

## Uitleg over aansluiten van LED's en Modeltrein

Na meerdere verzoeken voor een eenvoudigere uitleg volgt nu een uitleg een twee smaken.

- Een zonder noemenswaardige theorie, met dus alleen een uitleg hoe een led aan te sluiten zonder noemenswaardige theoretische kennis.
- Een uitleg voor diegenen die ook willen begrijpen hoe en waarom een LED op een bepaalde manier aangesloten dient te worden.

Aangezien ik op een facebook groep die modeltreiners adviezen geeft telkens weer de zelfde discussie zag losbranden over het onderwerp brandspanning LED "lampen" heb ik besloten me niet meer in de discussies te mengen maar alleen nog te verwijzen naar dit document. Ik zal hier in simpele bewoordingen trachten uit te leggen hoe een LED bij de modeltrein te gebruiken en aan te sluiten.

Allereerst, er is een duidelijk verschil met een gloeilampje. Een gloeilampje is geen elektronische component in tegenstelling tot een LED. Hierdoor is er ook een totaal andere benadering nodig.

Voor een gloeilampje is het allemaal eenvoudig. Een fabrikant geeft een brandspanning op voor de betreffende lamp en dan kun je met een gerust hart dit lampje op deze aangegeven spanning (bijvoorbeeld 12 volt) aansluiten. Een kortstondige kleine verhoging van de spanning zal dan ook nauwelijks invloed hebben op de levensduur van de lamp. Ook is het zo dat het geen rol speelt of er een gelijkspanning of een wisselspanning gebruikt wordt en dan kun je een redelijke levensduur verwachten, want de gloeidraad van een lampje heeft nu eenmaal een beperkte houdbaarheid.

Een LED echter is een elektronisch component, in dit geval een halfgeleiderdiode. In deze beschrijving voert het te ver hoe het proces precies afloopt waardoor een LED oplicht. Hiervoor zijn vele beschrijvingen op internet te vinden.

Een veel voorkomend misverstand betreft de "brandspanning" van een led. Een led heeft geen "brandspanning", hierover zo dadelijk meer.

Feit is echter dat de fabrikanten van LEDs altijd het volgende opgeven:

Stroomsterkte waarbij de LED optimaal functioneert,  
Piekstroom  
Sperspanning  
Spanningsval over de LED

Voor een led is het belangrijk dat de stroom die door de LED loopt geregeld wordt.



## De eenvoudige uitleg

De optimale stroomsterkte varieert van voor zeer oude LEDs (van bijvoorbeeld 50 jaar oud, toen ik hier voor het eerst mee in aanraking kwam) van 50 / 60mA tot hedendaagse LED's die slechts 1mA stroom nodig hebben.

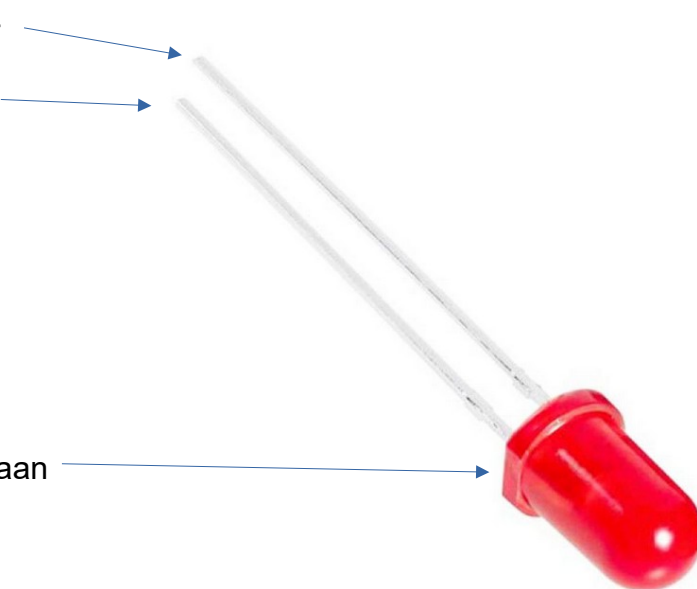
**Een led heeft geen enkele bescherming tegen te hoge stromen**, ze gaan bij een te hoge stroom onmiddellijk kapot.

Zoals je misschien opvalt heb ik het bij LED's vooral over stroom en niet over spanning. De spanning is namelijk afhankelijk van het gebruikte soort LED dat je wilt gebruiken in tegenstelling tot de stroom.

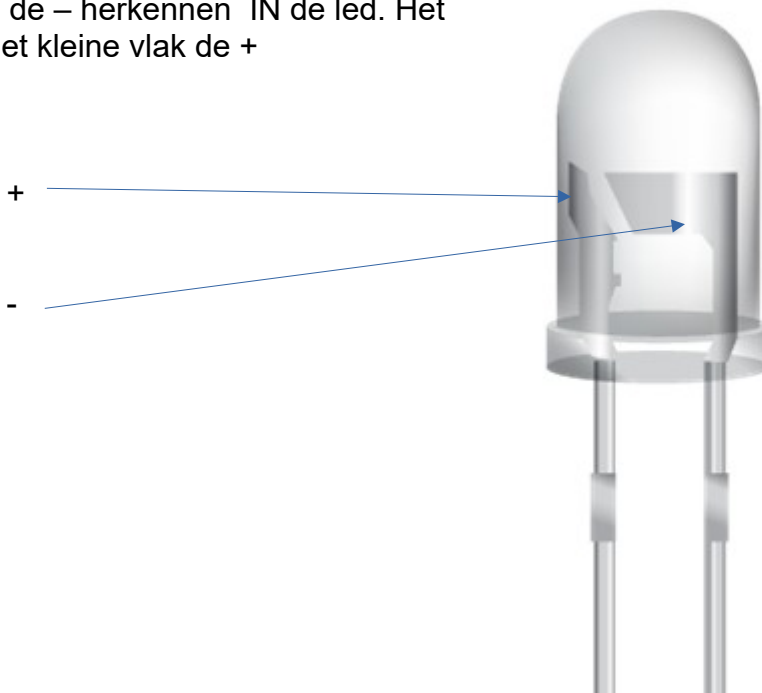
Lange aansluitdraad = +

Korte aansluitdraad = -

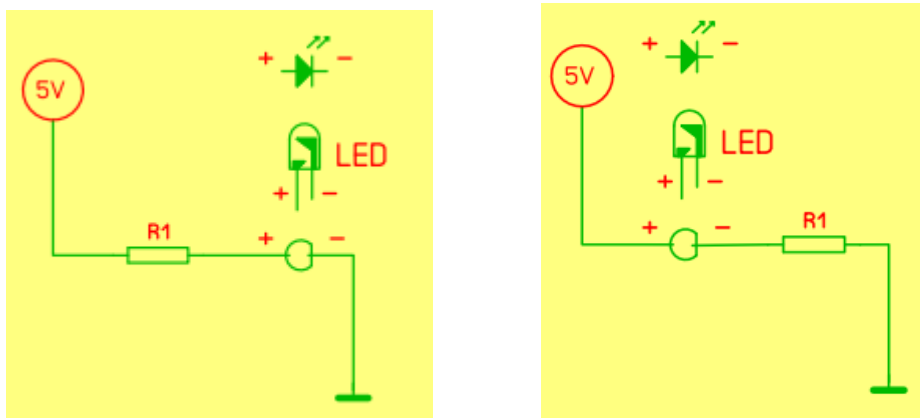
Afgeplatte kant geeft - aan



Ook kun je de + en de - herkennen IN de led. Het grote vlak is de -, het kleine vlak de +

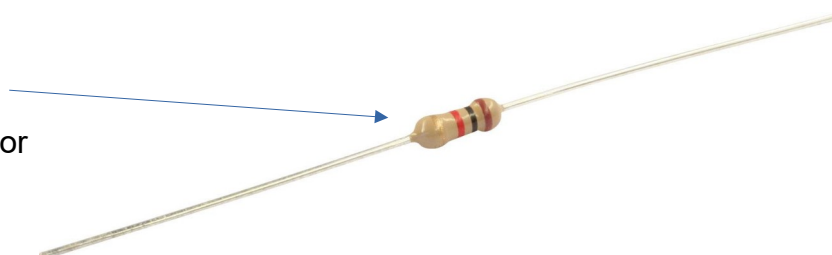


Nu eerst eens een simpele LED aansluiting maken.



Zoals hier te zien is er ook een weerstand in serie met de LED, het maakt niet uit aan welke LED draad, geschakeld, om te voorkomen dat deze door een te hoge stroom defect raakt en vooral ook niet meer stroom verbruikt dan strikt noodzakelijk is..

Weerstand.  
0,25W  
(voldoende voor  
LEDs)



Altijd opletten dat de + en de - goed op de voeding worden aangesloten. Verkeerd om betekend GEEN oplichten (maar heeft meestal geen verdere gevolgen voor de LED).

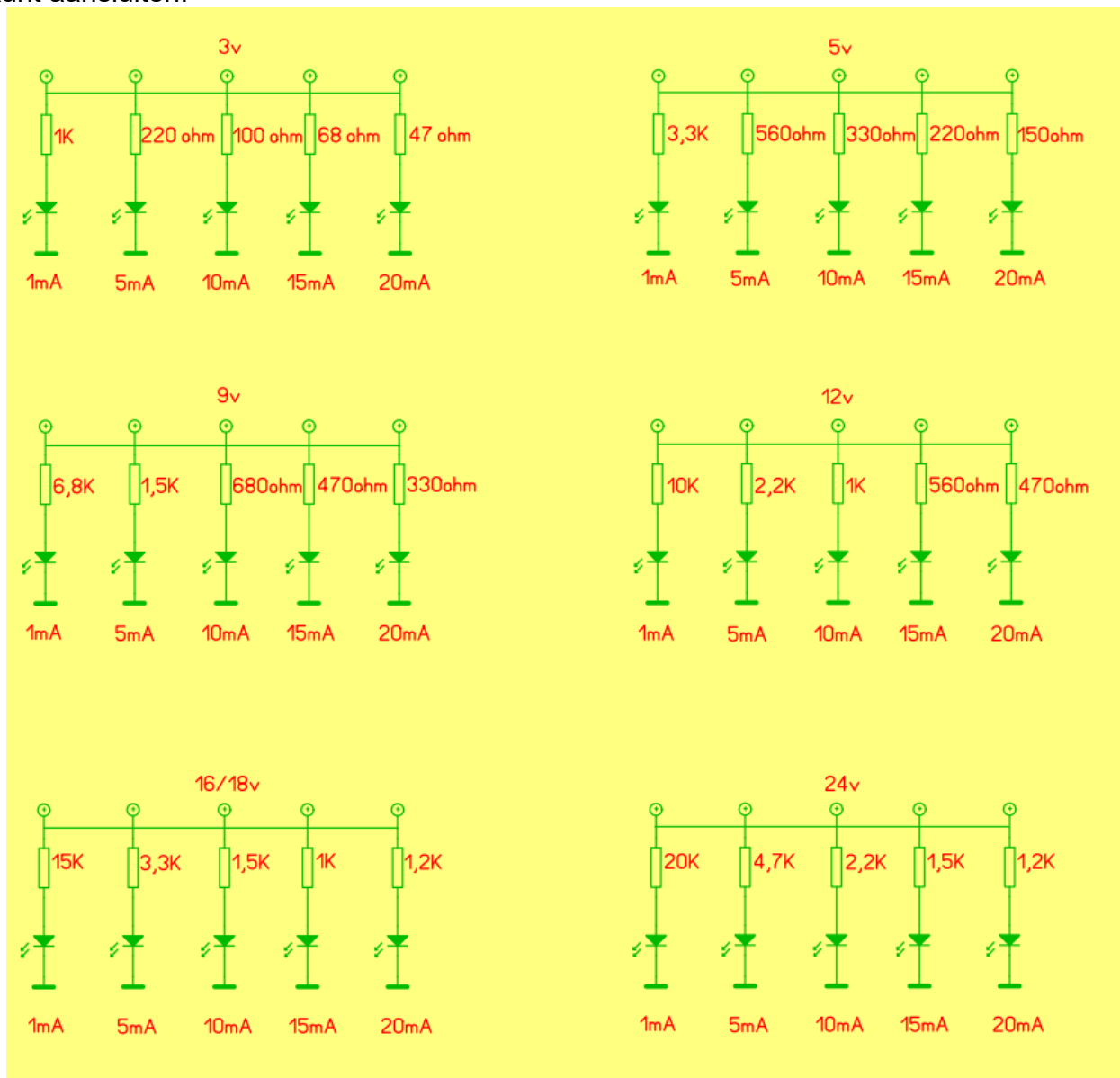
Een weerstand is in vele waardes te verkrijgen. Als je zelf wilt berekenen hoe groot de waarde van de benodigde weerstand is adviseer ik je om de tweede helft van dit document te lezen.

Voor diegenen die alleen een led willen aansluiten zonder verdere interesse in het hoe en waarom op een bepaalde manier aan te sluiten hier een overzicht hoe een led op een bepaalde spanning (Volt) aan te sluiten , maar beslist **ALTIJD** met een voorschakelweerstand, dit in tegenstelling tot wat op Facebook vaak wordt beweerd! Het waarom, ook weer in het tweede deel van dit document.

Een LED licht op bij een bepaalde stroomsterkte. Je verkoper hoort eigenlijk te weten wat deze stroomsterkte is maar de praktijk is helaas vaak anders, zeker een modeltreinhandelaar is geen elektronica expert en doet vaak maar iets als het elektronica

betreft is mijn ervaring. **Ook het veel beweerde “aansluiten op 3v of 3,3v” zonder weerstand kan dodelijk voor de LED zijn omdat er geen enkele controle op het stroomverbruik van de LED is!!**

Gelukkig zijn de huidige LED's meestal tevreden met een stroom van ca. 10mA of 1mA. Het is daarom aan te raden voor je een led gaat aansluiten eerst even te testen met een weerstand die geschikt is voor 1mA. Licht de led dan voldoende op? Gefeliciteerd, je kunt met deze waarde verder! Is het oplichten te zwak? Dan neem je de weerstand die hoort bij 10mA. Heb je nu voldoende oplichten? Prima dan kun je met deze weerstandswaarde verder aan de slag gaan. In onderstaande tekening zie je diverse weerstandswaardes bij verschillende gebruikelijke voedingsspanningen en verschillende oplichtstromen. Belangrijk: hoe lager de stroom door de LED hoe meer LED's je op een voedingsadapter kunt aansluiten.



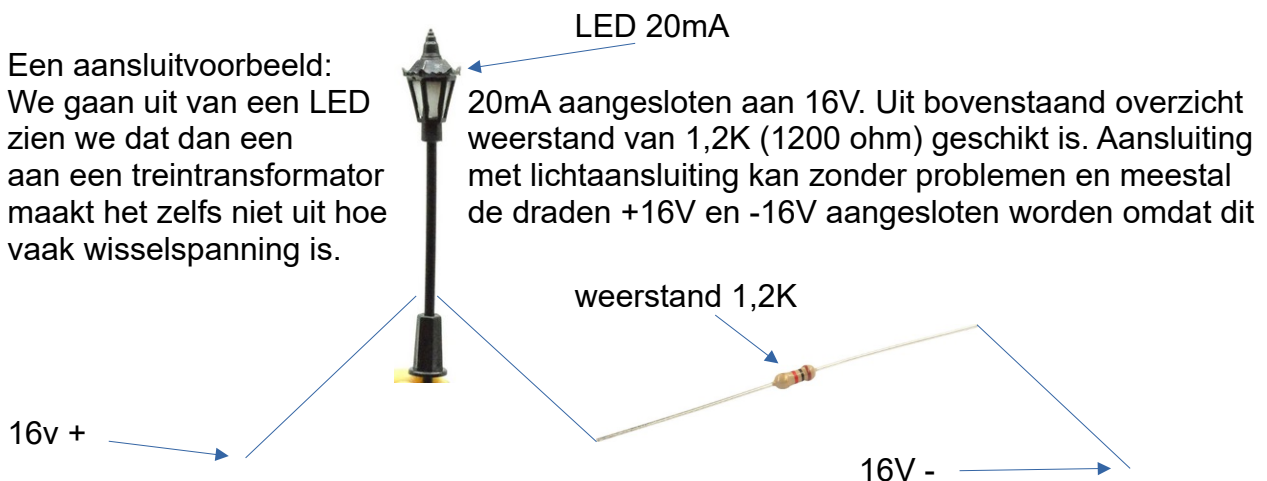
Een voorbeeld: een oude 5v telefoon - laadadapter met een max. stroom van 700mA (dit moet er op staan). Hierop kun je 70 LED's aansluiten die 10 mA verbruiken, Heb je voldoende aan 1mA, dan kun je er zelfs 700 LED's op aansluiten! Bij een 1000mA adapter zelfs 100 of 1000 LED's!

Enkele concrete aansluitvoorbeelden met LED's en lantaarns die bij aliexpress verkocht worden.

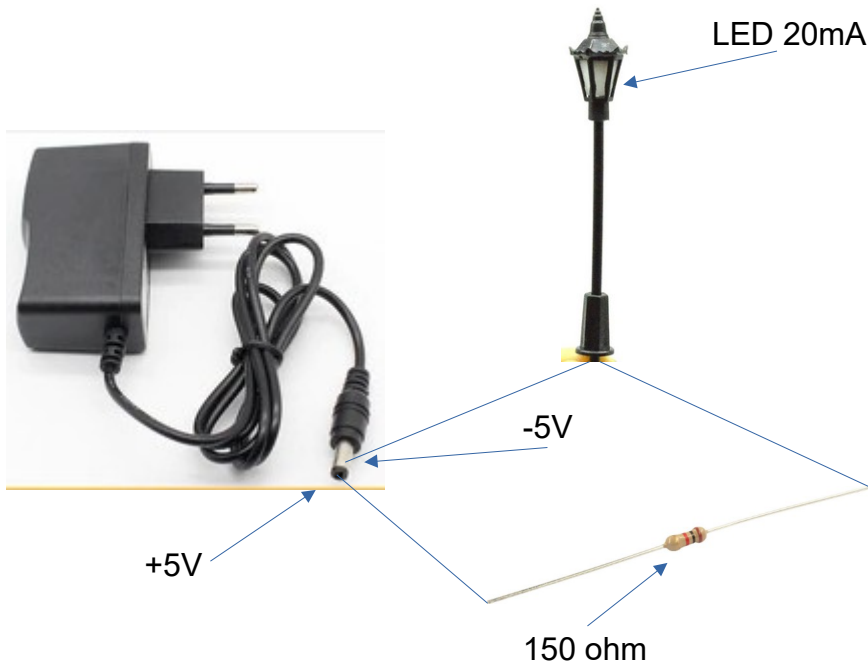
Bij aliexpress staan vaak voorgeconfectioneerde LED's met lange aansluitdraden of lantaarns met lange aansluitdraden. Soms staat er bij dat ze geschikt zijn voor 12V. Hier kom ik later op terug. Veel vaker staat er bij geschikt voor 3V. Laat je hier niet door in de luren leggen. Deze LED's en lantaarns hebben GEEN voorschakelweerstand! Dit betekent namelijk alleen (en nu moet ik toch een klein beetje technisch worden) dat er een spanningsval van ca. 3V over de LED plaatsvindt. Behandel deze lantaarns en LED's dus als een losse LED en sluit aan als hierboven vermeld MET passende voorschakelweerstand ! Je wilt immers niet dat je een keer bij een spanningspiek (die bij een trafo in of uitschakelen kan ontstaan) al je verlichting naar de hemel geholpen worden omdat er geen enkele stroombeperking in de vorm van een weerstand aanwezig is.



Een aansluitvoorbeeld:  
We gaan uit van een LED  
zien we dat dan een  
aan een treintransformator  
maakt het zelfs niet uit hoe  
vaak wisselspanning is.



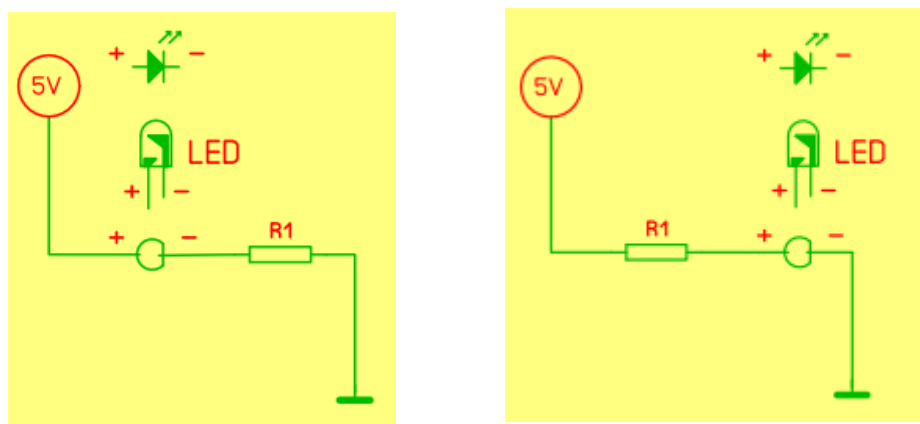
Bij een (bijvoorbeeld) 5V telefoonadapter kan maar op één manier aangesloten worden, namelijk de +5V aan de + en de -5V aan de -. Wanneer je een aansluitpug als afgebeeld hebt is de buitenmantel de - en de binnenkant +. Wanneer je de aansluitplug afknipt om de draden direct aan te sluiten moet je even testen hoe om de draden met de weerstand EN LED aan te sluiten. Dit mag je gewoon even proberen, als de weerstand gemonteerd is gaat er niets stuk.



In de meeste gevallen wordt aangegeven dat het om 20mA LED's gaat. Echter dat is de MAXIMALE stroom door de LED wat vaak een vreselijk schel licht geeft. De stroom reduceren tot de helft geeft meestal een veel prettiger licht. Dit kun je doen door de weerstand te nemen die past bij de gewenste spanning EN de 10mA zoals in bovenstaand overzicht te zien is. Bij het 5V voorbeeld neem je dan dus een 330 ohm weerstand.

Zoals eerder gemeld bestaan er ook LED's en lantaarns waarbij een spanning van 12V aangegeven wordt. Hierbij is reeds een weerstand in de lantaarn of in de aansluitdraad ingebouwd. Vaak kun je deze lantaarns ook prima aan een lagere spanning (5V) aansluiten, gewoon even proberen. Wil je deze lantaarns aan een hogere spanning aansluiten, dan moet je even kijken wat het verschil in de beschikbare spanning (bijvoorbeeld 16V) en de opgegeven spanning is. In dit geval dus  $16V - 12V = 4V$ . Nu kijk je in bovenstaand overzicht welke spanning het dichtst bij deze 4V zit. Je komt dat op 3V OF 5V. Ik adviseer om dan voor veilig te gaan en naar 5V te kijken. Neem nu de weerstandwaarde die bij 5V en de gewenste stroom hoort (bijvoorbeeld 10mA) dat is dus 330 ohm en schakel deze in serie met je lantaarn (net als bij het 5V voorbeeld) en je hebt een 16V lantaarn.

## De uitgebreidere uitleg



In bovenstaande schema's zie je een LED die met voorschakelweerstand R1 (R) aan een gelijkspanningsbron van 5 volt is aangesloten. Dit is slechts een voorbeeld, wanneer de LED en weerstand van plaats verwisseld worden zal dit voor de functie geen enkel verschil uitmaken. Beide schema's hebben exact de zelfde functie, er is geen verschil. Hier mee wordt dan ook al het eerste misverstand dat vaak genoemd wordt, dat een weerstand aan een bepaalde aansluiting van de led moet worden aangesloten ontkracht. Alleen de led zal op de manier van hierboven getoond met de + en – aansluiting moeten worden aangesloten. Dit is belangrijk omdat er door een led maar in een richting stroom kan vloeien.

De 5 volt in dit voorbeeld (U) zijn een vast gegeven (of de spanningsbron die jij wilt gebruiken). Zoals eerder gemeld heeft een LED een optimale brandstroom die door de fabrikant is opgegeven. We gaan nu gewoon eens uit van een stroom (I) van 10 mA, een tegenwoordig gangbare LED stroom.

De 5 volt spanning (U) zal zich in deze schakeling verdelen over de twee gebruikte componenten, namelijk de weerstand en de LED. Afhankelijk van welke LED je gebruikt wordt bepaald hoe hoog de spanningsval over de LED is. Voor de diverse kleuren zie je in de tabellen onder "Spanningsval over de LED" welke spanning bij welke LED kleur hoort. Je ziet hier dat niet alle LEDs de zelfde spanningsval hebben, waarmee de tweede misvatting, namelijk "een led is geschikt voor 3 volt" uit de wereld geholpen wordt. Nemen we de eerste LED uit de kleurentabel (een van de vele die op internet te vinden zijn): ROOD. We zien hier dat bij de opgegeven LED stroom 1,9 volt spanningsval de regel is. We kunnen nu uitrekenen hoeveel volt er nog overblijft voor de weerstand:  $5 \text{ volt} - 1,9 \text{ volt} = 3,1 \text{ volt}$ .

Dit betekent dat we nu kunnen uitrekenen hoe groot de weerstand moet zijn om de juiste brandstroom voor de LED te verkrijgen. De doen we met de volgende formule:

$$\text{Weerstand ( R )} = \text{Volt ( U )} / \text{Stroom ( I )}$$

$$R=U/I$$

$$U = 3,1 \text{ volt}$$

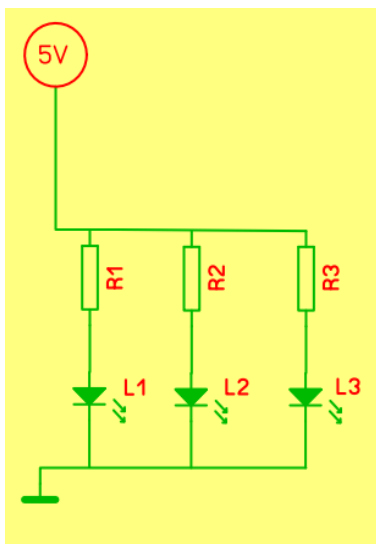
$$I = 10\text{mA (0,010 A)}$$

$$3,1 / 0,010 = 310 \text{ ohm.}$$

Wanneer je dus een weerstand van 310 ohm neemt heb je de ideale stroom van 10 mA die de LED laat oplichten. Nu bestaat er geen weerstand van 310 ohm dus nemen we de eerstvolgende grotere uit de E12 reeks die verkrijgbaar is en dat is 330 ohm. Hiermee zal de LED prima functioneren.

Voor de verschillende kleuren leds is het verschillend wat de spanningsval is. Dat laat ik in het volgende voorbeeld zien:

We gaan nu uit van de volgend gegevens, L1 Rood, L2 Groen, L3 Geel.



L1 = Rood 1,9v  
 L2 = Groen 3,0v  
 L3 = Geel 1,9v

Hier zien we dus al behoorlijke verschillen in spanningsval over de LEDs. Voor L1 en L3 kunnen we de berekening maken die we hierboven al hebben gemaakt (voor 1,9 v spanningsval) en dat betekent dat R1 en R3 330 ohm moeten zijn.

Nu maken we nog voor R2 de berekening:

$$5 \text{ volt} - 3 \text{ volt} = 2 \text{ volt.}$$

Er moet dus 2 volt over de weerstand vallen.

We berekenen nu de waarde van de weerstand R2 weer met de formule  $R=U/I$ .

$$2 \text{ volt} / 0,010 \text{ A (10 mA)} = 200 \text{ ohm.}$$

Aangezien een weerstand van 200 ohm weer niet in de standaard E12 reeks zit nemen we de eerstvolgende grotere weerstand en dat is 220 ohm.

Dus de bovenstaande schakeling ziet er dan als volgt uit:



L1 Rood – R1 330 ohm  
 L2 Groen – R2 220 ohm  
 L3 Geel – R3 330 ohm

In alle gevallen zal de stroom door de LED dus de ideale stroom van 10mA krijgen waardoor een bijna eeuwig leven gewaarborgd is.

We kunnen de berekening nu ook uitvoeren voor een voedingsspanning van 12 v voedingsspanning

R1 en R3:  $12\text{v} - 1,9\text{v} = 10,1\text{v}$

R2 :  $12\text{v} - 3,0\text{v} = 9,0\text{v}$

De berekeningen voor 12 volt voedingsspanning:

R1, R3

$U / I \ 10,1 / 0,01 = 1090 \text{ ohm} \rightarrow \text{E12 reeks} = 1200 \text{ ohm}$

R2

$U / I \ 9 / 0,01 = 900 \text{ ohm} \rightarrow \text{E12 reeks} = 1000 \text{ ohm}$

Om het nog een beetje ingewikkelder te maken (wat niet echt de bedoeling is) heb ik ook zelf nog enige metingen verricht om aan te tonen dat er zelfs per fabrikant nog verschillen zijn in de eigenschappen van de LED's.

Uit mijn voorraad heb ik vijf verschillende LED's genomen en wel de volgende:

- Groen
- Rood
- Geel
- Warm wit
- Helder wit

Hierbij heb ik het volgende getest:

- De stroom waarbij de LED duidelijk oplichten
- De spanningsval over de LED bij de ideale oplichtstroom

Het resultaat:

Kleur	Eerste meting		Tweede meting		Sterf spanning	LED defect bij (V)	LED maat mm
	Stroom (mA)	Spanningsval (V)	Stroom mA)	Spanningsval (V)			
Groen	1	Geen oplichten	10	2,05	2,61	3	
Rood	1	Geen oplichten	10	1,63	2.03	3	
Geel	1	Geen oplichten	10	1,97	2,21	3	
Warm wit	1	2,91	50	3,3	3,5	3	
Helder wit	1	2,91	25	3,3	3,7	3	

Voor de veel voor verlichting gebruikte witte LED's is duidelijk te zien hoe belangrijk een stroombeperking is en niet blind van een spanning uit te gaan. Bij een witte LED die al bij 1 mA vol brandt is er een spanningsval van 2,91V. Sluit je deze LED dus aan op een spanningsbron van 3,3v (dat zijn oude computervoedingen allemaal, dus die zijn géén 3V! Zoals vaak beweerd wordt) dan verbruikt deze led al minimaal 25mA, het 25-voudige dus.

Dat is naar vermogen omgerekend, Vermogen (P) = Spanning (U) \* Stroom (I)

Bij 1mA :  $2,91V * 1mA = 2,91$  miliwatt

Bij 25 mA:  $3,3 * 25mA = 82,5$  miliwatt

Bij 50 mA:  $3,3 * 50mA = 165$  miliwatt

Nog afgezien van het veel hogere verbruik is in de tabel ook te zien dat een 3,3V spanning wel heel erg dicht bij de "sterfspanning" van de LED ligt. De geringste spanningspiek die nu optreedt is dan ook al funest voor de LED's.

Het staat nu dus ieder vrij om een LED aan te sluiten op de wijze die hij voor juist aanziet. Duidelijk is ook dat voor alle LED's behalve de witte, een "brandspanning" van 3,3V in elk geval dodelijk is (zie "sterfspanning" LED defect). Een serieweerstand is hiervoor in elk geval noodzakelijk.

Wil je echter niet steeds de exact de juiste weerstandswaarde voor je LED willen berekenen kun je de volgende vuistregel gebruiken:

Kleur LED	Voedings spanning (V)	Spanningsval over LED (ca.)	Spannings val over weerstand	Weerstand berekend in OHM	Weerstand E12 reeks = verkrijgbaar in OHM
Groen Rood Geel	Berekening bij LED stroom 1 mA				
	3,3	2	1,3	1300	1,2 K
	5	2	3	3000	3,3K
	12	2	10	10000	10K
Helder wit Warm wit	Berekening bij LED stroom 1 mA				
	3,3	3	0,3	300	330 Ohm
	5	3	2	2000	2,2K
	12	3	9	9000	10K
	16	3	13	13000	15K / 18K

Kleur LED	Voedings spanning (V)	Spanningsval over LED (ca.)	Spanningsval over weerstand	Weerstand berekend in OHM	Weerstand E12 reeks = verkrijgbaar in OHM
Groen Rood Geel	Berekening bij LED stroom 10 mA				
	3,3	2	1,3	130	150 / 180 Ohm
	5	2	3	300	330 Ohm
	12	2	10	1000	1K
	16	2	14	1400	1,5 / 1,8K
Helder wit Warm wit	Berekening bij LED stroom 10 mA				
	3,3	3	0,3	30	33 Ohm
	5	3	2	200	220 Ohm
	12	3	9	900	1K
	16	3	13	1300	1,5K / 1,8K

Uit bovenstaande tabellen blijkt nu ook dat hoe hoger de voedingsspanning, hoe hoger de serieweerstand, bij gelijkblijvende stroom door de LED. Dit betekent dat er dan ook een hogere spanning over de serieweerstand staat, want de spanning over de LED blijft altijd gelijk (de spanningsval). Door een wat hogere spanning te nemen als voedingsspanning wordt het risico van een defecte LED dan ook kleiner wanneer er even een kleine overspanning optreedt, het grootste gedeelte van de spanning valt immers over de weerstand.

Het is altijd verstandig wanneer je niet weet welke stroom door de LED ideaal is even een klein experiment uit te voeren met een weerstand die berekend is op een stroom van 1 mA. Is er dan voldoende lichtopbrengst dan kun je verder met deze weerstandswaarde. Ga je echter direct uit van een weerstand die voor bijvoorbeeld 10 mA berekend is, dan is het mogelijk dat je de led al onmiddellijk beschadigt omdat deze eventueel voor slechts 1 mA geschikt is.

### Knipper LED's

Dan is er nog een tweede soort LED. DE zogenaamde knipper LED's.

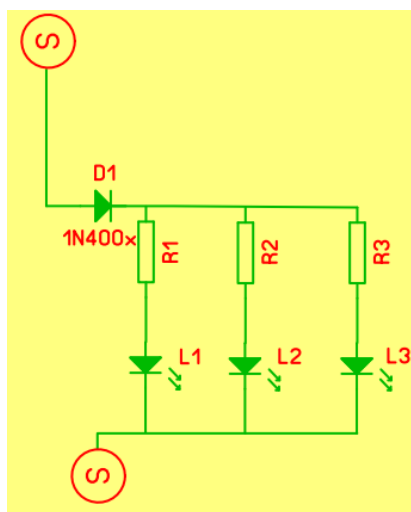
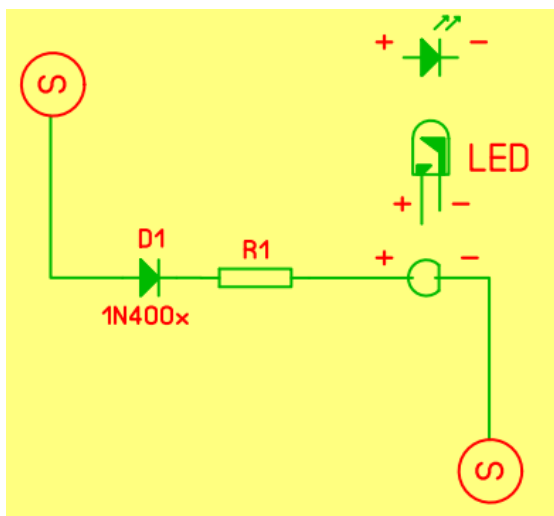
Dit zijn GEEN echte reine LED's zoals hierboven beschreven. Deze LED's bevatten een ingebouwde elektronische schakeling die het knipperen verzorgt. In tegenstelling tot de stroom die bij normale LED's geregeld moet worden is in dit geval daadwerkelijk van een spanning die belangrijk is. Hier is het de ingebouwde chip die van spanning moet worden voorzien welke op zijn beurt de stroom door de LED reguleert. De meeste mij bekende knipperleds zijn geschikt voor een voedingsspanning van 3 - 15 volt. Dit hangt echter ook van de fabrikant af en om hier exacte info over te krijgen zou je dit uit de datasheet moet aflezen. In serie schakelen van knipperleds is NIET mogelijk door de ingebouwde chip! Dit zal een zeer onregelmatig knipperen voeren en kan zelfs tot gevolg hebben dat er gewoon helemaal niets meer gebeurt.

Op de nevenstaande foto van een knipperled is duidelijk te zien dat er aan een zijde de knipper elektronica (de chip) bevestigd is en aan de andere kant de LED



### Gelijk of wisselspanning

Dan nog de vraag of een gelijk of wisselspanning verschil maakt. Zoals reeds eerder vermeld maakt dit voor een gloeilampje geen verschil. Bij een LED kan dit echter wel een verschil maken. Een led laat namelijk slechts in een richting stroom door. Wanneer we een led met serieweerstand op een wisselspanning aansluiten zal de LED dus maar in een fase helft van de wisselstroom branden, en in de andere fase helft sperren en is dan dus uit. Nu zal dat bij 50 hertz wisselstroom niet zichtbaar zijn en lijkt het dan ook alsof de LED normaal oplicht. Echter een probleem kan zijn dat de sperspanning te hoog word in de fase helft dat de LED spert. De fabrikant geeft immers een maximale sperspanning op in zijn datasheet. Nu zal dit in de meeste gevallen geen echt probleem zijn maar het is simpel op te lossen met een simpele diode waardoor er geen te hoge sperspanning kan optreden.



Beide bovenstaande schema's laten zien hoe je gevaarloos een LED op een wisselspanningsbron kunt aansluiten. Wanneer je echter een (oude) telefoon adapter als spanningsbron neemt, hoef je de betreffende diode niet te gebruiken omdat deze al een gelijkspanning levert.

Hopelijk heeft dit artikel enig inzicht gebracht waarom het belangrijk is ALTIJD met een serieweerstand te werken, welke spanningsbron je ook gaat gebruiken en dat er wel degelijk verschillen zijn in de diverse kleuren LED's en dat een knipperled niet als een LED beschouwd mag worden

## VERKLARINGEN

### Serieweerstand:

- de weerstand die in serie met de LED geschakeld wordt om de stroom voldoende te reduceren zodat de door de fabrikant opgegeven stroom door de LED niet overschreden wordt.

### Gelijkspanning:

- spanning die constant is met een duidelijke + en – pool, bijvoorbeeld een batterij of een netvoedings adapter van een telefoon.

### Wisselspanning:

- Een spanning waarbij de spanning aan de aansluitklemmen voortdurend van poling verwisselt. De netspanning van je stopcontact of een transformator (niet te verwisselen met een transformator met ingebouwde gelijkrichter zoals veel treintransformatoren) bijvoorbeeld wisselt 50 x per seconde op de twee aansluitingen van plus naar min en andersom. Bij meting met een geschikt meetapparaat (bij voorbeeld een oscilloscoop zie je dan een zogenaamde sinusvorm) .

### Sperspanning









- de spanning die de diode nog kan verdragen wanneer hij verkeerd om is aangesloten

### Piekstroom

- De stroom die de LED maximaal kortstondig kan verdragen met opgave van deze tijd.

### Spanningsval over de LED

- De spanning die gemeten kan worden over de led wanneer de opgegeven stroom door de led loopt. Deze tabel is slechts als voorbeeld bedoeld. Eigen metingen hebben een ander resultaat opgeleverd. Deze resultaten zijn eveneens in een tabel te vinden.

Linghting color	VF (V)@IF=20mA	
	Typ	Max
	1.9	2.4
	1.9	2.4
	3.0	3.4
	3.0	3.4
	1.9	2.4
	1.9	2.4
	1.9	2.4
	3.0	3.4