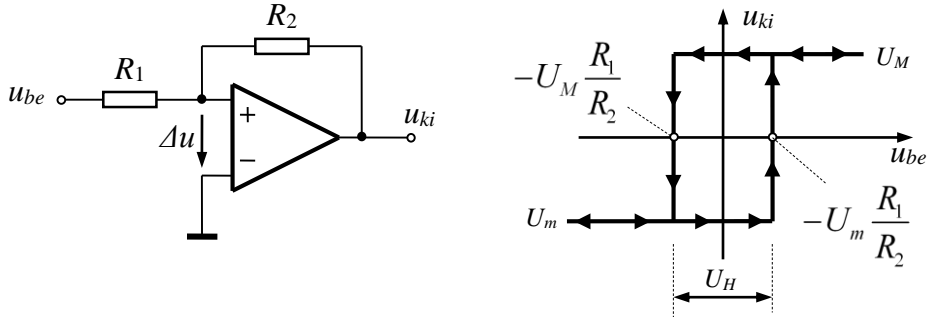


1.) *Feladat* Ismertesse a fázist nem fordító hiszterézises (pozitív visszacsatolású) komparátor jellemzőit:

- a.) kapcsolási rajz, 5p
- b.) $u_{be} - u_{ki}$ transzfer karakterisztika, 5p
- c.) a billenési küszöbértékek, 5p
- d.) az U_H (hiszterézis hurok feszültség) értéke. 5p

a.) , b.) Fázist nem fordító, hiszterézises komparátor kapcsolási rajza és transzfer karakterisztikája:



c.)

Az $U_m \rightarrow U_M$ billenés feltétele:

$$\Delta u = u_{be} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_m \frac{R_1}{R_1 + R_2} > 0$$

$$u_{be} > -U_m \frac{R_1}{R_2}$$

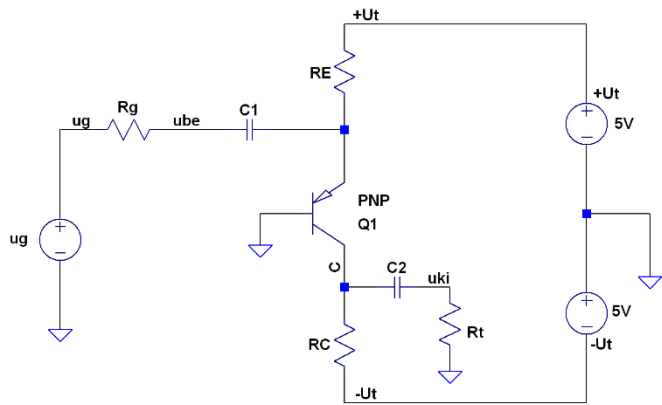
Az $U_M \rightarrow U_m$ billenés feltétele:

$$\Delta u = u_{be} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_M \frac{R_1}{R_1 + R_2} < 0$$

$$u_{be} < -U_M \frac{R_1}{R_2}$$

d.)
$$U_H = (U_M - U_m) \frac{R_1}{R_2}$$

2.) Feladat Az áramkör paraméterei: Q_1 pnp tranzisztor, $U_{EB0}=0,6\text{ V}$, $U_m=0,5\text{ V}$, $\beta=B=99$, $R_g=26\Omega$, $R_E=4,4\text{ k}\Omega$, $R_C=R_t=2,6\text{ k}\Omega$, $U_t=5\text{ V}$, $C_1=C_2=\infty$, $C_{bc}=2\text{ pF}$, $C_{be}=20\text{ pF}$.



- a.) $I_{E0}=?$, $U_{ki0}=?$, $r_d=?$ 2+2+1p
- b.) Közepes frekvenciás erősítés: $\frac{u_{ki}}{u_g}=?$ 5p
- c.) Az $\left| \frac{u_{ki}}{u_g} \right|$ -3 dB-es alsó határfrekvenciája, ha $C_1=C_2=100\text{ nF}$ 5p
- d.) Az $\left| \frac{u_{ki}}{u_g} \right|$ -3 dB-es felső határfrekvenciája=? 5p

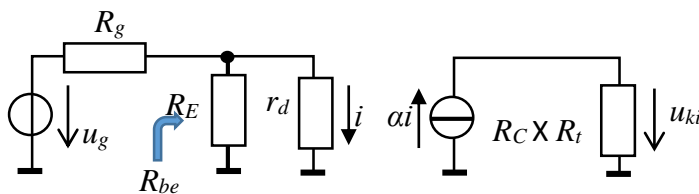
Megoldás:

a.) Egyenáramú analízis:

$$U_t = R_E I_{E0} + U_{EB}, \quad I_{E0} = \frac{U_t - U_{EB0}}{R_E} = \dots = 1\text{ mA}, \quad r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} = \dots = 26\text{ ohm}$$

$$C_2 \text{ miatt } I_{Rt} = 0 \rightarrow U_{ki0} = 0$$

b.) Váltóáramú, kisjelű analízis:



$$R_{be} = R_E \times r_d = \dots = 25,8\text{ ohm}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \alpha \frac{R_C \times R_t}{r_d} = \dots = 24,9$$

c.) Kisfrekvenciás analízis:

$$C_1 \text{ csatoló hatása: } \omega_{p1} = \frac{1}{(R_g + R_{be})C_1} = \frac{10^9}{(26 + 25,8)100} = 193\text{ krad/s}$$

$$C_2 \text{ csatoló hatása: } \omega_{p2} = \frac{1}{(R_C + R_t)C_2} = \frac{10^9}{(2600 + 2600)100} = 1,92\text{ krad/s}$$

$$\text{Alsó határfrekvencia: } \omega_a = \max(\omega_{p1}, \omega_{p2}) = 193,1\text{ krad/s} = 30,7\text{ kHz}$$

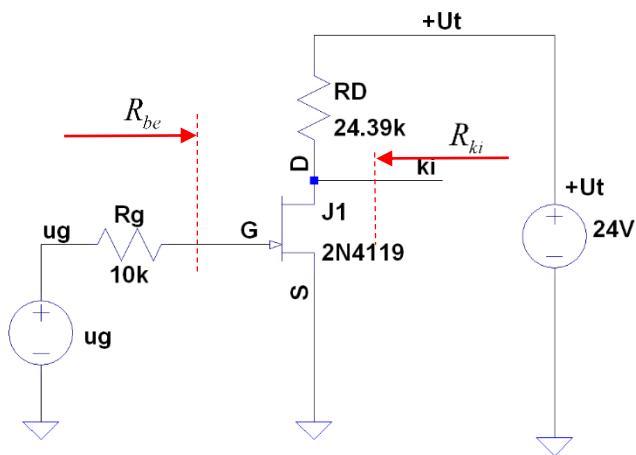
d.) Nagyfrekvenciás analízis:

$$C_{be} \text{ hatása: } \omega_{p1} = \frac{1}{(R_g \times R_{be})C_{be}} = \frac{10^{12}}{(26 \times 25,8)20} = 3,86\text{ Grad/s}$$

$$C_{bc} \text{ hatása: } \omega_{p2} = \frac{1}{(R_C \times R_t)C_{bc}} = \frac{10^{12}}{(2600 \times 2600)2} = 384,6\text{ Mrad/s}$$

$$\text{felső határfrekvencia: } \omega_f = \min(\omega_{p1}, \omega_{p2}) = 384,6\text{ Mrad/s} / \text{s} = 61,21\text{ MHz}$$

3.) Feladat Az alábbi kapcsolási rajzon egy R_g belső impedanciájú, igen kicsi u_g szinuszos feszültségű szenzor gerjeszt egy J1 JFET-tel felépített erősítő kapcsolást.



J1: 2N4119 típusú n -csatornás JFET, melynek adatai:
 $I_{DSS} = 0,52mA$, az $u_{GS} = 0V$ esetén mérhető
 meredeksége az adatlap szerint: $S_0 = 410\mu Mhos$.

- Kisjelű lineáris helyettesítőkép? 5p
- $R_{be} = ?$, $R_{ki} = ?$ 2+3p
- Mekkora a kimeneten mérhető váltófeszültség csúcstól-csúcsig vett értéke, ha a generátor váltófeszültség (u_g) csúcstól csúcsig vett értéke 1mV? 5p
- Mi történik, ha a szinuszos generátor feszültség amplitúdóját 1V-ra növeljük? 5p

Megoldás:

Munkaponti analízis : $U_{GS0} = 0$, $I_{D0} = I_{DSS} = 520\mu A$ $S = S_0 = 410\mu S$

$U_{D0} = U_t - I_{D0}R_D = 24 - 0,52 \cdot 24390 = 11,3V$, tehát biztosított az elzáródásos tartományon való működés.

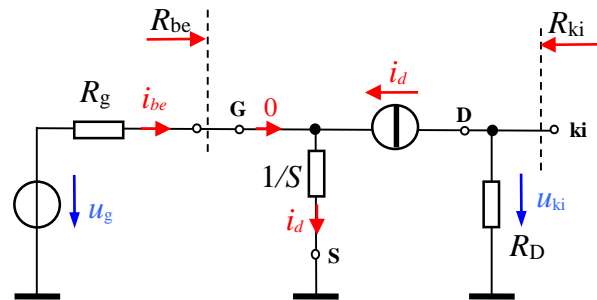
a.) A kisjelű helyettesítőkép a kisjelű analízishez:

b.) $R_{be} = \infty$, mert a Gate elektródán nem folyik áram. $R_{ki} = R_D = 24,39k\Omega$, mert a Drain kör áramgenerátora végtelen belső impedanciájú.

c.) $\frac{u_{ki}}{u_g} = -S R_D = -410 \cdot 10^{-6} \cdot 24390 = -10$, tehát

1mV peak-to-peak bemeneti feszültség fázisfordított 10mV peak-to-peak kimeneti feszültséget hoz létre.

d.) Ha a generátor feszültség meghaladja a Gate dióda nyitó feszültségét, akkor a JFET már nem marad az elzáródásos tartományon, az áramkör már nem működik lineáris erősítőként.



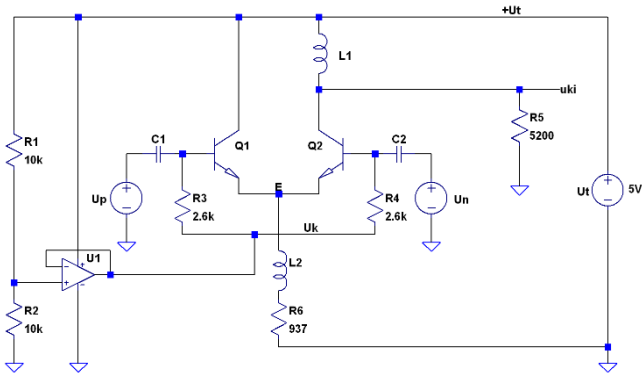
4.) Feladat

$T_1=T_2$: $n-p-n$ tranzisztorok $U_{BE0}=0,6V$, $\beta_1=\beta_2 = B_1= B_2= 99$,

Az U_1 műveleti erősítő ideális.

$R_1=R_2=10k\Omega$, $R_3=R_4=2,6k\Omega$, $R_5=5200\Omega$, $R_6=937\Omega$, $L_1=100mH$, $L_2=\infty$, $C_1= C_2=\infty$,

$U_t = 5V$, u_p és u_n kis amplitúdójú szinuszos feszültség generátorok.



a.) Munkaponti áramok: $I_{E01}=?$, $I_{E02}=?$ 5p

b.) Munkaponti kimenő feszültség: $U_{ki0}=?$ 5p

c.) Írja fel az $\frac{u_{ki}}{u_p}(s)$, $\frac{u_{ki}}{u_n}(s)$ átviteli függvényeket. Bode-

normált alakban 5p

d.) Írja fel az $u_{ki}(t)$ feszültség idő függvényt, ha a $u_p(t)$ nulla kezdőfázisú, $8,28kHz$ -es $1mV$ -os szinuszos feszültség, $u_n(t)$ nulla kezdőfázisú, $1MHz$ -es $1mV$ -os szinuszos feszültség 5p

Megoldás:

a.) U_1 kimenete (a követő erősítő kimenetén): $U_k = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_t = 2,5 V$

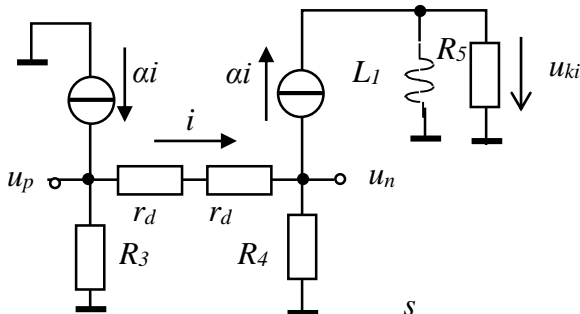
Szimmetria okokból $I_{E01} = I_{E02} = I_0$

$$U_k = R_3(1-A)I_0 + U_{BE0} + R_6 2I_0, \quad I_0 = \frac{U_k - U_{BE0}}{(1-A)R_3 + 2R_6} = \dots = 1 mA$$

b.) L_1 DC-n rövidzár $\rightarrow U_{ki0} = 5V$

c.) Kisjelű (lineáris) helyettesítőkép:

$$r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} = \dots = 26 \text{ ohm}$$



$$R_5 \times sL_1 = \frac{R_5 \cdot sL_1}{R_5 + sL_1} = R_5 \frac{s \frac{L_1}{R_5}}{1 + s \frac{L_1}{R_5}} = R_5 \frac{\frac{s}{\omega_p}}{1 + \frac{s}{\omega_p}}, \quad \omega_p = \frac{R_5}{L_1}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_p}(s) \Big|_{u_n=0} = \alpha \frac{R_5 \times sL_1}{2r_d} = A_0 \frac{\frac{s}{\omega_p}}{1 + \frac{s}{\omega_p}}, \quad \frac{u_{ki}}{u_n}(s) \Big|_{u_p=0} = -\alpha \frac{R_5 \times sL_1}{2r_d} = -A_0 \frac{\frac{s}{\omega_p}}{1 + \frac{s}{\omega_p}}$$

$$A_0 = \alpha \frac{R_5}{2r_d} = \dots = 99 \quad \omega_p = \frac{R_5}{L_1} = \dots = 52 \text{ krad/s}, \quad f_p = 8276 \text{ Hz} \approx 8,28 \text{ kHz}$$

d.) A $8,28kHz$ -es frekvencia éppen a felül áteresztő karakterisztika törésponti frekvenciáján van, tehát:

$$A(\omega_p) = A_0/\sqrt{2} = 70 \quad \varphi(\omega_p) = \pi/4$$

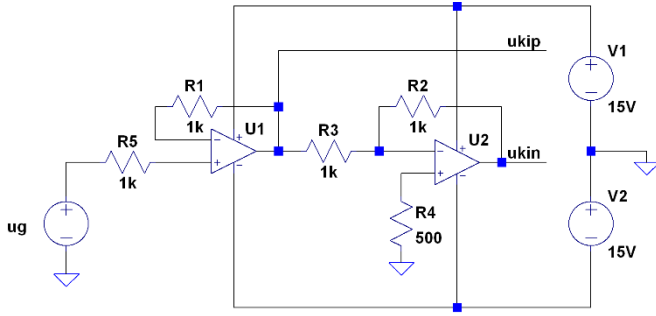
Az $1MHz$ -es frekvencia az áteresztő tartományon van, tehát:

$$A(2\pi \cdot 10^6) = 99 \frac{1000}{8,28} \approx 99 \dots \quad \varphi(2\pi \cdot 10^6) = \pi/2 - \arctg(1000/8,28) \approx 0 \dots$$

$$\sqrt{1 + \left(\frac{1000}{8,28}\right)^2}$$

$$u_{ki}(t) = 70 \sin\left(2\pi \cdot 8,28 \cdot 10^3 t + \frac{\pi}{4}\right) - 99 \sin(2\pi \cdot 1 \cdot 10^6 t) \quad [mV], \quad t: [sec]$$

5.) Feladat Az áramkör adatai: $R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = 1k\Omega$, $R_4 = 500\Omega$, $V_1 = V_2 = 15V$, u_g kis amplitúdójú szinuszos feszültség generátor.



a.) Mit mondhatunk az U_{kip0} és U_{kin0} , kivezérítés nélküli kimenő feszültségekről, ha U_1 és U_2 műveleti erősítők egyformák, offset feszültségük $10mV$, BIAS áramuk $1\mu A$, egyéb paramétereik ideálisak. 5p

b.) Írja fel az $\frac{u_{kip}}{u_g}$, $\frac{u_{kin}}{u_g}$ erősítéseket, ha a műveleti erősítők ideálisak 5p

c.) Rajzolja fel az $u_{kip}(t)$, $u_{kin}(t)$ időfüggvényeket

közös idődiagramban, ha $u_g(t) = \sin 6280t$ mV-ban, a t időt másodpercben mérjük, a műveleti erősítők ideálisak. 5p

d.) Ábrázolja közös abszolút érték Bode diagramban az $\frac{u_{kip}}{u_g}$, $\frac{u_{kin}}{u_g}$ frekvenciafüggését, ha mindkét műveleti erősítő nyílthurkú erősítése jól közelíthető az egypólusú modellel, GBW paramétere $1MHz$, a műveleti erősítők egyéb paramétereik ideálisak. 5p

Megoldás:

a.) A BIAS áramok nem okoznak nullpont hibát, mert a műveletierősítők bemenetei azonos ellenállással vannak lezárva.

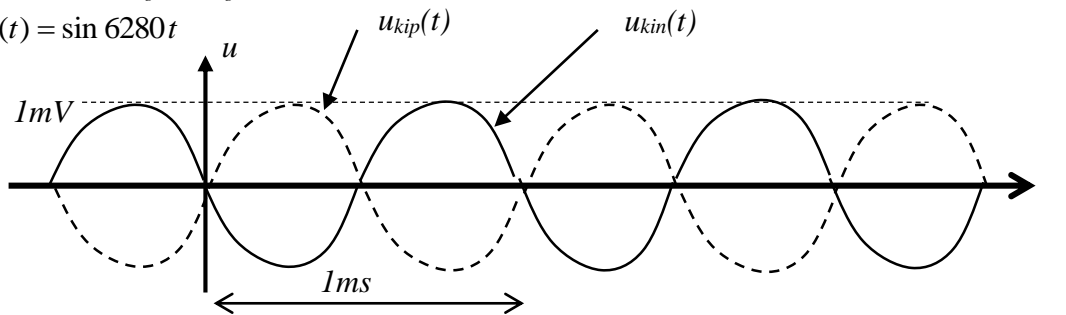
Az offset feszültségek következményei a kimeneteken:

$$u_g = 0, U_{kip0} = 1 \cdot U_{offset1} \rightarrow -10 mV < U_{kip0} < +10 mV$$

$$U_{kin0} = -1 \cdot U_{kip0} + 2 \cdot U_{offset2} \rightarrow -30 mV < U_{kin0} < +30 mV$$

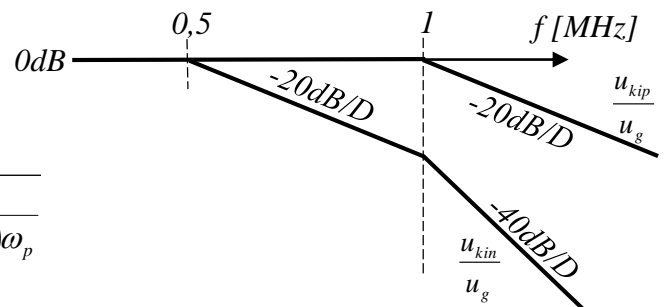
b.) $\frac{u_{kip}}{u_g} = 1, \quad \frac{u_{kin}}{u_g} = \frac{u_{kip}}{u_g} \left(-\frac{R_2}{R_3} \right) = -1$

c.) $u_g(t) = \sin 6280t$



d.) Műveleti erősítők:

$$A(s) = \frac{A_0}{1 + \frac{s}{\omega_p}}, \quad 2\pi GBW = A_0 \omega_p = 2\pi 10^6 \text{ rad/}$$



Visszacsatolt erősítők: $T(s) = \frac{\alpha A_0 \beta}{\beta 1 + A_0 \beta} \frac{1}{1 + \frac{s}{(1 + A_0 \beta) \omega_p}}$

$$\frac{u_{kip}}{u_g} : \alpha = 1, \beta = 1$$

$$\frac{u_{kip}}{u_g} \cong \frac{1}{\left(1 + \frac{s}{2\pi 10^6} \right)}$$

$$\frac{u_{kin}}{u_g} : \alpha = -1/2, \beta = 1/2$$

$$\frac{u_{kin}}{u_g} \cong -\frac{1}{\left(1 + \frac{s}{\pi 10^6} \right)} \frac{1}{\left(1 + \frac{s}{2\pi 10^6} \right)}$$