

06 - Lineáris tápegységek, diódák

Írta: Ancsa Balázs

Lektorálta: Lágler Gergely, Proksa Gábor

ESZKÖZÖK TÁPELLÁTÁSA

Elektromos eszközeink működéséhez energiára van szükség. Az energiaellátás sokféleképpen történhet: például a mobiltelefon akkumulátorral működik, számítógéphez csatlakoztatva USB-n vagy egy hálózati adapteren keresztül tölthető, sőt az autó szivargyújtója vagy akár egy napelem segítségével is juttathatunk az eszközbe energiát.

A mobiltelefon több különböző forrásról képes működni, még ha azok egymástól nagy mértékben különböznek is. Például a számítógép 5 V egyenfeszültséget kapcsol az USB portjára, míg a hálózati csatlakozóban 230 V váltakozó feszültség van. Az autó szivargyújtója pedig 12 V egyenfeszültségen üzemel. Azt is láthatjuk, hogy minden forráshoz különböző töltő használatára van szükség, mivel telefont nem úgy tervezték, hogy közvetlenül képes legyen ennyi bemenet kezelésére. Ehelyett a gyártók kiadják a telefon számára szükséges adatokat, a töltők tervezői pedig ezek alapján el tudják készíteni a különböző átalakítókat.

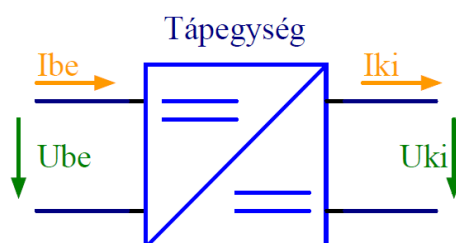
Ezen töltőket nevezhetjük tápegységeknek is, ezek alakítják át a forrásból származó energiát a telefon számára elfogadhatóvá.

TÁPEGYSÉG FOGALMA

A tápegység (röviden táp) olyan készülék, amely az elektromos hálózat energiáját a rácsatlakoztatni kívánt eszközhez alakítja. A tápegységek tehát lehetővé teszik, hogy eszközeinket több különböző forrásról is tudjuk működtetni.

Minden eszközhez a saját belső felépítésének megfelelően kell megválasztanunk a hozzá illő tápegységet. Ehhez nem csak az eszköz, de a tápegység tulajdonságait is ismernünk kell.

A tápegység rendelkezik egy bemenettel, ami fogadja az energiát, és egy kimenettel, ami továbbítja azt a rácsatlakoztatott eszköz felé.



1. ábra: Tápegység

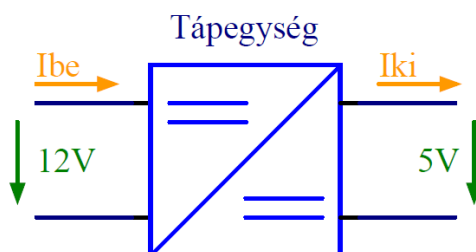
TÁPEGYSÉGEK TULAJDONSÁGAI

A tápegységek elsődleges tulajdonságai közé tartoznak a kimenetének és bementének jellemzői, valamint a hatásfok.

Tápegység kimenete

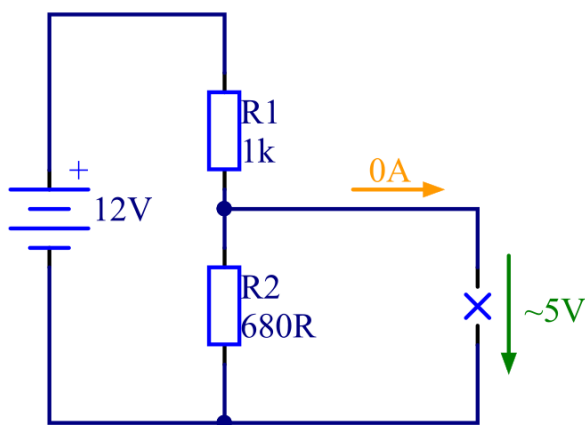
A legtöbb tápegység meghatározott értékű feszültséget állít elő, de vannak olyan tápok is, melyeknek állítani lehet a feszültség szintjüket. Emellett a legtöbb tápegység képes szabályozni a kimeneti feszültség szintjét. Ez azt jelenti, hogy bárhogy is változik a kimeneten leadott áram, a szabályzás miatt a feszültség szint állandó marad.

Vegyük példának az autó szivargyújtójára csatlakoztatható telefontöltőt, ami 12 V-os feszültségből 5 V feszültséget állít elő. A feszültség akkor is 5 V marad, ha nem dugjuk rá a telefonunkat (ilyenkor nincs áramfelvétel, azaz $I_{ki} = 0$ [A] áramot ad le a tápegység), és akkor is 5 V lesz a kimeneten, ha éppen töltjük telefonunkat (ami például $I_{ki} = 1$ [A] áramot vesz fel).



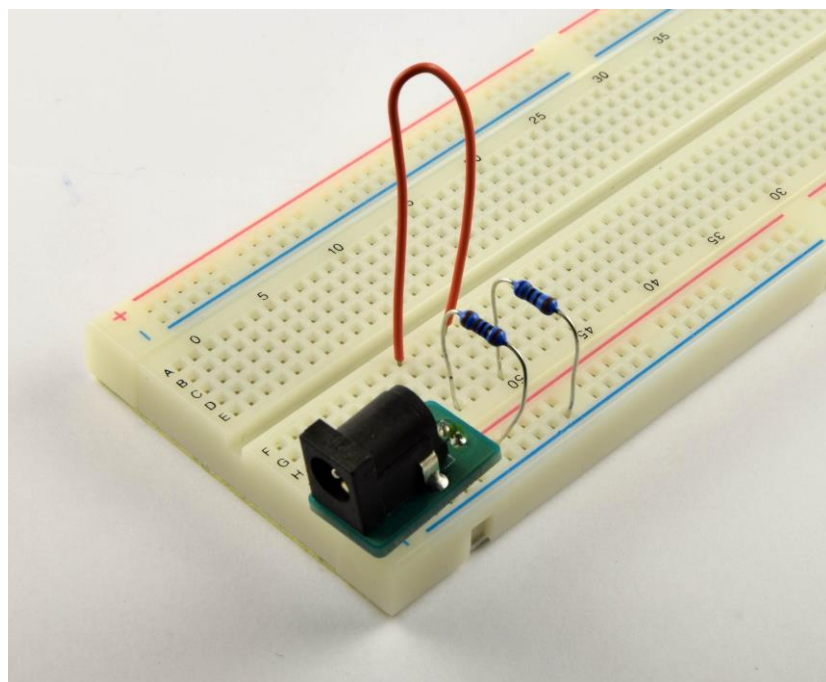
2. ábra: Tápegység működése

Hasonlítsuk össze a táp szabályzását egy egyszerű ellenállásosztó működésével!



3. ábra: Ellenállásosztó

Kössünk sorba egy 1 kΩ-os és egy 680 Ω-os ellenállást a breadboard-on, majd a 12 V-os hálózati tápegység csatlakozóját is kössük a panelhez. A csatlakozó pozitív kimenetét kössük az 1 kΩ, a negatív pontot pedig a 680 Ω szabad lábához.



4. ábra: Breadboard-on megvalósított ellenállásosztó

Kitekintés: Miért ilyen furcsa értékű ellenállásokkal dolgozunk? Nagyon sok különböző értékű ellenállásra van szükség a gyakorlatban. Az ellenállások gyártói nem lennének képesek végtelen különböző értékű alkatrészt előállítani, így főleg olyan értékűeket készítenek, amikből egyszerűen elő lehet állítani a legtöbb kívánt értéket. Az így előállított értékeket ellenállás sornak nevezik és "E" betűvel, valamint egy hozzá tartozó számmal jelölik; például ilyen sor az E12. A szám azt jelöli, hogy hány érték található 1 és 10 között, ami az E12 esetében 12 értéket jelent, melyek a következők: 1,0, 1,2, 1,5, 1,8, 2,2, 2,7, 3,3, 3,9, 4,7, 5,6, 6,8, 8,2. Ezen értékeket használják az ellenállás értékeinek képzésére, például 330 Ω és 680 Ω is így keletkezik (de ugyanígy létezik 3,3 k Ω és 6,8 k Ω is).

Kitekintés: Hogyan ismerhetjük fel az ellenállásokat, ha nincsen rajtuk felirat? Erre szolgálnak a rajtuk található különböző színű csíkok, amit színkódnak nevezünk. Az interneten számos olyan oldalt találhatunk, melyek segítségével dekódolhatjuk az alkatrészek értékeit.

A 680 Ω -os ellenálláson az alábbi sorrendben kell szerepelnie a színes csíkoknak: kék, szürke, fekete, fekete és barna. A kék jelenti a 6-ost, a szürke a 8-ast, a fekete a 0-st. Az első háromból összeáll a háromjegyű szám, jelen esetben 680. A negyedik szám jelenti a 10 megfelelő hatványát, amivel meg kell szorozni az előző számot. Tehát a 680-at szorozzuk 10^0 -al, így kapunk 680-at. Az utolsó, barna színű csík azt mutatja meg, hogy az ellenállásunk 1% pontos. Hogy ez mit jelent, arról ebben a részben később olvashatsz.

Mérjük meg a feszültséget az ellenállásosztó kimenetén, azaz a 680 Ω -os ellenállás két lába között! Ne felejtsük el a korábbi fejezetben a feszültségmérésről tanultakat!

Ha jól dolgoztunk, 4,86 V körüli feszültséget fogunk mérni. Mérjük meg az ellenállásokon átfolyó áramot is! Ennek 7,14 mA-nek kell lennie.

Az Ohm törvény alapján kiszámolhatjuk, hogy

$$I = \frac{U_{be}}{R_1 + R_2} = \frac{12\text{ V}}{1\text{ k}\Omega + 680\ \Omega} = 7,14\text{ mA}$$

áram fog folyni az ellenállásokon, ezért az alsó két ellenálláson összesen

$$U_{ki} = I \cdot R_2 = 7,14\text{ mA} \cdot 680\ \Omega = 4,86\text{ V}$$

feszültség jelenik meg.

Kitekintés: Miért nem sikerül pontosan 5 V-ra beállítani a kimenetet? Ha a 1 kΩ helyett 952 Ω-os ellenállást használnánk, akkor

$$I = \frac{U_{be}}{R_1 + R_2} = \frac{12\text{ V}}{952\text{ k}\Omega + 680\ \Omega} = 7,35\text{ mA}$$

áram folya, amivel

$$U_{ki} = I \cdot R_2 = 7,35\text{ mA} \cdot 680\ \Omega = 5,00\text{ V}$$

952 Ω-os ellenállást nem lehet kapni, viszont több alkatrészből össze tudjuk rakni: 820 Ω + 120 Ω + 12 Ω = 952 Ω.

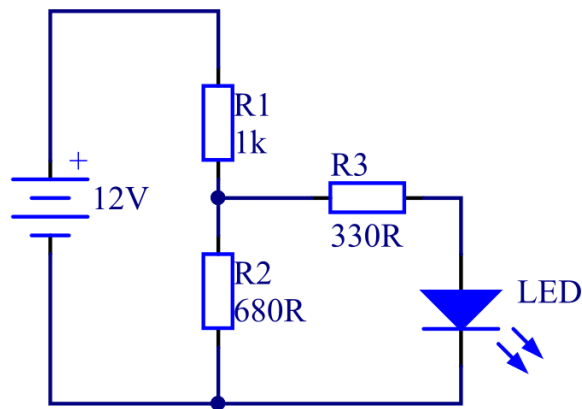
Figyeljük meg, hogy a mérés során nem pontosan 4,86 V-ot mértünk. Ez azért lehet, mert az ellenállások értéke sem pontos, illetve a multiméternek is van valamennyi mérési hibája.

Kitekintés: A legtöbb alkatrész esetében a gyártó a paraméterek névleges értékét adja meg (1 kΩ és 680 Ω), illetve annak pontosságát (jelen esetben 1%). Ez azt jelenti, hogy az 680 Ω-os ellenállás 673,2 Ω és 686,8 Ω között bármekkora értéket felvehet. Ez a gyártás során használt technológia eredménye. Természetesen vásárolhatunk ennél pontosabb ellenállást is. Az 5%-os, 1%-os, 0,5%-os, 0,1%-os ellenállásokat együtt gyártják, és az automatikus gyártósor válogatja ki a pontosabbakat. Ebből következik, hogy a pontosabbakból kevesebb van, és azok ezért drágábbak.

Ha 7,15 V körüli értéket mérünk, akkor valamit elhibáztunk a bekötésnél! Ha így történt, vizsgáljuk meg a kapcsolást! Ilyen hiba a valós életben is megtörténhet, amitől egy érzékeny áramkör tönkre is mehet. Az ilyen helyzetek elkerülésére különböző megoldások léteznek, ezekről lentebb olvashatsz.

Most, hogy elkészítettük a közel 5 V-os ellenállásosztókat, próbáljuk meg használni is! Hogyan bizonyosodhatunk meg arról, hogy tápegységünk működik, anélkül, hogy bármit mérnénk? Például úgy, hogy egy olyan alkatrészt kötünk a kimenetre, ami akkor világít, ha feszültség alá kerül. Ilyen alkatrész lehet egy izzó is, azonban mérete miatt sokkal praktikusabb egy LED-et használni. A LED-re most tekints egyszerűen úgy, mint egy lámpára, ami akkor világít, ha feszültséget kap. A LED biztonságos működéséhez

egy ellenállást kell sorba kapcsolni vele: kössünk egy piros LED-et és egy soros 330 Ω -os ellenállást az ellenállásosztó kimenetére.



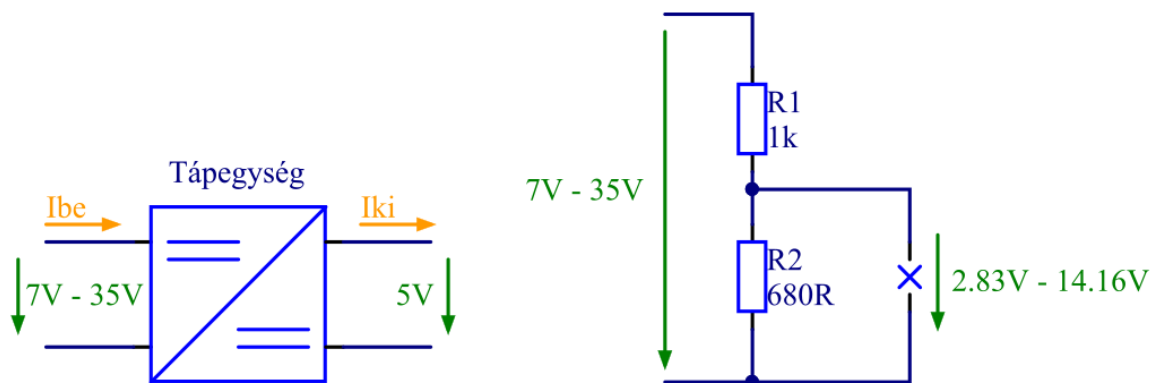
5. ábra: Ellenállásosztó LED-el a kimenetén

A LED a kimeneten világítani fog, azonban nem teljes fényerővel. Mérjük meg ismét a feszültséget tápegységünk kimenetén! 3,3 V körüli értéket mérhetünk az eredeti 4,86 V helyett. Ahogy megterheltük az ellenállásosztót, csökkent a kimenet feszültsége. Tehát az ellenállásosztó nem képes kimenetének szabályzására.

A tápegységekben nem ellenállásosztóval oldják meg az átalakítást. Ehhez folyamatosan változtatnia kellene a benne lévő ellenállások értékeit a terheléstől függően.

Tápegység bemenete

A tápegységek másik fontos tulajdonsága a bemenetének jellemzői. A tápok általában egy széles bemeneti feszültségtartományról képesek működni.

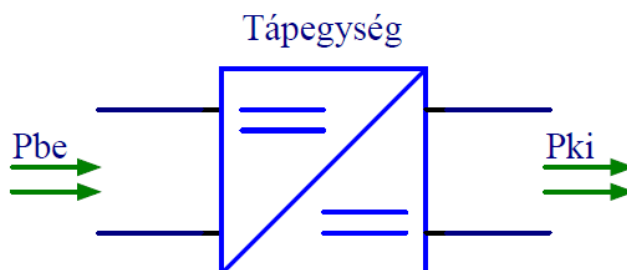


6. ábra: Szabályzott tápegység és az ellenállásosztó különböző bemeneti feszültség esetén

Hasonlítsuk össze ezt a tulajdonságot az előző példában használt ellenállásosztóéval. 7 V bemenet esetén 2,83 V jelenne meg a kimeneten, 35 V csatlakoztatása esetén pedig 14,16 V kimeneti feszültséget kapnánk. Előbbi a LED világításához kevés lenne, utóbbi pedig akár tönkre is tehetné.

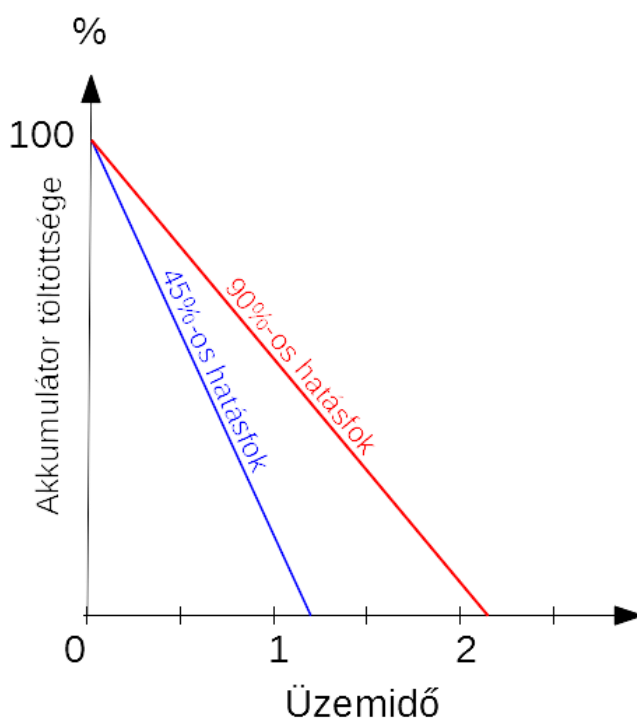
Tápegység hatásfoka

Szintén fontos tulajdonság a tápegység hatásfoka. Ez azt mutatja meg, hogy a táp mennyire hatékonyan képes előállítani a bemeneti feszültségből a kimenetét. Ezt a hatásfokot a kimenő és a bemenő teljesítmény arányaként definiálják. Egy jó tápegység hatásfoka a 100%-hoz közelít, azaz közel ugyanakkora teljesítményt képes leadni a kimenetén, mint amennyit felvesz.



7. ábra: Tápegység hatásfoka

Egy akkumulátorról működő eszköz esetén különösen nagy jelentősége van a hatásfoknak. Hasonlítsuk össze, mennyi ideig képes működni akkumulátorról egy eszköz két különböző hatásfokú tápegységgel.



8. ábra: akkumulátor (12 V @ 1 Ah = 12 Wh), tápegység 90% | 45%, fogyasztó (5 V @ 1 A = 5 W)

Ha például telefonunkat 1 A árammal szeretnénk tölteni 5 V-os feszültségről, akkor az 5 W teljesítményfelvételt jelent. Egy 90%-os hatásfokú töltőnek ehhez

$$P_{be} = \frac{P_{ki}}{\text{hatásfok}} = \frac{5 \text{ W}}{90\%} \approx 5,56 \text{ W}$$

míg az 50% hatásfokúnak

$$P_{be} = \frac{P_{ki}}{\text{hatásfok}} = \frac{5 \text{ W}}{50\%} = 10 \text{ W}$$

teljesítményre van szüksége.

Ha egy 12 Wh-s akkumulátorról működtetjük őket, akkor az első tápegység $12 \text{ Wh} / 5,56 \text{ W} \approx 2,16$ óráig lesz képes üzemelni. Ezzel szemben a másik csak $12 \text{ Wh} / 10 \text{ W} \approx 1,2$ óráig így utóbbi esetben rövidebb ideig tudjuk tölteni telefonunkat!

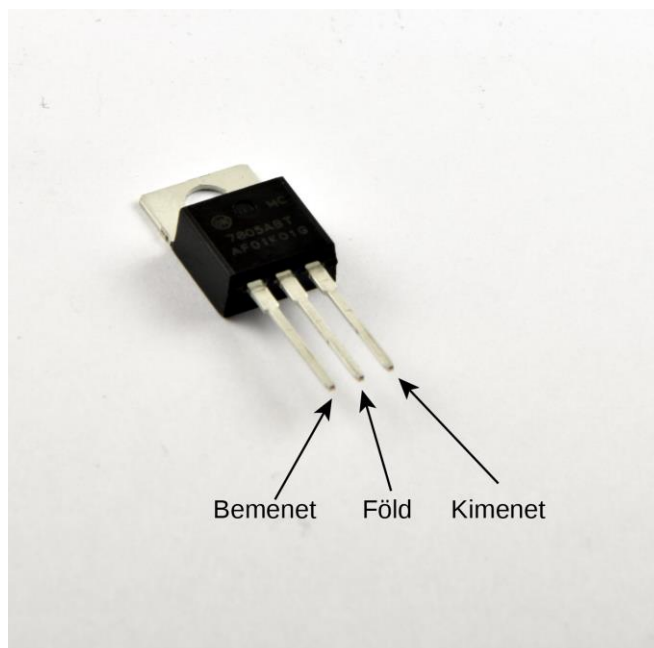
A hatásfok azonban más miatt is fontos: a tápegység a veszteséget főként hővé alakítja, más szóval disszipálja. A 90%-os hatásfokú tápegység a maradék 10%-ot alakítja hővé, míg az 50% hatásfokú a felvett teljesítmény felét. Ez azt jelenti, hogy ugyanakkora felvett teljesítmény esetén az utóbbi ötször jobban fog melegedni.

EGYSZERŰ TÁPEGYSÉG ÉPÍTÉSE

Az előző részben láthattuk, hogy nem egyszerű olyan tápegységet építeni, amely minden szempontnak megfelel. Éppen ezért sok gyártó kész megoldást kínál a felhasználók számára.

5 V-os kimeneti feszültséget legegyszerűbben a 7805 elnevezésű tápegységgel tudunk előállítani. Ezt az alkatrészt régóta használják sokféle alkalmazásban, például telefontöltőkben, lejátszóknak és egyszerű szünetmentes tápegységekben is.

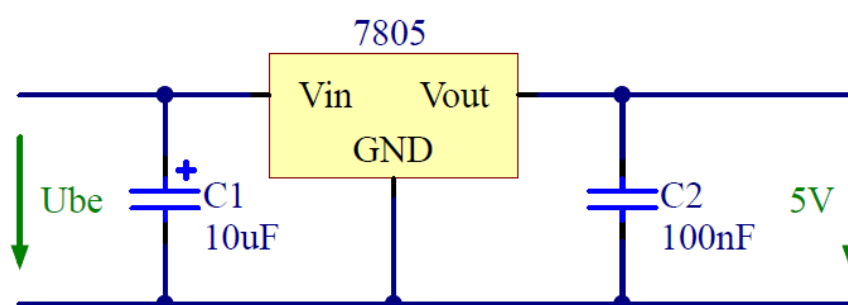
A 7805 a lineáris üzemű tápegységek közé tartozik. Ez az alkatrész belső működésére utal, hogy milyen módon állítja elő a kimeneti feszültséget a bemenőből. Más elven működő tápegységek is léteznek, mint például a kapcsolóüzemű tápegységek. Minden típusnak megvan a maga előnye és hátránya is. A lineáris tápegységek legnagyobb előnye az egyszerűség.



9. ábra: A 7805 tápegység

Ha megnézzük a 7805 tápegységet, akkor egy fekete “kockát” látunk, amiből kilóg három láb. De mi van a kockában? A korábbi ellenállásosztós példában láthattuk, hogy nem egyszerű jó tápegységet készíteni. Egy ilyen áramkör elkészítéséhez nagyon sok alkatrészre van szükség. Ezen alkatrészeket a gyártó nagyon kis méretben képes előállítani, így a teljes áramkör el tud férni egy ilyen pici “kockában”. Ezt hívjuk integrált áramkörnek (angolul Integrated Circuit-nek), röviden IC-nek.

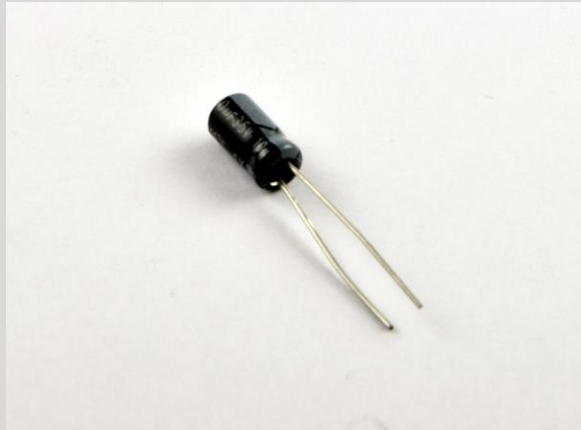
Építsünk egy tápegységet a 7805 jelzésű alkatrész felhasználásával! Ezt próbáljuk meg úgy kivitelezni a breadboard-on, hogy későbbi felhasználásra a korábban épített ellenállásosztó megmaradjon.



10. ábra: 7805 tápegység bekötése

A kapcsoláson láthatjuk, hogy a 7805 alkatrészen kívül csupán 2 kondenzátorra van szükségünk. Ezek nélkül a kimenet gerjedésbe kezdhet, nagyon zajossá (értsd: egyenletlenné) és működésképtelenné válhatna a tápegység.

Kitekintés: Hogyan kell használni a kondenzátorokat? Az ábrán C1-el jelölt 10 μF kondenzátor egy elektrolit kondenzátor. Kicsi, általában kék vagy fekete színű henger, két kivezetéssel az alján.



11. ábra: 10 μF kondenzátor

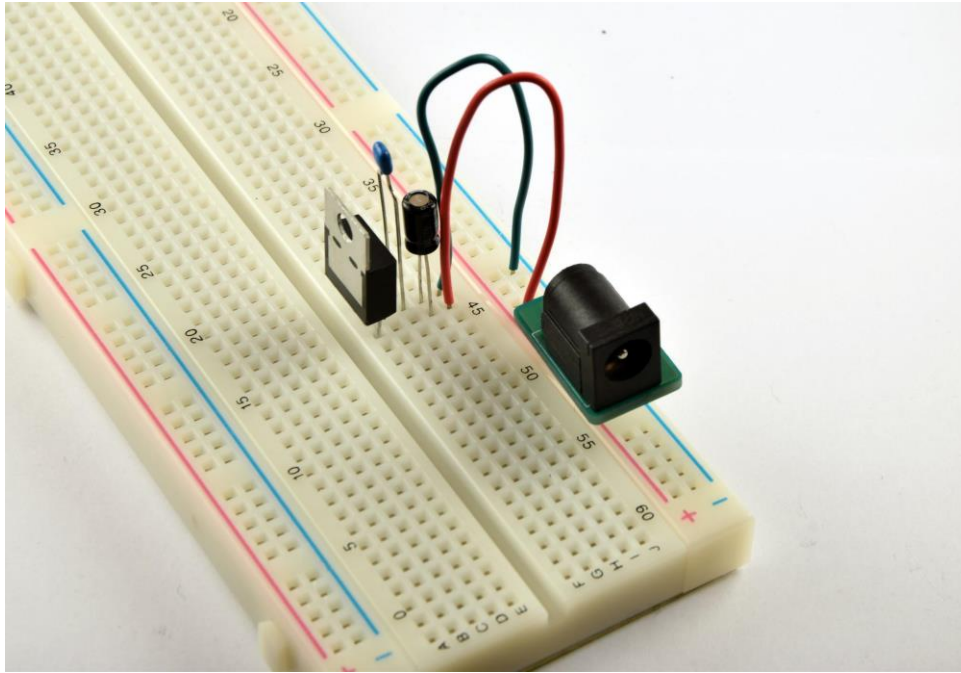
A hengeren mindig megtaláljuk a kondenzátor kapacitását, illetve, hogy mekkora feszültséget képes eltűrni. Az ilyen kondenzátoron mindig jelölik, melyik a negatív kivezetés. Erre nagyon kell figyelni, mert az ilyen alkatrész érzékeny a polarításra. Ez azt jelenti, hogy ha fordítva kerül bekötésre, tönkre is mehet (jellemzően “elpukkan”, kinyílik a henger teteje egy nagy durranás kíséretében).

A másik, 100 nF-os kondenzátor egy lapos, kerek alkatrész két kivezetéssel.



12. ábra: 100 nF kondenzátor

Ez egy kerámia kondenzátor, ami nem érzékeny a polarításra. Ez azt jelenti, hogy nyugodtan mindkét irányban be lehet kötni az áramkörbe, a kondenzátor nem fog tönkremenni. Ezen az alkatrészen nem szerepel a kapacitás értéke, hanem számkódot használnak annak megjelölésére, ami ebben az esetben a “104” kódot jelenti. Az ellenállás színkódjához hasonlóan az első két számjegyből alkotott értéket kell megszorozni a harmadik szám tízes hatványával ($10 \cdot 10^4 = 100\,000$). Ez pF-ban adja meg a kondenzátor értékét (100 000 pF = 100 nF).



13. ábra: breadboard bekötés

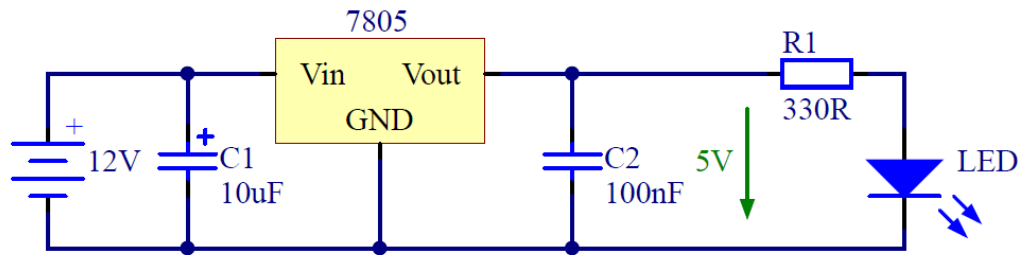
Csatlakoztassuk a 12 V-os hálózati tápegységet a kapcsolásunk bemenetéhez és mérjük meg a kimeneti feszültséget! A kimeneten 5 V körüli értéket mérhetünk. Fontos megjegyezni, hogy ebben az esetben sem kapunk pontosan 5 V feszültséget. A használt alkatrész adatlapja pontosan megadja, milyen pontossággal képes az előállítani a kimeneti feszültséget. Jelen esetben 4.75 V és 5.25 V között értéket vehet fel.

Kitekintés: Honnan deríthető ki ez az adatlapból? Az ON Semiconductor gyártó MC7805AB alkatrész adatlapjának 4. oldalán található az elektromos tulajdonságok (angolul “Electrical Characteristics”) táblázatban. A kimeneti feszültség (angolul “Output voltage”) a táblázat első sorában található, a “Min” oszlopban található a legkisebb előforduló érték (4,8 V), a “Typ” oszlopban a névleges érték (5,0 V), és a “Max” oszlopban a legnagyobb elképzelhető feszültség (5,2 V). (Meg kell említeni, hogy az adatlapok változhatnak az idők során.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	4.80	5.00	5.20	V
		$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}, P_O \leq 15\text{ W},$ $V_I = 7\text{ V to }20\text{ V}$	4.75	5.00	5.25	

14. ábra: 7805 kimeneti feszültsége

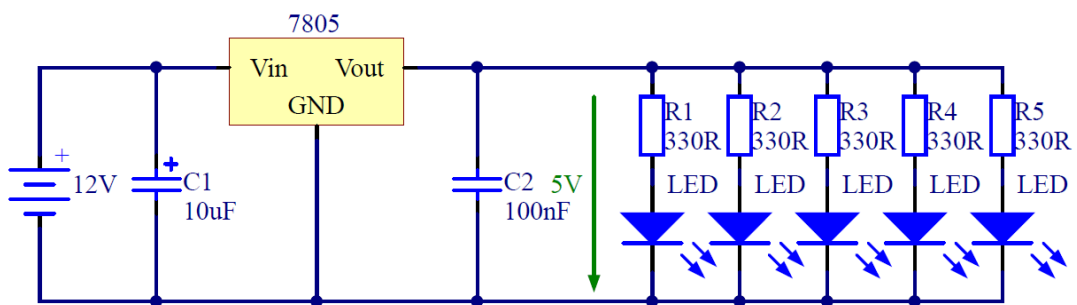
Eddig a pontig a tápegység ugyanúgy viselkedik, mint az ellenállásosztó az előző részben. Az első probléma terhelés mellett jött elő. Kössünk a 7805 tápegység kimenetére is egy LED-et 330 Ω -os ellenálláson keresztül!



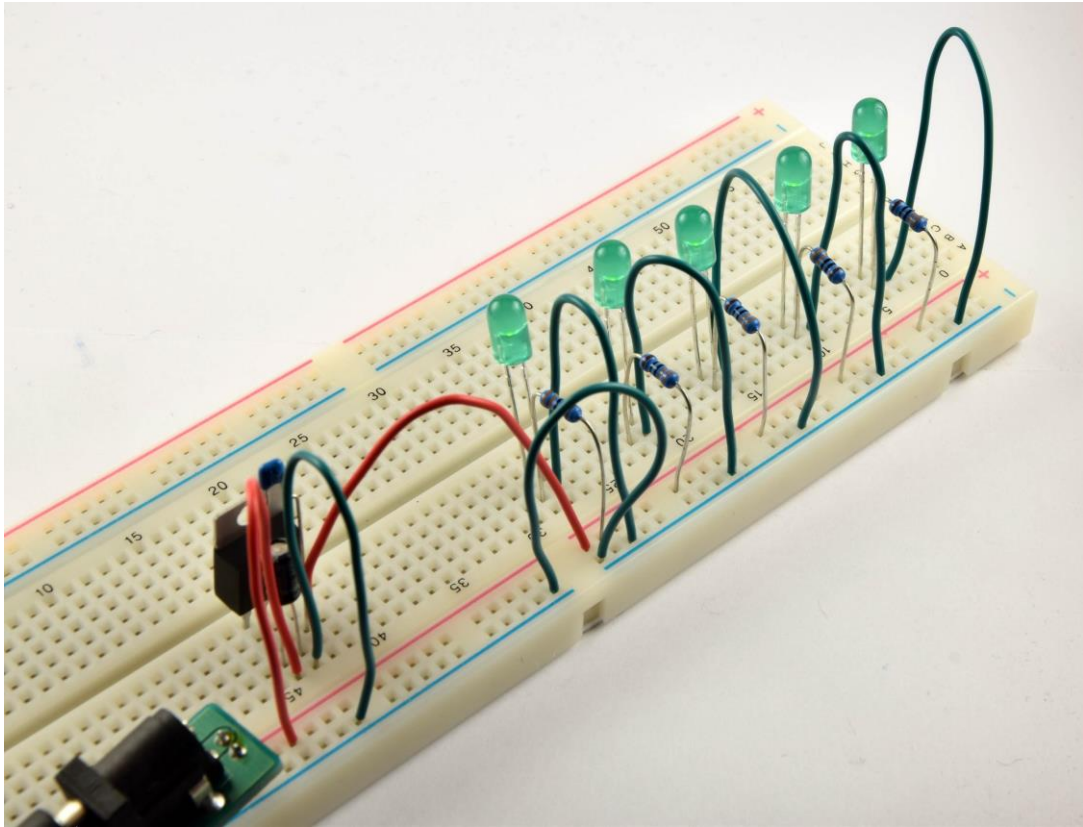
15. ábra: 7805 tápegység LED-el a kimenetén

Hasonlítsuk össze az ellenállásosztó kimenetén és a 7805 kimenetén lévő LED-ek fényerejét! Az utóbbi sokkal erősebben fog világítani. Ha megmérjük a 7805 kimeneti feszültségét, még ugyanazt az 5 V körüli értéket kell hogy mérjük, mint terhelés nélkül. Tehát a 7805 rendelkezik kimeneti szabályzóval, mely a terheléstől függetlenül megtartja a kimeneti feszültséget. Azonban ennek az alkatrésznek is van korlátja: a gyártó 1 A-ben állapította meg a terhelhetőséget. Ez azt jelenti, hogy 1 A terhelő áramig képes előállítani a megadott kimenetet, e fölött az alkatrész túlmelegszik, és a belső védelemnek köszönhetően ki fog kapcsolni a kimenete. Mivel a LED körülbelül 10 mA terhelést jelent (mérjük meg!), gond nélkül képes meghajtani.

Kössünk további LED-eket a kimenetre, hogy további terhelést adjunk a tápegységre!



16. ábra: 7805 tápegység öt LED-el a kimenetén



17. ábra: 5 LED bekötve a kimenetre, breadboardon

Öt LED esetén is mind azonos fényerővel fog világítani, és a kimeneti feszültség sem fog számottevően esni (mérjük meg!), pedig már 50 mA terhelést adtunk a kimenetre (mérjük meg a teljes kimeneti áramot!).

Huzamosabb működtetés esetén észrevehetjük, hogy a 7805 alkatrészünk melegszik. Ez is működéséből adódik, és használat során erre is figyelni kell. Ha nem gondoskodunk a megfelelő hűtésről, tartós magas terhelés esetén a legtöbb alkatrész tönkremehet. Szerencsére a használt 7805 lineáris tápegység rendelkezik hő-megfutás védelemmel, azaz automatikusan kikapcsol, ha túlmelegszik.

A gyártó a 7805 alkatrész bemeneti feszültségére is megad egy határt: 7 V és 35 V közötti feszültséget képes fogadni. A lineáris tápegységek működésükből kifolyólag csak a kimenetnél nagyobb bemeneti feszültség esetén képesek megfelelően működni (erről egy későbbi fejezetben olvashatsz részletesebben). Ha ennél a minimális feszültségnél kisebb feszültség került a bemenetre, akkor a kimenetén nem fog megjelenni az előírt feszültség. Ha pedig a megadott legnagyobb értéknél is nagyobb kerül rá, akkor az alkatrész tönkremehet. Ilyen esetben zárlatossá is válhat, és a bemeneti feszültség akár közvetlenül is kikerülhet a kimenetre, ami további meghibásodást okozhat és balesetveszélyes is lehet.

Kitekintés: Honnan olvashatjuk ki az adatlapból, mekkora feszültségről képes üzemelni a tápegység? Az On Semiconductor MC7805AB alkatrész adatlapjának 1. oldalán található a megengedett határértékek (angolul: "Maximum Ratings") táblázatban a megengedett legnagyobb bemeneti feszültség (angolul: "Input Voltage"). Az 5 V-os tápegységhez a 35 V-os maximum tartozik.

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_I	Input Voltage	$V_O = 5\text{ V to }18\text{ V}$	35
		$V_O = 24\text{ V}$	40

18. ábra: 7805 megengedett legnagyobb bemeneti feszültsége

A minimum feszültség érték kiolvasása már nem ilyen egyszerű, ehhez ismerni kell a lineáris tápegység működését is (erről is egy későbbi fejezetben olvashatsz bővebben). Az értéket úgy tudjuk kiszámolni, hogy a 4. oldalán található elektromos tulajdonságok (angolul "Electrical Characteristics") táblázatból kiolvassuk a "Dropout voltage" sorban szereplő feszültséget, jelen esetben ez 2 V. Ezt hozzá kell adni a kimeneti feszültséghez, ami 5 V. Így kapjuk meg a minimális 7 V-os feszültséget.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	$T_J = +25^\circ\text{C}$	4.80	5.00	5.20	V
		$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}, P_O \leq 15\text{ W}, V_I = 7\text{ V to }20\text{ V}$	4.75	5.00	5.25	
Regline	Line Regulation ⁽²⁾	$T_J = +25^\circ\text{C}$	$V_I = 7\text{ V to }25\text{ V}$	4.0	100.0	mV
			$V_I = 8\text{ V to }12\text{ V}$	1.6	50.0	
Regload	Load Regulation ⁽²⁾	$T_J = +25^\circ\text{C}$	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$	9.0	100.0	mV
			$I_O = 250\text{ mA to }750\text{ mA}$	4.0	50.0	
I_Q	Quiescent Current	$T_J = +25^\circ\text{C}$		5	8	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$		0.03	0.50	mA
		$V_I = 7\text{ V to }25\text{ V}$		0.30	1.30	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift ⁽³⁾	$I_O = 5\text{ mA}$		-0.8		mV/°C
V_N	Output Noise Voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}, T_A = +25^\circ\text{C}$		42		μV
RR	Ripple Rejection ⁽³⁾	$f = 120\text{ Hz}, V_I = 8\text{ V to }18\text{ V}$	62	73		dB
V_{DROP}	Dropout Voltage	$T_J = +25^\circ\text{C}, I_O = 1\text{ A}$		2		V
R_O	Output Resistance ⁽³⁾	$f = 1\text{ kHz}$		15		m Ω
I_{SC}	Short-Circuit Current	$T_J = +25^\circ\text{C}, V_I = 35\text{ V}$		230		mA
I_{PK}	Peak Current ⁽³⁾	$T_J = +25^\circ\text{C}$		2.2		A

19. ábra: 7805 Dropout voltage

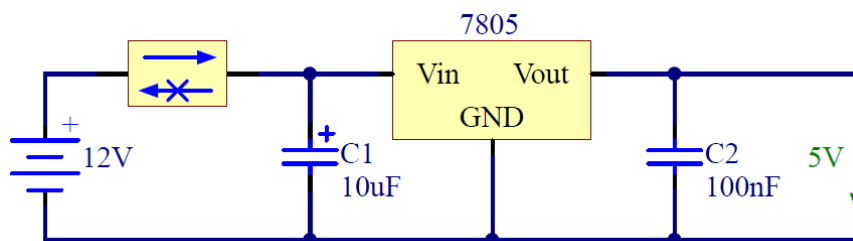
Ugyancsak fontos, hogy megfelelő polaritással tápláljuk meg a 7805 bementét. Ha fordítva kötnénk rá a hálózati tápegységünket, akkor a 7805 alkatrész meghibásodhat.

TÁPEGYSÉGEK VÉDELME

Az előző részben láttuk, hogy tápegységünk két esetben is képes meghibásodni: ha fordítva csatlakoztatjuk a hálózati tápegységet a bemenetre, vagy ha túl nagy feszültséget kötünk rá. Lássuk el a kapcsolást védelemmel, hogy ezeket a gyengeségeket kiküszöböljük!

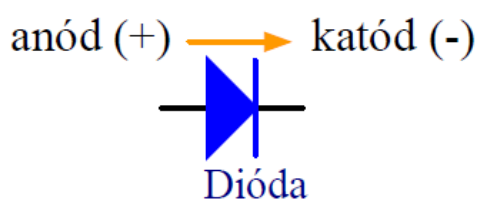
Tápegység polaritásvédelme

Először a polaritásvédelemmel foglalkozunk. Ezzel elkerülhető, hogy egy fordítva bekötött forrás tönkretesse a kapcsolásunkat. Ehhez szükségünk lenne egy olyan alkatrészre, ami csak az egyik irányba engedi az áramkört működni.



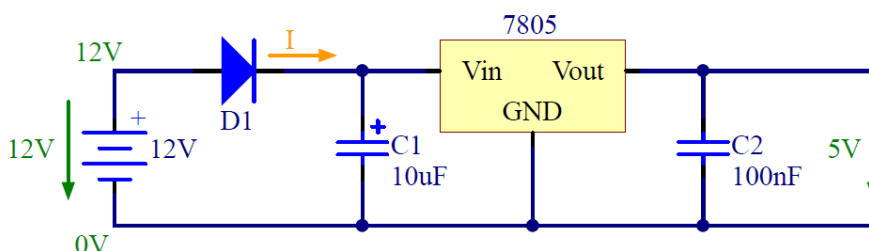
20. ábra: Tápegység polaritásvédelemmel

Az ilyen problémára tökéletes megoldást nyújt az egyik legegyszerűbb félvezető alkatrész, a dióda. Egyelőre elég, ha úgy tekintünk rá, hogy ez egy olyan alkatrész, amin keresztül csak az egyik irányban képes folyni az áram. A diódának két kivezetése van: az anód és a katód. Az áram mindig csak az anód felől képes a katód felé folyni.



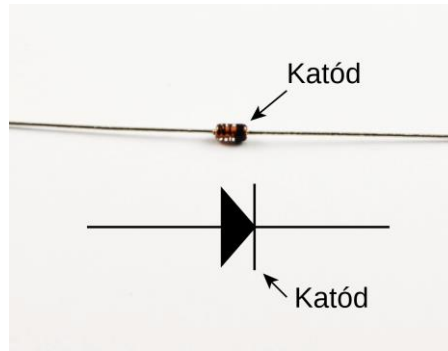
21. ábra: Dióda rajzjele

Egy dióda segítségével meg tudjuk védeni a tápegységünket a fordított polaritású bekötéstől. A forrás pozitív kimenete és a 7805 alkatrész bemenete közé csatlakoztatva a dióda csak a pozitív irányú áramot fogja átengedni, ami csak pozitív feszültség csatlakoztatásakor alakul ki.



22. ábra: Tápegység diódás polaritásvédelemmel

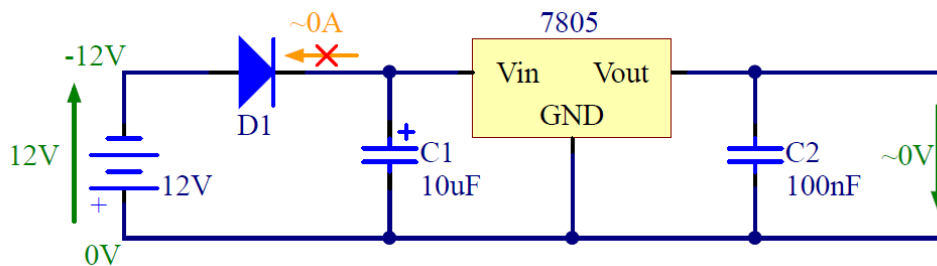
Építsük be a védelmet az áramkörbe! Figyeljünk a dióda megfelelő bekötésére! A diódán mindig jelölik, melyik kivezetése az anód, és melyik a katód: a katód felőli végén egy csík található.



23. ábra: Dióda

Ha mindent jól csináltunk, akkor ugyanaz a kimeneti feszültség fog megjelenni, mint korábban. (Érdekességgépp megmérhetjük a diódán folyó áramot.)

Most pedig szándékosan csatlakoztassuk a forrásunkat fordítva a bemenetre! Ebben az esetben a dióda blokkolni fogja az áramot, így nem fog tönkremenni az áramkörünk. Mérjük meg így mekkora áram fog folyni a diódán!

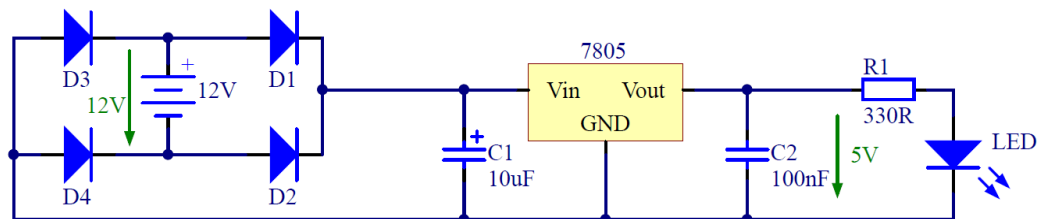


24. ábra: Fordított polaritástól megvédett tápegység

Ezzel az egyszerű alkatrészrel el tudtuk érni, hogy az áramkör ne menjen tönkre, ha fordítva kötjük be a bemenetet.

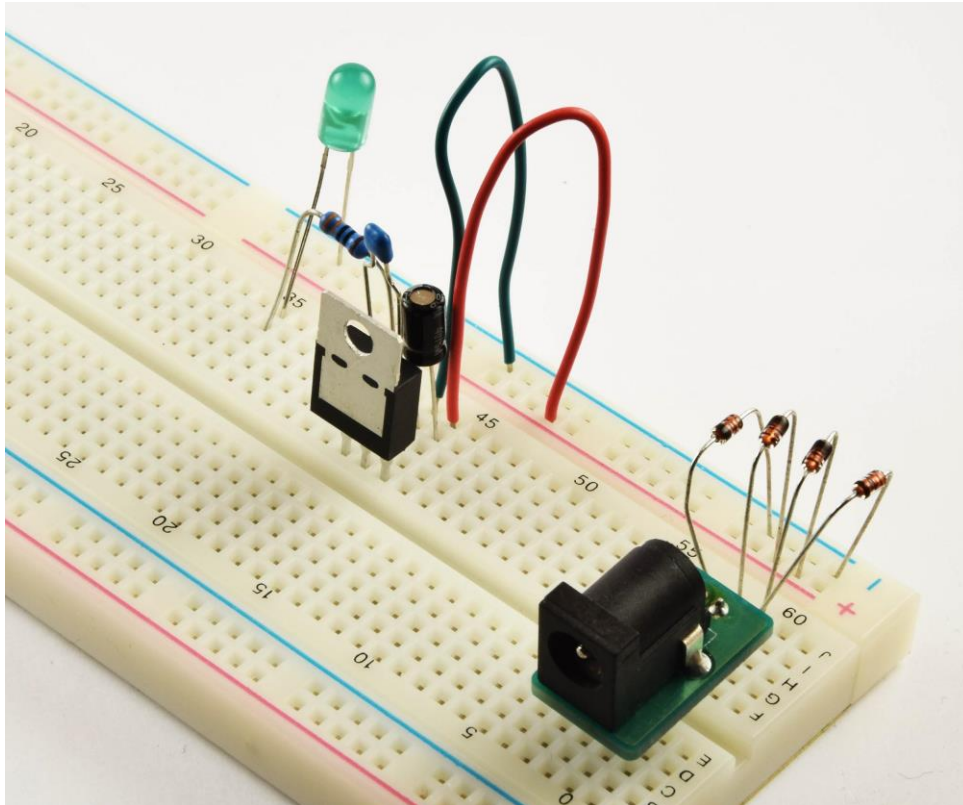
Tápegység polaritásfüggetlen bemenettel

Vizsgáljuk meg az alábbi kapcsolást:



25. ábra: Polaritásfüggetlen tápegység

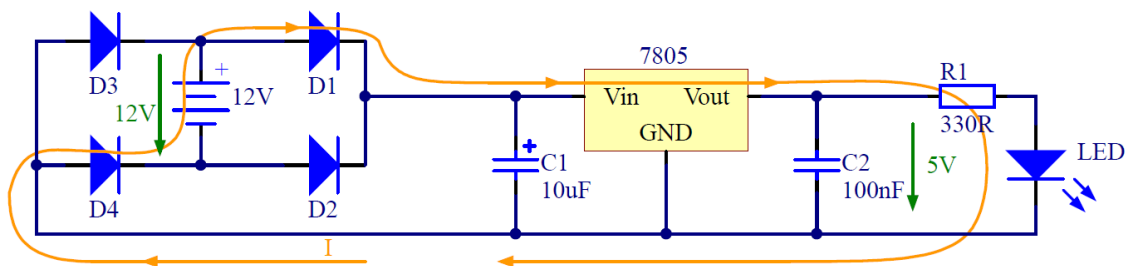
Építsük meg az áramkört és próbáljuk ki a működését! Figyeljünk a diódák bekötésére! A fenti kapcsolást Greatz-hídnak, Greatz-kapcsolásnak vagy Greatz-egyenirányításnak is szokás nevezni.



26. ábra: breadboard bekötése 4 diódával

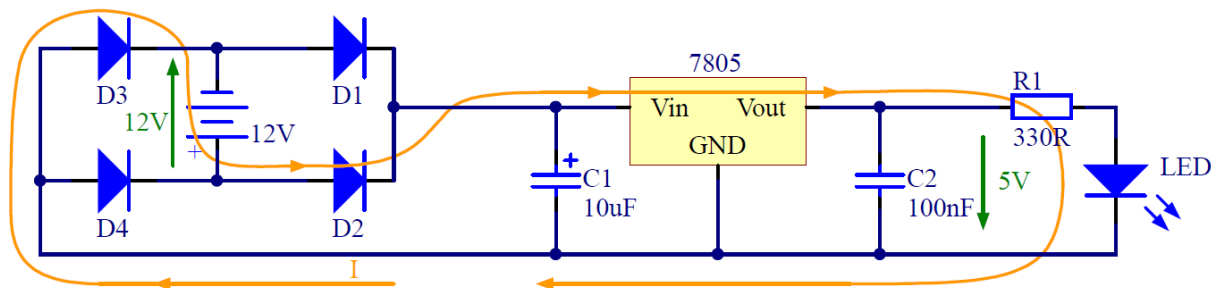
Négy dióda felhasználásával polaritásfüggetlenné tehetjük a tápegységünket. Ez azt jelenti, hogy a tápegység akkor is működni fog, ha pozitív irányban, és akkor is, ha negatív irányban csatlakoztatjuk bemenetére a feszültséget.

Pozitív bekötés esetén az D1 és a D4 diódán fog áram folyni.



27. ábra: Polaritásfüggetlen tápegység működése pozitív bemenettel

Negatív bekötés esetén pedig a D2 és a D3 dióda fog vezetni.



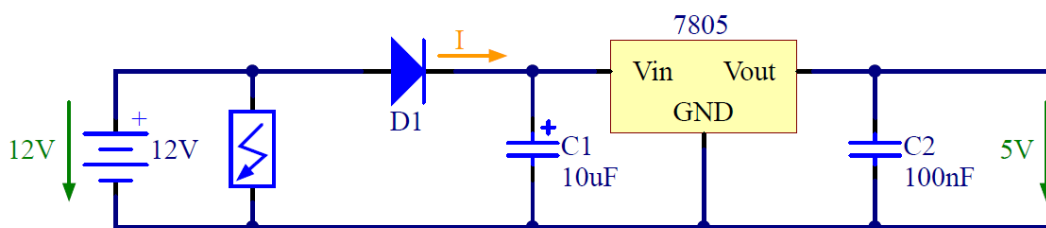
28. ábra: Polaritásfüggetlen tápegység működése negatív bemenettel

Ezzel az egyszerű trükkal most már nem csak megvédtük az áramkörünket, hanem egy plusz funkcióval is elláttuk: mindegy milyen irányban kötjük rá a bemenetet, mindkétféleképpen működőképes lesz.

Azonban még mindig nem védtük meg attól, ha túl nagy feszültséget kötöttünk rá.

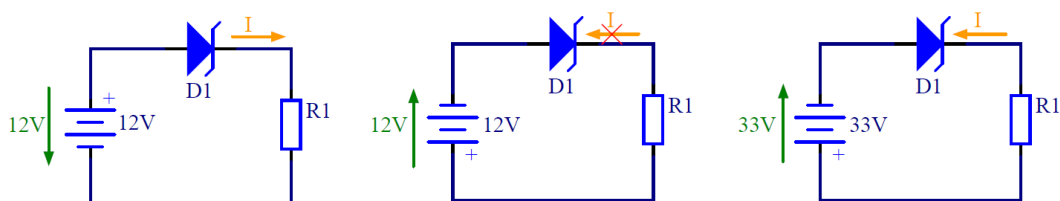
Tápegység túlfeszültség védelme

A tápegységünk túlfeszültség védelméhez egy olyan alkatrészre lenne szükségünk, amely képes elnyelni a veszélyesen nagy feszültséget.



29. ábra: Tápegység túlfeszültség védelemmel

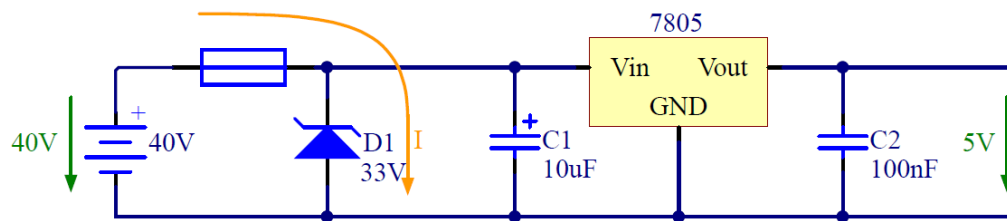
Az ilyen problémára elég jó megoldást nyújt egy Zéner-dióda. Ez az alkatrész is a diódák közé tartozik, azonban egy speciális tulajdonsága révén nagyszerűen használható túlfeszültség levezetésére. Erről részletesebben szintén egy későbbi fejezetben olvashatsz. Egyelőre elég, ha annyit tudsz, a Zéner-dióda fordított irányban, azaz a katód felől az anód felé is képes vezetni, ha egy küszöbfeszültségnél nagyobb feszültség kerül rá.



30. ábra: Zéner-dióda működése

Egy ilyen alkatrész segítségével meg tudjuk védeni az tápegységünket a túl nagy bemeneti feszültségtől. Ezekből a diódákból több különböző küszöbfeszültségű is létezik. Számunkra például a 33 V-os Zéner-dióda alkalmas leginkább a védelem megépítéséhez. Továbbá egy olvadó biztosítót is be kell építenünk, hogy se a Zéner-dióda, se a bemenetre csatlakoztatott feszültségforrásunk ne mehessen tönkre.

Vizsgáljuk meg elméleti szinten ezt a kérdéskört! Ha a bemeneten a feszültség túllépi a 33 V-ot, a Zéner-diódán áram indul meg, ahogy az alábbi kapcsolási rajz is szemlélteti egy képzeletbeli 40 V-os feszültségforrással.



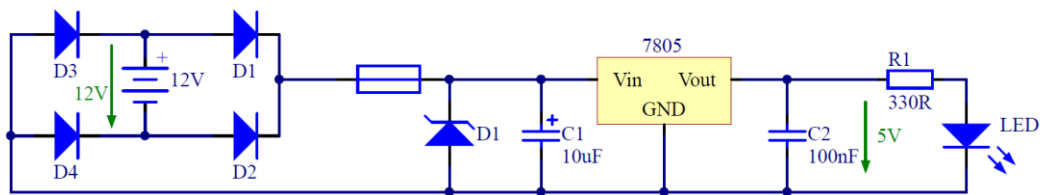
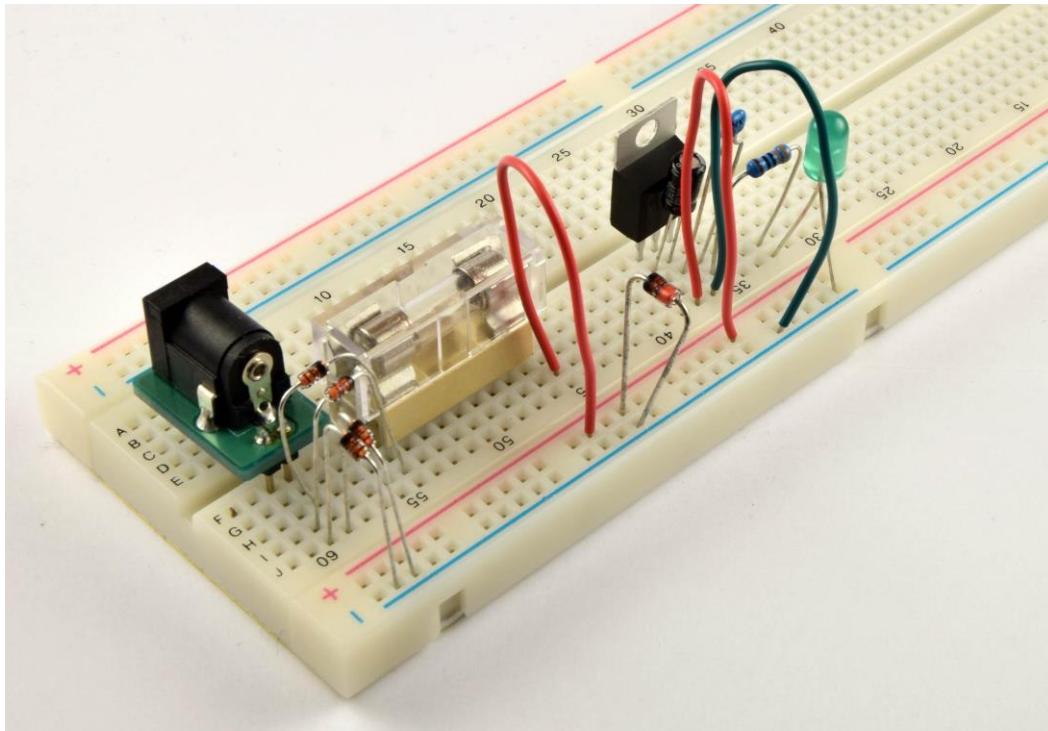
31. ábra: Túlfeszültségtől megvédett tápegység

Ettől az áramtól pedig kiolvadna az olvadóbiztosító, így “leszakadna” az áramkörünkről a túl nagy bemeneti feszültség.

Mint minden alkatrésznek, a Zéner-diódának is van maximálisan megengedett teljesítménye, amit ha túllépünk, tönkremehet. Az olvadóbiztosítót úgy kell megválasztani, hogy már azelőtt kiégjen, mielőtt a Zéner-dióda károsodhatna. Az alkatrészlistában levő alkatrészek használatával ezt a működést nem fogod tudni kipróbálni. Vagy kisebb értékű biztosítóbetétre, vagy nagyobb teljesítményű Zener-diódára volna szükség.

TÁPEGYSÉG ÖSSZEGZÉS

Ha az előzőekben megismert védelmeket kombináljuk, akkor egy olyan tápegységet kapunk, amely a bement polaritásától független és a túlfeszültségtől is védett, a működéséről pedig a kimentre kötött LED ad visszajelzést.



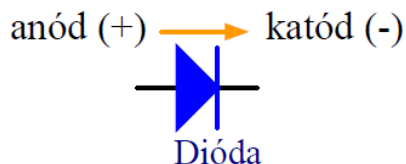
33. ábra: Polaritásfüggetlen, túlfeszültség védett tápegység

Kitekintés: Műszaki cikkekbe kerülő tápegységek ennél bonyolultabb és összetettebb védelemmel is rendelkezhetnek. Például hőmérséklet-megfűtás védelemmel, ami azt jelenti, hogy a tápegység figyeli saját hőmérsékletét, és ha az közelít a veszélyes értékhez, akkor lekapcsolja a kimenetét. Olyan tápegység is létezik, amely képes elviselni, ha a kimenete zárlatosá válik.

Nem csak az összetettebb védelemmel válhat bonyolultabbá egy tápegység. Lehet több csatornája, több különböző feszültségű kimenete is egy tápegységnek. Számítógépekbe manapság már olyan tápegység kerül beépítésre, amely vezérelhető is: így lehet távolról bekapcsolni egy PC-t, illetve ezért tud az operációs rendszer leállítása után teljesen lekapcsolni egy mai számítógép.

A DIÓDA

A dióda egy olyan elektronikai alkatrész, amely az egyik irányban az áramot átengedi, míg a másik irányban nem. Ezen legfontosabb tulajdonsága miatt nagyon sok mindenre lehet használni, erre láttunk példát az előző részekben.



34. ábra: Dióda rajzele

Kitekintés: Könnyű megjegyezni, melyik oldal az anód illetve katód. A dióda rajzele egy háromszögből és egy vonalból áll. A vonal a háromszög két élével egy "K" betűt formál, és pontosan ez a katód kivezetése.

A DIÓDA MŰKÖDÉSE

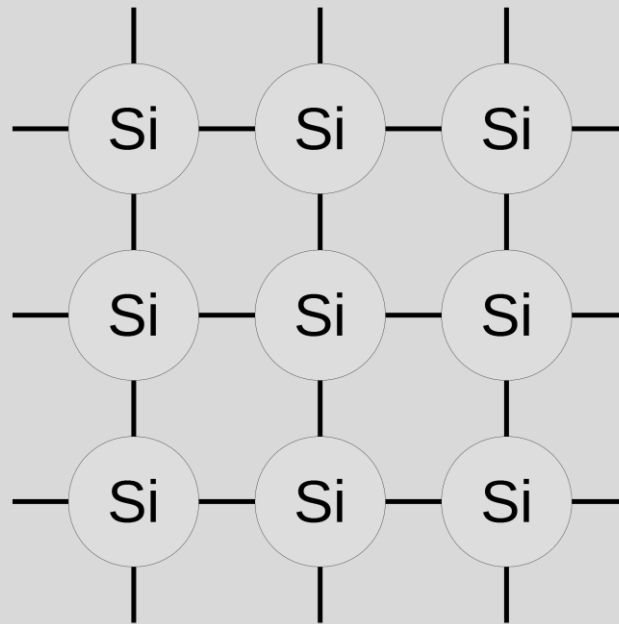
A napjainkban leggyakrabban használt diódák mind félvezetőkből épülnek fel. A félvezetők olyan anyagok, melyek gyengén vezetik az áramot és nem jók szigetelőnek sem. Például ilyen anyag a szilícium. Félvezetőkből speciális eljárással P-típusú illetve N-típusú félvezetőket alakítanak ki, amiről a következő kitekintésben olvashatsz részletesen.

P-N átmenetnek hívjuk, ha egy P-típusú és egy N-típusú félvezetőt illesztenek egymás mellé. Egyszerűen most csak fogadjuk el, hogy "a dióda egy P-N átmenetet tartalmazó félvezető eszköz". A P-típusú oldalt anódnak, az N-típusú oldalt pedig katódnak nevezzük.

Speciális tulajdonsága, hogy csak akkor vezet, ha pozitív feszültséget kapcsolunk rá, azaz az anód (a P-típusú oldal) feszültsége nagyobb, mint a katódé (az N-típusú oldalé). Az így pozitív irányba rákapcsolt feszültséget nyitóirányú feszültségnek nevezzük.

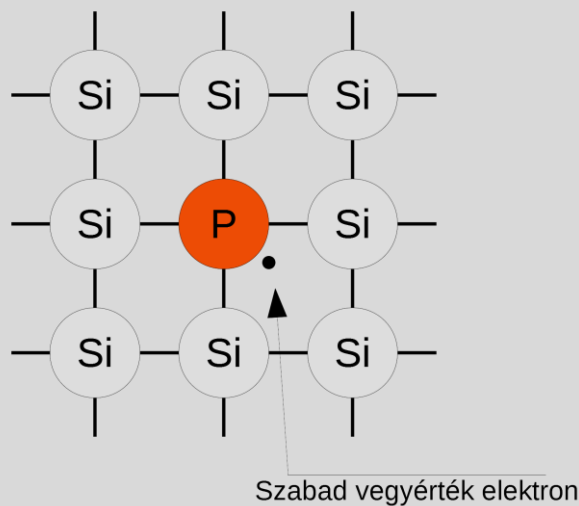
Fordított irányba a dióda nem vezet, így záróirányú feszültségnek nevezzük azt, mikor a katód (az N-típusú oldal) feszültsége nagyobb, mint az anódé (a P-típusú oldalé).

Kitekintés: Speciális eljárással elő lehet állítani olyan félvezető kristályt, melyben az anyag olyan rácsban épül fel, amiben nem marad szabad vegyérték elektron.



35. ábra: Szilícium atomrácsban

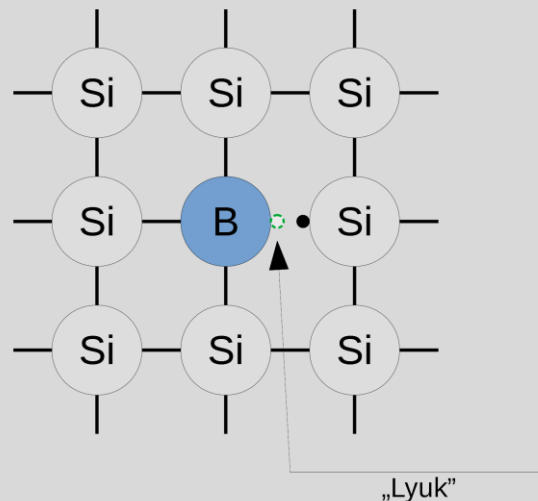
Ha egy ilyen félvezetőhöz kémiai úton olyan anyagot keverünk (ezt hívják szennyezésnek, vagy adalékolásnak), aminek több vegyérték elektronja van, mint a félvezetőnek, akkor a végső anyagban lesz egy olyan elektron, ami nem vesz részt az atomrács kialakításában, azaz szabad marad. Az ilyen anyagot nevezzük N-típusú félvezetőnek. Az N a negatívra utal, a többlet elektron töltésének előjelére. Ilyen anyag jön létre, ha a szilícium atomok közé foszfort juttatunk.



36. ábra: Foszforral szennyezett szilícium atomrácsban

Fontos megjegyezni, hogy az anyag elektromos szempontból semleges marad, azaz ugyanannyi protont és elektront tartalmaz. Kémiai szempontból rendelkezik elektrontöbblettel, egy olyan elektronnal, ami részt tud venni áramvezetésben. Akkor válik pozitív töltésűvé az anyag, ha ez az elektron innen leválik.

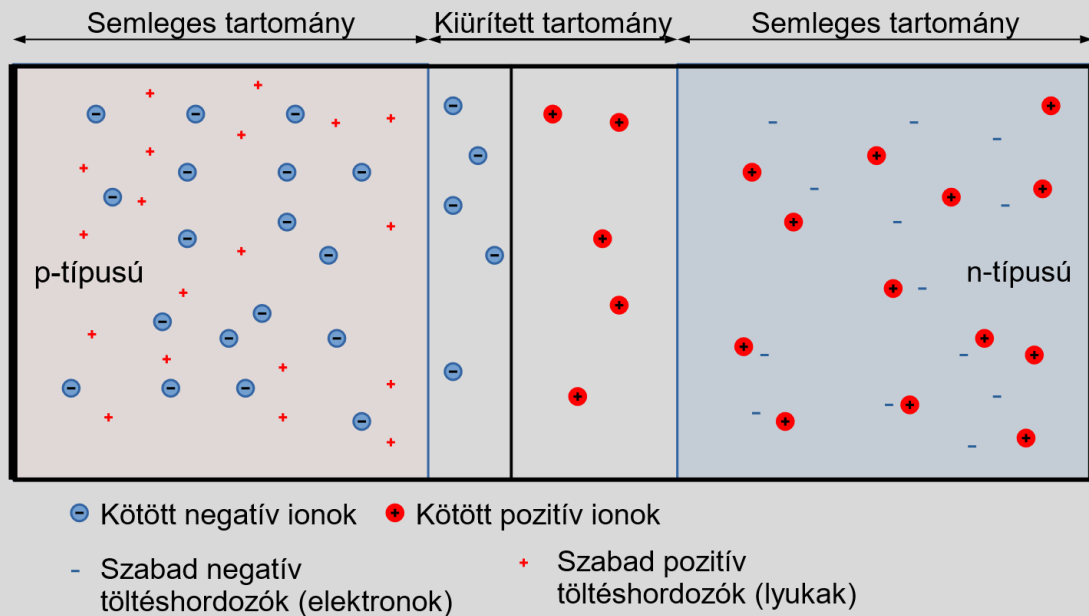
Ha a félvezetőhöz olyan anyagot keverünk, aminek kevesebb vegyértékelektronja van, akkor a végső anyagban hiányozni fog egy elektron a teljes atomrács kialakításához, azaz létrejön egy elektronhiány, más néven lyuk. Ezeket az anyagokat hívjuk P-típusú félvezetőnek, ilyen keletkezik, ha a szilícium atomok közé bórt juttatunk. Az P a pozitívra utal, az elektronhiány töltésének előjelére.



37. ábra: Bórral szennyezett szilícium atomrácsban

Ebben az esetben is fontos, hogy a végső anyag nem lesz pozitív töltésű, a protonok és elektronok száma megegyezik. A kémiai szempontból képes az anyag egy további elektron befogadására. Ha ezt a lyukat egy elektron betölti, akkor negatív töltésűvé válik az anyag.

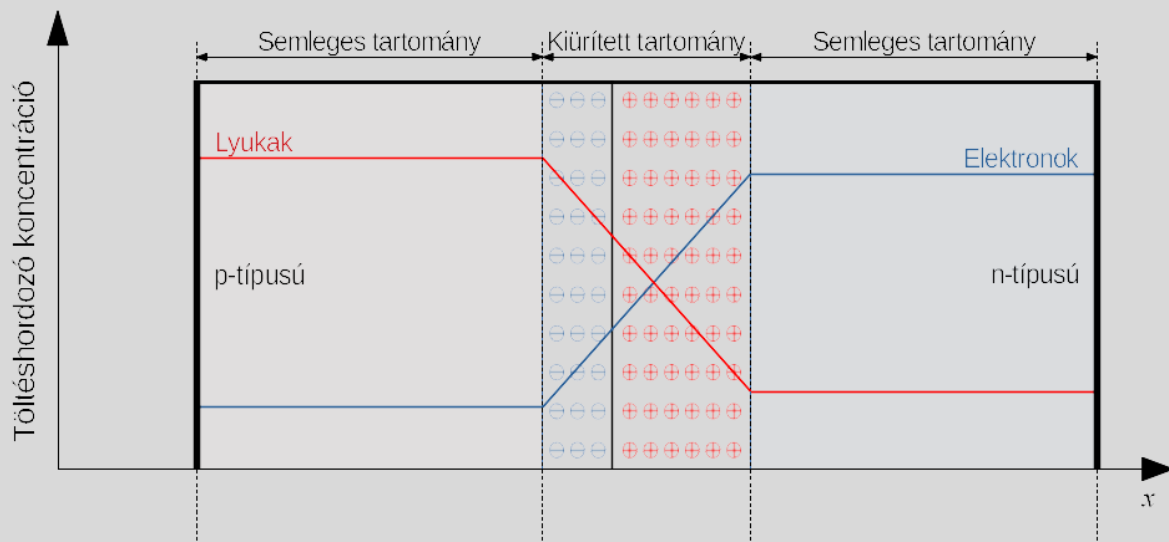
P-N átmenetben a két anyag határán egymáshoz nagyon közel kerülnek a szabad elektronok és a lyukak. Ezek az elektronok elkezdik betölteni a lyukakat a határvonal közelében (itt mikrométeres nagyságrendben kell gondolkodni). Ebben a tartományban eltűnnek a szabad elektronok illetve lyukak, ezt nevezzük kiürített tartománynak.



38. ábra: P-N átmenet

Viszont azzal, hogy az N-típusú területről átkerültek az elektronok a P-típusú területre, a P-típus határán negatív töltésűvé vált az anyag, a N-típus határán pedig pozitív töltésűvé.

Ábra:

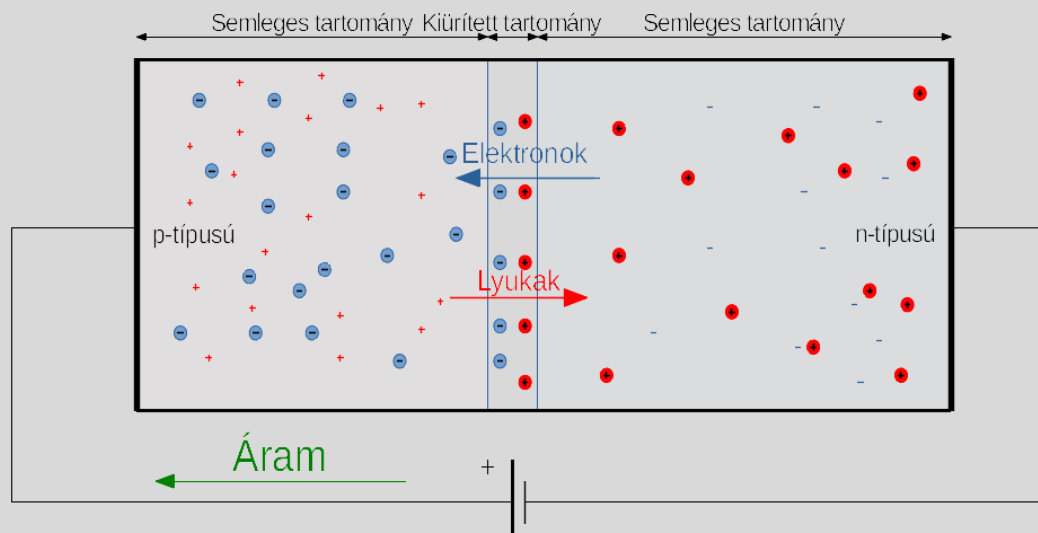


39. ábra: P-N átmenet kiürített tartomány

Vizsgáljuk meg, mi történik, ha erre az P-N átmenetre pozitív feszültséget kapcsolunk!

A P-típusú félvezetőn nagyobb lesz a feszültség, mint az N-típusún, ezért az elektromos térerő elkezd a lyukakat a térerővel megegyező (P-típus felől N-típus felé), a szabad elektronokat pedig a térerővel

ellentétes irányba (N-típus felől P-típus felé) mozgatni. Mind a lyukak, mind a szabad elektronok elkezdnek a kiürített tartomány felé mozogni, amitől az elkezd szűkülni. Ha a térerő elér egy bizonyos szintet, a kiürített tartomány olyan vékonyra válik, hogy az elektronok már át tudnak ugrani rajta és szabadon vándorolhatnak, azaz folyni kezd az áram.



40. ábra: pozitívan előfeszített P-N átmenet, leszűkült kiürített réteg, áram folyik.

Azonban, ha fordított irányban kapcsoljuk a P-N átmenetre a feszültséget, azaz a N-típusú félvezetőre kötünk nagyobb feszültséget a P-típusúnál, akkor a lyukak és az elektronok pont az ellenkező irányba kezdenek el mozogni, ezzel növekedni fog a kiürített réteg, az áram nem tud megindulni. Ezért fordított irányba nem vezet a P-N átmenet.

DIÓDA TULAJDONSÁGAI

Az előző részben láthattuk, hogy a dióda az egyik irányba vezet, a másikba pedig nem. Most vizsgáljuk meg ezt jobban!

A dióda nyitófeszültsége

A dióda csak akkor válik vezetővé, ha nyitó irányba elegendően nagy feszültséget kapcsolunk rá. Ezt a minimális feszültséget nevezzük nyitófeszültségnek (angolul Forward Voltage-nak).

Kitekintés: A nyitófeszültség az a feszültség, ami ahhoz szükséges, hogy a kiürített tartomány összehúzódjon és az elektronok képesek legyenek ezt átugorva áramot létrehozni.

A nyitófeszültségnél kisebb feszültséget kapcsolva a diódára nem folyik áram. Minden dióda adatlapjában megtaláljuk, mekkora ennek a nyitófeszültségnek az értéke. Szilícium diódák esetén 0,7 V körüli az értéke.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	V_F			1	V
Reverse current	$V_R = 20\text{ V}$	I_R			25	nA
	$V_R = 20\text{ V}, T_J = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	I_R			50	μA
	$V_R = 75\text{ V}$	I_R			5	μA
Breakdown voltage	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}, t_p/T = 0.01, t_p = 0.3\text{ ms}$	$V_{(BR)}$	100			V

41. ábra: 1N4148 dióda nyitófeszültsége

Az 1N4148 dióda nyitófeszültsége az adatlap alapján legfeljebb 1 V. Ezt a gyártó $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten 10 mA áram mellett adja meg, ezen feltételek mellett sosem lesz a nyitófeszültség 1V-nál nagyobb.

Kitekintés: Az adatlap miért a maximumát adja meg a nyitófeszültségnek? A gyártási pontatlanságok miatt az egyes diódák esetén a pontos értékek eltérhetnek egymástól. Így az esetek többségében a gyártók egy tartományt adnak meg, amit a gyártási technológia alapján tudnak megállapítani.

A dióda karakterisztikája

Ha a nyitófeszültségnél nagyobb feszültség kerül a diódára pozitív irányban, akkor vezetni fog. Hogyan függ a dióda árama a rá adott feszültségtől?

Az adatlapban megtalálhatjuk a dióda nyitóirányú karakterisztikáját, azaz egy olyan görbét, amiről leolvashatjuk, mekkora nyitóirányú áram (angolul forward current) fog folyni a diódán egy adott nyitóirányú feszültség (forward voltage) mellett.

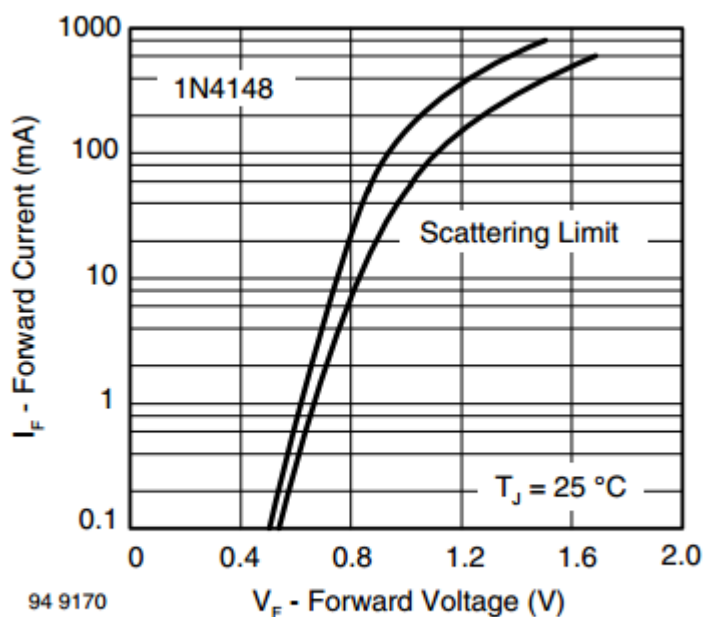


Fig. 2 - Forward Current vs. Forward Voltage

42. ábra: 1N4148 dióda nyitóirányú karakterisztikája

Az ábrán az látszik, hogy a nyitófeszültség alatt nem folyik áram (nem is kerül ábrázolásra), majd ezt elérve gyorsan (exponenciálisan) nőni kezd.

A dióda záróirányban

Ha jobban megvizsgáljuk az adatlapot, azt látjuk, hogy a dióda mégis képes fordított irányban is kis mértékben vezetni! Szivárgó áramnak (angolul reverse current) hívjuk ezt az áramot.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ °C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	V_F			1	V
Reverse current	$V_R = 20\text{ V}$	I_R			25	nA
	$V_R = 20\text{ V}, T_j = 150\text{ °C}$	I_R			50	μA
	$V_R = 75\text{ V}$	I_R			5	μA
Breakdown voltage	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}, t_p/T = 0.01, t_p = 0.3\text{ ms}$	$V_{(BR)}$	100			V

43. ábra: 1N4148 dióda szivárgó árama

Ezen szivárgó áram értéke nagyon kicsi: 20 V záróirányú feszültség (angolul reverse voltage) esetén 25 nA, azaz 0,000000025 A.

A szivárgó áram a feszültség emelkedésével lassan nő. Ha a záróirányú feszültség átlép egy bizonyos értéket, akkor hirtelen nagy áram kezd el folyni a diódán. Ezt nevezzük a dióda letörésének, és ez a feszültségérték a dióda letörési feszültsége (angolul breakdown voltage).

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ °C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	V_F			1	V
Reverse current	$V_R = 20\text{ V}$	I_R			25	nA
	$V_R = 20\text{ V}, T_j = 150\text{ °C}$	I_R			50	μA
	$V_R = 75\text{ V}$	I_R			5	μA
Breakdown voltage	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}, t_p/T = 0.01, t_p = 0.3\text{ ms}$	$V_{(BR)}$	100			V

44. ábra: 1N4148 dióda letörési feszültséget

Az 1N4148 dióda letörési feszültsége minimum 100 V, ami lényegesen nagyobb, mint a nyitófeszültsége.

Kitekintés: A letörési feszültség elérésekor a térerő már olyan nagy a P-N átmenetben, hogy a vándorlásra képes elektronok akkora sebességgel kezdenek el mozogni, hogy amikor egy ilyen elektron egy másikkal ütközik, képesek kiszakítani azt a rácsból. Így már két elektron fog vándorolni, ami megint újabb elektronokat képes kiszakítani. Ezzel megindul egy lavina hatás (angolul avalanche), amikor egyre több és több elektron szabadul fel.

SPECIÁLIS DIÓDÁK

Nagyon sok speciális dióda létezik, amik az alap tulajdonságukon kívül valami egyedivel is rendelkeznek. Például ilyen dióda a LED, a Zéner-dióda vagy a Schottky dióda.

A LED

A diódák közé tartozik a LED, azaz a Light-Emitting Diode, magyarul fényt kibocsátó dióda. Ez egy olyan speciális félvezetőből készült dióda, ami a vezetése során fényt bocsát ki.

Kitekintés: A P-N átmenetben a lyukak és elektronok vezetés közben "összeolvadnak", ami energia kibocsátással jár. LED-ek esetén ez az energia kibocsátás fény formájában történik.



45. ábra: LED rajzjele

A LED rajzjele a diódáén alapszik: kis nyilakkal jelölik a kiáramló fényt. A LED-ek is rendelkeznek ugyanazokkal a tulajdonságokkal, mint egy dióda, ugyanúgy nyitóirányban vezetnek, karakterisztikájuk is hasonló, és ugyanúgy van záróirányú letörésük.

A LED-ek az anyagukra jellemző "színű" fényt bocsátanak ki, azaz a félvezető anyagától függ, hogy éppen pirosan vagy zölden világít. Minden LED csak egy színt képes kibocsátani többszínű LED-ek előállításához több különböző színű LED-et használnak fel.

Kitekintés: A fehér LED egy kicsit eltér társaitól színe miatt. Mivel a fehér egy olyan szín, melyben minden más szín megtalálható, ezért nincs olyan félvezető, ami önmagában fehér színt sugározna. Úgy tudnak mégis fehérén sugárzó LED-et előállítani, hogy egy kék színnel sugárzó LED-et fluoreszkáló anyaggal vonnak be, ami a kék fény hatására sárgás-zöld fényt bocsát ki. Ezen színek keverékeként áll elő a fehér szín.

A Zéner-dióda

A Zéner-diódával fentebb találkozhattál először, ahol túlfeszültség védelemre használtuk fel. A Zéner-dióda jellegzetessége, hogy letörési feszültsége nagyon pontosan meghatározható a normál dióda letörési feszültségével ellentétben.



46. ábra: Zéner-dióda rajzjele

A Zéner-dióda rajzjele a diódáén alapszik: egyedül a katódot jelölő vonal néz ki másként.

Kitekintés: A Zéner-diódában végbemenő folyamat abban különbözik a lavina hatástól, hogy a nagy mennyiségű szabad elektron nem ütközéssel szabadulnak fel, hanem a kémiai kötések felbomlásával.

A Schottky-dióda

A Schottky-dióda egy olyan dióda, amely egy fém és egy N-típusú félvezető átmenetéből áll.



47. ábra: Schottky-dióda rajzjele

A Schottky-dióda rajzjele is a diódáén alapszik: egyedül a katódot jelölő vonal néz ki másként. Ez a dióda is rendelkezik a diódák minden tulajdonságával. Nyitóirányban jól vezet, viszont nyitófeszültsége lényegesen alacsonyabb a normál diódáénál, valamint záróirányú szivárgó árama rendkívül alacsony. A Schottky-diódák gyors kapcsolóeszközök, mivel bennük nem történik töltéstárolás. Ezen tulajdonságuk miatt előszeretettel alkalmazzák nagyfrekvenciás eszközökben egyenirányításra, mint például a kapcsolóüzemű tápegységekben.