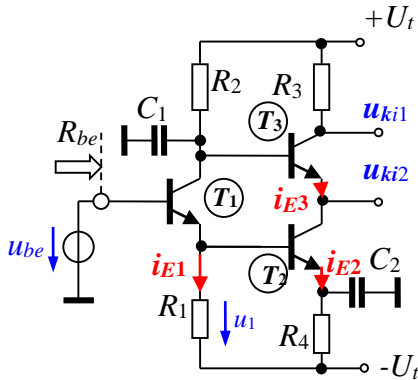


## 1.) Feladat

$T_1$ :  $n-p-n$  tranzisztor,  $\beta_1=B_1=99$ ,  $U_{BE0}=0,6$  V,

$T_2, T_3$ :  $n-p-n$  tranzisztorok,  $\beta_2=B_2=\beta_3=B_3 \rightarrow \infty$ ,  $U_{BE0}=0,6$  V



Kérdések:

a.) A fokozatok típusa?

b.)  $I_{E01}=?$ ,  $I_{E02}=?$ ,  $I_{E03}=?$

c.) A kisjelű helyettesítő kép ?

d.)  $\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = ?$   $\frac{u_{ki2}}{u_{be}} = ?$  ha:  $C_1 \rightarrow \infty$ ,  $C_2 \rightarrow \infty$

$R_1 = 7.2$  k $\Omega$ ,  $R_2 = 6$  k $\Omega$ ,  $R_3 = 5.2$  k $\Omega$ ,  $R_4 = 6.9$  k $\Omega$

$C_1 \rightarrow \infty$ ,  $C_2 \rightarrow \infty$ ,  $U_t = 15$  V,

Megoldás:

a.) 1. fokozat: Földelt kollektoros ( $C_1$ ),

2. fokozat: Földelt emitteres ( $C_2$ )

3. fokozat: Földelt bázisú ( $C_1$ )

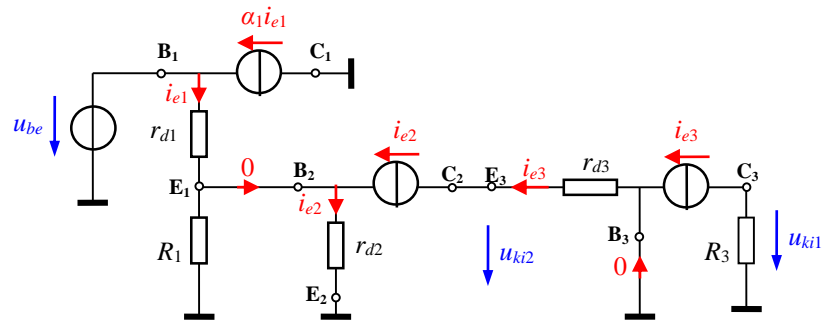
b.) MP:  $u_{be}=0$  !

$$U_t = U_{BE01} + I_{E01}R_1 \quad (I_{B02}=0!) \rightarrow I_{E01} = \frac{U_t - U_{BE01}}{R_1} = \frac{15 - 0.6}{7.2} = 2 \text{ mA}$$

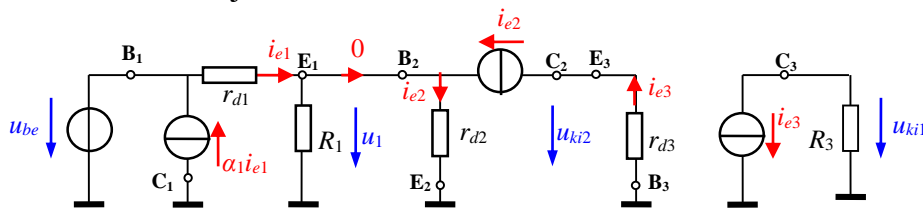
$$I_{E01}R_1 = U_{BE02} + I_{E02}R_4 \rightarrow I_{E02} = \frac{I_{E01}R_1 - U_{BE02}}{R_4} = \frac{14.4 - 0.6}{6.9} = 2 \text{ mA}$$

$$I_{E03} = I_{C02} = A_2 I_{E02} = 2 \text{ mA} \quad (A_2=1)$$

c.) A kisjelű helyettesítő kép:



Létrahálózattá átrajzolva:



d.)  $\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = ?$   $\frac{u_{ki2}}{u_{be}} = ?$  Kell még:  $r_{d1} = \frac{U_T}{I_{E01}} = \frac{26 \text{ mV}}{2 \text{ mA}} = 13 \Omega$   $r_{d2} = r_{d3} = 13 \Omega$

$$\frac{u_{ki2}}{u_{be}} = \frac{u_1}{u_{be}} \frac{u_{ki2}}{u_1} = \frac{R_1}{r_{d1} + R_1} \frac{(-i_{e2}r_{d3})}{i_{e2}r_{d2}} = -\frac{R_1}{r_{d1} + R_1} \frac{r_{d3}}{r_{d2}} = -\frac{7.2}{7.2 + 0.013} \frac{13}{13} \cong -1$$

$$\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = \frac{u_{ki2}}{u_{be}} \frac{u_{ki1}}{u_{ki2}} = -1 \frac{(-i_{e3}R_3)}{(-i_{e3}r_{d3})} = -\frac{R_3}{r_{d3}} = -\frac{5200}{13} = -400$$

## 2.) Feladat

$T_1$ :  $p-n-p$  tranzisztor,  $\beta=B \rightarrow \infty$ ,  $U_{EB0}=0,6 \text{ V}$

$T_2$ :  $n$  csatornás kiürítéses MOS FET,

$$i_D = I_{DSS} \left( \frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2, \quad U_P = -4 \text{ V}, \quad I_{DSS} = 4 \text{ mA}, \quad U_t = 15 \text{ V},$$

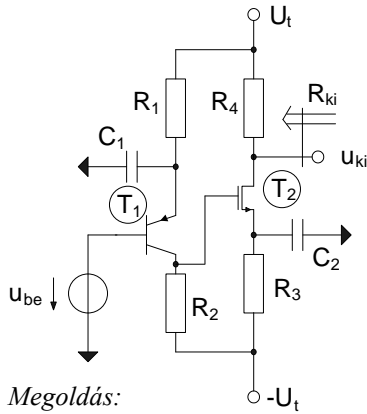
Kérdések:

a.)  $I_{E0} = ?$       b.)  $I_{D0} = ?$

c.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ ,  $C_1 \rightarrow \infty, C_2 \rightarrow \infty$

d.)  $R_{ki} = ?$ ,  $C_1 \rightarrow \infty, C_2 \rightarrow \infty$

$$R_1 = 7,2 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 6 \text{ k}\Omega, \quad R_3 = 14 \text{ k}\Omega, \quad R_4 = 10 \text{ k}\Omega$$



Megoldás:

a.)  $I_{E0} = ?$       MP:  $u_{be}=0$  !

$$U_t = I_{E0} R_1 + U_{EB0} \quad \rightarrow \quad I_{E0} = \frac{U_t - U_{EB0}}{R_1} = \frac{15 - 0,6}{7,2} = 2 \text{ mA}, \quad r_d = \frac{26 \text{ mV}}{2 \text{ mA}} = 13 \Omega$$

b.)  $I_{D0} = ?$  Ha az  $R_2$ -n eső 12V-ból kivonjuk az  $R_3$ -n 1mA munkaponti áramot feltételezve létrejövő 14V-ot, -2V Gate-Source feszültséget kapunk. Ezt  $i_D$  képletébe helyettesítve valóban 1 mA adódik. Másodfokú egyenlettel:

$$1.) \quad I_{E0} R_2 = u_{GS} + i_D R_3 \quad \rightarrow \quad 12 = u + 14i$$

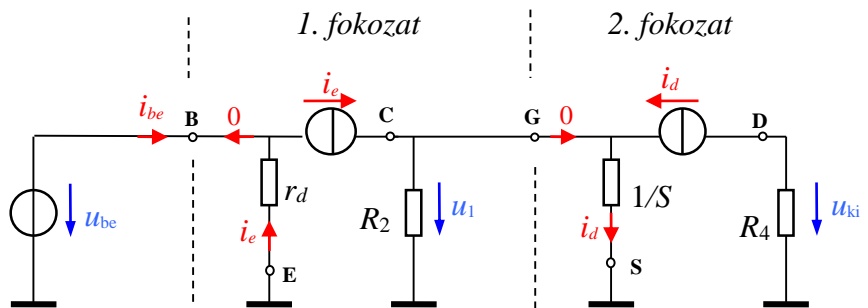
$$2.) \quad i_D = I_{DSS} \left( \frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2 \quad \rightarrow \quad i = \frac{1}{4} (u + 4)^2 = \frac{1}{4} (12 - 14i + 4)^2$$

$$4i = (16 - 14i)^2 \quad i = (8 - 7i)^2 = 64 - 112i + 49i^2 \quad 49i^2 - 113i + 64 = 0$$

$$i = I_{D0} = \frac{113 - \sqrt{113^2 - 49 \cdot 256}}{98} = \frac{113 - 15}{98} = 1 \text{ mA} \quad u = U_{GS0} = 12 - 14i = -2 \text{ V}$$

$$S = \frac{2I_{D0}}{U_{GS0} - U_P} = \frac{2}{-2 - (-4)} = 1 \text{ mS}$$

c.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$



$$R_{be1} = \infty \quad A_{u1} = -\frac{R_2}{r_d} = -\frac{6000}{13} = -461$$

$$R_{ki1} = R_2 = 6 \text{ k}\Omega$$

$$R_{be2} = \infty \quad A_{u2} = -\frac{R_4}{1/S} = -10$$

$$R_{ki2} = R_4 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = A_{u1} A_{u2} = 4610 \quad (L_{be} = L_{12} = L_{ki} = 1)$$

d.)  $R_{ki} = R_{ki2} = R_4 = 10 \text{ k}\Omega$

**3. Feladat** Fejben számolva töltsé ki az alábbi táblázatot!

$$a^{\text{dB}} = 20 \log_{10} |A|, \quad \varphi = \arg(A), \quad \text{egy nemtriviális adat: } \log_{10}(2)=0.3$$

A	1	-10	0.01	2	5	-5/j	200	$\sqrt{2}$	-8	5/8	$5 \cdot 10^{-6}$	1+j	$1/(1+j)^2$	$2j(1+j)$
a dB	0	20	-40	6	14	14	46	3	18	-4	-106	3	-6	9
$\varphi$ rad	0	$\pm\pi$	0	0	0	$\pi/2$	0	0	$\pm\pi$	0	0	$\pi/4$	$-\pi/2$	$3/4 \pi$

**4. Feladat** Adott egy kétkapú feszültség transzfer függvénye:  $H(s) = \frac{2 + 200s}{20 + 45s + 10s^2}$ .

Rajzolja fel a töréspontos Bode diagramokat!

Megoldás: a  $H(s)$  transzfer függvényt Bode-normált gyöktényezős alakra kell alakítani, azaz

$$H(s) = \frac{2 + 200s}{20 + 45s + 10s^2} = k \frac{1 + \frac{s}{\omega_z}}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{p1}}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_{p2}}\right)}$$



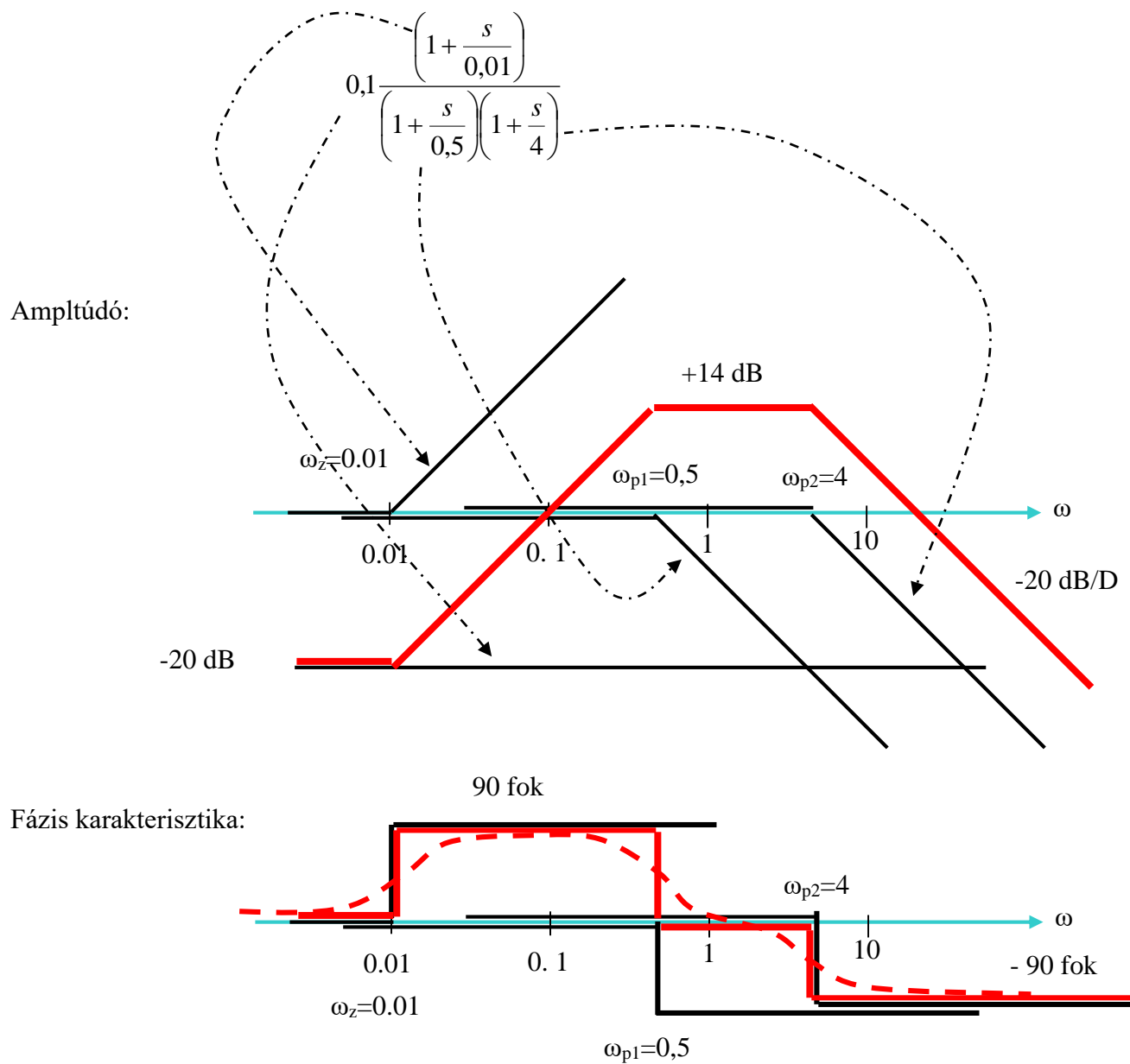
A Bode-normált gyöktényezős alak paraméterei a zérusokhoz (számláló) és a pólusokhoz tartozó törésponti frekvenciák ( $\omega_z$ ,  $\omega_{p1}$ ,  $\omega_{p2}$ ) és a  $k$  erősítés.

Tehát:

$$K(s) = \frac{2 + 200s}{20 + 45s + 10s^2} = \frac{2(1 + 100s)}{20(1 + 2,25s + 0,5s^2)} = 0,1 \frac{(1 + 100s)}{(1 + 2s)(1 + 0,25s)} = 0,1 \frac{\left(1 + \frac{s}{0,01}\right)}{\left(1 + \frac{s}{0,5}\right) \left(1 + \frac{s}{4}\right)}$$

két valós gyök:  
 $p_1 = -0,5$  és  $p_2 = -4$

Az eredő Bode diagram az egyes gyöktényezőkhez tartozó Bode diagram építőkockák grafikus összege:

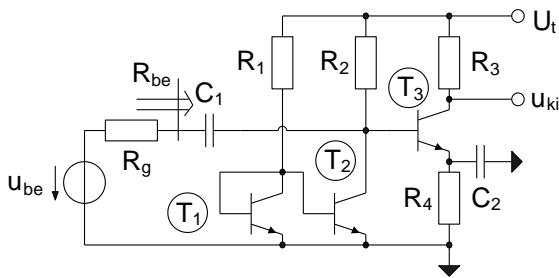


## 5.) Feladat

 $T_1, T_2$ :  $n$ - $p$ - $n$  tranzisztorok,  $\beta_1=B_1=\beta_2=B_2 \rightarrow \infty$ ,  $U_{BE0}=0.6$  V

 $T_3$ :  $n$ - $p$ - $n$  tranzisztor,  $\beta_3=B_3=99$ ,  $U_{BE0}=0.6$  V

Kérdések:



a.)  $I_{E01}=?$ ,  $I_{E02}=?$

b.)  $I_{E03}=?$

c.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ ,  $C_1=C_2 \rightarrow \infty$

d.)  $R_{be}=?$ ,  $C_1=C_2 \rightarrow \infty$

e.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$   $C_1=100nF$ ,  $C_2 \rightarrow \infty$ ,  $C_t=100pF$

terhelő kábelkapacitás a  $T_3$  bázisa és a föld között

Adatok:

$U_t = 15$  V,  $R_1 = 43,2$  k $\Omega$ ,  $R_2 = 24$  k $\Omega$ ,  $R_3 = 5$  k $\Omega$ ,

$R_4 = 6,16$  k $\Omega$ ,  $R_g = 2$  k $\Omega$ ,

Megoldás:

a.)  $I_{E01}=?$ ,  $I_{E02}=?$  ( $T_1, T_2$ : nem kap vezérlést, csak  $T_3$  MP-jának beállítását szolgálja.)

$$U_t = I_{E01}R_1 + U_{BE01} \quad I_{E01} = \frac{U_t - U_{BE01}}{R_1} = \frac{15 - 0.6}{43.2} = 0.333 \text{ mA}$$

$$I_{E02} = I_{E01} = 0.333 \text{ mA} \quad \text{mert: } (U_{BE01} = U_{BE02})$$

b.)  $I_{E03}=?$

$$U_t = [I_{E02} + (1 - A_3)I_{E03}]R_2 + U_{BE03} + I_{E03}R_4$$

$$I_{E03} = \frac{U_t - I_{E02}R_2 - U_{BE03}}{R_4 + (1 - A_3)R_2} = \frac{15 - 24/3 - 0.6}{6.16 + 0.01 \cdot 24} = \frac{6.4}{6.4} = 1 \text{ mA}$$

c.)  $R_{be}=?$ ,  $C_1=C_2 \rightarrow \infty$   $r_{d3} = \frac{U_T}{I_{E03}} = \frac{26mV}{1mA} = 26 \Omega$

$$R_{be} = R_2 \times [(1 + \beta_3)r_{d3}] = 24 \times 2.6 = 2.34 \text{ k}\Omega$$

d.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ ,  $C_1=C_2 \rightarrow \infty$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = L_{be}A_{\bar{u}} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \left( -\alpha_3 \frac{R_3}{r_{d3}} \right) = -\frac{2.34}{2 + 2.34} \frac{0.99 \cdot 5}{0.026} = -102.6$$

e.) Csak a csatoló kapacitást figyelembe véve:  $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?$   $C_1 = 100nF$ ,  $C_2 \rightarrow \infty$ ,  $C_t = 0$ .

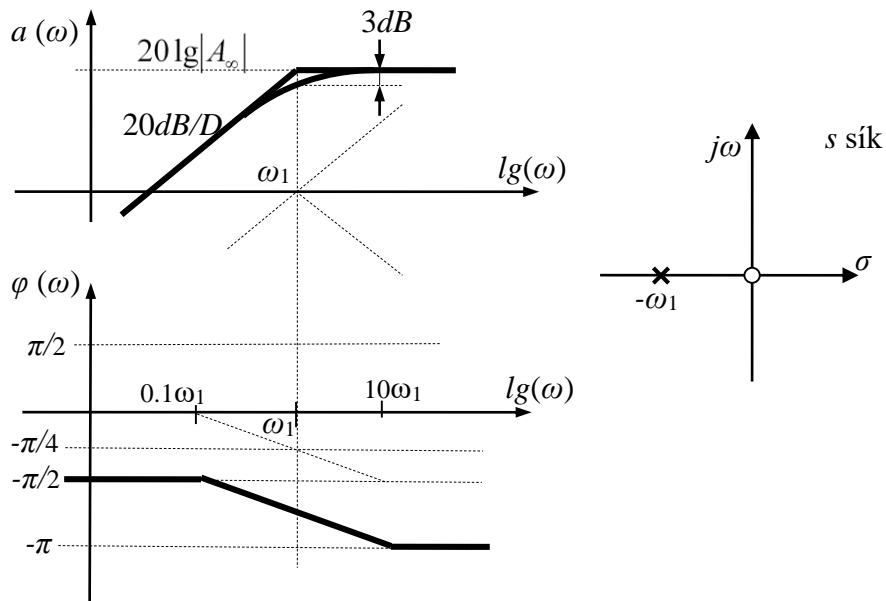
A csatoló kapacitás egy alsó sávkorlátot okozó felül áteresztő hálózatot valósít meg, ahol a frekvencia független, nagyfrekvenciás tartományra az előző pontban kiszámított üzemi sávi erősítés jellemző ( $A_\infty$ ).

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \left( -\alpha \frac{R_3}{r_{d3}} \right) \frac{s/\omega_1}{1 + s/\omega_1} = A_\infty \frac{s/\omega_1}{1 + s/\omega_1}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{(R_g + R_{be})C_1} = \frac{1}{(2000 + 2340)100 \cdot 10^{-9}} = 2,3 \text{krad/s} = 367 \text{Hz}, \quad f_a = \frac{\omega_a}{2\pi} = 367 \text{Hz}$$

$$A_\infty = -102.6$$

$$A_\infty^{dB} = 20 \lg 102.6 = 40.2 \text{dB}$$



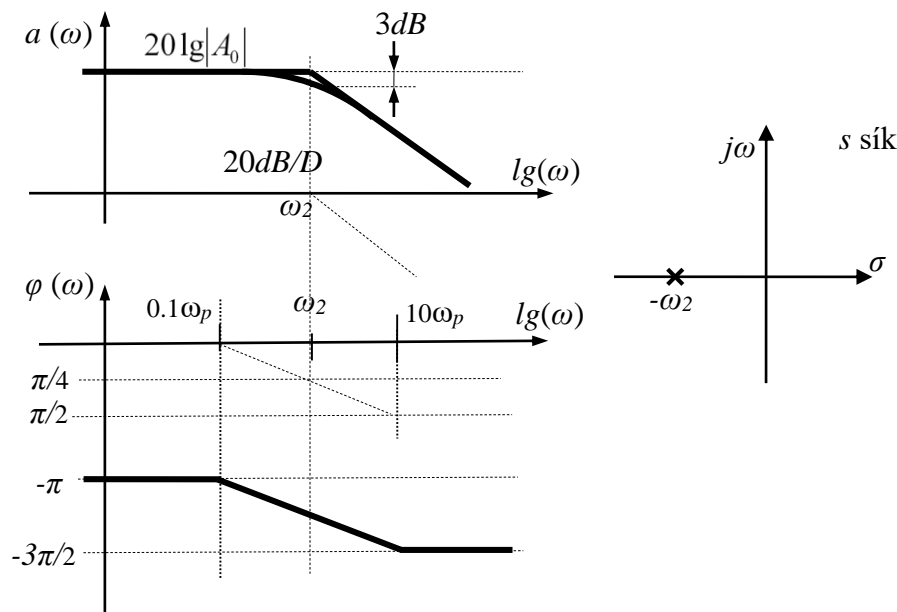
Csak a terhelő kapacitást figyelembe véve:  $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?$   $C_1 \rightarrow \infty$ ,  $C_2 \rightarrow \infty$ ,  $C_t = 100pF$ .

A terhelő kapacitás egy felső sávkorlátot okozó aluláteresztő hálózatot valósít meg, ahol a frekvencia független, kisfrekvenciás tartományra az előző pontban kiszámított üzemi sávi erősítés jellemző ( $A_0$ ).

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \left( -\alpha \frac{R_3}{r_{d3}} \right) \frac{1}{1 + s/\omega_2} = A_0 \frac{1}{1 + s/\omega_2}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{C_t(R_g \times R_{be})} = \frac{1}{100 \times 10^{-12}(2000 \times 2340)} = 9,3 \text{ Mrad/s}$$

$$f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi} = 1,4 \text{ MHz}$$



Mivel a csatoló és a terhelő kapacitás hatása nagyon távoli frekvenciákon jelentkezett, a külön vizsgálatuk helyes volt.

A működésre három sáv jellemző:

- Közepes frekvenciás sáv – frekvencia független üzemi sáv
- Kisfrekvenciás tartomány – az üzemi sávot alulról a csatoló kapacitás által meghatározott alsó határfrekvencia határolja,
- Nagyfrekvenciás tartomány - az üzemi sávot felől a terhelő kapacitás által meghatározott felső határfrekvencia határolja

