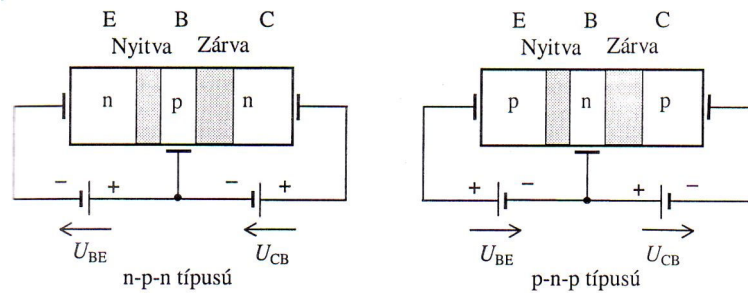


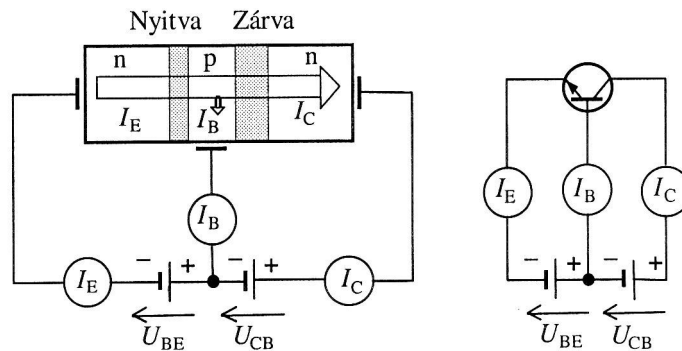
**A BIPOLÁRIS TRANZISZTOR.**

A bipoláris tranzisztor kialakításához a félvezető kristályt három rétegben n-p-n vagy p-n-p típusúra adalékolják. Az egyes rétegek elnevezése emitter (E), bázis (B), kollektor (C). A bázishoz képest az **emitter- és a kollektorrétegek erősebben adalékoltak**. A **bázis geometriai méretei**, elsősorban a szélessége, **igen kicsi**. E két ok miatt a bázisban igen kevés a szabad töltéshordozó a másik két réteg töltéshordozóihoz képest. Az emitter és a bázis, illetve a bázis és a kollektor rétegek között a már ismert módon p-n átmenet jön létre, ahol a kialakult diffúziós potenciálok megakadályozzák a többségi töltéshordozók áramlását a rétegek között.


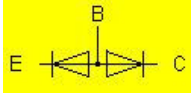

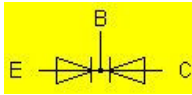
Ahhoz, hogy a többségi töltéshordozók árama megindulhasson az emitter és a bázis közötti p-n átmeneten, a bázis és az emitterelektródák közé **nyitóirányú feszültséget** kell kapcsolni.



Ennek hatására **az emitterréteg többségi töltéshordozói átjutnak a bázisba**. Itt, a bázis gyenge adalékoltsága és kis rétegszélessége miatt csak kis részük rekombinálódik. A rekombináció során megszűnt szabad töltéshordozókat a bázisáram pótolja. Mivel a bázis réteg szélessége kicsi, **a nem rekombinálódott töltéshordozók eljutnak a lezárt bázis kollektorátmenethez**. Ezek azonban az emitter többségi töltéshordozói és így az ellentétesen adalékoltt bázisban kisebbségi töltéshordozónak számítanak, ezért a bázis-kollektor (B-C) p-n átmeneten való áthaladásukat a zárófeszültség segíti. A B-C átmenet ezért záróirányban van előfeszítve. A töltéshordozók a zárófeszültség hatására átjutnak a kollektorrétegbe. A kialakult áramok közötti összefüggés tehát:  $I_E = I_B + I_C$



Az emitterből a bázisba átkerülő töltéshordozók számát és így a kollektor áramát is elsősorban a bázis és az emitter közé kapcsolt nyitóirányú feszültség határozza meg. A nyitófeszültség értékének kis változása viszonylag nagy áramváltozást idéz elő, amint azt a dióda nyitóirányú jelleggörbéjének vizsgálatánál láttuk. Végeredményben tehát **kis  $U_{BE}$  és ezzel együtt kis  $I_B$  változás hatására viszonylag nagy kollektoráram-változás következik be**. Ez a jelenség a **tranzisztorhatás**.

Adalékolás	Rajzjel	Diódás helyettesítőkép
n-p-n		 <p>Az npn tranzisztor megfelel két olyan diódának, melyek az anódjuknál vannak összekötve. Az npn tranzisztornál a bázis-emitter áram feltölti a bázist elektronokkal. Ezzel a kollektor-emitter szakasz vezetővé válik.</p>
p-n-p		 <p>A pnp tranzisztor megfelel két olyan diódának, melyek a katódjuknál vannak összekötve. A pnp tranzisztornál a bázis-emitter áram a bázist lyukakkal tölti fel. Ezzel a kollektor-emitter szakasz vezetővé válik.</p>

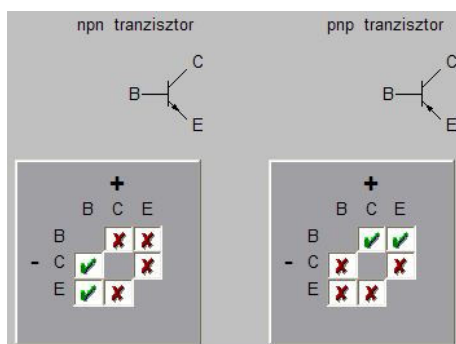
A tranzisztorokat mint félvezető elemeket erősítésre, rezgések előállítására, valamint kapcsolási és szabályozási feladatok megoldására használják.

- ☞ Hogyan adalékolják a félvezető kristályt a tranzisztor előállításakor?
- ☞ Milyen sajátosságai vannak a tranzisztor rétegeinek?
- ☞ Mikor indulnak meg a töltéshordozók a bázis és az emitter között?
- ☞ Milyen irányban van előfeszítve a bázis-kollektor átmenet?
- ☞ Hogyan határozható meg a kollektoráram nagysága a bázis és az emitteráram ismeretében?
- ☞ Mi a tranzisztorhatás lényege?

**Mérési feladat:**

**COM3LAB – EC1 Dióda átmenetek a tranzisztorban.**

A multimédiás mérőlabor utasításai szerint mérjük le a tranzisztor két-két kivezetése között a vezetőképességet mindkét áramirányban.



- ☐ Az npn tranzisztor megfelel két olyan diódának, melyek az anódjuknál vannak összekötve. A szennyező anyag sorrendje tehát negatív – pozitív - negatív.
- ☐ A pnp tranzisztor megfelel két olyan diódának, melyek a katódjuknál vannak összekötve. A szennyezőanyag sorrendje tehát pozitív – negatív – pozitív.
- ☞ Milyen diódás helyettesítőképpel jelölhetjük az npn tranzisztort? (közös anód)
- ☞ Milyen dióda kapcsolás helyettesíthetné a pnp tranzisztort? (közös katód)
- ☞ Miért nem használható a gyakorlatban a diódás helyettesítőkép? (nem lép fel a tranzisztorhatás)

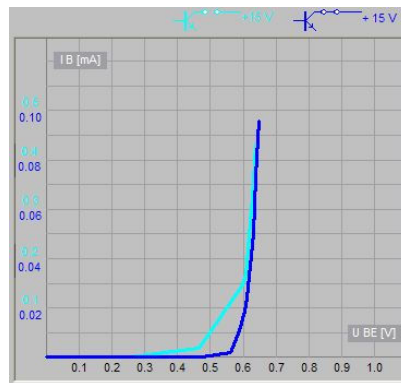
- ☞ Fogalmazza meg a tranzisztorhatás lényegét? (A rétegszennyezés és a geometriai méretek miatt kis  $U_{BE}$  és ezzel együtt kis  $I_B$  változás hatására viszonylag nagy kollektoráram-változás következik be.)

A BIPOLÁRIS TRANZISZTOR BEMENETI JELLEGGÖRBÉJE

**Mérési feladat:**

**COM3LAB – EC1 Tranzisztor bemeneti jelleggörbéje.**

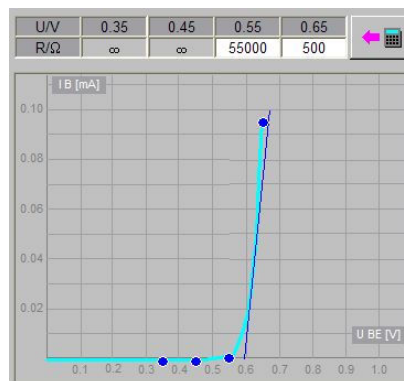
A multimédiás mérőlabor utasításai szerint határozzuk meg a bázis-emitter áram és a bázis-emitter feszültség közötti összefüggést.



- ☐ A tranzisztor bemeneti jelleggörbéje adja meg az összefüggést a bázis-emitter áram és a bázis-emitter feszültség között.
- ☐ Gyakorlatilag nincs hatása a nyitott vagy zárt kollektornak a bemeneti jelleggörbére. Eltérés az emitterellenállás miatt következik be. Az emitterellenállás áram visszacsatolást eredményez, és így védi a tranziszort.
- ☐ A bemeneti jelleggörbe hasonlít a dióda jelleggörbéjére, mivel a bázis-emitter szakasz egy dióda.

Bemeneti ellenállás meghatározása:

- ☐ **Statikus:** a bázis-emitter feszültség és a bázisáram arányából számítható ki:  $R = U_{BE} / I_B$  ( $U_{CE} = \text{konstans}$ )
- ☐ **Differenciális:** a bázis-emitter feszültség és a bázisáram változásának viszonya  $r = \Delta U_{BE} / \Delta I_B$  ( $U_{CE} = \text{konstans}$ )  $\Delta U_{BE}$ -t és  $\Delta I_B$ -t a bemeneti jelleggörbe munkaponti érintőjének segítségével lehet meghatározni.

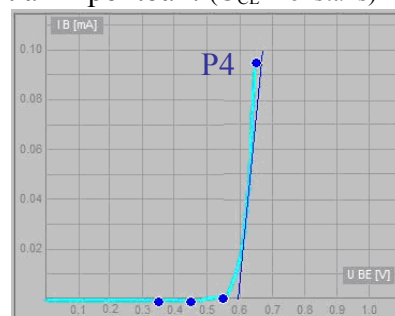


- ☞ Milyen összefüggést ábrázol a tranzisztor bemeneti jelleggörbéje?
- ☞ Van-e eltérés a nyitott és a zárt kollektoros mérések eredményei között?
- ☞ Hogyan határozható meg a tranzisztor statikus bemeneti ellenállása?
- ☞ Hogyan határozható meg a tranzisztor differenciális bemeneti ellenállása?

**Ellenőrző kérdések**

- ☞ Hogyan adalékolják a félvezető kristályt a tranzisztor előállításakor?
- ☞ Milyen sajátosságai vannak a tranzisztor rétegeinek?
- ☞ Mikor indulnak meg a töltéshordozók a bázis és az emitter között?
- ☞ Milyen irányban van előfeszítve a bázis-kollektor átmenet?
- ☞ Hogyan határozható meg a kollektoráram nagysága a bázis és az emitteráram ismeretében?
- ☞ Mi a tranzisztorhatás lényege?
- ☞ Milyen diódás helyettesítőképpel jelölhetjük az npn tranzisztort?
- ☞ Milyen dióda kapcsolás helyettesíthetné a pnp tranzisztort?
- ☞ Miért nem használható a gyakorlatban a diódás helyettesítőképp?
- ☞ Milyen összefüggést ábrázol a tranzisztor bemeneti jelleggörbéje?
- ☞ Van-e eltérés a nyitott és a zárt kollektoros mérések eredményei között?
- ☞ Hogyan határozható meg a tranzisztor statikus bemeneti ellenállása?
- ☞ Hogyan határozható meg a tranzisztor differenciális bemeneti ellenállása?

- 1) Hogyan adalékolják a félvezető kristályt a bipoláris tranzisztor előállításakor? 2 p.
- A félvezető kristályt három rétegben n-p-n vagy p-n-p típusúra adalékolják. (I)
  - A félvezető kristályt két rétegben n-p vagy p-n típusúra adalékolják.
  - A bázishoz képest az emitter- és a kollektorrétegek erősebben adalékolta. (I)
  - A félvezető kristályt nem kell adalékolni, mert a szobahőmérsékleten vezető.
- 2) Milyen sajátosságai vannak a tranzisztor rétegeinek? 4 p.  
Jelölje I betűvel az igaz H betűvel a hamis állítást a pontozott helyeken!
- .....A bázisban igen sok a szabad töltéshordozó a másik két réteg töltéshordozóihoz képest. (H)
  - .....A bázishoz képest az emitter- és a kollektorrétegek gyengébben adalékolta. (H)
  - .....A bázisban igen kevés a szabad töltéshordozó a másik két réteg töltéshordozóihoz képest. (I)
  - .....A bázis geometriai méretei, elsősorban a szélessége, igen kicsi. (I)
- 3) Mikor folyhat áram az emitter és a kollektor között? 2 p.
- A bázis és az emitterelektródák közé nyitóirányú feszültséget kell kapcsolni. (I)
  - Az emitter és a kollektorelektródák közé nyitóirányú feszültséget kell kapcsolni.
  - A bázis és a kollektorelektródák közé záróirányú feszültséget kell kapcsolni. (I)
  - Az kollektor és az emitterelektródák közé záróirányú feszültséget kell kapcsolni.
- 4) Hogyan határozható meg a kollektoráram nagysága a bázis és az emitteráram ismeretében? 1 p.
- $I_C = I_B + I_E$
  - $I_C = I_E - I_B$  (I)
  - $I_C = I_B - I_E$
- 5) Fogalmazza meg a tranzisztorhatás lényegét? 3 p.
- A ..... **rétegszennyezés** és a geometriai méretek miatt, kis  $U_{BE}$  és ezzel együtt kis .....  **$I_B$**  változás hatására viszonylag nagy ..... **kollektoráram** változás következik be.
- 6) Jelölje I betűvel az igaz H betűvel a hamis állítást a pontozott helyeken! 4 p.
- .....Az npn tranzisztor megfelel két olyan diódának, melyek az anódjuknál vannak összekötve. (I)
  - .....A tranzisztor bemeneti jelleggörbéje a bázis-emitter áram és a bázis-emitter feszültség közötti összefüggést ábrázolja. (I)
  - .....A pnp tranzisztor megfelel két olyan diódának, melyek a katódjuknál vannak összekötve. (I)
  - .....A tranzisztor bemeneti jelleggörbéje a kollektor-emitter áram és a kollektor-emitter feszültség közötti összefüggést ábrázolja. (H)
- 7) Határozza meg a tranzisztor bemeneti ellenállás értékeit a P4 pontban! ( $U_{CE} = \text{konstans}$ ) 4 p.
- Statikus:  $R = U_{BE} / I_B$   
 $R = 0,66 / 0,000096 = 6875 \Omega$
  - Dinamikus:  $r = \Delta U_{BE} / \Delta I_B$   
 $r = 0,06 / 0,0001 = 600 \Omega$



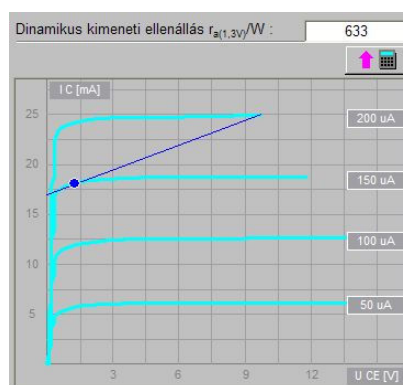
## A BIPOLÁRIS TRANZISZTOR KIMENETI JELLEGGÖRBÉI.

A kimeneti jelleggörbe megmutatja, hogyan függ az emitteráram a kollektor-emitter feszültségtől. A bázisáram befolyásolja a jelleggörbét, ezért minden bázisáramhoz saját jelleggörbe tartozik. Ezeknek a jelleggörbéknek egy diagramban történő ábrázolását kimeneti jelleggörbe-nyalábnak nevezik.

**Mérési feladat:****COM3LAB – EC1 Tranzisztor kimeneti jelleggörbéi.**

A kollektor-áram és a kollektor-emitter feszültség dinamikus mérése a multimédiás mérőlabor utasításai szerint:

- ☐ Függvénygenerátoron háromszög feszültség,  $V_{pp}=10V$ , Offset=5V,  $f=50Hz$ .
- ☐ Oszilloszkóp beállítása:  
Curve=XY, Y1/div=2V, Y2/div=2V, Y1/att=-1, Xdiv=2ms, Trigger=+Y1
- ☐ Bázisáram: 50 $\mu A$ , 100 $\mu A$ , 150 $\mu A$ , 200 $\mu A$



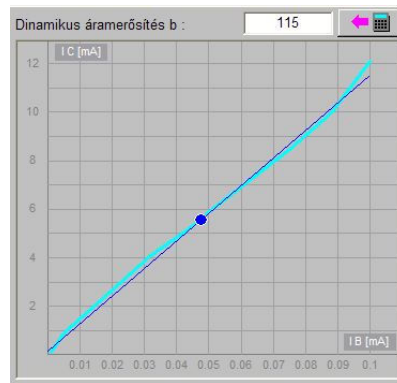
- ☐ A kimeneti ellenállás a kollektor-feszültség és a kollektoráram változásának aránya:  
 $r = \Delta U_{CE} / \Delta I_C$  ( $I_B = \text{konstans}$ )
- ☐  $\Delta U_{CE}$ -t és  $\Delta I_C$ -t a munkapontban a kimeneti jelleggörbe érintőjének segítségével lehet meghatározni.  $r_{(1,3V)} = 9,5 / 0,015 = 633 \Omega$
- ☐ Alacsony kollektor-feszültségnél a kollektoráram meredeken emelkedik. Magasabb kollektor-feszültség esetén a bázisáramtól függően a kollektoráram majdnem állandó szintre áll be.
- ☐ Ha a bázisáramot növelik, akkor a kimenő jelleggörbén a kollektoráram növekszik.
- ☐ Mit jellemez a tranzisztor kimeneti jelleggörbe nyalábja?
- ☐ Milyen hatással van a bázisáram a jelleggörbére?
- ☐ Mi tapasztalható alacsony kollektor-emitter feszültségnél?
- ☐ Mikor áll be állandó szintre a kollektoráram?
- ☐ Hogyan határozható meg a kimeneti ellenállás értéke?

## A BIPOLÁRIS TRANZISZTOR ÁTVITELI JELLEGGÖRBÉJE.

Az átviteli jelleggörbe a bázisáram és a kollektoráram viszonyát írja le, miközben a kollektor-emitter feszültség állandó marad.

**Mérési feladat:****COM3LAB – EC1 Tranzisztor átviteli jelleggörbéje.**

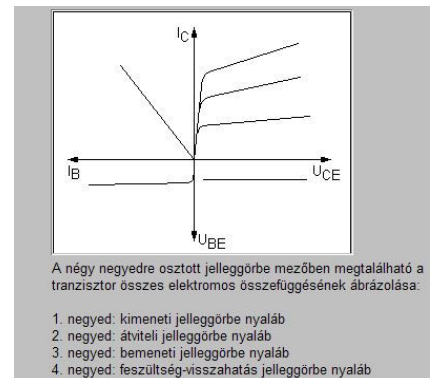
A multimédiás mérőlabor utasításai szerint ábrázoljuk a tranzisztor bázisáramának és a kollektoráramának viszonyát:



- ☐ A kollektor és a bázisáram aránya megközelítőleg állandó. Ezt az arányt hívják statikus áramerősítésnek:  $B=I_C/I_B$
- ☐ A dinamikus áramerősítés leírja a kollektoráram- és a bázisáram változásának arányát:  $b=\Delta I_C/\Delta I_B$  ( $U_{CE}=\text{konstans}$ )
- ☐ A  $\Delta I_C$ -t és  $\Delta I_B$ -t az átviteli jelleggörbe munkaponti érintőjének segítségével lehet meghatározni.  $b=11,5/0,1=115$
- ☐ A statikus és a dinamikus áramerősítés között csak kismértékű az eltérés, ami nagy kollektoráramoknál, vagy nagy teljesítményű tranzisztoroknál válik észrevehetővé.
- ☞ Mit ábrázol a tranzisztor átviteli jelleggörbéje?
- ☞ Mi jellemző a kollektor és a bázisáram viszonyára?
- ☞ Hogyan számítjuk ki a statikus áramerősítési tényezőt?
- ☞ Hogyan határozható meg a dinamikus áramerősítés?

### Ellenőrző kérdések

- ☞ Milyen sajátosságai vannak a tranzisztor rétegeinek?
- ☞ Mikor indulnak meg a töltéshordozók a bázis és az emitter között?
- ☞ Milyen irányban van előfeszítve a bázis-kollektor átmenet?
- ☞ Hogyan határozható meg a kollektoráram nagysága a bázis és az emitteráram ismeretében?
- ☞ Magyarázza el a tranzisztorhatás lényegét?
- ☞ Milyen összefüggést ábrázol a tranzisztor bemeneti jelleggörbéje?
- ☞ Hogyan határozható meg a tranzisztor statikus bemeneti ellenállása?
- ☞ Hogyan határozható meg a tranzisztor differenciális bemeneti ellenállása?
- ☞ Mit jellemez a tranzisztor kimeneti jelleggörbe nyálábja?
- ☞ Milyen hatással van a bázisáram a jelleggörbére?
- ☞ Mi tapasztalható alacsony kollektor-emitter feszültségnél?
- ☞ Mikor áll be állandó szintre a kollektoráram?
- ☞ Hogyan határozható meg a kimeneti ellenállás értéke?
- ☞ Mit ábrázol a tranzisztor átviteli jelleggörbéje?
- ☞ Mi jellemző a kollektor és a bázisáram viszonyára?
- ☞ Hogyan számítjuk ki a statikus áramerősítési tényezőt?
- ☞ Hogyan határozható meg a dinamikus áramerősítés?
- ☞ Foglaljuk össze a mérési tapasztalatokat az ábra segítségével!





- 1) Mit mutat meg a tranzisztor kimeneti jelleggörbéje? 2 p.
- A bázis-kollektor áram és a bázis-kollektor feszültség közötti összefüggést ábrázolja.
  - Megmutatja, hogyan függ az emitteráram a kollektor-emitter feszültségtől. (I)
  - A bázis-emitter áram és a bázis-emitter feszültség közötti összefüggést ábrázolja
  - A bázisáram befolyásolja a jelleggörbét, ezért minden bázisáramhoz saját jelleggörbe tartozik. (I)
- 2) Jelölje I betűvel az igaz H betűvel a hamis állítást a pontozott helyeken! 4 p.
- .....Alacsony kollektor-feszültségnél a kollektoráram meredeken emelkedik. (I)
  - .....Magasabb kollektor-feszültség esetén a bázisáramtól függően a kollektoráram majdnem állandó szintre áll be. (I)
  - .....Ha a bázisáramot növelik, akkor a kimenő jelleggörbén a kollektoráram növekszik. (I)
  - .....Ha a bázisáramot csökkentik, akkor a kimenő jelleggörbén a kollektoráram növekszik. (H)
- 3) Hogyan határozható meg a tranzisztor kimeneti ellenállásának értéke? ( $I_B = \text{konstans}$ ) 2 p.
- A kimeneti ellenállás a kollektor-feszültség és a emitterráram változásának aránya:  $r = \Delta U_{CE} / \Delta I_E$
  - A kimeneti ellenállás a kollektor-feszültség és a kollektoráram változásának aránya:  $r = \Delta U_{CE} / \Delta I_C$  (I)
  - $\Delta U_{CE}$ -t és  $\Delta I_C$ -t a munkapontban a kimeneti jelleggörbe érintőjének segítségével lehet meghatározni. (I)
  - $\Delta U_{CE}$ -t és  $\Delta I_E$ -t a munkapontban a kimeneti jelleggörbe érintőjének segítségével lehet meghatározni.
- 
- 4) Mit ábrázol a tranzisztor átviteli jelleggörbéje? 1 p.
- A bázisáram és a kollektoráram viszonyát írja le, miközben a kollektor-emitter feszültség állandó marad. (I)
  - A bázis-emitter áram és a bázis-emitter feszültség közötti összefüggést ábrázolja.
  - Az emitteráram a kollektor-emitter feszültség viszonyát írja le.
- 5) Mi jellemző a kollektor és a bázisáram viszonyára? 1 p.
- Fordított arányosság áll fenn.
  - Logaritmikus kapcsolat.
  - Aránya megközelítőleg állandó. (I)
  - Exponenciális kapcsolat
- 6) Hogyan számítjuk ki a statikus áramerősítési tényezőt? 1 p.
- $B = I_E / I_B$
  - $B = I_C / I_B$  (I)
  - $B = I_C / I_E$
- 7) A dinamikus áramerősítés leírja a .....kollektoráram és a .....bázisáram .....változásának arányát. 2 p.
- $b = \Delta I_C / \Delta I_B$  ( $U_{CE} = \text{konstans}$ )
- 8) Határozza meg a tranzisztor dinamikus áramerősítésének értékét! 2 p.
- $\Delta I_B = 100 \mu A$   
 $\Delta I_C = 11,5 \text{ mA}$ ,  $b = \dots\dots\dots 11,5 / 0,1 = 115$   
 $\Delta I_E = 11,6 \text{ mA}$