

Elektronika I.

2. Mérés

Diódák és egyenirányítók

2025.8.29.

Az elkövetkezendő mérés során megismerkedünk a diódák nyitó- és záróirányú karakterisztikáinak mérési módszerével, illetve az egy- és kétutas egyenirányító működésével.

Otthon kötelezően előre elkészítendő feladatok (házi feladat):

1. Számítsa ki közelítően a **2.1 feladatban** várható áramértéket a következő tápfeszültségek mellett: 2V, 6V, 12V, 18V. A dióda nyitófeszültségét a tanultaknak megfelelően válassza meg!
2. Határozza meg hozzávetőlegesen a **2.2 feladatban** várható áramértéket a következő tápfeszültségek mellett: 1V, 8V, 12V, 18V.
3. Számítsa ki közelítően a **2.4 feladatban** szereplő Graetz-egyenirányító várható kimeneti feszültségét $8V_{\text{eff}}$ szekunderfeszültség mellett. A diódák nyitófeszültségét a tanultaknak megfelelően válassza meg!

A megoldott házi feladatot hozza magával és mutassa be a mérésvezetőnek a mérés megkezdése előtt! Utána a mérés során végig tartsa maga mellett, és mérés közben is ellenőrizze, hogy hasonló eredmények jönnek-e ki a mérés során! Így csökkenthető a pótmérések száma.

A jegyzőkönyvben a házi feladat megoldásokat a vonatkozó feladatokhoz tegyük be, ne külön az elejére! A jegyzőkönyvhöz a feladatokat számoljuk újra a mért (nem a névleges) tápfeszültség adatokkal!

A foglalkozás első feléhez aszimmetrikus táplálás kell, vagyis a laboratóriumi tápegység egyik állítható kimenete elegendő (bal vagy jobb, teljesen mindegy). Az általunk használni kívánt kimeneten a mérés megkezdése előtt állítsunk be körülbelül **20mA áramkorlátot**, melyet ne módosítsunk a foglalkozás hátralévő részében!

A mérés során használt **1N4007** típusú egyenirányító dióda, valamint a **BZX5V1** típusú, 5,1V letörési feszültségű Zener-dióda bekötései:



2.1 ábra: 1N4007 normál Si dióda (bal) és Zener-dióda (jobb) bekötése

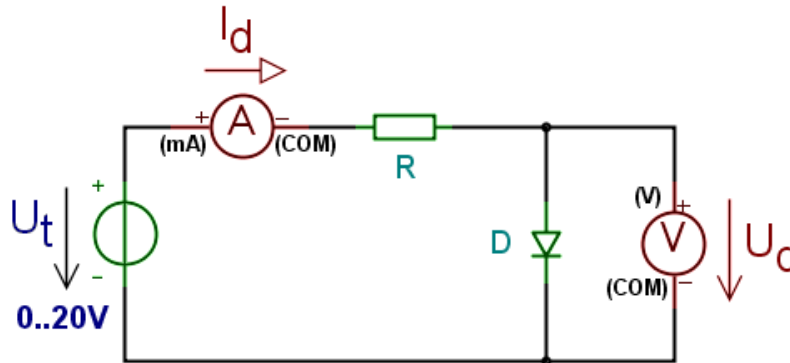
Mint az ábrán is látható, a diódák katódját rendszerint a tokozás (*package*) egyik végén található csík jelöli. A Z-diódák típus jelölésében általában a végén megtalálható a letörési feszültség - így pl. a fenti diódánál 5V1 értelmezése 5,1V (vagy ZPD5.1 típusnál az 5.1).

Megjegyzés: előfordulhat, hogy nem pont a leírt típusú alkatrészt tudjuk biztosítani, ilyenkor a helyettesítő eszköz az itt szükséges szempontokból megfelel az eredetinek, és általában a tokozása, jelölése is hasonló. A laboratórium faliújságján érdemes még tájékozódni a lábkiosztásokról, jelölésekről, illetve a mérésvezető a táblára felírja, ha komolyabb változás van.

Megjegyzés 2: A tokozás önmagában nem határozza meg a dióda típusát! A fenti ábrán a bal oldalon az ún. DO-41 tokozás, a jobb oldalon a DO-35 tokozás látható. Ugyanolyan fajta dióda készülhet mindkettő (és sok egyéb) kivitelben is! A különbség pl. a maximális paraméterekben (áram, feszültség, teljesítmény) van. Találjuk ki, hogy a két tokozás közül melyik visel el nagyobb áramot és teljesítményt!

2.1 Szilícium dióda nyitóirányú karakterisztikájának felvétele:

Az 2.2 ábra szerint az **1N4007** típusú normál szilícium egyenirányító dióda felhasználásával valósítuk meg a nyitóirányú karakterisztika felvételére alkalmas kapcsolást. A záróirányú karakterisztikáját több okból sem mérjük, egyfelől több száz voltos tápfeszültség kellene hozzá, másfelől pedig a dióda károsodásával, tönkremenetelével járhat, és a hallgató számára sem biztonságos. Az **R** előtét-ellenállás értéke **1k Ω** .



2.2 ábra: Dióda karakterisztika felvételéhez használt mérési elrendezés

2.1.1 Mérjük meg és ábrázoljuk a dióda nyitóirányú karakterisztikáját!

Az árammérő és feszültségmérő szerepet betöltő digitális multimétereket egyaránt **három tizedes mérési pontosság** mellett használjuk (**mA és V-mérés, utóbbi nem mV állásban!**¹).

A kapcsolat helyes összerakása úgy tesztelhető, hogy a tápfeszültséget egy tetszőleges néhány voltos kimeneti feszültségűre állítjuk és a diódával párhuzamosan kapcsolt feszültségmérőn meg kell jelennie az elméletben tanult körülbelüli nyitófeszültségnek.

Az **R** előtét-ellenállás a diódaáram megfutását gátolja, továbbá lehetővé teszi a diódára jutó feszültség finomabb beállítását, mint amit önmagában a tápegységgel létre tudnánk hozni.

Készítsünk egy táblázatot az alábbi adatokkal (csak nagyobb méretben az olvashatóság érdekében) és abba írjuk bele a mérési eredményeket!

U_t [V]	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18
U_D [mV]																		
I_D [mA]																		

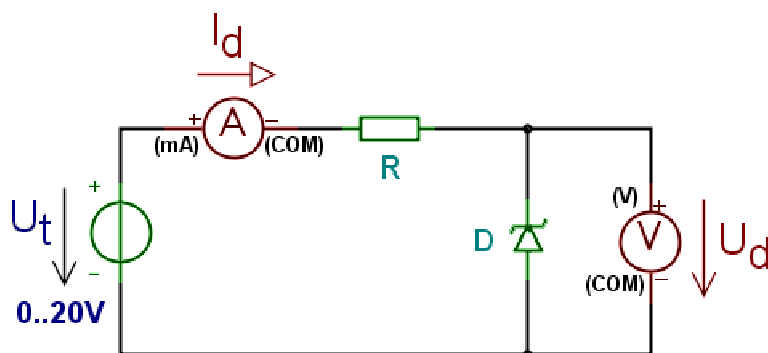
A mérési jegyzőkönyvben lineáris léptékkel és az első síknegyedben ábrázoljuk a dióda nyitóirányú (U_D - I_D) karakterisztikáját!

2.1.2 Számítsuk ki a dióda visszáramát (I_0). Ehhez használjuk fel a dióda áramának egyenletét. A dióda feszültségét és áramát a nyitószakaszban vegyük fel egy pontban (ahol $I_D > 1\text{mA}$). Pontosabb mérésekhez több pontban vett értékekből számolt I_0 értékek átlagát lehet venni a mérési hiba csökkentése érdekében.

¹ Ugyanis a voltmérő belső ellenállása mV méréshatárban olyan nagy, hogy a mindenütt (de főleg a laborban) jelenlévő elektromágneses zavarok hatására akkor is mér valamit, ha nincs rendesen bekötve az áramkörbe, vagy az nincs tápfeszültség alatt.

2.2 Zener-dióda záróirányú karakterisztikájának felvétele:

2.2.1 A 2.3 ábra szerint a **BZX5V1** típusú Zener-dióda felhasználásával valósítsuk meg a záróirányú karakterisztika felvételére alkalmas kapcsolást. A típusmegnevezésből kiderül, hogy 5,1V a dióda névleges letörési feszültsége, ezért a korábbival ellentétben ebben a tartományban kell sűrűbben mérési pontokat felvenni. Mint látható, a kapcsolat az előző mérési ponthoz képest szinte változatlan, de ne feledjük, hogy a Zener-dióda záróirányban működik, ezért a hagyományos egyenirányító diódához képest fordítva kell bekötni! Az **R** előtét-ellenállás értéke változatlanul **1k Ω** .



2.3 ábra: Zener-dióda karakterisztikájának mérőáramköre

A Zener-dióda „fordítva” (helyesen szólva záróirányban) van bekötve, ezért a műszerek pozitív feszültség- és áramértékeket mutatnak, de a dióda hagyományos referencia iránya szerint ezek az értékek negatívak.

U_t [V]	1	2	3	4	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7	6	7	8	10	12	14	16	18
$-U_D$ [V]																			
$-I_D$ [mA]																			

A mérési jegyzőkönyvben a Zener-dióda záróirányú karakterisztikáját lineárisan, a koordináta-rendszer harmadik síknegyedében ábrázoljuk!

2.2.2 A Zener-diódát fordítsuk meg, azaz kössük be nyitóirányban! Gyors méréssel igazoljuk, hogy a nyitóirányú karakterisztikájának jellege lényegében megegyezik a korábban mért normál Si-diódáéval!

U_t [V]	0,5	1	1,5	2	2,5	3
U_D [V]						
I_D [mA]						

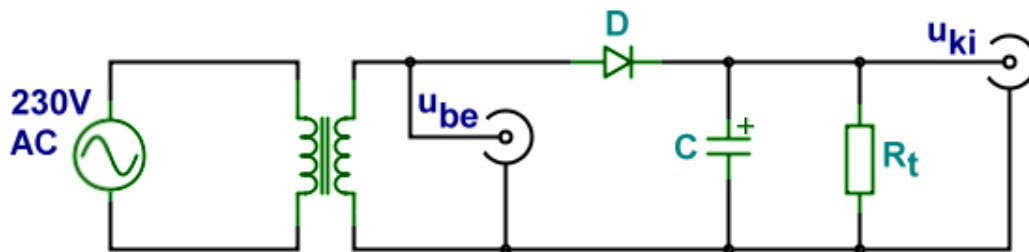
A jegyzőkönyvben az itt mért értékeket a záróirányú karakterisztikával közös koordináta-rendszerben, de az első síknegyedben ábrázoljuk!

2.3 Egyutas egyenirányító vizsgálata:

A továbbiakban nincs szükség az eddig használt két digitális multiméterre, sem a tápegységre, ugyanis hálózati transzformátor fogja szolgáltatni az egyenirányítandó váltakozó áramú jelet, és ezt oszcilloszkópon vizsgáljuk. Mivel a transzformátor nem rendelkezik ki-be kapcsoló gombbal, mint a laboratóriumi tápegység, ezért **az áramkörben történő bármely módosítás esetén húzzuk ki a transzformátor kimenetének legalább egyik vezetékeit a zárlat elkerülése érdekében!** Csak teljesen megépített áramkört kössünk be a transzformátorra, feszültség alatt ne végezzünk módosításokat! (Ezt a tanácsot egyéb esetekben is érdemes megfogadni.)

A transzformátor jelalakja nem feltétlenül lesz szinuszos – a vasmag telítésbe mehet, ilyenkor a kimenő jel „levág”, torzul (felharmonikusok jelennek meg). Egyenirányítóknál ez nem probléma, hiszen úgyis egyenfeszültséget akarunk a kimeneten előállítani.

A kapcsolás **D** jelzésű diódája természetesen az első pontban mért **1N4007** egyenirányító dióda.



2.4 ábra: Egyutas egyenirányító alapkapcsolás

A kapcsolási rajzokban találunk egy **új szimbólumot (2.5 ábra)**. Ez a koaxiális kábelek csatlakozóira utal; ilyen pl. a laboratóriumban a függvénygenerátorokon és oszcilloszkópokon található BNC típusú csatlakozó.

Az útmutatóban a szimbólum jelzi, hogy váltakozóáramú (AC) jelet mérünk, amihez *koaxiális kábel* kell csatlakozni azokra a pontokra. A szimbólumban a külső kör (körív) az árnyékolásra utal, amit a közös nullpontra ill. földpontra kell kötni - az egyes műszerek BNC csatlakozóinak az árnyékolása mind a hálózati földön van, ezért a mérőkábelek másik végén is csak közös pontra lehet (kell) az árnyékolást kötni! A belső kis körhöz csatlakozó vezeték kerül a mérendő pontra, mely a gyakorlatban a számunkra hasznos (mérendő) jelet hivatott továbbítani.

A jelenleg használt paneleken van BNC csatlakozó, amiknek a mellettük lévő legközelebbi (szigetetlen) banánhüvely a földelése.

Megj: a szimbólumban eredetileg a külső kör teljes kör, de ez rendszeresen félreértésre adott alkalmat, a jelvezetékét gyakran földre kötötték, így módosítottuk erre a lyukas verzióra.



2.5 ábra: A koaxiális kábel csatlakozójának (a laborban használt) szimbóluma

2.3.1 Az egyenirányító **kapcsolás megépítése előtt** BNC-banán vezetékkel kössük a transzformátor kimenetét az oszcilloszkóp CH1 csatornájára, majd ábrázoljuk és értékeljük ki a jelalakot (periódusidő, frekvencia, csúcstól-csúcsig vett érték, effektív érték, stb.)!

2.3.2 Az egyutas, más néven félhullámú egyenirányító alapkapsolást valósítsuk meg az 2.4 ábra szerint. Galvanikusan független transzformátor fogja szolgáltatni a bemeneti jelet, amit egyúttal vezessünk az oszcilloszkóp CH1 csatornájára, a kimenetet pedig az oszcilloszkóp CH2 csatornájára. (Digitális oszcilloszkópnál javasolt a trigger a CH1-re állítani.) Először a C pufferkondenzátort ne iktassuk be a körbe, csak az $R_i=3,6k\Omega$ értékű terhelőellenállást!

2.3.3 Az oszcilloszkóp sec/div és V/div kezelőszerveit a transzformátoron feltüntetett kimeneti paramétereknek megfelelően állítsuk be (a hálózati frekvencia 50Hz). Emlékeztetőül: célszerű az időalapot a várható jel periódusidejének negyedére megválasztani. CH1 és CH2 is legyen DC csatolt és nulla szintjük legyen közös (GND állásban fedje egymást a két csatorna által kirajzolt vízszintes vonal). Az így kapott u_{be} és u_{ki} jelalakokat lépték- és fázishelyesen rögzítsük, a látottakat magyarázzuk! Mérjük meg a bemenő és kimenő jel csúcserkének különbségét és magyarázzuk!



2.6 ábra: elektrolit kondenzátorok

2.3.4 Ismételjük meg a jelalakok rögzítését és kiértékelését, de ezúttal $C=2,2\mu F$ pufferkondenzátor beiktatásával! A μF -os és nagyobb kondenzátorok jellemzően ún. elektrolitkondenzátorok ("elkók"). Ezek felépítésükből adódóan polaritásfüggők. Ügyeljünk az elektrolit kondenzátor polaritására, ellenkező esetben pukkanás/robbanásveszélyes! A kondenzátor burkolatán a negatív elektródát csíkkal vagy nyilakkal jelölik (2.6 ábra). A kondenzátor fém háza általában a negatív pólussal össze van kötve.

Mérjük meg a kimenő jel minimális és maximális értékeit, határozzuk meg az abszolút és relatív hullámosságot!

Az **abszolút hullámosság** a (kondenzátorral puffertelt) kimenő jel maximális és minimális értékének különbsége. A **relatív hullámosság** ugyanez a maximális értékkel osztva (normálva), százalékban kifejezve. Ne felejtsük el, hogy a váltakozó áramnál jellemzően a feszültség effektív értékét adjuk meg, egyenirányítóknál viszont a csúcserték a fontos. A transzformátor feszültsége némileg eltérhet a névleges feszültségtől (és terhelésfüggő), ez a mérést nem befolyásolja.

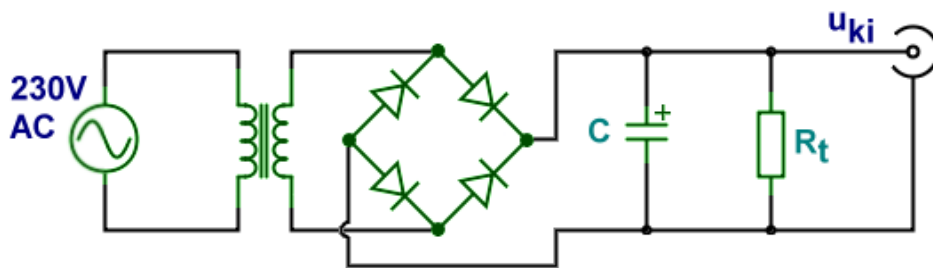
2.3.5 Ismételjük meg az 2.3.4 feladatot $C=10\mu F$ értékű kondenzátorral! A hullámosság értékeket vessük össze (jegyzőkönyvi feladat)!

2.4 Graetz-féle teljes hullámú egyenirányító vizsgálata:



2.7 ábra: Integrált Graetz-egyenirányító

A Graetz-híd bemenete és kimenete nincs közvetlen összeköttetésben, ezért nem lehet őket közös referenciapontra kötni. Ezért **nem tudjuk a bemenetet és a kimenetet egyszerre megjeleníteni** olyan **oszilloszkópon**, amelynek a bemenetei közös földponton vannak (a BNC csatlakozóinak a külső része – az árnyékolás – a hálózati földpotenciálon van), ilyenkor egyenként kell őket megvizsgálni. Erre azonban most nincs szükség, mivel a transzformátor ugyanazt a kimeneti jelet szolgáltatja, amit az előző pontokban már mértünk; így csak az egyenirányító kimeneti jelét mérjük.



2.8 ábra: Graetz-féle teljes hullámú egyenirányító

2.4.1 Építsük meg az 2.8 ábrán található kapcsolást, kimeneti jelét vezessük oszcilloszkópra! A gyorsaság kedvéért a hídegyenirányító négy diódája közös tokozású alkatrészként rendelkezésre áll, melynek négy kimenete a Graetz-kapcsolás körüli négy csomópontnak felel meg. A tokozás tetején egymás mellett helyezkednek el a váltakozóáramú bemenetek, valamint az egyenáramú kimenetek. A mérési összeállításba először még ne tegyük be a C pufferkondenzátort, csupán az $R_t=3,6k\Omega$ értékű terhelőellenállást!

2.4.2 Oszilloszkópon vizsgáljuk meg az egyenirányító kimeneti jelét DC csatolásban! Különös figyelemmel mérjük meg a periódusidőt, a látottakat magyarázzuk! Mennyivel lesz kisebb a kimeneti jel csúcserőke a bemenetnél és miért?

2.4.3 Ismételjük meg a kimeneti jel analízisét a $C=2,2\mu F$ pufferkondenzátor polaritáshelyes beiktatását követően! Határozzuk meg az abszolút és relatív hullámosságot!

2.4.4 $C=10\mu F$ értékű pufferkondenzátorral is határozzuk meg a hullámossági paramétereket, a jegyzőkönyvben hasonlítsuk össze az előzőekben mértekkel!

A jegyzőkönyvben hasonlítsuk össze az egyutas és kétutas egyenirányítók kimeneti jelének hullámosságát, magyarázzuk meg az eltérés okát!

2.5 Ellenőrző kérdések:

1. Rajzolja fel az egyenirányító dióda nyitóirányú karakterisztikáját!
2. Rajzolja fel a Zener-dióda záróirányú karakterisztikáját!
3. Írja fel a dióda áramának egyenletét és nevezze meg a benne szereplő mennyiségeket!
4. Rajzoljon fel egy egyutas egyenirányító kapcsolást!
5. Rajzolja fel az egyutas egyenirányító időfüggvényeit kimeneti pufferkondenzátor használatával és anélkül is (szinuszos bemenet esetén)!
6. Rajzolja fel a Graetz-féle kétutas egyenirányító kapcsolást transzformátorral!
7. Rajzolja fel a Graetz-féle teljes hullámú egyenirányító kimeneti jelalakjait pufferkondenzátor használatával és anélkül is (szinuszos bemenet esetén)!
8. Miért kisebb az egyenirányítók kimeneti csúcsfeszültsége a bemenetnél?
9. Mit értünk az egyenirányítók kimeneti jelének abszolút és relatív hullámosságán?
10. Milyen módokon csökkenthető egy tetszőleges egyenirányító kimeneti jelének hullámossága?
11. * Mit értünk a dióda áramának folyási szöge alatt? Miért kell tervezéskor tisztában lenni vele?
12. * Hogyan mérjük/számoljuk a folyási szöget az egyenirányító kapcsolatban?