

2. TÉMA

ELEKTRONIKA

Diódák és Zener diódák munkapont beállítása Egyszerű Zener stabilizátor

Feladatok megoldása

1. Egy valóságos rétegdióda munkaponti adatait mérésrel határoztuk meg:

a dióda nyitóirányú feszültsége: $U_D = 0,6 \text{ V}$

a dióda nyitóirányú árama: $I_D = 1 \text{ mA}$

a termikus feszültség értéke: $U_T = 26 \text{ mV}$.

Számítsa ki a dióda I_0 maradékáramát!

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1 \right)$$

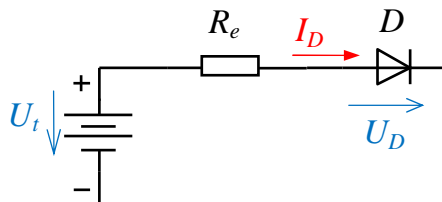
$$I_0 = \frac{I_D}{\left(e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1 \right)} = \frac{10^{-3}}{\left(e^{\frac{0,6}{26 \cdot 10^{-3}}} - 1 \right)} = 9,56 \cdot 10^{-14} \text{ A}$$

2. Mekkora előtét-ellenállást kell a diódával sorba kapcsolni, ha a telepfeszültség

$U_t = 2,7 \text{ V}$, és azt szeretnénk, hogy a diódán $I_D = 5 \text{ mA}$ áram folyjon át?

A dióda nyitóirányú feszültségét a dióda-egyenletből számolja ki, ha a dióda visszára $I_0 = 10^{-14} \text{ A}$ és a termikus feszültség $U_T = 26 \text{ mV}$!

Mekkora a dióda r_D dinamikus ellenállása a munkapontban?



$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1 \right)$$

$$U_D = U_T \ln \frac{I_D}{I_0} = 26 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-14}} = 0,687 \text{ V}$$

$$U_t - I_D R_e - U_D = 0$$

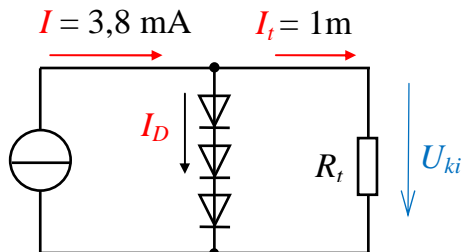
$$R_e = \frac{U_t - U_D}{I_D} = \frac{2,7 - 0,687}{5 \cdot 10^{-3}} = 402,6 \Omega$$

$$r_D = \left. \frac{du_D}{di_D} \right|_{I_D, U_T}, \quad r_D = \frac{U_T}{I_D} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}} = 5,2 \Omega$$

3. Számítsa ki az R_t terhelő ellenálláson eső U_{ki} feszültséget! A diódák teljesen egyformák!

A dióda maradékárama: $I_o = 10^{-14} \text{ A}$

A termikus feszültség: $U_T = 25 \text{ mV}$



$$I_D = I - I_t = 3,8 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 2,8 \text{ mA}$$

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1 \right),$$

$$U_D = U_T \ln \left(\frac{I_D}{I_0} + 1 \right) = 26 \cdot 10^{-3} \ln \left(\frac{2,8 \cdot 10^{-3}}{10^{-14}} + 1 \right) = 0,693 \text{ V}$$

$$U_{ki} = 3U_D = 2,07 \text{ V}$$

4. Határozza meg egy valóságos dióda U_D nyitóirányú feszültségét, ha a diódán $I_D = 10 \text{ mA}$ áram folyik át, és a dióda záróirányú árama $I_0 = 10^{-14} \text{ A}$!

A termikus feszültség: $U_T = 26 \text{ mV}$.

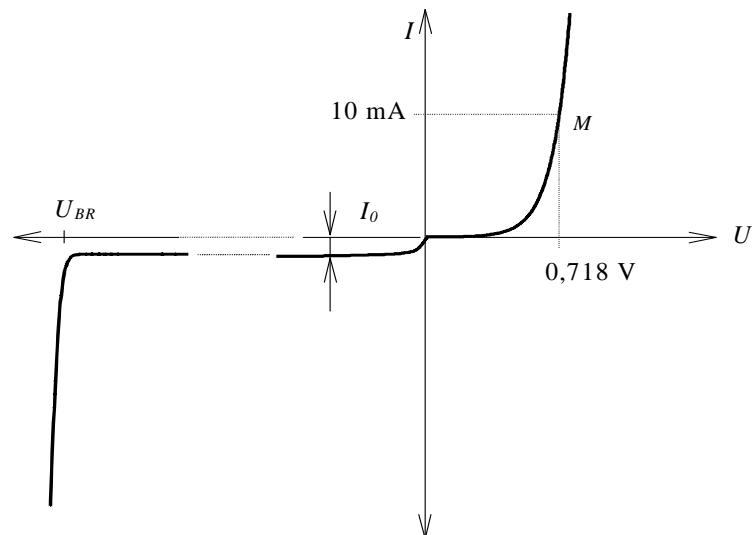
Rajzolja fel a dióda feszültség-áram karakterisztikáját, és jelölje be a munkapontot!

Határozza meg a dióda r_D dinamikus ellenállását!

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1 \right)$$

$$U_D = U_T \ln \left(\frac{I_D}{I_0} + 1 \right) = 26 \cdot 10^{-3} \ln \left(\frac{10 \cdot 10^{-3}}{10^{-14}} + 1 \right) = 26 \cdot 10^{-3} \cdot 27,63 = 0,718 \text{ V}$$

$$r_D = \frac{U_T}{I_D} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}} = 2,6 \Omega$$



5. Dióda munkapont beállító kapcsolása látható az 1. ábrán.

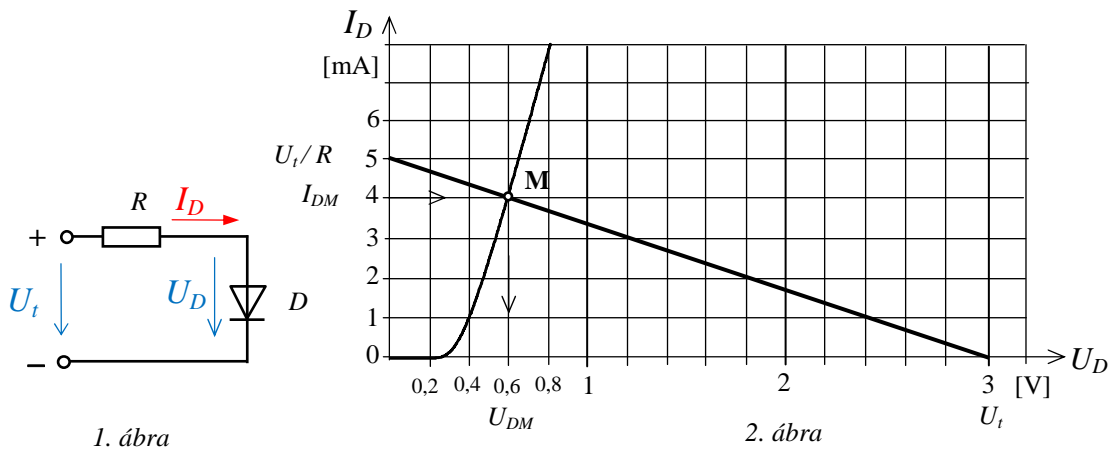
a) Állítsa be a dióda munkaponti áramát $I_{DM} = 4 \text{ mA}$ -re! A dióda munkaponti feszültségét a nyitóirányú karakterisztika segítségével határozza meg!

A dióda nyitóirányú karakterisztikája látható a 2. ábrán.

A tápfeszültség: $U_t = 3 \text{ V}$.

b) Határozza meg az R előtét ellenállás értékét!

c) A 2. ábrába rajzolja be a munkaegyenest és jelölje be a munkapontot! Adja meg a munkaegyenes két végpontjának értékét!



a) A dióda munkaponti feszültsége a karakterisztika alapján: $U_{DM} = 0,6 \text{ V}$

b) $U_t = I_D R + U_D$
$$R = \frac{U_t - U_D}{I_D} = \frac{3 - 0,6}{4 \cdot 10^{-3}} = 600 \, \Omega$$

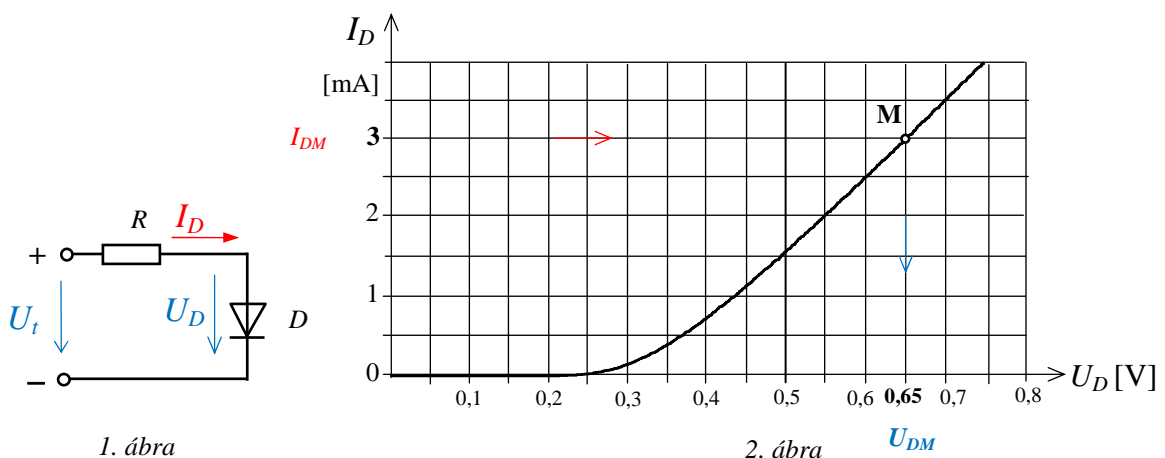
c) A munkaegyenes a vízszintes tengelyt az $U = U_t = 3 \text{ V}$ értéknél,

a függőleges tengelyt az $I = \frac{U_t}{R} = \frac{3}{600} = 5 \text{ mA}$ értéknél metszi.

6. Állítsa be az 1. ábrán látható kapcsolásban a dióda munkaponti áramát $I_{DM} = 3 \text{ mA}$ -re! A dióda munkaponti feszültségét a nyitóirányú karakterisztika segítségével határozza meg!

A dióda nyitóirányú karakterisztikája látható a 2. ábrán.

A tápfeszültség: $U_t = 12 \text{ V}$.



$$U_{DM} = 0,65 \text{ V}$$

Határozza meg az R előtétellenállás értékét!

$$U_t = I_D R + U_D \quad R = \frac{U_t - U_D}{I_D} = \frac{12 - 0,65}{3 \cdot 10^{-3}} = 3,78 \text{ k}\Omega$$

7. Határozza meg a dióda-egyenlet segítségével egy valóságos dióda U_D nyitóirányú feszültségét, ha a diódán $I_D = 6 \text{ mA}$ áram folyik át, és a dióda záróirányú árama $I_0 = 10^{-14} \text{ A}$! A termikus feszültség: $U_T = 26 \text{ mV}$.

Rajzolja fel a munkapont-beállító kapcsolást és határozza meg az R_e

előtétellenállás értékét, ha a tápfeszültség: $U_{be} = 12 \text{ V}$!

Mekkora a dióda r_D dinamikus ellenállása ebben a munkapontban?

Megoldás:

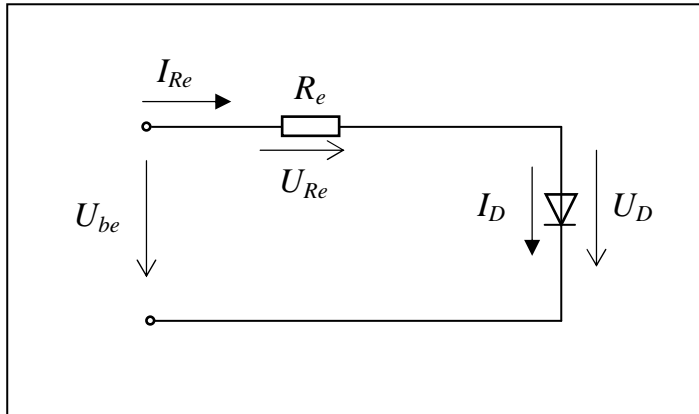
A dióda feszültség- áram összefüggése:

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1 \right)$$

A dióda nyitóirányú feszültsége:

$$U_D = U_T \ln \left(\frac{I_D}{I_0} + 1 \right) = 26 \cdot 10^{-3} \ln \left(\frac{6 \cdot 10^{-3}}{10^{-14}} + 1 \right) = 0,705 \text{ V}$$

Kapcsolási rajz:



Az előtét ellenállás értéke:

$$U_{be} - I_D R_e - U_D = 0$$

$$R_e = \frac{U_{be} - U_D}{I_D} = \frac{12 - 0,705}{6 \cdot 10^{-3}} = 1,88 \text{ k}\Omega$$

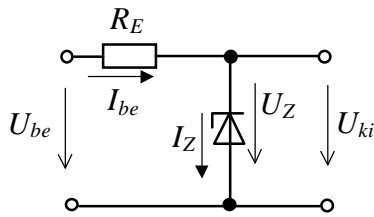
A dióda dinamikus ellenállásának gyakorlati számítása:

$$r_D = \frac{U_T}{I_D} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-3}} = 4,33 \Omega$$

8. Határozza meg az ábrán látható Zener diódás stabilizátor előtét ellenállásának (R_E) legkisebb megengedett értékét!

Adatok:

- tápfeszültség: $U_{be} = 24 \text{ V}$
- Zener dióda feszültsége: $U_Z = 20 \text{ V}$
- Zener dióda maximális teljesítménye: $P_{dmax} = 400 \text{ mW}$.



$$I_{be} = I_Z$$

$$I_Z = \frac{P_{d\max}}{U_Z} = \frac{400 \cdot 10^{-3}}{20} = 20 \text{ mA}$$

$$R_E = \frac{U_{be} - U_Z}{I_{be}} = \frac{24 - 20}{20 \cdot 10^{-3}} = 200 \Omega$$

9. Egyszerű Zener diódás stabilizátor látható az 1. ábrán.

Adatok:

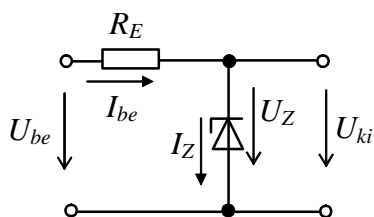
- tápfeszültség: $U_{be} = 6 \text{ V}$
- Zener dióda munkaponti feszültsége: $U_{Z1} = 3 \text{ V}$
- Zener dióda munkaponti árama: $I_{Z1} = 10 \text{ mA}$

Határozza meg az R_E előtét ellenállás értékét!

A 2. ábrán látható Zener karakterisztikán ábrázolja a munkaegyenest! Adja meg a munkaegyenest két végpontját (U, I)!

A karakterisztika segítségével határozza meg, hogy mekkora lesz a kimeneti feszültség U_{Z2} értéke, ha a Zener árama $I_{Z1} = 10 \text{ mA}$ -ról $I_{Z2} = 23 \text{ mA}$ -re változik?

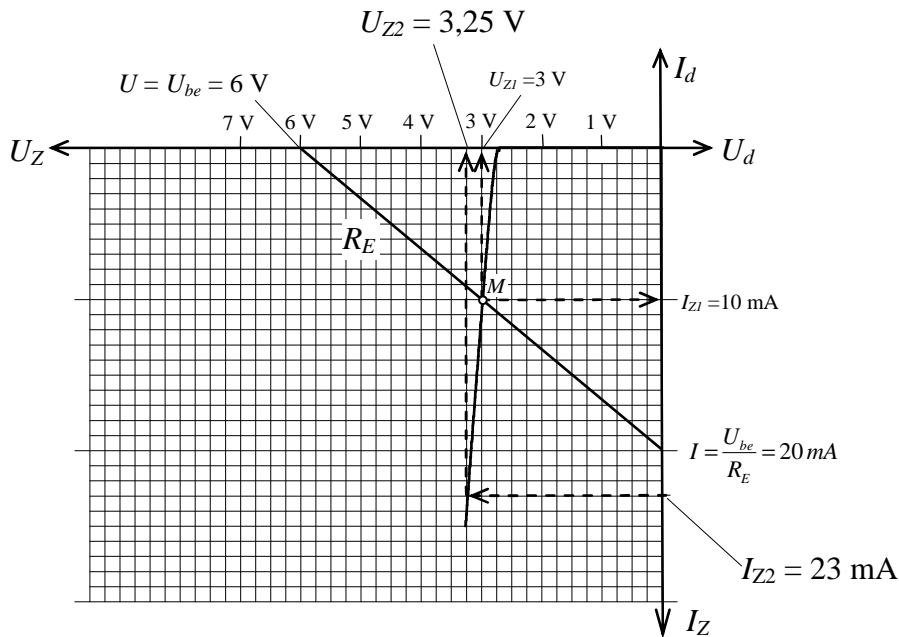
Határozza meg a Zener dióda r_z dinamikus ellenállásának értékét!



1. ábra

$$I_{be} = I_Z$$

$$R_E = \frac{U_{be} - U_{ZM}}{I_{ZM}} = \frac{6 - 3}{10 \cdot 10^{-3}} = 300 \Omega$$



2. ábra

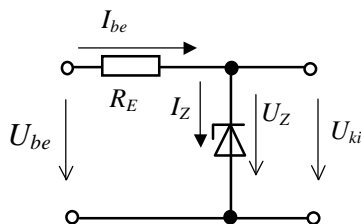
$$r_z = \frac{\Delta U_z}{\Delta I_z} = \frac{U_{Z2} - U_{ZM}}{I_{Z2} - I_{ZM}} = \frac{3.25 - 3}{23 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}} = 19.23 \Omega$$

10. Zener diódás feszültségstabilizátor kapcsolás látható az 1. ábrán.

A stabilizátor bemeneti feszültsége: $U_{be} = 4 \text{ V}$

Az előtétellenállás értéke: $R_E = 1 \text{ k}\Omega$

Rajzolja be a 2. ábrán látható Zener karakterisztikába a munkaegyenest, jelölje be az M munkapontot, és határozza meg a munkaponti U_Z feszültség- és I_Z áramértéket!



1. ábra.

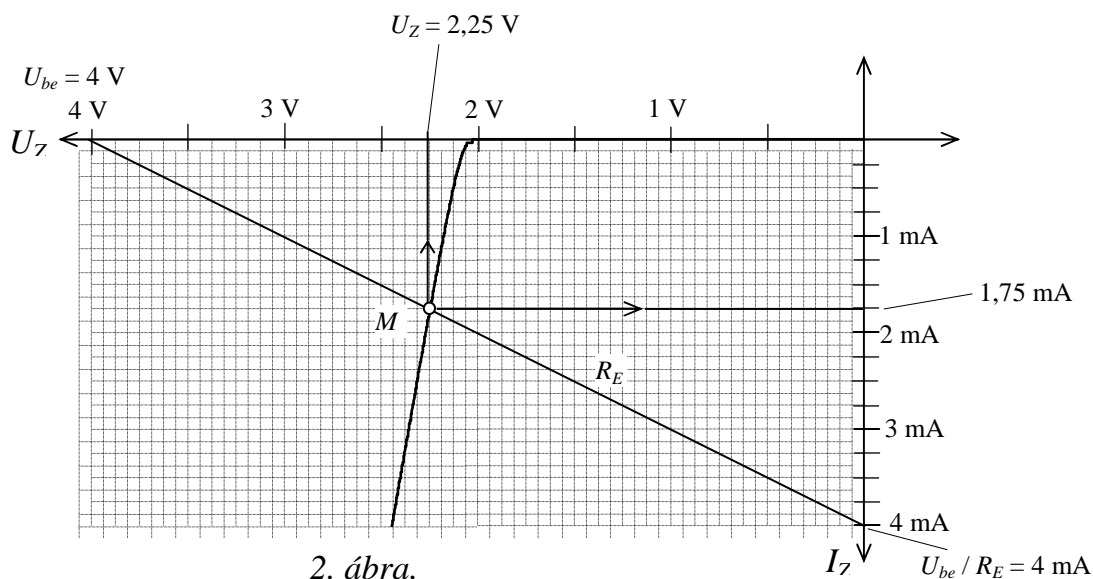
A munkaegyenest két végpontja:

– vízszintes tengely:

$$U = U_{be} = 4 \text{ V}$$

– függőleges tengely:

$$I = \frac{U_{be}}{R_E} = \frac{4}{10^3} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 4 \text{ mA}$$



Az ábrázolt munkaegyenes a Zener karakterisztikát

$U_Z = 2,25 \text{ V}$ és $I_Z = 1,75 \text{ mA}$ pontban metszi.

11. Zener diódás feszültségstabilizátor kapcsolás látható az 1. ábrán.

Adatok:

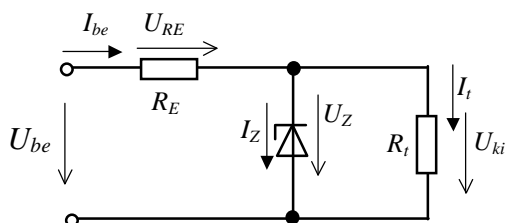
- Zener-dióda névleges feszültsége: $U_{ZN} = 15 \text{ V}$
 - Zener-dióda árama: $I_{Zmin} = 5 \text{ mA}$
 - Zener dióda dinamikus ellenállása: $r_Z = 30 \text{ } \Omega$
 - Zener dióda disszipált teljesítménye: $P_d = 500 \text{ mW}$
-
- tápfeszültség: $U_{be} = 20 \text{ V}$
 - terhelőellenállás: $R_t = 1 \text{ k}\Omega$

Határozza meg a Zener diódán átfolyó I_z áram értékét, ha a kimeneti feszültség $U_{ki} = U_Z = 14 \text{ V}$ értékű!

Határozza meg az I_t terhelő áram értékét!

Határozza meg annak a soros R_E ellenállásnak az értékét, amelynek alkalmazásával elérhető, hogy a kimeneti feszültség $U_{ki} = U_Z = 14 \text{ V}$ értékű lesz!

Határozza meg az R_E ellenállás P_R teljesítményét!



$$P_d = U_{ZN} \cdot I_{ZN}$$

$$I_{ZN} = \frac{P_d}{U_{ZN}} = \frac{500 \cdot 10^{-3}}{15} = 33,33 \text{ mA}$$

$$r_Z = \frac{U_{ZN} - U_{Z \min}}{I_{ZN} - I_{Z \min}}$$

$$U_{Z \min} = U_{ZN} - r_Z (I_{ZN} - I_{Z \min}) = 15 - 30(33,33 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-3}) = 14,15 \text{ V}$$

$$U_{ki} = U_{ZN} = 14 \text{ V}$$

$$I_t = \frac{U_{ki}}{R_t} = \frac{14}{1 \cdot 10^3} = 14 \text{ mA}$$

$$I_{be} = I_{ZN} + I_t = 33,33 \cdot 10^{-3} + 14 \cdot 10^{-3} = 47,33 \text{ mA}$$

$$U_{RE} = U_t - U_{ZN} = 20 - 15 = 5 \text{ V}$$

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_{be}} = \frac{5}{47,33 \cdot 10^{-3}} = 104,83 \Omega$$

13. Egyszerű Zener diódás stabilizátor látható az 1. ábrán.

Adatok: a tápfeszültség:

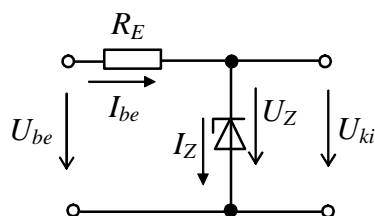
$$U_{be1} = 5,25 \text{ V}$$

a Zener dióda munkaponti feszültsége:

$$U_{Z1} = 4,25 \text{ V}$$

a Zener dióda munkaponti árama:

$$I_{Z1} = 2 \text{ mA}$$



1. ábra

a) Határozza meg az R_E előtét ellenállás értékét!

$$I_{be} = I_Z$$

$$R_E = \frac{U_{be1} - U_{Z1}}{I_{Z1}} = \frac{5,25 - 4,25}{2 \cdot 10^{-3}} = 500 \, \Omega$$

$$R_E = 500 \, \Omega$$

- b)** A 2. ábrán látható Zener karakterisztikán ábrázolja a munkaegyenest! Adja meg a munkaegyenes két végpontjának értékét (U_1 , I_1)! Jelölje be a munkapont helyét (M_1)!

$$U_1 = U_{be1}$$
$$U_1 = 5,25 \, \text{V}$$

$$I_1 = \frac{U_{be1}}{R_E} = \frac{5,25}{500} = 10,5 \, \text{mA}$$

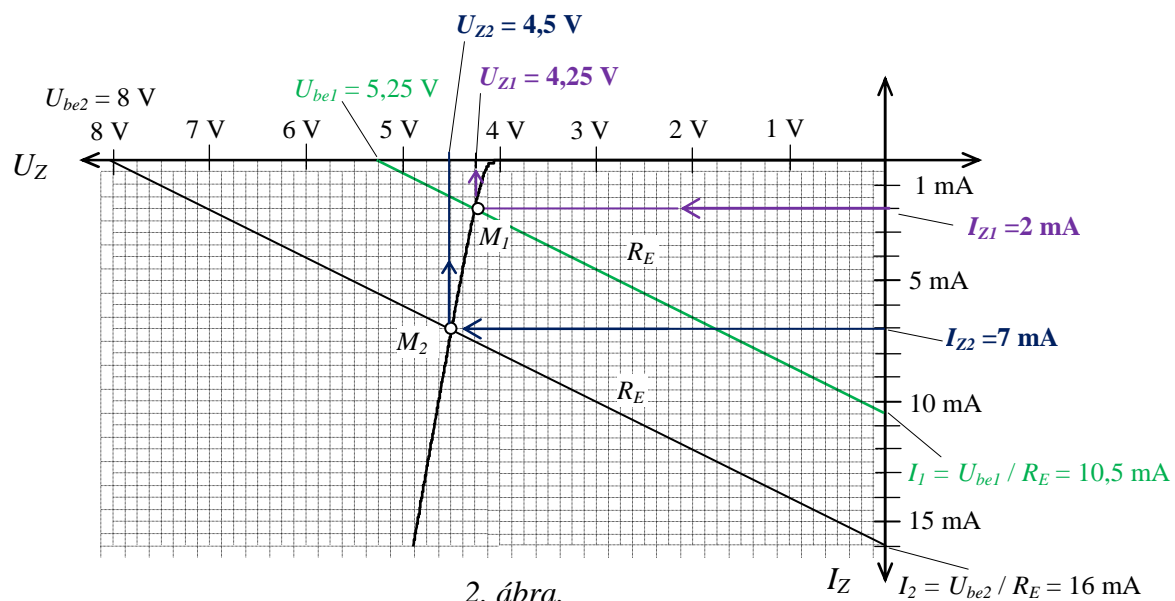
- c)** A karakterisztika segítségével határozza meg, hogy mekkora lesz a kimeneti feszültség U_{Z2} értéke, ha a Zener árama $I_{Z1} = 2 \, \text{mA}$ -ről $I_{Z2} = 7 \, \text{mA}$ -re változik?

$$U_{Z2} = 4,5 \, \text{V}$$

- d)** Ábrázolja 2. ábrán látható Zener karakterisztikán a munkaegyenes új helyzetét! Adja meg a két végpontjának (U_2 , I_2) értékét! Jelölje be a munkapontot (M_2)!

$$U_2 = 8 \, \text{V}$$

$$I_2 = \frac{U_{be2}}{R_E} = \frac{8}{500} = 16 \, \text{mA}$$



d) Határozza meg a Zener dióda r_z dinamikus ellenállásának értékét!

$$r_z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} = \frac{U_{Z2} - U_{Z1}}{I_{Z2} - I_{Z1}} = \frac{4,5 - 4,25}{7 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3}} = 50 \, \Omega$$