

Farkas József

Analóg áramkörök méréstechnikája



A követelménymodul megnevezése:

Mérőműszerek használata, mérések végzése

A követelménymodul száma: 1396-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-019-30



ANALÓG ÁRAMKÖRÖK MÉRÉSTECHNIKÁJA

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy műszerész műhelyben dolgozik, munkahelyére nyári gyakorlatra tanulók érkeznek. Munkahelyi főnökétől azt a feladatot kapja, hogy tartson foglalkozást az analóg áramkörök mérés technikája témakörből. Úgy gondolja, hogy a gyakorlati munka megkezdése előtt célszerű az alapismereteket feleleveníteni.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

Napjainkban az elektronika terjedésével, szinte alig található olyan terület, ahol ne alkalmaznának valamilyen elektronikai eszközt. Ezek az eszközök működésüket tekintve lehetnek analóg vagy digitális rendszerűek. Ebben a fejezetben az analóg áramköröket vizsgáljuk meg a mérés technika szempontjából.

ANALÓG ÁRAMKÖRÖK

Az analóg áramkörök felépítését tekintve passzív és aktív áramköri elemekből épülhetnek fel. Ezekből a felépített hálózatok alkothatnak két pólusokat és négy pólusokat, melyekből különböző feladatok elvégzésére alkalmas, bonyolult áramköröket építhetünk. Ezek az áramkörök felépíthetők diszkrét elemekből, integrált elemekből és ezek kombinációjából.

1. Fontosabb analóg alapáramkörök:

Passzív R-C és R-L-C hálózatok:

- Felül áteresztő szűrő
- Alul áteresztő szűrő
- Sávszűrő
- Wien-osztó
- Rezgőkörök (oszillátorok)

Aktív elemekből felépülő áramkörök:

Egyenirányító áramkörök:

- Egyutas egyenirányítók

- Kétutas egyenirányítók
- Graetz-kapcsolás
- Feszültség kétszerezők
- Feszültség sokszorozók
- Zener-diódás feszültségstabilizálás
- Stb.

Tranzisztoros alapkapcsolások:

- Földelt emitterű kapcsolás
- Földelt bázisú kapcsolás
- Földelt kollektorú kapcsolás
- Darlington kapcsolás
- Stb

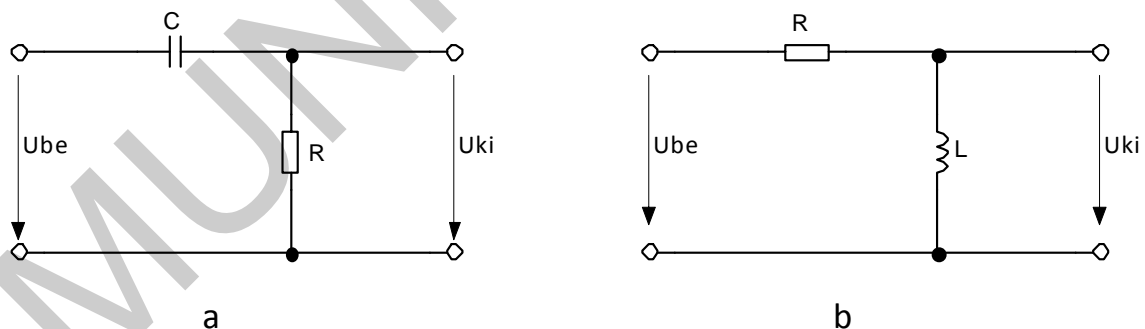
Műveleti erősítők:

- Fázisfordító erősítő
- Nem-fázisfordító erősítő
- Stb.

Passzív R-C és R-L-C hálózatok:

Felüláteresztő szűrő

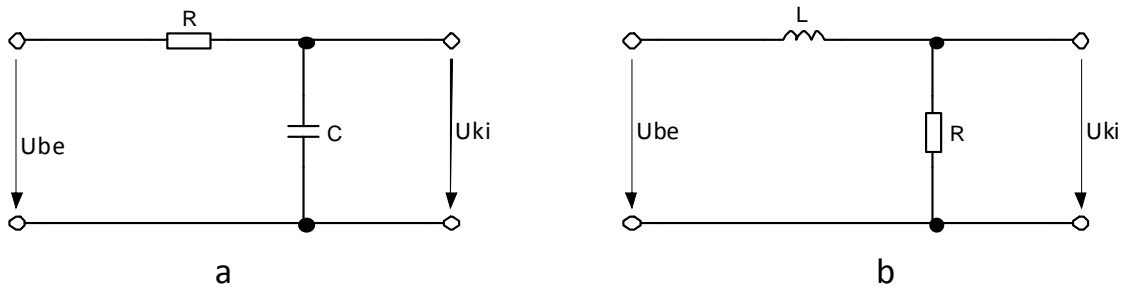
A nagyfrekvenciákat átereszti, míg az egy meghatározott alsó határfrekvenciánál kisebb frekvenciákat elnyomja.



1. ábra. Felüláteresztő szűrő

Aluláteresztő szűrő

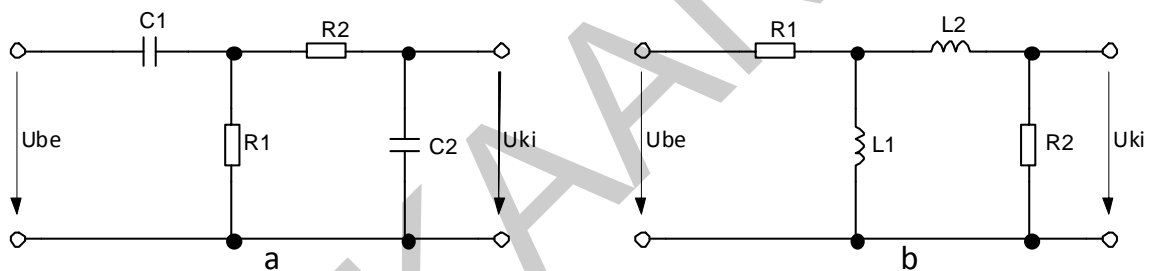
A felső határfrekvenciánál nagyobb frekvenciákat elnyomja, míg a kis frekvenciákat és az egyenfeszültséget is átereszti.



2. ábra. Aluláteresztő szűrő R-C (a) és L-R (b) tagokból

Sávszűrő

Abban az esetben, ha egy feluláteresztő szűrő után egy aluláteresztő szűrőt kapcsolunk, sávszűrőt kapunk. A sávszűrő kialakításának feltétele, hogy az aluláteresztő szűrő felső határfrekvenciája magasabb, mint a feluláteresztő szűrő alsó határfrekvenciája. Ebben az esetben a két határfrekvencia között egy olyan sáv jön létre, melynek a csillapítása kicsi.

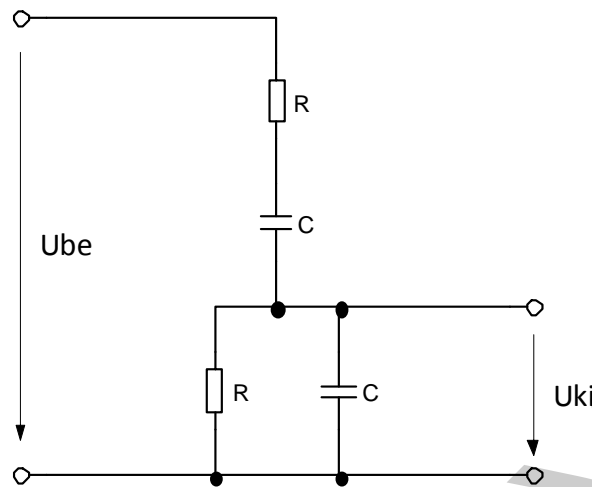


3. ábra. Sávszűrő R-C (a) és R-L (b) tagokból

Wien-osztó

A Wien-osztó tulajdonképpen egy soros R-C és egy párhuzamos R-C elemek sorba kapcsolásából épül fel. Jobban megvizsgálva az áramkört, azt láthatjuk, hogy ez nem más, mint egy felül- és egy aluláteresztő szűrő soros összekapcsolása. Az osztó jellemzője, hogy a kimeneti feszültség rezonanciafrekvencián a bemeneti feszültség $1/3$ része lesz.

$$U_{ki} = \frac{1}{3} U_{be}$$



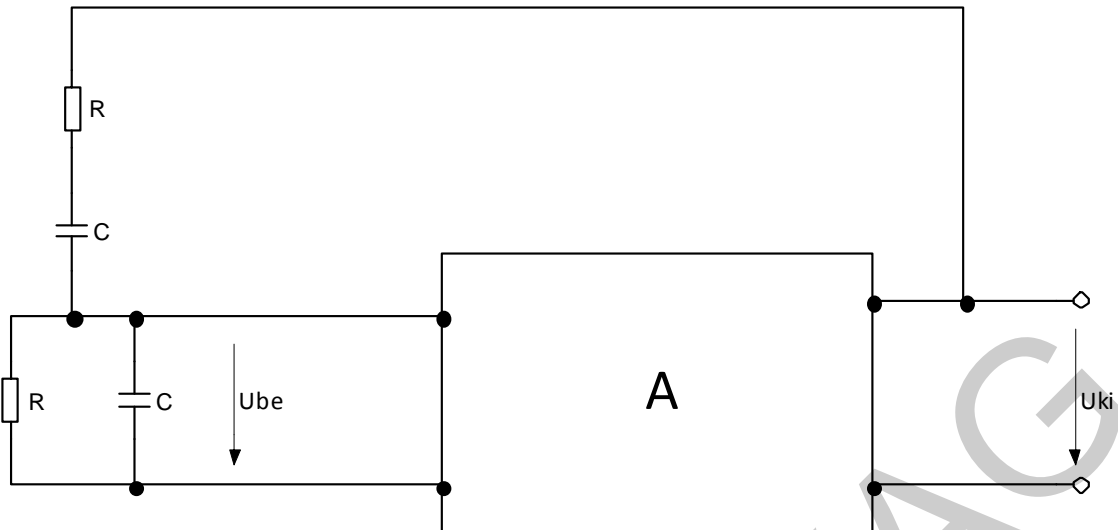
4. ábra. Wien-osztó

Rezgőkörök (oszillátorok)

Az oszcillátorok: periodikus, elektromos rezgések (legtöbbször szinuszjelek) előállítására alkalmas áramkörök. Abban az esetben, ha az erősítőnél pozitív visszacsatolást alkalmazunk, a visszacsatolt erősítő gerjedni kezd. Ahhoz, hogy folyamatos, állandó frekvenciájú és amplitúdójú rezgéseket hozzunk létre, két feltételnek kell teljesülni.

a) Fázis feltétel: vagyis a pozitív visszacsatolás mellett biztosítjuk azt, hogy a visszacsatolt jel azonos fázisban érkezzon a bemenetre. Ezt úgy tudjuk megvalósítani, hogy vagy kétfokozatú erősítőt alkalmazunk, vagy pedig az egyfokozatú erősítő esetén a fázisfordítást a visszacsatolásban végezzük el.

b) Amplitúdó feltétel: azt jelenti, hogy a kimenő jelből annyit csatolunk vissza, hogy teljesüljön az alábbi feltétel: $AB=1$, ahol A az erősítés mértéke, B a visszacsatolás mértéke.



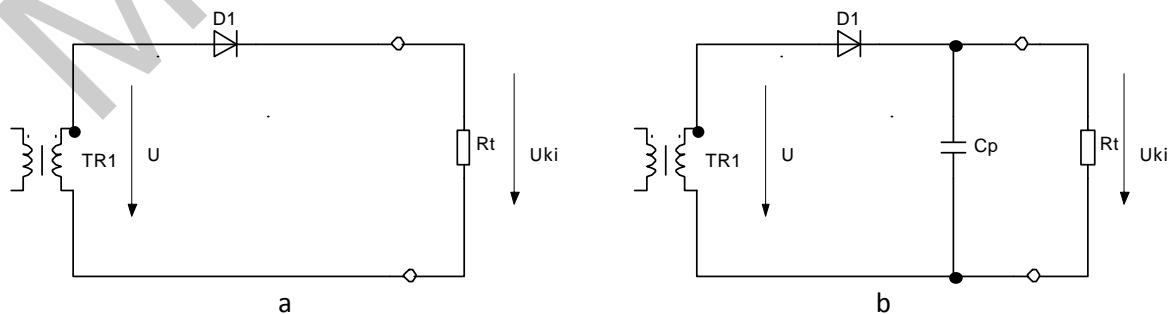
5. ábra. Wien-hidas oszcillátor

Aktív elemekből felépülő áramkörök:

Egyenirányító áramkörök:

Egyutas egyenirányítók

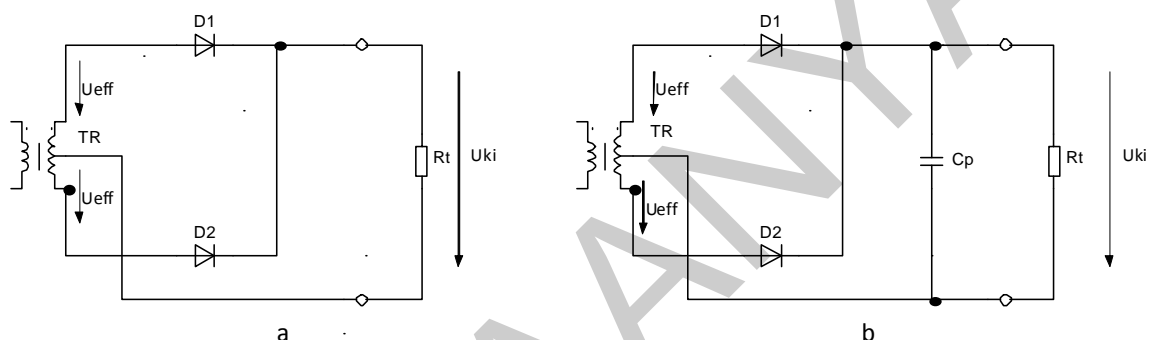
Az egyutas egyenirányításnál a pozitív félperiódus esetében a D_1 dióda anódja egyre pozitívabb lesz és az R_t ellenálláson átfolyó áram hatására az ellenálláson U_{ki} feszültséget mérhetünk. A negatív félperiódusban a D_1 dióda anódjára a katódhoz képest negatívabb feszültség kerül, ezért a dióda nem tud kinyitni és az áramkörben nem folyik áram, így az R_t ellenálláson sem mérhetünk feszültséget (a). Az így kapott feszültség és áram lüktető lesz. És nem rendelkezik egyen-összetevővel. Ennek javítására a kimenetre egy C_p pufferkondenzátort kapcsolunk, melynek a feszültsége az R_t ellenálláson átfolyó áram miatt állandóan csökken, ameddig a dióda lezárt állapotban van (b). Az így kapott kimeneti feszültség egyen-összetevőből és a rajta lévő váltakozó összetevőből áll.



6. ábra. Egyutas egyenirányítás szűrés nélkül (a), szűréssel (b)

Kétutas egyenirányítók

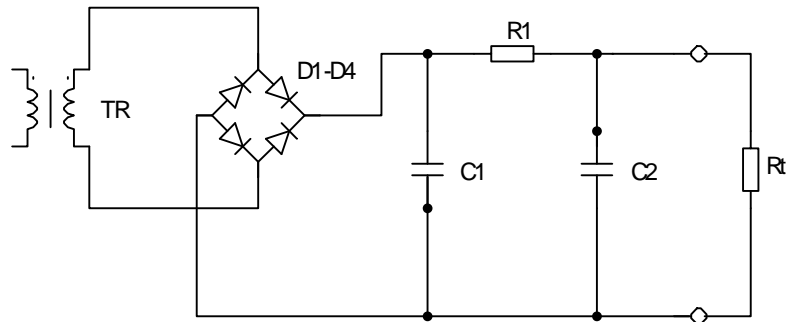
Az egyutas egyenirányítóban, mint láttuk a kondenzátor egy periódus alatt csak az egyik félperiódusban töltődik. Abban az esetben, ha középleágazású transzformátort alkalmazunk a 7. ábrán látható módon (a), akkor két kivezetésére egy-egy diódát köthetünk, a középkivezetés pedig a közös pont lesz. Az így kialakított áramkört megvizsgálva azt tapasztaljuk, hogy az R_t ellenálláson mind a két periódusban folyik áram. Ez az áram is lüktető lesz, hasonlóan az egyutas egyenirányítónál. Ennek javítására a kimenetre egy C_p pufferkondenzátort kapcsolunk, melynek a feszültsége az R_t ellenálláson átfolyó áram miatt állandóan csökken, ameddig a dióda lezárt állapotban van (b). Az így kapott kimeneti feszültség egyen összetevőből és a rajta lévő váltakozó összetevőből áll.



7. ábra. Kétutas egyenirányítás szűrés nélkül (a), szűréssel (b)

Graetz-kapcsolás

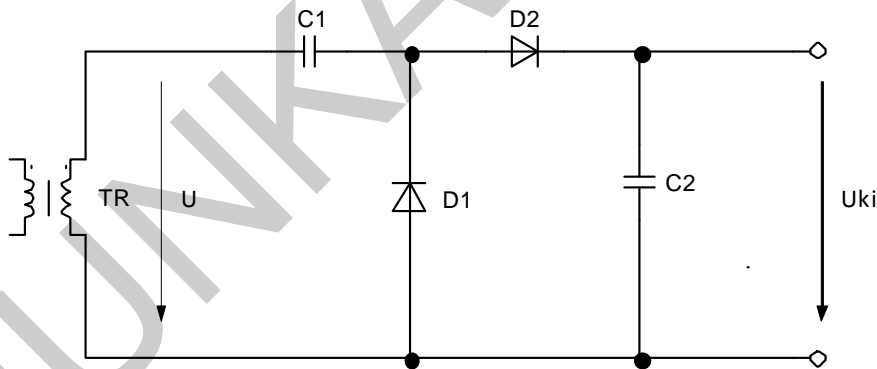
A kétutas egyenirányításhoz használt középkivezetésű transzformátor alkalmazása megrágítja az áramkört. Az egyutas kapcsolásnál alkalmazott transzformátor lényegesen olcsóbbá teszi az áramkört. Ebben az esetben négy diódát kell alkalmazni a 8. ábrán látható kapcsolási elrendezésben. Ennek eredményeként a kétutas középleágazású megoldáshoz hasonlóan, itt is mind a két félperiódusban folyik áram az R_t ellenálláson. A megfelelő egyenfeszültség kialakításához a C_1 pufferkondenzátoron kívül még egy R_1 - C_2 elemekből felépített szűrőtagot is beiktatunk az áramkörbe.



8. ábra. Graetz-kapcsolás szűréssel

Feszültség kétszerezők

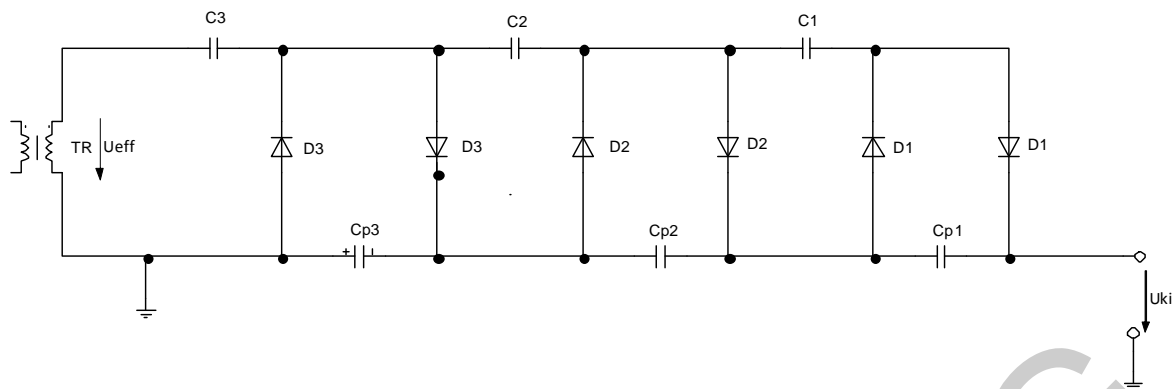
Amikor a transzformátor U feszültsége negatív félperiódusú, akkor kinyit a D_1 dióda és feltölti a C_1 kondenzátort $U_{k1} = \sqrt{2} \cdot U_{eff}$ értékre mely úgy hat, mintha sorba volna kapcsolva a tápegységgel egy telep. A második, pozitív félperiódusban a D_1 dióda lezár és a D_2 dióda vezet, így C_2 kondenzátor annyira feltöltődik, hogy a feszültsége a C_1 Kondenzátor feszültségének és a tápegység csúcsfeszültségének az összegével lesz egyenlő. Ezt a kapcsolást akkor alkalmazzuk, amikor nagy feszültségre van szükségünk, de a kimeneti áram minimális.



9. ábra. Feszültség kétszerező kapcsolat

Feszültség sokszorozók

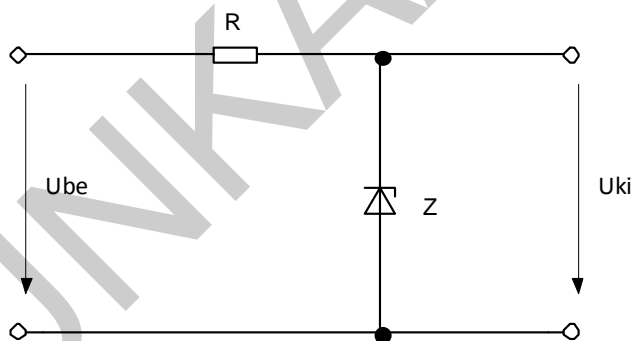
Amikor a feszültség kétszerező áramkörrel nem tudunk elegendő nagyságú feszültséget előállítani, akkor alkalmazhatjuk a feszültség sokszorozó kapcsolásokat. Ezek az áramkörök n fokozatból állnak és mindegyik fokozat $U_p = \sqrt{2} \cdot U_{eff}$ feszültségre tölti fel a C_p kondenzátorokat. A C_1, C_2, \dots, C_n kondenzátorok biztosítják, hogy a transzformátor váltakozófeszültsége minden fokozatra rákerüljön. A 10. ábrán egy háromfokozatú kaszkád kapcsolat látható.



10. ábra. Feszültség sokszorozó kapcsolás

Zener-diódás feszültségstabilizálás

A szűrőkondenzátoros áramkörök a kimeneten lévő egyenfeszültséget nem stabilizálják, mert az egyenfeszültségen az ellenállásuk végtelen nagy. Ahhoz, hogy a kimeneten viszonylag stabil feszültség legyen, a legegyszerűbb esetben egy Zener-diódát kapcsolunk az áramkörbe. A zener-diódánál záróirányú előfeszítés esetén nem történik átütés úgy, mint a réteg diódánál a hirtelen nagy záróirányú áram növekedése esetén. Ezt a tulajdonságát használjuk ki feszültség stabilizálás céljára.



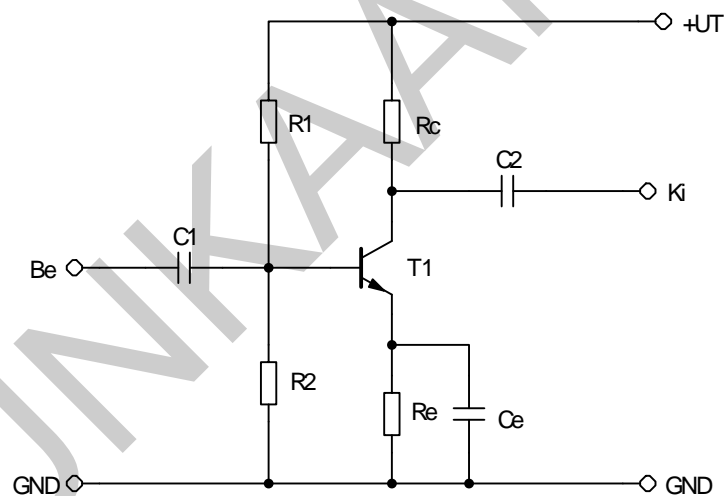
11. ábra. Zener-diódás feszültségstabilizálás

Tranzisztoros alapkapsolások:

Földelt emitterű kapcsolás

Munkapont-beállítás

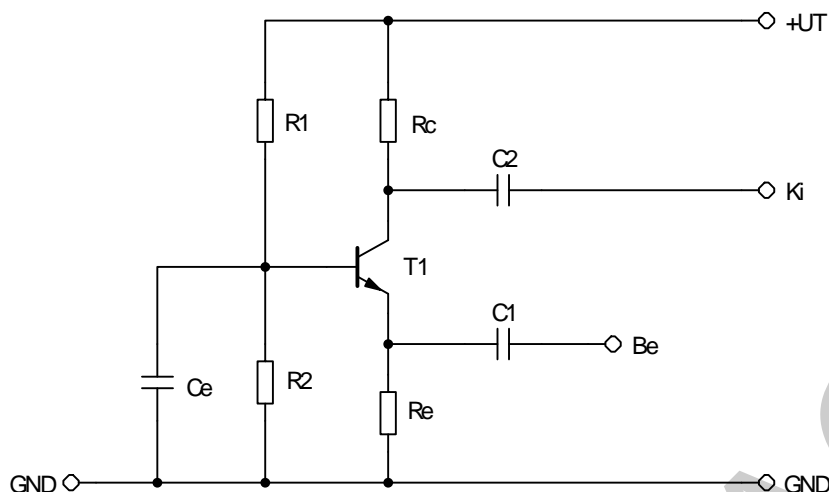
A tranzisztorok dinamikus működése mindig egy adott pont környezetében valósul meg. Ezt a pontot nevezzük munkapontnak. Mivel a tranzisztorok karakterisztikája elég meredek, a munkapont stabilitása jelentős mértékben függ a hőmérséklettől. A káros hatások kiküszöbölésére különféle stabilizáló megoldásokat alkalmazunk. A 12. ábrán látható kapcsolás R_e emitterkörében lévő ellenállás negatív visszacsatolást eredményez, ez a drift-et tartalmazó erősítést R_c/R_e értékre redukálja. A bázis előfeszítését az R_1 és R_2 ellenállásokból felépített un. bázisosztó végzi, és a munkapontnak megfelelően egy meghatározott értékű fix bázisáramot állít be. A C_e kondenzátor szerepe, hogy a munkapontot destabilizáló lassú hatásokat kompenzálja, és az erősítendő váltakozó jeleknél az R_e emitter ellenállást rövidre zárja, így nem lesz hatása a negatív visszacsatolásnak ezekre a jelekre. A C_1 és C_2 kondenzátorok az egyenáramú összetevőket leválasztják és csak az erősítendő, váltakozó jelet engedik át. A kapcsolást jobban megvizsgálva láthatjuk, hogy a beépített C_1 , C_2 és C_e kondenzátorok az adott helyen egy-egy felüláteresztő-szűrőt alkotnak. A méretezéskor első lépésként a kollektoráramot és a munkaponthoz tartozó kollektor potenciált határozzuk meg. A telepfeszültség ismeretében meghatározzuk a kollektor és emitter ellenállásokat, majd az emitter feszültségének ismeretében beállítjuk az R_1 és R_2 ellenállásokkal a bázisfeszültséget, ügyelve arra, hogy az emitter feszültségnél a bázis feszültsége nagyobb legyen. A földelt emitterű kapcsolás jellemzője, hogy a kimenetén fázist fordít.



12. ábra. Földelt emitterű kapcsolás

Földelt bázisú kapcsolás

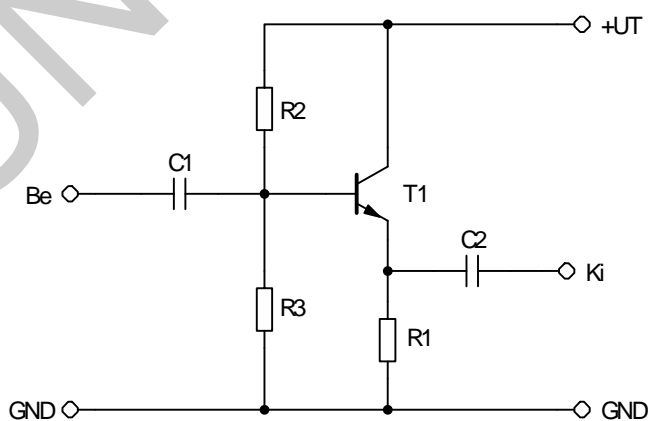
A földelt bázisú kapcsolás feszültségerősítése megegyezik a földelt emitterű kapcsolás feszültségerősítésével azzal a különbséggel, hogy itt nem történik fázisfordítás. A bemeneti ellenállása sokkal kisebb, mint a földelt emitterű kapcsolásé, ezért jelentősen terheli a megelőző áramkört. A kimeneti ellenállása viszont lényegesen nagyobb, közel azonos az R_c ellenállással. Ezen tulajdonságai alapján ezt az áramkört alacsony frekvenciákon nem előnyös használni. Alkalmazása elsősorban magas frekvenciatartományban történik.



13. ábra. Földelt bázisú kapcsolás

Földelt kollektorú kapcsolás.

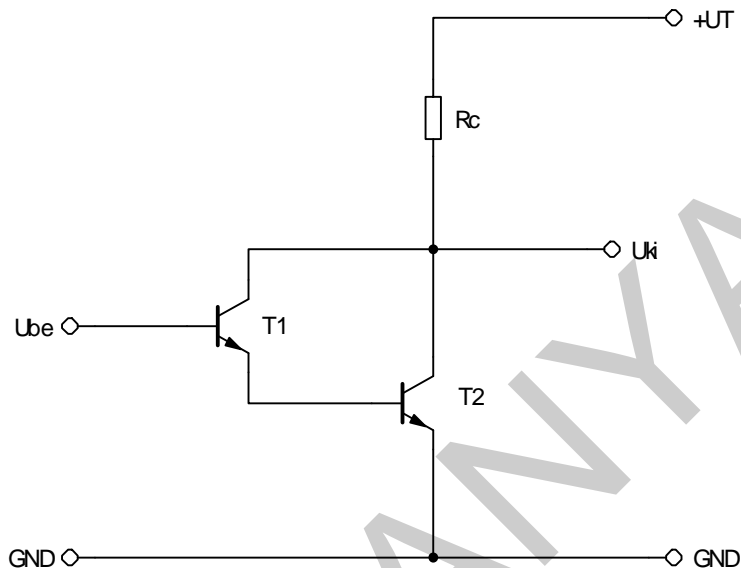
A földelt kollektorú kapcsolást megvizsgálva láthatjuk, hogy egy nagy negatív visszacsatolást alkalmaztunk, minek következtében az áramkör torzítása minimális lesz. Azt is mondhatjuk, hogy ez nem más, mint egy maximálisan áramvisszacsatolt, földelt emitterű kapcsolás. Mivel az emitter feszültsége követi a bázis feszültségét, a földelt kollektorú kapcsolást gyakran emitterkövető kapcsolásnak is nevezzük. Jellemzője, hogy a bemeneti ellenállása igen nagy, a kimeneti ellenállása viszont nagyon kicsi, a feszültségerősítése megközelítőleg egy. Ezen tulajdonságai alapján az emitterkövető (földelt kollektorú) kapcsolást főként impedancia-transzformátorként alkalmazzák.



14. ábra. Földelt kollektorú kapcsolás

Darlington kapcsolás

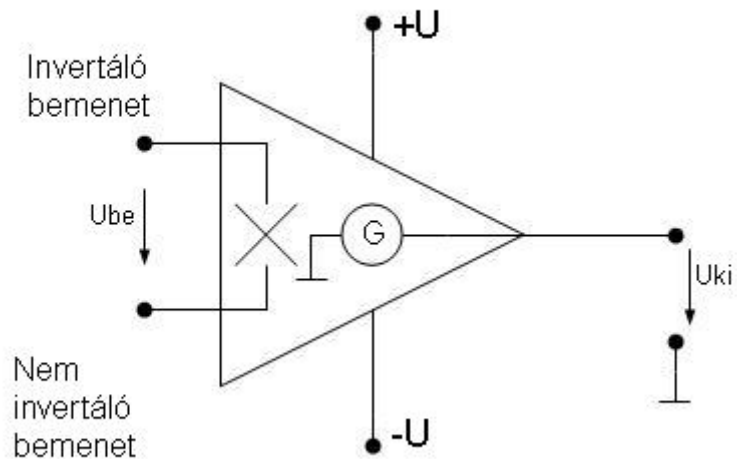
Olyan esetekben, amikor nagy áramerősítésre van szükség, gyakran alkalmazzuk az ábrán látható Darlington kapcsolást. Ezt az áramkört úgy kezelhetjük, mint egy megváltozott emitterrel, bázissal és kollektorral rendelkező tranzisztort. Gyakran egy tokba építve találkozhatunk vele. Ennek az áramkörnek viszonylag nagy a bemeneti impedanciája ezért egy nagy kimeneti impedanciával rendelkező jelforrás számára kisebb terhelést jelent.



15. ábra. Darlington kapcsolás

Műveleti erősítők:

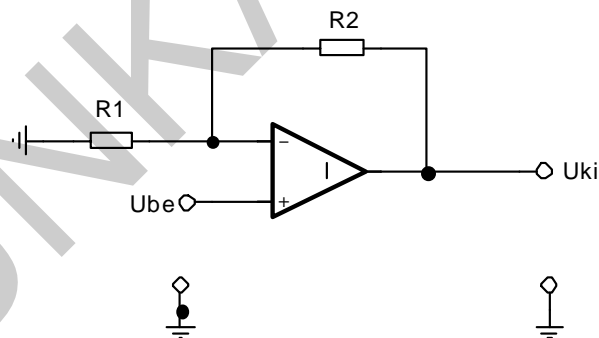
A műveleti erősítők olyan nagy erősítéssel rendelkező egyenfeszültségű erősítők, melyek be- és kimeneti munkaponti feszültsége nulla. A 16. ábrán látható az ideális erősítő helyettesítő képe. Az ideális műveleti erősítő bemeneti ellenállása végtelen, ami azt jelenti, hogy a bemeneti csatlakozásokon áram nem folyik, a kimeneti ellenállása pedig $R_{ki}=0$ értékű. Az ideális műveleti erősítőnek nincs bemenő árama és úgy viselkedik, mintha $U_{be}=0$ esetén a bemenetek között rövidzár is fennállna, – ezt virtuális rövidzárnak nevezzük. A valóságos műveleti erősítők esetében ez természetesen nem így van.



16. ábra. Ideális műveleti erősítő

Nem-fázisfordító erősítő

Az R_1 és R_2 ellenállások feszültségosztót alkotnak, melyekkel egy visszacsatolást hozunk létre az invertáló bemenetre. Amennyiben figyelembe vesszük azt, hogy a virtuális rövidzár értelmében az invertáló bemenetnek is U_{be} nagyságú feszültsége van, akkor



17. ábra. Neminvertáló műveleti erősítő kapcsolás

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

összefüggést írhatjuk fel. Az erősítő erősítését felírva kapjuk az alábbi összefüggést.

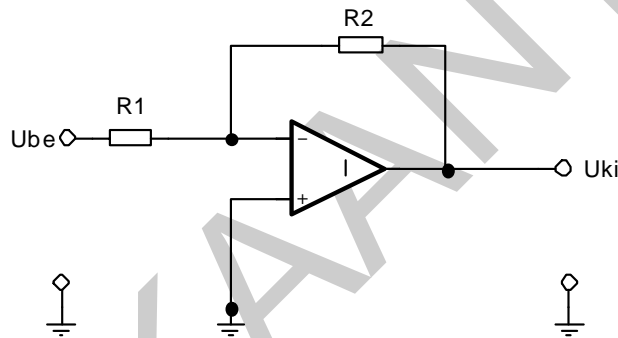
$$A_u = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Ennek alapján azt láthatjuk, hogy az erősítés független a műveleti erősítő paramétereitől és a külső ellenállások segítségével állíthatjuk be az erősítést. Ez a valódi műveleti erősítők esetében is így van, mivel jelentős eltérés nincs a valóságos és ideális műveleti erősítők között.

Fázisfordító erősítő

A bemeneti jel az R_1 és R_2 ellenállásokból felépített osztóláncre, illetve az invertáló bemenetre kerül. A feszültségerősítése a következőképpen alakul, ahol a negatív előjel a fázisfordításra utal.

$$A_u = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = -\frac{R_2}{R_1}$$



18. ábra. Invertáló műveleti erősítő kapcsolás

2. Méréstechnikai alapok

Hagyományos értelemben véve, a mérés egy valamilyen fizikai mennyiség nagyságának meghatározása az általunk kiválasztott mértékegységben kifejezett számértékkel. A mérés eredménye egy szám és egy mértékegység lesz, ahol a szám azt mutatja meg, hogy a mért mennyiség nagysága hányszorosa a kiválasztott mértékegységnek.

A mérési eredmény mért mennyiség valóságos értékét csak megközelítheti, a mérésre használt eszközök pontatlansága miatt. A mérési eredmény és a valós érték közötti eltérés adja a mérési hibát.

A mérési hiba lehet:

- Abszolút hiba: a mért és a valódi érték különbsége.
- Relatív hiba: az abszolút hiba és a valódi érték hányadosa (%-ban kifejezve).

Mérési hibák főbb okai:

- A műszer fogyasztása:

A műszer a kitéréséhez szükséges villamos teljesítményt a mért áramkörből veszi, ezért ez befolyásolja a mért értéket.

- A műszer mérési terjedelme, osztálypontossága:

A műszer hibáit a műszer „pontossági osztálya” jelzi. A pontossági osztályt a műszer végkitérésére vonatkoztatva relatív hibaként adják meg. Ez egy szám, amely azt jelenti, hogy a mérési hiba a műszer végkitérésének hány százaléka lehet. A pontossági osztály a műszer utolsó harmadára érvényes.

- Analóg műszereknél a mért érték leolvasása (Parallaxis-hiba):

A parallaxis-hiba a leolvasás irányától függ, ezért a helyes leolvasási irány a skálalapra merőleges

- A mérés összeállításából eredő hibák

Mérések csoportosítása

- egyenáramú mérések
- váltakozó áramú mérések

Analóg áramköri méréseknél leggyakrabban használt műszerek

Elektromechanikus műszerek.

Az indukciós műszer kivételével valamennyi elektromechanikus műszer alkalmas egyenfeszültség illetve egyenáram mérésére.

- Állandómágnesű műszer (Deprez-műszer)

Az egyik legelterjedtebben használt műszer mellyel közel 1mV –600V feszültség és 1 μ A – 0,5A áramtartományban mérhetünk maximum 0,1% pontossággal.

- Elektrodinamikus műszer

Az elektrodinamikus műszer fogyasztása lényegesen nagyobb, a mérési pontosság 0,1% körül van. A mérési tartománya feszültség mérésénél 15V –600V között van, míg áram mérésénél 30mA – 100A közötti érték.

- Lágyvasas műszer

Általában váltakozó áram mérésére használható. A kitérés az áram effektív értékének négyzetével arányos. A műszer alkalmas egyenáram mérésére is.

- Indukciós műszer

Az indukciós műszereket fogyasztásmérőként használjuk. Az állórészben két tekercs található, az egyik az áramtekercs, melyet a fogyasztóval sorba kötünk, a másik a feszültségtekercs ezt pedig a fogyasztóval párhuzamosan kötjük.

- Elektrosztatikus műszer

Az elektrosztatikus műszerrel nagy egyenfeszültségek (kV) is mérhetők, ugyanakkor a fogyasztásuk minimális, gyakorlatilag nullának tekinthető.

Elektronikus műszerek.

Az elektronikus műszerek működéséhez tápfeszültségre van szükség, így a megjelenítéshez szükséges energiát nem a mérendő mennyiségből veszik, vagyis lényegesen kisebb terhelést jelentenek a mérendő áramkör részére.

Az áramköri mérések jelentős részében a mérési feladatok feszültségmérésre vezethetők vissza, ezért a leggyakrabban előforduló mérési feladat az egyen- és váltakozófeszültségek mérése. Az eddig bemutatott elektromechanikus műszerekkel történő feszültségmérés jelentős mértékben korlátozott. Az elektronikus műszerek alkalmazásával ezek a korlátok kiküszöbölhetők.

Az elektronikus műszerek előnyei:

Az elektronikus feszültségmérők bemeneti ellenállása lényegesen nagyobb (10M Ω), szemben az elektromechanikus műszerek néhány 10–100k Ω -os bemeneti ellenállásával. Jól nagyobb frekvenciatartományban használhatók (több száz MHz), mint az egyenirányítós elektromechanikus műszerek (20kHz körüli érték). Az elektronikus feszültségmérők érzékenysége is jobb, túlterhelésre kevésbé érzékenyek.

Analóg elektronikus műszerek

- *Analóg elektronikus feszültségmérő*

Az analóg elektronikus feszültségmérőket alapvetően két nagy csoportra oszthatjuk: egyenfeszültség-mérőkre és váltakozófeszültség-mérőkre. A mérések során gyakran van szükségünk olyan könnyen kezelhető, megbízható mérőkészülékre, mellyel az egyen- és váltakozófeszültségek mellett áram és ellenállás mérése is egyszerűen elvégezhető. Erre a célra fejlesztették ki az univerzális mérőkészülékeket ilyen műszer az analóg multiméter.

Analóg multiméter

Feszültségmérésre, árammérésre, és ellenállás mérésére alkalmas műszer.

A mérés előtt az elektromechanikus műszerekhez hasonlóan, itt is meg kell vizsgálni, hogy a műszer, milyen pontosságú és milyen helyzetben kell használni. Fontos, hogy a mutató alaphelyzetben a skála 0 pontjára mutasson. Amennyiben nem, akkor állítsuk be az előlapon található beállító csavarral.

Előfordulhat, hogy az univerzális mérőműszeren több csatlakozó (banánhüvely vagy szorító) is található, Ekkor a műszeren felirat jelöli, hogy feszültség-áram- illetve ellenállásmérésnél mely csatlakozókat kell használni.

Jelgenerátorok

A jelgenerátor a váltakozó mennyiségek méréséhez szükséges formájú periodikus jeleket állítja elő. A berendezés másik neve a függvénygenerátor, amit onnan kapott, hogy többféle függvénykapcsolatnak megfelelő jelalakot képes szolgáltatni. szinuszjel, négyszögjel, háromszögjel előállítására alkalmas eszközök.

Oszilloszkópok

Az oszcilloszkóp az áramköri mérések során a legsokoldalúbb elektronikus mérőműszer. Általában a vizsgált áramkör jeleinek időbeli változásának megfigyelésére, mérésére használjuk, de a feszültség mérésére is alkalmas, közvetve pedig áram és frekvenciamérést is végezhetünk vele. A kijelzés, vagyis a mérés eredménye az oszcilloszkóp katódsugárcsővének ernyőjén lesz látható.

Digitális elektronikus műszerek:

A digitális mérőműszerek működéséhez is tápfeszültségre van szükség, E műszereket analóg és digitális áramkörök építik fel. A működés lényege, hogy a mérendő mennyiséget (x_m) n számú kis egységre (Kvantumokra) (Δx) bontjuk, és ezeket megszámláljuk. A mért mennyiség (N) kijelzőn jelenik meg, így nem keletkeznek leolvasási hibák.

$$N = \frac{x_m}{\Delta x}$$

A digitális műszerek érzékenysége, felbontóképessége és pontossága nagyobb, mint az analóg műszereké. Egyes műszerek képesek a mérési eredmények tárolására, valamint azok további feldolgozására.

- Digitális multiméter

Működésük lényege, hogy a mérendő mennyiségből mintát vesznek, amit számértékké alakítanak át. A digitális műszerek általában többféle villamos mennyiség mérésére alkalmasak.

- Digitális frekvencia- és időmérők

A frekvencia mérése a legpontosabban megvalósítható mérési eljárás, mivel ez az időegység alatti periódusok, más néven kvantumegységek számlálását jelenti.

- Tárolós oszcilloszkóp

A jelalakok megjelenítésére és mérésre alkalmas eszköz. Az analóg oszcilloszkópokkal periodikus jeleket tudunk megjeleníteni, a nem periodikusan ismétlődő vagy csak egyszeri alkalommal bekövetkező jelváltozások megjelenítésére nem képesek. A digitális tárolás ezt is lehetővé teszi, mivel a jelet digitális kód formájában tárolja az oszcilloszkóp.

A digitális memóriában eltárolt adatokat a készülék analóg jellé alakítva jeleníti meg a képernyőn.

- Az oszcilloszkóppal elvégezhető mérések:

Egyenfeszültség szint mérése, amplitúdó, periódusidő, frekvencia mérése, valamint alkalmas a jelleggörbék és az impulzusjellemzők vizsgálatára.

Mérési módszerek, eljárások:

- Feszültség és árammérés
- Ellenállásmérés
- Teljesítménymérés
- Fogyasztásmérés
- Érintésvédelmi mérések
- Frekvencia- és időmérés
- Fáziseltérés mérése
- Jelalak vizsgálat

ANALÓG ÁRAMKÖRÖKBEN VÉGEZHETŐ MÉRÉSEK

.Analóg áramkörökben elvégezhető gyakoribb elektronikus mérések

Félvezető diódák vizsgálata:

- Szilícium- és germániumdiódák jellemzőinek mérése
- Zener-dióda jelleggörbéjének felvétele
- Bipoláris tranzisztor jelleggörbéinek felvétele
- Unipoláris tranzisztor jelleggörbéinek felvétele
- Zener-diódás elemi stabilizátor vizsgálata
- Optoelektronikai alkatrészek vizsgálata

Egyenirányítók és tápegységek vizsgálata:

- Egyutas egyenirányító vizsgálata
- Kétutas egyenirányító vizsgálata
- Graetz- egyenirányító vizsgálata
- Feszültségtöbbszöröző vizsgálata

Stabilizátorok vizsgálata:

- Elemi stabilizátor vizsgálata

- Áteresztő tranzisztoros stabilizátor vizsgálata
- Műveleti erősítős egyenirányító kapcsolások vizsgálata

Teljesítményelektronikai áramkörök vizsgálata:

- Tirisztor jellemzőinek mérése
- Triak jellemzőinek mérése

Erősítők jellemzőinek vizsgálata:

- Bipoláris alapkapsolások jellemzőinek mérése
- Unipoláris alapkapsolások jellemzőinek mérése
- Műveleti erősítős kapcsolások vizsgálata és néhány jellemzőjének mérése
- Többfokozatú erősítők vizsgálata
- Differenciálerősítő vizsgálata
- Negatív visszacsatolású erősítő vizsgálata
- Teljesítményerősítők vizsgálata

Oscillátorok vizsgálata:

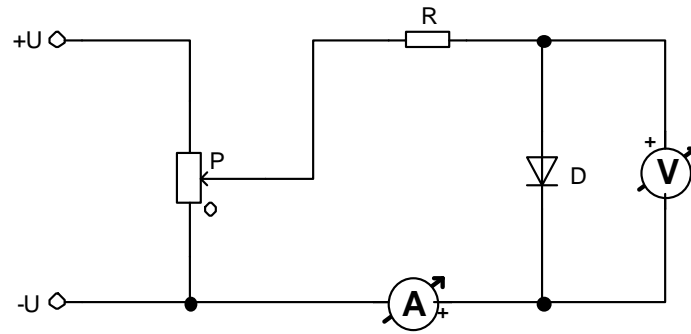
- Az oszcilláció feltételeinek vizsgálata
- RC-oszcillátorok jellemzőinek mérése
- LC-oszcillátor jellemzőinek mérése
- Wien-hidas oszcillátor vizsgálata
- Fázistolós oszcillátor vizsgálata

Elektronikai eszközök vizsgálata, mérése:

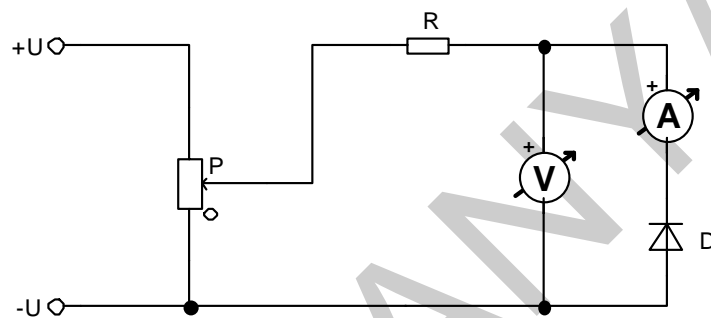
Félvezető diódák vizsgálata.

- Szilícium- és germániumdiódák jellemzőinek mérése

A mérés célja: a félvezető dióda jellegébénének felvétele, a nyitó és záró tartomány vizsgálata. A mérés elvégzéséhez stabilizált feszültségforrást alkalmazunk. A feszültség és az áram mérésére univerzális kéziműszert alkalmazhatunk. Az eredményeket táblázatban rögzítjük. A nyitóirányú és a záróirányú karakterisztika felvétele a 19. és 20. ábra szerinti kapcsolási elrendezésekben történik.



19. ábra. A dióda nyitóirányú jelleggörbéjének felvétele

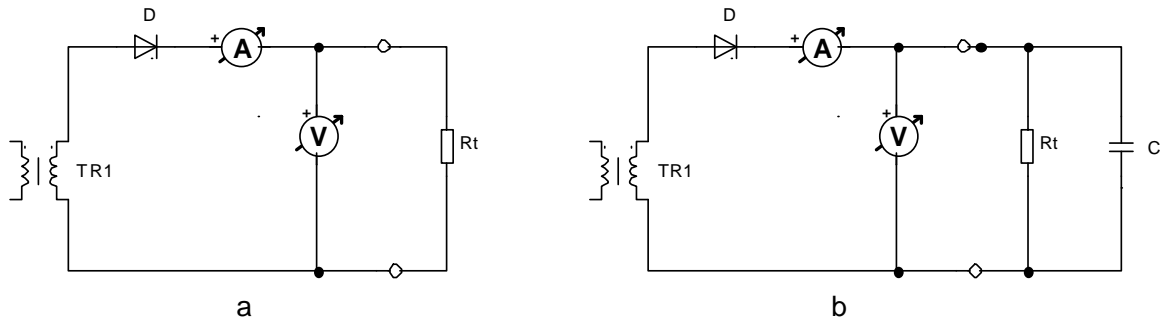


20. ábra. A dióda záróirányú jelleggörbéjének felvétele

Egyenirányítók és tápegységek vizsgálata:

- Egyutas egyenirányító vizsgálata

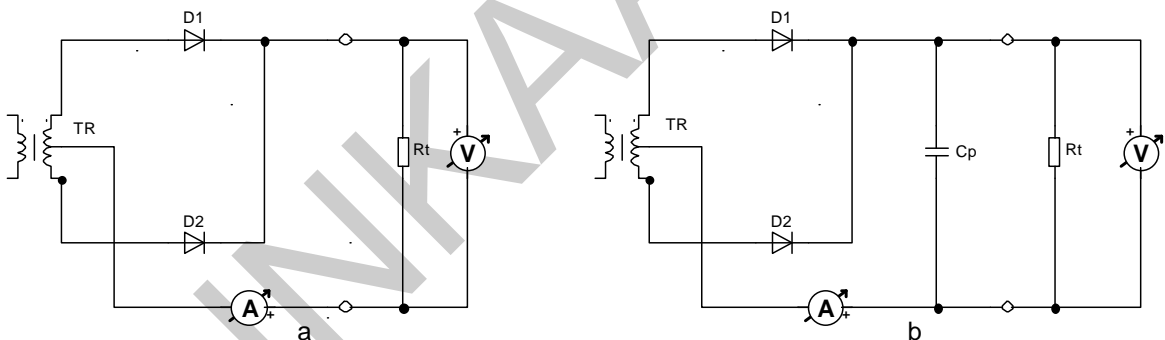
A 21. ábrán látható kapcsolási elrendezésben vizsgálhatjuk meg, az egyutas egyenirányítást. Első lépésként kondenzátor nélkül végezzük a mérést (a), majd ezt követően ismétljük meg a mérést egy kondenzátor beiktatásával is (b). A kapott eredményeket táblázatban rögzítjük. Oszilloszkóp segítségével megvizsgálhatjuk a jelalakot is. Jól látható, hogy az R_t ellenálláson csak minden második félperiódusban folyik áram. A szűrő kondenzátor beiktatásával azt láthatjuk, hogy az ellenálláson lévő feszültség egyen összetevőjén egy bűgőfeszültség is lesz, melynek nagysága függ a terhelés mértékétől.



21. ábra. Egyutas egyenirányítás vizsgálata kondenzátor nélkül (a) és kondenzátorral (b)

– Kétutas egyenirányító vizsgálata

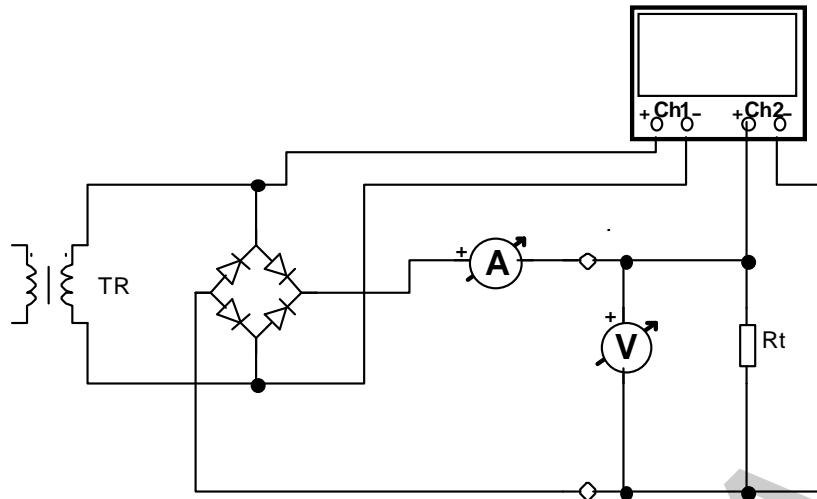
A 22. ábrán látható kapcsolási elrendezésben vizsgálhatjuk meg, a kétutas egyenirányítást. Első lépésként kondenzátor nélkül végezzük a mérést (a), majd ezt követően ismétljük meg a mérést egy kondenzátor beiktatásával is (b). A kapott eredményeket táblázatban rögzítjük. Oszilloszkóp segítségével megvizsgálhatjuk a jelalakot is. Jól látható, hogy az R_t ellenálláson csak minden félperiódusban folyik áram. A szűrő kondenzátor beiktatásával azt láthatjuk, hogy az ellenálláson lévő feszültség egyen összetevőjén egy bugófeszültség is lesz, melynek nagysága függ a terhelés mértékétől.



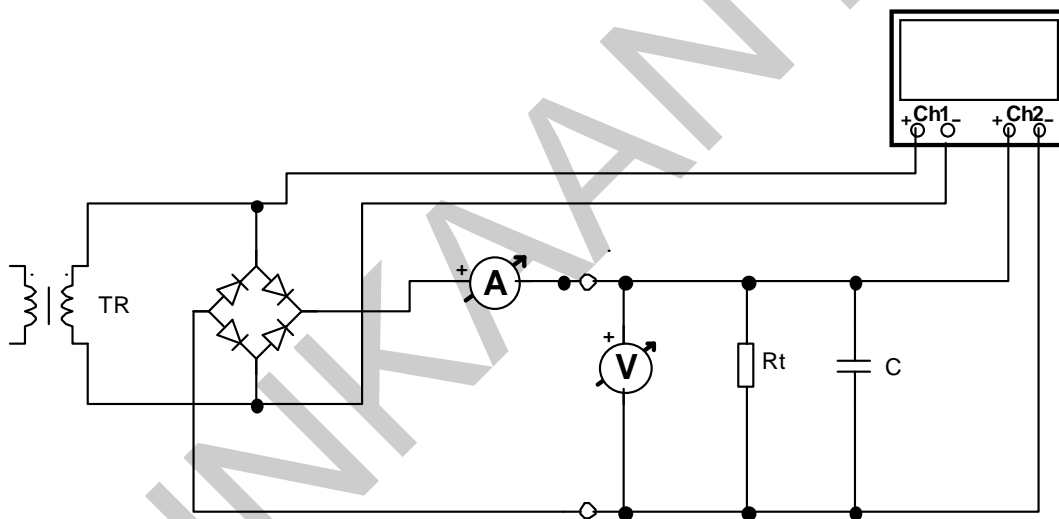
22. ábra. Kétutas egyenirányítás vizsgálata kondenzátor nélkül (a) és kondenzátorral (b)

– Graetz– egyenirányító vizsgálata

A Graetz–egyenirányító vizsgálatánál, hasonlóan járunk el min a középleágazású kétutas egyenirányító vizsgálatánál. Ebben az esetben is végezzük el a mérést kondenzátor beiktatása nélkül és kondenzátorral is. A mérési eredményeket ebben az esetben is táblázatban rögzítjük.



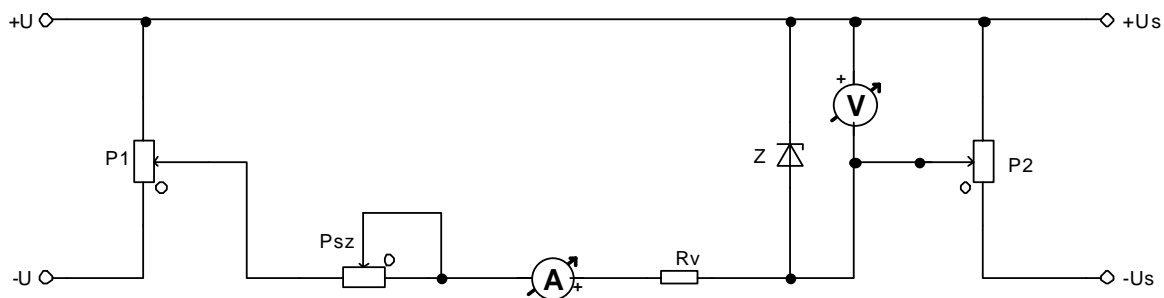
23. ábra. Graetz- egyenirányító vizsgálata kondenzátor nélkül



24. ábra. Graetz- egyenirányító vizsgálata kondenzátorral

Stabilizátor vizsgálata.

Zener-dióda vizsgálata



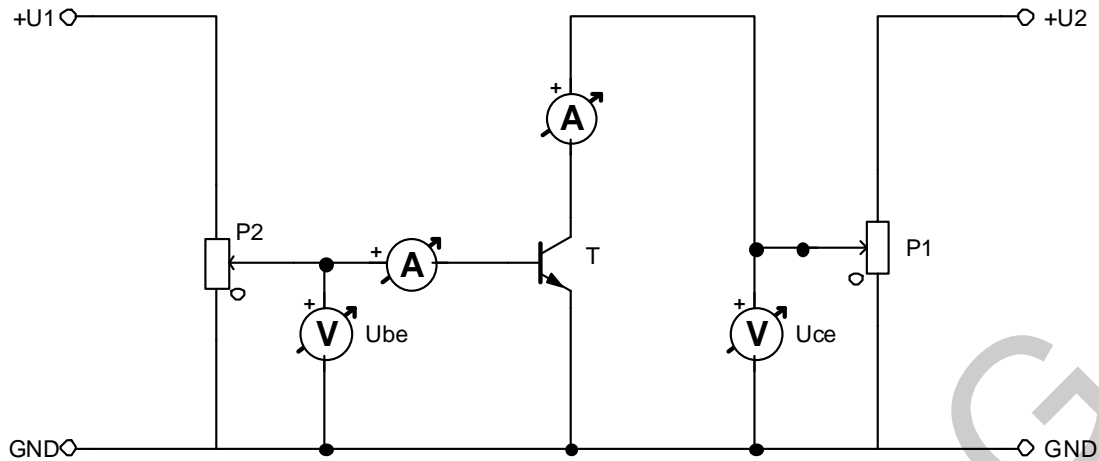
25. ábra. Zener-dióda jellemzőinek összehasonlító mérésére alkalmas kapcsolás

Zener-diódának elsősorban a záróirányú tartományát használjuk, így a vizsgálatát is ebben a tartományban végezzük. A záróirányú előfeszítés esetén hirtelen nagy áram folyik az áram körben, ezért a mérésnél körültekintően kell eljárni. Ennél a mérésnél egy ún. összehasonlító mérési elvet alkalmazunk, melyhez két feszültség forrásra van szükségünk. Kell egy U tápfeszültség és egy U_s segéd feszültség. A mérés elrendezését a 25. ábra szemlélteti. A diódára a feszültséget egy R_v ellenálláson keresztül kapcsoljuk, mely a dióda védelmét látja el. Ezt a feszültséget a P_1 potenciométerrel tudjuk változtatni. A méréshez A segéd feszültséget olyan értékre kell választani, amekkora a dióda katalógusban megadott névleges feszültség. A mérés első lépéseként beállítjuk maximális áramot. Ezt követően a P_{sz} szabályozó potenciométerrel csökkentjük az áramértéket és leolvassuk a hozzátartozó feszültséget. Ezeket az értékeket egy táblázatban rögzítjük. A mérési sorozatot követően rajzoljuk fel a dióda karakterisztikáját.

- Bipoláris alapkapcsolások jellemzőinek mérése:

Bipoláris tranzisztor jelleggörbéinek felvétele

A mérési feladat, hogy 26. ábrán látható kapcsolási elrendezésben vegyük fel a tranzisztor bemeneti ($U_{BE}-I_B$) és a kimeneti ($U_{CE}-I_C$) jelleggörbéjét. A méréshez egyenfeszültségű stabilizált tápegységet használjunk. A P_2 potenciométerrel tudjuk változtatni a bázisra jutó feszültséget és ezáltal a bázis áramot. A P_1 potenciométerrel pedig a kollektor feszültségét változtathatjuk. A mérés első lépéseként $U_{BE}-I_B$ karakterisztikát vesszük fel állandó U_C kollektor feszültség mellett, úgy hogy változtatjuk az U_{BE} feszültséget és mérjük a hozzátartozó I_B bázisáramot. A második lépésben az $U_{CE}-I_C$ karakterisztikát vesszük fel, oly módon, hogy most az I_B bázisáramot tartjuk állandó értéken. Az eredményeket az elkészített táblázatban rögzítjük, majd megrajzoljuk a grafikon.

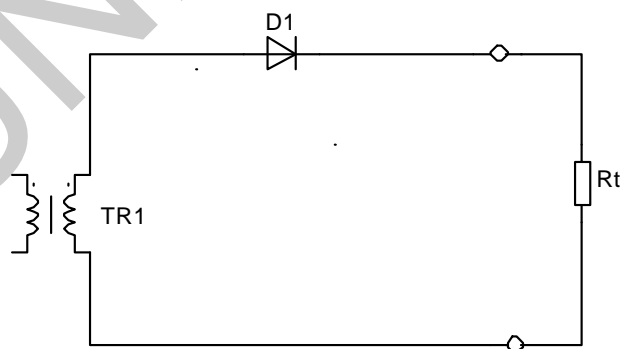


26. ábra. Bipoláris tranzisztor jelleggörbéinek felvétele

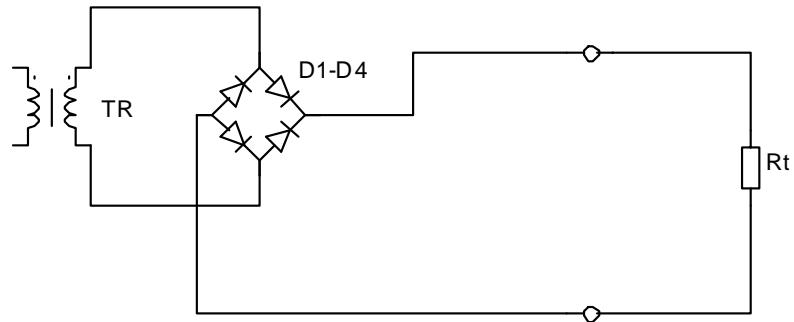
TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. feladat

Azt a feladatot kapja, hogy vizsgálja meg a 27. és 28. ábra kapcsolásait, határozza meg a mérési pontokat és a méréshez szükséges műszereket. A mérési eredmények birtokában mondjon véleményt az áramkörökről, és tegyen javaslatot az egyik áramkör továbbfejlesztésére oly módon, hogy az felhasználható legyen valamilyen eszköz tápegységként.



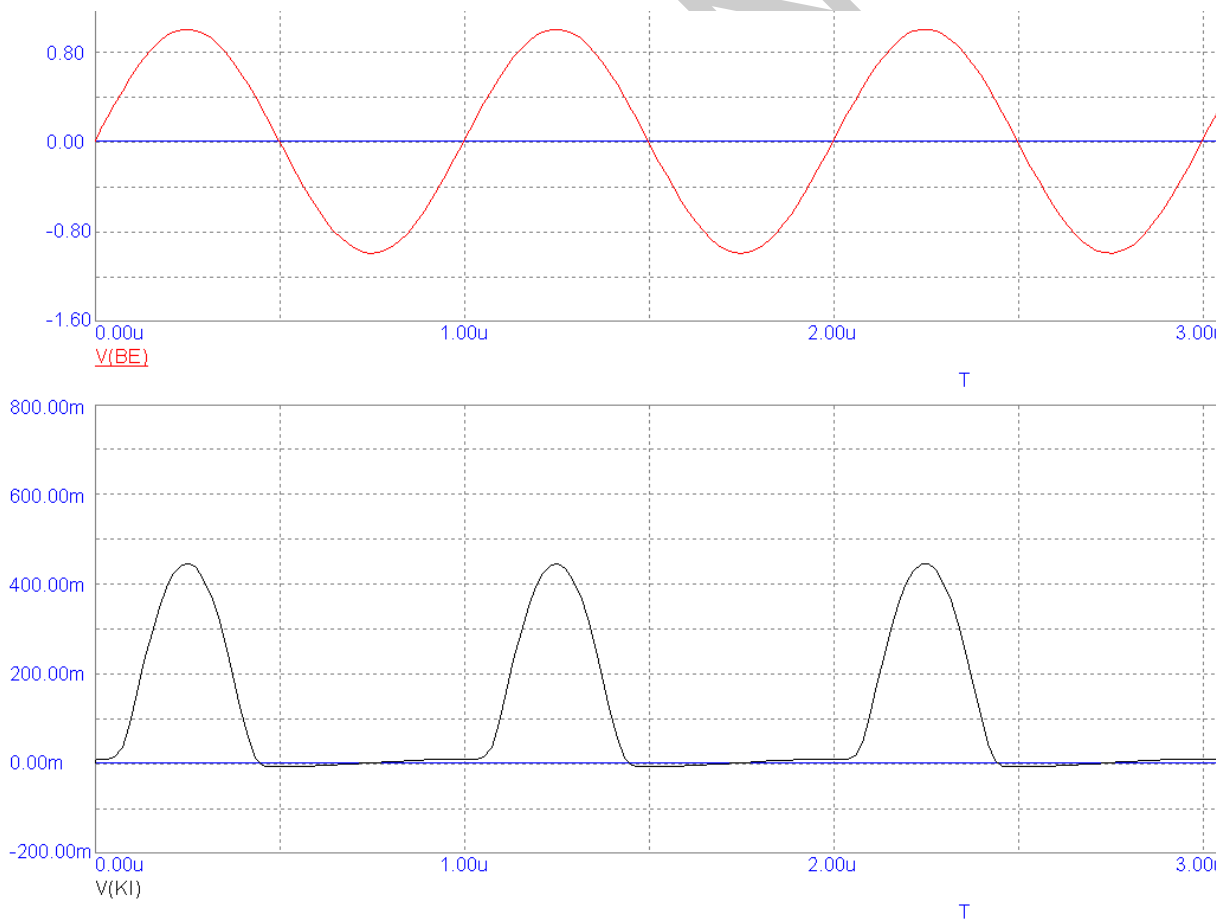
27. ábra. Egyutas – egyenirányító kapcsolás



28. ábra. Graetz-kapcsolás

2. feladat

Az alábbi kapcsolási rajz alapján csatlakoztassa az erősítőt 12V-os tápfeszültségre! A bemenetre kapcsoljon 1kHz frekvenciájú szinuszos jelet, a kimenetére pedig egy oszcilloszkópot!



29. ábra Földelt emitterű erősítő

Ellenőrizze a munkapont beállítását, amennyiben szükséges állítsa be a P_2 potenciométer segítségével! A P_1 potenciométer segítségével állítsa be a bemeneti jelet olyan szintre, hogy az erősítő ne legyen túlvezérelve!

Mérje meg az erősítő feszültségerősítését 1 kHz bemeneti frekvencián!

$A_u =$ _____

Kösse le a bemeneti (U_{be}) feszültséget! Ezt követően mérje meg és jegyezze fel az erősítő munkaponti feszültségeit!

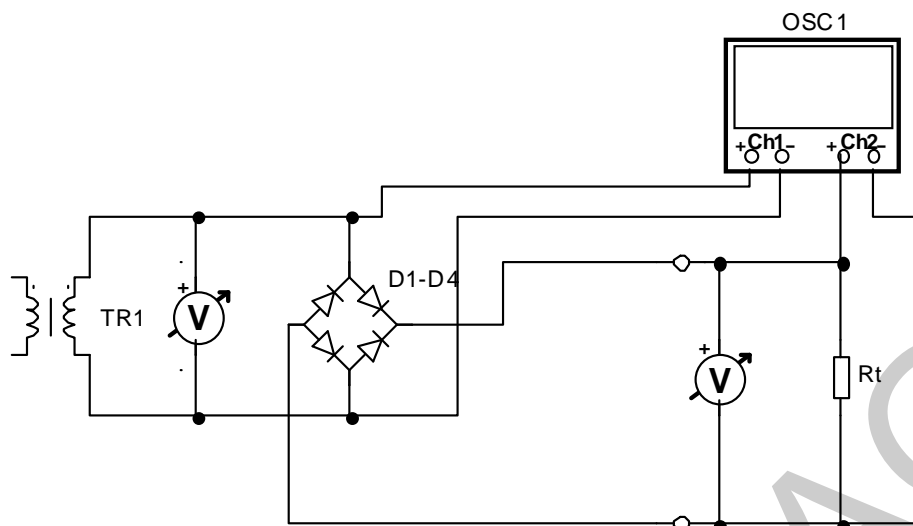
$U_B =$;

$U_C =$

$U_E =$

Megoldás

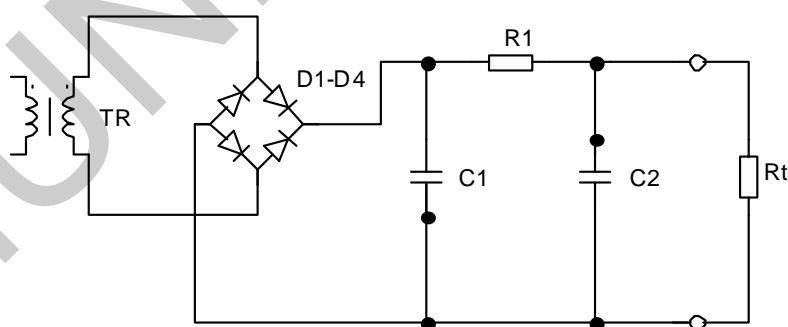
A 27. ábra kapcsolást megvizsgálva láthatjuk, hogy egy egyutas-kapcsolással van dolgunk, mely csak az egyik félperiódusban engedi át a jelet a másodikban nem. A Graetz-kapcsolás (28. ábra) esetén azt tapasztaljuk, hogy a kimeneten minden félperiódusban mérhetünk feszültséget.



30. ábra. . Egyutas-egyenirányítás

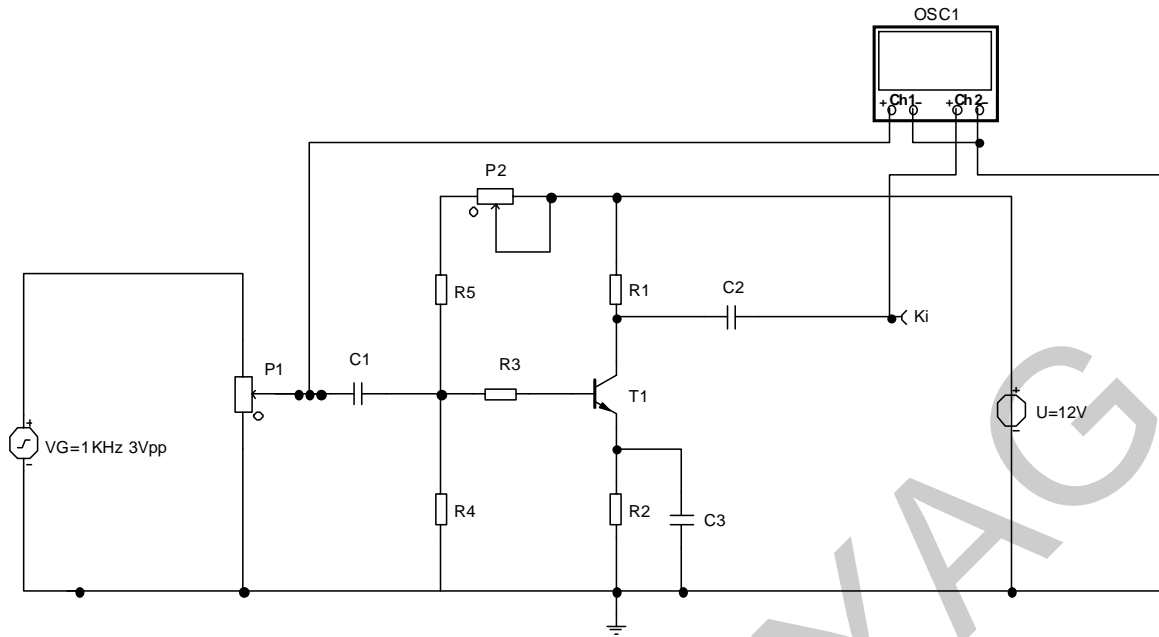
Méréseket a transzformátor kimenetén valamint a terhelő ellenálláson végezhetünk. Mind a két helyen mérhetünk feszültségeket és vizsgálhatunk jelalakot is. Ehhez szükséges műszerek: váltakozó- és egyenáramú feszültségmérő, valamint egy kétsugaras oszcilloszkóp.

A feszültségmérésnél ügyeljünk arra, hogy a transzformátornál váltakozó feszültséget mérünk, ezért azt a műszert váltakozó feszültség mérésre állítjuk, míg a terhelő ellenálláson egyenfeszültséget mérünk, ezért ezt a műszert egyenfeszültség mérésére állítjuk és ügyeljünk helyes polaritásra (30. ábra).



31. ábra. A mérés elrendezése

A mérések eredményeként megállapíthatjuk, hogy a kialakított áramkörökkel, eszközöket nem tudunk működtetni, mivel a kapott egyenfeszültség lüktető. Ahhoz hogy az eszközök működtetéséhez alkalmas tápegységet kapjunk, az áramkörbe szűrő elemeket kell beépíteni (31. ábra).



32. ábra. Graetz-kapcsolás szűréssel

MUNKANYELV

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

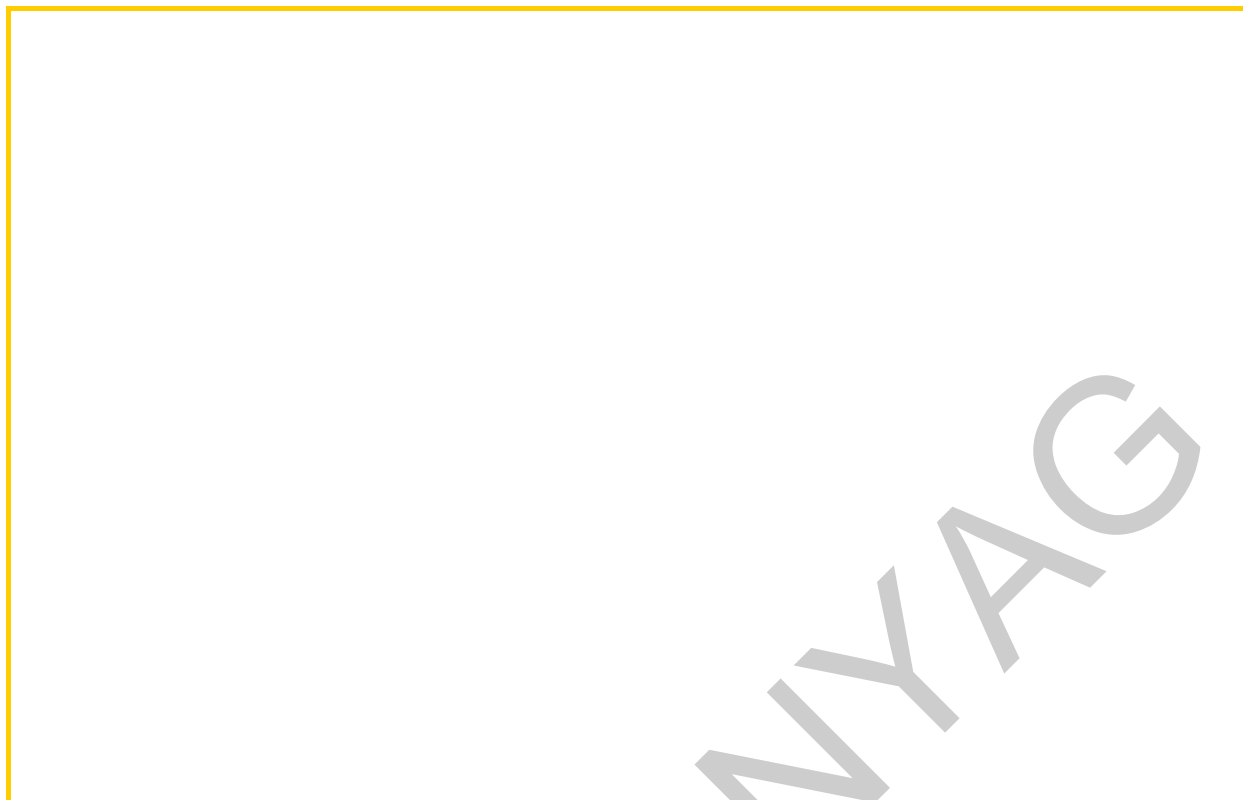
1. feladat

A tanulók megkérik Önt, hogy rajzoljon egy alul- és feüláteresztő kapcsolást, és mondja el nekik, hogy mi a különbség a kettő között.

MUNKANYAG

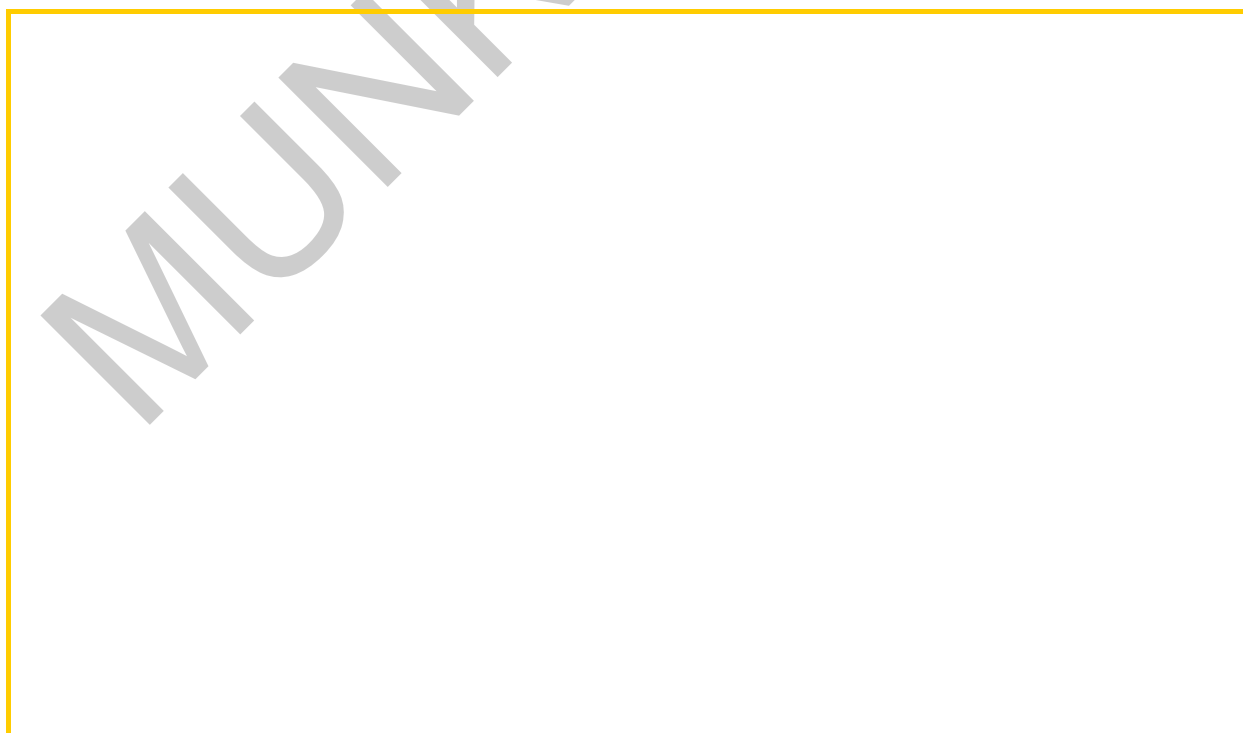
2. feladat

A tanulók megkérik Önt, hogy mutassa be a Wien-hidas oszcillátort. Készítsen egy szemléltető ábrát!



3. feladat

Munkahelyi vezetőjétől azt a feladatot kapja, hogy egy félvezető dióda nyitó- és záróirányú karakterisztikáját vegye fel, a kapott értékeket táblázatba rögzítse, a mérés végeztével rajzolja meg a karakterisztikákat. Készítsen a méréshez kapcsolási rajzot!



4. feladat

A tanulók arra kérik Önt hogy mutassa be a középleágazású kétutas egyenirányítást és állítsa össze a méréshez szükséges kapcsolást, úgy, hogy először nem kapcsolja be a kondenzátort. Ennek alapján végezze el a méréseket!



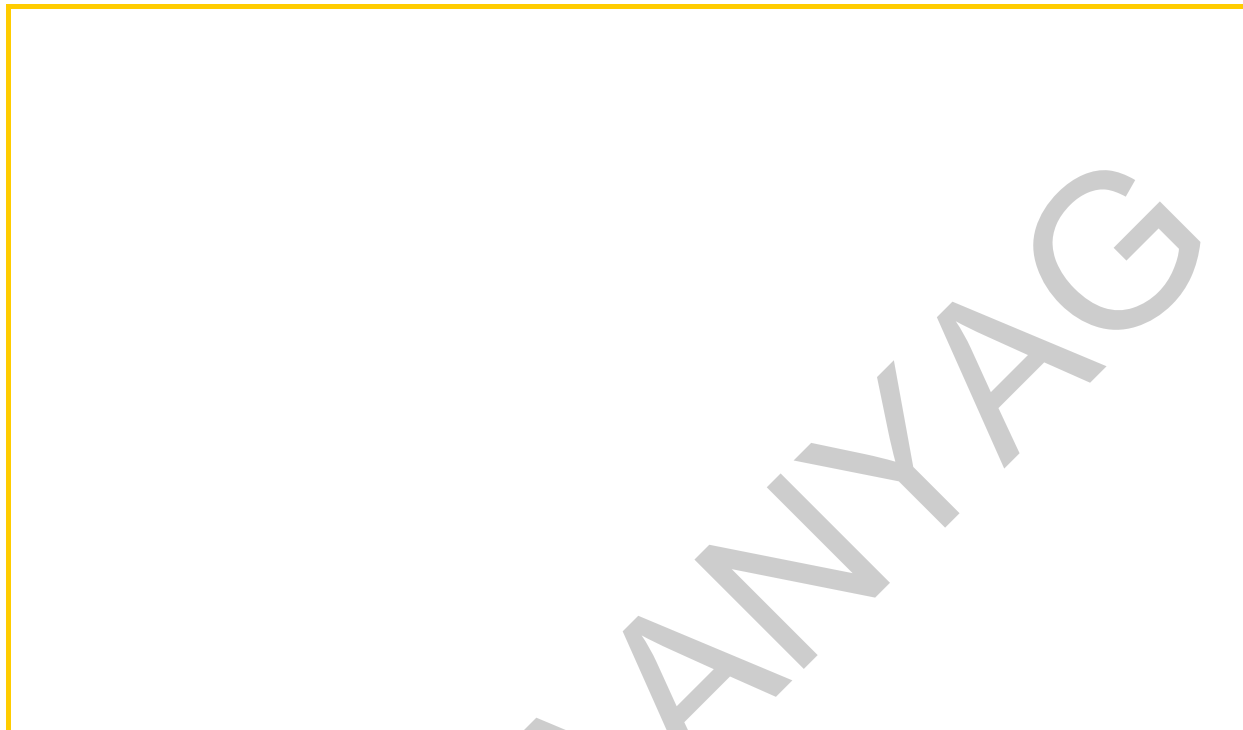
5. feladat

A munkahelyi vezetőjétől azt a feladatot kapta, hogy az ott gyakorlaton lévő tanulóknak mutassa be a Zener-dióda záróirányú karakterisztikájának a felvételét. A mérési eredményeket táblázatba rögzítsék! Készítsen a méréshez kapcsolási rajzot!

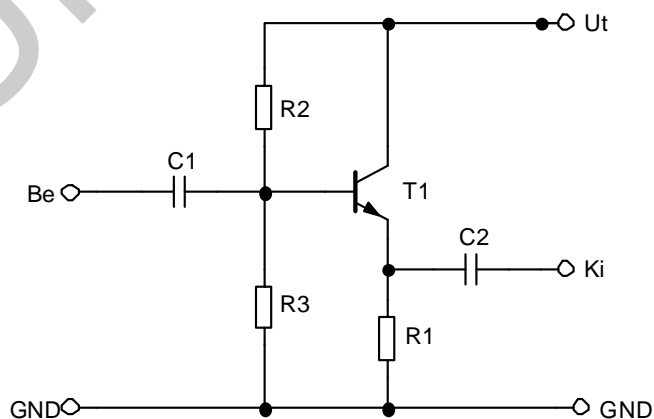


6. feladat

Munkahelyi vezetője megkéri Önt, hogy az ott lévő tanulóknak magyarázza el egy földelt emitterű kapcsolás munkapont beállítását. Készítsen hozzá rajzot is!

**7. feladat**

Munkahelyi vezetőjétől azt a feladatot kapja, hogy állítsa össze az alábbi földelt kollektorú erősítőt!



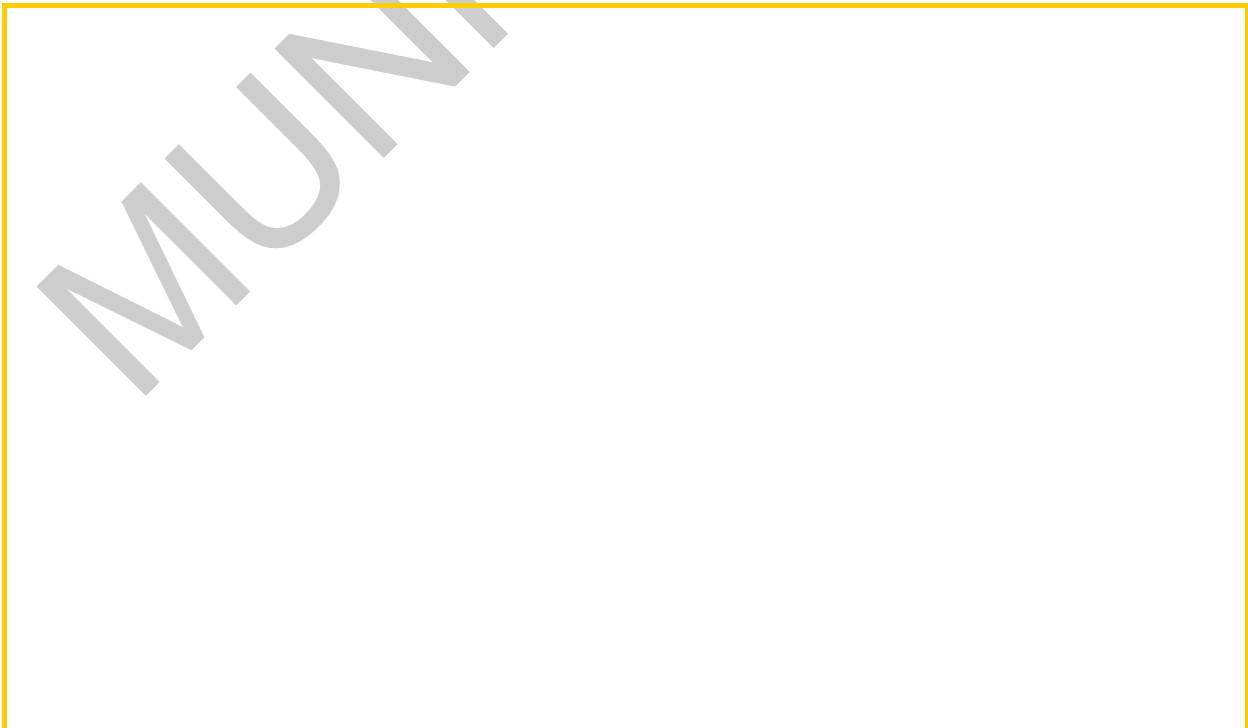
33. ábra. Földelt kollektorú erősítő

a.) Mérje meg a munkaponti feszültségeket!

b.) Mérje meg az erősítést 1 kHz frekvencián!

8. feladat

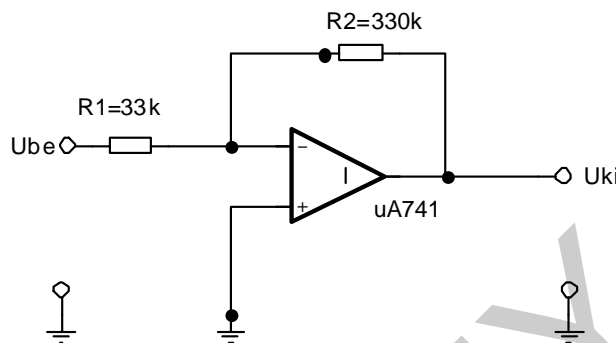
A tanulók arra kérik, hogy mutassa meg nekik bipoláris tranzisztor jelleggörbéinek felvétele lét. Készítsen rajzot a méréshez! A mérési eredményeket táblázatba rögzítsék, ezt követően rajzolják meg a tranzisztor jelleggörbéjét!



9. feladat

Munkahelyi vezetőjétől azt a feladatot kapja, hogy a 34. ábrán látható kapcsolást és végezze el a méréseket.

a.) Állítsa össze az alábbi Invertáló erősítő kapcsolást!



34. ábra. Invertáló erősítő kapcsolás

b.) Végezze el az ofszet-kiegyenlítést!

c.) Mérje meg a kivezérelhetőség mértékét!

d.) Csatlakoztassa a ± 5 V tartományban változtatható egyenfeszültség-forrást az erősítő bemenetére!

e.) Addig változtassa a bemeneti feszültséget, amíg a kimenet már nem követi lineárisan a bemeneti változását!

f.) Mérje meg az erősítő erősítését!

g.) Adjon kb. 1V egyenfeszültséget a bemenetre és mérje meg a kimeneti feszültséget! A mért adatok alapján számolással határozza meg az erősítést!

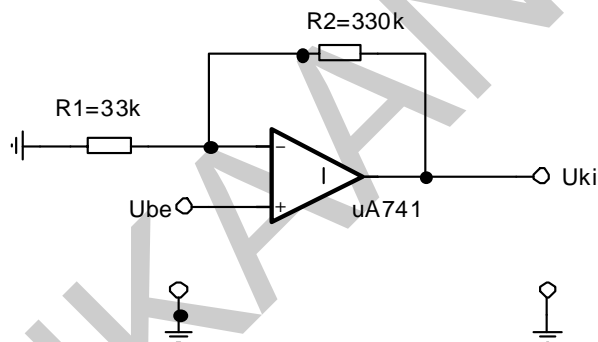
h.) Adjon az erősítő bemenetére kb. $0.5 V_{\text{eff}}$ értékű 1 kHz frekvenciájú szinuszos jelet!

i.) Egyidejűleg mérje a ki- és a bemeneti jelet oszcilloszkóp segítségével! Határozza meg a fáziskülönbség mértékét a két jel fáziseltérése alapján!

10. feladat

Munkahelyi vezetőjétől azt a feladatot kapja, hogy a 35. ábrán látható kapcsolást és végezze el a méréseket.

a.) Állítsa össze az alábbi neminvertáló erősítő kapcsolást!



35. ábra. Neminvertáló erősítő kapcsolás

b.) Végezze el az offset-kiegyenlítést!

c.) Mérje meg a kivezérelhetőség mértékét!

d.) Csatlakoztassa a ± 5 V tartományban változtatható egyenfeszültség-forrást az erősítő bemenetére! Addig változtassa a bemeneti feszültséget, amíg a kimenet már nem követi lineárisan a bemenet változását! A mért értékeket táblázatba rögzítse!

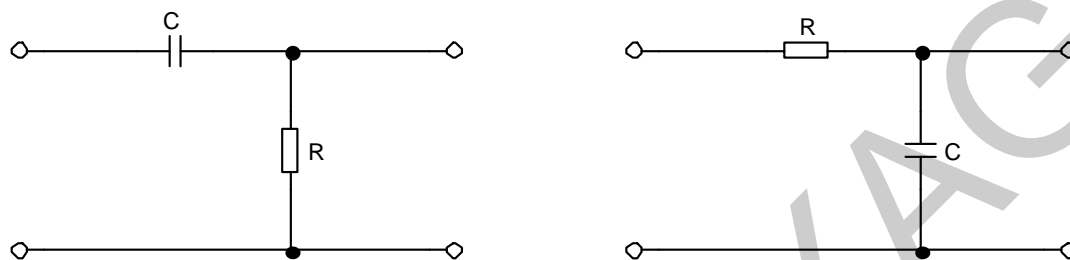


MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

R-C elemekből felépített felül- és aluláteresztő szűrő kapcsolása.



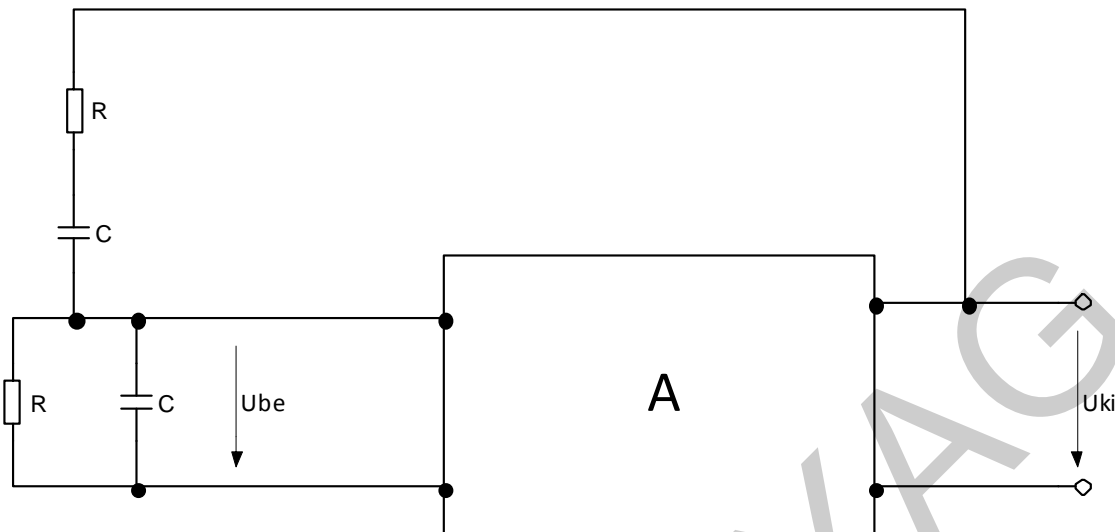
36. ábra. Felül- és aluláteresztő áramkör

A felüláteresztő szűrő nagyfrekvenciákat átérteszti, míg egy meghatározott alsó határfrekvenciánál kisebb frekvenciákat elnyomja. Az aluláteresztő szűrő a felső határfrekvenciánál nagyobb frekvenciákat nyomja el, míg a kis frekvenciákat és az egyenfeszültséget is átérteszti.

2. feladat

A Wien-hidas oszcillátor periodikus, elektromos rezgések, szinuszjelek előállítására alkalmas áramkörök. Abban az esetben, ha az erősítőnél pozitív visszacsatolást alkalmazunk, a visszacsatolt erősítő gerjedni kezd. Ahhoz, hogy folyamatos, állandó frekvenciájú és amplitúdójú rezgéseket hozzunk létre két feltételnek kell teljesülni.

a) Fázis feltétel, vagyis a pozitív visszacsatolás mellett, biztosítjuk azt, hogy a visszacsatolt jel azonos fázisban érkezzon a bemenetre. Ezt úgy tudjuk megvalósítani, hogy



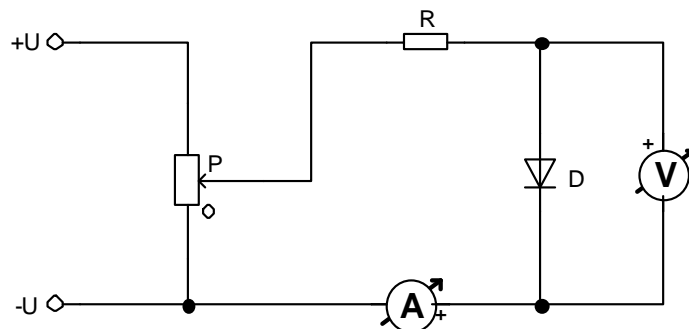
37. ábra. Wien-hidas oszcillátor

kétfokozatú erősítőt alkalmazunk, vagy pedig az egyfokozatú erősítő esetén a fázisfordítást a visszacsatolásban végezzük el.

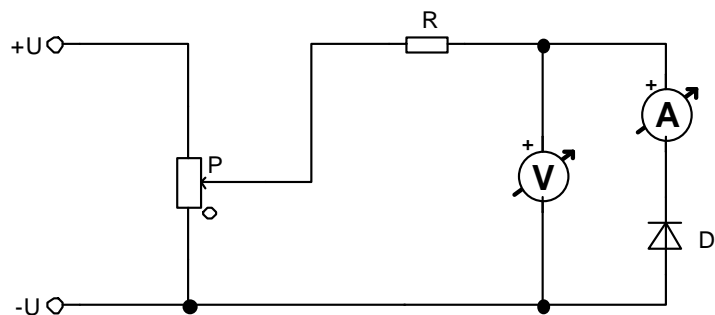
b) Amplitúdó feltétel, azt jelenti, hogy a kimenő jelből annyit csatolunk vissza, hogy teljesüljön az alábbi feltétel: $A \cdot B = 1$, ahol A az erősítés mértéke, B a visszacsatolás mértéke.

3. feladat

A mérés célja a félvezető dióda jelleggörbéjének felvétele, a nyitó és záró tartomány vizsgálata. A mérés elvégzéséhez stabilizált feszültségforrást alkalmazunk. A feszültség és az áram mérésére univerzális kéziműszert alkalmazhatunk. A nyitóirányú és a záróirányú karakterisztika felvétele az alábbi kapcsolási elrendezésekben történik.



38. ábra. A dióda nyitóirányú jelleggörbéjének felvétele

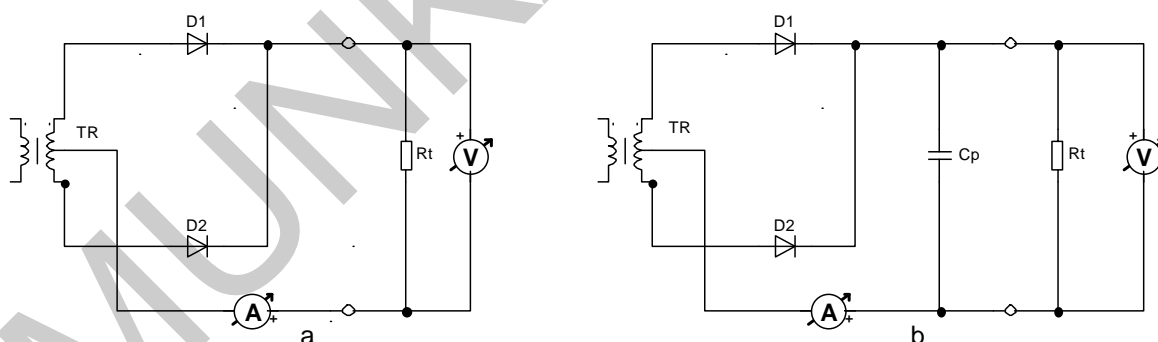


39. ábra. A dióda záróirányú jelleggörbéjének felvétele

Mérésvezető tanárával értékeljék közösen a mérési és a grafikus ábrázolás eredményeit!

4. feladat

Abban az esetben, ha középleágazású transzformátort alkalmazunk, akkor az ábrán látható módon (a) két kivezetésére egy-egy diódát köthetünk, a középkivezetés pedig a közös pont lesz. Az így kialakított áramkört megvizsgálva azt tapasztaljuk, hogy az R_t ellenálláson mind a két periódusban folyik áram. Ez az áram is lüktető lesz, hasonlóan az egyutas egyenirányítóhoz. Ennek javítására a kimenetre egy C_p pufferkondenzátort kapcsolunk, melynek a feszültsége az R_t ellenálláson átfolyó áram miatt állandóan csökken, az alatt az idő alatt, ameddig a dióda lezárt állapotban van (b). Az így kapott kimeneti feszültség egyen összetevőből és az ezen rajta lévő váltakozó összetevőből áll.



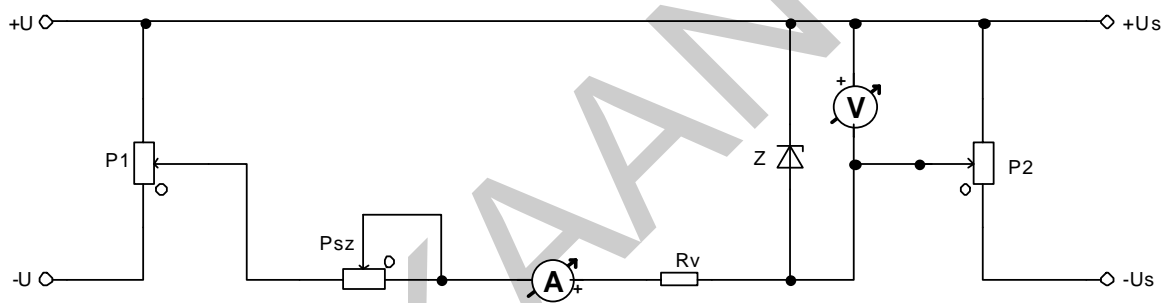
40. ábra. Kétutas egyenirányítás vizsgálata kondenzátor nélkül (a) és kondenzátorral (b)

Az ábrán látható kapcsolási elrendezésben vizsgálhatjuk meg, az kétutas egyenirányítást. Első lépésként kondenzátor nélkül végezzük a mérést (a), majd ezt követően megismételjük a mérést egy kondenzátor beiktatásával is (b). A kapott eredményeket táblázatban rögzítjük. Oszilloszkóp segítségével megvizsgálhatjuk a jelalakot is. Jól látható, hogy az R_t ellenálláson csak minden félciklusban folyik áram. A szűrő kondenzátor bekapcsolásával azt láthatjuk, hogy az ellenálláson lévő feszültség egyen összetevőjén egy bűgőfeszültség is lesz, melynek nagysága függ a terhelés mértékétől.

Mérésvezető tanárával értékeljék közösen a mérési és a grafikus ábrázolás eredményeit!

5. feladat

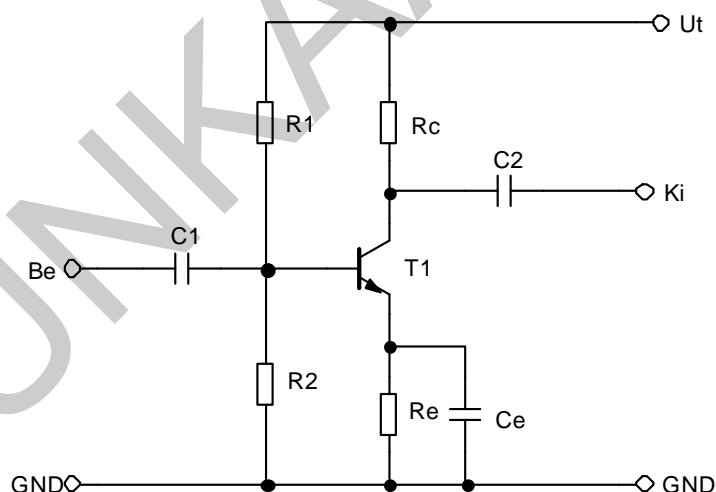
Zener-diódának elsősorban a záróirányú tartományát használjuk, így a vizsgálatát is ebben a tartományban végezzük. A záróirányú előfeszítés esetén hirtelen nagy áram folyik az áramkörben, ezért a mérésnél körültekintően kell eljárni. Ennél a mérésnél egy ún. összehasonlító mérési elvet alkalmazunk, melyhez két feszültség forrásra van szükségünk. Kell egy U tápfeszültség és egy U_s segéd feszültség. A mérés elrendezését az alábbi ábra szemlélteti. A diódára a feszültséget egy R_v ellenálláson keresztül kapcsoljuk, mely a dióda védelmét látja el. Ezt a feszültséget a P_1 potenciométerrel tudjuk változtatni. A méréshez a segéd feszültséget olyan értékűre kell választani, amekkora a dióda katalógusban megadott névleges feszültség. A mérés első lépéseként beállítjuk maximális áramot. Ezt követően a P_{sz} szabályozó potenciométerrel csökkentjük az áramértéket, és leolvassuk a hozzátartozó feszültséget. Ezeket az értékeket egy táblázatban rögzítjük. A mérési sorozatot követően elrajzoljuk fel a dióda karakterisztikáját.



41. ábra. Zener- dióda jellemzőinek összehasonlító mérésére alkalmas kapcsolás

6. feladat

Földelt emitterű kapcsolás munkapont-beállítása: A tranzisztorok dinamikus működése mindig egy adott pont környezetében valósul meg. Ezt a pontot nevezzük munkapontnak. Mivel a tranzisztorok karakterisztikája elég meredek, a munkapont stabilitása jelentős mértékben függ a hőmérséklettől. A káros hatások kiküszöbölésére különféle stabilizáló megoldásokat alkalmazunk. Az ábrán látható kapcsolás R_e emitterkörében lévő ellenállás negatív visszacsatolást eredményez, ez a drift-et tartalmazó erősítést R_c/R_e értékre redukálja. A bázis előfeszítését az R_1 és R_2 ellenállásokból felépített ún. bázisosztó végzi, és a munkapontnak megfelelően egy meghatározott értékű fix bázisáramot állít be. A C_e kondenzátor szerepe, hogy a munkapontot destabilizáló lassú hatásokat kompenzálja, és az erősítendő váltakozó jeleknél az R_e emitter ellenállást rövidre zárja. Így nem lesz hatása a negatív visszacsatolásnak ezekre a jelekre. A C_1 és C_2 kondenzátorok az egyenáramú összetevőket leválasztják és csak az erősítendő, váltakozó jeleket engedik át. A kapcsolást jobban megvizsgálva láthatjuk, hogy a beépített C_1 , C_2 és C_e kondenzátorok az adott helyen egy-egy felüláteresztő-szűrőt alkotnak. A méretezéskor első lépésként a kollektoráramot és a munkapontához tartozó kollektor potenciált határozzuk meg. A telepfeszültség ismeretében meghatározzuk a kollektor és emitter ellenállásokat, majd az emitter feszültségének ismeretében beállítjuk az R_1 és R_2 ellenállásokkal a bázisfeszültséget, ügyelve arra, hogy az emitter feszültségnél a bázis feszültsége nagyobb legyen. A földelt emitterű kapcsolás jellemzője, hogy a kimenetén fázist fordít.

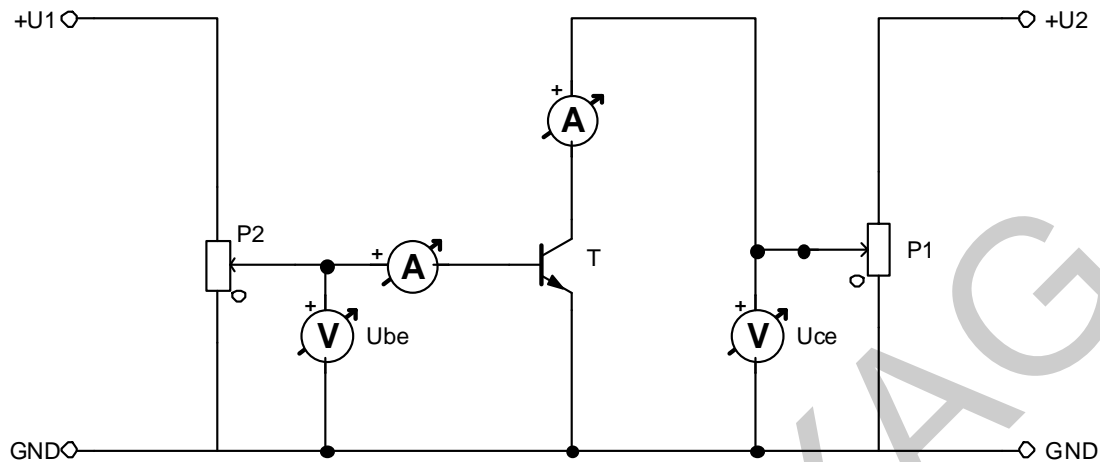


42. ábra. Földelt emitterű kapcsolás

7. feladat

Mérésvezető tanárával értékeljék közösen a mérési eredményeit!

8. feladat



43. ábra. Bipoláris tranzisztor jelleggörbéinek felvétele

A mérési feladat, hogy 26. ábrán látható kapcsolási elrendezésben vegyük fel a tranzisztor bemeneti ($U_{BE}-I_B$) és a kimeneti ($U_{CE}-I_C$) jelleggörbéjét. A méréshez egyenfeszültségű stabilizált tápegységet használjunk. A P_2 potenciométerrel tudjuk változtatni a bázisra jutó feszültséget és ezáltal a bázis áramot. A P_1 potenciométerrel pedig a kollektor feszültségét változtathatjuk. A mérés első lépéseként $U_{BE}-I_B$ karakterisztikát vesszük fel állandó U_C kollektor feszültség mellett, úgy hogy változtatjuk az U_{BE} feszültséget és mérjük a hozzátartozó I_B bázisáramot. A második lépésben az $U_{CE}-I_C$ karakterisztikát vesszük fel, oly módon, hogy most az I_B bázisáramot tartjuk állandó értéken. Az eredményeket az elkészített táblázatban rögzítjük, majd megrajzoljuk a grafikont.

Mérésvezető tanárával értékeljék közösen a mérési eredményeit!

9. feladat

Mérésvezető tanárával értékeljék közösen a mérési és a grafikus ábrázolás eredményeit!

10. feladat

Mérésvezető tanárával értékeljék közösen a mérési eredményeit!

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Dr. Schnell László főszerkesztő: Jelek és rendszerek mérés technikája. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

Dr. Szittyá Ottó: Bevezetés az elektronikába. LSI Oktatóközpont, Budapest, 1996.

U. Tietze – Ch. Schenk: Analóg és digitális áramkörök. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1993.

AJÁNLOTT IRODALOM

Kovács Csongor: Elektronikus áramkörök Generál Press Kiadó Budapest, 1997.

Karsai Béla: Villamos mérőműszerek és mérések. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1962

Major László: Villamos mérés technika. KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft Budapest, 1999

A(z) 1396–06 modul 019–es szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
31 522 01 0000 00 00	Elektromos gép- és készülékszerelő

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
12 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató