

Intelligente regeling van LED-verlichting

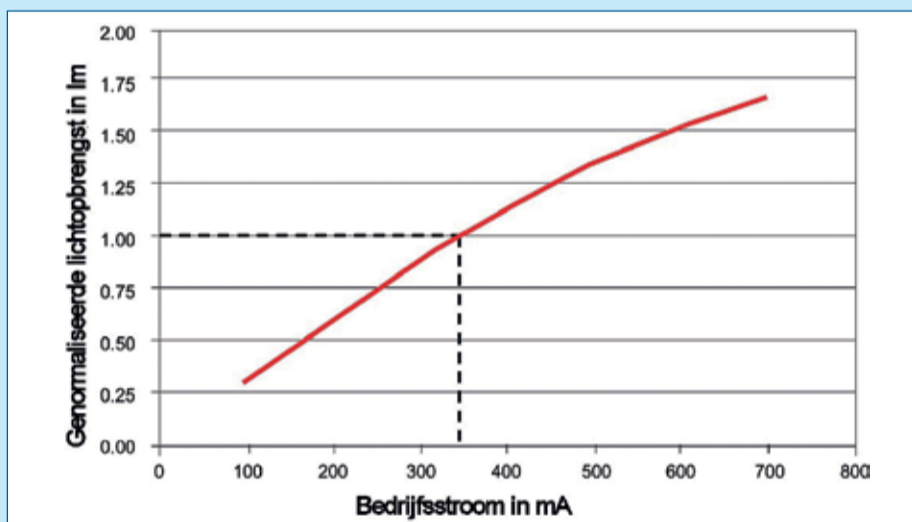
Digitale signaalcontrollers voegen intelligente regeling en communicatie toe aan LED-verlichting

LED-verlichting verandert de manier waarop licht wordt toegepast en opent nieuwe kansen voor ontwerpers die intelligente regeling en het mengen van kleuren willen toevoegen aan LED-armaturen. Daarbij kunnen digitale signaalcontrollers (DSC's) de innovatie sturen in toepassingen die lopen van de koplampen en achterlichten van auto's, tot moderne lichtshows die een openbaar gebouw kunnen omtoveren tot een kunstwerk.

De unieke combinatie van energiebesparing, de mogelijkheid tot dimmen en de lange levensduur maakt van kleuren veranderende verlichtingsarmaturen met LED's efficiënter, goedkoper en toegankelijk. De toevoeging van een digitale signaalcontroller (DSC) maakt een efficiënte LED-sturing en nauwkeurige regeling van de kleur, naast communicatie met de buitenwereld, mogelijk. De combinatie van deze eigenschappen biedt de ontwerper de vrijheid om de meest uiteenlopende LED-armaturen van de volgende generatie te ontwikkelen.

Hogere helderheid, grotere complexiteit

Laagvermogen indicatie-LED's worden in allerlei producten toegepast en de meeste technici zullen inmiddels wel vertrouwd zijn met het eenvoudige ontwerp: Alles wat deze LED's nodig hebben is een spanningsbron en een serieweerstand van de juiste waarde om de stroom door de LED onder een nominaal niveau van minder dan 5 mA te houden. Het aansluiten op een GPIO-pen van een microcontroller geeft de ontwerper de mogelijkheid om de LED te laten knipperen. Echter, de eenvoud van een dergelijk LED-ontwerp wordt aanzienlijk complexer bij het in serie schakelen van LED's met een hoge helderheid en een grote stroom die wel kan oplopen tot 350 mA. Daarbij wordt de ontwerper voor de uitdaging gesteld om de stroom te regelen, ondanks temperatuurveranderingen en de extreme warmteontwikkeling van de LED's zelf.



Figuur 1: De lichtopbrengst is evenredig met de stroom door de geleidende LED (bedrijfsstroom I_F).

Intelligente stroomregeling

LED's met een hoge helderheid dienen een relatief grote constante stroom te voeren om er voor te zorgen dat zowel de helderheid als de kleur worden gehandhaafd. Uit figuur 1 blijkt dat de lichtopbrengst evenredig is met de bedrijfsstroom (I_F) door de LED. Een constante stroom door de LED is daarom van wezenlijk belang voor het realiseren van een consistente kleur en lichtopbrengst. Het gebruik van een eenvoudige weerstand in serie met de LED betekent dat de bedrijfsstroom wordt bepaald door de onderstaande vergelijking:

$$I_F = (U_{bron} - V_F) / R$$

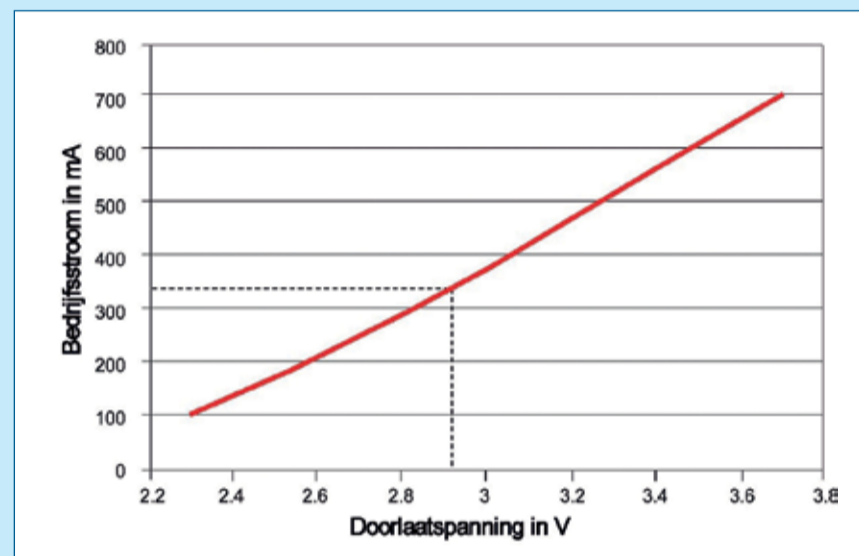
Als de bronspanning (U_{bron}) varieert, zal de bedrijfsstroom wijzigen, hetgeen variaties oplevert in de hoeveelheid licht die door de LED wordt uitgezonden. Daarom dient de LED te worden gevoed vanuit een voedingsbron die de bedrijfsstroom actief stabiliseert.

Temperatuurregeling

Normaliter zal de spanningsval over de LED, hier aangeduid met de doorlaatspanning U_F van de geleidende LED, toenemen als de temperatuur stijgt, zelfs als de bedrijfsstroom



constant en gestabiliseerd is. In figuur 2 is te zien hoe een slecht gestabiliseerde bedrijfsstroom lineair varieert met de doorlaatspanning van de LED. Hiermee wordt aangetoond dat het regelen van de bedrijfsstroom door de LED belangrijker is dan het regelen van de doorlaatspanning.



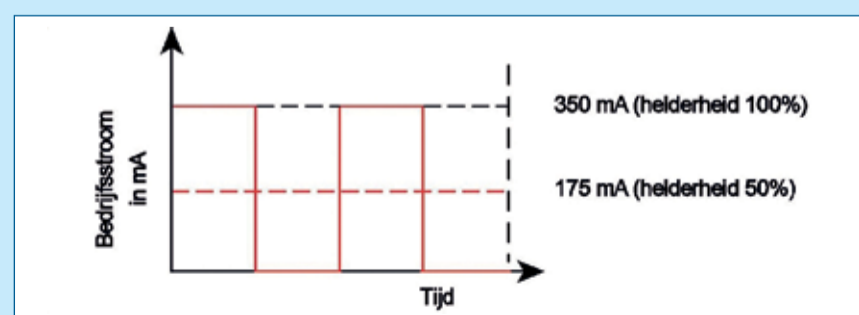
Figuur 2: Verandering van de doorlaatspanning (U_F) heeft invloed op de bedrijfsstroom (I_F).

Er wordt heel wat warmte opgewekt door de hoogvermogen-LED's zelf, hetgeen kan leiden tot een belangrijke afname van de levensduur van LED's en mogelijk voortijdige uitval. Het actief regelen van de bedrijfsstroom van LED's bepaalt mede de mate van koeling die voor elk ontwerp moet worden vastgesteld, gebaseerd op de gewenste bedrijfsstroom en de geschatte doorlaatspanning. Het gebruik van temperatuursensoren biedt daarbij de mogelijkheid om mogelijke overtemperatuursituaties te bewaken.

Nauwkeurige kleurregeling

Het feit dat de lichtopbrengst van LED's vrijwel onmiddellijk kan worden gewijzigd, maakt ze ideaal voor armaturen waarvan de kleur snel moet worden veranderd. Er kan een lint van rode, groene en blauwe LED's worden gemaakt om elke gewenste kleur samen te stellen, eenvoudig door het instellen van de helderheid van elke LED. De eerste benadering is om eenvoudig de bedrijfsstroom van elke LED te verhogen of te verlagen. Het probleem hierbij is dat het veranderen van de doorlaatspanning niet alleen de helderheid verandert, maar ook enigszins de kleur van de LED. Dit is ongewenst voor toepassingen die vragen om een specifieke kleur.

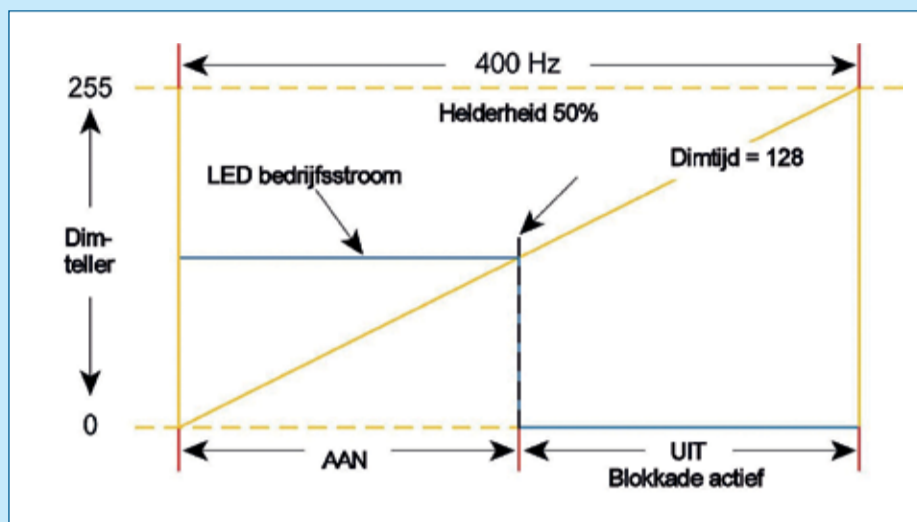
Een alternatieve benadering is het gebruik van een pulserende stroom die hetzelfde dimeffect oplevert zonder een waarneembare kleurverandering. In figuur 3 geeft een gestreepte rode lijn de gemiddelde gepulseerde stroom aan die zorgt voor een verandering van de helderheid. Tegelijkertijd blijft de bedrijfsstroom door de LED constant zodat er geen kleurverandering wordt waargenomen.



Figuur 3: Pulseren van de bedrijfsstroom voor het wijzigen van de waargenomen helderheid.

Digitale dimregeling

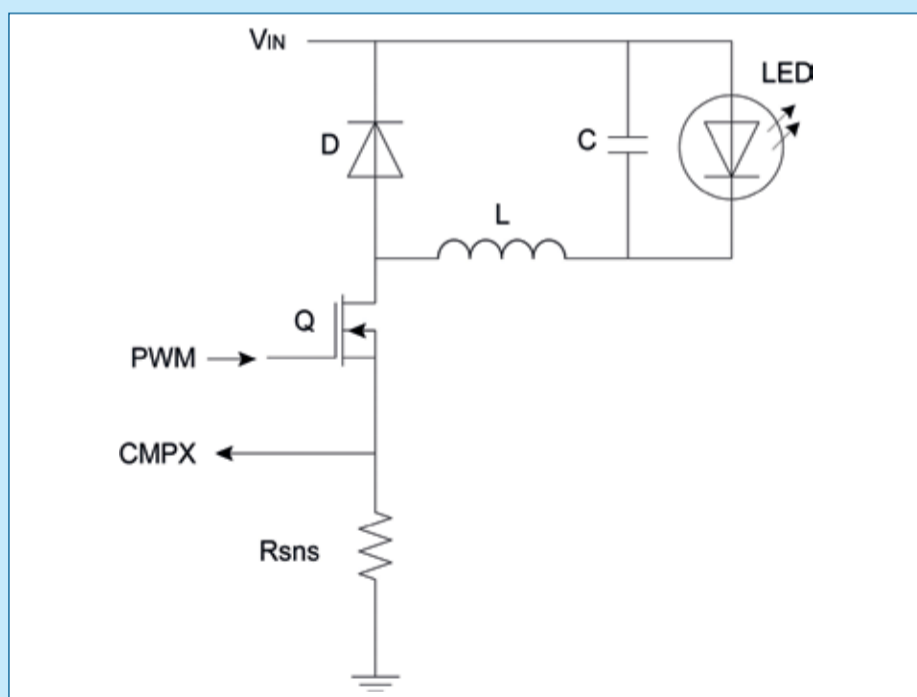
Het toepassen van een digitale signaalcontroller (DSC) vereenvoudigt het dimmen aanzienlijk door gebruik te maken van gepulste stroomtechniek. De geavanceerde PWM-modulen van veel DSC's kunnen worden gebuikt voor het opwekken van PWM-signalen om daarmee de vermogenstrap voor de LED te regelen. Deze PWM-modulen bieden zogenaamde override- ofwel blokkeerinputen die snel en nauwkeurig de PWM-uitgangen kunnen afschakelen, waardoor de stroom door de LED kan worden geregeld om deze te dimmen. De mate van dimmen wordt bepaald door een getal tussen nul en een waarde die overeenkomt met de maximale helderheid. Om een LED in te stellen op 50% van zijn helderheid, kan een teller bijvoorbeeld tellen van nul tot 255 en dan de PWM-blokkade triggeren als er een waarde van 128 wordt bereikt. De PWM-uitgang schakelt dan af om de stroom door de LED te blokkeren. Als de teller de maximale waarde van 255 bereikt, wordt deze weer op nul gezet waarbij de PWM weer wordt vrijgegeven. Het proces wordt herhaald voor het realiseren van de gepulste stroom die nodig is voor het dimmen van de LED, hetgeen in figuur 4 is te zien. Vaak wordt er een frequentie van meer dan 400 Hz gebruikt om er voor te zorgen dat de dimfrequentie snel genoeg is om te voorkomen dat het menselijk oog het flikkeren van de LED kan zien.



Figuur 4: Digitale regeling voor het dimmen.

Digitaal sturen van LED's

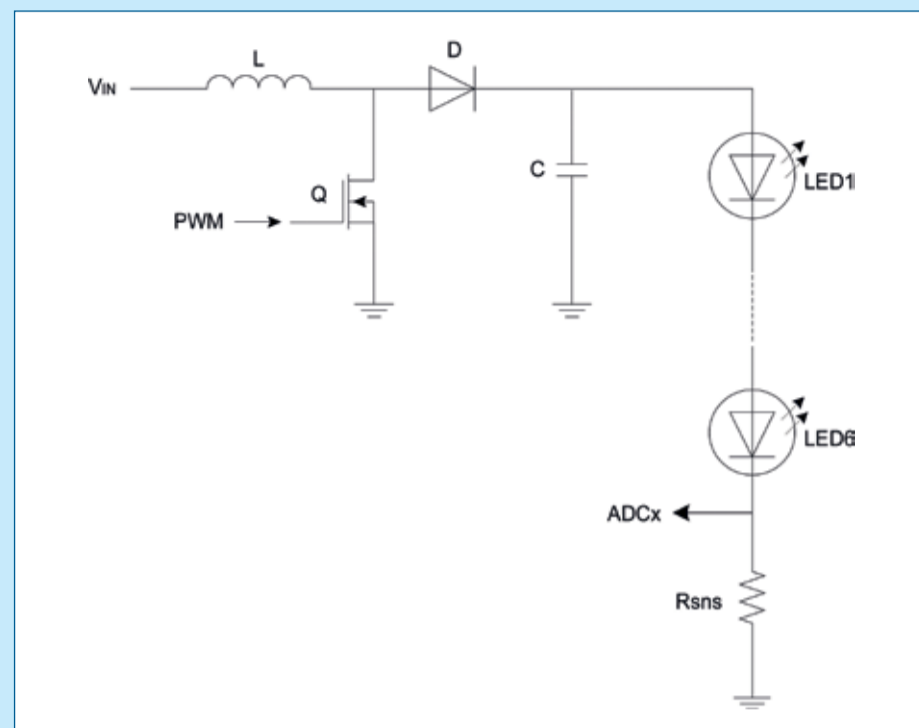
Als aanvulling op de dimregeling kan een DSC voorzien in een actieve voeding voor het regelen van de bedrijfsstroom van een LED met hoge helderheid. Topologieën als spanningverlagende (buck) en spanningverhogende (boost) schakelende voedingen (SMPS) kunnen worden gebruikt voor het voeden van LED's en beide kunnen profiteren van de intelligentie van een DSC.



Figuur 5: Spanningverlagende (buck) topologie voor het sturen van een LED of lint van LED's.

Een spanningverlagende topologie wordt gebruikt als de doorlaatspanning van de LED of een lint van LED's lager is dan de bronspanning. In deze topologie, die in figuur 5 is weergegeven, stuurt de PWM de schakelaar (Q) en de spanning over de meetweerstand (R_{sns}) correspondeert met de bedrijfsstroom van de LED als de schakelaar (Q) is gesloten. De spanningvergelijker (comparator) van de DSC wordt gebruikt voor het vergelijken van de spanning over de meetweerstand (R_{sns}) ten opzichte van een configureerbare interne referentie die evenredig is aan de gewenste bedrijfsstroom van de LED. Als de gemeten spanning hoger is dan de interne referentie, blokkeert de analoge vergelijker het openen van de schakelaar (Q) door de PWM, zodat de spoel (L) zijn opgeslagen stroom kan ontladen via de diode (D) en de LED. Aan het begin van de volgende PWM-periode sluit de schakelaar (Q) weer en het proces begint

opnieuw. De geavanceerde functies van de DSC zorgen ervoor dat deze methode actief de bedrijfsstroom door de LED stabiliseert zonder dat dit enige CPU-overhead vergt.



Figuur 6: Spanningverhogende (boost) topologie voor het sturen van LED's.

Een spanningverhogende (boost) topologie wordt gebruikt als de doorlaatspanning van de LED of een lint van LED's hoger is dan de bronspanning, zie figuur 6. Net als bij de spanningverlagende topologie, stuurt de PWM de schakelaar (Q) en ook hier wordt de bedrijfsstroom weer gemeten via de meetweerstand (R_{sns}). De ADC-module van de DSC bemonstert de spanningsval over de meetweerstand die overeenkomt met de bedrijfsstroom van de LED. Deze waarde wordt vervolgens gebruikt door een proportionele integrale (PI) regellus, uitgevoerd in software op de DSC. Deze dient voor het instellen van de impuls/pauze-verhouding (duty cycle) van de schakelaar (Q), gebaseerd op de ADC-waarde en een software referentiewaarde die overeenkomt met de gewenste stroom. Door de PI-regellus te implementeren in software, biedt de DSC de flexibiliteit om een groot aantal regellusmethoden te gebruiken. Het zo klein mogelijk houden van de CPU-overhead voor de PI-regellus houdt ook in dat de DSC meerdere LED-linten kan regelen, waarbij er nog steeds voldoende capaciteit is om aanvullende functies te ondersteunen.

Digitale communicatie

Een DSC heeft voldoende verwerkingscapaciteit voor het intelligent regelen van de LED-armatuur, terwijl tegelijkertijd een communicatieprotocol kan worden geïmplementeerd, zonder dat hiervoor een extra communicatie-en-besturingscomponent nodig is. Zo maakt bijvoorbeeld het DMX512 verlichtingsregelprotocol gebruik van standaard communicatie in één richting, via een master en meerdere slaves, voor het sturen van commando's naar individuele verlichtingsarmaturen met een omvang van 512 bytes aan data per pakketje met individuele adressering naar elk apparaat of kruispunt (node). Door de hoge verwerkingsnelheid kan een DSP de snelle regellus, zoals de PI-controller voor de spanningverhogende omzetter, met topprioriteit verwerken en tegelijkertijd het communicatieprotocol, zoals DMX512, op de achtergrond draaien. Omdat de communicatie in software is geïmplementeerd, is dit niet beperkt tot een enkel protocol, maar is het mogelijk dat de armatuur door elk willekeurig communicatieprotocol wordt geregeld.

Beperken van de leertijd

Net als bij elke andere nieuwe technologie, introduceert digitale LED-regeling voor ontwerpers een pittige leertijd die echter kan worden verzacht door gebruik te maken van digitaal-geregelde LED-verlichtingspakketten, referentie-ontwerpen en toepassingsberichten. Deze producten zijn standaard voorzien van gratis broncode en hardware documentatie en kunnen ook uitwisselbare voedingstrappen bieden voor het ondersteunen van verschillende voedingstopologieën. Zo biedt bijvoorbeeld Microchip's DM330014 LED Lighting Development Kit dochterkaarten met LED-stuurtrappen zodat ontwerpers met meerdere stuurtrappen kunnen experimenteren op dezelfde kaart.

Het hoge rendement en de mogelijkheid om een LED meteen te kunnen dimmen, maakt dat deze technologie de innovaties op het gebied van het mengen van kleuren en andere verlichtingstoepassingen zal aansturen. Door het toevoegen van de intelligente regeling en communicatie waarin een DSC voorziet, kunnen ontwerpers LED-verlichtingsarmaturen voorzien van extra eigenschappen en functies die tot grote differentiatie kunnen leiden en de 'wow-factor' voor verlichtingstoepassingen opleveren.

Voor meer informatie zie www.etotaal.nl/achtergrond.
Artikel "Intelligente regeling van LED-verlichting".

Charlie Ice van Microchip Technology Inc.

Vertaling/bewerking: Johan Smilde