

Elektronika

XI.

Félvezetők, diódák

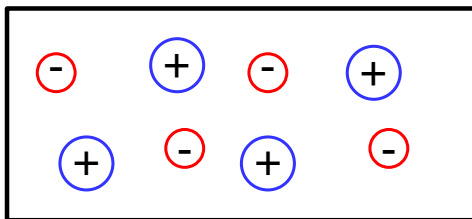
Egyenirányító áramkörök

11.1. Félvezetők

1. Tiszta és szennyezett félvezetők

- tiszta félvezető anyagok: kevés szabad töltéshordozó → rosszul vezetik az áramot
ilyen anyagok: szilícium (Si), germánium (Ge), több vegyület (pl. GaAs, ...)
- tiszta félvezetőben is lehetséges áram , mert állandóan keletkeznek (és folyamatosan meg is szűnnek → rekombináció) termikus töltéshordozók
- termikus töltéshordozók: szabad elektron + elektron hiány (lyuk) párok
- a hőmérséklet növelésével → egyre több termikus töltéshordozó → jobban vezet !!
- szennyezés → szabad töltéshordozók számának növelése → jobban vezet
- szennyezés: idegen atomok hozzáadásával, kétféle lehet →
- „n” típusú szennyezés: a szennyező atomnak eggyel több vegyérték elektronja van
→ szabad elektronok száma megsokszorozódik → jól vezet
- „p” típusú szennyezés: a szennyező atomnak eggyel kevesebb vegyérték elektronja van
→ elektron hiányok (lyukak) száma megsokszorozódik → jól vezet

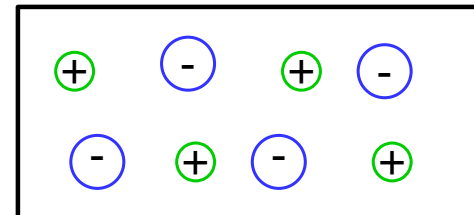
„n” típusú szennyezés



⊕ pozitív töltésű szennyező atom

⊖ szabad elektron

„p” típusú szennyezés



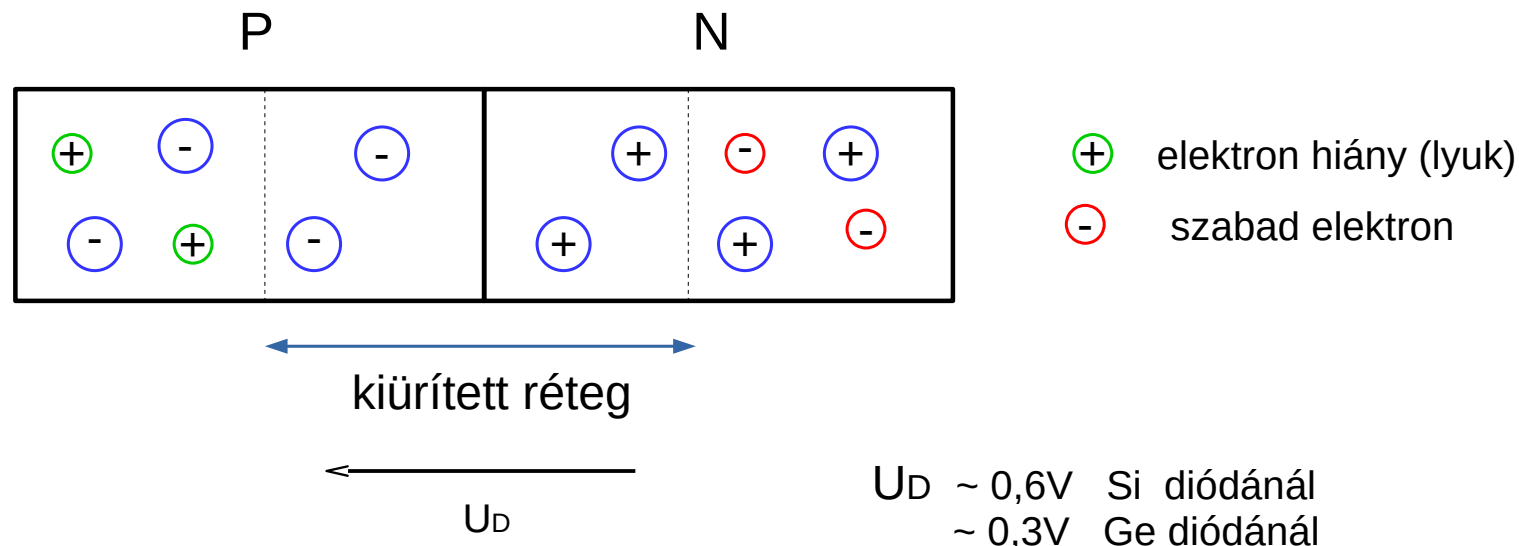
⊖ negatív töltésű szennyező atom

⊕ elektron hiány (lyuk)

11.1. Félvezetők

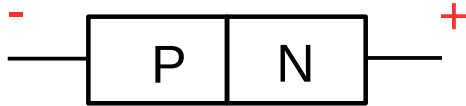
2. PN-átmenet

- a félvezető egyik fele „p”, másik fele „n” szennyezésű, az átmenet hirtelen, nagyon kis távolságon belül (kisebb mint $1\mu\text{m}$)
- diffúziós áram \rightarrow a határrétegben nagy mennyiségű rekombináció \rightarrow a határréteg környéke szabad töltéshordozók nélkül marad \rightarrow kiürített réteg
- a kiürített rétegben potenciál gát, diffúziós feszültség (U_D) keletkezik (a töltés különbség miatt) \rightarrow egyensúlyi állapot áll be \rightarrow a két réteg között nagyon nagy ellenállás, áram nem tud folyni
- áram akkor tud folyni ha olyan külső feszültséget kapcsolunk a PN átmenetre, amely U_D hatását semlegesíti

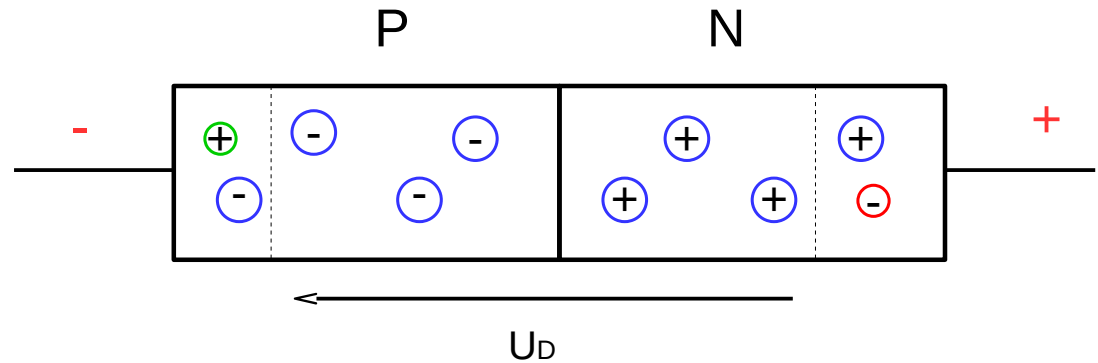


11.1. Félvezetők

Záró előfeszítés



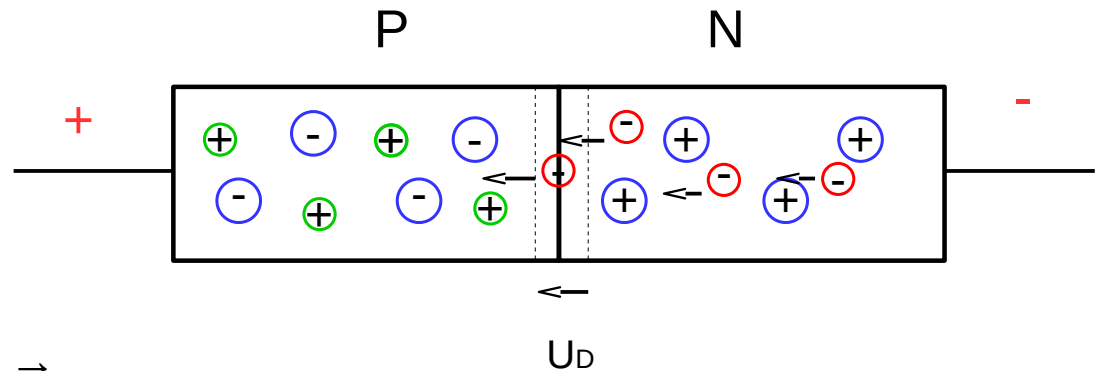
U_D hatását erősíti \rightarrow szélesebb kiürített réteg \rightarrow nem folyik áram



Nyitó előfeszítés




U_D hatását lerontja, ha elég nagy külső feszültség akkor teljesen semlegesíti \rightarrow kiürített réteg eltűnik \rightarrow jó vezető lesz \rightarrow áram folyik !



11.2. Dióda

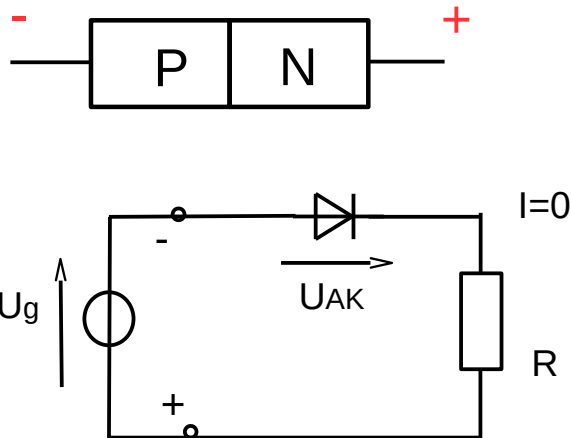
1. Dióda

- egy PN átmenetből álló félvezető alkatrész (+ külső tokozás és kivezetések)
- áram tehát csak akkor tud folyni rajta ha olyan külső feszültséget kapcsolunk rá, amely U_D hatását semlegesíti →
- egyik irányba vezeti az áramot, a másikba nem !!

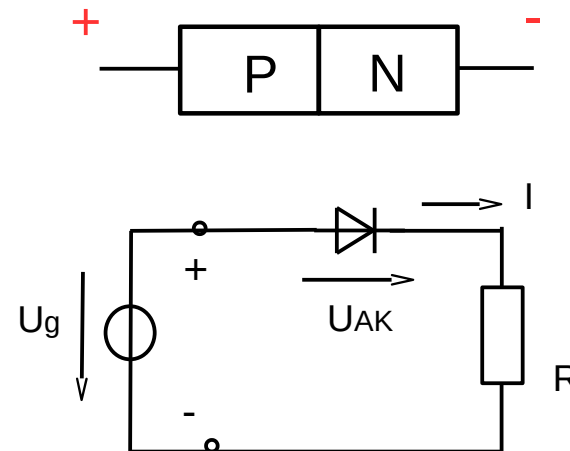
- rajzjele → 

Anód (p réteg) Katód (n réteg)

Záró előfeszítés



Nyitó előfeszítés



11.2. Dióda

2. Dióda karakterisztikája

nyitó irányban

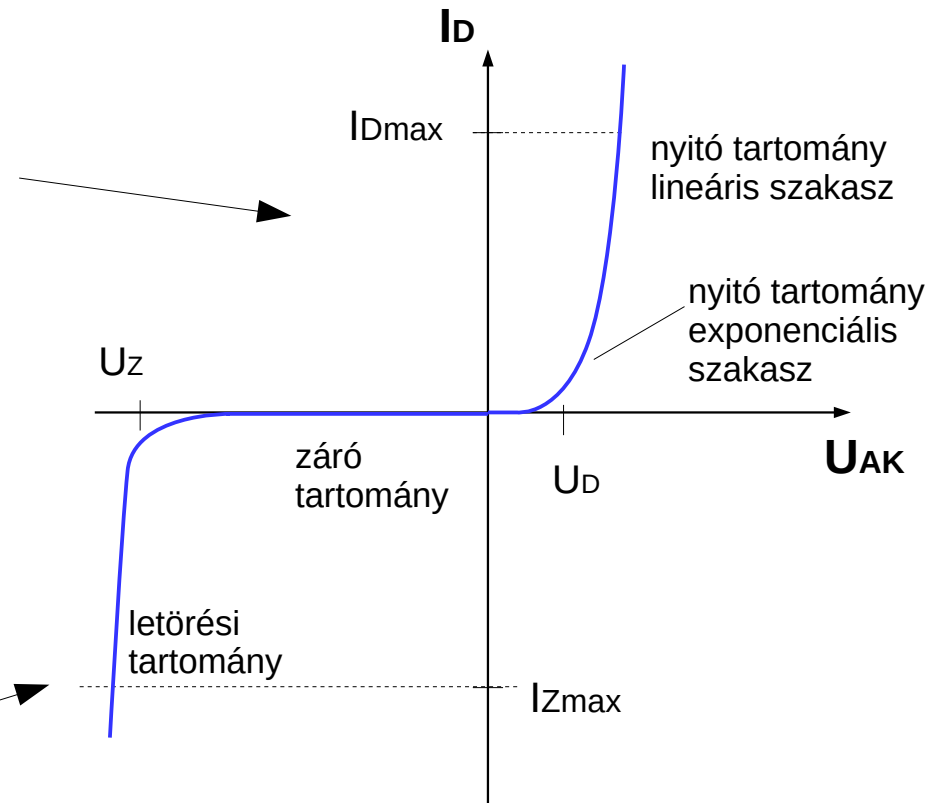
- vezeti az áramot
(egy kicsi nyitó feszültség felett $\rightarrow U_D$)
- ellenállása nagyon kicsi ($10-100\Omega$)

záró irányban

- nem vezet (egy viszonylag nagy letörési feszültségig $\rightarrow U_Z$)
- ellenállása nagyon nagy (néhány $M\Omega - G\Omega$)
- igazából egy nagyon kicsi ($\sim nA - pA$) áram folyik ilyenkor is

letörés

- nagy záró feszültség \rightarrow
nagy villamos tér \rightarrow vezetővé válik \rightarrow
- nagy áram folyhat \rightarrow károsodás !!
- két jelenség okozhatja:
lavina letörés vagy Zener-letörés



$U_D \sim 0,6V$ Si diódánál
 $\sim 0,3V$ Ge diódánál

11.2. Dióda

3. Dióda ellenállása

- ellenállása nagyon változó !
 - * nyitó tartományban → nagyon kicsi (10-100Ω)
 - * záró tartományban → nagyon nagy (néhány MΩ – GΩ)
 - * letörési tartományban → nagyon kicsi (néhány Ω) → nagy áram !!
- kétfajta ellenállás
 - * egyenáramú → $R_e = U_0 / I_0$ (U_0 , I_0 dióda feszültsége és árama)
 - * differenciális (váltakozó áramú) → $r_d = \Delta U / \Delta I \rightarrow r_d \approx U_T / I_0$
 U_T termikus feszültség (26-52 mV)

4. Dióda közelítő egyenlete

Ha $U_{AK} < U_D$ akkor a dióda árama →
$$I = I_s * \left(e^{\frac{U_{AK}}{U_T}} - 1 \right)$$

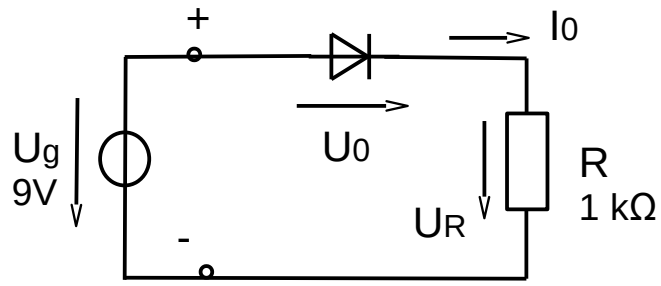
U_T termikus feszültség (26-52 mV)

I_s záróirányú áram (visszáram), néhány nA (Si diódánál)

(Ha $U_{AK} > U_D \rightarrow$ akkor a dióda karakterisztika közel lineáris)

11.2. Dióda

1. Mintafeladat:



$$U_D = U_0 = 0,6 \text{ V}$$

$$I_0 = ?$$

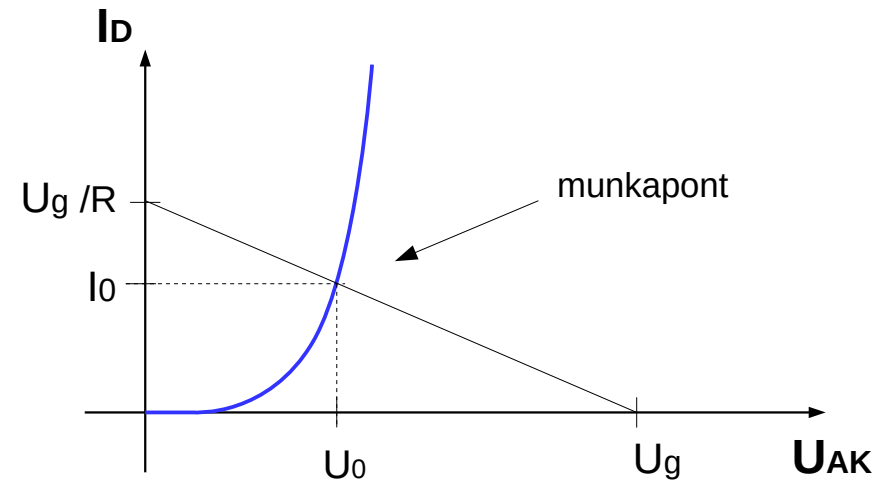
$$U_R = ?$$

Megoldás:

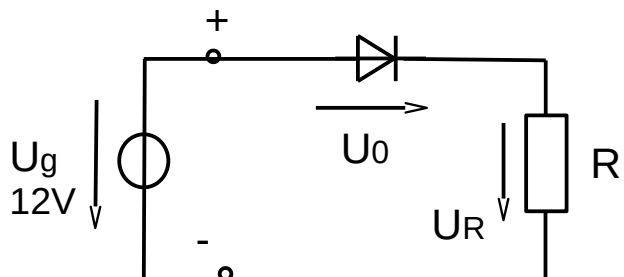
$$U_R = U_g - U_0$$

$$U_R = 9\text{V} - 0,6\text{V} = 8,4 \text{ V}$$

$$I_0 = U_R / R = 8,4 \text{ V} / 1 \text{ k}\Omega = 8,4 \text{ mA}$$



2. Mintafeladat:



$$U_D = U_0 = 0,7 \text{ V}$$

$$I_{D\max} = 100 \text{ mA}$$

$$R_{\min} = ?$$

Megoldás:

$$U_R = U_g - U_0$$

$$U_R = 12\text{V} - 0,7\text{V} = 11,3 \text{ V}$$

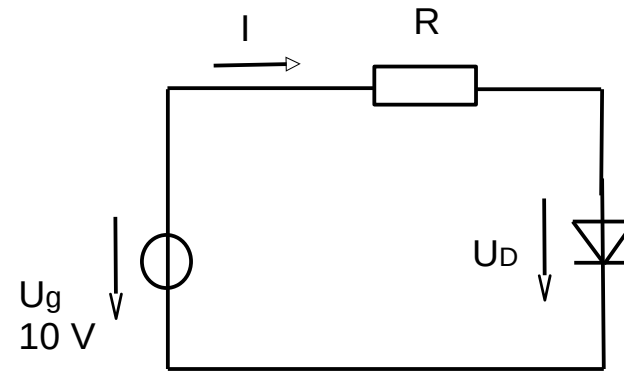
$$R_{\min} = U_R / I_{D\max} = 11,3 \text{ V} / 100 \text{ mA}$$

$$R_{\min} = 0,113 \text{ k}\Omega = 113 \Omega$$

11.3. Feladatok

1. feladat

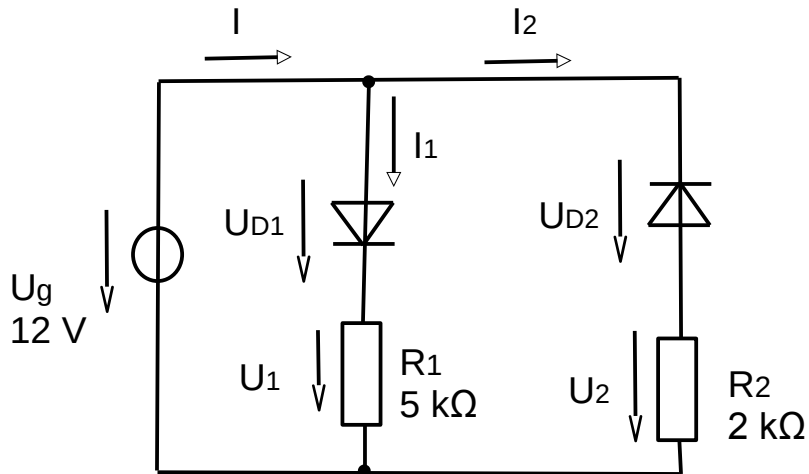
Mekkora értékű R , ha a dióda árama $I_D = 10 \text{ mA}$?



$U_D = 0,7 \text{ V}$,
ha $I_D = 10 \text{ mA}$

2. feladat

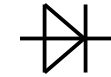
Mekkora értékű U_1 , I_1 , I_2 , U_2 , I ?



11.4. Dióda típusok

egyenirányító dióda

- normál dióda,
- egyenirányításra (váltakozó áramból → egyenáram)
- védelmi célra (polaritáscsere ellen, túlfeszültség ellen)



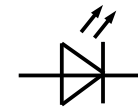
Zener-dióda

- nyitó tartományban normál dióda, de zárótartományban üzemeltetjük
- letörési feszültség alacsony (pl. 5,1V 9,1V ...)
- feszültségstabilizálásra használjuk (letörési karakterisztika nagyon meredek !)



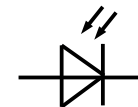
LED

- „világító” dióda (fény kibocsájtó) nyitó irányban
- anyaga valamilyen vegyület (pl. GaAs), anyagától függ a színe és nyitó feszültsége
- nyitófeszültsége magasabb, jellemzően 1,5 – 2V (de nagyobb is lehet)



fotodióda

- fényérzékeny dióda
- záróirányban a fényerősséggel arányos az árama



11.4. Dióda típusok

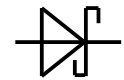
kapacitásdióda (varicap)

- a PN átmenetnek kapacitása is van → (a kiürített réteg szélessége befolyásolja)
- záróirányban a feszültséggel szabályozható a kapacitás



Schottky dióda

- nem PN-átmenet, hanem fém-félvezető átmenet (arany - „n” réteg)
- nagyon gyors működésű → nagyon nagy frekvenciákon is jó (GHz)
- nyitófeszültség alacsony ~ 0,3V



Laser dióda

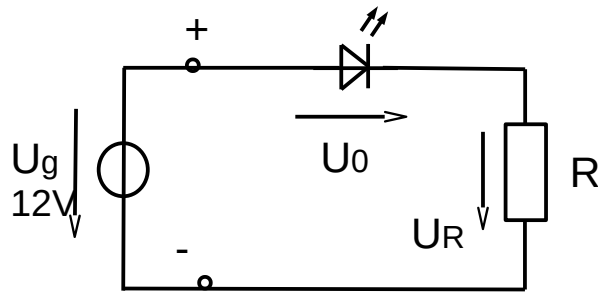
- ez is „világító” (fény kibocsájtó) dióda nyitó irányban mint a LED, DE irányított, koherens fényt hoz létre

túsdióda

- nagyon kicsi PN-átmenet
- nagyon kicsi kapacitás → nagy frekvenciákon is jó működés

11.4. Dióda típusok

1. Mintafeladat:



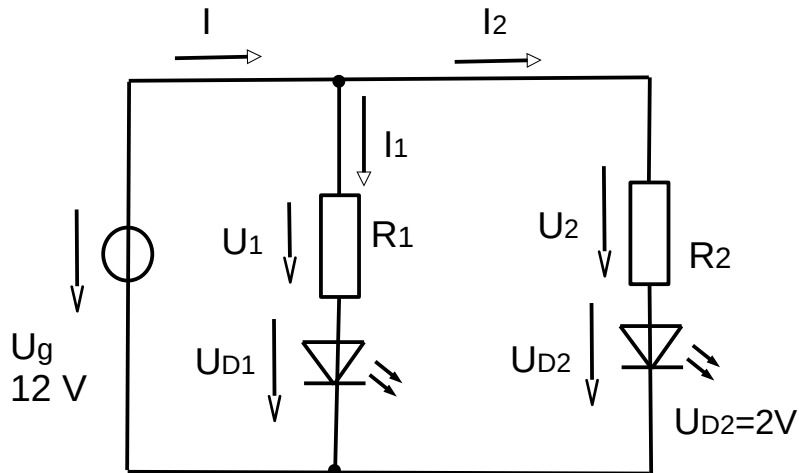
$$U_D = U_0 = 2 \text{ V}$$
$$I_{D\max} = 50 \text{ mA}$$
$$R_{\min} = ?$$

Megoldás:

$$U_R = U_g - U_0$$
$$U_R = 12 \text{ V} - 2 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

$$R_{\min} = U_R / I_{D\max} = 10 \text{ V} / 50 \text{ mA} = 0,2 \text{ k}\Omega$$

2. Mintafeladat:



$$U_{D1} = 1,8 \text{ V (piros LED)}$$
$$I_1 = 6 \text{ mA}$$
$$U_{D2} = 2 \text{ V (zöld LED)}$$
$$I_2 = 5 \text{ mA}$$
$$R_1 = ?$$
$$R_2 = ?$$

Megoldás:

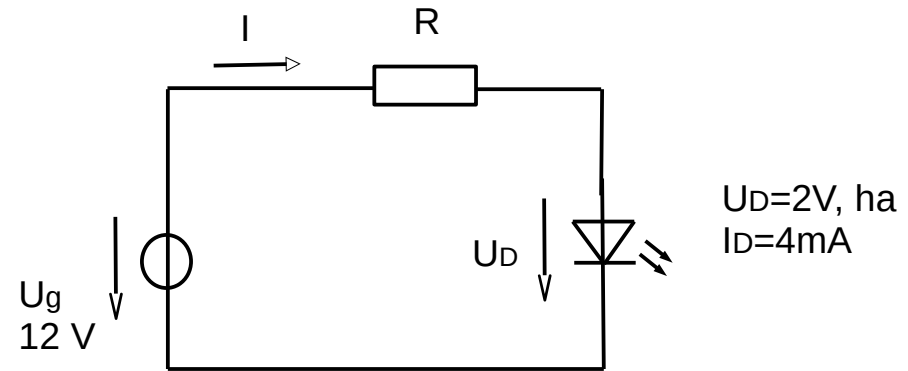
$$U_1 = U_g - U_{D1} = 12 \text{ V} - 1,8 \text{ V} = 10,2 \text{ V}$$
$$U_2 = U_g - U_{D2} = 12 \text{ V} - 2 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

$$R_1 = U_1 / I_1 = 10,2 \text{ V} / 6 \text{ mA} = 1,7 \text{ k}\Omega$$
$$R_2 = U_2 / I_2 = 10 \text{ V} / 5 \text{ mA} = 2 \text{ k}\Omega$$

11.5. Feladatok

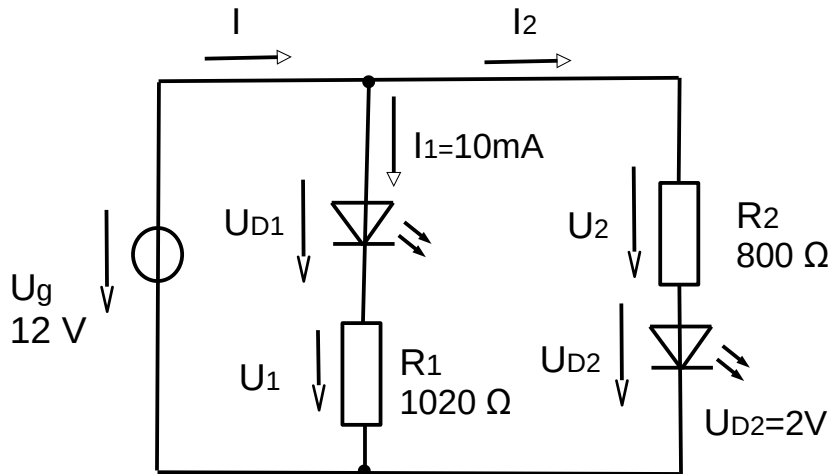
1. feladat

Mekkora értékű R , ha a LED árama $I_D = 4\text{mA}$?



2. feladat

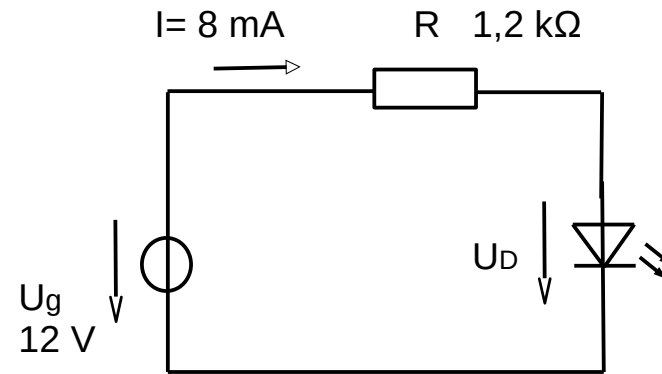
Mekkora értékű U_1 , U_{D1} , I_2 , U_2 , I ?



11.5. Feladatok

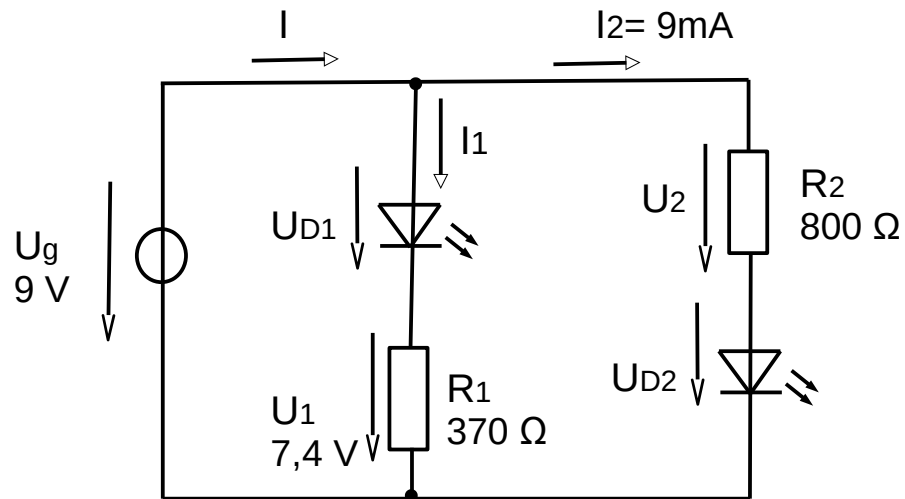
3. feladat

Mekkora a LED feszültsége ?



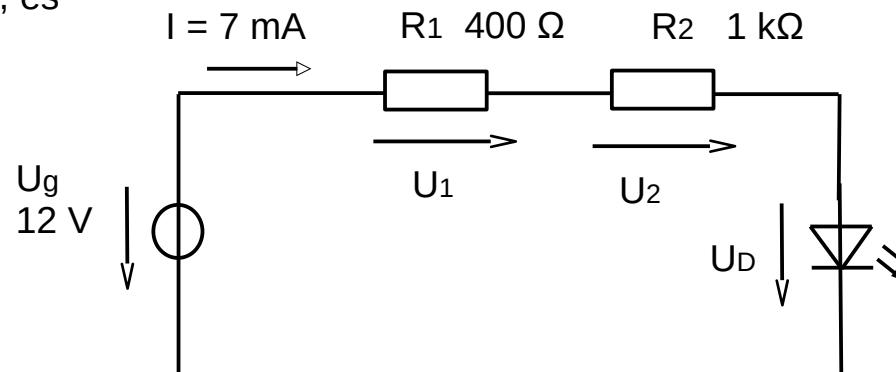
4. feladat

Mekkora értékű U_{D1} , I_1 , U_2 , I , U_{D2} ?



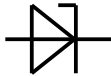
11.6. Ismétlő kérdések, feladatok

1. Félvezetők jellemzői. Mi a termikus töltéshordozó, mi a rekombináció ?
2. Félvezetők szennyezése. Mi a különbség az N típusú és a P típusú szennyezés között ?
Mi lesz a szennyezések hatása ?
3. A dióda jellemzői, működése. Rajzold le a dióda feszültség-áram karakterisztikáját !
Milyen tartományokból áll, melyikben mi jellemző a dióda ellenállására és áramára ?
4. Mennyi lesz az ellenállások, és a LED feszültsége az alábbi áramkörben ?



11.7. Zener-dióda

Zener-dióda jellemzői

- nyitó tartományban normál dióda, de zárótartományban üzemeltetjük
- letörési feszültség alacsony →
tipikus letörési feszültségek: 4,3V 4,7V 5,1V 5,6V 6,2V 6,8V 8,2V 9,1V 10V 12V 15V
- feszültségstabilizálásra használjuk (letörési karakterisztika nagyon meredek !)
- rajzjele: 

Zener-dióda karakterisztikája

$I_{zmax} - U_{zmax}$

$I_{zmin} - U_{zmin}$

pl. ZY5,6 → $U_{zk} = 5,6V$
 $U_{zmax} = 6V$ $U_{zmin} = 5,2V$
 $I_{zmax} = 250mA$ $I_{zmin} = 20mA$

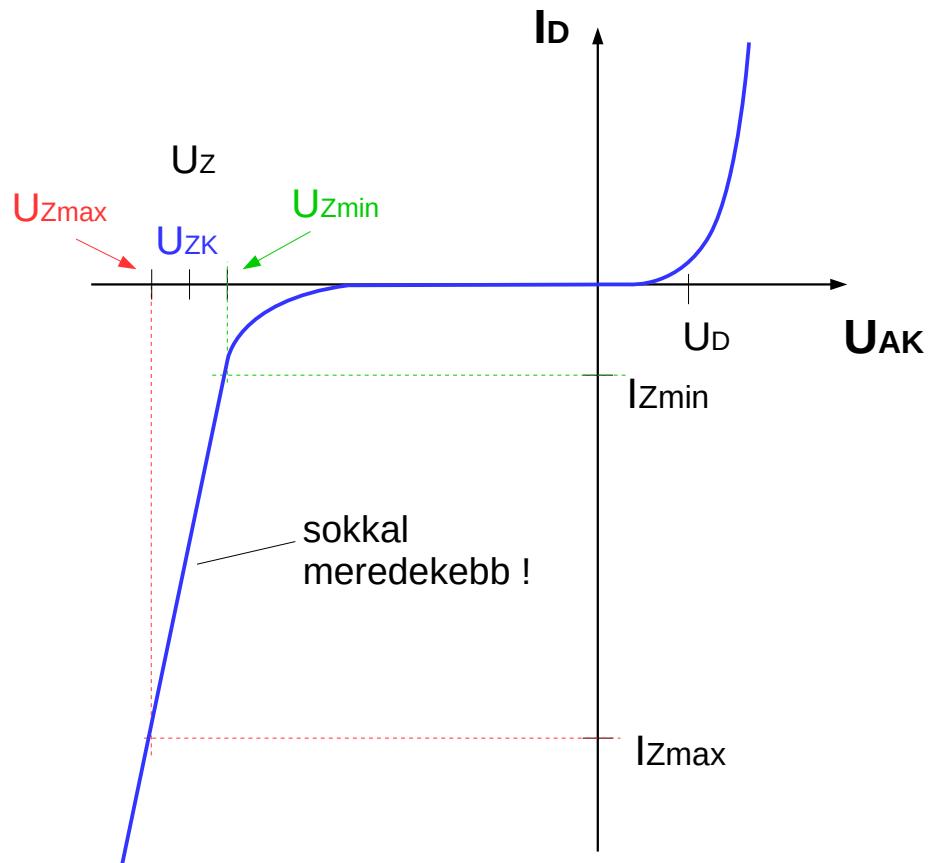
Ellenállása letörési tartományban

$$r_z = (U_{zmax} - U_{zmin}) / (I_{zmax} - I_{zmin})$$

pl. $r_z = (6V - 5,2V) / (250mA - 20mA) = 3,5\Omega$

Egyenlete letörési tartományban

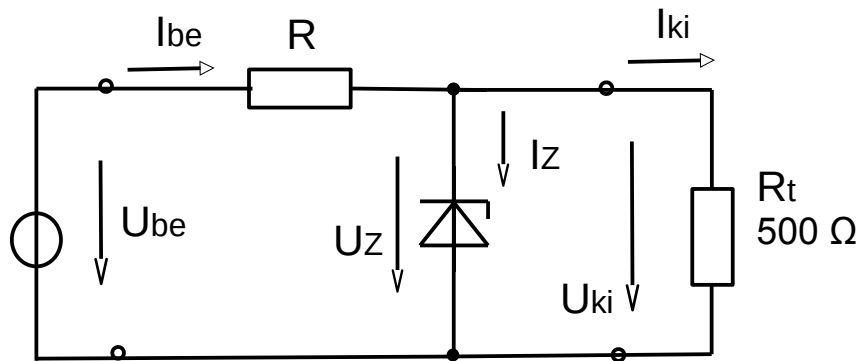
$$U_z = U_{zmin} + r_z \cdot I_z$$



11.7. Zener-dióda

1. Mintafeladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



$$U_{ZK} = 8,2 \text{ V}$$

$$I_{Z\max} = 240 \text{ mA}$$

$$I_{Z\min} = 20 \text{ mA}$$

$$U_{Z\max} = 8,6 \text{ V}$$

$$U_{Z\min} = 7,8 \text{ V}$$

- Zener dióda differenciális ellenállása (r_z) ?

- $R = ?$ ha

$$U_{ki} = 8,2 \text{ és } U_{be} = 12 \text{ V és } I_z = 130 \text{ mA}$$

Felhasznált összefüggések:

$$r_z = (U_{Z\max} - U_{Z\min}) / (I_{Z\max} - I_{Z\min})$$

$$I_{be} = I_{ki} + I_z$$

$$I_{ki} = U_z / R_t$$

$$U_{be} = U_z + R \cdot I_{be}$$

Megoldás:

$$r_z = (8,6 \text{ V} - 7,8 \text{ V}) / (240 \text{ mA} - 20 \text{ mA}) = 3,64 \text{ } \Omega$$

$$I_{ki} = U_{ki} / R_t = 8,2 \text{ V} / 500 \text{ } \Omega = 16,4 \text{ mA}$$

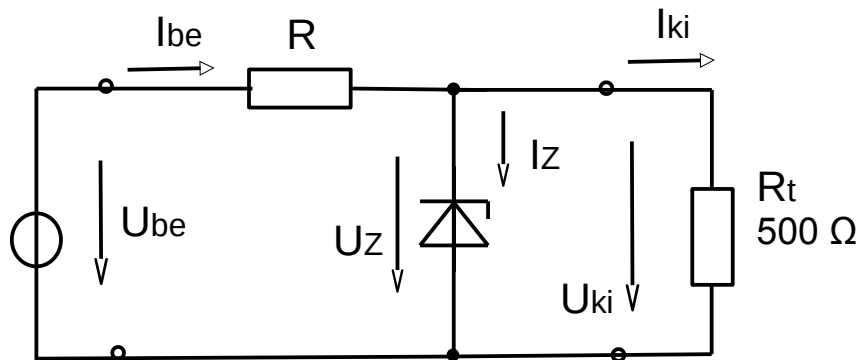
$$I_{be} = I_{ki} + I_z = 16,4 \text{ mA} + 130 \text{ mA} = 146,4 \text{ mA}$$

$$R = (U_{be} - U_z) / I_{be} = 3,8 \text{ V} / 146,4 \text{ mA} = 25,96 \text{ } \Omega$$

11.7. Zener-dióda

2. Mintafeladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



$$U_{ZK} = 8,2 \text{ V}$$

$$I_{Z\max} = 200 \text{ mA}$$

$$I_{Z\min} = 10 \text{ mA}$$

$$R = 30 \Omega$$

$$U_{Z\max} = 8,6 \text{ V}$$

$$U_{Z\min} = 7,8 \text{ V}$$

- Zener dióda differenciális ellenállása (r_z) ?
- Maximális és minimális bemeneti feszültség ? $U_{b\max} = ?$ és $U_{b\min} = ?$

Felhasznált összefüggések:

$$r_z = (U_{Z\max} - U_{Z\min}) / (I_{Z\max} - I_{Z\min})$$

$$I_{be} = I_{ki} + I_Z$$

$$I_{ki} = U_Z / R_t$$

$$U_{be} = U_Z + R * I_{be}$$

Megoldás:

$$r_z = (8,6\text{V} - 7,8\text{V}) / (200\text{mA} - 10\text{mA}) = 4,21 \Omega$$

$$I_{k\max} = U_{k\max} / R_t = 8,6 \text{ V} / 500 \Omega = 17,2 \text{ mA}$$

$$I_{k\min} = U_{k\min} / R_t = 7,8 \text{ V} / 500 \Omega = 15,6 \text{ mA}$$

$$I_{b\max} = I_{k\max} + I_{Z\max} = 17,2 + 200 \text{ mA} = 217,2 \text{ mA}$$

$$I_{b\min} = I_{k\min} + I_{Z\min} = 15,6 + 10 \text{ mA} = 25,6 \text{ mA}$$

$$U_{b\max} = U_{Z\max} + R * I_{b\max}$$

$$U_{b\max} = 8,6\text{V} + 30 \Omega * 217,2 \text{ mA} = 15,12 \text{ V}$$

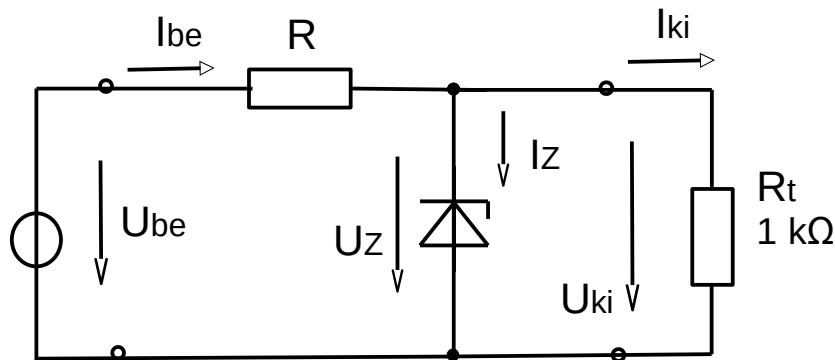
$$U_{b\min} = U_{Z\min} + R * I_{b\min}$$

$$U_{b\min} = 7,8\text{V} + 30 \Omega * 25,6 \text{ mA} = 8,57 \text{ V}$$

11.7. Zener-dióda

3. Mintafeladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör,
 U_Z fix értékű (közelítés)



$$I_{be} = I_{ki} + I_Z$$

$$I_{be\max} - I_{ki} < I_{Z\max}$$

$$I_{be\max} = (U_{be\max} - U_Z) / R$$

$$R_{\min} \approx (U_{be\max} - U_Z) / (I_{ki} + I_{Z\max})$$

$$R_{\min} = (10 - 5,1 \text{ V}) / (5,1 + 200 \text{ mA})$$

$$R_{\min} = 4,9 \text{ V} / 205,1 \text{ mA}$$

$$R_{\min} = 0,023891 \text{ k}\Omega = 23,891 \Omega$$

U_{be} változhat 7 és 10V között !

$$U_Z = U_{ZK} = 5,1 \text{ V}$$

$$I_{Z\max} = 200 \text{ mA} \quad I_{Z\min} = 1 \text{ mA}$$

R ellenállás minimális és maximális értéke
mennyi ? $R_{\min} = ?$ $R_{\max} = ?$

Megoldás:

$$U_{ki} = U_Z = 5,1 \text{ V}$$

$$I_{ki} = U_{ki} / R_t = 5,1 \text{ V} / 1 \text{ k}\Omega = 5,1 \text{ mA}$$

Követelmények !!

$$I_{be\min} - I_{ki} > I_{Z\min}$$

$$I_{be\min} = (U_{be\min} - U_Z) / R$$

$$R_{\max} \approx (U_{be\min} - U_Z) / (I_{ki} + I_{Z\min})$$

$$R_{\max} = (7 - 5,1 \text{ V}) / (5,1 + 1 \text{ mA})$$

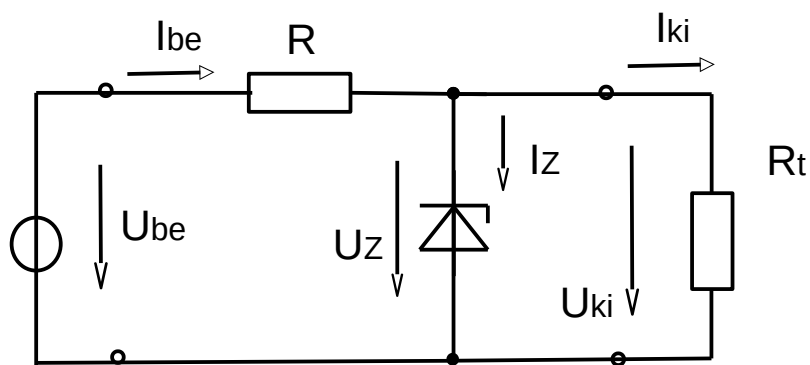
$$R_{\max} = 1,9 \text{ V} / 6,1 \text{ mA}$$

$$R_{\max} = 0,3115 \text{ k}\Omega = 311,5 \Omega$$

11.7. Zener-dióda

4. Mintafeladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör,
 U_Z fix értékű (közelítés), R_t változhat



$$I_{be} = I_{ki} + I_Z$$

$$I_{bemax} - I_{kimin} < I_{Zmax}$$

$$I_{bemax} = (U_{bemax} - U_{ZK}) / R$$

$$R_{min} \approx (U_{bemax} - U_{ZK}) / (I_{kimin} + I_{Zmax})$$

$$R_{min} = (10V - 5,6V) / (0 + 250mA)$$

$$R_{min} = 0,0176 \text{ k}\Omega = 17,6 \Omega$$

U_{be} változhat 8 és 10V között !

$$U_Z = U_{ZK} = 5,6 \text{ V}$$

$$I_{Zmax} = 250 \text{ mA}$$

$$I_{Zmin} = 20 \text{ mA}$$

$$I_{kimax} = 60 \text{ mA}$$

$$I_{kimin} = 0 \text{ mA}$$

$$(R_t > 100 \Omega)$$

$$R_{min} = ? \quad R_{max} = ?$$

Megoldás:

$$U_{ki} = U_Z = 5,6 \text{ V}$$

Követelmények !!

$$I_{bemin} - I_{kimax} > I_{Zmin}$$

$$I_{bemin} = (U_{bemin} - U_{ZK}) / R$$

$$R_{max} \approx (U_{bemin} - U_{ZK}) / (I_{kimax} + I_{Zmin})$$

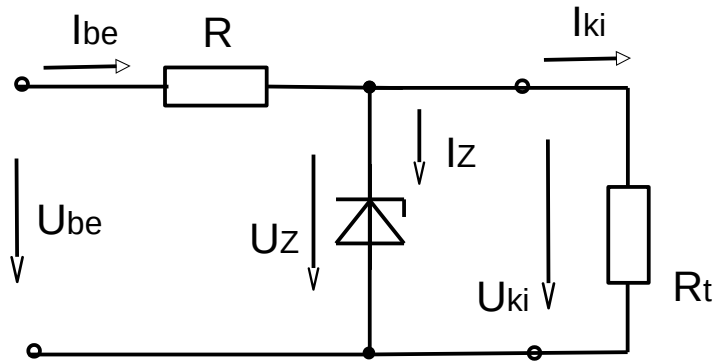
$$R_{max} = (8V - 5,6V) / (60mA + 20mA)$$

$$R_{max} = 0,03 \text{ k}\Omega = 30 \Omega$$

11.8. Feladatok

1. Feladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



$$U_{ZK} = 12 \text{ V}$$

$$R_t = 600 \Omega$$

$$I_{Z\max} = 30 \text{ mA}$$

$$U_{Z\max} = 12,6 \text{ V}$$

$$I_{Z\min} = 4 \text{ mA}$$

$$U_{Z\min} = 11,4 \text{ V}$$

- Zener dióda differenciális ellenállása (r_z) ?

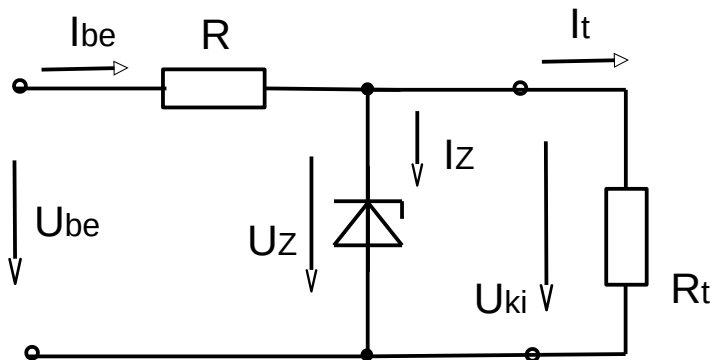
- $R = ?$ ha

$$U_{ki} = 12 \text{ V} \text{ és } U_{be} = 26 \text{ V} \text{ és } I_z = 17 \text{ mA}$$

- $U_{b\max} = ?$ és $U_{b\min} = ?$

2. Feladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



$$U_{ZK} = 15 \text{ V}$$

$$R_t = 2 \text{ k}\Omega$$

$$I_{Z\max} = 25 \text{ mA}$$

$$U_{Z\max} = 15,6 \text{ V}$$

$$I_{Z\min} = 5 \text{ mA}$$

$$U_{Z\min} = 14,4 \text{ V}$$

- Zener dióda differenciális ellenállása (r_z) ?

- $R = ?$ ha

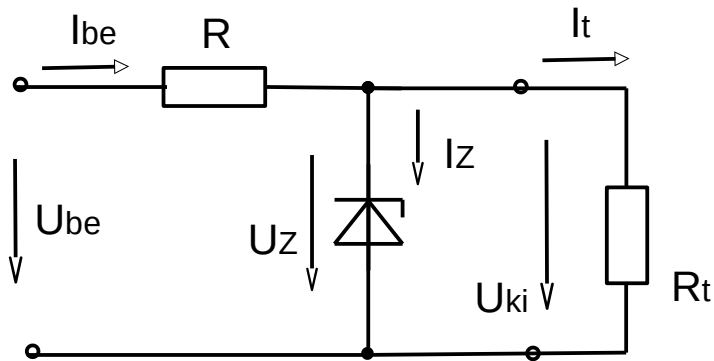
$$U_{ki} = 15 \text{ V} \text{ és } U_{be} = 22 \text{ V} \text{ és } I_z = 15 \text{ mA}$$

- $U_{b\max} = ?$ és $U_{b\min} = ?$

11.8. Feladatok

3. Feladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



$$U_{be} = 16 \pm 2 \text{ V}$$

$$U_{ZK} = 10 \text{ V}$$

$$I_{Zmin} = 5 \text{ mA}$$

$$I_{tmin} = 0 \text{ mA}$$

$$- R_{min} = ?$$

$$- R = ? \text{ ha}$$

$$P_{Zmax} = 0,6 \text{ W}$$

$$r_z = 10 \Omega$$

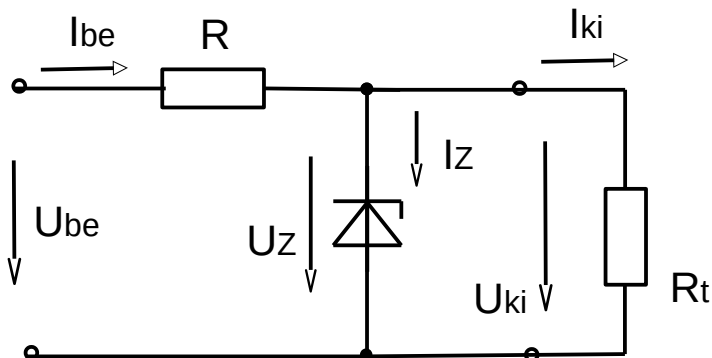
$$I_{tmax} = 20 \text{ mA}$$

$$R_{max} = ?$$

$$U_{be} = 16 \text{ V} \quad \text{és} \quad I_t = 10 \text{ mA}$$

4. Feladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



U_{be} változhat 11 és 14V között !

$$U_Z = U_{ZK} = 8,2 \text{ V}$$

$$I_{Zmax} = 220 \text{ mA}$$

$$I_{Zmin} = 20 \text{ mA}$$

$$I_{kimax} = 50 \text{ mA}$$

$$I_{kimin} = 0 \text{ mA}$$

$$R_{min} = ?$$

$$R_{max} = ?$$

11.8. Feladatok

1. Feladat, megoldás:

Egyszerű feszültség stabilizátor

$$\begin{aligned}U_{ZK} &= 12 \text{ V} & R_t &= 600 \text{ } \Omega \\I_{Z\max} &= 30 \text{ mA} & U_{Z\max} &= 12,6 \text{ V} \\I_{Z\min} &= 4 \text{ mA} & U_{Z\min} &= 11,4 \text{ V}\end{aligned}$$

$$- r_z = ?$$

$$- R = ? \text{ ha}$$

$$U_{ki} = 12\text{V} \text{ és } U_{be} = 26\text{V}$$

$$\text{és } I_z = 17 \text{ mA}$$

$$- U_{b\max} = ? \text{ és } U_{b\min} = ?$$

$$r_z = (12,6\text{V} - 11,4\text{V}) / (30\text{mA} - 4\text{mA}) = 46,15 \text{ } \Omega$$

$$I_{ki} = U_{ki} / R_t = 12 \text{ V} / 600 \text{ } \Omega = 20 \text{ mA}$$

$$I_{k\max} = U_{k\max} / R_t = 12,6 \text{ V} / 600 \text{ } \Omega = 21 \text{ mA}$$

$$I_{k\min} = U_{k\min} / R_t = 11,4 \text{ V} / 600 \text{ } \Omega = 19 \text{ mA}$$

$$I_{be} = I_{ki} + I_z = 20 \text{ mA} + 17 \text{ mA} = 37 \text{ mA}$$

$$R = (U_{be} - U_z) / I_{be} = 14\text{V} / 37\text{mA} = 378,4 \text{ } \Omega$$

$$I_{b\max} = I_{k\max} + I_{Z\max} = 51 \text{ mA}$$

$$I_{b\min} = I_{k\min} + I_{Z\min} = 23 \text{ mA}$$

$$U_{b\max} = U_{Z\max} + R * I_{b\max}$$

$$U_{b\max} = 12,6\text{V} + 378,4 \text{ } \Omega * 51 \text{ mA} = 31,9 \text{ V}$$

$$U_{b\min} = U_{Z\min} + R * I_{b\min}$$

$$U_{b\min} = 11,4\text{V} + 378,4 \text{ } \Omega * 23 \text{ mA} = 20,1 \text{ V}$$

2. Feladat, megoldás:

Egyszerű feszültség stabilizátor

$$\begin{aligned}U_{ZK} &= 15 \text{ V} & R_t &= 2 \text{ k}\Omega \\I_{Z\max} &= 25 \text{ mA} & U_{Z\max} &= 15,6 \text{ V} \\I_{Z\min} &= 5 \text{ mA} & U_{Z\min} &= 14,4 \text{ V}\end{aligned}$$

$$- r_z = ?$$

$$- R = ? \text{ ha}$$

$$U_{ki} = 15\text{V} \text{ és } U_{be} = 22\text{V}$$

$$\text{és } I_z = 15 \text{ mA}$$

$$- U_{b\max} = ? \text{ és } U_{b\min} = ?$$

$$r_z = (15,6\text{V} - 14,4\text{V}) / (25\text{mA} - 5\text{mA}) = 60 \text{ } \Omega$$

$$I_{ki} = U_{ki} / R_t = 15 \text{ V} / 2000 \text{ } \Omega = 7,5 \text{ mA}$$

$$I_{k\max} = U_{k\max} / R_t = 15,6 \text{ V} / 2000 \text{ } \Omega = 7,8 \text{ mA}$$

$$I_{k\min} = U_{k\min} / R_t = 14,4 \text{ V} / 2000 \text{ } \Omega = 7,2 \text{ mA}$$

$$I_{be} = I_{ki} + I_z = 7,5 \text{ mA} + 15 \text{ mA} = 22,5 \text{ mA}$$

$$R = (U_{be} - U_z) / I_{be} = 7\text{V} / 22,5\text{mA} = 311,1 \text{ } \Omega$$

$$I_{b\max} = I_{k\max} + I_{Z\max} = 32,8 \text{ mA}$$

$$I_{b\min} = I_{k\min} + I_{Z\min} = 12,2 \text{ mA}$$

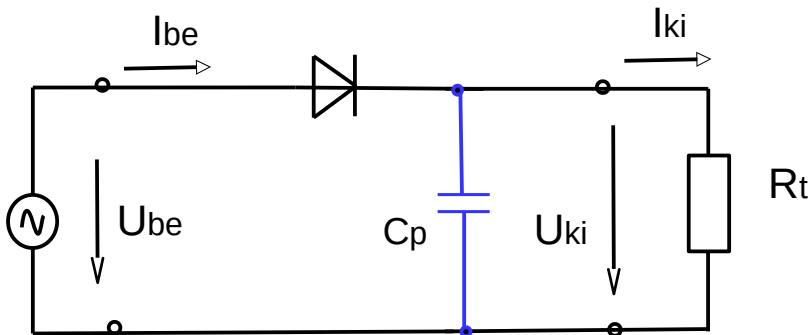
$$U_{b\max} = 15,6\text{V} + 311,1\Omega * 32,8 \text{ mA} = 25,8 \text{ V}$$

$$U_{b\min} = 14,4\text{V} + 311,1 \text{ } \Omega * 12,2 \text{ mA} = 18,19 \text{ V}$$

11.9. Egyenirányítók

1. Egy utas, egy ütemű egyenirányító

A dióda az egyik félperiódusban nyitó előfeszítést kap, a másik félperiódusban záró előfeszítést → csak az egyik félperiódusban folyik áram a kimeneten



Kondenzátor nélkül nem igazán jó !!
nem lesz stabil egyen feszültség

Megfelelően nagy kapacitású kondenzátort alkalmazva (puffer kondenzátor) a feszültség ingadozás jelentősen csökkenthető

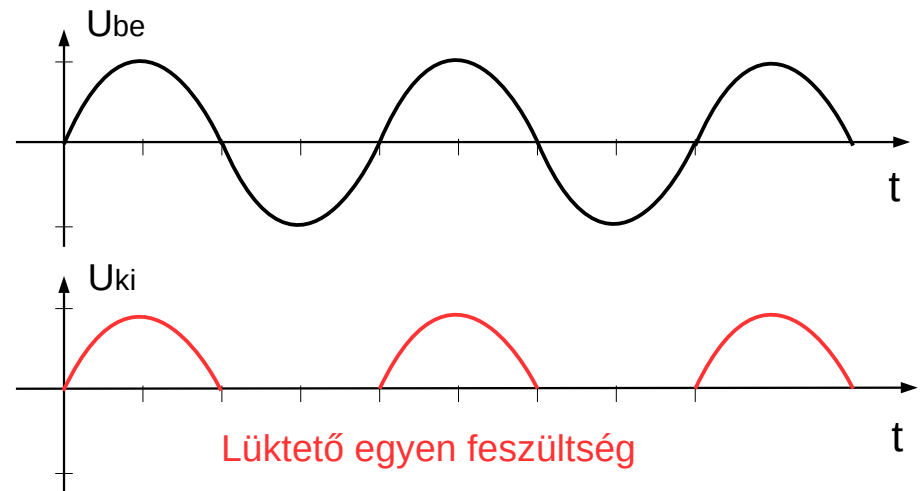
Üresjárási kimeneti feszültség

$$\hat{U}_{ki\ddot{u}} = \hat{U}_{be} - U_D$$

Búgó feszültség

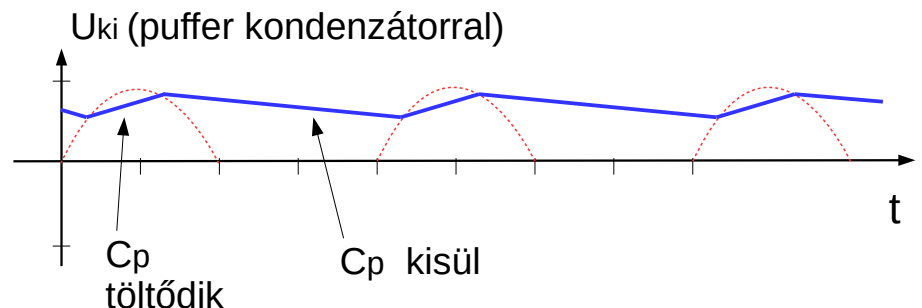
A kimeneti feszültség ingadozása

$$U_B \approx I_{ki} / (C_p * f)$$



Hatásfok (η)

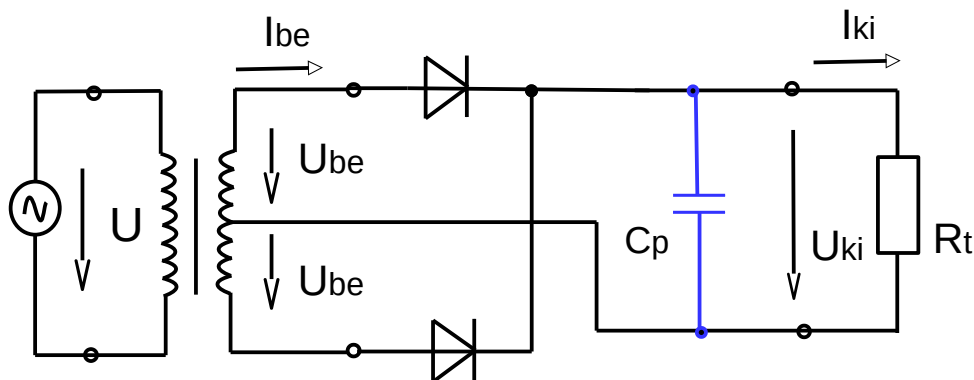
$$U_{ki_átlag} \approx \hat{U}_{be} / \pi \rightarrow \eta \approx 40\%$$



11.9. Egyenirányítók

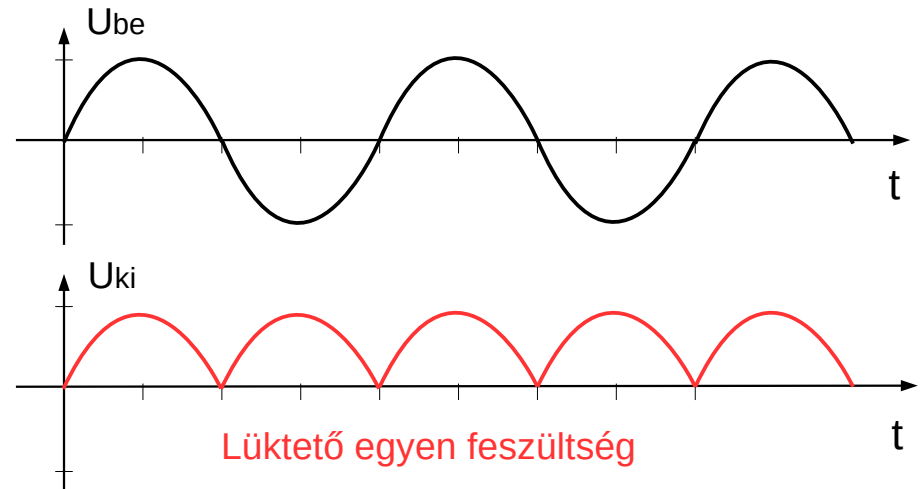
2. Kétütemű, középleágazásos egyenirányító

Egyik félperiódusban az egyik, másik félperiódusban a másik dióda kap nyitó előfeszítést → mindkét félperiódusban folyik áram a kimeneten



Kondenzátor nélkül

Puffer kondenzátorral



Hatásfok (η)

$$U_{ki_átlag} \approx 2 \cdot \hat{U}_{be} / \pi \rightarrow \eta \approx 80\%$$

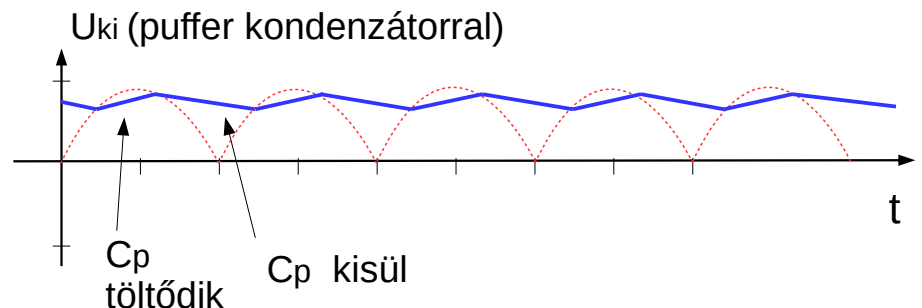
Búgó feszültség

A kimeneti feszültség ingadozása most jóval kisebb mint az egyutas esetén !

$$U_B \approx I_{ki} / (2 \cdot C_p \cdot f)$$

Hátránya:

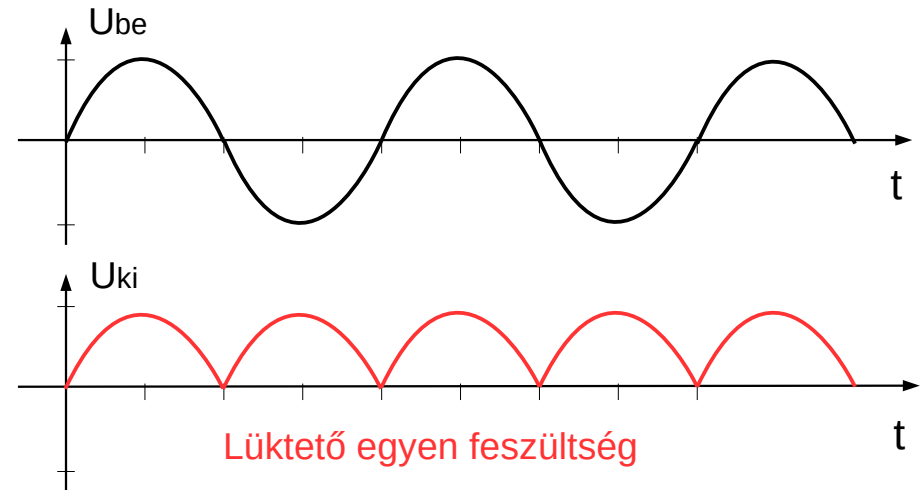
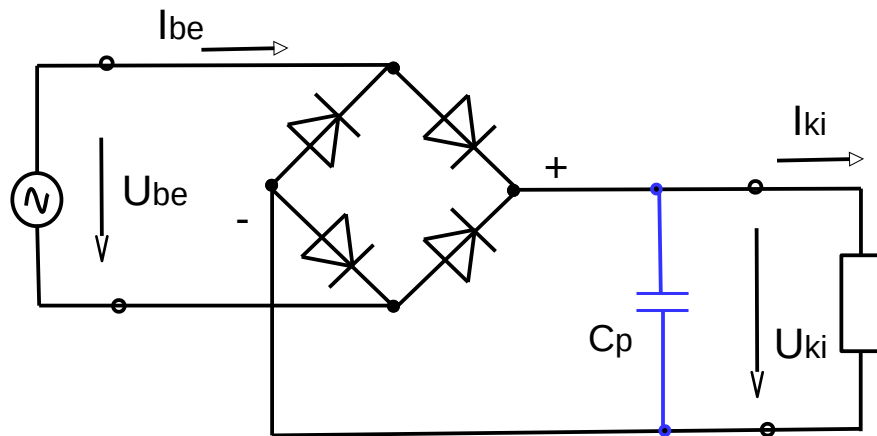
Speciális transzformátor kell !



11.9. Egyenirányítók

3. Kétutas, kétütemű, Graetz egyenirányító

Hídkapcsolás 4db diódával, egyik félperiódusban az egyik 2db, másik félperiódusban a másik 2db dióda kap nyitó előfeszítést → mindkét félperiódusban folyik áram a kimeneten.



Üresjárási kimeneti feszültség

$$\hat{U}_{kiü} = \hat{U}_{be} - 2 \cdot U_D$$

Kondenzátor nélkül

Puffer kondenzátorral

Hatásfok (η)

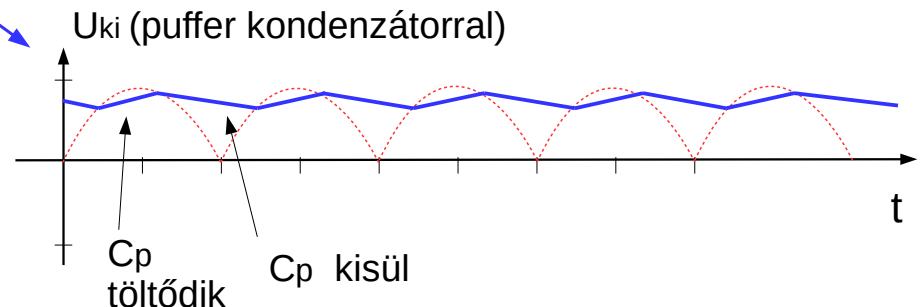
$$U_{ki_átlag} \approx 2 \cdot \hat{U}_{be} / \pi \rightarrow \eta \approx 80\%$$

Búgó feszültség

A kimeneti feszültség ingadozása most jóval kisebb mint az egyutas esetén !

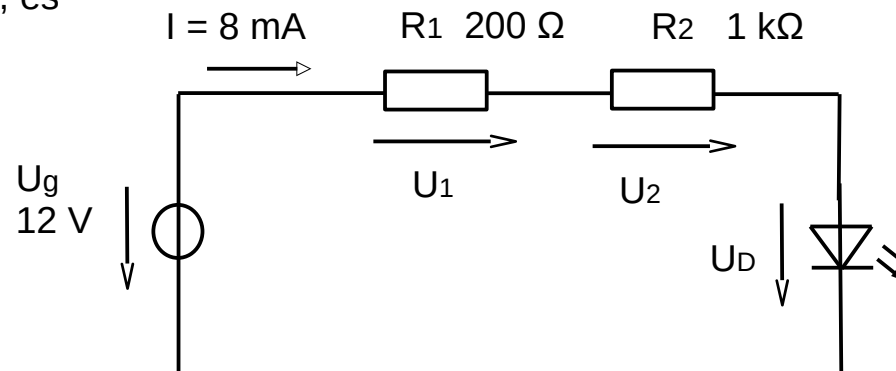
$$U_B \approx I_{ki} / (2 \cdot C_p \cdot f)$$

Nincs szükség speciális transzformátorra !!



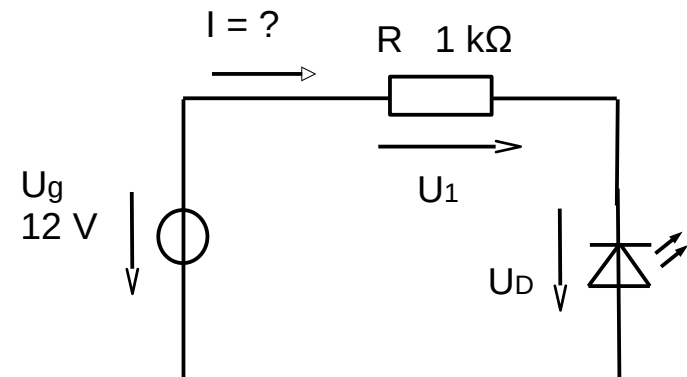
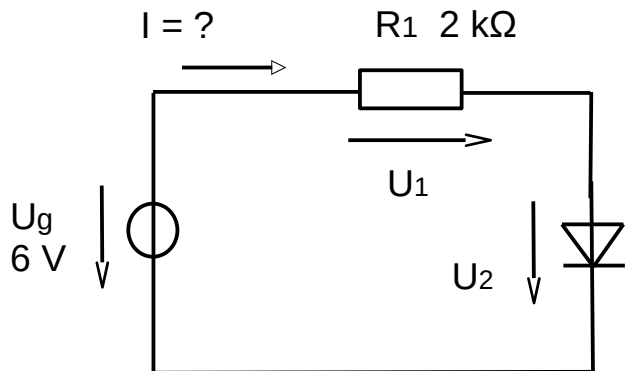
11.10. Ismétlő kérdések, feladatok

1. Félvezetők jellemzői. Mi a termikus töltéshordozó, mi a rekombináció ?
2. A dióda jellemzői, működése. Rajzold le a dióda feszültség-áram karakterisztikáját !
Milyen tartományokból áll, melyikben mi jellemző a dióda ellenállására és áramára ?
3. Mennyi lesz az ellenállások, és a LED feszültsége az alábbi áramkörben ?



11.10. Ismétlő kérdések, feladatok

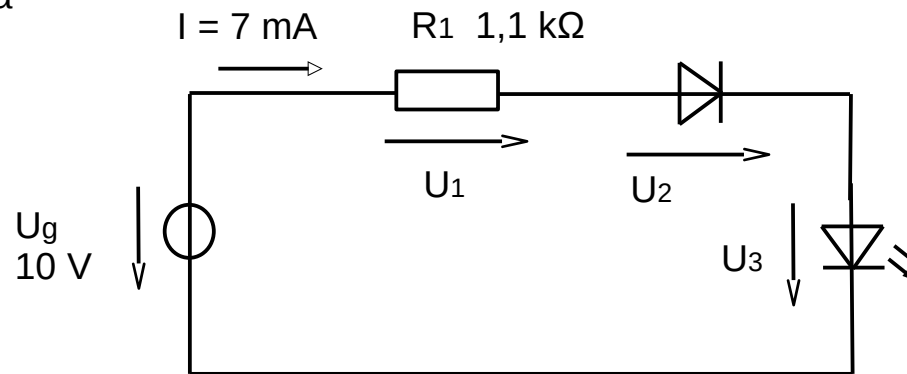
4. Írd le a következő dióda típusok fontosabb jellemzőit (rajzjele, mire használjuk, ...) !
Zener-dióda, fotódióda, tűsdióda
5. Rajzold le a Graetz-egyenirányító kapcsolást, és a kimenetének jelalakját, ha a bemenetére szinuszosan váltakozó feszültséget kapcsolunk ! Mi a kondenzátor szerepe?
6. Mennyi áram fog folyni az alábbi áramkörökben ?



11.11. Ismétlő kérdések, feladatok

1. Félvezetők szennyezése. Mi a különbség az N típusú és a P típusú szennyezés között ?
Mi lesz a szennyezések hatása ?

2. Mennyi lesz az ellenállás, a szilícium dióda és a LED feszültsége az alábbi áramkörben ?



3. A zener dióda jellemzői, működése. Rajzold le a zener dióda feszültség-áram karakterisztikáját ! Milyen tartományokból áll, melyikben mi jellemző a dióda ellenállására és áramára ?

11.11. Ismétlő kérdések, feladatok

4. Írd le a következő dióda típusok fontosabb jellemzőit !
LED, kapacitás dióda, Schottky-dióda
5. Rajzold le az egyutas, együtemű egyenirányító kapcsolást, és a kimenetének jelalakját, ha a bemenetére szinuszosan váltakozó feszültséget kapcsolunk ! Mi a kondenzátor szerepe?
Rajzolj le egy egyszerű zener-diódás feszültség stabilizátor kapcsolást !
6. Mennyi áram fog folyni az alábbi áramkörökben ?

