

## A 2009-es vizsgákon szereplő elméleti kérdések

### Kivezérelhetőség és teljesítményfokokozatok:

1. Ismertesse a „B” osztályú teljesítményfokozat tulajdonságait ( $P_{fmax}$ ,  $P_{Tmax}$ ,  $P_{Dmax(1tr)}$ ,  $\eta_{Tmax}$ )! (szinuszos kimenő jellel)!

$$P_{fmax} = \frac{(U_t - U_m)^2}{2R_f} \quad P_{Tmax} = 2U_t \overline{i_C(t)}_{max} = 2U_t \frac{I_{Cmax}}{\pi} = \frac{2}{\pi} U_t \frac{U_t - U_m}{R_f}$$

$$P_{Dmax(1tr)} = \frac{2}{\pi^2} \frac{U_t^2}{R_f} - \frac{1}{\pi^2} \frac{U_t^2}{R_f} = \frac{1}{\pi^2} \frac{U_t^2}{R_f}$$

$$\eta_T = \frac{P_{fmax}}{P_{Tmax}} = \frac{(U_t - U_m)^2}{2R_f} \frac{\pi}{2} \frac{R_f}{U_t(U_t - U_m)} = \frac{\pi}{4} \left(1 - \frac{U_m}{U_t}\right) \lesssim 78\%$$

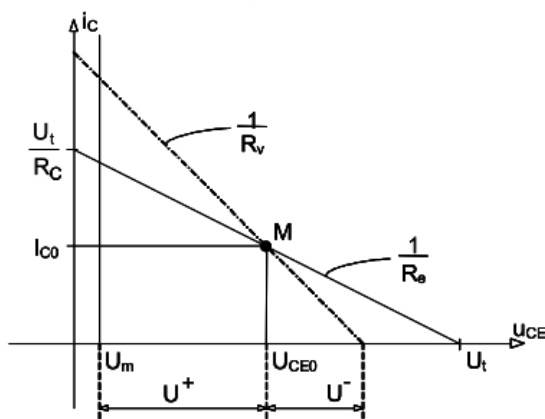
2. Ismertesse az „A” osztályú teljesítményfokozat tulajdonságait ( $P_{fmax}$ ,  $P_{Tmax}$ ,  $P_{Dmax(1tr)}$ ,  $\eta_{Tmax}$ )! (szinuszos kimenő jellel)!

$$P_{fmax} = \frac{(U_t - U_m)^2}{2R_f} \quad P_{Tmax} = 2U_t I_{C0opt} = 2U_t \frac{U_t - U_m}{2R_f}$$

$$P_{Dmax(1tr)} = U_t I_{C0opt} = U_t \frac{U_t - U_m}{2R_f}$$

$$\eta_{Topt} = \frac{P_{fmax}}{P_{Tmax}} = \frac{(U_t - U_m)^2}{2R_f} \frac{1}{2U_t} \frac{2R_f}{U_t - U_m} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{U_m}{U_t}\right) < 50\%$$

3. Ismertesse az egy telepes bipoláris tranzisztoros kapcsolás kivezérelhetőségét **kapacitív** csatolású fogyasztó esetén (az egyenáramú munkaegyenes meredekségét meghatározó ellenállás értéke, a váltóáramú munkaegyenes meredekségét meghatározó ellenállás értéke, az  $U_{ki}^+$  és az  $U_{ki}^-$  értéke)!



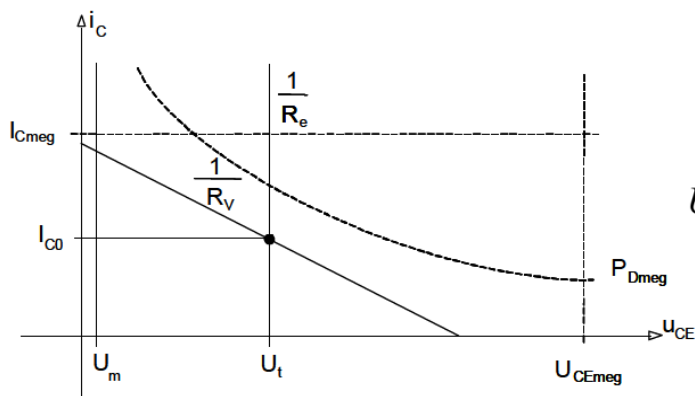
$$R_e = R_C$$

$$R_v = R_C \times R_f$$

$$U^+ = U_{CE0} - U_m = U_t - I_{C0}R_e - U_m$$

$$U^- = I_{C0}R_v$$

4. Ismertesse az egy telepes bipoláris tranzisztoros kapcsolás kivezérelhetőségét **induktív** csatolású fogyasztó esetén (az egyenáramú munkaegyenes meredekségét meghatározó ellenállás értéke, a váltóáramú munkaegyenes meredekségét meghatározó ellenállás értéke, az  $U_{ki}^+$  és az  $U_{ki}^-$  értéke)!



$$R_e = 0$$

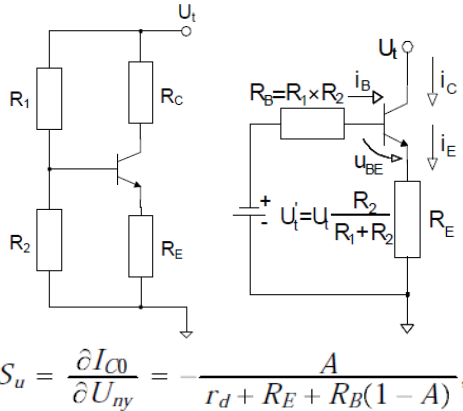
$$R_v = R_f$$

$$U^+ = U_t - I_{C0}R_e - U_m = U_t - U_m$$

$$U^- = I_{C0}R_v$$

## Munkapontbeállítás

5. Ismertesse a bipoláris tranzisztorok munkapontbeállításával kapcsolatos alábbi fogalmakat: (**egy telepes** munkapontbeállító áramkör **bázisosztóval** kapcsolási rajz, a munkaponti  $I_{E0}$  számítása **végtelen  $\beta$**  esetén ( $U_{BE0}$  adott), a munkaponti  $I_{E0}$  számítása **véges  $\beta$**  esetén ( $U_{BE0}$  adott), az  $S_u$  feszültségstabilitási tényező értéke)!



$$I_{E0} = \frac{U_t' - U_{BE0} + R_B I_{CB0}}{R_E + R_B(1 - A)}$$

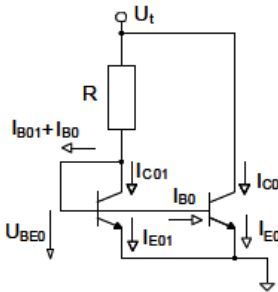
végtelen $\beta$ esetén:	véges $\beta$ esetén:
$I_{E0} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{U_t - U_{BE0}}{R_E}$	$I_{E0} = \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_t - U_{BE0}}{\frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} + R_E}$

$$S_u = \frac{\partial I_{C0}}{\partial U_{ny}} = - \frac{A}{r_d + R_E + R_B(1 - A)}$$

6. Ismertesse a bipoláris tranzisztorok munkapontbeállításával kapcsolatos alábbi fogalmakat: (**két telepes** munkapontbeállító áramkör **bázisosztó nélkül** kapcsolási rajz, a munkaponti  $I_{E0}$  számítása **végtelen  $\beta$**  esetén ( $U_{BE0}$  adott), a munkaponti  $I_{E0}$  számítása **véges  $\beta$**  esetén ( $U_{BE0}$  adott), az  $S_u$  feszültségstabilitási tényező értéke)!

Kb. ugyanaz, mint előbb.

7. Ismertesse a bipoláris **n-p-n** tranzisztorokkal felépített **áramtükör** tulajdonságait (kapcsolási rajz, meghatározó áramköri egyenletek, az  $I_{E0}$  számítása,  $S_u$  feszültségstabilitási tényező)



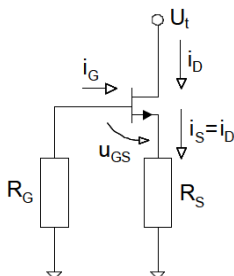
$$I_{C0} = I_{C01},$$

$$I_{E01} + I_{B0} = I_{E0} + I_{B0} = I_{E0} + (1 - A)I_{E0} - I_{CB0} = \frac{U_t - U_{BE0}}{R}$$

$$I_{E0} = \frac{U_t - U_{BE0} + R I_{CB0}}{R + R(1 - A)}$$

$$S_u = \frac{\partial I_{C0}}{\partial U_{ny}} = - \frac{A}{r_d + R_E + R_B(1 - A)}$$

8. Ismertesse az **n-csatornás záró** típusú karakterisztikával rendelkező FET-ek munkapontbeállításával kapcsolatos alábbi fogalmakat (egy telepes munkapontbeállító áramkör kapcsolási rajz, a munkaponti  $I_{S0}$  számítása négyzetes karakterisztika esetén ( $U_P < 0$  és  $I_{D00}$  adott), az elzáródáshoz szükséges drain feszültség minimális értéke, az  $S_u$  feszültségstabilitási tényező értéke)!



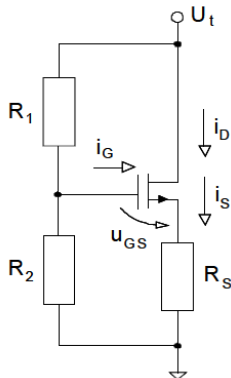
$$S_u = - \frac{1}{R_S + \frac{1}{g_m}}$$

$$i_D = i_S \cong I_{DSS} \left( 1 - \frac{u_{GS}}{U_P} \right)^2$$

$$U_P < u_{GS} < 0,$$

Az elzáródás akkor következik be, amikor a gate-drain feszültség eléri az elzáródási feszültség értékét, azaz  $u_{GD} = U_P$

9. Ismertesse az **n-csatornás nyitó** típusú karakterisztikával rendelkező FET-ek munkapontbeállításával kapcsolatos alábbi fogalmakat (egy telepes munkapontbeállító áramkör gate osztóval kapcsolási rajz, a munkaponti  $I_{S0}$  számítása négyzetes karakterisztika esetén ( $U_P > 0$  és  $I_{D00}$  adott), az elzáródáshoz szükséges drain feszültség minimális értéke, az  $S_u$  feszültségstabilitási tényező értéke)!



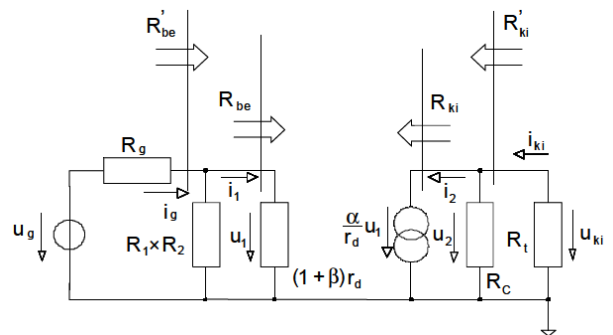
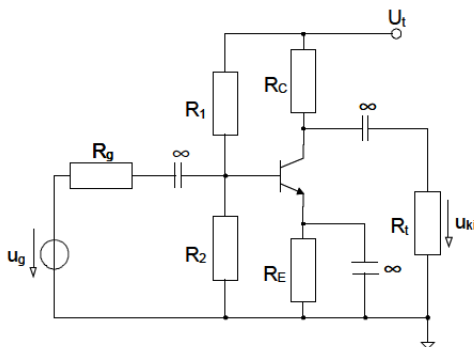
$$i_D = i_S = I_{D00} \left( \frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2$$

$$0 < U_P < u_{GS}$$

$$S_u = - \frac{1}{R_S + \frac{1}{S}}$$

### Kisjelű paraméterek

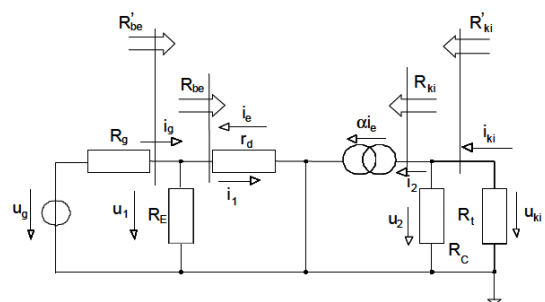
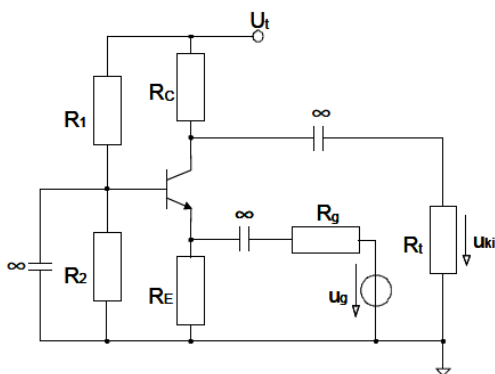
10. Rajzolja fel a bipoláris **n-p-n** tranzisztoros **földelt emitteres** fokozat kapcsolási elrendezését és kisjelű helyettesítő képét! Adja meg az alapkapsolás következő két kisjelű paraméterét:  $A_u, A_i$ !



$$A_u = \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{u_2}{u_1} = \frac{-\frac{\alpha u_1}{r_d} (R_C \times R_t)}{u_1} = -\alpha \frac{R_C \times R_t}{r_d}$$

$$A_i = \frac{i_2}{i_1} = \frac{\frac{\alpha u_1}{r_d}}{\frac{u_1}{(1+\beta)r_d}} = \alpha(1+\beta) = \beta,$$

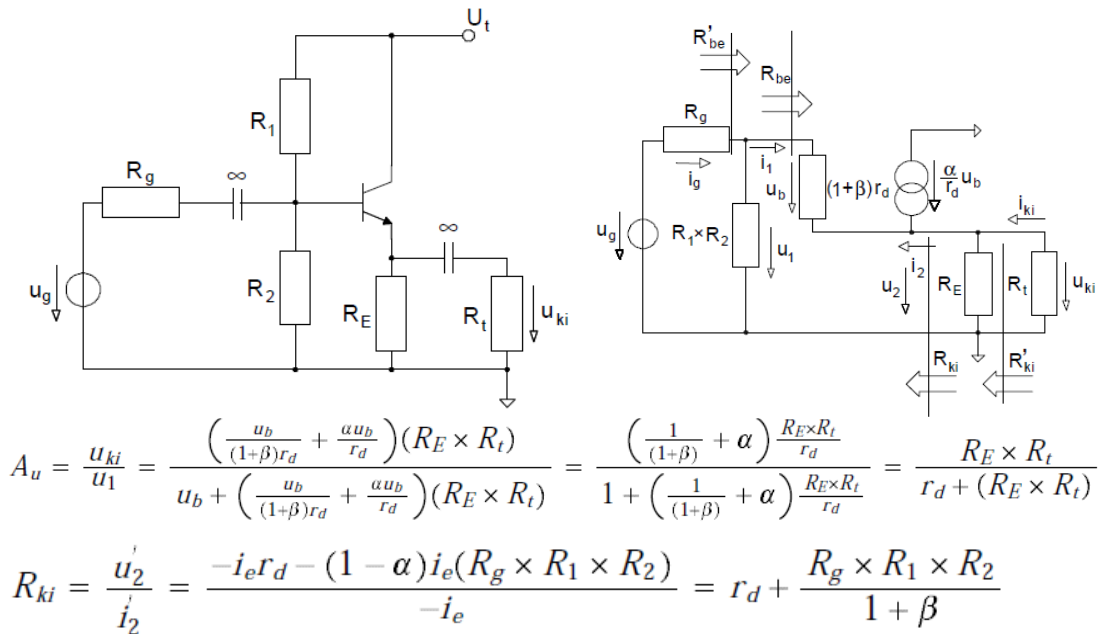
11. Rajzolja fel a bipoláris **n-p-n** tranzisztoros **földelt bázisú** fokozat kapcsolási elrendezését és kisjelű helyettesítő képét! Adja meg az alapkapsolás következő két kisjelű paraméterét:  $A_u, R_{be}$ !



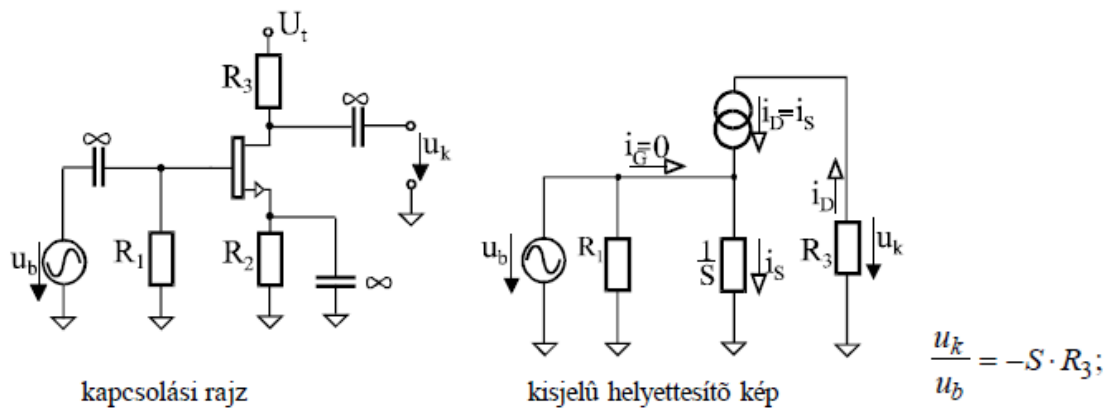
$$A_u = \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{-\alpha i_e (R_C \times R_t)}{-i_e r_d} = \alpha \frac{R_C \times R_t}{r_d}$$

$$R_{be} = \frac{u_1}{i_1} = \frac{-i_e r_d}{-i_e} = r_d$$

12. Rajzolja fel a bipoláris **n-p-n** tranzisztoros **földelt kollektoros** fokozat kapcsolási elrendezését és kisjelű helyettesítő képét! Adja meg az alapkapsolás következő két kisjelű paraméterét:  $A_u$ ,  $R_{ki}$ !

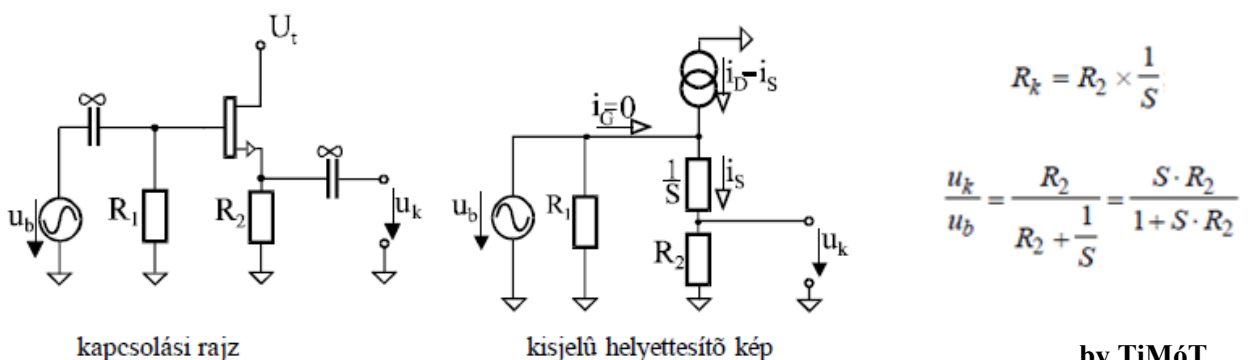


13. Rajzolja fel a **betöltéses** (=növekményes) **n-csatornás** MOS FET-es **földelt source-os** fokozat kapcsolási elrendezését és kisjelű helyettesítő képét! Adja meg az alapkapsolás következő két kisjelű paraméterét:  $A_u$ ,  $A_i$ !



14. Rajzolja fel a **betöltéses n-csatornás** MOS FET-es **földelt gate-es** fokozat kapcsolási elrendezését és kisjelű helyettesítő képét! Adja meg az alapkapsolás következő két kisjelű paraméterét:  $A_u$ ,  $R_{be}$ !

15. Rajzolja fel a betöltéses **n-csatornás** MOS FET-es **földelt drain-es** fokozat kapcsolási elrendezését és kisjelű helyettesítő képét! Adja meg az alapkapsolás következő két kisjelű paraméterét:  $A_u$ ,  $R_{ki}$ !



16. Ismertesse a **földelt kollektoros** alapkapsolás kisjelű paramétereit (előjelesen):  $A_u$ , feszültségerősítés;  $A_i$ , áramerősítés;  $R_{be}$ , bemeneti ellenállás;  $R_{ki}$ , kimeneti ellenállás!

$$A_u = \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{\left(\frac{u_b}{(1+\beta)r_d} + \frac{\alpha u_b}{r_d}\right)(R_E \times R_t)}{u_b + \left(\frac{u_b}{(1+\beta)r_d} + \frac{\alpha u_b}{r_d}\right)(R_E \times R_t)} = \frac{\left(\frac{1}{(1+\beta)} + \alpha\right) \frac{R_E \times R_t}{r_d}}{1 + \left(\frac{1}{(1+\beta)} + \alpha\right) \frac{R_E \times R_t}{r_d}} = \frac{R_E \times R_t}{r_d + (R_E \times R_t)}$$

$$A_i = \frac{i_2}{i_1} = \frac{-\left(\frac{u_b}{(1+\beta)r_d} + \frac{\alpha u_b}{r_d}\right)}{\frac{u_b}{(1+\beta)r_d}} = \frac{-\left(\frac{1}{(1+\beta)} + \alpha\right)}{\frac{1}{(1+\beta)}} = -(1 + \beta)$$

$$R_{be} = \frac{u_1}{i_1} = \frac{u_b + \left(\frac{u_b}{(1+\beta)r_d} + \frac{\alpha u_b}{r_d}\right)(R_E \times R_t)}{\frac{u_b}{(1+\beta)r_d}} = (1 + \beta)(r_d + (R_E \times R_t))$$

$$R_{ki} = \frac{u_2}{i_2} = \frac{-i_e r_d - (1 - \alpha)i_e(R_g \times R_1 \times R_2)}{-i_e} = r_d + \frac{R_g \times R_1 \times R_2}{1 + \beta}$$

17. Ismertesse a **földelt emitteres** alapkapsolás kisjelű paramétereit (előjelesen):  $A_u$ , feszültségerősítés;  $A_i$ , áramerősítés;  $R_{be}$ , bemeneti ellenállás;  $R_{ki}$ , kimeneti ellenállás!

$$A_u = \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{u_2}{u_1} = \frac{-\frac{\alpha u_1}{r_d}(R_C \times R_t)}{u_1} = -\alpha \frac{R_C \times R_t}{r_d}$$

$$A_i = \frac{i_2}{i_1} = \frac{\frac{\alpha u_1}{r_d}}{\frac{u_1}{(1+\beta)r_d}} = \alpha(1 + \beta) = \beta$$

$$R_{be} = \frac{u_1}{i_1} = \frac{u_1}{\frac{u_1}{(1+\beta)r_d}} = (1 + \beta)r_d \quad R_{ki} = \infty$$

18. Ismertesse a **földelt bázisú** alapkapsolás kisjelű paramétereit (előjelesen):  $A_u$ , feszültségerősítés;  $A_i$ , áramerősítés;  $R_{be}$ , bemeneti ellenállás;  $R_{ki}$ , kimeneti ellenállás!

$$A_u = \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{-\alpha i_e (R_C \times R_t)}{-i_e r_d} = \alpha \frac{R_C \times R_t}{r_d}$$

$$A_i = \frac{i_2}{i_1} = \frac{\alpha i_e}{-i_e} = -\alpha$$

$$R_{be} = \frac{u_1}{i_1} = \frac{-i_e r_d}{-i_e} = r_d \quad R_{ki} = \infty$$

19. Ismertesse a **földelt drain-es** alapkapsolás kisjelű paramétereit (előjelesen):  $A_u$ , feszültségerősítés;  $A_i$ , áramerősítés;  $R_{be}$ , bemeneti ellenállás;  $R_{ki}$ , kimeneti ellenállás!

$$R_b = R_1; \quad R_k = R_2 \times \frac{1}{S}; \quad \frac{u_k}{u_b} = \frac{R_2}{R_2 + \frac{1}{S}} = \frac{S \cdot R_2}{1 + S \cdot R_2}$$

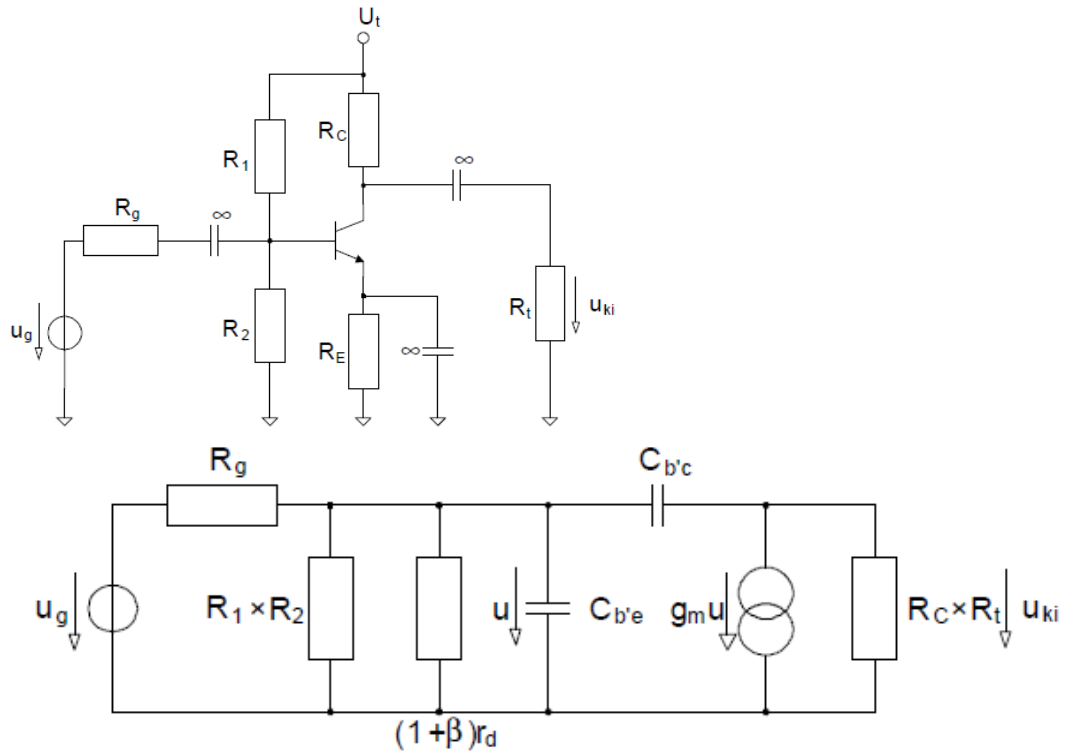
20. Ismertesse a **földelt source-os** alapkapsolás kisjelű paramétereit (előjelesen):  $A_u$ , feszültségerősítés;  $A_i$ , áramerősítés;  $R_{be}$ , bemeneti ellenállás;  $R_{ki}$ , kimeneti ellenállás!

$$\frac{u_k}{u_b} = -S \cdot R_3; \quad R_b = R_1; \quad R_k = R_3$$

21. Ismertesse a **földelt gate-es** alapkapsolás kisjelű paramétereit (előjelesen):  $A_u$ , feszültségerősítés;  $A_i$ , áramerősítés;  $R_{be}$ , bemeneti ellenállás;  $R_{ki}$ , kimeneti ellenállás!

## Frekvenciafüggés

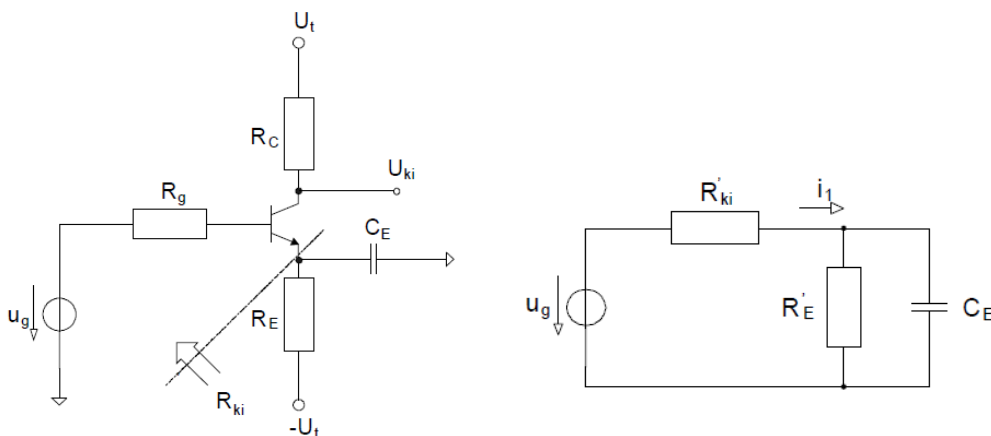
22. Ismertesse a **Miller-hatás** fogalmát (a **FE fokozat** kapcsolási rajza a belső kapacitások bejelölésével, a kapcsolás kisjelű modellje, a Miller kapacitás értéke, a FE fokozat bemenetén mérhető eredő párhuzamos kapacitás közelítő értéke)!



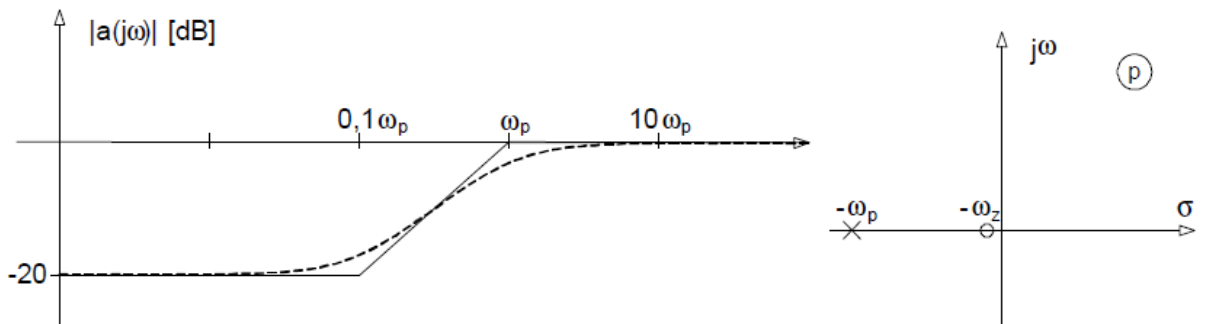
$$C_M = C_{b'c}(1 - A_U)$$

$$C_{p1} = C_{b'e} + C_{b'c}(1 + g_m(R_C \times R_t)) = C_{b'e} + C_M$$

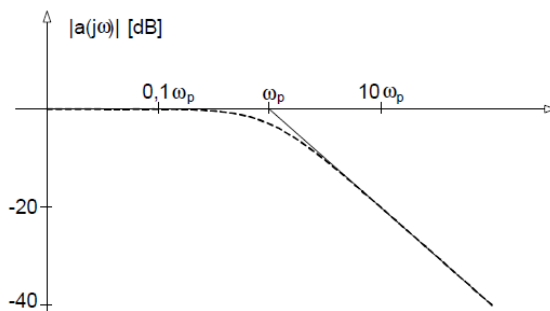
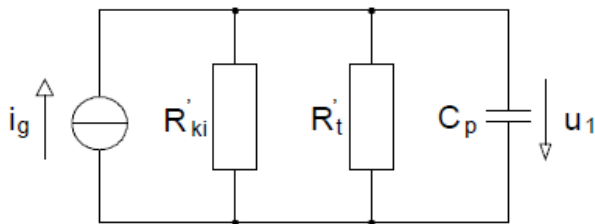
23. Ismertesse az **emitter kondenzátor** hatását a fokozat átviteli függvényére (a FE fokozat kapcsolási rajza a véges generátor ellenállással és emitter kondenzátorral, a kapcsolás kisjelű modellje, az emitter kondenzátor által létrehozott pólus és zérus értéke, Bode-diagram)!



$$a(p) = \frac{R'_{ki}}{R'_{ki} + R'_E} \frac{1 + pC_E R'_E}{1 + pC_E (R'_E \times R'_{ki})} \quad \omega_p = \frac{1}{C_E (R'_E \times R'_{ki})}, \quad \text{és} \quad \omega_z = \frac{1}{C_E R'_E}$$



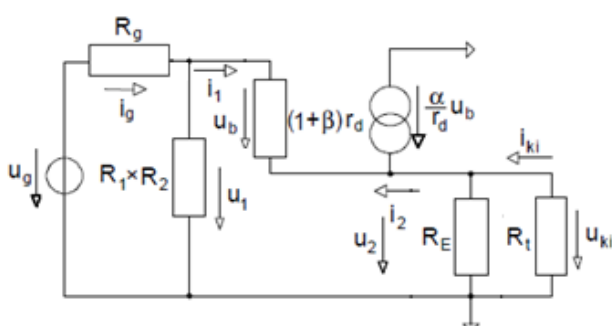
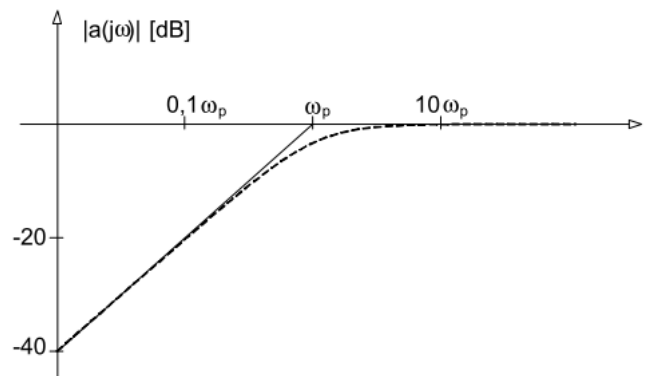
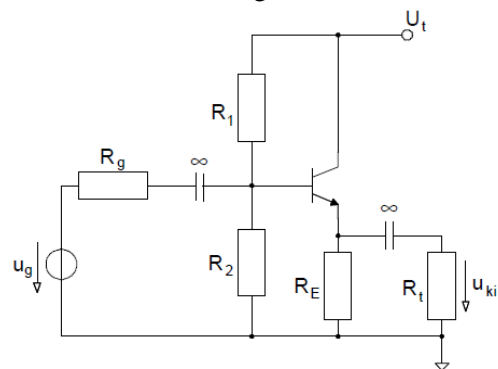
24. Ismertesse a tranzisztoros alapkapsolások **nagyfrekvenciás átvitelével** kapcsolatos elméleti alapokat (a párhuzamos RC tag hatása, a párhuzamos RC tag Bode-diagramja, a FE fokozat Miller-kondenzátorának az értéke, a FB fokozat Miller-kondenzátorának az értéke)!



**FE fokozat Miller-kondenzátorának az értéke :**  $C_M = C_V(1 - A_U)$

**FB fokozat Miller-kondenzátorának az értéke:** nincs Miller effektus

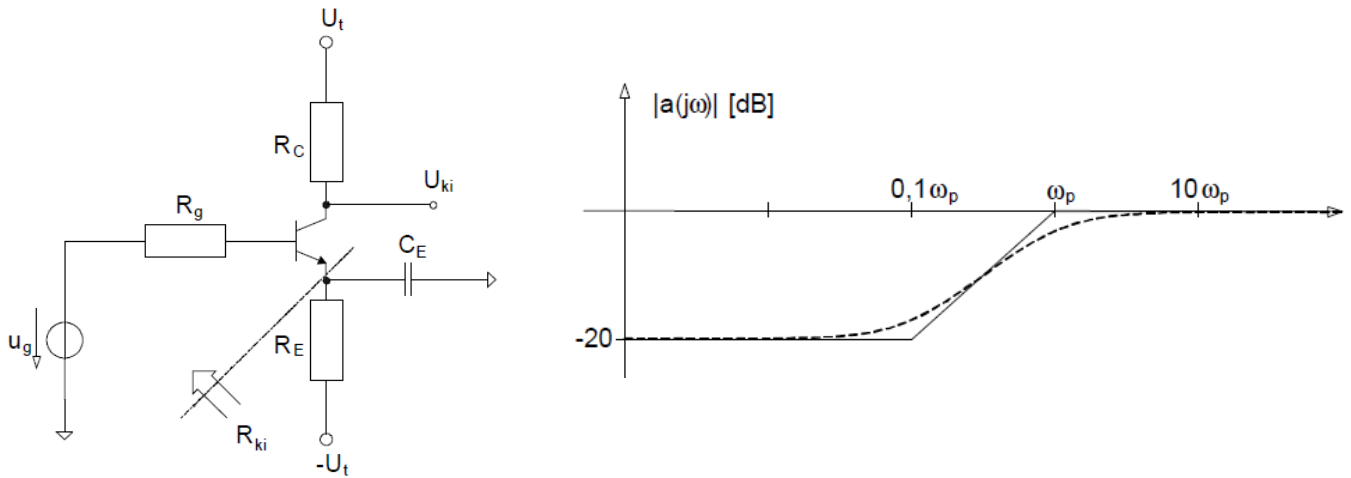
25. Ismertesse a **csatoló kondenzátor** hatását a fokozat **átviteli függvényére** (a **földelt kollektoros** (FC) fokozat kapcsolási rajza véges generátor ellenállással és a generátor oldalon csatoló kondenzátorral, a kapcsolás kisjelű modellje, a csatoló kondenzátor által létrehozott pólus értéke, Bode-diagram)!



$$\omega_p = \frac{1}{C_c (R'_{be} + R'_g)}$$

26. Ismertesse a **csatolókondenzátor hatását az erősítők átvitelére** (kapcsolási rajz, pólus és zérus frekvencia értéke, Bode-alak, Bode amplitúdó-karakterisztika)!

27. Ismertesse az **emitterkondenzátor hatását az erősítők átvitelére** (kapcsolási rajz, pólus és zérus frekvencia értéke, Bode-alak, Bode amplitúdó-karakterisztika)!

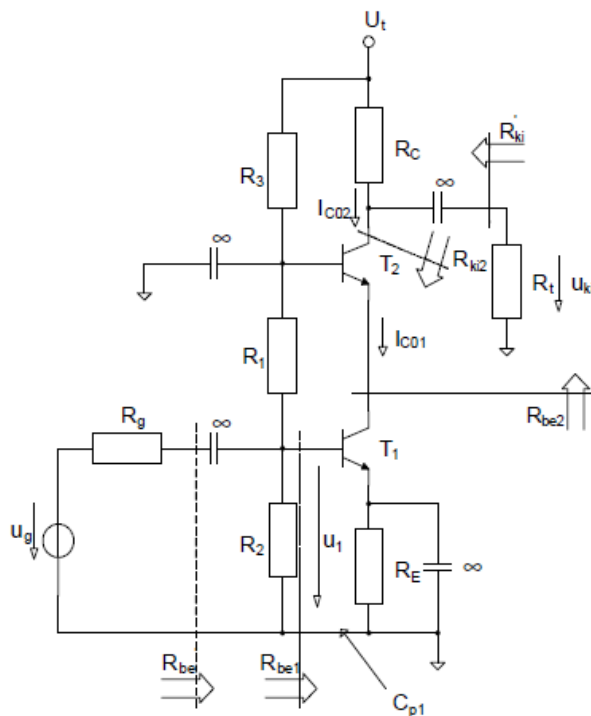


$$\omega_p = \frac{1}{C_E(R'_E \times R'_{ki})}, \quad \text{és} \quad \omega_z = \frac{1}{C_E R'_E} \quad a(p) = \frac{R'_{ki}}{R'_{ki} + R'_E} \frac{1 + pC_E R'_E}{1 + pC_E(R'_E \times R'_{ki})}$$

28. Ismertesse a jelútban lévő **párhuzamos RC tag hatását az erősítők átvitelére** (kapcsolási rajz, pólus és zérus frekvencia értéke, Bode-alak, Bode amplitúdó-karakterisztika)!

**Kaskód fokozat és differenciálerősítő**

29. Ismertesse a **kaskód fokozat** tulajdonságait (kapcsolási rajz, kijelű modell, az első és második fokozat erősítése, a bemenetre transzformálódó Miller-kapacitás értéke)!



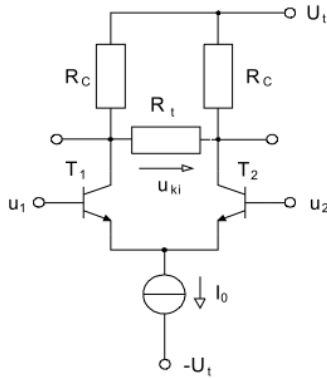
$$A_{u2} = \alpha_2 \frac{R_C \times R_t}{r_{d2}}$$

$$A_{u1} = -\alpha_1 \frac{r_{d2}}{r_{d1}}$$

$$C_M = C_{b'c1}(1 - A_{u1})$$

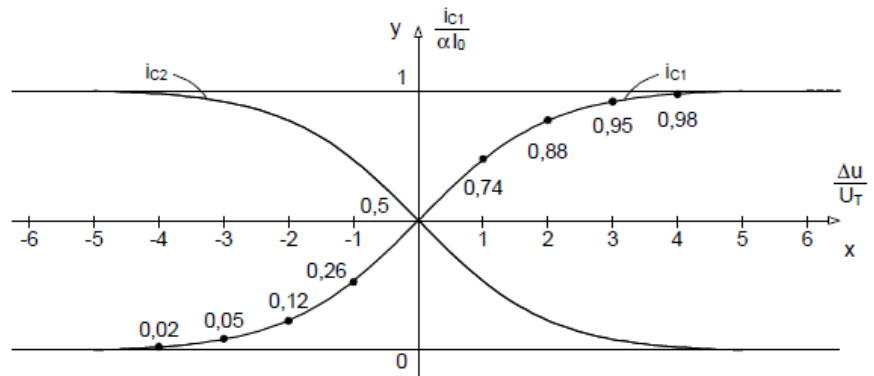


30. Ismertesse a **differenciálerősítő** jellemzőit (kapcsolási rajz, a kisjelű differenciál módusú erősítés értéke, az  $U_{off}$  fogalma, a nagyjelű transzfer karakterisztika  $i_{c1}=f(\Delta u)$ )!



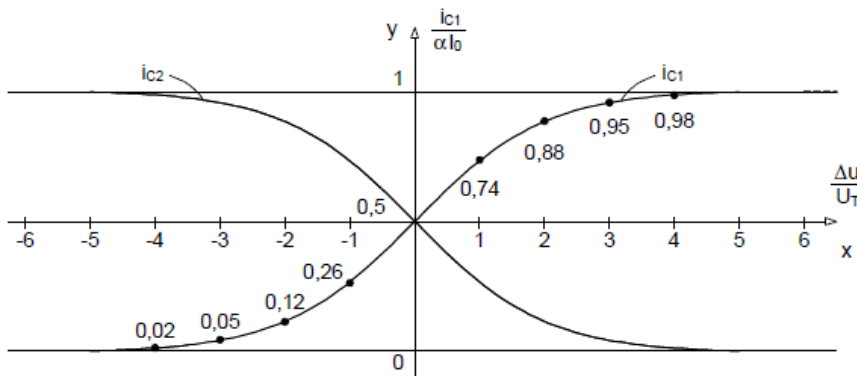
$$i_{E1} = I_0 \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{\Delta u}{U_T}\right)} = \frac{I_0}{2} \left[ 1 + \tanh\left(\frac{\Delta u}{2U_T}\right) \right]$$

$$S_D = \frac{i_{c1} - i_{c2}}{u_D} \Big|_{u_K=0} = \alpha \frac{2R_A + \frac{R_1 - R_2}{2}}{N}$$

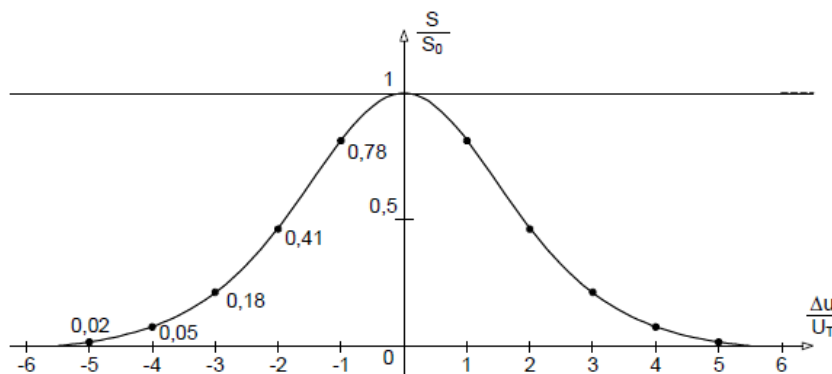


A valóságos differenciálerősítő kimeneti áramai  $u_1 = u_2 = 0$  feszültség esetén nem lesznek azonosak, mivel a tranzisztorok paraméterei és hőmérséklete eltér egymástól. Ahhoz, hogy a két kimeneti áram azonos legyen, a bemenetet egy adott egyenfeszültséggel kell vezérelni. Az offset feszültség az azonos kollektoráramokhoz tartozó  $u_{BE1}$  és  $u_{BE2}$  feszültségek különbsége.

31. Ismertesse a **differenciálerősítő** alábbi jellemzőit: **nagyjelű**  $i_{c1} - \Delta u$  karakterisztika, a meredekség szintfüggése ( $S(\Delta u)$ ), az offset feszültség függése a tranzisztorok felületétől, a **KME** fogalma!

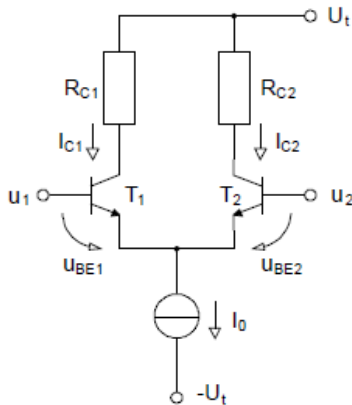


$$U_{off} = U_T \ln\left(\frac{F_2}{F_1}\right)$$



Közös módusú elnyomási (KME) tényezőnek nevezzük a differenciál módusú, illetve közös módusú jelekre vonatkozó érzékenységek hányadosát, mivel ez a szám azt mutatja meg, hogy azonos nagyságú differenciál, illetve közös módusú vezérlés hatására a fokozat kimenetén - egymáshoz viszonyítva - mekkora nagyságú jel jelenik meg. A közös módusú elnyomási tényező a fenti érzékenységek hányadosának az abszolút értéke, mivel csak a kétféle jel nagyságának a viszonya hordoz információt számunkra.

32. Adja meg a **differenciálerősítő munkapontbeállításával** kapcsolatos legfontosabb fogalmakat (kapcsolási rajz, az  $U_{off}$  offset feszültség definíciója, az  $I_{off}$  offset áram definíciója, az  $I_B$  bias áram definíciója)!

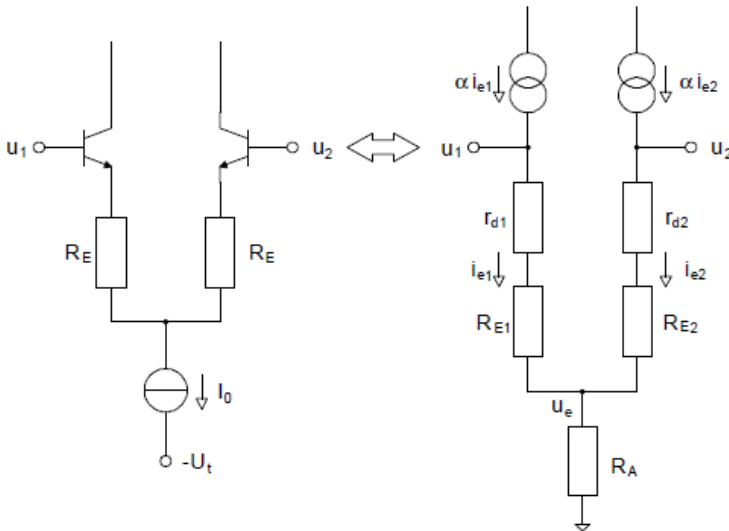


A valóságos differenciálerősítő kimeneti áramai  $u_1 = u_2 = 0$  feszültség esetén nem lesznek azonosak, mivel a tranzisztorok paraméterei és hőmérséklete eltér egymástól. Ahhoz, hogy a két kimeneti áram azonos legyen, a bemenetet egy adott egyenfeszültséggel kell vezérelni. Az offset feszültség ( $U_{of}$ ) az azonos kollektoráramokhoz tartozó  $u_{BE1}$  és  $u_{BE2}$  feszültségek különbsége.

$I_{off}$  pedig a munkaponti bázisáramok különbsége (a differenciálerősítő offset árama).

$I_B$  az átlagos munkaponti bázisáram (a differenciálerősítő bias árama)

33. Ismertesse a **differenciálerősítő kiszelű paramétereivel** kapcsolatos fontosabb fogalmakat (kapcsolási rajz, kiszelű helyettesítő kép, a differenciál módusú erősítés, a közös módusú erősítés)!

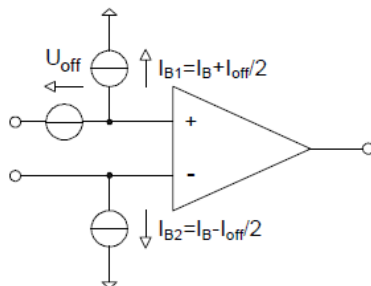


$$S_D = \frac{i_{c1} - i_{c2}}{u_D} \Big|_{u_K=0} = \alpha \frac{2R_A + \frac{R_1 + R_2}{2}}{N}$$

$$S_K = \frac{i_{c1} - i_{c2}}{u_K} \Big|_{u_D=0} = \alpha \frac{R_2 - R_1}{N}$$

### Műveleti erősítő és visszacsatolás

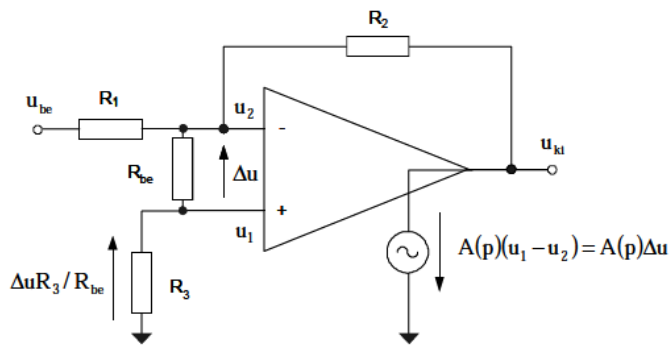
34. Ismertesse a **műveleti erősítők munkapont beállításával** kapcsolatos alapfogalmakat ( $U_{off}$ ,  $I_{off}$  ( $I_{B1}$ ,  $I_{B2}$ ), az egyenáramú modell, az eredő  $U_H$  kimeneti hibafeszültség a fázisfordító alapkapsolásban)!



$$U_{ki0} = U_{off} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - I_{off} R_2$$

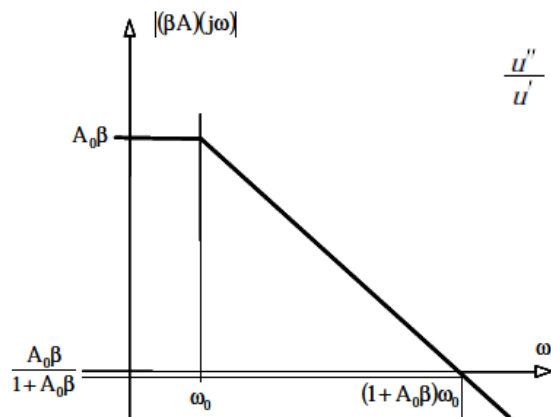
A modell leírja az erősítő bemenetére redukált offset feszültség ( $U_{off}$ ), és az erősítő bemenetein folyó átlagos bemeneti áram ( $I_B$ ) és offset áram ( $I_{off}$ ) hatását. Ezekkel a modellekkel a műveleti erősítő munkapontbeállítását lehet leírni.

35. Ismertesse a **véges erősítéssel és véges bemeneti ellenállással rendelkező műveleti erősítővel** felépített **fázisfordító** alkapcsolás visszacsatolt erősítését, ha az erősítő átviteli függvényében **egyetlen pólus** van (kapcsolási rajz, az ideális erősítés értéke, a visszacsatolt erősítés értéke, a visszacsatolt erősítés Bode-diagramja)!



$$\beta = \beta_{id}L = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \frac{R_{be}}{R_{be} + R_3 + (R_1 \times R_2)}$$

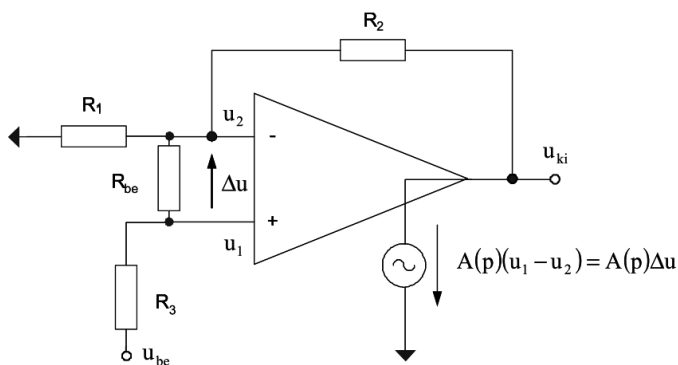
$$A_{ideális} = -\frac{R_2}{R_1}$$



$$\frac{u''}{u'} = -A(p) \frac{R_1}{R_1 + R_2} \frac{R_{be}}{R_3 + R_{be} + R_1 \times R_2} = -A(p)\beta_{id}L = -A(p)\beta$$

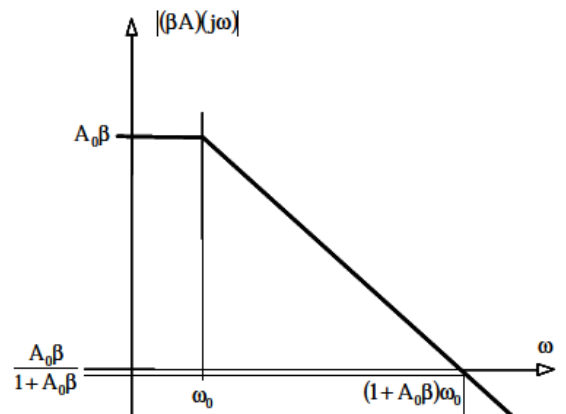
$$A(p) = \frac{A_0}{1 + \frac{p}{\omega_0}}$$

36. Ismertesse a **véges erősítéssel és véges bemeneti ellenállással rendelkező műveleti erősítővel** felépített **fázist nem fordító** alkapcsolás visszacsatolt erősítését, ha az erősítő átviteli függvényében **egyetlen pólus** van (kapcsolási rajz, az ideális erősítés értéke, a visszacsatolt erősítés értéke, a visszacsatolt erősítés Bode-diagramja)!



$$A_{ideális} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

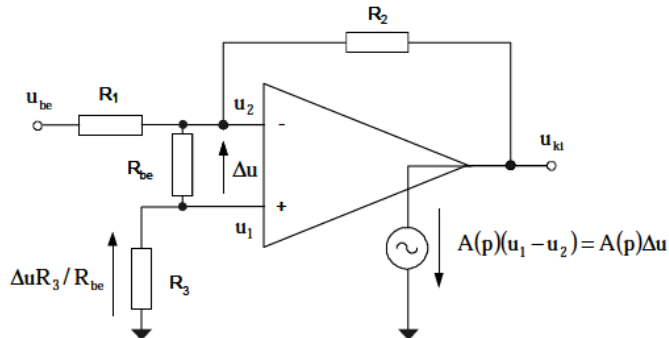
$$A(p) = \frac{A_0}{1 + \frac{p}{\omega_0}}$$



37. Ismertesse a **véges erősítéssel** és **véges bemeneti ellenállással** rendelkező **műveleti erősítővel** felépített **fázisfordító** alapkapsolás visszacsatolt erősítését, ha az erősítő átviteli függvényében **két pólus** van (kapsolási rajz, a visszacsatolt erősítés általános alakja (másodfokú átviteli függvény), a  $\zeta$  csillapítási tényező értéke, az  $\Omega_0$  törésponti frekvencia értéke)!

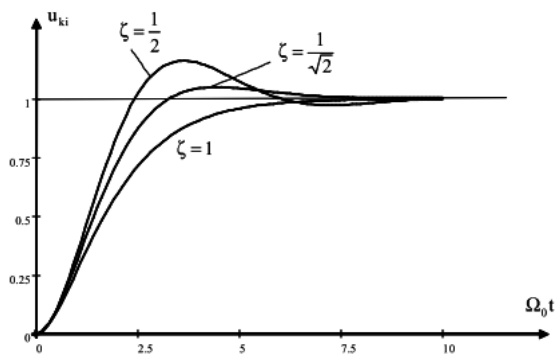
$$A(p) = \frac{A_0}{\left(1 + \frac{p}{\omega_1}\right)\left(1 + \frac{p}{\omega_2}\right)} \quad \Omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2 (1 + A_0 \beta)}, \quad \zeta = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\frac{\omega_1}{\omega_2}} + \sqrt{\frac{\omega_2}{\omega_1}}}{\sqrt{1 + A_0 \beta}}$$

$$H(p) = \frac{A_0 \beta}{1 + A_0 \beta} \frac{1}{1 + 2\zeta \frac{p}{\Omega_0} + \frac{p^2}{\Omega_0^2}}$$

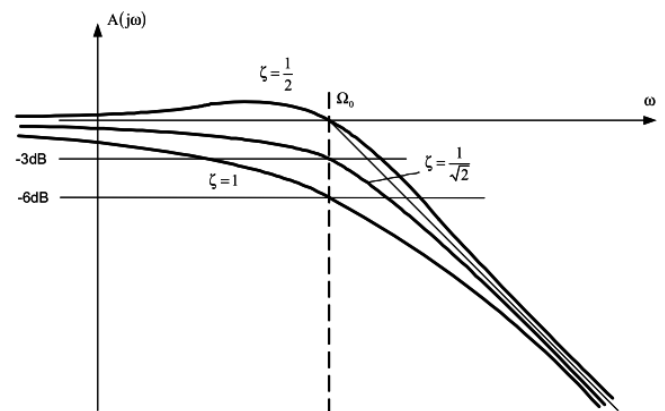


38. Ismertesse a **visszacsatolás hatását** az erősítők **bemeneti** és **kimeneti impedanciáira** (a párhuzamos és soros visszacsatolás hatása az  $R_{bev}$  értékére, a feszültség és áram visszacsatolás hatása az  $R_{kiv}$  értékére)!

39. Ismertesse a **két pólussal** rendelkező visszacsatolt **műveleti erősítő** átviteli tulajdonságait a  $\zeta$  csillapítási tényező függvényében (az egységugrás gerjesztésre adott válasz  $\zeta=1$  és  $\zeta=1/2$  esetén, az átviteli függvény értéke az  $\Omega_0$  törésponti frekvencián  $\zeta=1$  és  $\zeta=1/2$  esetén)!



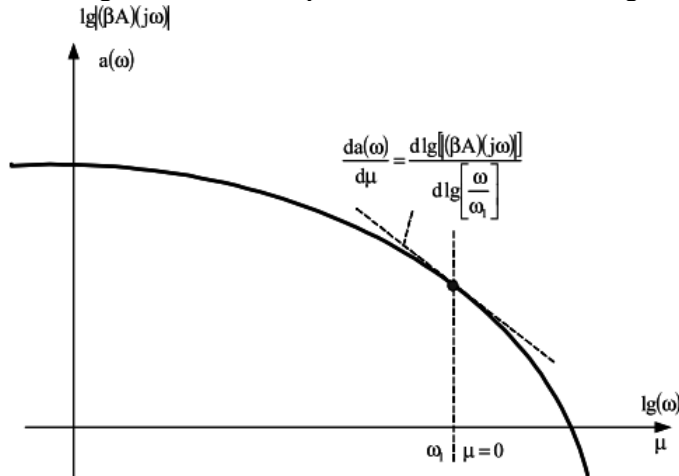
45°-os fázistartalékú a rendszer, ha  $\zeta = 1/2$   
kritikus csillapítású a rendszer, ha  $\zeta = 1$



40. Ismertesse az **egyszerűsített Bode-diagramos stabilitásvizsgálati** eljárást (általános Bode-kritérium, Bode-kritérium minimálfázisú hálózatok esetén, a fázistartalék és az amplitúdótartalék fogalma és Bode-diagramos illusztrációja)!

**Bode-kritérium(ált.):** Akkor stabil egy zárt rendszer ha  $a_t < 1$  és  $\varphi_t < \pi$  (vagy  $\varphi_t > -\pi$ ).

**Bode-kritérium(minimálfázisú hálózatra):** Mivel minimál fázisú hálózatoknál a logaritmusos amplitúdókarakterisztika egyértelműen meghatározza a fázis karakterisztikát, ezért elegendő csak az amplitúdókarakterisztikát vizsgálni.



Biztosan stabil a rendszer ha  $|x| = 20 \frac{dB}{dekád}$

Biztosan instabil ha  $|x| > 40 \frac{dB}{dekád}$

**Fázistartalék:** Az a  $\varphi_t$  szög, amely megadja, hogy  $|(\beta A)(j\omega)| = 1$ -nél a hurokerősítés fázisa mennyivel kisebb  $\pi$ -nél (illetve negatív szögek esetén mennyivel kisebb  $-\pi$ -nél).

Ha  $\varphi_t < \pi$  vagy  $\varphi_t > -\pi$  akkor stabil

ha  $\varphi_t > \pi$  vagy  $\varphi_t < -\pi$  akkor instabil

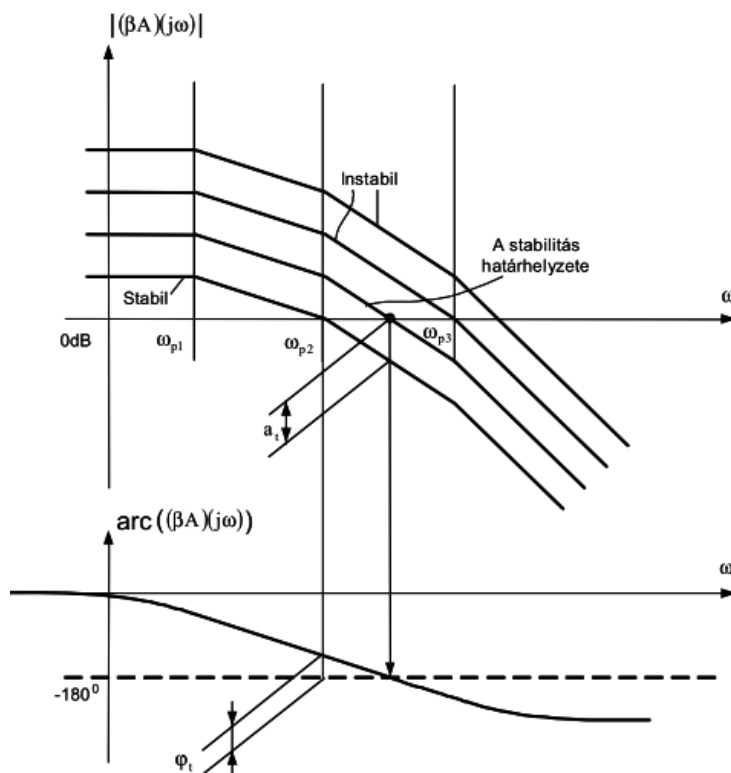
ha  $\varphi_t = \pm\pi$  akkor a stabilitás határhelyzetében van a rendszer

**Amplitúdótartalék (=erősítéstartalék):** A  $(\beta A)(j\omega)$  helygörbe és a negatív valós tengely metszéspontjának távolsága az origótól.

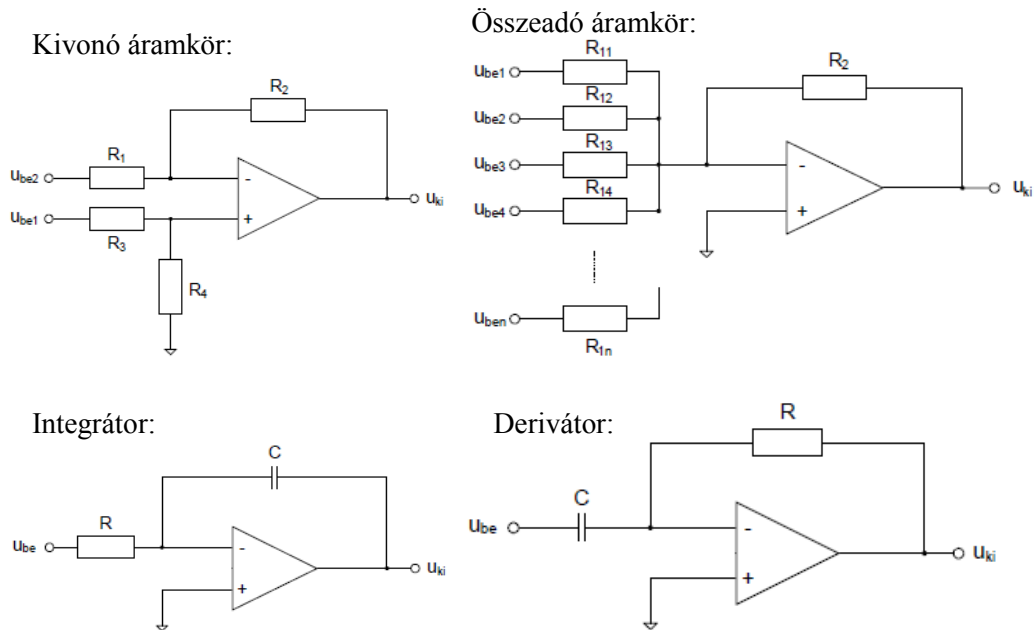
Ha  $a_t < 1$  akkor stabil

ha  $a_t > 1$  akkor instabil

ha  $a_t = 1$  akkor a stabilitás határhelyzetében van a rendszer.



41. Rajzolja fel a műveleti erősítő alkapcsolásait (összeadó áramkör, kivonó áramkör, integráló áramkör, differenciáló (deriváló) áramkör)!

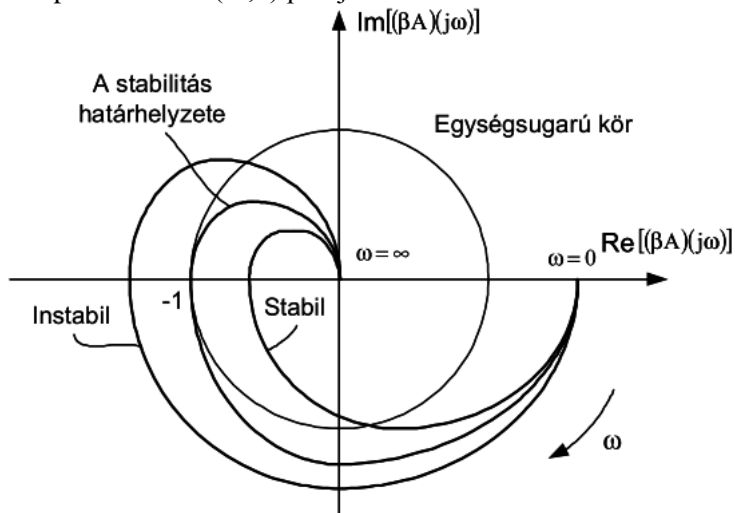


42. Ismertesse a **Nyquist stabilitási kritériumot** (a Nyquist-diagram fogalma, a stabilitás határhelyzete, a Nyquist stabilitási kritérium, egy stabil és egy instabil rendszer Nyquist-diagramja)!

**Nyquist-diagram:** A visszacsatolt rendszer  $(\beta A)(j\omega)$  hurokerősítésének a helygörbéje a komplex síkon, azaz a hurokerősítés valós és képzetes részének ábrázolása a frekvencia függvényében.

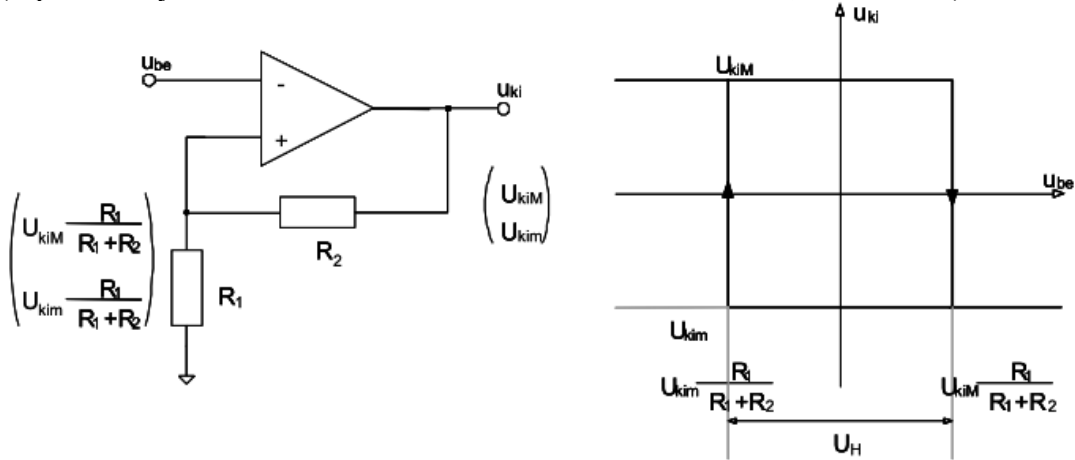
A **stabilitás határhelyzete**ről akkor beszélünk ha a hurokerősítés Nyquist diagrammja áthalad a komplex számsík  $(-1,0)$  pontján. Tehát a zárt rendszernek pólusa van a  $j\omega$  tengelyen. Ilyenkor a zárt rendszerben csillapítatlan szinuszos rezgések jönnek létre

**Nyquist stabilitási kritérium:** Leggyakoribb esetben a nyílt rendszer stabil, ekkor a zárt rendszer akkor és csak akkor stabil ha a hurokerősítés Nyquist diagrammja nem veszi körül a komplex számsík  $(-1,0)$  pontját.



## Komparátorok

43. Ismertesse a **fázisfordító hiszterézises** (pozitív visszacsatolású) komparátor jellemzőit (kapcsolási rajz,  $U_{be} - U_{ki}$  karakterisztika, a billenési küszöbértékek, az  $U_H$  értéke)!

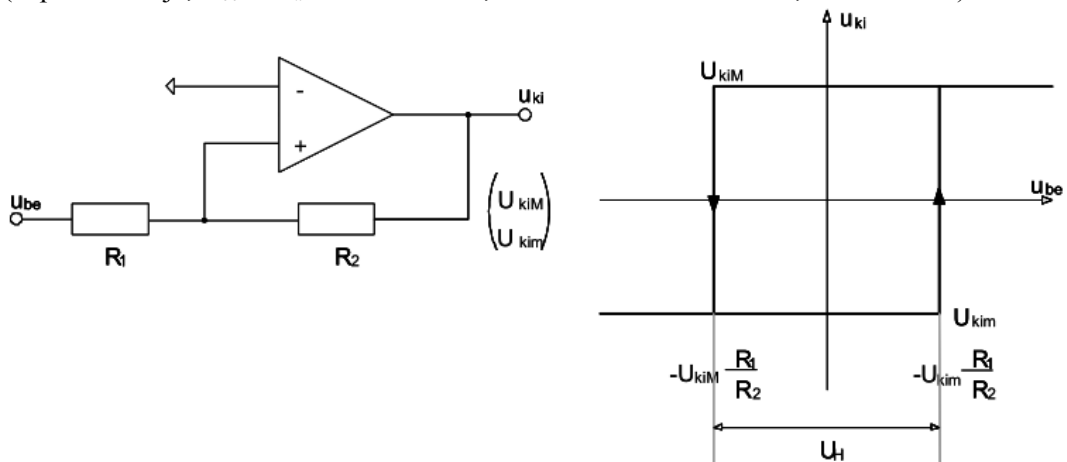


$$U_H = |(U_{kiM} - U_{kim})| \frac{R_1}{R_1 - R_2}$$

$$u_{be} \geq U_{kiM} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad \text{ha } U_{ki} = U_{kiM}$$

$$u_{be} < U_{kim} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad \text{ha } U_{ki} = U_{kim}$$

44. Ismertesse a **fázist nem fordító hiszterézises** (pozitív visszacsatolású) komparátor jellemzőit (kapcsolási rajz,  $U_{be} - U_{ki}$  karakterisztika, a billenési küszöbértékek, az  $U_H$  értéke)!

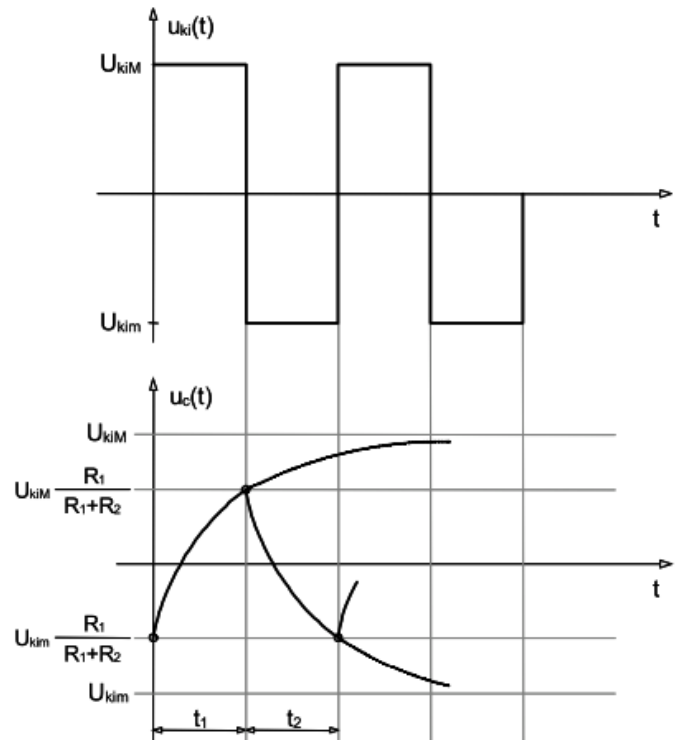
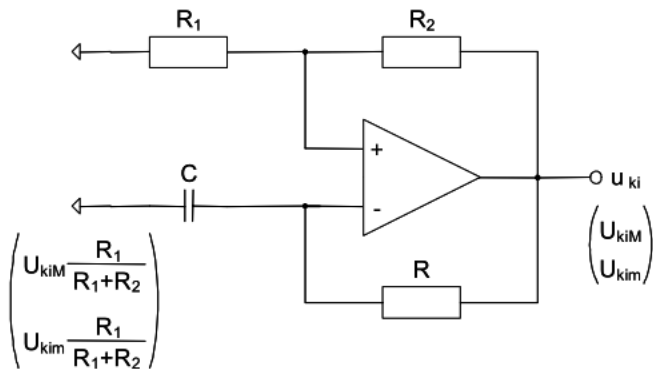


$$U_H = |(U_{kiM} - U_{kim})| \frac{R_1}{R_2}$$

$$u_{be} \geq -U_{kim} \frac{R_1}{R_2} \quad \text{ha } U_{ki} = U_{kim}$$

$$u_{be} \leq -U_{kiM} \frac{R_1}{R_2} \quad \text{ha } U_{ki} = U_{kiM}$$

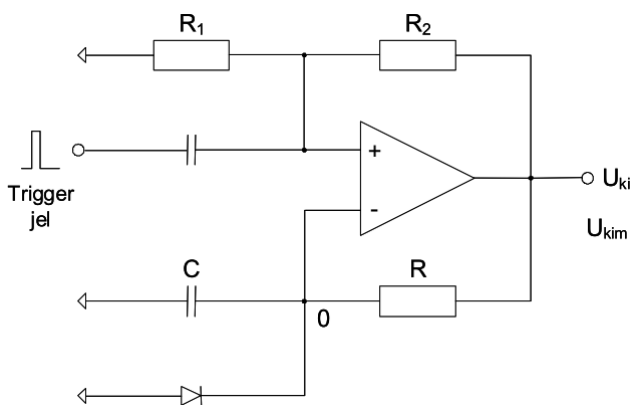
45. Ismertesse a pozitívan visszacsatolt komparátorral felépített **astabil multivibrátor** működését (kapcsolási rajz, a kondenzátoron mérhető jel időfüggvénye, a kimeneten mérhető jel időfüggvénye, a periódusidő értéke)!



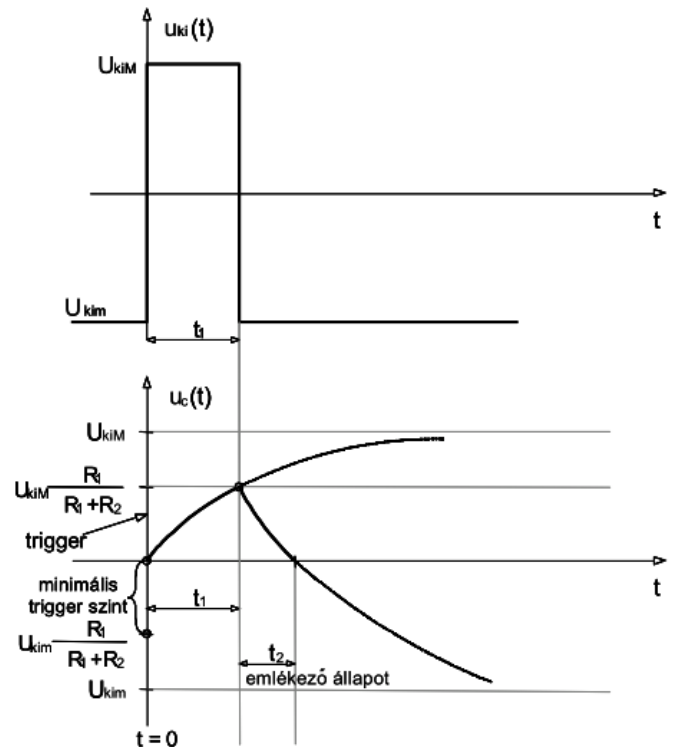
Ha  $U_{kiM} = -U_{kim}$  akkor a periódusidő:

$$T = RC \ln \left( \left( \frac{1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2}}{\frac{R_2}{R_1 + R_2}} \right)^2 \right) = 2RC \ln \left( 1 + 2 \frac{R_1}{R_2} \right)$$

46. Ismertesse a pozitívan visszacsatolt komparátorral felépített **monostabil multivibrátor** működését (kapcsolási rajz, a kondenzátoron mérhető jel időfüggvénye, a kimeneten mérhető jel időfüggvénye, az impulzusidő értéke)!



$$t_1 = RC \ln \left( \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) = RC \ln \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

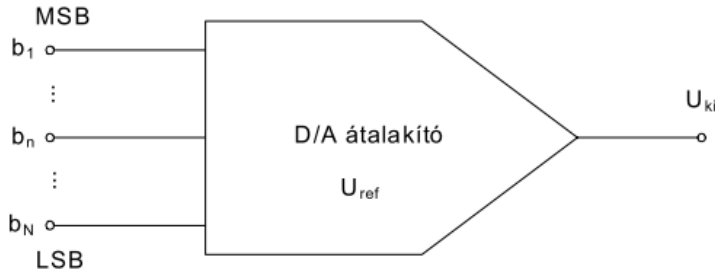




## D/A és A/D konverterek

47. Ismertesse a **D/A konverterek legfontosabb paramétereit** (a bemeneti bitek száma  $N$ , a kimeneti feszültség értéke a bitek függvényében, a maximális kimeneti feszültség, az LSB-hez tartozó kimeneti feszültségváltozás értéke)!

bemeneti bitek száma  $N$ :

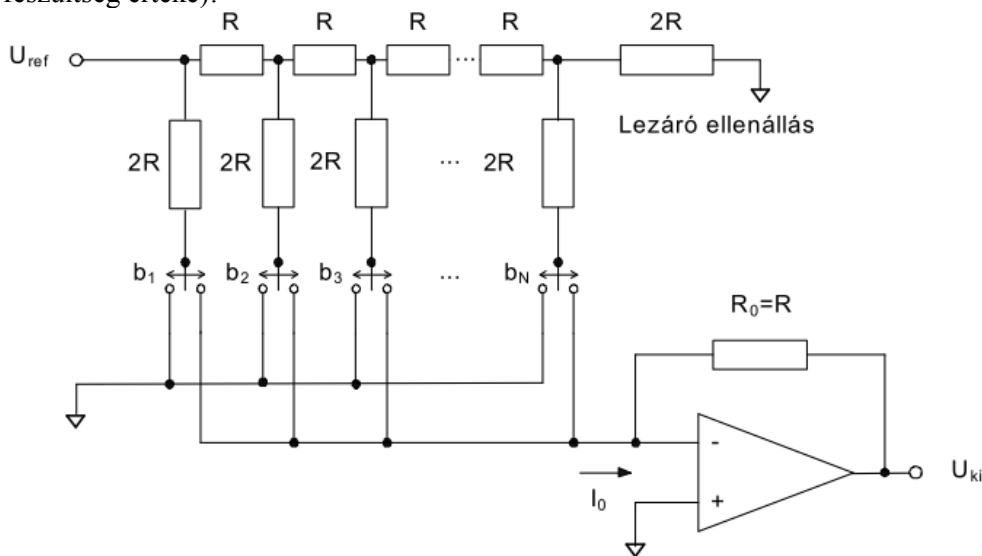


**Kimeneti feszültség értéke a bitek függvényében:**  $u_{ki} = KU_{ref}D$

**Maximális kimeneti feszültség:**  $U_{kiM} = KU_{ref} \frac{2^N - 1}{2^N}$

**LSB-hez tartozó kimeneti feszültségváltozás értéke:**  $U_m = KU_{ref} \frac{1}{2^N}$

48. Ismertesse az **R-2R létrával** megvalósított D/A konverter tulajdonságait (kapcsolási rajz, az  $n$ -dik ágon folyó áram értéke, a virtuális földpontba folyó eredő áram értéke, a kimeneti feszültség értéke)!



$$I_n = \frac{U_{ref}}{2^{n-1} \times 2R}$$

**Virtuális földpontba folyó eredő áram:**  $I_{föld} = U_{ref} \sum_{n=1}^N \frac{1-b_n}{2^n R}$

$$U_{ki} = -R \sum_{n=1}^N b_n \frac{U_{ref}}{2^n R} = -U_{ref} \left( \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{2^2} + \dots + \frac{b_n}{2^n} + \dots + \frac{b_N}{2^N} \right)$$

49. Ismertesse az **A/D konverterek legfontosabb paramétereit** (a kimeneti m szám értéke, az LSB-hez tartozó bemeneti feszültség értéke, az MSB-hez tartozó bemeneti feszültség értéke, a kvantálási hiba szórásnégyzete)!

**Kimeneti m szám értéke:** 
$$m = \text{int} \left[ \frac{2^N U_{be}}{U_{FS}} + \frac{1}{2} \right]$$

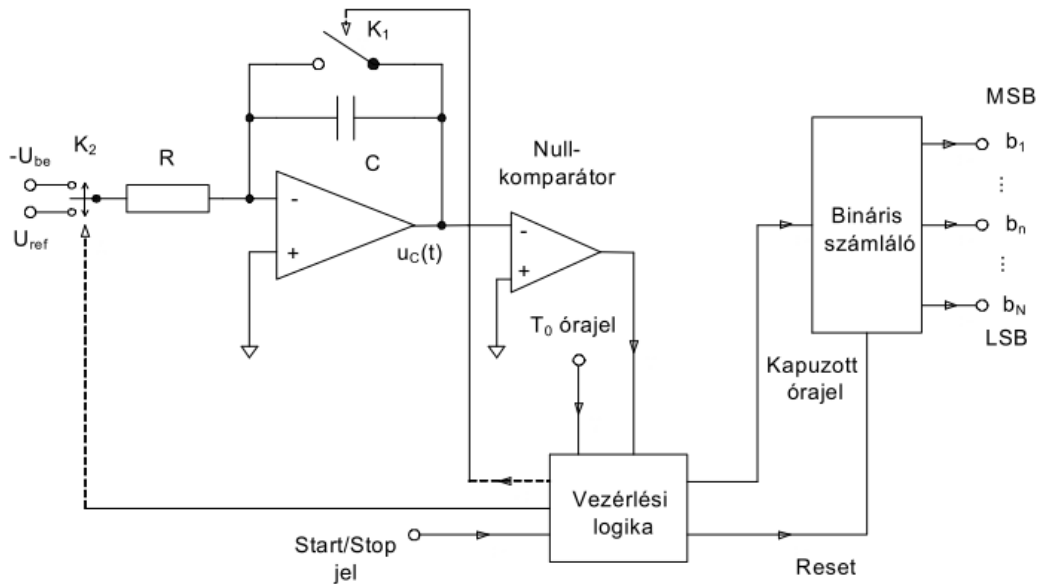
**LSB-hez tartozó bemeneti feszültség értéke:** 
$$U_{be} = \frac{U_{FS}}{2^N}$$

**MSB-hez tartozó bemeneti feszültség értéke:** 
$$U_{be} = \frac{U_{FS}}{2}$$

**Kvantálási hiba szórásnégyzete:**

$$M(\varepsilon^2) = \frac{1}{U_m} \int_{-\frac{U_m}{2}}^{\frac{U_m}{2}} x^2 dx = \frac{1}{U_m} \left[ \frac{x^3}{3} \right]_{-\frac{U_m}{2}}^{\frac{U_m}{2}} = \frac{2}{3U_m} \left( \frac{U_m}{2} \right)^3 = \frac{U_m^2}{12}$$

50. Ismertesse az **dual slope** elven működő A/D konverter működési elvét (kapcsolási rajz, az integrátor kimenetén mérhető jel, az átalakítás eredménye(m), a hálózati zavarok elnyomása)!



**Integrátor kimenetén mérhető jel:**

$$u_c(t) = u_{Cmax} - \int_0^t \frac{U_{ref}}{RC} d\sigma = u_{Cmax} - \frac{U_{ref}}{RC} t$$

**Átalakítás eredménye(m):**

$$m = \text{int} \left( \frac{T}{T_0} \right) = \text{int} \left( \frac{U_{be}}{U_{ref}} 2^N \right)$$

**Hálózati zavarok elnyomása:** A dual-slope A/D képes a hálózati 50Hz-es zavarokat és azok egész számú többszöröseit kiszűrni, ha az integrálási idő a hálózati periódusidő egész számú többszöröse.

$$T = k \cdot T_z$$