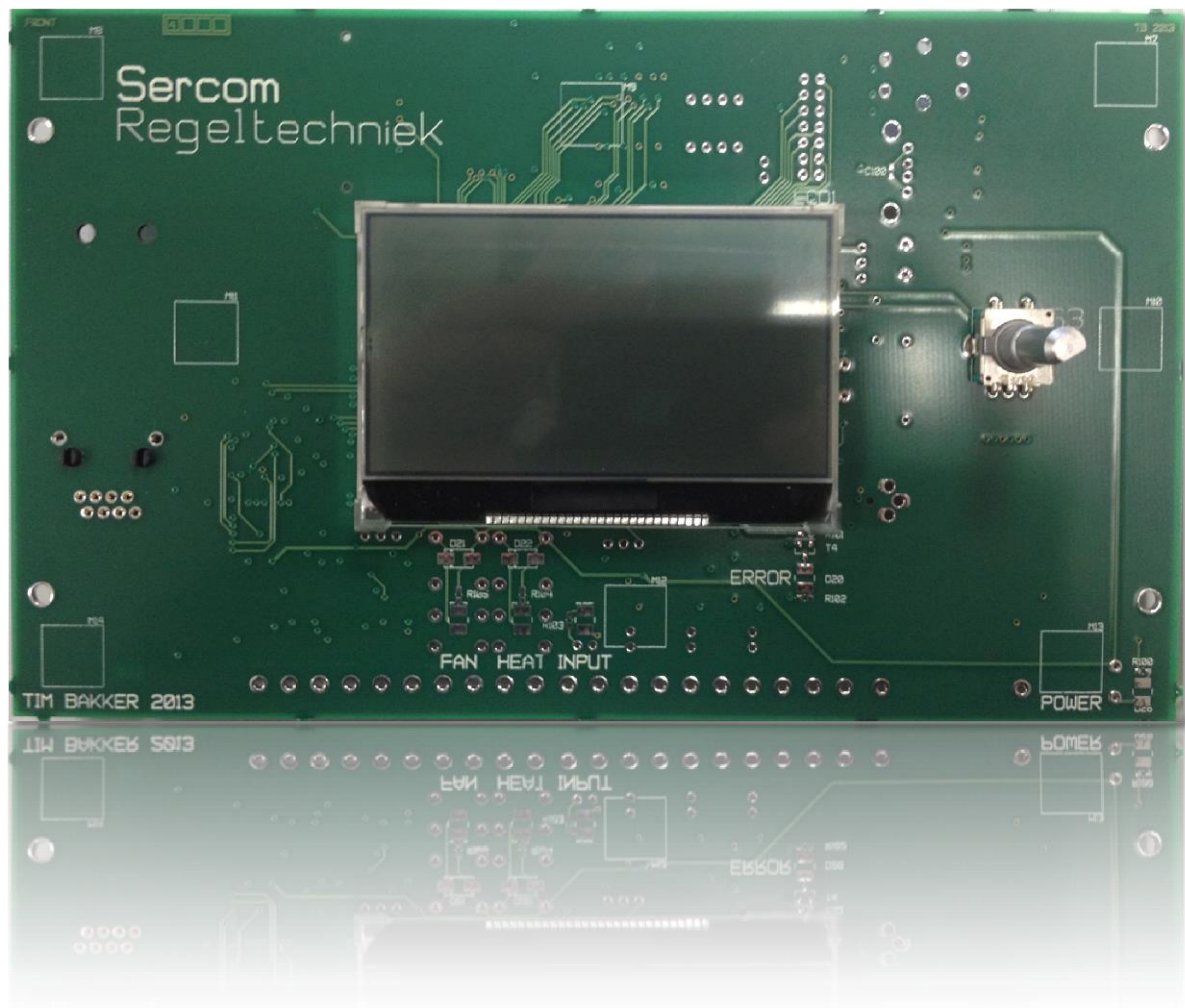


Sercom Regeltechniek B.V.

Afstudeerscriptie

Kasregelaar



DE HAAGSE
HOGESCHOOL

Naam: Tim Bakker
Studentnummer: 09093273
Datum: 18-12-2013
Betreffende: Afstudeerstage
Document: Scriptie
Coördinator Haagse Hogeschool: F.C. van Pinxteren
Coördinator Sercom: A. Van Rooyen



Sercom Regeltechniek B.V.

Heereweg 9
2161AB Lisse
T: +31 (0) 252 41 65 30
F: +31 (0) 252 41 94 81
www.sercom.nl
info@sercom.nl

Tim Bakker

Brink 2
2211BK Noordwijkerhout
+31 (0) 6 43 19 52 29
tim@remixcrew.nl

1 Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerverslag over mijn afstudeerperiode bij Sercom Regeltechniek B.V. De afstudeerperiode is tot stand gekomen voor het afronden van de opleiding Elektrotechniek, te Delft. De afgelopen vier jaar komt bijeen in deze periode waarin alle theorie- en praktijkkennis terug komt in één grote opdracht. Tijdens deze periode zijn veel van deze geleerde dingen voorbijgekomen maar nog zo veel meer. Zo wordt er bij Sercom verwacht dat de werkzaamheden persoonlijk worden verricht en een hoge mate van zelfredzaamheid is erg belangrijk. Door de redelijk kleine opzet van het bedrijf Sercom heeft iedereen zijn eigen taak en is hier dan ook voor het grootste gedeelte verantwoordelijk voor.

Deze tijd heeft me geleerd dat heel veel dingen zelf aan te leren zijn. Vragen kan goed zijn maar heel vaak zijn deze vragen ook zelf te beantwoorden. De uitspraak: "Read the manual" is meer dan eens voorbijgekomen en na een goede speurtocht werd meestal het antwoord dan ook wel gevonden. Vaak kostte dit alles veel tijd maar het antwoord was van jezelf. De belangrijkste les: Ga eerst zelf uitzoeken en kom in het uiterste geval maar weer terug. Je krijgt alle ruimte om een experiment uit te voeren mits dit duidelijk uit te leggen valt. Vallen en opstaan was soms zeker aan de orde maar deze periodes zorgen wel voor een betere doorgronding van het onderwerp en aan het einde voor een beter product. De "Oh Ja Natuurlijk" factor was soms erg aanwezig maar ook zo ontzettend leerzaam. Door de theoriekennis aan praktijkvoorbeelden te koppelen wordt de materie veel tastbaarder en kan het pas echt eigen worden gemaakt.

Ik heb Sercom leren kennen als een bedrijf waar een zeer prettige werksfeer hangt. Alle medewerkers werken hard om een goed product neer te zetten waar iedereen trots op kan zijn. Doordat er duidelijke taken zijn, is het voor iedereen transparant waar de verantwoordelijkheden van een product liggen. Bijna alle producten worden onder hetzelfde dak gemaakt waardoor eventuele veranderingen snel kunnen worden besproken. Door deze opzet ontstaat er een product waar van begin tot het einde vakmanschap in naar voren komt. Prijsbewust maar niet onder doen aan de service, dat is waar Sercom voor mij voor staat.

Ik heb een zeer leerzame en leuke tijd gehad bij Sercom en waarschijnlijk wordt deze tijd nog verlengd om dit gehele project toch een goed en werkend einde te brengen. Graag wil ik iedereen van Sercom bedanken. Vanuit Sercom wil ik graag het elektro-team bedanken voor hun inbreng, tips, lessen en kritische kanttekeningen: André, Peter en Luuk Bedankt! Vanuit de Haagse Hogeschool wil ik graag Meneer F.C. van Pinxteren, Meneer Op Den Brouw en Meneer Witte bedanken voor hun ondersteuning tijdens dit project.

Veel plezier met het lezen van mijn afstudeerverslag van deze enerverende tijd,

Tim Bakker, Lisse 17-12-2013

2 Inhoudsopgave

1	Voorwoord	2
2	Inhoudsopgave.....	4
3	Samenvatting.....	6
4	Inleiding	8
5	Opdracht omschrijving en Specificaties.....	10
5.1	De specificaties	11
5.2	De specificaties in beeld	13
6	Hardware.....	16
6.1	Verplichte hardware	17
7	Microcontroller	20
7.1	Ontwikkelborden	20
7.2	ADC testopstelling.....	21
7.2.1	Voorlopige conclusies microcontroller	23
8	Ingangen.....	24
8.1	Temperatuurmetingen	24
8.1.1	PT500 meting.....	24
8.2	De NTC Meting.....	30
8.3	Universele analoge ingangen	31
8.4	Digitale ingang.....	33
8.5	Het schema	34
9	Uitgangen	36
10	LCD en Rotary encoder	38
10.1	LCD	38
10.2	Rotary Encoder	40
11	USB en SD-Kaart	42
11.1	USB-Poort	42
11.2	USB Led en button	44
11.3	SD kaart	44
12	Geheugen	48
13	Ethernet	50
14	Voeding	52
15	Overige componenten.....	56

15.1	E1 Aansluiting.....	56
15.2	RS-232 Jack plug	57
15.3	Error led	57
15.4	DIP-switch	58
15.5	Reset Circuit.....	58
15.6	Montagegaten.....	59
15.7	Ontstoring	59
15.8	Microcontroller Kristallen	59
16	OrCAD	60
17	Behuizing.....	62
18	PCB Ontwerp	64
19	Aanbevelingen en verbeterpunten	68
19.1	Verbeterpunten.....	68
19.2	Aanbevelingen	68
20	Conclusies.....	70
21	Epiloog	72
22	Bijlages	74
22.1	Vergelijking ontwikkelomgevingen.....	74
22.1.1	High-Performance Embedded Workshop (HEW)	74
22.1.2	E2 Studio.....	75
22.1.3	Voorbeeldprogramma's.....	76
22.2	Twee-, Drie-, Vierdraads meting	77
22.3	Test rapport PT500 meting	79
22.4	Schema	87
22.5	PCB	96
23	Bronnenlijst.....	102
24	Lijst met afbeeldingen	109

3 Samenvatting

In dit verslag wordt de opbouw voor een kleine compacte regelaar voor in een kas beschreven. In opdracht van Sercom Regeltechniek B.V. is deze regelaar ontwikkeld om door middel van een microcontroller een aantal sensoren uit te lezen en aan de hand van deze meetgegevens externe apparatuur aan te sturen. De regelaar kan de volgende variabelen waarnemen: Binnentemperatuur, Buitentemperatuur, Licht, Vocht, CO2 en de status van de Heater. De regelaar kan het klimaat van de kas aanpassen door middel van een Heater en een Ventilator waardoor verschillende factoren van de kas kunnen worden aangepast. Ook bevindt zich een real-time klok aan boord om verschillende functies aan te sturen aan de hand van tijdsgebonden evenementen.

In de regelaar wordt een regelsysteem ingeladen dat gaat functioneren aan de hand van een vooraf ingesteld programma dat door de gebruiker of de dealer zelf kan worden geprogrammeerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van intern en extern geheugen. De regelaar is voorzien van 128 Megabyte aan SDRAM en biedt de mogelijkheid tot het opslaan van meetgegevens op een USB of SD-Kaart Medium. Ook kan informatie worden opgevraagd door middel van een Ethernetpoort. De status van de regelaar wordt op zichzelf uitgelezen van een groot LCD Scherm van 128x64 pixels. De gebruiker kan verschillende opties selecteren door middel van een Rotary encoder met druk functie.

De regelaar wordt in een compacte kast gebouwd met daarin enkele wartels voor externe sensoren, Ethernetkabel en de voeding. Er is voor gekozen een externe voeding van 5 Volt te gebruiken die intern wordt beveiligd tegen overspanning, verkeerd aansluiten en stoorsignalen. Alle sensor ingangen worden ook beveiligd tegen verschillende vormen van foutieve metingen en overbelasting.

De regelaar wordt gerealiseerd op een enkele print en heeft een paar leds aan boord om de gebruiker in een oogopslag te laten zien wat de status van verschillende variabele is, zoals: voeding, digitale ingang, digitale uitgang en errormeldingen.

De regelaar biedt opties om verschillende soorten sensoren te kunnen aansluiten om zo flexibel mogelijk te zijn. Door de kleine oppervlakte en goedkope kostprijs is de regelaar bestemd voor kleine bedrijven en particulieren van de markt in kasregelingen. Door deze nieuwe regelaar kan Sercom een nieuwe doelgroep binnen de markt gaan bedienen.

4 Inleiding

Sercom regeltechniek B.V. is een bedrijf dat zich heeft gespecialiseerd in het bouwen van regelsystemen voor bollenkwekers en kassen. Deze systemen worden allemaal binnen Sercom bedacht en gebouwd. Door deze opzet vinden alle werkzaamheden onder één dak plaats. In de afgelopen dertig jaar heeft het bedrijf veel veranderingen doorgemaakt en zijn er veel nieuwe producten ontwikkeld. Sercom levert aan dealers in een aantal verschillende landen en is dus zelf niet verantwoordelijk voor het installeren van de regelsystemen. Wel is er een reparatieafdeling aanwezig die eventuele defecten apparatuur kan repareren of vervangen.

Door de kleine opzet van het bedrijf zijn de communicatielijnen erg kort. Dit zorgt er voor dat zowel de hard- als de software perfect op elkaar zijn aangepast. De regelsoftware die wordt toegepast in de regelaars van Sercom wordt voortdurend aangepast aan de nieuwe vraag van klanten. Doordat Sercom is begonnen in bollenschuren zijn veel van de programma's aangepast aan dit soort regelingen. In de looptijd van Sercom is de afzetmarkt verschoven van bollenschuren naar de tuinbouw vanwege het feit dat de bollensector verzadigd was met regelsystemen.

Ook op het gebied van hardware zijn er veranderingen gaande binnen Sercom. Er wordt hard gewerkt om te voldoen aan de huidige vraag van klanten. In deze digitale wereld waarin klanten zijn gewend aan alle voordelen die het internet te bieden heeft kan Sercom uiteraard niet achterblijven. Zo wordt er gewerkt aan nieuwe interfaces waarin de gebruiker gemakkelijk kan uitlezen hoe zijn regelsysteem er voor staat en eventuele veranderingen direct kan doorvoeren. Ook zijn er plannen om regelsystemen te voorzien van een internet aansluiting zodat het mogelijk wordt om op elke plek in de wereld de regelsystemen te monitoren en waar nodig te updaten. De huidige stand van zaken is hier nog niet op voorbereid en dit alles kan nu enkel door het vervangen van de EEPROM. In de regelkast wat voor sommige klanten een obstakel blijkt te zijn.

Ook wil Sercom graag nieuwe klanten bedienen in een ander segment van de markt. Tot op heden worden er vooral grote regelsystemen gebouwd waarin tientallen in- en uitgangen worden aangestuurd. Dit is echter niet voor elke kas de meest voordelige of passende oplossing. Hiervoor wil Sercom graag een kleine regelaar in de markt zetten die gemakkelijk te bedienen is en alle nieuwe snufjes bevat die in deze tijd gewenst zijn.

Voor het ontwikkelen van deze regelaar was tot nu toe nog geen tijd gevonden om hier een serieuze blik op te werpen en met een fris, klein en betaalbaar apparaat te komen die voor deze nieuwe markt ingezet kan worden. In de afgelopen periode heeft hier onderzoek naar plaatsgevonden en met de huidige stand van de techniek is er een product ontwikkeld dat zowel functionaliteit als grootte met elkaar combineert tot een nieuwe regelaar.

In het onderstaande rapport worden alle facetten van deze nieuwe regelaar uitvoerig besproken. Keuzes worden toegelicht en uiteraard wordt de uitwerking in de vorm van een schema en een Printed Circuit Board (PCB) ontwerp getoond.

5 Opdracht omschrijving en Specificaties

Sercom heeft al een geruime tijd het idee om een regelaar te gaan ontwikkelen die een nieuw marktsegment gaat bedienen binnen de kasautomatisering. Echter door gebrek aan capaciteit is dit product nooit tot een uitwerking gekomen. Wegens gebrek aan elektrotechnische ingenieurs werd er gezocht naar een stagiair elektrotechniek. Door deze extra capaciteit werd het voor Sercom mogelijk de nieuwe regelaar een kans te geven en tevens de stagiair de mogelijkheid te bieden Sercom te leren kennen.

Het idee voor een kleinere regelaar voor de kleine ondernemer en particulier is ontstaan doordat een klant Sercom benaderde of dit tot de mogelijkheden behoorde. Dit product maakte echter nog geen deel uit van het assortiment van Sercom. Indertijd werd er besloten dit product niet te gaan ontwikkelen omdat de capaciteit binnen Sercom onvoldoende was om binnen een afzienbare tijd een regelaar te ontwikkelen die volledig functioneel zou zijn. Ook wogen de ontwikkelkosten niet op tegen de berekende afzet van het product. Ook wilde de klant geen voortijdige investering doen in het product.

Door deze afwegingen is het project uitgesteld tot een nader te bepalen datum. Echter voor deze afstudeerperiode leek Sercom dit de uitgelezen kans om een stagiair de kans te geven zich te bewijzen door het volledig zelf ontwikkelen van deze regelaar. De filosofie van dit project is het aanvullen en vernieuwen van het huidige assortiment van Sercom. Ook moeten er nieuwe technieken worden ingebouwd zoals het opslaan van gegevens op een SD-Kaart of USB-Stick. Door de gehele regelaar te laten ontwikkelen door een stagiair hoopt Sercom op een nieuwe visie op de bestaande producten. Enkele delen die worden gebruikt in deze regelaar worden al langer gebruikt in de bestaande producten van Sercom. Door de komst van nieuwere technieken en IC's zijn er veel nieuwe mogelijkheden om bestaande processen uit te voeren.

Een bijkomend gegeven is dat deze regelaar wordt ontwikkelend voor de Japanse markt en er moet dus rekening worden gehouden met een aantal aspecten. De besturing en uitlezing moeten de Japanse taal ondersteunen en kunnen weergeven. Ook moet deze regelaar in verschillende uitvoeringen worden geproduceerd. De verschillende uitvoeringen moeten een uitbreiding worden op het basismodel zodat bij de productie zo veel mogelijk met één regelaar gewerkt kan worden.

Door een kleine opzet moet er zo veel mogelijk gebruik worden gemaakt van kleine componenten. Echter is er ook het verzoek om zo veel mogelijk componenten te gebruiken die al aanwezig zijn bij Sercom. Dit om het magazijn zo compact mogelijk te houden. Dit alles draagt bij aan een concurrerend product. De verwachte afzet die is berekend door Sercom is ongeveer 2000+producten in de komende 4 jaar.

5.1 De specificaties

Aan het begin van deze afstudeerperiode is er overleg geweest over het te ontwerpen product. Ook zijn er verschillende specificaties overhandigd die al langer bekend zijn bij Sercom. Deze specificaties zijn opgesteld aan de hand van de wensen van de klant en komen dus goed overeen met een product dat in de markt gezet kan worden en waar vraag naar is.

Aan het begin van de periode zijn de volgende specificaties opgesteld die zeker moeten terugkomen in het eindproduct. Deze specificaties zijn deels door de klant, deels door Sercom opgesteld om een verkoopbaar product te vervaardigen. Hier onder de specificaties met eventuele achterliggende gedachten:

- De regelaar moet de Japanse markt bedienen en daarom moeten alle bedieningen en menu's kunnen worden uitgevoerd in Japanse tekens. Het product heeft aangevraagd door een Japanse klant die in dit land de regelaar wil gaan afzetten.
- De regelaar moet worden gebouwd op omgevingsinvloeden die vaak van toepassing zijn in kassen. Hierbij moet worden gedacht aan veel storingsbronnen en omgevingen waar vocht en warmte een belangrijke rol spelen.
- De processor: Renesas RX62N8 145-pins. Reden: De nieuwe producten die worden ontworpen door Sercom zijn op basis van deze microcontroller. Verder is deze processor zeer veelzijdig en heeft het vele handige functies ingebouwd die van pas komen bij de verdere ontwikkeling van de regelaar. Ook is er al software gemaakt door Sercom voor deze processor waardoor het productsoftware beter uitwisselbaar wordt.
- De volgende grootheden moeten worden gemeten:
 - Binnentemperatuur;
 - Buitentemperatuur;
 - Heater aan/uit;
 - Heater terugmelding vanuit de uitgang;
 - CO₂;
 - Licht;
 - Vocht.
- De volgende apparatuur moet kunnen worden aangestuurd:
 - Heater;
 - Ventilator.
- De regelaar moet een gemakkelijke gebruikersinterface krijgen waarmee iedereen snel de juiste gegevens krijgt. Hierdoor is er gekozen om de interface uit enkel en LCD scherm en een Rotary Encoder te laten bestaan. Het grafische LCD scherm wat gebruikt wordt door Sercom in bestaande apparaten moet worden gebruikt in dit ontwerp met als achterliggende gedachten kostenbesparing en een kleinere magazijnvoorraad.

- De regelaar moet beschikken over een USB Poort voor zowel gegevens opslag, als wel het updaten de klimaatsoftware.
- Een SD-Kaart houden moet ook aan de regelaar worden toegevoegd om te zorgen voor een portable opslag medium voor de meetgegevens.
- De SD Kaart wordt vast in het apparaat meegeleverd om bij het eerste gebruik te kunnen garanderen dat de verzamelde gegevens direct kunnen worden opgeslagen.
- De regelaar moet beschikken over een uitgebreid geheugen om verschillende meetgegevens en delen van het programma in op te slaan. Er is voorgesteld om dit geheugen in de vorm van SDRAM in de regelaar te bouwen.
- De regelaar moet zo veel mogelijk worden opgebouwd uit onderdelen die voorhanden zijn bij Sercom. Bij de aanschaf van nieuwe onderdelen moet er gekeken worden of de onderdelen goed voor handen zijn en of er nog andere leveranciers zijn van hetzelfde onderdeel. Ook moeten er goede kosten overweging worden gemaakt om de productie kosten van de regelaar zo laag mogelijk te houden.
- De voeding moet zowel op 120V als 230V werken om de regelaar zo veelzijdig mogelijk te houden. Door de regelaar beschikbaar te maken voor verschillende voedingsspanningen is het mogelijk de regelaar in verschillende landen af te zetten.

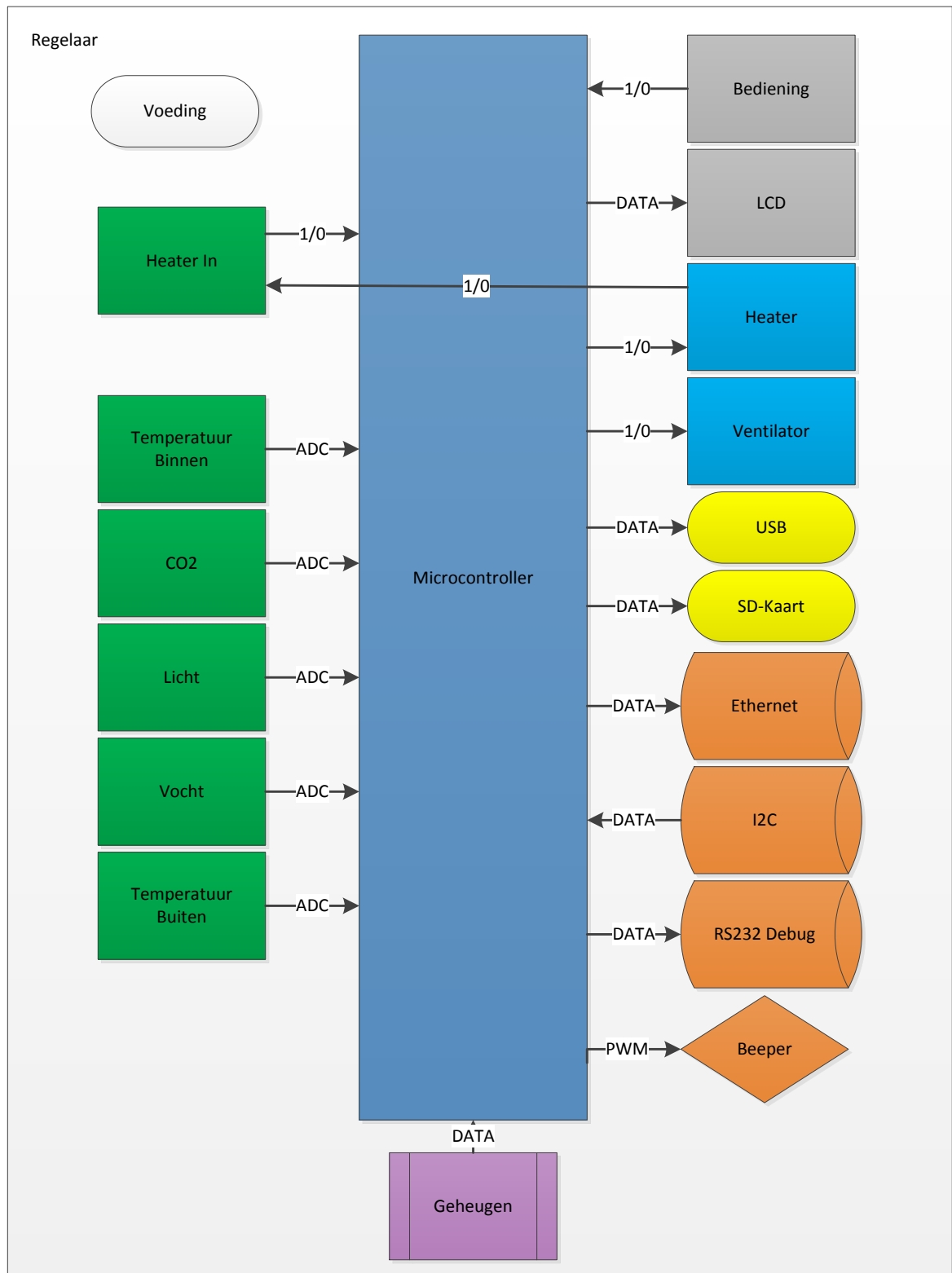
Ook zijn er nog een paar wensen vanuit Sercom en de klant die worden omschreven als *"Nice to have"*. De functies zijn nog niet verplicht in het eerste ontwerp van de regelaar maar zouden in een verder stadium handig zijn en extra functionaliteit opleveren. Ook sluiten deze functies goed aan bij de toekomst visie van Sercom. Bij het vervolg van het project is een gedegen afweging gemaakt of deze extra functies haalbaar zijn. De volgende extra functionaliteiten zijn beschreven in de specificaties:

- Het aanbrengen van een netwerkaansluiting; Deze netwerkaansluiting zou er voor zorgen dat de regelaar direct in contact kan komen te staan met het internet en het huisnetwerk van de klant. De klant kan dan gemakkelijk vanaf iedere plek op de wereld zijn kas in de gaten houden en eventuele veranderingen snel doorvoeren. Ook is een netwerkaansluiting handig voor de dealers van Sercom. Door een netwerkaansluiting is het voor de dealer mogelijk de regelaar op afstand uit te lezen en waar nodig aanpassingen te maken of een soft-reset uit te voeren.
- Een RS-232 debug uitgang; Deze vorm van debug wordt al een tijd gebruikt om de verschillende functies van de regelaar uit te lezen door middel van een terminal (RS-232) verbinding.
- Log File; Een log file is handig voor zowel de klant als de dealers. Door een gedetailleerd logbestand bij te houden is het gemakkelijk terug te vinden wat de regelaar allemaal voor taken heeft uitgevoerd en waar eventueel foutieve waardes of beslissingen zijn genomen. Ook is het mogelijk om te kijken waardoor een regelaar is vastgelopen door middel van het

bestuderen van de Log File. Deze optie is in de hardware oplossing al meegenomen en betreft dus eigenlijk meer een software oplossing.

5.2 De specificaties in beeld

Na het interpreteren van de opgegeven specificaties is het wenselijk gebleken alle informatie die in dit voortraject is vergaard in een duidelijk flowdiagram te verwerken. In dit flowdiagram is de microcontroller het centrale component van de regelaar waaraan alle delen worden gekoppeld. Enkel de voeding is onafhankelijk van de microcontroller en wordt dan ook als een los element gezien. Bij het opstellen van dit flowdiagram is er ook een korte inventarisatie geweest, hierbij er is gekeken naar het te gebruiken in- en/of output signaal van de microcontroller. De kleurstelling van de toegepaste blokken geven aan wat de functie is van de het beschreven blok. In het volgende schema staan de groene elementen voor informatiestromen naar de microcontroller toe, blauw voor informatie van de microcontroller af, grijs voor directe interactie met de gebruiker, geel voor informatieverwerking, oranje voor communicatie met andere systemen en paars voor interne opslag van data. Verder is er onderscheid gemaakt tussen digitale stuursignalen (1/0), analoge stuursignalen (ADC) en parallelle- en seriële buslijnen (DATA).



Figuur 1: Basisoverzicht Regelaar

6 Hardware

Na een globaal beeld te hebben gekregen van de werking en de opzet van de regelaar, moeten deze specificaties worden 'vertaald' naar een werkend product. In deze vertaalslag moet er rekening worden gehouden met een aantal factoren die meewegen in de het uiteindelijke product. Enkele factoren die direct van invloed zijn op keuzes die gemaakt moeten worden zijn de volgende:

- Haalbaarheid; zijn de onderdelen die worden gebruikt compatibel met de gebruikte processor, voedingsspanning, grote van de regelaar, et cetera.
- Betaalbaarheid; wegen de hogere kosten op tegen een betere resolutie of snelheid?
- Extra componenten; Een oplossing kan beter zijn maar zijn hier extra componenten voor nodig?
- Voldoet het aan de specificaties; zijn de componenten geschikt om langdurig in slechte omstandigheden gebruikt te worden, welke beveiligingen zijn nodig.
- Veiligheid versus kosten; Met welke risico's en omgevingsvariabele moet er rekening worden gehouden?

Al deze factoren moeten worden meegenomen in ieder deel van het ontwerp waardoor er soms moeilijke keuzes gemaakt moeten worden tussen goed en betaalbaar. Door hier een goede afweging te maken ontstaat er een ontwerp met een gunstige prijs-kwaliteitsverhouding. Iets waar Sercom in de markt bekend om staat. Ook moet het product bij eventuele defecten gemakkelijk te repareren zijn.

Bij het ontwerpen van de regelaar moet er allereerst worden gekeken naar componenten die vast zijn gezet door de opdrachtgever of door Sercom zelf. Door deze vaste specificaties te bestuderen is het mogelijk om een goed beeld te schetsen wat er allemaal mogelijk is.

In de volgende hoofdstukken worden de hierboven beschreven onderdelen stuk voor stuk beschreven en in detail behandeld. Ook wordt er per deel besproken hoe de hardware in de regelaar verwerkt moet worden. In het ontwerpproces is allereerst elk onderdeel op werking getest. Door middel van een testopstelling op een breadboard of print is ieder deel grondig getest op werking en eventuele omgevingsfactoren. Deze opzet is zeer tijdrovend omdat alle onderdelen eerst worden ontwikkeld en daarna gebouwd en uitvoerig getest moeten worden. Tijdens deze testen kan blijken dat een ontwerp niet voldoet aan de specificaties of niet reageert zoals verwacht. Ook moet er vaak een connectie te weeg worden gebracht met de microcontroller en gewerkt worden met ontwikkelborden waar de Renesas microcontroller op is gemonteerd. Door uit te zoeken welke pinnen voor welke functies zijn bedoeld kan elk onderdeel afzonderlijk met de microcontroller worden getest. Dit alles is bedoeld om achteraf niet voor verrassingen komen te staan.

In de hoofdstukken worden delen uit het complete schema in detail besproken zodat na het lezen van deze hoofdstukken elk deel van het schema is besproken. Hierna wordt het hele schema besproken en zal duidelijk worden waar elk deel van het schema zijn plek krijgt en tot één samenhangend geheel wordt verwerkt.

Ook za in enkele hoofdstukken worden besproken hoe de test fase er uit heeft gezien en wordt er eventueel stukken code in C aan het verhaal toegevoegd om te laten zien hoe de microcontroller kant van het test schema er uit heeft gezien. Deze stukken code zijn vaak nog ruwe code is enkel en alleen bedoel waren om aan te tonen dat een dergelijk systeem in de praktijk zou werken.

Alle analoge hardware zoals ingangen en uitgangen zijn ook nog gesimuleerd met behulp van Multisim. Door deze simulaties is de uiteindelijke werking van een systeem goed te bestuderen. Ook was het op deze manier mogelijk gemakkelijker wijzigingen aan te brengen in een idee. Dit blijkt een stuk sneller te werken dat het fysiek veranderen van een schema en is dus tijdefficiënt. Echter is het bedenken en uittesten van elk stuk hardware tijdrovend gebleken.

Voor het testen van de analoge hardware is gebruik gemaakt van breadboard schakelingen die met behulp van voedingen zijn getest voordat ze aan de microcontroller werden bevestigd. De PT500 meting is met behulp van gaatjesprint getest omdat in het uiteindelijke ontwerp gewerkt wordt met SMD componenten en dit niet op een breadboard te doen is.

6.1 Verplichte hardware

De door Sercom gestelde specificaties waren dan ook de eerste secties die zijn onderzocht voor dit project. Er werd begonnen met het onderzoeken van de microcontroller en hoe deze was opgebouwd. Door verschillende tests uit te voeren met de microcontroller is de werking verduidelijkt en kon er beter worden geschat hoe de externe hardware uit moest komen te zien. Ook is er duidelijk geworden aan welke eisen er moet worden voldaan voor een correcte werking van de desbetreffende secties. Zoals eerder werd besproken gaat er in dit ontwerp gebruik worden gemaakt van de Renesas RX62N uit de RX600 serie. Er zal gebruik worden gemaakt van de 145-pins uitvoering van deze microcontroller vanwege het feit dat deze ook in andere schema's van Sercom wordt gebruikt.

Vanuit Sercom is aangegeven dat er gebruik moet worden gemaakt van het LCD wat ook al bij andere ontwerpen wordt gebruikt. Het betreft hier een grafisch display van 64 bij 128 pixels. In het uiterste geval mag hiervoor een ander display met overeenkomstige eigenschappen worden gebruikt mits dit in goed overleg gebeurt en goed onderbouwd is. Ook was het gebruik van een Rotary encoder een vereiste in het ontwerp. Dit om de gebruikerservaring bij de nieuwe producten van Sercom hetzelfde te houden. Door het gebruik van een minimaal aantal knoppen zijn er minder factoren van de regelaar die defect kunnen raken.

Bij de analoge ingangen moet er rekening worden gehouden met eventuele overspanning en stoorsignalen die door de externe sensoren opgevangen kunnen

worden. Door deze beveiligingen wordt de kans of foutieve meting en eventuele defecten verder teruggedrongen wat ten goede komt aan een betrouwbaar product. Bij de analoge ingangen voor sensoren moet de keuze mogelijk zijn tussen het meten van 0V tot 5V en 4mA tot 20mA. Ook moet er bij de temperatuur sensoren worden gekeken of het mogelijk is om met een minimaal aantal componenten de keuze mogelijk te maken tussen een NTC en een PT500 meeting.

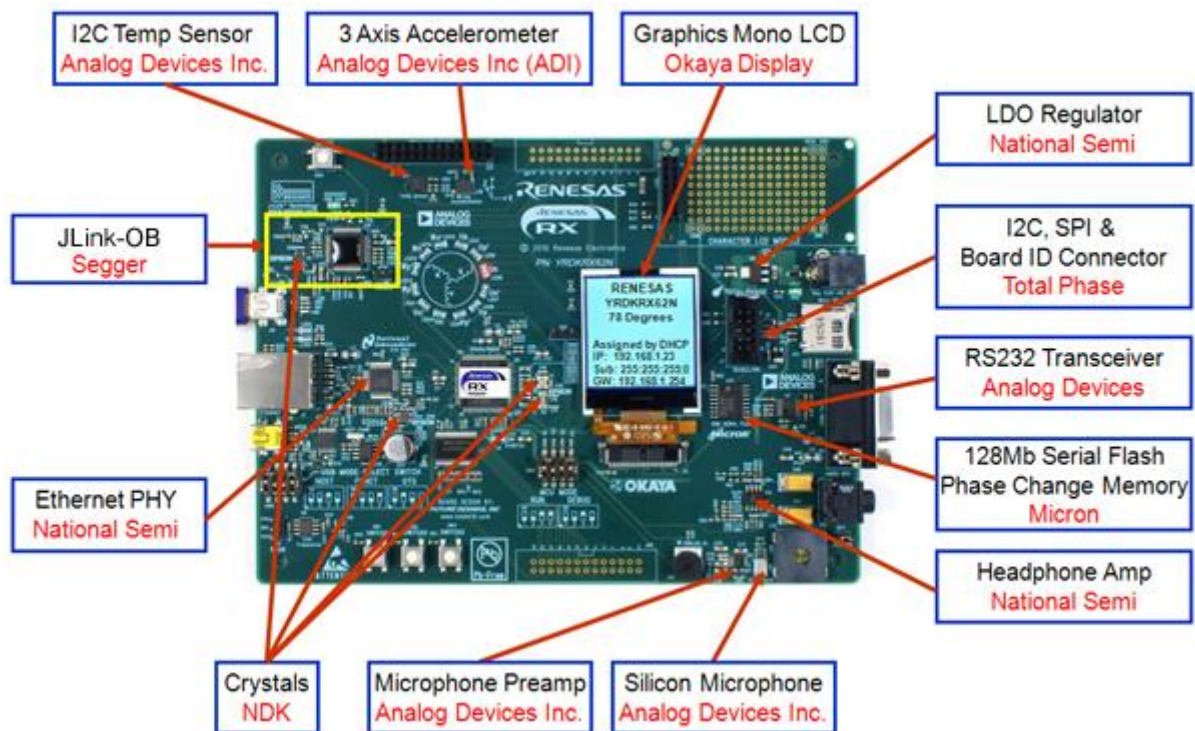
7 Microcontroller

Bij de inventarisatie van de microcontroller kwam al snel naar voren dat deze microcontroller aan alle eisen voldoet die voor dit ontwerp nodig zijn. Zo is er beschikking over 8 ADC ingangen die het mogelijk maken analoge ingangen uit te lezen. Is er een interne voorziening voor USB, Ethernet en SPI. Bestaat er de mogelijkheid om extern geheugen van maximaal 128 Megabyte aan te sluiten. Beschikt de microcontroller over meer dan 100 General Purpose Input Output (GPIO) en een uitgebreide debug mogelijkheid.

Al deze functies zijn terug te vinden in de datasheet die wordt geleverd bij de microcontroller (Bron: (Renesas)) en riepen bij aanvang van dit project wel een aantal vragen op. Zo moest er worden uitgezocht hoe individuele aspecten van de microcontroller gebruikt kunnen worden. Voor deze testperiode zijn er ontwikkelborden aanwezig van Renesas waarop de meest essentiële functies aanwezig zijn.

7.1 Ontwikkelborden

Bij het ontwikkelen van de regelaar is er als eerste gekeken naar de microcontroller omdat dit het hart wordt van de regelaar. Vanuit de microcontroller wordt als het ware de regelaar per deel uitgebreid naar het uiteindelijke ontwerp. Bij de aanvang van deze periode werd opgegeven dat er gebruik gemaakt moest gaan worden van deze microcontroller omdat deze ook wordt gebruikt bij andere ontwerpen van Sercom. Ook werden er 2 ontwikkelborden overhandigd waarmee geëxperimenteerd kon worden. Deze borden beschikken allebei over uiteenlopende mogelijkheden om verschillende functionaliteiten te testen. Zo beschikken deze borden over een ethernet- en USB aansluiting maar ook over verschillende leds en microswitches. De meeste tests werden uitgevoerd met de Renesas YRDKRX62N: (Bron:(Renesas))



Figuur 2: Renesas YRDKRX62N

Bij een paar andere testopstellingen was het nodig om te gebruik te maken van meet GPIO waardoor er ook werd gewerkt met de **RSK + RX62N** (Bron: (Renesas)) en de **Renesas YRPBRX62N** (Bron: (Renesas)). Bij de eerste opstelling bleek echter de RSK + RX62N bord niet bruikbaar omdat hier geen extra debugger voor was. Bij de andere borden wordt er gebruikt gemaakt van J-Segger Debugger die is geïntegreerd op het experimenteerbord. Deze debugger is rechtstreeks aan te sluiten op een vrije USB port van de computer en behoeft geen externe hardware. Bij het schrijven van embedded software is er een keuze tot enkele programma's waarvan er enkel is gewerkt met de High-Performance Embedded Workshop (HEW) en E2 Studio gebaseerd op Eclipse. Een korte vergelijking van deze 2 ontwikkelomgevingen is terug te vinden in de bijlage: 22.1 Vergelijking ontwikkelomgevingen.

7.2 ADC testopstelling

Zoals eerder vermeld is de ADC meeting een belangrijk element in het ontwerp van de regelaar. Een correcte meeting zorgt er voor dat beslissingen die worden genomen door de regelaar op de juiste gronden worden genomen. Het is van groot belang deze ingang goed te doorgronden en te onderwerpen aan een test voordat deze wordt opgenomen in het ontwerp voor de regelaar. Voor deze test wordt er gebruik gemaakt van het YRDKRX62N experimenteerbord. Dit experimenteerbord beschikt over een potmeter die is aangesloten op een ADC ingang van de microcontroller. Door de waarde op het scherm van dit bord te tonen kan tevens ervaring worden opgedaan met het aansturen van een LCD. Dit kan uitermate handig zijn bij het uiteindelijke ontwerp waarbij er ook gebruikt gemaakt van een LCD.

De code die bij deze testfase naar voren kwam is bruikbaar in het uiteindelijke ontwerp en kan met een paar kleine aanpassingen worden gebruikt voor alle analoge ingangen. Er wordt hier gebruik gemaakt van de 12-Bits ADC meeting, die tevens ook gebruik gaat worden in het uiteindelijke ontwerp. De Renesas microcontroller beschikt over 8 kanalen wat ruim voldoende is voor alle geplande ingangen. Alle ADC ingangen zijn aangesloten op port 4 van de microcontroller. De volgende code zorgt voor het correct instellen en uitlezen van de ADC:

Code:

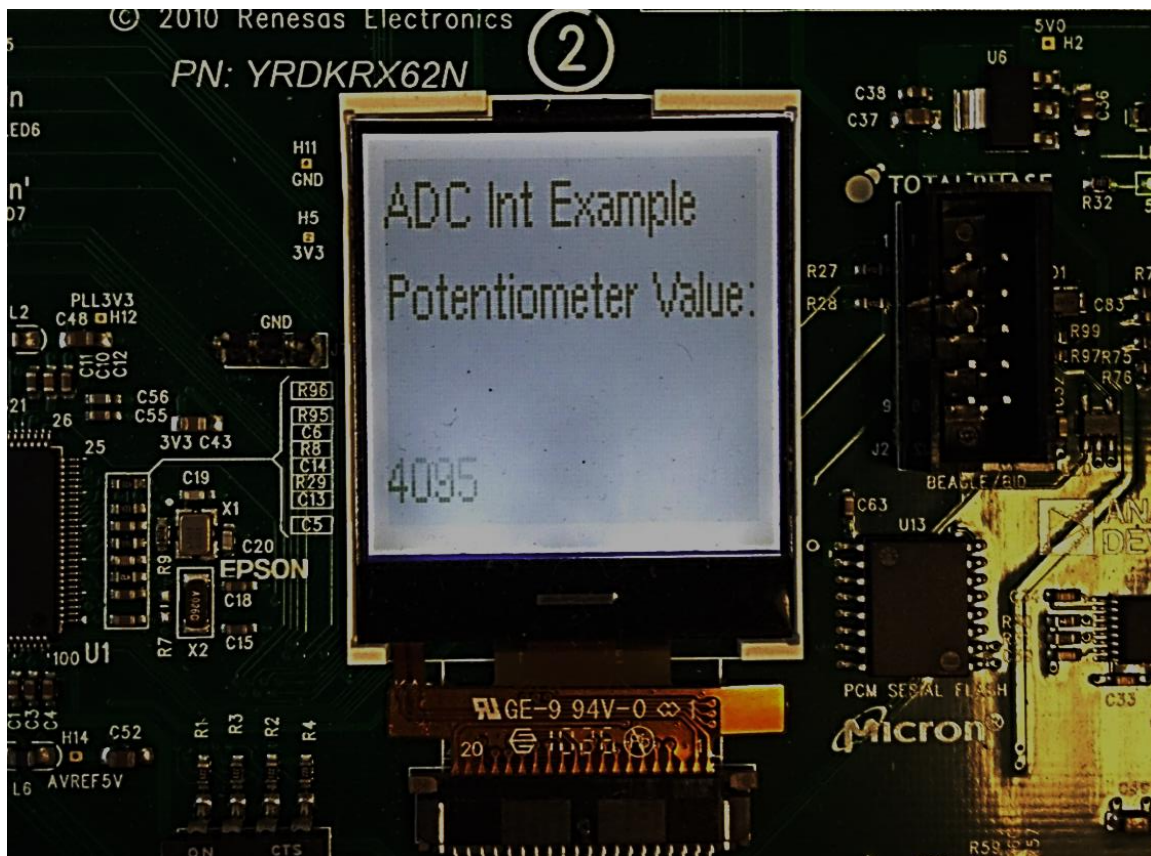
```
void ADC_Init(){
    SYSTEM.MSTPCRA.BIT.MSTPA17 = 0;    //activeer ADC 12-Bits
    S12AD.ADCSR.BYTE = 0xCC; //AD Control Register (Start ADC,
    Continuous, Geen prescaler, Geen externe trigger)
    S12AD.ADANS.WORD = 0x0010; //Channel Select = 4
    S12AD.ADCER.BIT.ACE = 1;    //Automatisch leegmaken data register
    bij lezen
    S12AD.ADCER.BIT.ADRFMT = 0;    //Bij 0 wordt rechts ingelezen in het
    register
    S12AD.ADSTRGR.BIT.ADSTRS = 0x0;
    S12AD.ADCSR.BIT.ADST = 1;
}
void main(){
    unsigned short ADC_out;
    char ADC_OUT [13];
    //knoppen en LED's instellen
    PORTD.DDR.BYTE = 0x07;
    PORTD.DR.BYTE = 0xFF;
    PORT4.DDR.BYTE = 0x00;
    //ADC port instellingen
    PORT4.DDR.BIT.B4 = 0; //DDR van port 4 op input (an4 = potmeter)
    PORT4.ICR.BIT.B4 = 1; //ICR (input buffer register)
    ADC_Init();

    if(GlyphOpen(&G_lcd, 0) == GLYPH_ERROR_NONE){
        /* use Glyph full access direct functions */
        GlyphNormalScreen(G_lcd);
        GlyphSetFont(G_lcd, GLYPH_FONT_HELV10);
        GlyphClearScreen(G_lcd);

        BSP_Display_String(LCD_LINE1, "ADC Int Example");
        BSP_Display_String(LCD_LINE2, "Potentiometer Value:");

        while (1) {
            ADC_out = S12AD.ADDR4 & 0X0FFF;
            sprintf (ADC_OUT, "%d", ADC_out);
            BSP_Display_String(LCD_LINE4, ADC_OUT);
            Int I;
            For(I = 0; I < 5000; I++);
        }
    }
}
```

Bij de bovenstaande testopstelling wordt gebruik gemaakt van de GLYPH API (Bron: (Renesas)). De API wordt echter (nog) niet gebruikt bij de rest van het ontwerp van de regelaar en wordt dan ook als hulpmiddel gezien en buiten beschouwing gelaten. Deze test laat zien dat een 12-bits waarde op het scherm van een decimale waarde wordt getoond.



Figuur 3: Output ADC testopstelling

Bij deze output is goed te zien dat de juiste waarde wordt gemeten bij het veranderen van de stand van de potmeter (Bij deze momentopname volledige bereik (3V3)) wordt de decimale waarde van 12-Bits weergegeven. Ook is te zien dat door de vernieuwingsfrequentie van het LCD de waarde vaak wordt vernieuwd en dus niet helemaal netjes wordt weergegeven. Dit valt bij deze test echter buiten beschouwing en zal dus niet verder worden besproken.

7.2.1 Voorlopige conclusies microcontroller

De Renesas RX62N is ruim voldoende voor het gebruik in de te bouwen regelaar. Deze vele functies en extra's zorgen er voor dat de regelaar in de toekomst zelfs zou kunnen worden uitgebreid met extra functionaliteit mocht dit gewenst zijn. Voor het testen van elke functionaliteit kan er gebruik worden gemaakt van de verschillende experimenteer boarden. Ook is tijdens deze periode duidelijk geworden dat E2 Studio meer aan de wensen voldoet en daarom ook de ontwikkelomgeving wordt waarin wordt gewerkt deze periode.

De ADC test laat zien over welke functionaliteiten de microcontroller beschikt ten opzichte van de analoge metingen en hoe dit samen kan werken met een LCD scherm. Doordat het uiteindelijke ontwerp veel gebruik gaat maken van de ADC-ingangen is dit een belangrijk deel van de microcontroller en is het essentieel dat deze ingangen naar behoren functioneren.

8 Ingangen

De regelaar gaan regelprocessen aansturen met informatie die wordt verkregen vanuit externe sensoren. Voor het uitlezen van sensoren wordt in veel gevallen gebruik gemaakt van analoge metingen. Deze sensoren kunnen gebruik maken van zowel spanning als stroom voor het doorgeven van informatie aan de regelaar. Er moet dus voor beide metingen voorbereidingen worden getroffen. Ook wordt er gebruik gemaakt van verschillende soorten temperatuurmeting waarbij de PT500 en de NTC de boventoon voeren. Voor deze ingang moet ook een opstelling worden gevonden die het gebruik van beide sensoren mogelijk maakt. In het volgende hoofdstuk wordt uiteengezet hoe de essentie van de meeting werkt en wat het uiteindelijk ontwerp is geworden. De ontwerpen hebben een ontwikkelproces doorgemaakt die wordt beschreven in de bijgevoegde bijlage.

8.1 Temperatuurmetingen

Allereerst is er gekeken naar de temperatuurmetingen omdat deze een belangrijk deel van de regelaar gaan vormen. Voor het regelsysteem is het belangrijk zowel de binnen- als de buitentemperatuur bij het systeem bekend zijn. In dit hoofdstuk wordt uiteengezet wat de NTC en PT500 meting precies inhouden en hoe deze zijn uitgevoerd in het uiteindelijke ontwerp.

8.1.1 PT500 meting

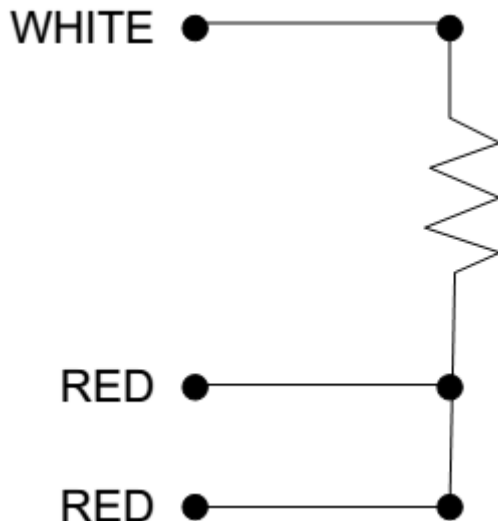
De PT500 Sensor is een zeer nauwkeurig meetinstrument die de temperatuur weergeeft aan de hand van een weerstand. Door de weerstand te meten is het mogelijk zeer nauwkeurig de temperatuur te bepalen. De PT500 sensor is opgebouwd uit een platina kern die in het geval van de PT500 sensor een weerstand heeft van 500Ω bij 0°C . Bij het berekenen van de temperatuur van de sensor moet de volgende formule worden aangehouden:

$$R_{pt} = 500 + 1,95 * T$$

De sensor heeft een nauwkeurigheid van 1/3 DIN ($0,1^{\circ}\text{C}$) en kan zowel met twee, drie of vier draden worden aangesloten. Bij Sercom wordt er enkel gebruik gemaakt van de 3-draads meting omdat deze bedrading voor dit doeleinde de gewenste nauwkeurigheid geeft. Voor een uitgebreide uitleg van de verschillende soorten metingen, zie bijlage 22.2 Twee-, Drie-, Vierdraads meting.

Bij de driedraads meting wordt er gebruik gemaakt van een extra draad waarmee de draadweerstand van de meting wordt afgetrokken. Door deze methode is het mogelijk zelfs bij lange kabels de invloed van de kabel geheel te verwaarlozen. Ook eventuele stoorsignalen die worden opgevangen door de kabel worden door deze methode weg gefilterd. De drie aders van de kabel liggen dicht bij elkaar en er mag verwacht worden dat een stoorsignaal op elke ader ongeveer even hard binnen komt. Door de twee aders van elkaar af te trekken wordt ook het stoorsignaal onderdrukt.

Door twee stroombronnen op de rode en de witte draad aan te sluiten en de tweede rode draad aan de aarde van het systeem aan te sluiten kan de precieze weerstand van de PT500 sensor worden gemeten. Zoals in het volgende figuur is te zien wordt de PT500 aan één kant verbonden met twee aders.



Figuur 4: PT500 3-draads meting

In de ontwikkelfase van deze meting zijn enkele tussenversies ontworpen die hebben geleid tot het uiteindelijke ontwerp wat hieronder uiteengezet wordt. Het testrapport van de voorgaande versies is terug te vinden in de bijlage 22.3: Test rapport PT500 meting.

Na deze testfase is er een meetsysteem naar voren gekomen die voor de grootst mogelijke nauwkeurigheid zorgt en ook kan worden gerealiseerd met een klein aantal componenten. Allereerst werd bij het berekenen van dit systeem rekening gehouden met een meetbereik van ongeveer -45°C en $+60^{\circ}\text{C}$. Deze waarden worden ook door Sercom aangehouden in de ontwerpen van temperatuur meetsystemen en komen dus goed overeen met de specificaties die een klant van deze ingang mag verwachten. Een kleine meetstroom van 1mA of minder is gewenst omdat dit zorgt voor een geringe zelfopwarming en dus weinig invloed op de meting heeft.

Door een stroom door de PT500 en de bijbehorende kabels te sturen wordt er een spanning opgewekt die kan worden gemeten door een ADC ingang van de microcontroller. In deze meting geldt de wet van Ohm:

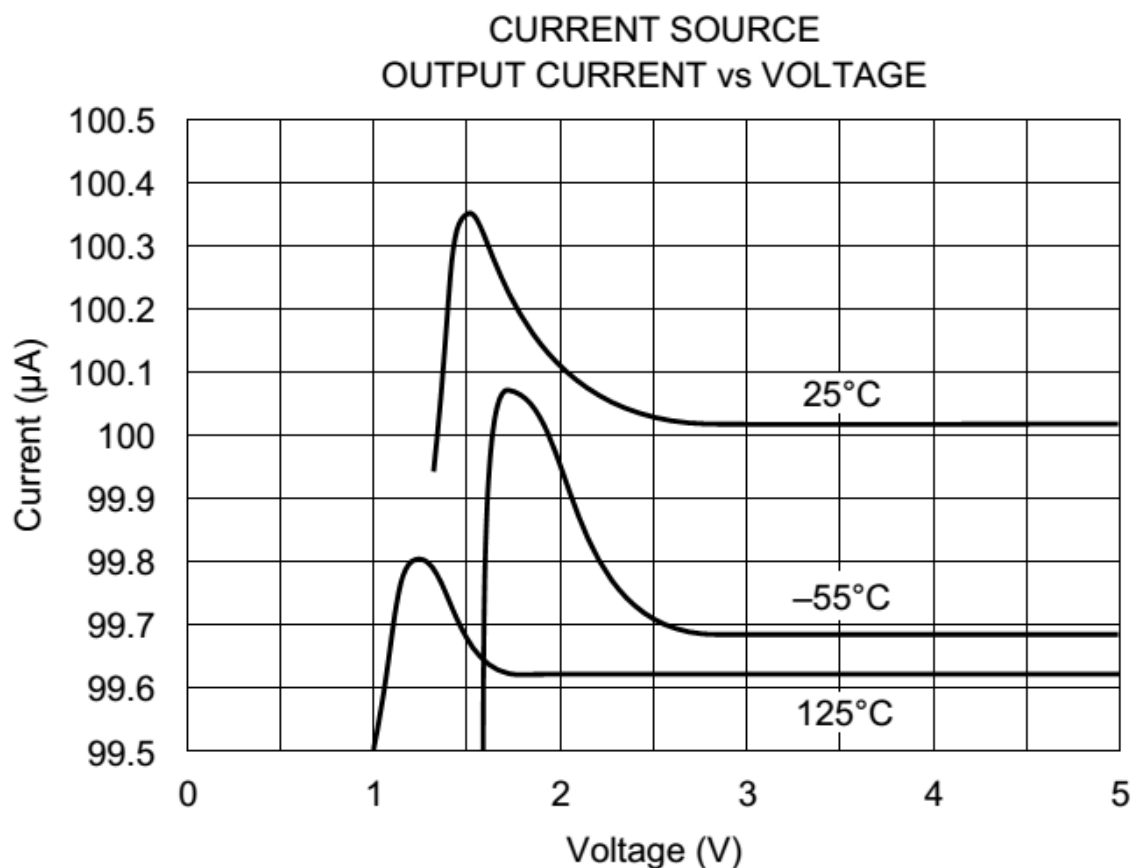
$$U = I * R$$

Bij een constante stabiele stroom kan de weerstand nauwkeurig worden bepaald. Deze spanning zal bij een kleine stroom ook een kleine waarde hebben en het is

nodig om deze spanning te versterken om een grotere nauwkeurigheid te kunnen behalen.

8.1.1.1 De Stroombron

Na een kleine inventarisatie is er een dubbele stroombron gevonden die een constante stroom van twee keer $100\mu\text{A}$ levert. Het gaat hier om een IC van Texas Instruments (voormalig Burr-Brown), de REF200 (Datasheet: (Texas Instruments)). Dit IC beschikt over twee stroombronnen en een stroomspiegel. De laatste functie wordt in dit ontwerp verder niet gebruikt en wordt ook niet besproken. De keuze voor dit IC is gemaakt omdat bij dit IC er geen gebruik gemaakt hoeft te worden van externe componenten om een nauwkeurige stroom ($\pm 0,5\%$) te genereren. Bij de keuze voor dit IC heeft ook de voedingsspanning een rol gespeeld. In de datasheet is de volgende grafiek voor de stroomafgifte te zien.



Figuur 5: Stroomafgifte REF200

Aanvankelijk werd er vanuit gegaan dat de stroombron dus zou functioneren bij een voedingsspanning van 3,3V. Deze voedingsspanning is ook aanwezig voor de microcontroller en zou dus het ontwerpproces van de voeding minder belasten. Echter bij de testfase van het ontwerp van de PT500 meting werd duidelijk dat een voedingsspanning van ongeveer 4V er voor zorgt dat de stroom op $100\mu\text{A}$ stabiliseert. Dit is uiteraard maar een testexemplaar maar omdat er ook USB op

de regelaar wordt gebouwd is er voor gekozen om de REF200 te voeden met een spanning van 5V.

Bij het ontwerpen van het uiteindelijke systeem moest er een oplossing worden gevonden om het gehele meetbereik van de ADC zo gunstig mogelijk te gebruiken. Uit de testfase is gebleken dat een instrumentversterker de meest gunstige meetresultaten oplevert (bron: (Wikipedia)) voor het aftrekken van de spanning die wordt opgewekt door de weerstand van de kabel. Zoals in de volgende tabel is te zien levert dit de volgende meetwaarden op:

Temperatuur	Weerstand	$U=I \cdot R$ ($I=100\mu A$)
-45°C	411,45 Ω	41,1mV
0°C	500 Ω	50,0mV
+25°C	546,75 Ω	54,7mV
+60°C	616,20 Ω	61,6mV

Tabel 1: Uitgangsspanning PT500

Uit deze tabel kan worden opgemaakt dat het meetbereik van deze meting dus eigenlijk tussen de 41,1mV en de 61,6mV ligt. Alle andere metingen worden in deze meting buiten beschouwing gelaten en moeten eigenlijk buiten de meting worden gehouden om het gehele bereik van de ADC te gebruiken. Hieruit volgt dat een temperatuur van -45°C een decimale waarde van 0 moet genereren en een temperatuur van +60°C een decimale waarde van 4095. Vooral het onderste gebied van de meting zorgt voor een verkleining van de meetnauwkeurigheid. Na een brainstormsessie werd duidelijk dat het probleem een zeer simpele oplossing heeft: Een offset weerstand. Een offset weerstand zorgt er voor dat de spanning die wordt gemeten over de controle draad wordt verhoogd tot de laagste waarde van de meting, in dit geval -45°C (Ongeveer 412 Ω). Door een zeer nauwkeurige weerstand (in dit geval $\pm 0,1\%$) in de stroomkring van de controle draad te brengen wordt het gewenste resultaat bereikt.

8.1.1.2 De instrumentversterker

Doordat het bereik nu verkleind is kan de totale versterking worden bepaald die gebruikt moet worden om het gehele bereik van de ADC ingang te gebruiken. De ADC ingangen hebben een meetbereik 0V tot 3,3V en uit deze gegevens volgen de volgende formules:

$$U_{in,max} = U_{60} - U_{-45} = 61,6mV - 41,1mV = 20,5mV$$

$$G_{max} = \frac{U_{ADC,max}}{U_{in,max}} = \frac{3,3V}{20,5mV} = 160,97$$

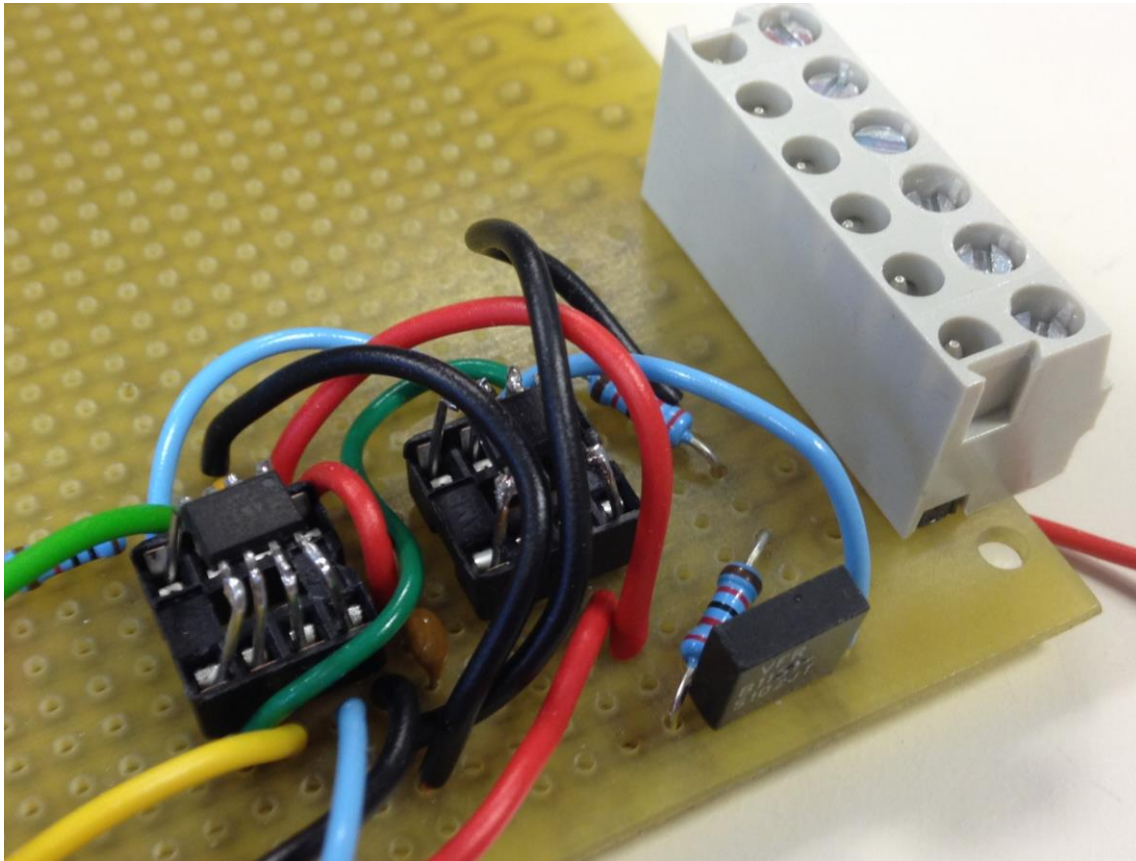
Uit de berekeningen blijkt dat de grootste versterkingsfactor van de instrumentversterker ongeveer 161 keer mag bedragen. Een instrumentversterker met een versterkingsfactor dicht in de buurt van deze waarde zou voor de grootste nauwkeurigheid binnen dit meetbereik zorgen. Bij

het uitzoeken van deze instrumentversterker is er met de volgende zaken rekening gehouden:

- Single Supply Voeding;
- Een voedingsspanning van 3,3V of 5V;
- rail-to-rail output;
- Een versterkingsfactor van 160 of minder;
- Een vaste versterkingsfactor;
- Een hoge ingangsimpedantie;
- Betaalbaar.

Bij deze inventarisatie werd duidelijk dat er een heel groot aantal instrumentversterkers worden gemaakt die allemaal eigen voor- en nadelen hebben. Bij het uitzoeken werd duidelijk dat Analog Devices een goede naam heeft in het produceren van IC voor analoge toepassingen. Ook is een handleiding uitgegeven waarin de precieze werking van instrumentversterkers staat beschreven. Deze handleiding is terug te vinden bij de bron vermelding. (Bron: (Analog Devices))

In dit handboek staat ook een lijst met de instrumentversterkers die worden geleverd door Analog Devices. Na een grondige inventarisatie kwam de AD8556 (Datasheet: (Analog Devices)) naar voren als een goede oplossing voor dit meetsysteem. Deze instrumentversterker heeft een ingebouwde filter op alle ingangen en is door middel van software in te stellen op de gewenste versterkingsfactor (regelbaar van 70 tot 1200) Dit zorgt voor weinig externe componenten. Dit IC is besteld en de volgende testopstelling is opgebouwd:



Figuur 6: Testopstelling AD8556

Uit deze testprocedure blijkt dat de gebruikte instrumentversterker niet voldoet aan de eisen die worden gesteld aan dit systeem. Deingangsspanning die vereist is voor deze instrumentversterker blijkt boven de 2V en onder de 3V te moeten liggen om goed te functioneren. Dit is in dit schema opgelost door middel van twee weerstanden van $22\text{k}\Omega$ in beide stroomkringen mee te nemen. Deze oplossing is echter niet werkbaar voor een stabiel systeem omdat deze weerstanden kunnen gaan afwijken waardoor het meetsysteem gaat afwijken. Hierna is er gezocht naar een andere instrumentversterker die wel bruikbaar is voor dit meetsysteem. Na een onderzoek kwam hier de AD8293G160B (Datasheet: (Analog Devices)) naar voren als zeer geschikt voor dit systeem. Deze instrumentversterker combineert lage kosten met een rail-to-rail uitgang, zero-drift en een voedingsspanning van 1,8V tot 5,5V (En dus te gebruiken met 3,3V). Het grootste voordeel van deze instrumentversterker is de vaste versterkingsfactor van 160. Een bijna ideale versterking voor het gebruik van het gehele bereik van de ADC in dit meetsysteem.

De AD8293G160 bestaat in 2 versies, de A en de B versie (Te zien aan het achtervoegsel van het typenummer). Voor deze toepassing is gekozen voor de B versie omdat dit IC beter bestand is tegen extremere temperatuur omstandigheden. Ook is deze instrumentversterker te gebruiken vanaf 0V en dus ideaal om kleine spanningsverschillen te meten. Er wordt enkel gebruik gemaakt

van één enkele externe condensator voor het opslaan van het signaal naar de ADC toe en neemt zeer weinig ruimte op de print in (SOT-23 Package).

8.2 De NTC Meting

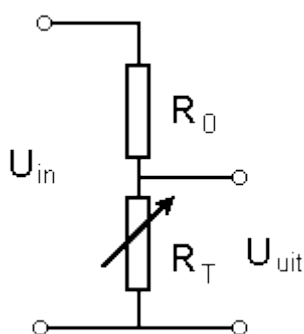
Een andere manier van temperatuur meten wordt gedaan met een NTC-weerstand ofwel **N**egatieve **T**emperatuur **C**oëfficiënt (Bron: (Wikipedia)). De weerstand van deze sensor neemt toe naarmate de sensor kouder wordt en kan daardoor worden gebruikt om dit om te zetten in een temperatuurmeter. Deze manier van temperatuurmetingen is een stuk minder nauwkeurig dan de PT500 meting. Wel worden er nog steeds temperatuurmetingen toegepast met deze weerstand omdat de kosten voor deze meting een stuk lager liggen. Ook is deze meting uit te voeren met 2 draden in plaats van 3 omdat de weerstand van de NTC vele malen hoger is dan de eigen weerstand van de aansluit draden.

De PT500 meting en de NTC meting moeten op één ingang van de regelaar worden aangesloten om het aantal aansluitingen te beperken. Door het veranderen van een jumper instelling moet er worden gekozen tussen de 2 metingen. De NTC meting heeft minder prioriteit dan de PT500 meting. Hierdoor is er weinig ruimte voor extra componenten voor deze meting en moet er naar een betaalbare oplossing worden gekeken. Een NTC weerstand heeft de volgende formule om te bepalen wat de weerstand is:

$$R = A * e^{\frac{B}{T}}$$

In deze formule staat de A voor een constante waarde van de NTC weerstand (Bijvoorbeeld 10KΩ, zoals vaak gebruikt wordt bij Sercom). Deze constante is de waarde van de weerstand bij een temperatuur van +25°C. De B staat hier voor de omgevingstemperatuur waarbij de waarde van de NTC weerstand gelijk is aan A. De T is in deze formule de omgevingstemperatuur. Zoals is te zien aan de formule is de uitkomst van de weerstand een e-logaritmische waarde en loopt dus erg snel omhoog.

Het uitlezen van een NTC weerstand door middel van een ADC ingang is redelijk eenvoudig uit te voeren door met een 2^e weerstand een spanningsdeling te creëren. (Bron: (Harry Broeders))



Figuur 7: NTC weerstand meten

In het bestaande PT500 meetsysteem is het niet mogelijk dit te implementeren zonder gebruik te maken van twee jumpers (waar één zeer gewenst is). Hierdoor valt deze oplossing af en moest er worden gekeken naar een andere oplossing. Het schema van de PT500 meting bevat al een stroombron (deze stroombron kan ook beschouwd worden al stroombegrenzer op $100\mu\text{A}$) en dit levert dus ook al een vaste waarde op waardoor spanning e-logaritmisch evenredig wordt met de weerstand. Er is besloten om hiervan gebruik te maken.

Door de NTC aan te sluiten op de ground en de positieve ingang van de PT500 meting kan er gebruik worden gemaakt van de ingang die al bestaat voor de PT500 meting. Door aan de positieve ingang aan een buffer opamp aan te sluiten kan deze spanning gebufferd worden doorgegeven aan de ADC ingang. Doordat deze ingang zeer hoogohmig is zal de PT500 nihil worden beïnvloed in zijn werking.

Door de uitgang van de instrumentversterker en de buffer opamp omschakelbaar te maken door middel van een jumper kan er worden gekozen voor de PT500 meting of de NTC meting. De oplossing is met het zicht op het gebruik van componenten zeer gering in componentgebruik. Echter zijn er wel een paar nadelen. De NTC meting heeft het volgende bereik:

$$R_{max} = \frac{U_{max}}{I_{bron}} = \frac{3,3V}{100\mu A} = 33k\Omega$$

Hierdoor wordt het aantal soorten NTC weerstanden beperkt. Ook worden lagere temperaturen minder goed te meten. Hierdoor wordt de voedingsspanning van de opamp snel bereikt. Door middel van zenerdiode is deze ingang wel te beveiligen tegen overspanning en dus is de achterliggende elektronica afdoende beschermd. Ook is de stroom door de stroombron begrensd op $100\mu\text{A}$ waardoor de zenerdiode nooit overbelast wordt. De meting is hierna totaal niet accuraat meer en heeft dus een maximale waarde. Dit is bij de andere oplossing niet aan de orde.

Deze meting moet bestaan uit een minimaal aantal componenten waardoor deze oplossing aanvaardbaar is. De instellingen voor verschillende soorten NTC-weerstanden is door middel van software op te lossen. En bij een $10k\Omega$ NTC is $33k\Omega$ ongeveer 0°C , er werd gesteld dat in een kas de temperaturen niet mogen dalen onder de 0°C en daardoor is deze meting eigenlijk alleen bruikbaar voor het meten van de binnentemperatuur. In een verder stadium is ook bekend dat er nog 1 opamp over was waardoor er maar één temperatuurmeting kon worden aangepast. Dit is in de toekomst een punt voor verbetering (zie bijlage hoofdstuk 19 Aanbevelingen en verbeterpunten).

8.3 Universele analoge ingangen

Voor de overige metingen van CO_2 , Vocht en Licht waren nog eens drie analoge ingangen nodig om deze sensoren te kunnen uitlezen. Deze sensoren zijn in verschillende vormen op de markt en maken vaak gebruik van 0-5V of 4-20mA

meetwaarden. De twee manieren van het overbrengen van sensorwaarde hebben allebei hun eigen voor- en nadelen. Het vaakste wordt er gebruik gemaakt van 4-20mA. Dit heeft als reden dat stroom onafhankelijk is van eventuele kabelweerstand en storingsbronnen. Doordat er een constante stroom wordt gegenereerd door de sensor, kan het meetinstrument deze stroom uitlezen in de meetstroomkring. De gebruikte microcontroller is alleen in staat om spanningen nauwkeurig te meten door middel van een ADC. Hierdoor moet de stroom worden omgezet naar een spanning.

Bij het ontwikkelen van de stroomingang is er gebruik gemaakt van de wet van Ohm. Door een nauwkeurige weerstand op te nemen in de stroomkring van de sensor kan deze stroom worden omgezet naar een meetbare spanning. Door deze spanning allereerst te bufferen gaat er geen stroom naar de ADC lopen waardoor de meting zo nauwkeurig mogelijk wordt uitgevoerd omdat de meetstroomkring niet wordt onderbroken.

De ingang moet omschakelbaar zijn door middel van een jumper instelling. Door de sensoringangen omschakelbaar te maken zorgt dit voor een zo laag mogelijk aantal aansluitingen. Dit alles draagt weer bij aan de betaalbaarheid en oppervlakte van de regelaar.

Een spanning is gemakkelijk te meten door middel van een buffer of directe aansluiting op de ADC. In het ontwerp van de stroommeter is al een buffer opgenomen waardoor de spanningsmeting geen extra componenten nodig heeft. Door de jumper te verwijderen die de stroomkring verbreekt wordt de weerstand voor de stroommeting afgekoppeld en kan de spanning worden gemeten.

Bij het meten van 0-5V moet echter alleen de spanning worden omgezet naar een werkbare spanning voor de ADC (0V-3,3V). Dit is eenvoudig te doen door middel van een spanningsdeling na de gebufferde ingang. Door deze waarden redelijk hoog te nemen is het mogelijk dit te doen met normale weerstanden. Bij de keuze voor deze spanningsdeling is er gebruik gemaakt van een 5,6kΩ in serie met de uitgang van de buffer en een 10kΩ naar aarde. Dit zorgt voor de spanningsdeling die bij een ingangsspanning van 5V zorgt voor een uitgangsspanning van 3,3V.

Nu is de analoge ingang bijna compleet. Alleen de waarde van de weerstand die nodig is in de stroomkring is nog niet bekend. De volgende formule geeft de waarde van de weerstand weer:

$$R_{4-20mA} = \frac{U_{max}}{I_{max}} = \frac{5V}{20mA} = 250\Omega$$

Door deze weerstand met een nauwkeurigheid van 0,1% te nemen kan de meting zeer nauwkeurig worden uitgevoerd. Uit een inventarisatie blijkt dat 250Ω zeer moeilijk verkrijgbaar is. Er is hier gekozen voor een 249Ω weerstand.

8.4 Digitale ingang

Bij het aansluiten van een heater is er in de specificaties een digitale ingang opgenomen die aangesloten wordt op de heater. Deze ingang heeft een waarde van 0V of 24V voor het controleren of de heater ook echt aan staat. Nog een voorziening die aangebracht moet worden bij deze digitale ingang is een jumper die er voor zorgt dat deze melding ook intern kan worden afgelezen vanuit de uitgang voor de heater. Als deze jumper is geplaatst wordt bij het inschakelen van de heater door middel van de microcontroller, deze ingang ook hoog gemaakt waardoor er een rechtstreekse terugkoppeling is.

Voor het realiseren van deze ingang is het nodig dat er enkele beschermingen worden ingebouwd tegen overspanningen en stoorsignalen. Deze ingang moet met een optocoupler beveiligd worden, dit om de rest van de elektronica te beschermen. Hierdoor is het niet mogelijk dat de 24V bij de rest van het schema kan komen. Mocht er een probleem ontstaan aan de 24V kant van de meting brandt in het ergste geval de optocoupler door en is de rest van de regelaar beschermd. Bij de keuze voor een geschikte optocoupler is allereerst gekeken naar het componentenbestand van Sercom. Hier was helaas geen SMD optocoupler waardoor er werd gezocht een betaalbare SMD variant. Hierbij is de keuze gevallen op de : LTV-357T van Lite-On (Datasheet: (Lite-On)) bij Mouser kost deze optocoupler per 100: €0,11 (Bron: (Mouser Electronics)). Een vergelijkbare optocoupler is uiteraard geen probleem.

Voor deze digitale ingang is het handig om een led te implementeren die duidelijk maakt of het ingangssignaal hoog of laag is. Bij de ontwikkeling van de ingang is er allereerst geprobeerd om de led achter de optocoupler te plaatsen. Bij nader inzien is er voor gekozen om deze led in de stroomkring van de 24V mee te nemen omdat dit gemakkelijk gevoed kan worden door de 24V bron omdat deze bron ook genoeg stroom moet leveren voor de optocoupler. Door een weerstand mee te nemen in de stroomkring van de 24V wordt de stroom die gaat vloeien begrensd op een ingestelde waarde. Bij het berekenen van het de weerstand zijn de led en de optocoupler meegenomen. Over de led gaat ongeveer 2V staan en over de optocoupler ongeveer 1,2V bij een stroom van 20mA. Dit levert de volgende weerstandswaarde op:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{21,8V}{20mA} = 1,09k\Omega$$

Deze waarde ligt dicht bij de waarde van 1kΩ die in de E-12 reeks zit. Doordat er een redelijk grote spanning over de weerstand staat moet er rekening worden gehouden met het vermogen van de weerstand. Het vermogen wat gedissipeerd wordt door deze weerstand is:

$$P = U * I = 21,8V * 20mA = 0,47W$$

Hier moet rekening mee worden gehouden bij het uitkiezen van de weerstand. Een vermogen van 1Watt is ruimschoots afdoende. Voor de filtering van HF

stoorsignalen is gebruik gemaakt van een 100nF condensator waardoor de -3dB frequentie van deze RC-kring uitkomt op:

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi} * 1k\Omega * 100nF = 1,59kHz$$

Voor de overspanningsbeveiliging is bij deze ingang gebruik gemaakt van een varistor (bron: (Wikipedia)) of wel een spanningsafhankelijke weerstand. Bij een spanning die beneden de drempelwaarde van de varistor ligt is de weerstand zeer hoog waardoor er bijna geen stroom door loopt. Bij een overschrijding van de maximale spanning wordt de weerstand zeer snel verkleind waardoor de weerstand stroom gaat doorlaten. De varistor dissipeert de spanningspuls en zorgt er voor dat de achterliggende hardware, in dit geval de led niet doorbrand.

Door de jumper die wordt toegepast te verplaatsen kan er worden gekozen voor het externe of het interne signaal. Omdat het signaal dat intern wordt opgewekt een hoog signaal geeft bij een ingeschakelde heater moet de externe schakeling precies hetzelfde reageren. Door een Pull-Down weerstand van 4,7kΩ wordt deze automatisch laag gemaakt bij een spanning die onder de drempelwaarde van het ingangsschema valt. Doordat over de collector-emitter van de optocoupler maar een geringe spanning van ongeveer 0,2V staat bij inschakeling zal dit automatisch voor een spanning zorgen die de ingang van de microcontroller hoog maakt.

8.5 Het schema

Met al deze voorkennis is het mogelijk voor zowel de temperatuuringang als mede voor de overige analoge ingangen het schema te tekenen die in het uiteindelijke ontwerp worden opgenomen. Bij het ontwerpen van deze schema's moet er rekening gehouden met een paar essentiële elementen die in algemeen gebruik kunnen voorkomen. De regelaar gaat hoogstwaarschijnlijk worden gebruikt in omgevingen waar zich veel stoorsignalen bevinden. Ook gaat de regelaar worden aangesloten door dealers of klanten die misschien niet altijd ervaring hebben met de regelaar. Hierdoor moeten er ook beveiligingen worden gemaakt tegen overspanning.

Bij het ontwerpen van de filters voor de temperatuurregeling is er rekening mee gehouden dat de spanningen waarmee wordt gewerkt erg klein zijn, waardoor een stoorsignaal snel de overhand kan krijgen. Door het ontstoorfilter al bij een lage frequentie te laten ingrijpen is het mogelijk dit soort invloeden tot een minimum te beperken. Bij het ontwerpen van deze RC filters is er gebruik gemaakt van 100nF condensatoren omdat deze het gemakkelijkste verkrijgbaar zijn. De -3dB frequentie voor deze filters is gesteld op 50Hz. Deze keuze is gemaakt omdat deze frequentie alom aanwezig is (schakelfrequentie van netstroom). Ook is er vanuit gegaan dat de temperatuur niet sneller zal veranderen. Dit filter ook niet te groot worden gemaakt omdat dan het gehele systeem te traag zou worden. De weerstand die in dit filter gebruikt moet worden is (Bron: (Wikipedia)):

$$R = \frac{1}{2\pi Cf} = \frac{1}{2\pi} * 100nF * 50Hz = 31,8k\Omega$$

De weerstandwaarde uit de E-12 reeks die hier het dichtste bij ligt is 33kΩ. Door dit RC-Netwerk tussen de stroombron en de ingang van de instrumentversterker te creëren wordt deze niet meegenomen in de stroomkring maar behoudt deze wel de filterende werking.

Voor de overspanningsbeveiliging is er gekozen voor zenerdiodes met een waarde van 3,3V. Wanneer er een hogere spanning op de lijn komt te staan wordt deze doorgelaten en heeft dus geen kans om de achterliggende elektronica te beschadigen. Ook geldt deze diode al bovengrens voor de NTC meting.

Voor de analoge ingangen is er gekozen voor een 100nF ontstoor condensator voor de hoog frequente stoorsignalen. Ook is er gebruik gemaakt van een zenerdiode van 5,6V die zorgt voor enige mate van overspanningsbeveiliging. Bij deze keuze voor een opamp is er rekening gehouden met eventuele EMI (Elektromagnetische interferentie) (Bron: (Wikipedia)). Verder is er bij de keuze voor een geschikte opamp rekening gehouden met de volgende bijzonderheden:

- Het IC moet bestaan uit vier Opamps (drie analoge ingangen en een NTC ingang);
- De output moet rail-to-rail zijn (De voedingsspanning kan maximaal 5V zijn);
- De voedingsspanning moet single supply zijn;
- De opamp moet beschikken over een RF of EMI filter;
- De package moet SMD zijn.

Bij een inventarisatie bleek dat Sercom niet beschikt over een dergelijk IC in SMD formaat en hier moest dus een nieuw component voor worden gevonden. Bij een onderzoek op internet kwam de LMV834 van Texas Instruments (Datasheet: (Texas Instruments)) naar voren als IC met de juiste specificaties. Door de kleine oppervlakte is dit IC prima toe te passen in de regelaar. Daarenboven is het uitgangssignaal rail-to-rail en wordt er een EMI filter toegepast. Ook werkt de opamp op 2,7V tot 5,5V en kan met een single supply worden gevoed.

Voor de uitwerking van dit schema. zie: Hoofdstuk 22.4 Schema

9 Uitgangen

In de specificaties die voorafgaand zijn aangeleverd wordt gesproken over twee externe apparaten die door de regelaar bestuurd moeten worden, namelijk: een Heater en een Ventilator. De combinatie van deze twee apparaten zorgt voor een klimaat binnen in de kas. Ook zijn dit de enige twee apparaten die bestuurd worden door de regelaar en dus erg belangrijk in het goed functioneren van het regelproces. Deze twee apparaten zijn allebei zeer groot en vragen dus veel stroom en spanning. Hierdoor is het dus niet mogelijk deze apparaten direct aan te sturen vanaf de regelaar. Ook laat het formaat van de regelaar het niet toe om grotere relais toe te passen die het gehele vermogen van deze apparatuur kan schakelen. Er is voor gekozen om in deze regelaar gebruik te maken van relais die gebruikt worden om grotere relais aan te sturen. De stuurspanning die hier vaak voor wordt gebruikt is 24V. Er moeten dus relais worden gezocht die in staat zijn om enige stroom en een spanning van 24V te schakelen.

Bij Sercom wordt er uiteraard vaker gewerkt met dit soort systemen en er zijn dus ook genoeg relais te vinden. Er werd aangeraden om hier relais voor te gebruiken die al bij Sercom gebruikt worden. Dit relais heeft zich in de loop der tijd bewezen en heeft een zeer lange levensduur. Ook scheelt het hanteren van één soort relais voor deze oplossing opslagruime en inkoopkosten. Het relais wat wordt gebruikt bij Sercom is: G6A-234P van Omron (Datasheet: (Omron)).

Relais moeten worden aangestuurd door middel van een spanning van 5V. Deze spanning is ook nodig voor de USB poort (wordt later besproken) en is dus geen probleem. Uit de datasheet wordt duidelijk dat het relais bij een voedingsspanning van 5V ongeveer 40mA aan stroom gaan lopen. Dit soort stromen is voor een microcontroller niet te leveren (De maximale stroom die een poort van de RX62N kan leveren is ongeveer 3mA bij 3,3V) waardoor er gebruik gemaakt moet worden van een transistor om te schakelen.

Bij het uitzoeken van een geschikte transistor bleek er al een SMD transistor in gebruik te zijn. Helaas bleek dit een PNP transistor te zijn en was dus niet geschikt voor dit ontwerp. Echter bleek er ook een NPN transistor te zijn in dezelfde serie en het lag dus voor de hand voor deze transistor te kiezen. De transistor die is toegepast in dit schema is: BC817 van NXP (Datasheet: (NXP)). Deze transistor kan een stroom van maximaal 500mA geleiden en is daarom goed geschikt voor deze toepassing.

Ook wordt een indicatie led geplaatst om te kunnen zien of een uitgang is ingeschakeld. Door deze led parallel te zetten met het relais wordt deze ook geschakeld door de transistor. De stroom die een gemiddelde stroom die ongeveer door een led mag lopen is ongeveer 20mA. Bij het gebruik van de bovenstaande transistor is bij een stroom van ongeveer 60mA de collector-emitter voltage ongeveer 0,2V en dus bijna verwaarloosbaar. De weerstand die in serie met de led staat voor de stroombegrenzing krijgt een waarde van:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2,8V}{20mA} = 140\Omega$$

De weerstand die het meest voor de hand ligt in de E-12 reeks is de 150Ω, Hierdoor zal de stroom iets lager worden maar die is niet merkbaar voor de klant.

Om de transistor volledig in verzadiging te brengen is een basisstroom nodig. Door gebruik te maken van de volledige stroom die de microcontroller kan leveren wordt er voor gezorgd dat de transistor verzadigd raakt. Bij een basisstroom van 3mA gaat er ongeveer een Basis-Emitter Voltage van 0,5V staan. Dit levert de volgende basisweerstand op:

$$R_B = \frac{U}{I} = \frac{2,7V}{3mA} = 900\Omega$$

Door hier een waarde van 1kΩ te kiezen (Ligt in de E-12 reeks) wordt er niet op de uiterste waarde van de microcontroller gewerkt.

Nu is het mogelijk met een stuur signaal vanaf de microcontroller een relais aan te sturen waarmee een groter relais kan worden aangestuurd. Echter mist er nog een component om het geheel af te maken: De blusdiode. Deze diode is nodig om dender die wordt veroorzaakt door het schakelen van het relais op te vangen. Een handige uitleg wordt gegeven op het volgende forum: (Circuits Online) Ook moet er vanaf de uitgang van de microcontroller naar de ingang van de heater ingang een verbinding worden gemaakt om de directe terugkoppeling te realiseren.

Voor de uitwerking van dit schema, zie: Hoofdstuk 22.4 Schema

10 LCD en Rotary encoder

Een van de vaste specificaties is gesteld dat de regelaar zou worden uitgerust met een LCD scherm waarop de klant zou kunnen uitlezen wat de status van de regelaar is en eventuele instellingen zou kunnen aanpassen. Ook moet de gebruiker enkel een Rotary encoder met drukschakelaar gebruiken om zichzelf te navigeren door het menu van de regelaar. Voor deze elementen zijn de volgende keuzes gemaakt.

10.1 LCD

Het zou hier moeten gaan om een grafisch display van 64x128 pixels. Bij Sercom wordt er al langer gebruik gemaakt van een grafisch LCD van deze afmeting. Er werd dan ook verwacht dat dit scherm voor deze regelaar uitermate geschikt zou zijn. Het scherm wat werd aangeleverd was het volgende scherm: GDM12864B van Xiamen Ocular (Bron: (Xiamen Ocular)). Bij een nadere bestudering is dit een LCD scherm van 64x128 pixels die wordt aangestuurd met een 8-bits parallelle verbinding. De voedingsspanning van dit scherm is 5V en hier is meteen het eerste probleem. Bij de eerste testen van het scherm bleek dat er geen verbinding kon worden gemaakt in samenwerking met de microcontroller. Bij het bekijken van de datasheet bleek dat de signalen minimaal 0,7 maal de voedingsspanning mogen bedragen waardoor de stuursignalen op ongeveer 3,5V moeten bedragen. Dit ligt wel is waar dicht bij de spanning van 3,3V die de microcontroller produceert maar bleek niet genoeg te zijn om het LCD aan te sturen. Ook het verlagen van de voedingsspanning naar 4,5V (dit werd opgegeven als minimale voedingsspanning) bleek niet afdoende te zijn.

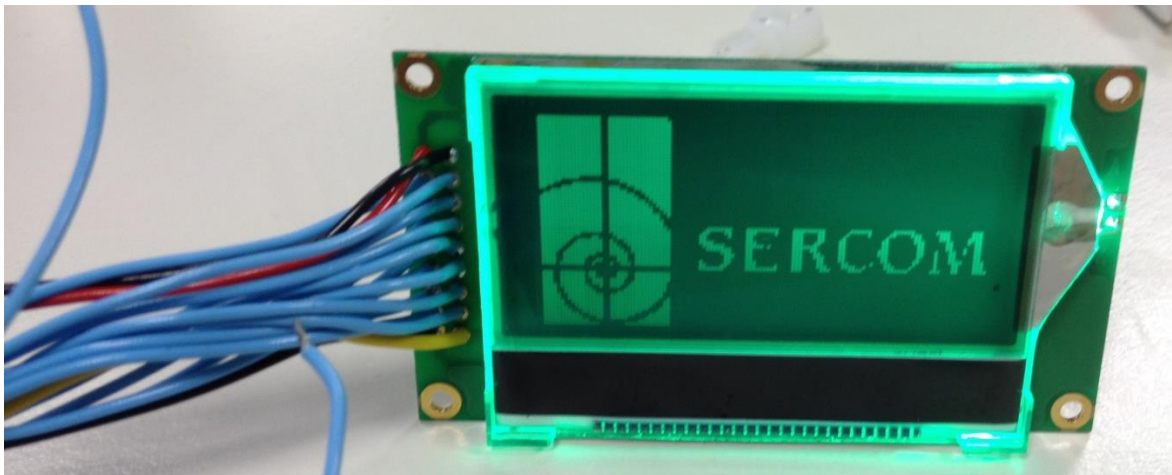
Sercom had graag dat dit scherm zou worden gebruikt en hier moest een oplossing voor bedacht. Al snel kwam het idee voor levelshifter en wel de 74LVC245 van Philips (Bron: (Philips)). Deze levelshifter zorgde er voor dat heengaande signalen wel konden worden verzonden maar signalen die terugkwamen bleven op deze manier 5V waardoor de microcontroller overbelast zou raken. Er werd duidelijk dat er een andere oplossing gezocht moest worden. Bij een inventarisatie bleek het bestaande scherm een inkoopprijs van rond de €12,- te hebben. En eventuele levelshifters waren hier nog niet bij berekend. Een kleine zoektocht naar vervangende schermen bracht het volgende scherm naar voren: 64128M van Displaytech (Bron: (Displaytech)). Dit display is geschikt voor 3,3V systemen en kan dus direct worden gebruikt in combinatie met de microcontroller. Een ander voordeel van dit display is dat deze zowel serieel als parallel kan worden gebruikt. De prijs voor het scherm is bij een bestelling van 100 stuks: €14,38 (Bron: (Mouser Electronics)). Dit zou in verhouding met de andere oplossing een kostenbesparing opleveren.

Sercom wilde eerst de werking van dit scherm aangetoond kon worden voordat deze zou worden opgenomen in het ontwerp. Voor de testfase is er gebruik gemaakt van een vergelijkbaar scherm van Displaytech: 64128N (Bron: (Displaytech)). Dit scherm heeft dezelfde eigenschappen als de 64128M maar is

gemakkelijker aan te sluiten aan de microcontroller door middel van losse kabels. Ook zijn voor de werking van beide displays negen condensatoren nodig om de benodigde spanningen voor het LCD scherm te genereren. Deze condensatoren zijn bij de 64128N vooraf al geïnstalleerd waardoor er sneller kan worden begonnen met de testfase.

Voor het testen van het scherm is uiteraard software nodig om de werking te kunnen aantonen. Deze software is geschreven aan de hand van voorbeelden die zijn te vinden op internet. Vele van deze voorbeelden zijn met een SPI-interface geschreven en moeten dus worden herschreven naar een parallelle verbinden (Voor deze test werd er gewerkt met de parallelle overdracht). Dit geeft wel aan dat allebei de verbinden mogelijk zijn bij het uiteindelijke ontwerp van de regelaar.

Bij de testen naar het LCD scherm werd duidelijk getoond dat deze schermen goed geschikt is om toegepast te worden in de regelaar. Het scherm werd door Sercom goedgekeurd naar deze testperiode.



Figuur 8: Testresultaat LCD

Bij de integratie van het LCD zijn alle condensatoren zo dicht mogelijk bij het LCD geplaatst om te zorgen voor de juiste spanningen. Ook is er een voorziening gemaakt om de achtergrondverlichting te schakelen door middel van een poort op de microcontroller. Het scherm vraagt een stroom van 80mA waardoor dit alles aangestuurd moet worden met een transistor. De transistor die wordt gebruikt voor het schakelen van de achtergrond verlichting is dezelfde als bij de uitgangen(BC817). De benodigde stroom wordt in dit geval geleverd door de 5V voeding omdat deze meer te belasten is. In deze stroomkring is een weerstand van 18Ω opgenomen om de stroom te beperken. Doordat over de achtergrondverlichting een spanning van 3,2V staat en de transistor een spanning van 0,2V dissipeert, blijft er over de weerstand 1,6V staan. Dit levert de volgende formule op:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,6V}{0,08A} = 20\Omega$$

Voor de voorschakelweerstand wordt een weerstand van 22Ω genomen om te voldoen aan de E-12 reeks.

Voor de uitwerking van dit schema, zie: Hoofdstuk 22.4 Schema

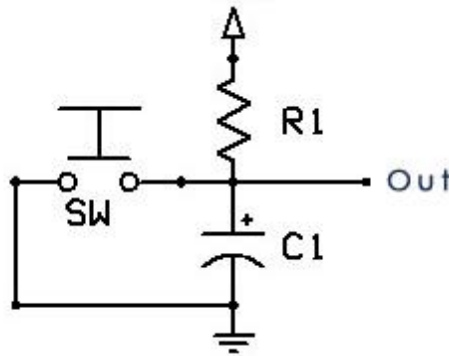
10.2 Rotary Encoder

Voor het doorlopen van de menu's en de besturing van de regelaar is er gekozen voor een Rotary encoder met drukknop. Deze manier van bedienen is bij een ander nieuw ontwerp ook gebruikt en is goed bevallen. Omdat Sercom graag van veel componenten maar 1 soort wil is voor dit ontwerp ook gebruik gemaakt van dezelfde Rotary encoder, namelijk: EC11E15244C0 van Alps (Bron: (Alps)). Dit is een verticale Rotary encoder met een drukknop. Door de verticale opbouw is deze Rotary encoder uitermate geschikt voor deze toepassing omdat hij naast het LCD scherm geplaatst kan worden voor een overzichtelijke opbouw.

De Rotary encoder bestaat uit 2 pinnen die elk hun eigen pulsen afgeven bij het verdraaien van de encoder. Door deze pulsen op te vangen is het mogelijk te bepalen in welke richting de encoder wordt gedraaid. Voor het opvangen van pulsen is het belangrijk dat de Rotary encoder wordt aangesloten op een interrupt pin. Deze interrupt pinnen zijn in staat een interrupt te genereren op een zelf in te stellen flank van hetingangssignaal. Hier door is in de software gemakkelijk te bepalen of de gebruiker aan de encoder draait.

Doordat de encoder gedraaid wordt ontstaat er ook dender in de schakelaar. Mede omdat deze schakelaar op een interrupt pin wordt aangesloten is het belangrijk dat hier enige mate van ontdendering wordt toegepast. Dit is uiteraard te doen door middel van een software ontdendering maar voor deze toepassing is er gekozen om een hardware ontdendering toe te passen. De reden hiervoor is geweest het geheel minder belastend te maken voor de microcontroller en omdat het aantal componenten minimaal gehouden kan worden. De microcontroller beschikt over een ingebouwde Schmitt-trigger waardoor een ontdenderschema door middel van een weerstand en een condensator afdoende is. Meer over ontdendering is te vinden in het volgende document: (Bron: (Ganssle)) en op de volgende website: (Bron: (Ikalogic)).

In de datasheet van Alps is aangegeven dat de dender van de encoder ongeveer 2ms duurt. Bij het ontwikkelen van het ontdenderschema is het volgende schema aangehouden:



Figuur 9: Schema Ontdendering

Bij het berekenen van de waardes is er gebruik gemaakt van 100nF condensatoren omdat deze goede verkrijgbaar zijn en weinig ruimte innemen. Ook is het gemakkelijker om aan de hand van de ontdendertijd en de waarde van de condensator een weerstand te berekenen. Aangegeven is dat de Schmitt-trigger die in de microcontroller wordt gebruikt een kantelpunt heeft op ongeveer $U_R = 3,3V - (0,8 * V_{cc}) = 3,3V - (0,8 * 3,3V) = 0,66V$

De algemene formule voor het opladen van een condensator en weerstand is de volgende: (Bron: (Wikipedia)) en (Bron: (Thuisexperimenten))

$$U_R(t) = U_0 * e^{-\frac{t}{RC}}$$

Door alle variabele in te vullen komt de volgende weerstand naar voren:

$$\ln \frac{U_R(t)}{U_0} = -\frac{t}{RC} = -\frac{0,002}{R * 100 * 10^{-9}} = \ln 0,2$$

$$R * 100 * 10^{-9} * \ln 0,2 = -0,002$$

$$R = -\frac{0,002}{100 * 10^{-9} * \ln 0,2} = 12,4k\Omega$$

Deze berekeningen laten zien dat er wordt voldaan aan de 2ms ontdendering door een 12,4kΩ weerstand te gebruiken in combinatie met een 100nF condensator. Om helemaal veilig te zitten wordt er gebruik gemaakt van een 15kΩ weerstand. Een hogere weerstandwaarde zou nadelige effecten hebben op de reactietijd van de schakeling, immers er kan heel snel worden gedraaid een Rotary encoder.

Voor de uitwerking van dit schema, zie: Hoofdstuk 22.4 Schema

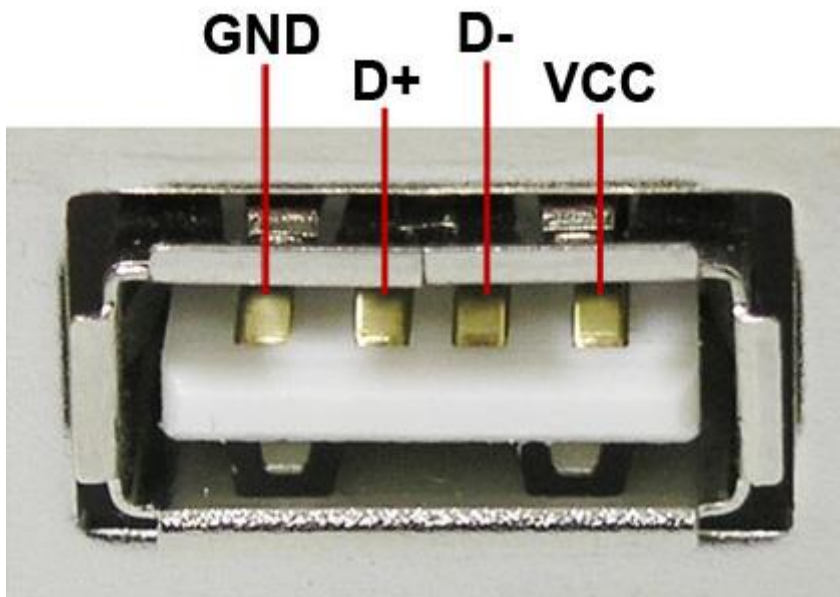
11 USB en SD-Kaart

Door dat er verschillende sensoren worden aangesloten is de regelaar te allen tijde op de hoogte van het klimaat dat in de kas heerst. Deze informatie is erg handig voor de klant en het heeft dus ook een grote meerwaarde om deze informatie op te slaan. Door deze informatie op te slaan en voor de gebruiker beschikbaar te maken is het regelsysteem naar eigen wens aan te passen om beter naar de wensen van de klant te functioneren. Ook kunnen eventuele energiekosten van de heater en de ventilator worden berekend. Voor deze functies moeten er echter wel voorbereidingen worden getroffen in de regelaar. Een USB-Poort controller is aanwezig in de microcontroller waar door er weinig externe componenten voor nodig zijn. Een USB-poort zorgt ook voor een extra functie, de zogenaamde USB-Boot. Door een USB-Stick met stuursoftware aan de microcontroller te koppelen wordt het mogelijk om de regelaar te voorzien van nieuwe software. Ook kan tijdens het productieproces de verkoop software worden geladen. Dit alles is mogelijk door het plaatsen van een Jumper op de MD0 poort van de microcontroller. Deze functie is erg handig om in de toekomst snel nieuwe functies bij klanten te kunnen inladen en gebruiken.

11.1 USB-Poort

Voor het gebruik van de USB-Poort zijn een aantal componenten nodig om deze naar behoren te laten functioneren. Tegenwoordig is USB niet meer weg te denken uit het dagelijkse leven en daarom ook een zeer handige feature op deze regelaar. Iedereen heeft tegenwoordig een PC waar een USB-Stick in kan en daarom is dit ook de gemakkelijkste manier van data overdracht. Ook de optie om nieuwe software op de microcontroller te laden is in deze snelle tijd waarin veranderingen soms binnen een zeer korte tijd moeten worden doorgevoerd erg handig.

De Renesas processor beschikt over twee USB controllers die afzonderlijk van elkaar gebruikt kunnen worden. De eerste USB controller bestaat uit twee seriële lijnen die alleen voor dit doeleinde te gebruiken zijn. Deze eerste controller wordt ook gebruikt voor het implementeren van de USB poort. In de datasheet van de microcontroller is een schema weergegeven waarmee de poort zou moeten werken. De pin-out van een USB connector is als volgt:



Figuur 10: Pinout USB

Zoals is te zien wordt er gebruik gemaakt van twee datalijnen. Ook is er een voeding aanwezig voor externe apparatuur. Deze voeding moet ongeveer 500mA aan stroom kunnen leveren bij een spanning van 5V. In de datasheet op pagina 1343 (Bron: (Renesas)) Is een aansluit schema aangegeven waarin elke externe componenten zijn beschreven. Allereerst wordt hier gebruik gemaakt van een laag doorlaat filter die gebruik maakt van 22Ω in combinatie met 22pF . Hierdoor ontstaat een laag doorlaatfilter met het kantelpunt op:

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi} * 22\Omega * 22\text{pF} = 329\text{MHz}$$

Dit lijkt een zeer hoge waarde maar omdat het hier om een USB2.0 aansluiting gaat kunnen hier snelheden van 480 Mb/s. Ook wordt er gesproken over verschillende weerstanden die aan andere poorten van de microcontroller aangesloten moeten worden. Deze poorten zorgen intern er voor dat deze weerstanden als Pull-Down weerstanden gaan functioneren. Ook moeten er nog twee externe Pull-Down weerstanden worden geplaatst om de USB poort goed te laten functioneren. De waarde van deze Pull-Down weerstanden bedraagt $15\text{k}\Omega$

In de datasheet wordt aangegeven dat er een extern IC nodig is om de stroom van de USB poort te reguleren. Dit IC zorgt er voor dat bij een kortsluiting of een overbelasting van de USB bus de stroom beperkt wordt tot 500mA. Ook zorgt dit IC er voor dat de voedingsspanning op de USB poort kan worden geschakeld en in het geval van een te hoge stroomafname er een foutmelding naar de microcontroller wordt verstuurd. Er bestaan verschillen soorten IC's die hiervoor ontwikkeld zijn en vaak ook nog met ongeveer dezelfde specificaties. Voor deze functie is de keuze gevallen op het volgende IC: MIC2025/2YM van Mircel (Datasheet: (Mircel)) Dit IC heeft een actieve lage ingang voor de Enable poort en kan dus gebruikt worden in combinatie met de RX62N microcontroller. Dit IC

heeft een lage prijs en biedt toch de nodige beveiliging tegen overbelasting, kortsluiting en een te lage voedingsspanning.

Door dit IC toe te passen worden alle functies voor de USB benut en is er een goede beveiliging. Het gebruik van één externe condensator van 120µF als buffer wordt ten sterkste aangeraden om stroomdippen bij het insteken van een USB apparaat te voorkomen.

11.2 USB Led en button

Dicht bij de USB poort moet een led en een button worden geplaatst om er voor te zorgen dat een USB softwarematig wordt verwijderd en het bestandsysteem netjes wordt afgesloten. Doordat de gebruiker de button indrukt weet de software dat de verbinding met het USB apparaat moet worden verbroken. Door hier een led bij te plaatsen wordt aan de gebruiker duidelijk gemaakt wanneer het USB apparaat verwijderd kan worden. Het is aan de programmeur hoe deze cyclus wordt aangepakt.

In het schema wordt er een led geplaatst met een weerstand naar de 3,3V voedingsspanning. Hierdoor hoeft de microcontroller geen stroom te leveren maar kan werken als current-sink. De weerstand die wordt geplaatst voor de stroom begrenzing heeft de volgende waarde:

$$R_{led} = \frac{U}{I} = \frac{1,3V}{20mA} = 65\Omega$$

Conform de E-12 Reeks wordt hier een 68Ω weerstand geplaatst. De led wordt op een Timer-Counter uitgang geplaatst om er voor te zorgen dat het mogelijk wordt dat de led kan knipper door middel van een Puls Breedte Modulatie (PWM).

De button die wordt geplaatst wordt op een interrupt pin geplaatst om snel te kunnen reageren op de input van de gebruiker. De button wordt uitgerust met een condensator voor ontdendering om eventuele foutieve metingen te voorkomen. Bij deze ontdendering wordt er gebruik gemaakt van een 4,7kΩ weerstand en een 100nF condensator. Hierdoor ontstaat de volgende RC-Tijd, bij een drempelwaarde van 2,65V (Schmitt-trigger waarde van de microcontroller):

$$U_{ST} = U_{DD} * e^{-\frac{t}{RC}} \rightarrow \frac{U_{ST}}{U_{DD}} = e^{-\frac{t}{RC}} \rightarrow \ln\left(\frac{U_{ST}}{U_{DD}}\right) = -\frac{t}{RC} \rightarrow -RC * \ln\left(\frac{U_{ST}}{U_{DD}}\right) = t$$

$$t = -4,7k\Omega * 100nF * \ln\left(\frac{2,65V}{3,3V}\right) = 103\mu s$$

11.3 SD kaart

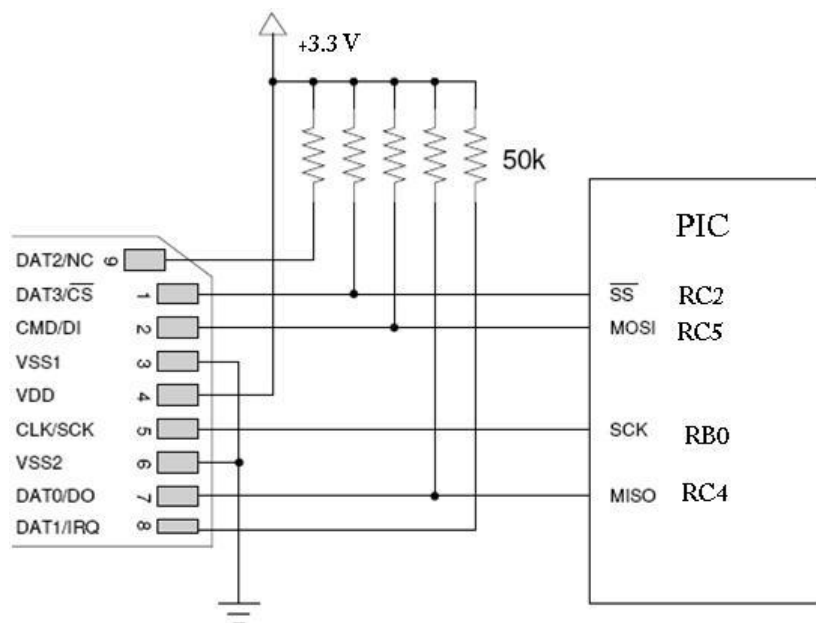
Het gebruik van een SD kaart ligt misschien minder snel voor de hand maar zorgt wel voor extra gebruikersgemak. Ook is het mogelijk om een SD kaart bij het product te leveren om altijd te zorgen voor een vaste opslag. Er is gekozen voor een gewone SD kaart omdat deze kaarten het meest gangbaar zijn. Na een inventarisatie van de SD kaart werd duidelijk dat deze kaarten met het SPI bus

werken. De SPI bus is een gangbare bus binnen de embedded elektronica waarmee de meest uiteenlopende componenten kunnen worden bestuurd. Zo wordt ook het LCD aangestuurd door middel van een SPI Bus.

De SPI bus bestaat uit drie lijnen en een chip select lijn per component om aan te geven met welk component er wordt gecommuniceerd. De drie hoofdlijnen bestaan uit:

- MOSI: Master Out Slave In;
- MISO: Master In Slave Out;
- SPI Clock: de busklok.

Meer informatie over de SPI Bus in combinatie met een SD kaart is te vinden op: (N&R LAB). Aan de hand van deze bron is ook duidelijk geworden dat alle signalen van de SPI bus met een Pull-Up weerstand naar de voedingsspanning (3,3V) nodig hebben om correct te functioneren. Het gegeven aansluitschema is gegeven ziet er als volgt uit:



Figuur 11: Aansluit Schema SD Kaart

Bij het schema wat wordt geïmplementeerd wordt echter gebruik gemaakt van 47KΩ weerstanden om te voldoen aan de E-12 Reeks.

Bij de microcontroller is er de beschikbaarheid over 2 SPI bussen waardoor deze oplossing gebruikt kan worden. Echter bij de eerste inventarisatie werd niet meteen duidelijk dat deze optie gebruikt kon worden. Renesas noemt deze port namelijk RSPI wat staat voor Renesas Serial Peripheral Interface, deze poort heeft dezelfde werking als de normale SPI Bus.

Bij een inventarisatie blijkt dat er nog een product van Sercom is dat gebruik maakt van een SD kaart. Na een vergelijking bleek de opzet overeen te komen. Ook kwamen er nog een paar extra opties naar voren die het gebruikersgemak

van zowel de programmeur als de gebruiker vergroten. Veel SD kaarten beschikken over een functie om de gegevens op de SD Kaart te beveiligen. Deze beveiliging is uit te lezen door middel van een contact in de connector. Ook zit er een contact dat aangeeft of er een SD Kaart is geplaatst. Door deze twee contacten aan te sluiten op poorten van de microcontroller kan in de software worden gecontroleerd of een van beide optie waar is. Bij het plaatsen kan het voorkomen dat de switch gaat denderen omdat dit een puur mechanisch contact. Voor deze ontdendering is dezelfde RC tijd gebruikt als bij de button voor de USB ($103\mu\text{s}$) door middel van een $4,7\text{k}\Omega$ weerstand en een 100nF condensator.

Bij het integreren van een SD-kaart moet er gebruik worden gemaakt van een bestandsysteem (Bijvoorbeeld: FAT of FAT32). Voor deze bestandsystemen zijn verschillende gratis programmatuur te vinden om dit in een embedded systeem toe te passen. Een voorbeeld is te vinden op: FatFS (Bron: (Electronic Lives Mfg.)) of FAT Tutorial (Bron: (Elecceleator)). Op dit moment wordt alleen de hardware besproken waardoor dit deel buiten beschouwing wordt gelaten.

12 Geheugen

Het geheugen behoorde in eerste instantie niet tot de specificaties van de regelaar. Tijdens het ontwerpen werd dit echt toegevoegd omdat er gebruik gaat worden gemaakt van verschillende opties zoals Ethernet, USB en de SD kaart waardoor de Renesas microcontroller over te weinig geheugen beschikt. Het geheugen wordt voornamelijk gebruikt voor programmatuur zoals TCP/IP stack en FAT systeem. Ook kunnen meetgegevens die tijdelijk moeten worden opgeslagen naar deze geheugenruimte worden gekopieerd en is het mogelijk om een buffer voor het LCD te creëren. Voor het geheugen wordt er gebruikgemaakt van SDRAM. Voor SDRAM zijn er voorbereidingen getroffen die het mogelijk maken om op een redelijk eenvoudige manier de SDRAM op de microcontroller aan te sluiten. Het maximale geheugen komt uit op 128Mbyte. (Bron: (Renesas))

Voor het geheugen is op de Renesas microcontroller rekening gehouden. De microcontroller ondersteunt een 24-Bits adresruimte en 16-Bits data bus waarop extern geheugen aangesloten kan worden. Interne functies maken het mogelijk het externe geheugen te gebruiken voor de toepassing die worden geladen op de microcontroller. Als de SDRAM is aangesloten op de microcontroller kan dit geheugen worden gebruikt alsof het onderdeel uitmaakt van het interne geheugen van de microcontroller.

Bij Sercom wordt er gebruik gemaakt van de volgende SDRAM: MT48LC8M16A2 van Micron (Bron: (Micron)). Deze SDRAM beschikt over een opslag capaciteit van 128Megabyte en kan zonder enige externe componenten worden aangesloten op de Renesas microcontroller. Enkel een Pull-Up weerstand voor de Chip Select is nodig om deze naar behoren te laten functioneren.

Voor de uitwerking van dit schema zie: Hoofdstuk 22.4 Schema

13 Ethernet

Ethernet is tegenwoordig niet meer weg te denken bij elektronische systemen. Deze communicatie bus wordt voor heel veel verbindingen de standaard en vrijwel elk huishouden beschikt over een netwerk met deze aansluiting. Door het toepassen van een Ethernetaansluiting op de regelaar worden de mogelijkheden voor de regelaar opeens nog veelzijdiger waarbij er gedacht kan worden aan besturing op afstand en het uitlezen van de status en grafieken die door de regelaar zijn verzameld. Veel gebruikers zijn tegenwoordig goed bekend met internet applicaties en dit is ook voor deze regelaar een zeer aantrekkelijke optie die veel klanten zal aanspreken.

Voor het integreren van de Ethernetpoort is er al door Sercom een keuze gemaakt voor de stuurchip en lijntransformator. Hier is tevens ook al software voor geschreven en op werking getest. Dit alles zorgt er voor dat bij de integratie het software ontwikkelingsproces sneller kan worden doorlopen. E

De te gebruiken hardware bestaat uit een Ethernetcontroller chip: De KSZ8001 van Micrel (Datasheet: (Micrel)) en de lijntransformator: H1012NL van Pulse (Datasheet: (Pulse)). Dit is een 1:1 transformator die er voor zorgt dat eventuele hoog frequente stroomsignalen van de Ethernetconnectie worden gefilterd. Ook wordt er voor gezorgd dat het verzonden signaal wordt gedempt en dus geen reflecties kan veroorzaken en de verbinding storen.

De microcontroller beschikt over een interface die kan communiceren met een Ethernet stuurchip. Voor de communicatie tussen de twee chips wordt gebruik gemaakt van de Media Independent Interface (MII) of de Reduced Media Independent Interface (RMII). Bij de bestaande ontwerpen van Sercom werd gebruik gemaakt van de MII communicatie wat aanmerkelijk meer communicatielijnen gebruikt. Zowel de microcontroller en de Ethernetcontroller chip kunnen overweg met beide interfaces. Bij het implementeren van de Ethernetcontroller werd duidelijk dat sommige stuurlijnen van de MII bus worden gebruikt voor andere toepassingen. Hierdoor is er voor gekozen om de RMII bus te gebruiken. Deze aansluitpinnen konden in het bestaande project worden vrijgemaakt en was dus een betere keuze.

Bij het implementeren van de controller worden de receive signalen aangesloten met een 100Ω dempingsweerstand. Deze weerstanden zorgen er voor dat reflecties worden gedempt waardoor de interne overdacht beter wordt. Doordat hier signalen met hoge snelheid worden verzonden (100Mbit/s) zijn reflecties zeer nadelig voor de overdracht. Ook zijn deze snelheden terug te zien in bijvoorbeeld de voeding. De voedingsspanning moet worden ontstoord met spoelen ook wel ferrite bead (Bron: (Wikipedia)) genoemd. Deze spoelen zijn vaak in kabels terug te vinden en herkenbaar aan een verdikking in de kabel. Deze spoelen zorgen er voor dat eventuele stoorsignalen niet naar het aangesloten IC kunnen gaan. Ook worden deze spoelen gebruikt bij schakelende

voedingen omdat deze vaak een HF-Component in de voedingsspanning hebben zitten die nadelige effecten kan hebben op de elektronica.

De Ethernetcontroller moet worden voorzien van een eigen kristal om de frequentie op te wekken voor de goede werking van het IC. Hiervoor moet een 25MHz kristal worden geplaatst dicht bij het IC. Dit kristal moet worden afgesloten door twee condensatoren van 22pF naar aarde voor eventuele stoorsignalen. Ook is het nodig enkele ingangen hoog of laag te houden om instellingen toe te passen bij het starten van de controller. Hier kunnen instellingen voor snelheid, duplex en MII of RMII worden ingesteld.

Als laatste kunnen er ook nog enkele leds worden aangestuurd door het IC. Deze uitgangen zijn tevens ook gebruikt om instellingen toe te passen. In de datasheet wordt aangegeven hoe de leds moeten worden aangestuurd in zowel de Pull-up als in de Pull-down optie. Bij het ontwerp van het systeem is er voor gekozen alleen de snelheid en de duplex mode te integreren omdat dit bij de meeste systemen afdoende is. Deze twee leds krijgen de kleuren groen en oranje (zoals gebruikelijk bij een Ethernetconnector).

Bij het ontwerpen van de PCB is er rekening gehouden met een kabel die geïnstalleerd moet kunnen worden. Omdat bij de behuizing (zie: Hoofdstuk 17 Behuizing) is gekozen voor een deksel waarbij er geen ingangen aan de zijkant van de print kunnen worden gemaakt (zoals normaal een connector wordt bevestigd) moest hier ruimte op de print worden vrijgehouden. Ook zijn er later nog 2 gaten in de print toegevoegd om de kabel vast te maken aan de print door middel van een tie-wrap.

Voor de uitwerking van dit schema, zie: Hoofdstuk 22.4 Schema

14 Voeding

Na alle bovenstaande delen van de regelaar te hebben ontworpen werd duidelijk dat het schema moet beschikken over 2 voedingsspanningen, namelijk: 5V en 3,3V. Met deze informatie kan er een voedingsschema worden gerealiseerd die voldoet aan de behoeftes van dit schema. Bij het ontwerpen van de voeding is er voor gekozen om een externe 5V adapter te gebruiken omdat deze vandaag de dag gemakkelijk en goedkoop te verkrijgen zijn. Door de vele USB toepassingen is er op dit gebied een grote vooruitgang geboekt waardoor deze voedingen zeer goedkoop worden geproduceerd. Wel zijn het merendeel van deze voedingen geschakeld wat een negatief effect kan hebben op de werkingen van de elektronica van de regelaar.

Allereerst is er bij het ontwerpen van de regelaar gekeken naar de stroombehoefte van de regelaar. Door er van uit te gaan dat alle componenten de maximale stroom gebruiken kan er worden berekend hoeveel stroom de voeding moet gaan leveren. De volgende resultaten kwamen naar voren:

3,3Volt Stroomafname			
Aantal:	Component:	Stroomopname per stuk:	Totaal stroomopname:
1	Processor	100mA	100mA
1	Geheugen	330mA	330mA
5	Led	20mA	100mA
1	LCD	500µA	500µA
2	AD8293G160	1,5mA	3mA
1	SD Kaart	100mA	100mA
1	Pull-Up	100mA	100mA
Maximale Stroomafname 3,3Volt:			733,5mA
5 Volt Stroomafname			
Aantal:	Component:	Stroomopname per stuk:	Totaal stroomopname:
1	USB	500mA	500mA
2	Relais	40mA	80mA
1	Achtergrondverlichting	80mA	80mA
1	LMV834	1,5mA	1,5mA
Maximale Stroomafname 5Volt:			661,5mA
Totale maximale Stroomafname:			1395mA
Totaal minimaal vermogen voeding:			6,975Watt

Tabel 2: Stroomverbruik

Uiteraard zijn die maximale waardes en zal de voeding zelden deze stromen hoeven leveren maar het is goed rekening te houden met uiterste waardes zodat er een betrouwbaar systeem wordt ontwikkeld. Bij een inventarisatie naar externe voedingen van 5V is er gezocht naar voeding met een stroomafgifte van 1,5A of meer. Hier kwamen de volgende voeding naar voren: (Miniinthebox) of vergelijkbare exemplaren. Er is een bewuste keuze gemaakt geen netspanning in

de regelaar te gebruiken omdat hier strengere regelgeving van toepassing is en de wisselspanning vervelende storingen kan veroorzaken in de regelaar zelf.

De voeding wordt door middel van de schroefconnector aangesloten op de regelaar. Uiteraard wordt er in de voeding een zekering geplaatst om bij eventuele overbelasting de regelaar te beschermen. Bij het inschakelen van de regelaar zou kunnen voorkomen dat de stroom redelijk hoog kan oplopen doordat de condensatoren moet opladen. Er is dan ook voor gekozen om de regelaar met 2A op 5 Volt af te zekeren. Omdat de gebruiker de voeding zelf aansluit kan het voorkomen dat de voedingsspanning verkeerd om wordt aangesloten. Hierdoor zou de spanning op de ground worden aangesloten wat fatale gevolgen kan hebben voor de gebruikte componenten. Door een diode in sper richting aan te sluiten op de positieve voedingsspanning wordt dit effect voorkomen. Bij een foutieve aansluiting wordt de spanning direct teruggevoerd naar de positieve voedingsspanning waar in dat geval de aarde op is aangesloten. Hierdoor gaat er een hoge stroom lopen die door de voeding wordt begrensd op de maximale uitgangsstroom. Mocht de voeding niet goed genoeg beschermd zijn tegen kortsluiting zal in dat geval de zekering doorbranden waardoor de rest van de regelaar heel blijft.

Na deze beveiliging wordt de spanning gefilterd door middel van een 100nF condensator, voor de overspanningsbeveiliging wordt er gebruik gemaakt van een zenerdiode met een waarde van 6,8V. Hierna wordt er gebruik gemaakt van elektrolytische condensator(elco) voor het opvangen van spanningen dippen. Bij de keuze voor deze elco is er gekeken naar de grote en de stroom afname. De volgende formule is op de condensator van toepassing: (Bron: (Wikipedia))

$$C = \frac{Q}{U} \text{ en } Q = I * t$$

Bij deze berekening is er vanuit gegaan dat er een spanningsdip van 3V met een duur van 1ms voorkomt. Deze spanningsdip wordt onder volle belasting ondervonden. Deze omstandigheden leveren de volgende waardes op:

$$Q = I * t = 1395mA * 1ms = 1,395mC$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{1,395mC}{3} = 465\mu F$$

Uiteraard is deze spanningsdip van een redelijke grote waarde en zal de schakeling zelden deze grote belasting vormen waardoor er langere spanningsdippen kunnen worden opgevangen. Voor het uiteindelijke ontwerp is gekozen voor een 470μF elco. Hierna is de 5V spanning genoeg beveiligd om te worden gebruikt in de schakeling.

De 3,3V wordt vanuit de 5V voeding gemaakt door middel van een spanningsregelaar. In het schema wordt er gebruik gemaakt van een LT1117-3.3 van Linear Technology (Datasheet: (Linear Technology)). Deze spanningsregelaar is in staat van 5V naar 3,3V te regelen bij een stroom van

800mA waar 733,5mA vereist is. Ook beschikt de regelaar over een stroombegrenzer en een spanningstrimmer om de spanning stabiel genoeg te maken voor de delicate elektronica (microcontroller) te kunnen voeden. Allereerst werd hier gebruik gemaakt van een geschakelde regelaar, echter zoals al eerder aangegeven in dit hoofdstuk zorgt dit voor te veel storing op de voedingsspanning. Door deze spanningsregelaar worden eventuele stoorsignalen van de gebruikten 5V voeding zo weg gefilterd dat hier geen last meer van wordt ondervonden na de spanningsregeling.

Bij het gebruik van de spanningsregelaar worden er 2 condensatoren toegepast voor het stabiliseren van de voedingsspanning. Deze condensatoren hebben een capaciteit van elk $10\mu\text{F}$ en zijn aangegeven in de datasheet van de spanningsregelaar. Ook zijn er aan beide kanten van de regelaar een condensator van 100nF toegepast die dienen als filter.

Als laatste is er nog een power led aan de voeding toegevoegd om de gebruiker te laten zien dat de 3,3V aanwezig is. Doordat de 3,3V aanwezig is kan ook worden geconcludeerd dat de 5V naar behoren werkt en hier is dus geen led voor nodig. De stroombegrenzingsweerstand voor deze led is 68Ω zoals in het bovenstaande verhaal al meer dan eens is berekend.

Voor de uitwerking van dit schema, zie: Hoofdstuk 22.4 Schema

15 Overige componenten

Nu alle grote specificaties zijn besproken rest er nog een paar functies die niet onder één van de bovenstaande hoofdstukken vallen. Hierbij moet worden gedacht aan een aansluiting voor de externe debugger van Renesas, de E1 of een RS-232 poort voor uitvoer van tekst aan een externe terminal. Een DIP-switch en een errorled zijn erg handig om snel foutmeldingen of instellingen toe te kunnen passen. Bij het testen was ook naar voren gekomen dat de reset ingang van zowel de microcontroller als de rest van componenten met een dergelijke ingang voor een bepaalde tijd laag gehouden moeten worden. De overige componenten worden in de volgende deelhoofdstukken uiteen gezet.

15.1 E1 Aansluiting

Voor het aansluiten van de externe debugger van Renesas, de E1, is het implementeren van een 14-polige connector nodig. Deze connector is nodig om het mogelijk te maken de software in de chip te laden en een boundary scan (Bron: (Wikipedia)) uit te voeren. Bij het schrijven van de software is dit een erg handige optie en heeft dus ook een grote voorkeur. Bij het productiemodel kunnen alle componenten die worden gebruikt voor deze poort worden weggelaten omdat er dan niet meer wordt verwacht dat er uitgebreid getest moet worden. Bij een uitgave van nieuwe software kan de gebruiker gebruik maken van de USB update.

De E1 aansluiting bestaat uit een aantal stuursignalen die worden aangesloten op verschillende ingangen van de microcontroller. De volgende signalen kunnen worden onderscheiden en voldoen aan de Joint Test Action Group (JTAG)(Bron: (Wikipedia)) standaard:

- TDI (Testdata In): Een schuifregister met alle informatie van de pinnen en wordt gebruikt om pininformatie van een voorgaande chip door te sturen.
- TDO (Testdata Out): Een schuifregister waar alle informatie van de pinnen van de chip en de voorgaande chips wordt uitgestuurd.
- TCK (Test Clock): Een kloksignaal waaraan alle functies synchroon lopen.
- TMS (Test Mode Select): dit signaal bepaald in welke mode de interne statemachine wordt gezet en is synchroon aan de Test Clock.
- TRST (Test Reset): Wordt gebruikt om de interne state machine te resetten.
- EMLE (Emulator Enable): Bij een hoog signaal kan de on-chip emulator worden gebruikt.
- MDE (Endian Select): Door deze pin wordt de Big- of Little-endian gebruikt.
- MD0 (Mode 0): Bij hoog en MD1 Hoog single-chip mode.
- MD1 (Mode1): Bij hoog en MD0 laag, USB Boot.
- RESET: Reset de gehele hardware.

Bron: (Xjtag) en datasheet: (Renesas)

Al deze signalen (Behalve de TRST, hier een Pull-Down Weerstand) hebben de stuursignalen een Pull-Up weerstand nodig om bij het niet gebruiken van de debugger een goede werking van microcontroller te garanderen.

15.2 RS-232 Jack plug

Voor debug doeleinde is het niet alleen handig om een E1 debugger te kunnen aansluiten maar ook een RS-232 verbinding te kunnen opbouwen. De RS-232 verbinding bestaat enkel uit een Tx en Rx draad en neemt dus heel weinig extra ruimte op de print in. Bij Sercom wordt er gebruik gemaakt van een RS-232 interface door middel van een Jack plug. Het was dan ook een logische keuze deze connector mee te nemen in het ontwerp. Echter werd er gebruik gemaakt van een platte connector wat in dit ontwerp niet tot de mogelijkheden behoort. Er is een nieuwe connector uitgezocht die verticaal op de print komt te staan, namelijk: Lumberg 1502 (Bron: (Farnell)). De kabel die wordt gebruikt door Sercom voor het debuggen is de volgende: TTL-232-3V3-AJ van FTDI Chip (Datasheet: (Future Technology Devices International Ltd))

De kabel zorgt voor een verbinding tussen de computer aan de hand van een USB verbinding. Aan de andere kant wordt er gezorgd voor een RS-232 signaal van 3,3Volt waarop ook microcontroller functioneert. Bij de integratie van de RS-232 poort is enkel gebruik gemaakt van een laagdoorlaat filter om de stoorsignalen te onderdrukken. Voor dit laagdoorlaat filter is gebruik gemaakt van een weerstand van $1k\Omega$ en een condensator van $1nF$. Dit levert een -3dB frequentie van:

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi} * 1k\Omega * 1nF = 159kHz$$

Een van de meest gebruikte baudrates van RS-232 is 115200 Baud. Bij RS-232 wordt er gebruik gemaakt van enkel 2 signaal niveaus waardoor de baudrate hetzelfde is als de bitrate. Hierdoor mag er van uit worden gegaan dat frequentie van de datastroom maximaal 115,2kHz is. Hieruit kan worden geredeneerd dat de kantelfrequentie goed is.

15.3 Error led

Om de gebruiker te laten weten dat de regelaar een foutmelding heeft gekregen is er error led gespecificeerd. Deze led moet kunnen worden bestuurd door het programma om de gebruiker op afstand te laten zien dat er iets niet goed is gegaan. De led is aangesloten op een Timer Output van de microcontroller om er voor te kunnen zorgen dat de uitgang puls breedte gemoduleerd kan worden. Met deze optie is het mogelijk om de led te laten knipperen wat een duidelijkere error melding geeft.

De led wordt aangestuurd door middel van een BC817 (eerder besproken) transistor omdat de led een stroom van ongeveer 20mA nodig heeft. De

spanning die over de weerstand gaat staan is: $3,3V - 2V - 0,2V = 1,1V$ De stroombegrenzingsweerstand komt op de volgende waarde uit:

$$R_{led} = \frac{U}{I} = \frac{1,1V}{20mA} = 55\Omega$$

De dichtstbijzijnde E-12 waarde is 56Ω . Voor de basisweerstand van de transistor wordt een weerstand van $1k\Omega$ gebruikt zoals eerder is beschreven in het hoofdstuk 9 Uitgangen.

15.4 DIP-switch

Voor verschillende functies kan het handig zijn om een paar instellingen onder DIP-switches te plaatsen. Hierdoor wordt het mogelijk om zowel tijdens de testfase als bij normaal gebruik de instellingen van de regelaar gemakkelijk aan te passen. Deze DIP-switches worden door middel van pull-up weerstanden hoog gehouden waardoor de ingang niet zwevend wordt. Door een DIP-switch aan te zetten wordt de verbinding naar aarde gelegd waardoor de ingang laag wordt. Door deze instellingen uit te lezen kunnen bijvoorbeeld verschillende programma's worden gestart. In het ontwerp is een viervoudige DIP-switch opgenomen.

15.5 Reset Circuit

Voor het resetten van het gehele schema moet de reset pin van ieder IC wat over een reset ingang beschikt laag worden gemaakt. De componenten die een reset pin hebben zijn:

- Microcontroller;
- LCD;
- Ethernet.

Deze reset kan worden gegeven door zowel een externe reset door middel van een JTAG reset maar ook door een watchdog timer overflow. Ook is het voor sommige IC's nodig om de reset pin laag te houden totdat de voedingsspanning is gestabiliseerd. Voor deze functie is gebruik gemaakt van het volgende IC: MCP100-300D van Microchip (Datasheet: (Microchip)). Dit IC zorgt er voor dat de Reset pin in de gevallen dat de voedingsspanning nog niet boven de ingestelde waarde is uitgekomen, laag blijft waardoor alle componenten in reset status blijven staan. Zodra de voedingsspanning boven de gewenste waarde komt wordt nog eens 350ms gewacht voordat de reset pin hoog wordt gemaakt.

Bij een spanningsdip van langer dan $10\mu s$ wordt de reset pin weer laag gemaakt en zal de gehele regelaar worden gereset. Om tegen te gaan dat er onnodig wordt gereset wordt er een $100nF$ condensator dicht bij dit IC geplaatst om hoog frequente stoorsignalen weg te filteren.

De reset pin wordt ook aangesloten op de watchdog timer output van de microcontroller. Bij een overflow van deze timer wordt de gehele regelaar

gereset. Bij een JTAG reset worden ook alle aangesloten componenten gereset. De resetlijn wordt hoog gehouden door middel van een Push-up weerstand.

15.6 Montagegaten

Voor het verdere verloop van het ontwikkelen van de regelaar is het nodig dat de montagegaten worden beschreven in het schema. Door deze montagegaten te beschrijven weet het PCB tekenprogramma dat deze gaten geplaatst moeten worden. Door deze gaten te aarde worden de bouten waarmee de PCB wordt vastgezet ook geaard zijn.

15.7 Ontstoring

Bij alle IC's die worden gebruikt in het schema moet ontstoring van de voedingsspanning worden toegepast. Door een 100nF condensator zo dicht mogelijk bij de voedingspin van het desbetreffende IC te plaatsen wordt er voor gezorgd dat eventuele stoorsignalen die mee worden gevoerd over de voedingsspanning door de condensator worden af gevoerd. Door de hoge schakelfrequenties is het mogelijk dat op sommige plekken de 100nF misschien niet afdoende is. Hier moet een kleine waarde worden toegepast voor een hogere schakelfrequentie. Meer over ontkoppeling is te vinden in het volgende document: Bron: (Tent Labs) of op deze website: (Dare)

15.8 Microcontroller Kristallen

Voor het goed functioneren van de microcontroller moeten er twee kristallen worden geïnstalleerd. Een kristal wordt gebruik voor de klokfrequentie van de microcontroller. Dit kristal creëert een frequentie van 12MHz. Deze waarde wordt intern vermenigvuldigd om de gewenste kloksnelheid te bereiken. Het tweede kristal wordt gebruikt voor de Real-Time Klok. De Real-Time klok wordt bijvoorbeeld bij de SD-Kaart gebruikt. Beide kristallen moeten worden ontkoppeld door middel van 15pF condensatoren aan beide kanten van het kristal.

16 OrCAD

Bij Sercom wordt er gebruik gemaakt van het programma OrCAD van de maker Cadence. OrCAD is een softwarepakket dat speciaal is ontwikkeld voor de professionele markt op het gebied van schema ontwerp. Bij het ontwikkelen van schema's in OrCAD wordt er verwacht dat ieder los deel van de regelaar een eigen deelontwerp krijgt in OrCAD. Door deze indeling aan te houden is het gemakkelijk terug te vinden waar delen zijn beschreven. Het voorblad van de regelaar bestaat dan ook alleen uit algemene blokken en verbindingslijnen.

In OrCAD wordt er gewerkt met bibliotheken die zijn gevuld met componenten. Deze componenten worden door de gebruiker zelf aangemaakt en beschreven. Het is ook mogelijk de precieze werking van een component in OrCAD op te geven om later het beschreven schema op werking uit te testen. Dit is bij dit project niet gebeurd. De meeste simulaties zijn uitgevoerd in Multisim.

Bij het aanmaken van een component moeten alle pinnen van een component worden benoemd om vervolgens gebruikt te worden in het schema. Ook is het mogelijk om componenten te beschrijven die meerdere malen dezelfde lay-out hebben in een package (bijvoorbeeld een meervoudige Operationele Versterker).

Nadat alle schema's zijn getekend wordt er in OrCAD een lijst met componenten genummerd (de functie: annotatie). Deze lijst met componenten is later nodig om gebruikt te worden in het PCB tekenprogramma. Door deze functie te gebruiken worden alle componenten achter elkaar gezet in een grote lijst, de componentenlijst (ook wel bill of materials genoemd). De functie is echter maar een keer te gebruiken want anders loopt de nummering niet meer gelijk met de nummering op de PCB. Nadat alle componenten zijn genummerd en de verbindingen zijn gemaakt kan er een netlist worden gecreëerd. Deze lijst geeft precies aan welke pinnen binnen een net vallen en dus met elkaar verbonden moeten worden. Hier moet ook mee uitgekeken worden: bij een aanpassing aan het schema kan deze netlist totaal veranderen en niet meer overeenkomen met het PCB ontwerp.

Tijdens de ontwerpfase is het programma OrCAD enkele keren vastgelopen waardoor hier veel tijd is gaan zitten om bepaalde stukken van het schema opnieuw te tekenen. Een update naar de nieuwste versie bleek hier de oplossing voor te zijn.

17 Behuizing

Voordat er een PCB getekend kan worden moet er allereerst een keuze worden gemaakt voor de behuizing waarin de regelaar wordt verwerkt. De inkoopafdeling van Sercom had een paar behuizingen liggen die voldeden aan de eisen voor de regelaar. Deze behuizingen waren eerder als monster naar Sercom verstuurd om te testen voor het gebruik bij nieuwe producten. Deze behuizingen waren echter nooit gebruikt.

De behuizing moet aan een paar eisen voldoen. Zo moet de behuizing spat waterdicht worden en moet het LCD duidelijk zichtbaar zijn voor de klant. Ook is er ruimte nodig voor het plaatsen van de Rotary encoder die naast het scherm geplaatst moet worden. Bij het uitzoeken kwam de Bocube van de producent Bopla naar voren (datasheet: (Bopla)). Dit kleine plastic doosje kenmerk zich door de nette afwerking en doorzichtige deksel. Ook is er voldoende ruimte voor het plaatsen van wartels om alle aansluit kabels doorheen te voeren. Deze behuizing niet gemakkelijk te openen waardoor onjuist handelen wordt beperkt.



Figuur 12: Bocube B-141306, B-221306, B-221309

De deksel is voorzien van vier gaten om eventuele printen aan vast te tappen waardoor de PCB direct kan worden vastgezet achter de deksel. Dit levert met het afmonteren veel tijdswinst op. Echter moet er wel een gat worden geboord om de Rotary encoder doorheen te voeren. Dit gat moet door middel van een rubberen ring waterdicht worden gemaakt.

Allereerst was het de bedoeling om gebruik te gaan maken van de kleinste versie (B-141306) maar naar een kleine inventarisatie van het aantal componenten werd er toch gekozen voor de grotere versie (B-221306). De hogere versie werd afgeschreven omdat deze te groot zou worden voor een compacte regelaar. De ruimte die voor het PCB achter het scherm is komt neer op: 190mm bij 115mm.

Doordat de PCB in de deksel wordt gemonteerd is er echter wel een probleem met het aansluiten van connectoren. De rand van de deksel loopt verder door waardoor er geen insteekmogelijkheden zijn voor bijvoorbeeld een SD-Kaart of een RS-232 plug. Hiervoor moet er op de PCB ruimte worden gemaakt om deze functies te kunnen gebruiken. Wel is er bij deze behuizing genoeg ruimte om alle componenten deze ruimte te geven.

Door gebruik te maken van een kleine USB Stick is het mogelijk de behuizing dicht te laten bij een geïnstalleerde USB stick. Hierbij is gedacht aan de volgende USB stick: Cruzer Fit van Sandisk (bron: (Sandisk)) die uitkomt op een verkoopprijs van €9,18 Incl. BTW (bron: (Tweakers.nl)) voor 16GB aan opslag ruimte, wat ruim voldoende is voor deze toepassing. Ook een SD-kaart is gemakkelijk te plaatsen door middel van een lege ruimte aan de voorkant van de SD-kaart Reader.

18 PCB Ontwerp

Na het creëren van een netlist en een bill of materials kan er worden begonnen met het ontwerpen van de PCB. In OrCAD kan er worden aangegeven wat voor package een component heeft. Deze packages zijn ook ingevoerd in het programma Layo1 van het Nederlandse bedrijf Baas Electronics (bron: (Baas Electronics)). Sercom maakt gebruik van het magazijn management systeem Exact. Hierin wordt voor verschillende soorten componenten magazijnnummer gecreëerd (Bijvoorbeeld RMF-0001 voor een weerstand van 100kΩ). Door in OrCAD in het Exact nummer in te voeren is in Layo1 bekend welke package gebruikt moet worden.

Bij het ontwerpen van het schema is er voor gekozen om alle componenten zo veel mogelijk SMD te houden. Echter wordt bij Sercom nog weinig gebruik gemaakt van SMD componenten waardoor veel waardes en componenten nog niet in de Exact database zijn opgenomen. Voor bijvoorbeeld de weerstanden is één enkele package gebruikt voor alle weerstanden. Hierdoor moet achteraf worden bepaald welke componenten er besteld moeten worden. Er is voor gekozen om deze regelaar buiten de Exact database te houden omdat de kans bestaat dat er nog veranderingen moeten worden doorgevoerd al de PCB is 'bestuukt'.

Bij het tekenen van de PCB moesten componenten zoals de LCD, LMV834 en Jack plug zelf worden getekend omdat ze niet beschikbaar waren in de bibliotheek. Hierbij zijn ook een paar vuistregels duidelijk worden. Boorgaten moeten bijvoorbeeld minimaal 0,3mm groter zijn dan de opgegeven pen maat om goed te passen. Ook moet er zeer zorgvuldig worden omgegaan met maten. Door een component aan te maken die een minuscule afwijking heeft van het originele component is het mogelijk het gehele ontwerp opnieuw gedaan moet worden.

Voor het ontwikkelen van de regelaar is gekozen voor een vier-laags print met een grondvlak en een 3,3V voedingsvlak aan de binnenkant van de print. Door het voedingsvlak te scheiden doormiddel van een grondvlak wordt de kans op storingen verminderd. Op de buitenste lagen is genoeg ruimte over om de stuursignalen overheen te leiden. Door deze opzet zijn ook de signalen aan allebei de kanten van de print redelijk goed van elkaar gescheiden.

Voor de lay-out van de print is gekozen om het LCD scherm aan de achterkant in het midden van de beschikbare ruimte te plaatsen. Hiernaast wordt in het midden tussen de LCD en de zijkant de Rotary encoder geplaatst aan de rechterkant (dit omdat de meeste gebruikers rechtshandig zijn). In het ontwerp wordt deze kant van de PCB als achterkant gezien maar voor de gebruiker is dit de voorkant van de regelaar. Soms levert deze opstelling wat problemen op in denkwijzen. Zo moet alle componenten en teksten in spiegelbeeld worden geplaatst om goed leesbaar en bruikbaar te zijn voor de gebruiker. Dit komt door de opzet van het programma Layo1. Hierin wordt elke laag onder elkaar gezien en liggen deze lagen op elkaar in het programma.

Er is met opzet gekozen om de kant van microcontroller als voorkant te nemen omdat aan deze kant de meeste componenten worden gemonteerd. Dit levert enkele voordelen op bij het teken van de PCB. Aan de microcontroller kant wordt de microcontroller zelf in het midden van de PCB geplaatst omdat vanuit hier bijna alle aansluiting lopen en dus op een centrale plek moeten worden geplaatst. Bij het uitwerken van de rest van componenten is rekening gehouden met de aansluitingen. Zo zullen de meeste kabels aan de zijkant de regelaar worden ingeleid en het is dus ook raadzaam hier geen componenten te plaatsen. Ook moeten aansluitingen zoals USB, SD en Ethernet genoeg ruimte hebben om aangesloten te worden. Zo is er gekozen voor een verticale USB aansluiting en is er voor de SD kaart rekening gehouden met het plaatsen. Ook de Ethernet aansluiting heeft ongeveer 6cm om een goede bocht te kunnen maken. Deze connector kan ook nog wordt vastgemaakt aan de PCB door middel van een tie-rap door de twee daarvoor geplaatste montagegaten.

Bij het ontwerpen van de PCB is er ook rekening gehouden met het plaatsen van de voeding en de voedingslijnen. Het mag worden verwacht dat door de stroom die gaat lopen er stoorsignalen kunnen inwerken op de overige componenten. De voeding is dat ook zo ver mogelijk van de rest van de elektronica geplaatst. Ook is er voor gezorgd dat de Ethernet controller dicht bij de microcontroller is geplaatst zodat er weinig mogelijkheid tot storing mogelijk is.

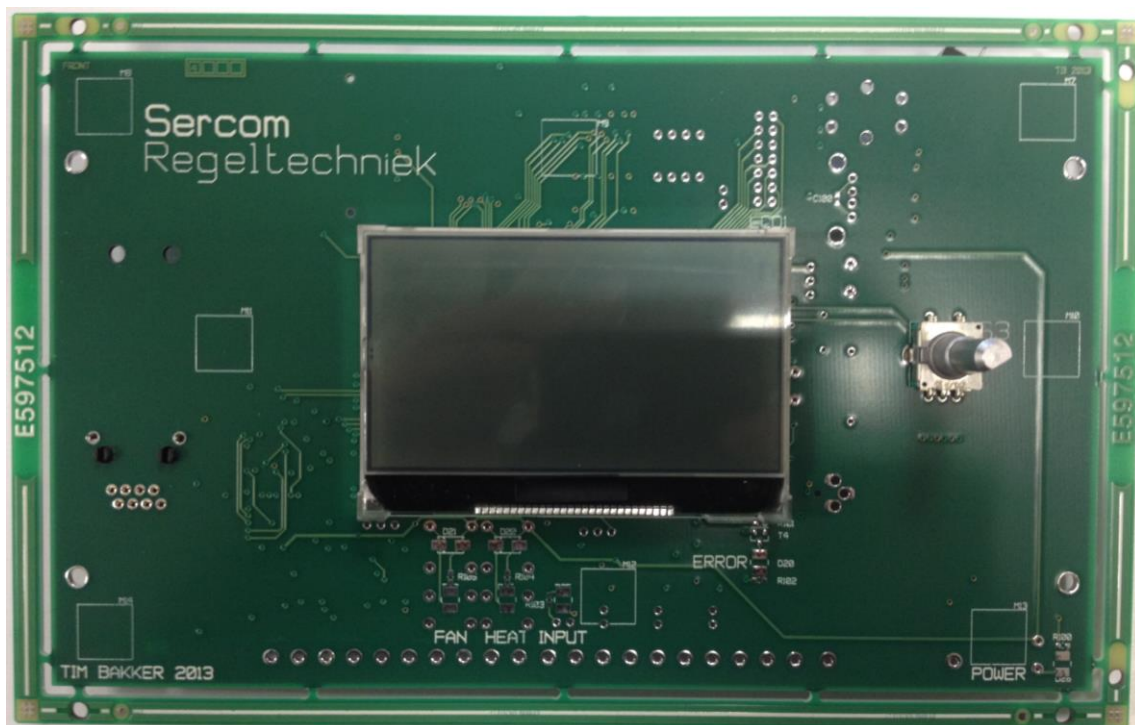
Bij het plaatsen van het geheugen moesten er veel sporen worden getrokken omdat het hier een bus systeem betreft. Dit zorgt voor aardig wat ruimte op te print en de bussen bleken ook niet aan een kant van de microcontroller te bevinden. Dit levert een aardige partij sporen op die rondom de microcontroller moeten worden gelegd. Door de opzet van vier lagen is het wel goed mogelijk deze opzet te handhaven.

Door analoge chips zo dicht mogelijk bij de ingang te leggen worden de kans op stoorsignalen verkleind en wordt het versterkte signaal verstuurd. Dit versterkte signaal is minder gevoelig voor signalen. Bij de opzet van de regelaar is er voor gekozen om alle aansluitingen zo te maken dat de besturingsprint bij een eventuele fout snel kan worden vervangen door een nieuwe. Door gebruik te maken van steekconnectoren is het mogelijk met het verwijderen van twee connectoren en vier schroeven de gehele print te verwijderen. Dit zorgt er voor dat er weinig werk nodig is voor het vervangen van een defecte print. Ook hoeft de klant geen aanpassingen te doen aan de behuizing wat op de langer termijn zorgt voor kosten besparing en een service vriendelijk product. Een nadeel van deze opzet dat ingangen en uitgangen dicht bij elkaar zijn gesitueerd waardoor er mogelijk interferentie tussen deze twee componenten ontstaat. Uit de testfase moet blijken hoeveel effect dit heeft op elkaar. Bij het plaatsen van ontstoor condensatoren is er voor gezorgd dat deze componenten zo dicht mogelijk bij het desbetreffende IC zijn geplaatst om zo goed mogelijk te functioneren.

Na het plaatsen van alle sporen is er ook nog een Design Rule Check (DRC Test) uitgevoerd om er voor te zorgen dat de print voldoet aan de eisen die de fabrikant heeft opgegeven. Voor het opsturen naar de fabrikant moet er worden voldaan aan een minimale spoor- en boorafstand van 0,150mm om te voldoen aan de standaard pool (Bron: (Euro Circuits)). Ook is er lagennummering toegevoegd om aan te geven welke laag is getoond.

Als laatste zijn de silk screens (opdruk van de print) aangepast om alle componenten van boven naar beneden te nummeren. Deze nummers wijken af van de nummers die zijn gegenereerd door OrCAD. Echter moeten deze nummers ook in OrCAD worden ingevoerd om de nummering op het uiteindelijke schema over te laten komen met de PCB. Ook is het mogelijk om teksten op de PCB te plaatsen zoals aanduidingen en bedrijfsnamen.

Bij een tussentijdse bespreking is naar voren gekomen dat het gehele product niet af kon komen in gestelde tijd waardoor de PCB als eindproduct werd aangemerkt. Aan het einde van de afstudeerperiode is de PCB binnengekomen en klaar om bestuukt te worden. Ook zijn de SMD stencils gearriveerd om alle SMD componenten op de print te bakken. De kale PCB met enkel het LCD en de Rotary encoder ziet er als volgt uit:



Figuur 13: PCB regelaar

Voor het vervolg van dit project moeten eerst alle componenten worden geplaatst en op werking worden getest. Hierna zal de uiteindelijke versie van het PCB worden getekend om daarna in massa productie te kunnen worden verwezenlijkt. Er is aangegeven door Sercom dat door de grote hoeveelheid SMD componenten de print in alle waarschijnlijkheid wordt bestuukt door middel van

een pick-and-place machine. Zo als op de foto te zien is bevindt de PCB zich in een frame om gemakkelijk te kunnen worden ingespannen.

Bij deze manier van produceren zullen er alsnog componenten met de hand worden geplaatst zoals het LCD, Rotary encoder, connectoren, et cetera.

Een totaal overzicht van de verschillende lagen van de PCB zijn terug te vinden in de, zie bijlage: 22.5 PCB

19 Aanbevelingen en verbeterpunten

Uiteraard blijven er altijd nog een aantal punten die verbeterd kunnen worden. Veelal zijn deze punten naar voren gekomen in de huidige versie en was het niet meer mogelijk om deze veranderingen door te voeren. Ook zijn er een aantal aanpassingen mogelijk die het gebruik of het aanzien van de regelaar kunnen verbeteren. Deze verbeteringen zijn opgenomen onder het deelhoofdstuk aanbevelingen.

19.1 Verbeterpunten

- De digitale ingang is uitgevoerd met een normale weerstand maar hier is een weerstand van minimaal 0,5Watt nodig. Deze weerstand is groter van oppervlakte en zou dus een andere package moeten krijgen voor een nette integratie op de PCB. Het is ook een optie de weerstand te verhogen waardoor er minder stroom gaan lopen. Hierdoor zou de led wat minder fel gaan branden en de weerstand zou minder vermogen te verwerken krijgen.
- De gaten van voor een tie-rap die gebruikt worden voor de Ethernetkabel zitten niet recht voor de ethernet aansluiting. Ook is de ruimte tussen deze montagegaten en ethernet aansluiting net te krap.
- De silk screen is bij sommige componenten weggefallen en zou daarom nog eens goed moeten worden bekeken om in een nieuwe versie wel goed zichtbaar te zijn.

19.2 Aanbevelingen

- Bij een uiteindelijk ontwerp is het waarschijnlijk gewenst om een front plaat te ontwikkelen voor de regelaar.
- De USB Poort zou naar beneden kunnen om de datalijnen minder lang te maken. Ook zorgt dit voor een kortere voedingslijn en kunnen de twee grote condensatoren bij elkaar worden geplaatst
- De gebruikte componenten moeten een Exact nummer krijgen om het fabricage proces te versoepelen.
- Er moet goed worden gekeken of alle componenten door een pick-and-place machine kunnen worden geplaatst.
- Doordat er ruimte over is op de print is het mogelijk om een voeding op de PCB te bouwen om het geheel autonoom te laten functioneren.
- Het is aanbevolen bij de NTC meting een andere manier te zoeken om het bereik van deze meting te vergroten.

20 Conclusies

Bij het afstuiten van dit afstudeerproject is duidelijk geworden dat de gestelde tijd die voor dit project werd bepaald niet haalbaar was waardoor er helaas wordt geëindigd met een product wat zeker levensvatbaar is maar nog niet compleet op werking is getest. Wel zijn veel onderdelen afzonderlijk getest waardoor er van sommige onderdelen met zekerheid kan worden gezegd dat deze functioneren. Over de gehele linie bleek dit project zo veel verschillende factoren te hebben dat het compleet maken van deze regelaar een zeer tijdrovende bezigheid blijkt te zijn. Ook wordt er gebruik gemaakt van nieuwe componenten waarmee nog geen ervaring was opgedaan. Door er voor te kiezen deze componenten eerst op werking te testen heeft het ontwerpproces lang geduurd maar kan er wel met meer zekerheid worden gezegd of een onderdeel naar behoren gaan functioneren en voldoen aan de specificaties. Dit heeft voor het vervolg proces gezorgd dat veel problemen en kosten voorkomen zijn.

Deze regelaar is de tegenhanger van de grotere machines die worden gebouwd door Sercom. Door juist een product in de markt te zetten die voor de kleine gebruiker een uitkomst biedt is een goede stap in de richting om in een redelijk verzadigde markt toch een nieuw product te kunnen uitbrengen. Door gebruik te maken van nieuwe technieken zoals Ethernet en USB wordt het mogelijk voor de hedendaagse klant alle voordelen van de digitale wereld te laten benutten in een eigen kas. Ook is de opbouw met een microcontroller een uitkomst voor het snel implementeren van nieuwe software en functies. Ook biedt de behuizing en de PCB ruimte voor extra functionaliteit. Hier kan bijvoorbeeld worden gedacht aan een interne voeding.

De gehele regelaar is opgebouwd uit grotendeels SMD componenten waardoor hier veel uitzoek werk bij komt kijken. Bij Sercom worden bijna alle printen nog in eigen beheer bestuukt en gesoldeerd wat als voordeel oplevert dat alle printen zelf op werking en kwaliteit worden gecontroleerd. Echter is dit bij SMD een zeer tijdrovende klus waarbij veel precisie komt kijken. Mede door deze reden worden SMD printen vaak met een Pick and Place machine gefabriceerd. Dit levert op de langer termijn een kostenvoordeel op maar ook een paar nadelen. Zo is het niet meer mogelijk alle productie onder eigen beheer te doen. Ook zijn reparaties moeilijker uit te voeren. Deze keuze is gemaakt omdat er aanvankelijk werd gedacht dat er te weinig oppervlakte was. Ook worden bijna alle actieve componenten in SMD formaat geplaatst waardoor dit een logische keuze is.

De periode heeft uitgewezen dat een opdrachtgever veel eisen en voorwaarde kan hebben maar dat uiteindelijk de verantwoordelijkheid van het uitvoeren van een taak bij de opdrachtnemer ligt. Als de gevraagde oplossing niet mogelijk is om welke reden dan ook moet hier een goed alternatief voor worden bedacht om zo dicht mogelijk bij de wensen van de opdrachtgever uit te komen. Dit kan verschillende oorzaken hebben zoals: technische onhaalbaarheid, te veel extra componenten, te prijzig, et cetera. Hier moet altijd een doordachte keuze worden

gemaakt die in de rest van het productieproces steeds moet worden verantwoord en met een kritische blik moet worden bekeken. Een fout zit in een klein hoekje en hoe eerder deze worden opgelost hoe minder kostbaar deze zijn.

Ieder bedrijf heeft eigen werkwijzen en bijzonderheden die in een relatief korte tijd eigen moeten worden gemaakt. Voor de werknemers is dit misschien de gewoonste zaak van de wereld maar voor een afstudeerder zijn er vaak veel vragen die aan de orde komen. Er moet worden gewerkt met programma's waar nog niet eerder mee gewerkt is en er zijn al ideeën en componenten aanwezig waarvan verwacht wordt dat deze veelal bekend zijn.

Wat duidelijk is geworden in deze afstudeerperiode dat veel theorie zeker van toepassing is op het creëren van een nieuw elektronisch product. Echter is het ook noodzakelijk enkele zeer praktische vaardigheden eigen te zijn en daar gebruik van te maken in het te ontwerpen producten. Voor het creëren van een totaal nieuw product is veel tijd en ervaring nodig om alles in goede banen te leiden. Veel keuzes worden gemaakt op basis van kennis en zijn eigenlijk niet afhankelijk van geraadpleegde literatuur. Door altijd nieuwsgierig te blijven naar nieuwe techniek en onderzoeken blijft de kennis up-to-date en kan er worden meegegaan in de snel veranderende technologie. Een elektronisch engineer is verantwoordelijk voor de vooruitgang van het bedrijf en het is dan ook de taak om altijd met een vooruitziende blik een product te ontwerpen. Altijd kwalitatief en prijsgericht te werk gaan en producten ontwikkelen en niet bang zijn af en toe goed te reflecteren op eigen werk. Nooit schuwen om nieuwe ideeën te proberen, altijd rekening te houden met zo veel mogelijk factoren die van belang zijn voor het creëren van een product wat zowel voor de klant als de onderneming een vooruitgang oplevert.

21 Epiloog

Na deze intense zeventien weken stage is er een einde gekomen aan een zeer leerzame tijd bij Sercom. In deze tijd is het voor mij duidelijk geworden wat voor mij toch wel de drijfveren zijn geweest om te kiezen voor de opleiding Elektrotechniek. Vroeger was de interesse in elektronische apparatuur altijd al aanwezig en dit uitte zich voornamelijk in het verzamelen van Licht-, Geluid- en Computerapparatuur. Hobby's die ik nog steeds met veel plezier doe. Altijd nieuwsgierig hoe apparatuur in elkaar zit en hoe het gemaakt wordt. In deze periode heb ik iets van mijzelf gemaakt, op eigen benen met hier en daar een zet in de goede richting. Systemen waar ik vroeger met bewondering naar keek zijn nu door mijzelf gemaakt en bedacht. Alles blijkt te redeneren en theoriestof is overgegaan in bruikbare kennis voor de rest van mijn werkzame leven.

Bij aanvang van deze stageperiode was het voor mij nog niet duidelijk wat de opdracht precies ging inhouden waardoor er in het begin wat onduidelijkheden waren. Veel materie was redelijk nieuw voor me en daardoor was het moeilijk om meteen aan de hoofdupdracht te beginnen. Eerst zelf uittesten of de dingen die bedacht waren aan de hand van de kennis, die in de afgelopen jaren was opgedaan, ook echt zo werken in de praktijk. Deze manier heeft in het begin van de stage veel tijd gekost maar wel bijgedragen aan een beter product aan het einde van deze periode. Door deze extra ervaring zijn andere delen van het ontwerp beter te begrijpen. Ook om te kunnen redeneren of oplossingen ook in de praktijk zou werken. Bij het ontwerpen kan het soms tegenzitten waardoor er snel kan worden besloten om aan een ander onderdeel te beginnen. Dit levert echter achteraf geen tijdwinst op, door gestructureerd te werken blijft het geheel overzichtelijk.

Sercom is vanaf het begin duidelijk geweest in het feit dat veel zelf uitgezocht moet worden en er een hoge mate van zelfstandigheid vereist is. Ook moesten er eigen oplossingen voor bestaande problemen worden gevonden zodat het uiteindelijke ontwerp er één zou zijn die echt van mij is. De vaste engineer was een tijd afwezig waardoor er soms enige elektronische feedback miste. Dit leverde enige lange brainstorm sessies op waarbij ik de weerklank van een ervaren ontwerper een aantal keren wel miste. Echter leverde dit wel oplossingen op die nog niet waren gebruikt door Sercom. Door een paar goede discussies werden ideeën verbeterd en bijgeschaafd om uiteindelijk van iedereen een goedkeuring te krijgen. Sommige procedures waar nog geen ervaring mee was opgedaan werden uiteengezet waarna er veelal weer zelfstandig gewerkt en ontworpen kon worden. "Loop een paar keer tegen problemen aan om ze in de toekomst te voorkomen".

Uiteindelijk ligt er een product waar ik trots op ben en een goed vertrouwen in heb dat dit een werkend geheel gaat worden. Er is vanuit Sercom aangegeven dat er interesse is om de regelaar in werktijd af te maken. Dit vertrouwen in mijn product geeft mij de motivatie om het project voort te zetten op de ingeslagen

weg en er voor te zorgen dat er uiteindelijk een product ligt wat klaar is voor de grote wereld.

Bedankt voor het lezen,

Tim Bakker

Lisse, 18-12-2013

22 Bijlages

Hieronder is een overzicht te vinden van alle bijlages die worden gebruikt om eventuele testfases of programma's te verduidelijken. Ook zijn hier de complete schema's en PCB tekeningen terug te vinden.

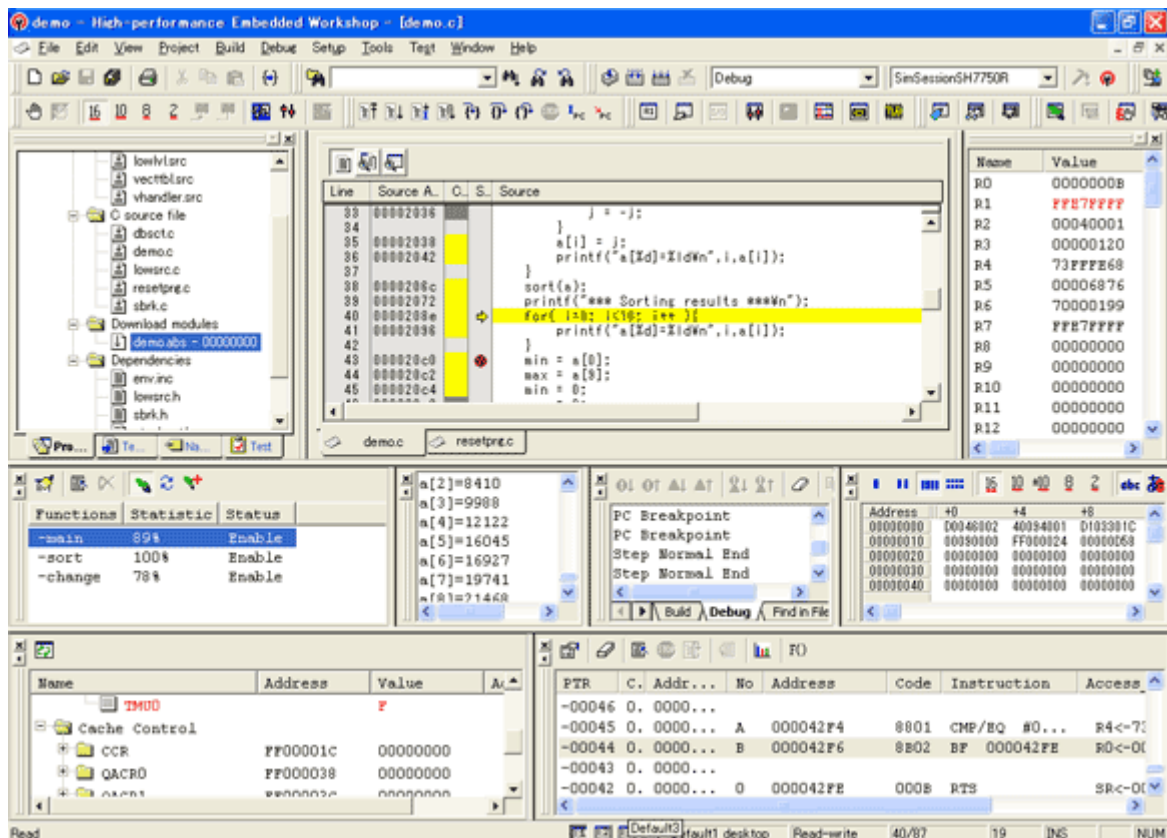
22.1 Vergelijking ontwikkelomgevingen

Bij de bijgeleverde software bij de ontwikkel boarden kwamen 2 programma's naar voren die worden gebruikt voor de RX600 Serie. De gebruikte programma's zijn High-performance Embedded Workshop(HEW) en E2 Studio gebaseerd op Eclipse. Bij de voorbeeld programma's wordt er gebruik gemaakt van HEW omdat dit programma vrij toegankelijk is voor de gebruiker en hier voor de rest geen kosten aan verbonden zijn. HEW is ontwikkeld door Renesas zelf en wordt gebruikt voor verschillende series van Renesas. Hierdoor is het dus ook logisch dat Renesas voorbeeldsoftware aanlevert in dit formaat.

Een ander ontwikkelplatform dat Renesas aanbiedt bij deze processor is het programma E2 Studio. Dit programma is gebaseerd op Eclipse. Dit programma is echter niet vrij verkrijgbaar (Enkel in de Trial Evaluation Version). Bij de kennismaking met de processor en de ontwikkelen omgevingen zijn allebei de programma's uitgetest op functionaliteit en gebruikersgemak. Zo bleek uit een kleine inventarisatie dat allebei de programma's werden gebruikt in Sercom. Hieronder een kleine vergelijking tussen de 2 ontwikkelomgevingen:

22.1.1 High-Performance Embedded Workshop (HEW)

De High-Performance Embedded Workshop (Bron: (Renesas)) is een ontwikkelomgeving die wordt ontwikkeld door Renesas. De ontwikkelomgeving wordt gebruikt voor de verschillende series van Renesas Microcontrollers. En bevat veel functies die verwacht mogen worden van een ontwikkel programma voor microcontrollers. Zo wordt er gewerkt in een "Workspace" Waarin verschillende projecten kunnen worden opgeslagen. Zo kan er gemakkelijk worden omgeschakeld naar een andere workspace als er bijvoorbeeld aan een ander project worden gewerkt. HEW ondersteund de verschillende soorten Toolchains die worden aangeboden voor Renesas. Verder zijn er enkele debug mogelijkheden zoals "single steppen, registerwindow en breakpoint" zoals er verwacht mag worden van een ontwikkelomgeving. Echter missen er ook wat essentiële opties en functionaliteiten die het ontwikkelen van embedded software bemoeilijken. Bij het gebruik van een functie wordt niet aangegeven of de gebruikte functie wel of niet bestaat. Ook wordt niet aangegeven als een geschreven code regel onjuist is. Iets wat veel tijdswinst oplevert bij het ontwikkelen. Veel foutmeldingen die worden gegeven door de compiler zijn moeilijk terug te vinden in de broncode. Bij de eerste kennismakingen met deze ontwikkelomgeving vielen deze nadelen zeer snel op een voelde niet gebruiksvriendelijk.



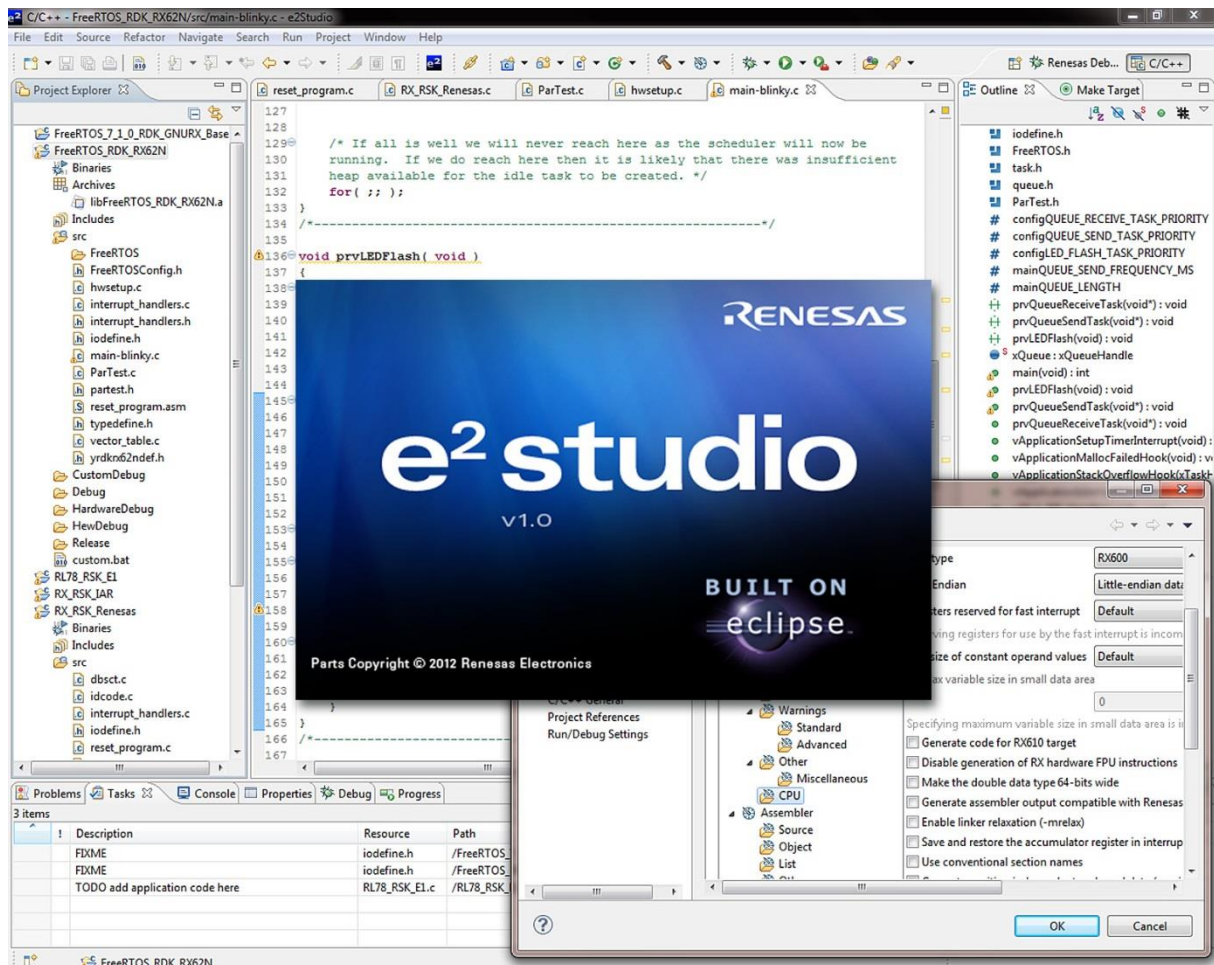
Figuur 14: High-Performance Embedded Workshop

22.1.2 E2 Studio

Na het gebruik van High-Performance Embedded Studio werd er overgestapt naar E2 Studio gebaseerd op Eclipse (Bron: (Renesas)). Dit programma wordt door de andere ontwikkelaars van Sercom ook gebruikt om de verschillende embedded software te schrijven. Bij de eerste kennismaking viel meteen op dat dit programma meer bij de tijd is en beschikt over veel meer functionaliteiten die het programmeren een stuk aangenamer maken. Ook is de ondersteuning voor de Renesas microcontrollers goed geregeld en werkt soepel. Veel functies die HEW missen zijn wel aanwezig in E2 studio.

E2 Studio is gebaseerd op Eclipse dat veel wordt gebruikt bij ontwikkelaars van Embedded software. Er wordt net zoals bij HEW gebruik gemaakt van Workspaces en projects. Echter zijn veel extra functies toegevoegd aan dit programma zoals het automatisch afmaken van functies en het direct laten zien van fouten in de broncode door middel van een rood lijntje onder de geschreven broncode.

Al deze extra functionaliteiten zorgen er voor dat dit programma wordt verkozen boven de HEW. Echter zorgt dit er ook voor dat standaard projecten die worden aangeboden door Renesas niet kunnen worden uitgevoerd. Het overzetten van HEW projecten Naar E2 studio projecten blijkt in de praktijk erg omslachtig te zijn waardoor het te veel tijd kost om te verwezenlijken.



Figuur 15: E2 Studio

22.1.3 Voorbeeldprogramma's

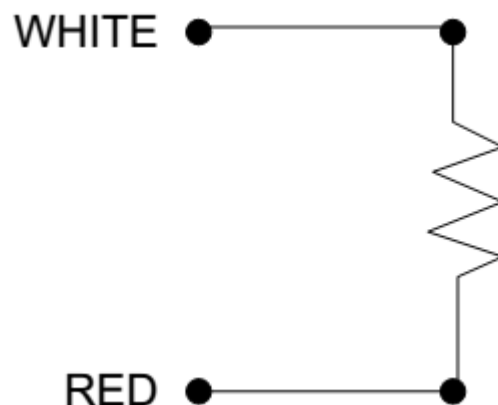
De programma's die door Renesas werden aangeleverd bij de verschillende experimenteer boarden zorgen er voor dat zelfs een onervaren programmeur snel de verschillende onderdelen van het board aan de praat krijgen. Door een uitgebreide beschrijving van deze voorbeeldsoftware wordt een inzicht verkregen in het gebruik van de verschillende ontwikkelomgevingen en de functionaliteit hier van. Ook worden verschillende andere aspecten van het programmeren op de RX600 controllers behandeld. Zo wordt er in veel voorbeeldsoftware gebruik gemaakt van een besturingssysteem op de microcontroller. Dit besturingssysteem zorgt er voor dat de verschillende componenten snel kunnen worden aangestuurd zonder moeilijk programmeerwerk. Echter zorgt dit er wel voor dat de resources meer worden belast en de microcontroller zijn taken minder snel kan uitvoeren. Bij de voorbeeldsoftware wordt gebruik gemaakt van MicroC-3. Dit besturingssysteem zorgt er voor dat componenten zoals Ethernet en USB kunnen worden gebruikt zonder zelf protocollen of aanstuurprogramma's te schrijven. Ook het aansturen van bijvoorbeeld een LCD scherm is in deze software vergemakkelijkt. Echter na een kleine inventarisatie blijkt dat Sercom een eigen besturingssysteem gebruikt die boven op de embedded software is geschreven. Er wordt van de elektronisch engineer verwacht dat er software

wordt geschreven die direct aansluit op de hardware zodat er zo min mogelijk resources worden gebruikt.

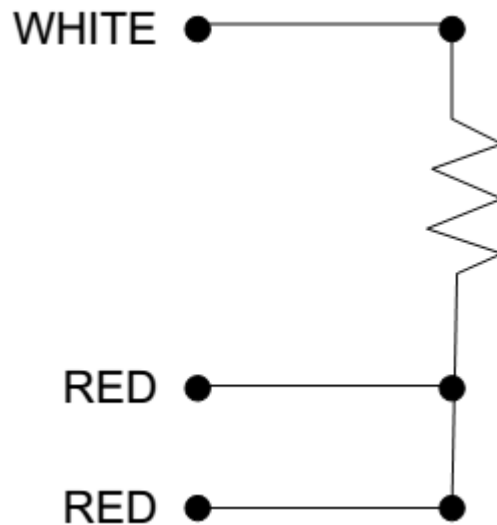
22.2 Twee-, Drie-, Vierdraads meting

In de praktijk wordt en vaak gebruik gemaakt van lange kabels die naar een sensor toelopen. Deze sensorkabels beschikken elk over een eigen weerstand die dus mee gaat tellen in de meting. Doordat deze weerstand per kabel kan oplopen tot enkele Ohms maakt dit veel uit in de uiteindelijke meting. (Immers: 2 Ohm is één Graden Celsius). Voor dit probleem zijn een aantal oplossingen bedacht, namelijk:

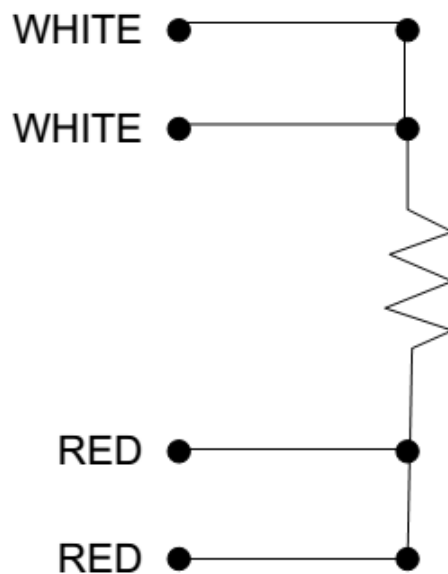
- De 2-Draadsmeting met kabel correctie



-
- De stroom spanning die wordt gegenereerd wordt door de witten kabel gemeten en de rode kabel wordt aan de gezamenlijke aarde aangesloten. De spanning die over zowel de PT-sensor als de kabel bestaan worden gemeten. Door een offset weerstand te plaatsen bij de meting wordt het kabelverlies weggewerkt.
- De 2 draad meting is het goedkoopste (immers: er worden maar 2 kabels gebruikt) maar wordt niet zo vaak gebruikt. Dit komt omdat de offsetweerstand bij iedere meetoptelling moet worden aangepast op de gebruikte kabellengte. Hierdoor is de meting minder nauwkeurig (de weerstand kan ook afwijking hebben) en vervalt een belangrijk voordeel van een PT-sensor.
- De 3-Draadsmeting



-
- Door een extra draad aan een van de uiteinden van de PT-sensor te bevestigen wordt de offset weerstand geëlimineerd. De Extra draad wordt aangesloten aan de negatieve ingang van de sensor meting en bevat dus de spanning die over de kabel staat. Door deze kabel gaat geen stroom lopen (de kabel bevindt zich buiten de stroomkring) waardoor er ook geen extra spanning wordt opgewekt.
- Deze oplossing zorgt er voor dat de kabelverliezen van de meting worden afgetrokken waardoor de meting een stuk nauwkeuriger worden. De kabel is altijd even lang als de heengaande kabel waardoor de kabelverliezen worden weggewerkt.
- Deze methode wordt het vaakst gebruikt in meetsystemen en levert een nauwkeurigheid op die voor de meeste toepassing ruim voldoende is.
- Doordat er wordt gemeten met 2 draden in plaats van 1 worden eventuele stoorsignalen opgevangen door allebei de draden. Hierdoor worden deze signalen weg gefilterd door de elektronica die gebruikt wordt door middel van de hoge Common-mode Rejection Ratio (Bron: (Wikipedia))
- De 4-Draadsmeting



-
- De 4 draad meting is het nauwkeurigste van de PT-sensor metingen. Daarmee ook het duurste omdat er 4 kabels gebruikt worden.
- Bij de 4 draad meting worden er 2 sets met draden aan elke kan van de PT-Sensor bevestigd. Door op het ene paar van de draden een stroom aan te brengen kan op het andere paar van de draden een spanning worden gemeten. Omdat er door deze draden geen stroom gaan lopen kan er een heel nauwkeurige meeting worden verricht. Echter moet de ingangsimpedantie van het meetinstrument wel erg hoog zijn.
- Deze meting wordt eigenlijk alleen maar gebruikt in wetenschappelijke proeven omdat de kosten van de extra draad niet opwegen tegen de nauwkeurigheid in de meeste gevallen.

Bron: (Campbellsci)

Zoals in de bovenstaande vergelijking goed te zien is heeft elke oplossing zijn eigen voor en nadelen. Zo kunnen bedrijven kiezen voor een 2 draad meting als ze weten dat bij elke implementatie wordt gekozen voor dezelfde sensor en dezelfde kabellengte. Bij Sercom zijn deze metingen universeel en daardoor is heel slecht in te schatten welke kabellengte er wordt gebruikt. Ook worden er vaak sensoren gebruikt die op een substantiële afstand van de regelaar liggen waardoor de kabelweerstand een grotere rol gaat spelen bij de meting. Doordat een extra draad al snel in de papieren gaan lopen wordt er vaak gekozen voor de 3 draad meting.

22.3 Test rapport PT500 meting

In navolging van het vorige verhaal is er gekozen om een 3 draad meting te implementeren in de regelaar. Deze meting moet zowel op de binnen- als de buitentemperatuur worden toegepast. Omdat er vanuit Sercom is aangegeven

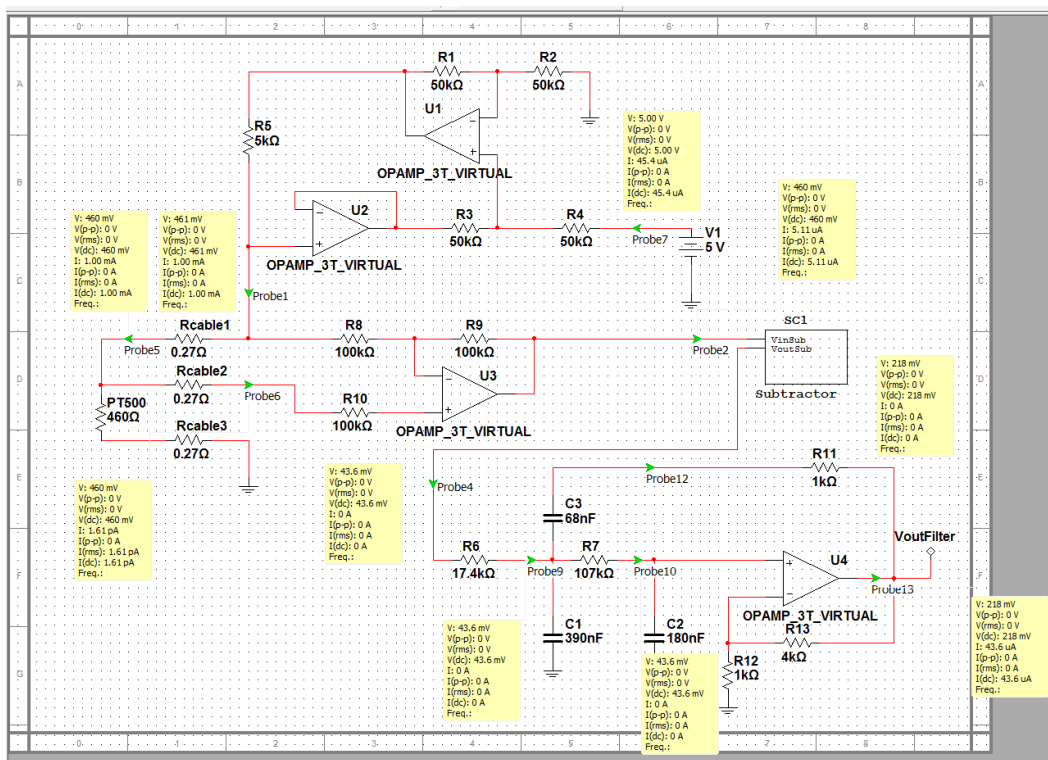
dat er een nieuwe aanpak van dit bestaande probleem welkom is, zijn er enkele simulaties uitgevoerd om verschillende oplossingen uit te lichten.

Bij een verdere benadering van het probleem bleken er weinig informatie beschikbaar over het onderwerp en moest er dus een eigen oplossing worden bedacht. In dit ontwerpstadium zijn er enkele ideeën ontstaan die uiteindelijk hebben geleid naar een werkend systeem dat zowel nauwkeurigheid als betaalbaar is.

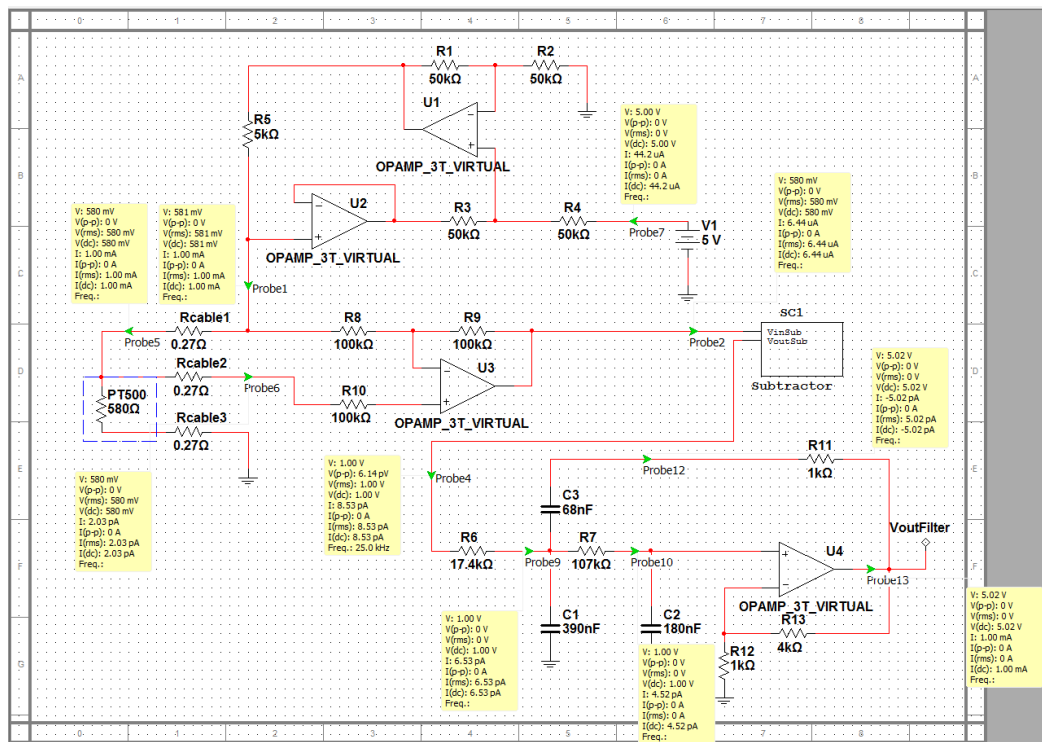
In dit ontwerpproces is goed te zien dat nieuwe ingevoingen en informatie over het onderwerp steeds meer leiden naar een werkend geheel, waarin met alle bestaande factoren wordt rekening gehouden. Soms ontstonden ideeën doordat er door internetbronnen een oplossing werd aangeboden, meestal waren deze niet nauwkeurig genoeg.

22.3.1.1 Eerste systeem

Bij het inventariseren naar een werkend systeem moest er worden gekeken naar een stroombron en een ingangscircuit die samen een werkend geheel vormen. Het eerste systeem zag er in de simulatie zo uit:



Figuur 16: Simulatie PT500 Eerste systeem -20°C



Figuur 17: Simulatie PT500 Eerste systeem +41°C

Deze meting is gebaseerd op de volgende bron: (Microchip)

In deze bron wordt een meting met een stroombron voorgesteld. Deze stroombron is opgebouwd uit 2 opamps die samen een stroom van 1mA genereren. Echter wordt er gebruik gemaakt van 2,5V als ingangsspanning waardoor dit schema niet toereikend was voor het schema (Er wordt alleen gebruik gemaakt van 3,3V en 5V). Dit eerste probleem is opgelost door alle weerstanden met 2 te vermenigvuldigen om te voldoen aan de gewenste 5V.

De opamp U1 wordt gebruikt om de gewenste spanning te creëren (in dit geval 5V). De twee opamps gaan werken als een stroombron met de volgende formule:

$$I = (U_{IN+} - U_{in-})/R5$$

De opamp U2 wordt gebruikt als buffer om de uitgangsspanning te meten die wordt verkregen door middel van de stroom die gaat vloeien door de sensor. Doordat de stroombron meer stroom gaat leveren naarmate de belasting hoger wordt (De spanning die wordt gemeten door A2 wordt bij de ingangsspanning opgeteld) ondervindt de stroombron geen hinder van de belasting.

De opamp U3 zorgt er voor dat de kabelweerstand van de heengaande kabel wordt vermenigvuldigd met 2 en daarna wordt afgetrokken van de meting waarin de kabelweerstand nog bij zit. De weerstanden R_{cable2} en R₁₀ hebben geen invloed op de meting omdat hier geen stroom gaat lopen.

Na deze compensatie wordt er gebruik gemaakt van een sub tractor het bereik van de meting te vergroten. Door het onderste deel van de meeting van de gehele meeting af te trekken en daarna te versterken wordt een groter deel van de ADC gebruikt. Hierdoor wordt de nauwkeurigheid van de meeting vergroot. Echter wordt het ook het aantal weerstanden (vaak redelijk storingsgevoelig) en een extra opamp toegevoegd aan de schakeling. Dit zorgt voor extra ruis in de schakeling.

Verder maakt deze schakeling ook nog gebruik van een Sallen-Key filter om eventuele EMI en RF signalen weg te filteren en een "schoon" signaal aan de ADC aan te bieden. Ook wordt hier de laatste versterking op het signaal toegepast om de gewenste uitgangsvoltages te bereiken. Tijdens het uitvoeren van deze test werd er nog vanuit gegaan dat de ingangsvoltages van de ADC van 0V tot 5V liepen. Dit is later bijgesteld naar 0V tot 3,3V.

Bij het evalueren van deze schakeling kwamen een aantal punten naar voren die de doorslag gaven om niet door te gaan met deze opzet. Zo werd er gesteld dat er wel erg veel componenten werden gebruikt om een sensor uit te lezen. Ook waren er veel componenten die eventuele ruis zouden kunnen veroorzaken waardoor de nauwkeurigheid van de meeting zou afnemen. Ook zou deze oplossing 5 opamps nodig hebben om goed te functioneren. Helaas bestaan er geen behuizingen met 5 opamps waardoor deze oplossing een 2^e opamps behuizing zou vereisen voor de grootste nauwkeurigheid. Zeker gelet op de behuizingsgrootte van de regelaar was dit niet de ideale oplossing.

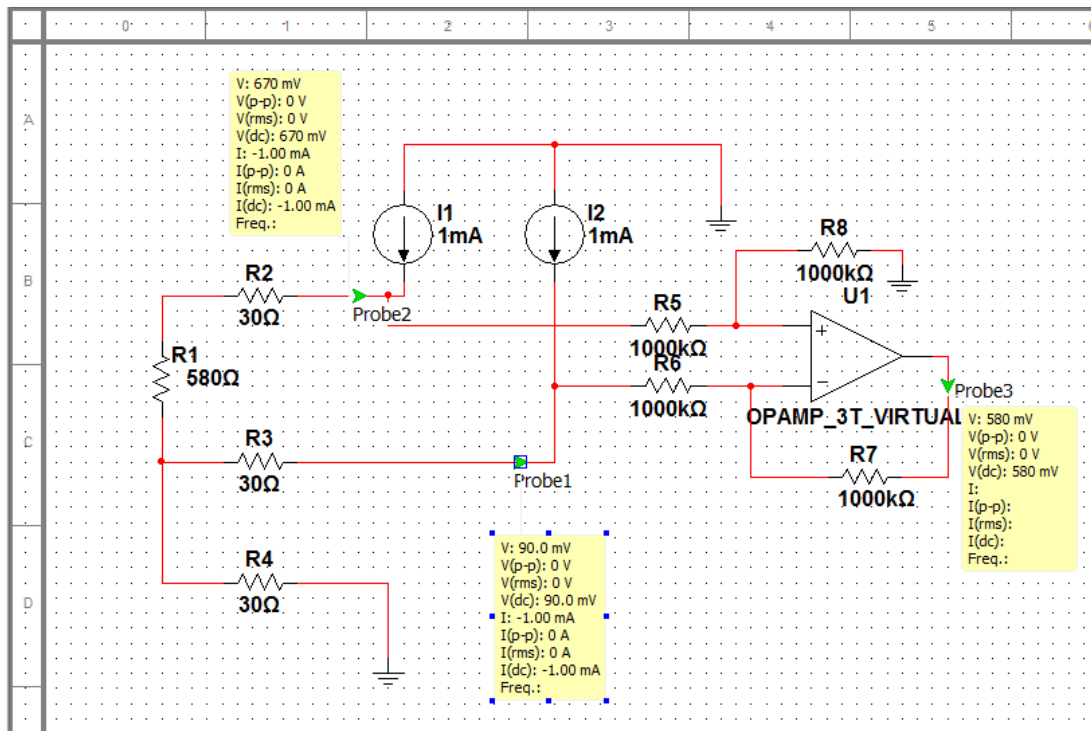
Verder werd er tijdens de bespreken ook nog een paar andere dingen geopperd die bij het verdere ontwerp vertegenwoordigd moesten zijn. Zo werd er gesteld dat het niet gebruikelijk is om deze meeting met 1 stroombron uit te voeren omdat dit het aftrekken zeer omslachtig en onnauwkeurig maakt. Ook geven weerstanden in deze meeting vaak een vertekend beeld omdat deze temperatuurafhankelijk zijn en na loop van tijd gaan verlopen. Hiervoor zouden zeer nauwkeurige weerstanden kunnen worden gebruikt maar dit zorgt voor extra kosten.

Bij deze meeting is er vanuit gegaan dat het meetbereik van de PT500 ongeveer tussen de -20°C en +41°C (tussen de 460Ω en de 580Ω) . Echter bleek al snel dat Sercom dit een te klein meetbereik vond waardoor deze oplossing ook al snel van tafel ging. Sercom levert producten over de gehele wereld en wordt ook gebruikt in klimaten die een stuk ruwer zijn dan in Nederland. Zo hebben zij de uiterste waardes vastgesteld op -45°C en +60°C. Hierdoor zou het hele schema moeten worden aangepast.

Er werd door Sercom aangegeven dat dit een nieuwe aanpak was van een bestaand probleem en dat ze het positief vonden dat er een andere oplossing werd voorgesteld. Echter voldeed dit nog niet aan alle eisen die waren gesteld voor dit ontwerp. Bij de volgende aanpak werden de tips meegenomen in het ontwerp.

22.3.1.2 Tweede Systeem

Bij het tweede systeem werden het eerste systeem in zijn geheel weggelaten en kwamen eerst alle elementaire componenten terug in het systeem. Hierdoor werd het tweede schema een stuk overzichtelijker. Door gebruik te maken van de bestaande kennis over opamps werd het volgende schema in elkaar gezet:



Figuur 18: Opzet PT500 Tweede systeem

Zoals te zien is, is het schema een heel stuk soberder dan het vorige schema. Dit komt echter wel de leesbaarheid ten goede en geeft een beter beeld in hoe deze meeting eigenlijk functioneert. Hier is ook uit naar voren gekomen dat het altijd beter is om eerst het gehele systeem beter te begrijpen dan meteen in te zoomen naar de uitwerking.

In dit systeem wordt er gebruik gemaakt van 2 ideale stroombronnen (zoals aangegeven door Sercom) die samen worden gebruikt om de kabelweerstand van de PT500 weerstand af te trekken. Zoals te zien is in dit schema wordt de PT500 sensor anders aangesloten als bij het eerste systeem. Door allebei doordat de ingang van de opamp zeer hoogohmig zijn zal er geen stroom naar het opamp circuit lopen waardoor alleen de draad en PT500 weerstand wordt gemeten. Doordat er gebruik wordt gemaakt van 2 stroombronnen worden de volgende voltages opgewekt:

$$U_1 = I_1 * (R_2 + R_{PT500} + R_4)$$

$$U_2 = I_2 * (R_3 + R_4)$$

Door de opamp als differentiële versterker (Bron: (Wikipedia)) te gebruiken met een versterkingsfactor van 1 worden de volgende formule herleidt:

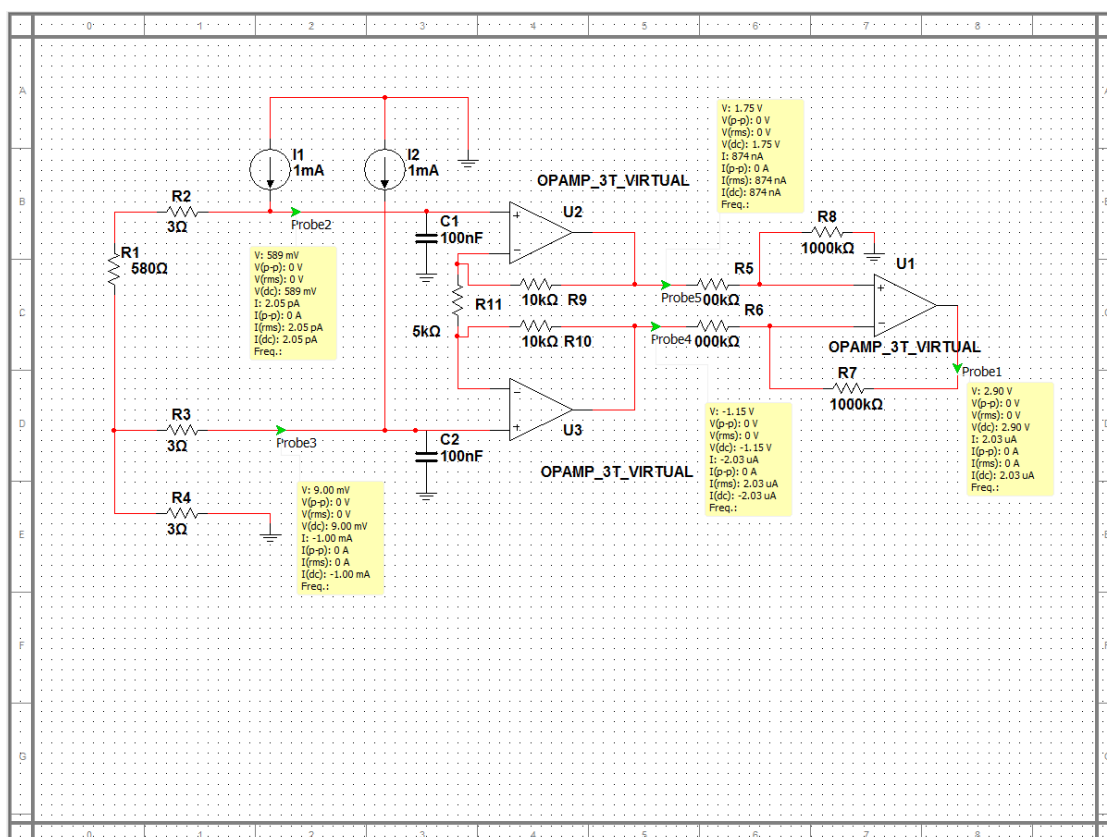
$$U_{op} = U_1 - U_2 = U_{PT500}$$

Door deze opzet is met een zo klein mogelijk aantal componenten een PT500 meting gerealiseerd die kan worden gebruikt om de PT500 sensor uit te lezen. Echter wordt hier geen rekening gehouden met eventueel bereik dat onbenut blijft. Ook zijn de gebruikte stroombronnen nog niet uitgewerkt waardoor een goede implementatie nog niet aan de orde is. Ook wordt er bij de ingangen gebruik gemaakt van, weliswaar, hoogohmige weerstanden, echter kunnen deze zorgen voor een extra afwijking in de meting.

Dit schema heeft als stap naar het volgende systeem geleid waarin de tekortkomingen van de opamp worden verholpen.

22.3.1.3 Het derde systeem

Bij het derde systeem werd er een oplossing bedacht voor de ingangsweerstanden. Hierbij kwam direct het idee om deze weerstanden te vervangen door buffer opamps. Door 2 opamps als ingangsbuffer te gebruiken kunnen de ingangsweerstanden worden geëlimineerd. Ook wordt de ingang nog meer hoogohmig waardoor de meting nauwkeuriger wordt. Het derde schema ziet er als volgt uit:



Figuur 19: Opzet PT500 Derde Systeem

Zoals in dit schema goed te zien is, worden de ingangsweerstanden vervangen door opamps. Ook is goed te zien dat er nog iets anders is gebeurd met de ingangopamps. Door de toevoeging van R9, R10 en R11 is een versterker

gebouwd die het gehele verschilsignaal versterker. Dit idee is ontstaan uit het schema van een instrument versterker (Bron: (Wikipedia)). Na enig onderzoek kwam deze versterker naar voren. Deze versterker zorgt er voor dat 2 signalen van elkaar worden afgetrokken en heeft een zeer hoge ingangsimpedantie. Ook is te zien dat er bij dit schema 2 extra condensatoren zijn toegepast voor het filteren van de HF signalen. Doordat de kabels en de PT500 samen een weerstand vormen gaat de condensator als hoog doorlaat fungeren waardoor er een RC netwerk ontstaat. Er is hier een 100nF condensator gebruikt omdat deze condensatoren goed verkrijgbaar zijn, in een later hoofdstuk wordt dit uiteengezet. Het RC netwerk heeft een kantel frequentie die voor 0°C op:

$$F_{-3dB} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi} * 506 * 100 * 10^{-9} = 3,15KHz$$

Dit is ruim voldoende bandbreedte om deze meeting uit te voeren. Voor de versterking van de instrumentversterker geldt:

$$G = \frac{U_{out}}{U_3 - U_2} = \left(1 + \frac{2R_9}{R_{11}}\right) * \frac{R_8}{R_5}$$

$$R_9 = R_{10}, R_5 = R_6, R_8 = R_7$$

Bij de keuze voor $R_{11} = 5 K\Omega$ en $R_9 = R_{10} = 10K\Omega$ wordt het gehele systeem ingesteld op 5 keer versterken. Door deze keuze is het mogelijk om het gehele bereik van de ADC input te gebruiken. Echter wordt een groot deel van de ADC nog niet benut, namelijk waarbij de PT500 een waarde van $411,45\Omega$ (-45°C). Bij deze waarde zou de instrumentversterker een uitgangsvoltage hebben van:

$$U_{out} = (U_3 - U_2) * G = 0,411 * 5 = 2,06V$$

Rekening gehouden met een 12-Bits ADC geeft dit een nauwkeurigheid van:
 $2^{12} = 4096$ Stapjes

Het bereik van de ADC is 0V tot 3,3V waardoor dit een verschil van: $\frac{3,3}{4096} = 0,805 * 10^{-3} V/Bit$.

De PT500 Sensor heeft een nauwkeurigheid van 1/3 Din Wat ongeveer neerkomt op 0,1°C. Bij een meetbereik van -45°C tot +60°C Opgedeeld is stapjes van 0,1°C een meetbereik van $60 - -42 = 102^\circ C$ op. Dit opgedeeld in stapjes van 0,1°C zou een meetbereik van 1020 stapjes opleveren.

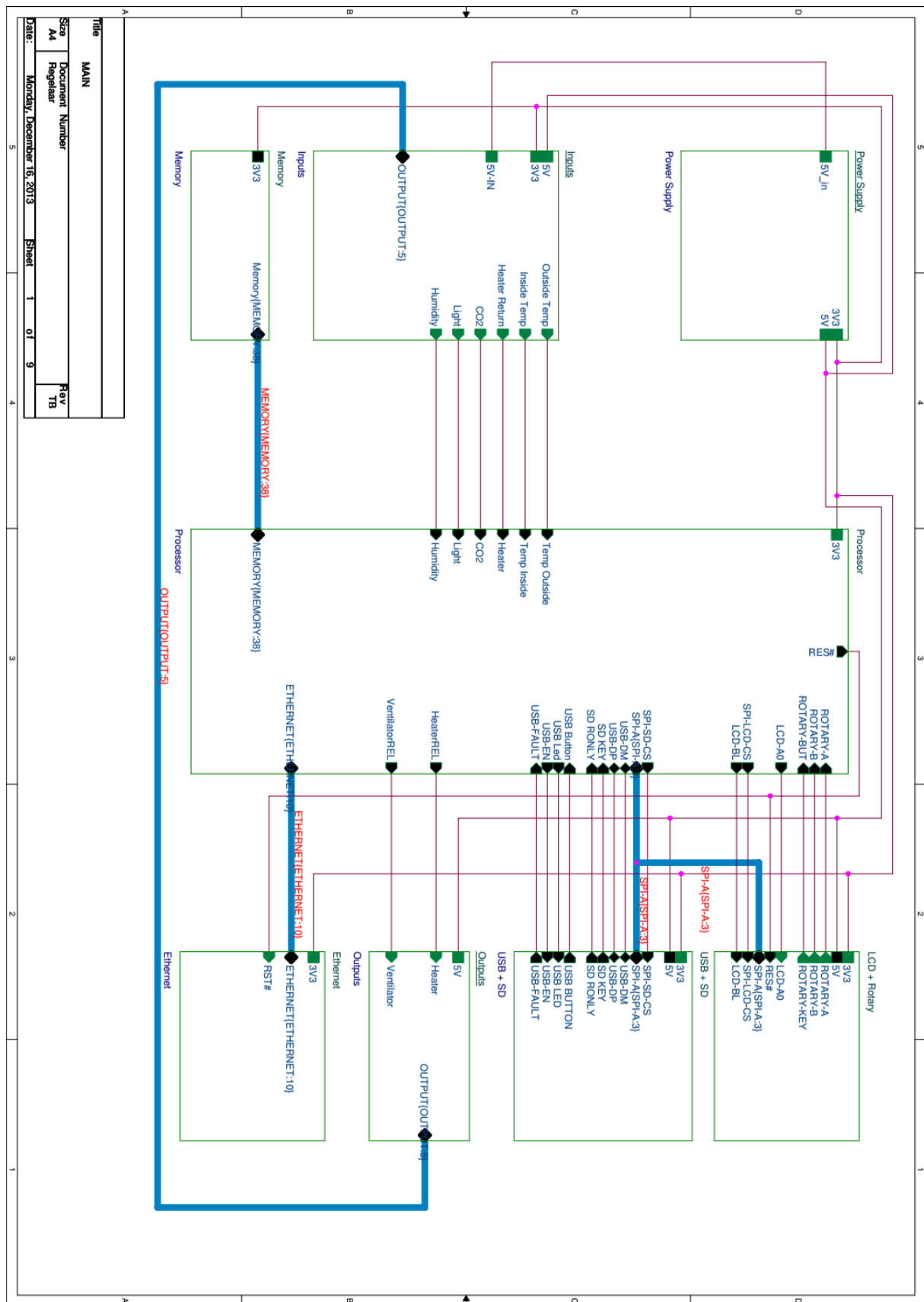
Al deze gegevens op een rijtje levert het volgende op:

Temperatuur	Weerstand	$U=I*R$ ($I=1mA$)	$G=5$	Bits
-45°C	411,45 Ω	0,411mV	2,06V	2557
0°C	500 Ω	0,500mV	2,5V	3103
+25°C	546,75 Ω	0,547mV	2,74V	3395
+60°C	616,20 Ω	0,616mV	3,08V	3823

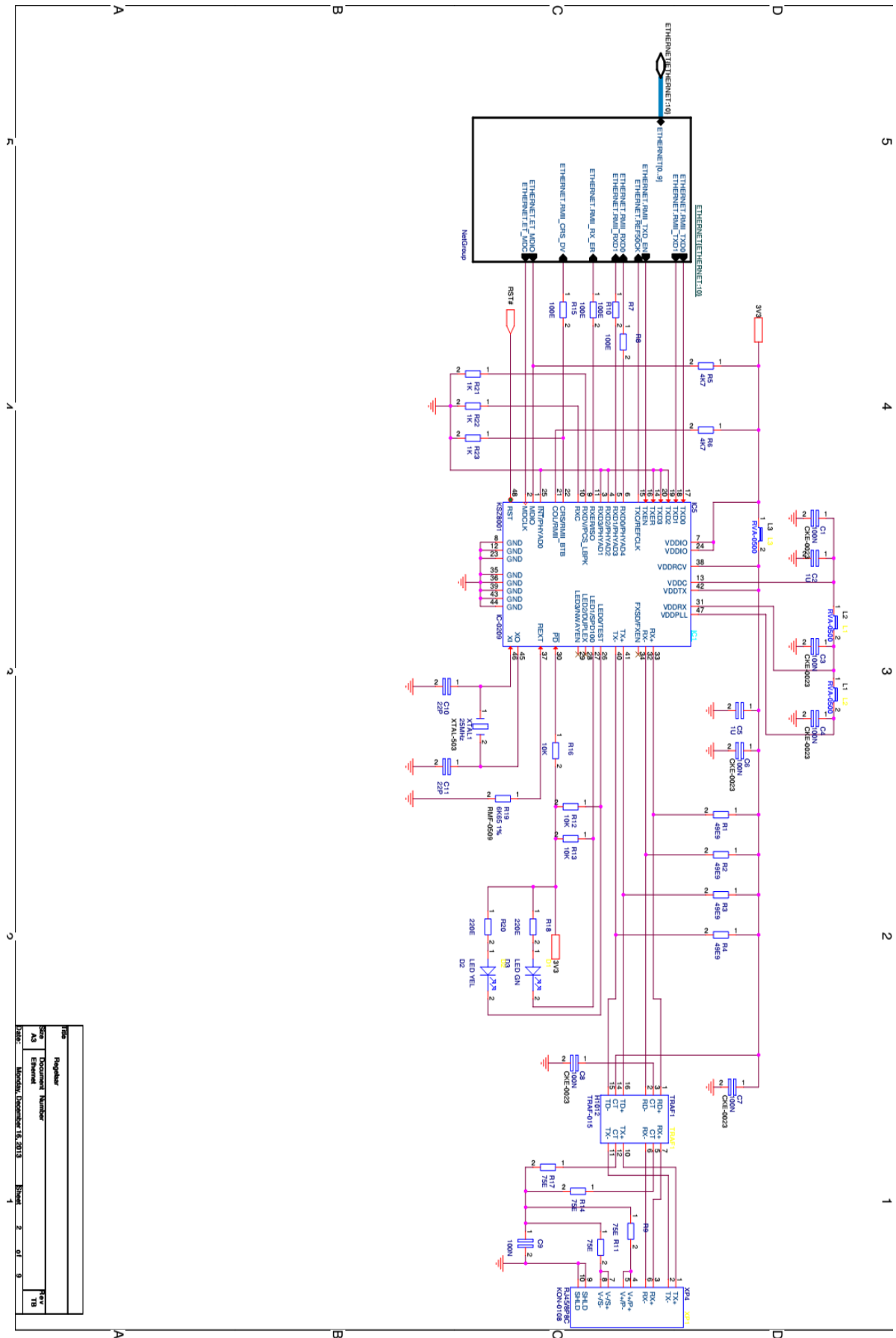
Door deze opstelling wordt dus $3823 - 2557 = 1266$ stapjes van de ADC gebruikt wat dus voldoende bereik zou opleveren om de PT500 sensor nauwkeurig uit te lezen.

Bij het presenteren van dit ontwerp werd echt er door Sercom gesteld dat het gehele bereik van de ADC gebruikt moest worden om een zo nauwkeurig mogelijke meeting te verkrijgen. Wel wat het gebruik van een instrument versterker een goede keuze geweest. Ook moest er een goede oplossing worden gevonden voor de 2 stroombronnen.

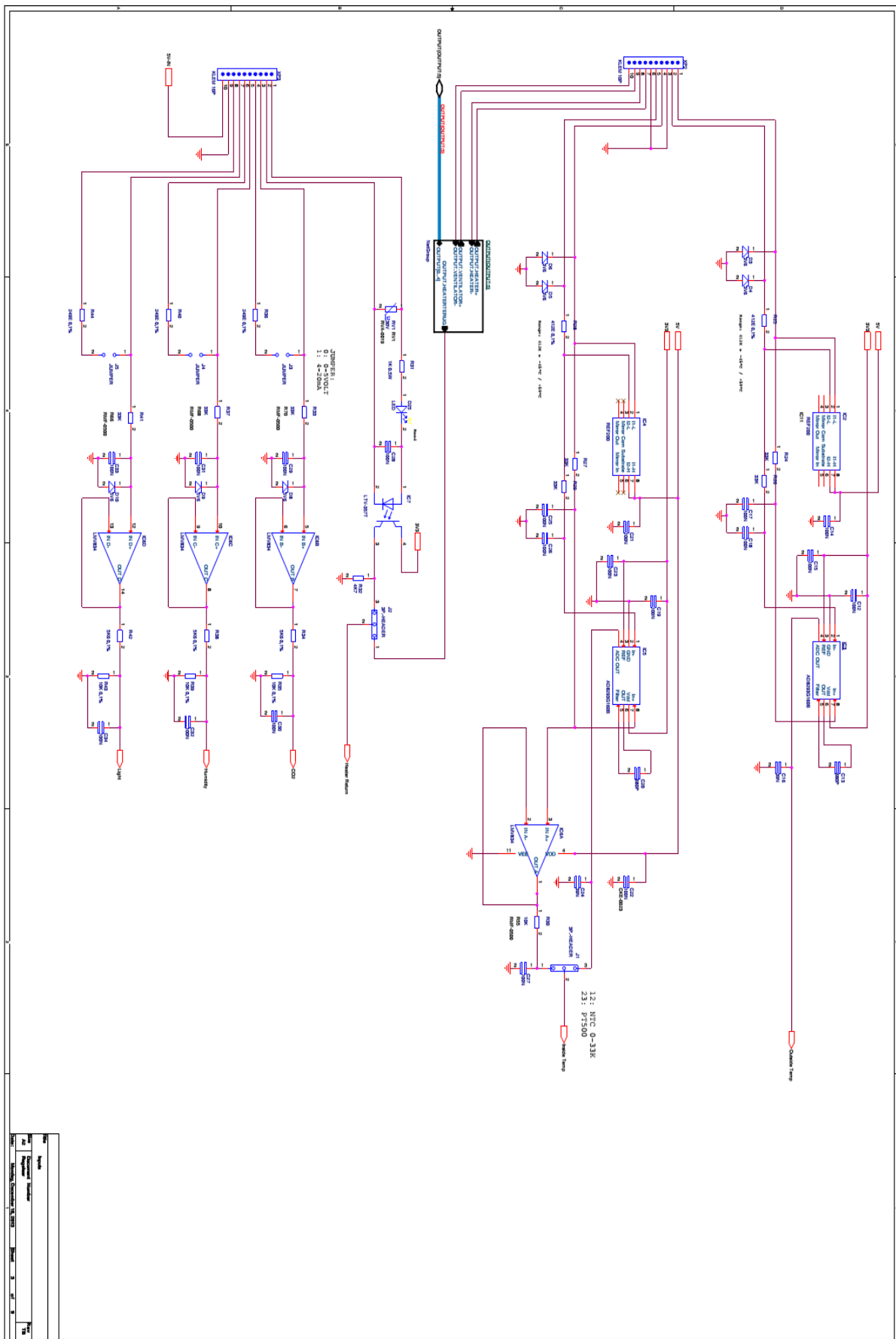
22.4 Schema



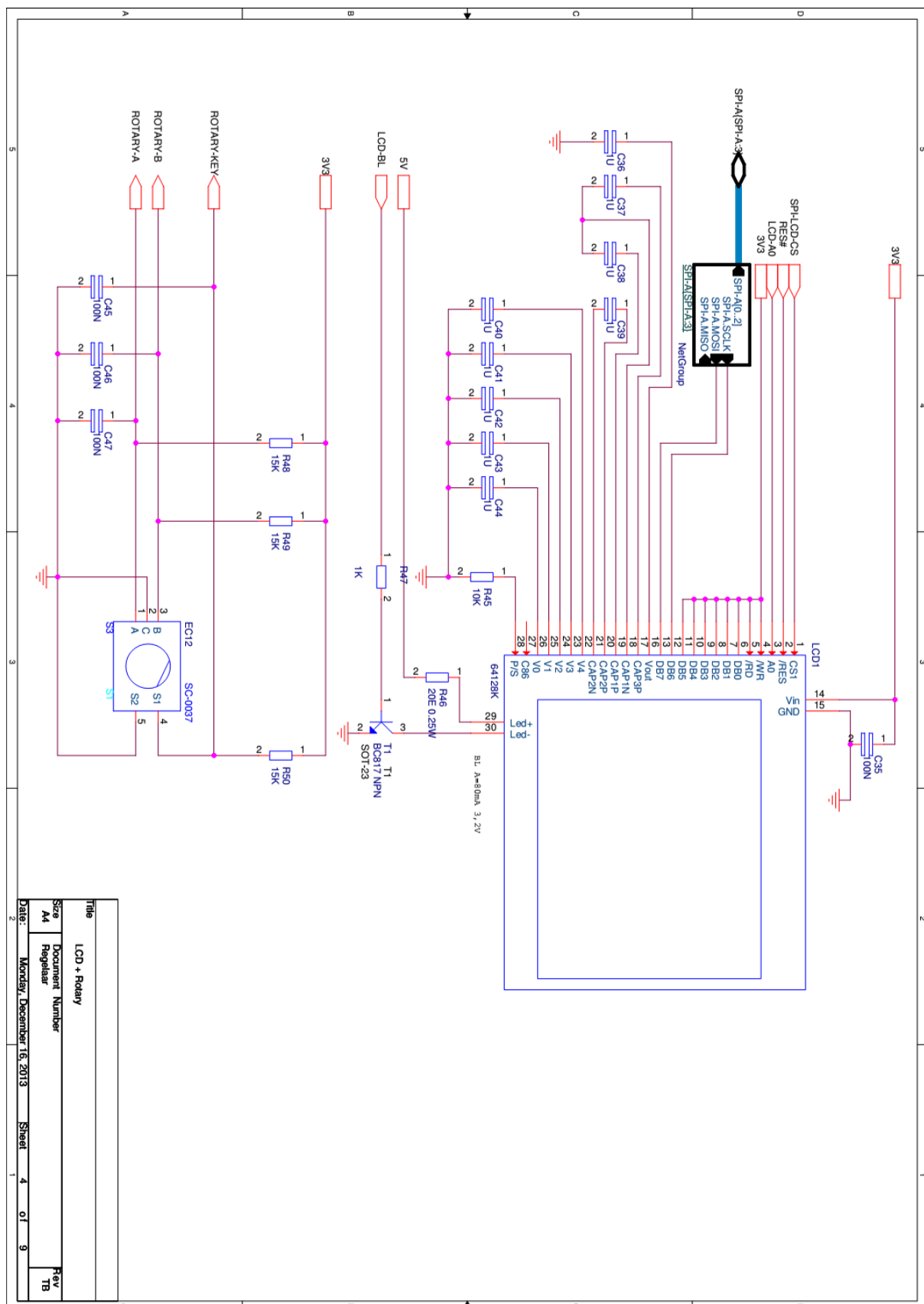
Figuur 20: Hoofdschema Regelaar



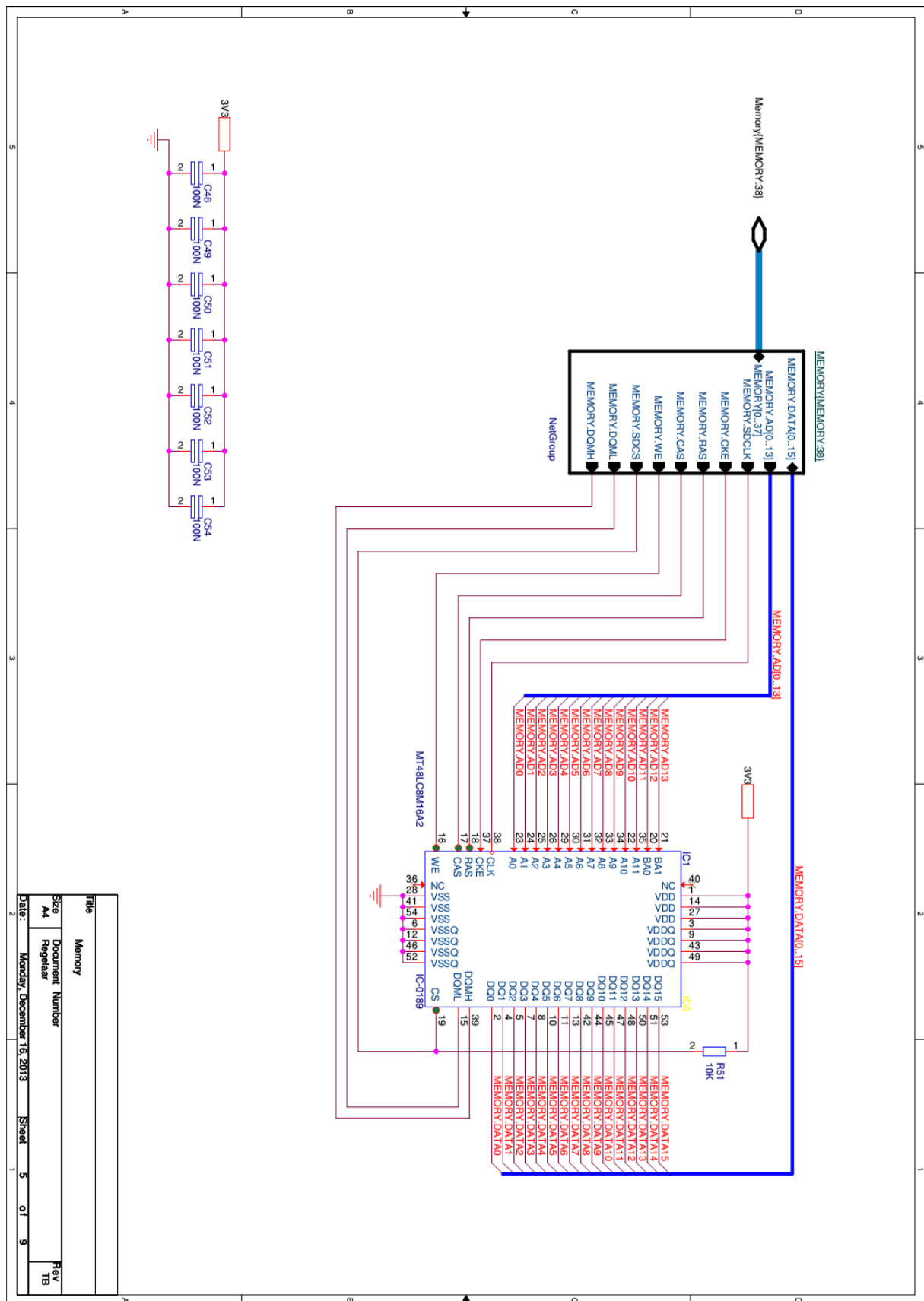
Figuur 21: Schema Ethernet



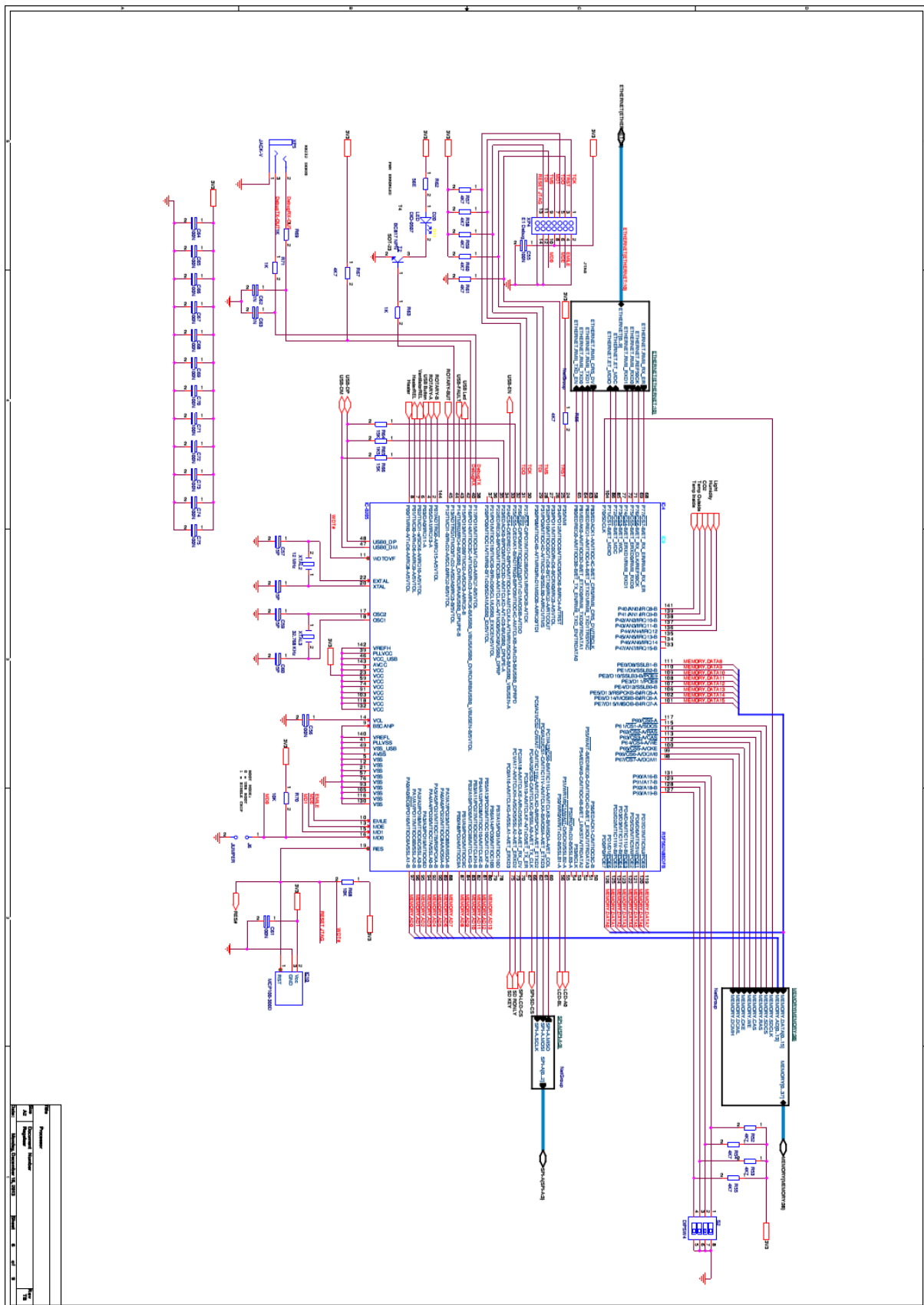
Figuur 22: Schema Ingangen



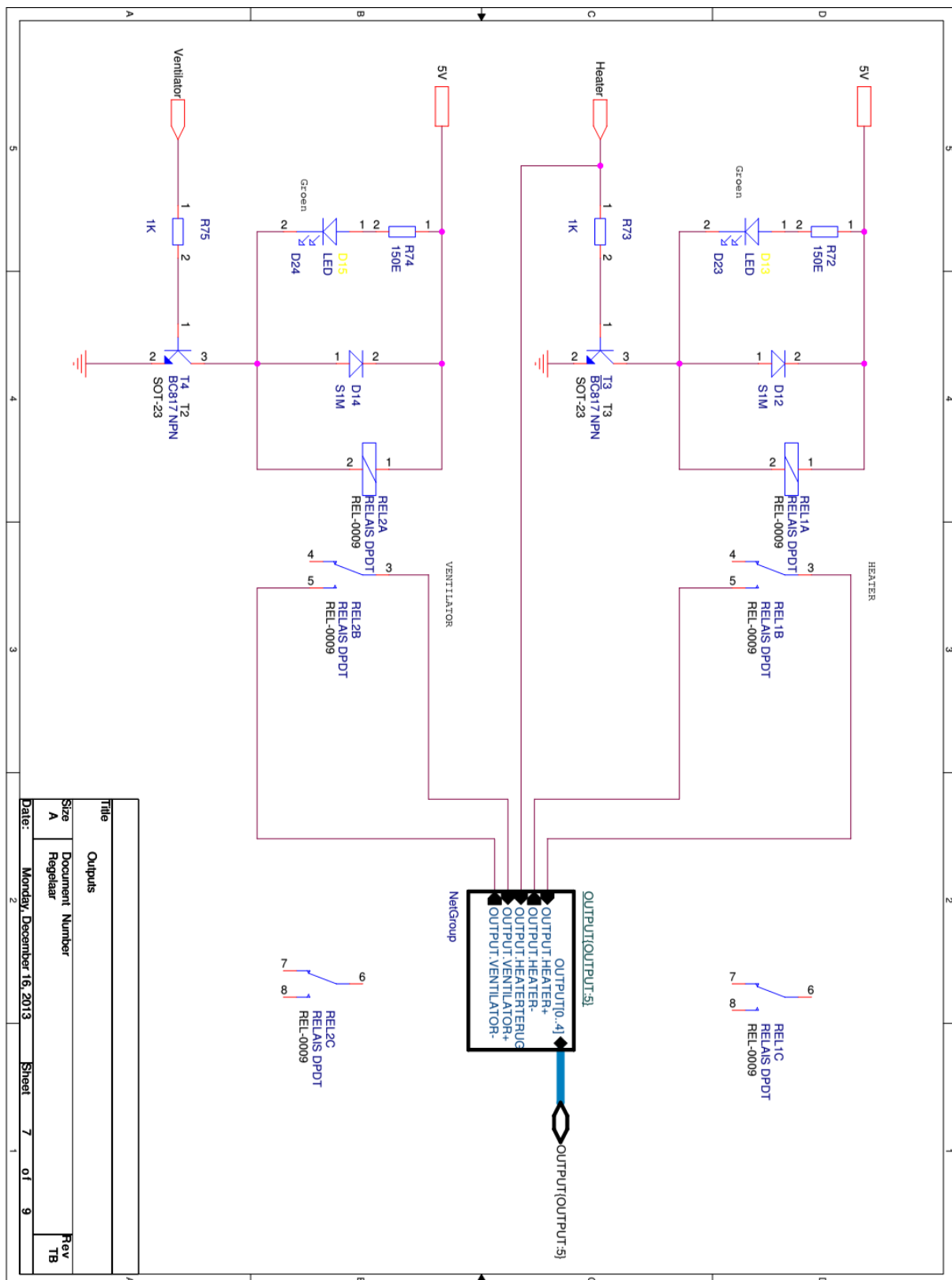
Figuur 23: Schema LCD + Rotary



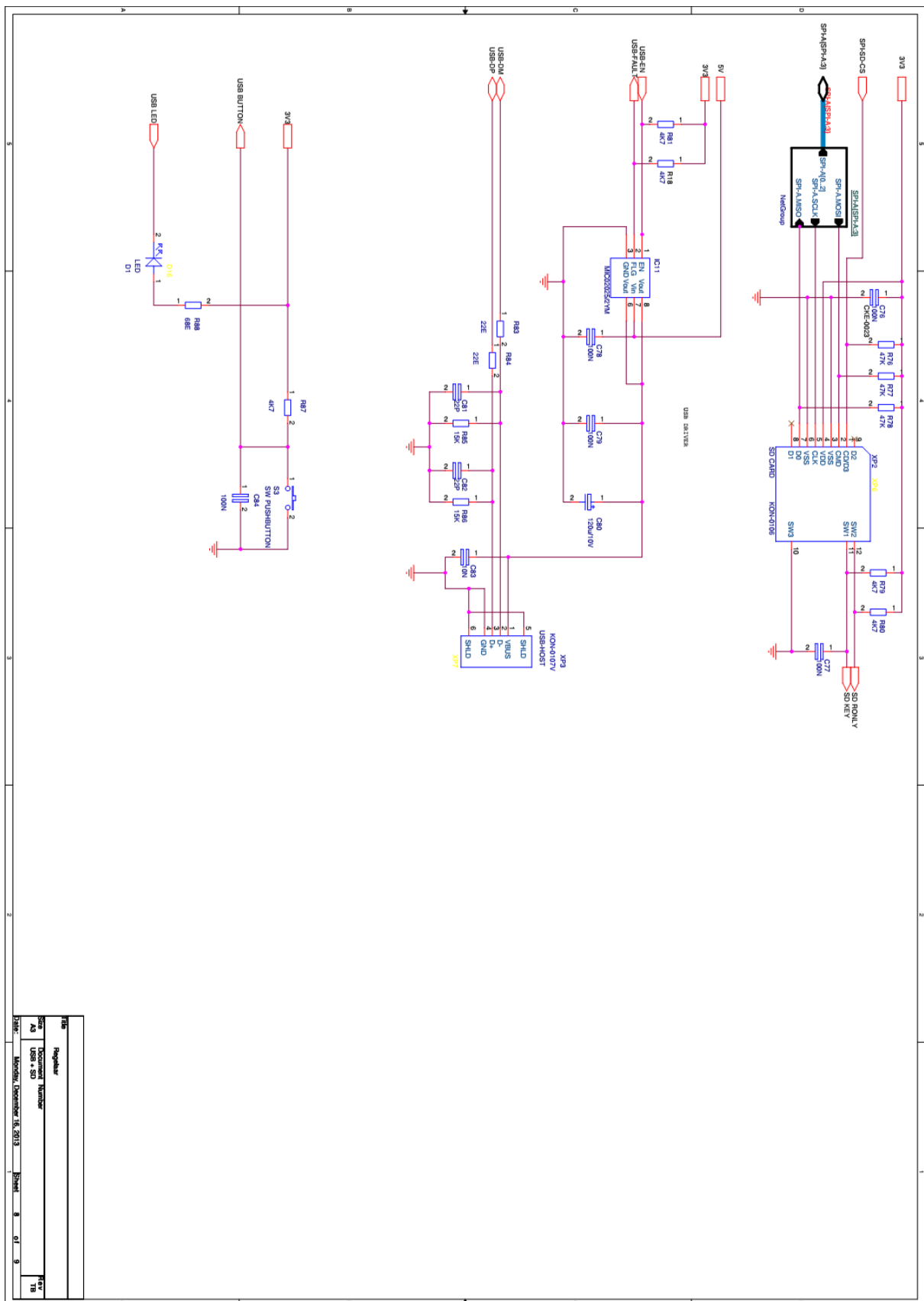
Figuur 24: Schema Geheugen



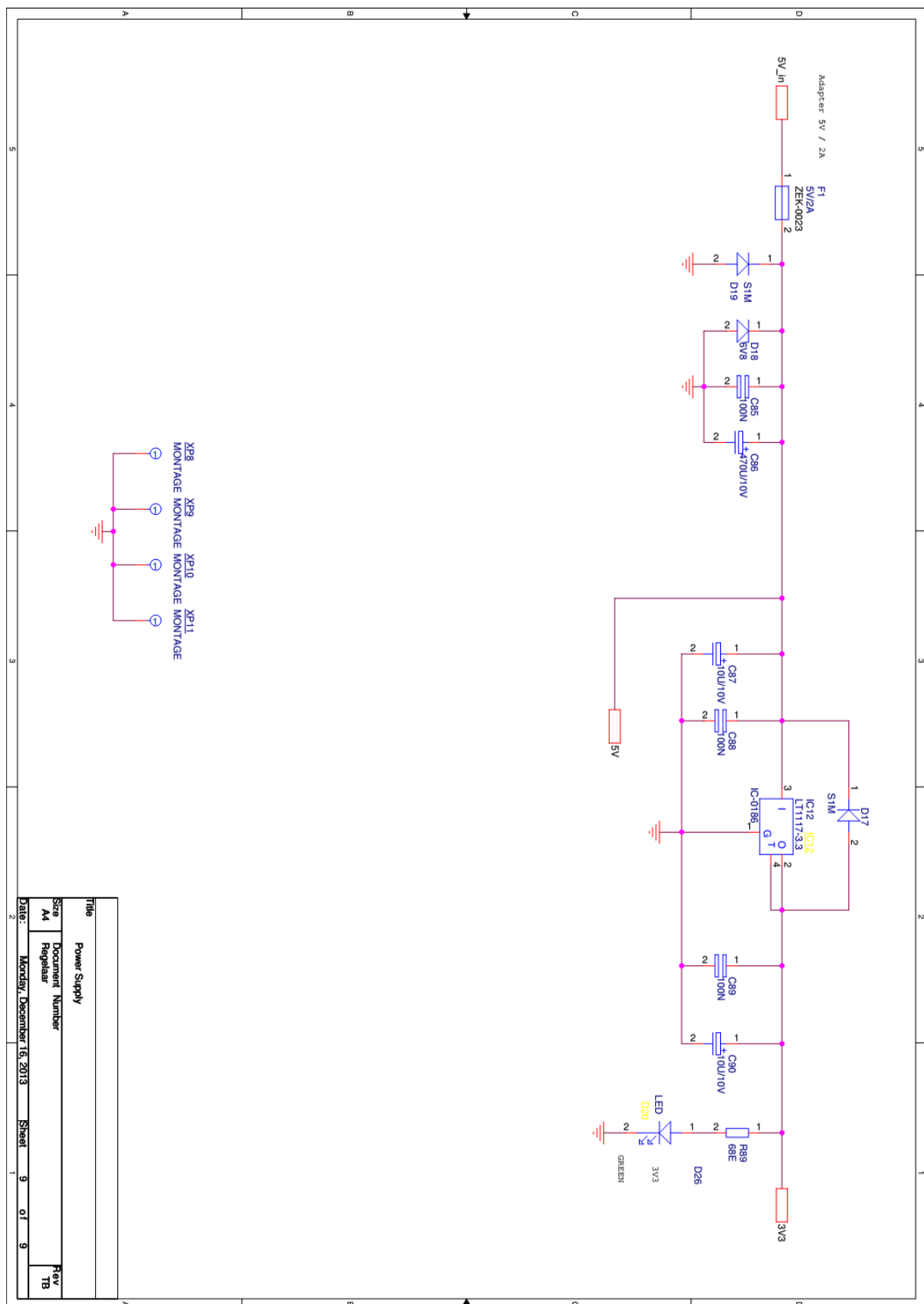
Figuur 25: Schema Microcontroller + Toebehoren



Figuur 26: Schema Uitgangen

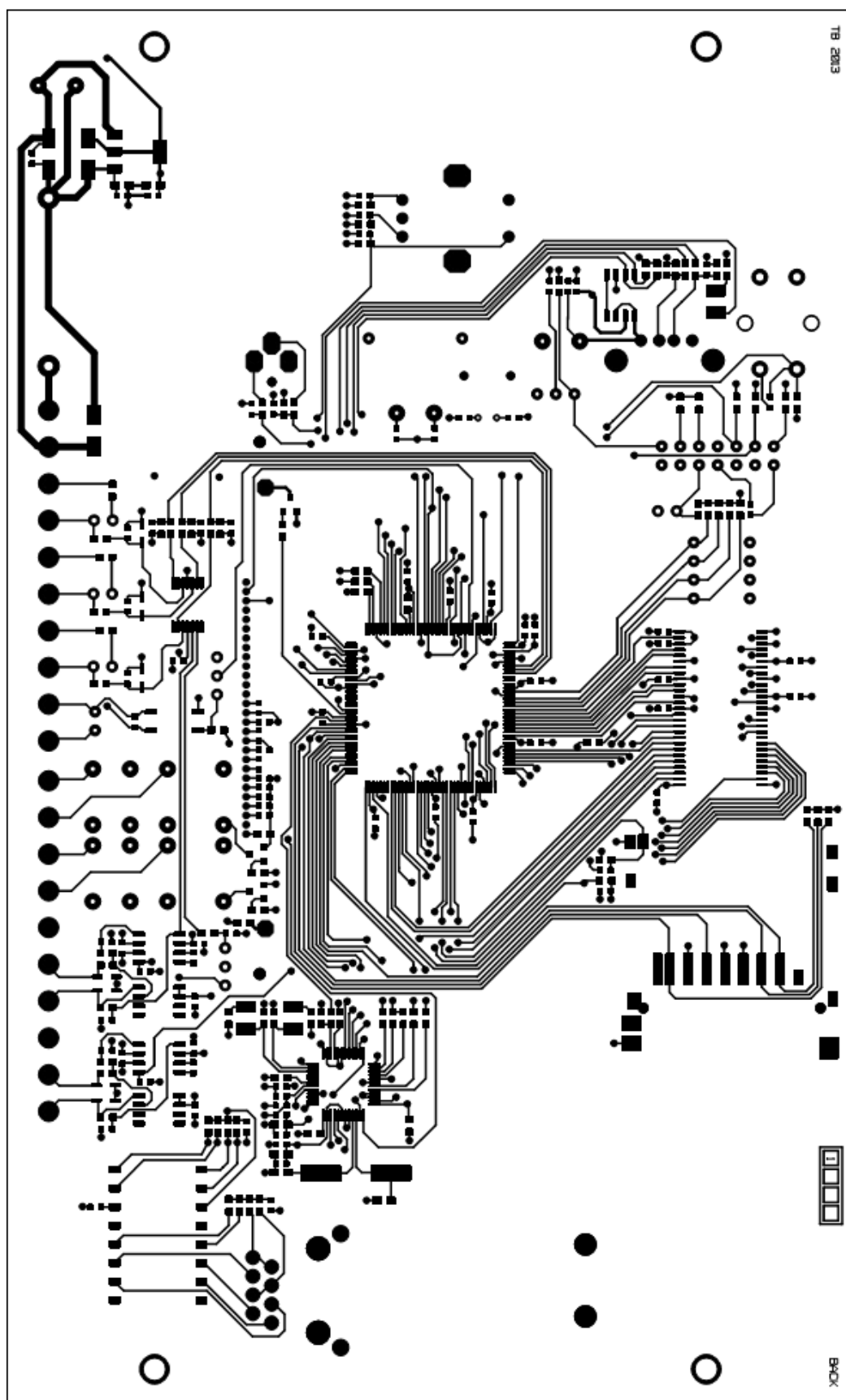


Figuur 27: Schema SD-Kaart en USB

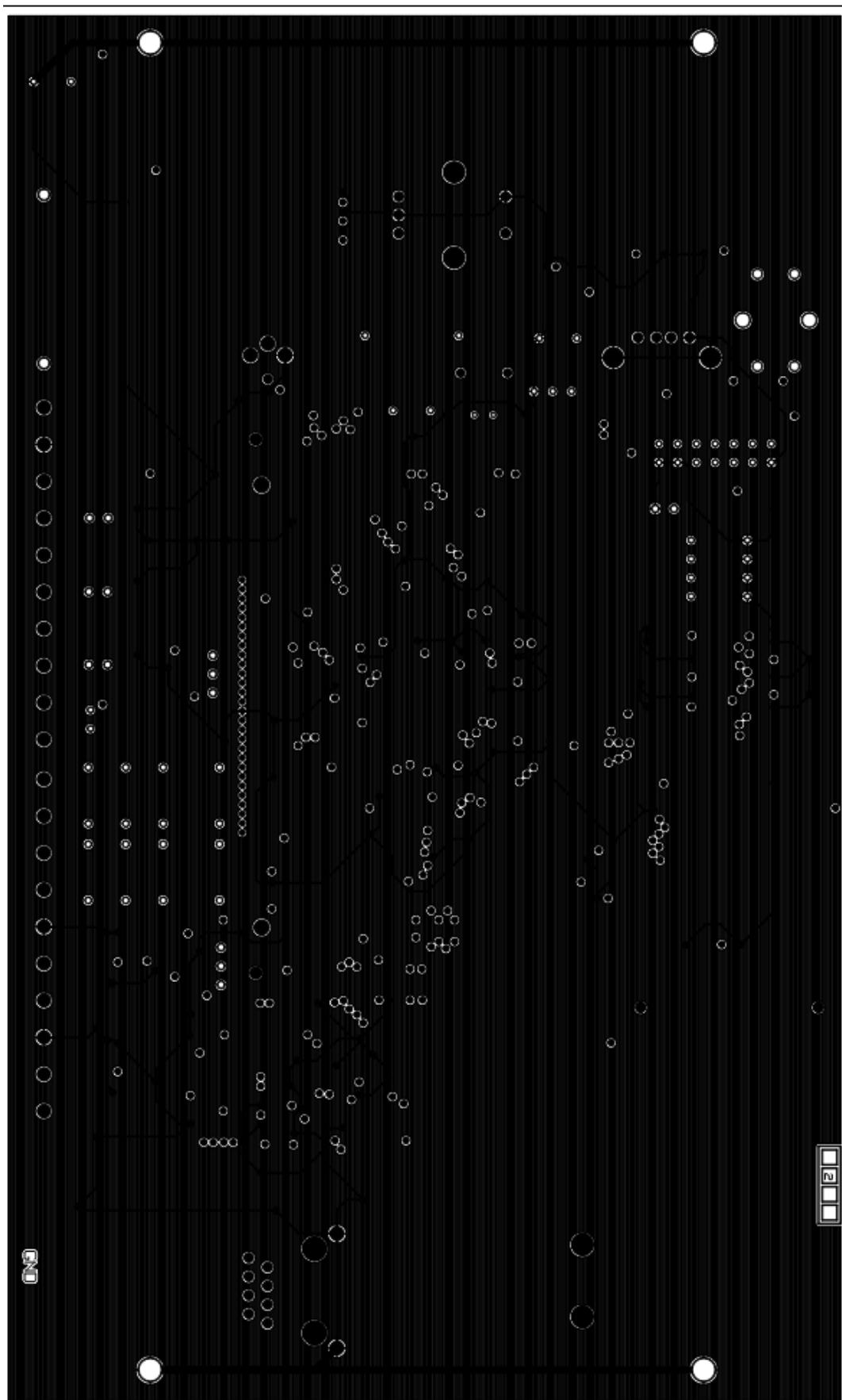


Figuur 28: Schema Voeding

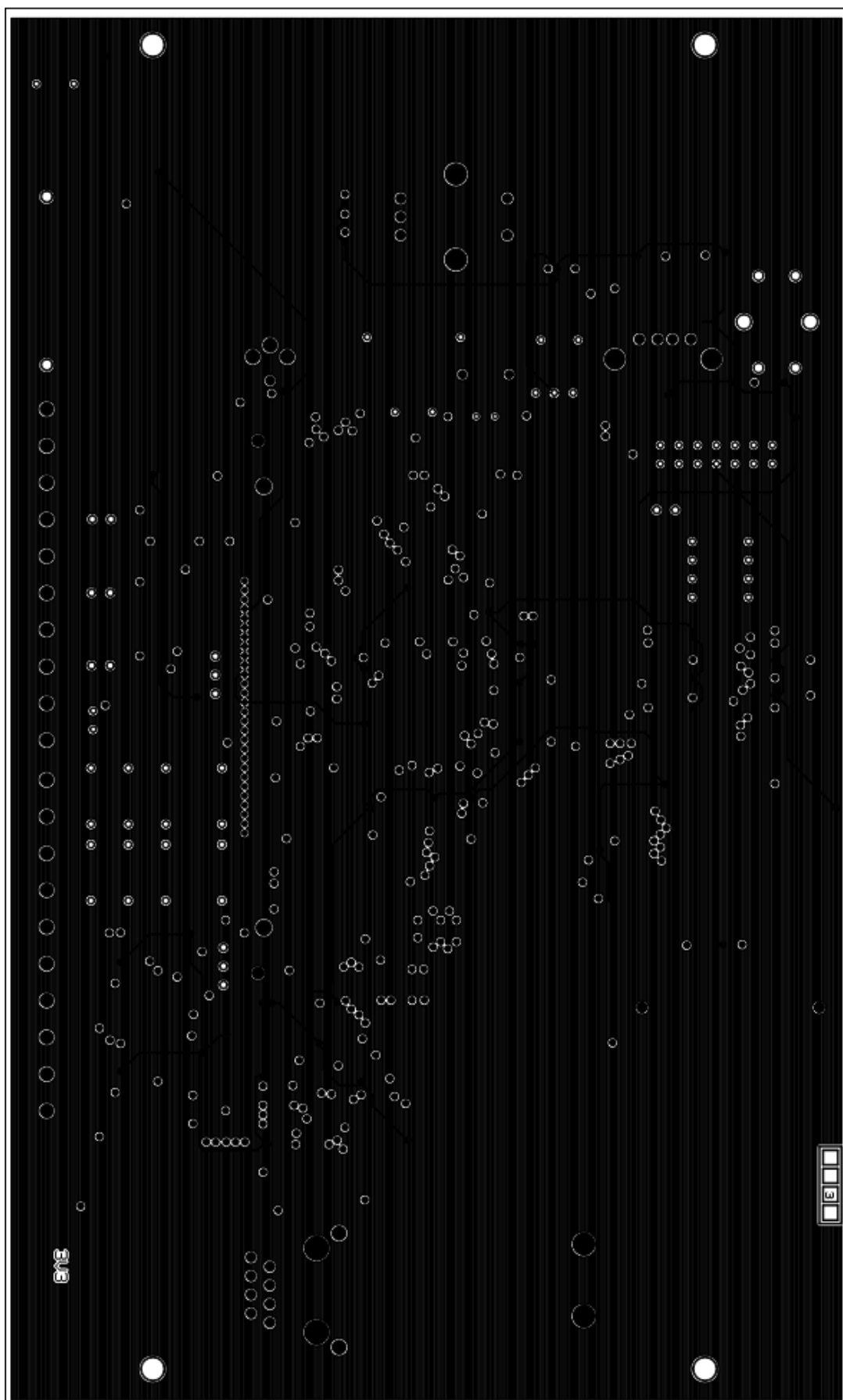
22.5 PCB



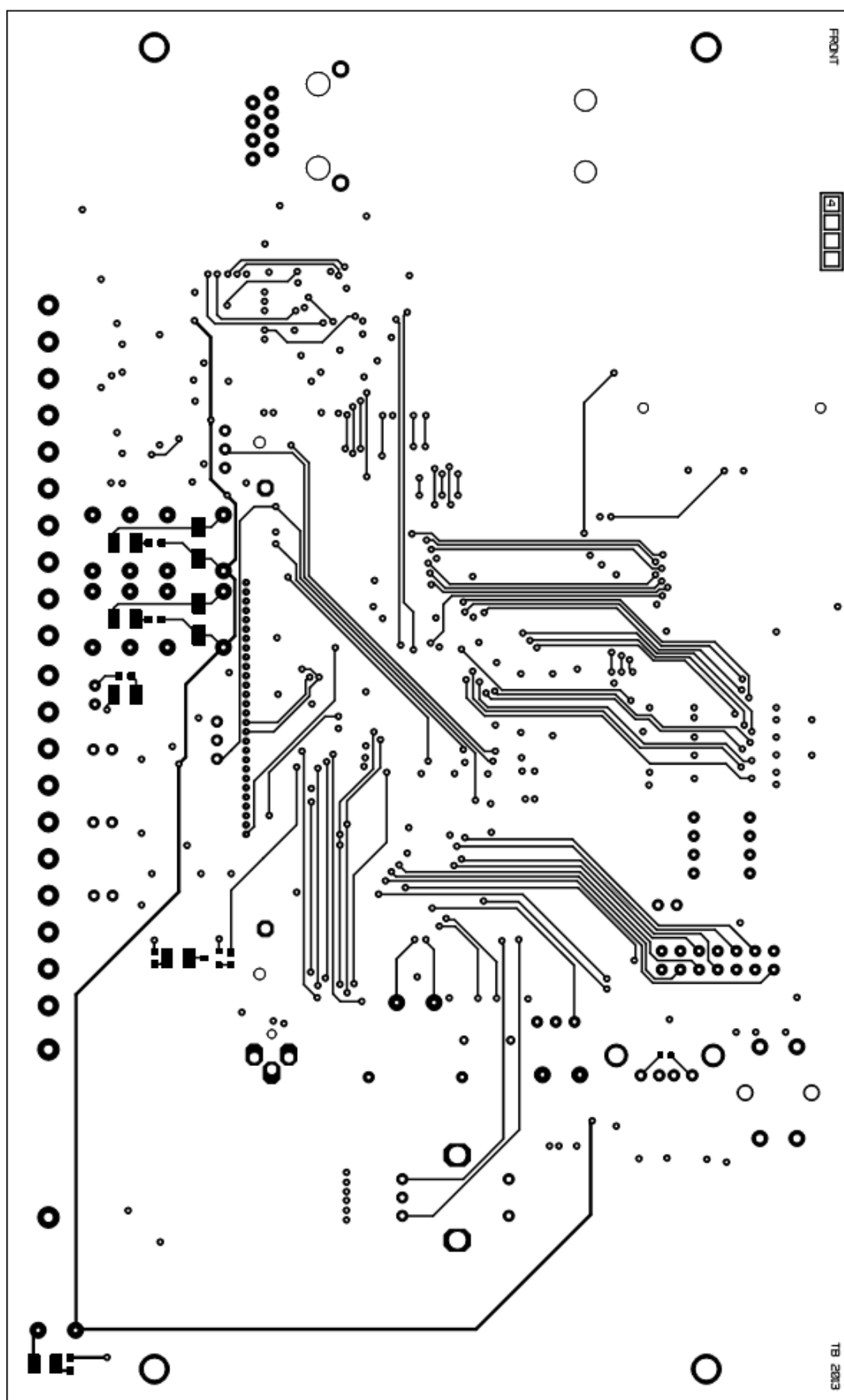
Figuur 29: PCB Layer 1 Signal



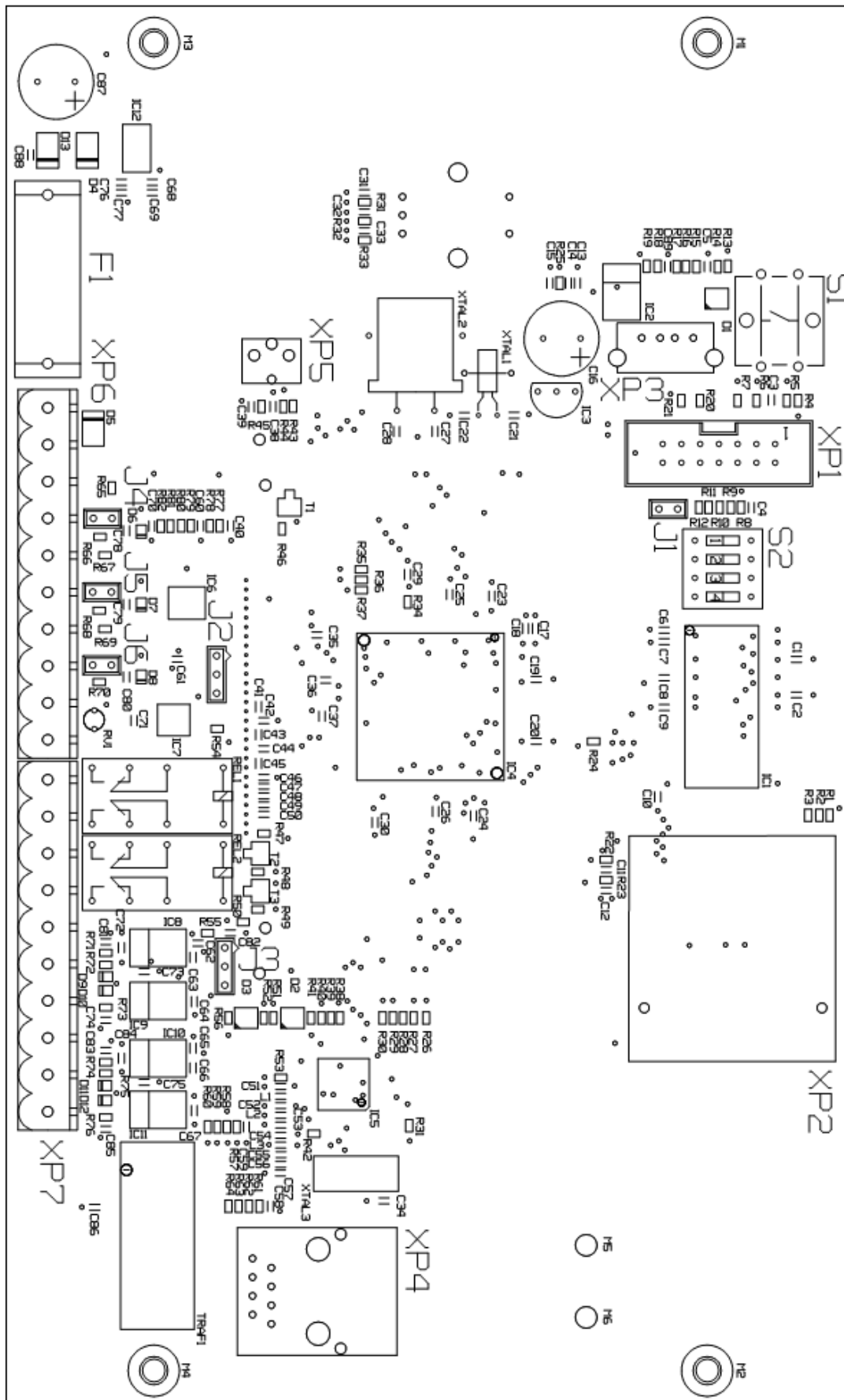
Figuur 30: PCB Layer 2 GND



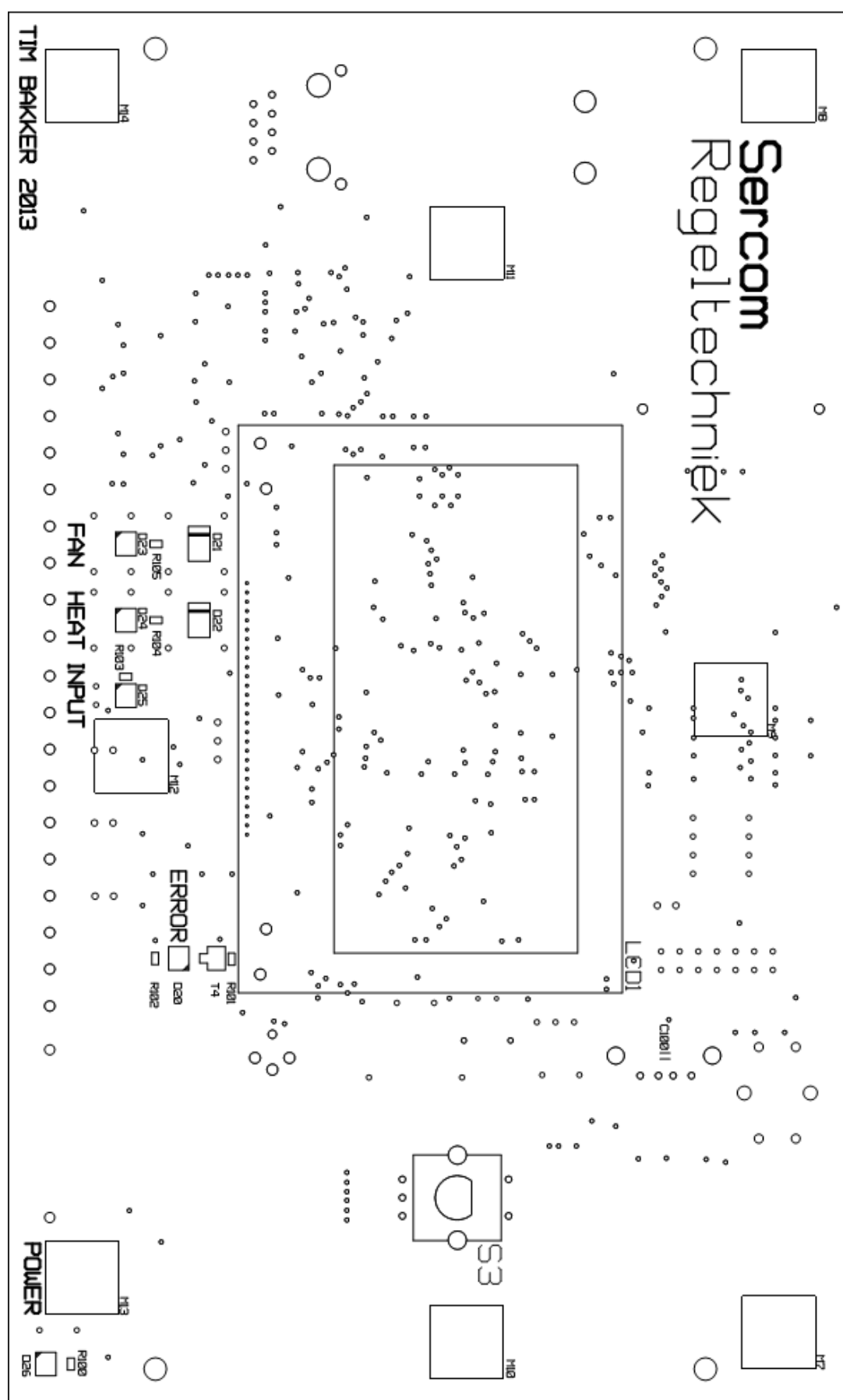
Figuur 31: PCB Layer 3 3,3V



Figuur 32: PCB Layer 4 Signal Bottom



Figuur 33: PCB Sickscreen Top



Figuur 34: PCB Silkscreen Bottom

23 Bronnenlijst

- Alps. (sd). *EC11E15244C0 Encoder Datasheet*. Opgehaald van <http://www.farnell.com/datasheets/5205.pdf>
- Analog Devices. (sd). *A Designer's Guide to Instrumentation Amplifiers*. Opgehaald van http://www.analog.com/static/imported-files/design_handbooks/5812756674312778737Complete_In_Amp.pdf
- Analog Devices. (sd). *AD8293G160 Datasheet*. Opgehaald van http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD8293G80_160.pdf
- Analog Devices. (sd). *AD8556 Datasheet*. Opgehaald van http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD8556.pdf
- Baas Electronics. (sd). *Layo1 PCB ontwerp*. Opgehaald van <http://www.baas.nl/layo1pcb/nl/>
- Bopla. (sd). *Bocube Datasheet*. Opgehaald van http://www.bopla.de/fileadmin/products/Katalog-Pdfs/Bocube_GB.pdf
- Campbellsci. (sd). *Manual PT100*. Opgehaald van ftp://ftp.campbellsci.com/pub/csl/outgoing/uk/manuals/pt100_3.pdf
- Circuits Online. (sd). *Waar moet de blusdiode?* Opgehaald van <http://www.circuitsonline.net/forum/view/81970>
- Dare. (sd). *Voedingsontkoppeling*. Opgehaald van <http://www.dare.nl/nl/informatie/nieuws/nieuwsbrief-winter-2013/edutorial-voedingsontkoppeling>
- Displaytech. (sd). *64128M LCD Module Datasheet*. Opgehaald van <https://www.displaytech-us.com/sites/default/files/display-data-sheet/64128M%20series.pdf>
- Displaytech. (sd). *64128N LCD Module Datasheet*. Opgehaald van <https://www.displaytech-us.com/sites/default/files/display-data-sheet/64128N%20series.pdf>
- Eleccelerator. (sd). *MMC/SD Card and FAT Tutorial*. Opgehaald van <http://eleccelerator.com/mmc-sd-card-and-fat-tutorial/>
- Electronic Lives Mfg. (sd). *FatFs - Generic Fat File System Module*. Opgehaald van http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html
- Euro Circuits. (sd). *Standaard Pool Service Definition*. Opgehaald van <http://www.eurocircuits.com/index.php/component/content/article/4-services/161-standard-pool-service-definition>

- Farnell. (sd). *Lumberg 1502 Vertical Jack Connector*. Opgehaald van <http://nl.farnell.com/lumberg/1502-01/connector-rca-jack-3-5mm-3way/dp/1243242?Ntt=1243242>
- Future Technology Devices International Ltd. (sd). *TTL-232R*. Opgehaald van http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/Cables/DS_TTL-232R_CABLES.pdf
- Ganssle, J. G. (sd). *A Guide To Debouncing*. Opgehaald van <http://www.eng.utah.edu/~cs5780/debouncing.pdf>
- Harry Broeders. (sd). *MICPRG Opdracht 3*. Opgehaald van <http://bd.eduweb.hhs.nl/micprg/opdracht3.htm>
- Hayashi Denko. (sd). *PT500 Weerstandwaarde*. Opgehaald van <http://www.hayashidenko.co.jp/en/info13.html>
- Ikalogic. (sd). *De-bouncing Circuits*. Opgehaald van <http://www.ikalogic.com/de-bouncing-circuits/>
- Linear Technology. (sd). *LT1117 Datasheet*. Opgehaald van <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/1117fd.pdf>
- Lite-On. (sd). *LMV-357T Datasheet*. Opgehaald van <http://www.mouser.com/catalog/specsheets/LTV-357T%20Series-1308.pdf>
- Micrel. (sd). *KSZ8001 Ethernetcontroller Datasheet*. Opgehaald van <http://www1.futureelectronics.com/doc/MICREL%20SEMICONDUCTOR/KSZ8001L.pdf>
- Microchip. (sd). *AN687*. Opgehaald van <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00687c.pdf>
- Microchip. (sd). *MCP100/101*. Opgehaald van <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/11187f.pdf>
- Micron. (sd). *MT48LC8M16A2 SDRAM Datasheet*. Opgehaald van <http://www.datasheetarchive.com/dlmain/Datasheets-19/DSA-364317.pdf>
- Miniinthebox. (sd). *5V/2A voeding*. Opgehaald van http://www.miniinthebox.com/nl/5v-2a-ac-dc-eu-power-adapter-voor-de-beveiliging-ontvanger-4-0mm-connector_p245056.html
- Mircel. (sd). *MIC2025/2075 Datasheet*. Opgehaald van http://www.micrel.com/_PDF/mic2025.pdf
- Mouser Electronics. (sd). *LTC-357T*. Opgehaald van <http://nl.mouser.com/ProductDetail/Lite-On/LTV-357T/?qs=%2fha2pyFaduj5GMWILBVewexw%2fGG3ZKcOlo7J3j3TGzA%3d>

- Mouser Electronics. (sd). *Prijs Displaytech 64128M*. Opgehaald van <http://nl.mouser.com/ProductDetail/Displaytech/64128M-FC-BW-3/?qs=sGAEpiMZZMvkC18yXH9iIvYDOy8MeHmjAHXI98Rb9cs%3d>
- N&R LAB. (sd). *Interfaceing with Secure Digital (SD) Card*. Opgehaald van [http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Interfacing_with_a_Secure_Digital_\(SD\)_card](http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Interfacing_with_a_Secure_Digital_(SD)_card)
- NXP. (sd). *BC817 Datasheet*. Opgehaald van http://www.nxp.com/documents/data_sheet/BC817_BC817W_BC337.pdf
- Omron. (sd). *G6A-234P Datasheet*. Opgehaald van <http://datasheet.octopart.com/G6A-234P-ST-US-DC5-Omron-datasheet-7268655.pdf>
- Philips. (sd). *74LVC245*. Opgehaald van <http://alt.ife.tugraz.at/datashts/Philips/74LVC245.pdf>
- Pulse. (sd). *H1012NL Lijntransformator*. Opgehaald van http://www.mouser.com/pdfdocs/Pulse_H1012.pdf
- Renesas. (sd). *Datasheet RX62N Group*. Opgehaald van http://documentation.renesas.com/doc/products/mpumcu/doc/rx_family/r01uh0033ej0130_rx62n.pdf
- Renesas. (sd). *E2 Studio*. Opgehaald van http://am.renesas.com/products/tools/ide/ide_e2studio/index.jsp
- Renesas. (sd). *Generic API for Graphics LCD*. Opgehaald van https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CD8QFjAC&url=http%3A%2F%2Frenesasrulz.com%2Fdesign_contest_archives%2Fthe_rx_mcu_design_contest%2Fm%2Fmediagallery%2F231%2Fdownload.aspx&ei=6-iIUscULaep0AXiu4CYCQ&usq=AFQjCNFzWmRRFhgi1bSE
- Renesas. (sd). *High-Performance Embedded Workshop 4*. Opgehaald van http://www.renesas.com/products/tools/ide/ide_hew/index.jsp
- Renesas. (sd). *Renesas YRDKRX62N*. Opgehaald van http://www.renesas.com/products/tools/introductory_evaluation_tools/renesas_demo_kits/yrdkrx62n/index.jsp
- Renesas. (sd). *RSK+ RX62N*. Opgehaald van http://www.renesas.com/products/tools/introductory_evaluation_tools/renesas_demo_kits/yrdkrx62n/index.jsp
- Renesas. (sd). *YRPBRX62N*. Opgehaald van http://www.renesas.eu/products/tools/introductory_evaluation_tools/renesas_promotional_boards/RPBRX62N/index.jsp

- Sandisk. (sd). *Cruzer Fit*. Opgehaald van <http://www.sandisk.nl/products/usb/drives/cruzer-fit/>
- Tent Labs. (sd). *Supply decoupling and layout of circuits with digital ICs*. Opgehaald van http://www.tentlabs.com/Components/Shuntcomp/assets/Supply_decoupling.pdf
- Texas Instruments. (sd). *LMV834 Datasheet*. Opgehaald van <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lmv831.pdf>
- Texas Instruments. (sd). *REF200*. Opgehaald van <http://www.ti.com/lit/ds/sbvs020/sbvs020.pdf>
- Thuisexperimenten. (sd). *Condensator berekeningen*. Opgehaald van <http://www.thuisexperimenteren.nl/science/electronica/rctijden.htm>
- Tweakers.nl. (sd). *Prijs Sandisk Cruzer Fit 16GB*. Opgehaald van <http://tweakers.net/pricewatch/301330/sandisk-cruzer-fit-16gb-zwart.html>
- Wikipedia. (sd). *Boundary Scan*. Opgehaald van http://en.wikipedia.org/wiki/Boundary_scan
- Wikipedia. (sd). *Common-mode rejection ratio*. Opgehaald van http://nl.wikipedia.org/wiki/Common-mode_rejection_ratio
- Wikipedia. (sd). *Condensator*. Opgehaald van <http://nl.wikipedia.org/wiki/Condensator>
- Wikipedia. (sd). *Electromagnetic Interference*. Opgehaald van http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_interference
- Wikipedia. (sd). *Ferrite Bead*. Opgehaald van http://en.wikipedia.org/wiki/Ferrite_bead
- Wikipedia. (sd). *Instrument Versterker*. Opgehaald van http://en.wikipedia.org/wiki/Instrumentation_amplifier
- Wikipedia. (sd). *JTAG*. Opgehaald van <http://nl.wikipedia.org/wiki/JTAG>
- Wikipedia. (sd). *NTC-Weerstand*. Opgehaald van <http://nl.wikipedia.org/wiki/NTC-weerstand>
- Wikipedia. (sd). *Operationele Versterker*. Opgehaald van http://nl.wikipedia.org/wiki/Operationele_versterker
- Wikipedia. (sd). *RC-Kring*. Opgehaald van <http://nl.wikipedia.org/wiki/RC-kring>
- Wikipedia. (sd). *Spanningsafhankelijke Weerstand*. Opgehaald van http://nl.wikipedia.org/wiki/Spanningsafhankelijke_weerstand

Xiamen Ocular. (sd). *GDM12864B*. Opgehaald van <http://circuit-ed.com/uplds/GDM12864B.pdf>

Xjtag. (sd). *JTAG - A technical Overview*. Opgehaald van <http://www.xjtag.com/support-jtag/jtag-technical-guide.php>

24 Lijst met afbeeldingen

Figuur 1: Basisoverzicht Regelaar	14
Figuur 2: Renesas YRDKRX62N	21
Figuur 3: Output ADC testopstelling	23
Figuur 4: PT500 3-draads meting	25
Figuur 5: Stroomafgifte REF200	26
Figuur 6: Testopstelling AD8556	29
Figuur 7: NTC weerstand meten	30
Figuur 8: Testresultaat LCD	39
Figuur 9: Schema Ontdendering	41
Figuur 10: Pinout USB	43
Figuur 11: Aansluit Schema SD Kaart	45
Figuur 12: Bocube B-141306, B-221306, B-221309	62
Figuur 13: PCB regelaar	66
Figuur 14: High-Performance Embedded Workshop	75
Figuur 15: E2 Studio	76
Figuur 16: Simulatie PT500 Eerste systeem -20°C	80
Figuur 17: Simulatie PT500 Eerste systeem +41°C	81
Figuur 18: Opzet PT500 Tweede systeem	83
Figuur 19: Opzet PT500 Derde Systeem	84
Figuur 20: Hoofdschema Regelaar	87
Figuur 21: Schema Ethernet	88
Figuur 22: Schema Ingangen	89
Figuur 23: Schema LCD + Rotary	90
Figuur 24: Schema Geheugen	91
Figuur 25: Schema Microcontroller + Toebehoren	92
Figuur 26: Schema Uitgangen	93
Figuur 27: Schema SD-Kaart en USB	94
Figuur 28: Schema Voeding	95
Figuur 29: PCB Layer 1 Signal	96
Figuur 30: PCB Layer 2 GND	97
Figuur 31: PCB Layer 3 3,3V	98
Figuur 32: PCB Layer 4 Signal Bottom	99
Figuur 33: PCB Sickscreen Top	100
Figuur 34: PCB Silkscreen Bottom	101



SERCOM

Passion for Control