

Academiejaar: 2022 / 2023

Led driver project

Verslaggever: Lukas Verschraegen
Klas: 3ELO
Lector: Piet Coussens / Dirk Claus

Inhoudstafel:

1	Waarom kiezen we MAX20053?	4
2	Waarom een synchrone buck convertor gebruiken?.....	4
3	Reden waarom ik een synchrone buck converter gebruik.....	5
3.1	Conclusie.....	5
4	Voor – en nadelen.....	6
5	Led specificaties.....	6
6	Blokschema	7
7	Berekeningen van componenten	8
7.1	Rcs.....	8
7.2	Spoel	8
7.2.1	Stroomberekening	9
7.3	Input Capacitor	9
7.4	Cout.....	10
7.5	Compensation.....	11
7.6	FLT	11
7.7	REFI	12
7.8	PWM	12
7.9	EMI.....	12
7.10	Stroommeting.....	12
8	Verliezen	13
8.1	Spoel: Artikelnr. fabrikant:7447789004.....	13
8.2	SMD Current Sense Resistor	13
8.3	Led driver met geïntegreerde mosfets vermogensverlies	13
8.4	Led verlies	13
8.5	Totaal vermogensverlies	13
8.6	Rendement blauwe led.....	14
8.7	Rendement rode led	14
8.8	Controle	14
9	Koelplaat berekeningen	15
9.1	Koelvin niet meegerekend ROOD per led	16
9.2	Koelvin niet meegerekend BLAUW per led.....	16
10	Berekeningen opnieuw gemaakt met een koelvin	16
10.1	Met koelvin rood	17
10.2	Met koelvin blauw	17
10.3	Controle met calculator	17
10.3.1	Rode led	17
10.3.2	Blauwe led	18
11	Led matrix	18
11.1	Conclusie.....	18
11.1.1	Rode led	18
11.1.2	Blauwe led	18
12	ESP8266.....	19
13	PCB design.....	23
13.1	Via's.....	23
13.2	Kelvin connection's	24
13.3	Exposed section voor de koelvin op te monteren	24

13.4	Dikte van de PCB	25
13.5	Legende van de gemaakte lagen	26
13.6	Foto's van de pcb na productie.....	29
13.7	Foto's van de pcb na bestukking.....	29
13.7.1	Het reflow process	30
13.8	Resultaat	31
14	Metingen.....	32
14.1	De wet van ohm om de stroommeetweerstand te berekenen	32
14.1.1	Stroommeting van de rode led	32
14.1.2	Stroommeting blauwe led	32
14.2	Vaststelling pwm pulsen	33
15	Warmtemetingen	34
15.1	Fenomeen van IR straling	34
16	BOM.....	36
17	3D ontwerp	37
18	Laser cutter	38
18.1	Design uploaden	38
18.2	Eind resultaat	39
19	Code.....	40
20	Besluit	41
20.1	Algemene test volgorde	41
20.2	Algemene besluiten	41
20.3	Werkpunten	41

Er zijn ook twee linken die alles in het project omschrijven:

- Er is een link naar een Github pagina, waar elke file ter beschikking is.
 - <https://github.com/LukasVerschraegen/LED-driver-MAX20035>
- Er is een link naar een Youtube pagina waar alle testen te zien zijn.
 - https://www.youtube.com/watch?v=1G2xKRNUYQ0&list=PL1lBQKZjCus0v_I9x_oXpihpboHuMBEch


1 Waarom kiezen we MAX20053?

We kiezen voor de MAX20053 als buck led drivers en laten deze werken op 12 volt wegens hun bekendheid in de auto-industrie. (voltage autobatterij).

<https://be.farnell.com/maxim-integrated-products/max20053aud-v/led-driver-aec-q100-sync-buck/dp/2910323?st=synchronous%20buck%20step%20down>

2 Waarom een synchrone buck convertor gebruiken?

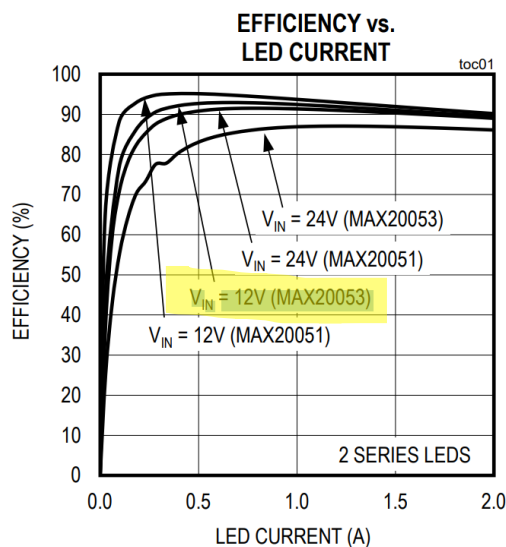
Doorgaans heeft een switch mode power-supply een efficiëntie van 75-85%, dit in tegenstelling tot een synchrone buck convertor die een efficiëntie van 90-95% heeft.

Topology	Schematic	Power (Watts)	Typical Efficiency	Relative Cost	Magnetics Required	DC Transfer Function (V_{out}/V_{in})	Maximum Practical Duty Cycle	Universal Input (90-264) V _{AC}	Multiple Outputs	$V_{out} < V_{in}$ Range	$V_{out} > V_{in}$ Range
Buck		500	85	1	Single Inductor	D	0.9	No	No	Yes	No

Dit kwam uit deze bron, de website is niet meer actief van “We-online”:

https://www.weonline.com/web/en/index.php/show/media/07_electronic_components/news_1/blog/midcom_blog_photos/SMPSCChart.pdf

Bij de MAX20053 is de efficiëntie duidelijk voorbij de 90%.



Bron: <https://www.farnell.com/datasheets/3317033.pdf>

3 Reden waarom ik een synchrone buck converter gebruik

Bij een asynchrone buck converter is er bij de schottky diodes een redelijk groot vermogensverlies.

Als de stroom door de diode stroomt, zitten we met een voltage drop. Hieruit kunnen we concluderen dat het over een vermogensverlies gaat. Aangezien mosfets schakelen, komen we dit amper tegen.

Het enige nadeel aan de mosfets is dat ze niet tegelijk geschakeld mogen worden, anders heb je een kortgesloten circuit naar de GND.

Voorbeeld uit volgende bron:

<https://www.digikey.com/Site/Global/Layouts/DownloadPdf.ashx?pdfUrl=F3F58EFCE5E5498A815A2EF97F4645AA>

Here are examples considering these factors:

For these examples, the following parameters will be used:

$V_{IN} = 24V$

$V_{OUT} = 5V$

$I_{OUT} = 3A$

Asynchronous regulator = SC4525A with B340LB Schottky diode

Synchronous regulator = SC414

Factor 1 – Duty cycle:

The duty cycle will be the same for both the asynchronous and the synchronous regulators.

$Duty\ cycle = V_{OUT} / V_{IN} = 5V / 24V = \sim 21\%$

21% of the time the converter is in switching mode while the other 79% is spent in freewheel mode using

the bottom side switch. The power loss for the asynchronous regulator at 3A during freewheel mode is:

$V_{Diode_Drop} \times (1 - Duty\ cycle) \times I_{OUT} = P_{Loss} = 0.4V \times 3A \times 79\% = 0.95\ Watts$

The power loss for the synchronous regulator at 3A during freewheel mode is:

$V_{MOSFET_Drop} \times (1 - Duty\ cycle) \times I_{OUT} = P_{Loss} = 0.1V \times 3A \times 79\% = 0.24\ Watts$

3.1 Conclusie

A.d.h.v. dit voorbeeld zien we duidelijk dat een mosfet beter is. In dit voorbeeld is er 0,24W gebruikt i.p.v. met een diode van 0,95W. Een synchrone buck driver, zorgt er ook voor dat de PCB veel koeler blijft dan een asynchrone buck driver.

4 Voor – en nadelen

Asynchroon Voordelen: <ul style="list-style-type: none">• Het is goedkoop.• Beter als je hogere uitgangsspanning gebruikt. Nadelen: <ul style="list-style-type: none">• Er is altijd een voltage drop dat vrij groot is door diodes.• Het is minder efficiënt (rond de 85%).	Synchroon Voordelen: <ul style="list-style-type: none">• Mosfet heeft een lage voltage drop omdat het een schakel element is en geen doorlatingselement zoals de diode bij de asynchrone buck convertor.• Het is een heel efficiënt component (rond de 95%). Nadelen: <ul style="list-style-type: none">• Er moet een extra controle circuit zijn zodat de mosfets niet op hetzelfde moment laag zijn (anders is er een kortsluiting)• Het is een redelijk duur component t.o.v. de asynchrone buck convertor.
--	--

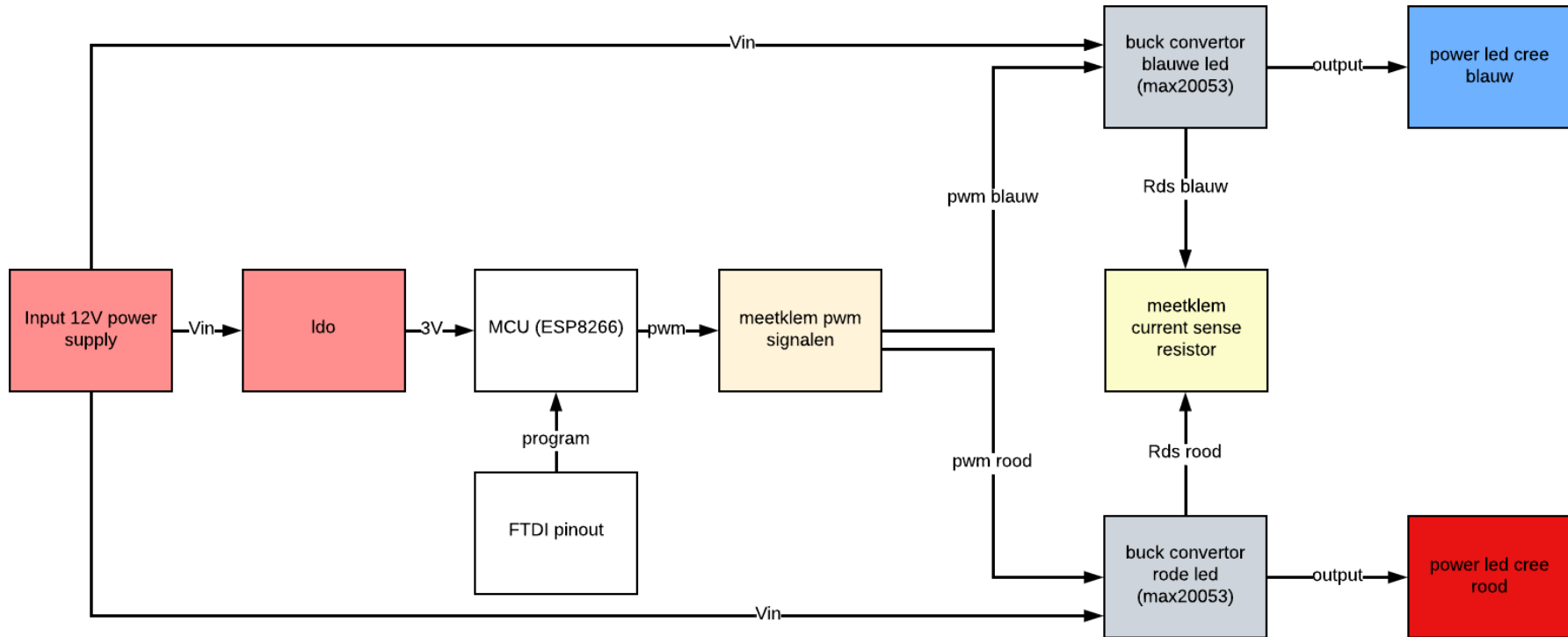
5 Led specificaties

We gebruiken de CREE LED XPEBBL-L1-0000-00301 wat een blauwe LED is en de rode led van hetzelfde type wat de CREE LED XPEBRD-L1-0000-00501 is.

Omdat ik het principe van een politielicht wilde maken, gebruikte ik leds met vaste kleuren en geen RGB's.

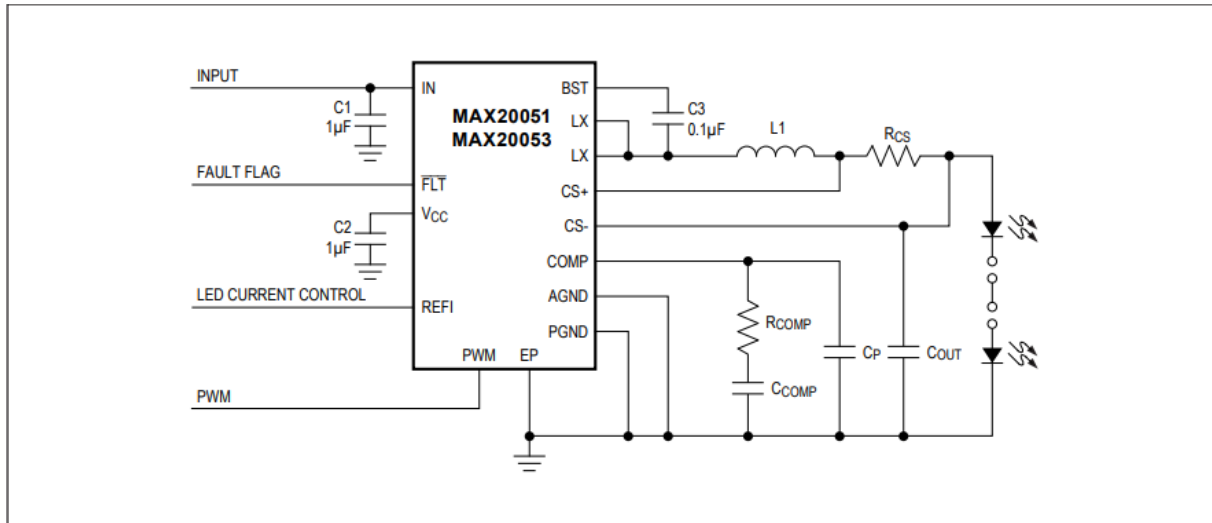
Specificaties blauwe led <ul style="list-style-type: none">• Wavelength Typ: 485nm• Viewing Angle: 135°• Luminous Flux @ Test: 45.7lm• Forward Current If Max: 1A• Forward Current @ Test: 350mA• Forward Voltage @ Test: 3.1V• Power Dissipation Pd: 3W	Specificaties rode led <ul style="list-style-type: none">• Wavelength Typ: 630nm• Viewing Angle: 130°• Luminous Flux @ Test: 56.8lm• Forward Current If Max: 1A• Forward Current @ Test: 350mA• Forward Voltage @ Test: 2.2V• Power Dissipation Pd: 3W
---	---

6 Blokschema



7 Berekeningen van componenten

Startende t.o.v. figuur 3 in de pdf.



7.1 R_{cs}

When REF1 is set to a voltage $>1,3V$, the internal reference regulates the voltage across R_{CS} to 220mV. The current is given by:

$$I_{led} = \frac{0.220V}{R_{cs}} \rightarrow \text{wat wilt zeggen dat } R_{cs} = \frac{0.220V}{I_{led}} \rightarrow R_{cs} = \frac{0.220V}{1A} = 0,220\Omega$$

De stroom door deze weerstand ga ik meten met een oscilloscoop.

7.2 Spoel

Selecting a higher switching frequency reduces the inductance requirements, but at the cost of efficiency

The MAX20051/MAX20053 has an external compensation pin for loop stability and this gives more flexibility for output inductor values.

Dit wilt zeggen dat er gekozen mag worden welke inductie gebruikt wordt. Maar om de best passende inductie toe te passen op het systeem neem ik een kijkje bij de MAX20052.

De reden hiervoor is omdat f_{sw} hetzelfde is bij de 20052 als de 20053.

In onze situatie nemen we een spoel van $4.7\mu H$ zodat we niet op het minimum van $3.3\mu H$ zitten.

L AND C COMPONENT VALUES (MAX20050, $f_{sw} = 400kHz$)				
Output Capacitor Range (C7)		$V_{IN} = 12V$ (typ), Figure 4	0.22	4.7
		$V_{IN} = 24V$ (typ), Figure 5	0.47	4.7
		$V_{IN} = 55V$ (typ), Figure 6	0.1	2.2
Inductor Range (L1)		$V_{IN} = 12V$ (typ), Figure 4	22	33
		$V_{IN} = 24V$ (typ), Figure 5	33	82
		$V_{IN} = 55V$ (typ), Figure 6	47	150
L AND C COMPONENT VALUES (MAX20052, $f_{sw} = 2.1MHz$)				
Output Capacitor Range (C7)		$V_{IN} = 12V$ (typ), Figure 4	0.1	4.7
Inductor Range (L1)		$V_{IN} = 12V$ (typ), Figure 4	3.3	10

7.2.1 Stroomberekening

4. Piekstroom door de spoel

De piekstroom door de spoel is gegeven door:

$$i_{L_{\text{peak}}} = I_u + \frac{\Delta i_{L_{\text{max}}}}{2}$$

Met een grote Δi_L is het bepalen van $i_{L_{\text{peak}}}$ belangrijk omdat de spoel o.a. niet mag verzadigen voor deze piekstroom.

High-Side Current Sense (CS+, CS-)

A resistor is connected between the inductor and the anode of the LED string to program the maximum LED current. The full-scale signal is 200mV. The CS+ pin should be connected to the positive terminal of the current-sense resistor (inductor side) and the CS- pin should be connected to the negative terminal of the current-sense resistor (LED string anode side).

Vcsmax-Vcsmin is the full-scale signal.

$$\Delta IL = \frac{V_{csmax} - V_{csmin}}{R_{cs}} = \frac{200mV}{0,220\Omega} = 0,909$$

$$I_{L_{\text{rms}}} = \sqrt{I_L^2 + \frac{1}{12} + \Delta IL^2} = \sqrt{1^2 + \frac{1}{12} + 0,909^2} = 1,381A$$

$$I_{L(\text{pk})} = I_L + 0,5\Delta IL = 1,381A + 0,5 * 0,909 = 1,8355$$

30% marge voor geval van afwijking bij het component/groter piekstroom/...

$$I_L = 1,8355A * 1,3 = 2,38615A$$

<https://e2e.ti.com/support/power-management-group/power-management/f/power-management-forum/633330/tps65235-inductance-calculation>

<https://www.caspoc.com/education/pollefliet/hoofdstuk13.pdf>

7.3 Input Capacitor

The discontinuous input-current waveform of the buck converter causes large ripple currents in the input capacitor. The switching frequency, peak inductor current, and the allowable peak-to-peak voltage ripple reflected back to the source dictate the capacitance requirement. The input ripple is comprised of ΔV_Q (caused by the capacitor discharge) and ΔV_{ESR} (caused by the ESR of the capacitor). Use low-ESR ceramic capacitors with high ripple-current capability at the input. A 1 μ F ceramic capacitor is recommended for most applications.

De input condensator is 1 μ F.

7.4 Cout

The function of the output capacitor is to reduce the output ripple to acceptable levels.

The output capacitance COUT is calculated using the following equation:

$$C_{OUT} = \frac{((V_{IN_MIN} - V_{LED}) \times V_{LED})}{(\Delta V_R \times 2 \times L \times V_{IN_MAX} \times f_{SW}^2)}$$

where ΔV_R is the maximum allowable voltage ripple

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Switching Frequency	f_{SW}	MAX20050/MAX20051, frequency dither disabled	360	400	440	kHz
		MAX20052/MAX20053, frequency dither disabled	1890	2100	2310	

We kiezen voor maximum rimpel van 25mV op de output.

Vin_min = 11 volt (1 volt marge t.o.v. 12V)

Vin_max = 13 volt (1 volt marge t.o.v. 12V)

Blauwe led:

2 x led → Vled = 3,1V x 2 = 6.2V

$$C_{OUT} = \frac{((11V - 6.2V) \times 6.2V)}{(25mV \times 2 \times 4.7\mu H \times 13V \times 2100kHz^2)} = 2,2\mu F$$

Rode led:

2 x led → Vled = 2,2V x 2 = 4,4V

$$C_{OUT} = \frac{((11 - 4.4V) \times 4.4V)}{(25mV \times 2 \times 4.7\mu H \times 13V \times 2100kHz^2)} = 2,155\mu F$$

7.5 Compensation

Als compensatie netwerk gebruiken we de waarden die ze gebruiken in de Evaluation kit van deze schakeling. Daar heeft de fabrikant al de best passende waarden gekozen voor ons a.d.h.v. testen die zij uitgevoerd hebben. Dit doen we omdat er in de gewone datasheet staat dat het compensatie netwerk moet geoptimaliseerd worden. (zie screenshot: datasheet blz.18)

Dit netwerk dient voor de loop stabilisation.

Compensation

The MAX20050/MAX20052 have internal loop compensation and there is no user-available adjustability of the loop compensation components. In the case of the MAX20051/MAX20053, an external COMP pin is present and an external compensation network is required for stable operation. See Figure 3 for the typical application circuit using the MAX20051.

The compensator should be designed as follows. The high-side current sense amplifier introduces a high-frequency pole to around 420kHz. This is close to the switching frequency. The current loop gain is:

$$T_i(s) = \frac{F_m V_{IN}}{R} \times \frac{(1 + sRC_{OUT})}{\left(1 + s\frac{L}{R} + s^2 LC_{OUT}\right)} \times \frac{G_m(sC_{COMP}R_{COMP} + 1)5R_{CS}}{sC_{COMP}\left(1 + \frac{s}{\omega_c}\right)}$$

2.25fs and s_n is the dv/dt of the voltage from the output of the G_m amplifier.

In the MAX20051 the compensation zero formed by $R_{COMP}C_{COMP}$ should be set at 20kHz and for the MAX20053 at 100kHz. Initially, the value of the capacitor C_{COMP} can be calculated by the formula:

$$\frac{G_m}{C_{COMP}} = \frac{L f_s \omega_z}{\left(0.5 + \frac{1}{\pi}\right) F_m V_{IN} R_{CS} 5}$$

where ω_z is the zero at $R_{COMP}C_{COMP}$ and f_s is the switching frequency. Initially, F_m is assumed as 0.555 and the initial values of C_{COMP} is calculated and then R_{COMP} is calculated based on the zero location at 20kHz for the MAX20051 and 100kHz for the MAX20053. The values of R_{COMP} , C_{COMP} , and C_P may need to be optimized further when testing, so as to get the optimum loop response.

De waarden die gebruikt worden bij de Evaluation kit zijn: **Rcomp= 3,93kΩ en Ccomp=4,7nF** (zie screenshot evaluation kit)

MAX20051 Evaluation Kit

Evaluates: MAX20051/MAX20053

Acoustic Noise

High input voltage can cause acoustic noise in certain applications. The acoustic noise comes from the electrostrictive effect of ferroelectric ceramics. If this is a concern, consider using low acoustic-noise capacitors on the output, such as the Murata GJ8 series capacitors or Rubycon polymer multilayer (PML) capacitors.

Evaluating the MAX20053

switching frequency, L_2 should be decreased to 4.7μH, R_5 should be increased to 3.92kΩ, and C_8 should be increased to 4700pF. The MAX20053 is only suitable for applications where the maximum input voltage is less than 40V.

Evaluating the MAX20050 and MAX20052

The MAX20050 and MAX20052 offer internal error-amplifier compensation in a 12-pin TDFN-EP package.

7.6 FLT

FLT is een active low fault indicator

The FLT pin gaat low wanneer thermal shutdown actief is.

Deze pin hangen we dus aan een 10kΩ pull up resistor.

7.7 REFI

Applications Information

Programming the LED Current

Normal sensing of the LED current should be done on the high side where the LED current-sense resistor is connected to the inductor. The other side of the LED current-sense resistor goes to the anode of the external LED string. The LED current is programmed using R_{CS} (see Figure 3). When REFI is set to a voltage $>1.3V$, the internal reference regulates the voltage across R_{CS} to 220mV. The current is given by:

$$I_{LED} = \frac{0.220}{R_{CS}}$$

We zorgen er dus voor dat er een spanning groter dan 1,3V op de REFI pin komt.

Hiervoor kunnen we de 3,3V van de LDO gebruiken.

7.8 PWM

PWM Threshold	PWM _Y THR	Rising	2	V
	PWM _Y THE	Falling	800	mV

Hieruit kunnen we afleiden dat we met een ESP8266 de ic met pwm kunnen regelen.

De maximum threshold is 2V, dit halen we zeker aangezien de output van de ESP8266 3,3V oplevert.

We kunnen de output ook uitzetten, dan gaat die naar 0V en is deze waarde dus onder de threshold van 800mV.

Dit is een perfecte sturing voor deze schakeling.

7.9 EMI

EMI-filters zorgen voor reductie van verstoringen.

We plaatsen zo een filter tussen de cs+ en cs- pin en de R_{CS} weerstand. Deze filters dienen om elektromagnetische verstoringen te beperken.

7.10 Stroommeting

We zorgen ervoor dat we kunnen meten vóór de weerstand en na de weerstand. Deze meting voeren we uit met de oscilloscoop. Zo kunnen we de spanningsval van de weerstand ook duidelijk in beeld brengen.

8 Verliezen

8.1 Spoel: Artikelnr. fabrikant:7447789004

Inductantie	tolerantie	Isat	Irms	DC-weerstand
4.7μH	+20%	3,9A	2,9A	0,035ohm

$$P_{loss} = I_{led}^2 * R_{dc} = 1A^2 * 0,035\Omega = 0,035W$$

8.2 SMD Current Sense Resistor

resistantie	tolerantie	vermogen	Diëlektricum	package
0,220ohm	+1%	1W	X7R	1206

$$P_{loss} = I_{led}^2 * R_{dc} = 1A^2 * 0,220\Omega = 0,220W$$

8.3 Led driver met geïntegreerde mosfets vermogensverlies

Het grootste verlies komt van de mosfets in de led driver dus kijken we naar R_{DSon} .

High-Side DMOS R_{DSon}	$R_{ON,HS}$	$I_{LX} = 200mA, V_{CS+} = 3V$	170	340	mΩ
Low-Side DMOS R_{DSon}	$R_{ON,LS}$	$V_{CC} = 5V, I_{LX} = 200mA$	140	300	mΩ

$$P_{ic} = I_{led}^2 * R_{DSon}$$

$$P_{ic} = 1^2 * 0,340m\Omega$$

$$P_{ic} = 0,340W$$

8.4 Led verlies

$$P_{rled} = I_f = 1A \Rightarrow 2.2V$$

$$P_{rled} = 2,2V + 2,2V = 4,4V$$

$$P_{rled} = 4,4V * 1A = 4,4W$$

$$P_{bled} = I_f = 1A \Rightarrow 3.1V$$

$$P_{bled} = 3.1V + 3.1V = 6,2V$$

$$P_{bled} = 6,2V * 1A = 6,2W$$

8.5 Totaal vermogensverlies

$$P_{loss} = P_{spoel} + P_{shunt} + P_{ic} = 0,035W + 0,220W + 0,340W$$

$$P_{loss} = 0,595W$$

8.6 Rendement blauwe led

$$P_{\text{totaal}} = p_{\text{led}} + p_{\text{loss}} = 6,2W + 0,595W$$

$$P_{\text{totaal}} = 6,795W$$

$$N = \frac{p_{\text{led}}}{p_{\text{loss}}} = \frac{6,2W}{6,795W} = 0,91 \rightarrow 91\%$$

8.7 Rendement rode led

$$P_{\text{totaal}} = p_{\text{led}} + p_{\text{loss}} = 4,4W + 0,595W$$

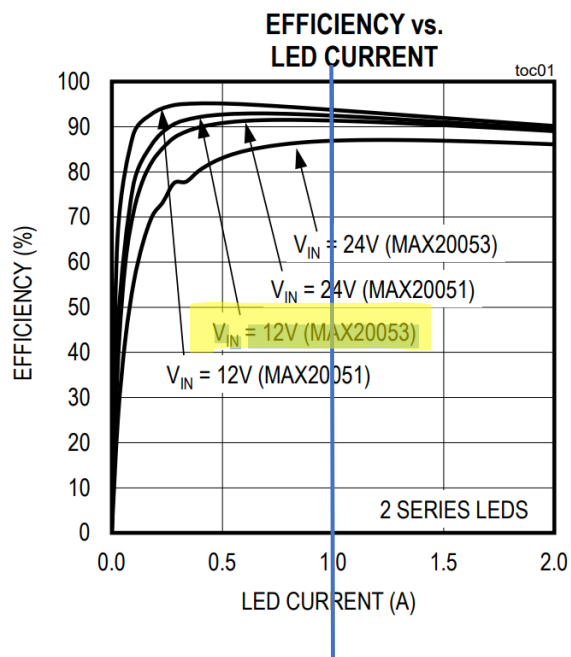
$$P_{\text{totaal}} = 4,995W$$

$$N = \frac{p_{\text{led}}}{p_{\text{loss}}} = \frac{4,4W}{4,995W} = 0,88 \rightarrow 88\%$$

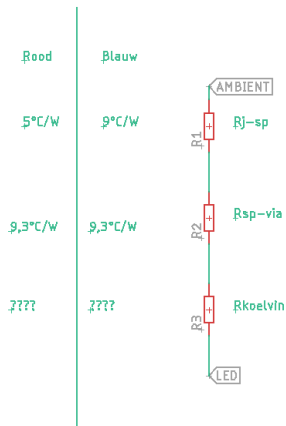
8.8 Controle

$V_{\text{in}} = 12V$ 2 leds in serie. $I = 1A$

Als we dit aflezen komen we aan een efficiëntie van 92% bij een ideaal ontwerp.



9 Koelplaat berekeningen



De thermische weerstand van de PCB vond ik niet terug dus staat deze er niet bij en ga ik direct van de via naar de koelplaat. (te verwaarlozen)

Het tussenmateriaal voor de koelplaat aan de pcb te hangen zijn al meegerekend bij de koelplaat aangezien deze standaard met adhesive komt.

Thermische weerstand van de leds:

CHARACTERISTICS

Characteristics	Unit	Minimum	Typical	Maximum
Thermal resistance, junction to solder point - white, royal blue, blue	°C/W		9	
Thermal resistance, junction to solder point - green	°C/W		15	
Thermal resistance, junction to solder point - PC amber	°C/W		9	
Thermal resistance, junction to solder point - amber	°C/W		7	
Thermal resistance, junction to solder point - red-orange, red	°C/W		5	

Via count=10 omdat er 10 via's het meeste nut hebben voor koeling.

Per via zien we dus een thermische weerstand van 9,3°C/W

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/understanding-thermal-resistance/all>

9.1 Koelvin niet meegerekend ROOD per led

$$R_{j-sp} + R_{sp-via} = 5 + 9,3 = 14,3^{\circ}\text{C/W}$$

2,2W per led met zeker 10 via's er rond.

$$2,2\text{W} \cdot 14,3 = 31,46^{\circ}\text{C}$$

Vergeet de ambient temp niet : dus $T_j = 31,46^{\circ}\text{C} + 25^{\circ}\text{C} = 56,46^{\circ}\text{C}$

9.2 Koelvin niet meegerekend BLAUW per led

$$R_{j-sp} + R_{sp-via} = 9 + 9,3 = 18,3^{\circ}\text{C/W}$$

3,1W per led met zeker 10 via's er rond.

$$3,1\text{W} \cdot 18,3 = 56,73^{\circ}\text{C}$$

Vergeet de ambient temp niet : dus $T_j = 56,73^{\circ}\text{C} + 25^{\circ}\text{C} = 81,73^{\circ}\text{C}$

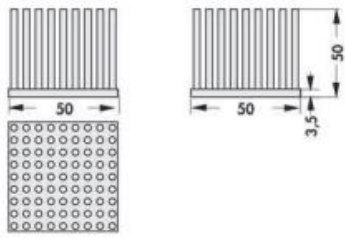
10 Berekeningen opnieuw gemaakt met een koelvin

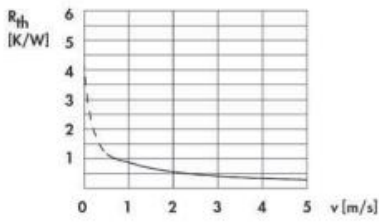
https://www.tme.eu/be/en/details/icks50x50x50/heatsinks-for-led/fischer-elektronik/?utm_source=octopart.com&utm_medium=cpc&utm_campaign=compare-2022-12

We zien dat deze koelvin niet specifiek airflow nodig heeft en een thermische weerstand van $4,05^{\circ}\text{C/W}$ heeft.


art. no.

ICK S 50 x 50 x 50
WLF ... 50 x 50
weight: 95.51 g










ICKS50X50X50 FISCHER ELEKTRONIK





Heatsink; LED; L: 50mm; W: 50mm; H: 50mm; **4.05K/W**



Manufacturer symbol: ICKS50X50X50 

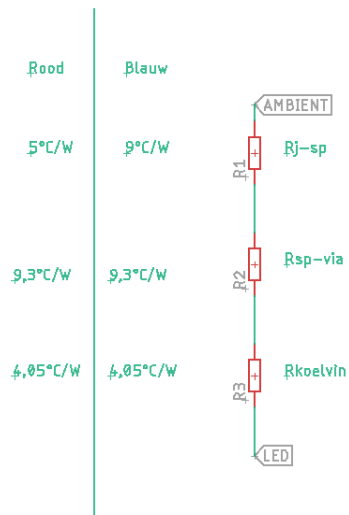
TME Symbol: ICKS50X50X50 

 [Documentation EN](#)  [Catalogue des](#)

The documentation is not updated automatically, but we effort to provide the latest versions of the documents.



10.1 Met koelvin rood

2,2W per led met zeker 10 via's er rond.

$$T_j = 2,2W(5+9,3+4,05)+25^{\circ}\text{C}$$

$$T_j = 65,37^{\circ}\text{C}$$

10.2 Met koelvin blauw

3,1W per led met zeker 10 via's er rond.

$$T_j = 3,1W(9+9,3+4,05)+25^{\circ}\text{C}$$

$$T_j = 94,285^{\circ}\text{C}$$

10.3 Controle met calculator

<https://www.daycounter.com/Calculators/Heat-Sink-Temperature-Calculator.phtml>

10.3.1 Rode led

Maximum Ambient Temperature	<input type="text" value="25"/> (°C)
Maximum Junction Temperature	<input type="text" value="150"/> (°C)
Thermal Resistance - Junction to Case	<input type="text" value="9"/> (°C/Watt)
Thermal Resistance 1	<input type="text" value="9.3"/> (°C/Watt)
Thermal Resistance 2 (Optional)	<input type="text" value="4.05"/> (°C/Watt)

Results

<div>Junction Temperature</div> <div>94.285 (°C)</div> <div>Compute -></div>	<div>Power</div> <div>3.1 (Watt)</div> <div><- Compute</div>
---	---

10.3.2 Blauwe led

Maximum Ambient Temperature	<input type="text" value="25"/> (°C)
Maximum Junction Temperature	<input type="text" value="150"/> (°C)
Thermal Resistance - Junction to Case	<input type="text" value="5"/> (°C/Watt)
Thermal Resistance 1	<input type="text" value="9.3"/> (°C/Watt)
Thermal Resistance 2 (Optional)	<input type="text" value="4.05"/> (°C/Watt)

Results

<div>Junction Temperature <input type="text" value="65.370"/> (°C) <input type="button" value="Compute ->"/></div>	<div>Power <input type="text" value="2.2"/> (Watt) <input type="button" value="<- Compute"/></div>
---	---

11 Led matrix

Blauw: 94,285°C	Rood: 65,370°C
Blauw: 94,285°C	Rood: 65,370°C

11.1 Conclusie

Wat we berekend hebben klopt dus ook met hetgeen wat de calculator ons weergeeft.

Vergeet niet dat een led ook licht geeft dus nemen we 75% van deze temperatuur als licht, zoals aangegeven in de cursus.

Een belangrijk punt bij je printontwerp is de temperatuurhuishouding. Aangezien een LED in de praktijk slechts een elektrisch rendement heeft tussen 25% en 40% moet dus 75% tot 60% van het elektrisch vermogen afgevoerd

11.1.1 Rode led

$T_j = 65,37^{\circ}\text{C} \cdot 0,75 \rightarrow \text{Temperatuur op de PCB} = 49,0275^{\circ}\text{C}$

11.1.2 Blauwe led

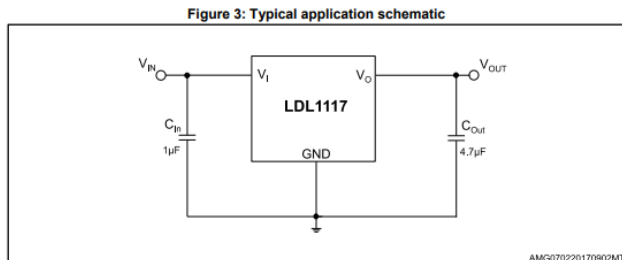
$T_j = 94,285^{\circ}\text{C} \cdot 0,75 \rightarrow \text{Temperatuur op de PCB} = 70,713^{\circ}\text{C}$

12 ESP8266

Enkele opmerkingen bij het ontwerpen van de ESP8266 schakeling.

Opmerking nr. 1: Plaats een condensator voor en na de LDO, deze zorgen voor een buffer netwerk. Een buffer netwerk dient om de rimpelstroom te verkleinen.

3 Typical application



Opmerking nr. 2: Plaats een 100nF over de knop. Ten eerste is dit interessant voor de debounce weg te werken, en ten 2^{de} is dit interessant voor de power on reset.

[https://www.techtarget.com/whatis/definition/power-on-reset-PoR#:~:text=A%20power%20on%20reset%20\(PoR,that%20it%20is%20powered%20up.](https://www.techtarget.com/whatis/definition/power-on-reset-PoR#:~:text=A%20power%20on%20reset%20(PoR,that%20it%20is%20powered%20up.)

Een power-on reset (PoR) is een schakeling die een voorspelbare, geregelde spanning levert aan de ESP8266 bij de eerste inschakeling van stroom. PoR zorgt ervoor dat de microcontroller elke keer dat hij wordt ingeschakeld in dezelfde toestand start.

Opmerking nr. 3: Er mogen geen signalen lopen onder de antenne van de ESP8266 dit is om rekening te houden met het ontwerpen van de pcb.

Opmerking nr. 4: Volgens deze website kan de ESP8266 stroompieken hebben van 450mA dus een LDO die een paar 1,2 ampère aankan is meer dan genoeg. (LDO: LDL1117).

<https://www.tweaking4all.nl/hardware/esp8266/beginnen-met-esp8266/#:~:text=Mer%20op%3A%20de%20stroomvoorziening%20van,een%20oude%20telefoon%20voor%20gebruiken.>

Belangrijke pinnen:

<https://www.youtube.com/watch?v=L4S9XeISvhl&t=115s>

VCC: Power 3.0 ~ 3.6V

GND: Ground

RESET: External reset signal (Low voltage level: Active)

CH_PD: Chip Enable. High: On, the chip works properly; Low: Off, a small current

GPIO0: (FLASH) I/O General purpose IO, If low while reset/power on takes chip into serial programming mode

GPIO1: (TX) I/O General purpose IO and Serial TXd

GPIO3: (RX) I/O General purpose IO and Serial RXd

GPIO2: I/O General purpose IO and Serial1 TXd

	1	2	3	4	5	6
A	<h1 style="text-align: center;">ESP8266</h1> <p>voltage regulator</p>			<p>power input</p> <p>fastpin's current sense</p>		
B	<p>programming network</p>			<p>FTDI FTDI connector pins</p>		
C	<p>flash/boot and reset button</p>			<p>ESP8266 12E controller</p>		
D				<div>Lukas Verschraegen 3ELO</div> <div>power led v4 26/01/2023 11:12 Sheet: 1/1</div>		

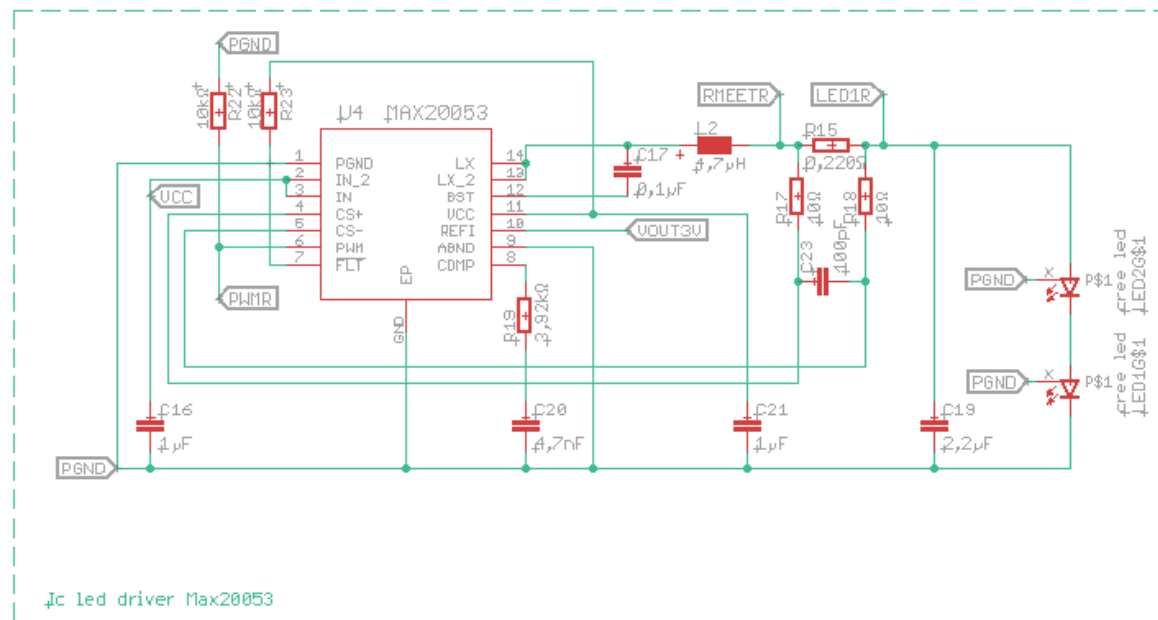
BUCK convertor blauwe led

The diagram illustrates a BUCK converter circuit for driving a blue LED. The central component is the MAX20053 IC, which is configured with various pins connected to a power supply (VCC), ground (PGND), and a PWM signal (PMB). The circuit includes several capacitors (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9) and resistors (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100). The output of the converter is connected to a blue LED (LED1B) through a current-limiting resistor (R1). The circuit is powered by a 5V supply (VCC) and a 0V ground (PGND). The PWM signal (PMB) is provided by a microcontroller (MCU) through a 10kΩ resistor (R1). The output voltage (VOUT3V) is measured across the LED and resistor. The circuit is labeled "BUCK convertor blauwe led" and "ic led driver Max20053".

Lukas Verschraegen 3ELO	power led v4 26/01/2023 11:12 Sheet: 1/1
----------------------------	--

power led v4
26/01/2023 11:12
Sheet: 1/1

BUCK convertor rode led



Ic led driver Max20053

Lukas Verschraegen
3ELO

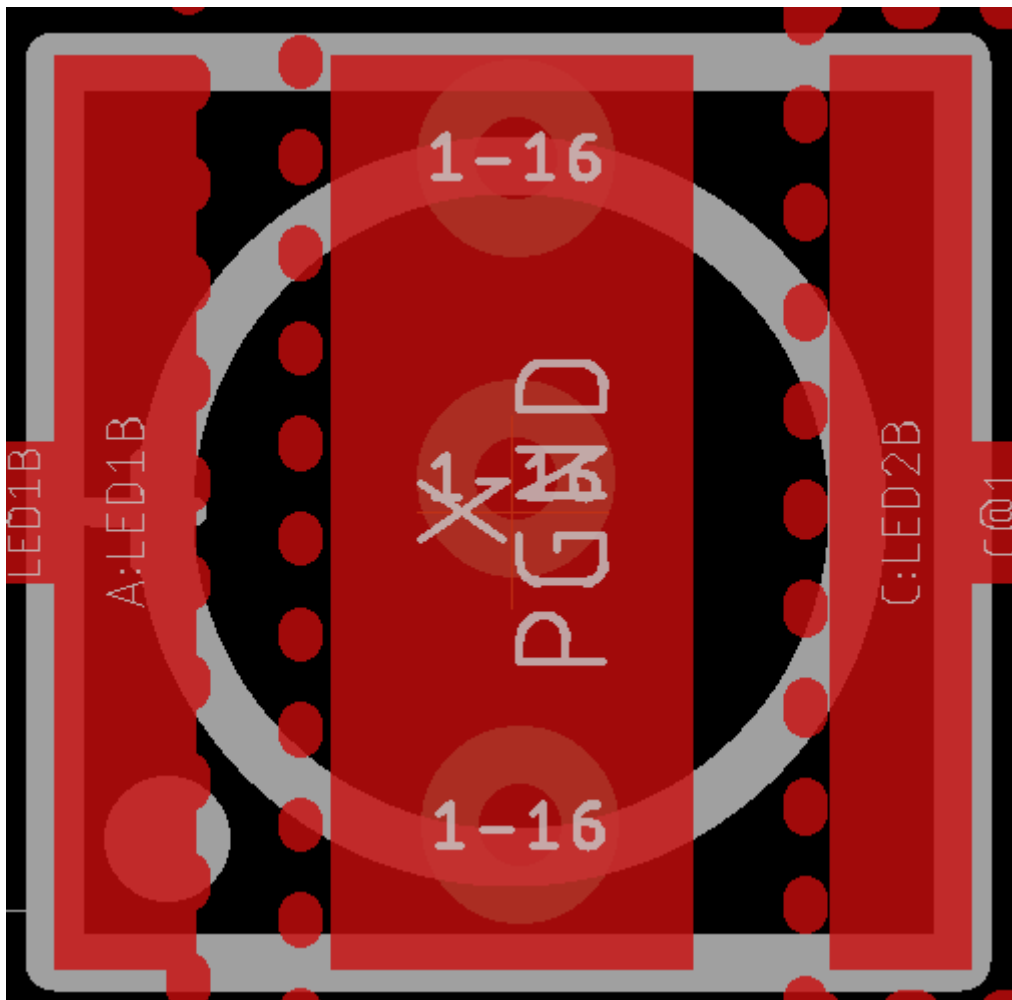
power led v4
26/01/2023 11:12
Sheet: 1/1

13 PCB design

13.1 Via's

Als we via's onder de pad plaatsen, dan krijg ik steeds errors. Dit is niet ideaal aangezien er ook een soldeersel onder de pad moet komen. Als we dit in de oven steken, dan drupt het soldeersel door de via's. Daarom kiezen we via's die de grote hebben van 0,3mm, door deze soort te gebruiken hebben we dit effect niet. We kunnen de error's dus approven.

De via's die het dichtste bij de led staan hebben het meeste effect om te koelen. Daarom hebben we bij de koelberekeningen gewerkt met 10 via's per led.

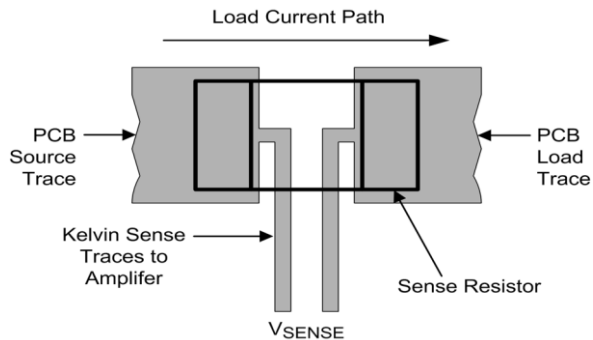


13.2 Kelvin connection's

Een kelvin connectie wordt gebruikt om een stroommeting te maken. Deze meting dient voor de feedback naar de led driver. Om de stroom zelf te meten gaan we een scope gebruiken.

Zoals te zien is, hebben we een hoog stroompad, hierop kunnen we dus niet meten.

Daarom trekken we 2 kleine draden van de weerstand naar de meetklemmen, dit vormt een laag stroompad en is dus wel meetbaar.



<https://alpelectronics.se/en/what-is-a-kelvin-connection-and-a-shunt-resistor/>

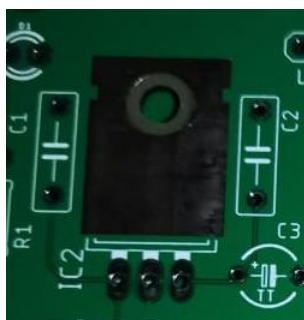
13.3 Exposed section voor de koelvin op te monteren

Als we de silkscreen weg etsen dan hebben we koper dat zichtbaar is en zo zal de temperatuur beter geleiden.

<https://electronics.stackexchange.com/questions/447331/how-to-remove-solder-mask-in-eagle>

Bijvoorbeeld:

uitgewerkt op eigen pcb:



13.4 Dikte van de PCB

https://cart.jlcpb.com/impedance?_ga=2.35895136.1315427483.1592868937-1547839306.1592059153

4-Layer Impedance Control Stackup

Thickness

0.8mm

1.0mm

1.2mm

1.6mm

2.0mm

a) JLC7628 Stackup:

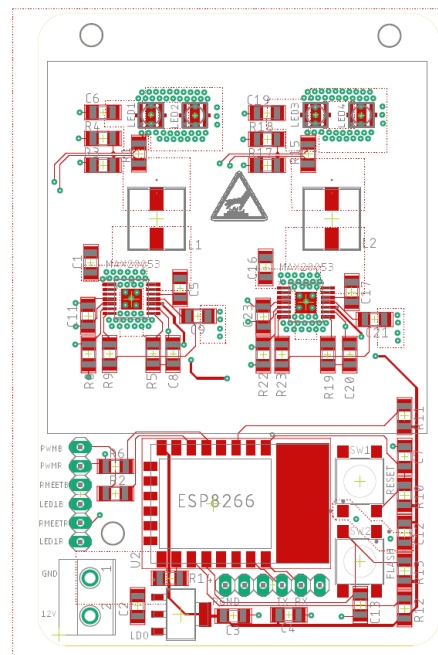
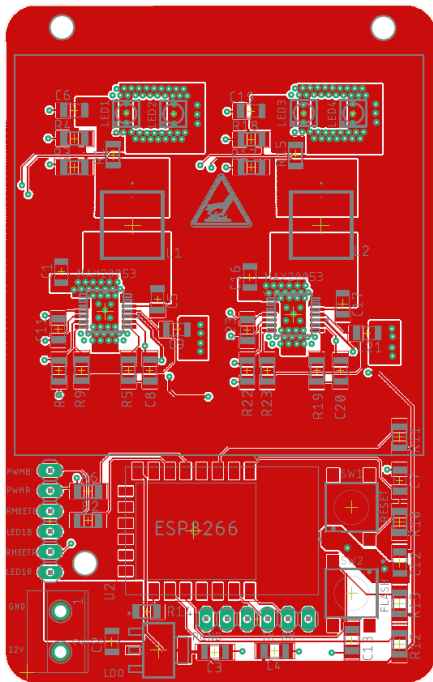
Layer	Material Type	Thickness	
Top Layer1	Copper	0.035 mm	
Prepreg	7628*1	0.2104 mm	
Inner Layer2	Copper	0.0152 mm	1.1mm (with copper core)
Core	Core	1.065 mm	
Inner Layer3	Copper	0.0152 mm	
Prepreg	7628*1	0.2104 mm	
Bottom Layer4	Copper	0.035 mm	

0.2mm (7.87 mil) is nominal thickness of 7628 prepreg. Use 7.1 mil as the thickness when the controlled impedance tracks are on top/bottom, use 8.1 mil when tracks are inside.

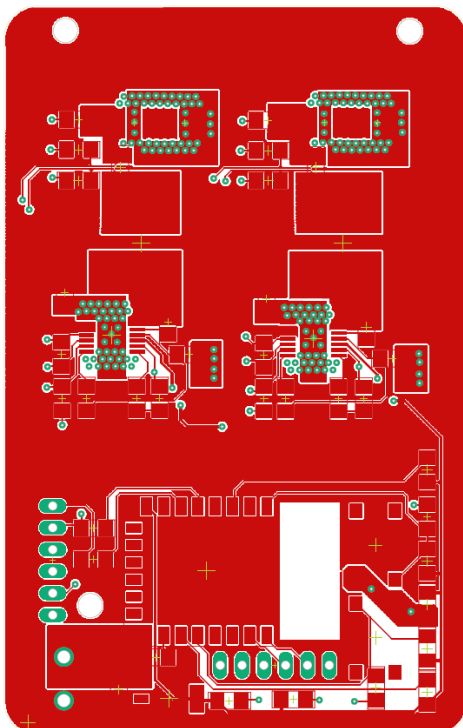
13.5 Legende van de gemaakte lagen

1	SIGNAL+POWER
2	AGND
15	SIGNAL
16	PGND

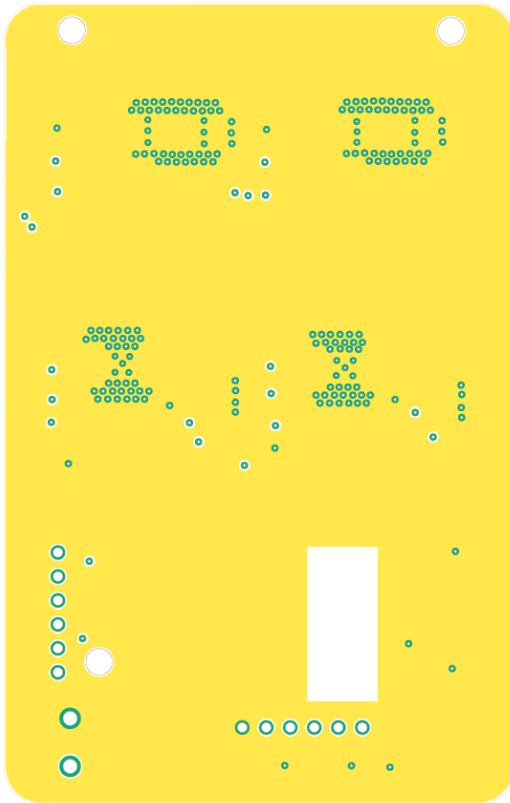
Dit is de toplaag met links silkscreen en polygon en rechts de toplaag met silkscreen zonder polygon.
(nr. 1 in de legende)



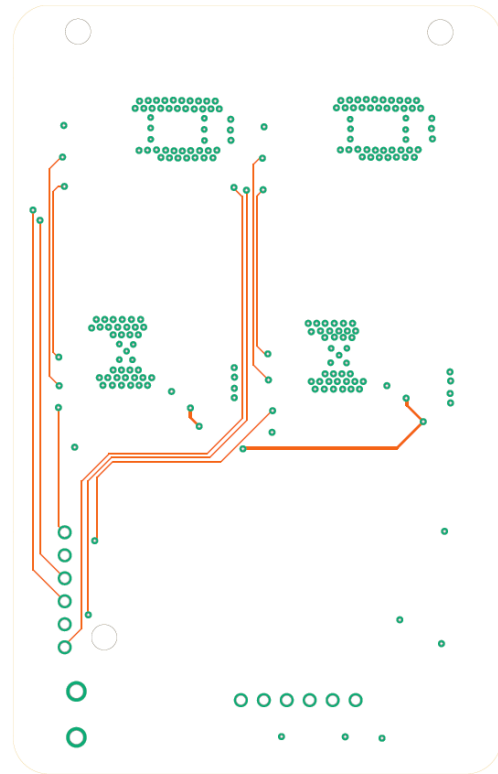
Dit is de top laag zonder silkscreen.



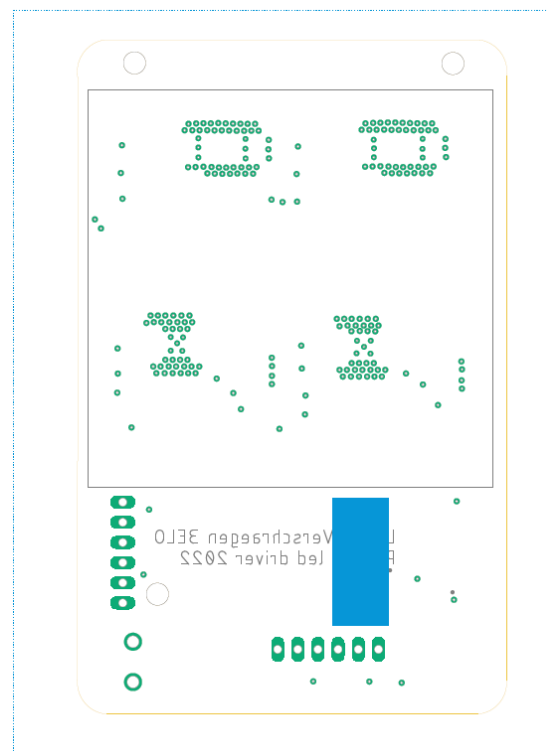
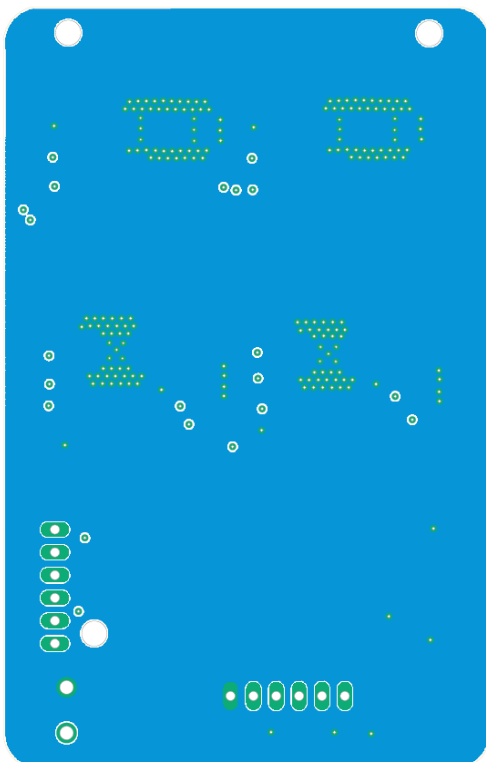
Dit is laag 2 op de print. (nr. 2 in de legende)



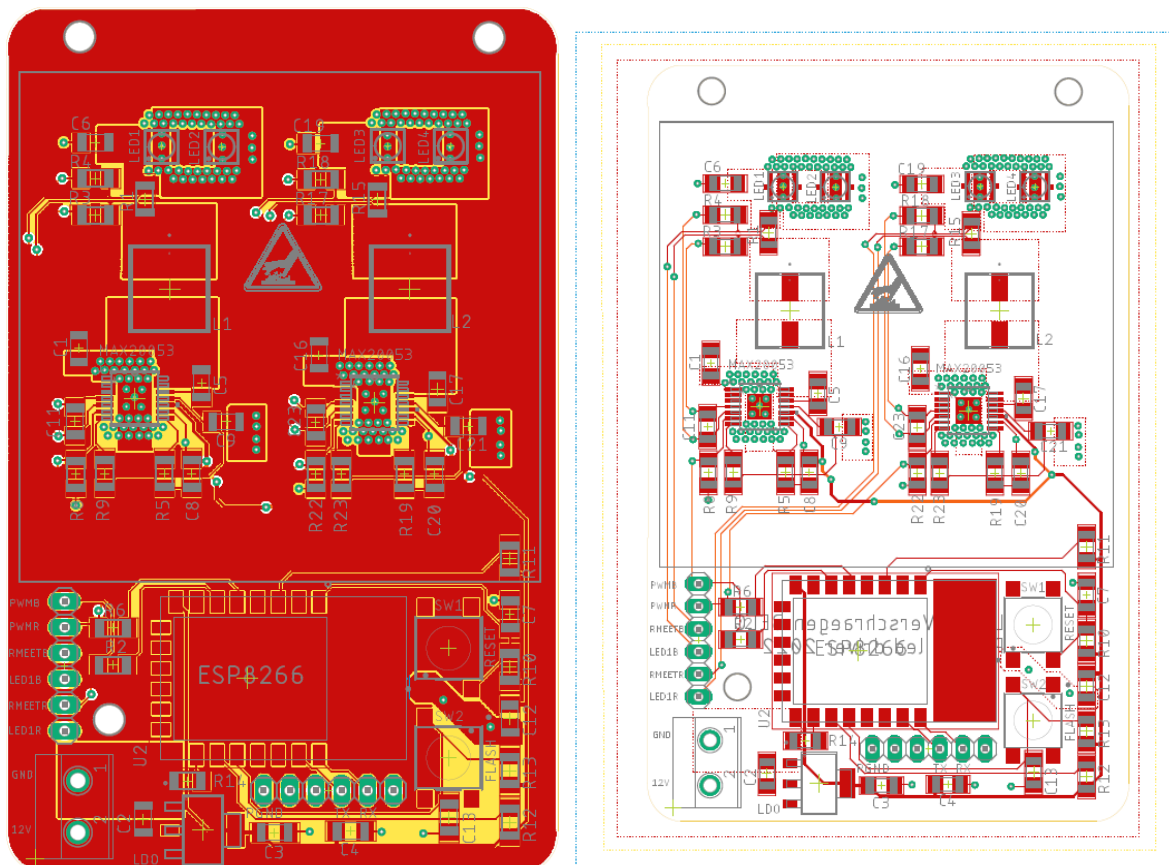
Dit is laag 3. (nr. 15 in de legende)



De bottom laag is links met zonder silkscreen te zien, en rechts met silkscreen. (nr. 16 in de legende)



Hieronder ziet u de totale print met alle lagen samen.

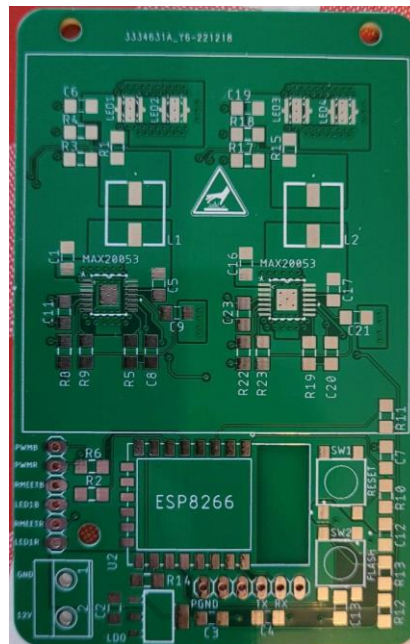


13.6 Foto's van de pcb na productie

Bottom side:

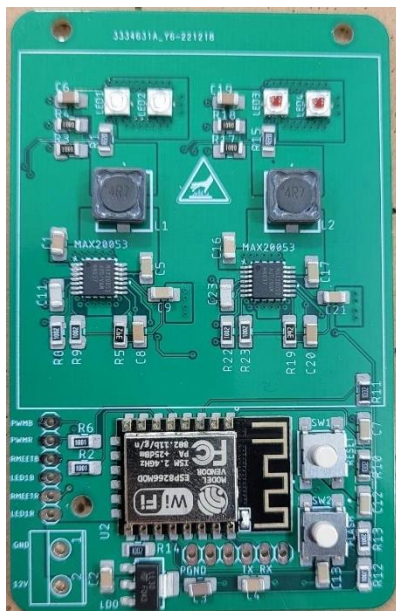


Top side:



13.7 Foto's van de pcb na bestukking.

Voor het reflow process:



na het reflow process:

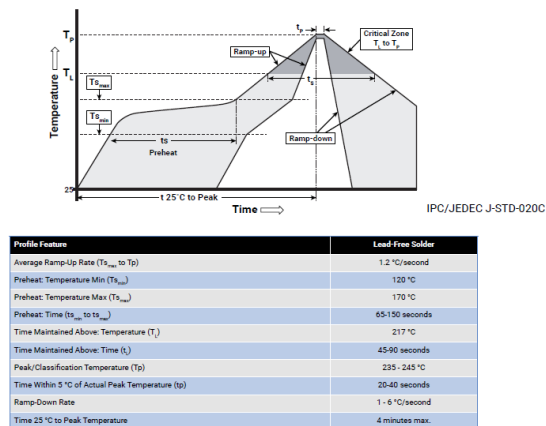


13.7.1 Het reflow process

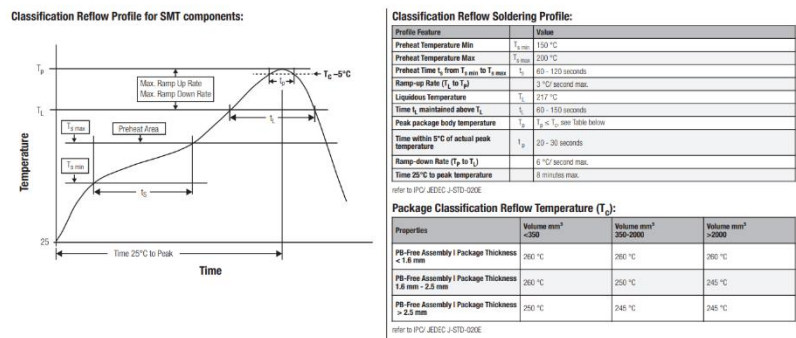
Voor het reflow process heb ik me gebaseerd op de meest gevoelige componenten. Wat de leds en de spoel zijn.

Daar vinden we enkele curves van terug in de datasheets:

Datasheet leds:

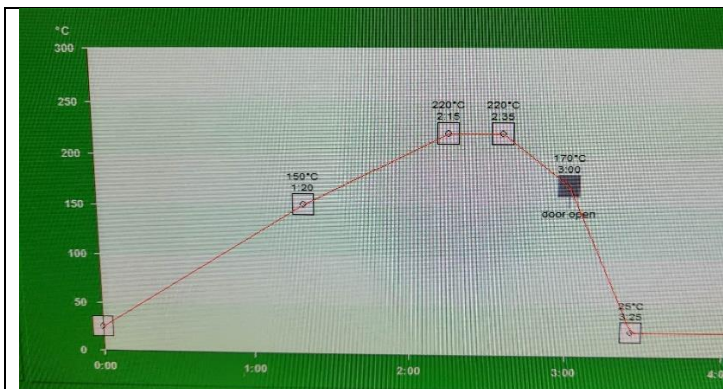


Datasheet spoel:



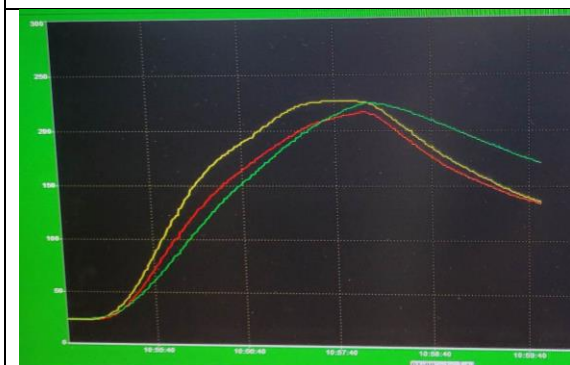
Hier zien we enkel de curves voor loodvrij solderen. In het labo hebben we soldeersel gebruikt dat loodhoudend was. D.w.z. dat de temperaturen over het algemeen 20 graden lager liggen dan bij loodvrij solderen.

De curve die we gemaakt hebben komt ongeveer overeen met de curve uit de datasheets. Voor de veiligheid laten we de lade opengaan bij een iets lagere temperatuur dan bij piektemperatuur.



We zien hier het verloop en gaan eerst langzaam naar 150°C en gaan dan iets sneller naar een maximale van 220°C en behouden we deze voor 20 seconden. Dit is het minimale van wat beide datasheets aanraden.

Eens de deur open is op een temperatuur van 170°C gaat het snel naar beneden om zo veilig mogelijk te werk te gaan.



We kunnen het live verloop volgen van de temperatuur door de ntc aan het grootste oppervlakte van een pcb te hangen.

Hier zien we het reflow proces als de pcb in de oven zit. We zien ook duidelijk de ntc op de rechtse print hangen aangezien die de grootste oppervlakte had om de temperatuursensor aan te hangen.



13.8 Resultaat



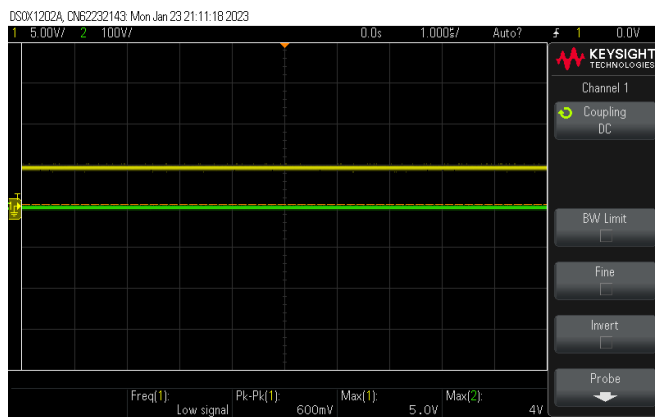
14 Metingen

14.1 De wet van ohm om de stroommeetweerstand te berekenen

14.1.1 Stroommeting van de rode led

$$I = \frac{U}{R_{sense}} \rightarrow \frac{\max(1) - \max(2)}{0,220} = \frac{1}{0,220} = 4,5A$$

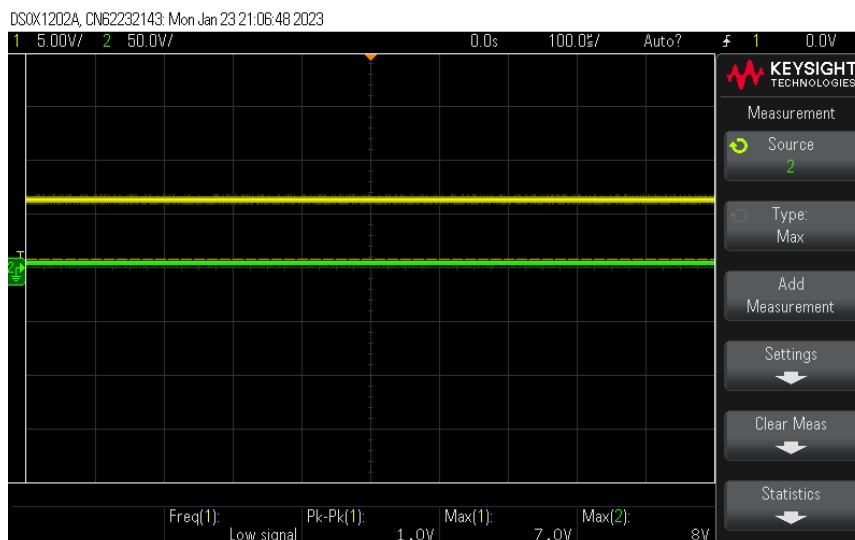
Conclusie → Ik kan concluderen dat de stroommeting niet oké is, ik heb waarschijnlijk niet genoeg ingezoomd op de tijdsbasis om de getallen na de komma te zien. Dit kan er voor zorgen dat de waarde van de stroom wel correct waren.



14.1.2 Stroommeting blauwe led

$$I = \frac{U}{R_{sense}} \rightarrow \frac{\max(1) - \max(2)}{0,220} = \frac{1}{0,220} = 4,5A$$

Conclusie → Ik kan concluderen dat de stroommeting niet oké is, ik heb waarschijnlijk niet genoeg ingezoomd op de tijdsbasis om de getallen na de komma te zien. Dit kan er voor zorgen dat de waarde van de stroom wel correct waren.

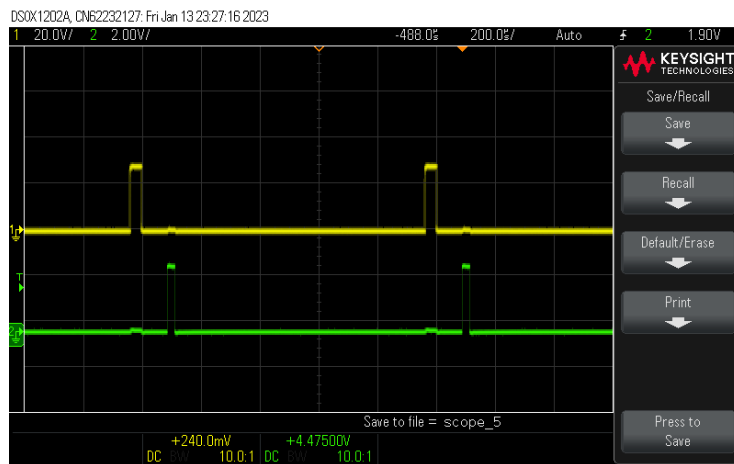


14.2 Vaststelling pwm pulsen

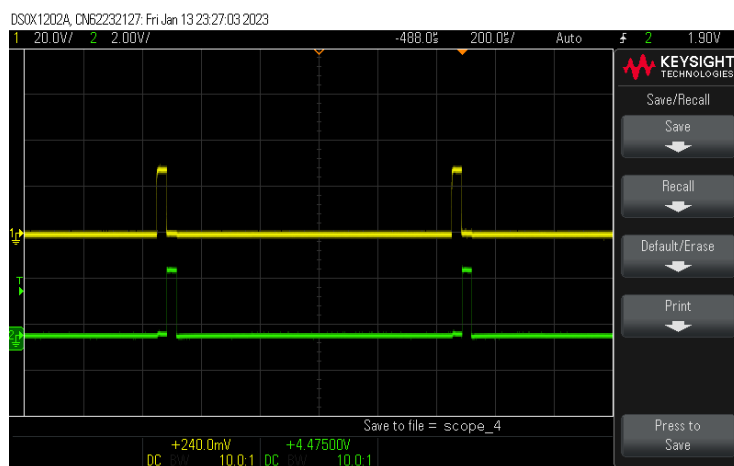
Aangezien het een pwm signaal is dat afwisselt, zien we dat als de rode led stijgt, de blauwe daalt.

Dit is een screenshot op een bepaald moment want de signalen variëren constant van 0 naar 100%.

Pwm blauwe led. Op 10%.



Pwm rode led. Op 10%



15 Warmtemetingen

15.1 Fenomeen van IR straling

Met het fenomeen van IR straling, bedoel ik dat er een rode led aanwezig is op de pcb. Uit deze rode led komt er ook infrarood licht en dit heeft invloed op de temperatuur van de camera. Het verschil bedraagt ongeveer 20°C. (We zien duidelijk de distorsie op de warmtecamera.)

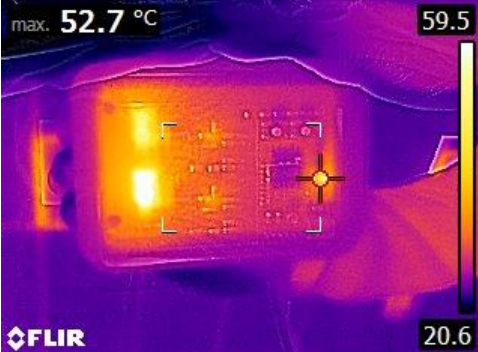

Als het systeem in de stekker zit, geeft de camera tussen de 86 en 93 graden weer. Zie hierboven screenshot 1.

(ongeveer dus 90°C)

Wanneer we de stekker uittrekken, krijgen we ongeveer 20 graden verschil. (Dit komt dan neer op ongeveer de 70-73°C) voor het warmste punt op de pcb.

We kunnen dus vaststellen dat ons berekende temperaturen ongeveer correct zijn. Enkel als de stekker uit is dalen de temperaturen snel. We kunnen enkel de 70-73°C visueel vaststellen, aangezien dit moeilijk is om op foto vast te leggen. (Hiervoor zijn we niet snel genoeg.)

		Systeem met de voeding actief.
		Systeem met de voeding uitgeschakeld.

	<p>De ldo wordt ook warm, maar wordt beperkt warm tot 53 °C</p>	<p>Systeem met de voeding actief.</p>
	<p>De koelvin functioneert ook goed, maar zou beter functioneren als die anders staat zodat de warme lucht weg kan. (dit is een thermische foto niet bij vol vermogen getrokken)</p>	<p>Systeem met de voeding actief.</p>

16 BOM

Deze bill of materials is berekend zonder verzendingskosten.

Bij de PCB is de stencil wel meegerekend.

ALLE PORDUCTEN zijn ROHS compliant.

Bij de microcontroller kan je heel veel besparen op AliExpress, vandaar dat dit alternatief ook op de lijst staat. (Dit is een duur component.)

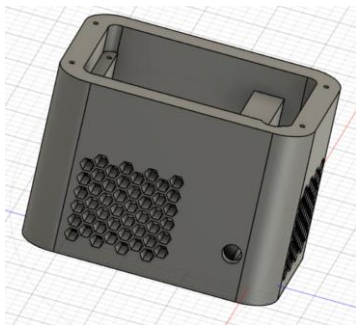
componenten	package	ROHS	leverancier	link	aantal	prijs	totaalprijs	alternatief	prijs
MAX20053	TSSOP	ok	farnell	https://be.farnell.com/	2	2,58	5,16		
cree led rood	Cree® XLamp® XP-E2 LEDs rood	ok	farnell	https://be.farnell.com/	2	1,14	2,28		
cree led blauw	Cree® XLamp® XP-E2 LEDs blauw	ok	farnell	https://be.farnell.com/	2	2,04	4,08		
ldo	LDL1117S30R	ok	farnell	https://be.farnell.com/	1	1,16	1,16		
esp8266	ESP8266-12E	ok	opencircuit	https://opencircuit.be/	1	4,85	4,85	https://nl.aliexpress.c	1,48
knoppen	B3FS-1012	ok	farnell	https://be.farnell.com/	2	0,893	1,786		
pin header 6 pinner	1x06	ok	farnell	https://be.farnell.com/	2	0,478	0,956		
terminal block 5mm	5mm	ok	farnell	https://be.farnell.com/	1	0,293	0,293		
spoel 4,7µH	afmetingen afhankelijk van grootte	ok	farnell	https://be.farnell.com/	2	2	4		
condensator 4,7µF	1206 smd	ok	farnell	https://be.farnell.com/	1	0,786	0,786		
condensator 4,7nF	1206 smd	ok	farnell	https://be.farnell.com/	2	0,107	0,214		
condensator 2,2µF	1206 smd	ok	farnell	https://be.farnell.com/	2	0,368	0,736		
condensator 1µF	1206 smd	ok	farnell	https://be.farnell.com/	6	0,175	1,05		
condensator 100pF	1206 smd	ok	farnell	https://be.farnell.com/	2	0,121	0,242		
condensator 0,1µF	1206 smd	ok	farnell	https://be.farnell.com/	5	0,073	0,365		
weerstand 0,220Ω	1206 smd	ok	digikey	https://www.digikey.b	2	0,3	0,6		
weerstand 10kΩ	1206 smd	ok	farnell	https://be.farnell.com/	9	0,0467	0,4203		
weerstand 10Ω	1206 smd	ok	farnell	https://be.farnell.com/	4	0,263	1,052		
weerstand 1kΩ	1206 smd	ok	farnell	https://be.farnell.com/	2	0,0138	0,0276		
weerstand 3,92kΩ	1206 smd	ok	farnell	https://be.farnell.com/	2	0,042	0,084		
koelvin	L: 50mm; W: 50mm; H: 50mm; 4.05K	ok	TME	https://www.tme.eu/b	1	12,24	12,24		
thermische pad	SILICONE, 150X0.5MM	ok	farnell	https://be.farnell.com/	1	13,1	13,1	prijs gedeeld./4	3,275
PCB	FR-4 print 1.6mm dikte +stencil		jlcpcb		1	13,27	13,27		
totaal prijs							68,7519		55,5569

17 3D ontwerp

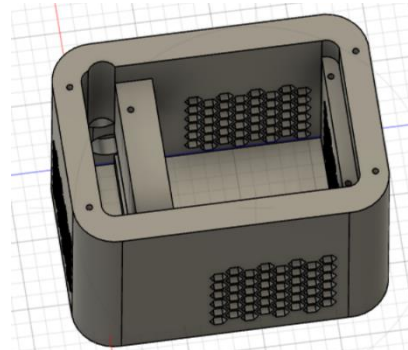
Het ontwerpen van een 3D print heb ik gedaan met fusion360 aangezien ik daar mijn printplaat kon importeren als 3D ontwerp (zie de 3^{de} foto). Hier rond hebben we de behuizing ontworpen en een open ruimte opengehouden om de kabels te laten lopen naar de pcb d/ DC jack te laten passen en de print te voorzien van verluchtigingsgaten voor het koelelement te koelen.

<https://www.youtube.com/watch?v=5hComh1hFzY&t=1435s>

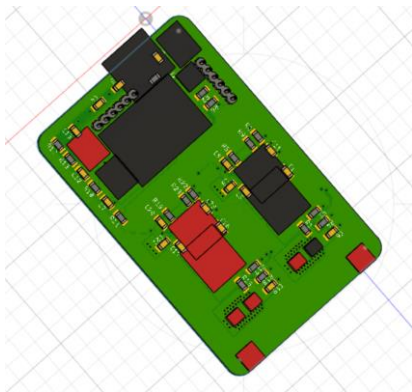
De koeling en dc jack is te zien op de foto



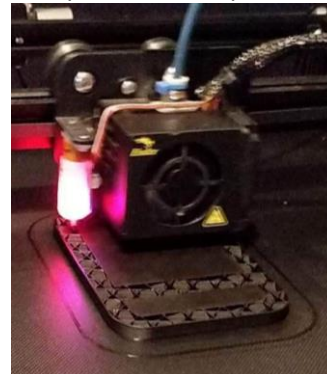
Op deze screenshot zien we links de sleuf voor de kabels.



Op deze foto zien we de pcb als 3D ontwerp:



De opstart van de print:



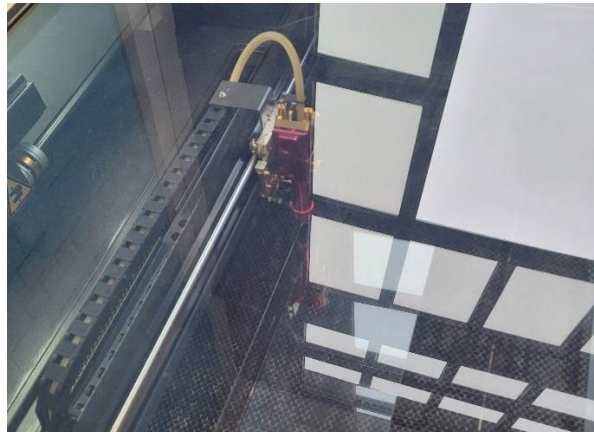
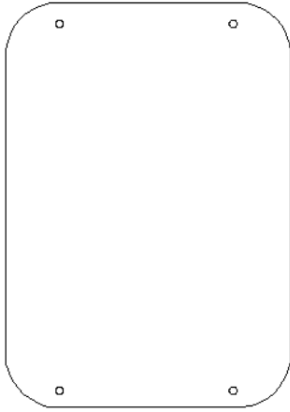
Hier zien we de complete behuizing:



18 Laser cutter

18.1 Design uploaden

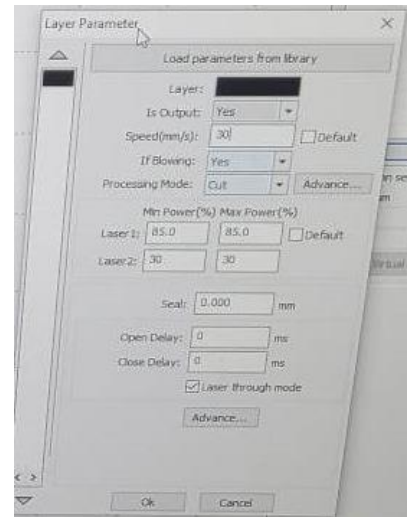
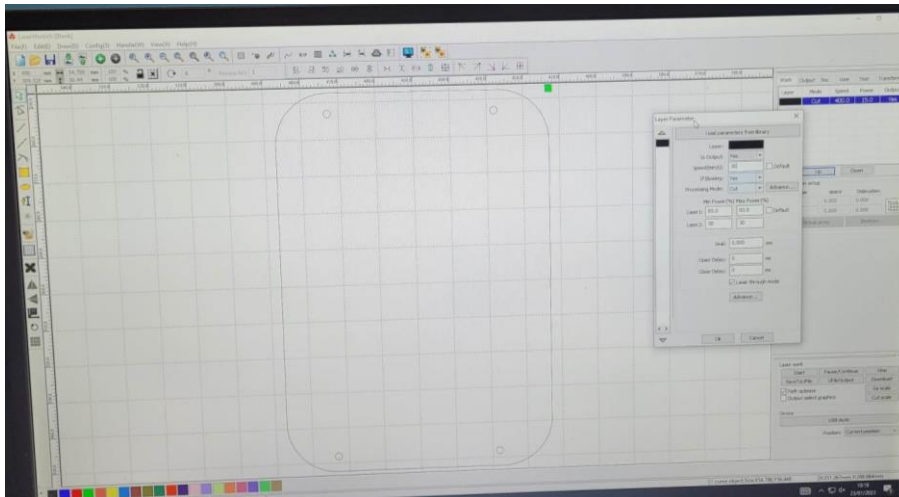
Onderstaande file is de dxf file. Dit laden we in, in de software van de lasercutter zelf.



Het ontwerp uploaden in de software voor de lasercutter (LaserWorksV6).

De power van de laser is 100 Watt en de schaal in de software staat op 100%. Als we kijken in de cursus voor Acrylic te snijden, komen we op power van 85% terecht wat overeenkomt met 85Watt.

De snelheid van de laser moet op 30mm/s staan. Al snel werd duidelijk dat we niet door dit materiaal konden laseren. Na een paar testen zijn we gezakt naar een snelheid van 15 mm/s (Dit was trial en error, elk materiaal is verschillend ook al heeft het een gelijkaardige dikte t.o.v. vorige testen met de lasercutter.)



18.2 Eind resultaat

Gekleurde acrylic en doorzichtige acrylic om te testen wat het beste is. Dit is puur eigen voorkeur, maar technisch gezien is het gekleurd acrylic beter om het licht te diffuseren.



Het resultaat past mooi op de behuizing, en is veilig om aan te raken zonder scherpe kanten door een ontbramer te gebruiken. De schroefkoppen heb ik mooi verzonken in het acrylic.

In werking wordt het licht mooi gediffused.



19 Code

Di is een simpele code voor een zwaailicht te maken: de geavanceerde code met website is terug te vinden op de Github pagina.

```
int led_pinR = 14;
int led_pinB = 12;
void setup() {
  //Declaring LED pin as output
  pinMode(led_pinR, OUTPUT);
  pinMode(led_pinB, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  //analogWrite(led_pinR, 1023); //leds constant op vol vermogen
  //analogWrite(led_pinB, 1023);

  for(int i=0; i<=1023; i=i+3) {
    analogWrite(led_pinR, i); // fade in first LED
    analogWrite(led_pinB, 1023-i); // fade out second LED
    delay(1);
  }
  for(int i=1023; i>=0; i=i-3) {
    analogWrite(led_pinR, i); // fade out first LED
    analogWrite(led_pinB, 1023-i); // fade in second LED
    delay(1);
  }
}
```


20 Besluit

20.1 Algemene test volgorde

- Eerst testen van het esp deel door extern op te starten en een simpel blink programma te runnen.
- Als dit lukt, pwm sturen en meten op een pin die niet aangesloten zit op de led drivers zelf. Zo weten we dat pwm lukt met de esp.
- Dan sturen we de led driver aan. Als pwm = 0 gaan de leds niet branden, en als pwm groter is dan 0 dan pas zullen de leds oplichten.
- Als er fouten zijn, debuggen.
- Meet op de pwm pinnen van de led driver de signalen nog eens na.
- Meet over de stroommeetweerstand of je daar iets meet.
- Bij extra fouten meer debuggen, dit zijn de stappen die ik ondernam en het werkte direct.

20.2 Algemene besluiten

Na testen heb ik kunnen concluderen dat mijn PCB volledig werkt.

Onder andere:

- De werkingstemperaturen zijn zoals verwacht als je de rekening houdt met de ir compensatie.
- De driver werkt zoals verwacht, als ik geen pwm heb, geven de leds geen licht.
- De ESP8266 dat gemonteerd is op de pcb werkt volgens verwachtingen.
Om te uploaden druk je reset in, dan flash, dan laat je reset eerst los en dan flash.
Dit werkt correct.
- De pwm signalen hebben het verwachte effect. Dit effect is dat ze constant op en neer gaan op de scope omdat ik een fading gebruik.
- Alles paste mooi in de behuizing en er is rekening gehouden met de koelvin, zodat de koelvin juist georiënteerd kan worden om voldoende te koelen.

20.3 Werkpunten

Enkele werkpunten zijn:

- Een koelvin die zwart is zal een betere thermische geleiding hebben en een stuk kleiner zijn.
- Metingen beter bekijken, en niet vergeten om ver genoeg in te zoomen op de scope.
- Plaats de ldo beter langs de kant van de koelvin omdat deze dan mee kan koelen. (Deze is nu opgesplitst in een kant voor de led driver en een kant voor de esp om overzicht te bewaren.)
- Plaats een ldo van 3,3 volt voor de esp i.p.v. een 3 volt ldo. (3 volt werkt ook, maar een 3,3 volt ldo heeft toch iets meer marge.)
- Voorzie eventueel nog een extra grondklem om de gnd van de scope probe aan te hangen, deze moest nu elke keer aan de voedingskant bevestigd worden en dus was dit vaak minder praktisch.
- Om een eenvoudiger en meer kost efficiënter project te maken, zou ik gebruik maken van mosfets, dit was te laat om te implementeren aangezien de print al opgestuurd was naar de fabrikant.