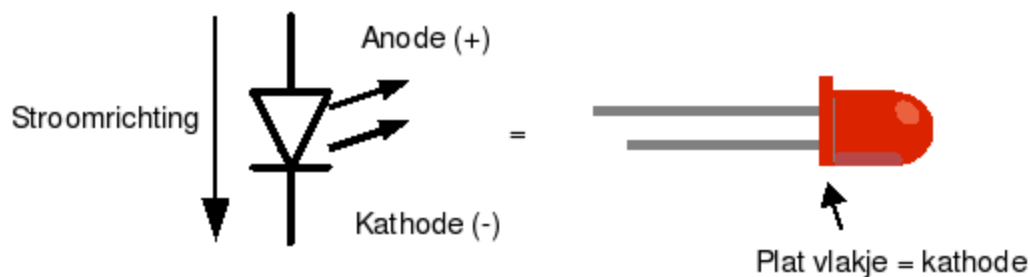


Worshop Electronics & arduino	niveau: basic
1. Werken met LED's	<b>materiaal:</b> LED Breadboard weerstanden (? Ohm)

## Wat is een LED?

*LED* is de afkorting van Light Emitting Diode, wat zoveel betekent als lichtgevende diode. En inderdaad vertoont een led ook een belangrijke eigenschap van een diode, namelijk dat de stroom slechts in één richting wordt doorgelaten; er kan alleen stroom lopen van de *anode* (positieve pool) naar de *kathode* (negatieve pool).

In onderstaande figuur zie je het schemasymbool en een tekening van de klassieke standaardled, met daarbij aangegeven de anode, de kathode en de richting waarin stroom door de led kan lopen:



Bij de hier weergegeven “gewone” led met twee aansluitdraden zijn de anode en de kathode als volgt te herkennen:

- De **anode** (de positieve aansluiting) is de langste draad.
- De **kathode** (de negatieve aansluiting) is de kortste draad. Verder is de kathode bij ronde leds vanaf 5 millimeter ook aangegeven door middel van een plat vlakje bij een van de draden.

Ezelsbruggetje 1: KNAP: Kathode Negatief Anode Positief

Ezelsbruggetje

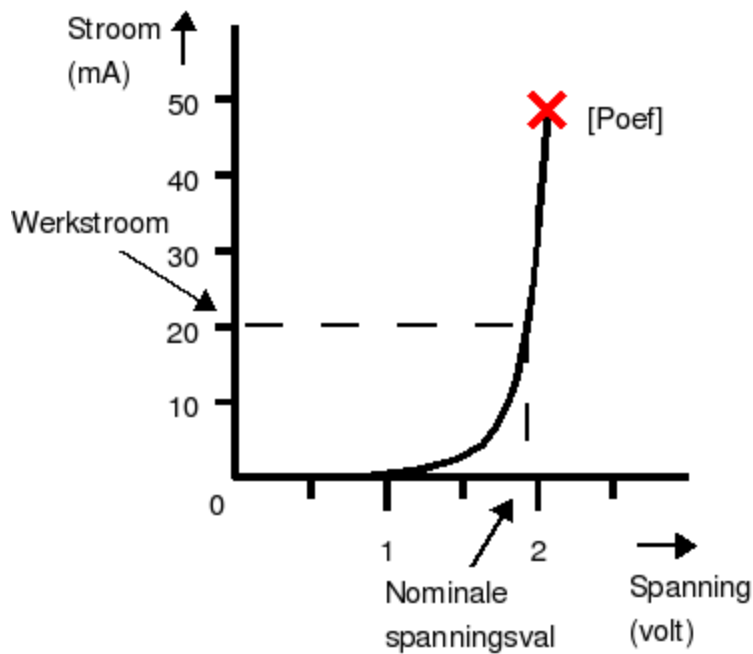
2:

## Hoe zet je een led aan?

Leds moeten worden aangestuurd door er een bepaalde *stroom* doorheen te sturen, niet door er een bepaalde *spanning* overheen te zetten. Je kunt een gewone led dus ook niet zomaar op een batterij of andere spanningsbron aansluiten, ze zullen dan niet werken of juist heel snel kapot gaan.

Bij een led wordt dan ook aangegeven bij welke stroom de lichtopbrengst optimaal is (dat wil zeggen: zoveel mogelijk licht bij een zo lang mogelijke levensduur). Deze stroom ligt meestal rond 20 mA.

Als je een led op een gewone spanningsbron aansluit en de spanning langzaam opvoert, zal er eerst bijna niets gebeuren. Pas wanneer de spanning in de buurt komt van de nominale spanningsval begint er stroom te lopen en gaat de led licht geven. Als de spanning daarna echter ook maar een klein beetje (een paar tiende volt) wordt verhoogd, neemt de stroom zeer snel toe, totdat de led kapot gaat. Dit is te zien in de volgende grafiek (voor een rode led):



De moraal van het verhaal is simpel: hang een led nooit zomaar aan een spanningsbron zoals een batterij of een adapter. Het ding zal meestal kapot gaan of domweg niets doen. Ja, het kan soms goed gaan, vooral bij lichte batterijen (die een relatief grote inwendige weerstand hebben).

Een dergelijk *exponentieel* verband tussen spanning en stroom geldt in principe voor alle dioden; de exacte waarden van de nominale spanningsval en de stroom zijn echter sterk afhankelijk van het type diode. De meeste gewone leds worden aangestuurd met een stroom van maximaal 20 mA (milli-ampère), oftewel 0,02 ampère.

De waarde van de nominale spanningsval is afhankelijk van de kleur van de led, hier volgen de typische waarden:

rode leds	1,9 volt
gele leds	2,0 volt
groene leds	2,1 volt
blauwe leds	3,6 volt
witte leds	3,6 volt

Raadpleeg echter altijd de datasheets van een led als deze beschikbaar zijn, want zeker bij moderne, geavanceerdere typen leds kunnen deze waarden flink afwijken.

We kunnen de benodigde werkstroom heel eenvoudig opwekken door een weerstand in serie te zetten met een vaste spanningsbron.

Je stuurt een led aan door een spanningsbron te nemen met een hogere spanning dan de nominale spanningsval van de led, en de weerstand zo te kiezen dat de gewenste stroom door de hele keten loopt.

## Hoe bereken je de voorschakelweerstand?

Zoals gezegd kun je een serieschakeling van een led en een weerstand wel op een spanningsbron aansluiten. De vraag is natuurlijk welke waarde die weerstand moet hebben. Uitgangspunt bij de berekeningen is de **wet van Ohm**:

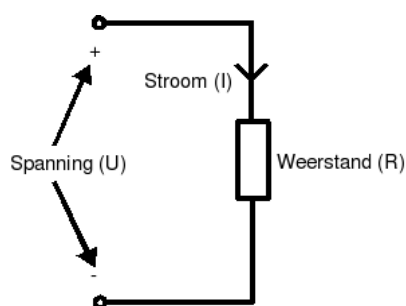
$$U = I \times R$$

U is de spanning in volt (V),

I is de stroom in ampère (A),

R is de weerstand in ohm ( $\Omega$ )

Dit is het bijbehorende schema:



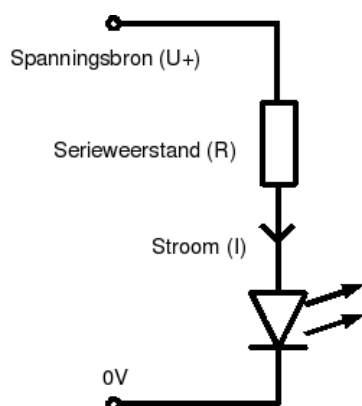
Deze formule vertelt je de spanning over een bekende weerstand als er een bekende stroom doorheen wordt gestuurd. Maar wat te doen als je niet de spanning wilt weten, maar de weerstand, of de stroom? Geen probleem, met een beetje wiskunde kan de wet van Ohm worden omgerekend tot de volgende formules:

$$I = U / R$$

en

$$R = U / I$$

Het vorige schema geeft de situatie aan voor de wet van Ohm, maar er ontbreekt nog een belangrijk element: de led. Deze laatste wordt in serie geschakeld met de weerstand, waarna het er zo uitziet:



Hierbij is de volgorde van led en weerstand niet van belang, zolang de led maar in de juiste polariteit is aangesloten. Verder het natuurlijk zaak dat de spanningsbron een hogere spanning levert dan de nominale spanningsval van de led, anders kan er al helemaal geen stroom lopen.

In dit voorbeeld gaan we uit van een rode led met een nominale spanningsval van 1,9 volt; als we dus een voedingsspanning  $U^+$  van 5 volt nemen, zou het goed moeten gaan, want  $5V > 1,9V$ . Als gewenste stroom  $I$  kiezen we 20 mA. Nu moeten we alleen nog de weerstand berekenen.

Nu zou je misschien denken dat je gewoon de waarden voor spanning (5V) en stroom (0,02A) in de wet van Ohm kunt invullen, maar dat is niet helemaal juist – je moet nog rekening houden met de nominale spanningsval over de led, die we  $U_{led}$  noemen. Deze laatste spanningsval moet van de voedingsspanning  $U^+$  worden afgetrokken om de spanning over de weerstand  $R$  te krijgen.

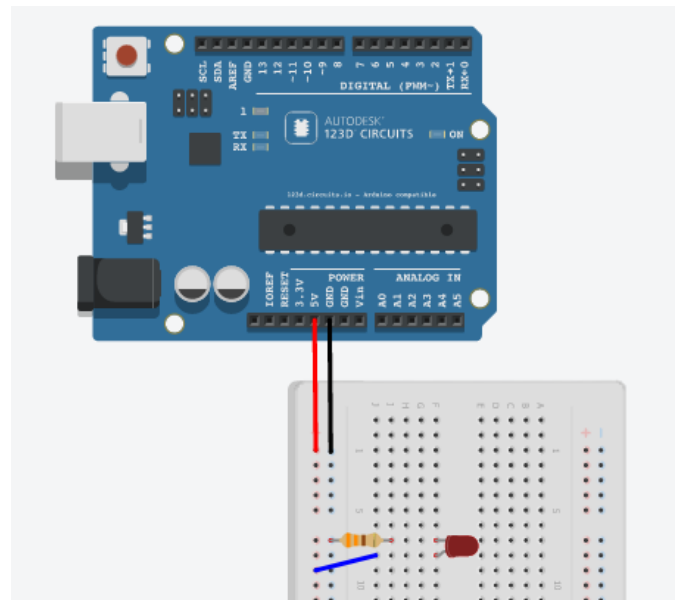
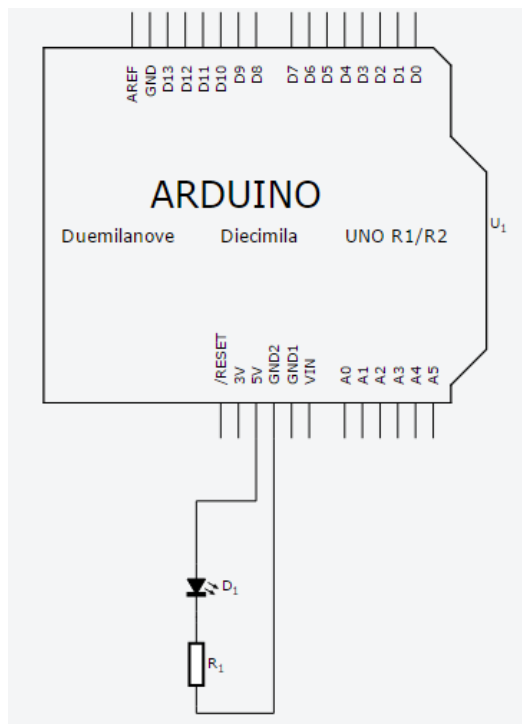
In formulevorm ziet dit er zo uit:

$$R = (U^+ - U_{\text{led}}) / I$$

(bron: [http://www.linetec.nl/electronics/leds/led\\_1.html](http://www.linetec.nl/electronics/leds/led_1.html))

## Oefening 1a (gezamenlijk)

Bereken de voorschakelweerstand en sluit een rode LED aan op de 5V voedingsspanning van het Arduino bord.



## Oefening 1b (gezamenlijk)

Draai in de bestaande schakeling de LED om. (We verwisselen dus anode en kathode)

Wat gebeurt er? Waarom?

## Oefening 1c (gezamenlijk)

Zet de LED in de bestaande schakeling terug juist, en kies nu een voorschakelweerstand van  $10k\Omega$

Wat gebeurt er? Waarom?

## Oefening 1d (gezamenlijk)

Verwijder de draad tussen de anode van de LED en de 5V voedingsspanning en verbind de anode met digital pin 13 van de Arduino.

Wat gebeurt er?

We bekijken samen de code die standaard voorgeprogrammeerd is op de Arduino.

## Oefening 1e

Wijzig de code van de Arduino zodat de LED brandt volgens het internationaal gekende SOS-noodsignaal:

S: 3 korte pulsen (3 keer 1s AAN, 1s UIT)  
O: 3 lange pulsen (3 keer 2s AAN, 1s UIT)  
S: 3 korte pulsen (3 keer 1s AAN, 1s UIT)

sluit af met een pauze van 7s

## Oefening 1g

We willen 2 LED's in serie willen aansluiten op de 5V voedingsspanning van de Arduino.  
Bereken de voorschakelweerstand en sluit de LED's aan

## Oefening 1h

Bouw een schakeling met 2 LED's die afwisselend 1s aan en 1s uit zijn.  
Dus als LED1 brandt, dan is LED2 uit en omgekeerd.

## Oplossing oefening 1a

$$R = (5V - 1,9V) / 0,02A = 3,1V / 0,02A = 155 \text{ ohm}$$

Je kiest dus een weerstand van 180 ohm, dit is de eerst volgende waarde uit de E12-reeks) als voorschakelweerstand.

Voor de aardigheid kunnen we nog even uitrekenen wat die stroom dan eigenlijk is bij 180 in plaats van 155 ohm; ook bij deze berekening moeten we weer de nominale spanningsval van de led aftrekken van de voedingsspanning:

$$I = (U^+ - U_{\text{led}}) / R = (5 - 1,9) / 180 = 17,22 \text{ mA}$$

Je ziet, de stroom is wat lager dan de gewenste 20 milli-ampère, maar dat is niet erg; het verschil in lichtopbrengst zal nauwelijks zichtbaar zijn.

### LET OP!

Als de spanningsval over de weerstand ( $U^+ - U_{\text{led}}$ ) erg klein wordt ten opzichte van de voedingsspanning, kan een kleine afwijking in de voedingsspanning of de nominale spanningsval over de LED een grote afwijking in de stroom veroorzaken. Stel, je hebt een blauwe LED (met  $U_{\text{led}}$  gelijk aan 3,6 volt), en een voedingsspanning van 3,7 volt. Als je een stroom van 20mA wilt hebben, bereken je de voorschakelweerstand dus als volgt:

$$R = (3,7 - 3,6) / 0,02 = 5 \text{ ohm}$$

Je neemt dus een weerstand van 5,6 ohm, waarbij de stroom  $(3,7 - 3,6) / 5,6 = 18 \text{ mA}$  wordt. Prima ... of toch niet?

Laten we eens kijken wat er gebeurt er als de spanning een paar tiende volt afwijkt. Bij een spanning van 3,5 volt (dus 0,2 volt onder de verwachte voedingsspanning) zit je al onder de nominale spanningsval van de LED; het ding zal dan amper oplichten. Nog erger wordt het als de spanning 0,2 volt hoger wordt; de stroom wordt dan  $(3,9 - 3,6) / 5,6 = 54 \text{ mA}$ .

Oeps, dit is meer dan de meeste LED's verdragen! Waarschijnlijk zie je de LED dan korte tijd bijzonder fel oplichten, om even later voor altijd te doven ...

## Oplossing oefening 1b

De LED brandt niet meer. Een LED is eigenlijk een diode en geleidt slechts in 1 richting.

## Oplossing oefening 1c

De LED brandt minder fel omdat de hogere weerstand ervoor zorgt dat er minder stroom door de LED vloeit.



## Oplossing oefening 1d

De LED begint te knipperen. De Arduino is voorgeprogrammeerd met een programma dat ervoor zorgt dat uitgang 13 steeds AAN en UIT gaat. We overlopen samen de code.