

# TRANZISZTOROS ERŐSÍTŐ ALAPKAPCSOLÁSOK MÉRÉSE

**A mérés célja:** A tranzisztoros erősítő alapkapcsolások jellemzőinek összefoglalása és a földelt (közös) emitteres erősítő vizsgálata.

## Elméleti ismeretek

### Az alapkapcsolások fajtái

A tranzisztoros erősítő alapkapcsolások:

- földelt (közös) emitteres (FE, KE)
- földelt (közös) bázisú (FB, KB)
- földelt (közös) kollektoros (FK, KK vagy FC, KC)



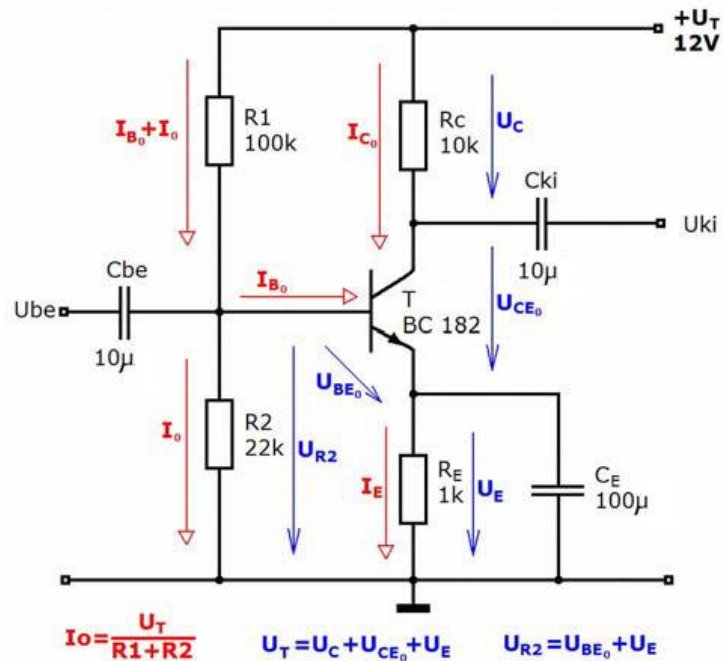
Elnevezésüket a bemenet és a kimenet számára is közös elektródáról kapták. A továbbiakban npn tranzisztorokkal felépített erősítőket vizsgálunk. A kapcsolások jellemzői pnp tranzisztorok esetén is ugyanazok.

### Gyakorlati alkalmazások

Erősítési célokra hangfrekvenciákon általában a földelt emitteres kapcsolást használjuk, mivel egyidejűleg nagy feszültség- és áramerősítést ad, ugyanakkor a bemeneti ellenállása még nem túl kicsi, a kimeneti pedig nem túl nagy. A földelt bázisú kapcsolást viszonylag alacsony értékű teljesítményerősítése és kedvezőtlen értékű bemeneti, kimeneti ellenállásai miatt, csak nagyfrekvenciákra (néhányszor 10 MHz felett) alkalmazzuk, ahol a másik két kapcsolás már nem erősít. A tranzisztor áramerősítési tényezője ( $\beta$ , illetve  $h_{21}$ ) a frekvencia növelésével csökken és a tranzisztor típusától függő  $f_T$  tranzitfrekvencián  $h_{21}=1$  lesz. A földelt emitteres erősítőnél mind a feszültségerősítés, mind az áramerősítés függ  $h_{21}$ -től. Ugyanez a helyzet a földelt kollektoros erősítőnél is. Ezért ezeknek a kapcsolásoknak a teljesítményerősítése  $h_{21}$  négyzetével, meredeken csökken a frekvencia növekedésekor. A földelt bázisú erősítő feszültségerősítése viszont nem függ  $h_{21}$ -től. Ebből az következik, hogy ebben a kapcsolásban ugyanaz a tranzisztor  $h_{21}$ -szer akkora frekvencián éri el a felső határfrekvenciáját (ahol a teljesítményerősítés a közepes frekvencián mért érték felére csökken). A földelt bázisú erősítővel a TV készülékek és az FM rádiókészülékek bemeneti, nagyfrekvenciás előerősítő fokozataiban találkozunk a leggyakrabban. A földelt kollektoros erősítőt, mivel ezzel a kapcsolással érhető el a legkisebb teljesítményerősítés, viszonylag ritkán alkalmazzuk. Igen nagy bemeneti és kis kimeneti ellenállását felhasználhatjuk illesztésre, ha nagy belső ellenállású generátorról (pl. keramikus hangszedő) kis bemeneti ellenállású fogyasztót kell táplálni. ( $A_v \leq 1$ )

## Munkapontbeállítás

Leggyakrabban a földelt emitteres erősítőt alkalmazzák. A munkapont beállításhoz tápfeszültséget kell az alkapcsolásra adni. A munkapont beállítás megértéséhez segítséget ad a FE erősítő alkapcsolás kapcsolási rajza, amely az 1. ábrán látható. Itt a munkapont beállítását bázisosztóval végezték el.



1. ábra

Az elemek szerepe:

Munkapont beállító elemek:  $R_1$  és  $R_2$  ellenállások

Munkapont beállító és stabilizáló elem:  $R_E$  ellenállás

Munkapont beállító és munkaellenállás:  $R_C$

Erősítő elem: T npn tranzisztor

Egyenáramú leválasztó és egyben váltakozóáramú csatoló:  $C_{be}$ ,  $C_{ki}$

Hidegítő kondenzátor:  $C_E$

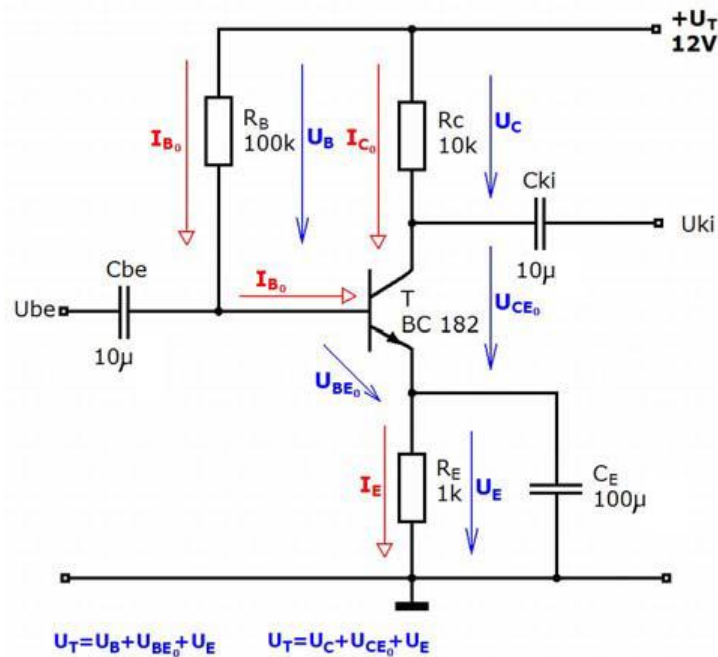


A bementi feszültségosztóval ( $R_1$  és  $R_2$ ) állítják be a tranzisztor bázis-emitter feszültségét, amelynek tipikus értéke szilícium tranzisztor esetén 0,6-0,7V. A kapcsolás munkaellenállása az  $R_C$  ellenállás. Az  $U_{CE}$  feszültséget méretezéskor kb. a tápfeszültség felére kell beállítani, azért hogy ne legyen torzítás az erősítőben, azaz mindkét irányban azonosan tudjon mozogni a munkapont.

FE kapcsolásban a be- és a kimeneti váltakozó feszültségek között  $180^\circ$ -os fáziseltolás van.

A bázisosztós munkapont beállítás előnye, hogy a feszültségosztó terheletlennek tekinthető, azaz állandó leosztott bázis feszültséget szolgáltat, függetlenül a bázisáram változásától. A bemeneti feszültségosztó méretezésénél arra kell ügyelni, hogy az osztóáram ( $I_0$ ) jóval nagyobb legyen, mint a munkaponti bázisáram.

A bázisáram táplálású FE erősítő kapcsolási rajzát az 2. ábrán láthatjuk. A bázisáramot az  $R_B$  ellenállás állítja be, mivel az alsó munkapont beállító és osztó ellenállás hiányzik. A kapcsolat hátránya, hogy nem biztosít megfelelő stabilitást, mert nem tartja állandó szinten a bázispont feszültségét, ezért ezt a típust ritkábban használják.



2. ábra

### A bázisosztós kapcsolás működése

Az erősítő bementére pozitív irányba növekvő szinusz jelet kapcsolva az a csatolókondenzátoron átjutva a bázis potenciálját növeli. Ez a növekedés jobban nyitja a tranzisztort és növekszik a bázisáram. Növekszik az emitter áram is, ezzel egyidejűleg nő a kollektor áram. Növekvő kollektor áram hatására növekszik  $R_C$ -n a feszültség és mivel a tápfeszültség állandó, így a kollektor potenciál csökken. Ez a csökkenés kijut a csatoló kondenzátoron át a kimenetre. Tehát a kimenő feszültség negatív irányba növekszik. A kapcsolat tehát fázist fordít. Csekély bázisáram változáshoz jelentős kollektor áram változás társul, ezért ez észlelhetően jelentkezik a kimenő feszültségváltozásban is.

## A mérés leírása

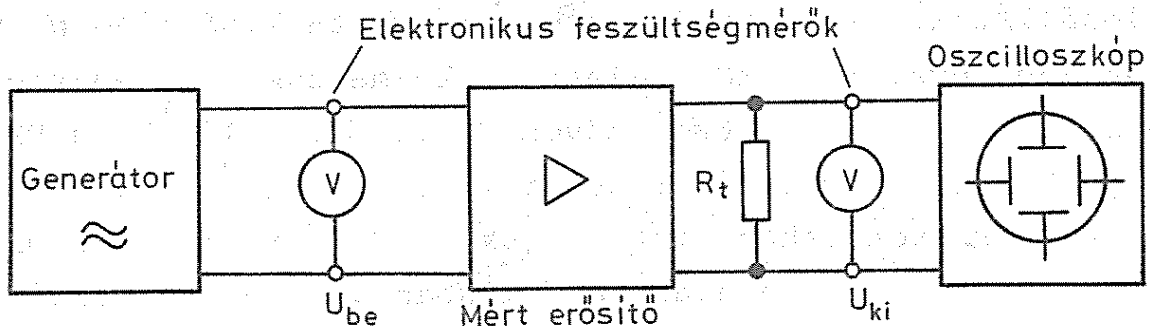
### A munkaponti adatok mérése

A tranzisztoros erősítők szokásos működtető feszültsége 10..20 V körüli érték. A munkaponti adatokat egyszerű feszültségméréssel állapítjuk meg. A mérés során ellenőrizni kell, hogy a tranzisztor kivezetésein a helyes működéshez szükséges egyenfeszültségek jelen vannak-e. Tudnunk kell, hogy amennyiben egy tranzisztort erősítésre kívánunk felhasználni, akkor a bázis-emitter diódáját nyitóirányban kell előfeszítenünk (Ge esetén 0,2..0,3 V, Si esetén 0,5..0,7 V feszültséggel), a bázis-kollektor diódáját pedig a záróirányban (általában  $U_T/2$ , azaz néhány volt feszültséggel).

A mérést célszerű úgy végezni, hogy megmérjük és feljegyezzük mindhárom elektróda, valamint a tápfeszültségét a közös ponthoz (föld) viszonyítva. Ebből az elektródák egymáshoz képesti feszültségei (a tényleges munkaponti feszültségek) egyszerűen számíthatóak ( $U_{BE} = U_B - U_E$ ;  $U_{CE} = U_C - U_E$  stb.). Természetesen ettől a módszertől el lehet térni. A munkaponti adatok mérésekor az erősítőre jelet nem adunk!

### Kivezérelhetőség mérése, jelalak vizsgálat

Oszcilloszkóppal lehet pontosan meghatározni a kivezérelhetőséget, mert jól látható az, hogy mikor kezd el torzulni a jel. A kivezérelhetőség a felerősített kimeneti feszültség még nem vágott alakjához tartozó csúcstól-csúcsig vett bemeneti feszültség.



3. ábra

A híradástechnikában hivatkozási értékeknek az  $f = 1000$  Hz frekvencián mért adatokat tekintjük. Jegyezzük meg, hogy a továbbiakban, ha más érték nincs megadva, a méréseket mindig  $f = 1000$  Hz-es, szinuszos alakú jellel kell végezni! A generátor jelfeszültségét addig növeljük, amíg az erősítő kimenetére kapcsolt oszcilloszkópon a jel torzulását nem tapasztaljuk. Jegyezzük fel ezt a bemeneti feszültséget, mert ez az erősítő kivezérelhetősége! Ügyeljünk arra, hogy az erősítő egyik jellemzőjének mérése során sem szabad ezt a bemeneti értéket túllépnünk! Túlvezérelt erősítőn minden mérés hamis eredményt szolgáltat. Természetesen, ha nem áll rendelkezésre hangfrekvenciás mV-mérő, akkor az oszcilloszkóppal is elvégezhető a feladat.

## Feszültségerősítés mérése

Az erősítő feszültség erősítését a kimeneti és bemeneti feszültség hányadosa adja meg. Adott terhelés mellett kell megmérni a bemeneti és a kimeneti feszültséget. A kimeneti jelnek a maximális kivezérelhetőség értékének a 2/3 rész tartományába kell esnie méréskor. A mérési eredményekből kiszámítható a feszültségerősítést. Minden erősítőjellemző frekvenciafüggő!

A mérési összeállítás ugyanaz, mint az előbbi pontban.

A feszültségerősítést ( $A_u$ ) általában decibelben (dB) mérjük. Ennek meghatározása:

$$A_{u \text{ dB}} = 20 \lg \left| \frac{U_{ki}}{U_{be}} \right| \text{ dB.}$$

Leegyszerűsíti a mérést a dB skálát is tartalmazó voltmérő használata. Ez abban különbözik a szokásos feszültségmérőktől, hogy skáláját a következő összefüggés szerint alakították ki:

$$U_{\text{dB}} = 20 \lg \frac{U_{\text{mért}}}{0,775 \text{ V}} \text{ dB.}$$

Vagyis minden, a műszer által mérhető feszültség a normál generátor 0,775 V kapocsfeszültségéhez, mint hivatkozási értékhez viszonyítható. Ha a mért feszültség pontosan 0,775 V értékű, a mutató a 0 dB-es pontra áll. A 0,775 V-nál kisebb feszültségek negatív, a nagyobbak pozitív előjelű értéket adnak, a fenti összefüggés szerint. Ha az erősítő bemeneti feszültségét és kimeneti feszültségét egyaránt dB-ben olvassuk le, a két érték különbsége rögtön az erősítést adja dB-ben!

Például:

$$U_{be} = 20 \lg \frac{U_{be}}{0,775} \text{ dB és}$$

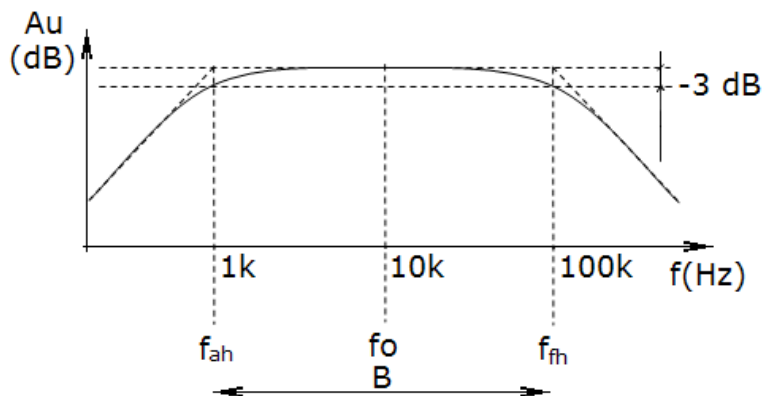
$$U_{ki} = 20 \lg \frac{U_{ki}}{0,775} \text{ dB.}$$

Különbségük:

$$\begin{aligned} U_{ki} - U_{be} &= 20 \lg \frac{U_{ki}}{0,775} - 20 \lg \frac{U_{be}}{0,775} = \\ &= 20 \lg \frac{U_{ki}}{0,775} \cdot \frac{0,775}{U_{be}} = 20 \lg \frac{U_{ki}}{U_{be}} = A_u \text{ dB.} \end{aligned}$$

Mérjük meg ezzel a módszerrel az erősítést  $f = 1000 \text{ Hz}$ -en! Ezután a határfrekvenciákat úgy kapjuk meg, hogy változatlan bemeneti jel nagyságot biztosítva, a generátor frekvenciáját addig változtatjuk (csökkentjük, majd növeljük), amíg 3 dB-lel kisebb erősítést nem kapunk. Ez a két frekvencia az erősítő határfrekvenciája, itt csökken a teljesítményerősítése az 1000 Hz-en mért érték felére. Mivel a teljesítményerősítés mérése nehéz, a feszültségerősítést

mérjük. A  $P = U^2/R$  összefüggés alapján igazolhatjuk, hogy ez esetben az 1000 Hz-en mért kimeneti feszültség gyök 2-ed részére csökken a határfrekvenciákon (változatlan bemeneti feszültség esetén). Az erősítést az erősítő átviteli sávjának több pontján mérve kapjuk meg az átviteli karakterisztikát. (4. ábra)



4. ábra

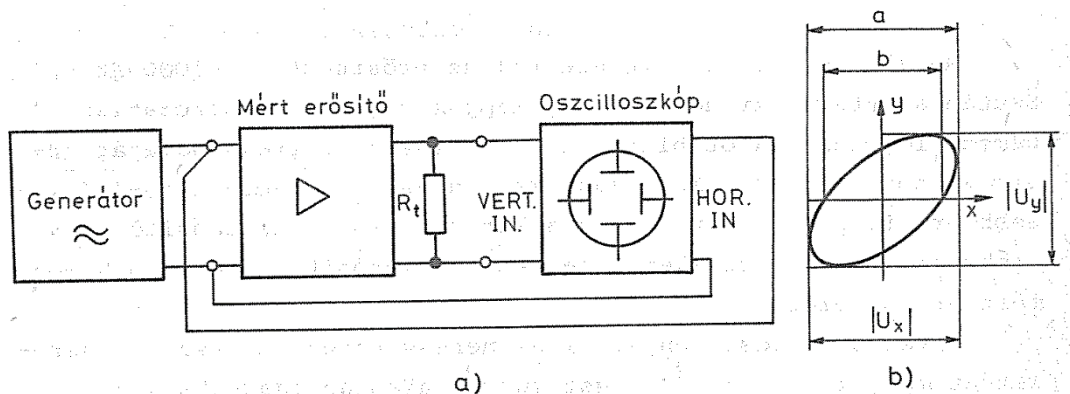
Az erősítők sávszélessége a frekvenciafüggő alkatrészek miatt egy alsó- ( $f_a$ ) és a felső ( $f_f$ ) határfrekvenciák közötti tartomány. A frekvencia-független erősítési tartomány közepén értelmezett közepes frekvencián ( $f_0$ ) mért értékhez képest kell megvizsgálni méréskor, hogy a jel mely frekvenciákon lép ki a 3 dB-s sávból. A sávszélesség ( $B$ ) az alsó és a felső határfrekvenciák segítségével számolással határozható meg.  $B=f_f-f_a$

### A fázisszög meghatározása

Az erősítő alapkapcsolások közül a közös emitteres kapcsolás kimeneti feszültsége 180 fokos fáziseltérésben van a bemenetihez képest. Az alábbiakban két fázisszög mérést ismertetünk.

### Lissajous-módszer

A javasolt mérési összeállítást az 5. ábra mutatja. Az oszcilloszkóp vízszintes eltérítését leállítjuk és az erősítő bemeneti jelét kapcsoljuk rá. A függőleges eltérítésre a kimeneti jelet csatlakoztassuk. Ha a két jel között fáziseltérés van, akkor általában az 5.b. ábra szerinti képet kapjuk.



### 5. ábra

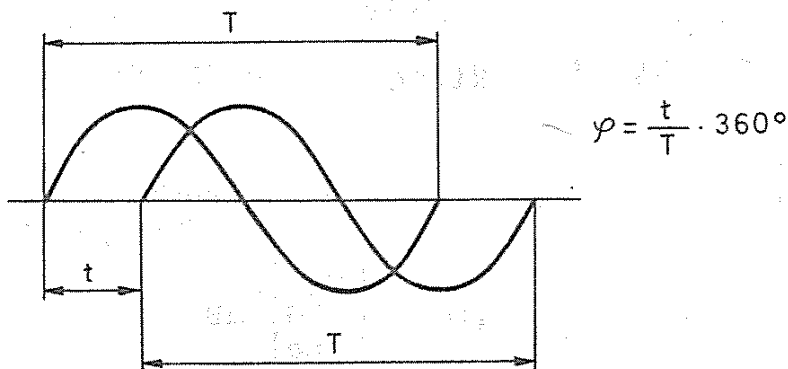
A fázisszög ebben az esetben:

$$\sin \varphi = \frac{b}{a}, \quad \text{ha } |U_x| = |U_y|.$$

135 fokos dőlésszögű egyenes akkor látható; ha  $|U_x| = |U_y|$  és a fázisszög 180 fok. Nincs fáziseltérés a két jel között, ha az egyenes dőlésszöge 45 fok. A pontos mérést megnehezíti a metszések nagyságának lemérése, valamint az oszcilloszkóp erősítőinek egymástól esetleg eltérő fázistolása.

### Összehasonlításos módszer

Kétsugaras oszcilloszkóppal egyszerűen kivitelezhető. A két jel amplitúdóját azonosra állítva az ernyőn megjelenő jelet és a fázisszög meghatározását a 6. ábra mutatja. Javasolt a teljes periódust (T) az oszcilloszkópon 8 osztásra állítani.

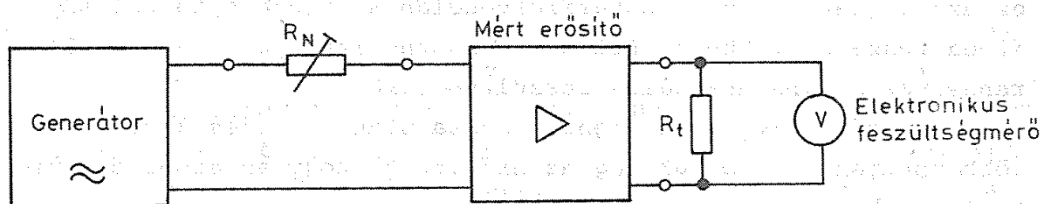


6. ábra

### Bemeneti és kimeneti ellenállás mérése

Az erősítő bemenete sávközépi frekvencián (1kHz) egyetlen ellenállással helyettesíthető. Az erősítő bemeneti ellenállása az része az erősítőnek, amelyik terheli a jelforrást, azaz a meghajtó fokozatot.

Az erősítők váltakozóáramú bemeneti ellenállásának meghatározására egyszerű mérési módszert mutat a 7. ábra.



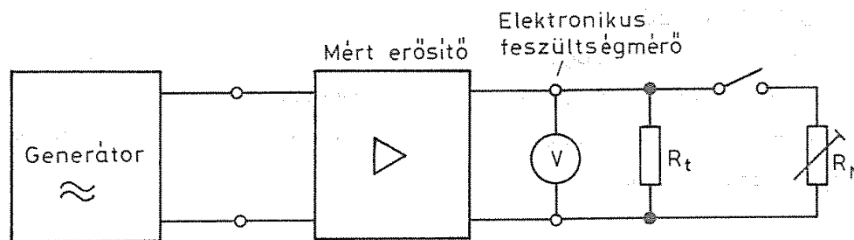
### 7. ábra

A mérést  $f = 1000$  Hz-en a kivezérelhetőségnél kisebb jellel végezzük!  $R_N = 0 \Omega$  esetén jegyezzük fel a kimeneti feszültség értékét! Ezután az  $R_N$  változtatható ellenállás értékét addig változtassuk, amíg a kimeneti feszültség az előbbi érték felére csökken! Az változtatható ellenálláson beállított érték ekkor a keresett bemeneti ellenállással egyenlő.

Másként.

Az erősítő bemeneti ellenállásának egyik mérési módszere az, hogy a meghajtó fokozat és az erősítő bemenete közé sorosan beiktatunk egy ismert értékű mérőellenállást. Méréskor a soros ellenálláson keresztül hajtjuk meg az erősítőt. Ennél a módszernél mérjük az  $U_g$  és az  $U_{be}$  feszültségeket. Az ismeretlen bemeneti ellenállás a mérési eredményekből kiszámítható. Az erősítő kimenete a bemeneti jel által vezérelt generátorral és egy ellenállással helyettesíthető. Az erősítő kimeneti ellenállása az az ellenállás, amelyre a terhelést kötjük.

A kimeneti ellenállást meghatározhatjuk feszültség-összehasonlítási módszerrel. Megmérjük az erősítő kimeneti feszültségét, majd a kimenetre kapcsoljuk az  $R_N$  dekádel ellenállást. Ennek értékét addig változtatjuk, amíg a feszültségmérő az előbbi érték felét nem mutatja. Ekkor  $R_N$  értéke megegyezik az erősítő kimeneti impedanciájával. (8. ábra)



8. ábra

Másként.

Az erősítő kimeneti ellenállását két lépésben mérhetjük meg. A bemeneti feszültség megváltoztatása nélkül először megmérjük a kimeneti feszültséget ( $U_{kiü}$ ) terhelés nélkül (üresjárásban), majd ezután ( $U_{kit}$ ) terheléssel. Az erősítő kimeneti ellenállása ( $R_{ki}$ ) az ismert terhelő ellenállás értéke és a két mérési eredmény alapján kiszámítható.

### Jel-zaj viszony

A „jel-zaj viszony” általánosan elterjedt használata a hasznos információ és a hibás, vagy nem releváns információ viszonyát adja meg. A jel-zaj viszony két teljesítmény hányadosát jelenti, azaz a jel (információ) és a háttér zaj hányadosa. A jel-zaj viszony mérésénél az erősítőnél a zajnak és a jelnek nem kell maximális teljesítményűnek lennie. Ezért a jel-zaj viszony mérésénél egy referenciajelet kell kijelölni, amely a mérések alapjául szolgál. A kiválasztott referenciajel általában az 1 kHz-es szabványos szinusz jel. Méréskor az erősítő  $U_{be}$  bemenetére a hangfrekvenciás generátorból 1 kHz frekvenciájú szinuszos jelet kell adni és a teljes kivezérlésig kell növelni a bemeneti jelet! Az oszcilloszkópon figyelni kell a kivezérlés határát! A kimeneti jel értékét ekkor le kell olvasni. Ezután az erősítő bemenő jelét le kell



csökkenteni nullára és meg kell mérni újra a kimeneti jelet, azaz a zaj értékét! A két jel hányadosa a jel-zaj viszony.

### **Torzítás**

Egy erősítő nem lineáris átvitele abban nyilvánul meg, hogy az erősítő kimenetén megjelenő jel spektrumában olyan összetevők is megjelennek, amelyek az erősítő bemenetére adott jelben nem szerepeltek. A torzítás egy erősítő áramkörben áthaladó jel hullámalakjának a megváltozása az eredetihez képest. Jellemzően fogva többféle torzítást különböztetünk meg. Két fő csoportja a lineáris és a nemlineáris torzítás. A torzítás mérésekor egy előre meghatározott frekvenciájú és amplitúdójú szinuszos jelet táplálunk a mérendő erősítő bemenetére és a mérendő erősítő kimenetén megjelenő jelet egy torzítás mérő műszer vevőegységével szelektíven mérjük. Az egy "f" frekvenciájú szinuszos mérőjellel végzett mérés a harmonikus torzítás mérés, ekkor a mérővevővel a kimeneti jel harmonikusait  $2f$ ,  $3f$  stb. mérjük.

### **Ellenőrző kérdések**

1. Melyik kapcsolás adja a legnagyobb feszültségerősítést!
2. Melyik kapcsolásnak van a legnagyobb bemeneti ellenállása?
3. Melyik kapcsolás rendelkezik a legkisebb kimeneti ellenállással?
5. Mit nevezünk határfrekvenciának? Hogyan mérjük?
7. Hogyan mérhetünk fázisszöveget?
8. Melyik kapcsolás adja a legnagyobb teljesítményerősítést?
9. Melyik kapcsolásban érhető el a legmagasabb határfrekvencia?
10. Mekkora feszültség-, illetve teljesítményerősítés csökkenést jelent  $-3$  dB!
11. Sorolja fel az erősítők váltakozó áramköri jellemzői közül a legfontosabbakat!

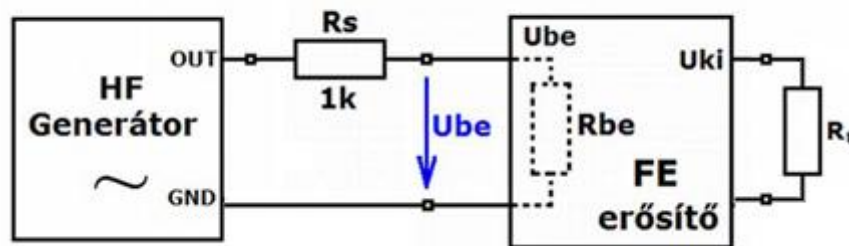
## Gyakorló feladatok

### 1. feladat

Rajzolja le a bázisostós munkapont beállítású FE erősítőt! A kapcsolási rajzon jelölje be a munkaponti áramokat és feszültségeket!

### 2. feladat

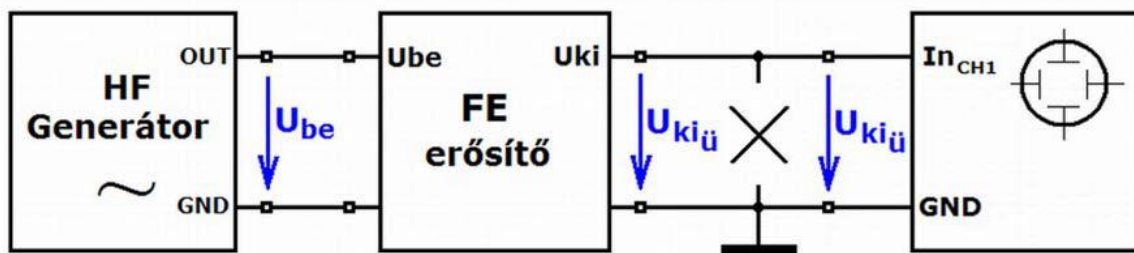
Határozza meg számítással a 9. ábrán látható mérési kapcsolás  $U_g = 323 \text{ mV}$  és  $U_{be} = 256 \text{ mV}$  értékei alapján az FE erősítő bementi ellenállását! A soros ellenállás  $R_s = 1 \text{ k}\Omega$ -os.



9. ábra

### 3. feladat

A 10. ábrán látható kapcsolás  $U_{kiü} = 2,84 \text{ V}$  és  $U_{kit} = 2,08 \text{ V}$  értékei alapján számítsa ki az FE erősítő kimeneti ellenállását! A terhelő ellenállás  $R_t = 4,7 \text{ k}\Omega$ -os.

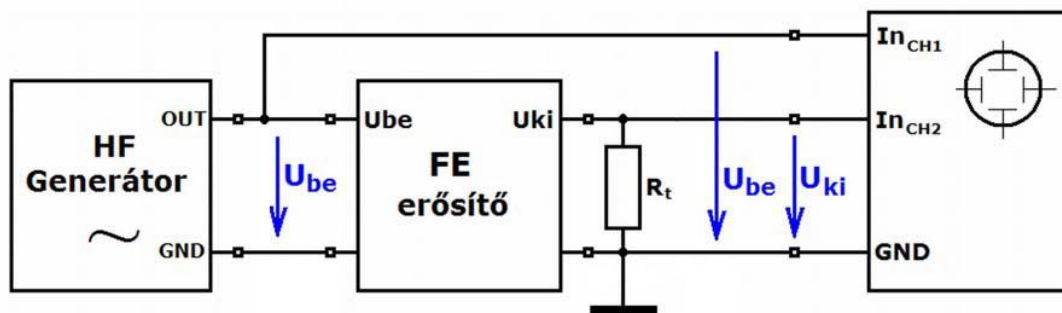


$$U_{kit} = U_{kiü} \frac{R_t}{R_t + R_{ki}}$$

10. ábra

### 4. feladat

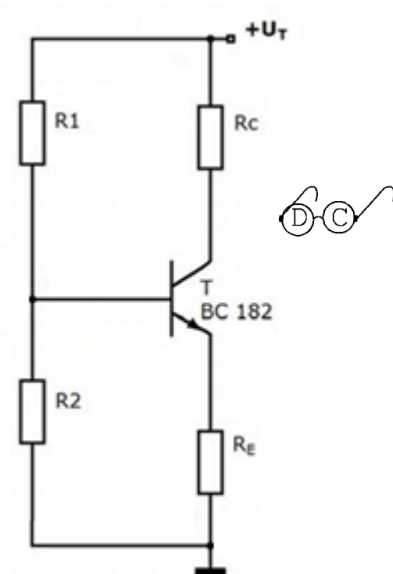
A 11. ábrán látható mérési blokkvázlat alapján ismertesse röviden az erősítés mérésének és kiszámítását a menetét!



11. ábra

## Mérési feladat

### Kapcsolás



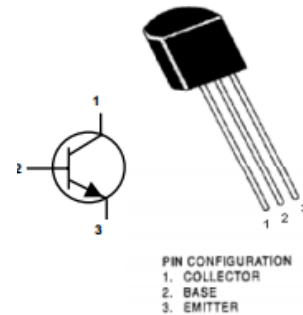
12. ábra

### Alkatrészlista

$R_1$	47k
$R_2$	4,7k
$R_C, R_t$	2,2k
$R_E$	100
$C_{be}, C_{ki}$	100n
$C_E$	10u
$T$	BC182
$U_T$	10V

1. táblázat

### BC182 tokrajz



PIN CONFIGURATION  
1. COLLECTOR  
2. BASE  
3. EMITTER

### Munkaponti feszültségek és áramok mérése

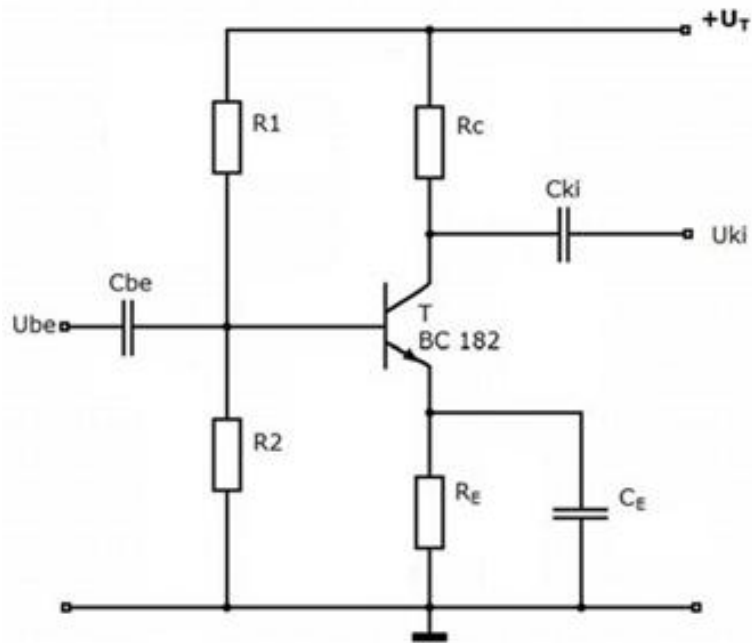
1. Állítsa össze a próbapanelen a 12. ábrán látható bázisosztós és emitterellenállásos tranzisztor munkapontbeállító alkapcsolást!
2. A mérési összeállításhoz ajánlott alkatrészek értékeit a 1. táblázat tartalmazza. Állítsa be és műszerrel ellenőrizze az előírt tápfeszültség értékét (+10V)! Csatlakoztassa a mérőkapcsolást a DC tápegységre árammérő műszeren keresztül! Mérje meg a tápáram felvételt!
3. Mérje meg az áramkör egyenáramú munkaponti feszültségeit. ( $U_C, U_E, U_B$ ) A mért adatok alapján határozza meg a Bázis-Emitter ( $U_{BE0}$ ) és a Kollektor-Emitter ( $U_{CE0}$ ) feszültségeket!
4. Az elméleti ismereteknek megfelelően van beállítva a munkapont? Mit várunk a kivezérléstől?

### Kivezérelhetőség mérése

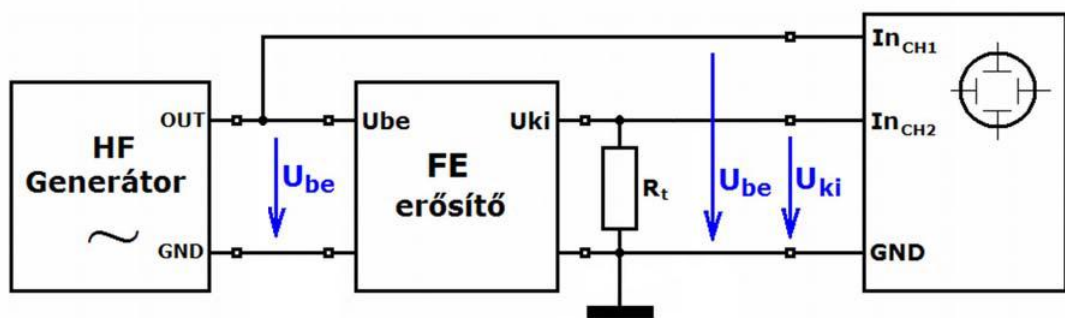
Egészítse ki a korábbi kapcsolást a táblázatban megadott kondenzátorokkal! (13. ábra)

Ebben a feladatban már váltakozóáramú szempontból vizsgáljuk az erősítőt. A kondenzátorok mind rövidzárként viselkednek közepes frekvencián!

1. A 14. ábrán látható blokkvázlat alapján mérje meg az erősítő kivezérelhetőségét! Ne felejtse el bekötni a blokkvázlatnak megfelelően a terhelő ellenállást sem!



13. ábra



14. ábra

A kivezérelhetőség az a legnagyobb jelfeszültség, amit az erősítő bemenetére kapcsolva, a kimeneti jel még nem vágott alakjához tartozó csúcstól-csúcsig feszültség. A mérést oszcilloszkóppal végezze! A HF generátoron beállított 1 kHz frekvenciájú szinuszos jelet addig növelje nulláról indulva, amíg az oszcilloszkópon a jel el nem kezd négyzetesedni. Olvassa le az oszcilloszkópról a bemeneti jel maximális értékét! A maximális bemeneti jel értéke a kivezérelhetőség!

2. A mérést ismételjük meg a tápfeszültség 120 %-os megváltoztatásával is!

## Frekvenciamenet mérése

Az erősítők frekvenciafüggését az amplitúdó és a fáziskarakterisztika adja meg.

1. Vegye fel méréssel az erősítő teljes átviteli karakterisztikáját! A mérési feladatot meghatározott frekvenciákon végezze el! Minden megadott frekvencián számítsa ki dB-ben az erősítést! Rajzolja meg az erősítő átviteli jelleggörbét a frekvencia függvényében! Az átviteli jelleggörbe ábrázolásánál a frekvencia átfogás miatt logaritmikus osztású frekvenciatengelyt alkalmazzon! A megadott táblázat szerint rögzítse a mérési és a számítási eredményeket! Úgy válassza meg a bemeneti jel amplitúdóját, hogy az erősítő egyik frekvencián se legyen kivezélve!

f [Hz]	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000	50000	100000
$\hat{U}_{be}$ [mV]											
$\hat{U}_{ki}$ [mV]											
$A_u$											
Au [dB]											
t [osztás]											
T [osztás]	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
$\varphi$ [°]											

2. táblázat

2. Mérje meg az erősítő határfrekvenciáit! Vizsgálja meg a mérési eredmények alapján, hogy hol volt a legmagasabb az erősítés és mekkora volt itt a kimeneti jel. A generátoron csökkentse a bemeneti jel frekvenciáját addig, amíg a kimeneti jel a legmagasabb érték 0,7 szeresére nem csökken! Ezen a frekvencián az erősítés  $-3\text{dB}$  értékkel csökken. Ez lesz az erősítő alsó határfrekvenciája ( $f_a$ ). A felső határfrekvenciát ( $f_f$ ) hasonló módszerrel, attól a frekvenciától kezdve növelje, ahol a legmagasabb volt az erősítés!

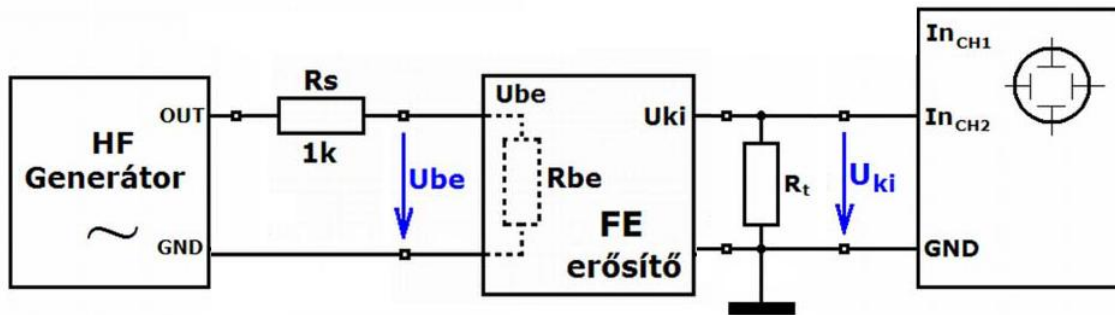
3. Számítsa ki az erősítő sávszélességét (B) a mérési eredmények alapján! A sávszélesség a felső- és az alsó határfrekvencia különbsége.

## Bemeneti ellenállás mérése

1. Az erősítők bemeneti ellenállásának mérési módszere az, hogy a meghajtó fokozat és az erősítő bemenete közé sorosan beiktatunk egy ismert értékű ( $R_s$ ) mérőellenállást. Állítsa össze a 15. ábrán látható mérést! Iktassa be a jelgenerátor és az erősítő bemenete közé a rajzon megadott  $1\text{k}\Omega$ -os értékű mérőellenállást!

2. A bemeneti ellenállás méréskor a soros ellenálláson keresztül hajtja meg az erősítőt! A bemeneti ellenállás mérést úgy végezze el, hogy a kimeneti jel a maximális kivezélhetőség értékének  $2/3$  rész tartományába essen! Az erősítés beállítása után mérje meg az  $U_g$  és az  $U_{be}$  feszültségeket! A jelgenerátor és az erősítő közé sorosan beiktatott mérőellenállás ( $R_s$ ) és az erősítő bemeneti ellenállása ( $R_{be}$ ) feszültségosztót alkot. A generátor kimenetén mért feszültségből ( $U_g$ ) és az erősítőre jutó leosztott feszültségből ( $U_{be}$ ) a bemeneti ellenállás ( $R_{be}$ ) meghatározható.

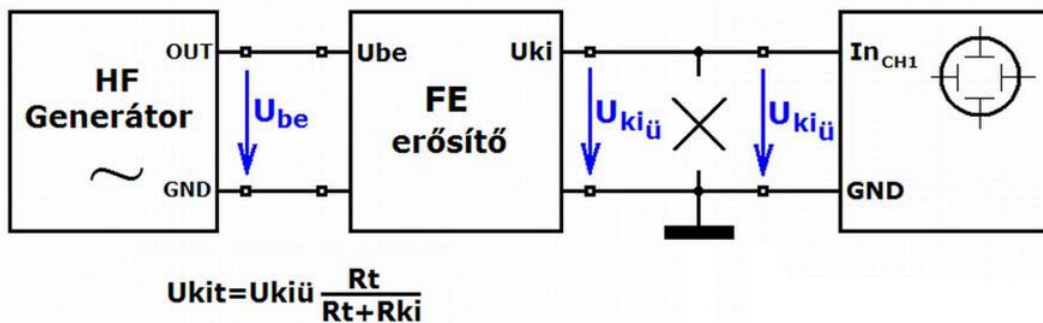
3. Számítsa ki az erősítő bemeneti ellenállásának ( $R_{be}$ ) értékét a mérési eredményekből!



15. ábra

### Kimeneti ellenállás mérése

1. Első lépésben állítsa össze a 16. ábrán látható mérési összeállítást és mérje meg terhelés nélkül a kimeneti üresjárési feszültséget!
2. A kimeneti ellenállás meghatározásához változtassa meg a mérési összeállítást és az erősítő kimenetére kapcsoljon egy 2,2kΩ-os terhelő ellenállást! A bemeneti feszültség megváltoztatása nélkül mérje meg a terhelő ellenállással a kimeneti feszültség értékét ( $U_{ki}$ )! Az erősítő kimeneti ellenállása ( $R_{ki}$ ) a feszültségosztásból kiszámítható.
3. Számítsa ki az erősítő kimeneti ellenállásának ( $R_{ki}$ ) értékét a mérési eredményekből!



16. ábra

### Felhasznált irodalom

Műszerek és mérések – Erősítők mérése

Tordai György - Villamos mérések, vizsgálati technológiák