

4. számú mérés

Félvezető eszközök mérése

A mérés célja a leggyakrabban használt félvezető eszközök viselkedésének megfigyelése tapintható közelségből. Nem törekszünk nagy pontosságú mérések elvégzésére, a karakterisztikák jellege, a kvalitatív viselkedés sokkal fontosabb most számunkra.

Mivel a vizsgált eszközön feszültség és áram egyidejű mérése a gyakorlatban nehezen kivitelezhető, a karakterisztikák felvételéhez egy nagyon egyszerű segédeszközt - műveleti erősítőt - használunk. A műveleti erősítőt tartalmazó alkapcsolás az 1. ábrán látható. Általában feltételezhető, hogy a műveleti erősítő erősítése nagyon nagy, ennek következtében véges kimeneti feszültséghez nagyon kicsi, zérusnak tekinthető vezérlőfeszültség szükséges a műveleti erősítő bemenetén. A műveleti erősítő bemenetei a +, illetve - jellel jelölt elektromos csatlakozások, amik között mérhető feszültséget (ΔU) értjük a műveleti erősítő bemenő feszültségének, míg a kimenete egy elektródán jelenik meg, a kimenőfeszültség a kimeneti elektróda és a föld (zérus potenciálú elektróda) között értendő. Ha a + bemenet feszültségét a földhöz képest növeljük, akkor a kimenet feszültsége nő, míg ha a - bemenet feszültségét a földhöz képest növeljük, akkor a kimenet feszültsége csökken. Ez ad magyarázatot a +, - jelek használatára. A negatív visszacsatolás (az erősítő kimenete egy visszacsatoló elemen keresztül az erősítő negatív bemenetére kapcsolódik) folytán a generátor feszültségének változása esetén a kimenet úgy változik, hogy a ΔU feszültség (a +, ill. - jelek közötti feszültség) mindig közel zérus. Az alkalmazott kapcsolásban tehát az invertáló bemenet körülbelül földpotenciálon van (virtuális földpont). Az R_1 ellenállás feszültséggenerátoros meghajtást kap, rajta $i = U_g/R_1$ áram jön létre. Ezt az áramot a kapcsolás "rákényszeríti" a visszacsatoló ágba helyezett R_2 ellenállásra, amelyen $i \cdot R_2$ feszültség jön létre. A mérés során azt használjuk ki, hogy az R_2 pozíciójába helyezett elem a kapcsolás bemenő feszültsége által vezérelt áramgenerátoros meghajtást kap, és az elemen kialakuló feszültség egyben a kapcsolás kimenő feszültsége. A műveleti erősítő egy dobozba van beépítve, amelynek lapjára az ott feltüntetett módon vannak az áramkör egyes pontjai kivezetve. A műveleti erősítő egy integrált áramkörben van megvalósítva, ami a helyes működéséhez táplálól egyen feszültséget kíván. Ez a mi áramkörünkben a földhöz képest szimmetrikus +15V illetve -15V, amelyet külön tápegységről biztosítunk. Ne felejtjük el beállítani és ellenőrizni a tápfeszültség értékét, mielőtt azt a dobozra kapcsolnánk! Ez a tápfeszültség csatlakozás a műveleti erősítő csatlakozási rajzokról gyakran hiányzik, hasonlóan a mi rajzainkhoz, de az eszköz tápfeszültség nélkül működésképtelen. Gyakran fordul elő a hallgatói méréseken, hogy a mérési összeállítás nem működik, és kis nyomozás után kiderül, hogy a tápfeszültség nem a megfelelő értékű, vagy a tápegységet elfelejtettük bekapcsolni. Gondosan ügyeljünk a tápfeszültség beállítására, meglétére. Az eszköz a +-15 V-nál nagyobb tápfeszültséget nem visel el, tönkre mehet, illetve a bemeneteire a tápfeszültség tartományából kilógó feszültség nem kapcsolható, mert ettől is tönkre mehet.

A mérésben alkalmazott eszközök:

- Független generátor – különböző feszültség idő függvények előállítására alkalmas jelgenerátor
- Analóg oszcilloszkóp – feszültség – idő függvény vizuális ábrázolására alkalmas mérőeszköz
- Digitális voltmérő – nagy bemeneti impedanciájú feszültség mérő, amely a mért feszültséget számjegyekkel és nem mutató kitéréssel (analóg) jelzi ki
- Univerzális tápegység – sokféle egyenfeszültség előállítására alkalmas generátor, amely viszonylag nagy árammal terhelhető, elektronikus készülékek, laboratóriumi eszközök energia ellátására szolgál
- Mérőpanel – banánhüvelyes játékszer, amelyen könnyen és gyorsan össze tudunk állítani különböző csatlakozási elrendezéseket.

Házi feladat

Készítse elő a mérési jegyzőkönyvét, az egyes mérési feladatokat otthon gondolatban állítsa össze és vázolja az áramkörök várható viselkedését. Tanulmányozza Mihály Zsigmond: Az elektronika alapjai című segédletet, ahol a mért eszközök működésének alapjai megtalálhatók. (http://www.hit.bme.hu/~mihaly/elektr.ii/elek1_pdf.zip)

Mérési feladatok

1. A mérőpanel működőképességének ellenőrzése

Az 1. ábra szerinti összeállításban legyen $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$. Adjon a függvénygenerátorról alkalmas jelet a bemenetre, és oszcilloszkóppal ellenőrizze a kapcsolás működőképességét. Előbb az R_1 , majd az R_2 pozíciójú ellenállást cserélje ki $2\text{k}\Omega$ -osra. Értelmezze az áramkör működését. A 2. ábra szerinti összeállításban Lissajous-módszerrel, a visszacsatoló ágba dióda helyett az ellenállással rajzolja fel oszcilloszkópon az áramkör transzfer (kimeneti feszültség osztva bemeneti feszültséggel) karakterisztikáját.

2. Dióda karakterisztika felrajzolása

A 2. ábra szerinti összeállításban Lissajous-módszerrel rajzolja fel oszcilloszkópon a dióda feszültség-áram karakterisztikáját. A kapcsolás bemenetére adjon függvénygenerátorról kb. 100 Hz frekvenciájú, 10 V amplitúdójú háromszögjelet. Vizsgálja a karakterisztikát különböző nagyításban.

- Mi okozza a függőleges irányú szakaszt a 3. síknegyedben?
- Miért eltérő fényességűek a karakterisztika egyes szakaszai?

3. Zener karakterisztika felrajzolása

Végezze el a 2. pont alatti mérést zener diódával.

4. P-N átmenet szaturációs áramának meghatározása

A 3. ábra szerinti összeállításhoz a tápegység harmadik moduljáról vegye az 5V-os egyenfeszültséget. A kapcsolás a dióda feszültségének mérését teszi lehetővé ismert áram mellett. A termikus potenciál becslést értékének felhasználásával a szaturációs áram közelítő értéke meghatározható.

- Mekkora a szaturációs áram?

5. P-N átmenet hőmérsékletfüggésének megfigyelése

Állandó áram mellett Celsius fokonként kb. 2mV-tal csökken a P-N átmenet nyitófeszültsége. A jelenség a 3. ábra szerinti elrendezésben vizsgálható. Próbálja meg kezével felmelegíteni a mérés alatt lévő diódát!

- Mekkora hőmérséklet növekedést sikerült elérni?

6. P-N átmenet differenciális ellenállásának meghatározása

A 4. ábra szerinti elrendezésben ismert kisjelű áram mellett mérheti a diódán létrejövő kisjelű feszültséget.

- Mekkora a dióda mért kisjelű ellenállása?

7. Tranzisztor P-N átmeneteinek vizsgálata

Az 5. ábra szerinti elrendezésben egy NPN tranzisztor diódáinak karakterisztikáját vizsgálhatja Lissajous-módszerrel. A szabadon kivezetett bázis elektródát a kollektor, majd az emitter elektródával összekötve az ellentétes átmenet diódáját lehet vizsgálni.

- Milyen eltérést tapasztal a két dióda karakterisztikájában?
- Mekkora a B-E dióda letörési feszültsége?

8. Tranzisztor nagyjelű áramerősítési tényezőjének (B) mérése

A 6. ábra szerinti elrendezésben ismert kollektor áram mellett mérheti a bázisáram nagyságát.

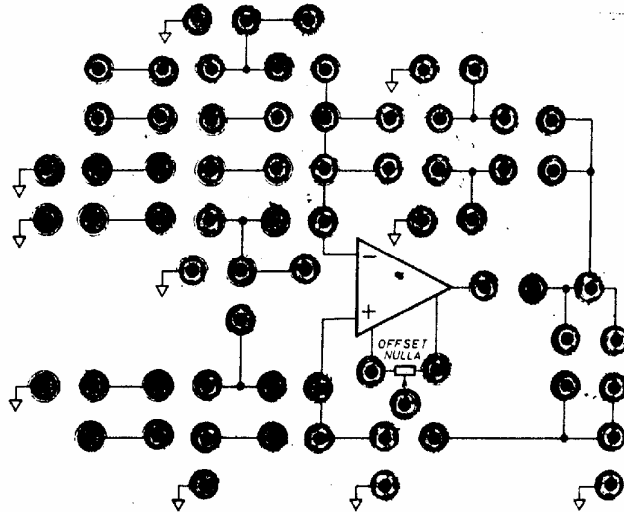
- $B = ?$

9. Tranzisztor kisjelű áramerősítési tényezőjének (β) mérése

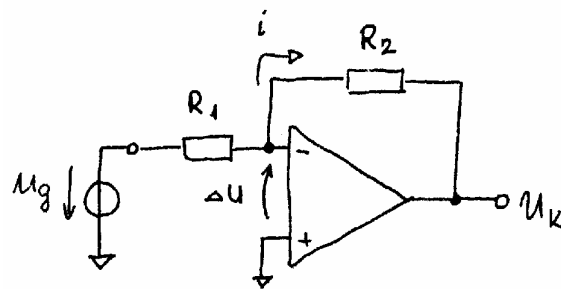
Alakítsa át a 6. ábra szerinti kapcsolást úgy, hogy β mérésére legyen alkalmas. Mintának tekintheti a 4. ábrát.

- 1mA-es munkapontban $\beta = ?$

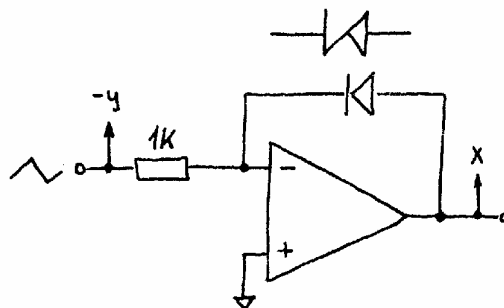
A mérődoboz fedőlapja:



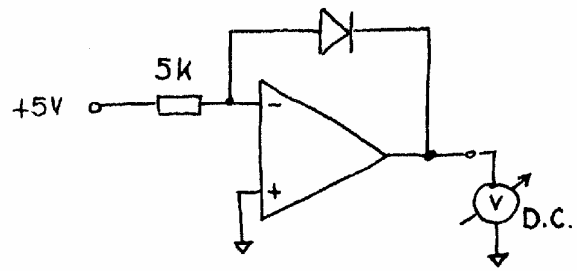
A mérési összeállítások:



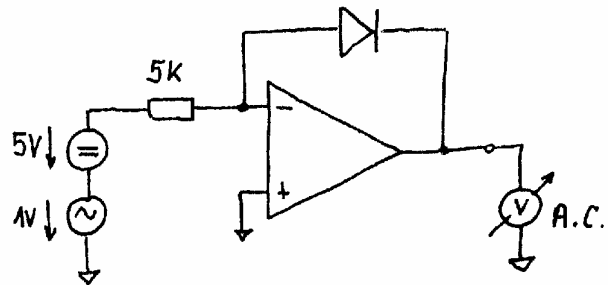
1. ábra



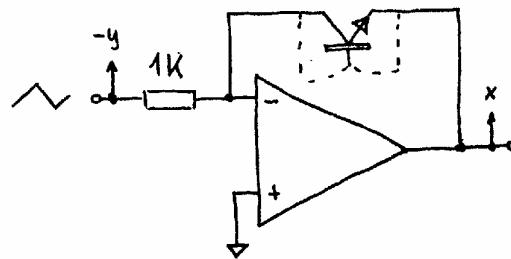
2. ábra



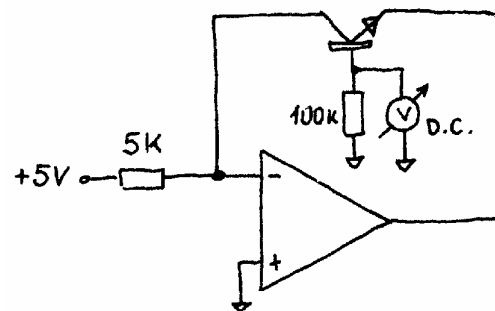
3. ábra



4. ábra



5. ábra



6. ábra