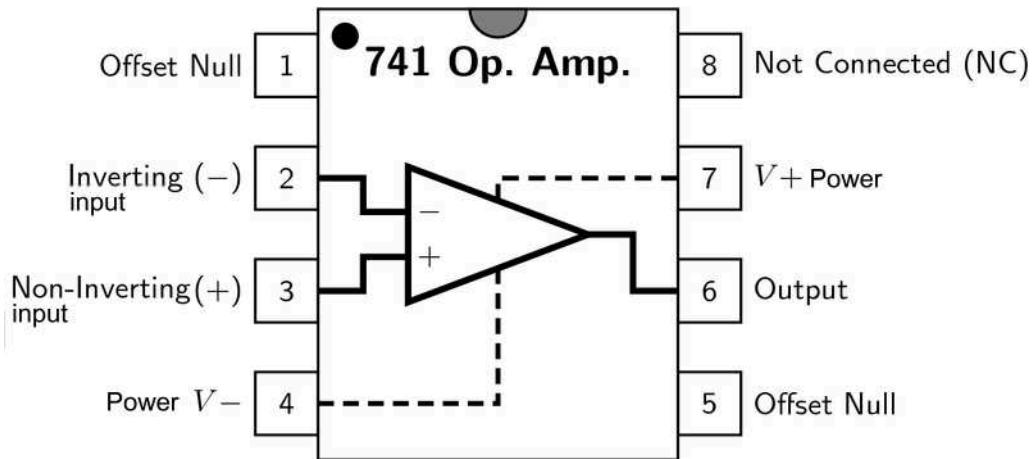


## Műveleti erősítő alapkiosztások

A mérés során szükség lesz a laboratóriumi tápegység mindkét szabályozható kimenetére; ügyeljünk ezek előjelhelyes bekötésére! A tápegység két állítható kimenetén a mérés megkezdése előtt állítsunk be körülbelül **20mA áramkorlátot**, és ne módosítsuk a mérés során! A foglalkozás során felhasználásra kerülő LM741 típusú műveleti erősítő lábkiosztása:



5.1 ábra: LM741 lábkiosztása

Az integrált áramkörök tokozásán egy bevágás található (5.1 ábra szerint), vagy egy pötty jelöli az 1-es lábat (olykor mindkettőt alkalmazzák). A számozás óramutató járásával ellentétes irányban történik minden IC-nél.

Sok műveleti erősítő kiosztása a 741-esét követi. A két műveleti erősítőt tartalmazó (duális) IC-k is gyakoriak, lásd LM258/358 típust a laboratórium faliújságján. Elektronikai méréseinkben általában a 741 és a 358 közül valamelyik található meg. Mérés előtt ellenőrizzük, hogy melyik műveleti erősítő van az alkatrésztárolóban!

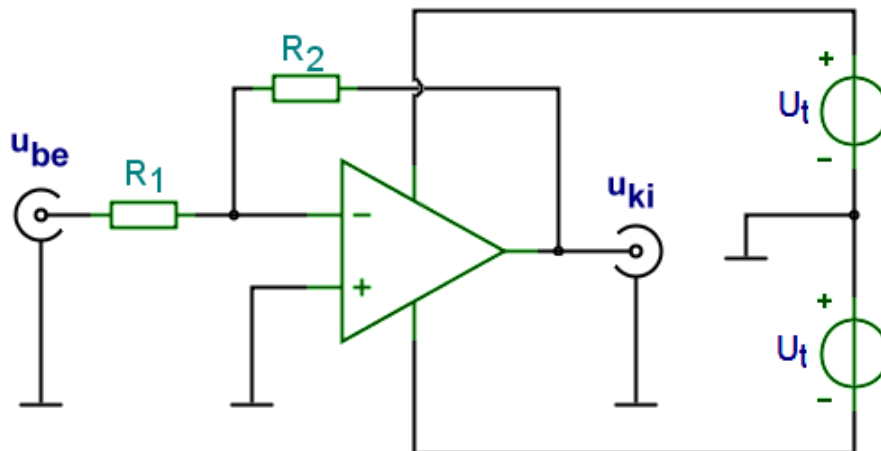
### 5.0 Otthon kötelezően előkészítendő feladatok:

1. Számítsuk ki az 5.1 és az 5.2 példában látható kapcsolások erősítését!
2. Számítsuk ki az 5.1 példa kapcsolásának várható felső határfrekvenciáját!

Katalógus alapján várható értékek:  $A_{uo}=2 \cdot 10^5$ ;  $f_0=5\text{Hz}$ . (A valódi értékek ettől el némileg fognak térni.)

3. Számítsuk ki az 5.4 példa hiszterézises komparátorának várható billenési szintjeit, ha  $U_{kimax}=\pm 9\text{V}$  (a valódi értékek ettől némileg el fognak térni, mérjük meg az  $U_{kimax}$ -okat és azt használjuk fel a jegyzőkönyv számításához majd!)

## 5.1 Invertáló erősítő:



5.2 ábra: Invertáló erősítő mérési elrendezése

**5.1.1.** Állapítsuk meg a kapott műveleti erősítő típusát! Az útmutatóban vagy a faliújságon vagy adatlapon található lábkiosztás alapján rajzoljuk be az összes opampos feladathoz tartozó kapcsolási rajzba (az útmutatóban vagy füzetünkben) az egyes kivezetésekhez az azokhoz tartozó lábkiosztás számokat, így könnyítve meg a későbbi munkánkat! Írjuk be az ellenállás és tápfeszültség értékeket is az útmutató alapján.<sup>1</sup>

**5.1.2** Valósítsuk meg az 5.2 ábrán látható mérési elrendezést! Adatok:  $U_t=10V$ ;  $R_1=1k\Omega$ ;  $R_2=10k\Omega$ .

Ügyeljünk a szimmetrikus tápellátás polaritásának helyességére! Mérjük meg a felhasznált ellenállások értékét két tizedes pontossággal; a jegyzőkönyvi számításoknál ezekkel az értékekkel számoljunk és igazoljuk a kapcsolások erősítését (később referencia-feszültségeit)!

**5.1.3**  $u_{be}$  pontra még ne kössük be a függvénygenerátort, hanem tegyük földpotenciálra azt is, hasonlóan a műveleti erősítő nem-invertáló bemenetéhez. Ekkor  $u_{be}=0$ , tehát elméletileg  $U_{ki}=0$  értéket kellene kapnunk. Mérjük meg  $u_{ki}$  ponton az erősítő kapcsolás kimeneti ofszet feszültségét multiméterrel DCmV állásban! A bemeneti ofszetet a kimeneti ofszet erősítéssel leosztásával kapjuk.

**5.1.4**  $u_{be}$  ponton ez után szüntessük meg a földzárlatot, majd kössük be a funkciógenerátort és az oszcilloszkóp CH1 csatornáját egyaránt  $u_{be}$ -re (az elágazáshoz érdemes BNC-BNC kábelt és T-elosztót használni). Ügyeljünk, hogy a függvénygenerátor analóg kimenetét használjuk, ne pedig a TTL-t!  $U_{ki}$  pontot vezessük az oszcilloszkóp CH2 csatornájára.

**5.1.5** A függvénygenerátor kimenetére állítsunk be 1kHz, 1Vpp (csúcstól-csúcsig vett értékű) szinusz jelet, majd fázishelyesen rögzítsük a bemeneti és kimeneti jelalakokat! Igazoljuk a számított erősítést, valamint az elméletben tanult fázisviszonyokat!

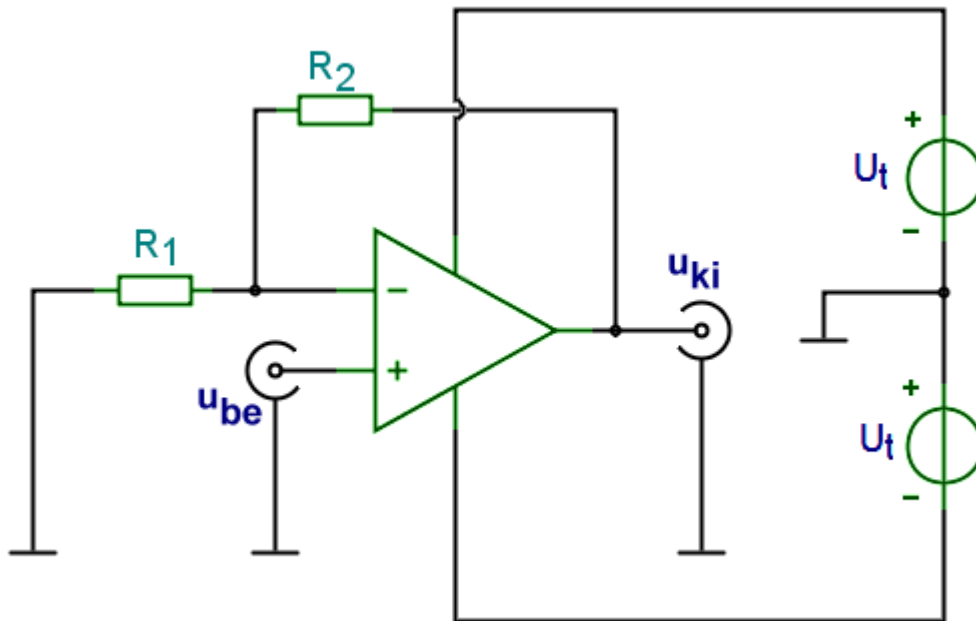
**5.1.6** A funkciógenerátoron állítsunk be kb. 40mVpp kimeneti jelszintet, majd a frekvencia emelésével mérjük ki az erősítő felső határfrekvenciáját (-3dB -es pontot, vagyis ahol  $A_u$  70%-ára csökken)! Nagyobb frekvenciákon a Slew Rate korlátozó hatása miatt a jel "elháromszögesezhet". Ezért először célszerű a jelalakot nagyobb (száz kHz nagyságrendű)

<sup>1</sup> Így az eredeti útmutatónk használható marad akkor is, ha más opamp kerül beszerzésre, vagy módosítani kell az alkatrészek vagy tápfeszültség értékét.

frekvenciákon ellenőrizni. Ha szinuszos, akkor mehet a mérés, ha háromszögesedik, akkor csökkentünk le a bemenő jelszintet (a függvénygenerátoron).

**5.1.7** A függvénygenerátoron ezúttal állítsunk be ismét 1kHz, de akkora amplitúdójú szinusz jelet, mely esetén a kimeneti jel számított csúcsértéke meghaladja a műveleti erősítő rendelkezésére álló tápfeszültségét. Ekkor a kimeneti jel torzított lesz. Rögzítsük és értékeljük ki a kapott jelalakokat! Mérjük meg külön a pozitív és negatív maximális kimenő feszültséget!

## 5.2 Nem-invertáló erősítő:



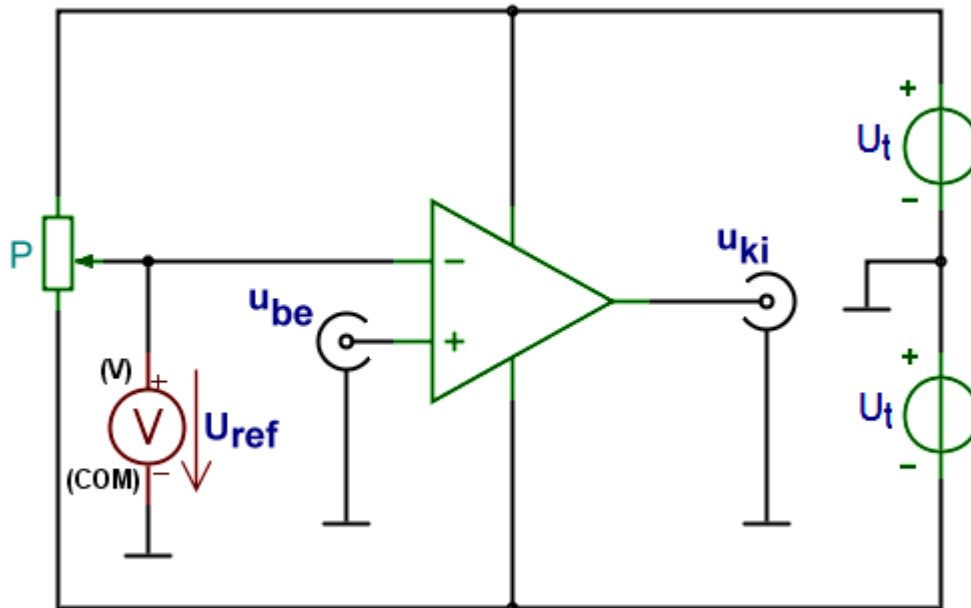
5.3 ábra: Nem-invertáló erősítő mérési elrendezése

**5.2.1** Módosítsuk az előző feladat során mért invertáló erősítőt az **5.3 ábra** szerint oly módon, hogy ezúttal a korábbi  $U_{be}$  pontot tesszük földpotenciálra és a műveleti erősítő nem-invertáló bemenete lesz a kapcsolás új bemenete. Ez az egyszerű módosítás mindössze két vezeték felcserélését jelenti a panelen. A paraméterek tehát megegyeznek az előző feladatban használtakkal.

**5.2.2** A funkciógenerátor kimenetére ismételen állítsunk be 1kHz,  $1V_{pp}$  szinusz jelet, majd fázishelyesen rögzítsük a bemeneti és kimeneti jelalakokat! Igazoljuk a számított erősítést, valamint az elméletben tanult fázisviszonyokat!

**5.2.3** A funkciógenerátoron állítsunk be  $40mV_{pp}$  kimeneti jelszintet, majd a frekvencia emelésével mérjük ki az erősítő felső határfrekvenciáját (-3dB -es pontot, vagyis ahol  $A_u$  70%-ára csökken)!

### 5.3 Komparátor:



5.4 ábra: Komparátor mérési elrendezése

**5.3.1** Valósítsuk meg az **5.4 ábrán** látható egyszerű komparátor áramkört!  $U_{ref}$  referencia feszültséget  $P=47k\Omega$  potenciométer szolgáltatja, mely feszültséget mérjük digitális voltmérővel! Javasolt az  $U_{ref}$ -et az oszcilloszkóp harmadik csatornájára is kivezetni (ha van ilyen), és az összes csatornát ugyanarra a Volt/div és y-position beállításra tenni (ekkor a bemenő jel és  $U_{ref}$  metszéspontjainál fog a kimenet billenni). A tápfeszültség értéke változatlan.

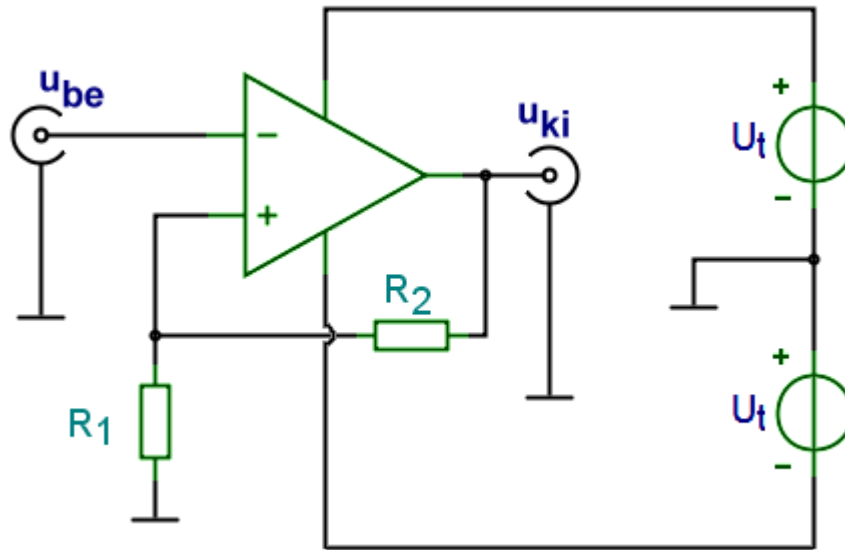
**5.3.2** A függvénygenerátoron beállított kimeneti jel 300Hz frekvenciájú,  $20V_{pp}$  (maximális) amplitúdójú háromszögjel legyen (nagyobb frekvenciákon a műveleti erősítő véges SR-je meghamisítja a mérést).  $u_{be}$  és  $u_{ki}$  pontokat az oszcilloszkóp CH1 és CH2 pontjain mérjük úgy, hogy mindkét csatorna DC csatolt legyen azonos V/div állásban és a földpontjuk is egy vonalba essen! A referencia feszültség értéke legyen +5V. Rögzítsük és magyarázzuk a kapott jelalakokat!

**5.3.3** Változtassuk a referencia feszültség értékét (kb. 1V léptékben) és vegyük fel az  $U_{ref} - d$ , vagyis a referencia feszültség – kimeneti kitöltési tényező (**d – duty cycle**) karakterisztikát!

**5.3.4** A kimeneti jelet vizsgáljuk meg külön (tetszőleges  $U_{ref}$  érték mellett, a bemeneti jelet nem szükséges megjeleníteni), és a lehető legpontosabb oszcilloszkóp beállítás mellett mérjük meg a műveleti erősítő felfutási meredekségét (**SR – Slew-Rate**), majd vessük össze a katalógus adattal!

**5.3.5** Cseréljük fel a műveleti erősítő invertáló és nem-invertáló bemenetét, majd ismét vizsgáljuk meg a jelalakokat (az SR-t nem kell még egyszer megmérni)! ( $U_{ref}$  értéke itt is változatlanul +5V.)

## 5.4 Hiszterézises komparátor (Schmitt-trigger):



5.5 ábra: Invertáló hiszterézises komparátor mérési elrendezése

**5.4.1** Az 4.5 ábra szerinti hiszterézises komparátort valósítsuk meg!

Adatok:  $U_t=10V$ ;  $R_1=2,2k\Omega$ ;  $R_2=10k\Omega$

Ebben az esetben  $U_{ref}$  referencia feszültséget az  $R_1$  és  $R_2$  ellenállások alkotta osztó határozza meg. Lépték- és fázishelyesen ábrázoljuk a be- és kimeneti jelalakokat, valamint a bemeneti jelbe V/div módosítással történő belenagyítással minél pontosabban mérjük meg a két referenciafeszültséget! A bemeneti jel változatlanul 300Hz 20V<sub>pp</sub> háromszögjel legyen.

**5.4.2** Mivel a műveleti erősítő nem ideális, ezért annak kimenete nem tudja kihasználni a teljes tápfeszültség tartományt. Mérjük meg a kimeneti jel maximális pozitív és negatív csúcsértékét is, majd az így kapott értékekkel számítsuk ki a két referenciafeszültséget. A jegyzőkönyvben a mért és számított adatokat vessük össze!

**5.4.3** Vegyük fel a Schmitt-trigger transzfer-karakterisztikáját az oszcilloszkóp XY módjának felhasználásával (a vízszintes tengely legyen  $u_{be}$ , a függőleges tengely  $u_{ki}$ ). Célszerű, hogy CH1 és CH2 azonos feszültségállásban legyenek. Jelölje rajta a nevezetes értékeket (referencia feszültségek és maximális kimeneti feszültségek).

## 5.5 Ellenőrző kérdések:

1. Rajzoljon fel egy invertáló alapkapsolást és határozza meg az erősítését!
2. Rajzoljon fel egy nem-invertáló kapcsolást és határozza meg az erősítését!
3. Ábrázolja és magyarázza a műveleti erősítő frekvenciafüggését (nyílt hurkú és visszacsatolt)!
4. Mi a Slew-Rate és mi a mértékegysége? Szemléltesse időfüggvényen!
5. Mi a kitöltési tényező (d)? Szemléltesse időfüggvényen!
6. Mi a kimeneti ofszet feszültség?
7. Rajzoljon fel hiszterézises komparátor kapcsolást és határozza meg a billenési szinteket!
8. Rajzolja le a hiszterézises komparátor kimeneti jelalakját háromszög bemenet esetén!
9. Rajzolja fel a hiszterézises komparátor transzfer karakterisztikáját!
10. Milyen előnyei és hátrányai vannak egy hiszterézises komparátor alkalmazásának (a nem hiszteréziseshez képest)?
11. Mi jellemző egy műveleti erősítő be- és kimeneti ellenállására (nagyságrendek)?
12. Mi határozza meg egy műveleti erősítő maximális kimeneti jelszintjeit?