

1.Előadás (2017.09.05.)

Előtanulmányok, rezisztív kétpólusok, dióda, bipoláris rétegtranzisztor

Bemutakozás:

- Dr Gaál József
 - BME VIK Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
 - gaal@hit.bme.hu
 - I.ép.E451 szoba
 - www.hit.bme.hu
 - <http://www.hit.bme.hu/~gaal/>

Követelmények:

A szorgalmi időszakban:

- Előadások, gyakorlatok
- Egy zárthelyi (9. hét)
- A félévvégi aláírás feltétele:
 - eredményes zárthelyi és
 - regisztrált részvétel a gyakorlatokon a TVSZ (14. §) (3) pontja szerint

A vizsgaidőszakban:

- Vizsga: írásbeli
- A félévvégi érdemjegy számítása = a vizsgajegy

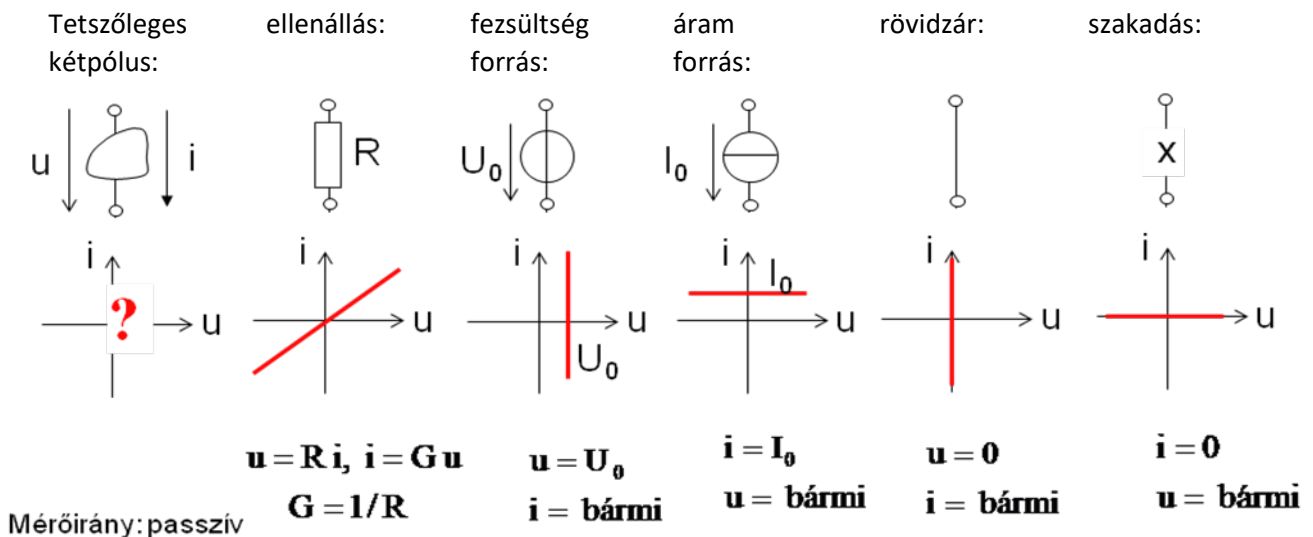
Pótlási lehetőségek

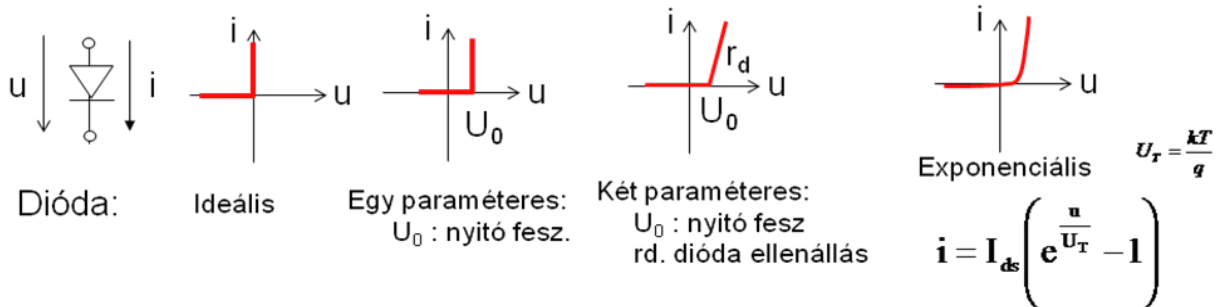
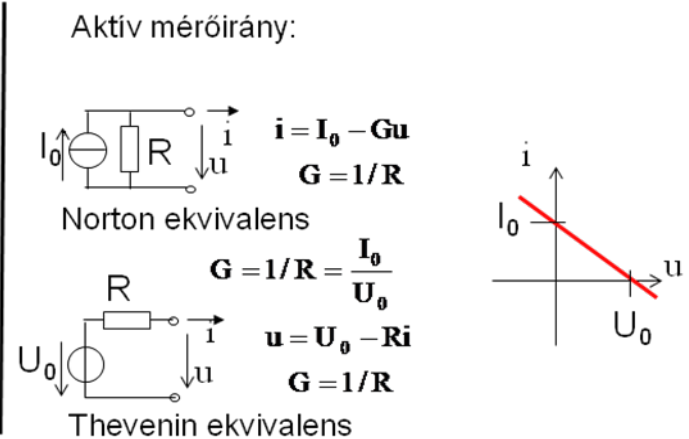
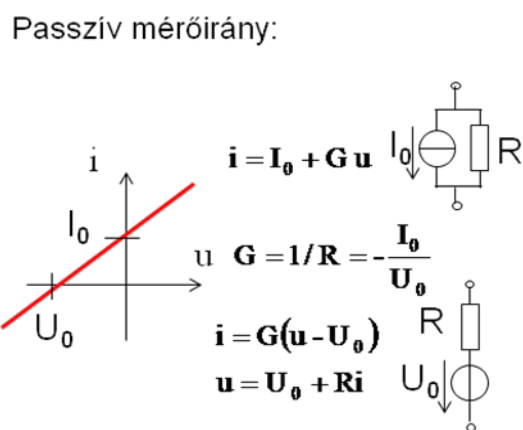
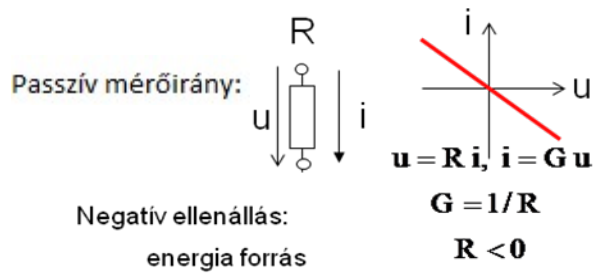
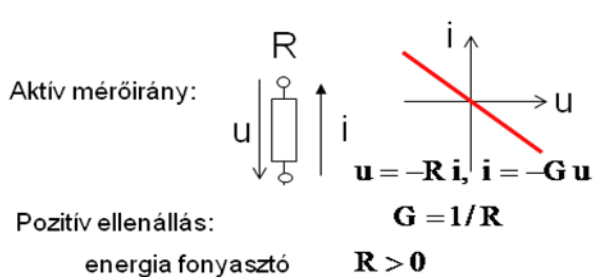
- A szorgalmi időszakban: 1, pótZH (9. hét)
- A félévvégi aláírás pótlásának lehetősége: pótpótZH
- A vizsgaidőszakban: Ismételt vizsga a TVSZ szerint

Tanulmányi előzmények:

- Jelek és rendszerek
- Jelek: feszültség- és/vagy áram-idő függvények
 - Jel dekompozíciók
 - egyen- és váltakozó komponensek
 - munkaponti- és gerjesztett komponensek
 - (nagy jelű, kis jelű esetek)
 - Független (feszültség vagy áram) források:
 - egyenáramú = táp
 - váltóáramú = bemenő (feldolgozandó) jelek, gerjesztések
- Rendszerek: koncentrált paraméterű, Kirchoff hálózatok
 - Rezisztív hálózat (memória mentes, ellenállások, vezérelt generátorok)
 - Dinamikus hálózat (energia tárolás, reaktáns elemek, L, C)
- Összetett kétpólusok:
 - eredő ellenállás, eredő impedancia,
 - Thevenin, Norton helyettesítő képek
- Több-pólusú (több-kapus) lineáris modellek
 - Vezérelt generátorok
 - VcV, VcC, CcV, CcC
 - vezérlési tényezők, mértékegységek
 - non-reciprok elemek
 - (ideális) műveleti erősítő

Rezisztív kétpólusok u-i karakterisztikái:

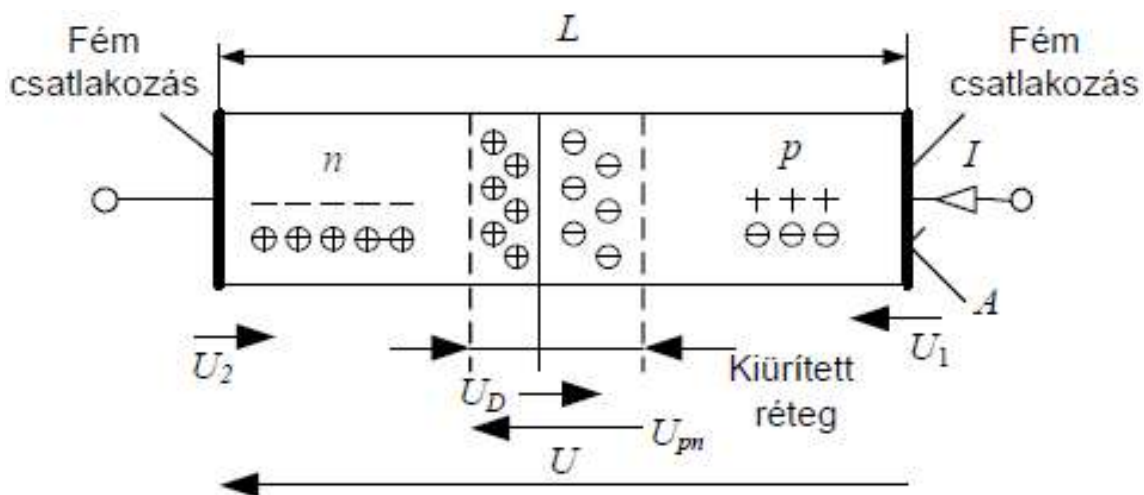




Szilárdtest fizikai alapok:

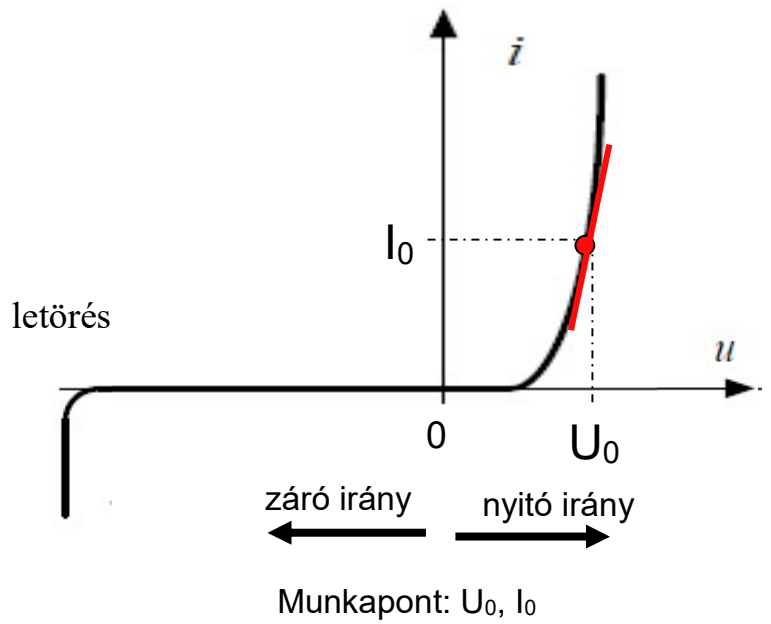
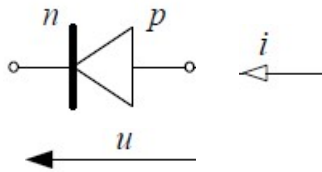
- Kristály szerkezet
 - rögzített helyzetű, pozitív töltésű atommagok
 - negatív elektronok
 - kötött helyzetű vegyérték elektronok
 - szabad elektronok, elektromos erőtér hatására elmozdulnak, (elektron mozgékonyság)
- Elektromos vezetés fémekben
 - sok szabad elektron → nagy vezetőképesség
- Elektromos vezetés tiszta félvezetőben
 - Nagyon kevés szabad elektron és lyuk (elektron hiány) pár → nagyon kicsi vezető képesség
- Elektromos vezetés adalékolt félvezetőben
 - Adalékolás függően
 - szabad elektronok
 - vagy szabad lyukak
- Ohmos vezetés n-típusú félvezetőben
 - négy vegyértékű szilícium,
 - öt vegyértékű pl. foszfor (öt vegyérték elektron)
 - szabad elektronok, többségi töltéshordozók
 - kevés szabad lyuk, kisebbségi töltéshordozók
- Ohmos vezetés p-típusú félvezetőben
 - négy vegyértékű szilícium,
 - három vegyértékű pl. bór
 - szabad lyukak, többségi töltéshordozók
 - kevés szabad elektron, kisebbségi töltéshordozók

p-n átmenet, dióda :



- szabad töltéshordozók sűrűségének gradiense -> diffúzió, áram
- tértöltés, nem képes mozgásra
- kiürített réteg
- kontakt potenciál, diffúziós potenciál, sodródási áram
- tértöltés kapacitás
- $U = 0$: diffúziós áram, sodródási áram, ellentétes irány, egyensúly
- $U > 0$: injekció, megnő a diffúziós áram
 - többségi -> kisebbségi töltéshordozó, rekombináció, szabad úthossz
 - nyitó irányú előfeszítés
- $U < 0$: sodródási áram kerül túlsúlyba
 - csak a kisebbségi töltéshordozók mozoghatnak -> kicsi áram
 - záró irányú előfeszítés

Dióda karakterisztika :



A karakterisztika egyenlete:

$$i(u) = I_{so} \left(e^{\frac{u}{U_T}} - 1 \right) \cong I_{so} e^{\frac{u}{U_T}}$$

paraméterei:

I_{so} : záróirányú telítési áram, $\sim 10^{-13} - 10^{-14}$ A

termikus feszültség: $U_T = \frac{kT}{q} \Big|_{T \approx 293K^\circ} = 26mV$

Munkaponti linearizálás és meredeksége:

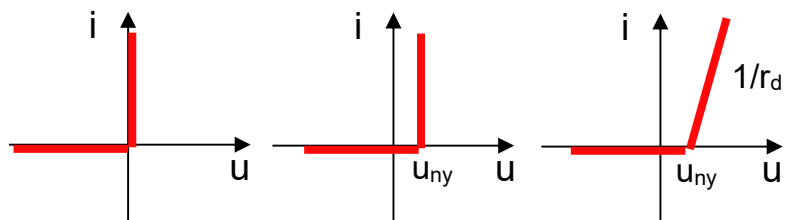
$$\frac{d}{du} i(u) \Big|_{u=U_0} = \frac{I_0}{U_T}$$

Munkapont függő dióda ellenállás:

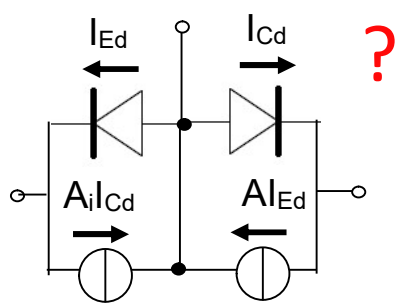
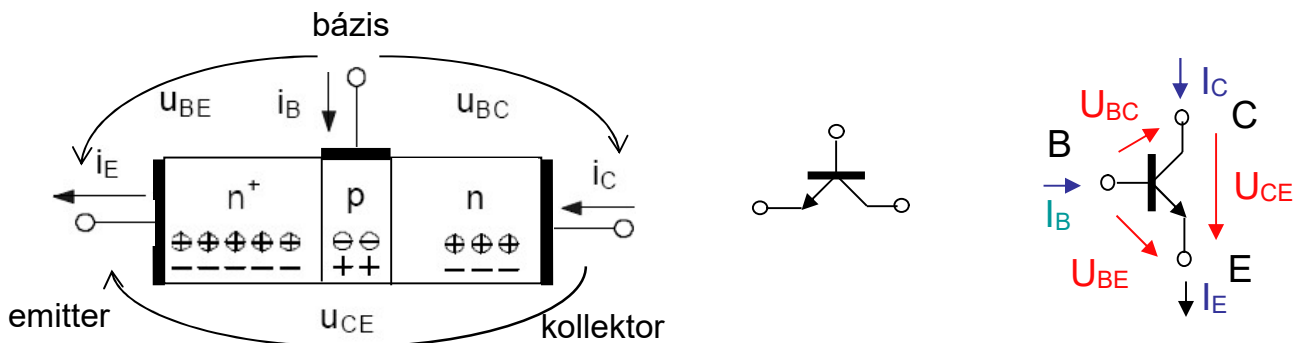
$$r_d = \frac{U_T}{I_0}$$

Egyszerűsített diódamodellek:

- szakaszonként linearizált
- 0, 1, 2 paraméteres



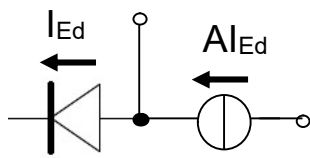
Bipoláris tranzisztor (npn):



Ebers-Moll modell

Első kísérlet:

$$U_{BE} > 0, U_{BC} < 0$$

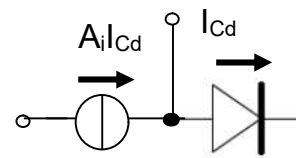


$$A = 0.98 \dots 0.998$$

Normál aktív üzemmód

második kísérlet:

$$U_{BE} < 0, U_{BC} > 0$$



$$A_i = 0.1 \dots 0.5$$

~~Inverz aktív~~

$$i_E = i_C + i_B$$

Ebers-Moll egyenletek:

$$i_E = I_{S0} \left(\exp\left(\frac{u_{BE}}{U_T}\right) - 1 \right) - A_i I_{S0} \left(\exp\left(\frac{u_{BC}}{U_T}\right) - 1 \right)$$

$$i_C = A I_{S0} \left(\exp\left(\frac{u_{BE}}{U_T}\right) - 1 \right) - I_{S0} \left(\exp\left(\frac{u_{BC}}{U_T}\right) - 1 \right)$$

Tranzisztor üzemmódok:

npn elektróda potenciálok	B-E átmenet	B-C átmenet	üzemmód	megjegyzés
E < B < C	nyitva	zárva	normál aktív	erősítő eszköz
E < B > C	nyitva	nyitva	telítéses	C-E: kis ellenállás
E > B < C	zárva	zárva	zárt	C-E: nagy ellenállás
E > B > C	zárva	nyitva	inverz	Nem használt

npn és pnp bipoláris tranzisztorok:

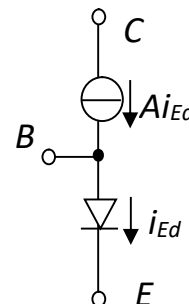
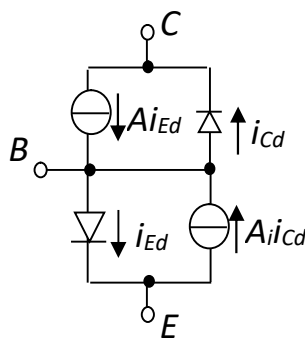
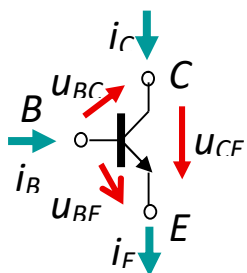
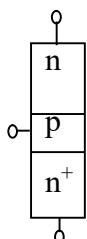
három rétegű eszköz

rajzjel és konvencionális mérőirányok

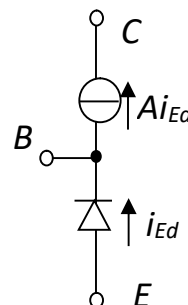
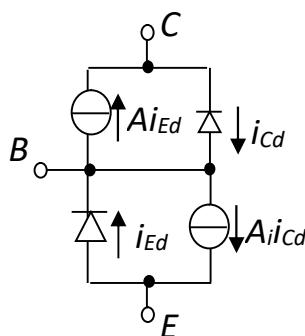
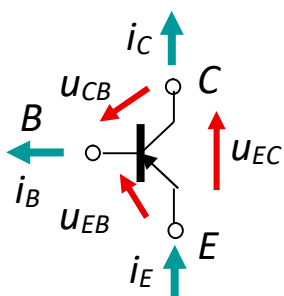
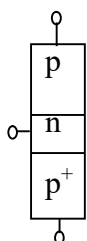
általános helyettesítőkép (Ebers-Moll modell)

normál aktív üzemmódú helyettesítőkép

npn:

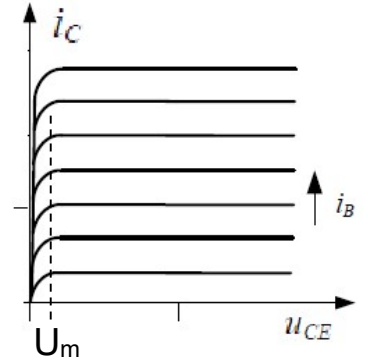
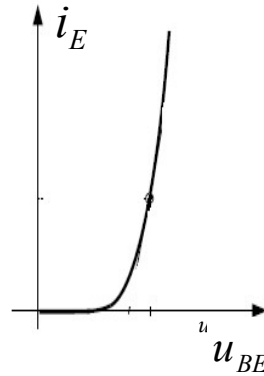
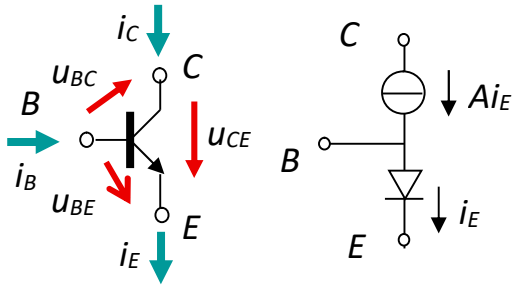


pnp:



Bipoláris tranzisztor normál aktív üzemben

Tranzisztor karakterisztikák:



áram egyenletek:

$$i_E = i_C + i_B$$

$$i_C = A i_E = B i_B$$

$$i_B = (1 - A) i_E = \frac{i_C}{B}$$

$$A = \frac{B}{1 + B} \quad B = \frac{A}{1 - A}$$

Bemeneti (vagy transzfer) karakterisztika:

$$i_C(u_{BE}) = A i_E(u_{BE})$$

$$i_E = I_{S0} \left(\exp\left(\frac{u_{BE}}{U_T}\right) - 1 \right)$$

$$\cong I_{S0} \exp\left(\frac{u_{BE}}{U_T}\right)$$

Kimeneti karakterisztika:

$$i_C(u_{CE})$$

Normál aktív tartomány:

$$u_{CE} > U_m$$

kollektor :

áram forrás!

Az exponenciális bemeneti karakterisztika közelítése U_{BE0} nyitó feszültséggel :
(feszültséggenerátorral)

