

Een pleidooi voor zelfbouw elektronica

Tekst en illustraties Piet van Amelsvoort

Als aanvulling op het artikel in 'Het Aquarium' mei/juni 2024 'To dim or not to dim van Loek van der Klugt zou ik verder op de theorie van het dimmen willen ingaan, maar dan meer specifiek op het secundair dimmen. Dat doe ik niet alleen om een stukje theorie over te dragen, maar ook om zelfbouw van elektronica in de aquariumhobby te stimuleren. Daartoe geef ik een aantal voorbeelden van door mij gerealiseerde toepassingen in de aquariumhobby.

Aanvullend nog enige begrippen

Zoals Loek aangaf, zijn er diverse dimmers die berusten op fase aansnijding en/of fase afsnijding. Op deze manier wordt de primaire spanning 230 volt vanuit het stopcontact gedimd. De gedimde spanning wordt aan de primaire (= ingang) van een conventionele dan wel elektronische transformator toegevoerd. Die gedimde primaire spanning zorgt dan secundair (= aan de uitgang van de trafo) voor een stroom dan wel een spanning die alsnog naar stroom wordt omgezet. Met deze regelbare stroom kan een LED of reeks van LEDs worden aangestuurd en gedimd. LEDs die bedoeld zijn voor aansluiting op 230 volt hebben zo'n elektronische trafo ingebouwd. En sommige (afhankelijk van de ingebouwde elektronica) zijn te dimmen. Het is zaak om, zoals in het vernoemde artikel wordt aangegeven, er op te letten of men te maken heeft met een conventionele trafo waarvoor een RL-dimmer met fase aansnijding nodig is, dan wel een elektronische 'trafo' waarvoor een RC-dimmer met fase afsnijding moet worden gebruikt. R-dimmers zijn voor een weerstandbelasting zoals een gloeilamp. RLC-dimmers zijn universeel toe te passen en maken van zowel fase aansnijding als fase afsnijding gebruik. In het algemeen staat in de elektrotechniek/elektronica R voor weerstand (gloeilamp), C voor capaciteit (condensator) en L voor zelfinductie (spoel/trafo). Het secundair dimmen van ledverlichting houdt in dat we de stroom die naar de LED gaat gaan regelen. Het regelen van spanning kan ook, maar dan wordt de spanning uiteindelijk omgezet in stroom; stroom is bij LED-verlichting essentieel.

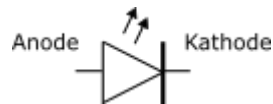
Ook nog wat aanvullende theorie

We onderscheiden diverse soorten voedingsbronnen. Voorbeelden zijn het stopcontact met 230V wisselspanning, batterijen met bv. 1,5 - 4,5 - 9V gelijkspanning, een accu met 12 of 24V gelijkspanning en de adapter voor de telefoon met 5V gelijkspanning. Dat zijn allemaal spanningsbronnen. Spanningsbronnen zijn bronnen waarbij de spanning constant is en de geleverde stroom afhankelijk is van de belasting.

Bronnen waarbij de stroom constant is en de spanning afhankelijk is van de belasting bestaan ook, maar komen veel minder vaak voor. Voorbeelden zijn zonnepanelen en (sommige) acculaders.

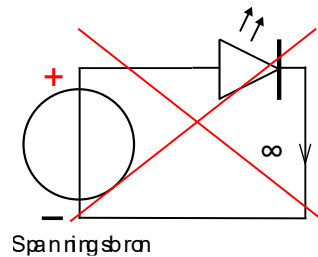
Het is ook mogelijk spanning in stroom of andersom stroom in spanning om te zetten. Dat gebeurt dan m.b.v. een weerstand. Hier hebben we te maken met de wet van Ohm. Die luidt: de spanning (U) is de stroom (I) maal de weerstand (R). Dus $U=I \times R$, waarvan je kan afleiden $I=U/R$. De eenheden zijn Volt (V) voor spanning, Ampère (A) voor stroom en Ohm (Ω) voor weerstand.

Een LED (Light Emitting Diode = Licht Emitterende Diode) is in principe een diode. Een diode is een component die de stroom maar in één richting doorlaat, namelijk van anode (plus) naar kathode (min) en meer of minder licht geeft naarmate er meer of minder stroom door gaat.



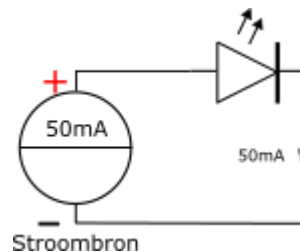
1. LED symbool

Een ideale diode heeft geen weerstand en zal, als die op een spanningsbron (b.v. een batterij) wordt aangesloten in de doorlaatrichting een kortsluiting vormen.



2. Kortsluiting met ideale diode

Hoewel er geen ideale diodes en/of LEDs bestaan, mag men een diode of LED toch nooit rechtstreeks (in de doorlaatrichting) op een spanningsbron aansluiten. Indien in de sperrichting aangesloten, zal er geen stroom lopen. De diode (LED) moet dus in principe niet worden aangesloten op een spanningsbron maar op een stroombron.

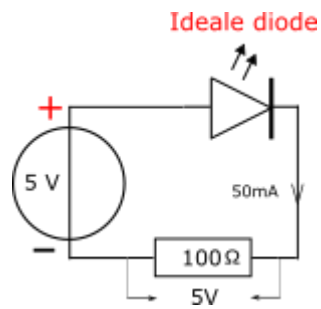


3. LED op stroombron

Door een weerstand in serie met de LED te plaatsen kunnen we van een spanningsbron een stroombron maken. Ook kunnen 'echte' stroombronnen worden toegepast bij gebruik van LEDs en kan men d.m.v. elektronica van een spanningsbron een stroombron maken.

Nadeel van de combinatie spanningsbron/weerstand is dat een weerstand vermogen opneemt waardoor het totale rendement lager zal zijn dan bij gebruik van een stroombron. Er zijn ook regelbare stroombronnen waarmee de stroom en daarmee de lichtsterkte kan worden geregeld.

Om praktische redenen zitten in LED-strips weerstanden, daarom ga ik hier van dat principe uit. Hiervoor passen we die afgeleide wet van Ohm toe $I=U/R$, door de spanning U over een weerstand R gaat er een stroom I lopen waarvan de sterkte afhankelijk is van de grootte van de weerstand.



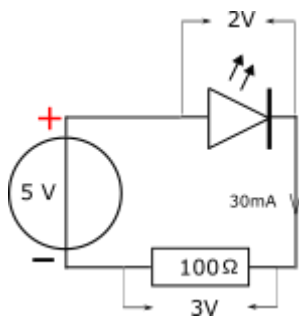
4. Ideale diode in serie met een weerstand die van een spanningsbron een stroombron maakt

Stel de spanning is 5V, en de weerstand 100Ω , dan zal er (bij een ideale diode) een stroom van 5 gedeeld door 100 is 0,05A ofwel 50 millampère (mA) gaan lopen.

Maar natuurlijk is niets ideaal en zal er ook een spanning over de LED vallen.

Die spanning is afhankelijk van het type en de kleur van de led, maar ligt meestal ergens tussen 1,1 en 3,5V. Die spanning is stabiel en nagenoeg onafhankelijk van de doorgaande stroom. Stel in ons voorbeeld 2 Volt. In dat geval loopt er een kleinere stroom door de led, de spanning is namelijk geen 5V meer, maar 5V min de LED spanning dus $5-2=3$ Volt

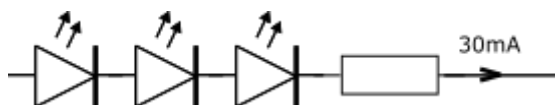
Met als gevolg dat de stroom, $I = U/R$ dus $3/100=0,03$ A ofwel 30 mA zal zijn. Merk hierbij op dat de bronspanning dus altijd hoger moet zijn dan de LED spanning, in de praktijk meestal hoger dan 3 Volt.



5. Spanningsval LED

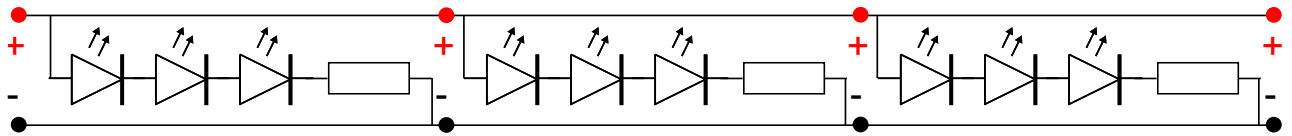
Bij led-strips zijn per segment een aantal LEDs in serie met een weerstand in serie geplaatst en dat dan afhankelijk van de lengte van de strip een aantal malen, bv. elke 5 cm. Bij een serieschakeling loopt er door alle componenten dezelfde stroom.

Voorbeeld van een segment:



6. Voorbeeld van een segment van een LED-strip

De totale stroom door een LEDstrip is de stroom per segment maal het aantal segmenten:



7. Voorbeeld 3 segmenten

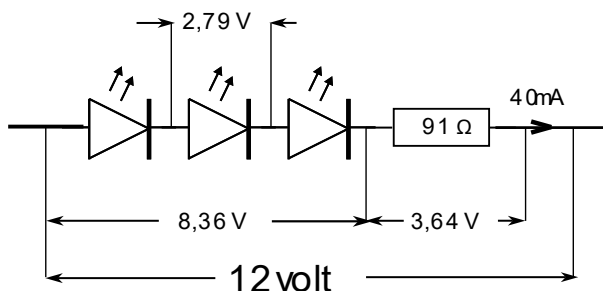
De segmenten van een LEDstrip staan parallel, wat wil zeggen dat over elk segment dezelfde spanning staat en de stromen van de segmenten kunnen worden opgeteld. In het voorbeeldgeval dus $30\text{ mA} + 30\text{ mA} + 30\text{ mA} = 90\text{ mA}$.

Een voorbeeld uit de praktijk. De LEDstrip LED04009-U is bedoeld voor 12V, heeft 60 LEDs per meter en volgens specificatie een vermogen van 9,6W/meter (W staat voor Watt, de eenheid van vermogen). We maken hier even gebruik van een andere wet, namelijk de wet van vermogen, die zegt vermogen is spanning x stroom, ofwel vermogen $P = \text{spanning } U \times \text{stroom } I$. Met de afleiding $I = P/U$ kan de stroom uitgerekend worden: in dit geval $9,6\text{W}/12\text{V} = 0,8\text{A}$. Let wel dit is nog steeds per meter LEDstrip. De genoemde strip is per 5 cm te verknippen, er zitten dus 20 circuits van 3 LEDs en één weerstand in elke meter. Wat er op neerkomt dat één circuit (elke 5 cm dus) een stroom van $0,8\text{A}/20$ ofwel $800\text{ mA}/20 = 40\text{ mA}$ trekt en elk segment een vermogen verbruikt van $9,6\text{ Watt}/20 = 480\text{mW}$.



8. Deel van LED-strip

Op de foto zien we een weerstand gemerkt 910. Dat is een veel gebruikte code die op zeer kleine componenten wordt gebruikt en moet je lezen als 91 (dus zonder nul) ofwel 91Ω . Er zitten per circuit 3 LEDs en 1 weerstand in serie op 12 Volt. We hebben met de wet van Ohm gezien dat de spanning over de weerstand $91\Omega \times 0,04\text{ A} = 3,64\text{ V}$ zal bedragen. De 3 LEDs hebben dus nog $12\text{V} - 3,64\text{V} = 8,36\text{V}$ 'te verdelen' en krijgen ieder dus $8,36/3 = 2,79\text{ Volt}$.



9. Deelspanningen

Het opgenomen vermogen per segment is zoals we zagen 480mW. Over de weerstand valt 3,64V als er 40mA doorloopt. Daaruit kunnen we het in de weerstand verbruikte vermogen afleiden. Dit doen we door weer spanning en stroom met elkaar te vermenigvuldigen $P = U \times I$ ofwel $3,64V \times 40mA = 145mW$. Van de 480mW die we er in stoppen wordt er dus maar $480 - 145 = 335mW$ door de LEDs zelf gebruikt. **Het in de weerstand verbruikte vermogen, wordt in warmte omgezet.**

Dat komt neer op een rendement (η) van $335/480 = 0,69$, afgerond 70%. Die 70% geldt dus ook voor de hele LED-strip. Indien we de LED-strip vanuit een stroombron zouden aansturen en de weerstand niet nodig zou zijn zou het rendement 100% zijn, afgezien natuurlijk van het rendement van de stroombron. Ook de LED zelf heeft natuurlijk een omzettingsrendement (stroom in licht). Praktisch gezien is het toepassen van weerstanden in LED-strips noodzakelijk, maar geeft het onoverkomelijk rendementsverlies.

Er zijn ook LED-strips op 24V, in principe geldt hiervoor hetzelfde, er zitten dan meer LEDs in serie per segment waardoor het rendement over het algemeen hoger zal zijn.

In de voorbeeld LED-strip zitten SMD2835 LEDs. SMD staat voor *surface mounted device*. De getallen 28 en 35 geven respectievelijk de lengte 2,8 mm en de breedte 3,5 mm van de LED aan. Zoals eerder beschreven, is de lichtopbrengst afhankelijk van de stroom. Dus als we willen gaan dimmen, dan moet de stroom geregeld worden. De stroom in het circuit met weerstand is dus afhankelijk van de spanning. Door de spanning te regelen en daarmee indirect de stroom, kan men dus de lichtsterkte regelen.

Dimmen volgens een ander principe

Een andere manier van dimmen is mogelijk d.m.v. zogeheten pulsbreedteregeling. Vaak wordt daarvoor de Engelse term PWM gebruikt, PWM staat voor *pulse-width modulation*. Dat berust op het volgende principe.

Stel we laten een LED knipperen en wel met een aan/uit-verhouding van 50% aan en 50% uit.

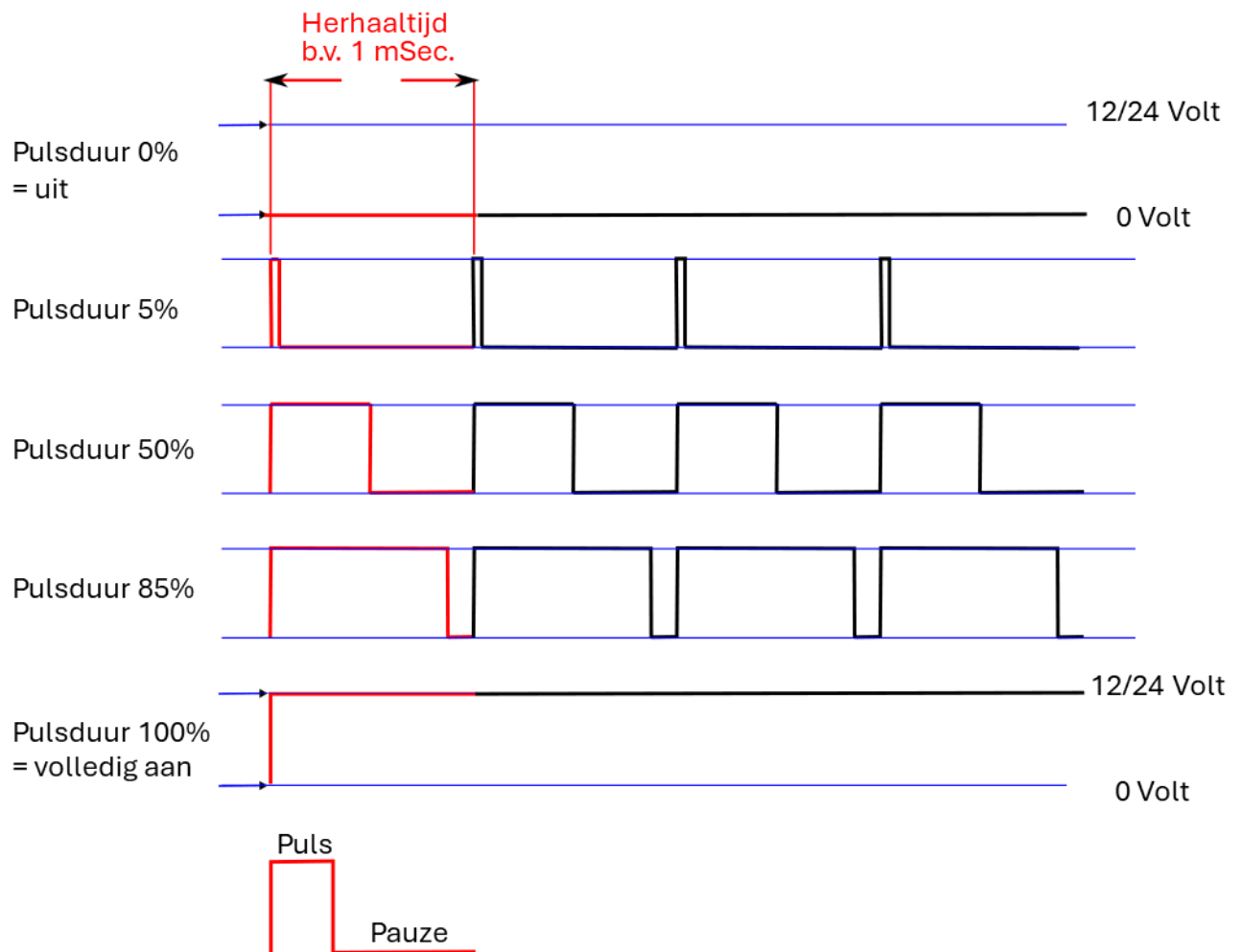
Bovendien doen we dat heel snel, zo snel dat het menselijk oog (en bv. het oog van een vis!) het niet kan volgen, dan lijkt het alsof de LED maar voor 50% licht geeft. In onderstaand voorbeeld herhalen we dat elke milliseconde (ms).

Veranderen we nu die aan/uit-verhouding, dan kan op die manier de lichtintensiteit worden geregeld.

Het hele gebied van uit tot volledig aan (en andersom) is in stapjes te regelen.

Indien we dat met 1000 stapjes doen, geeft elk stapje een puls-/pauzeverandering van 0,1%.

Als we nu elke seconde een commando geven om een stapje te maken, kan in $1000 \times 1 \text{ sec.}$ het licht van uit naar aan worden geregeld of gedimd, in ruim 16 minuten dus.



10. Uitleg PWM

Er bestaan ook LED-strips met zgn. RGB of RGBW-LEDs, dit zijn 3 of 4 LEDs in een huisje met de kleuren rood, groen en blauw en eventueel wit.

Door alle LEDs met een gelijke stroom of gelijke pulsbreedte aan te sturen kan men door mengen van de kleuren rood, groen en blauw, de kleur wit maken en door het variëren van de stromen of de pulsbreedte t.o.v. elkaar het hele spectrum aan licht maken en dimmen. Voor de kleurechtheid kan extra wit worden toegevoegd.

De pulsbreedte-regeling in de praktijk

Een pulsbreedte-sigitaal kan worden gemaakt met behulp van kant en klare elektronica zoals de *Easy time controller* TC420 die ook in het artikel 'To dim or not to dim' wordt aangehaald.

Deze regeling heeft ingebouwde schakeltransistors en is kant-en-klaar te gebruiken, het enige wat moet worden toegevoegd is de voeding.



11. Voorbeeld van een kant-en-klare regeling de *Easy time controller TC420*

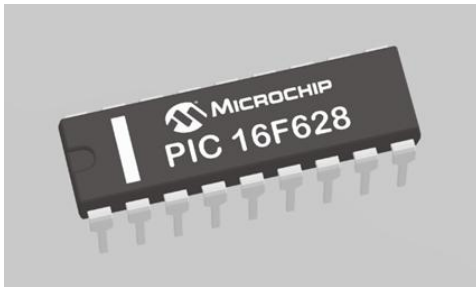
Zelfbouw-voorbeelden

De pulsbreedte-regeling die ik gebruik, heb ik als elektronica-hobbyist zelf gemaakt. Die is bedoeld voor het centrale licht van mijn viskamer en meerdere aquariums om in mijn kweekruimte onafhankelijk van elkaar een dag/nacht-simulatie te realiseren. Niet voor het gebruik van RGB-LEDs, maar voor slechts één kleur wit licht.

Zelfbouw had voor mij meerdere redenen:

- Wat ik precies wilde was niet in de handel.
- Ik kan diverse zelfgemaakte modules combineren en op elkaar afstemmen.
- Alles kan compact in één spatwaterdichte behuizing worden gemaakt.
- En *last but not least* het plezier van het bouwen en de voldoening daarvan.

Bij het bouwen heb ik gebruik gemaakt van PIC's (*programmable interface controllers*) en daarbij de site <https://www.picbasic.nl/> als leidraad gebruikt, waarbij 'Basic' de programmeertaal is.



12. Voorbeeld van een zeer universele en veel gebruikte PIC de 16F628 A

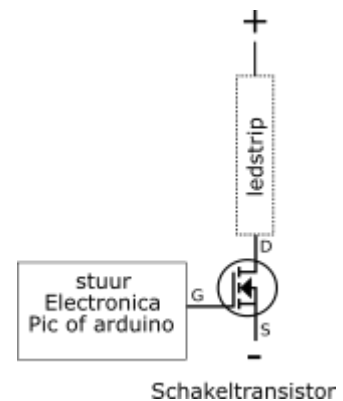
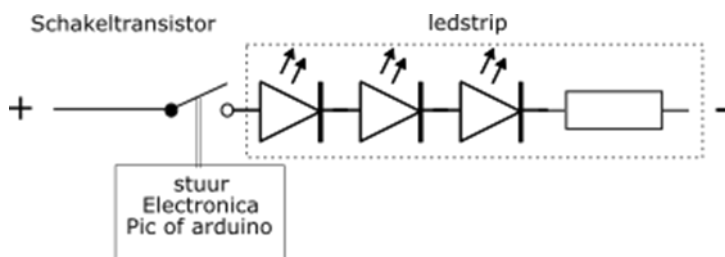
Zelfbouw van bijvoorbeeld een pulsbreedte(PWM)-regeling is ook mogelijk met behulp van een Arduino <https://www.arduino.cc/>.



13. Arduino Uno

‘Arduino’ is een *open source* computerplatform bedoeld om het werken met *microcontrollers* eenvoudig te maken. De pulsbreedte-signalen uit een Arduino of een PIC zijn in principe stuursignalen en hebben niet genoeg vermogen om een LED-strip te doen oplichten, vandaar dat hiervoor schakeltransistors worden gebruikt. Vergelijk die met relais; de pulsjes van de regeling bedienen de schakelaars waardoor met een klein vermogen een relatief groot vermogen kan worden geschakeld.

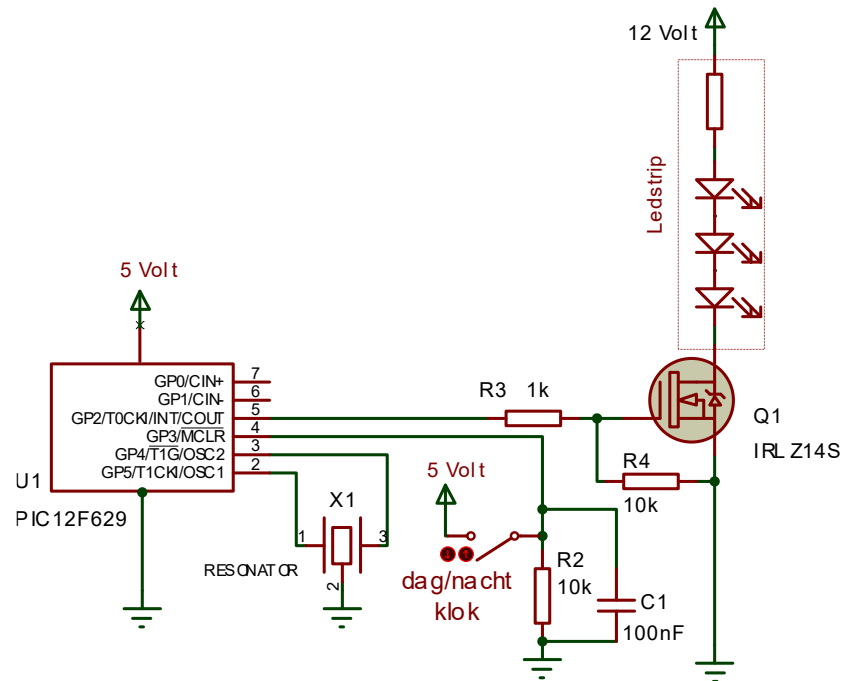
Omdat LEDs ook bij een heel klein toegevoerd vermogen (korte puls) nog licht geven heb ik bij mijn pulsbreedte-regeling voor de aquariums de laatste pulsjes nog eens extra in nog kleinere pulsjes verdeeld om de overgang van bijna uit naar echt uit zo klein mogelijk te maken.



14a. Schakelaar-sturing

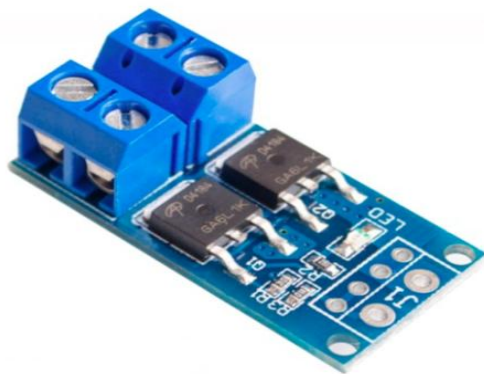
14b. Schakel-FET

De schakeltransistor symbolisch gezien, links als schakelaar, rechts als FET (*field effect transistor*).



15. Zelfbouw PWM.

Als voorbeeld een PWM-schakeling met een PIC en schakeltransistor die ik 9 keer gemaakt heb op één print.



16. Fet Module

In plaats van die zelf te bouwen, kun je ook een in de handel zijnde kant-en-klare schakeltransistormodule gebruiken in combinatie met PIC of Arduino als schakelaar voor 'versterkte' pulsbreedte signalen.

<https://www.tinytronics.nl/nl/schakelaars/mosfet%27s/high-power-mosfet-module-5-36v-15a>

Hier nog eens uitgebreid uitleg over de pulsbreedte-regeling m.b.v. een Pic.

<https://www.picbasic.nl/beginners7.htm>

Van de PWM-schakeling met een PIC en schakeltransistor die ik 9 keer gemaakt heb op één print, gebruik ik 8 schakelingen voor de bakjes in mijn kweekruimte. De 9^e is voor de hoofdverlichting tegen het plafond van de kweekruimte. Die hoofdverlichting is zo geprogrammeerd dat hij 's nachts niet helemaal uitgaat. Je kan het je voorstellen als de maan die 's nachts nog enigszins licht geeft. Bovendien is het wel zo prettig dat ik me indien nodig 's avonds en 's nachts ook nog kan oriënteren in de kweekruimte.

Het dag/nacht signaal is d.m.v. 9 schakelaartjes in te stellen op handmatig of klok. Het kloksignaal (dag/nacht) zelf komt ook uit een geprogrammeerde PIC. De voeding van de klok is voorzien van een accu die in geval van stroomuitval de klok 'draaiende' houdt.

Met diezelfde meerkanaals-geprogrammeerde klok bedien ik o.a. ook de raamventilator die elke nacht een in te stellen 10 minuten draait om de vochtige lucht te vervensen.

Ook een klepje voor die ventilator wordt d.m.v. een geprogrammeerde PIC alleen geopend als de ventilator draait. Dat om zo weinig mogelijk warmte te verliezen door de open gaatjes wanneer de ventilator niet draait. Een en ander is gebaseerd op dit voorbeeld:

<https://www.picbasic.nl/raamopener.htm>



17. Klepje dat gesloten wordt als de ventilator niet draait.

Een ander stukje elektronica dat ik gemaakt heb, ook weer met behulp van een PIC, is om in geval van alarm mijn mobiel automatisch te bellen. Een reden voor een alarm kan zijn dat er water op de grond staat en wordt gedetecteerd.



18. D.m.v. deze sensor (macro-opname) word ik met een alarmsignaal bij vocht op de vloer via de telefoonprint gebeld op mijn mobiel.

Ook als de stroom uitvalt, is er alarm en word ik gebeld, tenzij het hele elektriciteitsnet uitvalt, want dan werkt de modem niet en is de telefoonlijn dood. Om dat te voorkomen, ga ik daarvoor ooit nog eens een schakeling met aanvullende noodaccu maken.

Ook de regeling en instelling van de temperatuur in mijn viskamer d.m.v. een extra driewegklep op de CV-ketel en/of elektrische radiator heb ik gerealiseerd met PIC's .

Deze klep is nodig omdat als de huiskamertemperatuur 20°C is, de CV toch warmte aan de viskamer moet kunnen geven om het daar b.v. 23°C te maken.

Als basis is de temperatuurregeling met de digitale sensor DS1820 gebruikt. Daarvoor heb ik ook gebruik gemaakt de picbasic-site https://www.picbasic.nl/electro_ds1820.htm



19. Driewegklep in CV-circuit



20a. DS1820 digitale temperatuur sensor ingebouwd in metalen behuizing tegen het plafond van de viskamer t.b.v. aflezen, instellen en regelen van de temperatuur.



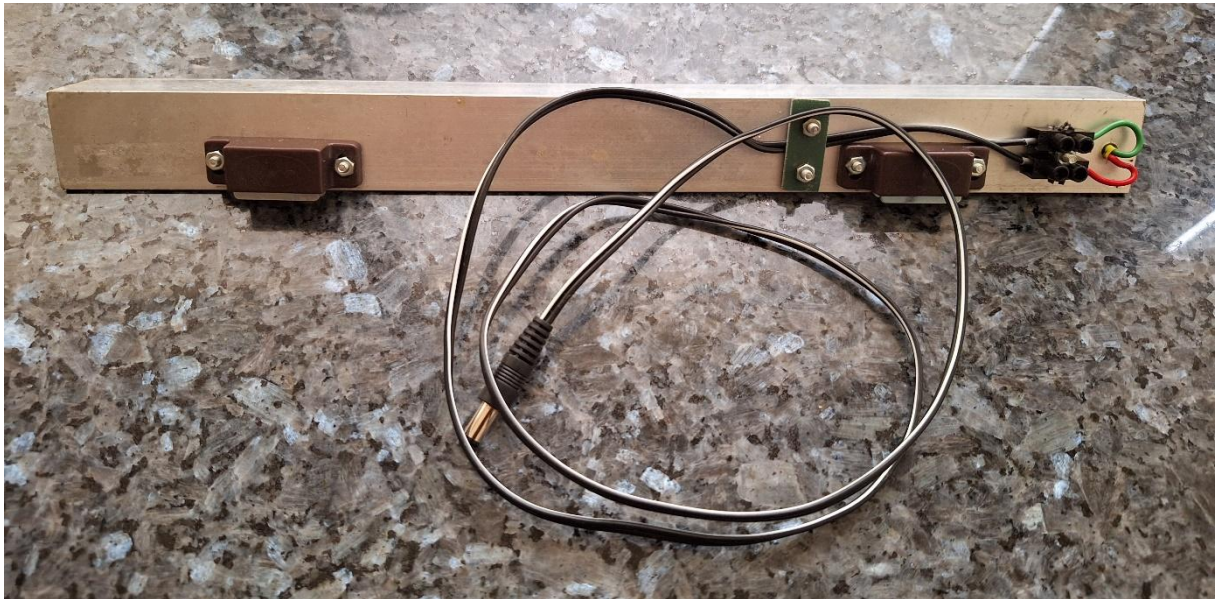
20b. Temperatuursensor DS1820

De meeste elektronica die ik heb gemaakt is met de nodige aanpassingen en/of uitbreidingen gebaseerd of deels gebaseerd op voorbeeldschakelingen van de picbasic-site. Met relatief weinig programmeerervaring (Basic) en een beetje elektroniekennis, wat fantasie en een site met voorbeelden kun je een heel eind komen. Op de site kun je ook een cursus volgen.

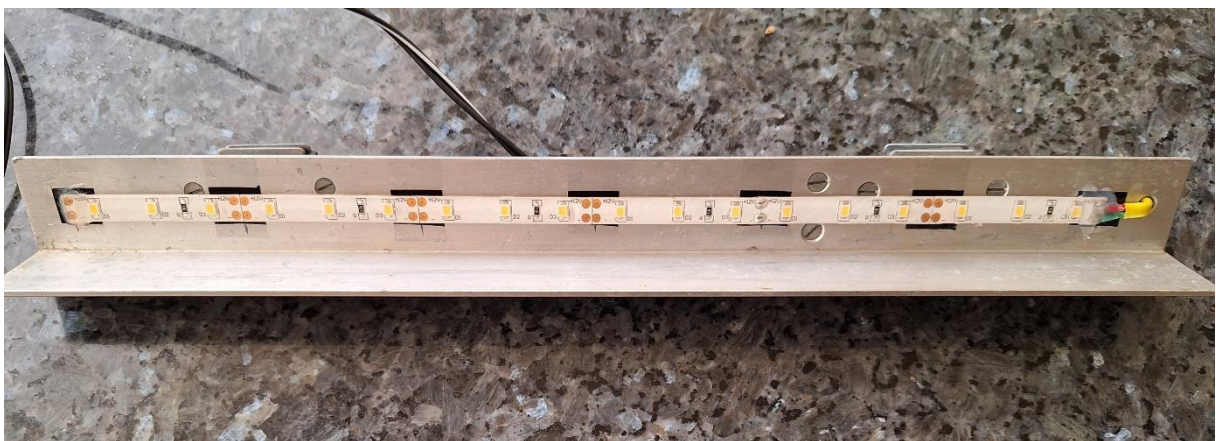
<https://www.picbasic.nl/picbasic.htm>

Ik beleef er veel plezier aan om de aquariumhobby en de elektronicahobby te combineren. Beide hobby's hebben daardoor iets extra's.

In mijn viskamer maak ik gebruik van LED-strips in diverse lengtes die met plakstrips op aluminium hoekprofiel zijn gelijmd waardoor ze gemakkelijk hun warmte kwijt kunnen. De aansluiting gaat via een kabel met een stekkertje dat in de aanwezige stekkerdoosjes kan worden gepluigd. De stekkerdoosjes zijn aangesloten op een centraal kastje waarin o.a. de pulsbreedte elektronica zit.



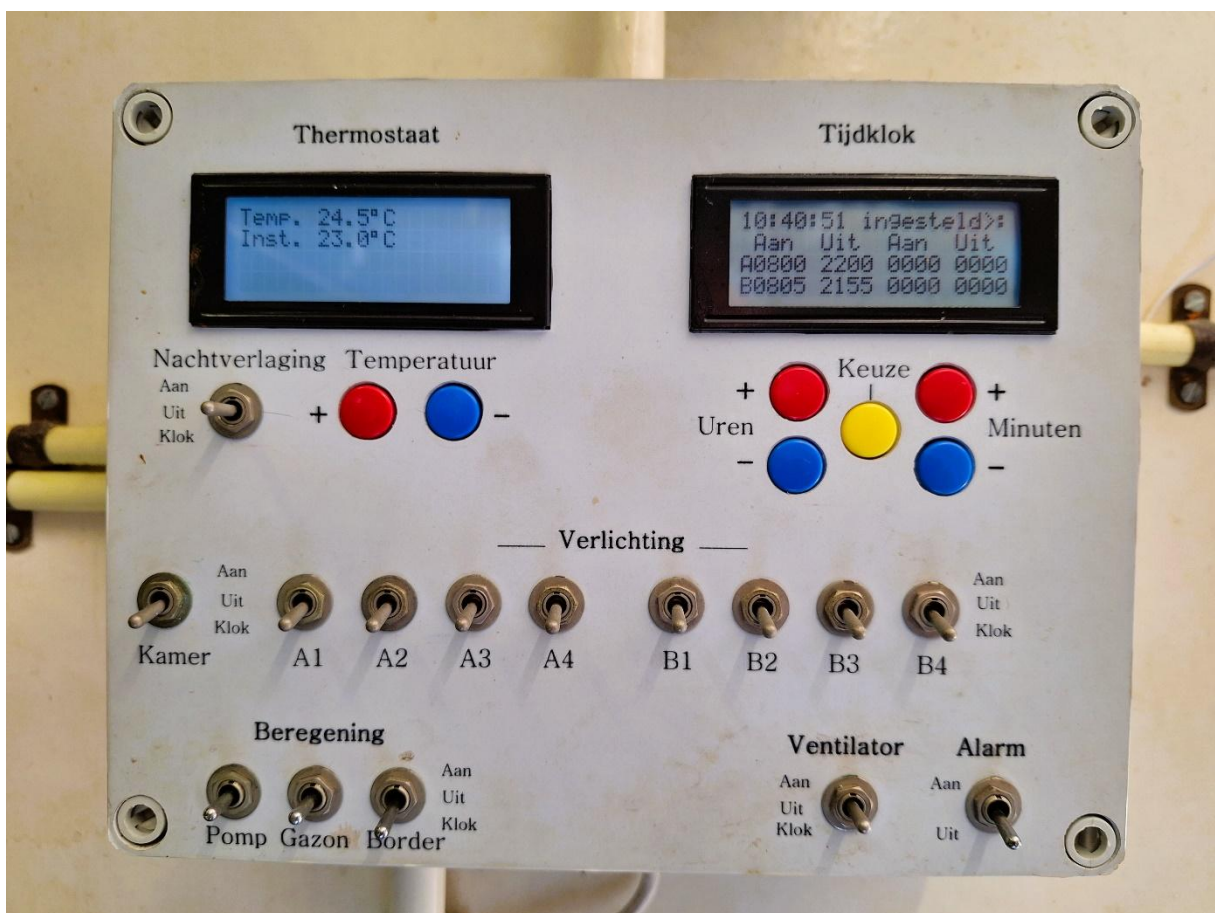
21. In mijn viskamer maak ik gebruik van LED-strips in diverse lengtes die met plakstrips op aluminium hoekprofiel zijn gelijmd waardoor ze gemakkelijk hun warmte kwijt kunnen.



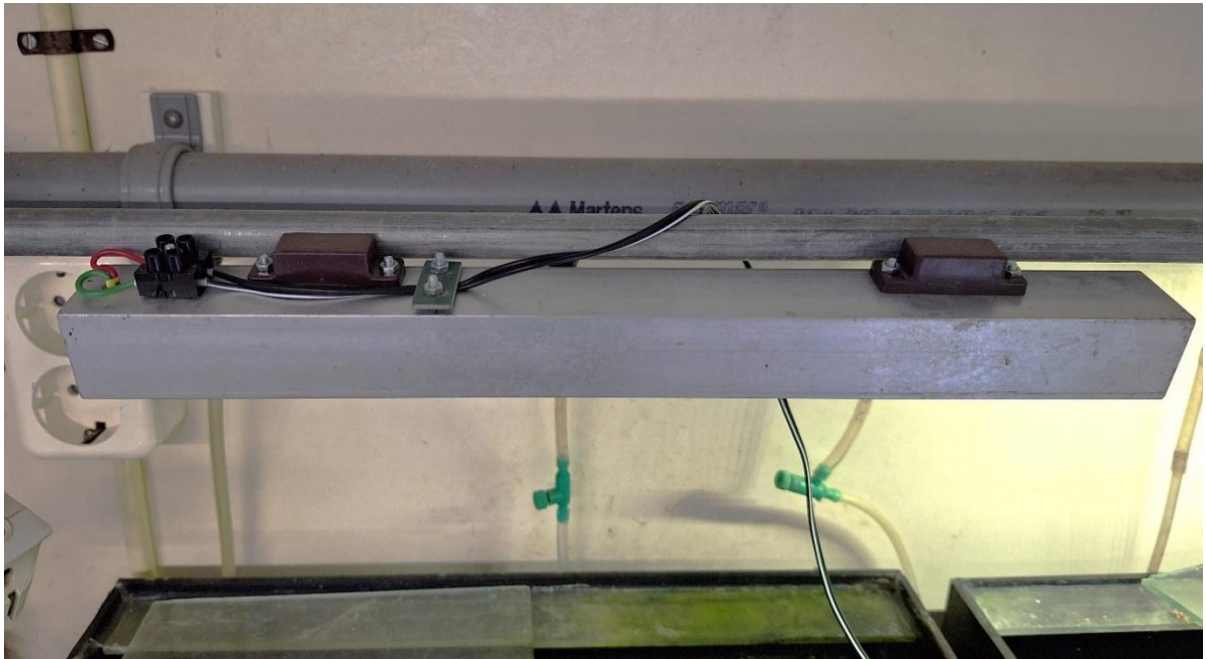
22. Aluminium profielstrip



23. De aansluiting gaat via een kabel met een stekkertje dat in de aanwezige stekkerdoosjes kan worden geplugd.



24. De stekkerdoosjes zijn aangesloten op een centraal kastje waarin o.a. de pulsbreedte-elektronica zit.



25. De aluminiumprofielen heb ik van magneetjes voorzien zodat ik ze aan een boven de aquariums gemonteerde stalen buis kan hangen en zodoende flexibel ben in het opstellen van mijn (kweek)aquariums en de bijbehorende verlichting.

