

A MŰVELETI ERŐSÍTŐ: JELLEGZETES ALKALMAZÁSOK

ELEKTRONIKA_2

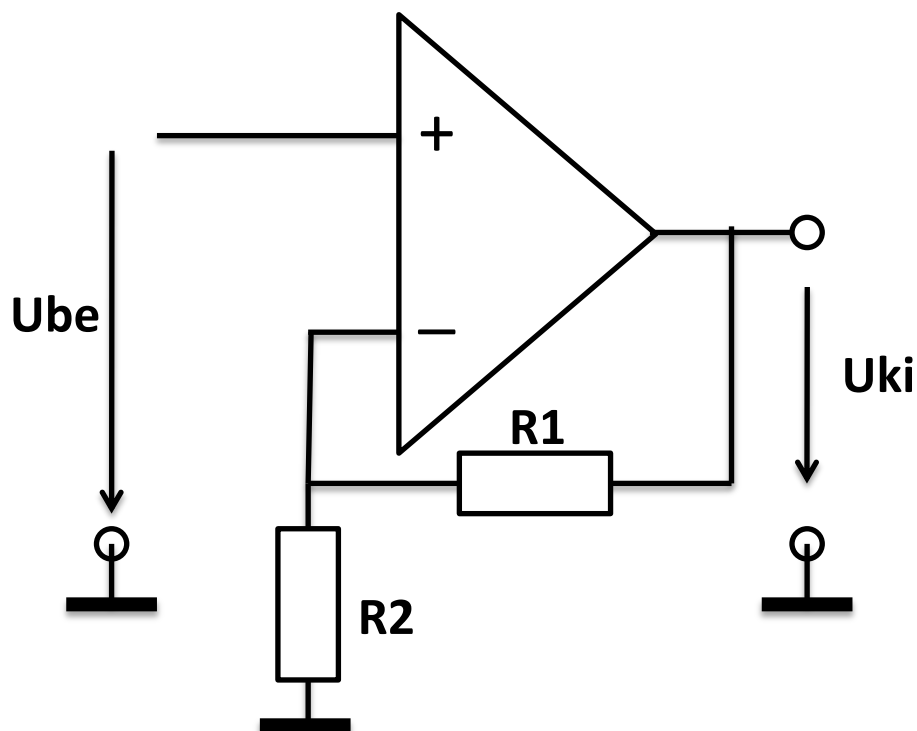
TEMATIKA

- Erősítő kapcsolások
 - Non-invertáló fokozat
 - Invertáló fokozat
- Összeadó erősítő.
- Különbségképző (differenciális) erősítő.
- Integráló áramkör: alul-áteresztő szűrő.
- Deriváló áramkör: felül-áteresztő szűrő.

ÖSSZEFOGLALÓ

- A műveleti erősítő egy majdnem ideális feszültségerősítő.
- Erősítőként kizárólag visszacsatolással alkalmazható.
- Két alapkapcsolás létezik:
 - Fázist nem fordító (non-invertáló) erősítő.
 - Fázist fordító (invertáló) erősítő.

Fázist nem fordító (non-invertáló) erősítő



- Feszültségerősítési tényező

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

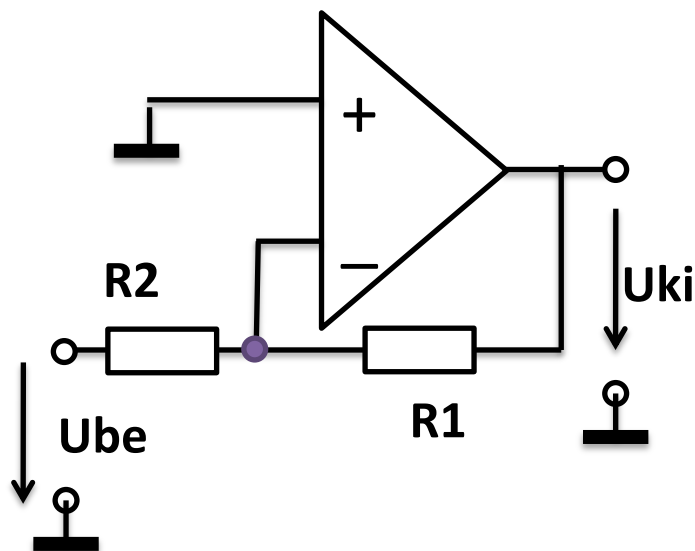
- Bemeneti ellenállás

$$R_{be} = \infty$$

- Kimeneti ellenállás

$$R_{ki} = 0$$

Fázisfordító (invertáló) erősítő



- Feszültségerősítési tényező

$$A = -\frac{R1}{R2}$$

- Bemeneti ellenállás

$$R_{be} = R2$$

- Kimeneti ellenállás

$$R_{ki} = 0$$

Nagyon fontos megjegyzések:

1. A műveleti erősítő bemenetein, sem ki sem be, áram nem folyik .

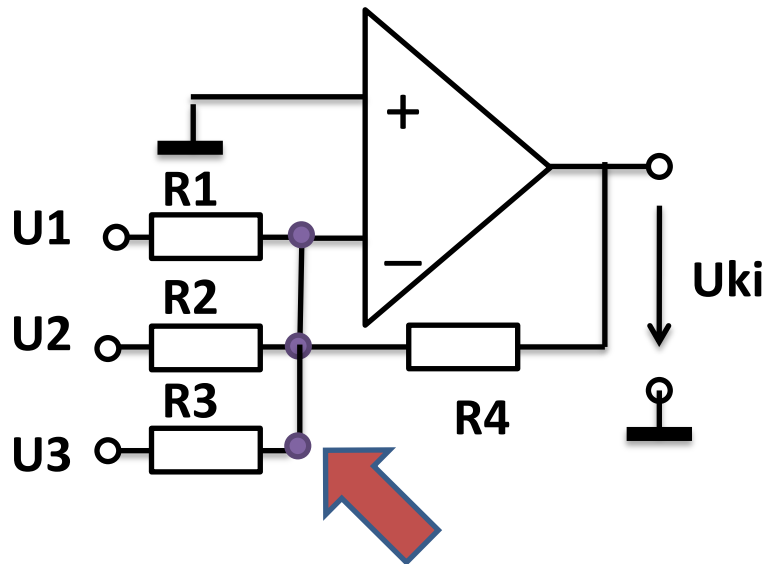
$$I_p = I_n = 0$$

2. A negatív visszacsatolás alkalmazása esetén a műveleti erősítő két bemenete azonos potenciálú lesz.

$$V_p = V_n$$

Összeadó áramkör(1)

Több feszültség súlyozott összeadására a fázisfordító kapcsolást használjuk.



Virtuális test pont – 0V !

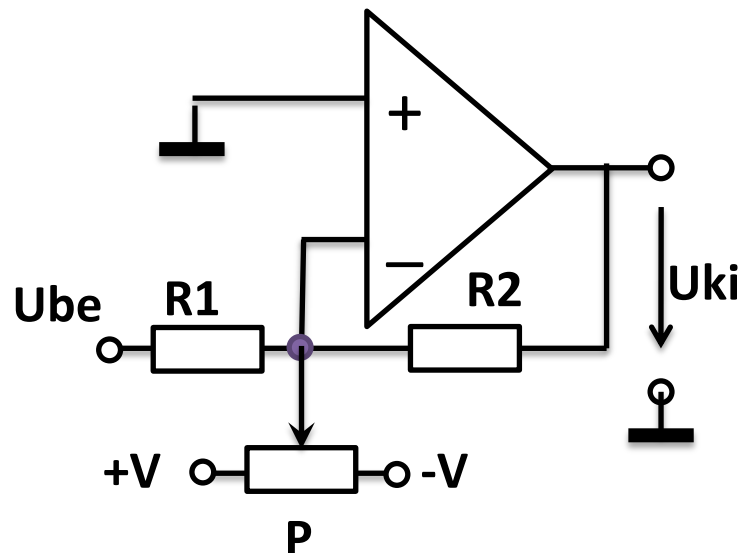
A szuperpozíció elv alapján

$$U_{ki} = -R4 \cdot \left(\frac{U1}{R1} + \frac{U2}{R2} + \frac{U3}{R3} \right)$$

Ha $R1=R2=R3=R4$ akkor:

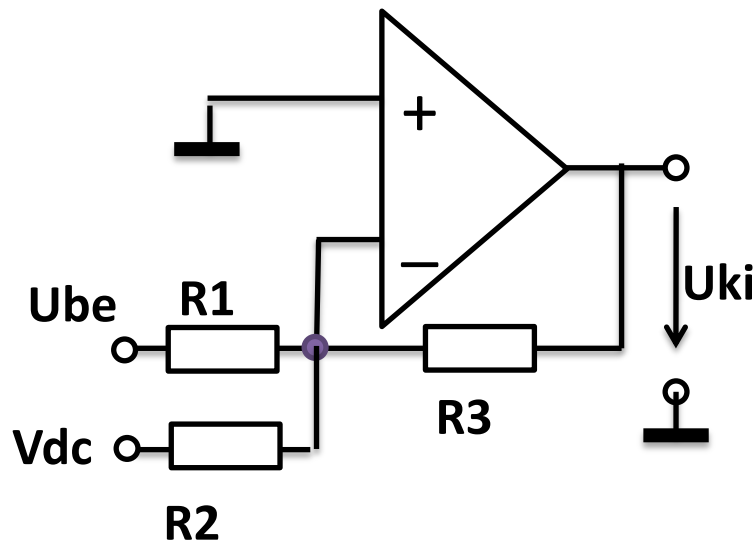
$$U_{ki} = -(U1 + U2 + U3)$$

Összeadó áramkör(2)



A fázisfordító összeadót nagy nullponteltolási tartományú erősítőként is használhatjuk, ha a jelfeszültséghez egyenfeszültséget adunk.

7. Példa



$$U_{be} = 0.1 \cdot \sin(2\pi \cdot 1000 \cdot t)$$

$$V_{dc} = 5V$$

$$R1 = 1k\Omega$$

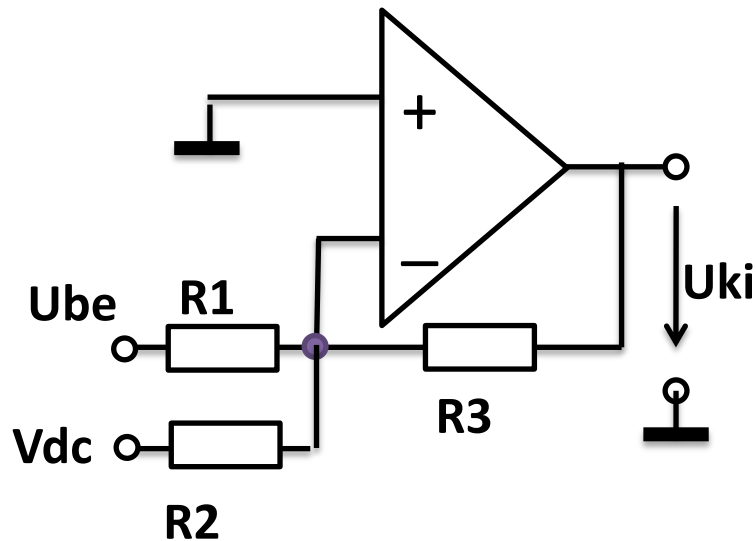
$$R2 = 10k\Omega$$

$$R3 = 10k\Omega$$

Rajzolja fel a kimeneti jel alakját (időfüggvényét).

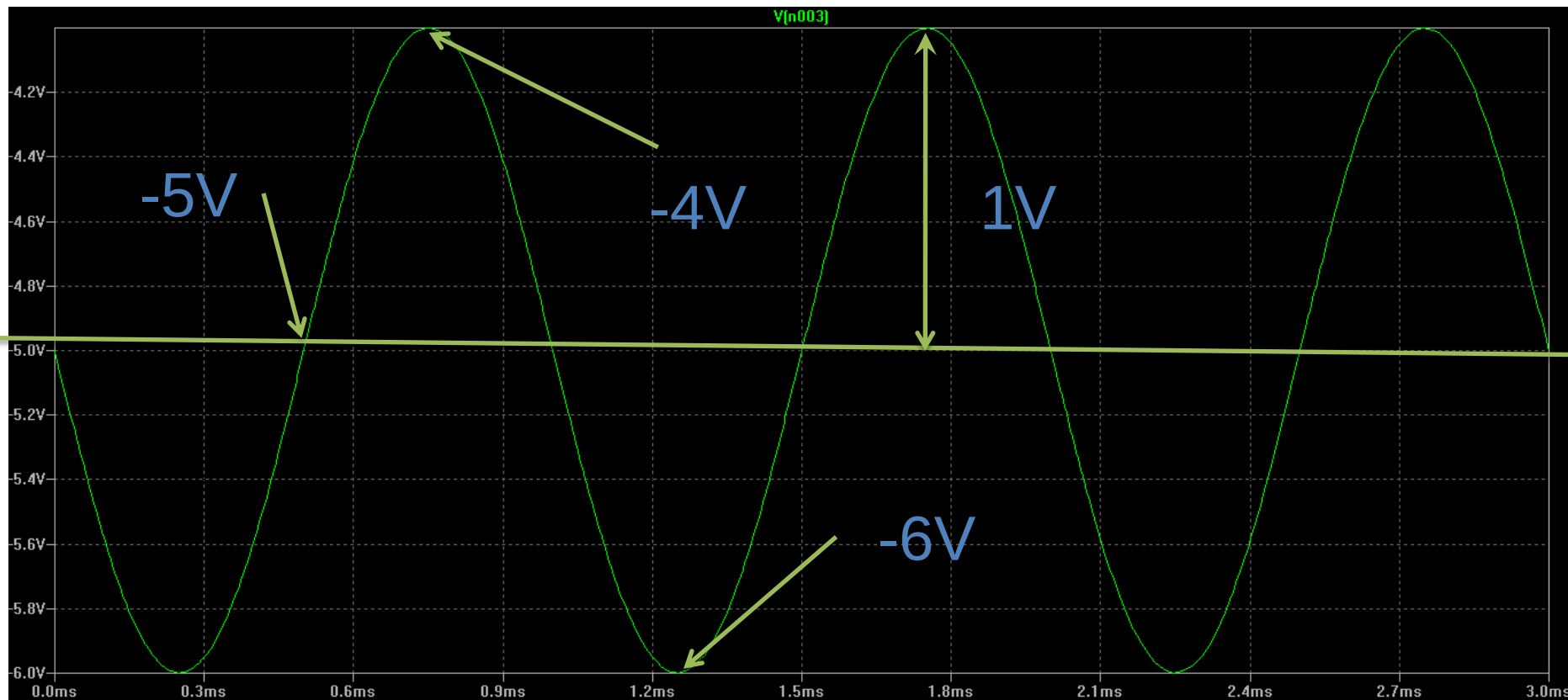
Megoldás(1)

A szuperpozíció elv alapján:



$$U_{ki} = -\frac{R3}{R1}U_{be} - \frac{R3}{R2}V_{dc} = \\ = -(5 + \sin(2\pi 1000t))$$

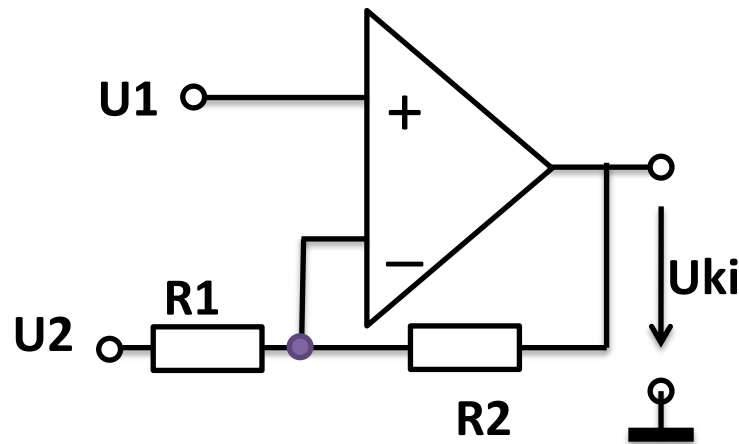
Megoldás(2)



$$U_{ki} = -(5 + \sin(2\pi 1000t))$$

Különbségképző áramkör

A szuperpozíció elv alapján



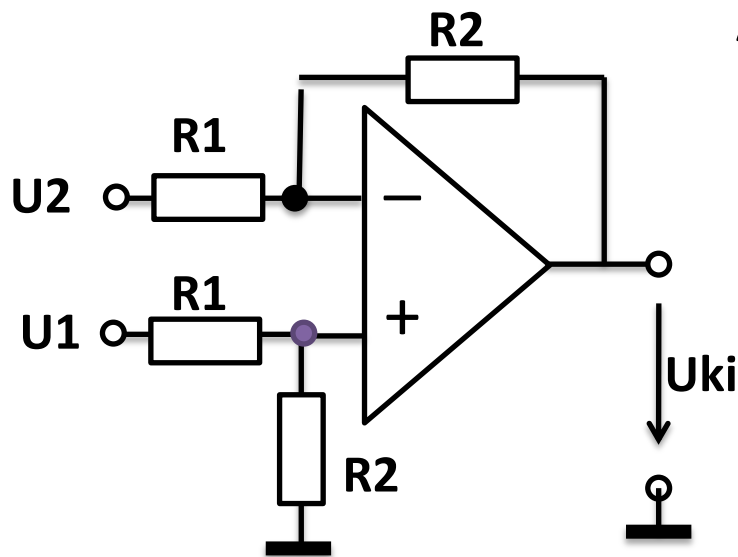
$$U_{ki} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) U1 - \frac{R2}{R1} U2$$

Ha: $\frac{R2}{R1} \gg 1$

$$U_{ki} \cong \frac{R2}{R1} \cdot (U1 - U2)$$

Hátrány: A két bemenet nem szimmetrikus.

Szimmetrikus bemenetű különbségképző áramkör

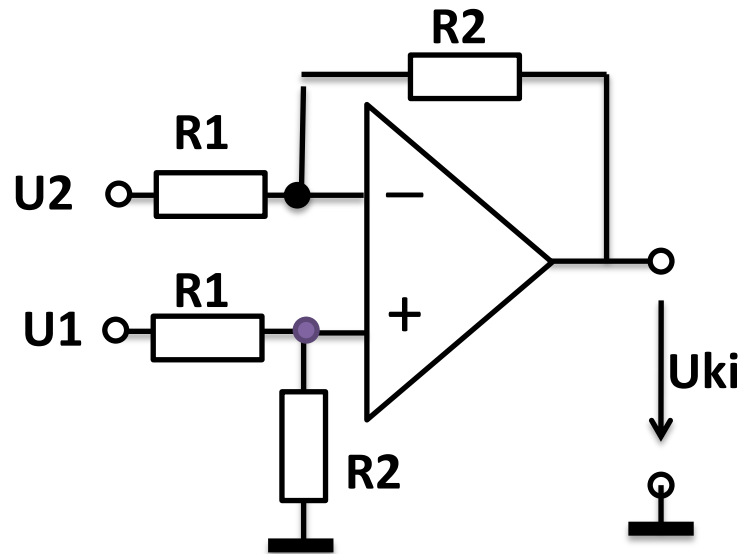


A szuperpozíció elv alapján

$$U_{ki} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \cdot \frac{R2}{R1 + R2} \cdot U1 - \frac{R2}{R1} U2$$

$$U_{ki} = \frac{R2}{R1} (U1 - U2)$$

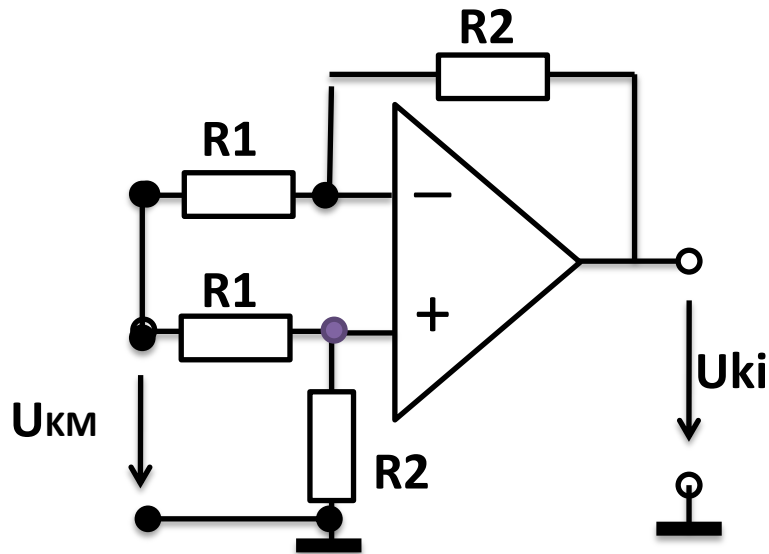
A differenciális erősítési tényező



$$U_{ki} = \frac{R_2}{R_1} (U_1 - U_2)$$

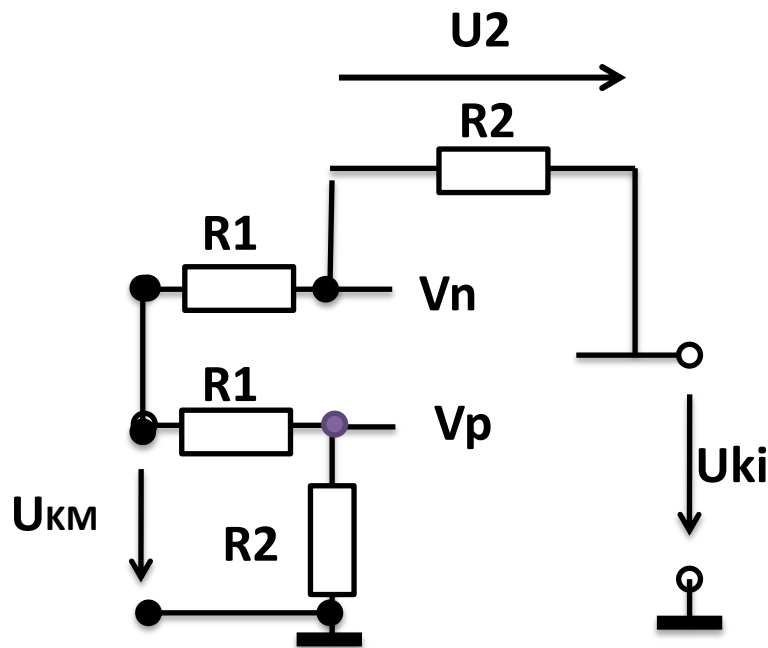
$$A_D = \frac{R_2}{R_1}$$

A közös módú bemeneti jel



A differenciális erősítők akkor jók ha a közös módú jelt nem erősítik.

A közös módú erősítési tényező



$$A_{KM} = 0$$

$$V_p = \frac{R2}{R1 + R2} \cdot U_{KM}$$

$$V_n = V_p$$

$$I1 = \frac{U_{KM} - \frac{R2}{R1 + R2} \cdot U_{KM}}{R1} = \frac{U_{KM}}{R1 + R2}$$

$$U2 = \frac{U_{KM}}{R1 + R2} \cdot R2$$

$$U_{ki} = V_n - U2 =$$

$$= \frac{R2}{R1 + R2} \cdot U_{KM} - \frac{U_{KM}}{R1 + R2} \cdot R2 =$$

$$= \frac{0}{R1 + R2} U_{KM} = 0$$

A közös módú elnyomás

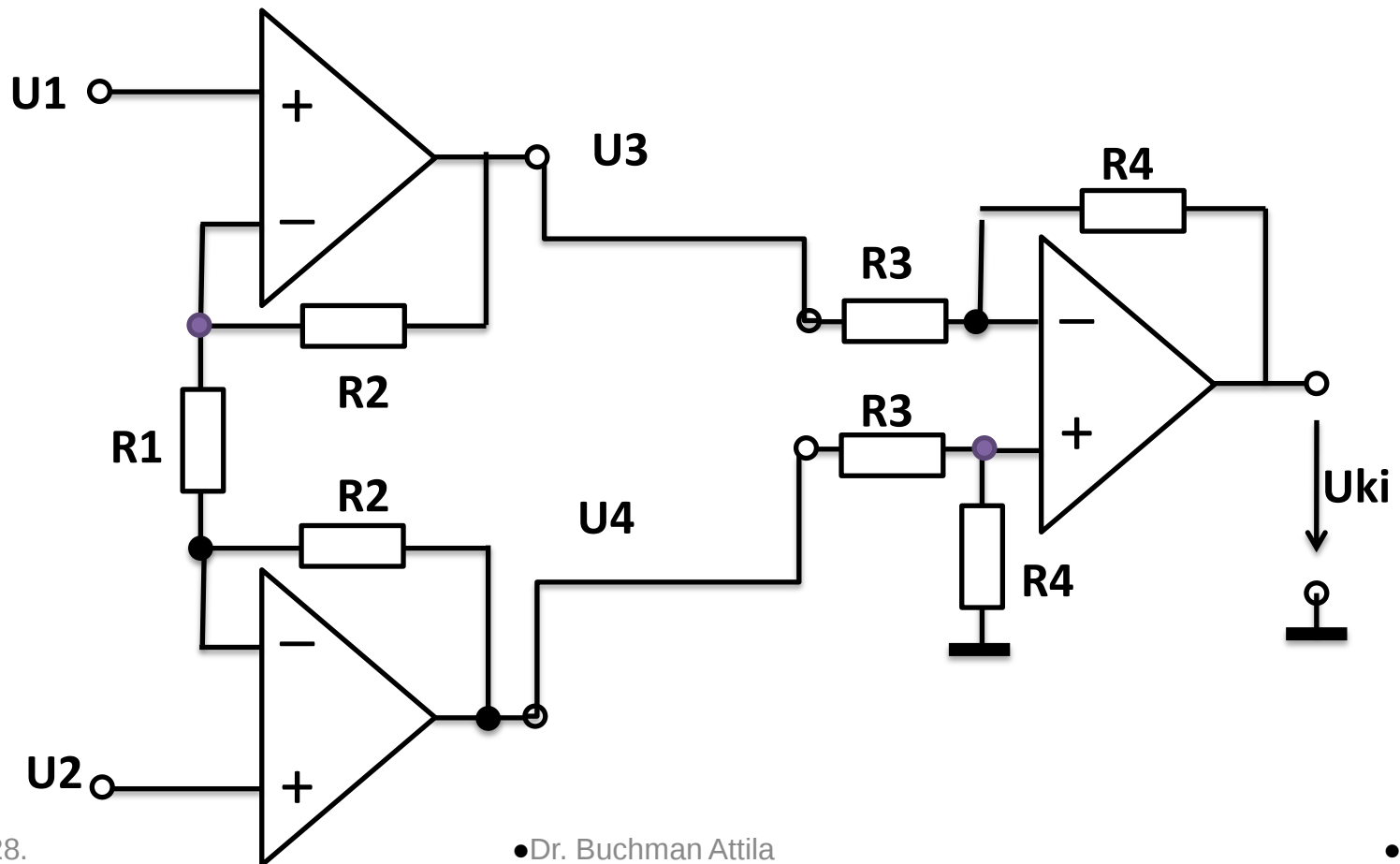
$$A_D = \frac{R_2}{R_1}$$

$$A_{KM} = 0$$

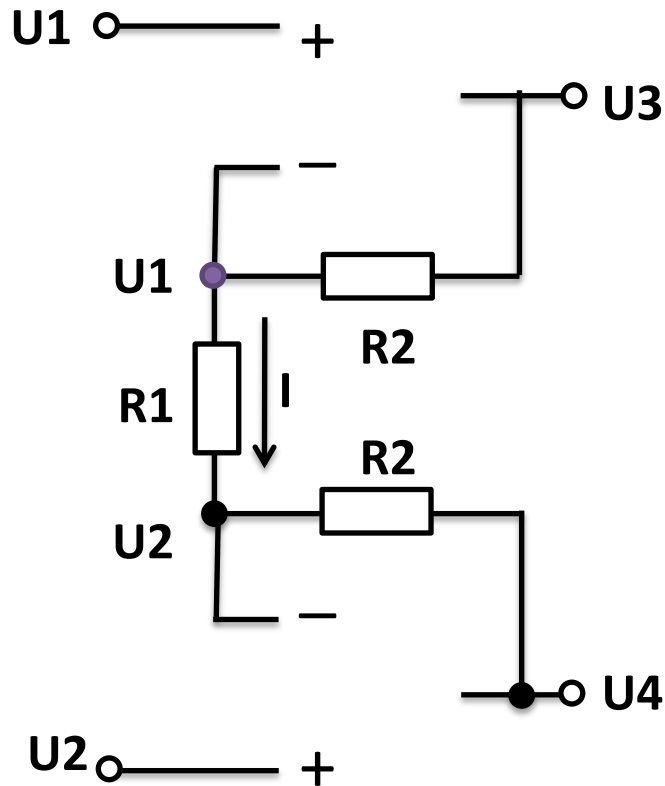
$$KME = \frac{A_D}{A_{KM}} = \infty$$

A valóságban nem lehet végtelen közös módú elnyomást elérni mert a közös módú erősítés nem lehet zérus.
(Miért ???)

Nagy bemeneti ellenállású differenciál erősítő



Differenciál erősítés (1)



$$I = \frac{U_1 - U_2}{R_1}$$

$$U_3 = U_1 + I \cdot R_2$$

$$U_4 = U_2 - I \cdot R_2$$

$$U_3 - U_4 = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)(U_1 - U_2)$$

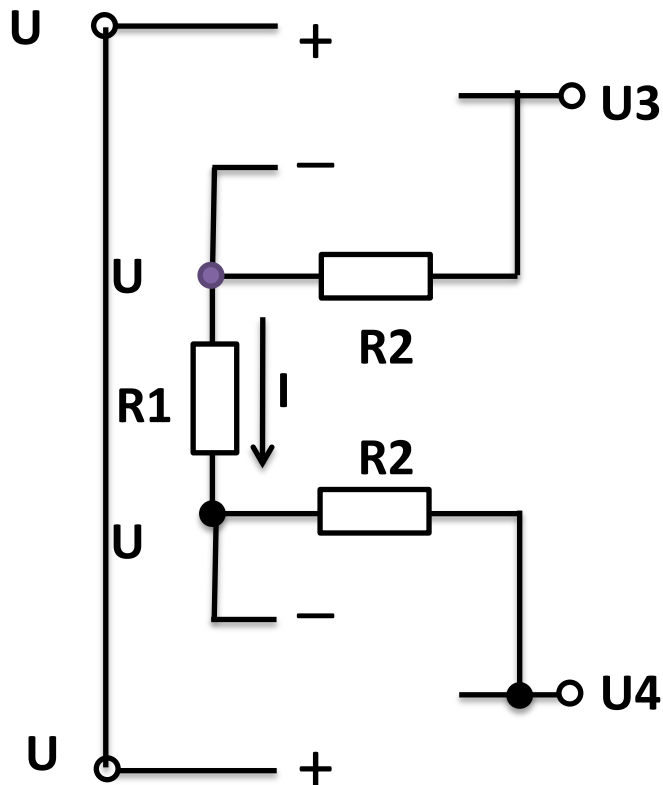
Differenciál erősítés (2)

●Az első fokozat differenciál erősítése $\left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)$

●A második fokozat differenciál erősítése $\left(\frac{R_4}{R_3}\right)$

●Differenciál erősítés $\left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3}$

Közös módú erősítés (1)



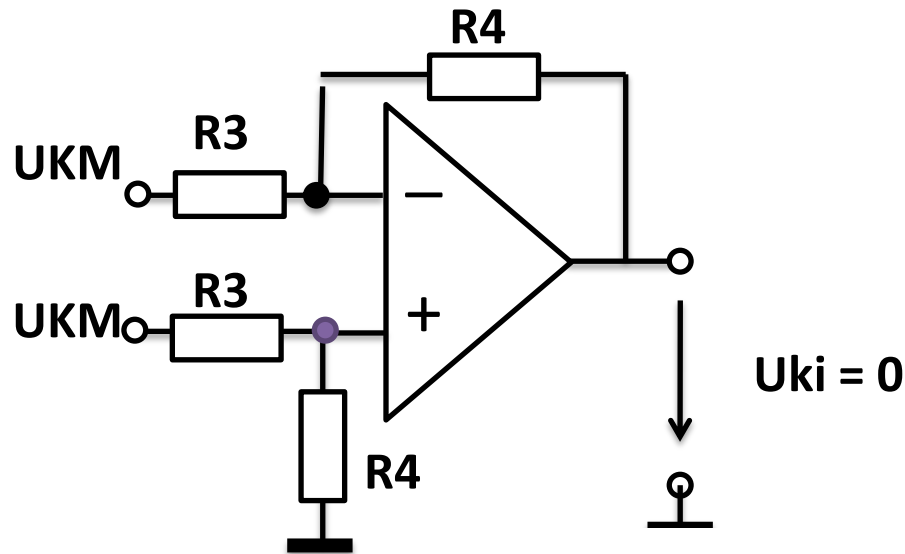
$$I = 0$$

$$U3 = U_{KM}$$

$$U4 = U_{KM}$$

Az első fokozat a közös módú jelet erősítés nélkül átviszi mindkét kimenetére

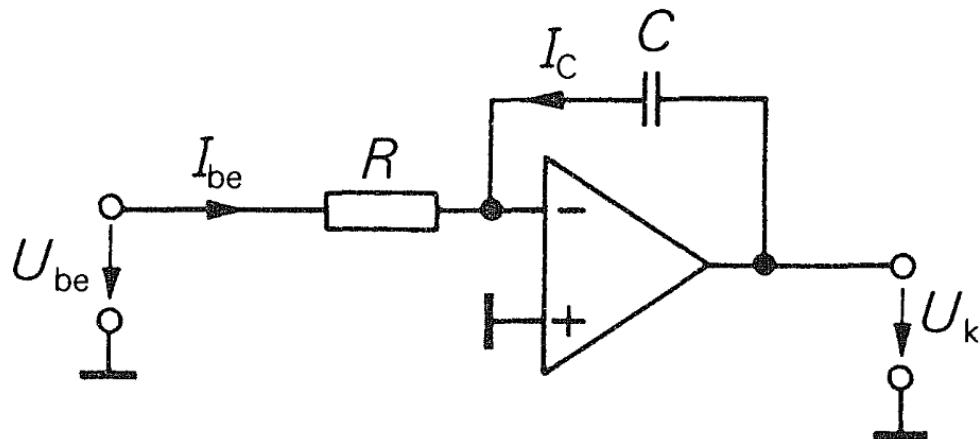
Közös módú erősítés (2)



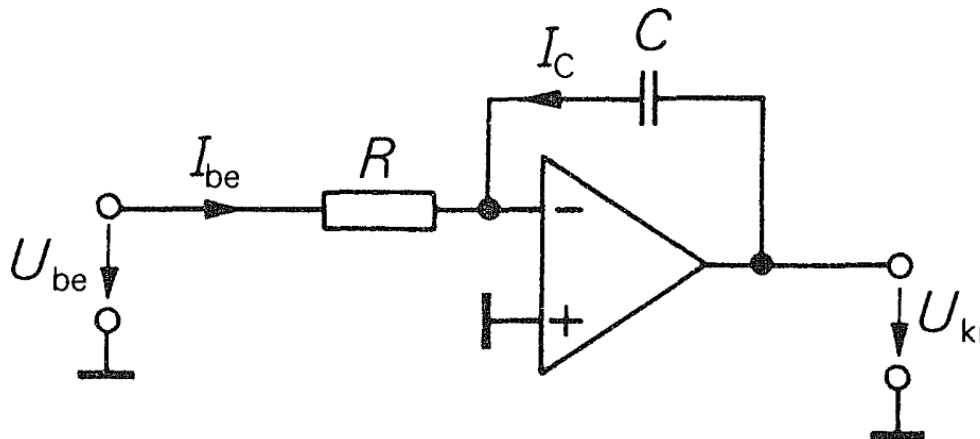
A második fokozat közös módban van kivezérelve és mivel a közös módú erősítési tényezője nulla, a kimeneti jel is nulla.

Az integráló (1)

- Az integráló abban különbözik a fázisfordító erősítőtől, hogy a negatív visszacsatoló ellenállást a C kondenzátor helyettesíti.



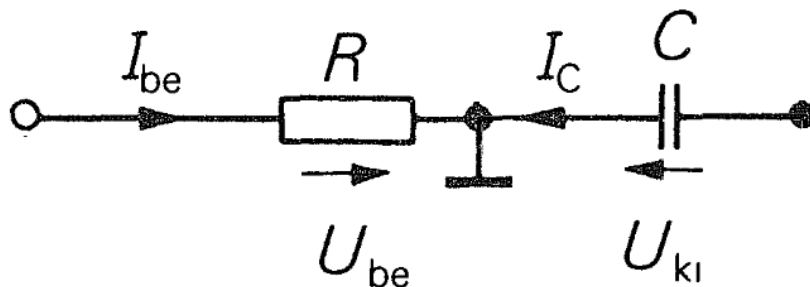
Az integrátor (2)



$$I_c = C \frac{dU_{ki}}{dt}$$

$$I_{be} = \frac{U_{be}}{R}$$

$$C \frac{dU_{ki}}{dt} = -\frac{U_{be}}{R}$$



$$U_{ki} = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_{be}(t) dt + U_{ki}(0)$$

Az állandó bemeneti jel esete:

$$U_{ki} = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_{be}(t) dt + U_{ki}(0)$$

$$U_{be} = K$$

$$U_{ki} = -\frac{k \cdot t}{RC} + U_{ki}(0)$$

Ha **U_{be}** időben állandó, akkor **U_{ki}** az idővel arányosan nő. E tulajdonsága miatt a kapcsolás háromszögjel előállítására alkalmas.

9. Példa

Mekkora egy másodperc után az integrátor kimeneti feszültsége ha:

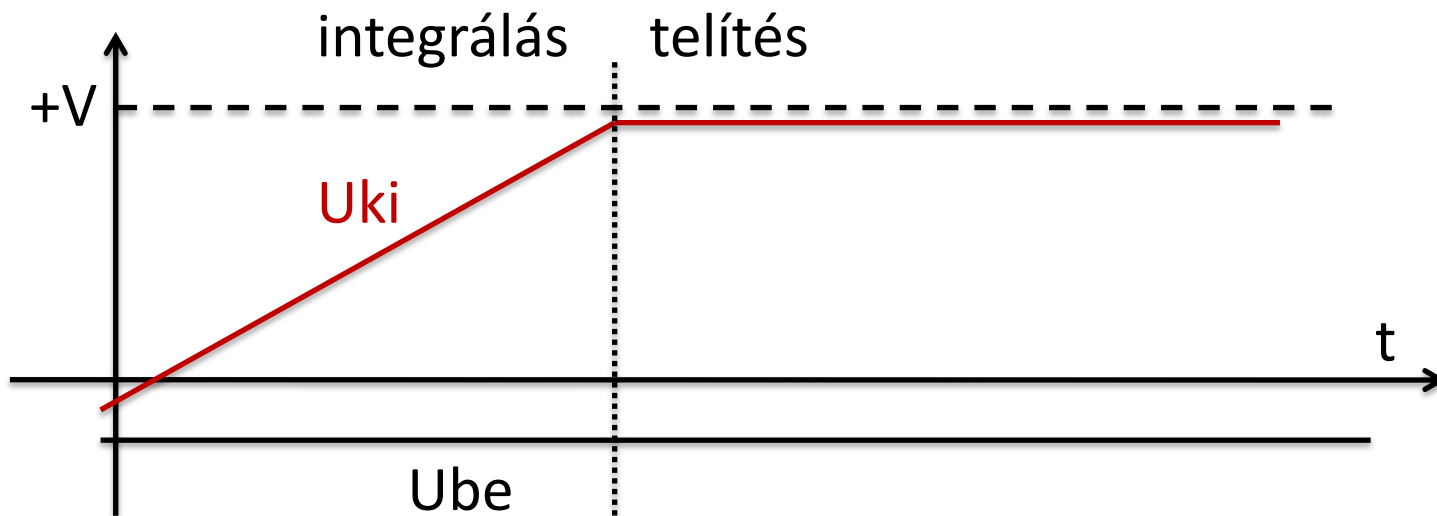
$U_{be}=1\text{mV}$, $R=10\text{k}\Omega$, $C=100\text{nF}$, $U_{ki}(0)=0$

$$U_{ki} = -\frac{k \cdot t}{RC} + U_{ki}(0)$$

$$U_{ki} = -\frac{1\text{mV} \cdot 1\text{s}}{10\text{k}\Omega \cdot 100\text{nF}} = -\frac{10^{-3}}{10 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = -1\text{V}$$

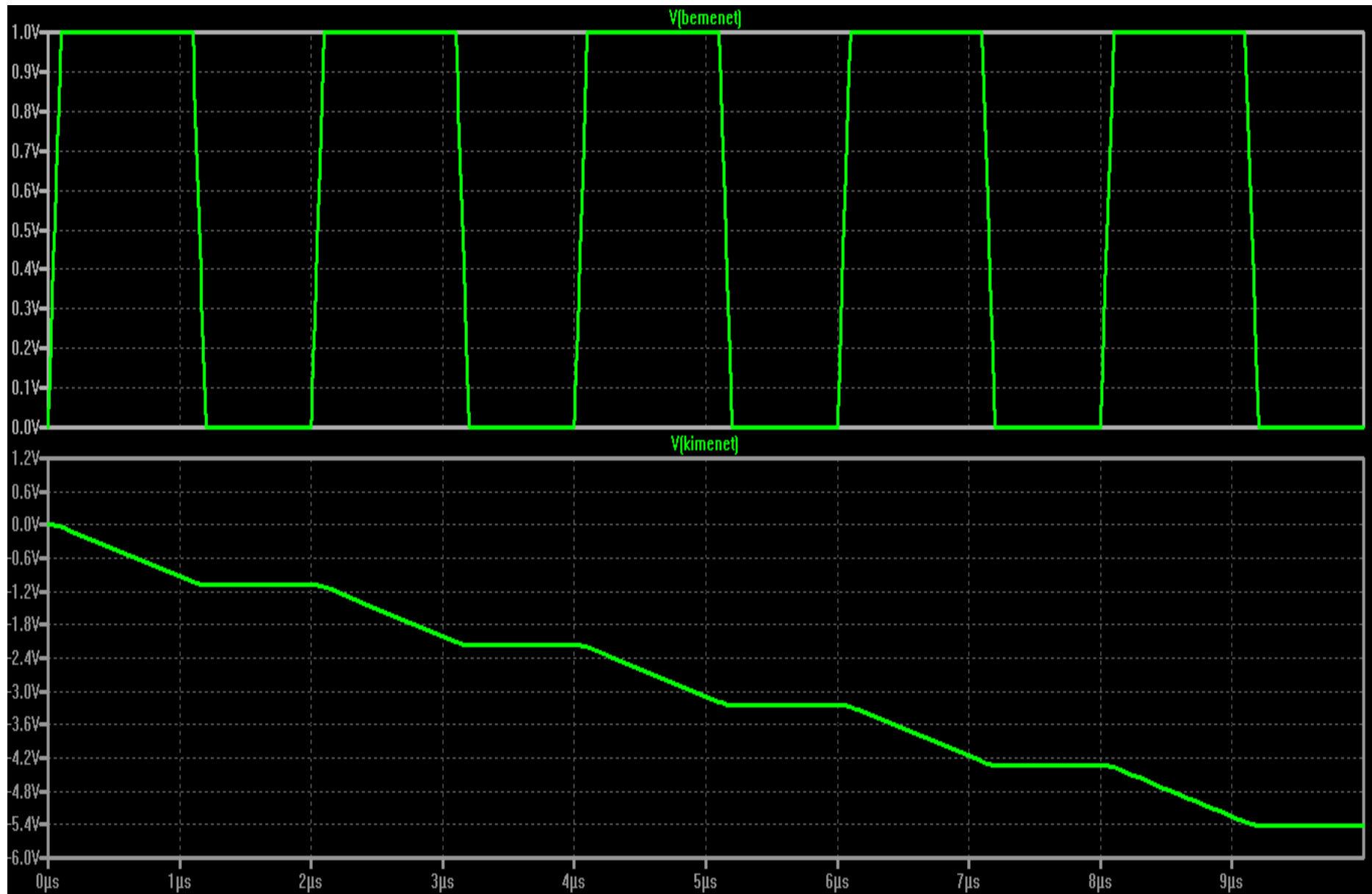
Megjegyzés

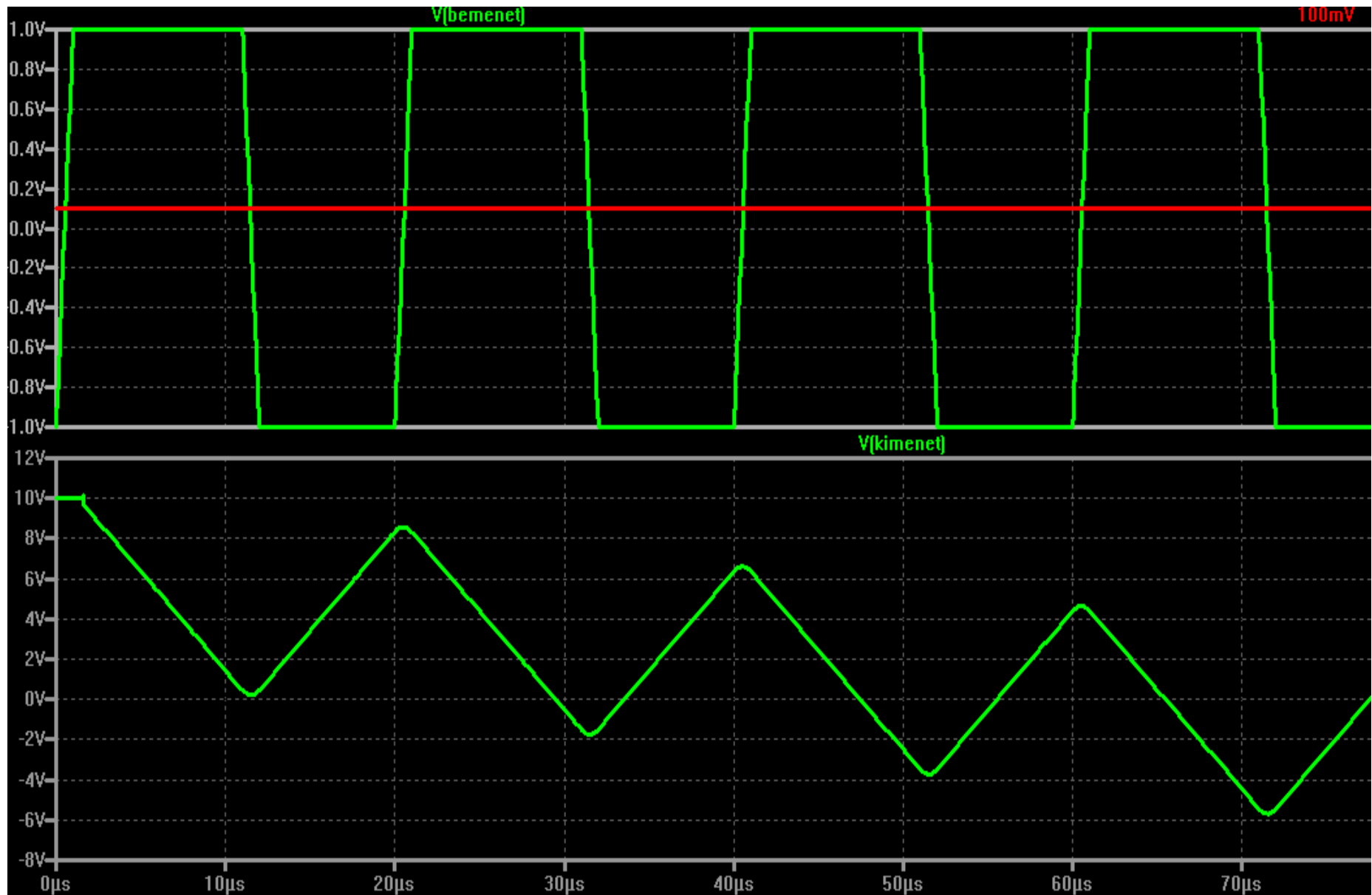
Bármilyen csekély állandó bemeneti feszültség hatására az integrátor előbb vagy utóbb telítésbe jut.



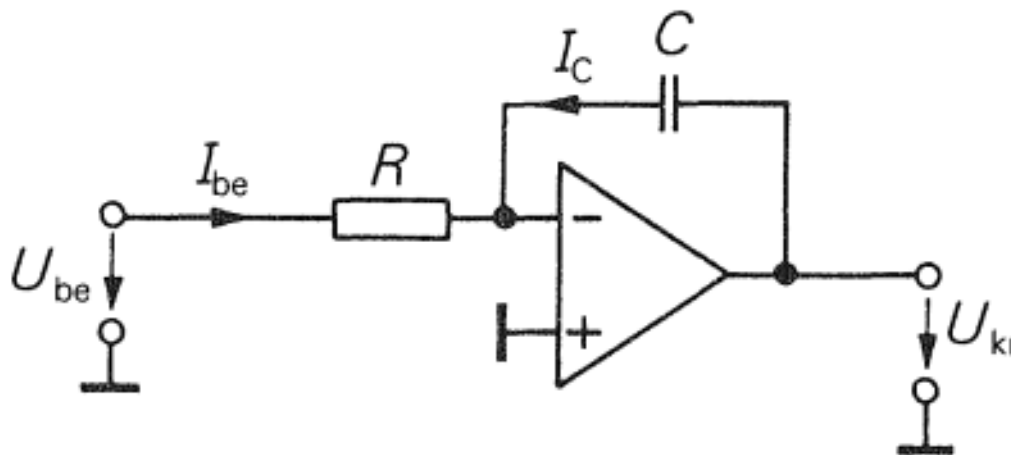
Következtetés

- Az integrátor bemeneti feszültségének az átlagértéke nulla kell hogy legyen különben a kimenet telítésben kerül.





Átviteli függvény



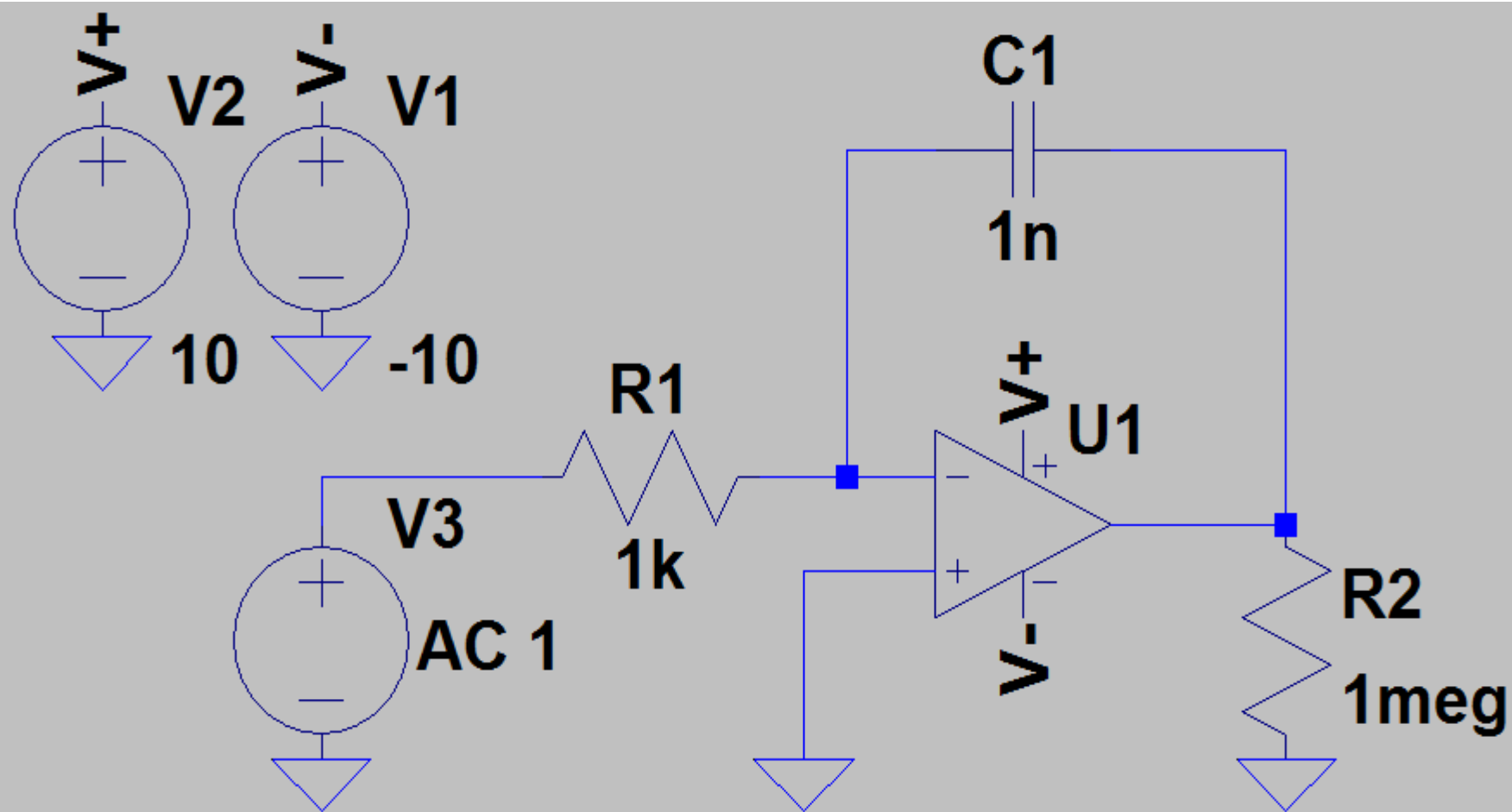
Az áramkör erősítési tényezője a
frekvenciával fordítottan arányos.
Az erősítés csökkenés: -20dB / dekád.

$$A = -\frac{Z_C}{Z_R}$$

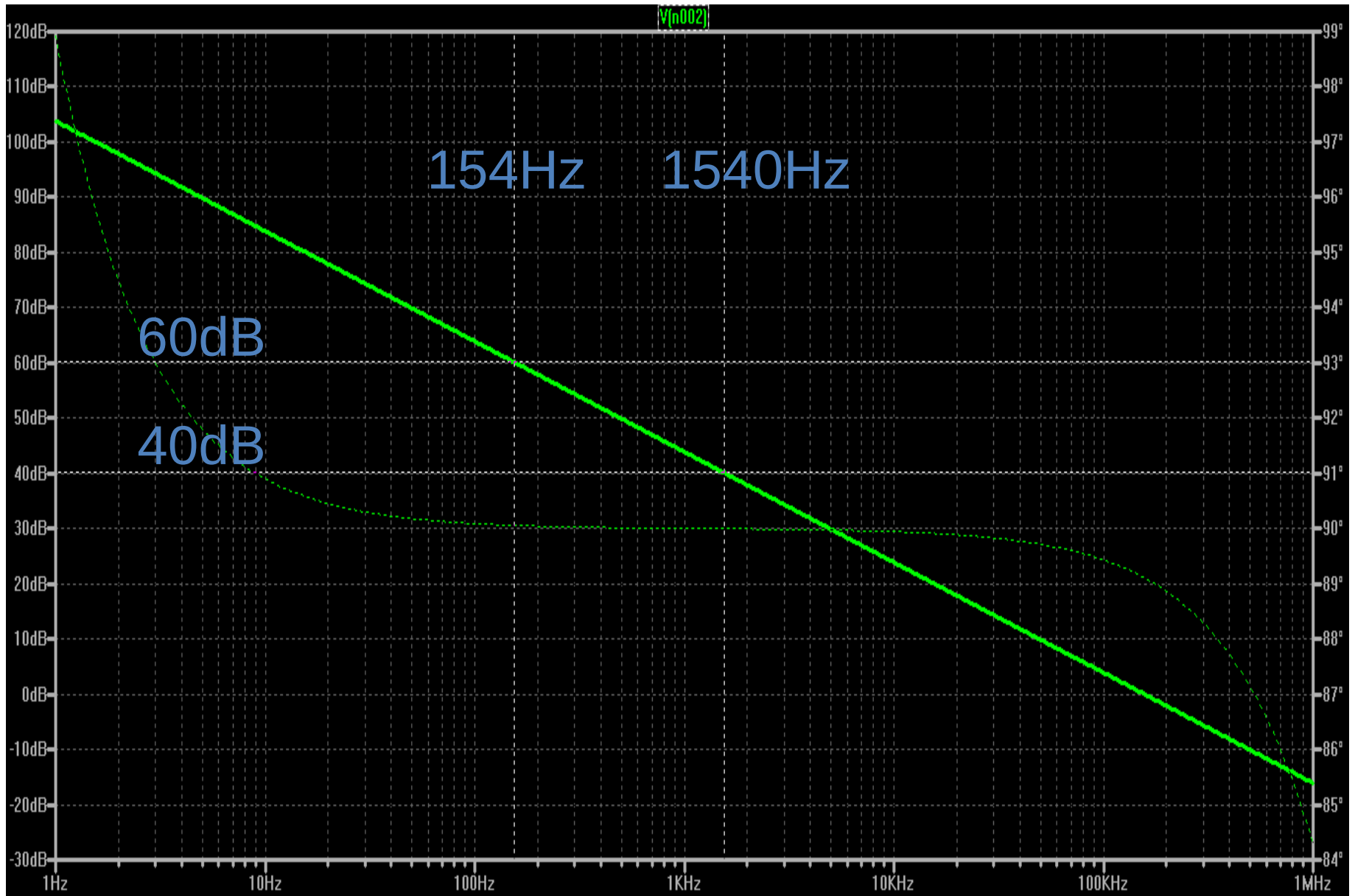
$$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$

$$Z_R = R$$

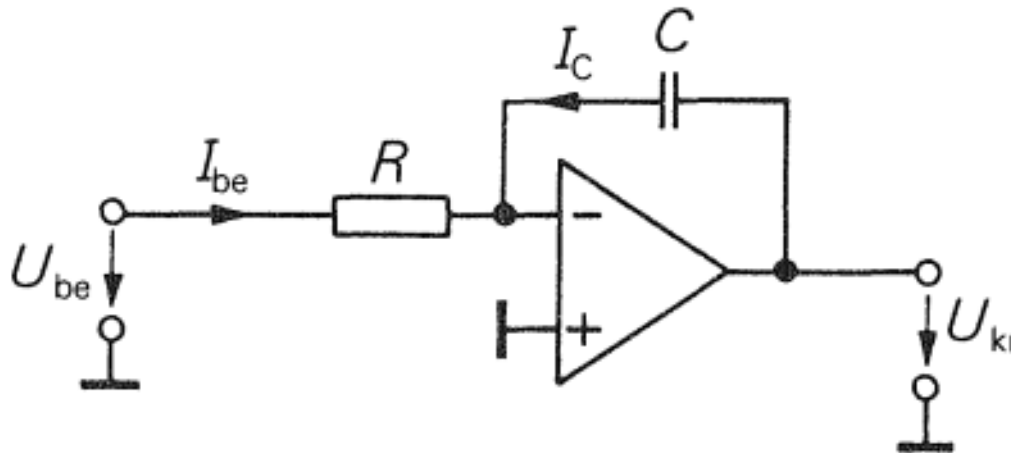
$$A = -\frac{1}{j\omega CR}$$



.ac dec 100 1 1meg



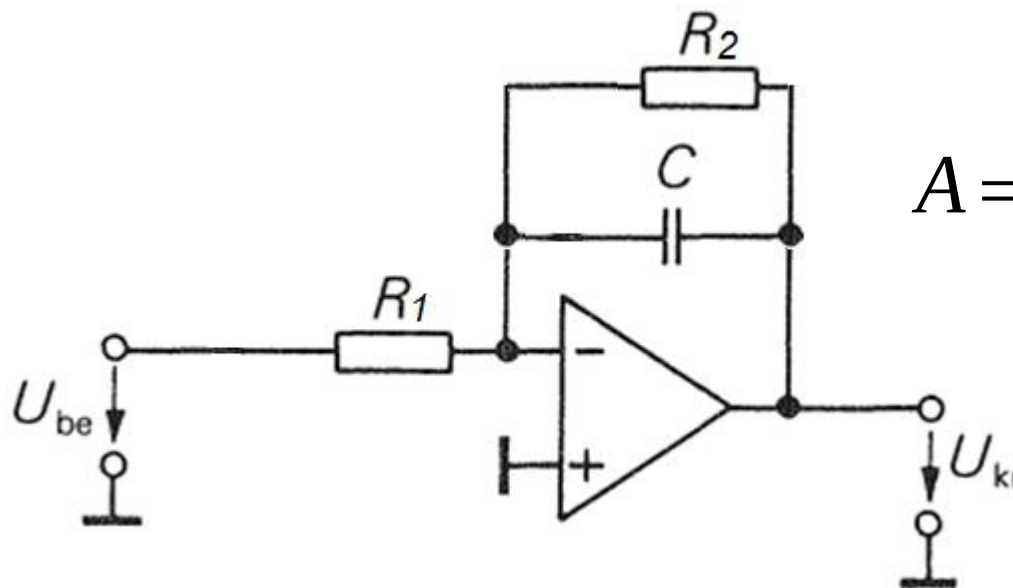
Megjegyzés



$$A = -\frac{1}{j\omega CR}$$

- Az áramkör az alacsony frekvenciájú jeleket jobban erősíti mint a nagyfrekvenciájú jeleket.
- Alul-áteresztő szűrő.
- Nem-meghatározott az egyenáramú erősítése.
- A határfrekvenciát sem lehet meghatározni.

Alul-áteresztő szűrő.



$$A = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1 + j\omega CR_2}$$

- Pontos-meghatározott az egyenáramú erősítés.
- A határfrekvenciát is meg lehet határozni.

Határfrekvencia

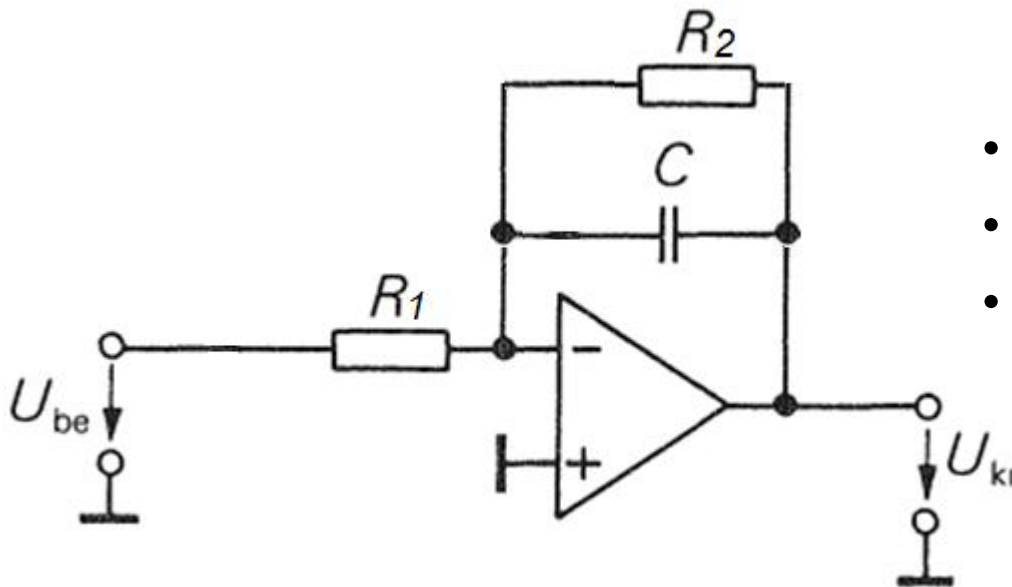
$$A = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1 + j\omega CR_2}$$

$$|A_{\max}| = |A(f = 0)| = \frac{R_2}{R_1}$$

$$|A(f = f_H)| = \frac{|A_{\max}|}{\sqrt{2}}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi CR_2}$$

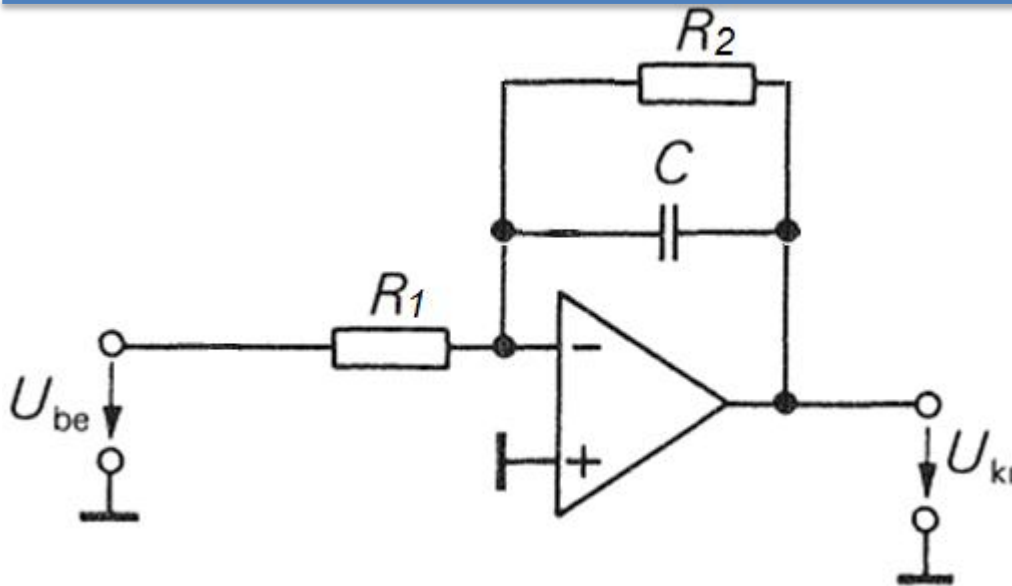
10. Példa



- A bemeneti ellenállás $1\text{k}\Omega$
- Az egyenáramú erősítés 10
- A határfrekvencia 20kHz

- Határozza meg R_1 , R_2 és C értékeit.

Megoldás



$$R_{be} = R_1 \Rightarrow R_1 = 1k\Omega$$

$$|A_{max}| = 10 \Rightarrow R_2 = 10k\Omega$$

$$f_H = 20kHz \Rightarrow \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot C} = 20000$$

$$C = 750pF$$



Köszönöm a figyelmet !