

A műveleti erősítő

ELEKTRONIKA_2

TEMATIKA

- Az előző előadás összefoglalója
- Műveleti erősítő rajzjele
- A kimenet második pólusa
- Az ideális műveleti erősítő modell
- A negatív visszacsatolás
- Nem-fázisfordító erősítő kapcsolás
- Fázisfordító erősítő kapcsolás

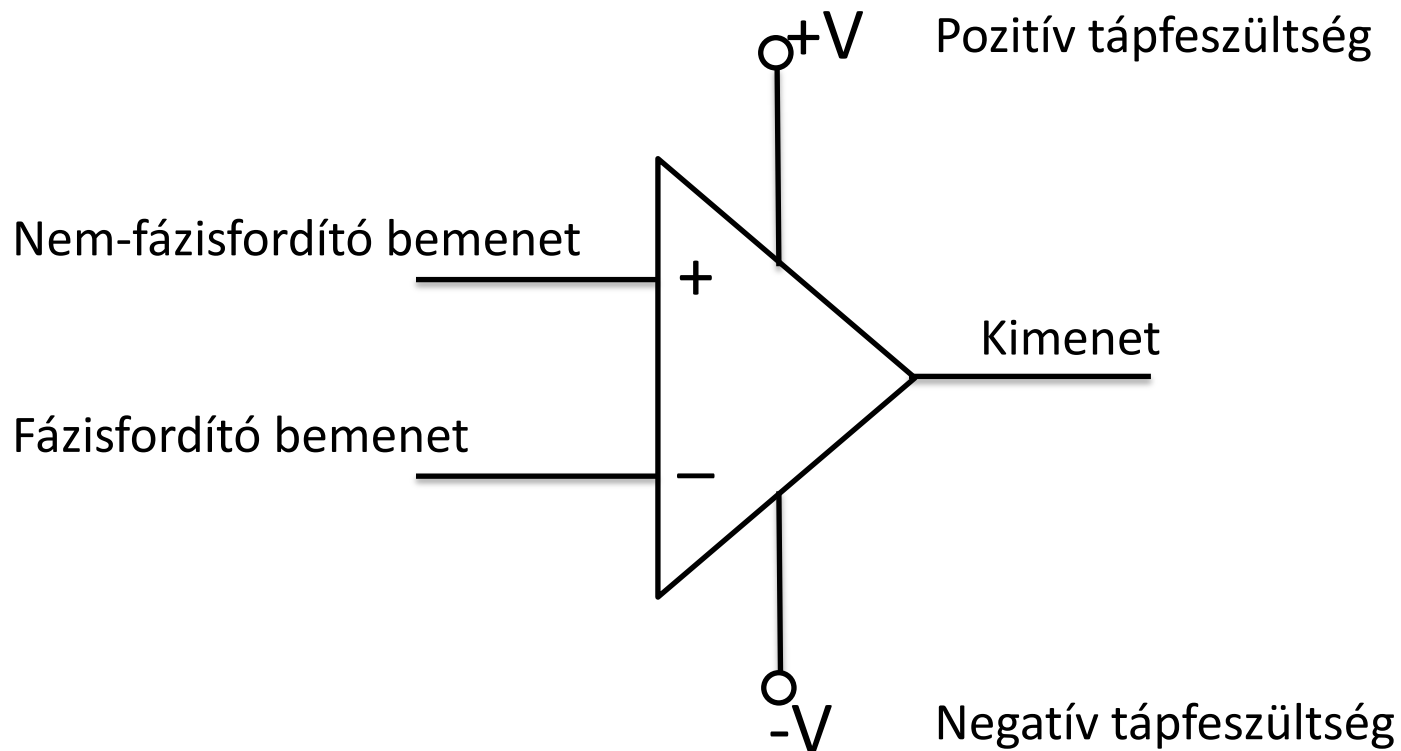
Feszültséggerősítők legfőbb jellemzői

- A jelforrást nem terhelik \leftrightarrow a bemeneti ellenállásuk nagy.
- A kimeneti feszültség a terheléstől nagymértékben független \leftrightarrow a kimeneti ellenállásuk kicsi.
- A feszültséggerősítési tényezőjük állandó egy adott frekvencia sávban.

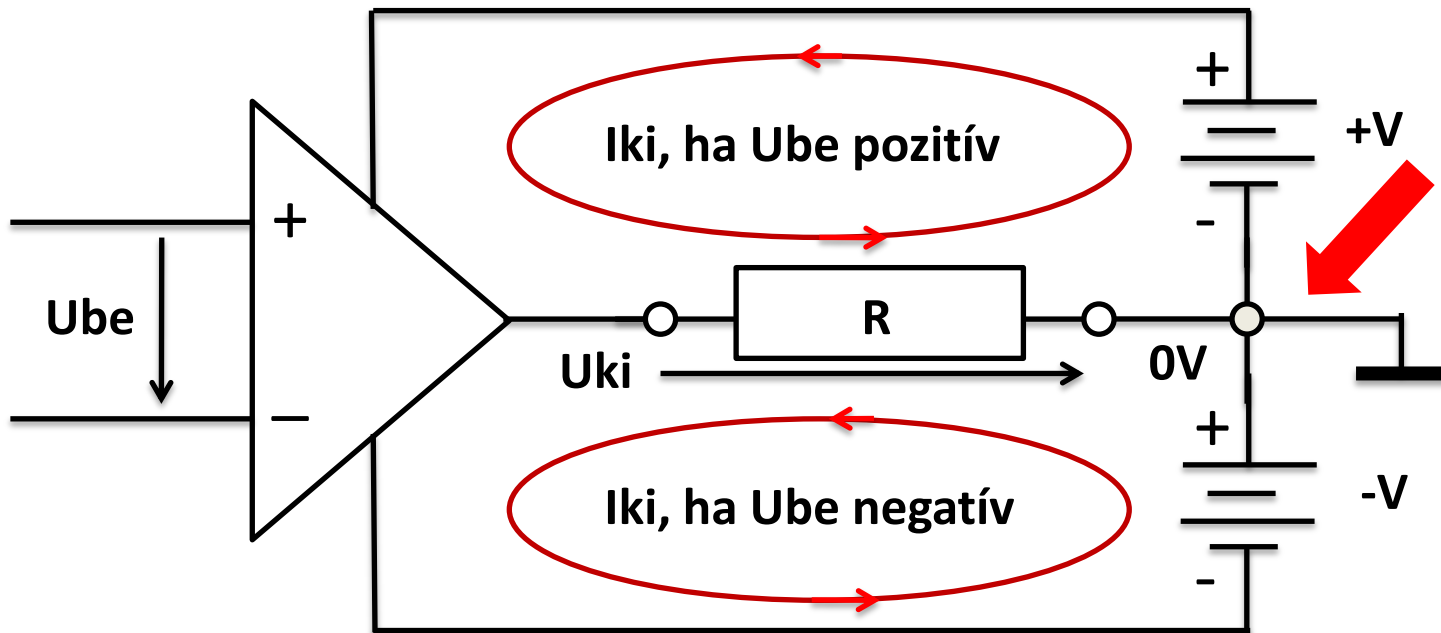
ÖSSZEFOGLALÓ

- A műveleti erősítő egy (közel) ideális feszültségerősítő.
- Egy vagy két tápfeszültséggel lehet táplálni.
- Egy tápforrás esetén ennek a negatív pólusa lesz az alap értelmezet nulla potenciálú pont (test, GND).
- Két tápforrás esetén az alap értelmezet nulla potenciálú pont ezeknek a közös pontja lesz.

RAJZJEL ÉS KIVEZETÉSEK

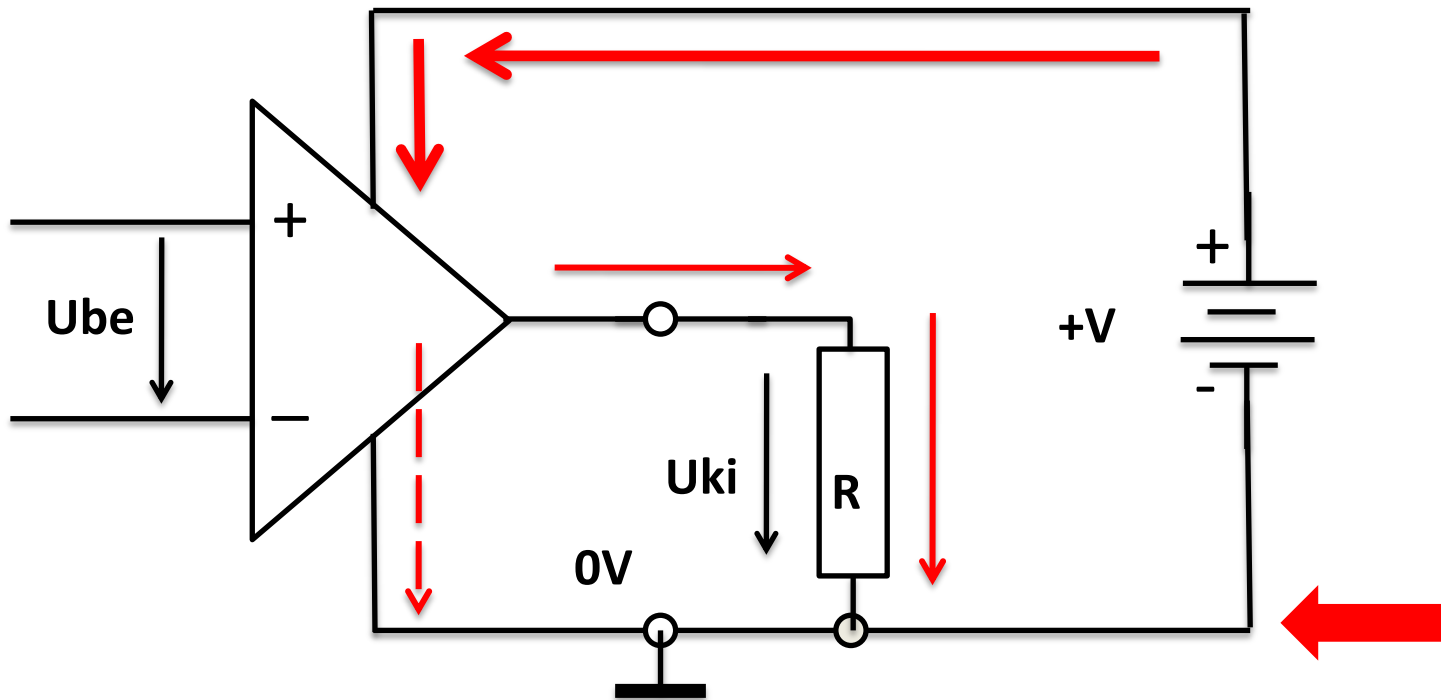


A KIMENET MÁSDODIK PÓLUSSA (1)



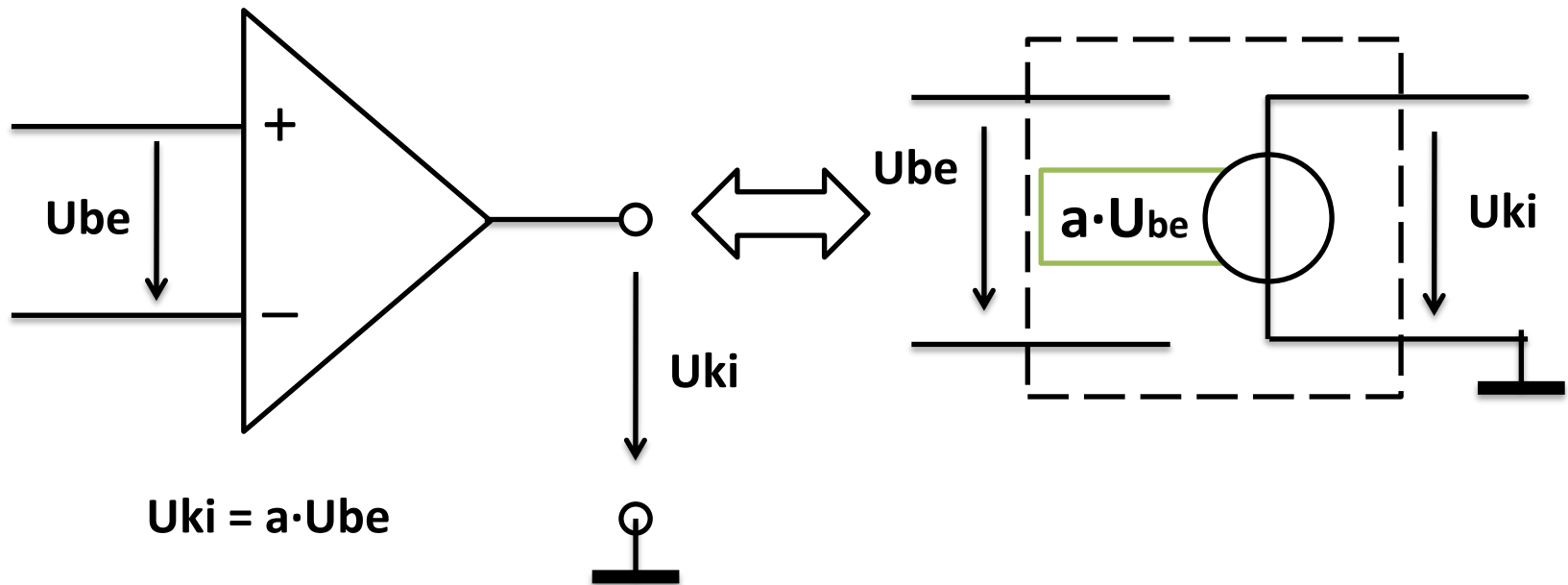
A bemenet előfeszítése nem szükséges !!!

A KIMENET MÁSDODIK PÓLUSSA (2)



Az erősítő kizárólag pozitív bemeneti feszültségekre reagál. A bemenet előfeszítése szükséges !!!

AZ IDEÁLIS MŰVELETI ERŐSÍTŐ (1)

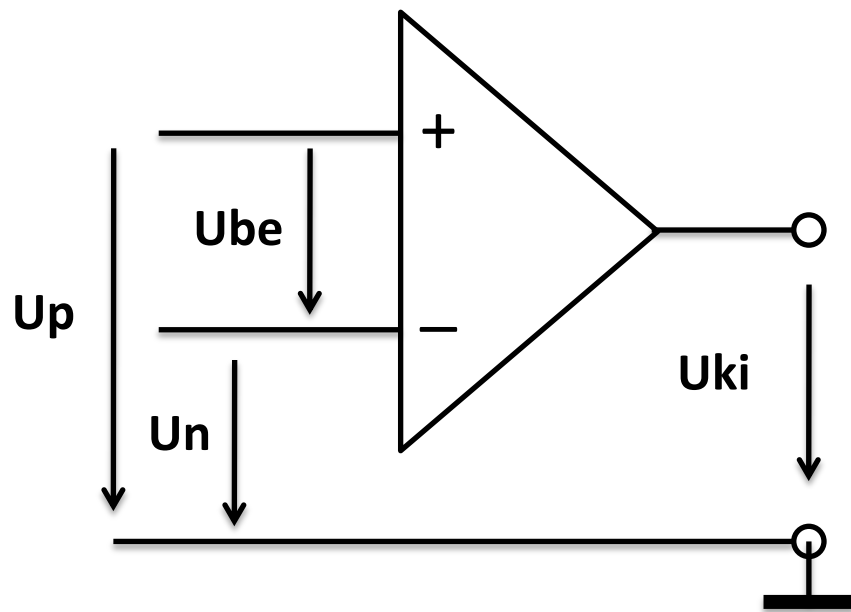


AZ IDEÁLIS MŰVELETI ERŐSÍTŐ (2)

- Az ideális műveleti erősítő egy aszimmetrikus kimenetű ideális feszültségerősítő amelynek a feszültségerősítési tényezője végtelenül nagy.

Ideális OpAmp	Valódi OpAmp
R _{be} végtelen	R _{be} gigaohm nagyságrendű
R _{ki} = 0	R _{ki} tíz - száz ohmos nagyságrendű
„a” végtelen	„a” százezres nagyságrendű

AZ IDEÁLIS MŰVELETI ERŐSÍTŐ (3)



$$U_{ki} = a \cdot U_{be} = a \cdot (U_p - U_n)$$

Ha $U_n = 0$ akkor $U_{ki} = a \cdot U_p$

Ha U_p pozitív akkor U_{ki} is pozitív, ezért a (+)
non-invertáló bemenet

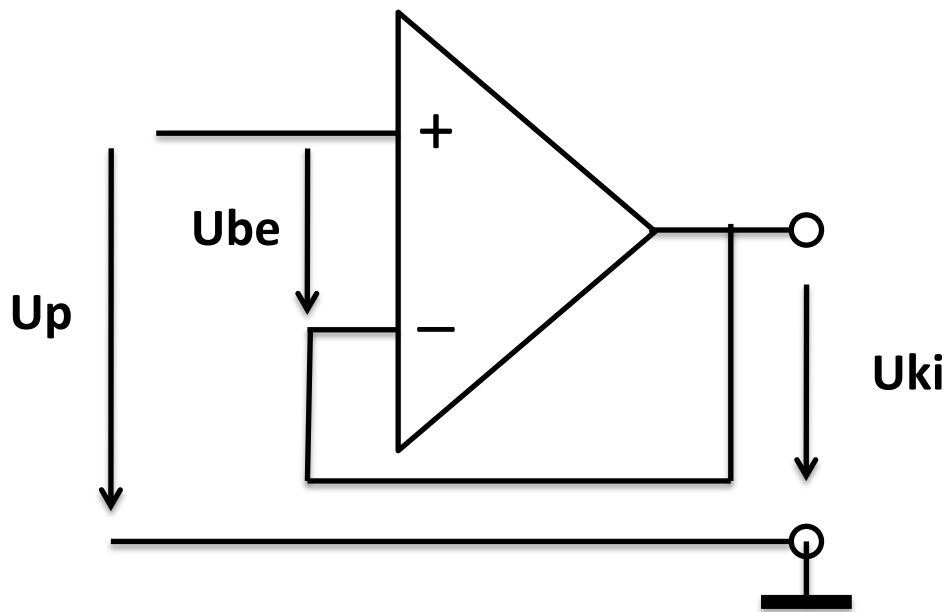
Ha $U_p = 0$ akkor $U_{ki} = - a \cdot U_n$

Ha U_n pozitív akkor U_{ki} negatív, ezért a (-)
invertáló bemenet

VISSZACSATOLÁS

- A végtelen nyílthurkú erősítés következtében a műveleti erősítő használhatatlan.
- A negatív visszacsatolást alkalmazzuk az erősítési tényező tetszőleges beállítására.
- Visszacsatolás = a kimeneti jel egy részét a bemenetre kapcsoljuk vissza .
- Negatív a visszacsatolás ha a visszacsatolt jel az eredeti bemeneti jelet csökkenti.

TELJES MÉRTÉKŰ VISZACSATOLÁS



$$U_{ki} = a \cdot U_{be} = a \cdot (U_p - U_n)$$

$$U_n = U_{ki}$$

$$U_{ki} = a \cdot (U_p - U_{ki})$$

$$U_{ki} \cdot (1+a) = a \cdot U_p$$

$$a = \infty \rightarrow 1+a = a$$

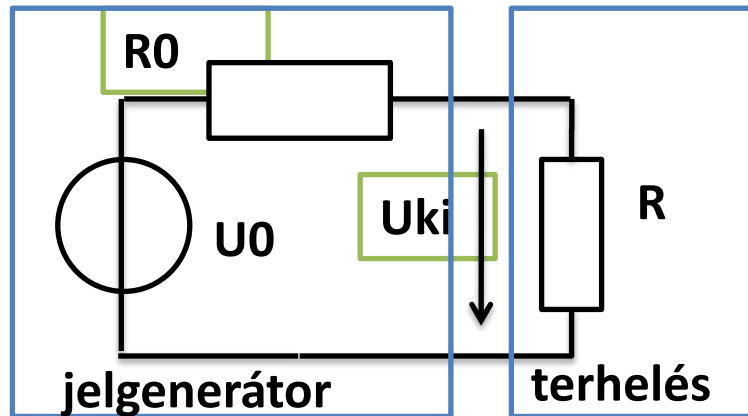
$$U_{ki} = U_p$$

$$U_{ki} / U_p = A = 1$$

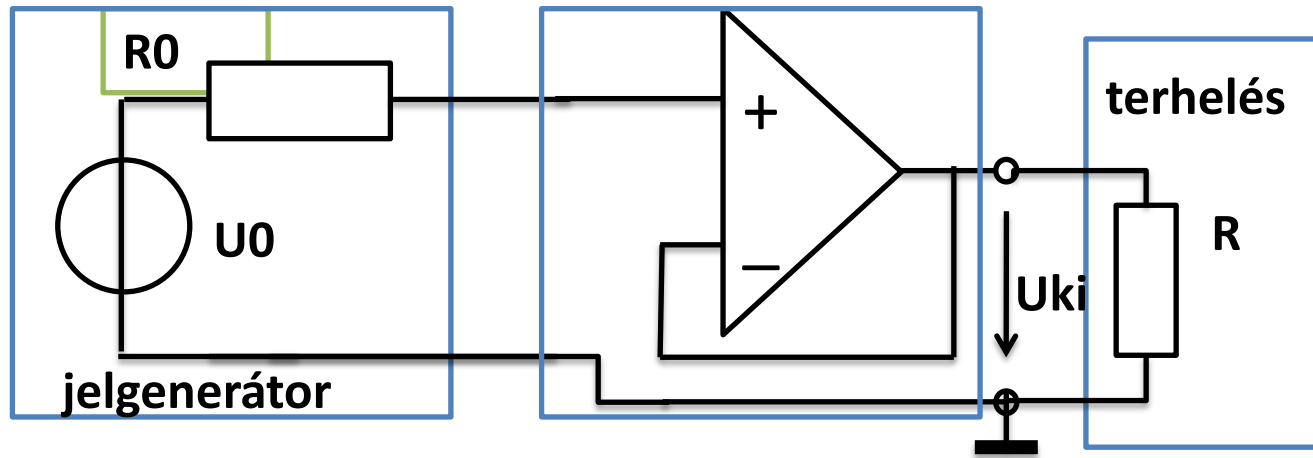
a = nyílthurkú erősítési tényező

A = zárthurkú erősítési tényező

Nem erősít de mégis...



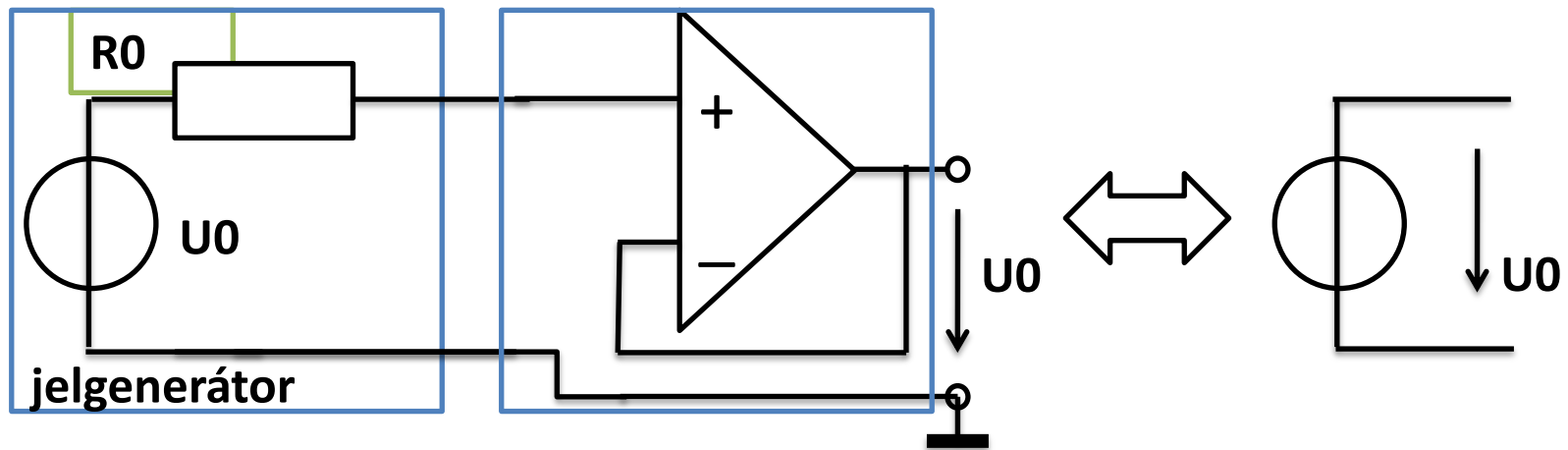
$$U_{ki} = \frac{R}{R + R_0} \cdot U_0 \Rightarrow U_{ki} < U_0$$



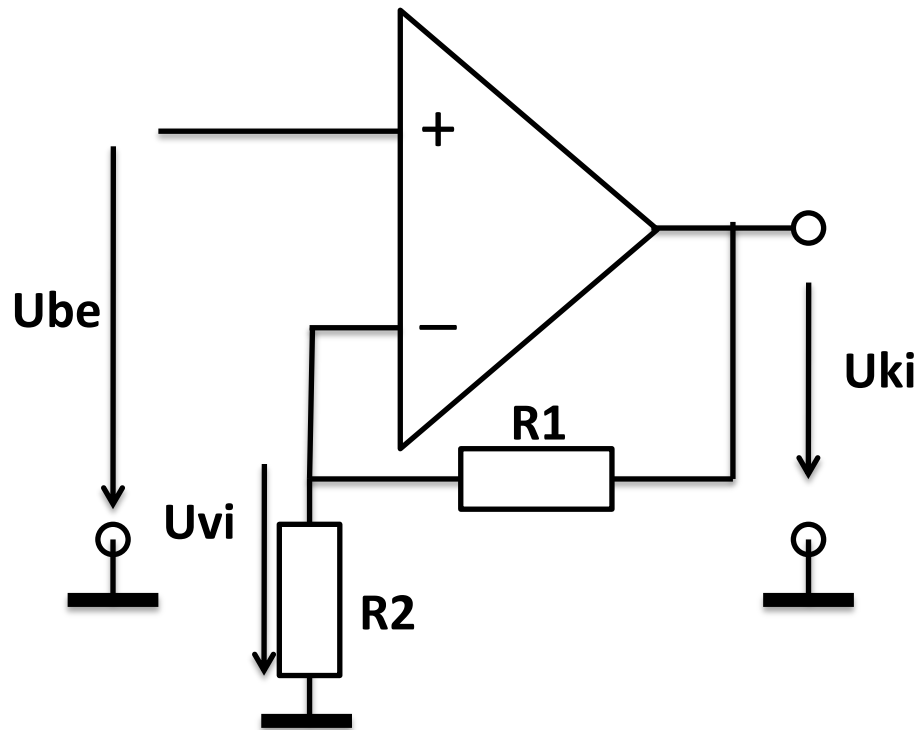
$$U_{ki} = U_0$$

MEGJEGYZÉS

A teljes mértékű feszültség visszacsatolásos műveleti erősítő segítségével, bármekkora belső ellenállású feszültségforrásból egy ideális feszültségforrást csinálhatunk.



VISZACSATOLÁS FESZÜLTÉGOSZTÓVAL



$$U_{ki} = a(U_{be} - U_{vi})$$

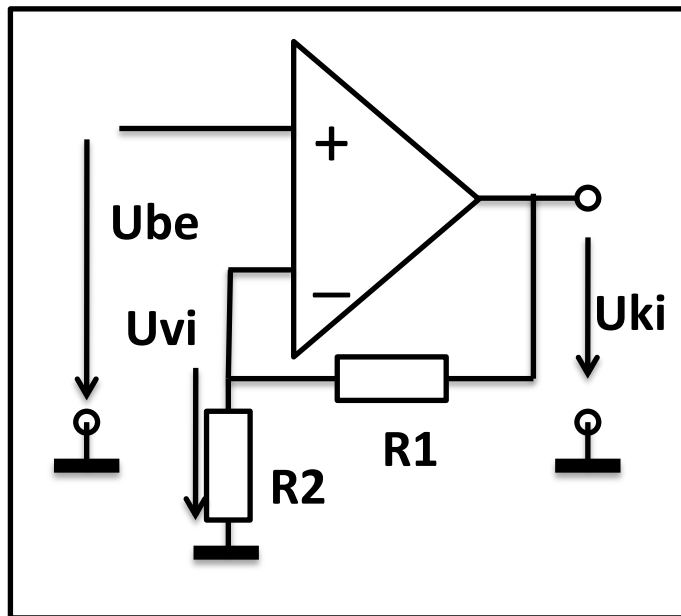
$$U_{vi} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{ki} = k \cdot U_{ki}$$

$$U_{ki}(1 + a \cdot k) = a U_{be}$$

$$A = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{a}{1 + a \cdot k} = \frac{1}{\frac{1}{a} + k} = \frac{1}{k}$$

$$A = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

FONTOS MEGJEGYZÉS (1)



$$A = 1 + \frac{R1}{R2} \Leftrightarrow Uki = \left(1 + \frac{R1}{R2}\right) Ube$$

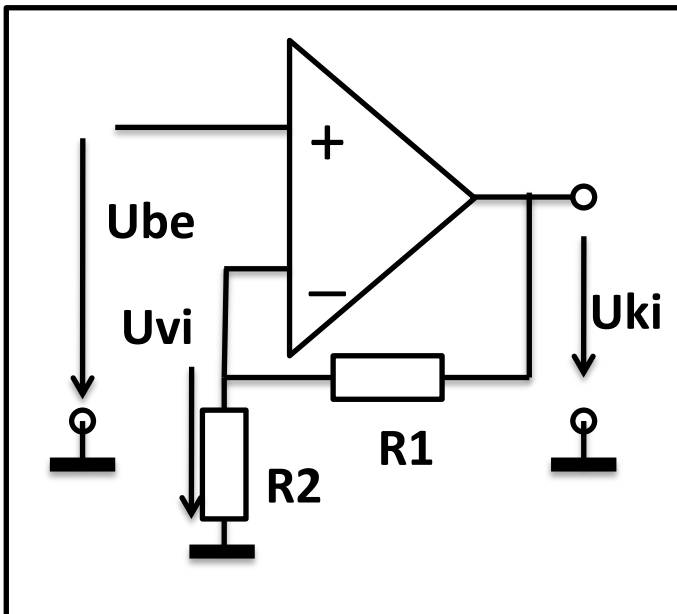
$$Ube = \frac{R2}{R1 + R2} \cdot Uki$$

$$Ube = Uvi$$

$$Up = Un$$

A visszacsatolás hatására az erősítő mindkét bemenete azonos potenciálú lesz !!!

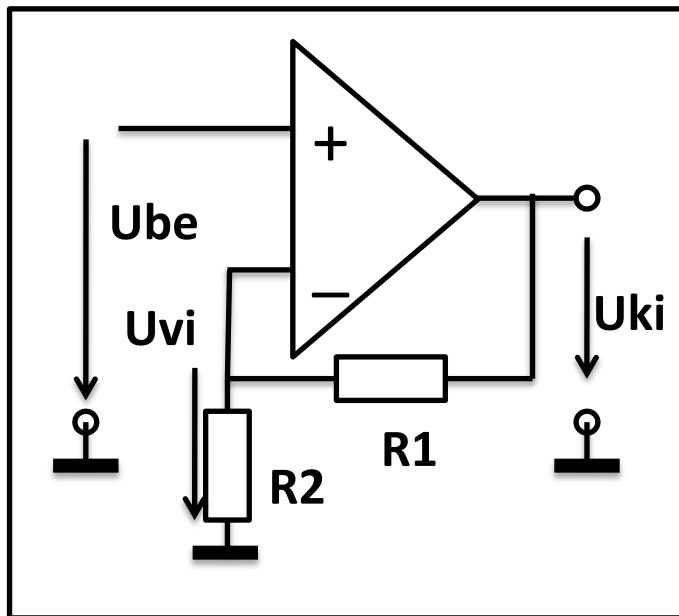
FONTOS MEGJEGYZÉS (2)



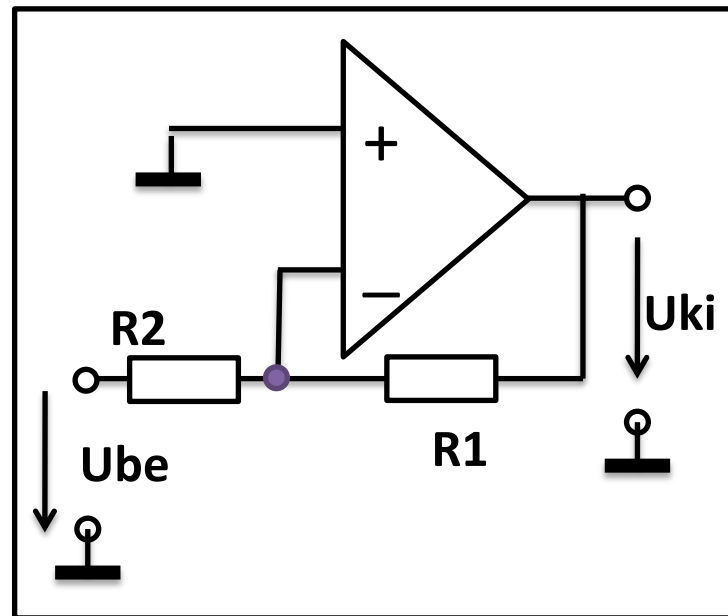
$$U_{ki} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) U_{be}$$

Mivel a U_{ki} mindig azonos polaritású a bemeneti feszültséggel ezt a kapcsolást non-invertáló vagy nem-fázisforgató erősítőnek nevezik.

INVERTÁLÓ (FÁZISFORGATÓ) ERŐSÍTŐ (1)



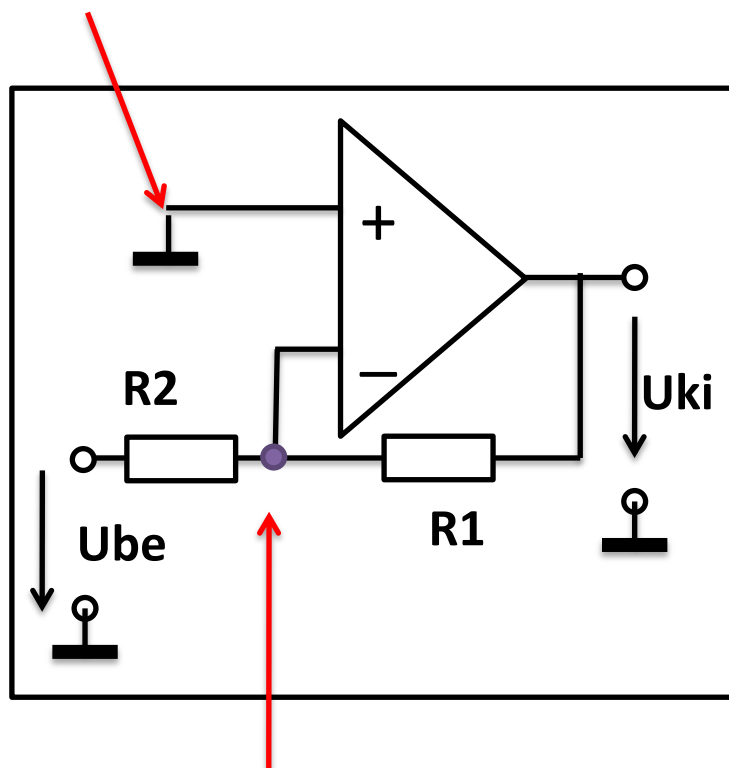
**Non-invertáló
erősítő**



Invertáló erősítő

INVERTÁLÓ (FÁZISFORGATÓ) ERŐSÍTŐ (2)

Reális test pont



Virtuális test pont

A non-invertáló bemenet a testhez van kötve:

$$V_p = 0V$$

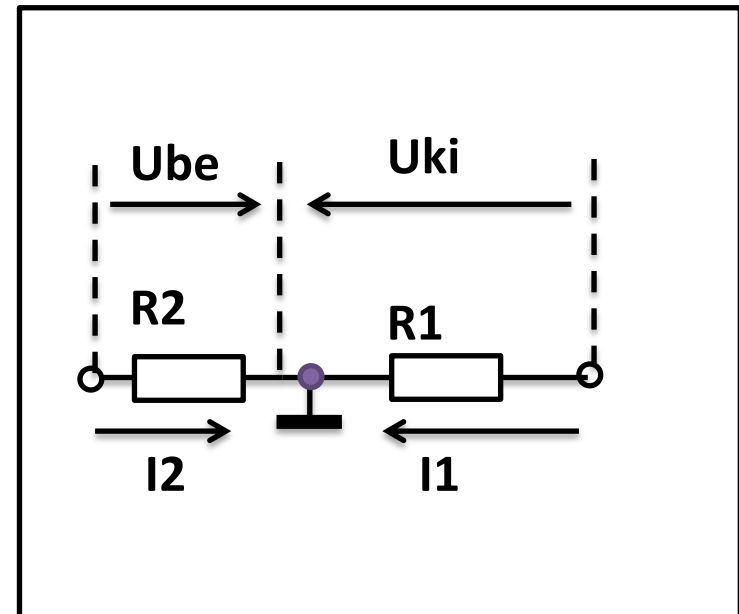
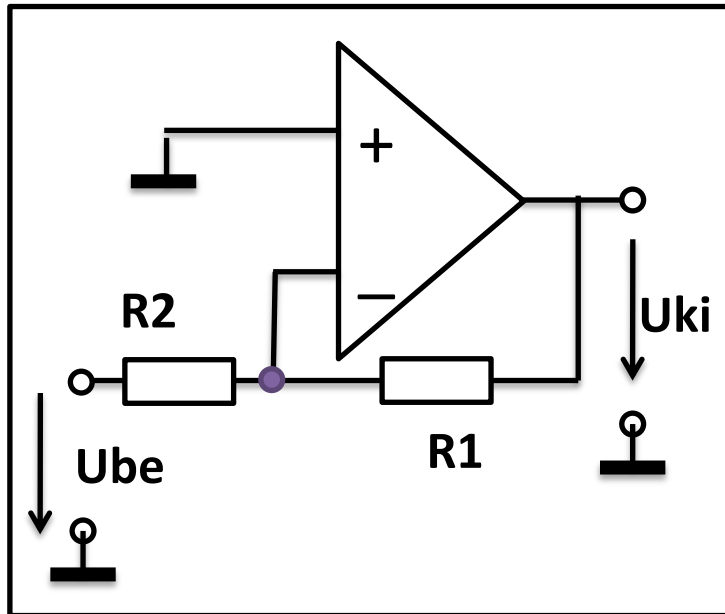
A visszacsatolás következtében:

$$V_p = V_n$$

Következő képen:

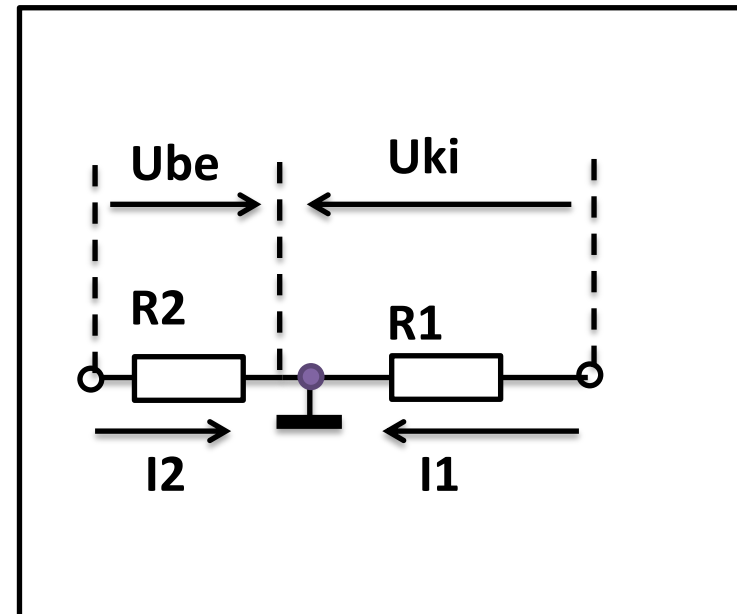
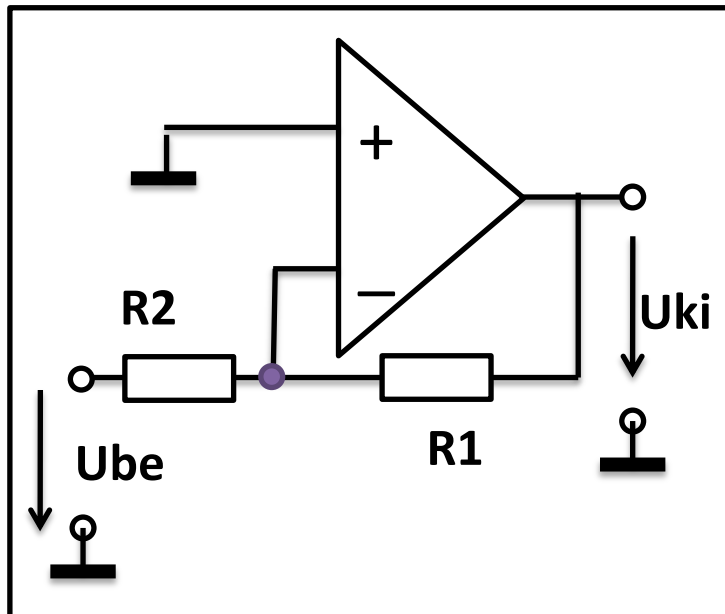
$$V_n = 0V \text{ (virtuális test)}$$

INVERTÁLÓ (FÁZISFORGATÓ) ERŐSÍTŐ (3)



$$I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{U_{be}}{R_2} + \frac{U_{ki}}{R_1} = 0 \Rightarrow U_{ki} = -\frac{R_1}{R_2} \cdot U_{be} \Rightarrow A = -\frac{R_1}{R_2}$$

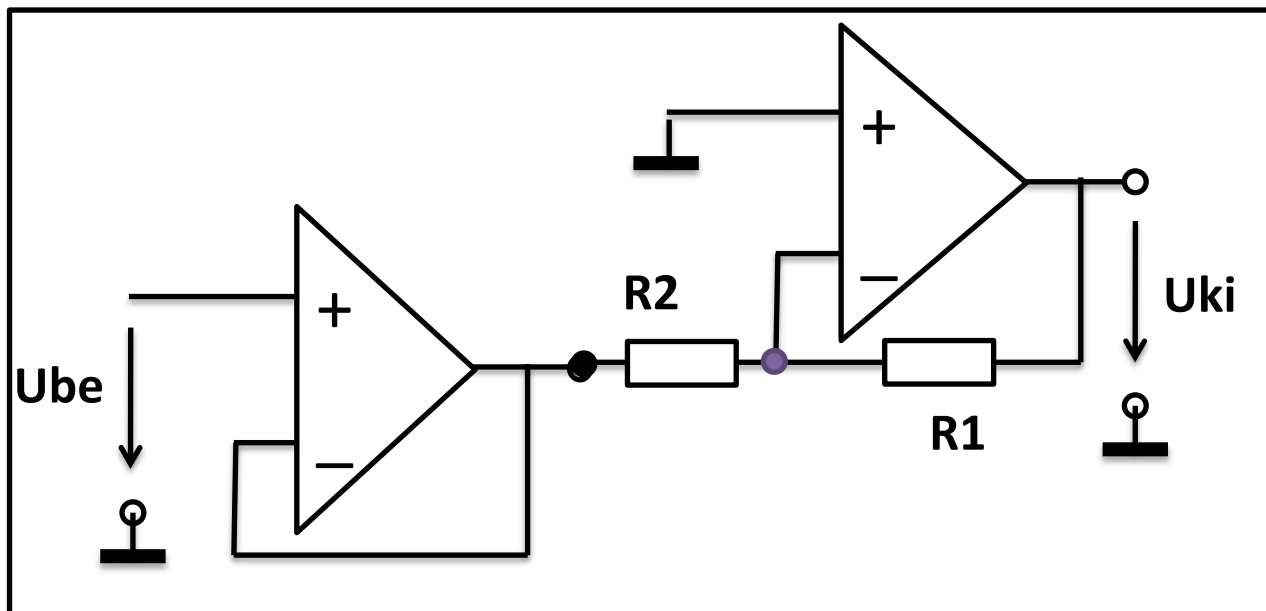
FONTOS MEGJEGYZÉS



A fázisfordító kapcsolás nem egy ideális feszültség erősítő: A bemeneti ellenállás nem végtelen hanem R_2 -vel egyenlő.

4. Példa

Adja meg egy olyan műveleti erősítővel megvalósított erősítő kapcsolási rajzát amelynek az erősítése -5 és a bemeneti ellenállása végtelen.



$$A = -\frac{R_1}{R_2} = -5$$

$$R_1 = 5 \cdot R_2$$

Mégis mekkorák legyenek az ellenállások?

- Elméletileg:

- Az egyik szabadon választható a másik az $R1=A \cdot R2$ feltétel alapján kiszámítható.

- Gyakorlati szempontok:

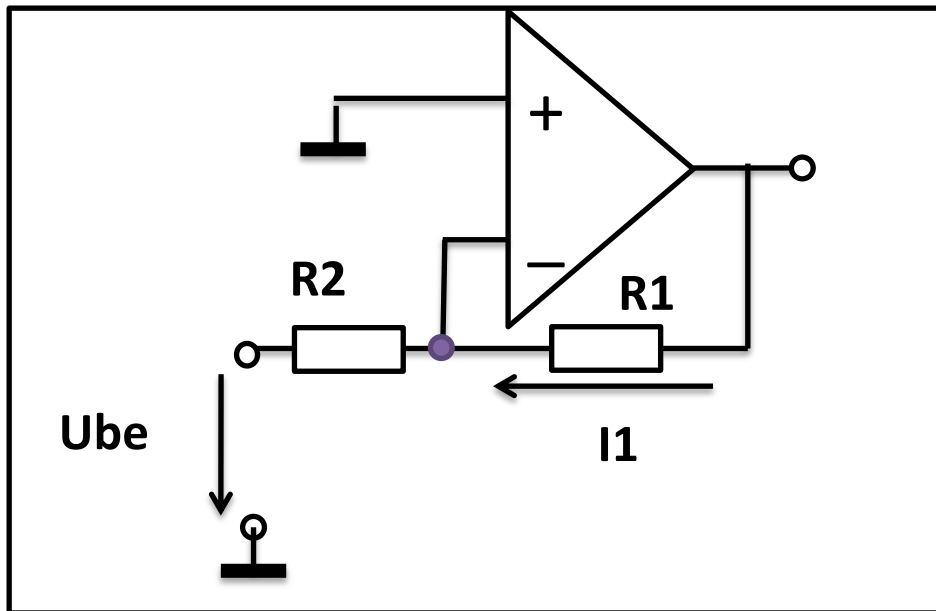
- **R2** az első erősítő kimenetét terheli ezért nem kell túlságosan kicsinek lennie. Legyen ez az ellenállás minimum **1kΩ** .

- Minél nagyobb egy ellenállás annál nagyobb termikus zajt produkál. Ezért egyik ellenállás se legyen **1MΩ**-nál nagyobb.

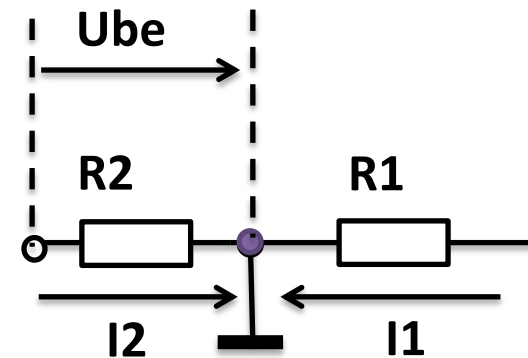
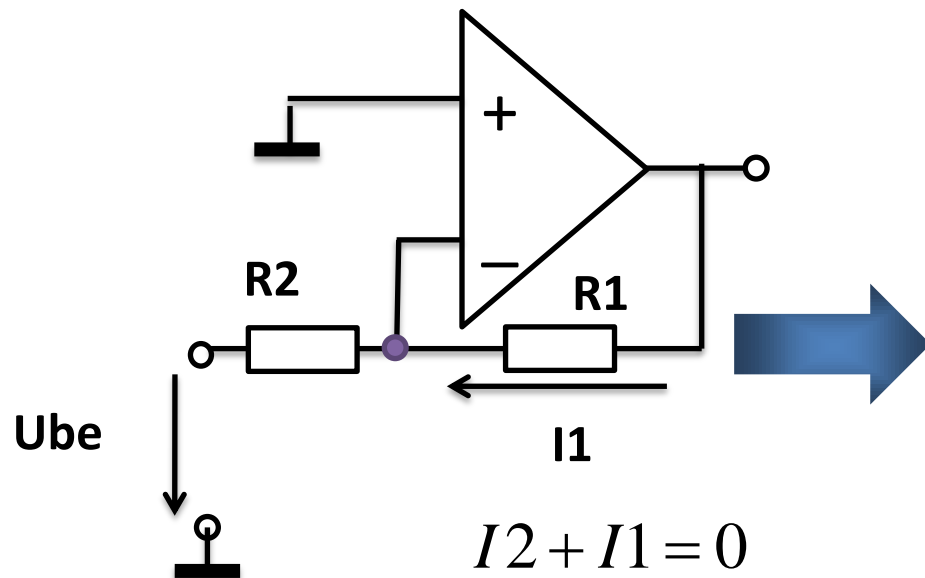
5. Példa

$U_{be}=1V$ és $R_2 = 1k\Omega$

Mekkora az R_1 ellenálláson átfolyó áram értéke.



MEGOLDÁS: Az invertáló bemenet virtuális testpont



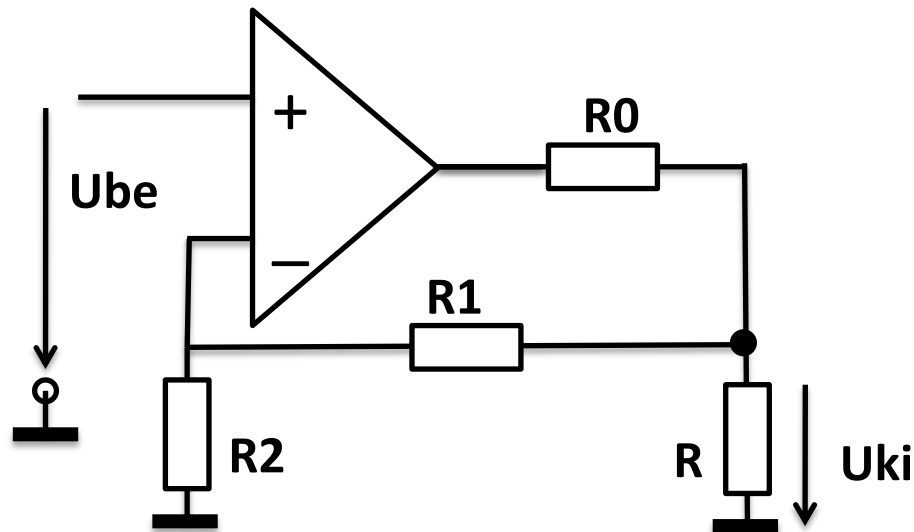
$$I_2 + I_1 = 0$$

$$I_2 = \frac{U_{be}}{R_2} = \frac{1V}{1k\Omega} = 1mA$$

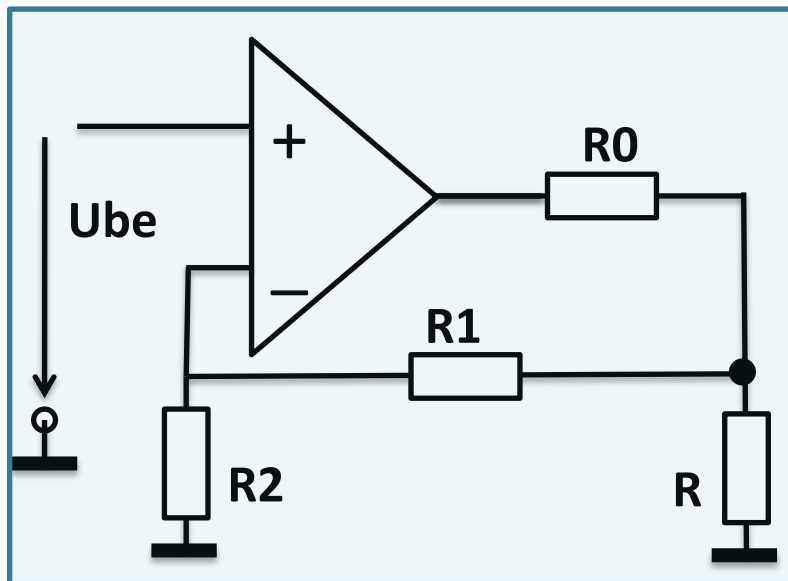
$$I_1 = -1mA$$

6. Példa

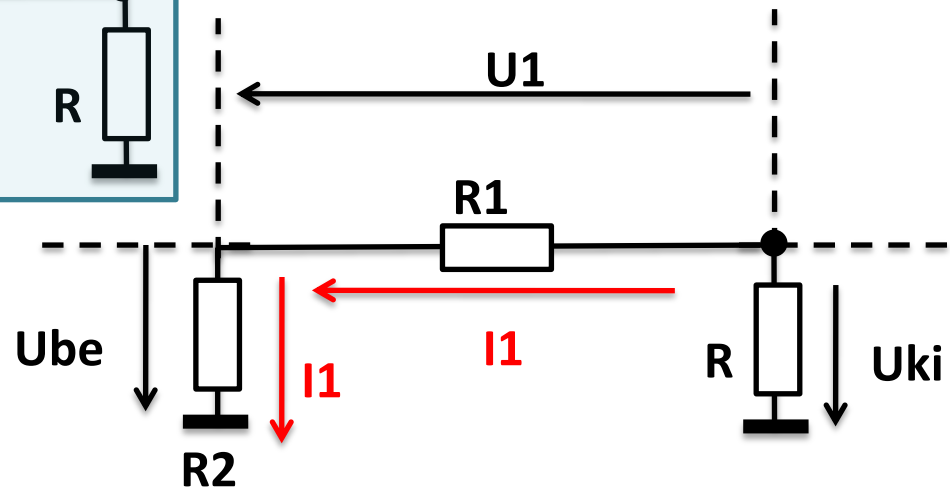
Adja meg a kimeneti feszültség kifejezését a bemeneti feszültség függvényében.



MEGOLDÁS:



A visszacsatolás miatt a két bemenet potenciálja azonos !!!



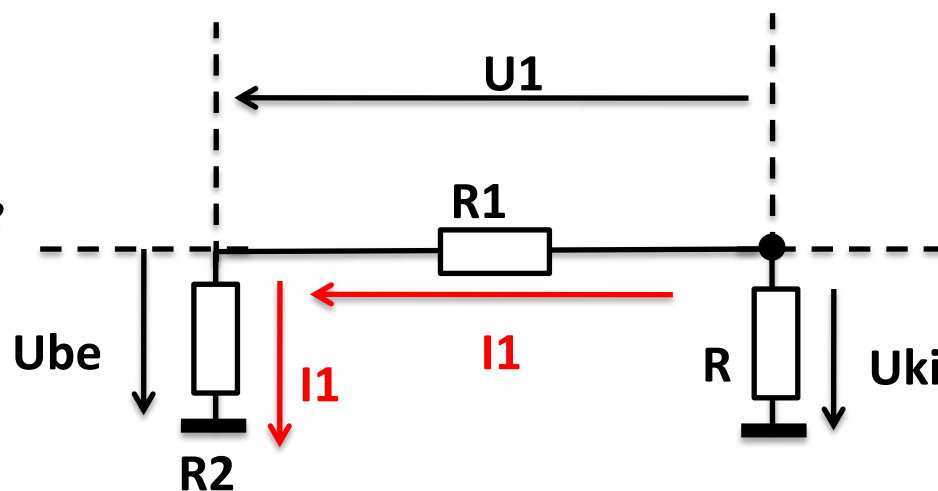
Meglepetés: a kimeneti feszültséget R0 és R nem befolyásolják.

$$U_{ki} = U_1 + U_{be}$$

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

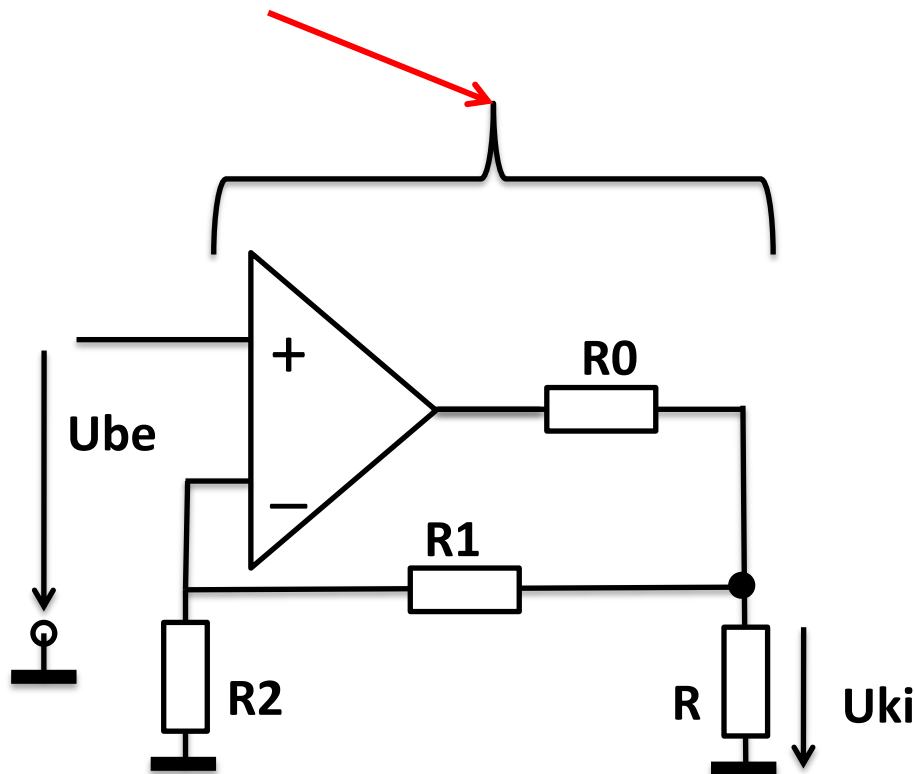
$$I_1 = \frac{U_{be}}{R_2}$$

$$U_{ki} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) U_{be}$$



FONTOS MEGJEGYZÉS

Valós OpAmp = Ideális OpAmp + Kimeneti ellenállás



- A visszacsatoló (R_1) ellenállás nélkül a kimeneti feszültség függ a kimeneti (R_0) és a terhelő ellenállás (R) értékétől.
- Feszültségvisszacsatolás alkalmazása esetén ezek az ellenállások a kimeneti feszültséget nem befolyásolják.



Köszönöm a figyelmet !