



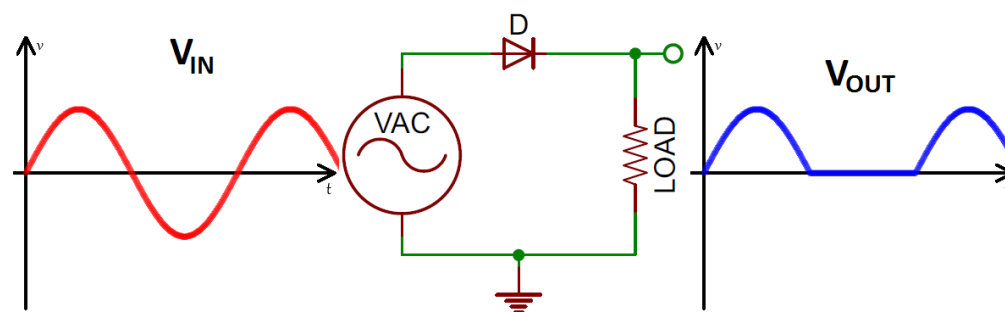
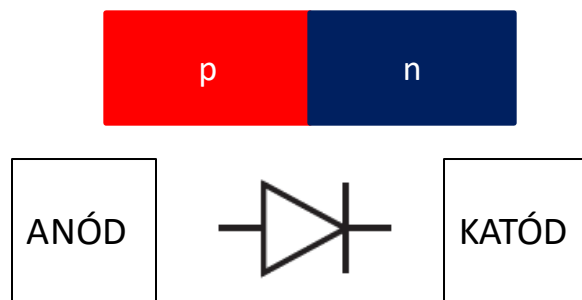
# Elektronika alapjai

## 3. Gyakorlat – Dióda

Összeállította:

Ress Sándor, Jani Lázár, Krammer Olivér, Straubinger Dániel

## pn átmenet vagy félvezető dióda - emlékeztető



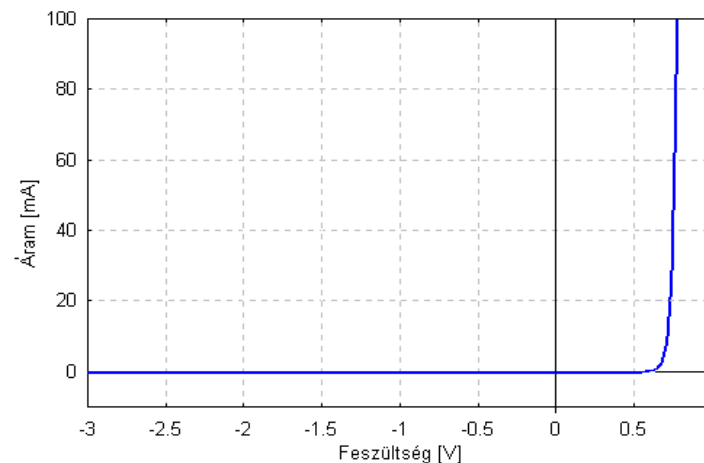
*Dióda egyenirányító jellege, illusztráció (váltakozó feszültségű forrás)*

- Ahol a kristályban egy n és egy p zóna érintkezik kialakul egy ún. **pn** átmenet.
  - A p vezetéssel területet szokásosan anódnak, az n vezetéssel részt katódnak hívjuk
  - Ha az anód pozitívabb feszültségű, mint a katód, az átmenet nagy árammal vezet, az áram nagyjából exponenciálisan nő a feszültséggel, a dióda *kinyit*
  - Ha az anód negatívabb feszültségű, mint a katód, az átmeneten nagyon kis áram folyik, a dióda *lezár*.
  - Erre mondjuk azt, hogy **EGYENIRÁNYÍT**.

## A dióda legfőbb tulajdonságai

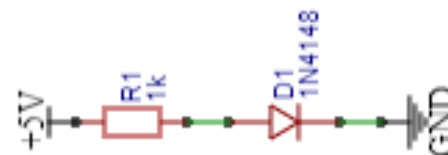
- Pozitív feszültségekre (p típusú anyag pozitívabb potenciálon, **nyitóirány**), a struktúrán a feszültségtől exponenciálisan függő áram folyik.
- Negatív feszültségekre (p oldal negatívabb, **záróirány**) a struktúrán nagyon kis, gyakorlatilag feszültségfüggetlen áram folyik.

**Záró  
(reverse)  
tartomány**  
 $I \sim 10^{-12}$   
A/mm<sup>2</sup>  
(Si, T=300 K)

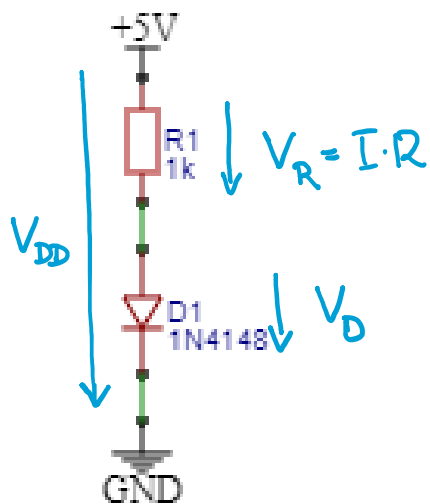


**Nyító (forward)  
tartomány**  
 $I \sim \exp(V)$

**1. Feladat** - Határozza meg az adott áramkörben a dióda feszültségét és áramát!

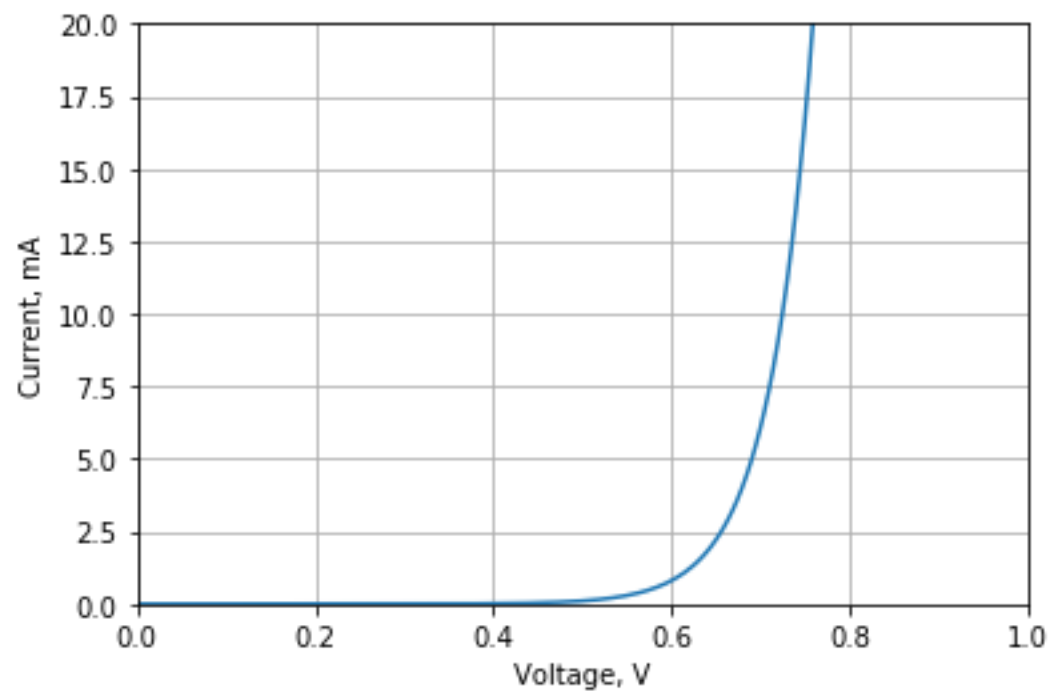


a) Grafikus megoldás – ha ismerjük a dióda karakterisztikáját

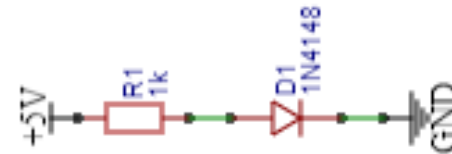


$$V_{DD} =$$

$$I = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$



**1. Feladat** - Határozza meg az adott áramkörben a dióda feszültségét és áramát!



a) Grafikus megoldás – ha ismerjük a dióda karakterisztikáját

$$I = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$

$$V_{DD} = 5 \text{ V}$$

$$R = 1 \text{ k}\Omega$$

$$V_D = ?$$

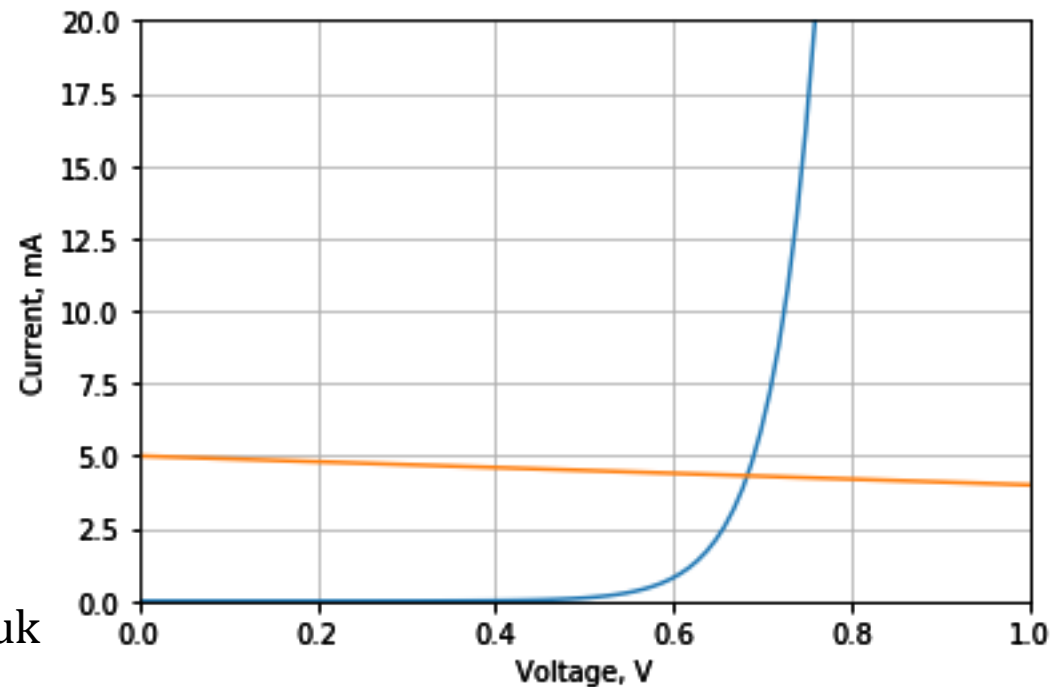
Legyen például:

$$V_D = 0 \text{ V} \rightarrow I = 5 \text{ mA}$$

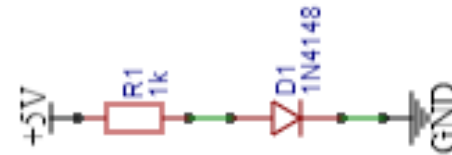
$$V_D = 1 \text{ V} \rightarrow I = 4 \text{ mA}$$

Egyenest illesztve meghatározhatjuk a görbék metszéspontját:

$$V_D = 0,68 \text{ V}$$



**1. Feladat** - Határozza meg az adott áramkörben a dióda feszültségét és áramát!



b) Számítással, a dióda áramának és feszültségének összefüggése nyitóirányban:

$$I_D = I_0 \left( e^{\frac{V_D}{nV_{TH}}} - 1 \right)$$

Ahol:

$I_D$ : A dióda árama

$I_0 = 4,352 \text{ nA}$

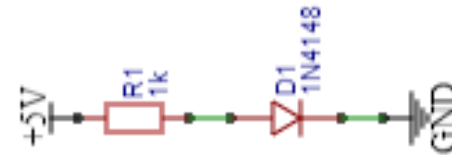
$n = 1,9$  (konstans)

$V_{TH} = kT/q = 26 \text{ mV}$  : termikus feszültség ( $T = 293 \text{ K}$ )

$k$  : Boltzmann állandó ( $1,380649 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ),  $q$ : elemi töltése ( $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ),  $T$ : abszolút hőmérséklet)

- Ha ezt visszahelyettesítjük, analitikusan nem megoldható nemlineáris egyenletet kapunk.
- Ötlet: numerikus módszer  $\rightarrow$  iteráció

**1. Feladat** - Határozza meg az adott áramkörben a dióda feszültségét és áramát!

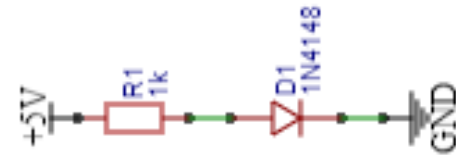


b) Számítással, a dióda áramának és feszültségének összefüggése nyitóirányban:

$$I_D = I_0 \left( e^{\frac{V_D}{nV_{TH}}} - 1 \right)$$

- Ötlet: numerikus módszer  $\rightarrow$  iteráció
  - „Tippelünk” egy dióda feszültséget
  - Kirchhoff törvénnyel kiszámoljuk az áramot
  - A karakterisztikába visszahelyettesítve kiszámoljuk a dióda feszültségét
- Iterációs ciklus leállási feltétele?
  - Ha „elég jók vagyunk”:
 
$$|U_D^n - U_D^{n+1}| < \epsilon$$
 ahol a n az iterációs ciklus indexe
  - Leállunk, ha az iterációnk adott  $\epsilon$  határfelvételű közelségbe konvergált (a változás kellően kicsi)

**1. Feladat** - Határozza meg az adott áramkörben a dióda feszültségét és áramát!



b) Számítással, a dióda áramának és feszültségének összefüggése nyitóirányban:

$$I_D = I_0 \left( e^{\frac{V_D}{nV_{TH}}} - 1 \right)$$

Alakítsuk át a karakterisztikát, fejezzük ki a dióda feszültségét:

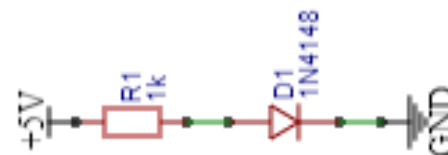
$$\frac{I_D}{I_0} + 1 = e^{\frac{V_D}{nV_{TH}}}$$

$$\ln\left(\frac{I_D}{I_0} + 1\right) = \frac{V_D}{nV_{TH}} \ln e$$

$$V_D = n V_{TH} \ln\left(\frac{I_D}{I_0} + 1\right)$$



**1. Feladat** - Határozza meg az adott áramkörben a dióda feszültségét és áramát!



b) Számítással, a dióda áramának és feszültségének összefüggése nyitóirányban:

$$I_D = I_0(e^{\frac{V_D}{nV_{TH}}} - 1)$$

- Áram kiszámítása Kirchhoff törvényből (előző alfeladatban látottak alapján):

$$I_D^{(i)} = \frac{V_{DD} - V_D^{(i)}}{R}$$

- Feszültség számítása a karakterisztikából:

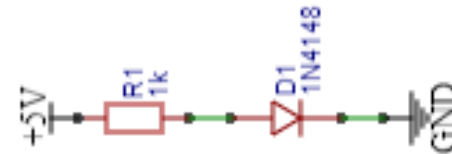
$$V_D^{(i+1)} = n V_{TH} \ln\left(\frac{I_D^{(i)}}{I_0} + 1\right)$$

- Leállási feltétel ellenőrzése

Iteráció, például kezdeti  $V_D^{(1)} = 0$  V-al:

Iteráció	V(V)	I(mA)
1	0	5
2	0,689	4,311
3	0,682	4,318

**1. Feladat** - Határozza meg az adott áramkörben a dióda feszültségét és áramát!

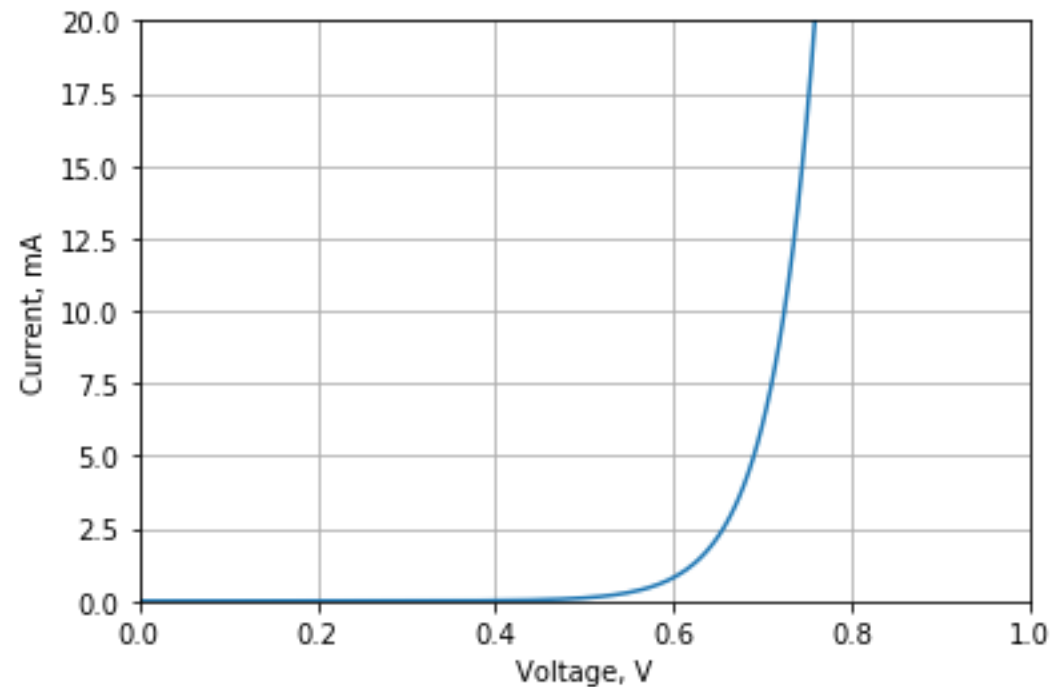


c) Használjuk a  $V_D = 0,7V$  gyakorlati közelítést!

$$I = \frac{V_{DD} - V_D}{R} = 4,3 \text{ mA}$$

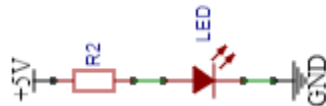
d) Mekkora a különbség az iterációs módszerhez képest?

$$\epsilon_{rel} = \left| \frac{4,318 - 4,3}{\frac{4,318 + 4,3}{2}} \right| = 0,4\%$$



## 2. Feladat (A) - Mekkora legyen az előtét ellenállás, hogy adott karakterisztikájú világító dióda (LED) árama 10mA legyen? A tápfeszültség 5V.

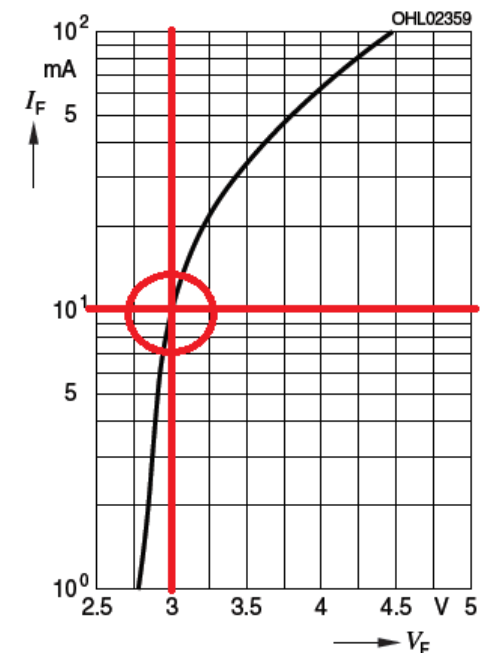
- Cél: 10 mA legyen az áram
- A karakterisztika alapján:
  - Megkeressük az ehhez tartozó feszültség szintet!
  - Ha  $I = 10 \text{ mA} \rightarrow U = 3 \text{ V}$
- A kapcsolás:



- Soros kapcsolás:
  - Az ellenálláson és a LED-en eső feszültség a tápfeszültséggel egyezik meg

### Forward current <sup>7), 8)</sup>

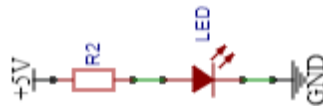
$$I_F = f(V_F); T_A = 25 \text{ °C}$$



A LED karakterisztikája

## 2. Feladat (A) - Mekkora legyen az előtét ellenállás, hogy adott karakterisztikájú világító dióda (LED) árama 10mA legyen? A tápfeszültség 5V.

- A kapcsolás:

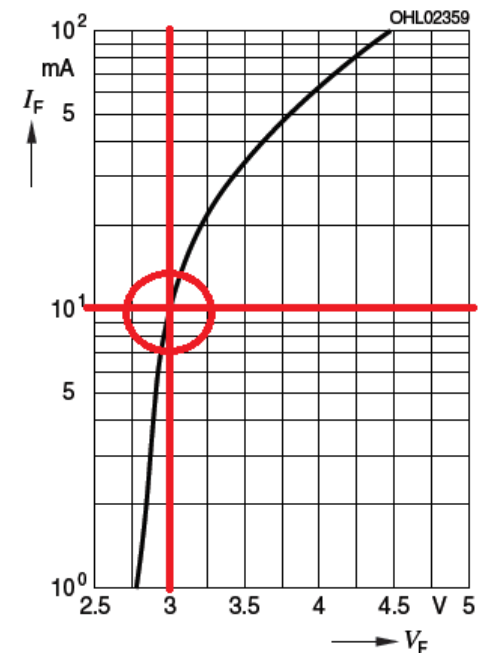


- Soros kapcsolás:
  - Az ellenálláson és a LED-en eső feszültség a tápfeszültséggel egyezik meg
- Formálisan:

$$V_{DD} = IR + V_{LED}$$

- Az utolsó ismeretlen az előtét ellenállás értéke:

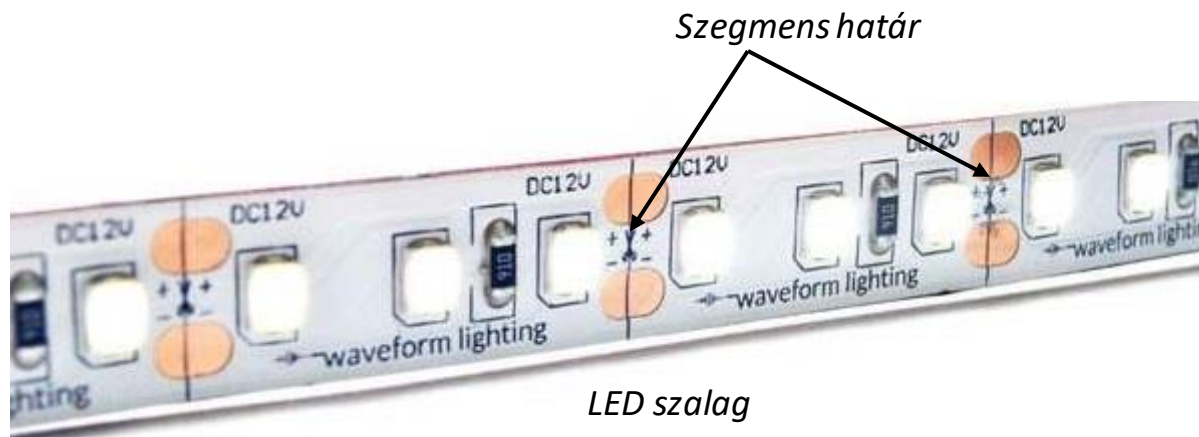
$$R = \frac{V_{DD} - V_{LED}}{I}$$



A LED karakterisztikája

**3. Feladat** - Határozzuk meg a LED-ek áramát és üzemi feszültségét az ábrán látható LED szalag esetén! A szalag egy szegmense egy hüvelyk (1" = 2,54cm) hosszú és a szükséges teljesítmény pedig 5,5W egy láb (1' = 12") hosszra.

- A LED szalagok egy flexibilis hordozóra felszerelt LED-ekből állnak.
- A szalag szegmensekre tagolt és a szegmensek határán elvágható.
- A szegmensek párhuzamosan kapcsolódnak a tápfeszültségre, egy szegmensben belül viszont több LED van sorba kötve.
- Az áramot egy előtét ellenállás állítja be.



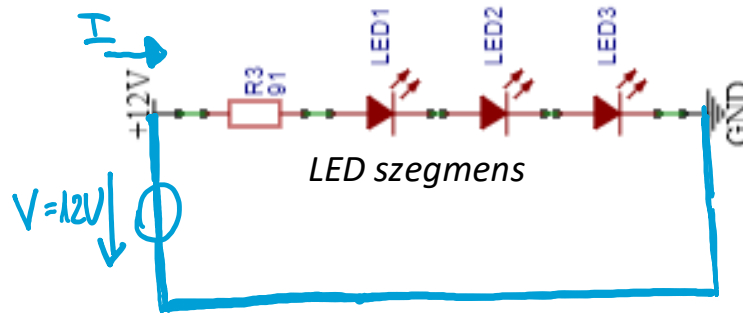
**3. Feladat** - Határozzuk meg a LED-ek áramát és üzemi feszültségét az ábrán látható LED szalag esetén! A szalag egy szegmense egy hüvelyk (1" = 2,54cm) hosszú és a szükséges teljesítmény pedig 5,5W egy láb (1' = 12") hosszra.

- Egy szegmens:
  - 3 LED-et tartalmaz
- Az áramot egy előtét ellenállás állítja be.
  - Ami, ha még fizikailag elég nagy méretű (a legkisebbekre már ez nem igaz): leolvashatjuk az értékét
  - „910” =  $91 \cdot 10^0 = 91 \Omega$
- A tápfeszültség:
  - 12 V (DC)



**3. Feladat** - Határozzuk meg a LED-ek áramát és üzemi feszültségét az ábrán látható LED szalag esetén! A szalag egy szegmense egy hüvelyk (1" = 2,54cm) hosszú és a szükséges teljesítmény pedig 5,5W egy láb (1' = 12") hossza.

- Egy szegmens kapcsolási rajza tehát:



- A feladatból ismert:
  - 1 láb (12") teljesítménye 5,5 W
  - 1 szegmenség teljesítménye** tehát:

$$P = V \cdot I = \frac{5500}{12} = 458 \text{ mW}$$

- A LED-ek árama:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{458}{12} = 38,2 \text{ mA}$$

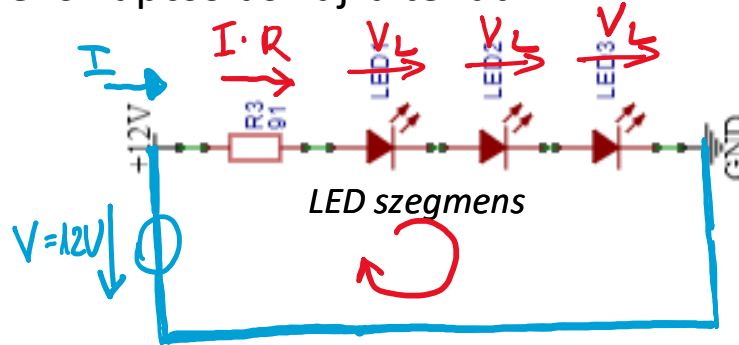


LED szalag

Paraméter	Érték
Tápfesz. (V)	12 V
Előtét ellenállás (R)	91 Ω
LED / szegmens	3 db
Teljesítmény (P) / szegmens	458 mW
Szegmens árama (I)	38,2 mA
LED feszültsége (U)	

**3. Feladat** - Határozzuk meg a LED-ek áramát és üzemi feszültségét az ábrán látható LED szalag esetén! A szalag egy szegmense egy hüvelyk (1" = 2,54cm) hosszú és a szükséges teljesítmény pedig 5,5W egy láb (1' = 12") hossza.

- Egy szegmens kapcsolási rajza tehát:



LED szalag

- LED-ek **feszültsége**:

$$V_{DD} = RI + 3V_{LED}$$

$$12\text{ V} = 91\ \Omega \cdot 38,2\text{ mA} + 3V_{LED}$$

$$3V_{LED} = 8,52\text{ V}$$

$$V_{LED} = 2,84\text{ V}$$

Paraméter	Érték
Tápfesz. (V)	12 V
Előtét ellenállás (R)	91 $\Omega$
LED / szegmens	3 db
Teljesítmény (P) / szegmens	458 mW
Szegmens árama (I)	38,2 mA
LED feszültsége (U)	2,84 V



**4. Feladat** – Adott egy viszonylag gyakran használt elrendezés, amely arra szolgál, hogy egy adott (kis fogyasztású, pl. szenzor) rendszer külső feszültségről, illetve szárazelemről is működtethető legyen és a két feszültség közötti átkapcsolás „automatikus” legyen.

a) Hogyan működik ez az áramkör? Legyen az elem feszültsége 3V, a külső táp feszültsége pedig 3,3V.

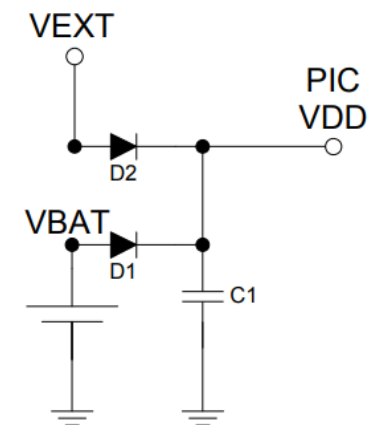
- A dióda, mint egyenirányító eszköz felfogható a feszültség polaritásával vezérelhető kapcsolónak

Külső tápos üzem:

- Ha a külső táp 3,3 V  $\rightarrow$  D2 dióda kinyit
- D1 diódához csatlakozik az az 3 V-os feszültségforrás (elem)  $\rightarrow$  D1 nem nyit ki, ha D2-ön nem esik sok feszültség

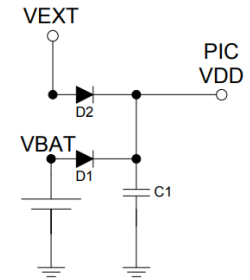
Elemes üzem:

- Ha kihúzzuk a külső tápot, elemes üzemmódra kapcsolunk  $\rightarrow$  Átkapcsoláshoz a feltöltött C1 kondenzátor töltése biztosítja a működést (amíg a feszültség 3 V alá nem csökken)
- Utána D1 dióda kinyit



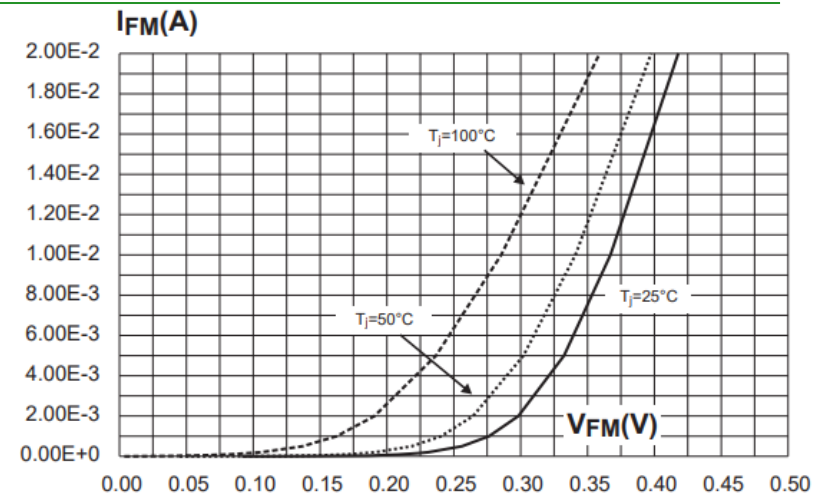
Kapcsolási rajz

**4. Feladat** – Adott egy viszonylag gyakran használt elrendezés, amely arra szolgál, hogy egy adott (kis fogyasztású, pl. szenzor) rendszer külső feszültségről, illetve szárazelemről is működtethető legyen és a két feszültség közötti átkapcsolás „automatikus” legyen.



b) Mekkora lesz a mikrokontroller tápfeszültsége az egyes esetekben, ha az átlagos fogyasztás bekapcsolt állapotban 2mA és a dióda (BAR42) karakterisztikája a következő?

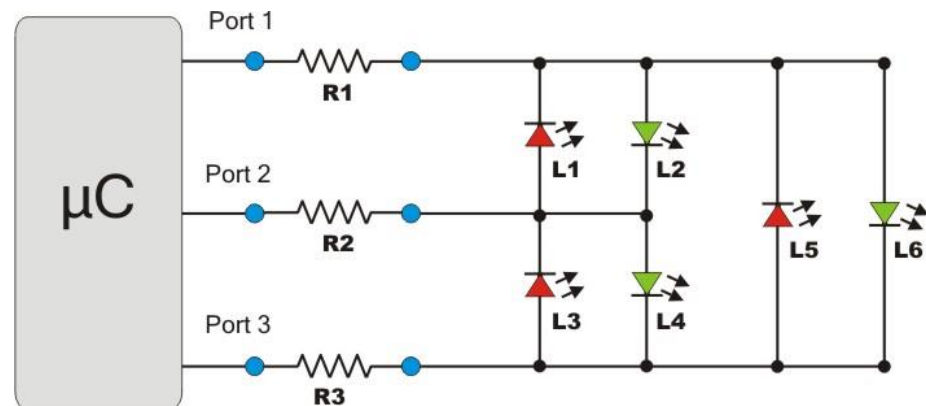
- Olvassuk le a karakterisztikáról:
  - 2 mA áramhoz  $\rightarrow$  0,3 V feszültség
  - Azaz a tápfeszültség rendre 3 V ill. 2,7 V
- Feszültségesés előnytelen:
  - A rendszer tápfeszültsége csökken
  - Nagy áramok esetén a hűtésről is gondoskodni kell



Kapcsolási rajz

## 5. Feladat – Kevés digitális kimenettel sok LED meghajtására mutat példát a következő kapcsolás. (Google keresőszó: charlieplexing)

- Feltételezhetjük, hogy a mikrokontroller tápfeszültsége kevés ahhoz, hogy két sorbakapcsolt LED-et kinyisson.
- Konfigurálható portok:
  - L: logikai 0
  - H: logikai 1
  - Z: illetve bemenetnek kapcsolva
- Lehetséges kombinációk az egyes LED-ek világítására:



LED	Port1	Port2	Port3
L1	L	H	Z
L2	H	L	Z
L3	Z	L	H
L4	Z	H	L
L5	L	Z	H
L6	H	Z	L