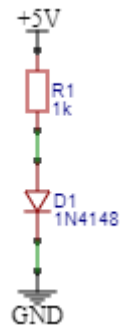


Elektronika alapjai 3. gyakorlat

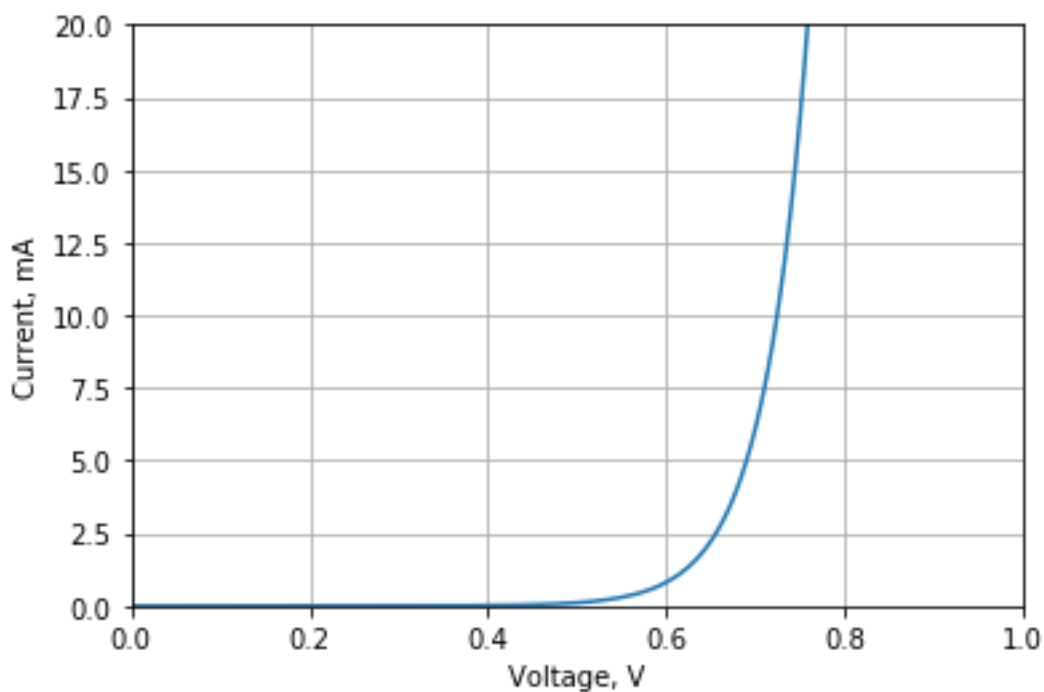
A gyakorlaton megoldott feladatok

1. Feladat

Határozza meg az adott áramkörben a dióda feszültségét és áramát!



a) Grafikus megoldás – ha ismerjük a dióda karakterisztikáját



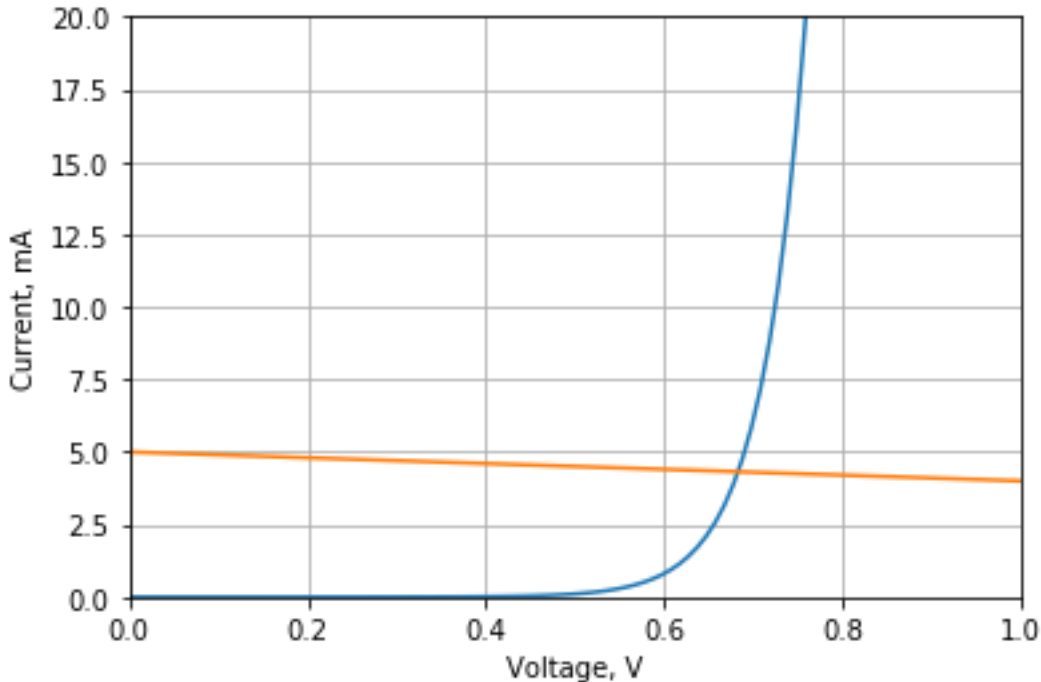
A Kirchhoff törvény alapján tudjuk, hogy a dióda és az ellenállás feszültségének összege kiadja a tápfeszültséget. Azaz

$$V_{DD} = V_R + V_D = IR + V_D$$

Az egyenletből kifejezve a dióda áramát:

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

Ez egy egyenes egyenlete, amit a grafikusan adott karakterisztikába könnyen berajzolhatunk. (Még könnyebb, ha le sem vezetjük: ha dióda feszültsége 0V lenne, abban az esetben az áram $\frac{V_{DD}}{R} = 5mA$, ezt rögtön be is jelöljük az y tengelyen. 1V esetén pedig 4mA, két pont pedig meghatároz egy egyenest.) Tegyük fel, hogy le tudjuk jól olvasni, a metszéspont 0,68V, az áram pedig 4,32mA.



Dióda és ellenállás karakterisztikája

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

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

ahol $I_0 = 4,352nA$, $n=1,9$ modellkonstansokat mérésekből lehet megállapítani, $V_{TH} = kT/q = 26mV$ pedig a termikus feszültség. (k – Boltzmann állandó, q – az elektron töltése, T az abszolút hőmérséklet)

Ha ezt az összefüggést behelyettesítjük, akkor egy nemlineáris egyenletet kapunk, amely analitikusan nem oldható meg, numerikus módszerekkel viszont könnyen megoldható. A legegyszerűbb, ha iterációval számítjuk ki. Tippeljünk egy diódafeszültséget, számítsunk abból áramot a Kirchoff törvény alapján, ebből számítsuk ki a dióda feszültségét a karakterisztika egyenlet alapján, egészen addig, amíg a kellő pontosságot el nem értük. A számítógépes szimulációk is hasonlóképpen működnek.

Az i . iterációs lépésben:

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

$$V^{(i+1)} = nV_{TH} \ln\left(\frac{I^{(i)}}{I_0} + 1\right)$$

(a dióda modell egyenletéből kifejeztük a feszültséget)

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

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

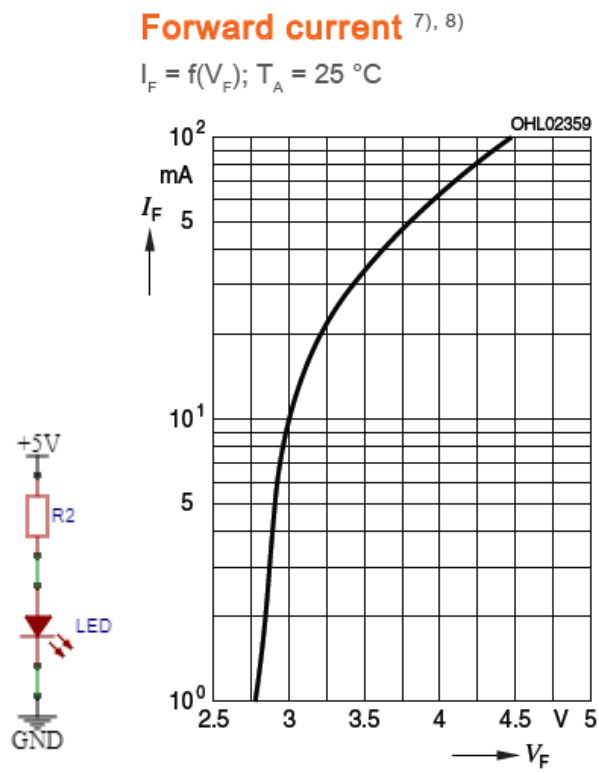
Ez a legegyszerűbb és a gyakorlatban használt. A szilíciumdióda feszültségét egyszerűen 0,7V-al helyettesítjük. (Ez általában jó közelítés a szilíciumból készült diódára. Másfajta diódára, LED-re stb. az adatlap vagy a gyakorlati tapasztalat alapján tudunk becslést tenni.) Ebben az esetben:

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

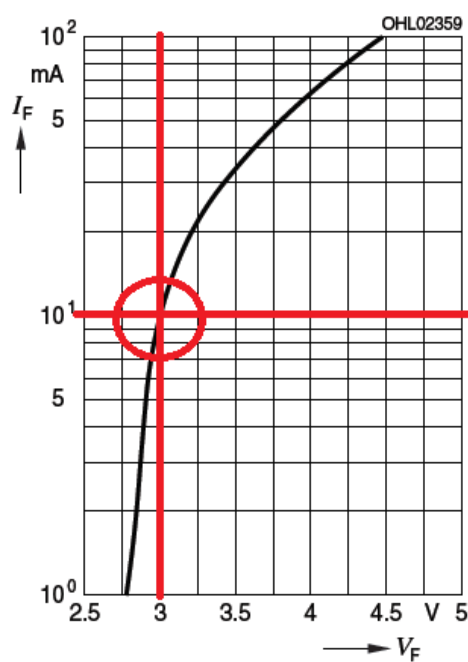
(vessük össze a többi eredménnyel és vegyük figyelembe, hogy egy félvezetőeszköz paramétereinek a szórása ennél jóval nagyobb is lehet!)

2. Feladat

Mekkora legyen az előtét ellenállás, hogy adott karakterisztikájú világító dióda (LED) árama 10mA legyen? A tápfeszültség 5V. A LED karakterisztikája:



A karakterisztikáról le tudjuk olvasni (figyelem! Az áramtengely logaritmikus!), hogy 10mA esetén a LED feszültsége kb. 3V.



Soros kapcsolás esetén a feszültség összeadódik, ebből az következik, hogy

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

azaz az ellenálláson és a LED-en eső feszültség összege megegyezik a tápfeszültséggel. Átrendezve megkapjuk az ellenállás értékét:

$$R = \frac{V_{DD} - V_{LED}}{I} = 200\Omega$$

(figyelni kell a behelyettesítéssel a SI prefixekre! Ha Voltban mért feszültséget osztunk mA-ben mért árammal, akkor k Ω -ot kapunk.)

3. Feladat



Határozzuk meg a LED-ek áramát és üzemi feszültségét az ábrán látható LED szalag esetén!

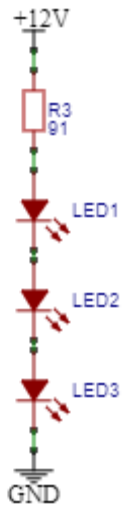
A szalag egy szegmense egy hüvelyk (1" = 2,54cm) hosszú és a szükséges teljesítmény pedig 5,5W egy láb (1' = 12") hossza.

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 pedig egy előtét ellenállás állítja be.

A fényképről láthatjuk, hogy egy szegmensben

1. a tápfeszültség 12V
2. három LED-et kapcsoltunk sorba
3. az előtét ellenállás 91 Ω (a felirat "910", ami 91·10⁰= 91 ként értelmezendő)

A kapcsolási rajz tehát:



Egy szegmens teljesítménye tehát (mivel $1' = 12''$)

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

Ekkor az áram:

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

A teljes tápfeszültség az ellenálláson eső feszültség és 3 LED feszültségének az összege lesz, azaz

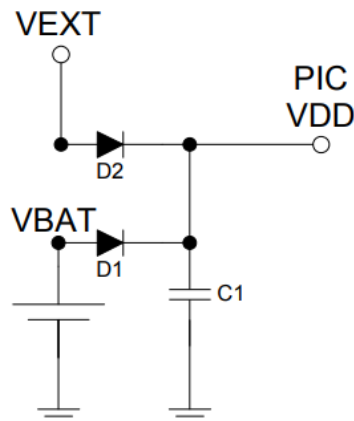
$$V_{DD} = RI + 3V_{LED}$$

Egy LED feszültsége pedig ez alapján:

$$V_{LED} = \frac{12 - 0,091 \cdot 38,2}{3} = 2,84V$$

4. Feladat

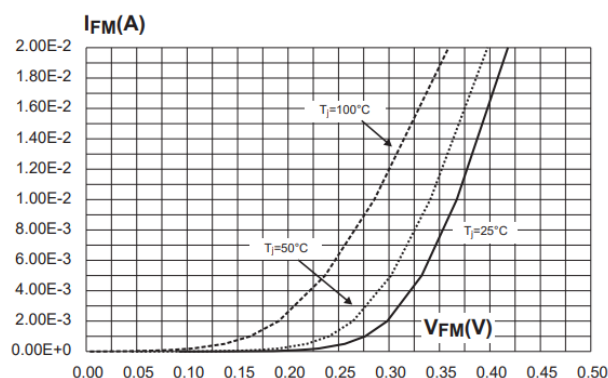
A dióda, mint egyenirányító eszköz felfogható a feszültség polaritásával vezérelhető kapcsolónak: ha a feszültség nyitóirányú, vezet, záróirányú feszültségre viszont lezár. Így diódákkal építhetők kapcsoló áramkörök, melyre egy gyakran használt példát mutat az alábbi kapcsolás.



Ez 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.

- Hogyan működik ez az áramkör? Legyen az elem feszültsége 3V, a külső táp feszültsége pedig 3,3V.
- Mekkora lesz a mikrokontroller tápfeszültsége az egyes esetekben, ha az átlagos fogyasztás bekapcsolt állapotban 2mA és a dióda (BAR42) karakterisztikája a következő?

Figure 1. Forward voltage drop versus forward current (typical values, low level)



Ha a rendszer a külső 3,3V-os tápfeszültségről működik, akkor D2 dióda kinyit és azon keresztül a külső tápegység fogja táplálni az áramkört. Amennyiben a D2 diódán túl sok feszültség nem esik, addig a D1 dióda nem nyit ki, mert az elem feszültsége csak 3V. Az elem irányába áram nem folyik. Ha eltávolítjuk (kihúzzuk) a külső tápot, akkor egy darabig C1 kondenzátor töltése szolgáltatja az áramot egészen addig, amíg a feszültség 3V alá nem csökken. Amikor lecsökken, akkor D1 kinyit. Tehát automatikusan átkapcsoltunk a külső tápfeszültségről a belső elemre, vagy vissza.

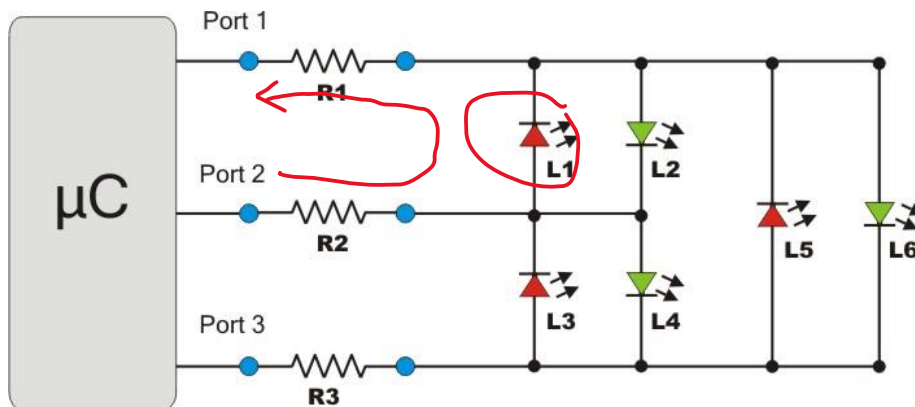
Ha megnézzük a karakterisztikát, akkor 2mA esetén kb. 0,3V feszültsége van a diódának. (Micsoda véletlen 😊). Tehát külső táp esetén a mikrokontroller tápfeszültsége kb. 3V, a telepes tápláláskor

pedig kb. 2,7V. Mivel a mikrokontroller CMOS áramkör, amely a tápfeszültségre kevésbé érzékeny, ezért működni fog mindkét esetben.

Az alkalmazott dióda ún. Schottky dióda. Ez nem pn átmenetet, hanem fém-félvezető átmenetet tartalmazó eszköz, emiatt azonos áramnál a feszültsége kisebb. (Szilícium dióda esetén kb. 0,6-0,7V lenne a dióda feszültsége). A diódán eső feszültség – főleg nagy áramok esetén – káros, hiszen egyrészt csökkenti a rendszer tápfeszültségét, másrészt nagy áram esetén gondoskodni kell a diódák hűtéséről. Emiatt nagyobb áramok esetén MOS tranzisztorokkal oldják meg az átkapcsolást, de egy kisfogyasztású eszköz esetén ez egy egyszerű és megfelelő megoldás.

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. Hogyan működik ez a kapcsolás? Ne felejtjük el, hogy (ahogy Hardver alapokon szó volt róla) egy lábat be és kimenetnek is konfigurálhatunk. A bemenetnek konfigurált lábon áram nem folyik, a kimenetre pedig logika 1-t vagy 0-t, azaz a tápfeszültséget vagy a földet kapcsolhatjuk.

Rögzítsük egy táblázatba, hogyan kell az egyes pin-eket programozni. (L, H vagy Z – logikai 0, logikai 1 illetve bemenetnek kapcsolva)

Ahhoz, hogy a LED világítson, nyitóirányú áramnak kell keresztülhaladnia. Tehát egyszerűen végig kell gondolnunk, hogy állítunk elő nyitóirányú feszültséget az egyes LED-eknek. (Segítség: a nyíl iránya megadja a nyitó irányt!) Rajzoljuk fel az áram irányát és állítsuk be ennek megfelelően a portokat!

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

6. Feladat

Vizsgáljuk meg a 3. feladatban mutatott LED szalag hatásfokát!

Egy szegmens esetén az áram a három LED-en kívül az ellenállást is melegíti. Ebből definiálhatjuk a meghajtás hatásfokát, ami:

$$\eta_{EL} = \frac{P_{LEDEK}}{P_{ÖSSZES}} = \frac{3U_{LED}I}{V_{CC}I} = \frac{3 \cdot 2,84}{12} = 71\%$$

Tehát ezzel a megvalósítással az elektromos teljesítmény kb. 70%-a kerül a világító diódákra, kb. 30% helyből a környezet melegítésére fordítódik. Nagyobb teljesítményű megvilágítás esetén ez nagy rossz arány, ott nem előtét ellenállást, hanem más elven alapuló LED meghajtó áramköröket használunk.

A szalagon lévő, nem a legmodernebb LED hatásfokát 40%-ra becsülhetjük. (pontos típust nem tudunk megállapítani). Ez a kibocsátott fényt teljesítmény és az elektromos teljesítmény hányadosa.

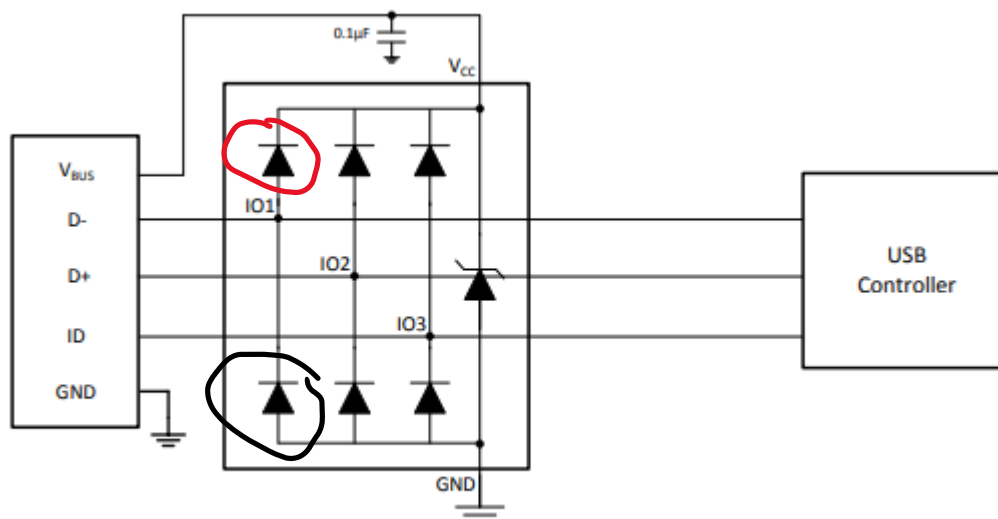
$$\eta_{LED} = \frac{P_{FÉNY}}{P_{LED}} = 40\%$$

A valóságban a 12V-os feszültséget egy kb. 90% vagy jobb hatásfokú tápegységgel állítjuk elő a hálózati feszültségből. Mivel a fogyasztásmérő az utóbbi fogyasztását méri, ezt is bele kell számolnunk a teljes rendszer hatásfokába.

Így a teljes rendszer hatásfoka a három hatásfok szorzata, ami 25% körül van, tehát kb. a befektetett elektromos energia negyede lesz fény, a többi viszont hő. (Izzólámpa hatásfoka: 2-5%)

7. Feladat

Minden külső csatlakozót, amelyre a felhasználó kívülről eszközt csatlakoztat, próbálják a lehetőség szerint a legjobban megvédeni a túlfeszültség ellen. Az ábrán egy USB (on-the-go) port védelmét ellátó eszköz kapcsolási rajza szerepel. (Texas Instruments, TPD3E001)



Hogyan működik ez az eszköz?

Ez az integrált áramkör ellátja egyrészt a tápvonalak, másrészt a három digitális vonal túlfeszültség elleni védelmét.

A digitális vonalakat 1-1 diódával védi. Amennyiben a digitális jel feszültsége a tápfeszültséget meghaladja, a pirossal karikázott dióda kinyit, így és mivel a dióda feszültsége és árama között a kapcsolat jó közelítéssel exponenciális, viszonylag nagy áram esetén is a feszültség kevésbé emelkedik meg, így a feszültség az USB 5V tápfeszültsége + a dióda feszültsége lesz, amiről úgy gondoljuk a védendő integrált áramkört nem károsítja. Hasonlóan, negatív feszültségű impulzus esetén a feketével karikázott dióda nyit ki, így a bemenetre maximum egy negatív előjelű dióda feszültség kerül.

A tápfeszültség és a föld között lévő dióda egy ún. Zener dióda, amit letörésben való működésre fejlesztettek. Ha valamelyik védődióda kinyit, a tápfeszültség is megnövekszik a befolyó áram miatt. Ha ez a növekedés a dióda letörési feszültségét meghaladja, akkor letörik és nagy árammal vezetni fog, így a tápfeszültség nem fogja meghaladni a dióda letörési feszültségét.

Nyitóirányban egy hagyományos dióda, a fordított tápcsatlakozás esetén vezetni fog, maximum fordított irányban a diódafeszültség kerülhet oda. (Ha tápellátás nem áramkorlátozott, ez a védő áramkör füstölni fog, de a mögötte lévő áramköröket megóvjá. USB esetén ez a helyzet nagyon erőszakosan képzelhető el a csatlakozók kialakítása miatt).