

# Nemlineáris eszközök karakterisztikája-mérés

Dudola Domonkos Áron  
Pázmány Péter Katolikus Egyetem. Információs Technológiai Kar  
2021.11.26 10:15-13:00  
Budapest, Práter u. 50/A, 1083  
dudola.domonkos@hallgato.ppke.hu

## I. MÉRÉS CÉLJA

Az ELVIS próbapanel használatának és az ELVIS műszerek használatának elsajátítása, Ellenállás mérési eljárások megismerése.

## II. ELŐKÉSZÜLETEK

A méréshez szükséges volt egy számítógép és egy ELVIS NI (Engineering Laboratory Virtual Instrumentation Suite) moduláris mérnöki oktatási laboratóriumi eszköz, amelyet kifejezetten az egyetemi szféra számára fejlesztettek ki. Az NI ELVIS tartalmaz oszcilloszkópot, digitális multimétert, funkciógenerátort, változtatható tápegységet, spektrum-analizátort valamint Bode-analizátort és más gyakori laboratóriumi műszereket. Az NI ELVIS-hez USB-n keresztül csatlakoztatható egy számítógép, és a levehető protoboardon áramkörök építhetők. Továbbá a laborban keresnünk kellett egyéb segédeszközöket a mérés elvégzéséhez. Ehhez szükségem volt egy tranzisztorra. Ezek összekötéséhez szükségem volt vezetékekre.

### II-A. Mérési feladat

Kérem, tervezze meg a mérési folyamatot, ami alkalmas a feladatok megoldására. A tervezés során vegye figyelembe az alkalmazott műszerek tulajdonságait.

### II-B. Elméleti háttér

A mérés során diórával és tranzisztorral dolgozunk. Ezeket a vizes analógiában párosíthatjuk a visszacsapó szeleppel, valamint a csappal. A dióda, mint a visszacsapó szelep elég nagy nyomásra kinyílik, majd a nyomás egy adott szint alá csökkenésekor vagy a víz irányának megfordulásakor bezárul. Így az egyik irányban ha a dióda már nyitva va ideális esetben nulla az ellenállása. Míg a másik irányból ideális esetben végtelen nagy. Ezek a diódák egy félvezetők felhasználásával készülnek. Ezeknek általában 4 vegyérték elektronjuk van. Ez igaz volt az általunk használt diórára is hiszen azt egy Germánium tranzisztor Base és Emitter részéből készítettük. A dióda akkor nyílik ki ha a feszültség elég nagy a nyitóirányban. Ezt a feszültséget a dióda nyitófeszültségének is nevezzük. A dióda azonban további állapotokat is fel tud venni, ilyen például amikor a záróirányban a feszültség nagysága eléri a letörési feszültséget. Amikor a diórára eső feszültség eléri ezt a szintet akkor a dióda hirtelen alacsony ellenállásúvá válik és a záróirányú áramot is átengedi. Ez a dióda letörési tartománya. A harmadik állapota a diódának amikor zárva van, ekkor a nyitóirányú áram nem éri el a nyitófeszültséget, vagy a záróirányú áram nem éri el a letörési feszültséget. Ilyenkor a diódán elhanyagolható áram halad keresztül. A feladat során is használt p-n átmenet dióda két fő részből áll. Az egyik oldal elektronkat tartalmaz ez a n(negative) típusú dióda. A másik oldalon lyukak vannak, amik pozitív töltésűek. Ezeke a p(positive) típusú diódák. Amikor ez a két típus kapcsolatba

kerül a kettő között áram alatt kialakul egy harmadik régió, melyben nincsenek töltéshordozók. A diódák polaritással rendelkeznek, amelyet az anód (pozitív vezeték) és a katód (negatív vezeték) határoz meg. A legtöbb dióda csak akkor enged áramot folyni, ha az anódra pozitív feszültséget kapcsolunk. Ezen a grafikonon különböző dióda konfigurációkat mutatunk be: Ha egy dióda áramot enged, akkor előrefelé előfeszített. Ha egy dióda fordított előfeszítésű, akkor szigetelőként viselkedik, és nem engedi az áramot folyni.

Furcsa, de igaz: A diódaszimbólum nyila az elektronáramlás irányával szemben mutat. Az ok: A mérnökök fogalmazták meg a szimbólumot, és vázlataikon az áram a feszültségforrás pozitív (+) oldaláról a negatív (-) oldalára folyik. Ez ugyanaz a konvenció, amelyet a nyilakat tartalmazó félvezető szimbólumoknál használnak - a nyíl a "hagyományos" áramlás megengedett irányába mutat, és az elektronáramlás megengedett irányával szemben.

### II-C. Mérési feladat

Az Elvis rendszer elemeinek felhasználásával határozza meg egy dióda nyitó és záró karakterisztikáját.

### II-D. Mérés

A feladathoz egy germánium tranzisztorból készítettem diódát, úgy hogy a kollektor lábát nem használtam, csak a bázis és az emitter lábát. Az emittert az Elvis Digital Multimeter Out+ csatlakozójához a baset az Out- csatlakozójához kapcsoltam. Majd az Elvis beépített Two-Wire Current-Voltage Analyzer felhasználásával ábrázoltam a nyitókarakterisztikáját a diódának. A feszültséget 0V-ról indítottam 2V-ig, 0,01V-os lépésekkel. Az áramerősséget -40 és +40 mA közé limitáltam. A grafikon beosztását mind az feszültség (x tengely), mind az áramerősség (y tengely) tengelyén lineárisra állítottam. Így a kapott görbém nagyon pontosan mutatta az áramerősség folytonos exponenciális növekedését. A zárófeszültség méréséhez a dióda lábait fordítva kötöttem be. Az emittert az Out- csatlakozójához a baset az Out3 csatlakozójához kapcsoltam. A feszültséget a szoftver 10V-ig engedte állítani, azonban ekkora feszültségnél a dióda még nem lépte át letörési feszültséget. Így ezzel az eszközzel nem volt mérhető a záró karakterisztika, de azt tudjuk hogy nagyobb mint 10V szükséges hozzá.

### II-E. Mérési feladat

A karakterisztika ismeretében határozza meg az 5mA munkapontban a dióda dinamikus ellenállását.

### II-F. Mérés

A feladathoz egy germánium tranzisztorból készítettem diódát, úgy hogy a kollektor lábát nem használtam, csak a bázis és az emitter lábát. Ezután mivel az előző feladatban láttam hogy hol lesz az 5mA-es munkapont így a feszültséget csak 0 és 1

volt között vizsgáltam. A lépésköz továbbra is 0,01V volt. A cursor settingsnél bepipáltam a Cursor On checkboxot, majd a position label alatt a right valamint left gombokra kattintásokkal eljutottam a munkapont közelébe. Mivel a kérdéses munkapontra nem tudtam közvetlenül rálépni így a legközelebbi kisebb és nagyobb érték segítségével számoltam. A dióda dinamikus ellenállását a következő képletből számoltam:

$$\frac{0.28V - 0.27V}{10^{-3}} = 10,699 \quad (1)$$

A kisebb munkapont 4,37mA-nél volt, a nagyobb 5,10-nél. Itt a feszültség 0.28V és 0.27V volt. A feszültségkülönbséget elosztottam az áramerősségek különbségével és így megkaptam a dinamikus ellenállást a pontban ami 10,699  $\Omega$  lett.

## II-G. Elméleti háttér

A PNP-tranzisztor egy bipoláris átmenetű tranzisztor, amely egy N-típusú félvezető két P-típusú félvezető közé helyezésével jön létre. A PNP-tranzisztornak három csatlakozója van: kollektor (C), emitter (E) és bázis (B). A PNP-tranzisztor úgy viselkedik, mint két PN-csomóponti dióda, amelyek egymásnak háttal csatlakoznak.

Ezeket az egymásnak háttal elhelyezkedő PN-csomóponti diódákat kollektor-bázis-csomópontnak és bázis-emitter-csomópontnak nevezik.

Ami a PNP-tranzisztor három terminálját illeti, az Emitter egy olyan régió, amelyet arra használnak, hogy a töltéshordozókat a kollektorba juttassák a bázis régión keresztül. A kollektor régió összegyűjti az Emitterből kibocsátott töltéshordozók nagy részét. A Base régió kiváltja és szabályozza az Emitteren keresztül a kollektorba áramló áram mennyiségét. A PNP-tranzisztor felépítése nagyon hasonló az NPN-tranzisztor felépítéséhez. Az NPN tranzisztorban egy P-típusú félvezető két P-típusú félvezető között helyezkedik el. A PNP-tranzisztorban pedig egy N-típusú félvezető két P-típusú félvezetővel szendvicsbe ágyazva. A P-típusú félvezetőkben a töltéshordozók többsége lyuk. Ezért a PNP-tranzisztorban az áram kialakulása a lyukak mozgásának köszönhető. A középső réteget (N-típusú réteg) bázis terminálnak (B) nevezzük. A bal oldali P-típusú réteg Emitter terminálként (E), a jobb oldali P-típusú réteg pedig Kollektor terminálként (C) működik. Az Emitter és a Kollektor (P-típusú) rétegek erősen adalékoltak a Bázis (N-típusú) réteghez képest. Ezért a kimerülési régió mindkét csomópontnál jobban behatol az alapréteg felé. Az Emitter és a kollektor réteg területe nagyobb az alapréteghez képest. Az N-típusú félvezetőkben nagyszámú szabad elektron áll rendelkezésre. A középső réteg szélessége azonban nagyon kicsi, és enyhén adalékolt. Így lényegesen kevesebb szabad elektron van jelen a bázis régióban. A PNP-tranzisztor szimbóluma az alábbi ábrán látható. A nyílhegy azt mutatja, hogy az áram az Emitteren keresztül a kollektorba áramlik. Ez a vizes analógiában a csapnak felel meg.

## II-H. Mérési feladat

Az Elvis rendszer elemeinek felhasználásával határozza meg egy tranzisztor be és kimeneti karakterisztikáját.

### II-I. Mérés

A méréshez a germánium tranzisztor base, emitter és kollektor lábát is felhasználtam. Ezeket az Elvis NI Three-Wire Current-Voltage-Analyzer segítségével a képen ábrázolt módon összeraktam az áramkört. A kollektort az (Out+)-ba az

emittert au (Out-)-ba végül a baset a (Base)-be. A Transistor Type comboboxból kiválasztottam a PNP tranzisztort. Először -1V-ról indítottam a és 1V-ig futtattam. 0,150V-os lépésekkel. Az áramerősség limitet 40,00 mA-re állítottam. A base áramerősségét pedig -15,00uA-ról indítottam 1,00uA-s lépésekkel. És mind a 3 függvényt kirajzoltattam. A függvények -0,25V körül kezdtek el nagyon gyorsan nőni.

### II-J. Mérési feladat

A karakterisztika ismeretében határozza meg a 6,2mA -es munkapontban a  $h_{21e}$  értékét.

### II-K. Mérés

A beállításokat változtatva sem tudtam kirajzoltatni a 6,2mA-es munkapontot. A mérésvezetővel arra jutottunk hogy ezzel az eszközzel nem lehet meghatározni a  $h_{21e}$  értékét, mert a beállított base current value-t nem lehetett elérni. A feladatot úgy lehetne megvalósítani a variable power supplyről vesszük a feszültséget, majd a műszer határait betartva az értékeket változtathatjuk miközben figyeljük a kirajzolt függvényt. Erre azonban idő hiányában nem volt lehetőségem. Valamint a megvalósítása igen nehéz, hiszen a tranzisztorra ügyelni kell hogy ne károsítsuk. Így a folyamat nagy figyelmet igényel és sok időt is, míg manuálisan végiglépkedünk a kívánt nagyságú lépésekkel.

### II-L. Mérési bizonytalanságok

A tranzisztor és a dióda működését is nagyban befolyásolja a hőmérséklet. A teremben szobahőmérséklet volt. A tranzisztor hőmérsékletét a mérés folyamán többször is ellenőriztem tapogatással. A hőmérséklete a mérés során nem változott. Elméletleg 10W-ig biztosan nem történik semmilyen probléma, és a mérések során ezt a teljesítményt nem léptem át. Így a méréseim valószínűleg megbízhatóak. A további mérési körülmények megfelelőek voltak. A páratartalom megfelelő volt.

## HIVATKOZÁSOK

- [1] <https://users.itk.ppke.hu/tihanyia/>
- [2] <https://www.fluke.com/en/learn/blog/electrical/what-is-a-diode>
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Diode>
- [4] <https://www.electrical4u.com/pnp-transistor/>