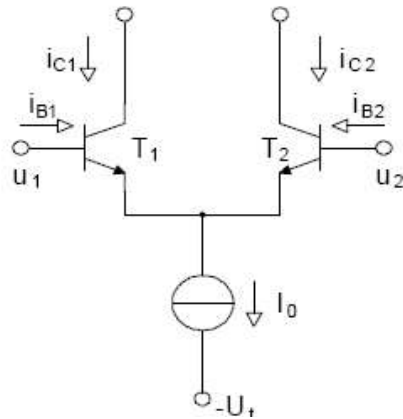


Differenciál erősítő: bemeneti áram, offset áram

Differenciál erősítő bemeneti bázis áramainak figyelembe vétele:



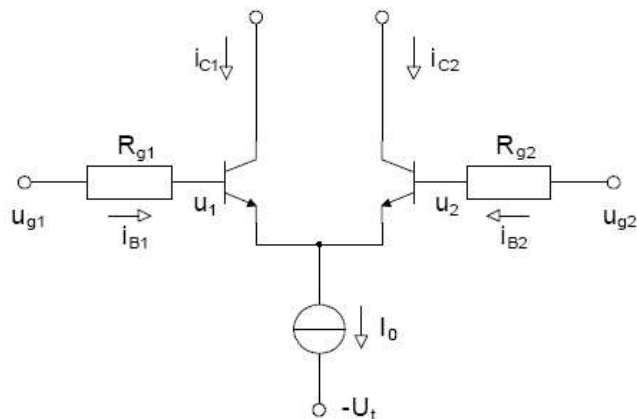
Bázis (bias) áram, offset áram:

$$I_B = \frac{I_{B1} + I_{B2}}{2}, \quad I_{off} = I_{B1} - I_{B2}$$

$$I_{B1} = I_B + \frac{I_{off}}{2}$$

$$I_{B2} = I_B - \frac{I_{off}}{2}$$

Véges generátor ellenállások hatása:



Kimeneti kiegyenlítéshez szükséges bemeneti eredő hibafeszültség:

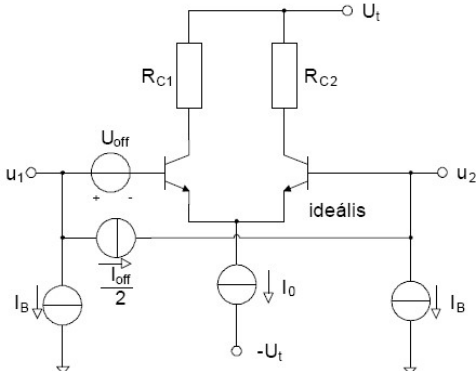
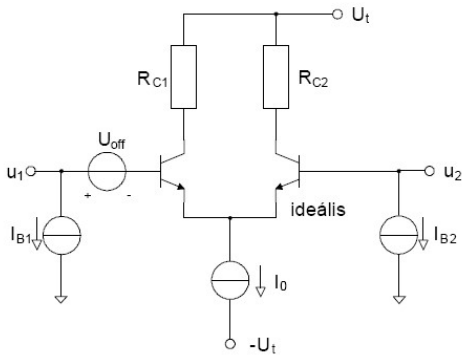
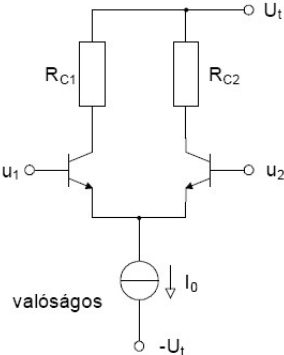
$$U_h = u_{g1} - u_{g2} \Big|_{I_{c1} = I_{c2}} = R_{g1} I_{B1} + u_1 - u_2 - R_{g2} I_{B2}$$

$$\Delta R_g = R_{g1} - R_{g2} \quad U_h = U_{off} + R_g I_{off} + \Delta R_g I_B$$


$$R_g = \frac{R_{g1} + R_{g2}}{2}$$

Bemeneti offset feszültség és áramok modellezése

Differenciál erősítő bemeneti bázis áramainak figyelembe vétele:

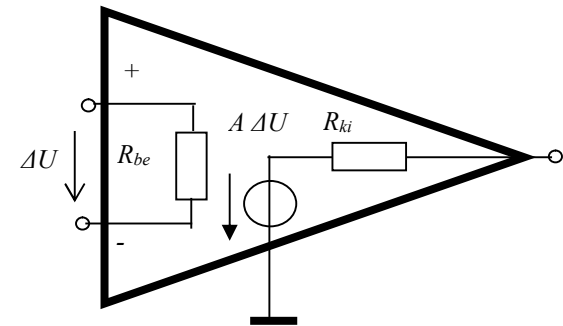
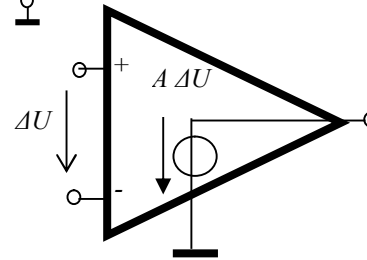
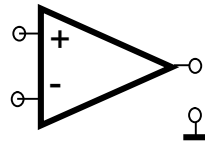


Műveleti erősítők

- Felépítés: 
- paraméterek:
 - offset feszültség, bemenő áram, offset áram, kimeneti hiba
 - differenciális-, közösmódusú erősítés, KME
 - bemenő impedanciák, kimenő impedancia
 - frekvencia függés, pólusok

Műveleti erősítő modellek

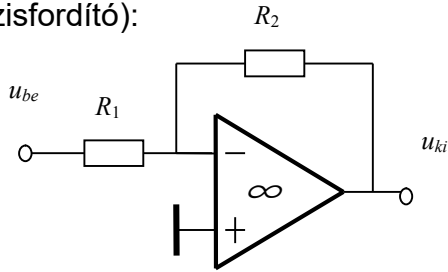
- ideális (0 paraméteres)
 - differenciális bemenet: nullátor
 - aszimmetrikus kimenet: norátor
- 1 paraméteres modell
 - véges feszültség erősítés: A
- 3 paraméteres modell
 - véges feszültség erősítés: A
 - véges bemeneti impedancia: R_{be}
 - véges kimeneti impedancia: R_{ki}
- Sok paraméteres modellek
 - aszimmetria jellemzők
 - offset, drift, stb.
 - frekvenciafüggés



Ideális műveleti erősítők alapkapcsolások

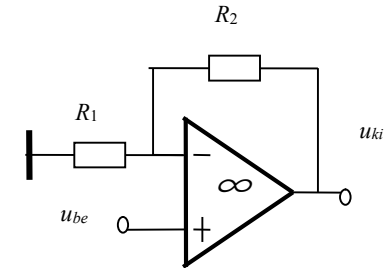
- invertáló (fázisfordító):

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{R_2}{R_1}$$



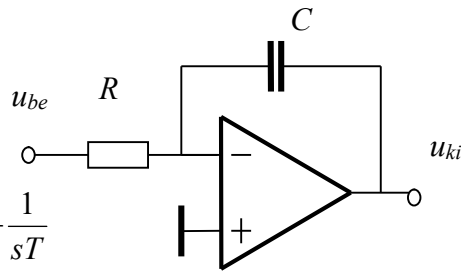
- nem invertáló:

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



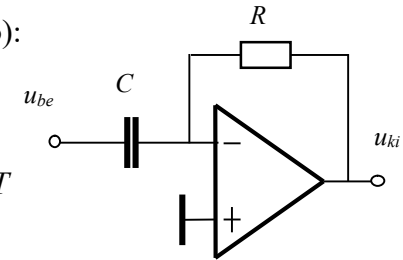
- Integráló (és invertáló):

$$\frac{u_{ki}(s)}{u_{be}} = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{1}{sRC} = -\frac{1}{sT}$$



- Differenciáló (és invertáló):

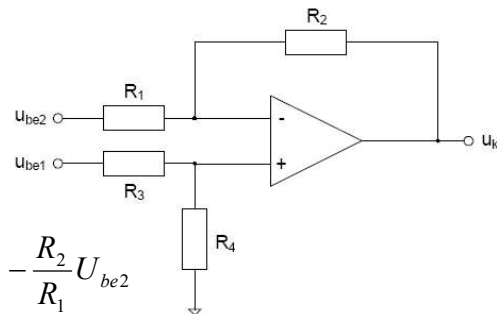
$$\frac{u_{ki}(s)}{u_{be}} = -\frac{Z_2}{Z_1} = -sRC = -sT$$



- Kivonó:

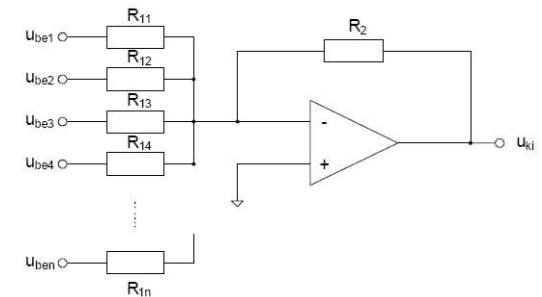
$$U_{ki} = \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) U_{be1} - \frac{R_2}{R_1} U_{be2}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 \quad \Rightarrow \quad U_{ki} = U_{be1} - U_{be2}$$



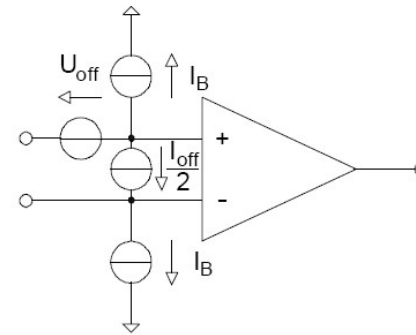
- Összeadó:

$$u_{ki} = -\sum_{i=1}^n u_{bei} \frac{R_2}{R_{1i}}$$

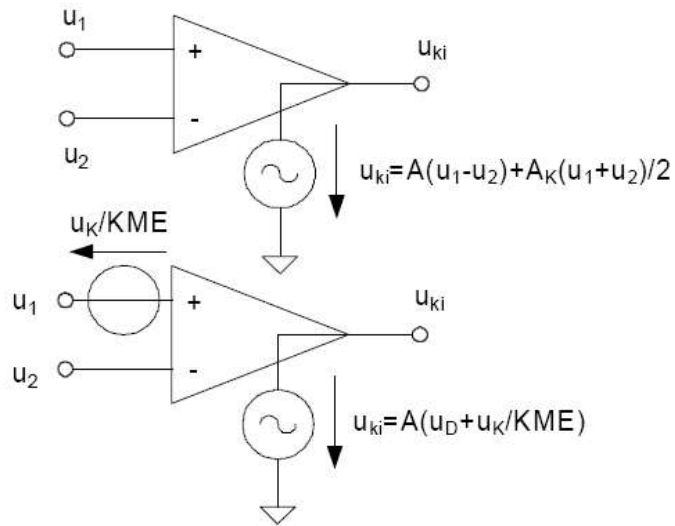


Műveleti erősítők paramétereinek modellezése

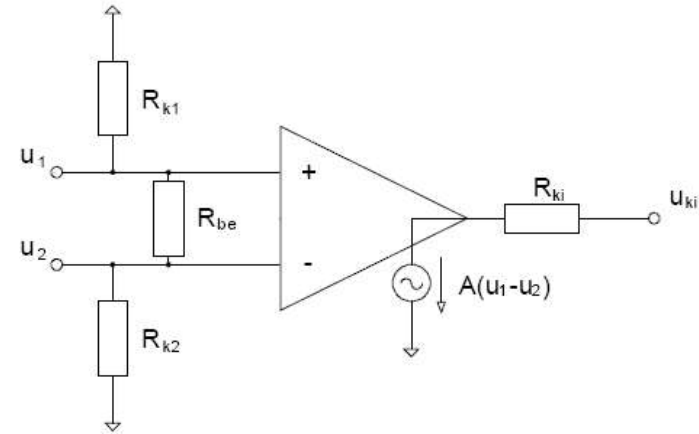
Egyenáramú modell a műveleti erősítő munkapontbeállításához: U_{off} , I_B , I_{off}



A véges közös módusú erősítés modellje:

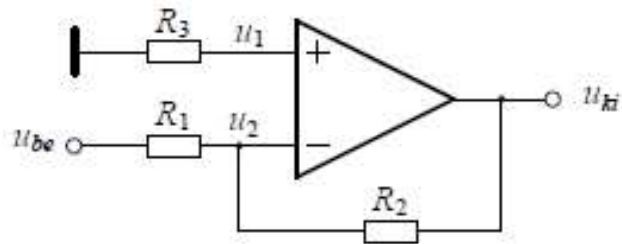


A véges bemeneti és kimeneti ellenállások modellje



Műveleti erősítők nullpont hibája

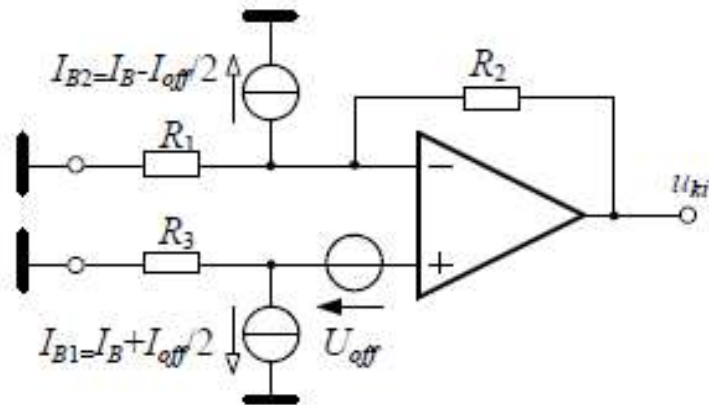
A kapcsolás egyenáramú vizsgálata, munkapontbeállítás



Figyelembe veendő paraméterek:

- U_{off} (bemeneti offset feszültség)
- I_B (átlagos bázis áram)
- I_{off} (bemeneti áram offset)
- más szempontból ideális

$$U_{ki0} = U_{off} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - \left(I_B + \frac{I_{off}}{2} \right) R_3 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + \left(I_B - \frac{I_{off}}{2} \right) R_2$$



$$R_2 - R_3 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 0, \quad R_3 = R_1 \times R_2$$

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

Példa: bázis áram hatása

Mit mondhatunk az első műveleti erősítő bemeneti bázis áramairól?

Feltételek:

$$A_1 = \infty, \quad A_2 = \infty \quad U_{off1} = 0, \quad U_{off2} = 0$$

$$I_{B2}^+ = 0, \quad I_{B2}^- = 0, \quad (I_{off2} = 0)$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 10k\Omega$$

$$u_{ki,hiba} = 10mV$$

Modellezés áramgenerátorokkal és ideális erősítőkkel:

$$u_{ki} = -\frac{R_4}{R_3}u_1 \quad u_1 = (\dots)u_{ki} + (\dots)I_B^+ + (\dots)I_B^-$$

$$u_1 = \left(\frac{R_5}{R_5 + R_6} \frac{R_2 + R_1}{R_1} \right) u_{ki} + \left(-(R_5 \times R_6) I_B^+ \frac{R_2 + R_1}{R_1} \right) + (R_2) I_B^-$$

$$u_1 = u_{ki} - 10k\Omega k\Omega_B^+ + 10k\Omega k\Omega_B^- = -u_{ki}$$

$$2u_{kiH} = 10k\Omega (I_B^+ - I_B^-) = 10k\Omega I_{off1}$$

$$I_{off1} = \frac{20mV}{10k\Omega} = 2\mu A$$

$$I_{B1}^+ = ? \quad I_{B1}^- = ?$$

