

Analóg elektronika - laboratóriumi gyakorlatok

2. Diszkrét aktív alkatrészek és egyszerű alkalmazásaik

2.1 Elmélet

A diszkrét aktív elektronikai alkatrészek (dióda, különböző tranzisztorok, tirisztor) elméleti ismertetése az 1.2 prezentációban található. A diszkrét alkatrészekkel építhető egyszerű áramköröket a 2.2 és az utána következő fejezetekben tárgyaltuk. Számítási feladatokkal a táblagyakorlatokon találkoztak a hallgatók.

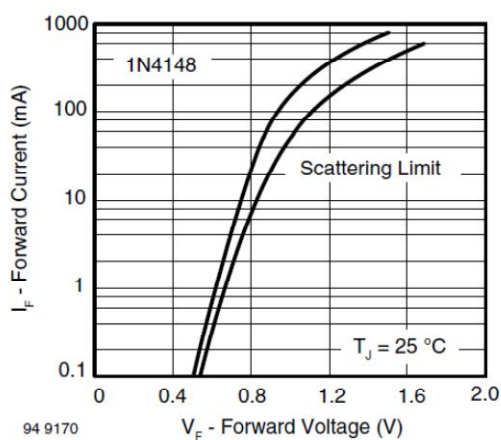
2.2 Leírás

Ez a laboratóriumi gyakorlat során a hallgatók a diszkrét aktív alkatrészek (dióda, bipoláris tranzisztoros, MOSFET, IGBT, tirisztor) viselkedésével ismerkednek meg teszt áramkörökben és egyszerű valós kapcsolásokban.

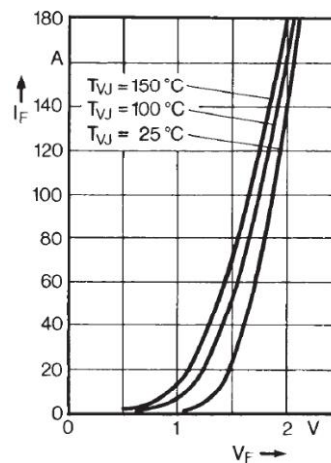
2.3 Szimuláció

A mérések előtt elemezze a félvezető alkatrészek viselkedését számítógépes szimulációkkal.

2.3.1 Félvezető dióda statikus jelleggörbéje



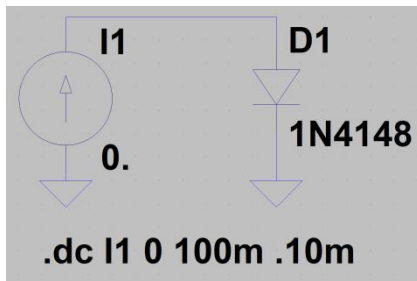
(a)



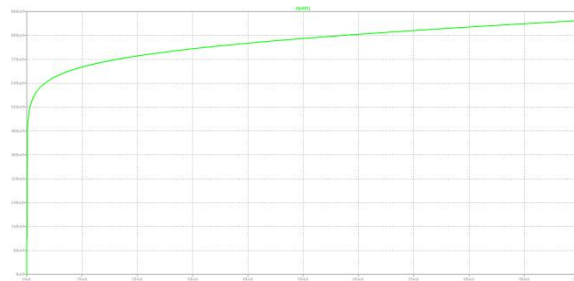
(b)

1. ábra: Félvezető dióda jelleggörbéi különböző hőmérsékletekre: (a) 1N4148 típusú kisjelű dióda, (b) DSEI60-06 típusú teljesítménydióda.

Rajzoltassa meg a statikus jelleggörbét egy adott hőmérsékletre az alábbi szimulációs modell segítségével:



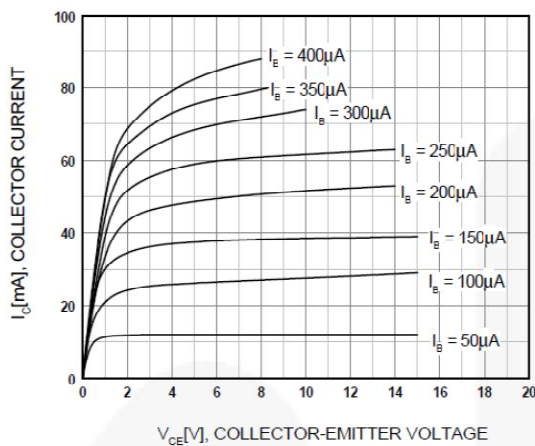
(a)



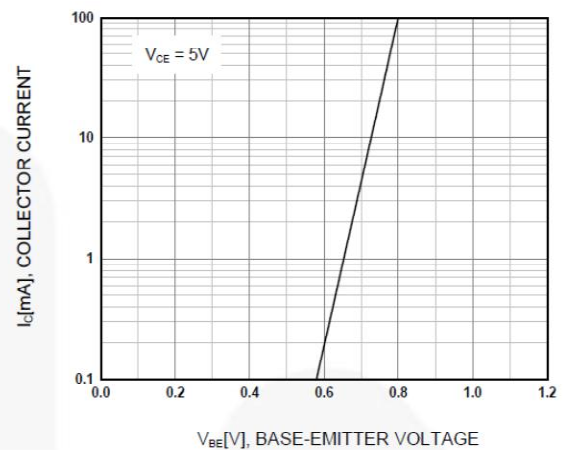
(b)

2. ábra: (a) Félvezető dióda statikus jelleggörbéjének kirajzoltatását végző szimulációs modell, (b) a jelleggörbe $V_D=f(I_D)$.

2.3.2 Bipoláris tranzisztor (BJT) statikus jelleggörbéi



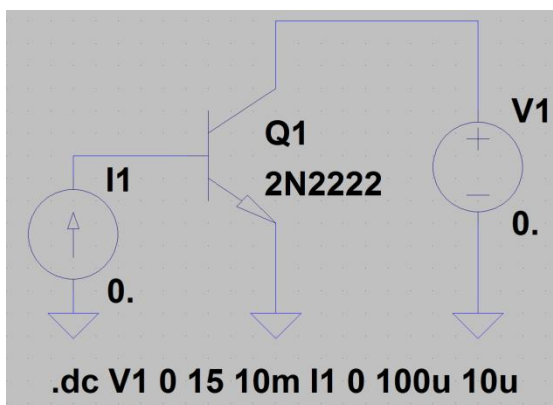
(a)



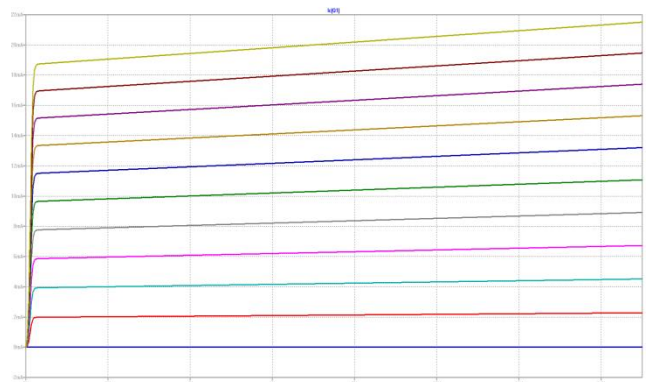
(b)

3. ábra: Bipoláris tranzisztor statikus jelleggörbéi (BC546 típus): (a) kimeneti görbesereg $I_C=f(V_{CE}, I_B=const.)$, (b) átviteli görbe $I_C=f(V_{BE})$.

A kimeneti statikus jelleggörbéket rajzoltassa ki az alábbi szimulációs modell segítségével:



(a)

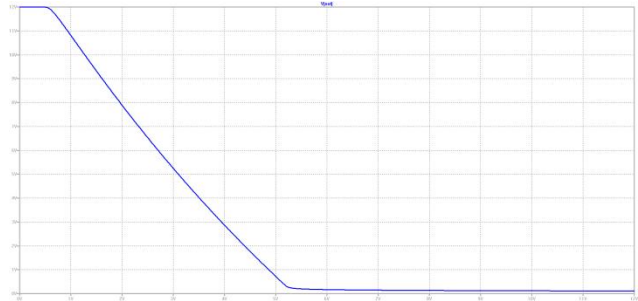
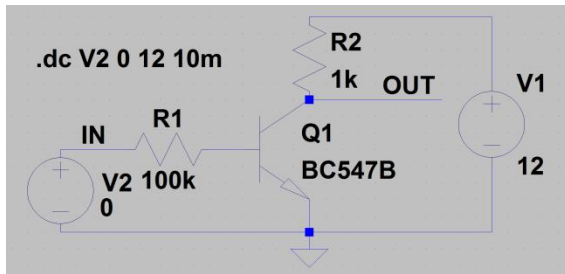


(b)

4. ábra: (a) Bipoláris tranzisztor statikus kimeneti jelleggörbéinek kirajzoltatását végző szimulációs modell, (b) a kapott jelleggörbék.

2.3.3 Tranzisztoros logikai inverter átviteli karakterisztikája

Állítsa össze az alábbi modellt és rajzoltassa meg az átviteli karakterisztikát!



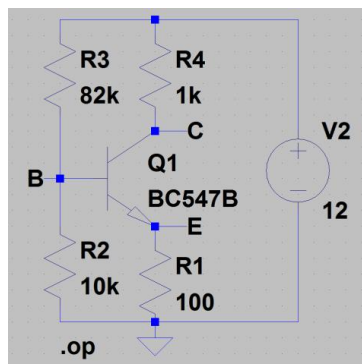
(a)

(b)

5. ábra: (a) A logikai inverter szimulációs modellje és (b) szimulációval kapott átviteli karakterisztikája $V_{OUT}=f(V_{IN})$.

2.3.4 Közös emitterű erősítő munkapontjának beállítása és dinamikus viselkedése

Határozza meg a közös emitterű erősítő munkapontját szimulációval az alábbi modell alapján!



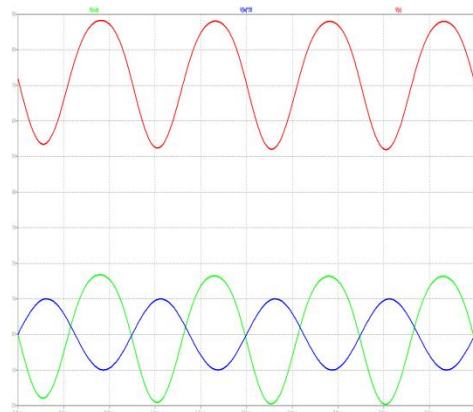
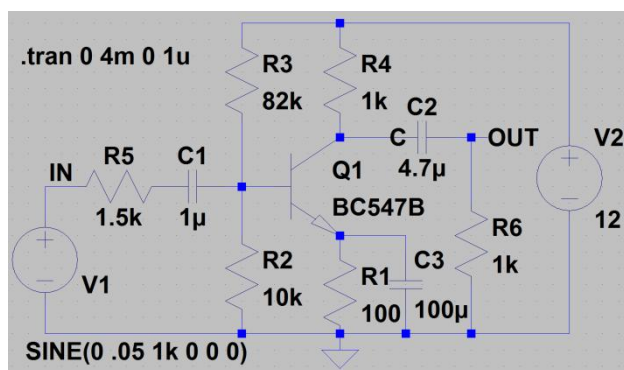
V(c) :	7.18823
V(b) :	1.16275
V(e) :	0.482765
V(n001) :	12
Ic(Q1) :	0.00481177
Ib(Q1) :	1.58861e-005
Ie(Q1) :	-0.00482765
I(R4) :	0.00481177
I(R3) :	0.000132162
I(R2) :	0.000116275
I(R1) :	0.00482765
I(V2) :	-0.00494393

(a)

(b)

6. ábra: (a) A közös emitterű erősítő munkapont beállító részének szimulációs modellje, (b) a szimuláció eredményeként kapott áram- és feszültségértékek.

Vizsgálja ki az erősítő viselkedését időtartományban az alábbi szimulációs modell alapján!

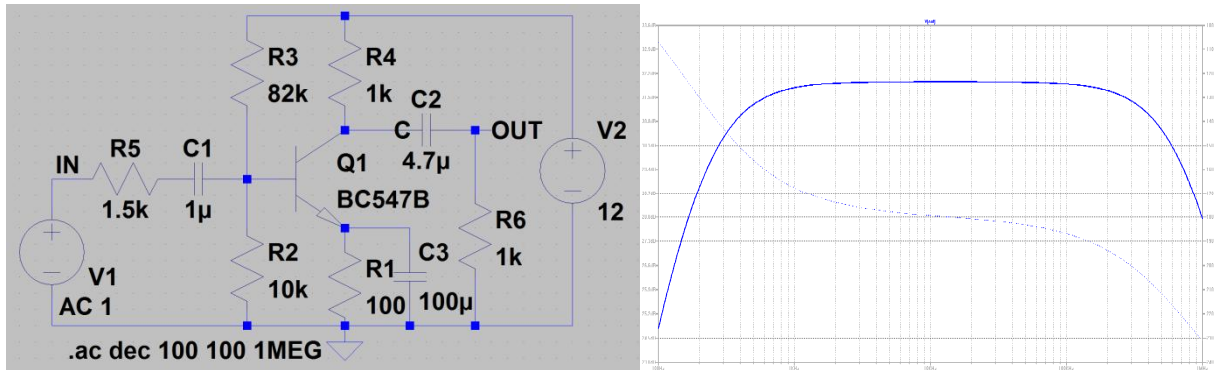


(a)

(b)

7. ábra: A közös emitterű erősítő viselkedésének szimulációja időtartományban: (a) a szimulációs modell, (b) a bemenő feszültség- (kék), a kollektor feszültség- (piros) és a kimenő feszültség (zöld) idődiagramjai. Figyelje meg a nemlineáris torzítást, a fázisváltozást és a kezdeti átmeneti jelenséget!

Vizsgálja ki az erősítő viselkedését a 100 Hz - 1 MHz frekvencia-tartományban (AC analízis) az alábbi szimulációs modell alapján!

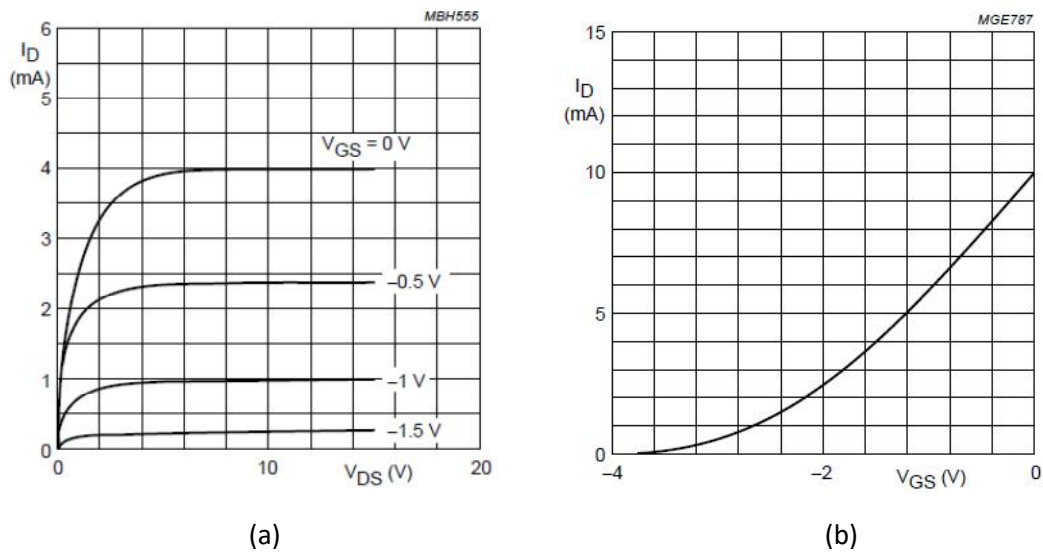


(a)

(b)

8. ábra: A közös emitterű erősítő váltakozó áramú vizsgálata, lineáris viselkedést feltételezve: (a) szimulációs modell, (b) amplitúdó- és fázisdiagram.

2.3.5 JFET statikus jelleggörbéi

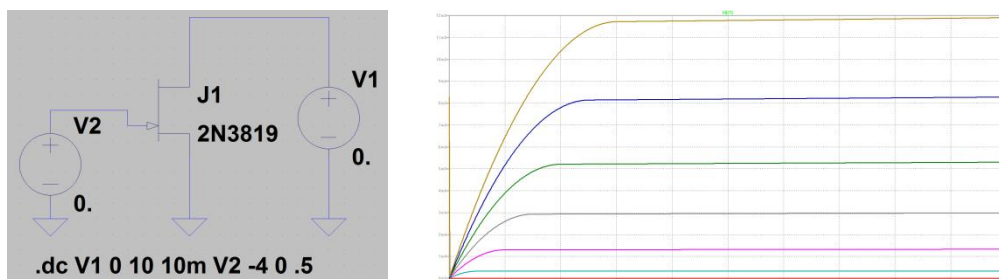


(a)

(b)

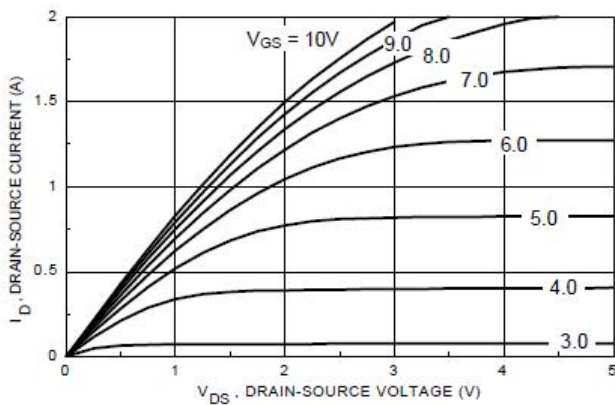
9. ábra: N-csatornás JFET statikus jelleggörbéi (BF245 típus): (a) kimeneti görbesereg $I_D=f(V_{DS})$, $V_{GS}=\text{const.}$, (b) átviteli görbék $I_D=f(V_{GS})$.

A kimeneti statikus jelleggörbét rajzoltassa ki az alábbi szimulációs modell segítségével:

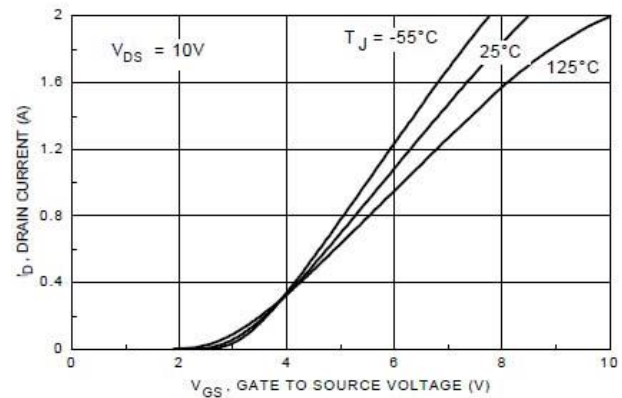


10. ábra: (a) N-csatornás JFET kimeneti statikus jelleggörbéinek kirajzoltatását végző szimulációs modell, (b) a kapott jelleggörbék.

2.3.6 MOSFET statikus jelleggörbéi



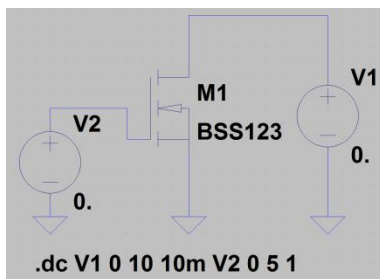
(a)



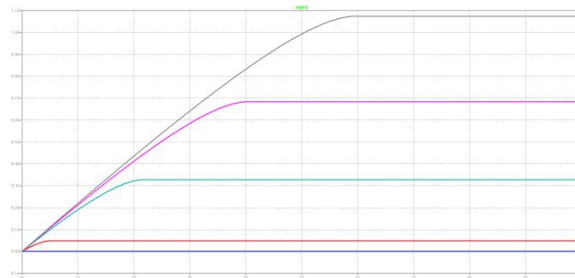
(b)

9. ábra: N-csatornás MOSFET statikus jelleggörbéi (BS170 típus): (a) kimeneti görbesereg $I_D=f(V_{DS})$, $V_{GS}=\text{const.}$, (b) átviteli görbék $I_D=f(V_{GS})$.

A kimeneti statikus jelleggörbéket rajzoltassa ki az alábbi szimulációs modell segítségével:



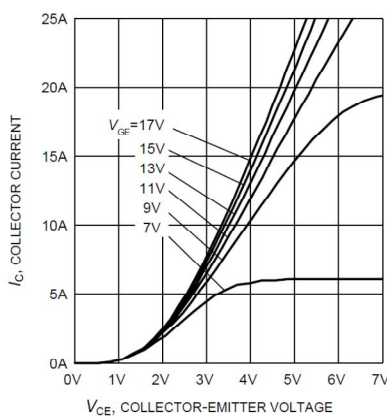
(a)



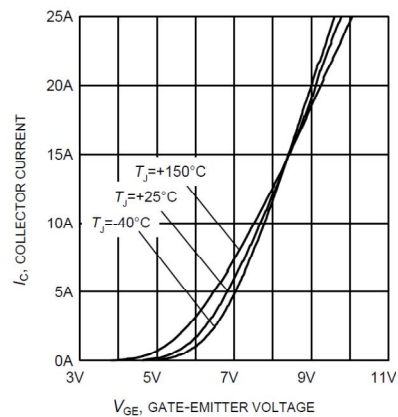
(b)

10. ábra: N csatornás MOSFET kimeneti jelleggörbéinek kirajzoltatását végző szimulációs modell, (b) a kapott jelleggörbék.

2.3.7 IGBT jelleggörbéi



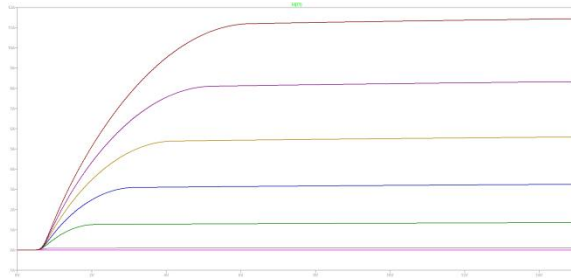
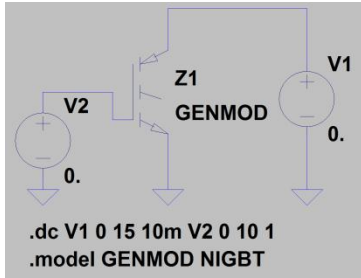
(a)



(b)

11. ábra: N-csatornás IGBT statikus jelleggörbéi (SGP07N120 típus): (a) kimeneti görbesereg $I_C=f(V_{CE})$, $V_{GE}=\text{const.}$, (b) átviteli görbék $I_C=f(V_{GE})$.

IGBT modell csak az újabb, LTspice XVII szoftverben található. Ebben a szoftverben alakítható ki a lenti szimulációs modell és rajzoltathatók ki a statikus jelleggörbék.

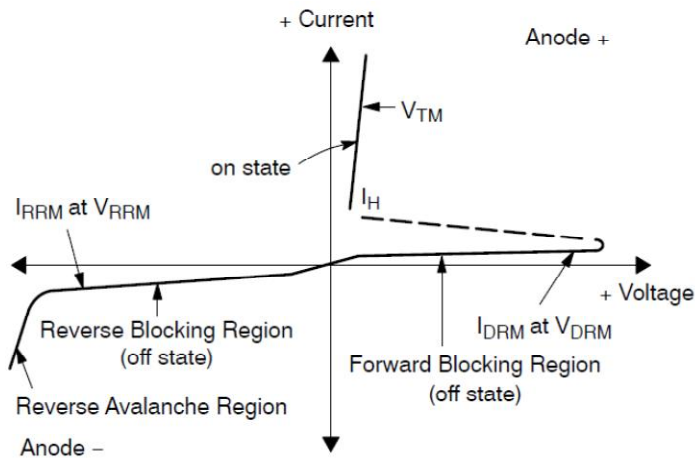


(a)

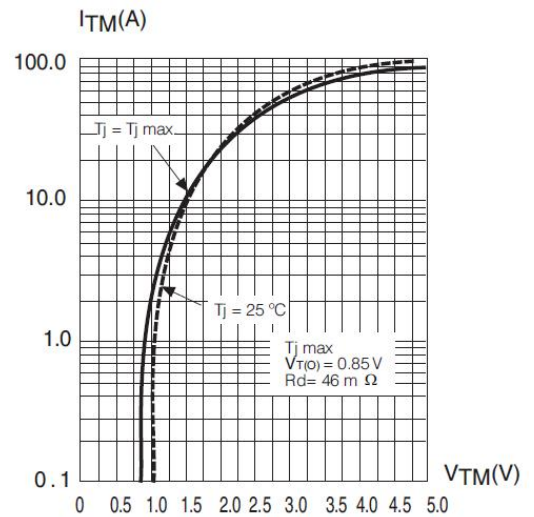
(b)

12. ábra: N csatornás IGBT kimeneti statikus jelleggörbéinek kirajzoltatását végző szimulációs modell, (b) a kapott jelleggörbék.

2.3.8 Tirisztor viselkedése



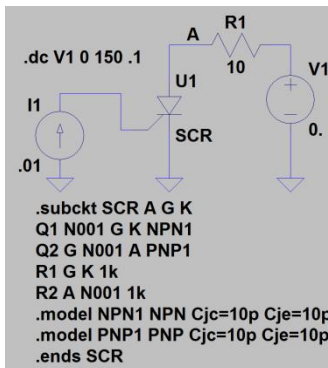
(a)



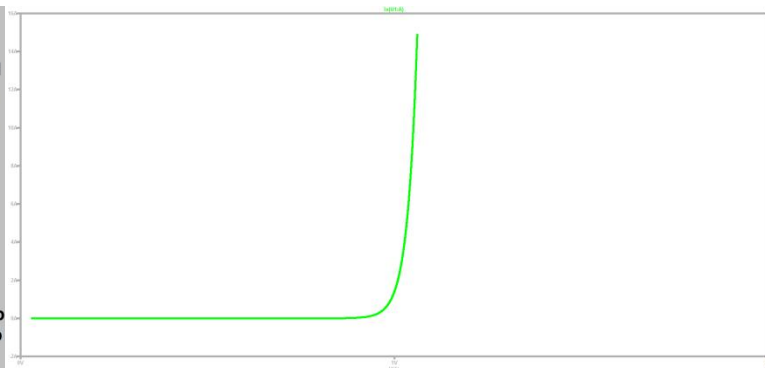
(b)

13. ábra: (a) A tirisztor viselkedésének általános jellemzésére szolgáló diagramok, (b) a kimenő jelleggörbe az adatlapról (FS12 típus).

Az LTspice szoftverben nincs előkészített tirisztor modell gyártott típusokra. A viselkedést tranzisztoros helyettesítő áramkörrel kaphatjuk meg, a `.subckt` parancsot alkalmazva az alábbi szimulációs modellben.



(a)



(b)

14. ábra: Tirisztor kimeneti (főáramköri) jelleggörbéjének kirajzoltatását végző szimulációs modell, (b) a kapott jelleggörbe.

2.4 Felszerelés a mérésekhez

1. Próbapanel
2. Kétcsatornás digitális oszcilloszkóp
3. Jelgenerátor
4. Különböző diszkrét aktív- (félvezető-) és passzív alkatrészek
5. Tápegység

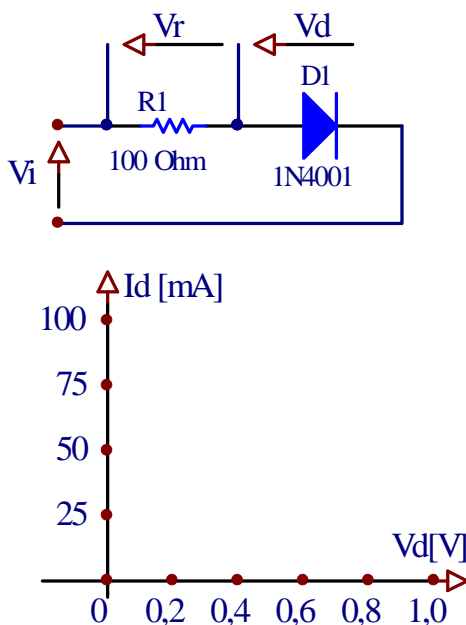
2.5 Mérések

Ebben a lépésben a hallgatók mérésekkel ellenőrzik az elméleti tudásukat az alkatrészekről és a szimulációval kapott viselkedést.

2.5.1 Félvezető dióda jelleggörbéje

Állítsa össze próbapanelon az alábbi áramkört! A dióda polaritását ellenőrizze multiméterrel (15. ábra)! Változtassa a V_i bemeneti feszültséget 0 és 10 V között, megközelítőleg 1 V-os lépésekben! Mérje ki az egyes pontokban a dióda feszültségét és az ellenállás feszültségét! Az ellenállás feszültségéből számítsa ki a dióda áramát! Töltse ki a táblázatot! Rajzolj a meg a statikus jelleggörbét!

15. ábra: Az 1N4001 dióda tokozása. A világos csík a végén a katódot jelöli.

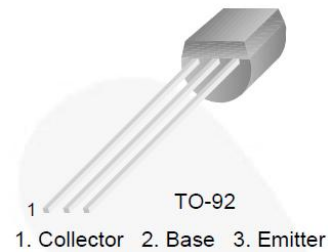


Szám	V_i [V]	V_r [V]	I_d [mA]	V_d [mV]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

2.5.2 Bipoláris tranzisztor (BJT) statikus jelleggörbéi

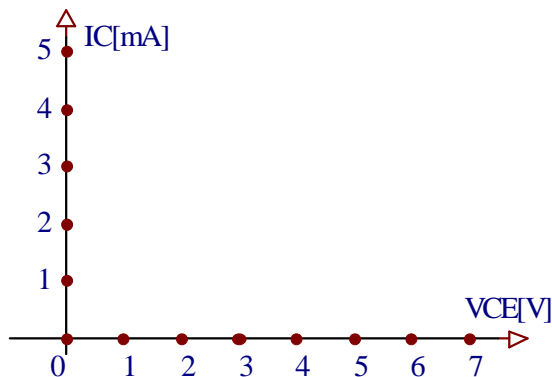
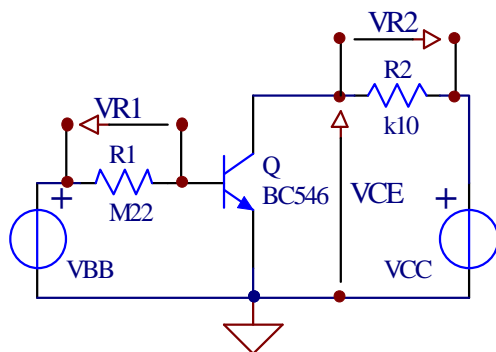
Állítsa össze próbapanelon az alábbi áramkört! A tranzisztor lábkiosztását a 15. ábrán láthatja. Az 1.-8. mérésekhez a V_{BB} forrás állításával állítsa be az I_B áramot 10 μA értékre, használja az $I_B = V_{R1}/R1$ összefüggést. A V_{CE} feszültséget állítsa a V_{CC} forrás segítségével 0-tól 7V-ig terjedő értékekre, nagyjából 1V-os lépésekben. Jegyezze fel a V_{CE} és I_C értékeket a táblázatban. I_C -t számítsa az $I_C = V_{R2}/R2$ összefüggésből.

15. ábra: A BC546 típusú bipoláris tranzisztor tokozása és láb kiosztása.



A 9.-16. mérésekhez a V_{BB} forrás állításával állítsa be az I_b áramot $20 \mu A$ értékre, használja az $I_b = V_{R1}/R1$ összefüggést. A V_{CE} feszültséget állítsa a V_{CC} forrás segítségével 0-tól 7V-ig terjedő értékekre, nagyjából 1V-os lépésekben. Jegyezze fel a V_{CE} és I_C értékeket a táblázatban. Az I_C számítsa az $I_C = V_{R2}/R2$ összefüggésből.

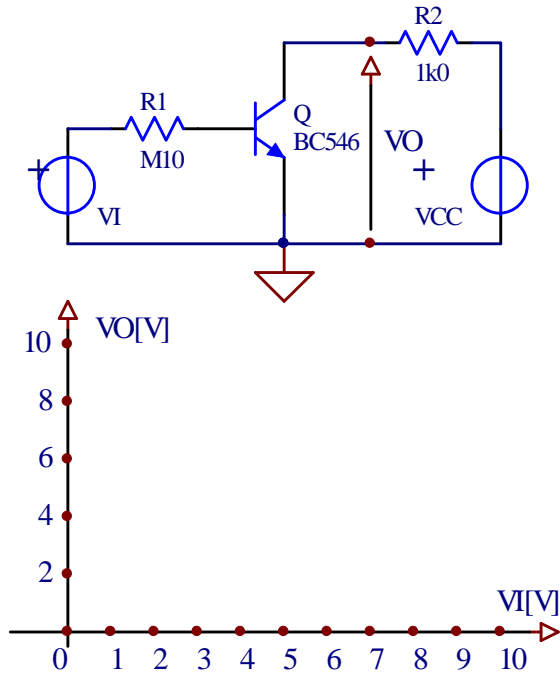
Rajzolja meg a fenti két bázisáram-értékre a kimeneti statikus jelleggörbét $I_C = f(V_{CE})$, $I_b = \text{const}$.



Szám	VR1 [V]	IB [uA]	VCE [V]	VR2 [V]	IC [mA]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

2.5.3 Logikai inverter átviteli karakterisztikája

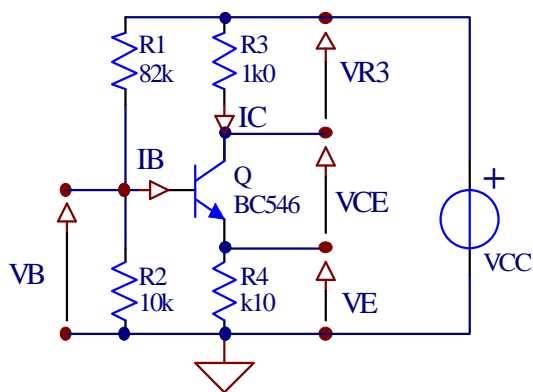
Állítsa össze próbapanelon az alábbi áramkört! A V_i forrás feszültségét változtassa 0-tól 10V-ig, 1V-os lépésekben! Mérje ki minden beállításnál a V_o kimeneti feszültséget! Töltse ki a táblázatot és rajzolja meg az átviteli karakterisztikát!



Szám	VI [V]	VO [V]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

2.5.4 Földelt emitteres erősítő DC és AC üzemben

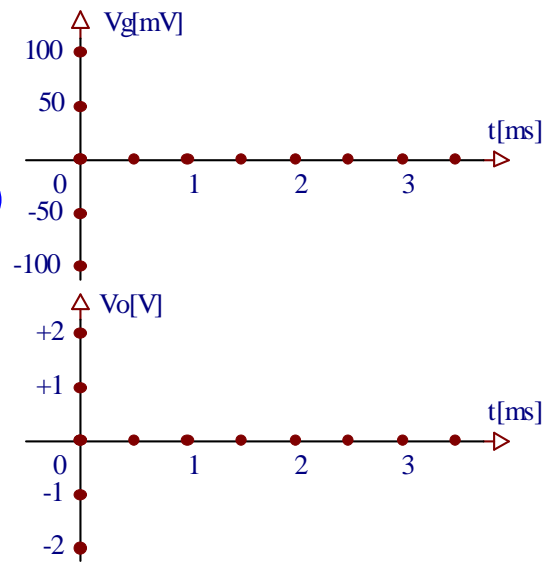
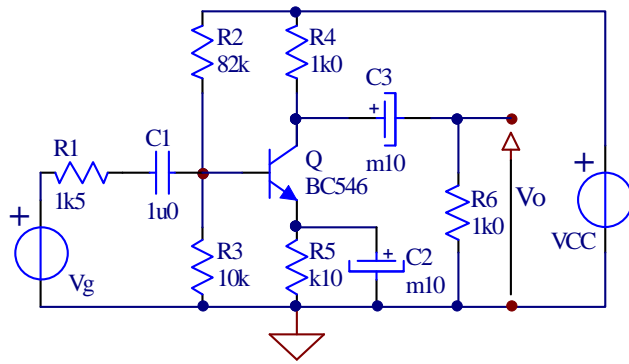
Állítsa össze a közös emitterű erősítő munkapontjának beállítását végző áramkört a próbapanelen! Kapcsoljon az áramkörre $V_{CC}=12V$ feszültségű forrást! Mérje ki és írja be a táblázatba a megfelelő feszültségértékeket! Az I_B áramot számítsa az $I_B=(V_{CC}-V_B)/R1 - V_B/R2$ képlet szerint. Az I_C áramot számítsa az $I_C=V_{R3}/R3$ képlet szerint!



VB [V]	VE [V]	IB [uA]	VR3 [V]	IC [mA]	VCE [V]

Hasonlítsa össze a mért értékeket a korábban (2.3.4 pont) szimulációval kapott értékekkel! Mi az oka az eltéréseknek?

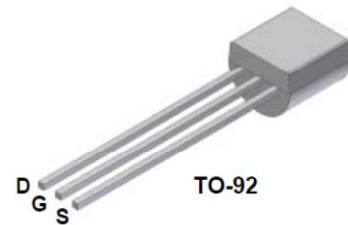
Állítsa össze a teljes közös emitteres erősítő kapcsolást a próbapanelen! Vezessen a bemenetre 100mV amplitúdójú, 1kHz frekvenciájú szinusz feszültséget. Figyelje meg oszcilloszkóppal a bemenő jelet (V_B) és a kimenő jelet (V_O)! Rajzolja át a jeleket a megadott koordináta rendszerekbe! Jegyezze fel a táblázatba a mért és a kiszámított értékeket!



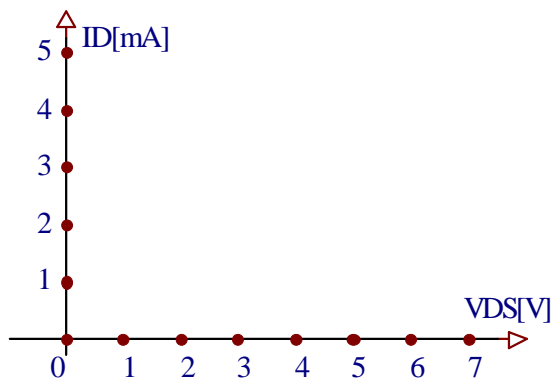
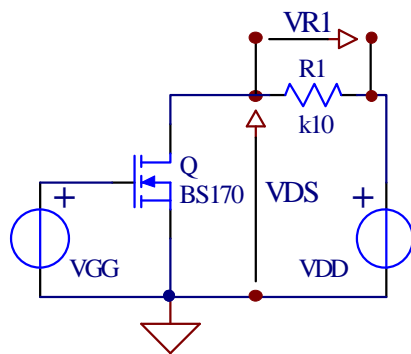
f [Hz]	Vgpp [mV]	Vopp [V]	Av	Av [dB]

2.5.5 MOSFET statikus jelleggörbéi

Állítsa össze próbapanelon az alábbi áramkört! A BS170 típusú MOSFET lábkiosztását a 16. ábrán láthatja.



16. ábra: a BS170 típusú MOSFET lábkiosztása.



Szám	VGG	VR1 [V]	ID [mA]
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Az 1.-8. mérésekhez, a V_{GG} forrás állításával, állítsa be az I_D áramot 10 mA értékre $V_{DS}=5V$ feszültség környékén, használja az $I_D=V_{R1}/R1$ összefüggést! A V_{DS} feszültséget állítsa a V_{DD} forrás segítségével 0-tól 7V-ig terjedő értékekre, nagyjából 1V-os lépésekben. Jegyezze fel a V_{DS} és I_D értékeket a táblázatba!

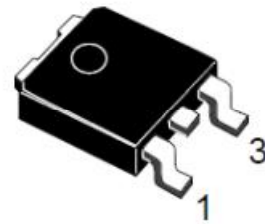
A 9.-16. mérésekhez a V_{BB} forrás állításával állítsa be az I_D áramot 20 mA értékre $V_{DS}=5V$ feszültség környékén, használja az $I_D=V_{R1}/R1$ összefüggést! A V_{DS} feszültséget állítsa a V_{DD} forrás segítségével 0-tól 7V-ig terjedő értékekre, nagyjából 1V-os lépésekben. Jegyezze fel a V_{DS} és I_D értékeket a táblázatba!

Rajzolja meg a kapott két kimeneti jelleggörbét!

2.5.6 IGBT statikus jelleggörbéi

Állítsa össze forrasztással az alábbi áramkört! A STGD3NB60SD típusú IGBT tokozását és láb kiosztását a 17. ábrán láthatja.

17. ábra: Az STGD3NB60SD típusú IGBT tokozása és láb kiosztása: (1) gate, (2 - a tokozás hátulját képező fémlap) kollektor, (3) emitter.

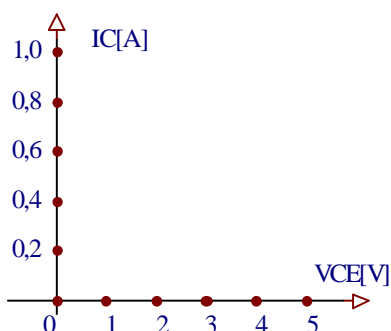
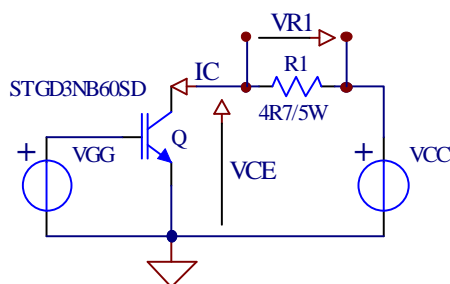


Az IGBT nagy teljesítményű alkatrész, kapcsoló üzemre van optimalizálva. Vizsgálatát itt nem tudjuk a teljes áram és feszültség tartományban végezni, hanem csak egy kis értékekre, a koordináta rendszer kezdőpontjának közelében.

Az 1.-6. mérésekhez, a V_{GG} forrás állításával, állítsa be az I_C áramot 0,4A értékre $V_{CE}=5V$ feszültség környékén, használja az $I_C=V_{R1}/R1$ összefüggést! A V_{CE} feszültséget állítsa a V_{CC} forrás segítségével 0-tól 5V-ig terjedő értékekre, nagyjából 1V-os lépésekben. Jegyezze fel a V_{CE} és I_C értékeket a táblázatba!

Az 7.-12. mérésekhez, a V_{GG} forrás állításával, állítsa be az I_C áramot 0,8A értékre $V_{CE}=5V$ feszültség környékén, használja az $I_C=V_{R1}/R1$ összefüggést! A V_{CE} feszültséget állítsa a V_{CC} forrás segítségével 0-tól 5V-ig terjedő értékekre, nagyjából 1V-os lépésekben. Jegyezze fel a V_{CE} és I_C értékeket a táblázatba!

Rajzolja be a kapott két statikus jelleggörbét ($I_C=f(V_{CE})$, $V_{GE}=\text{const.}$) a megadott koordináta rendszerbe!

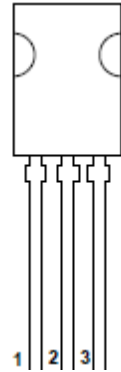


Szám	VGG [V]	VR1 [V]	IC [A]	VCE [V]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

2.5.7 Tirisztor viselkedése

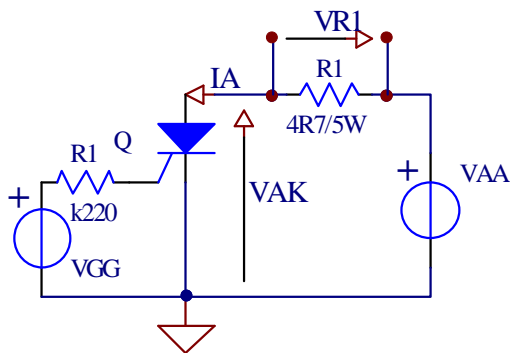
Állítsa össze forrasztással az alábbi áramkört! A BT148-600R típusú tirisztor lábkiosztását a 18. ábrán láthatja.

18. ábra: Az BT148-600R típusú tirisztor tokozása és lábkiosztása:
 (1) katód, (2 - a tokozás hátulját képező fémlappal együtt) anód, (3) gate.

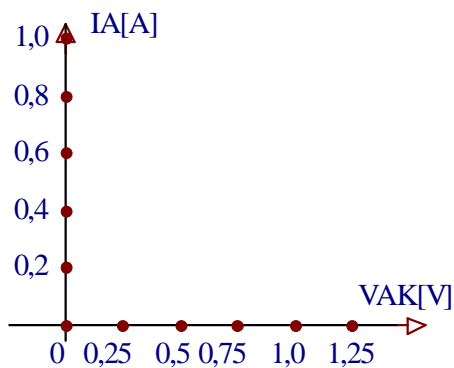


A tirisztor nagy teljesítményű alkatrész, kapcsoló üzemre van optimalizálva. Vizsgálatát itt nem tudjuk a teljes tartományban végezni, hanem csak egy kis részen, a koordináta rendszer kezdőpontjának közelében.

A mérésekhez, a V_{GG} forrás 5V-ra állításával biztosítson 20mA körüli állandó gyújtóáramot a tirisztornak! A V_{AA} feszültséget állítsa 0-tól 5V-ig terjedő értékekre, nagyjából 1V-os lépésekben. Jegyezze fel a V_{AK} és az I_A értékeket a táblázatba! Használja az $I_A = V_{R1} / R1$ összefüggést! Rajzolja meg a tirisztor kimeneti (főáramköri) jelleggörbáját: $I_A = f(V_{AK})$ a mért értékek alapján!



Szám	VGG [V]	VR1 [V]	IA [A]	VAK [V]
1				
2				
3				
4				
5				
6				



Hallgató(k):

Név:

Index szám:

Aláírás:
