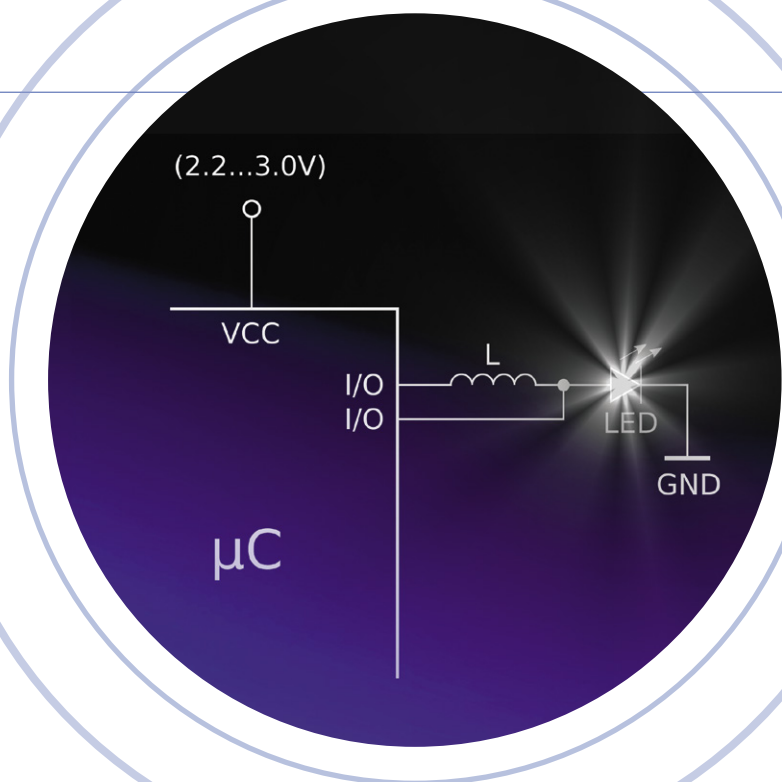


LED-booster

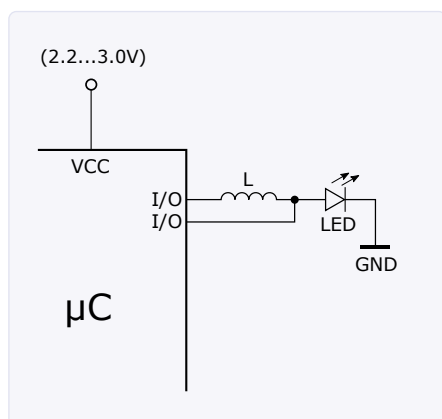
voor microcontrollers

met slechts één component!

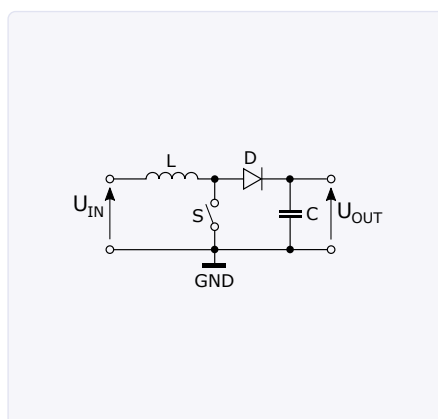


Martin Heine (Duitsland)

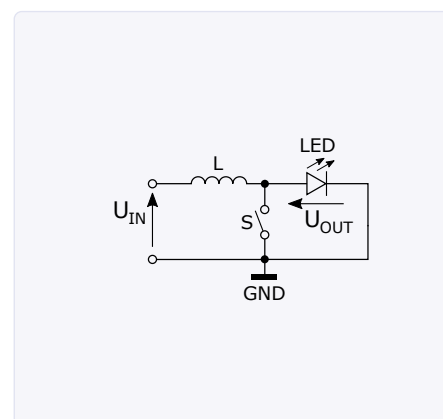
Vaak willen we een witte LED aansluiten op een microcontroller die op een voedingsspanning van 3 V draait. En dat gaat niet goed: die mooie witte LED geeft niet of nauwelijks licht...



Figuur 1. Schema van de LED-booster.



Figuur 2. Principeschema van een boost-converter.



Figuur 3. Een LED in plaats van diode en condensator.

Rode en groene LED's doen het dan echter probleemloos. Als we in de datasheet kijken, wordt al snel duidelijk wat het probleem is: een witte LED heeft een typische doorlaatspanning van 3,2 V. Dus 3 V is domweg niet genoeg om de LED helder te laten oplichten. In internetfora wordt vaak aangeraden om zo'n LED aan te sturen met een boost-converter die een hogere spanning genereert en een transistor als schakelaar. Maar voor het voeden van één enkele LED is dat eigenlijk een beetje overdreven.

Het goede nieuws is dat het ook makkelijker kan! Met slechts één goedkope extra component: een spoeltje, dat voor een paar cent te koop is. Als we dat op de juiste plaats monteren en op de juiste manier aansturen, gaat de witte LED branden, zelfs als de voedingsspanning van de microcontroller maar 2,5 V bedraagt. Zwarte magie? Natuurlijk niet. Bij de schakeling van **figuur 1** gaat het om een boost-converter. Maar hoe werkt zo'n converter eigenlijk?

Het principe van de boost-converter

Op een zelfinductie L (een spoel) wordt aan één kant de ingangsspanning U_{IN} gezet. De andere kant van de spoel wordt via een schakelaar S naar massa geschakeld. Er gaat dan een stroom door L lopen die langzaam toeneemt en daarbij een magnetisch veld opbouwt. Als de schakelaar S na enige tijd wordt geopend, verdwijnt dat magnetische veld weer, waarbij een inductiespanning in de spoel wordt opgewekt (**figuur 2**). Dat is te vergelijken met de werking van een bobine in een auto.

Deze inductiespanning wordt opgeteld bij de voedingsspanning. Zo staat er op diode D een spanning U_{OUT} te staan die hoger is dan de voedingsspanning. Met die spanning wordt condensator C opgeladen. Als de schakelaar S weer wordt gesloten, wordt dit proces herhaald. Omdat een LED in feite niets anders is dan een diode, kan diode D ook worden vervangen door een LED (**figuur 3**). En die kan dan rechtstreeks naar massa worden aangesloten.

Hoe kunnen we zo'n LED-boost-converter bij een microcontroller met slechts één enkele spoel implementeren? Dat doen we door gebruik te maken van de verschillende bedrijfsmodi van de microcontroller-poorten. Een I/O-pin kan in push-pull- of in open drain-modus werken. Push-pull wil zeggen dat bij een logische 1 (dus een hoog niveau) de

pin aan VCC wordt gelegd en bij een logische 0 aan GND (**figuur 4**). In de open drain-modus is de uitgang open bij een logische 1 en alleen bij een logische 0 met GND verbonden, net zoals de schakelaar S deed in ons voorbeeld hierboven.

De juiste waarde voor de spoel is afhankelijk van de schakelfrequentie, de stroom en de in- en uitgangsspanning. In de meeste datasheets van schakelende boost-regelaars is de volgende benadering voor het berekenen van de spoel te vinden:

$$L = \frac{U_{IN} \cdot (U_{OUT} - U_{IN})}{(\Delta I_L f_s \times U_{OUT})}$$

L = zelfinductie [H]

U_{OUT} = uitgangsspanning [V]

U_{IN} = ingangsspanning [V]

I_{OUT} = uitgangsstroom [A]

f_s = schakelfrequentie [Hz]

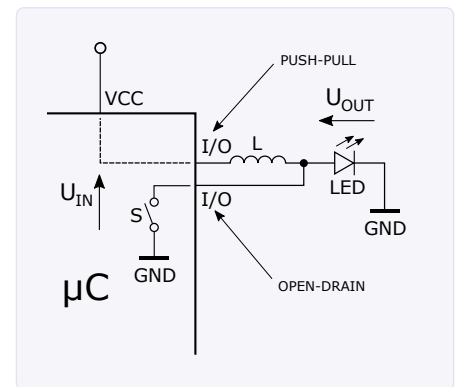
ΔI_L = Inductor Ripple Current [A]

Deze *Inductor Ripple Current* ΔI_L is het verschil tussen de minimale en maximale stroom door de spoel, dus de top-top-amplitude van de wisselstroomcomponent van de stroom door de spoel (**figuur 5**).

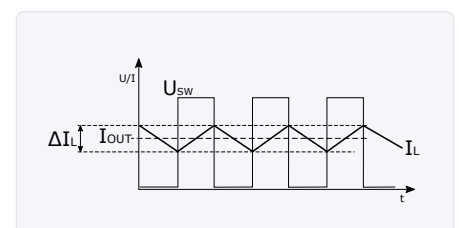
De spoelstroom varieert altijd een paar procent rond de uitgangsstroom. De meeste datasheets van fabrikanten van boost-converters geven ook hiervoor een benadering, die volledig toereikend is voor onze LED-boost:

$$\Delta I_L = 0,2 \times I_{OUT(max)} \times \left(\frac{U_{OUT}}{U_{IN}} \right)$$

De maximale uitgangsstroom $I_{OUT(max)}$ is de maximaal toegestane stroom door de LED.



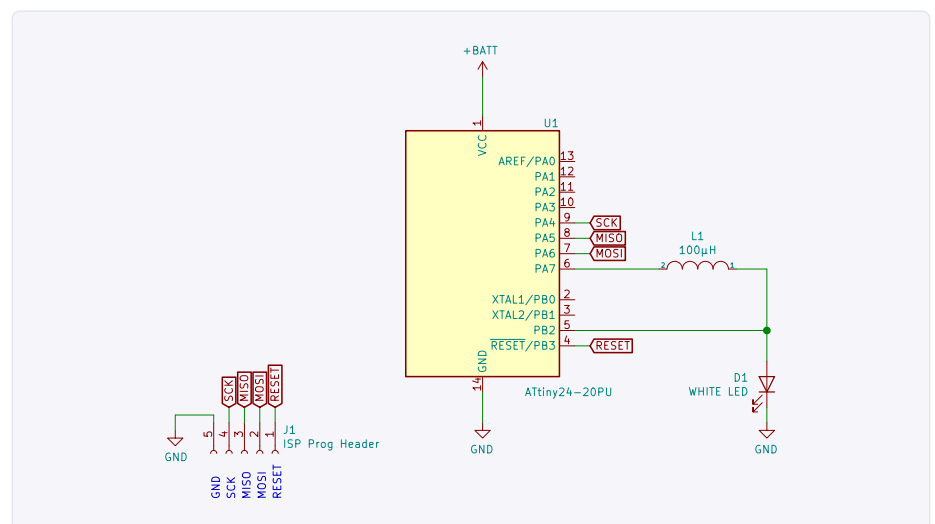
Figuur 4. Configuratie van de µC-pennen.



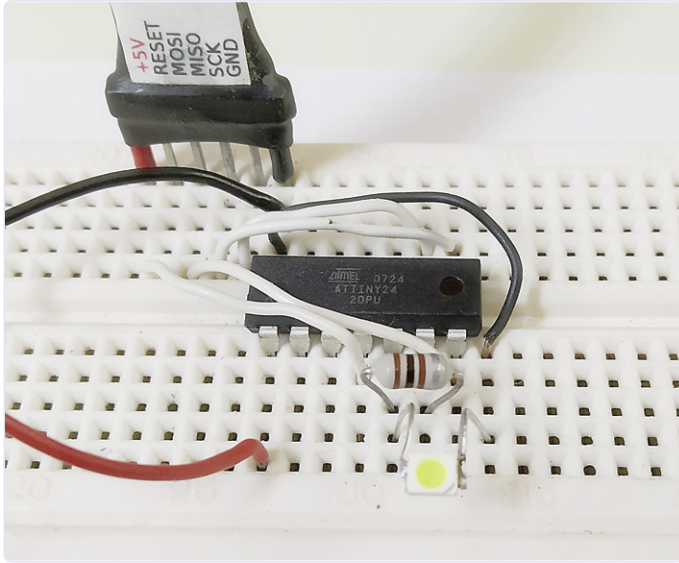
Figuur 5. Verloop van schakelspanning en -stroom.

Voor de geselecteerde witte LED wordt in de datasheet 30 mA gespecificeerd. Als we 30 mA kiezen voor de stroom $I_{OUT(max)}$, $U_{OUT} = 4$ V voor de uitgangsspanning en de ingangsspanning $U_{IN} = 2,5$ V, dan is $\Delta I_L = 9,6$ mA. We vinden dan met de bovenstaande formule een zelfinductie L van 97,66 µH bij een schakelfrequentie f_s van 1 MHz.

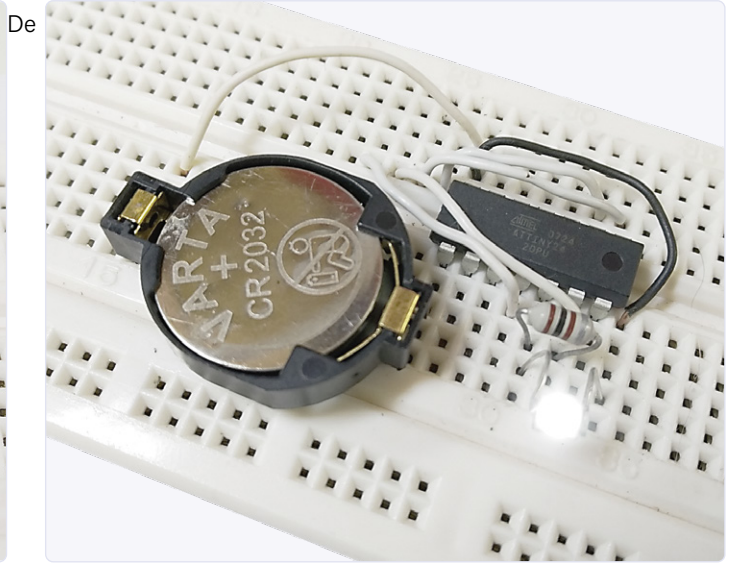
Spoelen van 100 µH zijn gemakkelijk te vinden. Ze zijn verkrijgbaar in verschillende uitvoe-



Figuur 6. Schema van de LED-boost-testopstelling.



Figuur 7. Testopstelling van de LED-booster.



Figuur 8. Witte LED met een 3V-knoopcel.

ringen. Voor een kleine witte LED met een typische maximale stroom van 30 mA is een SMD-type in 0805-vorm heel geschikt.

Testopstelling

Op een breadboard wordt een witte LED met een doorlaatspanning van 3,2 V en een doorlaatstroom van 30 mA in PLCC-4 behuizing met twee aangesoldeerde draden geplaatst.

We hadden toevallig een AVR-microcontroller ATtiny24 liggen, maar met een andere controller gaat het ook. Verder is een smoorspoel van 100 μ H nodig (figuur 6 en figuur 7). We sloten de microcontroller via RESET, MOSI, MISO, SCK en GND aan op de programmer. Het geheel wordt met 2...3 V gevoed vanuit een labvoeding.

Programmeren van de LED-booster

Als alles correct is aangesloten, kunt u beginnen met het programmeren van de ATtiny24. Er zijn verschillende manieren om met een microcontroller blokvolgen te genereren. Dat kan met PWM (pulsbreedtemodulatie), maar ook door 'met de hand' I/O-lijnen aan te sturen. Voor het gemak hebben we voor dat laatste gekozen. Omdat voor een boost-converter een schakelaar naar massa nodig is, moet de betreffende uitgang afwisselend als open-drain en pull-down worden ingesteld. Dat gebeurt rechtstreeks in een lus zonder vertraging. Bij een ATtiny op een klokfrequentie van 8 MHz geeft dat een uitgangsfrequentie van ongeveer 1 MHz.

standaardinstelling van de interne klok is 1 MHz. Om die te veranderen in 8 MHz, moeten we de *CKDIV8-fuse* uitschakelen, bijvoorbeeld met het programma avrdude:

```
avrdude -U lfuse:w:0xEA:m
```

Als we om onze booster-lus een tweede lus maken voor het omschakelen van de voedingspen (U_E), ontstaat er een klassiek knipperlicht met een witte 'gebooste' LED (figuur 8). 

190361-04

Broncode van de LED-booster

```
#define F_CPU 8000000UL           // 8 Mhz

#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

int main(void)
{
    unsigned long int i;

    while (1)
    {
        PORTA |= (1<<PA7);
        DDRA |= (1<<DDA7);           // LED ON
        for(i=0; i<400000; i++)      // Booster Loop
        {
            DDRB |= (1<<DDB2);       // Open Drain
            DDRB &= ~(1<<DDB2);      // Pull down
        }
        PORTA &= ~(1<<PA7);          // LED OFF
        _delay_ms(500);
    }
}
```