

25 SPI voor WS2812(B)-LED's

los een niet-bestaand probleem op met discrete componenten

Clemens Valens (Elektor)

Met deze kleine schakeling kan je microcontroller 25% meer LED's aansturen terwijl tegelijk resources worden vrijgemaakt. Als dat geen win-winsituatie is...



De uiterst populaire adresseerbare RGB-LED's van het type WS2812(B) – beter bekend onder de naam NeoPixels – zijn qua aansturing niet bijzonder handig. De reden hiervoor is hun 'eigen' ééndraads-dataprotocol dat niet compatibel is met standaard microcontroller-periferie. Om dit te omzeilen, wordt meestal een soort bit-banging-methode toegepast, ofwel volledig in software geïmplementeerd of gedeeltelijk in software en gedeeltelijk in SPI-periferie gerealiseerd.

De trend is tegenwoordig om elektronica problemen zoveel mogelijk in software op te lossen, omdat dat goedkoper en flexibeler is. Dat is natuurlijk een geldig argument, maar het haalt wel het plezier uit de elektronica. Daarom besloot ik de uitdaging aan te gaan om WS2812(B)-LED's compatibel te maken met een standaard SPI-bus – met uitsluitend discrete componenten.

Niet al te strikte timing

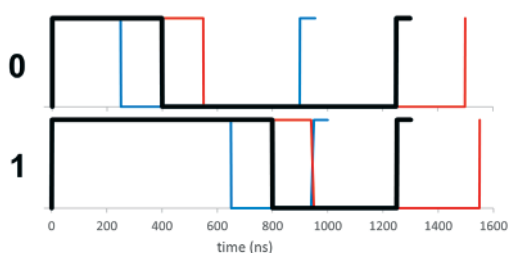
Gewoonlijk wordt aangenomen dat WS2812(B)-LED's op 800 kHz werken. Dat is een onhandige frequentie voor microcontrollers die zijn geklokt op 4, 8, 12 of 16 MHz of een andere frequentie die geen macht-van-twee veelvoud van 800 kHz is. Zorgvuldig lezen van de datasheet van de LED leert echter dat de timing-tolerantie bijna 50% bedraagt – tamelijk ruimhartig dus.

Dat betekent dat een data-rate van 1 MHz ook zou moeten werken aangezien die slechts 25% sneller is dan 800 kHz en dus binnen de 50%-tolerantie blijft. 1 MHz is een frequentie die de meeste SPI-periferie gemakkelijk kan produceren, zelfs met alleen een standaard klok-prescaler.

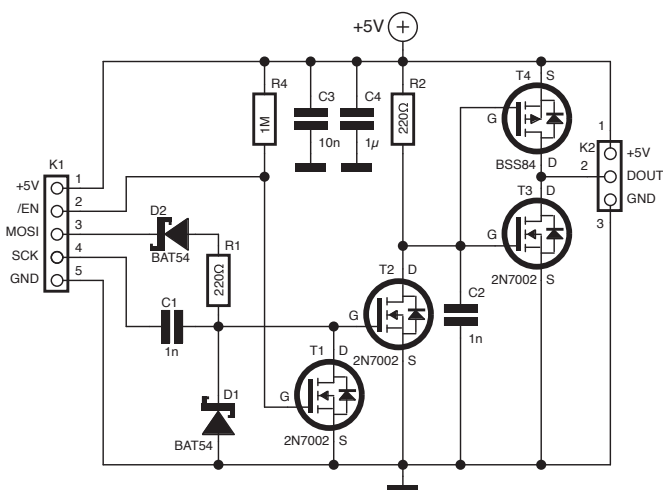
Voor de WS2812B-LED moet een logische '0' worden gecodeerd als een puls van 400 ns gevolgd door een pauze van 850 ns. Een logische '1' bestaat uit een puls van 800 ns gevolgd door een pauze van 450 ns (**figuur 1**). Volgens de datasheet hebben al deze tijden echter een tolerantie van ± 150 ns. Dus voor een logische '0' is een puls van 300 in plaats van 400 ns gevolgd door een pauze van 700 in plaats van 850 ns ook prima, en een logische '1' mag een puls van 700 ns zijn gevolgd door een pauze van 300 ns. Met deze waarden wordt de data-rate 1 MHz, precies wat we wilden hebben.

Over flanken gesproken

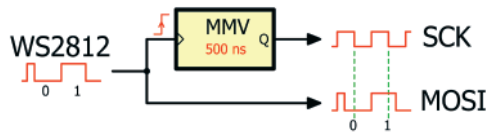
De schakeling van **figuur 2** maakt hiervan gebruik. Wanneer SPI op 1 MHz draait, is het kloksignaal SCK een blok golf met een frequentie van 1 MHz. De gegevens worden verzonden via het MOSI-sig naal van de SPI.



Figuur 1. Voor de timing bij adresseerbare RGB-LED's van het type WS2812(B) gelden ruime toleranties. De zwarte grafieken tonen de gespecificeerde looptijden. Een '0' mag zo kort zijn als 900 ns (blauw) en zo lang als 1500 ns (rood). Voor een '1' zijn deze waarden respectievelijk 950 ns (blauw) en 1550 ns (rood).



Figuur 2. Deze schakeling verandert een tweedraads SPI-bus in een ééndraads WS2812(B)-compatibel datasignaal.



Figuur 3. Een monostabiele multivibrator (MMV) kan een 2-draads SPI-sigitaal maken van een WS2812(B)-compatibel datasignaal.

Wanneer MOSI laag is, vormen C1 en R1 een differentiator die de SCK-pulsen verkort tot ongeveer 300 ns. En als MOSI hoog is, wordt R1 ontkoppeld door D2 en geeft C1 eenvoudig de SCK-pulsen door aan T2. D1 verwijdert de negatieve flanken die door de differentiator worden veroorzaakt.

Als SCK hoog is, geleidt T2 en wordt C2 ontladen. Wanneer SCK laag wordt, spert T2 en wordt C2 via R2 geladen, waardoor de neergaande flank van SCK effectief wordt vertraagd. Zo wordt de SCK-pulsduur verlengd tot ongeveer 700 ns.

T3 buffert en invertteert het signaal zodat een WS2812(B)-LED het kan begrijpen. T1 biedt een actief-lage slave select-ingang (SS) om onze SPI-interface te voltooien. C3 en C4 zijn ontkoppelcondensatoren waarbij C4 dicht bij K2 moet worden geplaatst om de voeding van de LED te ontkoppelen.

MOSFET T4 (een P-type) houdt het stroomverbruik laag wanneer de schakeling inactief is. Hij kan worden vervangen door een weerstand van 220 Ω om een transistor uit te sparen (op de print kan die weerstand als R3 worden gemonteerd), maar ik zou het niet aanbevelen. Monteer ook niet zowel de transistor als de weerstand. De schakeling blijkt goed te werken in SPI-modi 0, 1 en 3.

Nuttig of niet?

De schakeling die hier worden gepresenteerd maakt het mogelijk om de driversoftware te vereenvoudigen, waardoor er meer resources beschikbaar blijven voor de rest van het programma om uitgebreidere animaties te maken of andere leuke dingen te doen. Hij is ook 25% sneller dan een standaard 800kHz-driver, zodat je meer LED's tegelijk kunt aansturen. Aan de andere kant voegt het een paar regels toe aan de onderdelenlijst en is er een SPI-bus nodig in plaats van slechts één MCU-uitgang.

Ter afsluiting

Omdat het heel eenvoudig is om de uitgang van deze schakeling terug naar SPI te decoderen – een monostabiele multivibrator is alles wat nodig is (figuur 3) – kan hij worden gebruikt als een eendraads SPI-verbinding. Zulke signalen kunnen prima over galvanische scheidingen zoals optocouplers en infraroodverbindingen worden getransporteerd. Alle bestanden voor dit project, inclusief een printontwerp en voorbeeldsoftware, zijn te vinden op [1]. Een video is beschikbaar op [2].

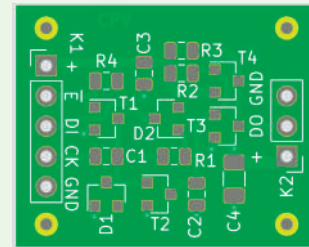
220020-03

↓ Project-download

www.elektormagazine.nl/summer-circuits-22



Onderdelenlijst



Weerstanden

(0805, 5%, 0,125 W):

R1,R2,(R3*) = 220 Ω

R4 = 1 M

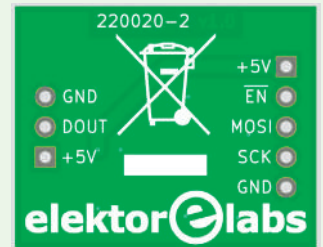
Condensatoren (0805):

C1,C2 = 1 n

C3 = 10 n

C4 = 1 μ /16 V, Case-A

* = zie tekst



Halfgeleiders:

D1,D2 = BAT54, SOT-23

T1,T2,T3 = 2N7002, SOT-23

T4 = BSS84, SOT-23

Diversen:

K1 = 5-polige busstrip,
steek 2,54 mm

K2 = 3-polige busstrip,
steek 2,54 mm



Over de auteur

Clemens Valens beheert als ingenieur het online-platform van Elektor Labs. Hij heeft een BSc in Elektronica en een MSc in Elektronica en Informatietechnologie.

Clemens begon in 2008 bij Elektor als hoofdredacteur van Elektor Frankrijk, en hij heeft ook gewerkt als redacteur voor Elektor UK/US en voor ElektorMagazine.com. Later was Clemens hoofd van de ontwerplabs van Elektor in Nederland, Duitsland en India. Tegenwoordig is hij Elektor's *Creative Technologist* en is hij verantwoordelijk voor de Elektor Labs community-website waar elektronica-enthousiastelingen hun werk kunnen publiceren en kunnen communiceren met collega's van over de hele wereld. Naast het bijdragen van zijn eigen projecten en andere artikelen aan het tijdschrift, produceert hij ook regelmatig video's voor Elektor TV en modereert hij webinars. Zijn voornaamste interesses zijn geluidsofwerking en signaalverwerking.



gerelateerde producten

> **Diamex LED Player M (SKU 19911)**
www.elektor.nl/19911

> **SPIDriver (SKU 19028)**
www.elektor.nl/19028

WEBLINKS

[1] C. Valens, "SPI to WS2812B converter," Elektor Labs: <https://www.elektormagazine.com/labs/spi-to-ws2812b-converter>

[2] Bekijk dit project op Elektor TV: <https://youtu.be/5z7CvM6QTD0>