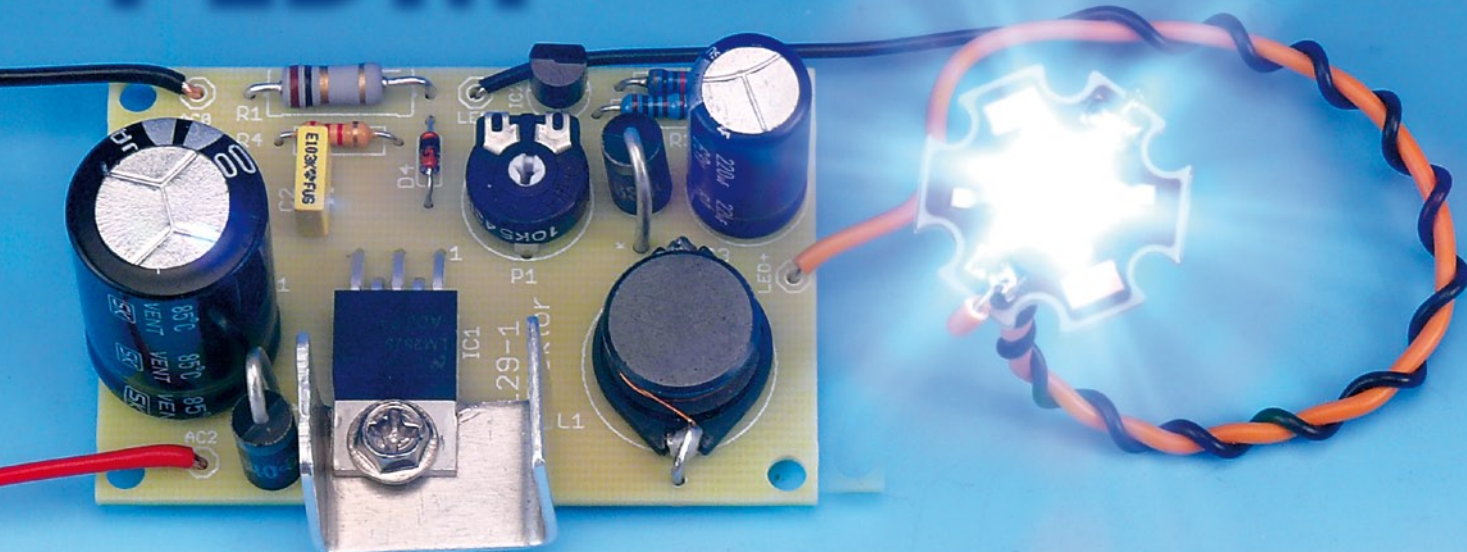


PLDM



power-LED-driver-module

Dr. Thomas Scherer

Dit jaar was het de eerste keer dat LED's een hoger rendement hadden dan de oude vertrouwde TL-buizen. Power-LED's zijn dus voor het eerst een realistisch en een energiebesparend alternatief voor verlichting. Om er licht uit te krijgen is echter wel wat elektronica nodig: een universele power-module.

Een ding is zeker: de 21^{ste} eeuw wordt de eeuw van de halfgeleiderlichtbronnen. Waarom? Zie het kader: 'Moderne LED's'.

Stroom voor LED's

De lage dynamische weerstand en de sterk negatieve temperatuurcoëf-

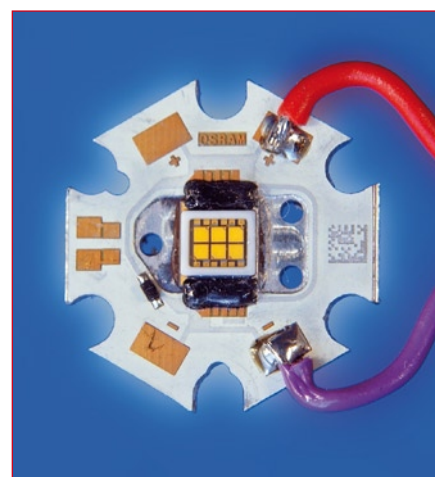
ficiënt van de doorlaatspanning van LED's laten het werken met een constante spanning niet toe, maar vereisen een constante voedingsstroom.



Figuur 1. De 3-W-LED van Cree die door de auteur gebruikt werd voor experimenten is een fraai stukje elektronica.

Technische gegevens

- Universele schakelende LED-stroombron
- Rendement maximaal 87%
- Ingangsspanning: $2 \times 6 \dots 27 \text{ V} \approx$
- Maximale ingangsspanning: 40 V
- Uitgangsstroom instelbaar van 0,1 tot 1 A (max. 2 A)
- Tot acht witte LED's in serie
- Maximale uitgangsspanning 34 V
- Meerdere modules kunnen op een trafo worden aangesloten



Figuur 2. Met OSTAR, een hexa-3-W-LED is Osram present op de markt van de halfgeleiderverlichting.

Moderne LED's

Voordelen:

Een gloeilamp heeft bij de standaard kleurtemperatuur van 2700 K een lichtrendement van ten hoogste $15 \text{ lm/W} = 3 \%$. Na 1000 uur is de lamp doorgebrand. Een halogeenlamp gaat vier maal zo lang mee en geeft met een rendement van 5 % en 25 lm/W iets meer licht.

Fluorescentielampen bereiken een rendement van meer dan 20 % (tot 100 lm/W) en een brandduur van meer dan 10.000 uur. Moderne energiespaarlampen brengen het – vanwege de kleinere afmetingen – slechts tot ongeveer 60 lm/W . Helaas wordt de reguliere helderheid pas na enige tijd (en bij een lagere temperatuur nooit) bereikt en is vaak in- en uitschakelen niet goed voor de levensduur.

De eigenschappen van moderne witte vermogens-LED's:

- Lichtrendement tot meer dan 100 lm/W (tegenwoordig al meer dan 150 lm/W)
- Levensduur tot meer dan 50.000 uur
- Zeer snel en probleemloos in- en uitschakelen.
- Kleine afmetingen = nieuwe mogelijkheden bij het ontwerpen van lampen.

Nadelen:

De voordelen van power-LED's zijn zo evident dat het verbazingwekkend is dat LED-lampen nog niet overal te koop zijn. De uitvoeringen met vele kleine 5-mm-LEDjes stellen niet veel voor. Wat tegen een goede LED-lamp spreekt, zijn de hoge prijs en het probleem van de koeling.

Een enkele 'goede' witte 3-W-LED zoals in **figuur 1** kost tegenwoordig weliswaar nog maar ongeveer zes euro, maar speciale hoogrendement-LED's, 5-W-types, multi- (zie **figuur 2**) of RGB-LED's (in de illustratie) zijn nog een heel stuk duurder. Daarenboven mag een LED vanwege de levensduur niet te heet worden. Ook het rendement wordt beter door koeling omdat die met toenemende temperatuur afneemt. Een goede koeling betekent echter ook weer een uitgebreidere constructie. Om die reden is het begrijpelijk dat LED-verlichting van een goede kwaliteit op het moment nog in de categorie 'designverlichting' valt en eerder luxe is.

Kijk niet in heldere LED's!
Kijk in geen geval rechtstreeks in een brandende LED! De zeer fel stralende LED's zijn niet alleen zeer onaangenaam, maar ook gevaarlijk voor de ogen omdat het netvlies beschadigd kan worden.

Om dezelfde reden worden LED's ook niet parallel geschakeld, maar in serie. Anders zouden individuele verschillen leiden tot een ongelijke verdeling van de belasting en helderheid.

Bij power-LED's voor verlichting speelt het energierendement een grote rol. Bijgevolg is er voor het gebruik van een schakelende regelaar voor het aansturen van power-LED's geen alternatief. Helaas geven de eenvoudige en gangbare geïntegreerde schakelende regelaars geen constante uitgangsstroom, maar een constante uitgangsspanning. Men kan ze ook niet simpelweg als schakelende stroombron gebruiken. Dat komt omdat de interne referentiespanning voor de regelverstrekker meestal op ongeveer 2,5 V ligt en maar zelden op 1,2 V. En zelfs bij een referentiespanning van 1,2 V levert het regelen van de stroom middels de spanningsval over een zogenaamde shuntweerstand geen bruikbare oplossing: bij een stroom van 1 A is voor een spanningsverschil van 1,2 V een shunt van $1,2 \Omega$ nodig en daar gaat alleen al 1,2 W in zitten. Speciale LED-driver-IC's komen er wel-

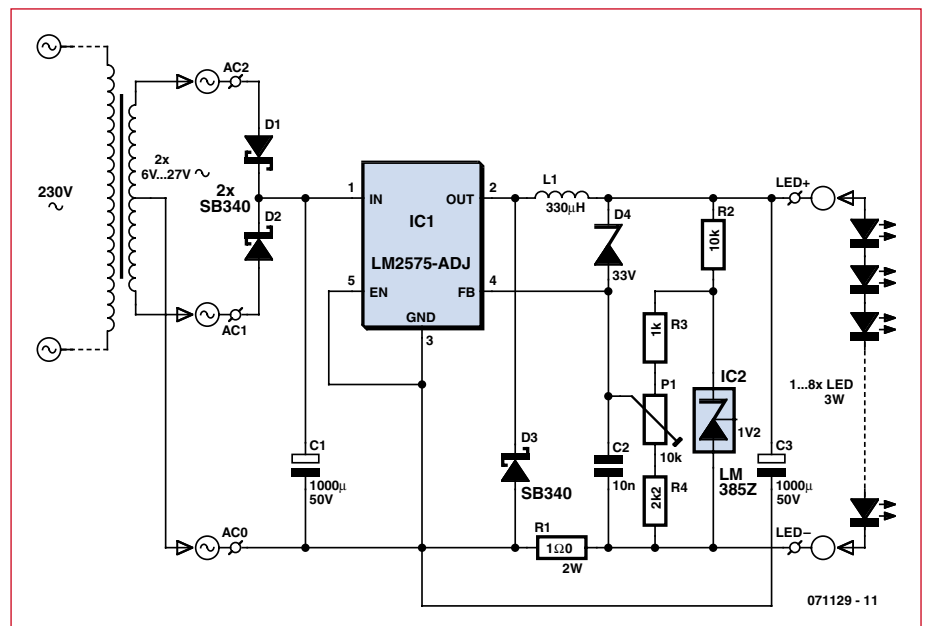
iswaar aan, maar praktisch altijd in een moeilijk te solderen SMD-behuizing. Een kleine schakeltruc brengt de oplossing.

PLDM-schakeling

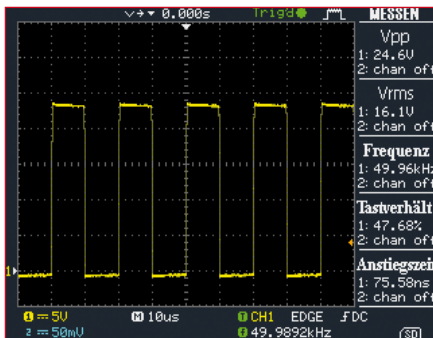
Wilt u niet de robuuste en goedkope geïntegreerde schakelende regelaars in vijfpolige TO220-behuizing (zoals de LM2575Z-ADJ) gebruiken, dan is de truc voor het ombouwen naar een geschakelde stroombron het foutsignaal 'hoog te houden'. De schakeling in **figuur 3** voor een universele driver-

module voor power-LED's is verrassend eenvoudig en gemakkelijk na te bouwen.

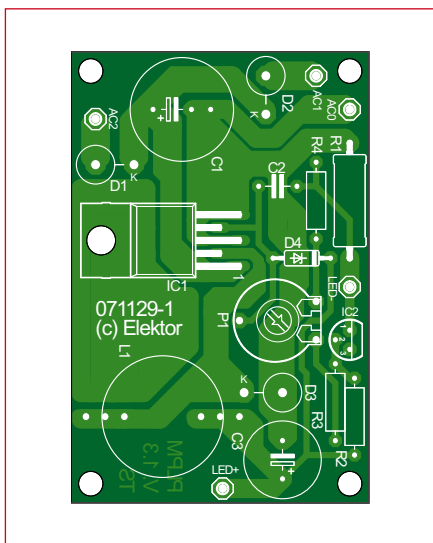
D1 en D2 richten de spanning van de nettrafo die afkomstig is van twee even grote secundaire wikkelingen danwel een enkele wikkeling met een middenaftakking gelijk. Ten opzichte van een bruggelijkrichter scheelt dat het verlies in een diodetak. Schottky-diodes beperken de spanningsval tot minder dan 0,5 V. De gelijkgerichte spanning voedt via pen 1 de schakelende regelaar IC1, een zogenaamde buck-con-



Figuur 3. Het schema van de schakelende spanning/stroom-converter.



Figuur 4. Bij een voedingsspanning van bijna 25 V en vijf 3-W-power-LED's aangesloten op een PLDM bij 0,7 A is de puls/pauze-verhouding van de schakelende regelaar ongeveer



Figuur 5. De PLDM-print is maar 60 x 40 mm groot.

Onderdelenlijst

Weerstanden:

- R1 = 1 Ω/2 W (kool of metaalfilm)
- R2 = 10 k
- R3 = 1 k
- R4 = 2k2
- P1 = 10 k

Condensatoren:

- C1 = 1000 μ/50 V*
- C2 = 100 n
- C3 = 220 μ/35 V*

Halfgeleiders:

- D1...D3 = SB340*
- D4 = ZPD33V*
- IC1 = LM2575T-ADJ*
- IC2 = LM385Z1.2

Diversen:

- L1 = 330 μH / 1,9 A* (SMD-power-spoel, bijv. FASTRON PISR-331M-04)
- Tr = nettrafo, sec. 2 x 6...27 V*
- Print 071129-1

* zie kader 'Vermogen en opbouw'

verter, die een lagere uitgangspanning geeft. De spanning aan de ingang moet dus altijd hoger zijn dan aan de uitgang. In het IC zit een regelversterker die een pulsbreedtemodulator met een schakeltransistor aanstuurt. Het opgewekte PWM-sigitaal is op pen 2 te vinden (zie **figuur 4**). IC1 stelt het sigitaal zo in dat aan de ingang op pen 4 precies 1,2 V staat.

Spoel L1 is een goedkope vaste zelf-inductie, de exacte waarde komt er niet zo op aan. Belangrijk is wel dat hij ongeveer 2 A aan kan en dat D3 een Schottky-diode is. De spanning die over shunt-weerstand R1 staat, wordt door de spanningsreferentie IC2 met 1,2 V verhoogd – dat is de truc. Met de aangegeven waarden voor R3 en R4 is de uitgangsstroom met P1 traploos regelbaar tussen 100 mA en 1 A. D4 begrenst de maximale uitgangspanning tot 34,2 V. Dat is dan ook alles.

PLDM-opbouw

Het aanpassen aan het aantal toegepaste LED's wordt in het kader 'Vermogen en opbouw' uit de doeken gedaan. Omdat er geen SMD's worden toegepast, zijn er maar twee aandachtspunten bij de bestukking van de kleine print van **figuur 5**:

De drie diodes D1...D3 hebben stevige aansluitdraden. Omdat ze staan gemonteerd worden, moeten de aansluitdraden omgebogen worden. Houd de aansluitdraad bij de behuizing met een tangetje vast om te voorkomen dat de behuizing breekt.

Bij een uitgangsvermogen van minder dan 10 W kan IC1 gewoon plat op de print geschroefd worden. De warmte wordt dan via een M3-boutje en -moertje naar een kopervlak aan de achterzijde (**figuur 6**) afgevoerd. Bij een uitgangsvermogen van meer dan 10 W is een klein koellichaam nodig. In **figuur 7** is het opgebouwde prototype te zien met een klein stukje omgebogen aluminium als koellichaam voor ongeveer 15 W uitgangsvermogen. Op één PLDM kunnen maximaal acht witte LED's in serie aangesloten worden. Meerdere PLD-modules kunnen parallel op een trafo aangesloten worden.

PLDM-inbouw

Gebruikt u veel losse 1-W-LED's zoals in **figuur 8**, dan zal het afvoeren van de warmte weinig kopzorgen baren. De LED's kunnen simpelweg een voor

een met wat warmtepaste met kunststof schroeven vastgezet worden op het gewoonlijk gelakte plaatstaal van de lampbehuizing. Bij 'echte' power-LED's van 3 W of meer doen we dat anders: in **figuur 9** is het inbouwen van de PLDM-elektronica met een 'elektronische trafo' (zie het bijbehorende artikel in deze uitgave) te zien. In het midden prijkt een warmwitte OSTAR-hexa-LED met ruim 15 W opgenomen vermogen. 12 W hiervan wordt als warmte verstoekt. Uit tests is gebleken dat plaatstaal de warmte slecht geleidt en de LED komt brandend duidelijk boven de 110 °C! Een stukje aluminium plaat hielp.

(071129)



"ACULED" van PerkinElmer Elcos

Waarschuwing!

Nooit LED's aansluiten op een PLDM als er spanning op staat! Als C3 geladen is, vernielt de ontladstroom gegarandeerd de LED's. Dus eerst de LED's aansluiten op de PLDM en dan pas inschakelen.

Links & literatuur:

[1] Principe witte LED's:
http://nl.wikipedia.org/wiki/Led#Witte_led

[2] koelen van LED's (Perkin-Elmer):
http://optoelectronics.perkinelmer.com/Content/ApplicationNotes/APP_ThermalManagementofACULEDVHL.pdf

Vermogen en opbouw

Afhankelijk van het aantal van de in serie geschakelde LED's kan men de bestuiking van de module aanpassen. De universele bestuiking volgens het schema is vetgedrukt.

Afhankelijk van aantal witte LED's				
LED's	Tr. sec.	C1	C2	D4
1	2 x 6 V	16 V	16 V	ZPD12V
1...2	2 x 9 V	25 V	25 V	ZPD22V
1...3	2 x 9 V	25 V	25 V	ZPD22V
1...4	2 x 12 V	25 V	25 V	ZPD22V
1...5	2 x 15 V	25 V	25 V	ZPD22V
1...6	2 x 18 V	35 V	35 V	ZPD27V
1...7	2 x 24 V	50 V	35 V	ZPD33V
1...8	2 x 27 V	50 V	35 V	ZPD33V

Het vereiste vermogen van de trafo is af te leiden uit het vermogen van de aangesloten LED's gedeeld door het rendement van de schakeling plus wat reserve. Een voorbeeld: er worden vier LED's van ieder 3 W aangesloten. De stroom door de LED's is 750 mA. Neem als 'worst case' een doorlaatspanning aan van 4 V. De belasting is dan $4 \times 3 = 12$ W. Het totale rendement van de PLDM ligt rond 80 %, de trafo moet dan $12 \text{ W} / 0,8 = 15$ W kunnen leveren. Met een trafo van 18 VA met 2 x 12 V secundair zit je dan altijd goed.

Wilt u een groter vermogen (tot ongeveer 50 W), dan kan dat ook. Met $R1 = 0,47 \Omega/2 \text{ W}$, $C1 = 2.200 \mu\text{F}$ en $D1...D3 = \text{SB540}$, het type LM2576T-ADJ voor IC1 en $100 \mu\text{H}$ voor L1 kan de stroom tot 2 A worden ingesteld. IC1 moet dan natuurlijk beter gekoeld worden. En wordt in plaats van de LM2576 het vervangingstype P3596 geleverd – geen paniek, die doet het ook.

Bij RGB-power-LED's moet u voor exemplaren met gescheiden anodes en kathodes kiezen en dan telkens alle rode, groene en blauwe LED's in serie op een eigen PLDM aansluiten. Dan is het mogelijk met de instelpotmeters de gewenste mengkleur in te stellen.

Als de stroom door de LED's met P1 wordt ingesteld, kan de spanning over R1 met een voltmeter worden gemeten. Voor experimenten is een 'pseudo-LED' handig: een weerstand van 10Ω die 10 W kan verstoppen. Dan gaan de LED's langer mee.

Licht & temperatuur

Vanzelfsprekend is het aan te bevelen een blik te werpen op de datasheet van de LED's **voordat** men een LED-lamp bouwt en de bijbehorende voorschakel-elektronica aansluit. In het bijzonder is het thermische gedrag afhankelijk van het fabrikaat. Als leidraad dienen grafieken met het typische spectrum van witte LED's en het rendement als functie van de temperatuur alsmede een tabel met kenmerkende gegevens. Reguliere power-LED's bereiken helaas nog niet het huidige record van meer dan 150 lm/W . Als vuistregel kan men stellen dat een LED-watt overeen komt met ongeveer vier gloeilamp-watts.

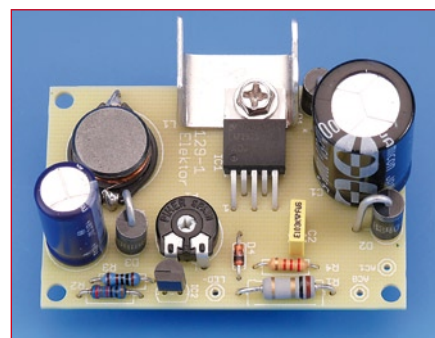
Vermogens-LED's moeten absoluut gekoeld worden. LED's die al op een aluminium plaatje zijn gemonteerd, zijn gemakkelijker te verwerken. In [2] is wat meer te lezen over het thermische gebeuren rond power-LED's. Daar komt ook de 'ACULED' uit de illustratie vandaan..

Kenmerkende waarden van witte 3-W-power-LED's

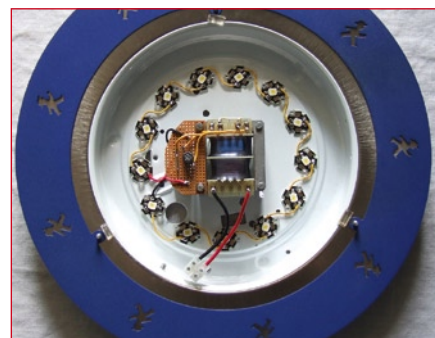
Lichtstroom:	100...200 lm
Uitstraalhoek (50 % helderheid):	120°
Levensduur (70 % helderheid):	tot 50.000 uur
Max. sperlaagtemperatuur:	$150...185^\circ\text{C}$
Therm. weerstand sperlaag/behuizing:	$< 15 \text{ K/W}$
Bedrijfsstroom:	700 mA
Doorlaatspanning bij 0,7 A:	3,1...3,9 V
Temperatuurcoëff. van de doorlaatspanning:	-2 mV/K
Dynamische weerstand:	$< 1 \Omega$



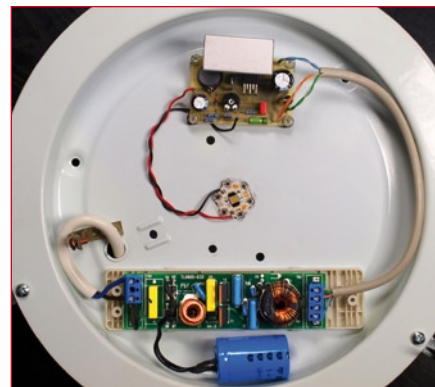
Figuur 6. Bij kleine dissipatievermogens is de warmteafvoer door een aan de achterzijde op een kopervlak gesoldeerde M3-moer voldoende.



Figuur 7. Zo ziet het prototype er uit. IC1 is voor de koeling op een stukje aluminium geschroefd.



Figuur 8. Een al wat ouder experiment van de auteur met 13 LED's van elk 1 W in serie geschakeld – nog zonder PLDM.



Figuur 9. Inbouw van de elektronica in een plafonnieer. Een aangepaste 'elektronische trafo' en een PLDM zijn hier te zien, met in het midden een OSTAR-LED.