diódákkal felépített két bementi jelből választani képes egy kimenetű analóg jelút kapcsoló kapcsolási rajzát (5p) és kisjelű helyettesítő képét (5p).

Megoldás

a.) Jelút kapcsoló analóg kapcsoló IC-vel (pl. ADG441 moodle)
SPST (Single Pole Single Throw):

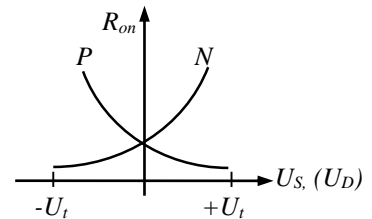


Elvi kaps. rajz:



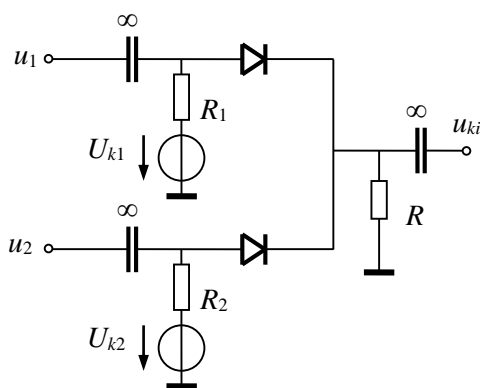
6 lábú SOT 23 tokban (nagyon kicsi) elhelyezhető

Mindkét tranzisztor nyitva – kapcsoló zárva,
(PMOS Gate: $-U_t$, NMOS Gate: $+U_t$)
 R_{on} a nyitott tranzisztor SD ellenállása

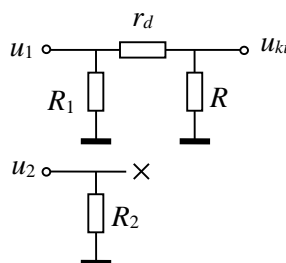


Párhuzamos eredő ellenállás

b.) Jelút kapcsolása diódákkal:

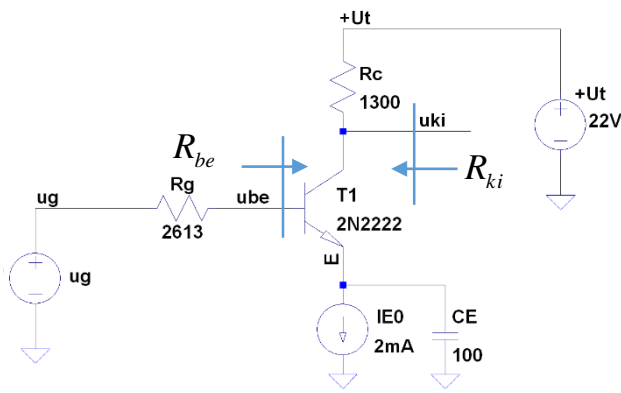


Kisjelű helyettesítő kép
($U_{k1} \gg 0, U_{k2} \ll 0V$)



A zárt kapcsoló R_{on} értéke pl.: $I_D = \frac{U_{k1} - 0.6V}{R + R_1} = 1 \text{ mA} \rightarrow r_d = 26\Omega$

2.) Feladat. Határozzuk meg az alábbi erősítőfokozat paramétereit.



- a.) T_1 alkapcsolásának típusa 5p
 b.) $R_{be} = ?$, $R_{ki} = ?$ 5p
 c.) $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$ dB-ben 5p
 d.) Rajzolja fel a kimeneti feszültség időfüggvényét 2mV-os amplitúdójú, 1kHz-es szinuszos bemenőjel esetére egyenfeszültség helyesen 5p

Adatok: $B = \beta = 200$, Az egyenáramú áramgenerátor árama: $I_{E0} = 2mA$, $U_{BE0} = 0,6V$, $C_E = \infty$, T_1 frekvenciafüggetlen

Megoldás:

DC analízis:

$$I_{E0} = 2mA, r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} = \frac{26mV}{2mA} = 13\Omega, \alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} = \frac{200}{201} = 0,995$$

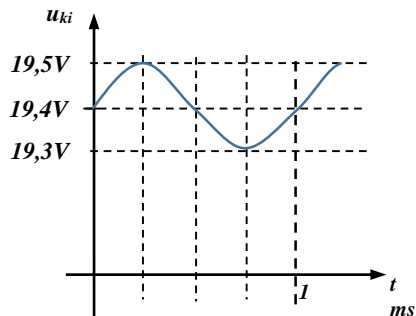
a.) Földelt Emitteres alkapcsolás

$$b.) R_{be} = (1 + \beta)r_d = 201 * 13 = 2613\Omega \quad R_{ki} = R_C = 1300\Omega$$

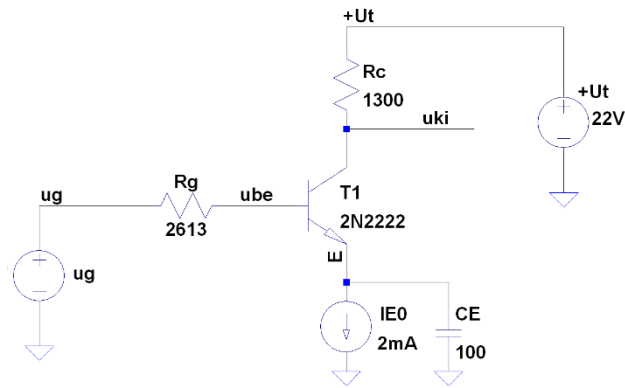
$$c.) \frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{u_{be}}{u_g} \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \left(-\alpha \frac{R_C}{r_d} \right) = \frac{(1 + \beta)r_d}{R_g + (1 + \beta)r_d} \left(-\alpha \frac{R_C}{r_d} \right) = \frac{201 * 13}{2613 + 201 * 13} \left(-0,995 \frac{1300}{13} \right) = -50$$

$$A_{dB} = 20 \lg \left| \frac{u_{ki}}{u_g} \right| = 34dB$$

$$d.) U_{ki0} = U_t - I_{E0}R_C = 22 - 2 * 1,3 = 19,4V,$$



3.) Feladat. Határozzuk meg az alábbi erősítőfokozat paramétereit.



- a.) Mekkora az u_{ki} kivezérelhetősége
($A=1$) (U_{ki}^+, U_{ki}^-)? 5p
- b.) Rajzolja fel szinuszos kimeneti feszültséget és 1kHz-es frekvenciát feltételezve a maximális kivezérléshez tartozó kimeneti feszültség időfüggvényét 5p
- c.) Mekkora a tranzisztor parazita kapacitásai a megadott grafikonok (Fig9, Fig 10.) alapján? 5p
- d.) $\frac{u_{ki}}{u_g}(s)$ átviteli függvény -3dB-es felső határfrekvenciája 5p

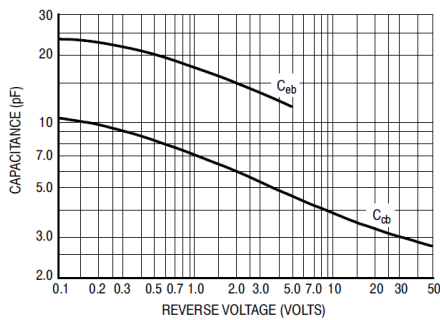


Figure 9. Capacitances

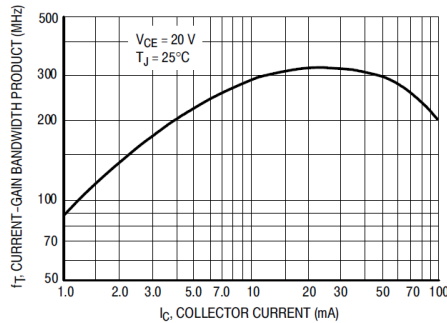


Figure 10. Current-Gain Bandwidth Product

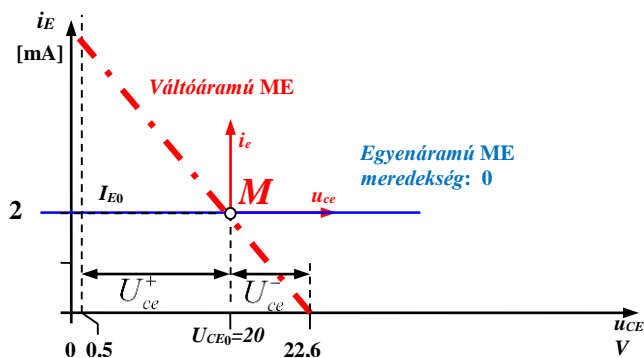
Adatok: $B = \beta = 200$, Az egyenáramú áramgenerátor árama: $I_{E0} = 2mA$, $U_{BE0} = 0,6V$, $U_t = 22V$, $C_E = \infty$, $U_m = 0,5V$

Megoldás:

DC analízis:

$$I_{E0} = 2mA, r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} = \frac{26mV}{2mA} = 13\Omega, \alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} = \frac{200}{201} = 0,995$$

a.) $I_{E0} = 2mA, R_e = \infty, R_v = R_c = 1300\Omega$



$$U_{C0} = U_t - R_c I_{E0} = 22 - 2 * 1,3 = 19,4V$$

$$U_{E0} = -U_{BE0} = -0,6V$$

$$U_{CE0} = U_{C0} - U_{E0} = 19,4 + 0,6 = 20V$$

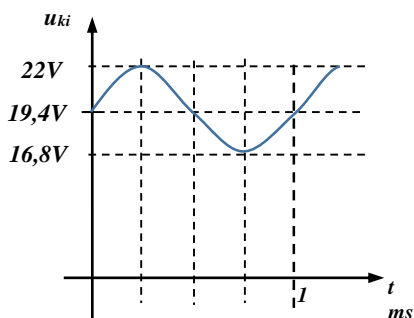
$$U_{CE}^+ = U_{CE0} - U_m = 20 - 0,5 = 19,5V$$

$$U_{CE}^- = I_{E0} R_v = 2 * 1,3 = 2,6V$$

$$U_{ki}^- = U_{CE}^- = 2,6V$$

$$U_{ki}^+ = U_{CE}^+ = 19,5V$$

b.)



c.) A frekvenciafüggés számításához meg kell határozni a parazita kapacitásokat. A kollektor-bázis kapacitást a megadott diagramból lehet leolvasni. A kollektor bázis dióda záró irányú feszültsége közelítőleg (elhanyagolva az igen kicsi bázisáramot): $U_{CB0} = U_{C0} - U_{B0} = 19,4 - 0 = 19,4V$. A megadott bal oldali grafikon alsó görbéről leolvashatjuk a kollektor bázis dióda záró irányú kapacitását: $C_{cb} \approx 3,1pF$. A jobboldali diagramból leolvashatjuk a tranzit frekvenciát: $f_T \approx 145MHz$.

A képletgyűjteményből kikeresve:

$$C_{be} + C_{bc} = \alpha_0 \frac{1}{r_d * \omega_T} = \alpha_0 \frac{1}{r_d * 2\pi * f_T} = 0,995 \frac{1}{13 * 2 * 3,14 * 145 * 10^6} = 84pF$$

$$C_{be} = C_{be} + C_{bc} - C_{bc} = 84 - 3,1 = 80,9pF$$

d.) Az erősítő fokozat erősítése a kimenet és a bemenet között:

$$A = -\alpha \frac{R_C}{r_d} = -0,995 \frac{1300}{13} = -99,5$$

Az előzőek alapján: $R_{be} = 2613\Omega$

A bemeneti pólus frekvencia a Miller hatás miatt a képletgyűjteményből:

$$\omega_{p1} = \frac{1}{(R_g \times R_{be})((1-A)C_{bc} + C_{be})} = \frac{1}{1306,5 * (100,5 * 3,1 * 10^{-12} + 80,9 * 10^{-12})} = 1,95Mrad/s$$

$$f_{p1} = \frac{\omega_{p1}}{2\pi} = \frac{1,95Mrad/s}{6,28} = 311kHz$$

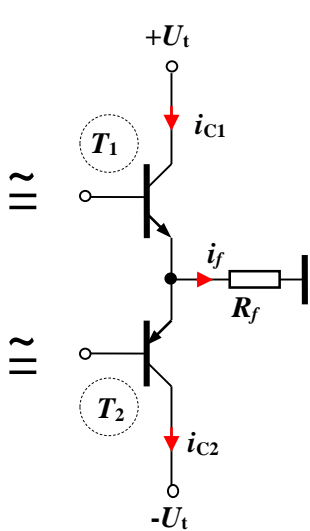
A kimeneti pólus frekvencia sokkal nagyobb, a felső határfrekvenciába nem szól bele jelentősen:

$$\omega_{p2} = \frac{1}{(R_{ki} \times R_i)C_{bc}} = \frac{1}{1300 * 3,5 * 10^{-12} * 6,28} = 35MHz$$

A zérus frekvencia igen nagy frekvenciára esik, ez sem szól bele a felső határfrekvenciába - a

képletgyűjteményből: $\omega_z = \frac{-A}{R_2 C} = \frac{-A}{R_{ki} C} = \frac{-99,5}{1300 * 3,1 * 10^{-12}} = 24,6GHz$

4.) Feladat. Az áramkör egy A osztályú végfokozat szinuszos kimeneti jellel.



$$U_t = 15 \text{ V}, \quad U_m = 1 \text{ V}, \quad A = 1, \quad R_f = 7 \Omega,$$

$$T_A = 75 \text{ C}, \quad T_{JMAX} = 150 \text{ C}, \quad R_{thJC} = 2 \text{ C/W}$$

Határozzuk meg az alábbi paramétereket:

- Optimális munkaponti áram 2p
- A maximális kimenő teljesítmény 4p
- A két telepből felvett maximális teljesítmény 2p
- A telepből felvett maximális áram 2p
- Egy tranzisztor maximális disszipációs teljesítménye 4p
- A tranzisztor U_{CEMax} , I_{CMax} paraméterei 2p
- A tranzisztoronként alkalmazandó hűtőborda maximális hőellenállása 4p

Megoldás:

$$a). \quad I_{0opt} = \frac{U_t - U_m}{2R_f} = \underline{\underline{1 \text{ A}}}$$

$$b). \quad P_{fMax} = \left(\frac{2I_{0opt}}{\sqrt{2}} \right)^2 \cdot R_f = \underline{\underline{14 \text{ W}}}$$

$$c). \quad P_{tMax} = 2U_t I_{0opt} = \underline{\underline{30 \text{ W}}}$$

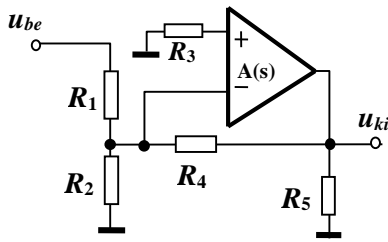
$$d). \quad I_{tMax} = \frac{U_t - U_m}{R_f} = \underline{\underline{2 \text{ A}}}$$

$$e). \quad P_{D1trMax} = \frac{P_{tMax}}{2} = \underline{\underline{15 \text{ W}}}$$

$$f). \quad U_{CEMax} = 2U_t - U_m = \underline{\underline{29 \text{ V}}}, \quad I_{CMax} = I_{tMax} = \underline{\underline{2 \text{ A}}}$$

$$g). \quad R_{thCA} = \frac{T_J - T_A - P_D R_{thJC}}{P_D} = \frac{150 - 75 - 15 \cdot 2}{15} = \underline{\underline{3 \text{ C/W}}}$$

5.) Feladat.



$$R_1 = 4k\Omega, R_2 = 4k\Omega, R_4 = 8k\Omega, R_5 = 4k\Omega,$$

A műveleti erősítő nem specifikált paraméterei ideálisak.

a.) Határozza meg az u_{ki}/u_{be} feszültség erősítést, ha a műveleti erősítő ideális, $A = \infty$ 4p

b.) Mekkora a kimeneti hibafeszültség, ha $A = \infty$ és a műveleti erősítő bemeneti offset feszültsége $U_{off}=10mV$ 4p

c.) Határozza meg az áramkör R_{ki} és R_{be} ki- és bemenő ellenállását, ha a műveleti erősítő ideális, azaz $A = \infty$ 4p

d.) Mekkora az $\frac{u_{ki}}{u_{be}}$ feszültségerősítés felső (3 dB-es) felső határfrekvenciája, ha $A(s) = \frac{A_0}{(1 + s/\omega_0)}$, ahol

$$A_0=5 \cdot 10^5, \omega_0=5 \text{ rad/s} ?$$

e.) Mekkora a választás R_3 -t, hogyha a műveleti erősítőnek véges BIAS árama van? 4p

Megoldás:

$$a.) i_{R3} = 0 \rightarrow u^+ = u^- = 0 \rightarrow i_{R2} = 0 \rightarrow i_{R1} = i_{R4} \rightarrow \frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{R_4}{R_1} = -2$$

$$b.) u_{ki\text{hiba}} = U_{off} \left(1 + \frac{R_4}{R_1 \times R_2} \right) = 10 \left(1 + \frac{8}{2} \right) = 50mV$$

c.) $R_{ki} = 0$, mert az ideális műveleti erősítő kimenő impedanciája nulla.

$$u^- = 0 = u_{R2} \rightarrow R_{be} = \frac{u_{be}}{i_{be}} = \frac{R_1 i_{be}}{i_{be}} = R_1 = 4k\Omega$$

d.) Visszacsatolt erősítés a műveleti erősítő egy pólusa esetén:

$$\left. \frac{u_{ki}}{u_{be}} \right|_{A = \frac{A_0}{(1 + s/\omega_0)}} = \left. \frac{u_{ki}}{u_{be}} \right|_{A = \infty} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + \frac{s}{(1 + A_0 \beta) \omega_0}}$$

$$\text{ahol } \beta = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 \times R_2 + R_4} = \frac{4 \times 4}{4 \times 4 + 8} = 0,2 \rightarrow \omega_h = (1 + A_0 \beta) \omega_0 \approx 5 \cdot 10^5 * 0,2 * 5 = 0,5 Mr / s$$

e.)

$$R_3 = R_1 \times R_2 \times R_4 = 1,6k\Omega$$

Képletgyűjtemény

$$i_D = I_{D00} \left(\frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2$$

$$S = \frac{2}{|U_P|} \sqrt{I_{D0} I_{D00}}$$

$$i_E = I_{S0} \left(e^{\frac{u_{BE}}{U_T}} - 1 \right)$$

$$r_d = \frac{U_T}{I_{E0}}$$

$$A = \frac{B}{1 + B}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

$$B = \frac{A}{1 - A}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$T_j = T_A + P_D R_{thCA} + P_D R_{thJC}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\alpha \frac{R_c}{r_d}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \alpha \frac{R_c}{r_d}$$

$$R_{be} = \frac{u_{be}}{i_{be}}, \quad R_{ki} = \frac{u_{ki}}{i_{ki}}, \quad u_{be} = 0$$

$$C_{be} + C_{bc} = \alpha_0 \frac{1}{r_d \omega_T}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_g}(s) = L_{be} \frac{A + sCR_2}{1 + sC[(1-A)R_1 + R_2]} = L_{be} A \frac{1 - s \frac{CR_2}{-A}}{1 + sC[(1-A)R_1 + R_2]} = L_{be} A_u L_{ki} \frac{1 - s/\omega_z}{1 + s/\omega_p}$$

$$A_0 = L_{be} A = L_{be} A_u L_{ki} \quad A = A_u L_{ki} \quad L_{be} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}}, \quad L_{ki} = \frac{R_t}{R_{ki} + R_t}$$

$$\omega_z = \frac{-A}{R_2 C} = \frac{-A_u L_{ki}}{R_2 C} \quad \omega_p = \frac{1}{[(1-A)R_1 + R_2]C} = \frac{1}{[(R_g \times R_{be})(1-A) + (R_{ki} \times R_t)]C}$$

$$A_v(s) = \frac{\alpha}{\beta} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + s/\omega_p} = A_{id} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + s/\omega_p} \cong A_{id} \frac{1}{1 + s/\omega_p}$$

$$\frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \cong 1 \quad A_{id} = \frac{\alpha}{\beta} \quad \omega_p = (1 + \beta A_0) \omega_0 \cong \beta A_0 \omega_0$$