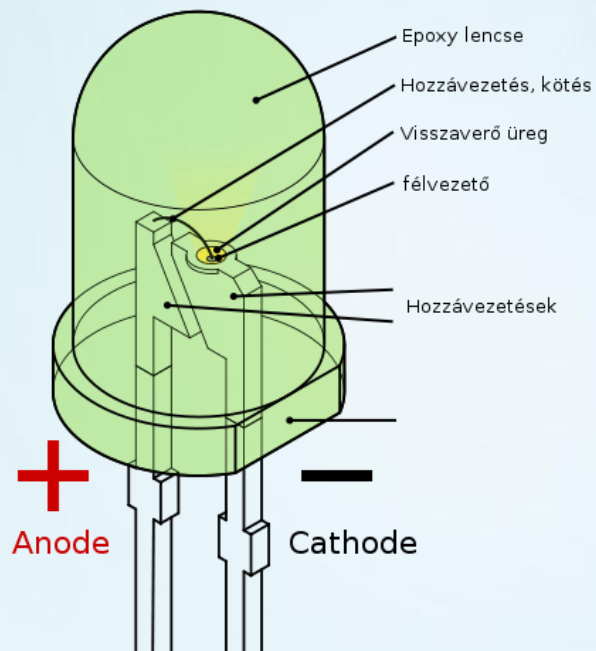


Hobbi Elektronika

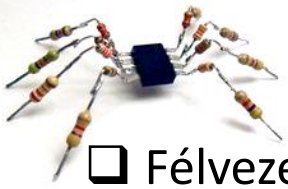


*Bevezetés az elektronikába:
Félvezető diódák, LED-ek*



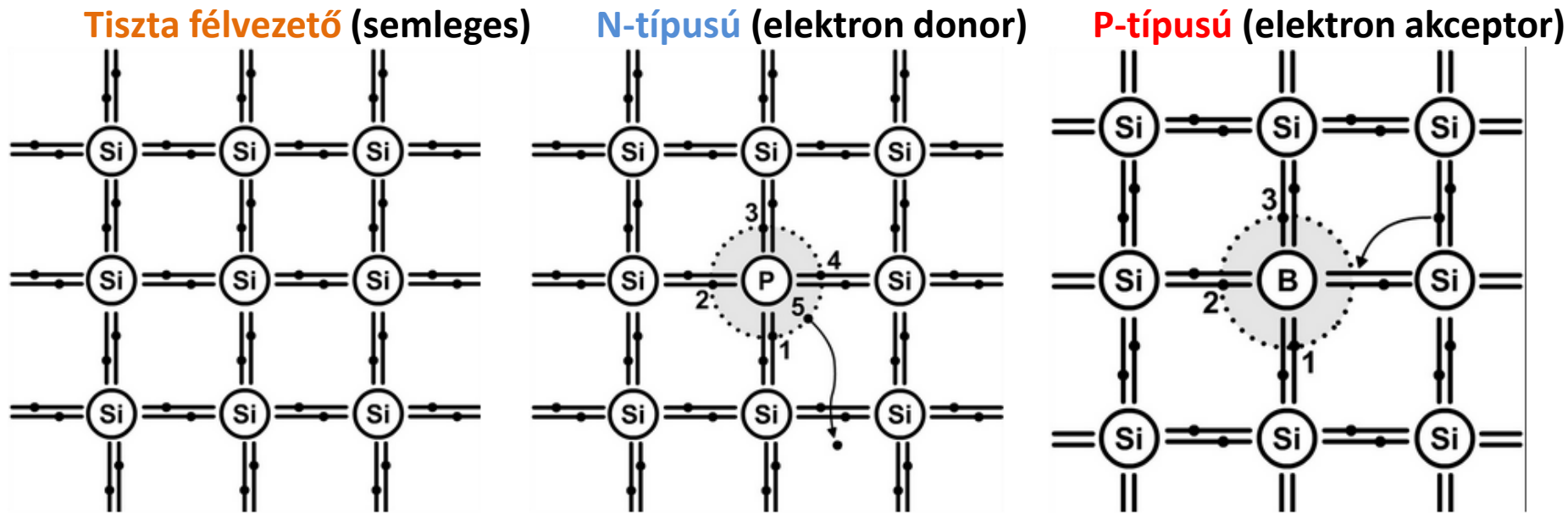
Felhasznált irodalom

- ❑ Sulinet - Tudásbázis: [Félvezető diódák](#)
- ❑ hamWiki: [A dióda működése](#)
- ❑ LED Diszkont: [Mindent a LED világáról](#)
- ❑ Dr. Veres György: [Röviden és tömören a LED-ekről](#)
- ❑ Szabó Géza: [Elektrotechnika-Elektronika](#)
- ❑ U. Tietze – Ch. Schenk: Analóg és digitális áramkörök



A félvezető anyagok fizikája

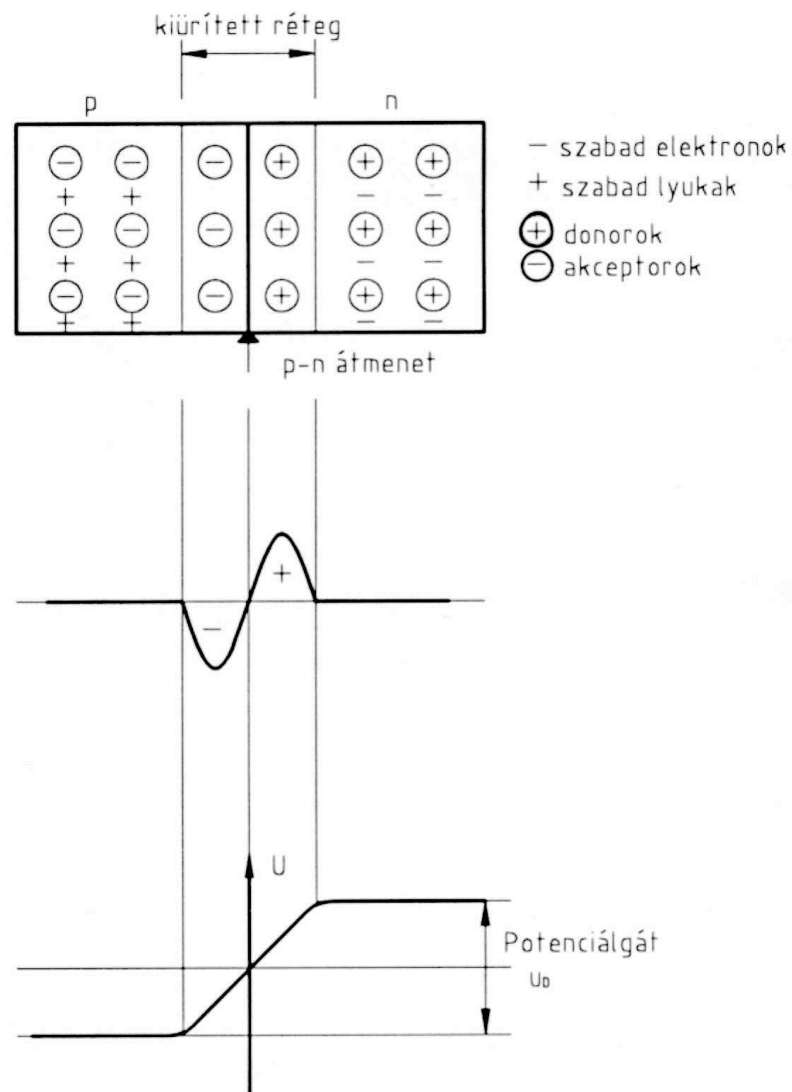
- ❑ Félvezető anyagok: elemek vagy vegyületek (például: **Si**, **Ge**, **GaAs**), vezetőképességük a fémek és a szigetelők közé esik.
- ❑ Tiszta félvezető anyagokban minden elektront lekötnek a kovalens kötések, alacsony hőmérsékleten egyetlen szabad töltéshordozót sem tartalmaznak.
- ❑ A félvezető anyag vezetőképességét más vegyértékszámú atomokkal való szennyezéssel növelhetjük.
- ❖ **N-típusú** (5 vegyértékű) szennyezők: foszfor (P), antimon (Sb), arzén (As), bizmut (Bi).
- ❖ **P-típusú** (3 vegyértékű) szennyezők: bór (B), alumínium (Al), indium (In), gallium (Ga)

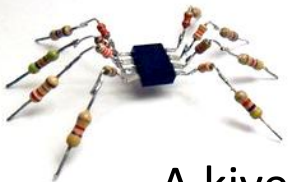




A p-n átmenet

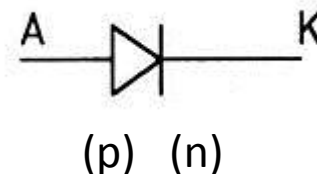
- ❑ A p-n átmenet kialakulásakor megkezdődik a szabad töltéshordozók diffúziós áramlása.
- ❑ A határrétegben a töltéshordozók rekombinálódnak (kiürített réteg jön létre).
- ❑ A határréteg két oldalán töltések gyűlnek össze, amelyek akadályozzák a további diffúziós áramlást.
- ❑ A potenciálgát (diffúziós potenciál) nagysága:
 - germánium esetében 0,1-0,2V
 - szilícium esetében 0,5-0,7V.



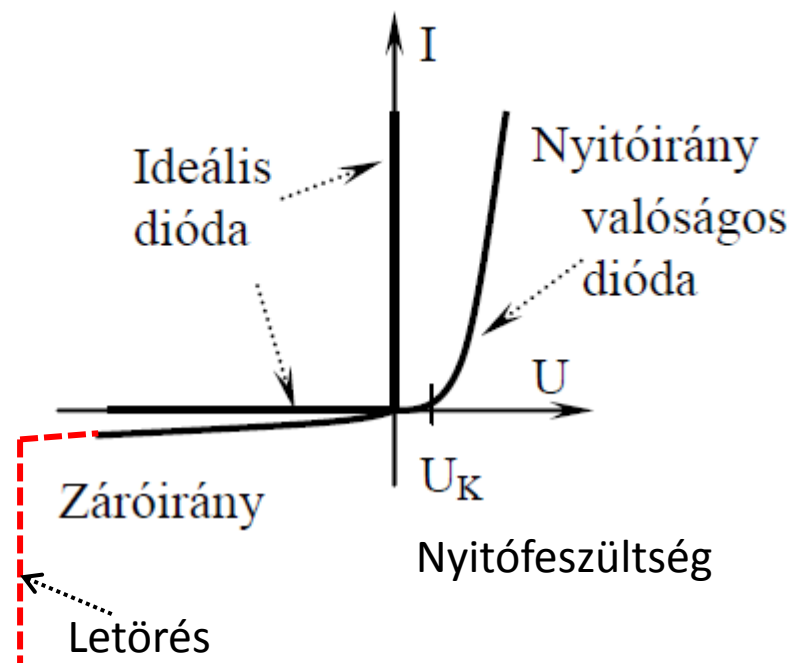


A félvezető dióda

A kivezetésekkel rendelkező p-n átmenet **egyenirányító tulajdonsággal** rendelkezik, **dióda**ként viselkedik. Rajzjele:



- ❑ Nyitóirány feszültség hatására az áram csak egy küszöbfeszültség meghaladása után észlelünk számottevő áramot. Túl nagy nyitóirányú áram túlzott felmelegedéssel jár → tönkremegy a kristályszerkezet.
- ❑ Záróirányú feszültség esetén a kiürített zóna szélessége növekszik. Egy bizonyos határon túl a külső tér elektronokat szakít ki a kristályszerkezetből → Zener-, illetve lavinaeffektus, feszültségletörés.



A dióda **nemlineáris áramköri elem**: a rajta átfolyó áram és a ráeső feszültség nem egyenesen arányos.

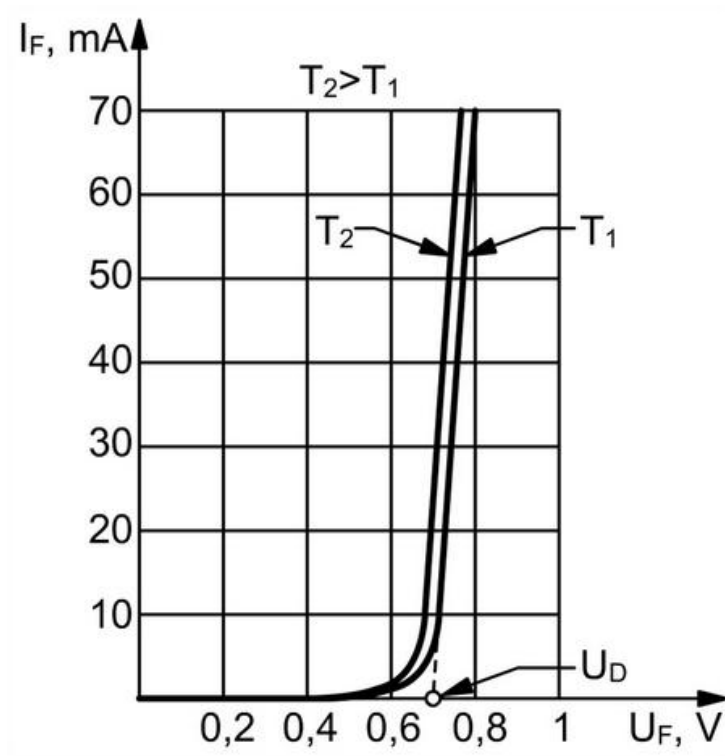
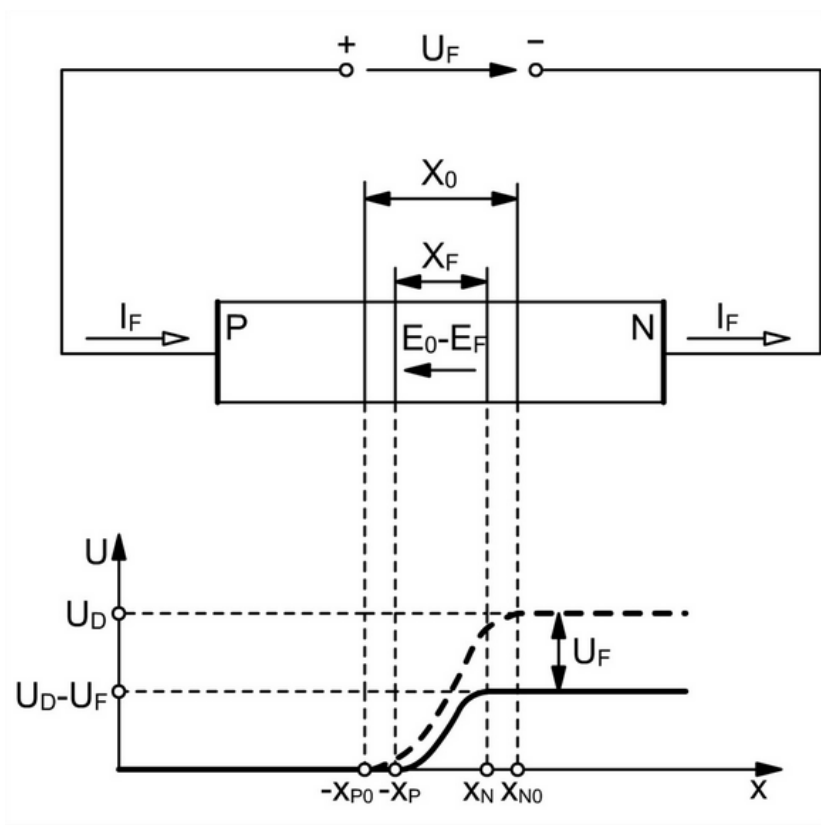
Vizsgáljuk meg a két esetet külön-külön!



1. Nyitóirányú előfeszítés

Ha a dióda p-n átmenetére pozitív (nyitóirányú) U_F feszültséget kapcsolunk az n rétegbe elektronok érkeznek, a p rétegből elektronok távoznak, a potenciálgát csökken.

$U_F > U_D$ esetén meglódul a többségi töltéshordozók áramlása (nyitóirányú áram), eltűnik a kiürített réteg. A dióda árama az U_F feszültségen kívül a hőmérséklettől is függ!



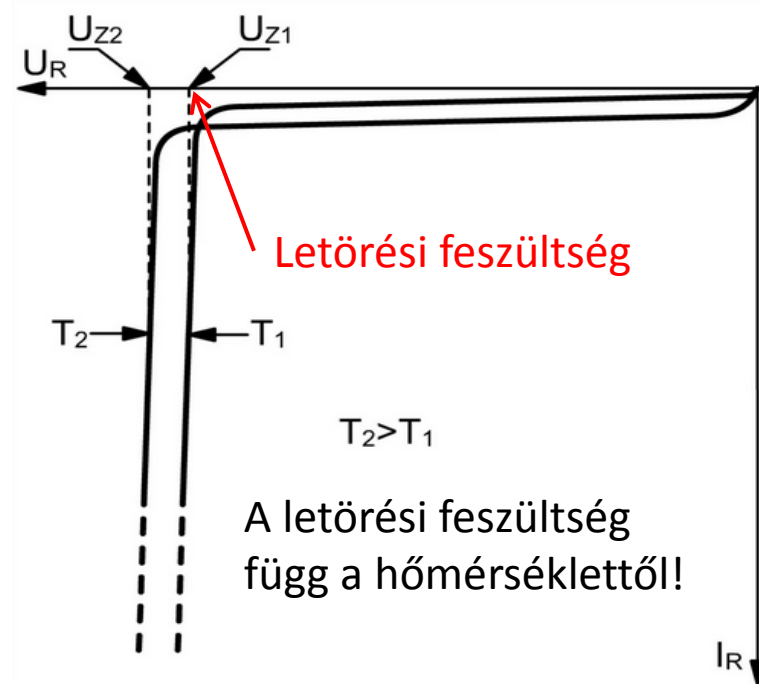
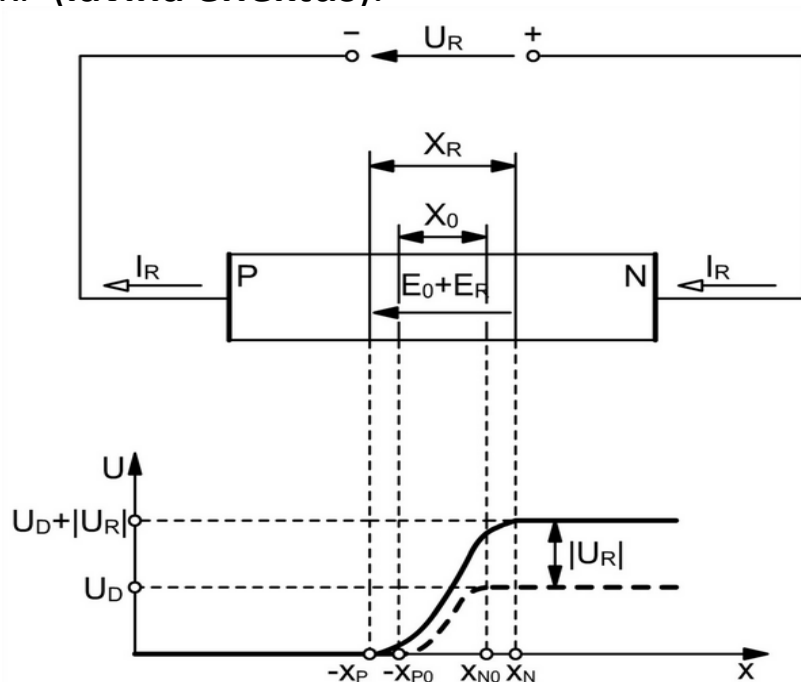


2. Záróóirányú előfeszítés

Fordított polaritású U_R feszültség rákapcsolásakor $U_R < U_Z$ esetén csak a kisebbségi töltéshordozók elhanyagolható árama folyik (a dióda praktikusán „nem vezet”), a többségi töltéshordozókat akadályozó potenciálgát megnő.

$U_R \geq U_Z$ esetén két effektus lép fel, amelyek miatt ugrásszerűen megnő az áram:
Vékony határréteg esetén a nagy elektromos tér töltéshordozókat szakít ki a kötésekből (**Zener-effektus**).

A magasabb feszültség által felgyorsított kisebbségi töltéshordozók ütközés révén elektronokat szakítanak ki a kötésekből, amelyek felgyorsulva további elektronokat ütnek ki (**lavina effektus**).





Diódatípusok és felhasználásuk

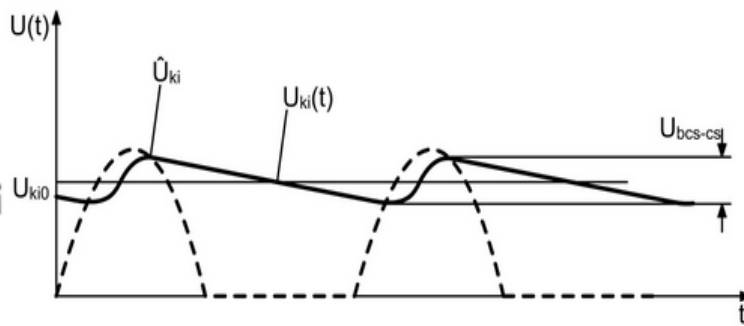
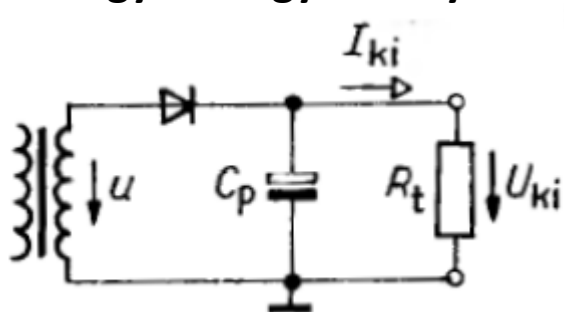
A diódákat sok célra használjuk, a felhasználási célokra optimalizálva gyártják:

- [Egyenirányító dióda](#) - tápegységekben
- [Zener dióda](#) – stabil referenciaként
- [Kapacitás dióda](#) – hangolható kapacitásként
- [Alagút dióda](#) – rezgőkörök veszteségének pótlására
- [Schottky dióda](#) – gyors működés, alacsony nyitófesz.
- Fényemittáló dióda (LED)



Egyenirányító kapcsolások

Egyutas egyenirányító

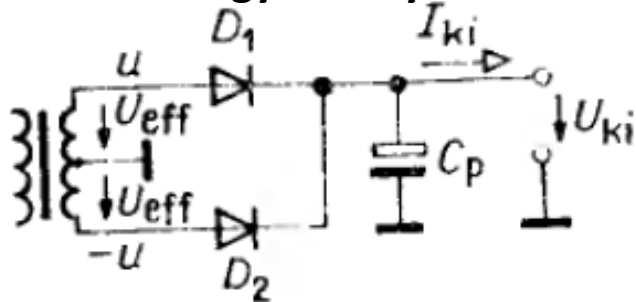


Kimeneti csúcsfeszültség:

$$U_{ki0} = \sqrt{2}U_{eff} - U_F$$

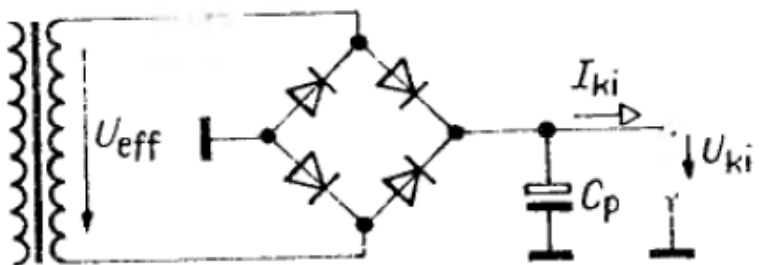
$$U_{Rmax} = 2\sqrt{2}U_{eff}$$

Kétutas egyenirányító



- Mindkét félperiódus hasznosul
- Kisebb diódaáram
- Kisebb bűgófeszültség

Graetz egyenirányító



Kimeneti csúcsfeszültség:

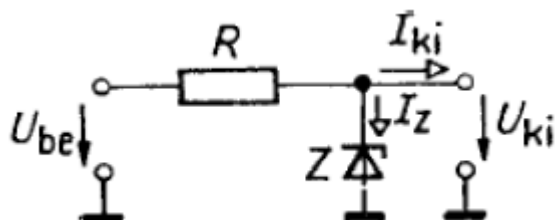
$$U_{ki0} = \sqrt{2}U_{eff} - 2U_F$$

Max. zárófeszültség:

$$U_{Rmax} = \sqrt{2}U_{eff}$$



Zener diódás stabilizálás



Stabilizálási tényező: $s = \frac{\Delta U_{be}}{\Delta U_{ki}} = \frac{R}{r_z} + 1$

Példa: legyenek $I_{KI\max} = 100 \text{ mA}$, $I_{Z\min} = 20 \text{ mA}$, $U_{BE} = 30 \text{ V} \pm 10 \%$, $U_{KI} = 15 \text{ V}$.

$$R = \frac{U_{BE} - U_{KI}}{I_{KI\max} + I_{Z\min}} = \frac{27 \text{ V} - 15 \text{ V}}{100 \text{ mA} + 20 \text{ mA}} = \frac{12 \text{ V}}{120 \text{ mA}} = 100 \Omega$$

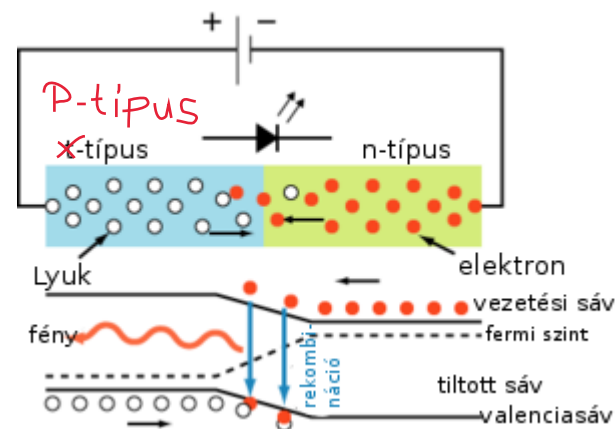
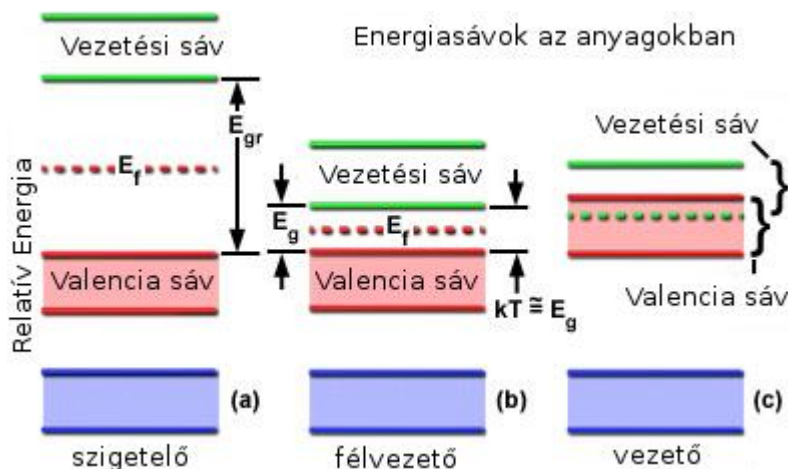
$$I_{Z\max} = \frac{33 \text{ V} - 15 \text{ V}}{100 \Omega} = \frac{18 \text{ V}}{100 \Omega} = 180 \text{ mA}$$

r_z tipikusan 4Ω körüli érték, így $s \approx \frac{100 \Omega}{4 \Omega} + 1 = 26$

Worst case design: mindenhol a legkedvezőtlenebb esetre számítunk.



Fényemittáló dióda (LED)



LED (Light Emitting Diode) – speciális felépítésű dióda, az elektromos energiát fényenergiává alakítja. Ha a p-n átmenetre nyitóirányú feszültséget kapcsolunk, megindul a többségi töltéshordozók diffúziós árama.

A p-n átmenetnél rekombinációs folyama zajlik, s az elektronok energiaállapota megváltozik. Az átmenet során felszabaduló energia kisugárzódik ami eshet az IR, a látható fény vagy az UV tartományba.



Fényemittáló dióda (LED)

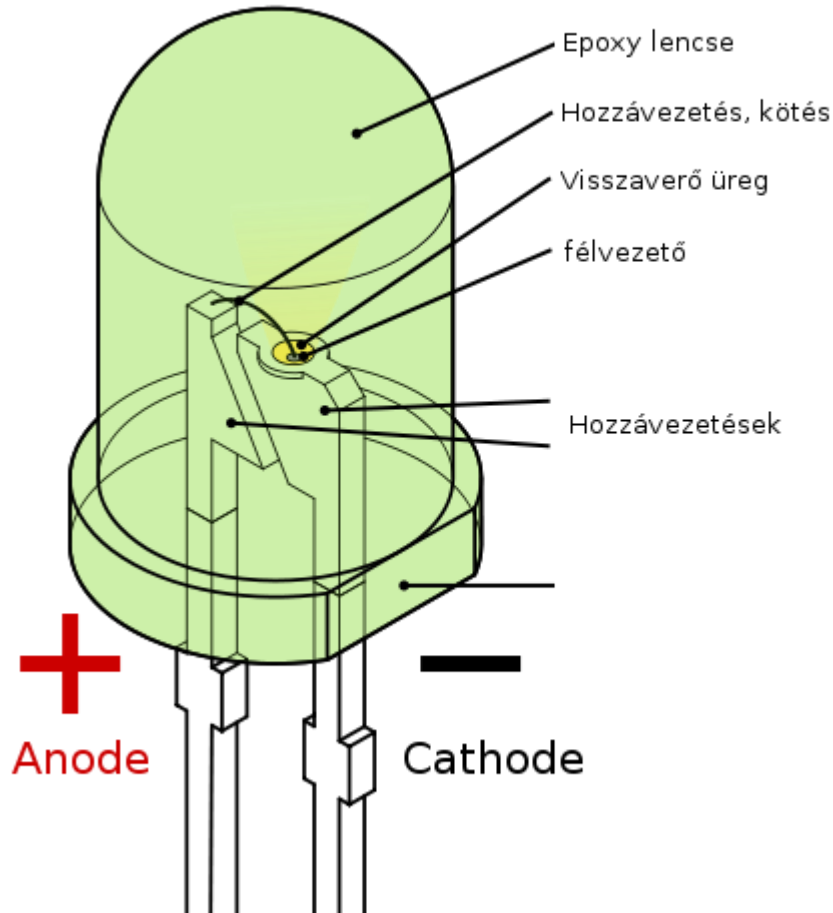
A keletkező fény hullámhossza, azaz a színe függ attól, hogy milyen anyagokat használnak fel a dióda készítésénél

SZÍN	ANYAG	HULLÁMHOSSZ
infravörös	Gallium-arzenid (GaAs) Alumínium-gallium-arzenid (AlGaAs)	$\lambda > 760 \text{ nm}$
vörös	Alumínium-gallium-arzenid (AlGaAs) Gallium-arzenid-foszfid (GaAsP) Alumínium-gallium-indium-foszfid (AlGaInP) Gallium (II)-foszfid (GAP)	$610 < \lambda < 760 \text{ nm}$
narancs	Gallium-arzenid-foszfid (GaAsP) Alumínium-gallium-indium-foszfid (AlGaInP) Gallium (II)-foszfid (GAP)	$590 < \lambda < 610 \text{ nm}$
sárga	Gallium-arzenid-foszfid (GaAsP) Alumínium-gallium-indium-foszfid (AlGaInP) Gallium (II)-foszfid (GAP)	$570 < \lambda < 590 \text{ nm}$
zöld	Indium-gallium-nitrid (InGaN) / Gallium (II)-nitrid (GAN) Gallium (II)-foszfid (GAP) Alumínium-gallium-indium-foszfid (AlGaInP)	$500 < \lambda < 570 \text{ nm}$

SZÍN	ANYAG	HULLÁMHOSSZ
zöld	Alumínium-gallium-foszfid (AlGaP)	$500 < \lambda < 570 \text{ nm}$
kék	Cink-szelenid (ZnSe) Indium-gallium-nitrid (InGaN) Szilícium-karbid (SiC)	$450 < \lambda < 500 \text{ nm}$
Halványlila	Indium-gallium-nitrid (InGaN)	$400 < \lambda < 450 \text{ nm}$
Sötétlila	Kettős vörös/kék LED-ek Kék vörös foszforral vagy Fehér sötétlila műanyagborítással	Több típus
ultraibolya	Gyémánt (C) Alumínium-nitrid (AlN) Alumínium-gallium-nitrid (AlGaIn) Alumínium-gallium-indium-nitrid (AlGaInN)	$\lambda < 400 \text{ nm}$
Fehér	Kék/UV dióda sárga foszforral	Széles



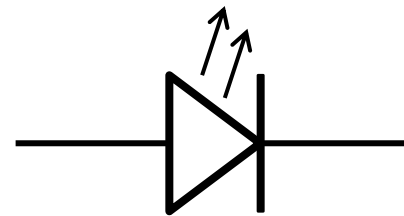
A LED felépítése, jelölése



A kivezetések jelölése:

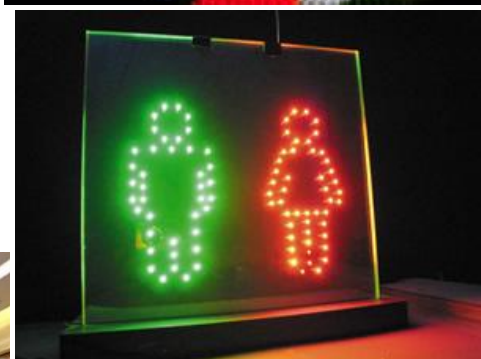
- A hosszabb láb az anód
- A lapolt oldal a katódot jelzi

A LED rajzjele:





A LED-ek alkalmazási területei



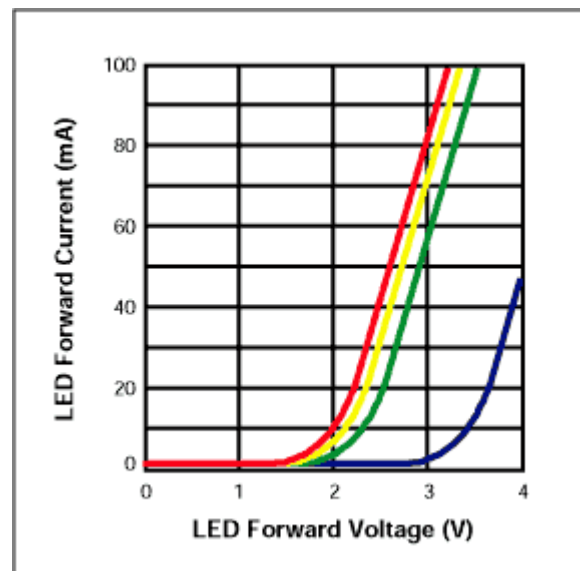


LED-ek karakterisztikája

Az általános célú diódáknál a minél kisebb küszöbfeszültség elérése a cél.

A LED-eknél a nyitófeszültség a LED színétől függ. Fő cél: a **tiszta szín** biztosítása és minél jobb **hatásfok** elérése (a kibocsátott fényenergia és a betáplált elektromos energia hányadosa).

A gyengébb minőségű LED-eknél gyorsabb az **öregedési folyamat**: a fényerő erőteljesen csökken az idő múltával. Ez nem feltétlenül a félvezető hibája, oka lehet a polimer alapú fényáteresztő ablak öregedése is...



Különböző színű LED-ek nyitóirányú karakterisztikája



LED-ek karakterisztikája

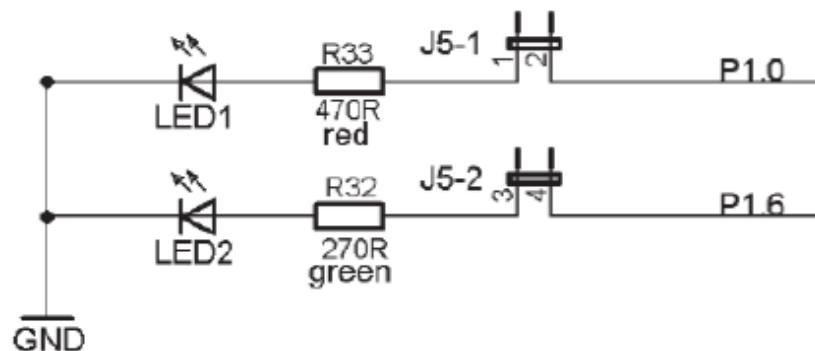
A gyártók sokszor táblázatos formában adják meg a főbb paramétereket, egy (feltételezett) munkapontra vonatkozóan. Az alábbi táblázatban például az $I_f = 20 \text{ mA}$ névleges nyitóáramra vonatkozó adatok szerepelnek.

6value 300pcs SMD LED 1206 Superbright LEDs Assortment Kit							
Color	Model	Wavelength	Forward	Forward	Luminous	View Angle	Quantity
		(nm)	Voltage	Current	Intensity	(degrees)	(PCS)
			(V)	(mA)	(mcd)		
Red	1206	615-625	2.1-2.3	20	150-180	120-125	50
Yellow	1206	585-595	1.8-2.2	20	120-140	120-125	50
Green	1206	515-520	3.1-3.3	20	350-380	120-125	50
Orange	1206	515-520	2.0-2.3	20	180-210	120-125	50
Blue	1206	460-465	3.0-3.2	20	150-180	120-125	50
White	1206	X=0.31 Y=0.32	3.0-3.2	20	330-360	120-125	50

Kérdés: Miért vannak különböző értékű ellenállások a Launchpad kártyán a különböző színű LED-ekhez (470 Ω , ill. 270 Ω)?

Válasz: az eltérő LED nyitófeszültségek miatt.

$R = (U_t - U_f) / I_f$ ahol: $U_t = 3,5 \text{ V}$ $I_f \approx 4 \text{ mA} = 0,004 \text{ A}$





Szimuláció, jelleggörbe rajzolása

A <http://www.falstad.com/circuit/> címen elérhető áramkör szimulátor segítségével rajzoltassuk ki egy dióda vagy LED jelleggörbét!

- Induljunk ki a Circuits/Diodes/Diode I/V Curve mintapéldából!
- LED esetén töröljük a diódát, adjunk hozzá egy LED-et (jobb gomb, Inputs/outputs/ Add LED), majd állítsuk be a nyitófeszültséget (vörös LED 2,1 V)!
- Egy soros ellenállás sem árt...

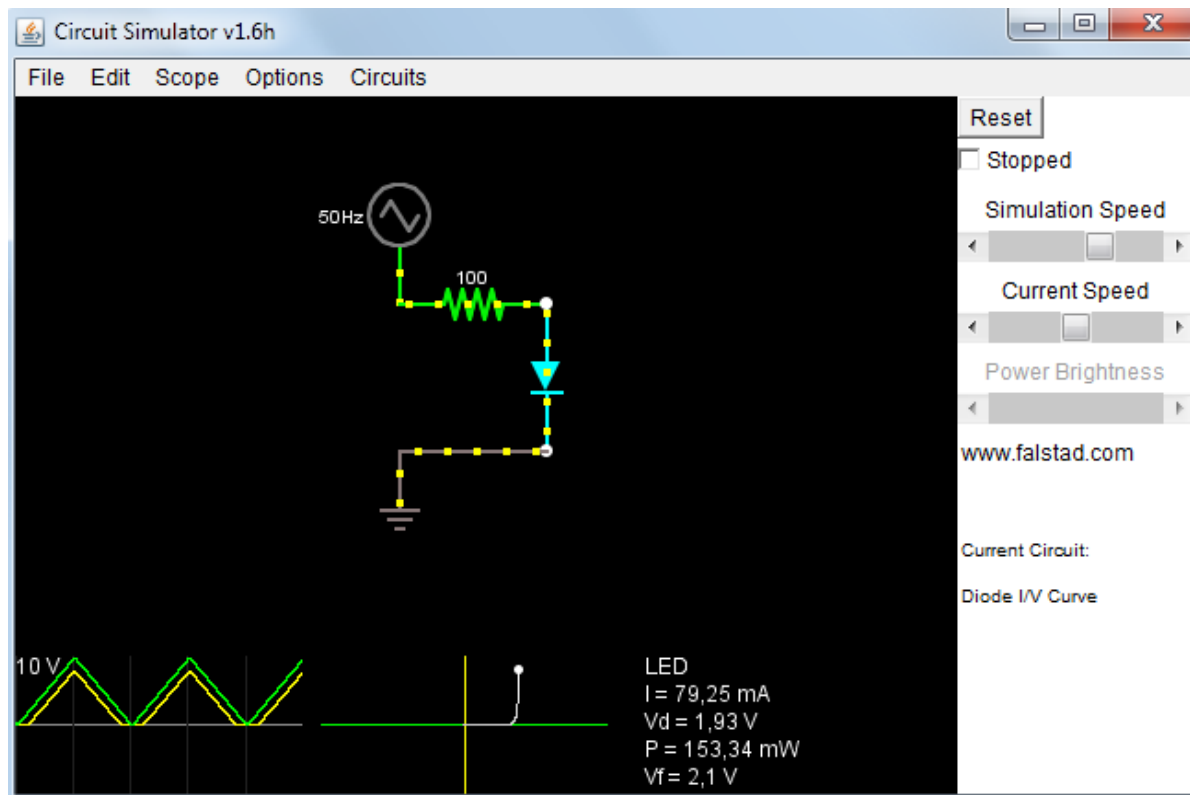
Jelleggörbe rajzolás:

- Jobb gombbal kattintsunk a diódára, és **View in Scope!**
- Jobb gombbal kattintás a kijelzőre és válasszuk a **Show V vs I** opciót!

Feszültségforrás beállítása:

Max voltage: 5 V

Offset: 5 V





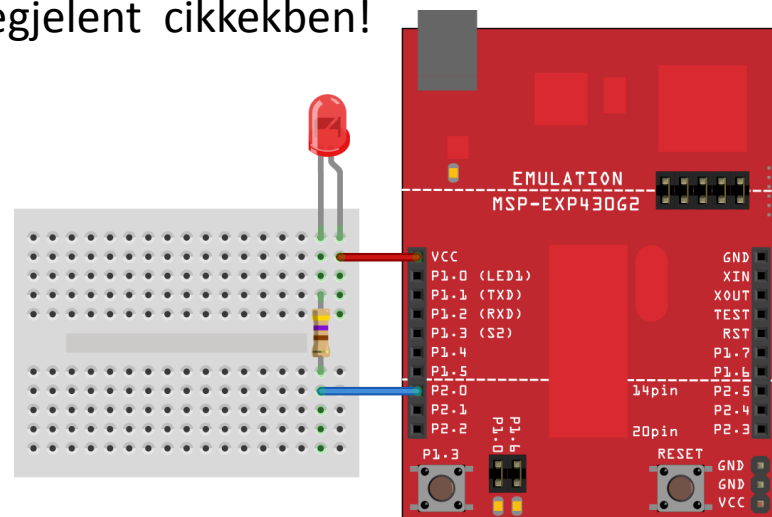
LED vezérlés Launchpad kártyával

A Launchpad kártya ismertetését lásd a 2013-as előadásokban, illetve a Hobbielektronika Fórumon megjelent cikkekben!

LED munkapont beállítása

- ☐ Az **MSP430G2553** mikrovezérlő kivezetésein max. 4 mA áram folyhat, ezért a LED munkaponti árama $I_f = 4 \text{ mA}$ legyen.
- ☐ A vörös LED U_f nyitófeszültsége ilyen kis áramnál kb. 1,6 – 1,7 V-nak vehető.
- ☐ A tápfeszültség itt $U_t = 3,5 \text{ V}$, s az áramkorlátozó ellenállást úgy kell megválasztani, hogy a munkaponti áram hatására $U_t - U_f$ feszültség essen rajta:

$$R = \frac{U_t - U_f}{I_f} = \frac{3,5 \text{ V} - 1,6 \text{ V}}{0,004 \text{ A}} = 475 \Omega$$



Made with Fritzing.org

A LED ennél a bekötésnél a P2.0 kimenet alacsony szintre történő lehúzásakor világít!

Nagyobb áramú LED meghajtáshoz nagyobb teljesítmény leadására képes fokozatot kell beiktatni (tranzisztor, FET, stb)



LED villogtató program

Az előző oldali kapcsoláshoz készítsünk egy kis programot, ami a LED-et villogtatja!

Az **Energia** fejlesztői környezet telepítése és beállítása a tavalyi előadásvázlatokban, illetve a [„Tényleg nincs királyi út? I. rész”](#) c. cikkben leírtak alapján végezhető el.

A **P2.0** kimenethez egy szimbolikus nevet (LED) rendelünk.

A kivezetést kimenetnek állítjuk, majd periodikusan ki- és bekapcsoljuk a LED-et, közben 1-1 másodpercet várakozva.

Az előző oldali bekötésben a LED lehúzásra világít!

```
Blink | Energia 0101E0012
File Edit Sketch Tools Help

Blink$

#define LED P2_0

void setup() {
  pinMode(LED, OUTPUT); // A kivezetés legyen kimenet
}

void loop() {
  digitalWrite(LED, LOW); // Végtelen ciklus
  delay(1000);             // bekapcsoljuk a LED-et
  digitalWrite(LED, HIGH); // 1000 ms várakozás
  delay(1000);             // kikapcsoljuk a LED-et
                           // 1000 ms várakozás
}

Done compiling.
C:\Users\cserny\AppData\Local\Temp\build610067068204129559.tmp\Blink.cpp.hex]
Binary sketch size: 677 bytes (of a 16 384 byte maximum)

2 LaunchPad w/ msp430g2553 (16MHz) on COM17
```



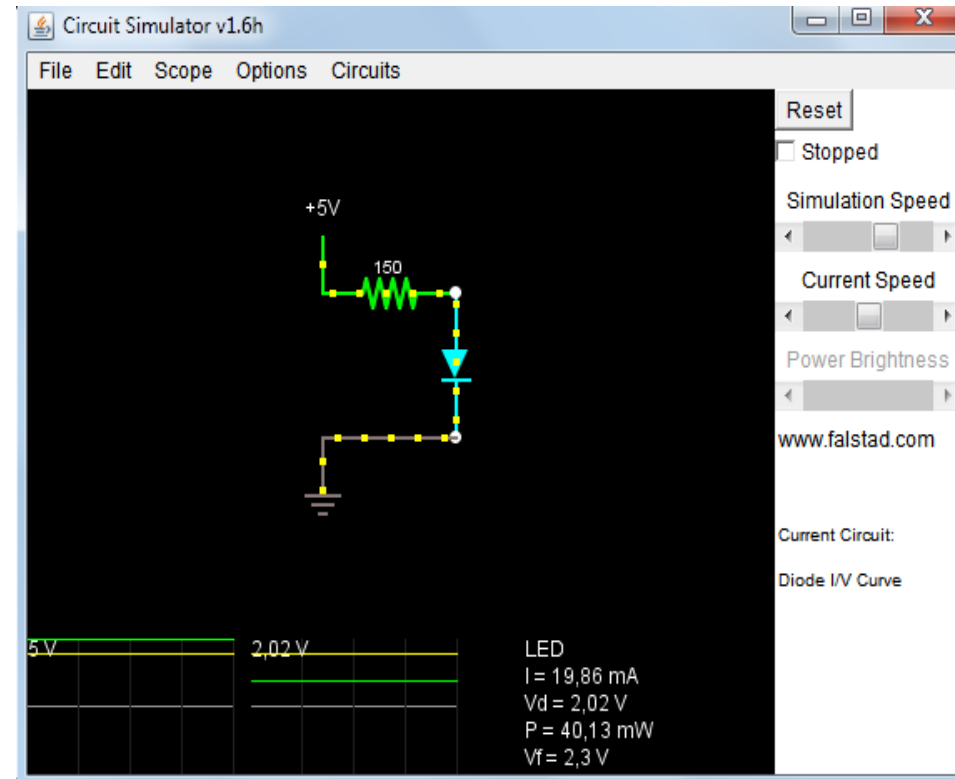
LED vezérlés Arduino kártyával

Arduino kártya (vagy más 5 V-os AVR vagy PIC mikrovezérlő) esetén nagyobb a kimenetek terhelhetősége, akár 20 mA-es meghajtásra is alkalmasak.

LED munkapont beállítása

- ❑ Az ATmega328p mikrovezérlő kivezetésein akár 20 mA áram is folyhat, ezért a LED munkaponti árama most $I_f = 20 \text{ mA}$ lesz.
- ❑ A vörös LED U_f nyitófeszültsége ekkora áramnál már kb. 2 V-nak vehető (típustól függően).
- ❑ A tápfeszültség itt $U_t = 5 \text{ V}$, s az áramkorlátozó ellenállást úgy kell megválasztani, hogy a munkaponti áram hatására $U_t - U_f$ feszültség essen rajta:

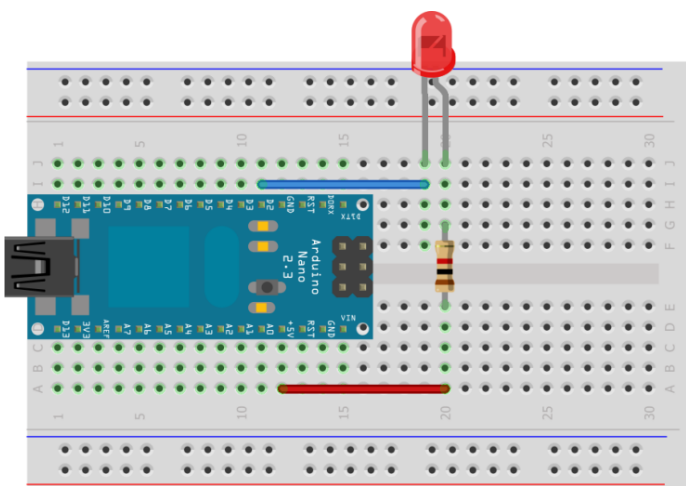
$$R = \frac{U_t - U_f}{I_f} = \frac{5 \text{ V} - 2 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 150 \, \Omega$$



Vegyük észre, hogy az ellenálláson nagyobb teljesítmény disszipálódik, mint a LED-en!
(nem elég hatékony módszert választottunk az LED táplálására...)



Minden az Arduino-ról: arduino.cc (angol nyelvű honlap)
Magyarul: tavir.hu, [HE Arduino fórum](#), [Arduino kezdőknek](#)



Made with Fritzing.org

- Most is lehúzásra világít a LED.
- Az ellenállás értéke legalább 100 Ω -os legyen!
- A LED katódját a D2 digitális kivezetésre kötöttük.

```
int led = 2; // A D2 kivezetést használjuk

void setup() {
  pinMode(led, OUTPUT); // D2 kimenet legyen
}

void loop() {
  digitalWrite(led, LOW); // bekapcsoljuk a LED-et
  delay(1000); // 1 mp várakozás
  digitalWrite(led, HIGH); // kikapcsoljuk a LED-et
  delay(1000); // 1 mp várakozás
}
```

Done compiling.

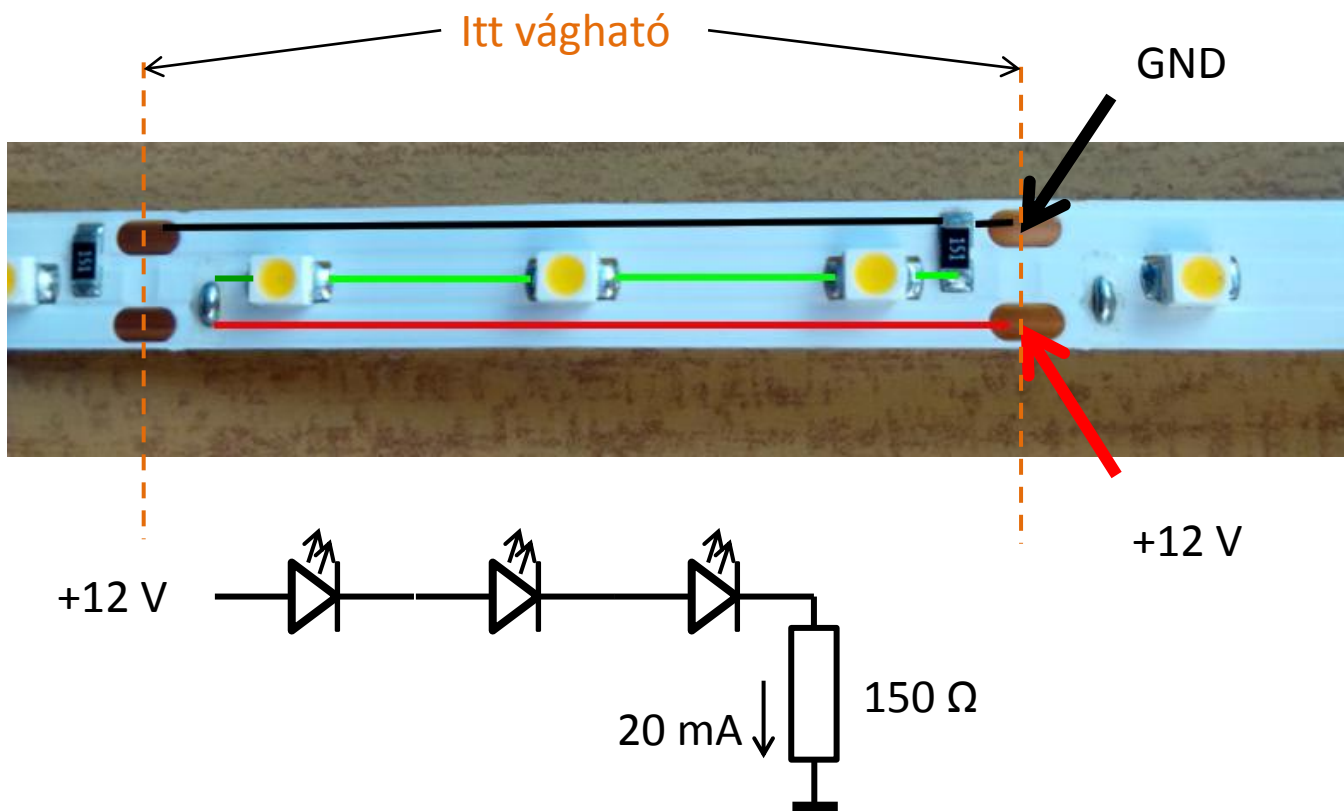
Binary sketch size: 1,084 bytes (of a 30,720 byte maximum)

12 Arduino Nano w/ ATmega328 on COM19



12 V-os LED szalag

A 12 V-os sínre 3-3 db sorbakötött LED csatlakozik egy áramkorlátozó ellenálláson keresztül. A szalag ezért ilyen egységekben darabolható.



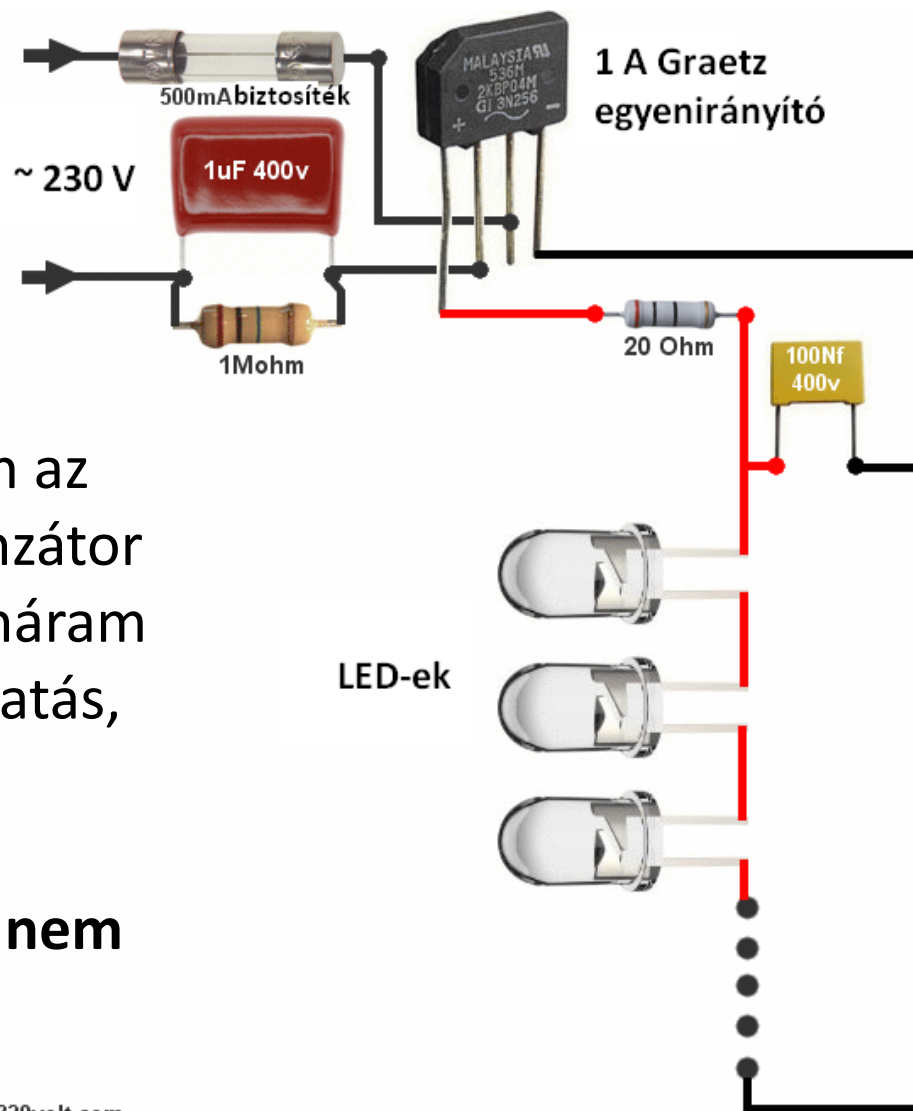


LED meghajtása hálózatról

**NE PRÓBÁLJUK KI!
NEM JAVASOLT KAPCSOLÁS!**

Az egyszerű kivitelű LED izzóban az áramkorlátozást a soros kondenzátor végzi. A LED-eken lüktető egyenáram folyik → villogás, stroboszkóp hatás, rövid élettartam.

Ilyen világítótestek használata nem ajánlott!



320volt.com