

Lichtkleurtemperatuur regeling

Afstudeerstage

Ymif Engineering b.v.
Zilverstraat 58
2544 EL Den Haag
Tel: +31 (0)70-3292567

Periode 06-02-2012 tot 01-06-2012

Arjan van Diemen
08014639

Bestemd voor: Ymif Engineering

Voorwoord

Dit document is geschreven in het kader van mijn afstudeerstage bij het bedrijf YMIF Engineering. Dit is een onderdeel van mijn opleiding Elektrotechniek aan de Haagse Hogeschool te Delft.

Dit rapport beschrijft stap voor stap het ontwerp en ontwikkeling van de lichtkleurtemperatuur regeling, de problemen die ik ben tegen gekomen en hoe deze zijn opgelost.

Dit document is bestemd voor de Haagse Hogeschool en voor YMIF Engineering. Het kan gebruikt worden om verdere ontwikkeling van de lichtkleurtemperatuur regeling. De inhoud van dit rapport is daarom ook technisch geschreven.

Tot slot wil ik het bedrijf YMIF Engineering ontzettend bedanken dat ik hier mijn afstudeerstage mocht lopen en dat zij mij de kans hebben geboden om dit project tot een goed einde te brengen. Ook mijn collega's bij YMIF Engineering wil ik bedanken omdat, zij mij goed helpen en voor de altijd gezellige werksfeer.

Nootdorp, Mei 2012

Inhoud

VOORWOORD	2
INLEIDING	5
OPDRACHT	6
SENSOR	6
REGELAAR	6
ACTUATOR	6
EISEN	7
TOEPASSINGEN	7
AANPAK	8
LICHTKLEURTEMPERATUUR	9
ONTWERPFASE	10
SENSOR	10
METING	11
DE WERKING VAN DE SENSOR	12
LEDDRIVER	13
TYPE DRIVER	13
WERKING BUCK CONVERTER.....	13
KEUZE DRIVER	14
ONTWERP LM5116	14
ONTWERP HV9911	17
ONTWERP TESTPRINT	18
TESTRESULTATEN	18
LM5116.....	18
HV9911	19
REGELAAR	22
SOFTWARE.....	22
HET TOTALE ONTWERP	24
HET INTELLIGENTE DEEL	24
LED DRIVER	25
TESTRESULTATEN	26
SENSOR.....	26
LED DRIVER	26
AANBEVELINGEN	27

BRONNENLIJST	28
BIJLAGE 1 SENSOREN	29
BIJLAGE 2 REGELAARS.....	31
BIJLAGE 5 REGELAAR HOOFDDEEL.....	34
BIJLAGE 6 REGELAAR IO'S	35
BIJLAGE 7 REGELAAR VOEDING	36
BIJLAGE 8 LED DRIVER	37

Inleiding

Dit is het eindverslag van de afstudeerstage, gelopen bij het bedrijf Ymif Engineering. Tijdens deze stage is er onder andere een ontwerp gemaakt voor een schakelende voeding. De schakelende voeding wordt gebruikt om verlichting aan te sturen.

De stage bestond uit drie onderdelen.

- Het meten van het licht met de juiste sensor
- Het regelen van het licht. Met behulp van een controller die binnen gekomen informatie verwerken en doorstuurt naar de uitgangen.
- Het aansturen van licht door middel van een schakelende voeding.

De stage begon met het uitzoeken van een sensor die het licht kan meten. Daarna is er onderzoek gedaan naar schakelende voedingen die er op de markt aanwezig zijn. Aan de hand van deze gegevens is de hardware van de regeling bedacht.

Voor het aansturen van het licht zijn twee versies bedacht. Beide versies worden behandeld in het hoofdstuk LED-Driver.

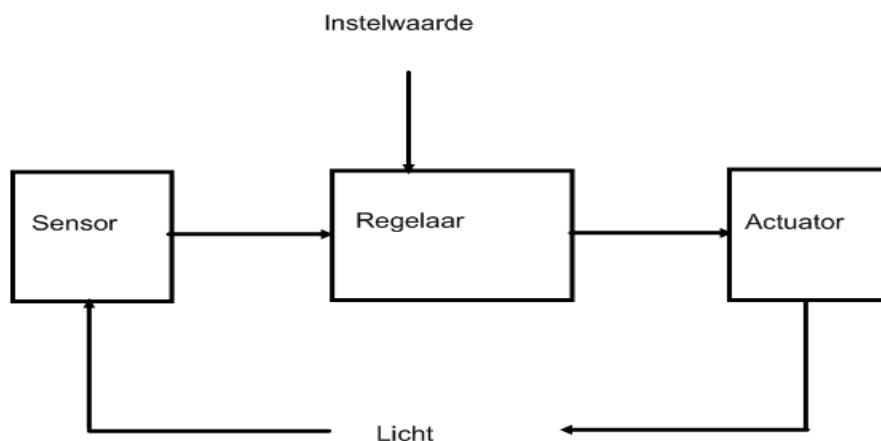
Dit verslag zal beginnen met de opdrachtomschrijving gevolgd door de drie onderdelen van de opdracht. Daarna zal het definitieve ontwerp worden behandeld.

Tot slot aanbevelingen, gevolgd door enkele technische bijlagen.

Opdracht

De opdracht is het maken van een volledig werkend product in een behuizing. Met als doel van het product een lichtkleurtemperatuur regeling. Een lichtkleurtemperatuur regelaar regelt het licht dat bijvoorbeeld buiten gemeten wordt en zorgt er voor dat het licht de gemeten waarde is. In Figuur 1 is eenvoudig de regeling van het systeem weergegeven. De regeling bestaat uit drie onderdelen.

- Een sensor die het actuele licht meet.
- Een regelaar die de ingekomen informatie verwerkt en doorstuurt naar de uitgang.
- Actuator die zorgt voor het aansturen van het licht.



Figuur 1 Basisregeling

Sensor

De sensor moet de waarde van de kleurtemperatuur kunnen waarnemen. Dit signaal moet digitaal of analoog naar de regelaar worden doorgestuurd. Er moet een keuze worden gemaakt voor een geschikte sensor.

Regelaar

In de regelaar wordt het signaal van de sensor en de instelwaarde met elkaar vergeleken. Het uitgaande signaal wordt bijgesteld indien nodig. Hiervoor moet een stuk software geschreven worden.

De instelwaarde kan geregeld worden door knoppen met een voor geprogrammeerde instelling. Een eventuele uitbreiding kan bijvoorbeeld zijn, instellen via RS485 of een sensor voor het kopiëren van de kleurtemperatuur in een andere ruimte.

Actuator

De actuators kunnen van verschillend type en grootte zijn. Hiervoor moet een aansturing bedacht worden die vier ampère per kanaal kan leveren. Er zullen vier kanalen zijn, rood, groen, blauw en wit.

Het gehele systeem zorgt ervoor dat de kleurtemperatuur in een ruimte geregeld wordt naar de gewenste instelling.

Het systeem moet doormiddel van een afstandbediening kunnen worden ingesteld.

Eisen

In de loop van het project zijn de eisen veranderd. De reden hiervoor is de vraag vanuit de markt.

In eerste instantie was de eis om het systeem te laten werken op een spanning van 48 volt. 48 volt is een veilige spanning om mee te werken. Op de markt is er vraag naar systemen van 75 volt of 100 volt. Daarom zijn tijdens het project de eisen aangepast naar een werkspanning van 48 volt tot 100 volt.

De uitgangsstroom zal instelbaar moeten zijn tot 4 ampère. Echter een regelbereik van 0 tot 4 ampère brengt nogal wat problemen met zich mee. De rimpelspanning aan de uitgang wordt dan te groot. Er is daarom gekozen voor een bereik van 2 tot 4 ampère.

De uitgangsspanning zal zich aanpassen afhankelijk van de belasting. Hierbij moet de spanning stabiel zijn van 0 tot 40 volt.

Toepassingen

Bioscopen waarbij het licht in de ruimte mee kleurt met het licht in de film voor een nog echtere beleving.

Werkvloer zodat er altijd het ideale werklicht is. Het licht zal dimmen als er licht van buiten bij komt om energie te besparen.

Kantoren om in de winter, de zomer na te bootsen om winterdepressies te voorkomen. De mensen zullen zich prettiger voelen en kunnen daardoor meer werk verzetten.

Cafés om een gezellige sfeer te creëren. Bij ieder thema kan een andere licht soort gekozen worden.

Aanpak

Bij het ontwerp is uitgegaan van drie onderdelen.

- Sensor om het licht te meten.
- Regelaar om de uitgang constant te houden.
- Actuator voor de aansturing van het licht.

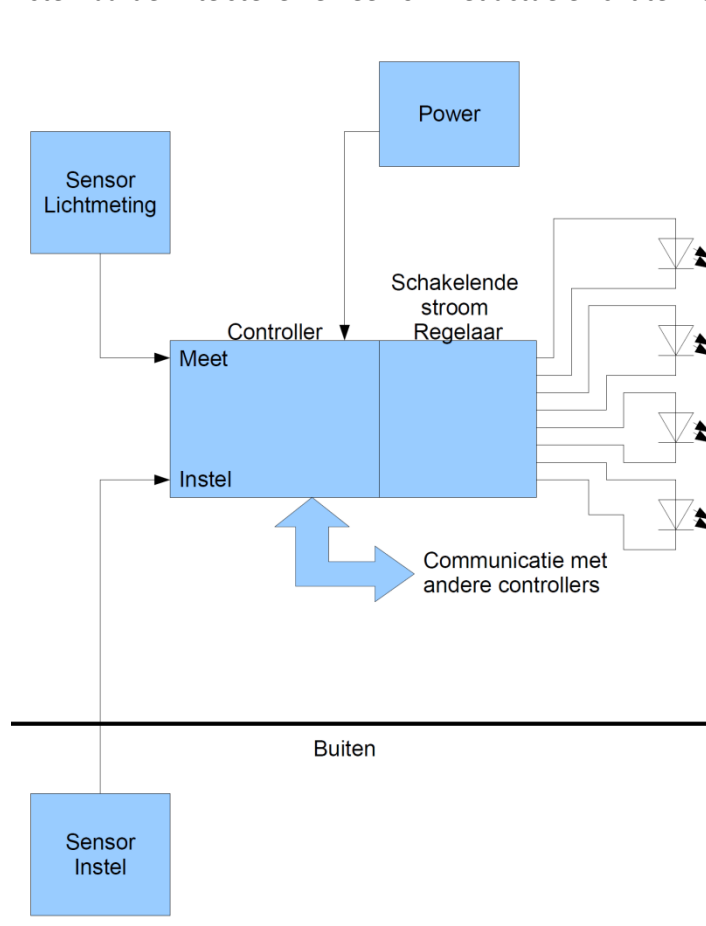
Als eerste is gezocht naar een geschikte sensor. De sensor moet het licht kunnen meten van een bruin café, maar ook van de felle zon. Er is gekozen om het licht te meten via de drie basiskleuren. Er is gebruik gemaakt van het internet om informatie over sensoren te krijgen.

Als tweede is onderzocht naar hoe het licht het beste is aan te sturen. Hiervoor is gebruik gemaakt van een dc/dc converter.

Tussendoor is informatie verzameld voor de regelaar. Er is gekeken naar welke informatie er binnen komt en hoe de actuatoren aangestuurd moeten worden.

Voor deze volgorde is gekozen, zodat bij het maken van de regeling geen problemen ontstaan wanneer de drie onderdelen gecombineerd worden.

Er is van te voren een blokschema gemaakt, zie figuur 2. In de loop van het project worden de blokken ingevuld. Er is rekening gehouden dat er twee sensoren gebruikt gaan worden. Eén om de instelwaarde in te stellen en één om het actuele licht te meten.

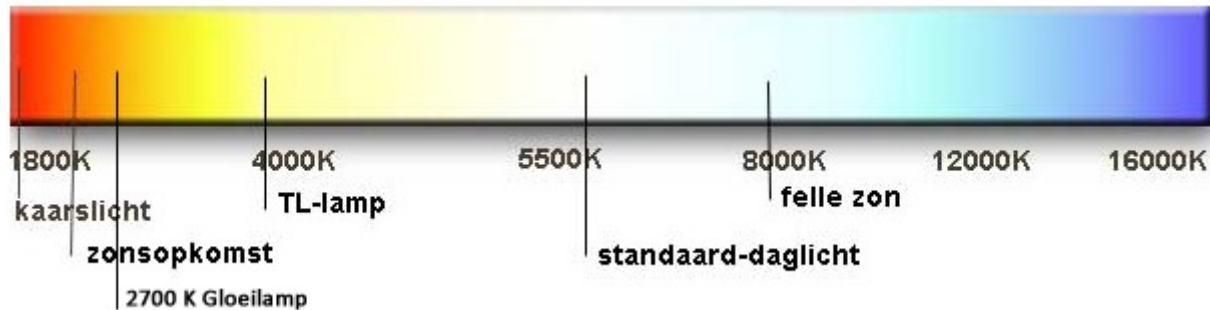


Figuur 2 Blokschema ontwerp

Lichtkleurtemperatuur

Licht bestaat uit meerderen soorten licht door elkaar. De kleur van het licht wordt bepaald door de golflengte. Door alle golflengtes met elkaar te mengen krijgt men wit licht. Het kan zijn dat bepaalde golflengtes sterker voorkomen dan anderen. Het licht zal dan geen puur wit meer zijn.

Om de kleur van al deze golflentes bij elkaar te bepalen, wordt dit vergeleken met een bepaald brandtemperatuur van een gas. Bij een geelkleurige vlam is de temperatuur van de vlam lager dan die in een blauwkleurige. Deze temperatuur wordt uitgedrukt in graden Kelvin. In figuur 3 is te zien welke kleur bij welke temperatuur hoort. Hierbij staan ook een aantal vergelijkingen met lichtbronnen.



Figuur 3 Verloop lichtkleur temperatuur

Ontwerpfase

Tijdens het ontwerpen zijn de drie onderdelen los van elkaar ontworpen. De drie onderdelen zijn.

- Sensor
- LED Driver
- Regelaar

Sensor

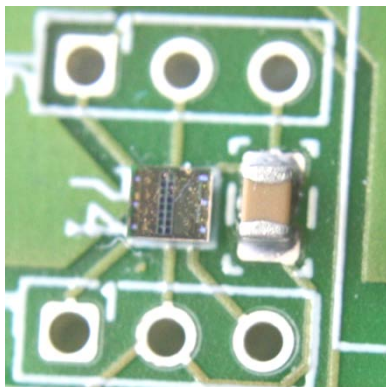
Om het licht te kunnen regelen moet het eerst gemeten worden. Als het licht niet overeenkomt met de ingestelde waarde kan het licht bijgesteld worden. Er is gezocht naar sensoren en uit een van deze sensoren is een keuze gemaakt.

Om de sensoren te vinden is gebruik gemaakt van het internet. Er is gezocht bij Farnell en bij fabrikanten zelf.

Er zijn vele soorten sensoren die het licht kunnen meten. Er zijn sensoren die alleen de licht sterkte meten, maar ook sensoren die alleen zijn afgestemd op een bepaalde kleur. Er is opzoek gegaan naar sensoren die de kleur van het licht kunnen bepalen.

De gevonden sensoren meten de kleur door de drie basiskleuren: rood, groen en blauw. Een aantal sensoren meet ook de lichtsterkte. Met de lichtsterkte erbij kan men berekenen hoeveel procent een kleur voorkomt in het licht. In bijlage 1 zijn de eigenschappen van de gevonden sensoren te zien.

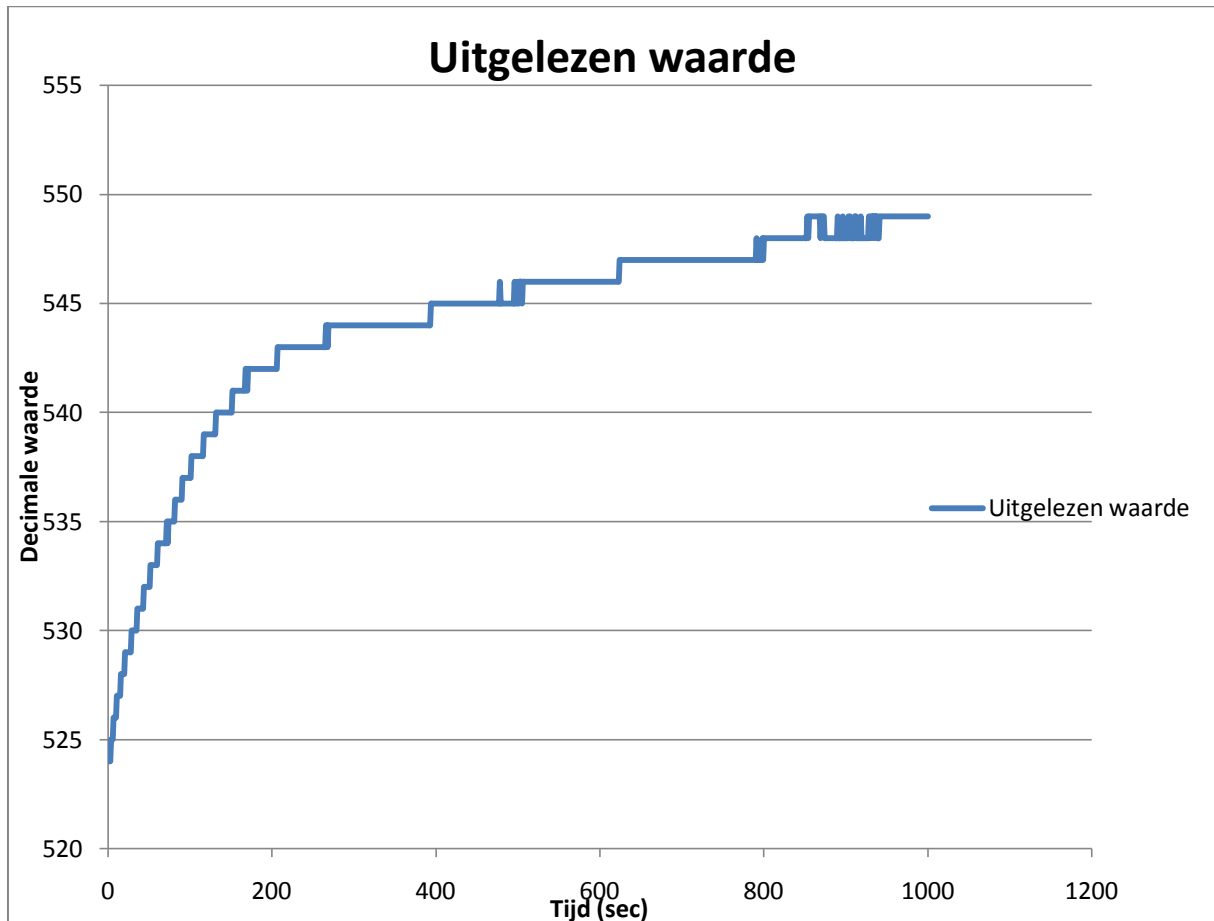
De keuze is gevallen op de TCS 3414 vanwege zijn veelzijdigheid. De TCS 3414 meet de drie basiskleuren en de licht sterkte. De werkspanning ligt tussen 2,7 volt en 3,6 volt, dit is een makkelijk te maken spanning. Het is niet de sensor die het minste stroom verbruik (11mA), maar daarentegen wel makkelijk uit te lezen door middel van I2C. De aanpasbare gevoeligheid is zeer handig om buiten in de felle zon het licht te kunnen meten maar ook het licht van een bruin café. Dit type is goed verkrijgbaar, en kost slechts € 1,88. Een nadeel is de sensor een afmeting heeft van 3 bij 3 mm waardoor het lastig is om de zes pinnen te solderen. Er is daarom een klein testprint ontworpen om metingen te kunnen verrichten, zie figuur 4.



Figuur 4 Sensor op een testprint

Meting

Met dit type sensor is een meting verricht om te kijken of de sensor wel een constante waarde afgeeft. De test is uitgevoerd in een gesloten ruimte, zodat er geen vreemd licht bij kan komen. In deze ruimte is de sensor met daarboven een ledring aanwezig. De LEDring brandt op een constante spanning. Er is om de 5 sec. een nieuwe meting verricht. In totaal zijn er 1000 metingen verricht.



Figuur 5 Meting lichtintensiteit

In Figuur 5 is een stijgende lijn te zien. Deze lijn valt te verklaren doordat de LED boven de sensor in het begin nog vrij koud is. Na verloop van tijd wordt de LED warmer en komt deze in betere geleiding, waardoor er meer stroom gaat lopen en dus meer licht zal geven.

De werking van de sensor

Zodra er op de sensor spanning staat luistert deze naar I2C op 400KHz. I2C is een tweedraads communicatie. Hierbij heeft ieder apparaat een eigen adres waarnaar geluisterd wordt. Deze sensor luistert naar adres 39 hexadecimaal. Via een aantal commando's zijn de gegevens uit de sensor op te vragen. Eerst zal via een commando de sensor aangezet moeten worden. Vervolgens moet er een versterkings of delingsfactor ingesteld worden. De sensor is dan gereed om de gemeten data door te geven. De gegevens bestaan uit 16 bits per kanaal. Een van de eisen is, om eerst de low significant byte op te vragen en daarna de high significant byte. Andersom werkt niet, want dan zal de high significant byte gelijk zijn aan nul. De register adressen staan in figuur 6. De adressen staan aangegeven in hexadecimaal.

ADDRESS	REGISTER NAME	REGISTER FUNCTION
--	COMMAND	Specifies register address
00h	CONTROL	Control of basic functions
01h	TIMING	Integration time/gain control
02h	INTERRUPT	Interrupt control
03h	INT SOURCE	Interrupt source
04h	ID	Part number/ Rev ID
07h	GAIN	ADC gain control
08h	LOW_THRESH_LOW_BYTE	Low byte of low interrupt threshold
09h	LOW_THRESH_HIGH_BYTE	High byte of low interrupt threshold
0Ah	HIGH_THRESH_LOW_BYTE	Low byte of high interrupt threshold
0Bh	HIGH_THRESH_HIGH_BYTE	High byte of high interrupt threshold
0Fh	--	SMBus block read (10h through 17h)
10h	DATA1LOW	Low byte of ADC green channel
11h	DATA1HIGH	High byte of ADC green channel
12h	DATA2LOW	Low byte of ADC red channel
13h	DATA2HIGH	High byte of ADC red channel
14h	DATA3LOW	Low byte of ADC blue channel
15h	DATA3HIGH	High byte of ADC blue channel
16h	DATA4LOW	Low byte of ADC clear channel
17h	DATA4HIGH	High byte of ADC clear channel

Figuur 6 Adressen van de sensor

LEDdriver

Om de verlichting aan te sturen is een voeding nodig. Doordat op het moment van ontwerp niet bekend is welke LED's er gebruikt gaan worden, is er gekozen voor een instelbare constante stroombron. Een type LED heeft een bepaalde stroom nodig om te kunnen functioneren. Een zelfde LED met andere kleur heeft dan vaak dezelfde doorlaatstroom maar een andere brandspanning. Zo hoeft er geen vermogen gedissipeerd te worden in een voorschakel weerstand. Zo'n voeding wordt een LEDdriver genoemd. Elke driver kan dan makkelijk ingesteld worden zonder dat de belasting bekend is.

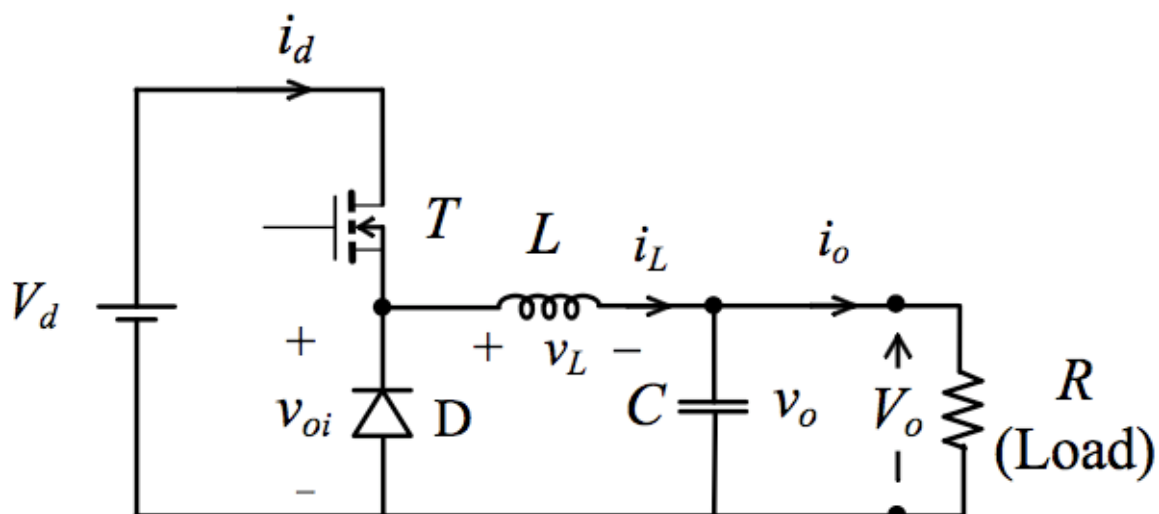
Type driver

Om van de ingangsspanning naar een uitgangsstroom te gaan moet er een conversie plaats vinden. Dit kan door middel van een lineaire regeling. Deze zijn niet zuinig omdat de ingaande stroom gelijk is aan de uitgaande stroom. Het vermogenverschil zal dus als warmte gedissipeerd worden. En in deze tijden van energiebesparing wordt er gezocht naar een beter alternatief. Een voorbeeld hiervan is een schakelende voeding. Voordeel hiervan is dat deze een hoog rendement hebben. Nadeel is als deze defect zijn, lastig te repareren zijn vanwege zijn complexiteit. Ook veroorzaken schakelende voedingen een behoorlijke harmonische storing in het middenfrequent-gebied. Deze storing kan nadelig zijn voor geluidsdoeleinden bij gevoelige versterkers en storing veroorzaken bij de ontvangst van radio signalen.

Er zijn verschillende type schakelingen:

1. Step-down(buck) schakelende voeding (uitgangsspanning lager dan de ingangsspanning)
2. Step-up(boost) schakelende voeding (uitgangsspanning hoger dan de ingangsspanning)
3. Inverterende(flyback) schakelende voeding (uitgangsspanning tegengestelde polariteit t.o.v ingangsspanning)
4. Sepic(buck-boost) schakelende voeding (uitgangsspanning hoger of lager dan de ingangsspanning)

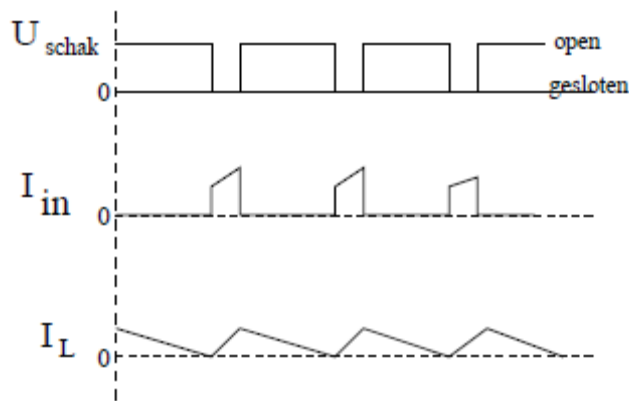
Werking buck converter



Figuur 7 Schema buck converter

In Figuur 7 is het schema van een buck converter te zien. Wanneer de transistor (T) in geleiding staat zal de stroom van de spoel lineair toenemen. Als de transistor stopt met geleiden blijft de spoelstroom in dezelfde richting stromen, omdat de spoel probeert zijn stroom te handhaven. De

energie voor dit proces is afkomstig uit de afbraak van het magnetische veld in de kern. De diode zal nu geleiden om de stroomkring te voltooien. Over de spoel staat nu een vaste spanning die gelijk is aan $U_{uit} + 0.7 \text{ V}$, waardoor de stroom lineair afneemt, te zien in figuur 8.



Figuur 8 Verloop stromen

De rimpelspanning aan de uitgang wordt stabiel gehouden door een condensator.

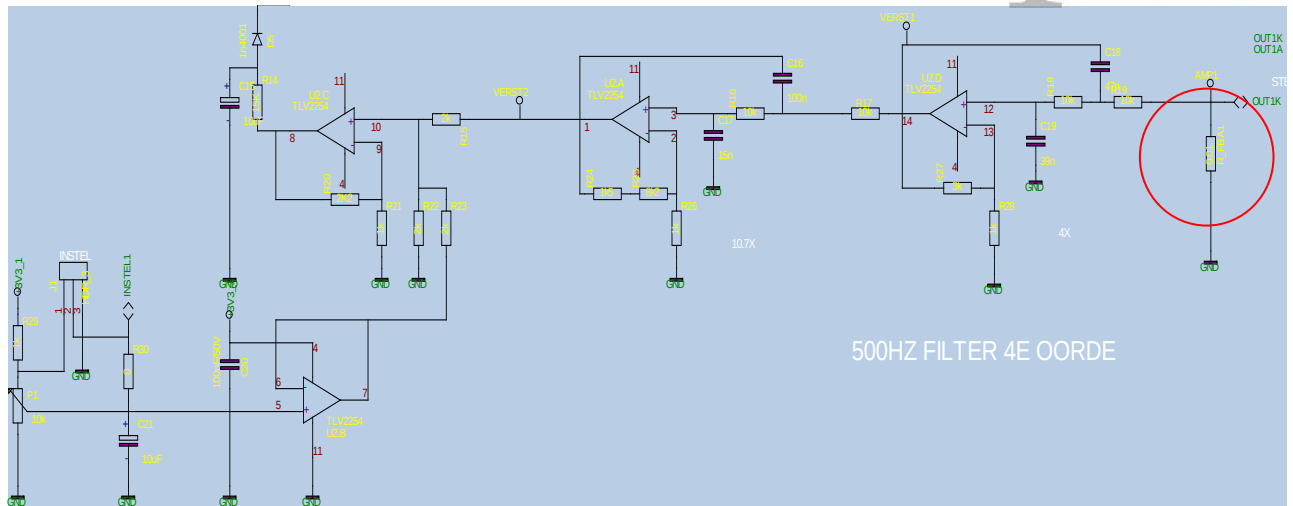
Keuze driver

Er zijn al vele drivers op de markt, echter voldoen deze niet die aan de eisen van de opdracht. Het is daarom noodzakelijk om een eigen driver te ontwerpen. Er is op zoek gegaan naar een driver IC. In bijlage 2 zijn drie IC's weergegeven welke in eerste instantie zijn gevonden voor het project.

Voor de lichtkleurtemperatuur regeling is een IC nodig met een ingangsspanning bereik van 48V tot 100V. De LM5116 en HV9911 voldoen aan deze eis. De LM5116 is van het merk Texas Instruments wat een veel gebruikt merk is binnen het bedrijf. De ingangsspanning is maximaal 100V, dit is echter ook de bovengrens van de eis. Er is daarom ook gekeken naar de HV9911 van het merk Supertex. Deze heeft een ingangsspanning van maximaal 250V. Er is besloten om voor beide IC's de hardware te ontwerpen en te testen. De uiteindelijke keuze wordt gemaakt na de test.

Ontwerp LM5116

Voor het ontwerp van de LM5116 is gebruik gemaakt van het online design ontwerp programma van National Instruments. Het schema is overgenomen en hertekend in ultiboard. Het schema is te vinden in bijlage 3. De LM5116 is een spanning geregelde buck converter. De eis van de opdracht is een regelbare stroomgeregelde buck converter. Hiervoor is een weerstand aangebracht tussen de nul en de uitgang.



Figuur 9 Schema terugkoppeling

Dit is een weerstand van 0,01 ohm. Deze wordt gebruikt om de stroom door de belasting te meten. Zie R_FB1 in figuur 9. De spanning over deze weerstand wordt gefilterd en versterkt doormiddel van opamps. Het filter is een 4^e orde butterworth filter, omdat deze veel zal dempen na zijn kantelfrequentie. De kantel frequentie ligt op 500 Hz, snel genoeg om bij te regelen en geen last te hebben van de eigen schakelfrequentie. De versterking die in hetzelfde filter plaats vindt ligt op 42,8 keer. Na deze versterking is de spanning hoog genoeg om invloed te hebben op de schakeling. Door spanning toe te voegen aan de feedback spanning wordt de schakeling beïnvloed en zal de spanning bijgeregeld worden, zodat er een juiste stroom loopt. Ook het instellen van de stroom wordt door middel van een potmeter aan de feedbackspanning toegevoegd.

Een aantal componenten zijn berekend en vergeleken met het computerprogramma.

In dit ontwerp is uitgegaan van: $U_{in} = 48V - 100V$

$U_{out} = 40V$

$I_{out} = 4A$

$F = 250kHz$

Keuze frequentie weerstand

$$R_t = \frac{1}{\frac{250 \text{ KHz}}{284 \text{ pF}} - 450 \text{ ns}} = 12,5k\Omega$$

De keuze is gevallen op 12kΩ.

Keuze van de spoel

$$L = \frac{V_{out}}{I_{pp} * F_{sw}} * \left(1 - \frac{V_{out}}{V_{in(max)}}\right)$$

$$L = \frac{40}{0,5 * 4 * 250 \text{ KHz}} * \left(1 - \frac{40}{100}\right) = 48\mu H$$

De waarde van het programma is 56μH. Dit komt omdat het programma een aantal spoelen in zijn database heeft en die van 56μH het beste overeenkomt met de eisen.

Current sense weerstand

$$R_s \leq \frac{V_{cs}(TH)}{I_{out} + \frac{V_{out}}{2 * L * F_{sw}} * (1 + \frac{V_{out}}{V_{in}(\min)})}$$

$$R_s \leq \frac{0.11}{4 + \frac{40}{2 * 56\mu H * 250KHz} * (1 + \frac{40}{48})} = 16,6m\Omega$$

Een kleinere waarde is 0,01Ω.

Cin

De keuze van de input condensator is te controleren door:

$$\Delta V_{in} = \frac{I_{out}}{4 * F_{sw} * C_{in}}$$

$$\Delta V_{in} = \frac{4}{4 * 250 KHz * 15 \mu F} = 267mV$$

Dit is onder de 1V die in de datasheet vermeld staat.

Soft start condensator

De soft start condensator wordt gebruikt bij het inschakelen van het apparaat. De uitgang zal dan langzaam naar de gewenste spanning komen.

$$C_{ss} = \frac{t_{ss} * 10 \mu A}{1,215 V}$$

$$C_{ss} = \frac{1,2 ms * 10 \mu A}{1,215 V} = 10nF$$

Overige componenten zijn overgenomen vanuit het programma.

Keuze van de FET

Eis waar de FET aan moet voldoen is:

- Een continu stroom van 4,5A.
- Een totale gate capaciteit kleiner dan 11nC

De FDS86252 die gebruikt wordt voor de LM5116 voldoet ook aan deze eisen.

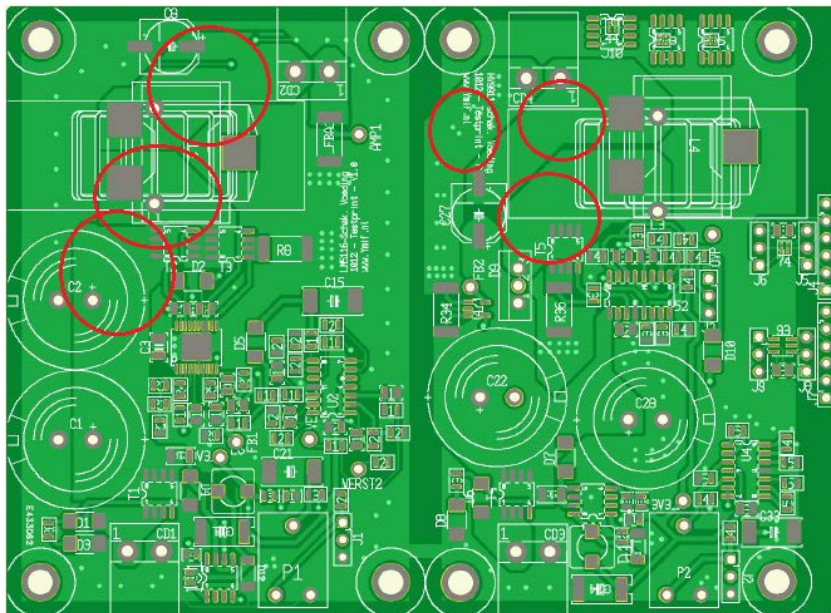
- Deze kan een continu stroom van 4,5A aan.
- Hiervan is de totale gate capaciteit 10,6nC.

Ontwerp testprint

Omdat het gaat om een eerste testprint, is er voor gekozen om beide schema's op één pcd te ontwerpen. Dit om opzetkosten te besparen.

Bij het ontwerp is er rekening mee gehouden dat er grote stromen kunnen gaan lopen. Hiervoor zijn een aantal dikke sporen aangebracht. De grootste stromen lopen door de belasting, spoel en FET en zijn rood omcirkeld in figuur 11. Ook is de ruimte tussen de sporen groter gehouden, minstens 0,4mm volgens het ipc2221 (Generic Standard on Printed Board Design). Hierbij is rekening gehouden met spijkers tot 150 Volt. Deze ruimte voorkomt dat er spanning van het ene spoor naar het andere spoor kan overslaan.

Er is gekozen voor SMD weerstanden van 0805 formaat, omdat deze makkelijk zijn te wijzigen mocht er een fout in het ontwerp zitten.



Figuur 11 Layout Testprint

Testresultaten

Na het assembleren van de print is er getest. De test is uitgevoerd door de ingangsspanning langzaam op te voeren en te meten op de in- en uitgangen van het IC in het circuit.

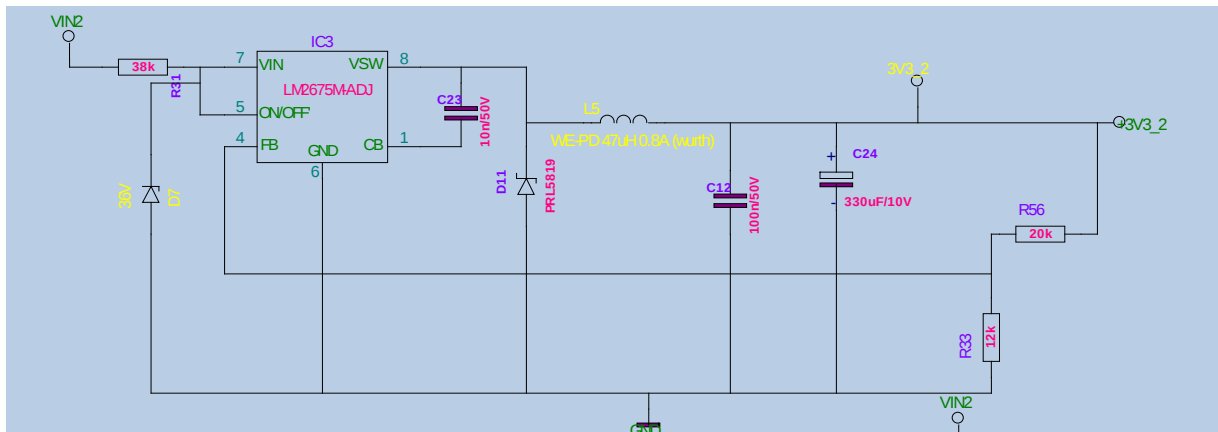
LM5116

Bij het langzaam opvoeren van de spanning blijkt alles naar behoren te werken tot een spanning van ongeveer 40 Volt. Dit voldoet helaas niet aan de eisen. Vermoed wordt dat de interne spanningsregelaar het begeeft.

HV9911

3 Volt regelaar

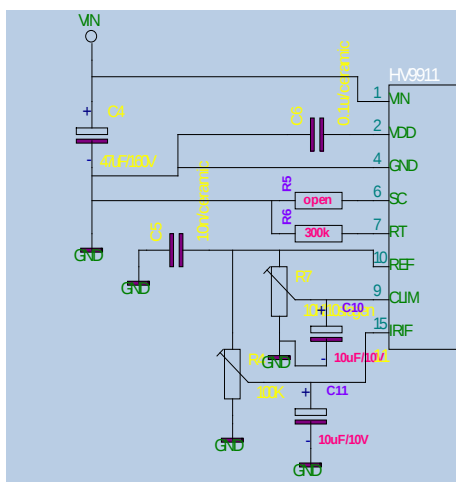
Bij het opvoeren van de spanning bleek al snel dat er op de PWM pin geen 3 Volt stond die daar verwacht wordt. Op deze pin moet minimaal 2 Volt staan, voordat de gate wordt aangestuurd. Deze spanning komt via een pull-up weerstand uit de 3 Volt lijn die elders op de print gemaakt moet worden. Door een rekenfout is er een te grote weerstand aan de ingang van de LM2675 gekozen, zie figuur 12. Door deze te verlagen is er voldoende spanning op de PWM pin gekomen.



Figuur 12 Schakelende voeding 3 Volt lijn

Instelweerstand

Na verdere metingen bleek er op de instelpinnen IRIF en CLIM een verkeerde spanning te staan. Na de datasheet nog een keer goed doorgelezen te hebben bleek de datasheet verkeerd begrepen is. De instelweerstand zijn vervangen door potmeters. Om niet de maximale uitgangsstroom van de REF pin te komen, is er gekozen voor 100 kΩ potmeters. Met deze potmeters is de constante stroom en de uitschakel piekstroom in te stellen. Nu is ook de potmeter met daarachter de spanningsvolger overbodig, zie figuur 13.

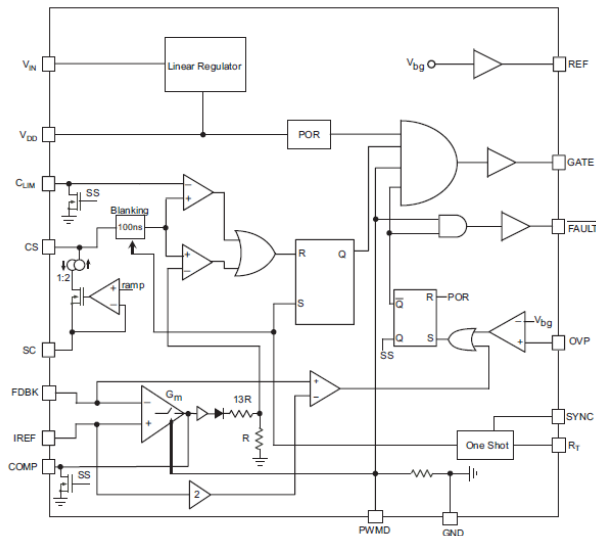


Figuur 13 Instelweerstand

Tegengestelde werking

De twee potmeters die zijn aangebracht, bleken anders te werken dan verwacht. Met de potmeter aan de IRIF pin hoort volgens de datasheet de constante stroom geregeld te worden. Dit bleek echter niet te werken. Wel werkte dit met de andere potmeter aan de CLIM pin. Dit bleek wel te kloppen als er gekeken wordt naar het blokdiagram in de datasheet, zie figuur 14. Hierin is te zien dat de IRIF pin aan de foutdetectie is gebonden. Als er een fout optreedt kan deze alleen hersteld worden door het

IC spanningsloos te maken. Vergelijkend met datasheet's van andere IC's uit dezelfde reeks, blijkt dat de dimfunctie wordt toegepast op de CLIM pin. Het tegenovergestelde van de HV9911. Hieruit wordt geconcludeerd dat er waarschijnlijk een fout staat in de datasheet en de stroombegrenzer ingesteld wordt met de CLIM pin.



Figuur 14 Blokdiagram HV9911

Verandering ontwerp

De HV9911 werkt nu zoals hij ontworpen is. Dat ontwerp is als de belasting aan de uitgang bekend is. Als de belasting nu verandert valt er niet te garanderen dat er ook de juiste stroom loopt. Dit komt, omdat de regelstroom gemeten wordt op de CS pin. Als de belasting verandert, dan verandert ook de duty cycle, zodat er gemiddeld de juiste stroom loopt. De spanning op de CS pin wordt dan anders en is niet constant. De spanning op de FDBK pin, die vergeleken wordt met de piekstroombeveiliging, is wel constant. Op deze pin wil je juist de piekstromen meten die we zien op de CS pin. Daarom is er gekozen deze pinnen om te wisselen.

Als nu de belasting verandert, blijft de stroom constant.

Bij het veranderen van de ingangsspanning verandert de stroom door de belasting. Dit komt door de fout in de HV7800 die de stroom door een weerstand meet en dit omzet naar een spanning.

Verandert echter de ingangsspanning, dan verandert ook de uitgangsspanning van dit IC. Het is daarom belangrijk om bij het instellen van de driver de juiste ingangsspanning te kiezen.

Te grote spoel

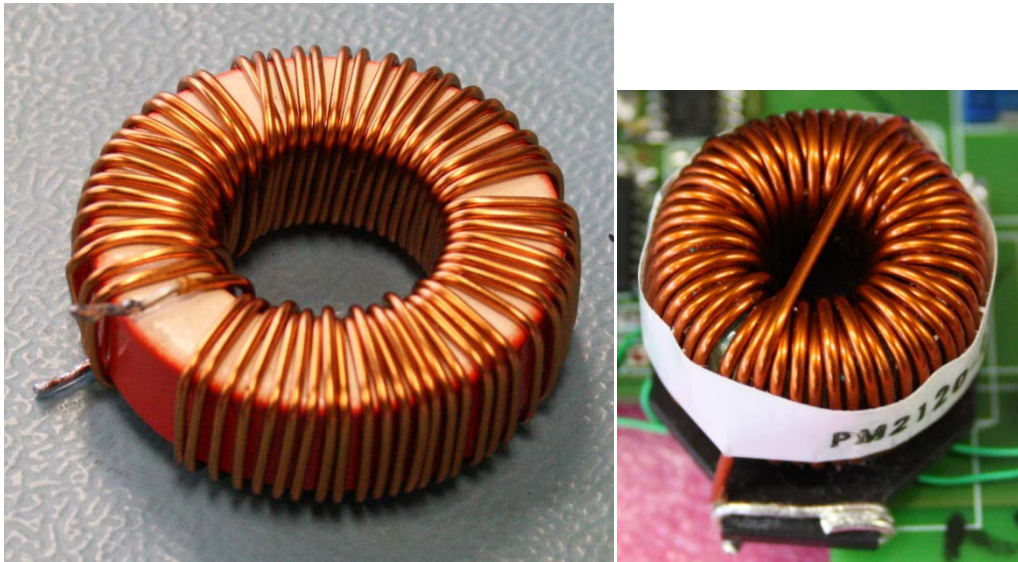
De opdrachtgever vond de afmeting van de spoel te groot. Er is daarom opzoek gegaan naar een andere spoel. Eerst zijn de berekeningen van de HV9911 opnieuw uitgevoerd. Er is in een andere datasheet van Supertex een formule gevonden voor de spoel.

$$L = \frac{V_{out} * (1 - \frac{V_{out}}{V_{in}})}{r_{impel} * I_{out} * f_s}$$

Hiervoor zijn de eisen aangepast naar een minimale stroom van 2A bij een rimpel van 20%. De maximale uitgangsstroom blijft 4A. Ook de schakelfrequentie is aangepast, zodat de spoel minder energie hoeft op te slaan en daardoor kleiner in formaat kan worden. Echter is dit harder werken voor de HV9911 en de FET, omdat de gate van de FET sneller geladen en ontladen moet worden.

$$L = \frac{40 * (1 - \frac{40}{100})}{0,2 * 4 * 300000} = 200 \mu H$$

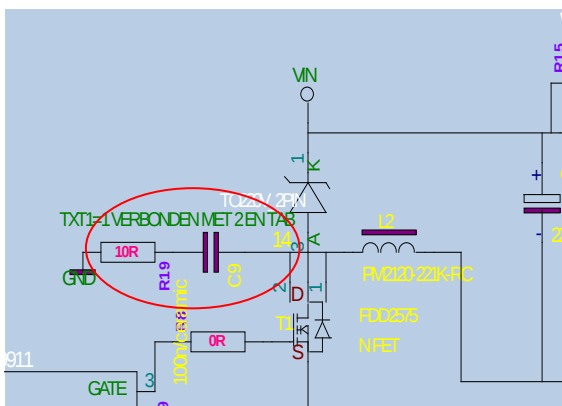
Op farnell.nl is een spoel van 220uH gevonden die een stroom aankan van 5A. Deze spoel is in smd versie, wat een wens is van de opdrachtgever. De diameter is ongeveer een centimeter kleiner dan de vorige spoel, zie figuur 15.



Figuur 15 Links de grote spoel en rechts de kleinere spoel

Snubber

DC/DC converters kunnen veel storing veroorzaken in het hoogfrequent gebied. Zeker bij het snel schakelen van hoge stromen komt er veel vervuiling in de lucht. Daarom is er gebruikt gemaakt van een snubber. Een snubber is een laagdoorlaatfilter die het schakelen van de spoel wel doorlaat, maar hogere harmonische niet. De snubber wordt met de GND en het punt tussen de FET en de spoel aangesloten, zie figuur 16.



Figuur 16 Toevoeging snubber

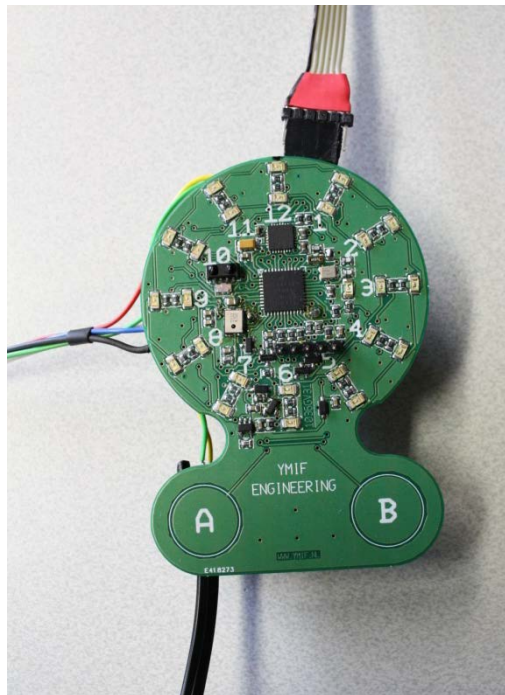
Regelaar

De regeling wordt door een microcontroller gestuurd. Een microcontroller heeft software nodig om te kunnen functioneren.

Er zijn eerst een aantal deelstukken voor de software geschreven en getest.

Software

In het bedrijf wordt gebruik gemaakt van Microchip PIC processoren. Om kennis te maken met de processor is gebruik gemaakt van de kompasklok. De kompasklok is een leuke gadget met vele mogelijkheden. Dit klokje heeft de processor PIC24FJ64GB004 en zal ook gebruikt worden in dit project. In deze opdracht is dit klokje gebruikt om kennis te maken met de processor, zie figuur 17. Ook zitten er op dit klokje vele pinnen die gebruikt kunnen worden als input of output.



Figuur 17 Klokje gebruikt als experimenteer bord

PWM

De eerste code die geschreven is zijn vier PWM kanalen met een verloop er in. De vier PWM kanalen zijn naar buiten gebracht en met een aantal FET's wordt een ledstrip aangestuurd om de kleuren te mengen. De PWM kanalen zijn 16 bit's groot. Er kan dus een resolutie gehaald worden van 65536 stappen. Bij deze instelling kan maximaal een frequentie gehaald worden van 125Hz. Dit is voldoende, want boven de 100 Hz valt het knipperen van het licht niet meer op. Deze code kan later gebruikt worden om de LED's te dimmen. Hier zal een regeling de PWM kanalen aansturen.

I2C

Het tweede programma dat geschreven is, is het communiceren via I2C. Dit is gebruikt om met de sensor te kunnen communiceren. Om de sensor aan te sluiten is een vierpolige header op het klokje gemaakt. Deze vier pinnen zijn voor de 3V, GND, SCL en SDA. Op de header wordt de sensor aangesloten via een bandkabel. I2C is ingesteld op 400KHz omdat dit de frequentie is waarop de sensor communiceert.

RS485

Het derde programma zorgt voor communicatie met andere onderdelen, bijvoorbeeld de instelsensor. Hiervoor is een RS485 IC op het klokje gemaakt. Deze zet een TTL signaal om naar een

RS485. RS485 bestaat uit 2 signaallijnen geïnverteerd van elkaar. Het voordeel van RS485 is dat dit een onderlinge afstand van 1200 meter kan bestrijken. De communicatie is ingesteld op 9600 Baud met een start en een stop bit. Doormiddel van RJ-11 connectoren zijn de onderdelen met elkaar te verbinden.

Hoofdprogramma

Het hoofdprogramma is een combinatie van de voorgaande programma's. Zo wordt het PWM deel gebruikt om de LED's aan te sturen, het I2C deel om de sensor uit te lezen en het RS485 deel om communicatie met andere modules mogelijk te maken.

De ingestelde waarde komt van een andere module via RS485 binnen. Dit wordt opgeslagen in het geheugen. In het hoofdprogramma wordt de ingestelde waarde vergeleken met de outputwaarde. De outputwaarde wordt gemeten door de sensor. Deze is van hetzelfde type als de sensor waarmee de instelwaarde wordt gemeten. Als de waarde niet overeen komt met de ingestelde waarde zal de output bijgesteld moeten worden. Dit kan door de duty cycle van het PWM signaal groter of kleiner te maken. De intensiteit van de kanalen wordt dan aangepast totdat alle kanalen de juiste intensiteit hebben.

Mocht er licht van buitenaf waargenomen worden door de sensor, dan zal de regeling er voor zorgen dat de regeling zelf minder licht uitzendt. Wel wordt geprobeerd de juiste kleur te behalen.

Het totale ontwerp

Het ontwerp bestaat uit twee delen. Een deel voor de intelligentie die de regeling bijhoudt en een deel voor de LEDdriver. Voordelen hiervan zijn dat het intelligente deel ook gebruikt kan worden in combinatie met andere drivers.

Het intelligente deel

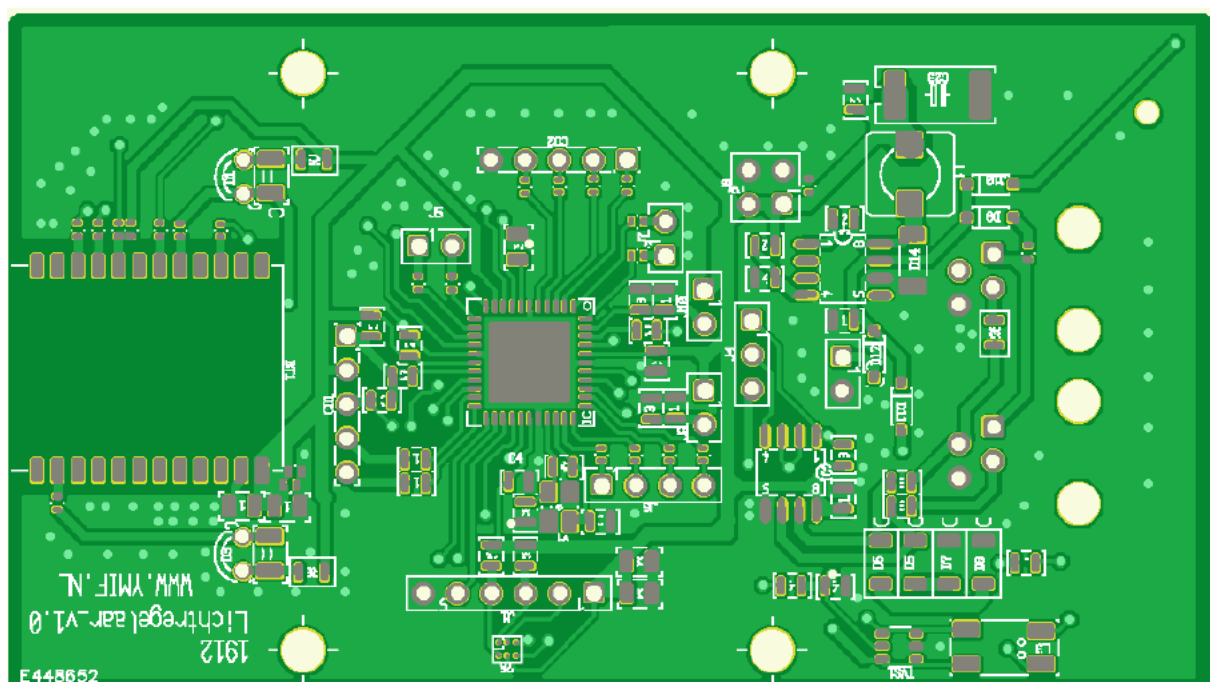
Eén van de eisen is dat het licht dat moet worden ingesteld, gebeurt via een afstandsbediening. Op deze module zit de sensor. Het is belangrijk dat het licht dat gemeten wordt, op een plek gebeurt waar het licht moet zijn. Daarom is er een kleine module ontwikkeld dat kan communiceren over RS485. De regelaar kan dan dicht bij de driver geplaatst worden. Hiervoor is een print ontworpen die alle mogelijkheden in zich heeft. Zo kan het licht gemeten worden of het licht kunnen worden aangestuurd. Er zitten twee knoppen en twee LED's op voor de gebruiker. De functie van deze knoppen en LED's zijn nog niet bekend en is afhankelijk van de toepassing.

Ook is er gedacht aan de toekomst en is er een bluetooth module als optie mee ontworpen. Het zal dan mogelijk zijn om de modules draadloos op afstand te laten communiceren.

Er is ook een USB poort op de module beschikbaar. Zo kan in de toekomst het licht ook bediend worden met de computer. Of er kunnen update's met de computer worden geïnstalleerd.

Het schema is verdeeld over drie pagina's om het overzichtelijk te houden. In bijlage 5 staat het hoofddeel met de controller. In bijlage 6 staan alle IO's, alles wat met een kabel aan de print bevestigd wordt. In bijlage 7 is de voeding voor de print getekend. De spanning kan op vele manieren op de print binnenvallen, bijvoorbeeld via USB, batterij, RJ11 connector voor de RS485 bus of een externe voeding. De voeding op de print zorgt er voor dat er altijd 3,3 Volt is.

Bij het ontwerp van de print is er rekening gehouden met de behuizing voor de regelaar. De print mag niet te groot zijn anders past deze niet in de behuizing. De behuizing heeft al bevestigingsplaatsen, de schroefgaten zijn hierop aangepast. Voor de bluetooth module is er ruimte vrij gehouden van koper vlak voor de antenne, zodat deze gemakkelijk kan zenden. Zie figuur 18.



Figuur 18 Print lichtregelaar

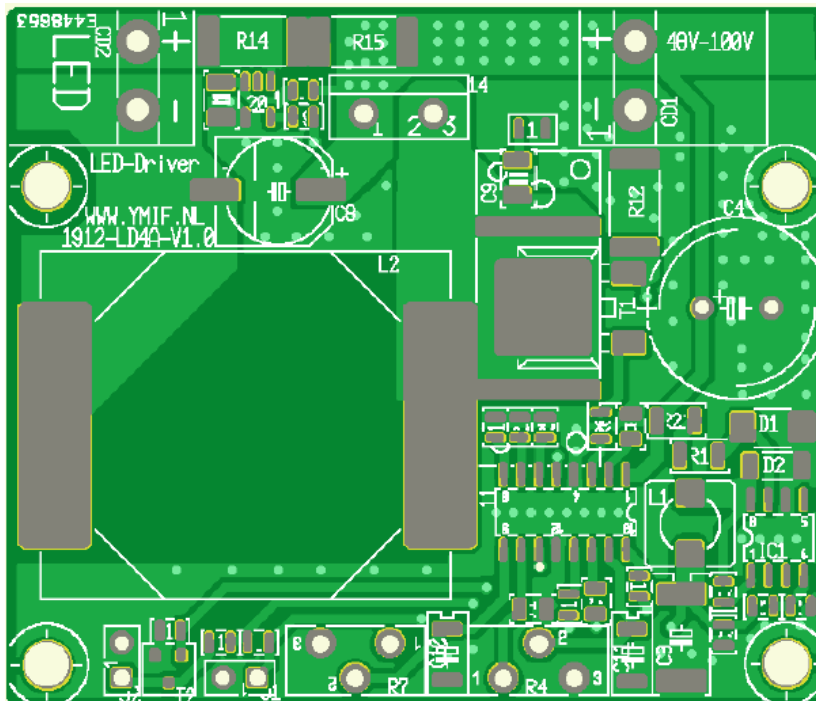
LED driver

Voor de LED driver zijn alle componenten bekend dankzij de testprint. Alle wijzigingen zijn overgenomen naar een nieuwe schema, zie bijlage 8. Er is een nieuwe print ontworpen. Hierbij is rekening gehouden met het plaatsten van de componenten. Zo zijn de FET, spoel en diode dichtmogelijk bij elkaar geplaatst om zo min mogelijk storing te veroorzaken. Eén nadeel hiervan is dat de FET niet voldoende kopervlak heeft om te koelen. Dit is opgelost door een koelblok over de FET heen te plaatsen, zie figuur 19.



Figuur 19 Koelblok

Dit koelblok is speciaal ontworpen voor TO252 behuizingen. Het zorgt ervoor dat de warmte van de print gehaald wordt en afgegeven aan de lucht. Alle sporen zijn op strategische wijze geplaatst. Ten alle tijd is er rekening gehouden dat de grootste stromen in een rechte baan lopen. Dit geldt ook voor de ground. Stromen die zich door bochten verplaatsen kunnen storing veroorzaken. Er zijn voldoende via's geplaatst, zodat de stroom en warmte makkelijk kunnen verplaatsen, zie figuur 20.



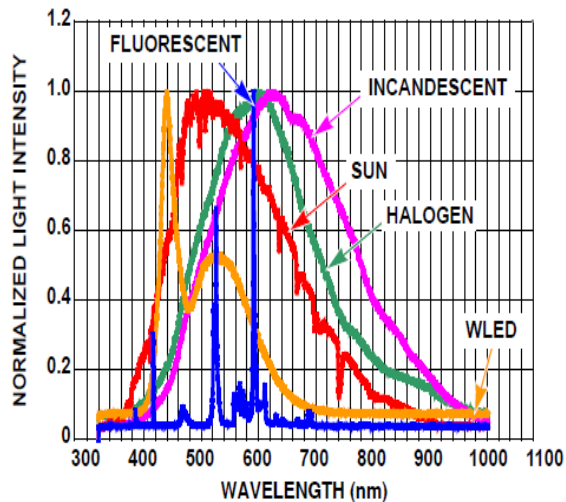
Figuur 20 Print LED driver

Testresultaten

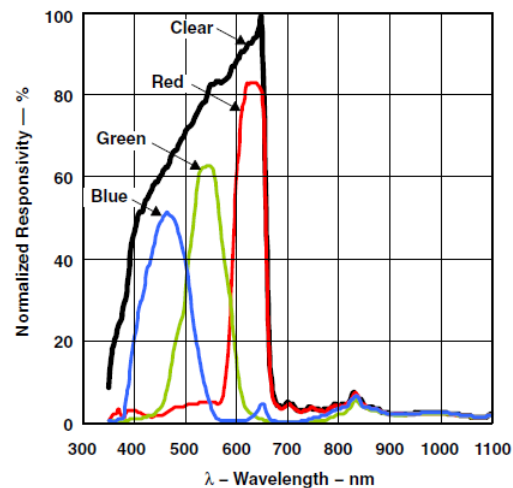
bij het testen van het systeem zijn er een aantal problemen aan het licht gekomen. De sensor heeft problemen bij het meten van de binnen verlichting. Ook is de overdracht van de LED driver gemeten.

Sensor

Bij het testen blijkt het TL licht moeilijk te meten is. Dit komt, doordat het licht van een fluorescentie lamp drie pieken geeft in het kleurspectrum zie figuur 21.



Figuur 21 Kleuren spectrum lichtbronnen



Figuur 22 Meetpunten sensor

Bij de kleuren rood en blauw ligt het piekpunt van de sensor net naast de piek van de lamp. Bij groen ligt het meetpunt van de sensor precies op de groene piek. Zie figuur 22. Daardoor heeft het licht een groene gloed. Daar komt nog bij dat het menselijk oog gevoeliger is voor groen licht.

Er wordt gebruik gemaakt van 4 kanalen, rood, groen, blauw en wit. Hierdoor zijn vele lichtcombinaties mogelijk maar nog niet alle.

LED driver

Van de LED driver is de overdracht gemeten. Aan de ingang is de spanning en de stroom gemeten met digitale multimeters van het type Metrix MX556. En aan de uitgang is de spanning en stroom gemeten door een Fluke 8840A en een Fluke 45. Door de spanning en stroom met elkaar te vermenigvuldigen is het vermogen berekend. De ingangsspanning is afgesteld op precies 50V en de uitgangsstroom op precies 2A. Als belasting is gebruik gemaakt van een aantal vermogens weerstanden parallel met een vervangingsweerstand van 10 Ω .

Eenheid	Ingang	Uitgang
U	50V	19,99V
I	0,895A	2A
P	44,75W	39,98W

Er is te zien dat er 4,77 W verloren gaat aan warmte in de regelaar.

Het rendement valt te berekenen door het vermogen van de uitgang te delen door het vermogen van de ingang.

$$\frac{39,98}{44,75} = 0,8934$$

De regelaar heeft dus een rendement van 89,34%.

Aanbevelingen

Het is een zeer groot project om in deze periode te realiseren. Het maken van een goede LED driver vergt erg veel tijd. Hierdoor is er minder tijd gestoken in de regelaar.

Voor het vervolg van dit project kan er gezocht worden naar een andere sensor die andere meetpunten heeft.

Voor de regelaar kan beter software bedacht worden. Een mooier verloop van het ene instelpunt naar het andere instelpunt. Er kan rekening gehouden worden met de beperkingen van de sensor en het menselijk ook.

De communicatie tussen de instel sensor en de regelaar kan verbeterd worden. Hiervoor kan een protocol bedacht worden met onder andere fout detectie.

De RS485 communicatie tussen de instelsensor en de regelaar kan vervangen worden door een bluetooth module. Hiervoor is ruimte vrij gehouden op de print.

USB aansluiting op de regelaar kan gebruikt worden om instellingen via de computer te veranderen.

Voor de LED driver kan een geschikte LED gezocht worden.

Een mooie behuizing voor de LED driver kan ontworpen worden.

Het gehele systeem moet nog een duur test ondergaan.

Er kan onderzocht worden waarom de LM5116 kapot gaat bij spanningen hoger dan 40V.

Bronnenlijst

Datasheet sensor TCS3414.

<http://www.taosinc.com/getfile.aspx?type=press&file=tcs3404cs-e46.pdf>

Datasheet van de LM5116

<http://www.ti.com/product/lm5116>

Datasheet van de HV9911.

<http://www.supertex.com/pdf/datasheets/HV9911.pdf>

Bijlage 1 Sensoren

Typenr.	Adjd-5311-cr999
Fabrikant	AVAGO
Aantal kanalen	R,G,B,C
Werkspanning	2,5V-3,6V
Werkstroom	5mA
Communicatie	I2C
Resolutie	10 Bit
Max. Sensitiviteit	6590 μ w/cm ²
Behuizing	CSP
Prijs	\$ 4,95
Leveranciers	Spakfun
Overige	Aanpasbare gevoeligheid Experimenteerboard verkrijgbaar

Typenr.	TCS 3200
Fabrikant	TAOS
Aantal kanalen	R,G,B,C
Werkspanning	2,7V-5,5V
Werkstroom	2mA
Communicatie	Frequentie
Resolutie	
Max. Sensitiviteit	1500 μ w/cm ²
Behuizing	D
Prijs	€ 7,87
Leveranciers	Conrad Mouser
Overige	Programmeerbare output

Typenr.	TCS 3771
Fabrikant	TAOS
Aantal kanalen	R,G,B,C
Werkspanning	2,7V-3,8V
Werkstroom	20mA
Communicatie	I2C
Resolutie	16 Bit
Max. Sensitiviteit	
Behuizing	FN
Prijs	€ 1,23
Leveranciers	Mouser
Overige	Uitgang voor LED Ontworpen voor detectie

Zie vervolg.

Bijlage 1 Vervolg Sensoren

Typenr.	TCS 3414
Fabrikant	TAOS
Aantal kanalen	R,G,B,C
Werkspanning	2,7V-3,6V
Werkstroom	11mA
Communicatie	I2C SMBus
Resolutie	16 Bit
Max. Sensitiviteit	Ook geschikt voor zonlicht
Behuizing	CS FN
Prijs	€ 1,88
Leveranciers	Mouser
Overige	Aanpasbare gevoeligheid Ext. interruptpin

Typenr.	TCS 3103
Fabrikant	TAOS
Aantal kanalen	R,G,B
Werkspanning	4,5V-5,5V
Werkstroom	0,5mA
Communicatie	Spanningsniveau
Resolutie	
Max. Sensitiviteit	24000 μ w/cm ²
Behuizing	FN
Prijs	€ 1,41
Leveranciers	Mouser
Overige	

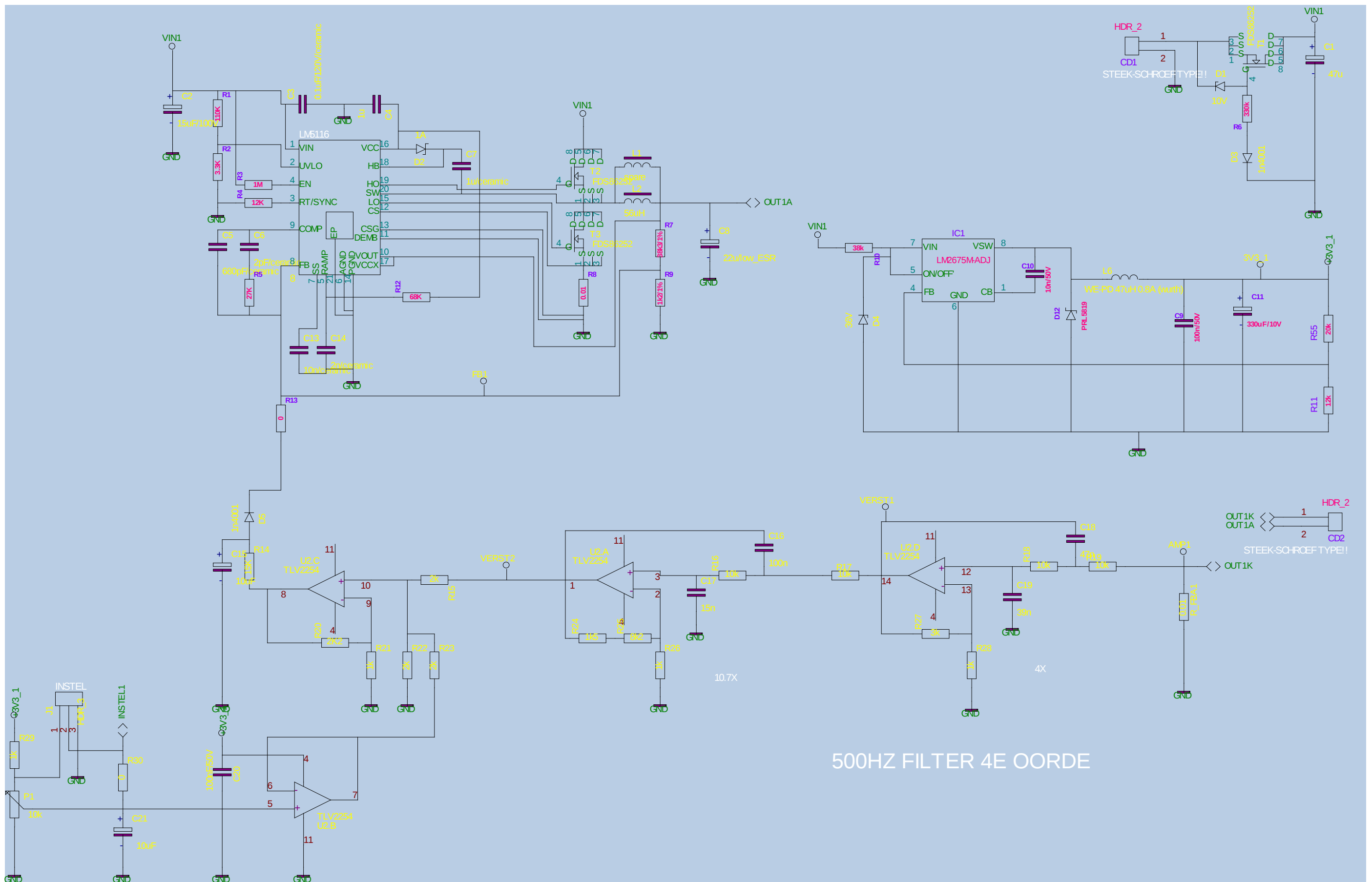
Bijlage 2 Regelaars

Typenr.	LM5116
Fabrikant	Texas Instruments
Werkspanning	7V – 100V
Feedbackspanning	1,215V
Max. dutycycle	100%
Frequentie	50KHz – 1MHz
Behuizing	TSSOP-20MP
Prijs	€ 8,09
Leveranciers	Farnell Mouser

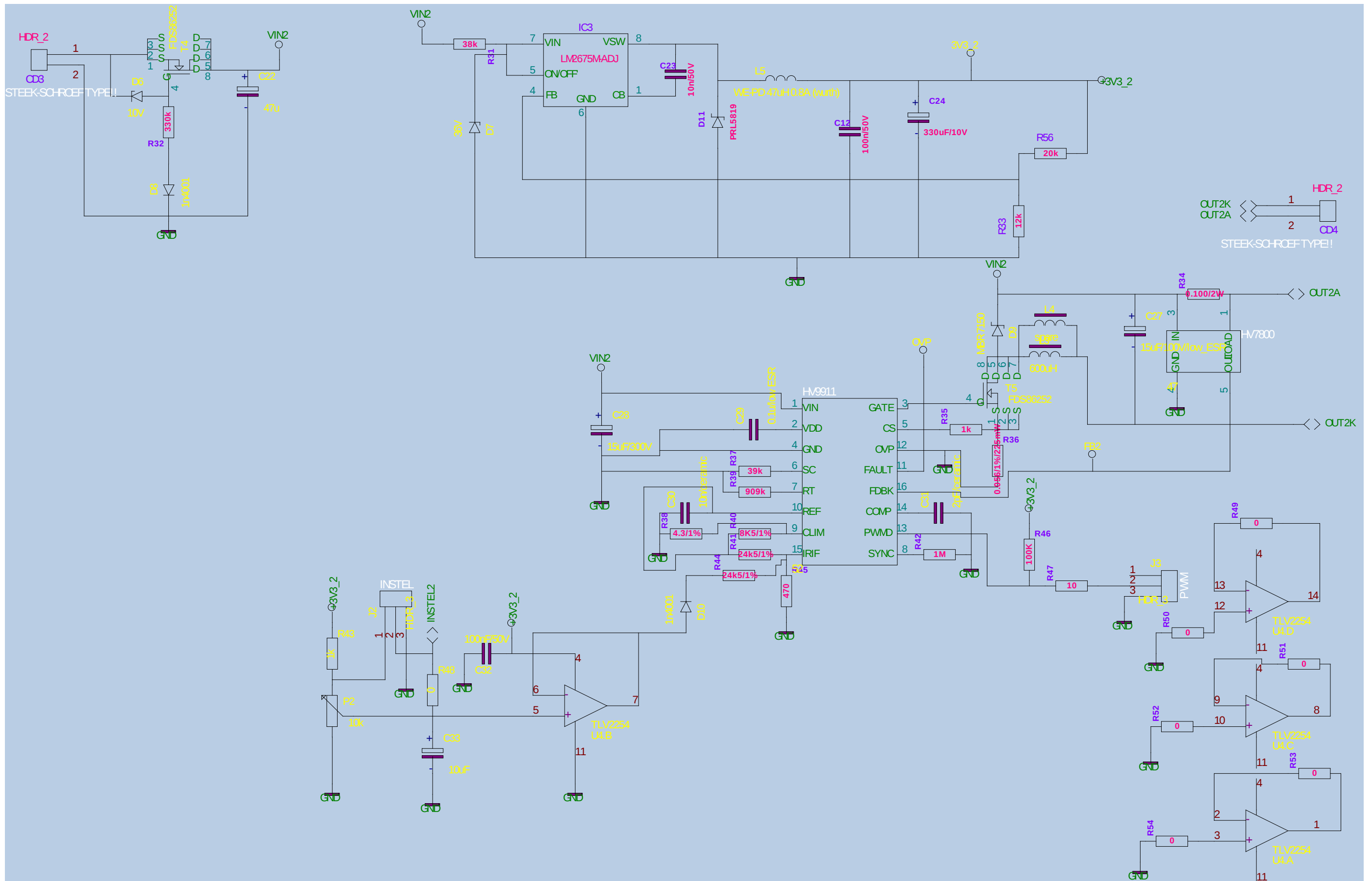
Typenr.	MIC2176
Fabrikant	Micrel
Werkspanning	4,5V – 75V
Feedbackspanning	0,8V
Max. dutycycle	89%
Frequentie	100KHz – 300KHz
Behuizing	MSOP-10
Prijs	€ 3,11
Leveranciers	Farnell

Typenr.	HV9911
Fabrikant	Supertex
Werkspanning	7V – 250V
Feedbackspanning	Instelbaar tot 1,25V
Max. dutycycle	90%
Frequentie	100KHz – 300KHz
Behuizing	SO-16
Prijs	€ 1,30
Leveranciers	Mouser

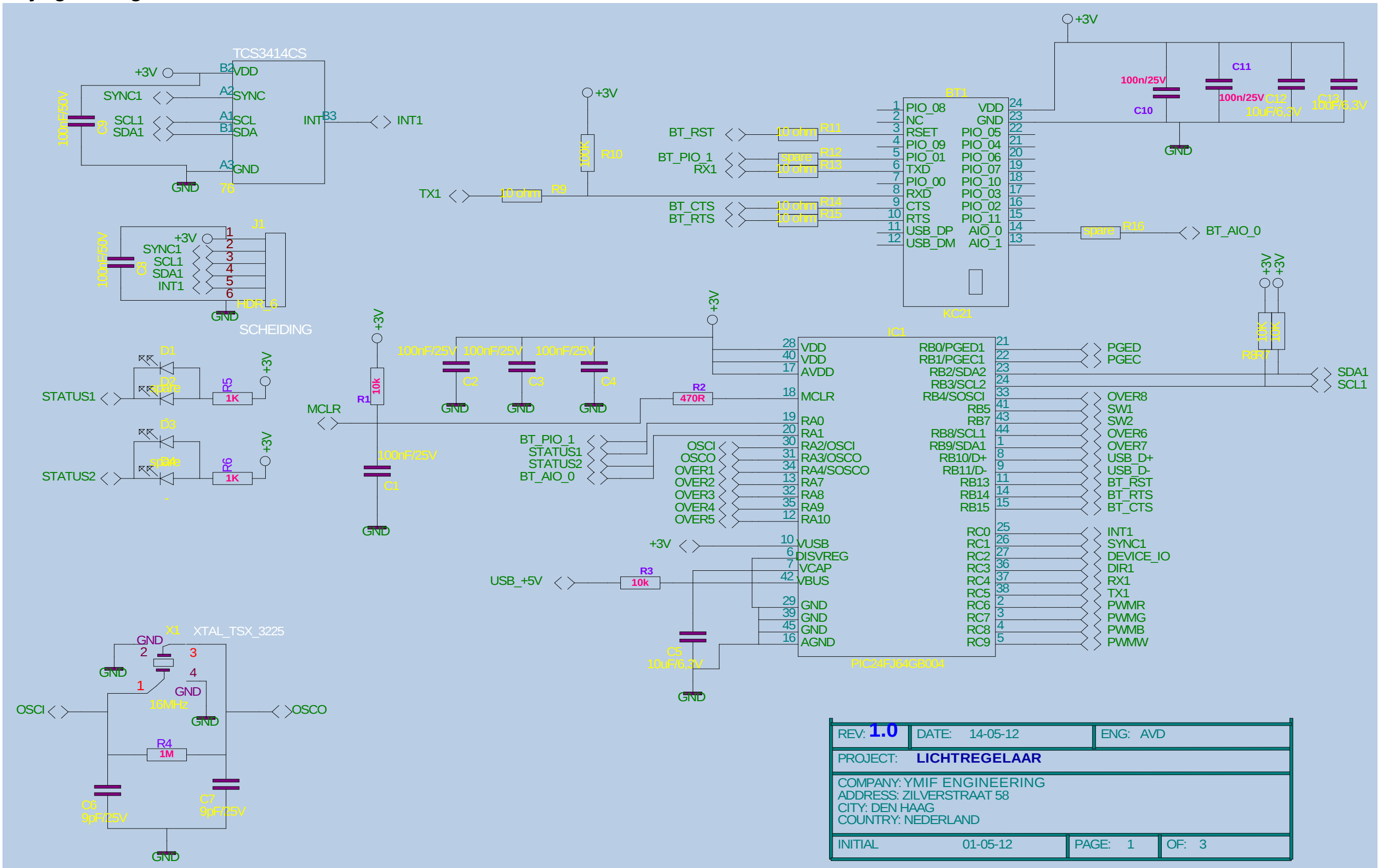
Bijlage 3 Schema LM5116



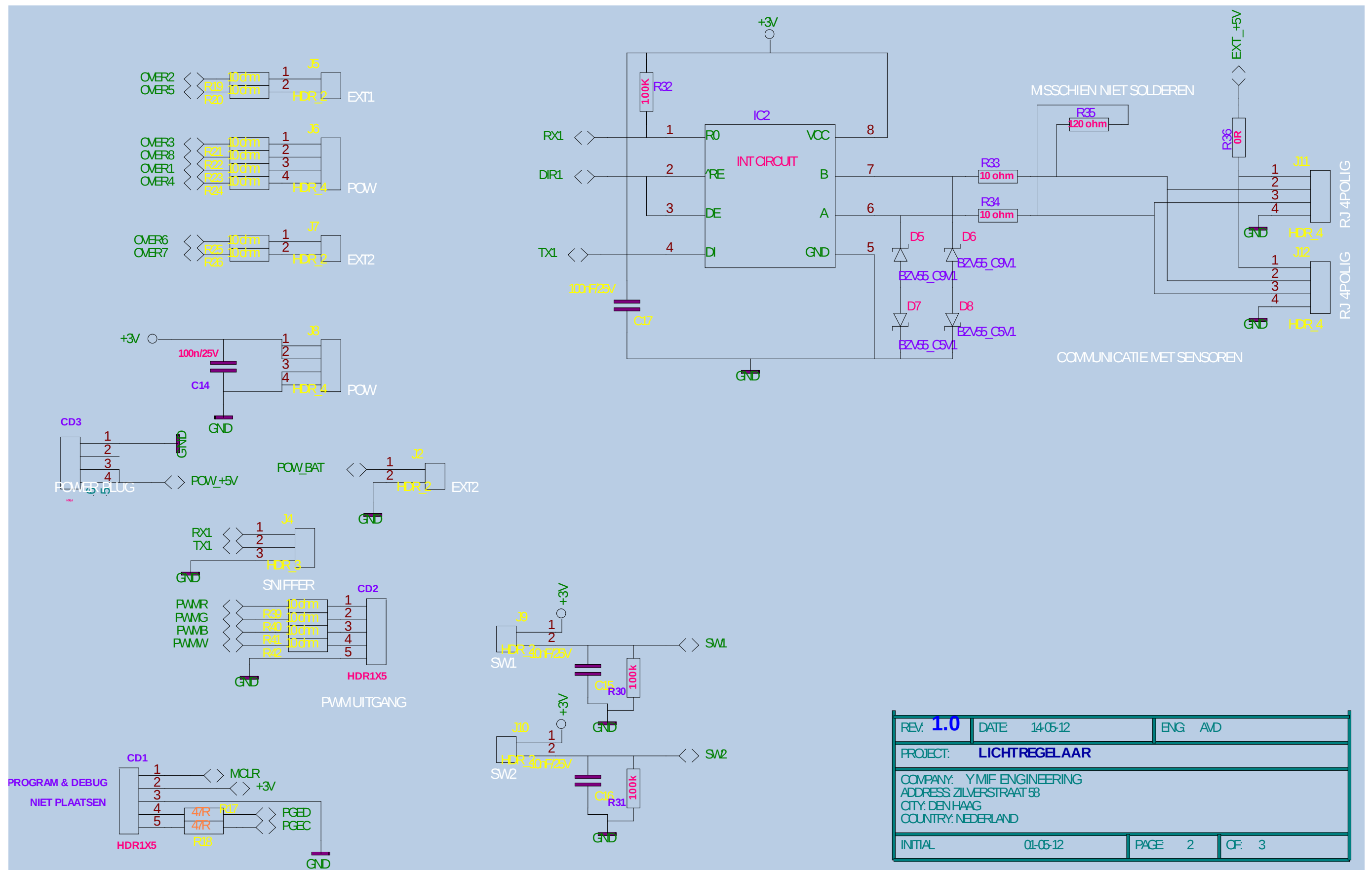
Bijlage 4 Schema HV9911



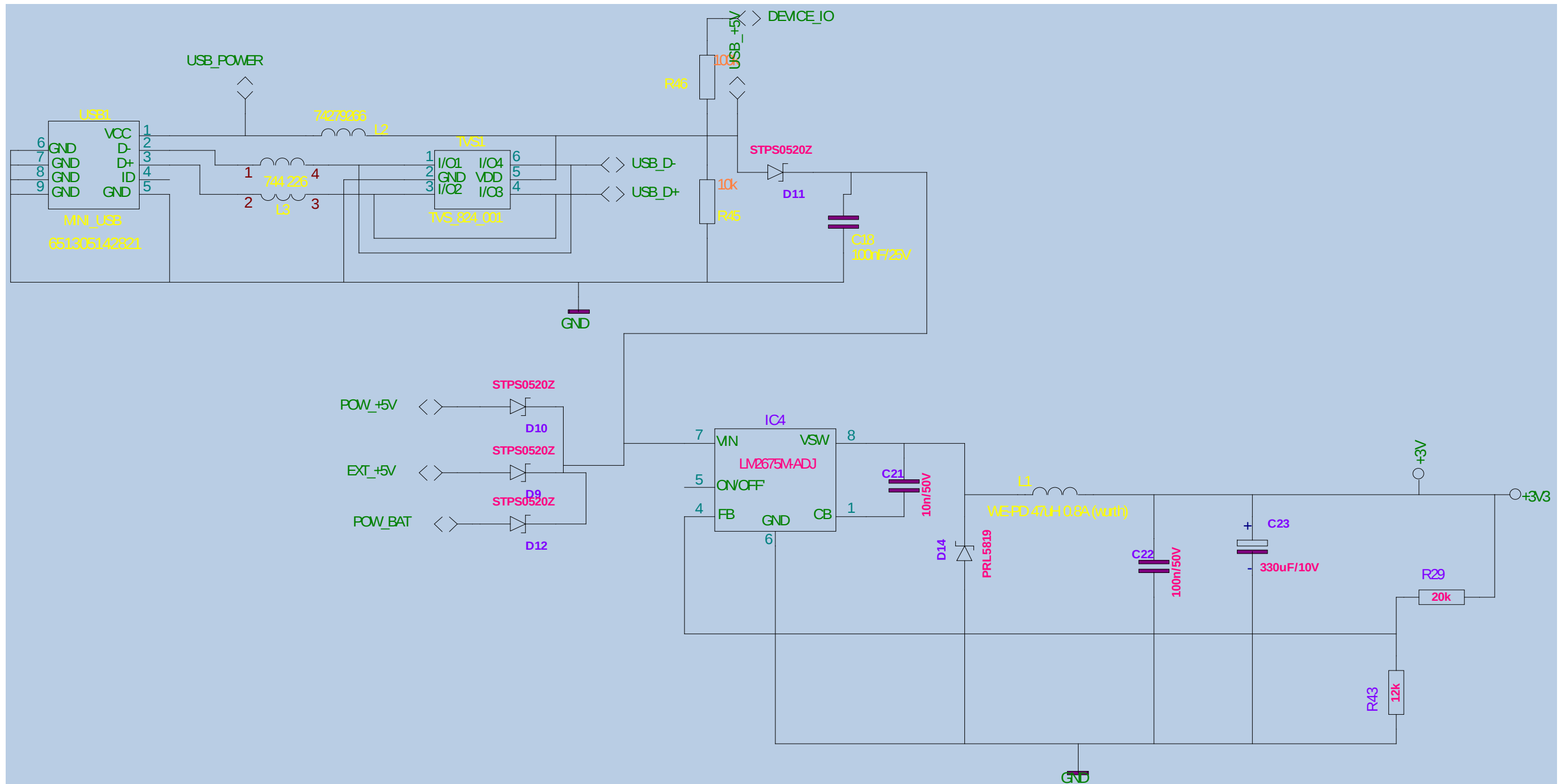
Bijlage 5 Regelaar hoofddeel



Bijlage 6 Regelaar IO's



Bijlage 7 Regelaar voeding



REV: 1.0	DATE: 14-05-12	ENG: AVD
PROJECT: LICHTREGELAAR		
COMPANY: YMIF ENGINEERING ADDRESS: ZILVERSTRAAT 58 CITY: DEN HAAG COUNTRY: NEDERLAND		
INITIAL	01-05-12	PAGE: 3 OF: 3

Bijlage 8 LED Driver

