

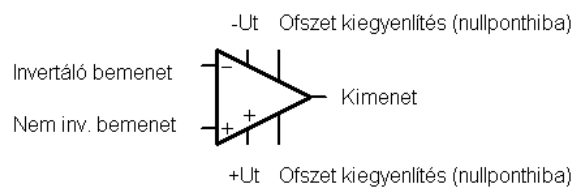
Műveleti erősítők

A műveleti erősítők egyenáramú erősítőfokozatokból felépített, sokoldalúan felhasználható áramkörök, amelyek jellemzőit A_u' , R_{be}' , stb. külső elemek csatlakoztatásával széles határok között változtathatjuk a felhasználás céljának megfelelően. Az integrált áramkörök aktív és passzív alapelemekből felépülő egyetlen megbonthatatlan egységet alkotó elektronikus áramkörök. Jelölésük: IC: Integrated Circuits (összevont áramkörök).

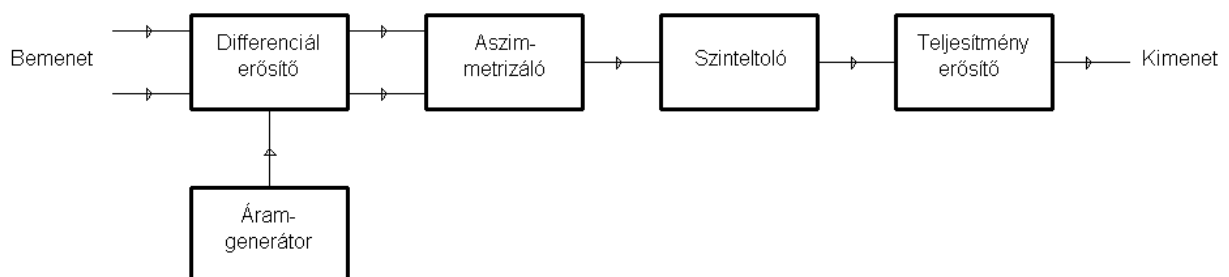
A műveleti erősítők analóg áramkörök, melyek kimeneti és bemeneti jele közötti összefüggés folytonos.

1. Felépítése

a. Rajzjele



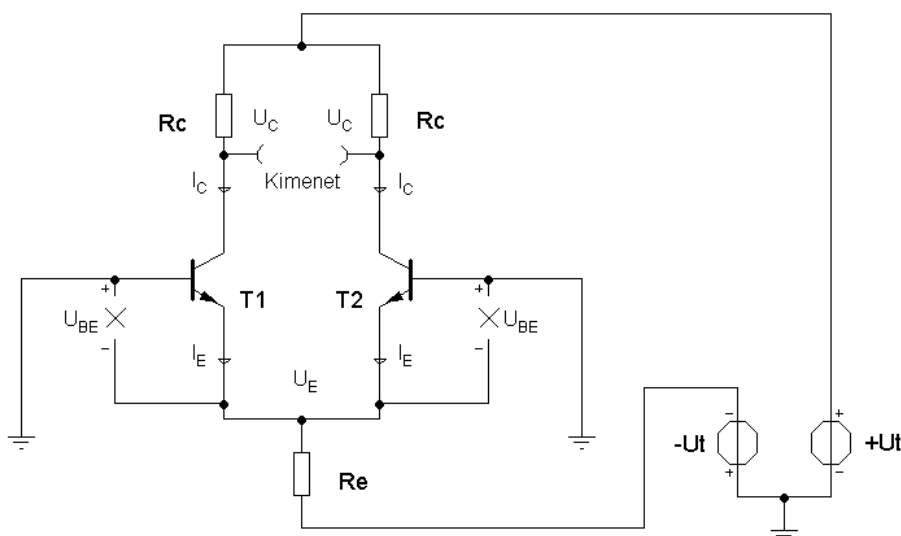
b. Belső felépítés (tömbvázlat)



c. Differenciálerősítő

Szimmetrikus felépítésű - két azonos típusú tranzisztort, azonos értékű kollektorellenállásokat, közös emitterellenállást tartalmazó - szimmetrikus tápfeszültséggel működő közös emitteres kapcsolásokból épül fel.

Kapcsolása



Munkapontbeállítás

Nyugalmi állapotban (nulla vezérlőjel esetén) a bázisok 0V potenciálon vannak. Mivel az emitterek negatív potenciálra vannak kötve, így mindkét bázis - emitter dióda kinyit. Az egyforma nagyságú kollektoráramok egyforma feszültségeket ejtenek a kollektorellenállásokon, így a kimeneti feszültség nulla!

$$R_C = \frac{U_t - U_C}{I_C} \quad R_E = \frac{|U_t| - |U_E|}{I_{R_E}} \quad I_{R_E} = 2 I_E$$

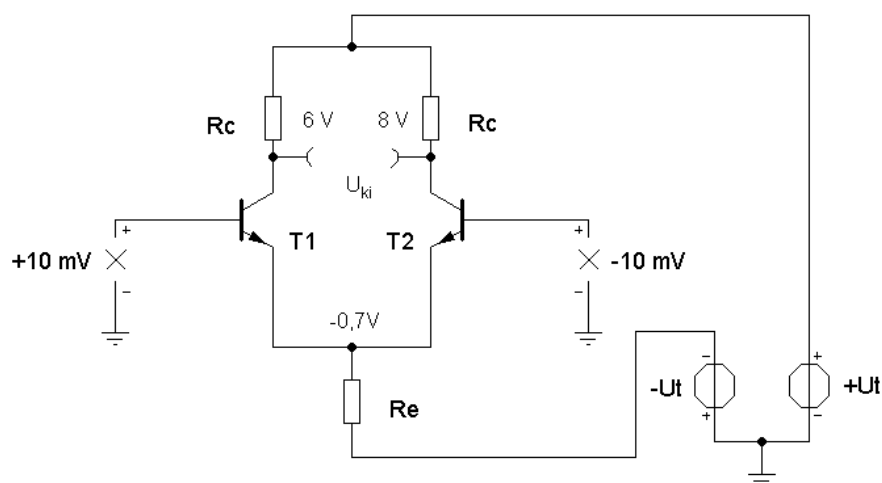
Működése

Differenciál módusú szimmetrikus vezérlés esetén

Azonos nagyságú, de ellentétes fázisú vezérlés hatására T_1 kollektorárama nő, T_2 -é ugyanennyivel csökken.

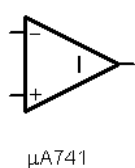
T_1 kollektorpotenciálja csökken, T_2 -é ugyanennyivel nő. U_{ki} adott polaritással létrejön. A két tranzisztor emitteráramának összege nem változik, vagyis az emitterellenálláson eső feszültség sem.

Kapcsolása

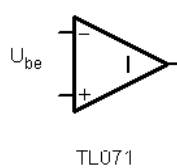


2. Jellemzők a katalóguslapok alapján

a. Bemenő feszültség

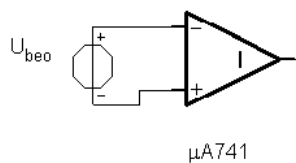


$$U_{be} = \pm 30 \text{ V}$$

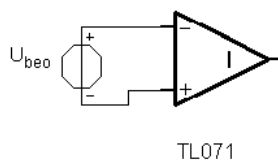


$$U_{be} = \pm 15 \text{ V}$$

b. Bemenő offset feszültség

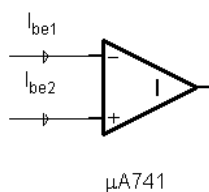


$$U_{beo} = 1 \text{ mV}$$

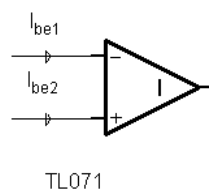


$$U_{beo} = 3 \text{ mV} \cdot 65 \text{ pA}$$

c. Bemenő nyugalmi áram

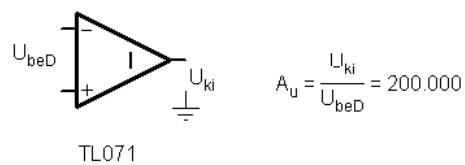
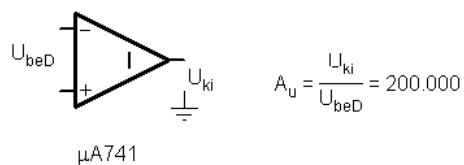


$$I_{be} = \frac{I_{be1} + I_{be2}}{2} = 80 \text{ nA}$$

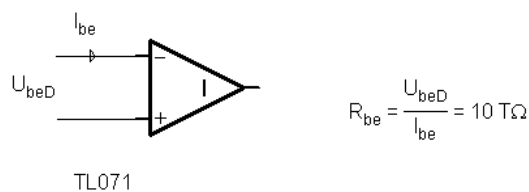
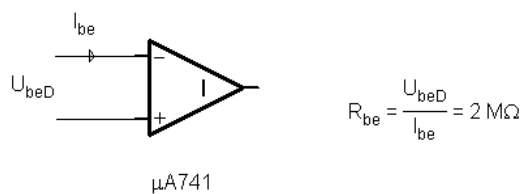


$$I_{be} = \frac{I_{be1} + I_{be2}}{2} = 65 \text{ pA}$$

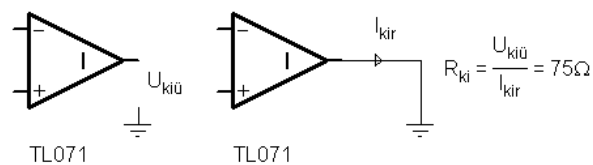
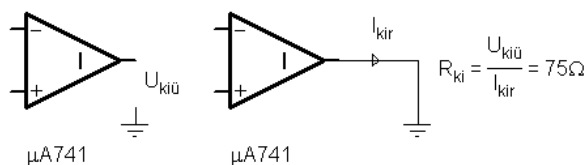
d. Differenciál módusú feszültségerősítés



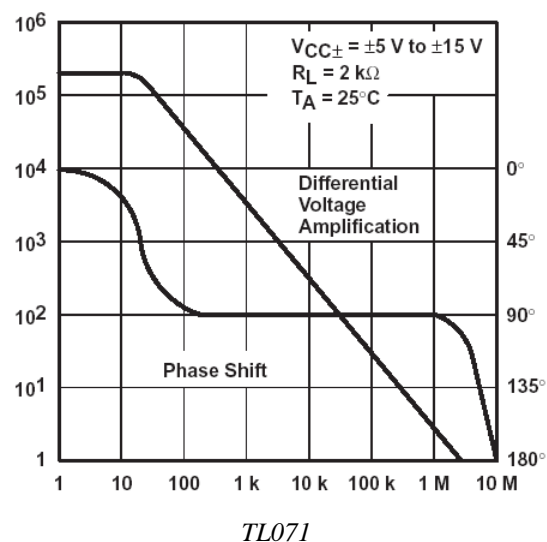
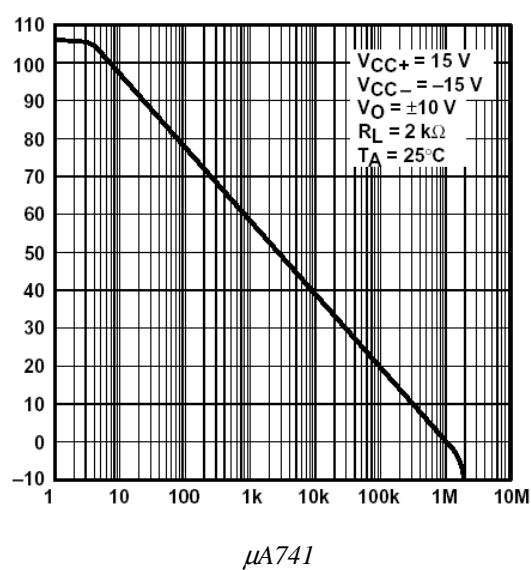
e. Bemenő ellenállás

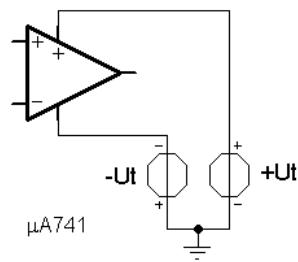


f. Kimenő ellenállás

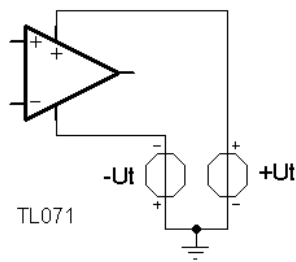


g. Sávszélesség

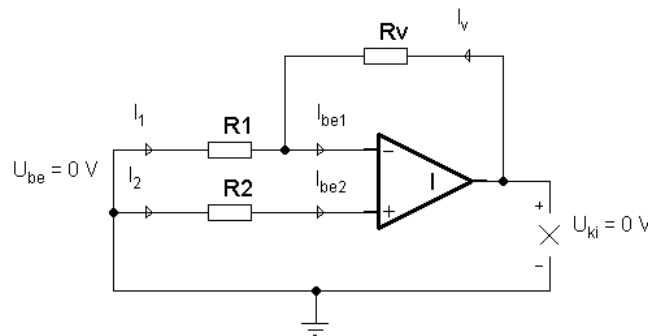


h. Tápfeszültségek

$$U_t = \pm 18 \text{ V}$$



$$U_t = \pm 18 \text{ V}$$

3. Munkapontbeállítás**a. Bemenő nyugalmi áram beállítása**

$U_{be} = 0 \text{ V}$ esetén U_{ki} akkor lesz 0, ha $I_{be1} = I_{be2}$

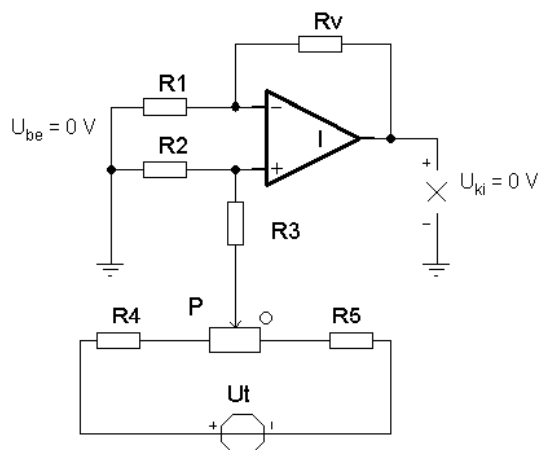
Mivel I_1 nulla potenciálról folyik a bemenet felé, így az invertáló bemenet negatív potenciálra kerül. Ennek az értéke: $I_1 \cdot R_1$, vagy I_{be1} -gyel számolva $I_{be1} \cdot (R_1 \cdot R_2)$. A nem invertáló bemenetnek ugyanekkora negatív potenciálra kell kerülnie, ha azt akarjuk, hogy az invertáló bemenet és a neminvertáló pont között 0 V legyen.

A bemenő nyugalmi áram beállítása csak ideális esetben eredményezi $U_{be} = 0$ esetén $U_{ki} = 0$ -át. Ezért szükséges a bemenő offset feszültség kompenzálás.

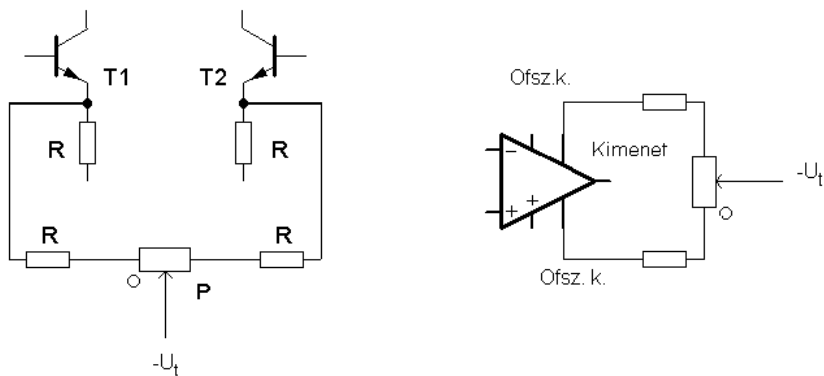
b. Bemenő offset feszültség kompenzálása

$U_{be} = 0 \text{ V}$ esetén $U_{ki} = 0$ -át kell beállítani. A bemenő offset feszültséggel az áramkör aszimmetriáit kompenzáljuk. Kétféle módon lehet a kompenzálást elvégezni.

Az egyik bemenet potenciáljának kismértékű megváltoztatásával



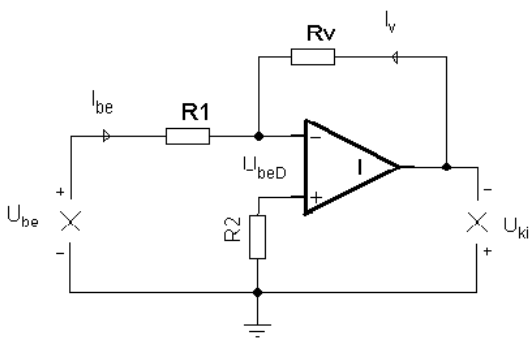
A bemeneti differenciálerősítő potenciálviszonyainak megváltoztatásával



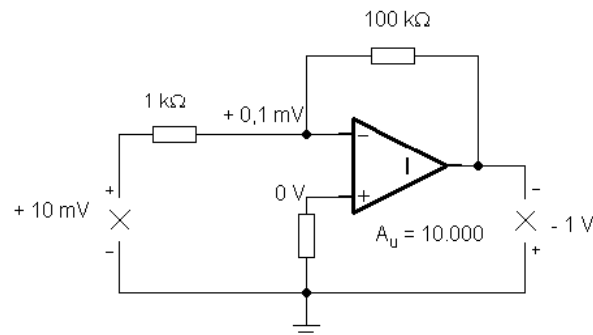
4. Alapkapcsolásai

a. Invertáló erősítő

Kapcsolása



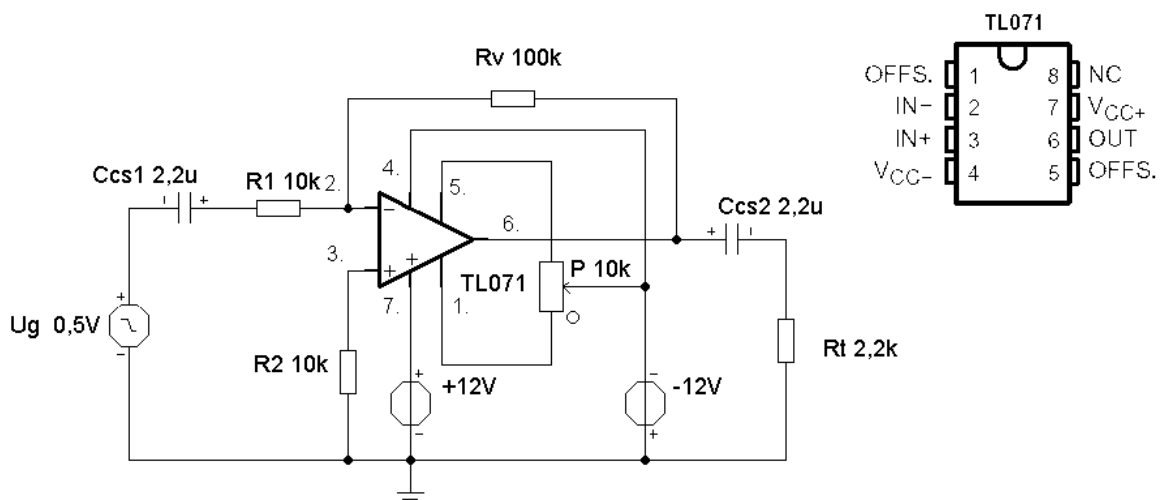
$$\begin{aligned} I_{be} + I_v &= 0 \\ I_{be} &= -I_v \\ \frac{U_{be}}{R_1} &= -\frac{U_{ki}}{R_v} \\ \frac{U_{ki}}{U_{be}} &= -\frac{R_v}{R_1} \\ A_{uv} = \frac{U_{ki}}{U_{be}} &= -\frac{R_v}{R_1} \end{aligned}$$

Magyarázóábra**Ideális esetben**

$A_u = \infty$, $U_{beD} = 0$ és $R_{be} = \infty$. Az R_2 ellenállás felviszi a 0 potenciált a nem invertáló bemenetre. Mivel $U_{beD} = 0$, így az invertáló bemenet is 0-ra kerül. A 10 mV-os bemenő feszültség 10 μ A-es áramot hoz létre, így a kimenő feszültség -1 V lesz. A negatív visszacsatolás miatt a kapcsolás arra törekszik, hogy az invertáló bemeneten a feszültség 0 V legyen. Ha ugyanis ettől eltér, akkor ez a hibafeszültség végtelen nagy erősítéssel úgy vezérli a kimenetet, hogy az egyensúly helyreálljon, vagyis a két bemenet közötti feszültség eltűnjön.

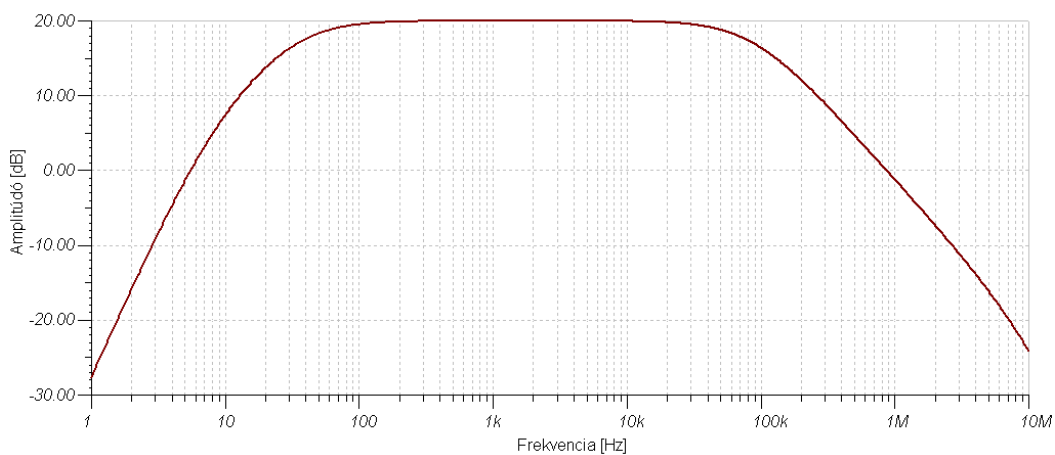
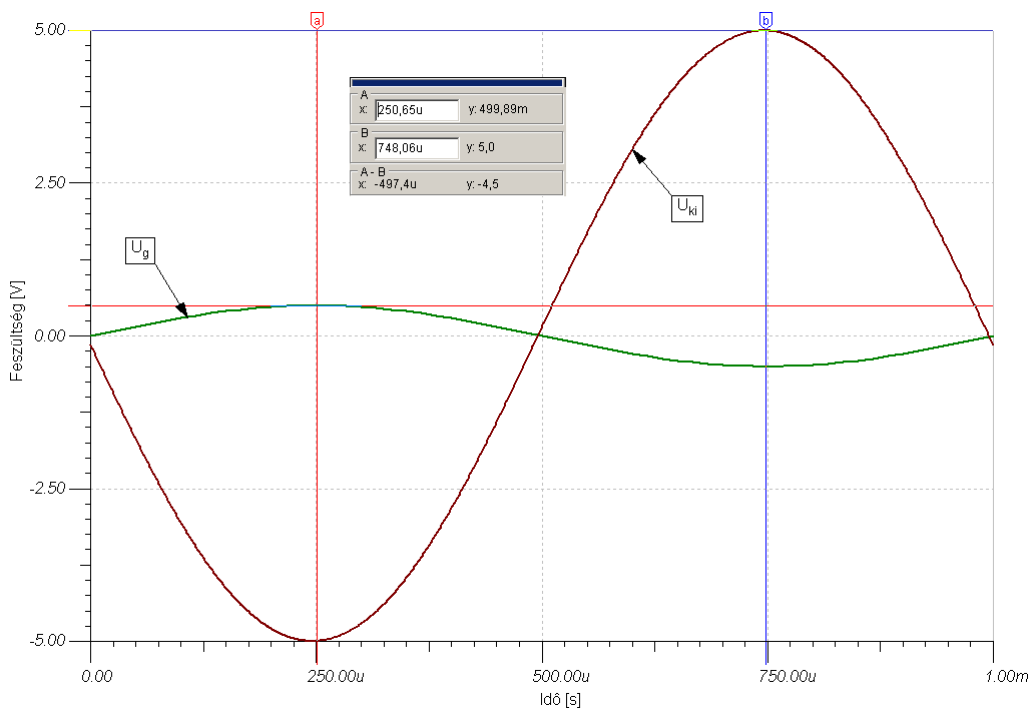
Valóságos esetben

pl.: $A_u = 10.000$ esetén, az erősítő invertáló bemenetén $1 \text{ V} : 10.000 = 0.1 \text{ mV}$ hibajel van. Enélkül a kimeneten nem jelenne meg feszültség.

A megépítendő kapcsolás

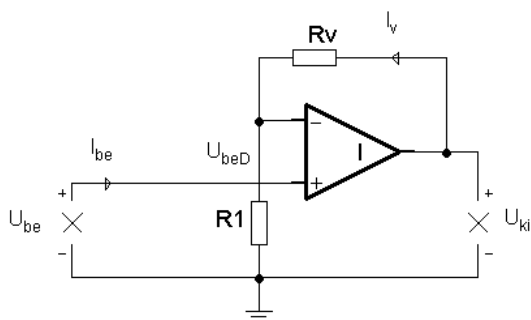
Az elvégzendő feladatok

- A kapcsolás megépítése
- Az ofset feszültség kompenzálás elvégzése
- A kapcsolás zárt hurkú erősítésének megállapítása méréssel, 0,5 V bemenő feszültség hatására
- Az erősítő AC átviteli függvényének vizsgálata a frekvencia dekádönkénti növelésével az (1Hz-10MHz) tartományban!
- A működő kapcsolás alapján a NYÁK terv elkészítése, majd legyártása és a fentebb elvégzett műveletek megismétlése

A mérések során az alábbi eredményeket várjuk

b. Nem invertáló erősítő

Kapcsolása

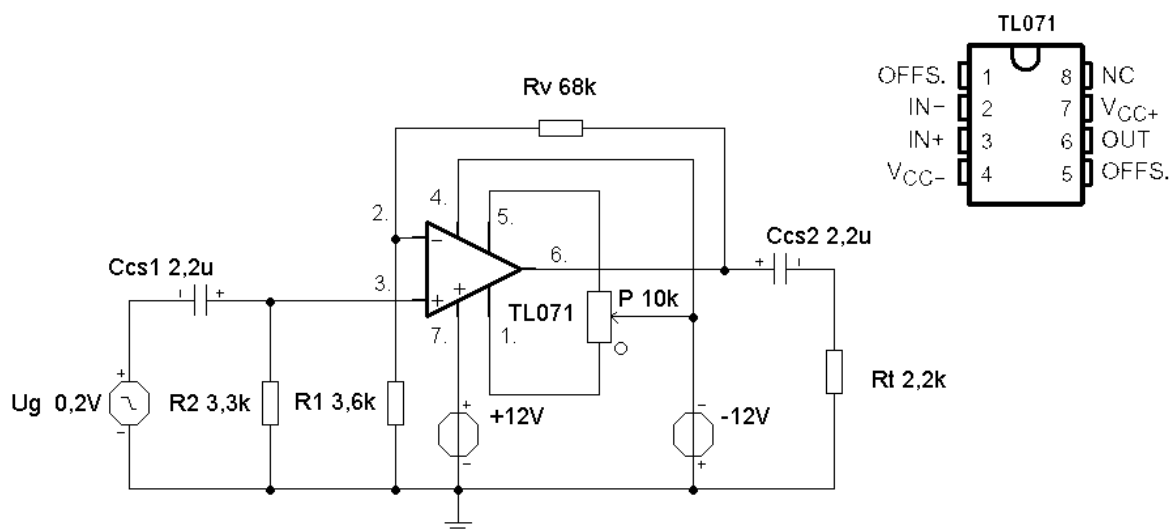


$$A_{uv} = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{R_v + R_1}{R_1} = 1 + \frac{R_v}{R_1}$$

Ideális esetben

$A_u = \infty$, $U_{beD} = 0$ és $R_{be} = \infty$. A nem invertáló bemenetre közvetlenül kapcsolódik a bemeneti feszültség. Mivel $U_{beD} = 0$, így az invertáló bemenet is megjelenik a bemeneti feszültség. Ha a bemeneti feszültség 10 mV, akkor 10 μ A-es áramot hoz létre az R_1 -es ellenálláson, amely megegyezik az R_v -n folyó árammal, így a kimenő feszültség az R_1 -en és az R_v -n eső feszültség összege 1,01 V lesz. A negatív visszacsatolás miatt a kapcsolás arra törekszik, hogy az invertáló bemeneten a feszültség megegyezzen a nem invertáló bemeneten lévő feszültségértékkel. Ha ugyanis ettől eltér, akkor ez a hibafeszültség végtelen nagy erősítéssel úgy vezérli a kimenetet, hogy az egyensúly helyreálljon, vagyis a két bemenet közötti feszültség eltűnjön.

A megépítendő kapcsolat



Az elvégzendő feladatok

- A kapcsolás megépítése
- Az ofszet feszültség kompenzálás elvégzése
- A kapcsolás zárt hurkú erősítésének megállapítása méréssel, 0,2 V bemenő feszültség hatására
- Az erősítő AC átviteli függvényének vizsgálata a frekvencia dekádonkénti növelésével az (1Hz-10MHz) tartományban!

A mérések során az alábbi eredményeket várjuk