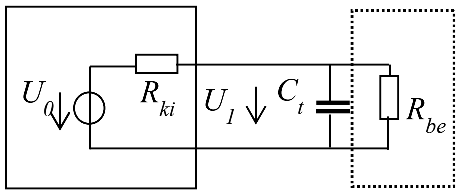
Erősítők frekvencia függése:

Nagyfrekvenciás hatások:

- párhuzamos, kapacitív terhelés
- áthidaló (visszaható) kapacitás

Párhuzamos, kapacitív terhelés hatása:

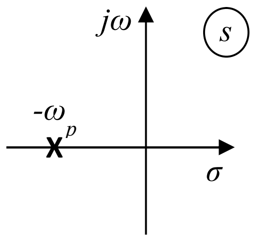


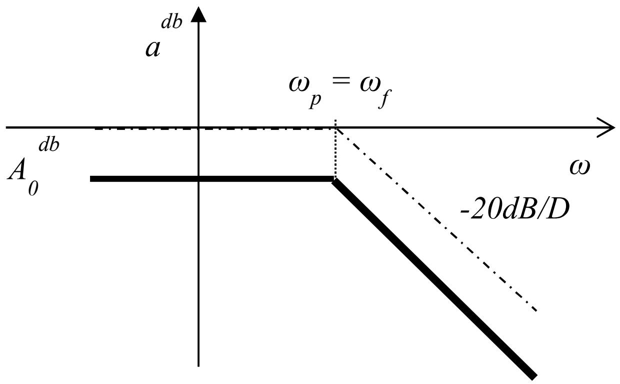
$$\frac{U_1}{U_0}(s) = \frac{R_{be} x \frac{1}{sC_t}}{R_{ki} + R_{be} x \frac{1}{sC_t}} = \frac{\frac{R_{be}}{1 + sR_{be}C_t}}{R_{ki} + \frac{R_{be}}{1 + sR_{be}C_t}}$$

$$= \frac{R_{be}}{R_{ki} + R_{be}} \frac{1}{1 + s\frac{R_{be}R_{ki}}{R_{be} + R_{ki}}C_t} = A_0 \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_p}} = A_0 \ a(s)$$

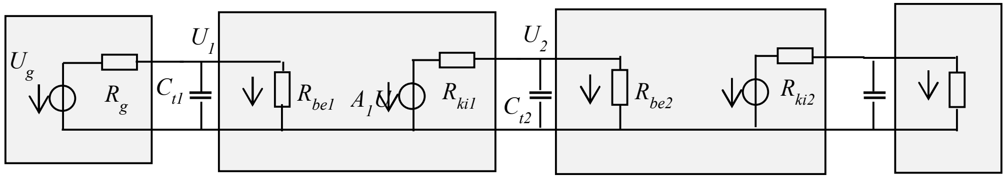
$$A_0 = \frac{R_{be}}{R_{ki} + R_{be}}$$

$$\omega_p = \frac{1}{C_t (R_{ki} x R_{be})}$$

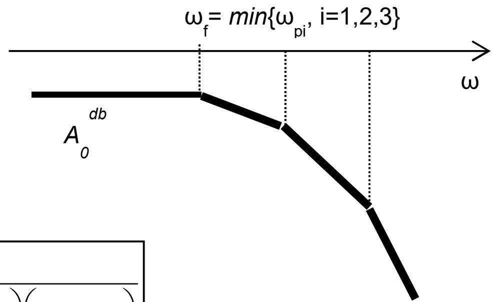




Több párhuzamos, kapacitív terhelés esete:



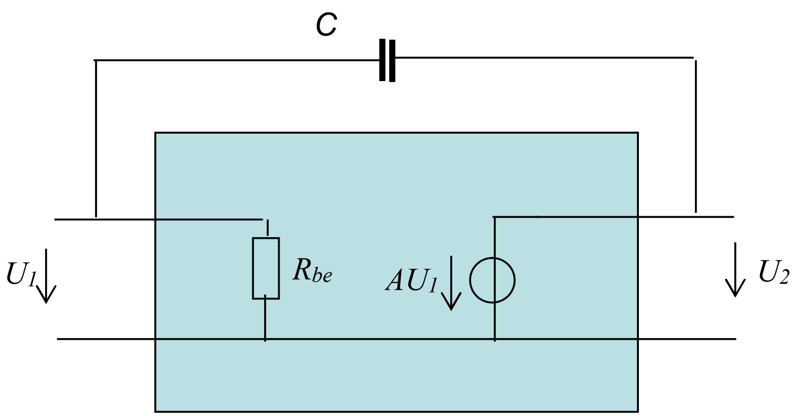
$$\omega_{p1} = \frac{1}{C_{t1}\left(R_g x R_{be1}\right)},\ \omega_{p2} = \frac{1}{C_{t2}\left(R_{ki1} x R_{be2}\right)},\ \omega_{p3} = \frac{1}{C_{t3}\left(R_{ki2} x R_t\right)}$$



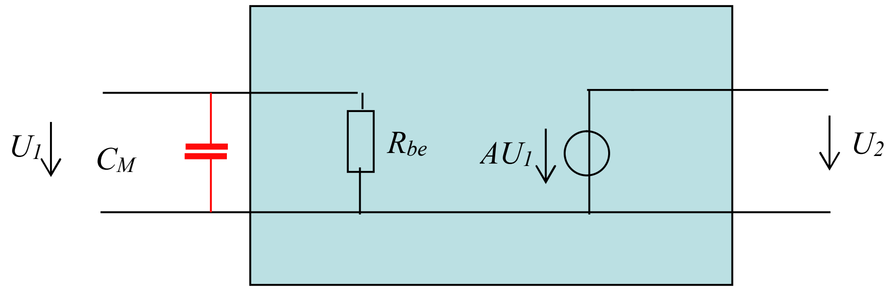
$$A_0 = \frac{U_{ki}}{U_g} = \frac{R_{be1}}{R_g + R_{be1}} A_1 \frac{R_{be2}}{R_{ki1} + R_{be2}} A_2 \frac{R_t}{R_{ki2} + R_t}$$

$$\boxed{A(s) = \frac{U_{ki}}{U_g} = A_0 \frac{1}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{p1}}\right)\left(1 + \frac{s}{\omega_{p2}}\right)\left(1 + \frac{s}{\omega_{p3}}\right)}}$$

Visszaható kapacitás:



=



$$I_C = sC(U_1 - U_2) = sC(1-A)U_1$$

$$\frac{1}{Z_{be}} = \frac{I_C + I_{Rbe}}{U_1} = sC(1-A) + \frac{1}{R_{be}}$$

$$Z_{be} = \frac{1}{sC(1-A)} x R_{be}$$

Miller hatás:

$$C_M = (1\text{-}A)\ C$$

A: nagy, negatív

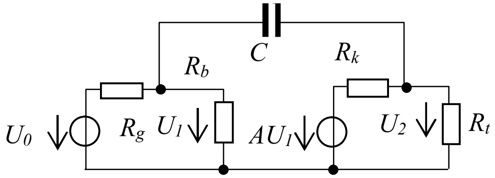
C_M nagy bemeneti terhelő kapacitás

alacsony ω_f felső határfrekvencia

Csak akkor ilyen egyszerű, ha nulla a kimenő ellenállás!

Visszaható kapacitás: részletesebb analízis

Az erősítő véges kimenő ellenállásának figyelembe vétele:



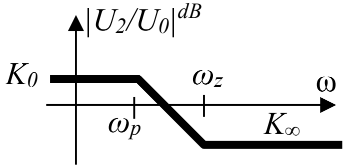
Generátor oldali redukció (Thevenin):

$$K_1 = \frac{R_b}{R_g + R_b} \qquad R_g^* = R_g \times R_b = \frac{R_g R_b}{R_g + R_b}$$

Terhelés oldali redukció (Thevenin):

$$K_2 = \frac{R_t}{R_k + R_t} \qquad R_t^* = R_t \times R_k = \frac{R_t R_k}{R_t + R_k}$$

$$\frac{U_2}{U_0}(s) = K_0 \frac{1 + \frac{s}{\omega_z}}{1 + \frac{s}{\omega_p}} = K_1 K_2 A \frac{1 + s\frac{CR_t^*}{K_2 A}}{1 + sC\left(R_t^* + (1 - K_2 A)R_g^*\right)} = \begin{cases} K_1 K_2 A & \text{ha } Cs = 0 \\ \dfrac{K_1 R_t^*}{R_t^* + (1 - K_2 A)R_g^*}, & \text{ha } Cs = \infty \end{cases}$$



$$\boxed{\begin{aligned} \omega_Z &= \frac{K_2 A}{CR_t^*} = A\frac{1}{CR_k} \\ \omega_p &= \frac{1}{C\left(R_t^* + (1 - K_2 A)R_g^*\right)} \end{aligned}}$$

$$K = \frac{U_2}{U_1} = AK_2$$

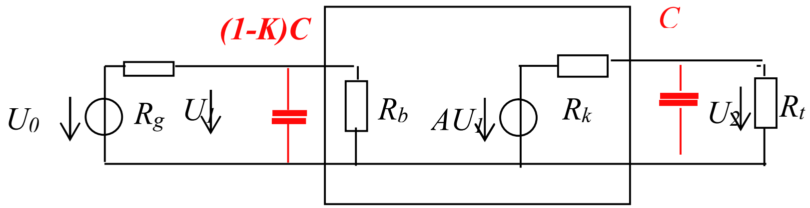
Szokásos közelítés:

ha $R_t^* = R_t \times R_k \to 0$

$$\omega_{p1közelítés} = \frac{1}{C(1-K)R_g^*}$$

ha $R_g^* = R_g \times R_b \to 0$

$$\omega_{p2közelítés} = \frac{1}{CR_t^*}$$



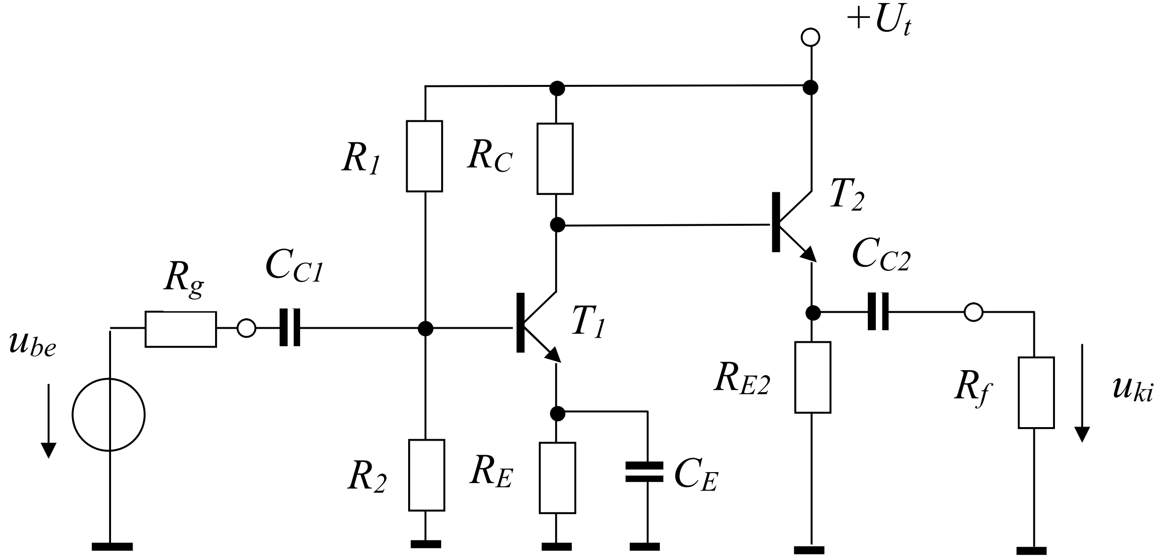
Alapkapcsolások tulajdonságai

- Földelt Emitteres – FE
  - Nagy bemenő ellenállás, közepes kimenő ellenállás – JÓ, ROSSZ
  - Nagy feszültség erősítés - JÓ
  - Kicsi felső határfrekvencia (Miller hatás) - ROSSZ
- Földelt Bázisú – FB
  - Kicsi bemenő ellenállás, közepes kimenő ellenállás - ROSSZ
  - Nagy feszültség erősítés - JÓ
  - Nagy felső határfrekvencia (nincs Miller hatás) – JÓ
- Földelt Kollektoros – FC
  - Nagy bemenő ellenállás, kis kimenő ellenállás – JÓ
    - Elválasztó fokozat, impedancia traszformátor
  - Kis feszültségerősítés - ROSSZ
  - Nagy felső határfrekvencia (nincs számottevő Miller hatás) – JÓ

„JÓ” kisfrekvenciás erősítő

FE, FC láncban, (kaszkádban):

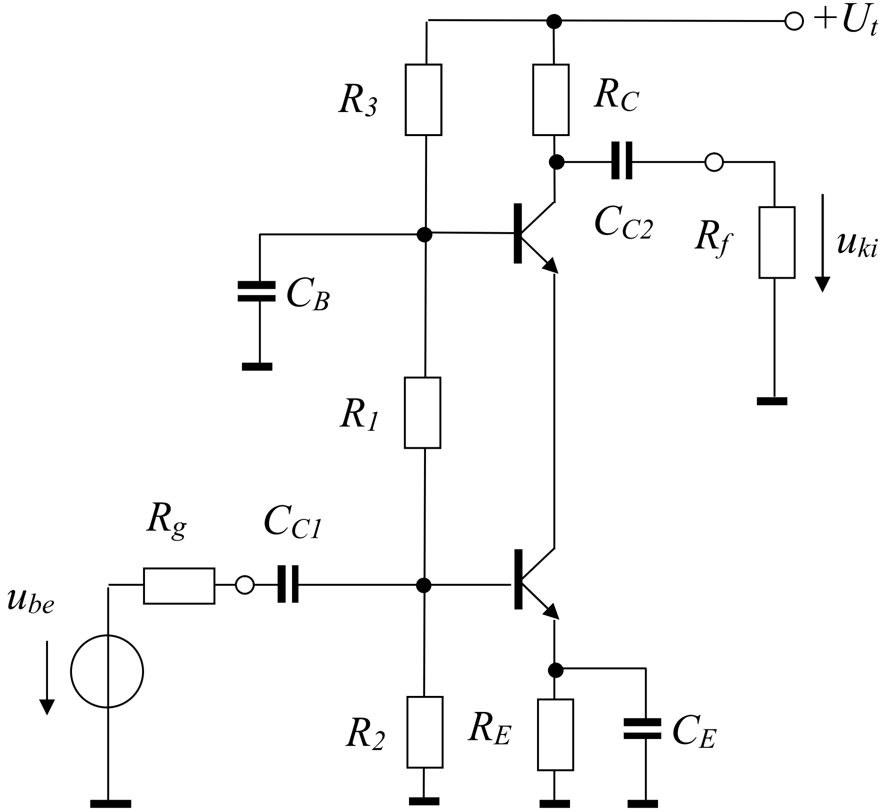
- **Nagy** bemenő ellenállás, **kis** kimenő ellenállás – **JÓ, JÓ**
- **Nagy** feszültség erősítés – **JÓ**
- Kicsi felső határfrekvencia (Miller) – ROSSZ, de elég lehet, pl. hang



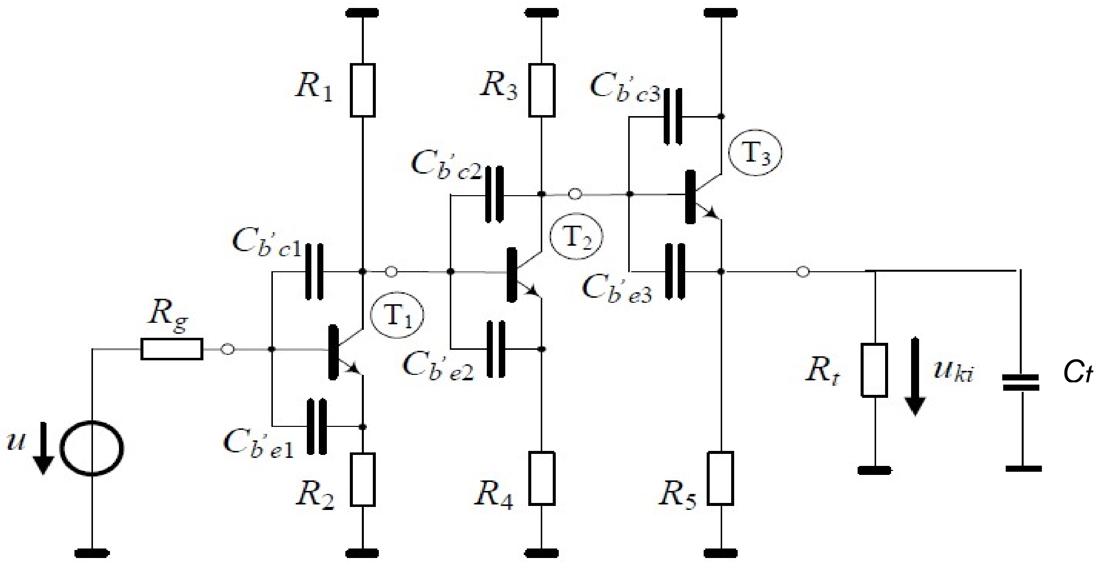
„JÓ” nagyfrekvenciás erősítő - kaszkód

FE, FB láncban (kaszkádban) = kaszkód kapcsolás:

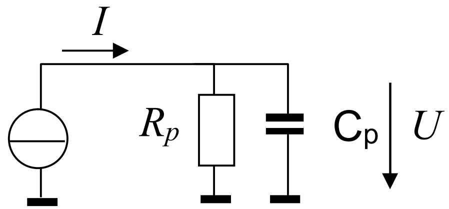
- **Nagy** bemenő ellenállás, **közepes** kimenő ellenállás – **JÓ, ROSSZ**
- **Nagy** feszültség erősítés – **JÓ**
- **NAGY** felső határfrekvencia – **JÓ**



Több fokozatú erősítők felső határfrekvenciája

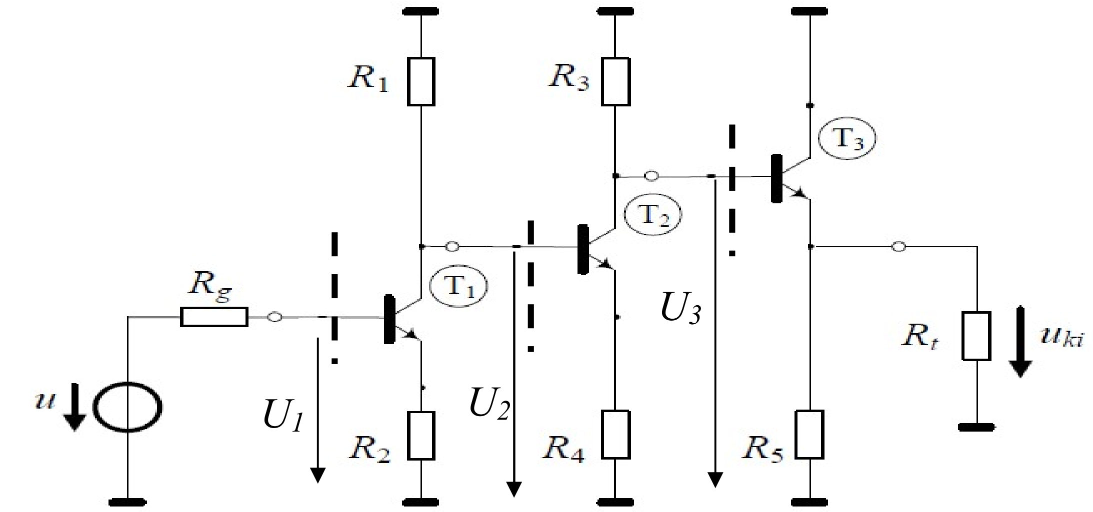


Frekvencia függés vizsgálatának módszere:
visszavezetés
áramgenerátorral meghajtott
párhuzamos RC tagokra



$$\frac{U}{I}(s) = R_p \frac{1}{1+\frac{s}{\omega_p}}, \quad \omega_p = \frac{1}{R_p C_p}$$

Frekvencia független (középfrekvenciás) modell, analízis:



$$R_{be1} = (1+\beta_1)(r_{d1} + R_2)$$

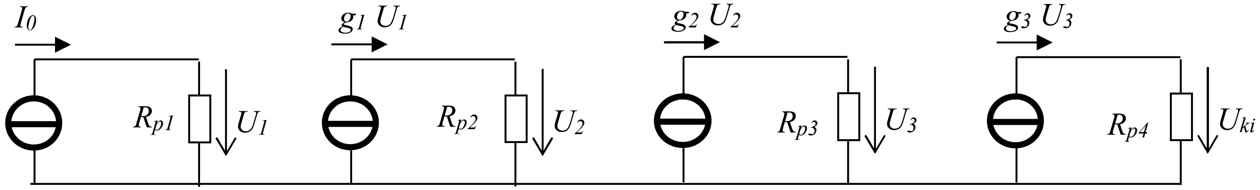
$$R_{ki1} = R_1$$

$$R_{be2} = (1+\beta_2)(r_{d2} + R_4)$$

$$R_{ki1} = R_4$$

$$R_{be3} = (1+\beta_3)(r_{d3} + R_5 \times R_t)$$

$$R_{ki3} = R_5 \times (r_{d3} + (1-\alpha_3)R_{ki2})$$



$$R_{p1} = R_g \times R_{be1}$$

$$R_{p2} = R_{ki1} \times R_{be2}$$

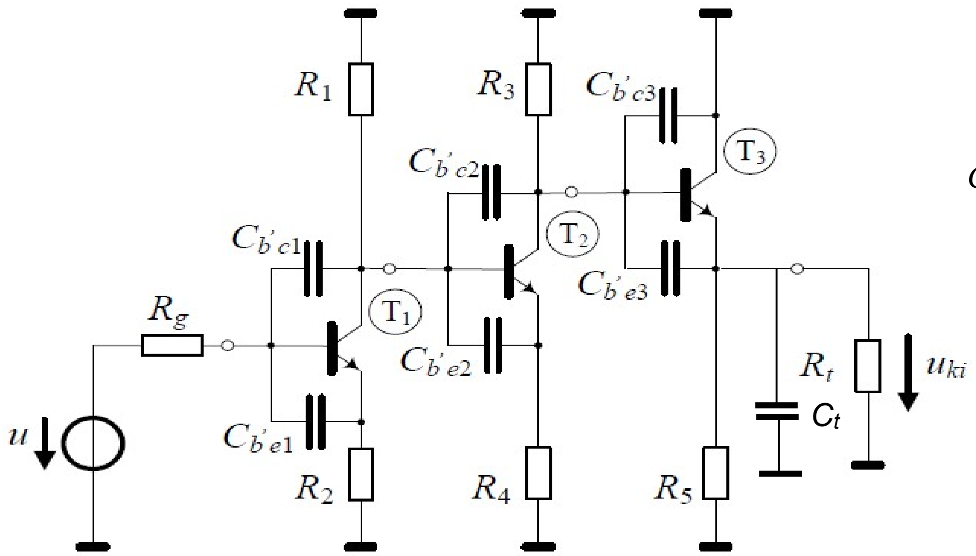
$$R_{p3} = R_{ki2} \times R_{be3}$$

$$R_{p4} = R_{ki3} \times R_t$$

$$I_0 = \frac{u}{R_g} \qquad g_1 = -\frac{\alpha_1}{r_{d1} + R_2} \qquad g_2 = -\frac{\alpha_2}{r_{d2} + R_4} \qquad g_3 = \frac{1}{r_{d3} + R_5 \times R_t}$$

$$\boxed{\frac{u_{ki}}{u} = \frac{U_1}{u}\frac{U_2}{U_1}\frac{U_3}{U_2}\frac{u_{ki}}{U_3} = \frac{R_{p1}}{R_g}(g_1 R_{p2})(g_2 R_{p3})(g_3 R_{p4})}$$

Nagyfrekvenciás hatások figyelembevétele:

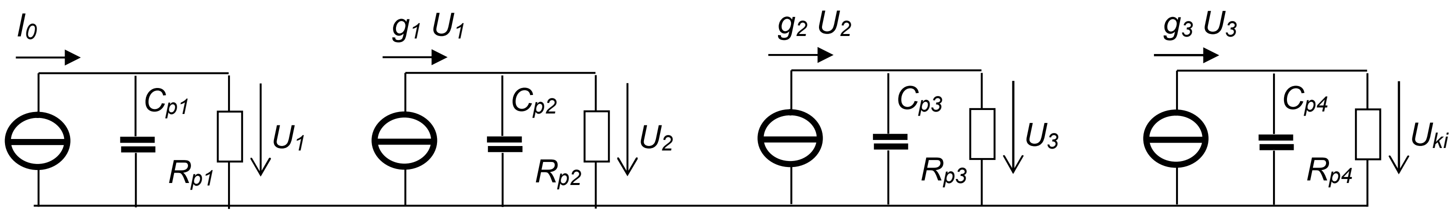


$$C_{p1}=\left(1-\frac{R_2}{r_{d1}+R_2}\right)C_{be1}+\left(1-\left(-\alpha_1\frac{R_1\times R_{be2}}{r_{d1}+R_2}\right)\right)C_{bc1}$$

$$C_{p2}=C_{bc1}+\left(1-\frac{R_4}{r_{d2}+R_4}\right)C_{be2}+\left(1-\left(-\alpha_2\frac{R_3\times R_{be3}}{r_{d2}+R_4}\right)\right)C_{bc2}$$

$$C_{p3}=C_{bc2}+C_{bc3}+\left(1-\frac{R_5\times R_t}{r_{d3}+R_5\times R_t}\right)C_{be3}$$

$$C_{p4}=C_{be3}+C_t$$



$$\omega_{pi}=\frac{1}{R_{pi}C_{pi}}\;,\quad i=1,2,3,4 \qquad\qquad \omega_{f,határ}=\min\{\omega_{pi},\;\; \mathrm{i}=1,2,3,4\}$$