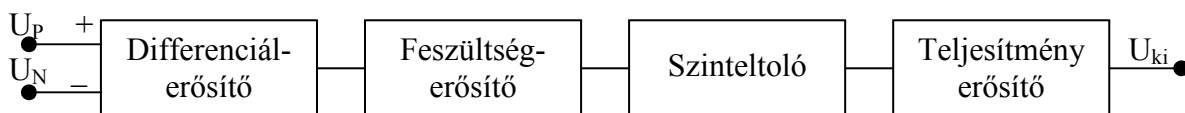


Műveleti erősítők

- Kiváló minőségű integrált áramkörös többfokozatú erősítő.
- Integrált áramkör: egy félvezető kristályon (monolit kristály) vannak elhelyezve a tranzisztorok (akár több ezer, tízezer), ellenállások (rendszerint tranzisztorokból), stb.
- Legfontosabb jellemzői:
 - nagy feszültségerősítés: $A_U > 100 \text{ dB}$;
 - nagy bemeneti ellenállás: $r_{be} > 1 \text{ M}\Omega$;
 - kicsi kimeneti ellenállás: $r_{ki} < 10 \Omega$.
 - AC, DC jelek erősítésére egyaránt alkalmas.
 - Differenciál bemenettel rendelkezik.

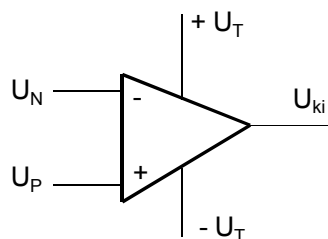
Elnevezés: eredetileg aritmetikai műveletvégzésre tervezték.

Felépítés:



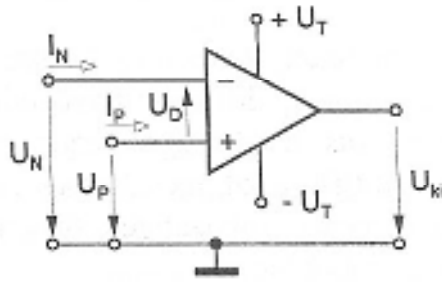
- Differenciálerősítő: - nagyfokú érzékenység, feszültségerősítés.
- Feszültségerősítő: - az előző fokozat kimeneti jelét aszimmetrikussá alakítja és további erősítést végez.
- Szinteltoló fokozat: - a szimmetrikus táplálási feszültség testpotenciáljához igazítja az előző fokozat kimenetét.
- Teljesítményerősítő: - teljesítményerősítés, kicsi kimeneti ellenállás, túlterhelés védelem.

Áramköri jelölés:



- Bemenetek, kimenet, táplálás:
 - differenciál bemenetek: - invertáló (U_N)
+ nem invertáló (U_P)
 - szimmetrikus táplálási feszültség: $+U_T, -U_T$
 - kimeneti feszültség: U_{ki}

A műveleti erősítők jellemzői:

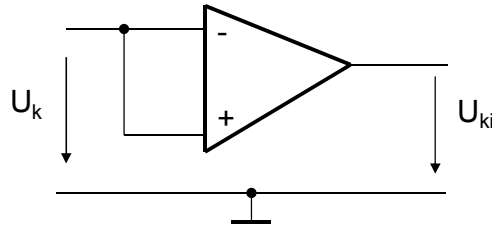


- *Bemeneti differenciál feszültség:* $U_D = U_P - U_N$
- *Nyílthurkú feszültségerősítés:* (A_{U0})

$$A_{U0} = \frac{U_{ki}}{U_D}; U_{ki} = A_{U0} \cdot U_D = A_{U0}(U_P - U_N)$$

- *Bemeneti áramok:* I_N, I_P nagyon kicsik: $10 - 100 \text{ nA}$ nagyságrendűek
- *Közös módú feszültségerősítés (A_{Uk})*

- a két bemenetre ugyanazt a feszültséget kapcsoljuk



$$A_{Uk} = \frac{U_{ki}}{U_k}$$

- nagyon kicsi érték: ≈ 0

- *Közös módú elnyomás (CMMR)*

$$CMMR = \frac{A_{U0}}{A_{Uk}}; \text{decibelben: } G_{[dB]} = 20 \lg \frac{A_{U0}}{A_{Uk}}$$

- nagyon nagy érték.
- Jelentős szerepe van a zajszűrésben. Az erősen zajos jeleket is képes erősíteni, anélkül, hogy a zaj is felerősödne.

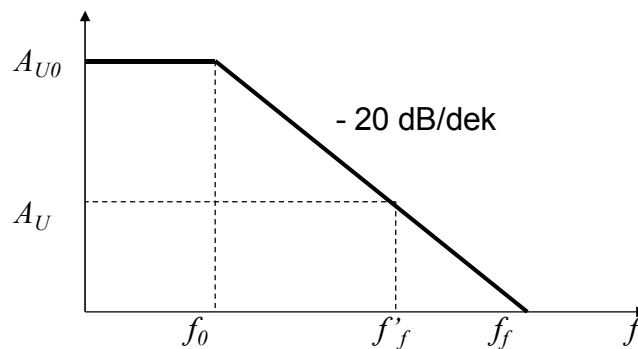
- *Bemeneti ellenállás (R_{be}) – nagyon nagy*

$$R_{be} = \frac{U_D}{I_B} = \frac{U_D}{\frac{I_P + I_N}{2}} = \frac{2U_D}{I_P + I_N}$$

- *Kimeneti ellenállás (R_{ki}) – nagyon kicsi*

$$R_{ki} = \frac{U_{ki(\text{üresjárás})}}{I_{ki(\text{rövidzár})}}$$

- *Sávszélesség: $B = f_f - f_a$; ahol az alsó határfrekvencia $f_a = 0$.*
 - f_0 frekvencia értéktől a nyílthurkú erősítés 20 dB-el csökken dekádonként.
 - tipikus érték: $f_0 = 10 \text{ Hz}$
- kompenzált karakterisztika:



- a felső határfrekvencia: $f'_f = f_0 \frac{A_{U0}}{A_U}$

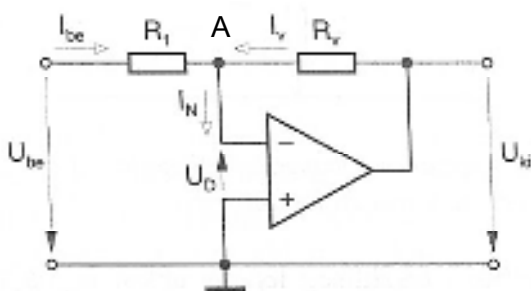
- A_U – az erősítés negatív visszacsatolással

Jellemző értékek:

- nyílthurkú erősítés: $A_{U0} > 3 \cdot 10^6$
- bemeneti ellenállás: $R_{be} > 200 \text{ M}\Omega$
- kimeneti ellenállás: $R_{ki} < 10 \Omega$
- működési frekvenciatartomány: 0 – 100 kHz
- közös módú erősítés: $A_{Uk} < 0,2$
- közös módú elnyomás: $G > 120 \text{ dB}$
- bemeneti áram $< 100 \text{ pA}$

ALAPKAPCSOLÁSOK

1. Invertáló erősítő



A – virtuális nullpont, mert

- $I_N \approx 0, U_D \approx 0, \rightarrow U_A \approx 0$

- a feszültségerősítés:

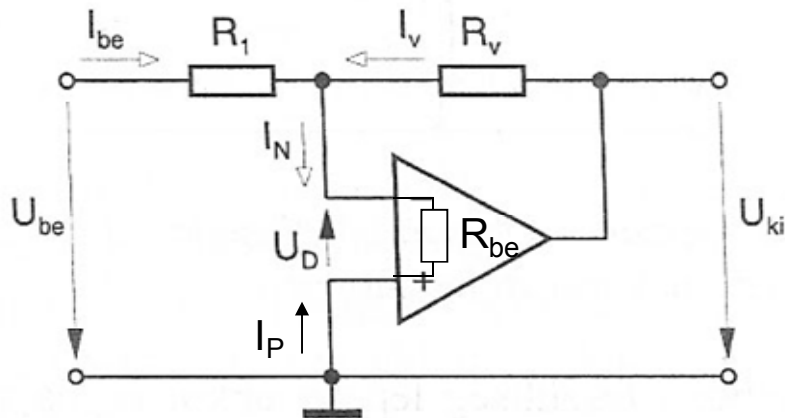
$$A_U = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{I_v R_v}{I_{be} R_I} = -\frac{R_v}{R_I}$$

mert: $I_N \approx 0 \Rightarrow I_v = -I_{be}$

- Bemeneti ellenállás: $r_{be} = \frac{U_{be}}{I_{be}} = \frac{I_{be} R_I}{I_{be}} = R_I$

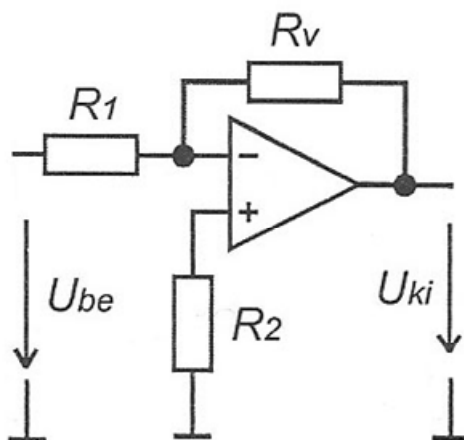
- Kimeneti ellenállás: $r_{ki} = R_{ki} \frac{A_U}{A_{U0}}$

Offset probléma

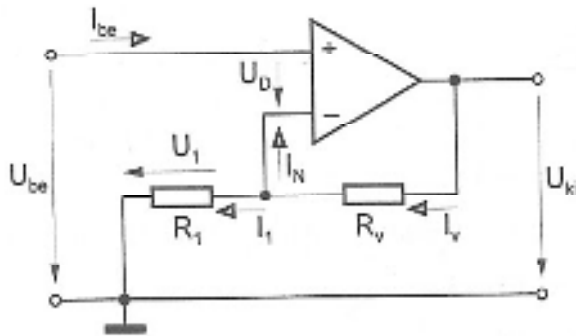


Amikor a bemenetet a testre kapcsoljuk ($U_{be} = 0 \text{ V}$) elvárható lenne, hogy a kimeneti feszültség is nulla legyen. De a valóságban I_N és I_P ugyan nagyon kicsi értékű, de mégis létezik, ezért a bemeneti ellenálláson eső feszültségesés miatt U_D már nem lesz nulla. → Így a kimeneti feszültség sem lesz nulla. Ezt a feszültséget hívjuk *offset feszültségnek*.

- A megoldás: A nem invertáló (+) bemenet potenciálját fel kell emelni az invertáló (-) bemenet potenciáljára, mert ekkor a közös módú elnyomásnak köszönhetően a kimeneti feszültség nulla lesz.
- $U_{be} = U_{ki} = 0$
- Ez akkor valósul meg ha: $R_2 = R_V \times R_1$ ellenállást kapcsolunk a + bemenet és a test közzé.



2. Nem invertáló erősítő



- Feszültségerősítés

$$U_{be} = I_{be}R_{be} + I_vR_l$$

$$I_{be} \approx 0; \Rightarrow U_{be} = I_vR_l$$

$$U_{ki} = I_v(R_v + R_l)$$

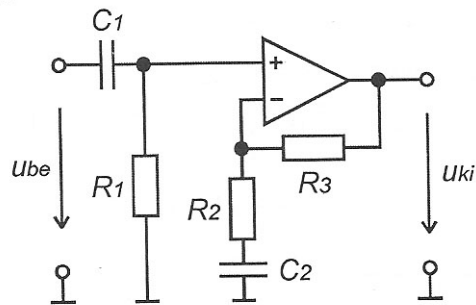
$$A_U = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{I_v(R_v + R_l)}{I_vR_l} = \frac{R_v + R_l}{R_l} = 1 + \frac{R_v}{R_l}$$

- Bemeneti ellenállás: $r_{be} = R_{be}$

- nagyon nagy érték, meghatározható, ha a + bemenet és a test közzé egy általunk meghatározott ellenállást kapcsolunk. Ekkor ez lesz a bemeneti ellenállás.

- Kimeneti ellenállás: $r_{ki} = R_{ki} \frac{A_U}{A_{U0}}$

- nagyon kicsi.



$$R_{be} = R_1 \approx R_3$$