



AMSTERDAM UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

EINDVERSLAG INNOVATIELAB

# Vervanging B200 ADC-extentiekaart

In opdracht van ITS

*Innovatielab groep 3: Niels Hupkens (500710671), Kwint van den Berg (500738692), Chiel Voswijk (500655160)*

Supervisie door  
CEES KEYER

# Voorwoord

Naast onze begeleider Cees Keyer, willen wij ook Gerard Baas bedanken voor de begeleiding vanuit de HvA. Ook willen wij Peter van ITS bedanken voor de technische begeleiding en Leon en Micheal de Milé fysiopraktijk voor de mogelijkheid dat wij in dit project toegang hebben gekregen tot de meetapparatuur die zij in hun praktijk gebruiken.

# Inhoudsopgave

<b>Inleiding</b>	<b>ii</b>
<b>1 Applicatie</b>	<b>1</b>
1.1 Context analyse . . . . .	1
1.1.1 De meetopstelling . . . . .	1
1.1.2 Regelgeving . . . . .	2
1.1.3 Probleem context . . . . .	2
1.2 Opdrachtdefinitie . . . . .	4
1.2.1 Probleemstelling . . . . .	4
1.2.2 Doelstelling . . . . .	4
1.2.3 Vraagstelling . . . . .	4
<b>2 Onderzoek</b>	<b>5</b>
2.1 Vergelijkbare toepassingen . . . . .	5
2.2 De meetprocedure . . . . .	6
2.2.1 Opbouw van de meetprocedure . . . . .	6
2.3 Het meetrapport . . . . .	7
2.3.1 Origineel meetrapport . . . . .	7
2.3.2 Beknopt meetrapport . . . . .	9
2.4 Hardware . . . . .	10
2.4.1 B-200 Isostation . . . . .	10
2.4.2 Communicatie naar PC . . . . .	13
2.4.3 ADC extensie-kaart . . . . .	14
2.5 DOS-Omgeving . . . . .	15
2.5.1 Interface tijdens de meting . . . . .	15
2.5.2 De gecreëerde bestanden . . . . .	15
2.5.3 Produceren meetrapport . . . . .	15
2.5.4 Kalibratie en onderhoud . . . . .	15
2.6 Moderne Software . . . . .	17
2.6.1 De Excel omgeving . . . . .	17
<b>3 Plan van Eisen</b>	<b>18</b>
3.1 B200 . . . . .	19
3.1.1 Specificaties van de B200 . . . . .	19
3.2 Communicatie-interface . . . . .	20
3.2.1 Specificaties van het communicatie-interface . . . . .	20
3.3 PC . . . . .	21
3.3.1 Specificaties van de PC . . . . .	21
<b>4 Systeem ontwerp</b>	<b>22</b>
4.1 Interface . . . . .	23
4.1.1 AD-Conversie . . . . .	23
4.1.2 Genereren instelwaardes . . . . .	23
4.2 PC . . . . .	25
4.2.1 Verwerken van meetgegevens . . . . .	25
4.2.2 Aansturing B-200 . . . . .	25

<b>5 Technisch ontwerp</b>	<b>26</b>
5.1 Interface . . . . .	26
5.1.1 Rekeneneheid . . . . .	26
5.1.2 SD-kaart . . . . .	26
5.1.3 Uitlezen sensorwaardes . . . . .	27
5.1.4 Genereren aanstuursignalen . . . . .	30
5.1.5 DC-DC Converter . . . . .	30
5.1.6 Printplaat ontwerp . . . . .	30
5.2 PC . . . . .	31
5.2.1 Weergave van inkomende signalen . . . . .	31
5.2.2 Aansturen instel waardes . . . . .	31
5.2.3 Creëren bestand met resultaten . . . . .	31
<b>6 Testen en meten</b>	<b>33</b>
6.1 Eerste fase . . . . .	33
6.1.1 Testplan . . . . .	33
6.1.2 Testopstelling . . . . .	34
6.1.3 Resultaten eerste fase . . . . .	35
6.1.4 Discussie van resultaten eerste fase . . . . .	36
6.2 Tweede fase . . . . .	36
6.2.1 Testplan . . . . .	36
6.2.2 Testopstelling . . . . .	37
6.2.3 Resultaten tweede fase . . . . .	37
6.2.4 Discussie van resultaten tweede fase . . . . .	38
<b>7 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>39</b>
7.1 Conclusies . . . . .	39
7.2 Aanbevelingen . . . . .	39
<b>A ADC Kaart Analyse</b>	<b>41</b>
A.1 Diagram . . . . .	41
A.2 Analoge Componenten . . . . .	42
A.3 Digitale Componenten . . . . .	43
A.3.1 AM9513 . . . . .	43
A.3.2 Overig . . . . .	43
A.4 Conclusie . . . . .	43
<b>B B200 - Uitlezing experiment</b>	<b>45</b>
B.1 doel . . . . .	45
B.2 Hypothese . . . . .	45
B.3 Test-Opstelling . . . . .	45
B.4 Discussie/observaties . . . . .	48
B.5 Conclusie . . . . .	48
<b>C Schemas en Code</b>	<b>49</b>
C.1 Interface . . . . .	49
C.2 Code . . . . .	51
<b>Bibliografie</b>	<b>54</b>
<b>Begrippenlijst</b>	<b>55</b>

# Samenvatting

Dit verslag is een uitwerking van een opdracht waarin de functionaliteit van een interne ADC-extentiekaart wordt herontworpen. Deze extentiekaart wordt gebruikt als communicatie interface voor het B200 meetinstrument en zal worden herontworpen als een externe communicatie interface. De externe interface zal hierbij het probleem verhelpen dat de interne ADC-extentiekaart alleen werkt met een verouderde 486 computer met een DOS-softwareomgeving en kan deze direct gebruikt worden in een moderne werkomgeving.

In hoofdstuk 1: Applicatie, wordt omschreven waarvoor de huidige applicatie wordt gebruikt en welke problemen er allemaal worden ervaren of mogelijk in de toekomst kunnen voorkomen. Ook wordt in de opdrachtdefinitie beschreven hoe dit project met het ontwerpen van een nieuw communicatie interface de eerste stap gezet wordt naar het verhelpen van deze problemen.

In hoofdstuk 2: Onderzoek, staan alle resultaten van het gedane onderzoek. Zo is er een schema opgesteld van de meetprocedure die in een vervolgproject gebruikt kan worden om de software op de baseren en wordt er besproken hoe de onderdelen van het meetrapport tot stand komen. Daarna wordt er naar alle onderdelen van de meetopstelling gekeken en hoe deze technisch tot stand zijn gekomen zodat er duidelijk is welke signalen met de nieuwe communicatie interface moeten werken en welke functies hiermee beïnvloed kunnen worden.

In hoofdstuk 3: Plan van Eisen, worden de specificaties opgesteld die zijn gebaseerd op de bevindingen uit het onderzoek en zijn deze uitgebreid naar de wensen die er zijn voor de nieuwe meetopstelling. Hierbij is de communicatie van en naar het meetinstrument gelijk gebleven maar is de functionaliteit van de huidige DOS-pc en de moderne pc samengevoegd.

In hoofdstuk 4: Systeem ontwerp, worden deze specificaties en wensen verwerkt tot een systeem ontwerp dat de functionele beschrijving geeft van de nieuwe meetopstelling. Deze functionele beschrijving deelt alle functies van het nieuwe ontwerp op zodat deze verdeeld konden worden onder de projectgroep.

In hoofdstuk 5: Technisch ontwerp, worden de functies uit het systeem ontwerp die nog niet zijn gerealiseerd uitgewerkt tot een technisch ontwerp. Dit technische ontwerp beschrijft de uitwerking en de welke stappen er zijn genomen om tot een realiseerbaar prototype te komen. Hierbij is het meetinstrument buitenbeschouwing gelaten, omdat deze al gerealiseerd is.

In hoofdstuk 6: Testen en Meten, wordt het prototype getest om te bevestigen of deze voldoen aan de specificaties die zijn opgesteld in hoofdstuk drie. Hieruit is gebleken dat de functionaliteit volledig aan de verwachtingen voldoet.

Afsluitend worden in hoofdstuk 7: Conclusies en aanbevelingen, de resultaten van het project besproken en een terugkoppeling gemaakt naar opbouw die is opgesteld in de opdrachtdefinitie. Ook wordt er een geadviseerd hoe er in een vervolgproject verder kan worden gewerkt met het opgeleverde prototype.

# Inleiding

In dit project wordt er in opdracht voor ITS en ManualFysion gekeken naar een meetopstelling die wordt gebruikt in de fysiotherapie praktijk van de voormalige ManualFysion. De meetopstelling maakt gebruik van een meetinstrument waarmee de fysiotherapeuten het functioneren van een cliënt zijn rugspieren kunnen vaststellen. De signalen van en naar het meetinstrument worden momenteel geregeld door een verouderde computer die een interne extentiekaart bevat die functioneert als communicatie interface tussen de hardware van het meetinstrument en de software van de computer.

Het probleem dat zich in de meetopstelling voordoet, is dat de producent geen ondersteuning meer bied aan de gepatenteerde onderdelen en dat er daarom geen vervangingsonderdelen beschikbaar zijn voor de meetopstelling. Hierdoor is het meetinstrument zeer afhankelijk van de huidige onderdelen en reparaties. Het cruciale onderdeel om het onbruikbaar worden van de meetopstelling te voorkomen is de communicatie interface wat nu de interne extentiekaart is. Daarom is er voor dit project als doel opgesteld een alternatief te bieden voor de huidige communicatie interface waarbij het meetinstrument niet meer afhankelijk is van verouderde gepatenteerde hardware en software.

Om dit doel te bereiken wordt er antwoord gezocht op de volgende vraagstelling: "Hoe kan het meetinstrument blijven functioneren zonder gebruik te maken van de gepatenteerde interne extentiekaart?". Als deelvragen voor de vraagstelling word er antwoord gezocht op hoe de huidige meetopstelling wordt gebruikt, wat de gewenste resultaten zijn, hoe de huidige onderdelen technisch functioneren en welke gewenste functionaliteiten in het nieuwe communicatie-interface moeten worden verwerkt.

Het onderzoek wat de vraagstelling en deelvragen gaan beantwoorden zal worden gedaan met de aangeleverde informatie in de vorm van de handleiding die zeer veel informatie bevat over het meetinstrument en de bijbehorende software. Deze informatie zal worden aangevuld met de aangeleverde documenten van ITS over het gebruik van de software en met informatie die door de projectgroep zelf wordt verzameld met externe literatuur bronnen. Ook zal er, als dit nodig is, experimenten worden gedaan aan de meetopstelling om aanvullende informatie te verkrijgen en / of de informatie uit de literatuur te bevestigen.

Om tot een eindproduct te komen wordt er in dit verslag zeven hoofdstukken uitgewerkt. Het eerste hoofdstuk zal bestaan uit een Context analyse en wordt de opdrachtdefinitie hierin opgesteld die als opzet dient voor het verdere verslag. In hoofdstuk twee worden de resultaten van het onderzoek beschreven die de functionaliteit en de technische opbouw van huidige meetopstelling in kaart brengen. In hoofdstuk drie worden de eerste stappen naar het eigen ontwerp gemaakt door een overzicht van specificaties op te stellen voor de nieuwe meetopstelling. Hoofdstuk vier geeft een functionele decompositie van alle onderdelen van de nieuwe meetopstelling. In hoofdstuk vijf worden de technische uitwerkingen gegeven van de functies die het eindontwerp gaat uitvoeren en hoe deze zijn gerealiseerd in het eindontwerp. Hoofdstuk zes zal beschrijven hoe het eindontwerp is getest en zal discussiëren of de resultaten van de test in lijn staan met de verwachten en specificaties. Afsluitend wordt er in hoofdstuk zeven een samenvatting gegeven van de resultaten van het verslag en worden er aanbevelingen gedaan aan hoe de resultaten van het project gebruikt kunnen worden in een mogelijk vervolgproject.

# Hoofdstuk 1

## Applicatie

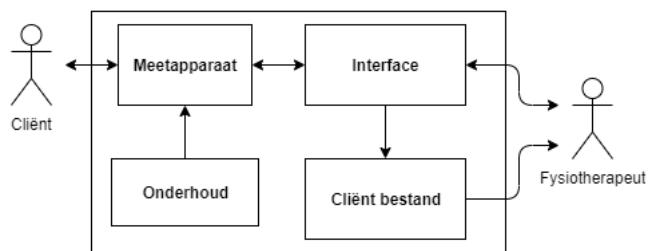
In dit hoofdstuk wordt er een opbouw gemaakt voor de uitwerking van het project. Dit wordt gedaan door eerst de huidige toepassing en het probleem te beschrijven in een context-analyse. Na dit vooronderzoek wordt het doel van dit project omschreven in de opdrachtdefinitie.

### 1.1 Context analyse

In de context analyse wordt eerst breed beschreven waarvoor en hoe de meetopstelling wordt gebruikt. Dit kan worden gebruikt om te bepalen welke onderdelen er van belang zijn en aan welke functies dit moet voldoen. Daarna wordt er gekeken naar de regelgeving waaronder het meetinstrument valt en hoe het toevoegen van een nieuw onderdeel invloed kan hebben op het correct gebruiken van het meetinstrument in betrekking tot de regelgeving. Afsluitend wordt er een probleemcontext omschreven die een samenvatting geeft van de problemen die zich in het huidige gebruik of in de toekomst kunnen voordoen.

#### 1.1.1 De meetopstelling

In de fysiopraktijk van Milé wordt een meetinstrument gebruikt die de functionaliteit van rugspieren kan meten. In Figuur 1.1 staat een functioneel overzicht hoe de meetopstelling wordt gebruikt. De hoofdstroom van informatie zal de fysieke inspanning van de cliënt zijn die door het meetapparaat wordt omgezet tot elektrische informatie en via de interface in het digitale cliëntbestand kan worden verwerkt wat kan worden ingezien door de fysiotherapeut. Verder wordt er vanuit de fysiotherapeut de interface bestuurd die de benodigde regelsignalen naar het meetinstrument stuurt. Als laatst wordt de meetopstelling ook nog onderhouden door een externe partij om te garanderen dat de mechanische onderdelen in goede conditie zijn en de elektronische onderdelen goed zijn afgesteld.



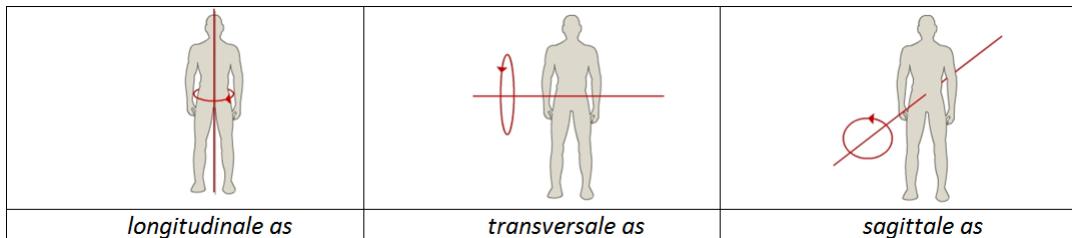
Figuur 1.1: Meetopstelling in gebruik

#### Het meetinstrument

Het meetinstrument wat wordt gebruikt is een B-200 isostation die met drie verschillende bewegingsassen de fysieke functies van de cliënt vastlegt. De fysieke functies die worden gemeten zijn het geleverde koppel, het bewegingsbereik en de snelheid van de beweging. Dit wordt vastgelegd door op elke as twee sensorische metingen te doen. De eerste sensor meet het geleverde koppel wat een directe indicatie geeft van de kracht die de cliënt genereert op deze as. De tweede sensor meet de positie waarmee het bewegingsbereik (Range of Motion) van de cliënt wordt vastgesteld, maar wordt deze ook gebruikt om de snelheid van de beweging te berekenen door de verandering van de positie over tijd te berekenen.

De assen van het meetinstrument sluiten aan op de drie bewegingsvlakken waarop een persoon zijn rug kan bewegen. De verplaatsing om de bewegingsas zal zich plaatsvinden loodrecht op het bewegingsvlak. Deze drie bewegingsassen heten de longitudinale-, transversale- en de sagittale-as en worden weergegeven op Figuur 1.2. De bewegingen die worden uitgevoerd op deze assen zijn:

- longitudinale-as (as1): Rotatie links en rechts (draaien),
- transversale-as (as 2): Flexie (voorover buigen) / Extentie (strekken),
- sagittale-as (as 3): lateroflexie links en rechts (zijwaarts buigen).



Figuur 1.2: Bewegingsassen van de rug(bron: uit e-mail van fysio)

## De Interface

Als interface voor het meetinstrument wordt er gebruik gemaakt van een computer die een interne-extentiekaart bevat. Deze computer en de extentiekaart zijn cruciaal bij het gebruiken van het meetinstrument, omdat hiermee de signalen worden uitgelezen en enkele stuursignalen voor het meetinstrument mee worden geproduceerd. Met de interface kan de fysiotherapeut de meetprocedure doorlopen waarmee de gegevens worden verzameld en een meetrapport mee kan worden gegenereerd.

## Het Cliëntbestand

In het cliëntbestand worden de resultaten van de metingen opgeslagen zodat de fysiotherapeut dit op een later moment kan inzien. Omdat het interface niet de mogelijkheid bied moderne software te gebruiken worden de meetgegevens van het interface gehaald met een floppy en geïmporteerd in een cliëntbestand op een moderne computer. Op deze moderne computer kunnen deze meetgegevens opnieuw verwerkt tot een meetrapport die beknopter is dan het meetrapport die op het interface wordt geproduceerd, maar alsnog wel genoeg informatie bevat.

## Onderhoud door externe partij

Om correcte meetgegevens te garanderen wordt het meetapparaat regelmatig door een externe partij gekalibreerd en onderhouden. De processen die de externe partij hiervoor gebruikt zijn beschreven in de handleiding van het meetinstrument. Belangrijke processen die hier worden uitgevoerd zijn het aanvullen van de olie in de hydraulische weerstanden en kan er met ondersteuning van de software de functionaliteit van de elektronica worden gecontroleerd en wanneer nodig worden gekalibreerd.

### 1.1.2 Regelgeving

Het B-200 meetapparaat valt in de huidige opstelling onder de wetgeving van medische hulpmiddelen. De apparatuur die wordt gebruikt om dit aan te sturen en uit te lezen valt hier buiten. Het vernieuwen van de meetopstelling waarbij geen functionele aanpassen worden gedaan aan het meetapparaat, valt daarom buiten de richtlijnen en eisen die gelden voor het gebruik medische hulpmiddelen [3] en kan daarom in dit project buiten beschouwing gelaten worden.

### 1.1.3 Probleem context

Op het moment werkt de meetopstelling nog relatief naar wens, maar kunnen er problemen optreden wanneer er een defect voorkomt in de computer of extentiekaart. Dit komt omdat het meetinstrument en ondersteunende onderdelen zijn verouderd en de producent geen vervanging of reparatie meer aanbied. Het meest cruciale onderdeel wat niet kan worden vervangen is de extentiekaart die functioneert als communicatie-interface tussen het meetinstrument en de computer. Dit is namelijk een gepatenteerd onderdeel die alleen met een identiek model kan worden vervangen.

De computer wordt ook belemmerd door deze extentiekaart, omdat hiervoor een interne aansluiting wordt gebruikt die alleen op verouderde en niet nieuw leverbare computers kan worden gevonden. Bij het gebruik van deze verouderde computer wordt meetopstelling ook beperkt tot het gebruik van een verouderd besturings-systeem en opslagmedia die de interactie van gegevens tussen de meetopstelling en de administratie van de fysiotherapeuten vertraagt.

## 1.2 Opdrachtdefinitie

In de opdrachtdefinitie wordt een opzet gegeven aan de vraagstukken die worden uitgewerkt in het project. Het is belangrijk dat de opdrachtdefinitie die hier wordt uitgewerkt alleen van toepassing is op de elektronische onderdelen van de meetopstelling. De mechanische en hydraulische onderdelen worden namelijk buiten beschouwing gelaten, maar wel rekening mee gehouden, in het eindontwerp. De opdrachtdefinitie zal worden uitgewerkt in een probleem-, doel- en vraagstelling die hieronder worden beschreven.

### 1.2.1 Probleemstelling

Het in de toekomst blijven functioneren van het meetinstrument kan niet worden gegarandeerd. Dit komt omdat er geen vervangende onderdeel of reparatie beschikbaar is van het communicatie-interface dat cruciaal is in het gebruik van het meetinstrument.

### 1.2.2 Doelstelling

De wens van de fysiotherapeut is dat het meetinstrument in een volledig nieuwe meetopstelling kan worden gebruikt. In dit project wordt de eerste stap gezet naar de nieuwe meetopstelling door een vervangende communicatie interface te ontwerpen die de signalen van en naar het meetinstrument verwerkt en dit vanuit een moderne digitale werkomgeving kan doen.

### 1.2.3 Vraagstelling

Om de doelstelling te behalen wordt het probleem uitgewerkt in een vraagstelling en deelvragen. De vraagstelling luidt: "Hoe kan het meetinstrument blijven functioneren zonder gebruik te maken van de gepatenteerde extensiekaart?". Om een uitwerking te kunnen maken van een product die aan deze vraag voldoet worden de vraagstelling verder opgedeeld in deelvragen die hieronder worden beschreven.

#### **Hoe wordt de huidige meetopstelling gebruikt?**

Bij het ontwerpen van nieuwe onderdelen hoeven deze alleen ontworpen te worden om de functionaliteit over te nemen die ook echt wordt benut. Het in kaart brengen van alle nuttige functionaliteit die de meetopstelling nu levert kan worden gebruikt om te controleren dat het prototype niet de functionaliteit beperkt.

#### **Wat zijn de gewenste resultaten van de meetopstelling?**

In de huidige meetopstelling worden er twee verschillende meetrapporten gegenereerd. Bij het mogelijk zelf opstellen van een meetrapport moet eerst worden vastgesteld welke onderdelen hierin gewenst zijn.

#### **Hoe werken de onderdelen nu?**

De functionaliteit van de meetopstelling zal worden bekeken zodat bij het introduceren van een nieuw onderdeel bekend is welke functies deze zelf moet uitvoeren en kan beïnvloeden.

#### **Wat is het gewenste ontwerp van de nieuwe meetopstelling?**

Bij het ontwerpen van de onderdelen van de nieuwe meetopstelling hoeft de verdeling en van de functionaliteit niet op dezelfde manier te worden uitgewerkt. Het opnieuw ontwerpen van de kan een versimpeld en beter werkend eindresultaat tot gevolg hebben.

#### **Kan er met het nieuwe communicatie interface de juiste resultaten worden behaald?**

Door het opstellen van de correcte specificaties en dit op de correcte manier te verwerken tot een ontwerp zal uiteindelijk bij het testen van het eindontwerp bevestigd moeten worden of dit voldoet aan de specificaties en resultaten.

# **Hoofdstuk 2**

## **Onderzoek**

In dit hoofdstuk wordt er onderzocht binnen welke vereisten en randvoorwaarden de meetopstelling functioneert en hoe dit technisch mogelijk wordt gemaakt. Om de functionaliteit te bepalen worden van de meetopstelling de meetprocedure, meetgegevens en het meetrapport bestudeerd. Dit functionele onderzoek zal gebruik maken van de beschikbare literatuur in de vorm van de handleiding van het meetinstrument, aangeleverde documenten van ITS, gesprekken met de fysiotherapeuten en overige literatuur die op het internet beschikbaar is. Om op technisch niveau de functionaliteit van de onderdelen te bepalen worden de een onderzoek gedaan naar de hardware, DOS-software en de modernen-software.

### **2.1 Vergelijkbare toepassingen**

Alternatieve applicaties die nu binnen de beroepsgroep gebruikelijk zijn, zijn veel beperkter dan de in dit project behandelde meetopstelling. Zo wordt er vaak gebruik gemaakt van een vragenlijst die bij lange na niet zo effectief en precies is als de gegeven meetresultaten die de B-200 levert. Aangezien de patiënt deze vragenlijst zelf invult kunnen de vragen verkeerd worden begrepen of fout worden ingevuld. Ook zijn er vergelijkbare apparaten beschikbaar maar zijn deze niet zo toegespitst op de doeleinden waarvoor de huidige meetopstelling wordt gebruikt.

## 2.2 De meetprocedure

Om een volledig beeld te geven van de kracht en mobiliteit van de cliënt worden verschillende tests gedaan. Het totaal van deze testen wordt uitgevoerd in een meetprocedure. De opbouw van deze meetprocedure is vastgesteld in observatie van twee demonstraties die zijn gedaan in de fysiopraktijk. De opbouw van de meetprocedure wordt onderzocht om vast te stellen in welke opbouw de meetgegevens worden verzameld om inzicht te krijgen in de gegevens die hier worden geproduceerd.

Bij elke test is het doel een enkele bewegingsas te isoleren. Het isoleren van de bewegingsas probeert uit te sluiten dat mogelijke dis-functionaliteit kan worden verborgen door het gebruik van verkeerde spiergroepen. Wel zal er bij enkele test ook worden gekeken naar de waardes gegenereerd op de niet geïsoleerde bewegingsassen, juist om het gebruik van deze verkeerde spiergroepen te constateren. De tests die worden gedaan zijn de mobiliteit, statische-, en dynamische kracht van de cliënt. Hoe deze tests worden uitgevoerd wordt uitgelegd in de onderstaande opbouw van de meetprocedure.

### 2.2.1 Opbouw van de meetprocedure

Op Tabel 2.1 staat een beknopt en schematische weergave van de meetprocedure. Elke test is hierbij cruciaal voor het volledige beeld wat wordt weergegeven in het meetrapport. De stappen die worden uitgevoerd zijn: Voorbereiding, Isometrische test, bewegingsbereik test, snelheid test, Dynamische test en het verwerken van de meetgegevens. De bewegingsbereik- en de dynamische test worden beide tweemaal uitgevoerd in de meetprocedure om mogelijke verandering in de prestatie vast te leggen. Om de meetprocedure aan te sturen maakt de fysiotherapeut gebruik van de interface. Ook wordt er op de interface bijgehouden of de metingen goed verlopen.

Voorbereiding		Bewegingsbereik test 2	
Invoer clientgegevens		2x Volledige beweging Max. 30 (s)	
Positioneren van de cliënt		Dynamischetest 2	
Bewegingsbereik test 1		Op 50%	
2x Volledige beweging	Max. 30 (s)	5x volledige beweging	Max. 90 (s)
Snelheidstest		Op 25%	
5x volledige beweging	Max. 90 (s)	5x volledige beweging	Max. 90 (s)
Isometrische test		Verwerken meetgegevens	
Constante inspanning	5(s)	Exporteren op floppy	
Dynamische test 1		Importeren met adapter	
Op 25%		Producieren meetrapport	
5x volledige beweging	Max. 90 (s)	Opslaan resultaten	
Op 50%			
5x volledige beweging	Max. 90 (s)		

Tabel 2.1: Schema van de meetprocedure

Als voorbereiding worden de cliëntgegevens ingevoerd op de interface en de cliënt gepositioneerd in het meetinstrument. Dan wordt in twee stappen de mobiliteit van de cliënt vastgelegd door de bewegingsbereik- en de snelheids- test uit te voeren. Eerst wordt het bewegingsbereik vastgesteld door de cliënt twee maal zijn maximale bewegings te laten uitvoeren op een as. Als tweede stap wordt de snelheid bepaald. Dit wordt gedaan door de cliënt vijf maal, op maximale snelheid, door zijn volledige bewegingsbereik te laten bewegen.

Bij de isometrische test wordt de maximale statische kracht van de cliënt bepaald. Dit wordt gedaan door de geleverde koppel te meten dat de cliënt kan uitoefenen op de bewegingsas. Voor deze tests worden eerst de assen vastgezet met zogeheten "Iso-locks" zodat de test vanuit een statische positie wordt gedaan. Dan zal de cliënt voor vijf secondes hard mogelijk een enkele as belasten.

De dynamische test meet een combinatie van kracht- en de mobiliteit. Bij deze test zal de cliënt tweemaal het proces van de snelheidstest volgen, maar zal zich hierbij eerst tegen een lage gevolgd door hoge weerstand in moeten bewegen. De lage- en hoge- weerstands niveau worden ingesteld op 25% en 50% van de geleverde koppel uit de isometrische test.

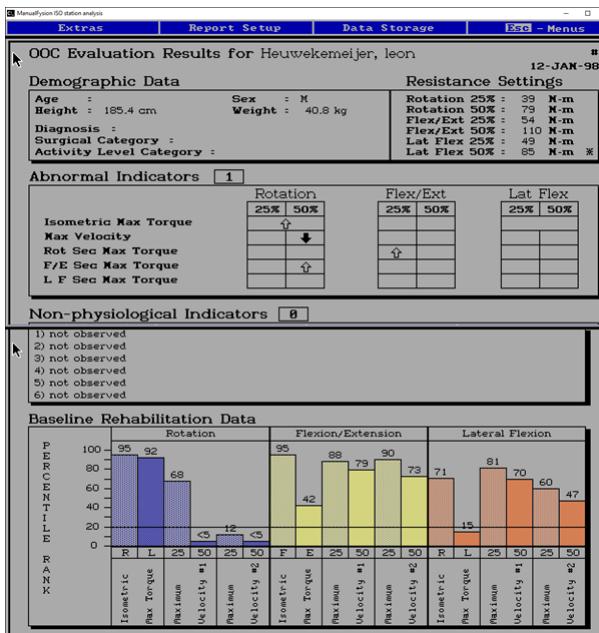
Wanneer alle meet stappen zijn uitgevoerd worden deze geëxporteerd op een floppy voor gebruik op een externe computer. Hierop wordt het meetrapport opnieuw geproduceerd in een virtuele DOS-omgeving en worden de belangrijke resultaten hiervan opgeslagen door er screenshots van te maken en deze in een bestand samen te voegen.

## 2.3 Het meetrapport

In deze paragraaf wordt gekeken naar de resultaten die worden weergegeven in het meetrapport. In het gebruik van de huidige meetopstelling wordt er met twee meetrapporten van een complete meetprocedure gewerkt. Het eerste meetrapport wordt direct na het doen van de meting gecreëerd en bevindt zich op de DOS-PC. Een beknoptere versie kan later worden gereproduceerd op de moderne-PC wanneer de resultaten opnieuw moeten worden ingezien. Deze twee meetrapporten zijn ook de bronnen van informatie.

### 2.3.1 Origineel meetrapport

Met de DOS-software word een uitgebreid meetrapport gecreëerd. De resultaten worden in een overzicht en in grafieken weergegeven. Zie Figuur 2.1 voor een overzicht van de resultaten. Het overzicht bevat de volgende gegevens: Demographic Data, Resistance Settings, Abnormal indicators, Non-physical Indicators, Baseline Rehabilitation Data, Range of Motion, Isometric, Dynamic, Secondary Axes, key.



Figuur 2.1: Resultaten Overzicht

#### Demographic Data

Bevat de naam, Leeftijd, geslacht, gewicht en lengte van de cliënt. Deze worden door de fysiotherapeut ingevoerd bij de voorbereidende stappen.

#### Resistance Settings

Is een overzicht van de waardes waarop de as-weerstanden worden ingesteld tijdens de dynamische tests. Deze worden berekend door een percentage te nemen van het maximaal geleverde koppel uit de statische test.

#### Abnormal indicators

Hier wordt een indicatie gemaakt wanneer de resultaten buiten het normaal verwachte werkgebied vallen. Dit kan betekenen dat het boven of onder het normaal verwachte resultaat ligt. De norm wordt bepaald door de resultaten van de desbetreffende cliënt te vergelijken met de resultaten van de zogeheten "normaal groep". Deze "normaal groep" gebaseerd op informatie die door de leverancier is verzameld. Wanneer het resultaat van de cliënt in de kritieke %20 valt, zal dit een enkele "Abnormal indicator" geven. Met het aantal van deze indicators kan een inschatting worden gedaan naar het functioneren van de cliënt en worden verdeeld over:

- 0 - 5 : Mild dysfunction.
- 6 - 10 : "Moderate" dysfunction.
- 11 - 22 : "Severe" dysfunction.

## Non-physical Indicators

De "Non-physical Indicators" geven een indicatie of de cliënt afwijkende motivatie geeft getoond tijdens het doen van de metingen. Dit kan het geval zijn wanneer de resultaten onderling onregelmatigheden vertonen waardoor de gedane meting als onvolledig beschouwd zou kunnen worden. Afhankelijk van de test kunnen deze indicators los of volledig opnieuw gedaan worden voor een accurate meting.

## Baseline Rehabilitation Data

Geeft een procentuele weergave van de resultaten van de cliënt vergeleken met de "Normaal groep" voor de gemeten maximale snelheden, het bewegingsbereik, de isometrische en dynamische scores. Elke score die hier onder de 20 valt kan worden gezien als een mogelijk behandelbaar probleem.

## Secondary Axes

Bij de tests waar geen pinnen worden gebruikt om een as vast te zetten kan er ook inzicht worden gegeven in de gegenereerde waarden van de niet primaire assen. Te hoge resultaten in deze kolom kunnen in indicatie geven dat de cliënt met verkeerde spiergroepen een beweging uitvoert.

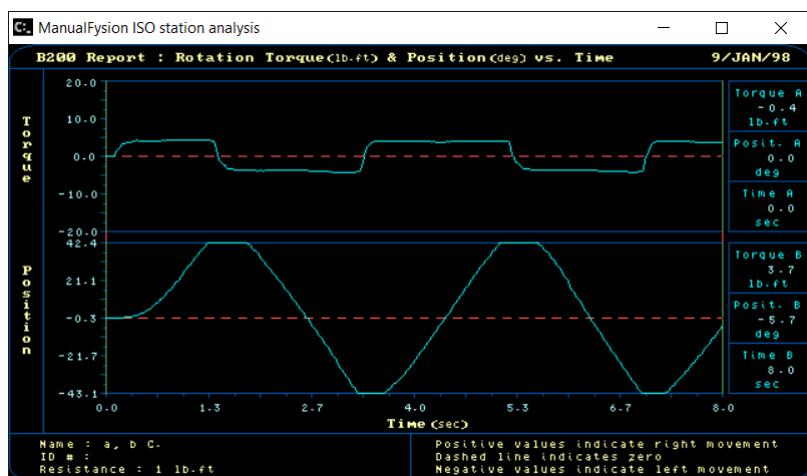
## Key

In deze kolom wordt uitgelegd welke verschillende lees indicaties worden gebruikt in het rapport en waarvoor deze worden gebruikt.

## Grafieken

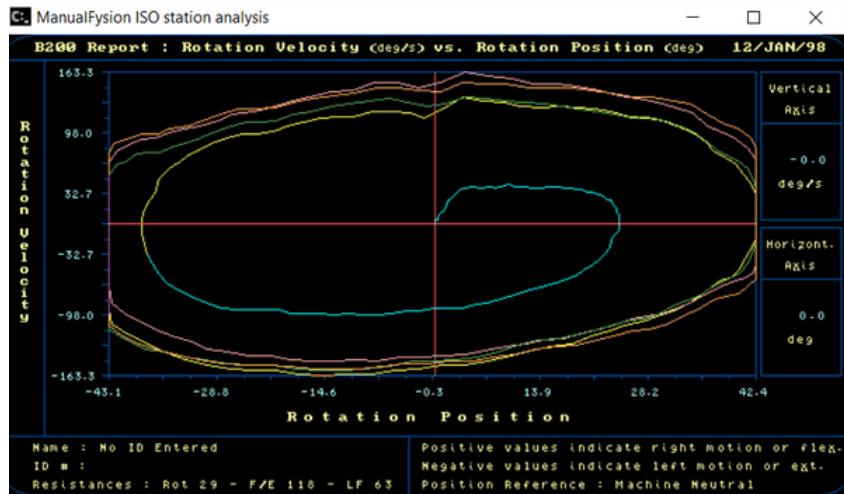
Naast de gemiddelde en maximale resultaten die worden samengevat in het meetrapport heeft de fysiotherapeut ook de mogelijkheid om het verloop uitgebreid te bekijken in de vorm van grafieken. Deze grafieken worden voor elke as individueel weergegeven.

De eerste soort grafiek die wordt gebruikt geeft een weergave van de koppel en positie over tijd. Deze grafiek en geeft inzicht in de resultaten van de primaire en secundaire assen tijdens de dynamische test. Een voorbeeld hiervan is te zien op Figuur 2.2.



Figuur 2.2: Koppel en positie over tijd

Een tweede soort grafiek wat wordt gebruikt zet de geleverde koppel uit over de positie.



Figuur 2.3: Koppel over positie

### 2.3.2 Beknopt meetrapport

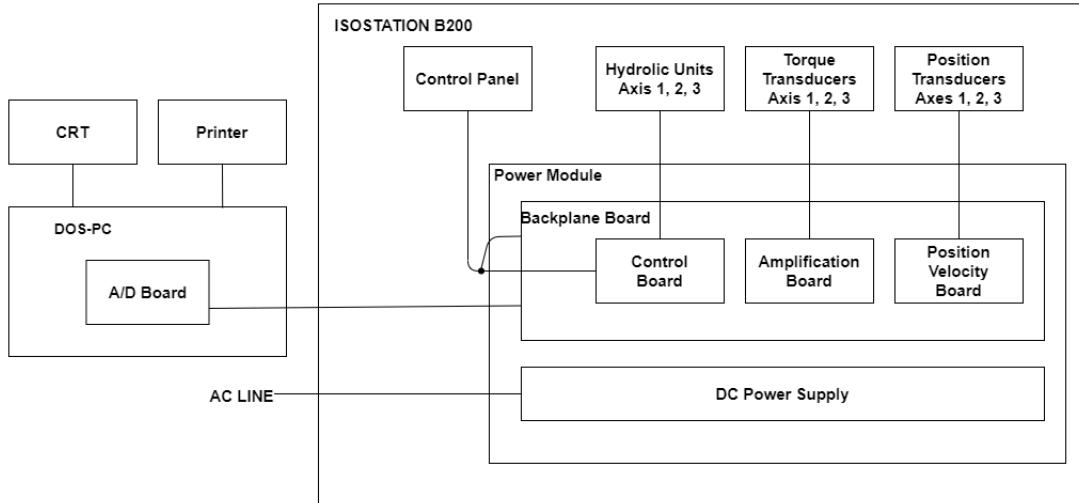
Het originele meetrapport kan alleen worden geproduceerd door het gebruik van DOS-software. Om op een moderne PC een meetrapport te genereren worden de meetresultaten in Excel verwerkt tot een beknopt meetrapport. Een voorbeeld van dit meetrapport is te zien op Figuur 2.12 in paragraaf 2.6. Dit beknopte meetrapport bestaat uit een selectie van kolommen uit het originele meetrapport. Dit meetrapport bevat voornamelijk alleen de informatie die in het originele meetrapport op de overzichtspagina wordt weergegeven. De Onderdelen die worden weergegevens zijn:

- Demographic data,
- Resultaten isometrische tests,
- Resultaten dynamische tests,
- Abnormal indicators,
- Conclusie/Advies,
- Basline rehabilitation Data.

Alleen het kopje Conclusie/Advies wordt hierin voor het eerst benoemd en bevat informatie die niet lijkt te worden aangepast aan de resultaten van de meting, maar meer een algemene informatie lijkt te bevatten.

## 2.4 Hardware

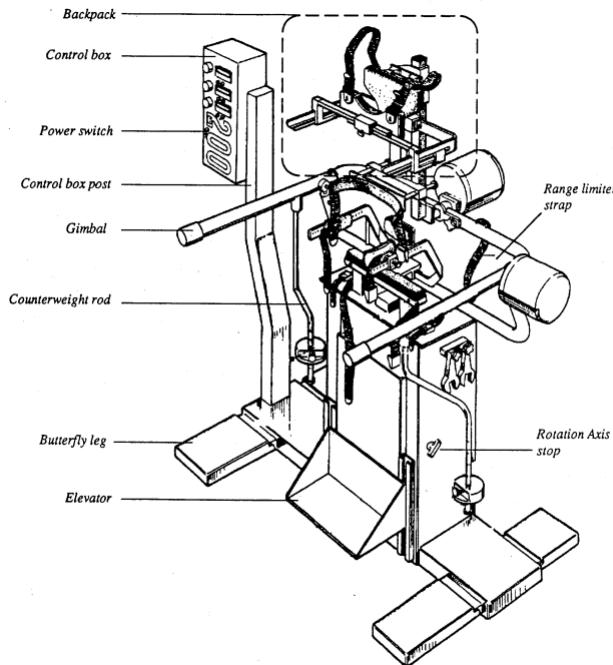
In deze paragraaf worden alle elektronische onderdelen onderzocht die in de meetopstelling worden gebruikt. Een overzicht van de hardware die wordt gebruikt is te zien op Figuur 2.4. Hierop is te zien dat de PC gebruik maakt van een A/D board om te communiceren met de B200. In deze paragraaf wordt er eerst gekeken het B-200 meetinstrument gevuld door de ADC-extentiekaart die zich in de DOS-PC bevindt. De informatie over de B-200 is voornamelijk gehaald uit de bijgeleverde handleiding [1], maar is ook gecontroleerd met een experiment. Voor de informatie van de ADC-extentiekaart is er een PCB-analyse gedaan om de werking van het ontwerp te bepalen. Op dit figuur wordt ook een Printer een Control Panel weergegeven die niet meer worden gebruikt in de huidige meetopstelling. De CRT is het scherm waarop de DOS-software wordt weergegeven.



Figuur 2.4: Interne elektronica

### 2.4.1 B-200 Isostation

Het B-200 Isostation is een meetinstrument dat is opgebouwd uit mechanische en elektronische onderdelen. Een overzicht van het meetinstrument is weergegeven op Figuur 2.5. De mechanische onderdelen brengen de bewegingen van de cliënt over op de elektronische onderdelen waarmee de elektrische waarden kunnen gemeten worden. Dit meten van de elektrische waarden wordt gedaan met een Koppel-transducer en een Positie-transducer. Ook zijn er Hydraulische as-weerstanden die door elektronische aansturing worden ingesteld om een weerstandskoppel te bieden tijdens de dynamische tests.



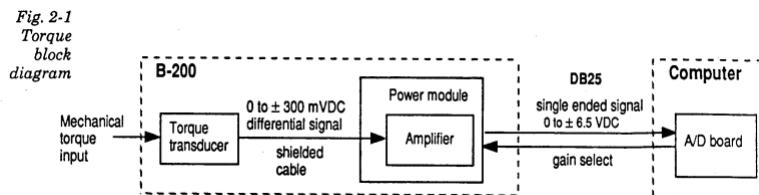
Figuur 2.5: B-200 Overzicht[1]

### Koppel transducer

De koppeltransducer meet de geleverde kracht die op een bewegingsas wordt uitgeoefend als koppel [Nm]. Op Figuur 2.6 staan de onderdelen die worden gebruikt om de informatie van de koppel transducer te verwerken. Het bereik waarin de koppel op de assen kan worden gemeten varieert per as en heeft de volgende maximale waarden:

- Assen 1 en 3 = 272 Nm,
- As 2 = 407 Nm.

voordat het signaal de B200 verlaat zal deze worden versterkt. Het versterker wordt gedaan door het "Amplification board". Deze versterker kan worden geregeld vanaf de PC. Voor de versterking worden er twee instellingen gebruikt, namelijk de high- en low gain. De gain instelling van as-3 wordt niet gebruikt en staat altijd ingesteld op low gain. Deze setting wordt geregeld met een TTL-signal die voor de high gain setting een spanning tussen 0 - 0.45 V aanneemt en voor de low gain een spanning tussen 2.4 - 5 V. Hoe deze gain setting moet worden ingesteld wordt bepaald aan de hand van de gewenste weerstandswaarde van de hydraulische as-weerstanden. Wanneer de as-weerstanden onder een bepaalde grens liggen zullen deze een high gain setting hebben. De overgangswaarden voor as-1 ligt op 31 Nm, voor as-2 op 51 Nm en as-3 staat deze altijd op lage gain.



Figuur 2.6: Koppel transducer[1]

### Positie transducer

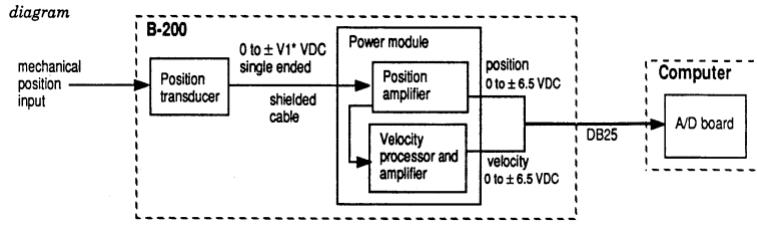
Vanaf de positie-transducer word de positie van de as en de snelheid van de verplaatsing bepaald op het "Position Velocity Board"zoals te zien op Figuur 2.7. De positie- en snelheidssignalen worden ook versterkt voordat deze naar de PC worden verstuurd, maar deze hebben geen regelbare versterking nodig zoals het koppelsignaal. De maximale meetbare waarden van de positiesensor verschillen per as en hebben de volgende maximale waarden:

- Assen 1 en 3 =  $\angle 45$  tot  $\angle 52$ ,

- As 2 =  $4 - \angle 40$  tot  $\angle 75$ .

De maximale snelheden die hiermee worden benaderd zijn:

- As 1 = 248 graden/sec,
- Assen 2 en 3 = 304 graden/sec.



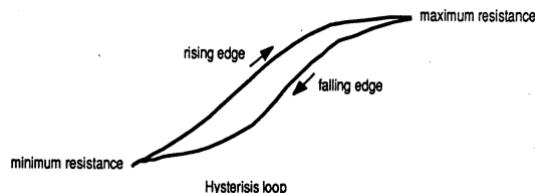
Figuur 2.7: Positie transducer[1]

### As-weerstanden

De as-weerstanden maken gebruik van een hydraulisch systeem die een druk creëert. De gecreëerde druk zorgt voor een weerstand op de geleverde inspanning van de cliënt. Deze weerstand kan worden ingesteld op een gewenste tegenkoppel. De maximale waardes waarop de as-weerstanden kunnen worden ingesteld:

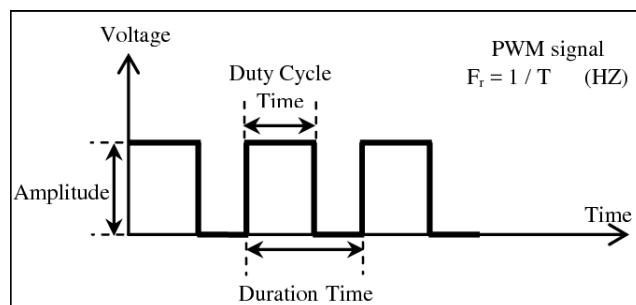
- Assen 1 en 3 = 85 Nm,
- As 2 (en 4) = 160 Nm.

Vanuit de handleiding wordt aangegeven dat bij het instellen van de as-weerstanden rekening moet worden gehouden met hysterese. Door de hysterese van de mechanische weerstand, kan alleen de falling edge worden gebruikt om een waarde in te stellen zoals wordt weergegeven op Figuur 2.8. Dit betekend dat het signaal altijd eerst naar de maximale weerstandwaarde moet zijn gestuurd.



Figuur 2.8: as-weerstanden

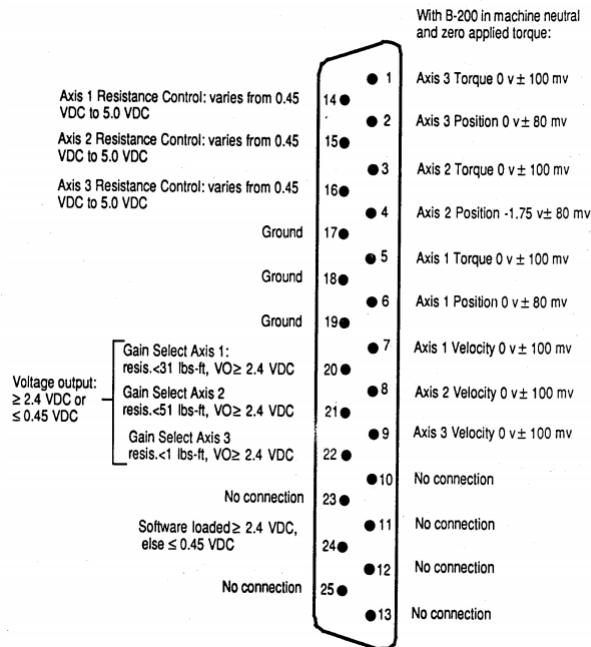
Hoe de as-weerstanden worden aangestuurd wordt niet duidelijk gemaakt in de handleiding, maar na aanleiding van Analyse en de Meetexperiment (Bijlage B) blijkt dit een PWM-Signaal te zijn (Figuur 2.9). Een PWM signaal is een blokgolf die in te stellen valt op zijn Duty cycle, frequentie en amplitude zoals te zien op Figuur 2.9. De vaste waardes die voor de blokgolf worden gebruikt zijn een amplitude van 0 - 3.6V en een frequentie van 412 Hz.



Figuur 2.9: PWM-signaal[2]

## 2.4.2 Communicatie naar PC

Uit de handleiding is al veel informatie te verkrijgen over de communicatielijnen tussen het meetapparaat en de PC. Op Figuur 2.10 staat een overzicht van de communicatielijnen en de pinout hiervan. Echter wordt hiervan in de handleiding nog enkele signaalwaardes besproken die hiervan afwijken. Hiervoor is daarom een meetexperiment gedaan om vast te stellen wat de werkelijke signalen zijn.



Figuur 2.10: Pinout

Zie Figuur 2.10 voor.

### Meetexperiment

De resultaten van het meetexperiment in bijlage B zijn samengevat in het onderstaande tabel. Hierin staat dat de analoge inputs die de sensorwaardes bevatten, de digitale-outputs die de koppelversterking aansturen en de PWM-outputs die de as-weerstanden aanstuurt.

Type	Pins	Min	Max
<b>Analog inputs</b>	9	-6,5V	6,5V
<b>Digital outputs</b>	4	<0,8V	2,8V>
<b>PWM outputs*</b>	3	0V	2,8V>

\*Zie Tabel B.2 voor meer info betreft PWM signalen

Tabel 2.2: Korte versie Inputs & Outputs

### 2.4.3 ADC extensie-kaart

De ADC Extensie-Kaart (Figuur 2.11) vormt de brug tussen de B-200 en het PC zelf. Deze leest de sensorwaarden van het B-200 uit en stuurt de mechanische weerstanden aan. Deze kaart bevindt zich binnen de PC en maakt gebruik van een ISA Slot voor communicatie met de rest van de PC. Het is dit onderdeel van het gehele opstelling waarvoor mogelijkheden moeten worden uitgezocht voor vervanging in de toekomst.

Uit analyse van de extensie-kaart (Zie Bijlage A) is de volgende werking afgeleid.

- De B-200 stuurt ten alle tijden alle sensor waardes uit naar de kaart via de DB-25 parallel port.
- De kaart kiest met behulp van de multiplexer een enkel signaal uit om af te lezen.
- Deze signaal word met behulp van een Sample en Hold circuit vastgezet en doorgevoerd.
- Het signaal wordt versterkt zodat deze het gehele bereik van de ADC vult (geschat op 10vPP)
- De ADC zet deze om tot een digitale waarde die via de digitale componenten door de computer word uitgelezen.

De ADC kaart doet dit dan constant opnieuw voor elke signaal uit het B-200 en stuurt ook signalen uit naar de B-200 om de mechanische weerstanden aan te sturen.



Figuur 2.11: ADC Extensie-Kaart

## 2.5 DOS-Omgeving

Tijdens de meting wordt een DOS-PC gebruikt die als interface functioneert. Hiervoor wordt de ADC-extentiekaart gebruikt, die is besproken in subparagraaf 2.4.3 op pagina 14 als interface tussen het B-200 en de DOS-software. De DOS-software wordt gebruikt voor het instellen van de stuursignalen en genereert ook het originele meetrapport.

De onderdelen van de DOS-omgeving die besproken die geven omschreven wat de software doet tijdens het doen van meting, de bestanden die ermee worden geproduceerd en waarmee een meetrapport wordt geproduceerd. Ook worden de onderdelen behandeld die worden gebruikt voor het kalibreren en onderhoud van de meetopstelling. De informatie in de paragraaf is vastgesteld door te kijken in de software en de beschrijving van de software een paragraaf 1.6 van de handleiding[1].

### 2.5.1 Interface tijdens de meting

Tijdens het doen van de meting maakt de fysiotherapeut gebruik van de Bscan. In dit onderdeel wordt de meetprocedure doorlopen, de meetresultaten verzameld en opgeslagen. Ook kan er hier gekijkt worden naar de resultaten in grafieken.

Tijdens de meetprocedure regelt Bscan ook automatisch de instelwaardes van de as-weerstanden met het meetapparaat. Hierbij zal BScan de stappen regelen en aansturen van de meetprocedure. Tijdens het doorlopen van de stappen in BScan worden de analoge waardes van het meetinstrument ingelezen naar een digitaal bestand. In deze bestanden staan alle ingelezen waardes als hex/ASCII waardes opgeslagen in de map B200DATA. Voor elke meting worden hier drie verschillende data-bestanden opgeslagen namelijk een .DAT, .VAL en een .REP bestand. Aan het eind van de meetprocedure worden de rauwe data-bestanden verwerkt tot een .OOC bestand.

### 2.5.2 De gecreëerde bestanden

Bij het fanemen van de meting worden eerst alle resultaten opgeslagen in rauwe data bestanden. Nadat de metingen zijn afgerond worden deze verwerkt tot één verzamel bestand dat wordt gebruikt om het originele en het beknopte meetrapport te genereren. In al deze bestanden worden de waardes opgeslagen als hex waardes en kunnen worden uitgelezen als een ASCII of decimale waarde.

#### Data bestanden

Hoe deze informatie wordt opgeslagen in de drie data bestanden is lastig te achterhalen. Een inschatting kan gemaakt worden dat het .DAT bestand de waardes van de koppelsensors bevat en in het .VAL de waardes van de positiesensor staan. In het .REP bestand lijkt bijna geen informatie te worden opgeslagen, maar hierin wordt wel een verloop genummerd van de gedane metingen.

#### Verzamel bestand

Nadat de meetresultaten zijn opgeslagen worden deze geanalyseerd en verwerkt tot het .OOC bestand. OOC staat voor occupational orthopaedic center. Het .OOC bestand bevat alle nuttige informatie uit de meetprocedure die nodig is voor het produceren van beide meetrapporten.

### 2.5.3 Produceren meetrapport

Met de software kan op verschillende momenten een meetrapport worden gecreëerd. Zo wordt dit gedaan in Bscan wanneer de meetprocedure is afgelopen, maar kan dit ook op een later moment worden gedaan met de "Report Writer : Basic". In het meetrapport worden de resultaten weergegeven als een percentage die is gebaseerd op een vergelijking van de resultaten van de cliënt en de normaal groep zoals beschreven in paragraaf 2.2 op pagina 6.

### 2.5.4 Kalibratie en onderhoud

De software biedt ook de mogelijkheid om de B-200 te kalibreren wat wordt gedaan door een externe partij. Dit wordt gedaan met het onderdeel "Utilities" en mogelijk "BScan diagnostics".

## **Baseline diagnostics**

Baseline diagnostics is een software routine die correctie uitvoert op de meting en is aanbevolen om dagelijks uit te voeren. De software zal automatisch de neutraal positie van de machine controleren en mogelijke afwijken verwerken in de resultaten van de metingen.

## **Utilities**

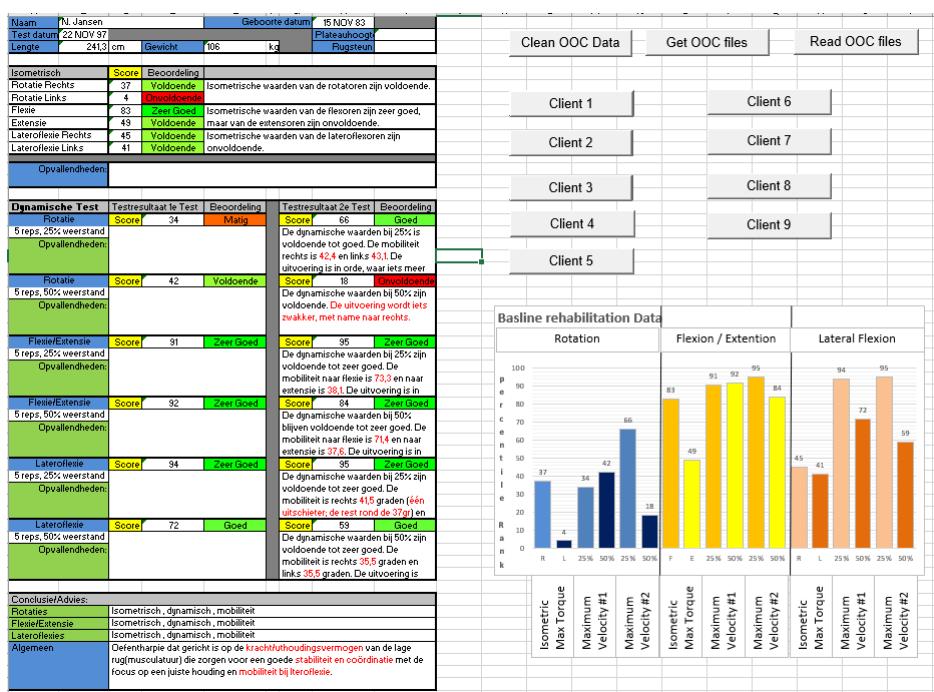
Het programma Utilities wordt gebruikt om onderhoudt en kalibratie uit te voeren aan de hardware van de B-200. Hoe dit gebeurt staat beschreven in hoofdstuk 5 van de handleiding [1].

## 2.6 Moderne Software

In de huidige meetopstelling wordt een moderne PC gebruikt om de meetrapporten op een later moment in te zien. Om de gegevens beschikbaar te krijgen op de moderne PC worden deze met een floppy, die de meetgegevens van de DOS-PC bevat, met een floppy naar USB-adapter ingelezen. De gegevens van deze floppy worden op de moderne PC verwerkt in een VDOS-omgeving of in een Excel programma. De VDOS-omgeving wordt gebruikt om de grafieken van het originele meetrapport te produceren en deze met screenshots op te slaan in een nieuw document. Met Excel worden de geanalyseerde meetgegevens uit het verzamelbestand verwerkt om het beknopte meetrapport te genereren. In de verdere paragraaf wordt er gekeken naar het programma wat is geschreven om met Excel het beknopte meetrapport te genereren.

### 2.6.1 De Excel omgeving

Op Figuur 2.12 staat het meetrapport wat met Excel is gegenereerd. Dit is mogelijk gemaakt door ITS die extra functionaliteit heeft geprogrammeerd met de developer opties in Excel, waarmee Macro functies kunnen worden geschreven in Visual Basic. Deze functionaliteit wordt uitgevoerd met de knoppen die op de overzicht pagina zijn geplaatst. De belangrijkste hiervan zijn: Get OOC files, Read OOC files, Get Client en Clean OOC Data. Wat deze functies doen wordt hieronder verder kort beschreven.



Figuur 2.12: Excel meetrapport overzicht

### Get OOC files

Met de functie "Get OOC files" worden de verzamelbestanden in Excel geïmporteerd. In deze functie staat ook het adres dat wordt gebruikt om naar deze bestanden te zoeken. De geïmporteerde gegevens worden met deze functie in een werkblad geplaatst waar hex waardes worden geconverteerd naar decimale en symbolen.

### Read OOC files

De functie "Read OOC files" leest de geconverteerde waardes en koppelt deze aan de "Cliënt 1-7"knoppen die op de Figuur 2.12 staan weergeven. De eerste cliënt wordt dan automatisch ingeladen in het overzicht en de overige cliëntgegevens kunnen worden ingeladen door op de cliënt knop te klikken.

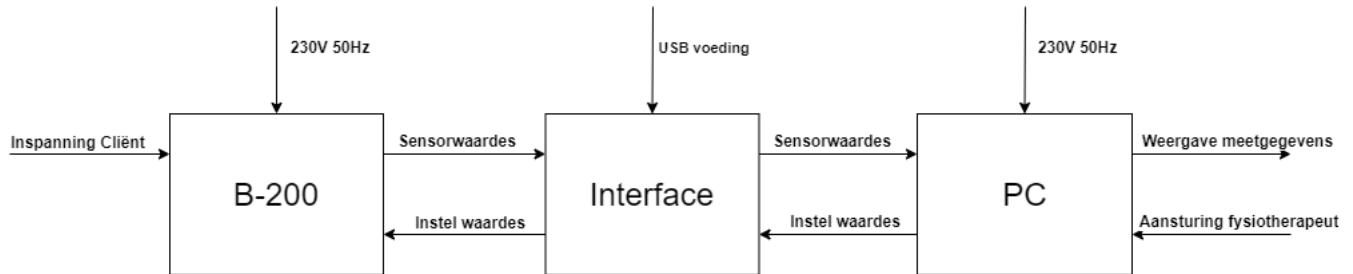
### Clean OOC Data

De functie "Clean OOC Data" is redelijk vanzelfsprekend in dat het alle geïmporteerde cliëntgegevens verwijderd uit het werkbestand van Excel.

# Hoofdstuk 3

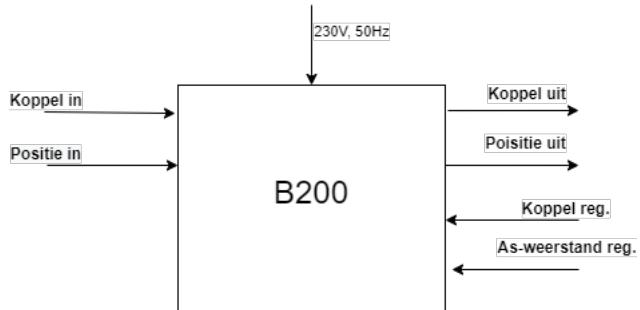
## Plan van Eisen

In dit hoofdstuk worden de eisen/specificaties opgesteld voor een nieuwe meetopstelling. In deze specificaties de informatie uit het onderzoek verzameld die nodig zijn bij het ontwerpen van het prototype. Bij het opstellen van de specificaties wordt er vanuit gegaan dat de nieuwe meetopstelling gaat bestaan uit het meetinstrument, een interface en een computer zoals te zien op Figuur 3.1. Hiervan zal het interface in de verdere hoofdstukken worden uitgewerkt tot het op te leveren prototype en de computer tot de ondersteunende software die nodig is om het interface te kunnen gebruiken. Ook worden de specificaties van het meetinstrument opgesteld, omdat dit van belang kan zijn bij het controleren van de functionaliteit van het prototype.



## 3.1 B200

In de nieuwe meetopstelling blijft het meetinstrument als enige onveranderd. De eisen en specificaties die hiervoor zijn opgesteld zijn daarom ook alleen afgeleid van de huidige toepassing. Het hoofddoel van de B200 om de fysische waarden die de cliënt levert te converteren naar elektrische waarden voor de interface. De gemeten fysische waarden zijn koppel en positie en deze worden door de B200 geconverteerd naar elektrische signalen die koppel-, positie- maar ook snelheid(positie over tijd) informatie bevatten. De B200 wordt vanaf het interface aangestuurd met regelsignalen voor de koppelversterking en de hydraulische as-weerstanden.



Figuur 3.2: B200 specificaties

Zie Figuur 3.2 voor. Zie hoofdstuk 3 voor info.

### 3.1.1 Specificaties van de B200

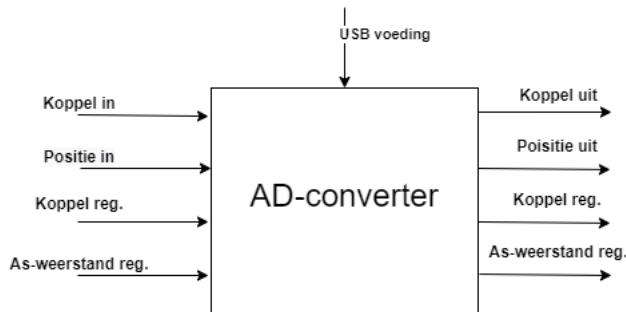
De B200 worden gevoed vanaf het lichtnet. Dit wordt door interne elektronica verwerkt om alle elektronische onderdelen aan te sturen. Er zijn twee sensor sensors die de mechanische overdacht mogelijk maken. Zo zal de positiesensor de positie van elk van de drie bewegingsassen de relatieve positie gemeten vanaf een neutraal punt waarnamen. De koppelsensor zal voor elke as de geleverde koppel meten en kan worden ingesteld met een hoge- of lage interne versterking. De as-weerstanden leveren een regelbare koppel tegen de inspanning van de cliënt.

Module	Meetinstrument
Ingangen	Lichtnet: 230 V, 50 Hz Maximale lekstroom: 100 mA  Mechanische overdracht: Assen 1 en 3 = $272Nm, \angle 45 \text{ tot } \angle 52$ As 2 (en 4) = $407Nm, -\angle 40 \text{ tot } \angle 75$  Instelwaardes voor elke as: Koppel: 0 tot 3.6V As-weerstand 0 tot 3.6V
Uitgangen	Voor elke as: Koppel 0 +/- 6.5 V Positie 0 +/- 6.5 V  As-weerstanden: Assen 1 en 3 = 85 Nm As 2 (en 4) = 160 Nm
Functie's	Bevat drie assen die waarvan de positie en koppel wordt uitgelezen. Voor elke as kan de koppel-versterking en as-weerstand worden ingesteld.

Tabel 3.1: Specificaties van de B-200

## 3.2 Communicatie-interface

Het communicatie-interface zal worden ontworpen als vervanging van de huidige AD-extentiekaart. Deze nieuwe interface is niet meer afhankelijk van de huidige hard- en software om de data-bestanden te maken en is bedoelt om direct met een moderne PC te gebruiken. Het hoofddoel van het interface is om de analoge elektrische signalen afkomstig van het meetinstrument te converteren naar digitale informatie die verstuurd kan worden naar een moderne PC. Ook wordt hier de informatie over de koppel-versterking en de as-weerstanden ontvangen vanaf de PC en omgezet naar elektrische regelsignalen voor het meetinstrument.



Figuur 3.3: AD-convertor specificaties

Zie Figuur 3.3 voor. Zie hoofdstuk 3 voor info.

### 3.2.1 Specificaties van het communicatie-interface

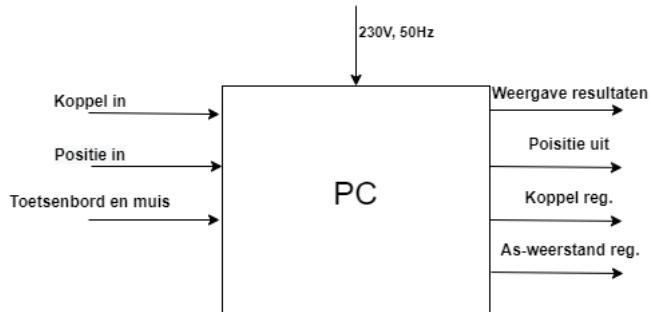
Een overzicht van de specificaties is weergegeven in Tabel 3.2. de communicatiesignalen van en naar het meetinstrument zijn opgesteld aan de hand van de specificaties van de B200. Voor de communicatie tussen de interface en de PC is er gekozen om usb 2.0 te gebruiken omdat dit een veel toegepaste communicatieplatform is die genoeg informatie per seconde kan overbrengen. Ook wordt via de USB connectie de benodigde voeding ontvangen voor het interface. Het signaal van de koppelversterking is een TTL-singalaal die binnen een bereik van 0 tot 0.45 V een hoge versterking en binnen een bereik van 2.4 tot 5V een lage versterking zal toepassen. Het instelsignaal van de as-weerstanden is een PWM-signaal die een vaste frequentie en spanningsbereik hebben. De duty-cycle zal worden aangepast aan de hand van de ontvangen instellingswaarden van de PC.

Module	Interface
Ingangen	Voor elke as: Koppel 0 +/- 6.5 V Positie 0 +/- 6.5 V Snelheid 0 +/- 6.5 V  USB 2.0: 480 Mbit/s 5V, 500 mA
Uitgangen	Voor elke as: TTL 0.5 tot 5V PWM 0 tot 3.6V, 412 Hz, Duty-cycle 1-100%  USB 2.0: 480 Mbit/s
Functie's	Communicatie tussen de B200 en de PC

Tabel 3.2: Specificaties van het interface

### 3.3 PC

De PC in de nieuwe meetopstelling zal de functies van de Moderne PC en ook delen van de DOS-PC overnemen. Dit betekend dat de PC wordt gebruikt door de fysiotherapeut om de meetprocedure te doorlopen en dat de resultaten hier worden opgeslagen en verwerkt.



Figuur 3.4: PC specificaties

#### 3.3.1 Specificaties van de PC

De aansturing van het meetinstrument wordt gedaan vanaf de PC waarvoor een computerscherm, toetsenbord en muis wordt gebruikt. Voor het koppelen met het communicatie interface is een USB type A connector gekozen, omdat deze op vrijwel elke moderne PC aanwezig is. De aansturing van het meetinstrument wordt gedaan door het starten en stoppen van de meting en het invoeren van de instellingen van de regelsignalen.

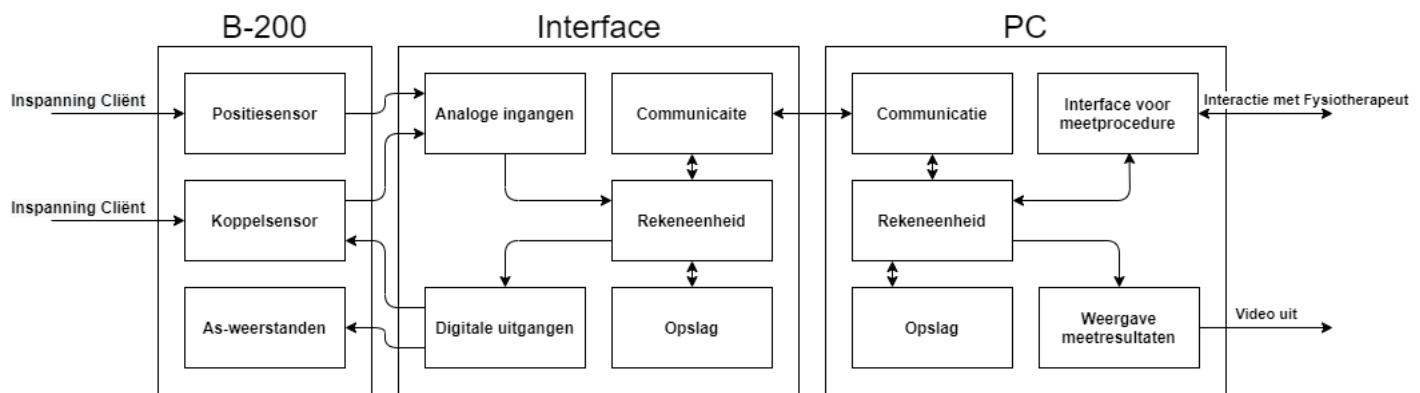
Module	Desktop
Ingangen	USB 2.0 type A: 480 Mbit/s  Besturing: Toetsenbord en muis
Uitgangen	USB 2.0 Type A: 480 Mbit/s 5V, 500 mA  HDMI of VGA
Functie's	Invoeren instelwaardes en verwerken meetresultaten

Tabel 3.3: Specificaties van de PC

# Hoofdstuk 4

## Systeem ontwerp

Een overzicht van de nieuwe meetopstelling en de subsystemen is te zien op Figuur 4.1. In dit hoofdstuk wordt er een functionele decompositie gemaakt van deze subsystemen, waarbij het B-200 subsysteem buiten beschouwing wordt gelaten omdat hieraan geen aanpassingen worden gemaakt en al volledig is gerealiseerd. De subsystemen die wel behandeld gaan worden zijn de interface en de PC.

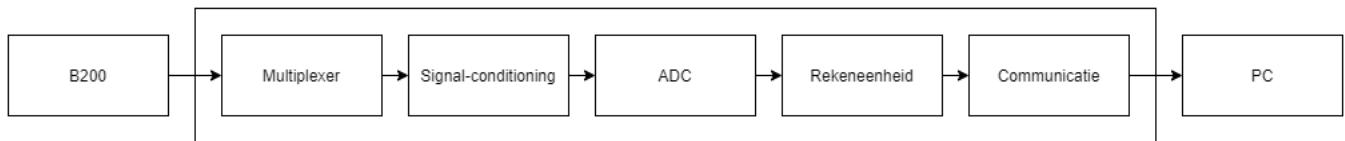


Figuur 4.1: Eigen meetopstelling en subsystemen

## 4.1 Interface

De interface wordt ontworpen als een ADC-converter tussen de analoge signalen van het meetinstrument en de digitale informatie die wordt gebruikt op de PC. In deze paragraaf worden de functies beschreven waarmee het signaalconversies worden gerealiseerd.

### 4.1.1 AD-Conversie



Figuur 4.2: uitlezen sensorwaardes

#### Multiplexer

De B-200 heeft 9 analoge uitgangen. Om componenten-aantal en complexiteit laag te houden zal er net als in het origineel extensie-kaart een Analoge Multiplexer worden gebruikt om verschillende signalen een-voor-een te isoleren en meten.

#### Signal conditioning

De analoge signalen van de B-200 zijn niet ideaal voor de meeste ADC i.v.m de ongewone spannings bereik van  $-/+6.5V$ . Om het meeste precisie in meting te krijgen en om ervoor te zorgen dat het signaal kan worden gegeven aan een gekozen ADC zal deze moeten worden aangepast alvorens het doorgeven aan de ADC. Hiervoor zal in deze tussenstap signaal verwerking plaatsvinden binnen het analoge domein. Het uiteindelijk gewenst signaal zal worden bepaald door de gekozen ADC's specificaties.

#### ADC

Het signaal vanuit Signal Conditioning zal moeten worden omgezet naar het digitale domein voor verdere verwerking en uiteindelijk communicatie naar het PC. Hiervoor zal een ADC worden gekozen om deze taak uit te voeren.

Deze ADC zal voornamelijk worden gekozen aan de hand of deze minimaal evenredig is aan het originele ADC.

#### Rekeneenheid

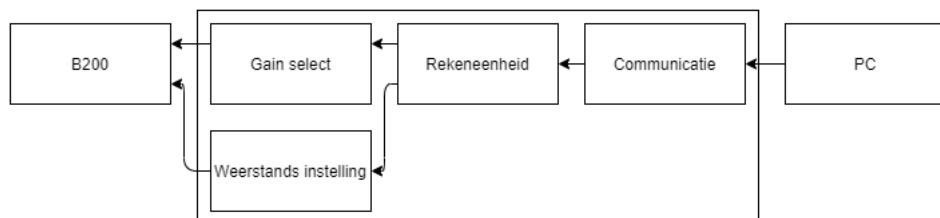
De gekozen rekeneenheid (oftewel Micro-controller) zal de Multiplexer en ADC aansturen en de metingen hieruit innemen voor verwerking en communicatie.

#### Communicatie

Er zal een methode moeten worden gebruikt voor de Interface om te communiceren met een mogelijke PC.

### 4.1.2 Genereren instelwaardes

De gain select en de aansturing van de as-weerstanden gebeuren beiden met digitaal signalen en kunnen daarom direct door de microcontroller worden aangestuurd. Voor de gain select word een algemene digitale signaal gegenereerd en voor de as-weerstanden een PWM-signaal.



Figuur 4.3: Genereren instelwaardes Interface

## **Digitaal**

Een digitaal signaal is een eenvoudig aan/uit signaal. Door de spanning hoog te maken word de uitgang als aan gezien. Door deze laag te maken als uit. Hiermee worden de as weerstand gain inputs en de software input (wat de B-200 verteld dat een PC is aangesloten) bestuurd.

Omdat de B-200 een ouderwets Transistor-Transistor-Logic (TTL) apparaat is word een signaal tussen 2.4V en 5V gezien als hoog en onder 1.8V als Laag. Dit geeft flexibiliteit betreft besturing.

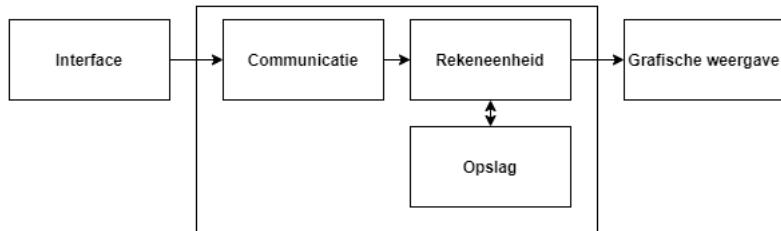
## **PWM**

Voor het fijn aansturen van de as weerstanden wordt er gebruik gemaakt van een PWM-signaal. Deze zijnde een Blokgolf waarvan de duty-cycle wordt aangepast. Hiermee word in combinatie met de digitale Weerstand Gain inputs de weerstanden precies ingesteld.

## 4.2 PC

De PC is verantwoordelijk voor de eindweergave van de signalen, de B200 communiceert naar de micro controller en deze communiceert weer met de PC. De PC zorgt hierdoor voor een gemakkelijkere bediening en gemakkelijkere uitlezing van de signalen.

### 4.2.1 Verwerken van meetgegevens



Figuur 4.4: Verwerking Meetgegevens

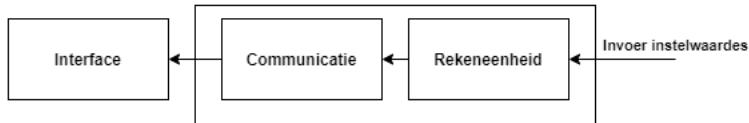
#### De micro controller

De micro controller gedeelte dat de signalen binnenkrijgt via de eigen hardware en versturen naar de computer en de SD-kaart.

#### Opslag van meetgegevens

Wegens mogelijke snelheid beperkingen via de live weergaven worden de meetgegevens ook lokaal weggeschreven op een SD kaart. De meetgegevens zullen worden opgeslagen in een tekst bestand met .CSV formaat. Deze kan dan later in elk gewenst formaat weergegeven worden behulp van een Excel tabel. Dit houd mogelijkheden voor latere aanpassing in weergave gemakkelijk en toegankelijk voor de eindgebruiker.

### 4.2.2 Aansturing B-200



Figuur 4.5: invoeren instelwaarden

#### Aansturing instelsignalen

Om de weerstand per as in te kunnen stellen zo als uitgelegd in deelparagraaf 4.1.2 is het noodzakelijk om deze waarden aan te kunnen passen per gebruiker. Zo zullen deze waarden instelbaar worden gehouden in de software. Dit geeft later de mogelijkheid om deze gemakkelijk aan knoppen of potentiometers te koppelen.

#### Fysieke interactie

De micro controller zal geen extra knoppen of andere fysieke inputs vereisen. Dit houd de micro controller gemakkelijk bedienbaar via de PC en veroorzaakt zo geen verwarring met het bedienen van meerder apparaten. De enige interactie met de micro controller is nu het eventueel resetten van het apparaat en het wisselen van de SD-kaart bij het bekijken van de meetgegevens.

# Hoofdstuk 5

## Technisch ontwerp

Het technisch ontwerp wordt de implementatie uitgewerkt die wordt gebruikt in het eindontwerp. Hier zal alleen gekeken worden naar het ontwerpen van het interface en de software die dit ondersteund.

### 5.1 Interface

#### 5.1.1 Rekeneenheid

Voor de rekeneenheid is gekozen voor Arduino. Dit omdat het een gemakkelijk platform is waar al veel mee geprobeerd is door andere. Bibliotheken en voorbeeld code zijn hier gemakkelijker door te vinden. Ook is het toevoegen van extra's zo als een SD-kaart lezer of LAN-extensie gemakkelijker aangezien er veel voor te krijgen zijn. Ook wegens de goede bekendbaarheid en vele online informatie is dit platform gemakkelijk over te dragen aan de volgende partij.

#### 5.1.2 SD-kaart

Om met de Arduino bestanden weg te schrijven naar een SD-kaart kan simpel weg de functie `myFile.printnl` gebruikt worden. Uiteraard vergt dit wat SD-kaart initialisatie waar in er word gekeken of er een SD-kaart in het slot zit en word er een bestand aangemaakt. Vervolgens kan hier vrij naar worden geschreven met de bovenstaande functie mitst er bij het eindigen van de meting netjes word afgesloten. Zie hieronder een voorbeeld van hoe een analoge ingang word weggeschreven op een SD-kaart(Figuur 5.1).

```

1 int sensorValue = 0;
2 int count = 0;
3
4 #include <SPI.h>
5 #include <SD.h>
6
7 File myFile;
8
9 void setup() {
10 // instellen baudrate;
11 Serial.begin(9600);
12
13 while (!Serial) {
14 ; // wacht op serial
15 }
16
17 Serial.print("Initializing SD card...");
18
19 if (!SD.begin(4)) {
20 Serial.println("initialization failed!");
21 while (1);
22 }
23
24 Serial.println(" initialization done.");
25
26 myFile = SD.open("test.txt", FILE_WRITE);
27
28 // Als het lukt schrijf...
29 if (myFile) {
30 Serial.print("Writing to: test.txt");
31 myFile.println("Potentiometer test.");
32 delay(250);
33 }
34 else {
35 // Zo niet schrijf.....
36 Serial.println("error opening test.txt");
37 }
38
39 }
40
41 void loop() {
42
43 // meet 20 keer en sluit dan bestand
44 if (count == 20){
45 myFile.close();
46 }
47 else {
48 count++;
49 }
50
51 // lees analog input uit:
52 sensorValue = analogRead(A0);
53
54 myFile.println(sensorValue);
55
56 //meet elke 500mS
57 delay(500);
58 }

```

Figuur 5.1: SD kaart voorbeeld code

### 5.1.3 Uitlezen sensorwaardes

Om de signalen van de B-200 uit te kunnen lezen met een microcontroller zijn er verschillende componenten nodig om het signaal uitleesbaar te maken. Hieronder zijn de twee hoofdcomponenten, namelijk de multiplexer en de ADC beschreven die het signaal zullen uitlezen.

#### Multiplexer keuze

Een multiplexer is een component met meerder ingangen dan uitgangen. Een multiplexer heeft vaak 4, 8 of 16 ingangen en 1 of 2 uitgangen voor het meten van enkele signalen of verschil signalen. De meerde ingangen kunnen intern worden aangesloten op de uitgang door de multiplexer aan te sturen, dit werkt vaak digitaal volgens binaire wijze. Zo kunnen de ingangen één voor één op een uitgang gezet worden. Hierdoor is het mogelijk om met een enkele analoge ingang, van bijvoorbeeld een ADC, meerdere spanningen te meten.

Multiplexer keuze	DG406	MAX378CPE	Huidig ADG506AKN
Aantal kanalen	16:1	8:1	16:1
range ingangs spanning	+/- 15 V	+/- 15 V	+/- 10 V
Max ingangs spanning	+/- 22 V	+/- 60 V	+/- 22 V
Voeding	+/- 15 V I 13 uA	+/- 4.5 V t/m +/- 18 V I 0.3 mA	+/- 10.8 V t/m +/- 16.5 V I 0.6 mA
Input impedantie	125 ohm	2 to 3 K ohm	500 ohm
BBM	50nS	200 nS	450 nS
Transitie tijd	300 nS	300 nS	300 nS
lekstroom	0.04 nA	50 nA	200 nA
Kosten	+/- 6.5€	+/- 20€	+/- 13.5 €

Tabel 5.1: Multiplexer keuze

De multiplexer die voor dit project benodigd is, mag niet slechter zijn dan de huidig gebruikte. Zo kan er gegarandeerd worden dat de meting die wordt uitgevoerd altijd beter maar nooit slechtere waardes geeft. In de Tabel 5.1 hierboven zijn enkel de belangrijke specificaties van 3 multipliers benoemd die van interesse zijn voor dit project. Aan de hand van deze tabel kan er worden besloten welke multiplier geschikt is voor het selecteren van de analoge signalen van de B-200. Aangezien de DG406 beter of gelijk presteert op alle vlakken is dit een zeer goede vervanger voor de huidige. Ook is deze betaalbaarder dan de MAX378CPE multiplexer en vereist deze geen 2e component wegens de 8 beschikbare kanalen en de 9 benodigde.

### ADC keuze

ADC staat voor analoog digitaal converter, en is dan ook de component wat de analoge spanningen omzet in digitale signalen voor de microcontroller. Dit component leest de analoge spanning uit en stuurt deze waarder over SPI (een communicatieprotocol) door naar de microcontroller.

ADC keuze	ADS1256	MCP3201	Huidig AD574A
Werkwijze ADC	Delta-Sigma	SAR	SAR (No sample & hold)
Samples per seconde	30 ksps	100 ksps @5 V 50 ksps @2.7 V	28.5 ksps
range ingangs spanning	0 <->3V	0 <->5V	+/- 10 V
Input impedantie	150 K ohm	1 K ohm	10 K ohm
Precisie in BITS	24 Bit	12 Bit	12 Bit
Afwijking in LSB	None	~3/4 LSB	~1 LSB
Kosten	~14.0€	~3.5€	~6.0€
Logic energie verbruik	V logic 5 VI Logic 8 mA	V logic 5 V I Logic 320 uA	V logic 5 V I Logic 30 mA
Vcc max	6 V	5.5 V	16.5 V

Tabel 5.2: ADC keuze

Net zoals met de Multiplexer werden een paar beschikbare kandidaten (voornamelijk een voorbeeld van een Delta-Sigma, een SAR en het originele) gekozen en vergeleken met elkaar (Zie Tabel 5.2). Uiteindelijk is gekozen voor de MCP3201. Deze is namelijk flexibel in gebruikt, vereist geen externe componenten, goedkoop en voldoet aan de eisen.

### Signal conditioning

Voor de gekozen ADC zal het signaal moeten worden verandert. Om flexibiliteit in keuze van Controller te waarborgen (Werk met zowel 3.3V als 5V controllers) is er gekozen voor een bereik van 0-3V. Hieruit wordt onttrokken dat de volgende bewerkingen zal moeten plaatsvinden:

- Verandert van 13Vpp naar 3Vpp.
- Nulpunt van 0v naar 1.5v.

Om dit te bereiken is uiteindelijk gekozen voor een Niet-inverterend Summing Amplifier. In een Summing Amplifier worden meerdere signalen gecombineerd. Door de ingangsweerstanden aan te passen kan de invloed van elke signaal worden aangepast. Door deze invloed voorzichtig aan te passen en een van de ingang signalen een vaste spanning te maken is het mogelijk om het signaal vanuit de B-200 zowel te verzwakken als te verplaatsen.

Exact wat nodig is voor het project.

Te bepalen zijn de waardes van de weerstanden ( $R_1$ ,  $R_2$ ) en het constante spanning (oftewel de referentie spanning:  $V_{ref}$ ).

$$V_{uit} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{in} \quad (5.1)$$

Het doel is om weerstanden te kiezen.  $R_1$  wordt gekozen,  $R_2$  wordt bepaalt. Om  $R_2$  te bepalen wordt uit Vergelijking 5.1 de volgende formule afgeleid

$$R_2 = \frac{V_{uit}}{\frac{V_{in}-V_{uit}}{R_1}} \quad (5.2)$$

Door deze in te vullen ( $V_o=3V$ ,  $V_i=13V$ , En als gekozen waarde voor  $R_1=10K$ ) komt als resultaat:

$$R_2 = \frac{3}{\frac{13-3}{10k\Omega}} = \frac{3}{1k} = 3k\Omega$$

Met de waardes voor  $R_1$  en  $R_2$  nu bekend kan de referentie spanning worden bepaalt om de nul-punt te verschuiven. Hiervoor wordt er weer uit Vergelijking 5.1 een formule afgeleidt. Deze keer voor het bepalen van het ingangssignaal ( $V_{ref}$ ) aan de hand van de weerstanden en het gewenste Uitgang-signaal (De Nulpunt,  $V_{nul}$ ). Het resultaat is de volgende formule:

$$V_{ref} = \frac{V_{nul}}{R_1} * R_2 + V_{nul} \quad (5.3)$$

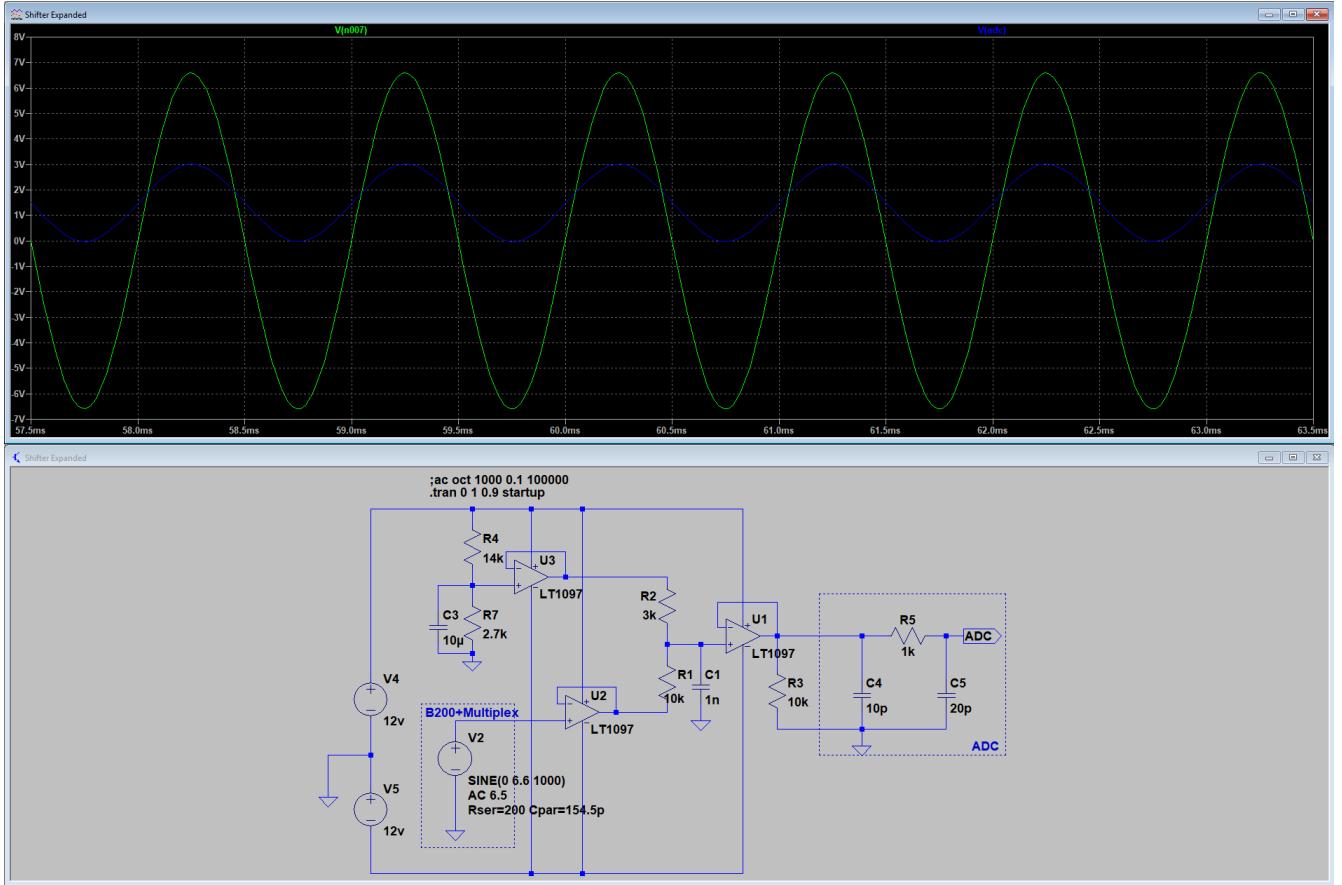
Door deze simpelweg in te vullen met wat al eerder is bepaald en gekozen komt deze berekening uit:

$$V_{ref} = \frac{1,5V}{10K\Omega} * 3\Omega + 1,5V = 0,45V + 1,5V = 1,95V$$

Hieruit blijkt dat een Referentie spanning van 1.95V nodig zal zijn.

Voor het genereren van deze spanning wordt gebruikt van een versterker die als buffer werkt voor een spanning uit een spanningsdeler. Het exact genereren met algemene weerstanden is lastig dus is er gekozen voor het gebruik van een potentiometer waarmee de nulpunt kan kalibreren.

**Simulatie:** Om de berekeningen te verifiëren wordt het circuit eerst met succes gesimuleerd binnen een SPICE Simulator met generieke Op-Amps (Figuur 5.2) en vervolgens op een breadboard uitgeprobeerd. Op de simulatie is te zien hoe de ingang-signaal (Groene Sinus) wordt omgezet naar het gewenste signaal (Blauw). Ook toegevoegd aan de simulatie is een klein-signaal model van de MCP3201's ingang voor eventueel invloed.



Figuur 5.2: Signal conditioning Simulatie. Gedaan met LTSPICE

### 5.1.4 Genereren aanstuursignalen

Aangezien de B-200's digitale ingangen elke signaal tussen 2.4V en 5V accepteert kan deze direct door een Micro-controller worden bestuurd. De Interface verbindt deze door vanuit de DB-25 naar de header.

### 5.1.5 DC-DC Converter

Voor Signal Conditioning en de Multiplexer is een bi-polaire spanningsbron van -12v en +12V nodig. Om dit te behalen zonder complexiteit omhoog te drijven is er gekeken naar het gebruik van een kant-en-klare DC-DC Blok. Om deze te kiezen is er gekeken naar het algemene verbruik van de 2 delen in kwestie.

Uit de simulatie blijkt dat Signal conditioning een paar milliampère in verbruik heeft en de multiplexer een verbruik van 1 mA. Omhoog afgerond gaan wij ervan uit van ongeveer 5mA. Vermogen hieruit blijkt te zijn:

$$P = I * U = 5mA * 24V = 120mW$$

Een DC-DC Converter van minimaal 120 milliWatt is gewenst.

Uiteindelijk is de keuze gevallen op een Tracopower TMR1-0522 Die 5V omzet tot een nauwkeurig -12V and +12V met geringe ripple en tot maximaal 1W aan vermogen kan uitleveren.

### 5.1.6 Printplaat ontwerp

De Printplaat voor het prototype is ontworpen met het zelf etsen/Fresen van de plaat in gedachte. Hiervoor is deze als enkelzijdig ontworpen. Een DB-25 connector stelt direct verbinden aan de B-200 via een Parallel poort kabel mogelijk terwijl een 2x10 Male header het mogelijk met een Lint-kabel de interface te verbinden aan een Controller.

Zie paragraaf C.1 voor volledig weergave van de PCB en het uiteindelijk elektronisch Schema.

## 5.2 PC

### 5.2.1 Weergave van inkomende signalen

De weergave van de signalen zal gebeuren via de seriële monitor of via de seriële plotter functie beschikbaar in Arduino. Om gebruik te maken van deze functie gebruik je simpel weg de Serial.print() functie in combinatie met de eerder vermelde Baudrate. Met deze functie kun je vervolgens waarden of simpele tekst printen.

```
1 const int InPin = A0; // De analoge ingang
2 int sensorValue = 0; // Reken waarde
3
4
5 void setup() {
6   // Set baudrate op 9600 bps:
7   Serial.begin(9600);
8 }
9
10 void loop() {
11   // Lees de analoge input:
12   sensorValue = analogRead(InPin);
13
14   // Print naar de seriële monitor of plotter:
15   Serial.print("sensor = ");
16   Serial.print(sensorValue);
17 }
18 }
```

Figuur 5.3: Voorbeeld code serieel printen

### 5.2.2 Aansturen instel waardes

Het Aansturen van de as-weerstanden en gains gebeurd via de Arduino. Omdat het niet nodig is deze machine instellingen veel aan te passen. Om ook complexiteit tegen te gaan zijn deze verwerkt in de software. Hierdoor en zijn er geen externe knoppen of potmeters nodig. Deze Machine instellingen kunnen gemakkelijk in de software worden aangepast. De losse PWM-signalen kunnen van 1 tm 100 worden ingesteld en kunnen de gains aan of uitgeschakeld worden. Zie hieronder een stukje uit de code waar dit wordt toegepast.(Figuur 5.4)

```
58 #define PWM1 50 // 1..100 %
59 #define PWM2 50 // 1..100 %
60 #define PWM3 50 // 1..100 %
61
62 #define GAIN1 0 // 0 of 1
63 #define GAIN2 0 // 0 of 1
64 #define STATE 1 // 0 of 1 0 = manual 1 = Software
```

Figuur 5.4: Aansturing instel waardes

Voor aansturing tijdens gebruik kan met behulp van de seriële communicatie nieuwe waarden worden gevoerd aan de Micro-controller. Te demonstratie wordt een enkele getal tussen de 0-100 vanuit de PC gelezen en als nieuwe PWM-waarde ingesteld (Figuur 5.5)

```
//If a new number is received. Update all PWM for demonstration:
byte new_pwm;
if (Serial.available()) {
  //Read the new value
  new_pwm = Serial.read();
  //Remap from percentage to byte
  new_pwm = map(new_pwm, 0, 100, 0, 255);
  analogWrite(PIN_PWM1, new_pwm);
  analogWrite(PIN_PWM2, new_pwm);
  analogWrite(PIN_PWM3, new_pwm);
}
```

Figuur 5.5: Voorbeeld aansturing instel waardes vanuit serieel

### 5.2.3 Creëren bestand met resultaten

De Arduino schrijft ongeveer elke 40mS alle negen gemeten signalen weg op de SD kaart. Deze metingen vormen zo een .CSV bestand. Door nu de SD kaart uit te lezen kan het .CSV bestand worden ingelezen met Ex-cel.

Dit geeft de eindgebruiker de complete vrijheid en mogelijkheid om de signalen in grafieken of diagrammen te zetten. Zie hieronder een voorbeeld van het .CSV bestand in Excel (Figuur 5.6).

OUTPUT											
Tijd	Axis 3	L/R	Axis 2	up/down	Axis 1	rotate	Axis 3	Axis 2	Axis 1		
	Torque	Pos	Torque	Pos	Torque	Pos	Vel	Vel	Vel		
857	1.447	1.430	1.212	1.070	1.437	1.565	1.449	1.449	1.447		
931	1.444	1.430	1.177	1.070	1.437	1.567	1.447	1.451	1.446		
967	1.447	1.433	1.167	1.070	1.436	1.570	1.446	1.449	1.448		
1025	1.443	1.429	1.211	1.072	1.436	1.567	1.449	1.449	1.444		
261	1.441	1.421	1.214	1.066	1.437	1.554	1.485	1.463	1.502		
284	1.443	1.430	1.173	1.070	1.441	1.564	1.466	1.454	1.463		
320	1.444	1.430	1.167	1.068	1.433	1.567	1.444	1.449	1.446		
377	1.444	1.431	1.211	1.070	1.436	1.564	1.449	1.449	1.446		
435	1.446	1.433	1.216	1.066	1.436	1.564	1.451	1.451	1.446		
492	1.443	1.436	1.220	1.066	1.440	1.565	1.447	1.451	1.444		
549	1.443	1.435	1.216	1.072	1.437	1.567	1.449	1.448	1.446		
607	1.446	1.430	1.212	1.072	1.437	1.567	1.444	1.449	1.447		
664	1.446	1.430	1.206	1.070	1.437	1.567	1.447	1.451	1.447		
721	1.449	1.430	1.211	1.068	1.437	1.564	1.444	1.449	1.447		
779	1.447	1.431	1.214	1.070	1.436	1.565	1.444	1.449	1.447		
835	1.447	1.436	1.220	1.066	1.437	1.565	1.451	1.449	1.447		
892	1.444	1.433	1.211	1.066	1.433	1.564	1.447	1.446	1.447		
950	1.447	1.433	1.211	1.072	1.440	1.567	1.444	1.449	1.448		
1007	1.446	1.433	1.241	1.066	1.436	1.567	1.446	1.449	1.444		

Figuur 5.6: Voorbeeld .CSV bestand

# Hoofdstuk 6

## Testen en meten

In dit hoofdstuk worden de functies van het gemaakte prototype getest. Dit tests zal in twee fases worden gedaan. Eerst zal er een testopstelling worden gemaakt die een simulatie is van de B200 om te bewijzen dat de interface werkt. Daarna zal de test op locatie met de B200 worden gedaan om te bewijzen dat het werkt met het bedoelde meetinstrument.

### 6.1 Eerste fase

De eerste fase wordt thuis uitgevoerd om het aantal metingen op locatie, wegens omstandigheden, beperkt te houden. Daarom wordt er thuis zoveel mogelijk getest wat zonder het meetinstrument op locatie kan worden gedaan. Voordat de metingen gedaan zullen worden wordt er in het testplan beschreven welke functies getest gaan worden aan de interface en waarna er in de testopstelling wordt beschreven met welke aanvullende onderdelen dit gedaan kan worden. Afsluitend worden de resultaten van de test verwerkt en bediscussieerd.

#### 6.1.1 Testplan

In de eerste fase wordt gecontroleerd of de uitgaande instelsignalen correct worden gegenereerd. Ook wordt er gekeken of de sensor waardes op de juiste manier worden uitgelezen door de ADC en wordt er daarna gekeken of de multiplexer de ingangen correct schakelt..

##### Uitlezen van de sensorwaardes

Het uitlezen van de sensorwaardes getest. De verwachting is gemeten waardes te kunnen inzien en te verwerken tot bestanden. Bij het uitlezen van de sensorwaardes word getest of het ontwerp met ADC en de multiplexer werkt en of de software deze informatie ook goed weet in te lezen en weg te schrijven.

"

##### Controle instelsignalen

Om de uitgaande signalen te controleren of deze naar behoren functioneren. Zo is het belangrijk dat deze gelijk zijn aan de signalen die uit het A/D board komen, ook word er gekeken of de signalen overeen komen met wat de software aanstuurt. Bij de PWM is het belangrijk dat de duty cycle overeen komt met de ingestelde waarde. Om dan ook de PWM hierop te controleren is hiervoor een oscilloscoop gebruikt (Figuur 6.5). De gain select uitgangen zijn digitale uitgangen, deze uitgangen worden niet geschakeld tijdens een meting. Deze signalen zijn dus de gehele meeting aan of uit, aangezien dit singaal type niet snel wijzigt voldoet het gebruik van een simpele multimeter om te bevestigen dat deze uitgang werkt.

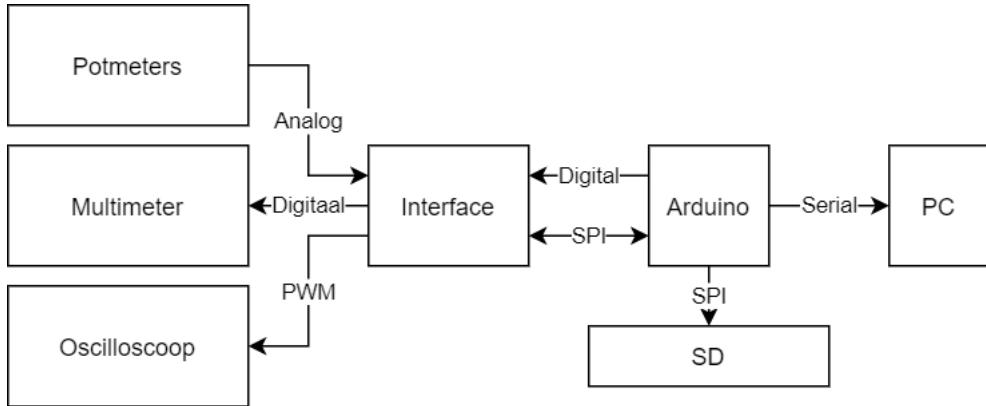
##### Controle inputsignalen

De ADC op de printplaat werkt via een SPI bus deze digitale bus word door de micro controller bediend hierop word data verstuurd en ontvangen. Om te kijken of dit component goed communiceert over de SPI bus word er gekeken of de binnen komende waardes kloppen met een potmeter direct aangesloten op de input van de ADC. Na het bevestigen kan de multiplexer worden getest. Deze word binair aangestuurd via vijf digitale pinnen om zo te kiezen welke ingang aan de ADC word gekoppeld. Als we nu alle inkomende signalen aan een potmeter hangen en deze afgaan met de multiplexer kunnen we zien of alle ingangen werken. De Arduino stuurt

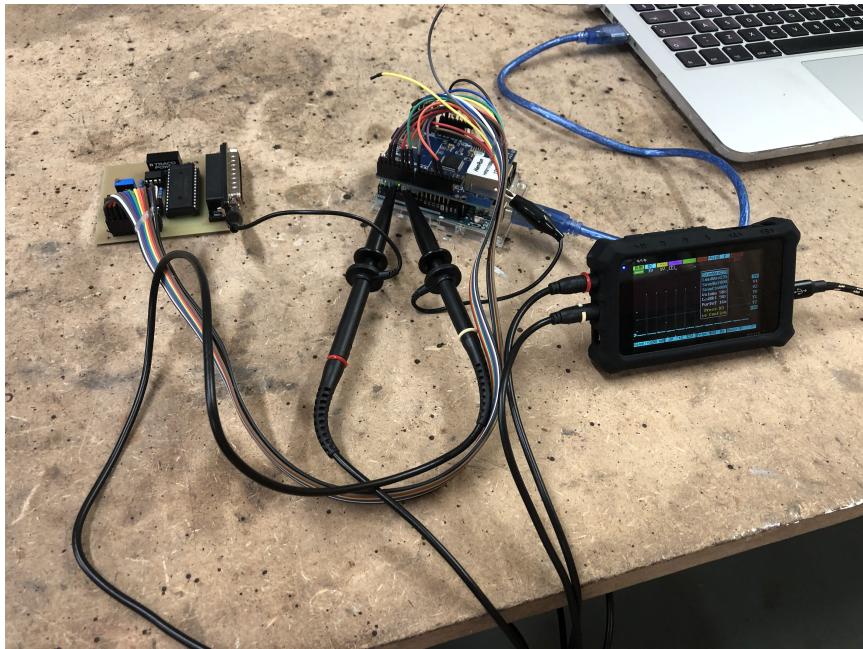
vervolgens al zijn waarden via een terminal naar de computer waar deze vervolgens als tekst (Figuur 6.3) of grafiek geplot kunnen worden(Figuur 6.4).

### 6.1.2 Testopstelling

De opstelling die gebruikt wordt is weergegeven op Figuur 6.1. Hierop is te zien dat er potmeters worden gebruikt met bedoeling de sensorwaardes van de B-200 te simuleren. Het interface en Arduino vormen samen het communicatie interface die de verbinding naar de PC mogelijk maken. De multimeter en de Oscilloscoop worden gebruik om de resultaten te verzamelen. Op Figuur 6.2 staat een foto van hoe deze testopstelling er heeft uitgezien.



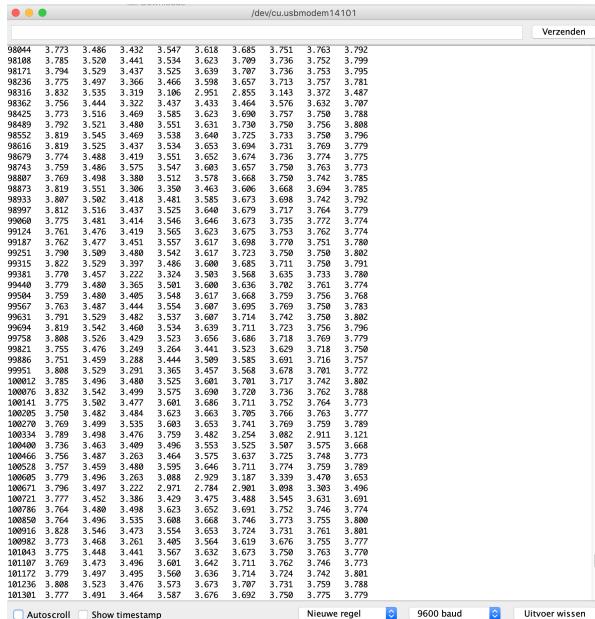
Figuur 6.1: Diagram Test-opstelling fase 1



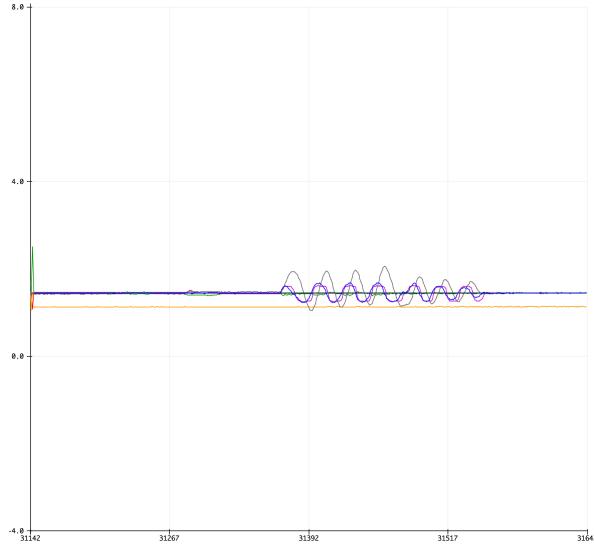
Figuur 6.2: Foto van de test opstelling

### 6.1.3 Resultaten eerste fase

#### Uitlezen van de sensorwaardes



Figuur 6.3: Screenshot sensor value Arduino serial



Figuur 6.4: Screenshot sensor value Arduino plot

#### Controle aanstuursignalen

Het beeld van de osiloscoop ter controle van de PWM.



Figuur 6.5: Screenshot PWM signaal op oscilloscoop

#### 6.1.4 Discussie van resultaten eerste fase

De interface lijkt naar behoren te werken de losse ingangen werken elk los en worden netjes weergegeven op de seriële scherm. De uitgangen bekeken met een Osiloscoop en komen overeen met wat er was ingesteld in de software. Wel reageren er andere poorten van de multiplexer mee met de enkel aangestuurde ingang. Dit lijkt te komen door de nog zwevende ingangen, maar word niet verwacht bij het gebruik van de B200 als alle ingangen zijn aangesloten.

## 6.2 Tweede fase

Na bevestiging dat de interface werkt in het lab word deze getest met de echte B-200. Hiervoor worden net zoals in de eerste fase een testplan en een testopstelling opgesteld, maar die hebben nu het doel om aan de hand van de resultaten de volledige opgestelde specificaties te bevestigen.

### 6.2.1 Testplan

Het testplan van de tweede fase word opgesteld om volledige functionaliteit van de hard- en software te testen in combinatie met het meetinstrument en de opgestelde specificaties te controleren. Als voorbereidende stappen wordt eerst gekeken of het interface de informatie stroom goed kan verwerken door:

- Gelijktijdig alle sensoren uitlezen,
- Tegelijkertijd alle sensorwaardes wegschrijven op de sd-kaart,

Dan wordt de aansturing van de as-weerstanden door de weerstand te controleren bij verschillende instelwaarde. De koppelsensor en de aansturing van de koppelversterking worden samen getest door de resultaten van de sensor te bekijken met verschillende instelwaarden. De positiesensor wordt getest door eerst het volledige bereik vast te stellen van de positiewaarden gevuld door een dynamische test die de snelheidswaarde controleert. Afsluitend worden de resultaten van de sensortests opgeslagen en geimporteerd in Excel, waar de meetwaardes worden verwerkt tot enkele grafieken.

- As-weerstanden
- Koppelsensor
- Positiesensor

### Instellen van de weerstanden

Om het huidige extensie kaart van de B-200 volledig te vervangen zullen ook de aansturing van de as-weerstanden moeten worden overgenomen. De aansturing hiervan zal worden afgeleid uit het eerder gedane onderzoek betreft PCB-Analyse en metingen van signalen.

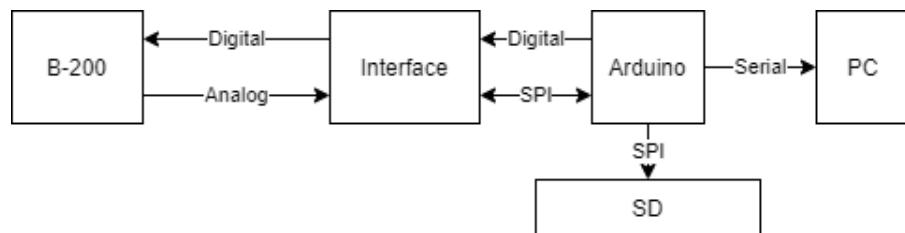
## Uitlezen koppelsensor

Het uitlezen van de sensorwaarden zal worden getest door de binnenkomende signalen weer te geven in tabellen of grafieken. Hierbij moeten de verschillende binnenkomende signalen onderscheiden kunnen worden. Door koppelmetingen te doen met lage en hoge gain instellingen wordt er gecontroleerd of de instelsignalen effect heeft op de uitgangsignalen van de koppelsensors. De eerste koppelmetingen worden gedaan met een high gain setting en lage weerstandswaarde. De tweede koppelmetingen worden gedaan met een low gain setting en hoge weerstandswaarde.

### Positie sensor

De positiesensor heeft twee uitgangen namelijk de positie uitgang in grade en de snelheids uitgang in grade/- seconde. Eerst wordt de uitgang van de positie getest met een nulpunt en een eindpunt test. De nulpunt test doet een meting voor de neutraal positie van de assen en de eindpunt test meet de maximale waardes van de sensoren. De snelheid wordt getest zonder weerstanden en zal het meetapparaat enkele keren door de volledige bewegingsbereik van de assen heen bewegen.

### 6.2.2 Testopstelling



Figuur 6.6: Diagram Test-opstelling

### 6.2.3 Resultaten tweede fase

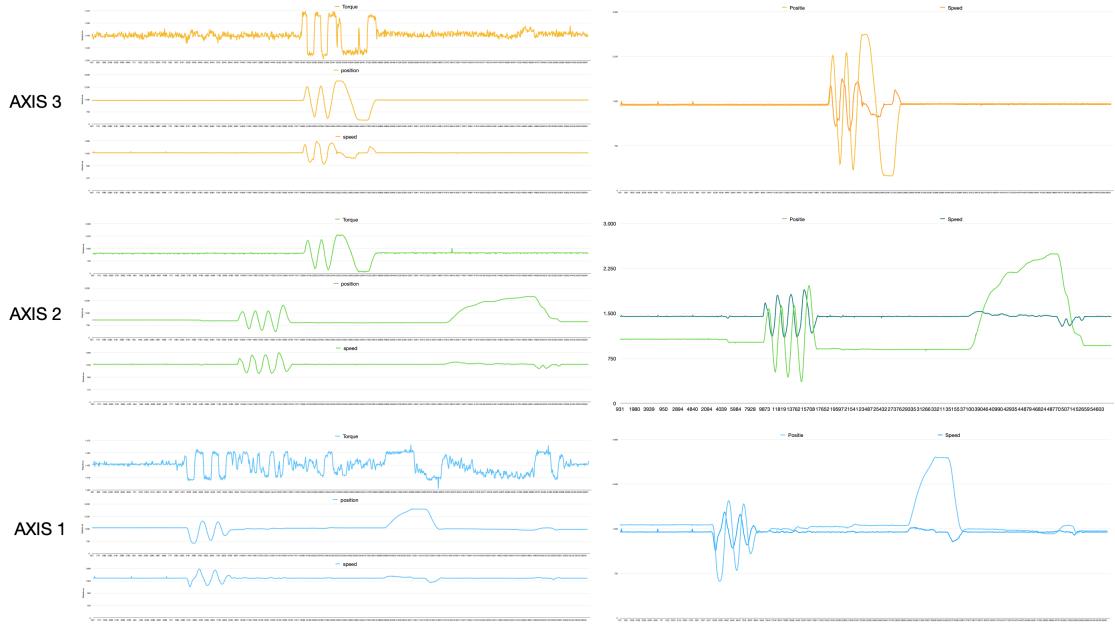
#### Uitlezen van de sensorwaarden

Zie hieronder (Figuur 6.7) alle signalen die de ADC meet. Deze worden hier weergegeven met de plot functie van Arduino.



Figuur 6.7: Plot van alle as waarden

Hieronder zijn de opgeslagen waarden van uit het gemaakte .CSV bestand verwerkt in een Excel bestand (Figuur 6.8).



Figuur 6.8: Excel grafieken van opgeslagen SD waarden

#### 6.2.4 Discussie van resultaten tweede fase

Op Figuur 6.7 is te zien dat de ADC en multiplexer meerdere signalen tegelijkertijd kunnen verwerken. Hierbij kan ook gezien worden dat enkele signalen in een ruststand zich ver van de nullijn bevinden. Dit kan komen omdat er geen softwarematige kalibratie wordt toegepast en/of dat de hardware in de B-200 nog beter gekalibreerd kan worden. Op Figuur 6.8 kan er beter naar de sensorwaarden worden gekeken en hier valt te zien dat op de linkerkant van het figuur alle sensors zoals hebben gereageerd op de bewegingen die zijn uitgevoerd en dat er geen signalen zijn gemixt.

De gain aansturing van de assen werkte zo als verwacht en gaf bij de high gain instelling clippende sensorwaarden weer. Bij het instellen van de as-weerstanden was het merkbaar dat op met een maximale instelwaardes de as-weerstanden waren ingeschakeld. Bij het verlagen van de instelwaardes was het ook merkbaar dat de weerstanden minder werd.

# Hoofdstuk 7

## Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk wordt er eerst een reflectie gegeven op het verloop van het project, door in de conclusies de gevonden antwoorden op de vraagstelling en deelvragen te geven. Daarna wordt in de aanbevelingen informatie gegeven over hoe het prototype en informatie uit dit project kan worden gebruikt om het overkoepelde doel van de fysiotherapeut te behalen in een vervolgopdracht.

### 7.1 Conclusies

Dit project is uitgevoerd met als doel het ontwerpen van een nieuw communicatie-interface voor de B-200 die het mogelijk maakt deze in een moderne werkomgeving te gebruiken. Bij het ontwerpen van deze communicatie-interface is eerst een breed onderzoek gedaan naar hoe deze nieuwe werkomgeving vormgegeven moest worden aan de hand van de huidige meetopstelling. Dit onderzoek bevat meer informatie dan bij het ontwerpen van het nieuwe communicatie-interface, maar heeft wel geprobeerd zo volledig mogelijk in kaart te brengen hoe de meetopstelling werkt en wordt gebruikt om uit te sluiten dat er een belangrijke ontwerp specificatie over het hoofd werd gezien.

De resultaten van het onderzoek hebben inzicht gegeven over het gebruik van de huidige meetopstelling die kan worden uitgevoerd in een nieuwe meetopstelling. Zo wordt er nu een DOS-PC gebruikt om de software en communicatie hardware van het meetinstrument te kunnen gebruiken en een moderne laptop om de uiteindelijke meetresultaten op te verzamelen, bewaren en op een later moment te kunnen inzien. In de nieuwe meetopstelling is de functionaliteit van deze twee computers samengevoegd op één computer.

Ook is er uit het onderzoek duidelijk geworden hoe de DOS-omgeving met het meetinstrument communiceert en welke functies hiervoor worden uitgevoerd door de ADC-kaart die als interface wordt gebruikt tussen beide. Zo zijn bij het ontwerpen van het nieuwe interface de functies van de communicatie tussen de huidige ADC-kaart de B-200 als specificaties gebruikt en zijn voor de communicatie van de interface naar de PC ontwerpkeuzes gemaakt die het mogelijk maakt om de interface met USB aan te sluiten en te gebruiken is in een moderne software omgeving. Ook is er gekozen voor een veelgebruikte en niet te ingewikkelde programmeer omgeving zodat dit geen drempel is voor mogelijke vervolg projecten.

Bij het testen van het prototype zijn functies van de huidige ADC-kaart gebruikt om een testplan op te stellen voor het nieuwe interface. Uiteindelijk is er dus aan de hand van dat testplan bewezen dat het nieuwe interface alle sensorwaarden gelijktijdig zonder beperkingen kan uitgelezen en dat de stuursignalen voor de as-weerstanden en de koppelversterking werken zoals verwacht.

Nu de huidige ADC-kaart vervangen kan worden, kan er in een vervolg project worden gekeken naar het herontwerpen van de software om de B-200 in een volledig moderne meetopstelling te kunnen gebruiken.

### 7.2 Aanbevelingen

Het eindproduct wat in dit project is gemaakt heeft nog niet de functionaliteit om de huidige meetopstelling onafhankelijk van de oude software te gebruiken. In een vervolg project zal hiervoor nog enkele stappen moeten worden gemaakt om dit mogelijk te maken. Deze stappen zullen vooral de functionaliteit van de huidige software gaan recreëren. Zo zal er een Applicatie ontwerp moeten komen die de volgende functionaliteit biedt:

- Aansturen van de meetprocedure,

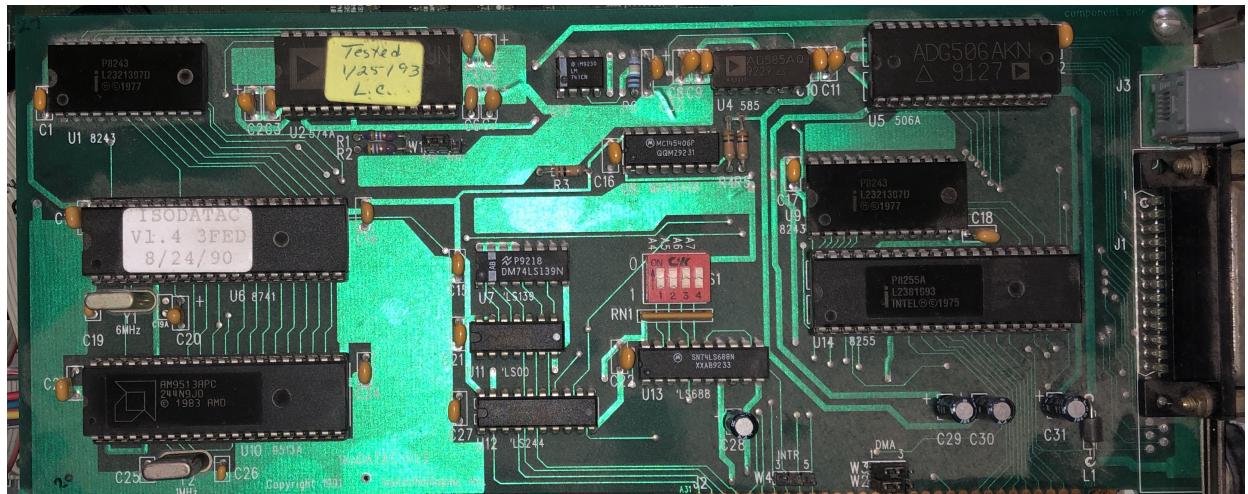
- Bereken van de instelwaardes,
- Produceren van een verzamelbestand.

Bij het produceren van het verzamelbestand kan er ook worden gekeken naar hoe het huidige Excel-programma kan worden aangepast om beter met deze nieuwe bestanden te kunnen werken. Verder zijn er ook enkele onderwerpen die met een eigen invullen kunnen worden uitgewerkt. Zo gebruikt de fysiotherapeut de grafiek op [figuur 2.3] om zelf een inschatting te maken in de "Abnormal indicators" die worden besproken in paragraaf 2.3.1. Echter was het origineel de bedoeling dat de software deze observaties voor de fysiotherapeut kan doen. Ook kan de procentuele score waarvoor nu informatie uit een normaal groep wordt gebruikt opnieuw worden opgebouwd, of kan er een andere score worden bepaald die geen gebruik hoeft te maken van de normaal groep.

## Bijlage A

# ADC Kaart Analyse

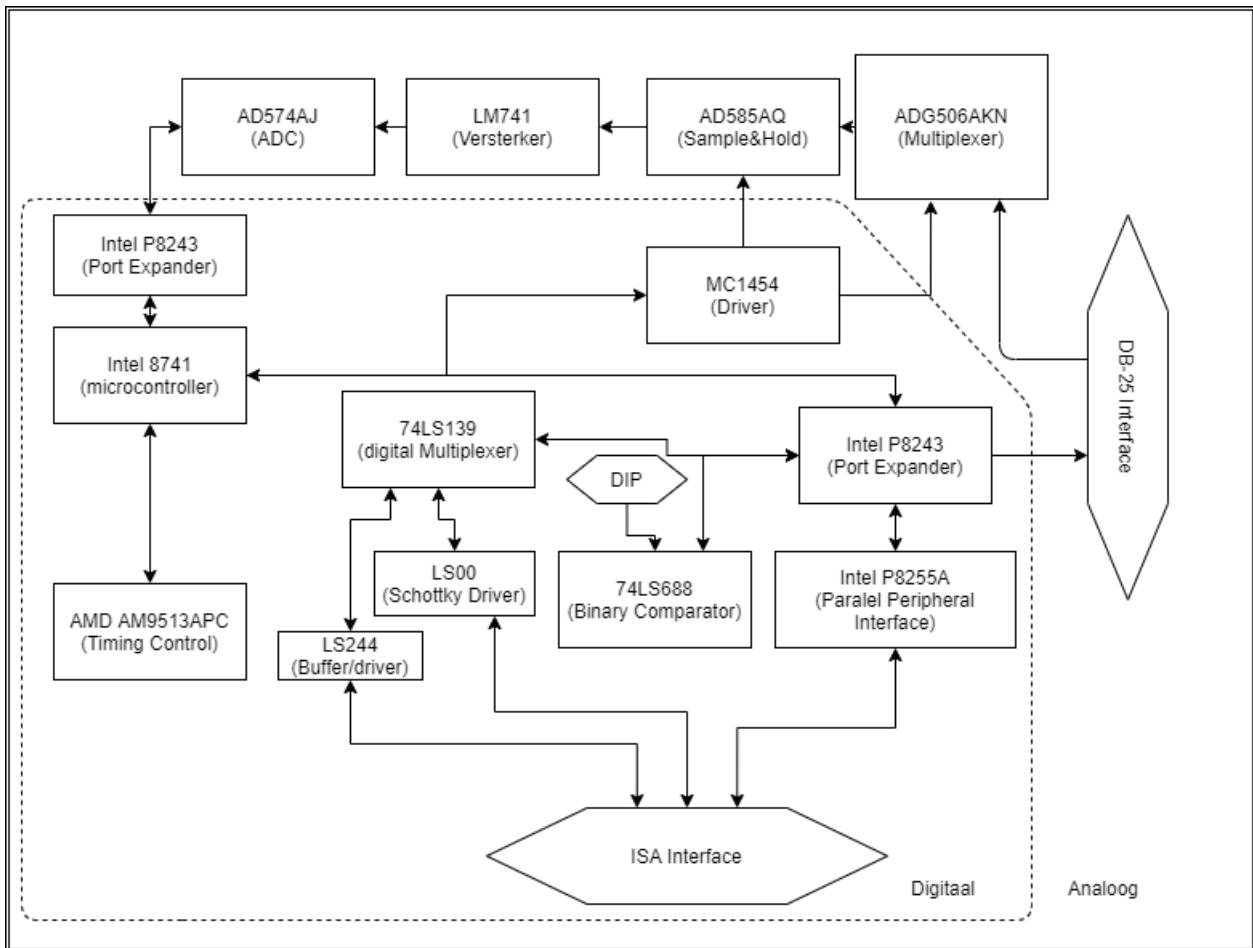
Om de werking van de ADC Extensie-kaart te begrijpen is het nodig om deze van dichtbij te bekijken en de componenten in kaart te brengen.



Figuur A.1: Extensiekaart

## A.1 Diagram

Uit het opzoeken van de componenten, het bestuderen van de kaart zelf en het volgen van de verschillende lijnen is het diagram van Figuur A.2 ontstaan. De circuit is voor duidelijkheid gesplitst in 2 gedeeltes. Analoog (Signaal verwerking van de B-200 sensoren) en



Figuur A.2: Extensie-kaart Diagram

## A.2 Analoge Componenten

### Analog Devices AD506AKN

De AD506 is een 16 kanaals Multiplexer. Deze dient om uit alle analoge signalen vanuit de B-200 er een uit te kiezen om af te lezen.

Hierdoor is maar één ADC nodig voor all analoge signalen.

### Analog Devices AD585AQ

De AD585 is een Sample & Hold versterker. Deze slaat een ingang signaal op en houd deze vast voor componenten erachter. Hiermee heeft een ADC de tijd deze te meten en kan de multiplexer intussen naar een andere kanaal worden omgezet zonder de meetwaarde te beïnvloeden.

### Analog Devices AD574AJ

De Analog Devices AD574AJ is een Analoog-Digitaal Converter of ADC. Deze zet een analoge signaal om tot een Digitale waarde die via 8-bit/16-bit parallel communicatie kan worden uitgelezen door een micro-controller. Binnen het circuit vormt deze de brug tussen de Analoge en Digitale domeinen.

uit de datasheet zijn de waarden van Tabel A.1 ontrokken. Deze waarden dienen als richtlijnen voor wat een eigen oplossing in theorie zou moeten kunnen behalen om gelijk te zijn.

Resolutie	12-bit
Error	1 LSB
Conv-time	35us
Sampling	max ~28ks/s (Requires S&H)
Range	-10v / +10v
Impedance	~5K ohm

Tabel A.1: Kern-waardes AD574AJ

## LM741

Tussen de ADC en de Sample & Hold versterker zit een algemene LM741 versterker. Op basis van de naburige componenten en de werking van de ADC wordt aangenomen dat deze dient om de signaal te versterken voor hogere precisie van de ADC en mogelijke ruis te onderdrukken. Dit is ook wel bekent als Signal Conditioning.

## A.3 Digitale Componenten

### Intel 8741

De Intel 8741 is een Microcontroller en vormt het brein van de kaart. Met behulp van meerdere Port Expanders en de AM9513 bestuurt deze de kaart en communiceert deze waardes naar Software.

De exacte werking is onbekend. Deze microcontroller is namelijk voorgeprogrammeerd door de producent en de code is niet beschikbaar. Uit de hoofd specificaties van de datasheet (Tabel A.2) wordt vernomen dat deze waardes direct aan het PC doorvoert.

Clock	11Mhz max
Instructions per second	~730000
ROM capacity	1 Kilobytes
RAM capacity	64 Bytes

Tabel A.2: 8741 Specificaties

### Intel P8255

De Intel P8255 is een Parallel Interface en hanteert communicatie tussen de rest van het kaart en de PC via de ISA Interface. Deze lijkt ook verantwoordelijk te zijn over de uitgangen naar de B-200. Wat een vermoeden op wekt dat de analoge uitgangen mogelijk Blokgolven zijn. Dit wordt in Bijlage B verder uitgezocht

### Intel P8243

Een paar Intel P8243 Port Expanders geven de 8741 de mogelijkheid om meer componenten aan te besturen. #1 hanteert controle over de ADC zelf. #2 Hanteert de P8255 en de overige componenten

#### A.3.1 AM9513

De AMD AM9513 is een Timing Controller. Deze ondersteunt de 8741 in het houden van tijd voor metingen en andere taken.

#### A.3.2 Overig

Een groep 74LSxxx componenten vormen gezamenlijk ondersteunend hardware voor het ISA interface voor taken zoals Adres selecties en eigen IRQ/DMA.

Een MC1454 wordt gebruikt voor besturing van de Multiplexer en Sample and Hold versterker. Dit lijkt in gebruik te zijn om de hoofd microcontroller en Port Expanders te beschermen tegen eventuele statische schokken die vanuit de B200 via de S&H en/of Multiplexer kunnen worden doorgegeven.

## A.4 Conclusie

Uit de aangetroffen componenten, hun functies en locaties is een algemene werking afgeleid:

- De B-200 stuurt ten alle tijden alle sensorwaardes uit naar de kaart.
- De kaart kiest met behulp van de multiplexer een enkel signaal uit om af te lezen.
- Dit signaal word met behulp van een Sample en Hold circuit vastgezet en doorgevoerd.
- Het signaal wordt versterkt zodat deze het gehele bereik van de ADC vult (geschat op 10vPP).
- De ADC zet de signalen om tot een digitale waarde die via de digitale componenten door de computer wordt uitgelezen.

De ADC kaart doet dit dan constant opnieuw voor elke signaal uit het B-200.

## Bijlage B

# B200 - Uitlezing experiment

### B.1 doel

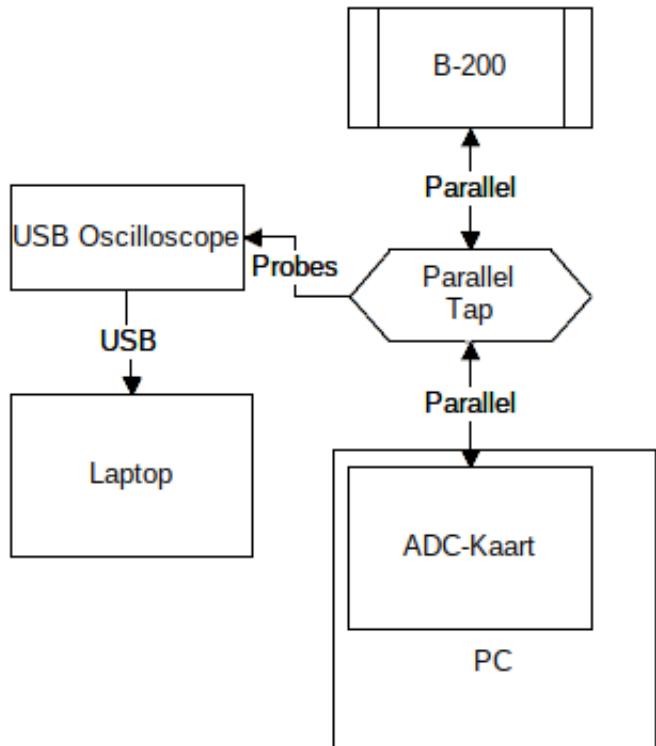
Voor het ontwikkelen van een Proof-of-concept waarbij de meetinstrument kan worden uitgelezen door een oplossing is het belangrijk om de bestaande signalen te inventariseren en te controleren of deze naar verwachting werken. Hiervoor dient deze meet-experiment als onderdeel van het vooronderzoek.

### B.2 Hypothese

Binnen de handleiding van de B-200 is een bestaande pinout te vinden betreft de interface tussen de PC en de meetinstrument. Hieruit is een verwachting van de signalen bepaald. De hypothese is dat deze inderdaad klopt en geverifieerd kan worden.

### B.3 Test-Opstelling

Belangrijk voor dit test is dat de metingen gedaan worden terwijl de machine en PC actief zijn en zonder deze te beïnvloeden. Na een korte meting bleek dat de kabel tussen de PC en B200 een algemene DB-25 (Parallel Poort) kabel was. Hieruit kwam de idee van een opstelling (Figuur B.1)



Figuur B.1: Opstelling

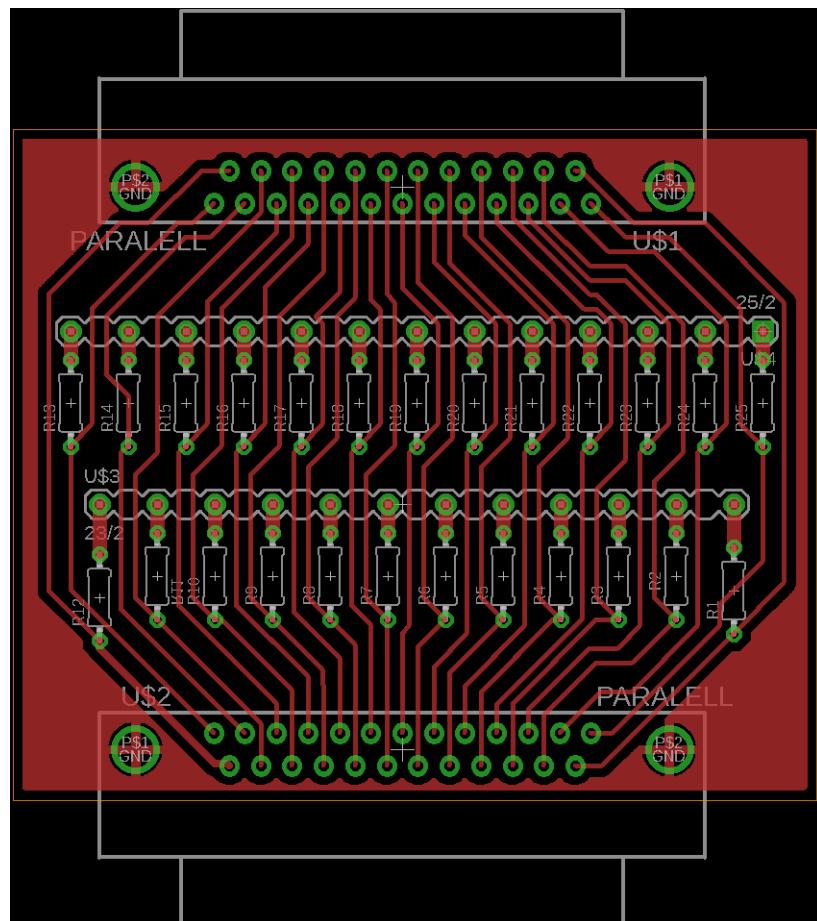
Het concept is dat met een break-out board de signalen kunnen worden blootgelegd en met behulp van een USB Oscilloscoop deze kunnen worden uitgelezen. Hiervoor is een breakout ontworpen (Figuur B.2) die tussen de PC en B200 kan worden geplaatst. Voor veiligheid van het apparatuur zijn de uitgebroken pinnen 5mm van elkaar verwijderd en heeft elke pin een weerstand van  $10k\Omega$ . Hiermee is de kans op een per-ongeluk kortsluiting kleiner en mocht het toch gebeuren is de stroom die erdoor kan gering (Max 0.35mA bij 7V tussen 2 pinnen). Naar schatting zou het gebruik van de weerstand de resultaat op het oscilloscoop met max 0.2% beïnvloeden (Bij 10x probe). Wat acceptabel is voor de metingen.

<b>Naam</b>	<b>Pin</b>	<b>Definitie</b>	<b>Min</b>	<b>Normaal</b>	<b>Max</b>	<b>Notities</b>
Axis-1	5	Koppel	-6.0V	75mV	6.0V	Positief = rechts
Axis-1	6	Positie	-5.0V	-70mV	5.2V	Positief = rechts
Axis-1	7	Snelheid	-6.5V	0mV	6.5V	Positief = versneld
Axis-1	14	Weerstand	0.0V		3.6V	PWM*
Axis-1	20	Gain	0.0V		3.6V	Digitaal
Axis-2	3	Koppel	-6.0V	-500mV	6.0V	Positief = voorover
Axis-2	4	Positie	-4.6V	-1.6V	5.3V	Positief = voorover
Axis-2	8	Snelheid	-6.5V	0mV	6.5V	Positief = versneld
Axis-2	15	Weerstand	0.0V		3.6V	PWM*
Axis-2	21	Gain	0.0V		3.6V	Digitaal
Axis-3	1	Koppel	-6.0V	30mV	6.0V	Positief = rechts
Axis-3	2	Positie	-5.0V	8mV	4.9V	Positief = rechts
Axis-3	9	Snelheid	-6.5V	0mV	6.5V	Positief = versneld
Axis-3	16	Weerstand	0.0V		3.6V	PWM*
Axis-3	22	Gain	0.0V		3.6V	Digitaal
NC	23+25					
Software**	24	manual/pc control	0.0V		3.6V	Digitaal
GND	17+18+19					

\*Zie Tabel B.2 voor meer info betreft PWM signalen

\*\*Software gaat hoog zodra software opgestart wordt.

Tabel B.1: Meet resultaten



Figuur B.2: Parallel Breakout

Pins	Vorm	Amplitude	Duty-cycle	Frequentie
14+15+16	Blokgolf	0V - 3.6V	1-100%	412 hz

Tabel B.2: PWM Meeting resultaten

Type	Pins	Min	Max
Analog inputs	9	-6,5V	6,5V
Digital outputs	4	<0,8V	2,8V>
PWM outputs*	3	0V	2,8V>

\*Zie Tabel B.2 voor meer info betreft PWM signalen

Tabel B.3: Korte versie Inputs & Outputs

## B.4 Discussie/observaties

Enige afwijkingen in de uiterste metingen zijn voornamelijk veroorzaakt door fysieke belemmeringen in de vorm van rubberen bumpers.

Uit eigen korte tests lijkt het erop dat de Gain selects altijd aan gaan boven een bepaalde hoeveelheid mechanisch weerstand. Volgens de handleiding zou dit te maken hebben met de kracht sensor gevoeligheid.

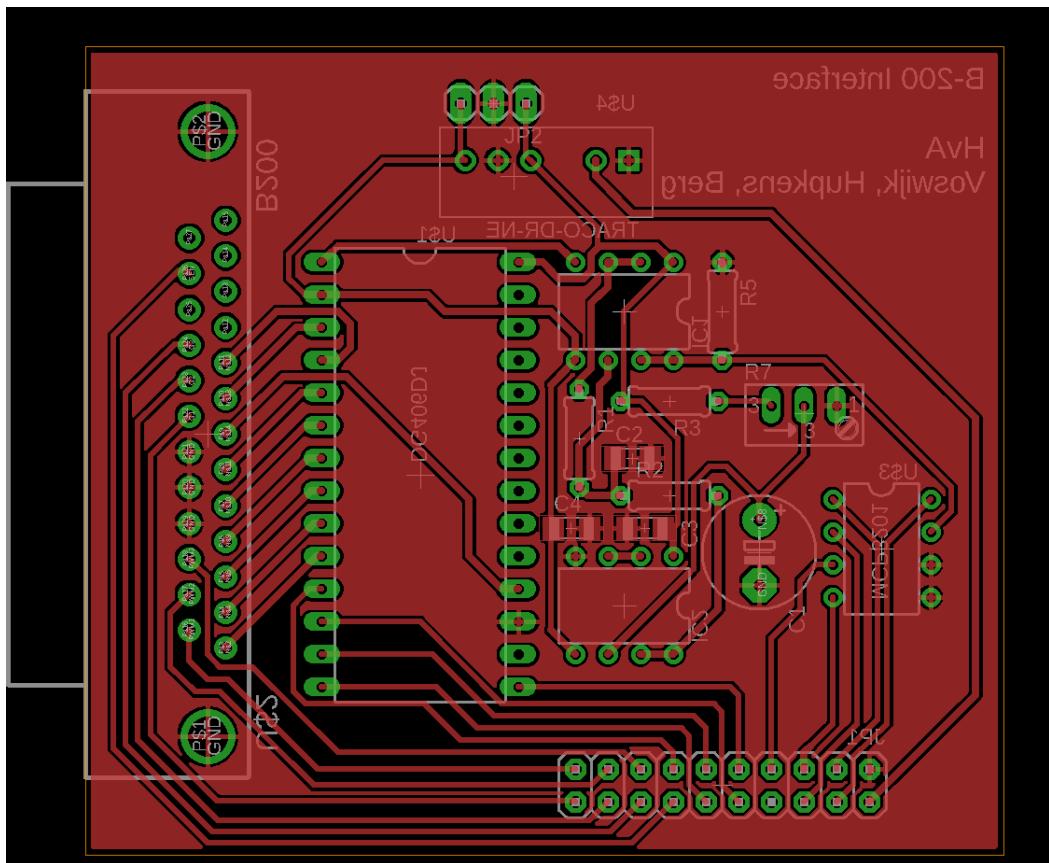
## B.5 Conclusie

Wat wij verwachten bleek niet compleet correct te zijn. De verwachting waren meerdere bereiken, maar in plaats daarvan blijken de meeste uitgangen van het B200 grotendeels uniform te zijn in bereiken van -6.5v to 6.5v. Ook beschikt de ADC kaart niet over Analoge uitgangen, maar in plaats hiervan een simpele lage frequentie PWM uitgang.

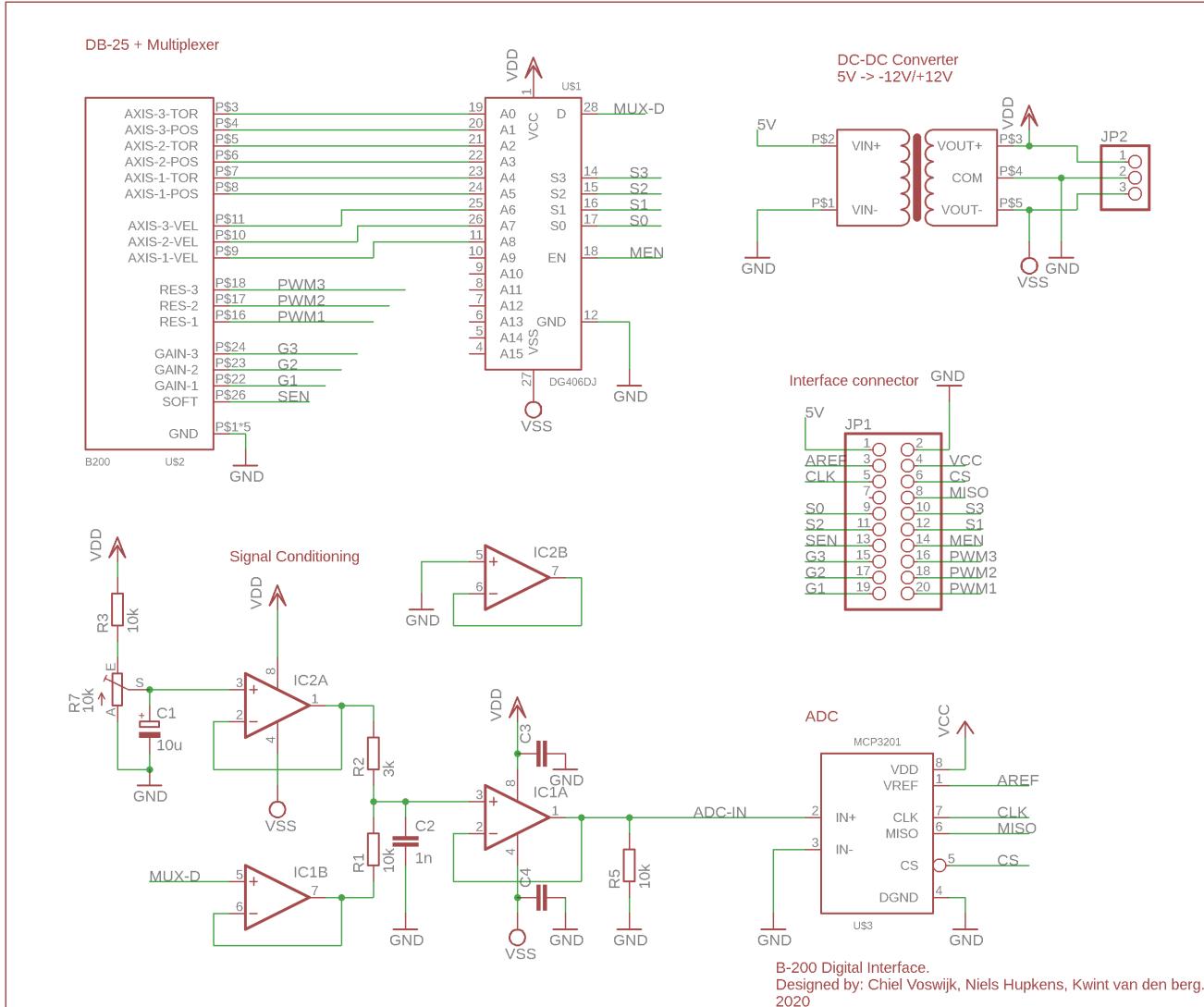
# Bijlage C

## Schemas en Code

### C.1 Interface



Figuur C.1: Interface bord



Figuur C.2: Interface bord ontwerp

## C.2 Code

Code voor de Arduino logging test-opstelling (Inovatielab\_V1.1.ino)

```
1 //InovatieLab Arduino ADC demonstratie Code
2 //Geschreven: Kwint van den Berg. 2020
3
4 #include <SPI.h>
5 #include <SD.h>
6 File myFile;
7
8 // MCP3102
9 #define DAT 12 // SPI MISO Pin
10 #define CLK 13 // SPI Clock Pin
11 #define CS 8 // SPI SS Pin (Chip Select)
12
13 // ADG406 Multiplexer pins
14 #define PIN_MULPLEX_EN A2
15 #define PIN_MULPLEX_S0 7
16 #define PIN_MULPLEX_S1 A1
17 #define PIN_MULPLEX_S2 A3
18 #define PIN_MULPLEX_S3 A0
19
20 //Weerstand PWM pins
21 #define PIN_PWM1 3
22 #define PIN_PWM2 5
23 #define PIN_PWM3 6
24
25 //Weerstand GAIN pins
26 #define PIN_GAIN1 A5
27 #define PIN_GAIN2 A4
28 #define PIN_STATE 2
29
30 //Analog Reference voltage in Millivolts (5000 for Arduino 5V, 3300 for 3.3V or any own value
31 // if using external Reference generation.
32 #define ADCREF 5000
33
34 //-----Configuration-----
35
36 #define PRINT 0 // text = 1 plot = 0
37 #define SHOWCHANNELS 0x01FF // 0x0000 .. 0x01FF
38
39 #define PWM1 10 // 1..100 % Weerstand
40 #define PWM2 10 // 1..100 % Weerstand
41 #define PWM3 10 // 1..100 % Weerstand
42
43 #define GAIN1 LOW // 0 of 1
44 #define GAIN2 LOW // 0 of 1
45 #define STATE 1 // 0 of 1 0 = manual 1 = Software
46
47 //-----Setup-----
48
49 void setup()
50 {
51     int val;
52     Serial.begin(115200);
53
54     //Check if SD present, Else do not continue
55     if (PRINT) Serial.print("Initializing SD card...");
56     if (!SD.begin(4))
57     {
58         if (PRINT) Serial.println("initialization failed!");
59         while (1);
60     }
61     if (PRINT) Serial.println(" initialization done.");
62
63
64     myFile = SD.open("output.csv", FILE_WRITE); // Generate File
65     if (myFile)
66     {
67         if (PRINT) Serial.print("Writing to: output.csv");
68         delay(250);
69     }
70 }
```

```

69 }
70 else
71 {
72     // if the file didn't open, print an error:
73     if (PRINT) Serial.println("error opening output.csv");
74 }
75
76 //Initialize SPI bus for ADC
77 SPI.beginTransaction(SPISettings(1500000, MSBFIRST, SPI_MODE0));
78 SPI.begin();
79
80 pinMode(DAT, INPUT);
81 pinMode(CS, OUTPUT);
82
83 digitalWrite(CS, LOW); // Cycle CS pin to ensure PWR ON state is high.
84 digitalWrite(CS, HIGH);
85 digitalWrite(CLK, LOW); // Turn clk low
86
87 //Define Multiplexer outputs as such.
88 pinMode(PIN_MULPLEX_EN, OUTPUT); // sets the digital pin as output
89 pinMode(PIN_MULPLEX_S0, OUTPUT); // sets the digital pin as output
90 pinMode(PIN_MULPLEX_S1, OUTPUT); // sets the digital pin as output
91 pinMode(PIN_MULPLEX_S2, OUTPUT); // sets the digital pin as output
92 pinMode(PIN_MULPLEX_S3, OUTPUT); // sets the digital pin as output
93
94 setMultiplexer(0); // Set multiplex to 0
95
96 // set PWM (remaps percentage to 8-bit value)
97 val = map(PWM1, 0, 100, 0, 255);
98 analogWrite(PIN_PWM1, val);
99 val = map(PWM2, 0, 100, 0, 255);
100 analogWrite(PIN_PWM2, val);
101 val = map(PWM3, 0, 100, 0, 255);
102 analogWrite(PIN_PWM3, val);
103
104 // setting state and gain
105 pinMode(PIN_GAIN1, OUTPUT);
106 pinMode(PIN_GAIN2, OUTPUT);
107 pinMode(PIN_STATE, OUTPUT);
108 digitalWrite(PIN_GAIN1, GAIN1);
109 digitalWrite(PIN_GAIN2, GAIN2);
110 digitalWrite(PIN_STATE, STATE);
111 }
112
113 //Sets all relevant output pins for multiplexer according to address given
114 void setMultiplexer(byte input)
115 {
116     digitalWrite(PIN_MULPLEX_EN, 0); // Disable
117     delayMicroseconds(1);
118
119     digitalWrite(PIN_MULPLEX_S0, input & 0x01); // sets the S0
120     digitalWrite(PIN_MULPLEX_S1, input & 0x02); // sets the S0
121     digitalWrite(PIN_MULPLEX_S2, input & 0x04); // sets the S0
122     digitalWrite(PIN_MULPLEX_S3, input & 0x08); // sets the S0
123
124     digitalWrite(PIN_MULPLEX_EN, 1); // Enable
125     delayMicroseconds(10);
126 }
127
128 float readoutMP3201(void)
129 {
130     unsigned int reading = 0; // To be measured reading
131
132     digitalWrite(CS, LOW); //Select MCP3102 for reading
133     reading = SPI.transfer16(0x0000); // Copy latest reading from ADC
134     digitalWrite(CS, HIGH); //Unselect MCP3102
135
136     //Trim the received 16 bits to gain 12-bit value. The top 3 MSB and the bottom LSB are not
137     //of interest.
138     reading = reading << 3; //Remove the top 3 MSB (unused) by shifting upwards
139     reading = reading >> 4; //Shift back down plus an extra in order to remove the lowest bit.
140     //Leaving the actual value
141
142     //Convert reading into a Voltage (for displaying)
143     float voltage = reading * (5.000 / ADCREF); // Using.
144     //Return Voltage

```

```

143     return (voltage);
144 }
145
146 void loop()
147 {
148     float measure;
149     char buf[50];
150     int cnt;
151     unsigned long currentMillis = millis();
152     int channel;
153
154 //Write current time to File
155 myFile.print(currentMillis);
156 myFile.print("\t");
157 if (PRINT)
158 {
159     Serial.print(currentMillis);
160     Serial.print("\t");
161 }
162 //Go through each analog channel, Writing the measurement to SD and to Terminal.
163 for (cnt = 0, channel = 0x0001; cnt < 9; cnt++, channel = channel << 1)
164 {
165     setMultiplexer(cnt);
166
167     measure = readoutMP3201();
168
169     myFile.print(measure, 3);
170     myFile.print("\t");
171
172     if (SHOWCHANNELS & channel)
173     {
174         Serial.print(measure, 3);
175         Serial.print("\t");
176     }
177 }
178
179 myFile.print("\n");
180 myFile.flush();
181 Serial.print("\n");
182 //If a new number is received. Update all PWM for demonstration:
183 byte new_pwm;
184 if (Serial.available()) {
185     //Read the new value
186     new_pwm = Serial.read();
187     //Remap from percentage to byte
188     new_pwm = map(new_pwm, 0, 100, 0, 255);
189     analogWrite(PIN_PWM1, new_pwm);
190     analogWrite(PIN_PWM2, new_pwm);
191     analogWrite(PIN_PWM3, new_pwm);
192 }
193
194 }

```

# Bibliografie

- [1] Isotechnologies, “B-200 service manual,” 1998.
- [2] M. Mohamed, A. Elmalahawy, and H. Harb, “Developing the pulse width modulation tool (pwmt) for two timer mechanism technique in microcontrollers,” in *Developing the pulse width modulation tool (PWMT) for two timer mechanism technique in microcontrollers*, 12 2013, pp. 148–153.
- [3] Intel, “Mcs-48 controller manual,” 1978. [Online]. Available: <https://original.sharpmz.org/download/8048.pdf>
- [4] Microchip, “Mcp3201 adc datasheet,” 2011. [Online]. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/21290f.pdf>
- [5] AnalogDevices, “Adg506a/507a multiplexer datasheet,” 1998. [Online]. Available: [https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADG506A\\_507A.pdf](https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADG506A_507A.pdf)
- [6] ———, “Adg406/407 multiplexer datasheet,” 2010. [Online]. Available: [https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADG406\\_407\\_426.pdf](https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADG406_407_426.pdf)
- [7] ———, “Ad585 sample and hold amplifier datasheet,” 1980s. [Online]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD585.pdf>
- [8] ———, “Ad574 adc datasheet,” 1980s. [Online]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD574A.pdf>
- [9] AMD, “Am9513 datasheet,” 1980.

# Begrippen

**ADC(Analog-Digital-Converter)** Een component dat een Analoge waarde omzet naar een digitale waarde.

**Analoge waarde** Een waarde beschreven in het analoge domein als een Spanning of Stroom.

**DAC(Digital-Analog-Converter)** Een component dat een Digitale waarde omzet naar een Analoge waarde.

**DB-25** Een 25-pins D-Subminiature connector. Ook wel bekend als een Parallel Poort, maar niet exclusief in gebruik als.

**DC-DC Converter** Een circuit/Onderdeel dat een gelijkspanning omzet naar een andere. Voornamelijk gebruikt voor het genereren van aparte spanningsbronnen.

**Digitale waarde** Een waarde beschreven in het digitale domein als een binaire nummer.

**Microcontroller** Een (programmeerbaar) microcomputer binnen een enkele chip. Voornamelijk gebruikt voor automatisering van taken en besturen van andere componenten.

**PWM(Pulse Width Modulation)** Een signaal in de vorm van een blokgolf waarvan de breedte van de blok kan worden gemanipuleerd. Kan gebruikt worden als een Psuedo-analoog signaal.

**Signal Conditioning** Het manipuleren van een analoog signaal in voorbereiding van verdere verwerking binnen navolgende stappen.

**SPICE** SPICE oftewel "Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis" is een Simulator voor het simuleren van Electronica..