



## AARHUS SCHOOL OF ENGINEERING

SUNDHEDSTEKNOLOGI  
3. SEMESTERPROJEKT

---

## Dokumentation

---

### *Gruppe 1*

Lise Skytte Brodersen (201407432)  
Nina Brkovic(201406458)  
Jakob Degn Christensen(201408532)  
Toke Tobias Aaris(201407321)  
Annsofie Randrup Wagner (201406360)  
Anders Wiggers Birkelund(201404118)

### *Vejleder*

Studentervejleder  
Peter Johansen  
Aarhus Universitet



# Indholdsfortegnelse

---

<b>Kapitel 1 Kravspecifikation</b>	<b>1</b>
1.1 Indledning . . . . .	1
1.2 Systembeskrivelse . . . . .	1
1.3 Funktionelle krav . . . . .	1
1.3.1 Aktør-kontekstdiagram . . . . .	2
1.3.2 Aktørbeskrivelse . . . . .	3
1.3.3 Use case-diagram . . . . .	4
1.3.4 Use Cases . . . . .	4
1.4 Ikke-funktionelle krav . . . . .	8
1.4.1 Functionality . . . . .	8
1.4.2 Usability . . . . .	9
1.4.3 Reliability . . . . .	9
1.4.4 Performance . . . . .	9
1.4.5 Supportability . . . . .	9
1.4.6 Andre(+) . . . . .	10
<b>Kapitel 2 Design</b>	<b>11</b>
2.1 Systemarkitektur . . . . .	11
2.1.1 BDD . . . . .	11
2.1.2 IBD . . . . .	12
2.2 Grænseflader . . . . .	13
2.3 Hardware arkitektur . . . . .	14
2.3.1 BDD . . . . .	15
2.3.2 IBD . . . . .	15
2.3.3 Grænseflader . . . . .	15
2.3.4 Forstærkerblok . . . . .	16
2.3.5 Filterblok . . . . .	16
2.4 Software arkitektur . . . . .	17
2.4.1 Domænemodel . . . . .	17
2.4.2 Applikationsmodel . . . . .	18
<b>Kapitel 3 HW implementering og test</b>	<b>27</b>
3.1 Implementering . . . . .	27
3.1.1 Forstærkerblok . . . . .	27
3.2 Filterblok . . . . .	28
3.2.1 Beregning af komponentværdier . . . . .	28
3.3 Test . . . . .	30
3.3.1 Test af forstærkerblok . . . . .	30
3.3.2 Test af filterblok . . . . .	31
3.3.3 Test af signalbehandlingblok . . . . .	34

<b>Kapitel 4 SW implementering og test</b>	<b>39</b>
<b>Kapitel 5 Accepttest</b>	<b>41</b>
5.1 Accepttest af Use Cases . . . . .	41
5.1.1 Use Case 1 . . . . .	41
5.1.2 Use Case 2 . . . . .	42
5.1.3 Use Case 3 . . . . .	42
5.1.4 Use Case 4 . . . . .	42
5.1.5 Use Case 5 . . . . .	43
5.1.6 Use Case 6 . . . . .	43
5.2 Accepttest af ikke-funktionelle krav . . . . .	44

# Kravspecifikation

1

## Versionshistorik

Version	Dato	Ansvarlig	Beskrivelse
1.0	23-09-2015	Alle	Første udkast til Use Cases. I alt 4, hvor en af funktionerne var, at man kunne optage en lydsekvens
1.1	29-09-2015	Alle	Ændring af Use Cases efter møde med Peter. I alt 5, hvor funktionerne kun dækker over de opstillede krav til projektet.
1.2	30-09-2015	Alle	Små ændring af formuleringerne samt byttet om på UC1 og UC2 og tilføjet en UC6. De ikke-funktionelle krav er blevet tilføjet. Klar til Review
2.0	08-10-2015	Alle	Rettelser efter review møde
2.1	04-11-2015	Alle	Tilføjet Tryktransducer som en sekundæraktør

## 1.1 Indledning

Kravspecifikationen vil gennem seks Use Cases beskrive blodtryksmålerens funktionelle krav. Systemets ikke-funktionelle krav er udarbejdet på baggrund af (F)URPS+. Dertil vil der være aktør-kontekst- og Use Casesdiagram samt beskrivelse af de forskellige aktører, der interagerer med systemet.

## 1.2 Systembeskrivelse

Systemet skal kunne vise et blodtryksignal kontinuert i en graf. Derudover skal systemet kunne kalibrere, nulpunktsjustere samt gemme data for målingen i en lokal database. Systemet er udviklet som en prototype, der er mulig at teste udfra de givne rammer.

## 1.3 Funktionelle krav

De funktionelle krav vil nedenstående beskrives ud fra Aktør-kontekstdiagram, aktørbeskrivelse, Use Cases samt Use Case diagram.

### 1.3.1 Aktør-kontekstdiagram



Figur 1.1: Aktør-kontekstdiagram

Systemet består af en software- og en hardware-del. Softwaredelen er udarbejdet i Visual Studio C#. Hardwaredelen består af flere komponenter sat sammen. Tryktransducer, Instrumentationforstærker, et aktivt 2. ordens lavpasfilter af typen Sallen-Key med unity gain og en DAQ. Det er selve systemet.

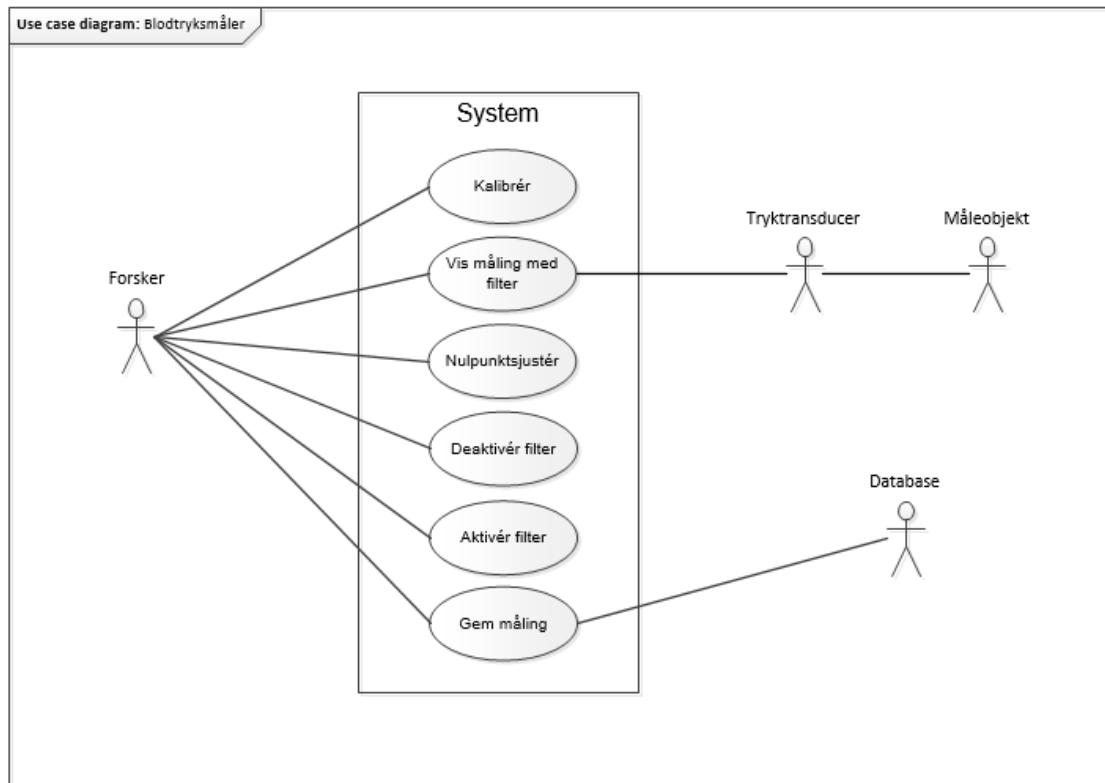
Primær aktøren i dette projekt er en Forsker. Sekundære aktører er Database, Tryktransducer og Måleobjekt. Måleobjekt er en package af Physionet og Analog Discovery, som er eksterne aktører.

### 1.3.2 Aktørbeskrivelse

Aktørnavn	Forsker
Type	Primær
Beskrivelse	Person med relevant baggrundsviden inden for blodtryksanalyse
Aktørnavn	Tryktransducer
Type	Sekundær
Beskrivelse	Tryktransducer måler og omformer trykket fra Måleobjekt til et analogt signal
Aktørnavn	Måleobjekt
Type	Sekundær
Beskrivelse	Måleobjekt i det færdigudviklede produkt er et signal genereret enten in vitro eller in vivo. I prototypen er Måleobjekt en kombination af Physionet og Analog Discovery. Måleobjekt repræsenterer data fra Physionet leveret til blodtryksmålingssystemet igennem Analog Discovery
Aktørnavn	Database
Type	Sekundær
Beskrivelse	Database bruges i blodtryksmålingssystemet til at gemme data
Atørnavn	Physionet
Type	Ekstern
Beskrivelse	Physionet er en ekstern database, som indeholder blodtrykssignalet fra forskellige patienter
Aktørnavn	Analog Discovery
Type	Ekstern
Beskrivelse	Analog Discovery omdanner data fra Physionet til et analogt signal

Tabel 1.2: Aktørbeskrivelse

### 1.3.3 Use case-diagram



Figur 1.2: Use case-diagram

Forskeren af systemet er den primære aktør i alle seks Use Cases. Det er Forskeren, der sætter alle Use Cases igang og styrer, hvad der skal ske og hvornår. Tryktransducer, som er en af de sekundære aktører, interagerer i UC2. Tryktransduceren behandler tryk fra den anden sekundære aktør Måleobjekt, og omformer det til et analog signal. Blodtryksmålingen skal vises i UC2. For at få gemt data interagerer den sekundære aktør Database med UC6.

### 1.3.4 Use Cases

#### Use Case 1

---

Navn	Kalibrér
Use case ID	1
Samtidige forløb	1
Primær aktør	Forsker
Sekundære aktør	
Mål	Forsker ønsker at kalibrere systemet
Initiering	Startes af Forsker

Forudsætninger	System er aktivt og tilgængeligt
Resultat	System er kalibreret
Hovedforløb	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kalibrering-vinduet vises ved opstart</li> <li>2. Tidligere kalibreringsdata vises i Kalibrering-vindue</li> <li>3. Forsker indtaster målte kalibreringsdata [3.a <i>Forsker vælger ikke at kalibrere</i>]</li> <li>4. Forsker vælger at udføre kalibrering [4.a <i>Indtastede kalibreringsdata ugyldige</i>]</li> <li>5. System kalibrerer</li> <li>6. Det fremgår i Kalibrering-vinduet at kalibrering er udført</li> </ol>
Undtagelser	<p>3.a Forsker ønsker ingen kalibrering. UC1 afsluttes og Kalibrering-vinduet lukkes</p> <p>4.a Det fremgår i Kalibrering-vinduet at indtastede kalibreringsdata er ugyldige</p>

Tabel 1.3: Fully dressed Use Case 1.

## Use Case 2

Navn	Vis Måling med digitalt filter
Use case ID	2
Samtidige forløb	1
Primær aktør	Forsker
Sekundære aktør	Måleobjekt og Tryktransducer
Mål	Forsker ønsker at vise blodtrykssignal med digitalt filter
Initiering	Startes efter afsluttet UC1
Forudsætninger	System er aktivt og tilgængeligt. Digitalt filter er aktivt. Måleobjekt og Tryktransducer er tilsluttet system
Resultat	Det filtrerede blodtrykssignal udskrives
Hovedforløb	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Det filtrerede blodtrykssignal vises i en graf i Monitor-vinduet</li> </ol>
Undtagelser	

*Tabel 1.4: Fully dressed Use Case 2.***Use Case 3**

Navn	Nulpunktsjustér
Use case ID	3
Samtidige forløb	1
Primær aktør	Forsker
Sekundære aktør	
Mål	Forsker ønsker at nulpunktsjustere system
Initiering	Startes af Forsker
Forudsætninger	System er aktivt og tilgængeligt. UC2 kører
Resultat	System er nulpunktsjusteret
Hovedforløb	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Forsker vælger at udføre en nulpunktsjustering</li> <li>2. System nulpunktsjusterer</li> <li>3. Det fremgår i Monitor-vinduet, at nulpunktsjustering er udført</li> </ol>

---

## Undtagelser

*Tabel 1.5: Fully dressed Use Case 3.***Use Case 4**

Navn	Deaktivér filter
Use case ID	4
Samtidige forløb	1
Primær aktør	Forsker
Sekundære aktør	
Mål	Forsker ønsker at deaktivere det digitale filter
Initiering	Startes af Forsker
Forudsætninger	System er aktivt og tilgængeligt. UC2 kører
Resultat	Ufiltreret blodtrykssignal vises i Monitor-vinduet

---

Hovedforløb	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Forsker vælger at deaktivere digitalt filter</li> <li>2. System udskriver det ufiltrerede blodtryksignal</li> </ol>
-------------	---

---

### Undtagelser

---

*Tabel 1.6: Fully dressed Use Case 4.*

---

## Use Case 5

---

Navn	Aktivér filter
Use case ID	5
Samtidige forløb	1
Primær aktør	Forsker
Sekundære aktører	
Mål	Forsker ønsker at aktivere det digitale filter
Initiering	Startes af Forsker
Forudsætninger	System er aktivt og tilgængeligt. UC4 er afsluttet
Resultat	Filtreret blodtrykssignal vises i Monitor-vindet

---

Hovedforløb	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Forsker vælger at aktivere digitalt filter</li> <li>2. System udskriver det filtrerede blodtrykssignal</li> </ol>
-------------	---

---

### Undtagelser

---

*Tabel 1.7: Fully dressed Use Case 5.*

---

## Use Case 6

---

Navn	Gem måling
Use case ID	6
Samtidige forløb	1...*
Primær aktør	Forsker
Sekundære aktører	Database
Mål	Forsker ønsker at gemme data i Database

Initiering	Startes af Forsker
Forudsætninger	System er aktivt og tilgængeligt. UC2 kører
Resultat	Data er gemt i Database
Hovedforløb	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Forsker skriver kommentar og bestemmer maximum længde for måling           <ul style="list-style-type: none"> <li>[1.a <i>Forsker ændrer ikke maximum længden for måling</i>]</li> <li>[1.b <i>Forsker skriver ikke en kommentar til måling</i>]</li> </ul> </li> <li>2. Forsker igangsætter optagelse af måling</li> <li>3. Forsker stopper optagelse af måling           <ul style="list-style-type: none"> <li>[3.a <i>Maximum længde for måling er nået</i>]</li> </ul> </li> <li>4. System åbner Gem-vinduet           <ul style="list-style-type: none"> <li>[4.a <i>Måleobjekts data er gemt fra forrige måling</i>]</li> </ul> </li> <li>5. Forsker indtaster metadata for blodtryksmåling</li> <li>6. Forsker trykker på "OK"-knappen</li> <li>7. System gemmer måling</li> <li>8. Det fremgår af Monitor-vinduet at måling er gemt</li> </ol>
Undtagelser	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.a Forsker ønsker ikke at ændre maximum længde for måling. Forsætter ved punkt 2 i UC6</li> <li>1.b Forsker ønsker ikke at tilknytte en kommentar til måling. Forsætter ved punkt 2 i UC6</li> <li>3.a System stopper optagelse af måling. Forsætter ved punkt 4 i UC6</li> <li>4.a Forsætter ved punkt 7 i UC6.</li> </ol>

Tabel 1.8: Fully dressed Use Case 6.

## 1.4 Ikke-funktionelle krav

De ikke-funktionelle krav er specifieret ved brug af redskabet (F)URPS+, der står for hhv. Functionality, Usability, Reliability, Performance, Supportability og andre krav til fx brugssituationer og interface.

### 1.4.1 Functionality

- System skal kunne vise en kontinuerlig blodtryksignal i Monitor-vinduet.
- System skal kunne vise Systole-, Diastole- og Pulsværdier med op til tre cifre.

- System skal kunne vise et blodtrykssignal med og uden et digitalt filter.
- System skal kunne nulpunktsjustere blodtrykssignalet.
- System skal kunne gemme en blodtryksmåling i en database.
- System skal kunne kalibreres.

#### 1.4.2 Usability

- Monitor-vinduet skal indeholde en ”Gem”-knap.
- Monitor-vinduet skal indeholde en ”Nulpunktsjustér”-knap.
- Monitor-vinduet skal indeholde et tidsstempel for seneste nulpunktsjustering.
- Monitor-vinduet skal indeholde to radiobuttons til aktivering og deaktivering af digitalt filter.
- Kalibrering-vinduet skal indeholde en ”Ja”-knap og en ”Nej”-knap.
- Kalibrering-vinduet skal indeholde et datostempel for seneste kalibrering.
- Gem-vinduet skal indeholde tekstbokse til data indtastning for målingen.
- Gem-vinduet skal indeholde en ”OK”-knap.
- Det skal være muligt at aflæse værdier på Monitor-vinduet fra 2 meters afstand med normalt syn.

#### 1.4.3 Reliability

- Systemet skal have en effektiv MTBF (Mean Time Between Failure) på 99 timer og en MTTR (Mean Time To Restore) på 20 minutter (1/3 time).

$$\text{Availability} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} = \frac{99}{99 + 1/3} = 0,997 = 99,7\% \quad (1.1)$$

#### 1.4.4 Performance

- Blodtrykssignalet skal vises maksimalt 5 sekunder efter UC1 er afsluttet.
- Systemet skal vise en graf for blodtryksmålingen, hvor y-aksen er mmHg og x-aksen er tid i sekunder.
- Systemet skal kunne måle blodtryksværdier fra 0 til 300 mmHg.

#### 1.4.5 Supportability

- Softwaren skal opbygges efter trelagsmodellen.

### 1.4.6 Andre(+)

#### Brugssituationer

- Der skal være adgang til en computer med Windows 7 eller nyere – computeren skal have minimum 4 GB RAM.
- Der skal være adgang til en computer, hvor National Instruments er installeret.

#### Interface

- Blodtryksdiagrammet skal fylde minimum 1/3 af Monitor-vinduet.
- Baggrunden i Monitor-vinduet skal være mørk.
- Blodtrykssignal og -værdier(systole og diastole) skal være røde, og puls skal være grøn.
- Systolisk og diastolisk blodtryk skal fremhæves øverst i højre hjørne ved større skriftstørrelse end andre værdier i Monitor-vinduet (fx værdier på akserne).

# Design 2

---

## Versionshistorik

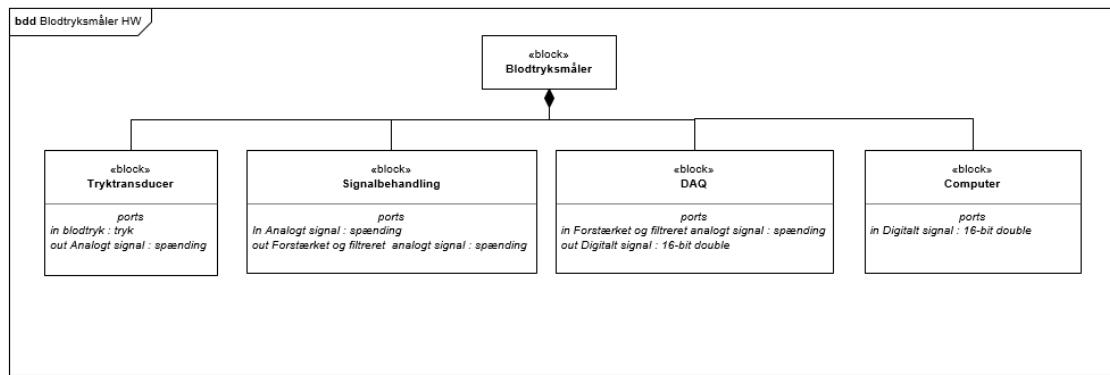
Version	Dato	Ansvarlig	Beskrivelse
1.0	20-10-2015	Alle	Første udkast til domænemodel, BDD, IBD og sekvensdiagrammer
1.1	21-10-2015	Alle	Små ændringer i BDD og IBD efter møde med vejleder
1.2	27-10-2015	Alle	Ændring af BDD og IBD efter møde med Kim; blokkene filter og forstærker er blevet lagt sammen under blokken Signalbehandling
1.3	02-11-2015	Alle	Begyndte at oprette Design-dokumentet. Udkast til klassediagrammer for UC
1.4	04-11-2015	Alle	Skrevet hardware design afsnittet. Små rettelser i de andre afsnit i design, så det er klar til review

## 2.1 Systemarkitektur

Igennem BDD og IBD vil det overordnede blodtryksmålersystem beskrives i forhold til hvilke hardware blokke systemet består af, og hvordan de interagerer med hinanden.

### 2.1.1 BDD

På figur 2.1 ses BDD for systemet. BDD viser de forskellige hardware blokke for systemet og hvilke porte de består af. I tabel 2.2 ses en beskrivelse af blokkene.



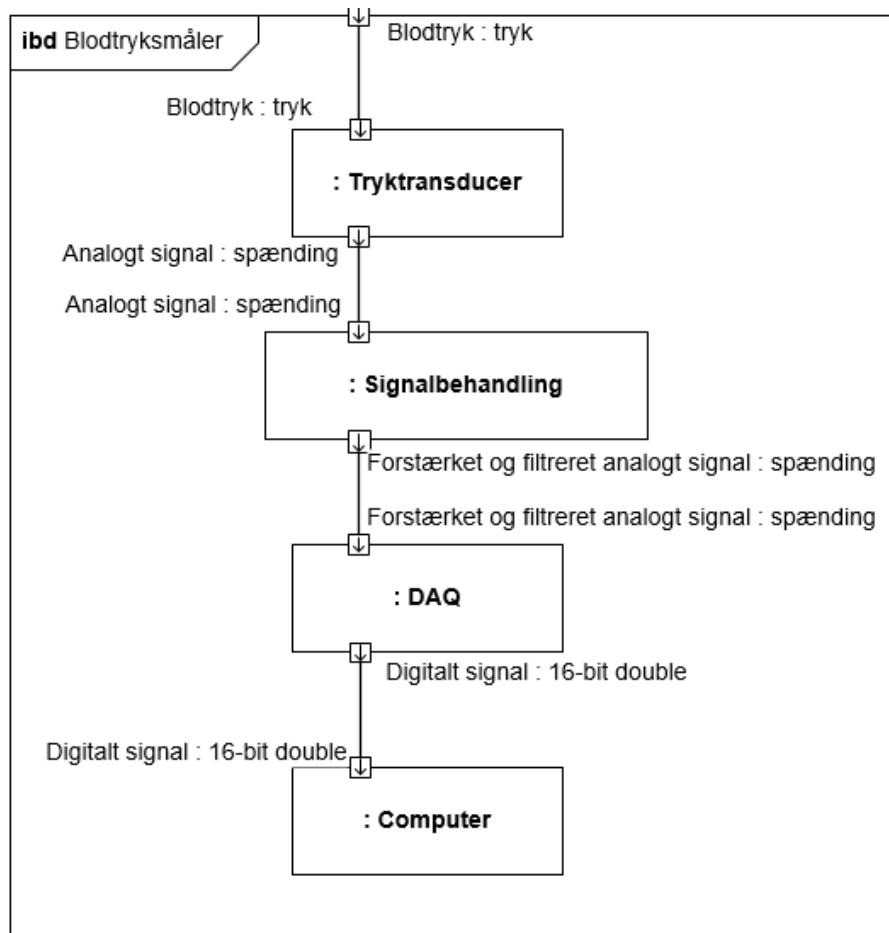
Figur 2.1: BDD

Blok	Beskrivelse
Blodtryksmåler	Det overordnede system, som indeholder Tryktransducer, Signalbehandling, DAQ og Computer.
Tryktransducer	Registrerer en fysisk størrelse i form af en trykændring. Tryktransduceren har til opgave at transformere den fysiske størrelse til en elektrisk spænding, som viderebehandles gennem de resterne hardware blokke.
Signalbehandling	Består af to dele. En forstærkerdel og en filteringsdel. Det analoge signal fra tryktransduceren bliver via denne blok forstærket og filteret.
DAQ	Konverterer det forstærkede og filterede analoge signal til et digitalt signal.
Computer	Indeholder software til systemet, som er kodet i Visual Studio C#. Softwaren kan blandt andet vise det digitale signal grafisk. Softwaren kan ligeledes kalibrere, nulpunktsjustere og gemme målinger samt aktivere og deaktivere filter.

Tabel 2.2: Beskrivelse af blokkene for systemet

### 2.1.2 IBD

På figur 2.2 ses IBD for systemet. IBD viser, hvordan de forskellige hardware blokke interagerer med hinanden. IBD fortæller signalets behandling gennem systemet - altså hvordan signalet transformeres fra et målt fysisk tryk til et digitalt signal, som softwaren kan videre behandle og vise grafisk.



Figur 2.2: IBD

## 2.2 Grænseflader

Kommunikationsprotokol for hardware blokkene ses i tabel 2.3. Det er en beskrivelse og specifikation af hvilket indgang- og udgangssignal, de forskellige hardware blokke har.

Tryktransducerens maximale output,  $V_{max}$ , bestemmes ud fra følgende ligning:

$$V_{max} = P \cdot K \cdot V_+ \quad (2.1)$$

P = Tryk

K = sensitivitet

$V_+$  = indgangsspænding

For systemet er der valgt, at tryktransducerens målbaré område skal ligge i intervallet 0-300 mmHg. Den maksimale udgangsspænding bliver derfor udtrykt fra det maksimale tryk på 300 mmHg, sensitiviteten på 5  $\mu$  og indgangsspændingen på 5 V. Indgangspændingen

kommer reelt fra 9 V batterier, men der er valgt at indsætte en 5 V regulator, så man er sikker på, hvad indgangsspændingen er, da batterier er ustabile.

$$V_{max} = 300 \text{ mmHg} \cdot 5 \mu\text{V} \cdot 5\text{V} \quad (2.2)$$

$$V_{max} = 7,5 \text{ mV} \quad (2.3)$$

Grænseflade	Signal	Type	Format	Værdi
Tryktransducer	Blodtryk	in	Tryk	0 - 300 mmHg
	Analogt	out	Spænding	+/- 7,5 mV
Signalbehandling	Analogt	in	Spænding	+/- 7,5 mV
	Forstærket og filteret analogt	out	Spænding	+/- 10 V
DAQ	Forstærket og filteret analogt	in	Spænding	+/- 10 V
	Digitalt	out	14-bit double	0-5 V
Computer	Digitalt	in	14-bit double	0-5 V

Tabel 2.3: Kommunikationsprotokol

## 2.3 Hardware arkitektur

Herunder er de krævede specifikationer for signalbehandlingsblokken beskrevet. Tryktransducerens beskrives ligeledes, da denne har indflydelse for forstærkerblokkens specifikationer.

### Tryktransducer

Tryktransduceren skal omsætte det fysiske tryk til en elektrisk spænding. Tryktransduceren har en meget høj common mode rejection samt en høj sensitivitet på  $5 \mu\text{V}/\text{V/mmHg}$  +/- 1 %<sup>1</sup>, da de forventede trykændringer er små. Enheden for sensitiviteten angiver hvor mange  $\mu\text{V}$  output, der kommer fra tryktransduceren pr. antal V i tryktransducerens eksitationsspænding pr. mmHg. For at være sikker på, at strømmen igennem wheatestone broen ikke bliver for høj og dermed i sidst ende kan brænder stain-gages af, er der blevet vagt at indsætte en regulator, der omdanner eksitationsspænding fra 9 V batterier til 5 V.

### Forstærkerblok

Forstærkerblokken sørger for, at det meget svage spændingssignal fra tryktransduceren bliver forstærket op til en spænding, der ligger indenfor det måleinterval, der svarer til DAQ'en, som er valgt til +/- 5 V.

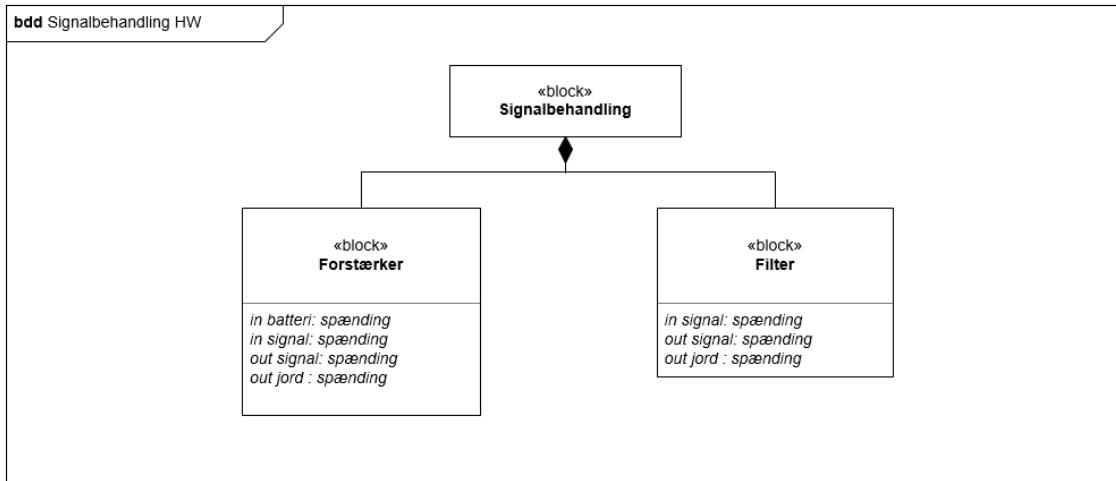
<sup>1</sup>Se datablad for tryktransduceren i bilag

### Filterblok

Filterets formål er at frasortere signalets frekvenser, der er højere end 50 Hz, da disse ikke har nogen relevans for blodtryksignalet. Dette skal realiseres ved et andenordens lavpasfilter.

#### 2.3.1 BDD

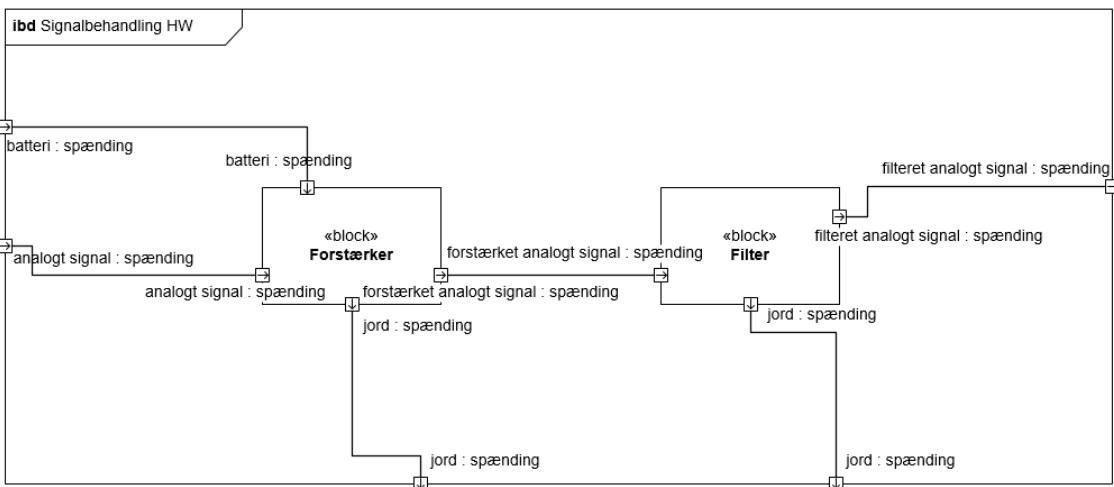
På figur 2.3 ses BDD for signalbehandlingsblokken, hvor forstærkerblokkens og filterblokkens indgangs- og udgangsporte er vist.



Figur 2.3: BDD for Signalbehandling HW

#### 2.3.2 IBD

På figur 2.4 ses IBD for signalbehandlingsblokken. IBD viser, hvordan forstærkerblokken og filterblokken interagerer med hinanden.



Figur 2.4: IBD for Signalbehandling HW

#### 2.3.3 Grænseflader

Grænseflade	Signal	Type	Format	Værdi
Forstærker	Batteri	in	Spænding	+/- 9 V
	Analogt	in	Spænding	+/- 7,5 mV
	Jord	out	Spænding	0 V
	Forstærket analogt	out	Spænding	+/- 5 V
Filter	Forstærket analogt	in	Spænding	+/- 5 V
	Jord	out	Spænding	0 V
	Filteret analogt	out	Spænding	+/- 5 V

Tabel 2.4: Kommunikationsprotokol for Instrumenteringsforstærke

### 2.3.4 Forstærkerblok

#### Specifikationer

- Forstærkningen, Gain, skal forstærke den maksimale inputsspænding, så outputtet bliver 10 V

$$Gain \cdot V_{in} = V_{out} \quad (2.4)$$

$V_{out}$  og  $V_{in}$  er kendt, så Gain isoleres

$$Gain = \frac{V_{out}}{V_{in}} \implies Gain = \frac{5000mV}{7,5mV} \implies Gain = 666,667 \quad (2.5)$$

- Indgangsspænding: +/- 7,5 mV
- Eksitationsspænding: +/- 9 V
- Outputspænding: +/- 5 V
- Minimum en båndbredde på 50 Hz
- Uendelig indgangsimpedans i teorien

### 2.3.5 Filterblok

#### Specifikationer

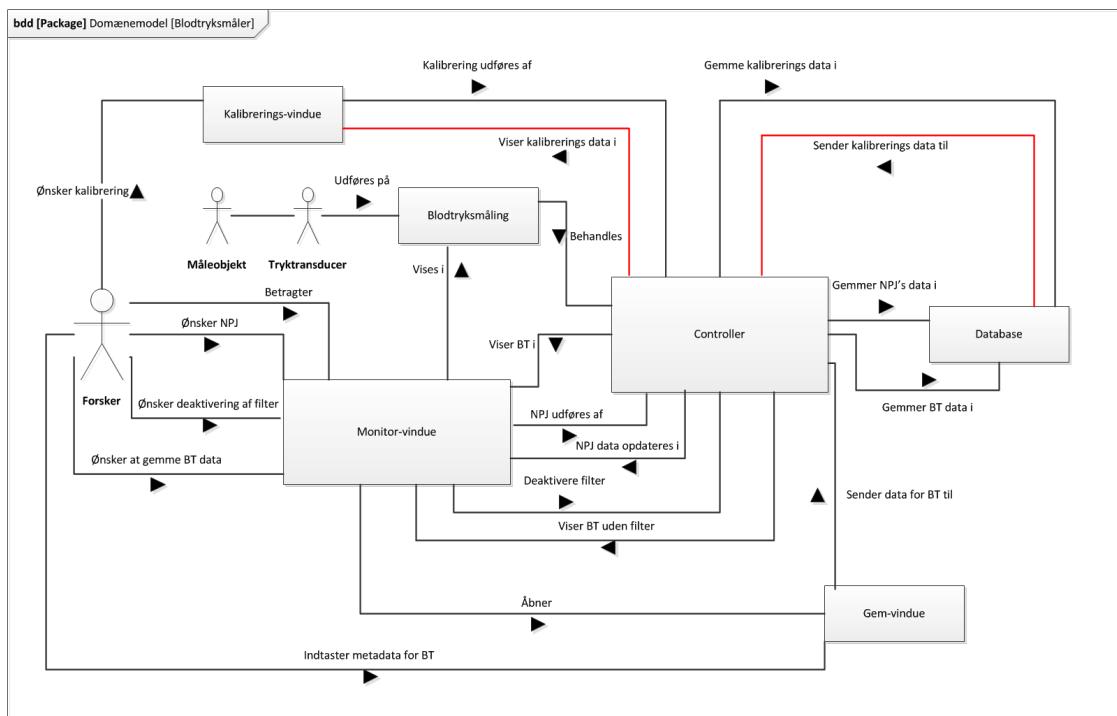
- Andenordens lavpasfilter
- Cutofffrekvens ved 50 Hz
- Unity gain (ingen forstærkning)
- -40 dB ved 500 Hz

- Uendelig indgangsimpedans i teorien
- Indgangsspænding +/- 5 V
- Eksitationsspænding +/- 9 V

## 2.4 Software arkitektur

### 2.4.1 Domænemodel

Domænemodellen er skabt på baggrund af de seks Use Cases og fungerer som et middel til at skabe et samlet overblik over systemet. Gennem navneordsanalyse er de konceptuelle klasser fundet. I modellen beskrives, hvordan de konceptuelle klasser og aktører interagerer med hinanden. Controlleren er ikke en konceptuel klasse, men det er den, der sørger for at systemet fungerer optimalt, og udfører kommandoer.



Figur 2.5: Domænemodel for blodtryksmålersystemet

NPJ = nulpunktsjustering

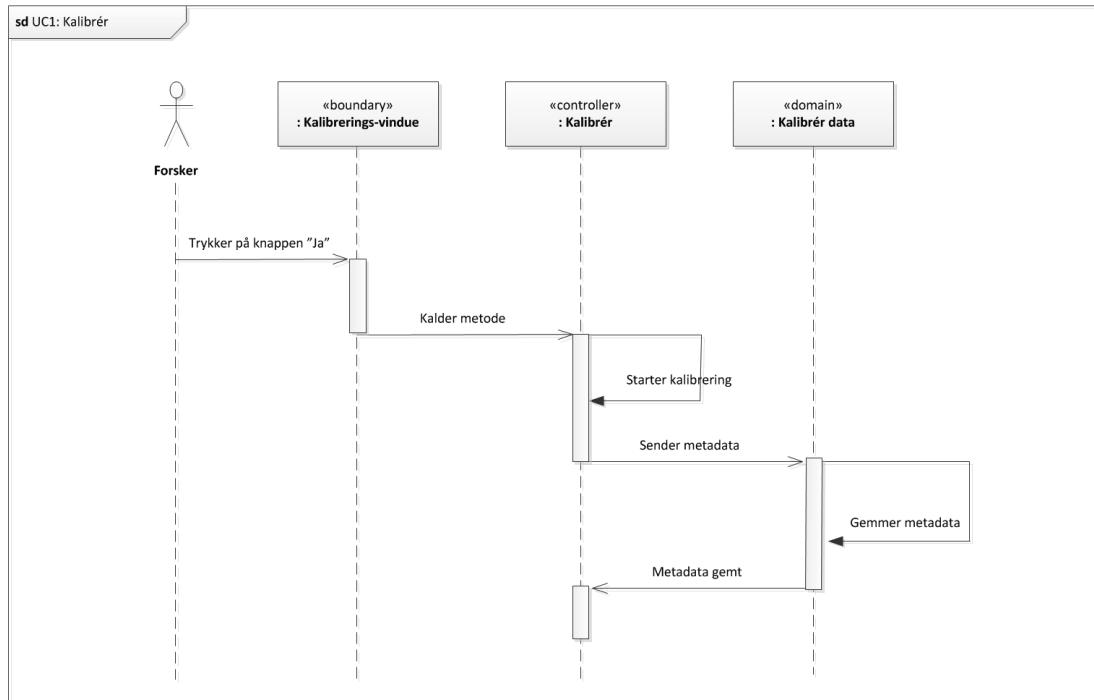
BT = blodtryksmåling

I domænemodellen ses to røde streger, som har hver deres kommando – ”kalibrerings data bliver sendt fra database” og ”vises i kalibrerings-vinduet”. Årsagen til at stregerne er røde, er, at hver af de to handlinger udelukkende forekommer ved start/genstart af programmet.

## 2.4.2 Applikationsmodel

### Sekvensdiagram

Sekvensdiagrammerne beskriver step-by-step, via metoder, forløbet i de forskellige Use Cases. Der er lavet et sekvensdiagram for hver Use Case, for at gøre systemet mere overskueligt. Et sekvensdiagram består af boundary-klasserne og domain-klasserne fra domænemodellen, samt en controller-klasse, med navn efter den specifikke Use Case.



Figur 2.6: Sekvensdiagram for UC1

Forsker interagerer med Monitorvindue. Kalibreringsmetoden bliver kaldt, når Forsker trykker på knappen ”Ja”. Derefter igangsættes kalibreringen og kalibrerings tidspunkt og værdi sendes og gemmes i databasen.



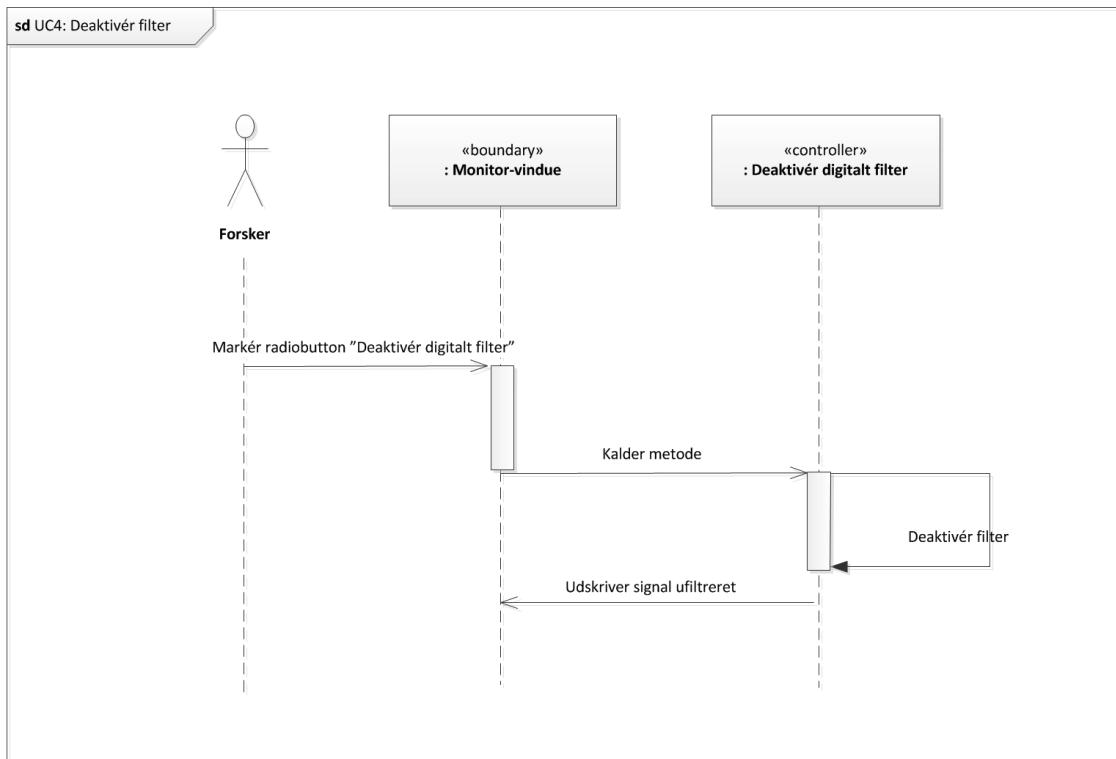
Figur 2.7: Sekvensdiagram for UC2

Controller henter data fra Tryktransducer, som henter data i form af tryk fra måleobjekt. Datafilerne sendes fra Måleobjekt via Tryktransducer tilbage til Controller, der kalder metoden. Monitorvindue opdateres, og herefter kan Forsker aflæse blodtryk.



Figur 2.8: Sekvensdiagram for UC3

Forsker interagerer med Monitorvindue ved at trykke på knappen ”Nulpunktsjustér”. Derefter kaldes metoden, og nulpunktsjusteringen startes. Tidspunktet og værdien for nulpunktsjusteringen sendes og gemmes i databasen, hvorefter Forsker får besked om, at nulpunktsjusteringen er foretaget.



Figur 2.9: Sekvensdiagram for UC4

Forsker interagerer med Monitorvindue ved at markere i radiobutton ”Deaktivér digitalt filter”. Derefter kaldes metoden, og filteret deaktiveres, hvorefter signalet bliver udskrevet ufiltreret.



Figur 2.10: Sekvensdiagram for UC5

Forsker interagerer med Monitorvindue ved at markere i radiobutton ”Aktivér digitalt filter”. Derefter kaldes metoden, og filteret aktiveres, hvorefter signalet bliver udskrevet filtreret.



Figur 2.11: Sekvensdiagram for UC6

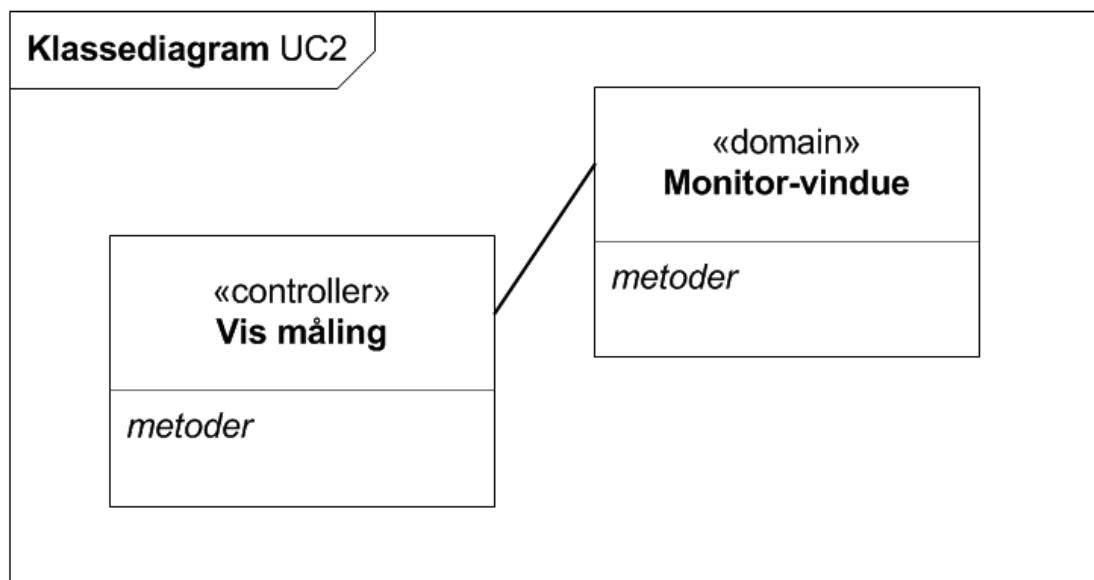
Forsker interagerer med Monitorvindue ved at trykke på knappen "Gem". Derefter kaldes metoden og Gem-vinduet åbnes. Første gang Forsker ønsker at gemme, indtastes data om målingen og der trykkes på knappen "OK". Kommando sendes og data gemmes. De efterfølgende gange, der ønskes at gemme, er data udfyldt fra første gang, og der trykkes blot på "OK", hvorefter kommandoen sendes. Data gemmes og Gem vinduet lukkes. Controller bekræfter til Monitorvindue, at data er gemt.

### Opdateret klassediagram

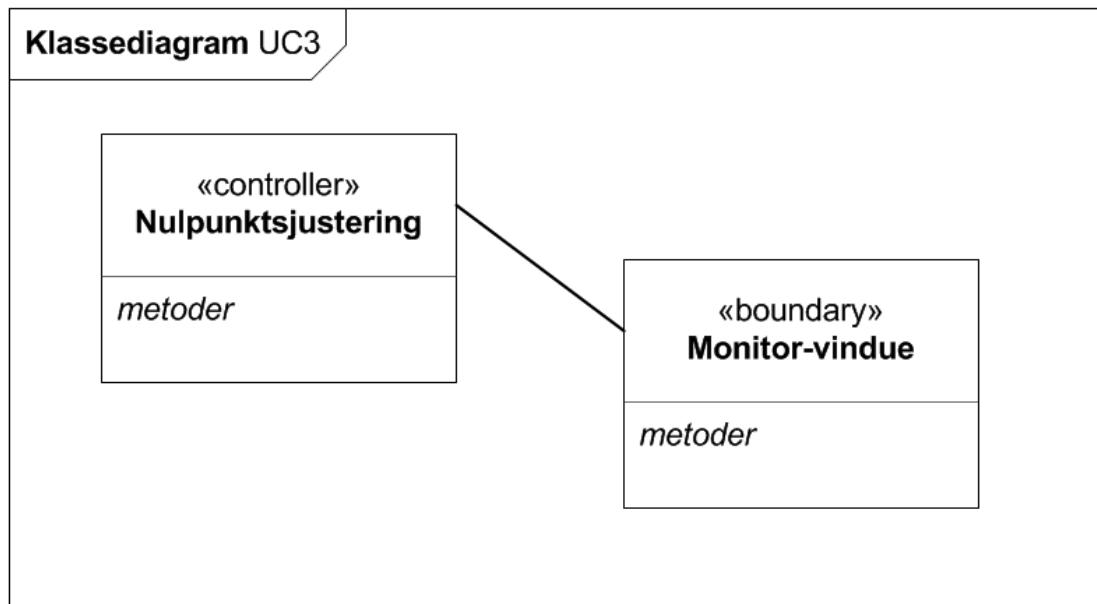
De opdateret klassediagrammer indeholder metoderne fra de dertilhørende sekvensdiagrammer - dette giver et overblik over, hvilke metoder de forskellige klasser består af.



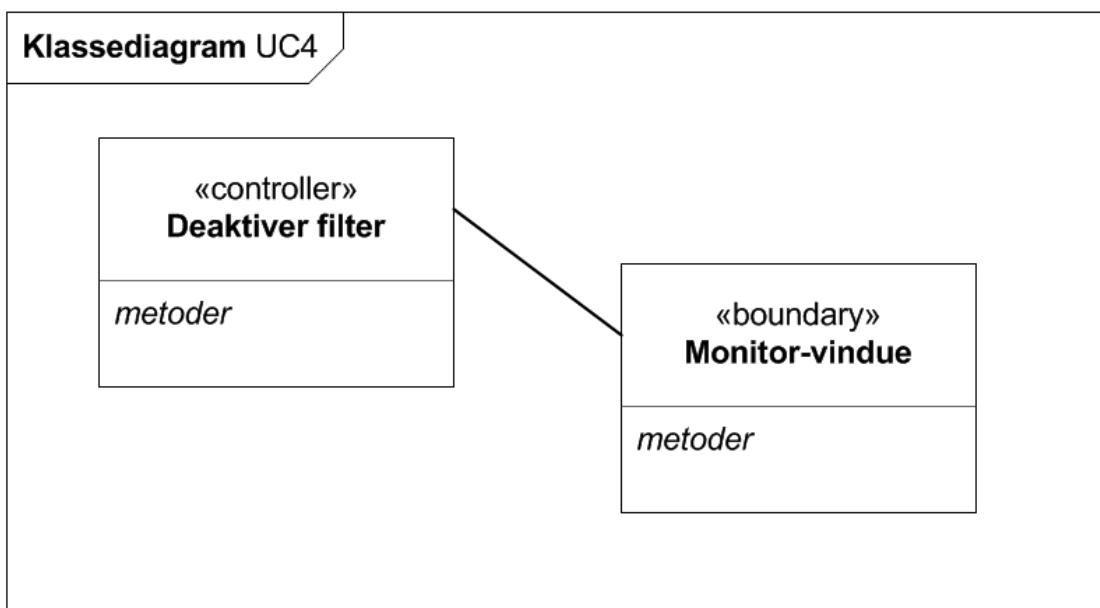
Figur 2.12: Klassediagram for UC1



Figur 2.13: Klassediagram for UC2



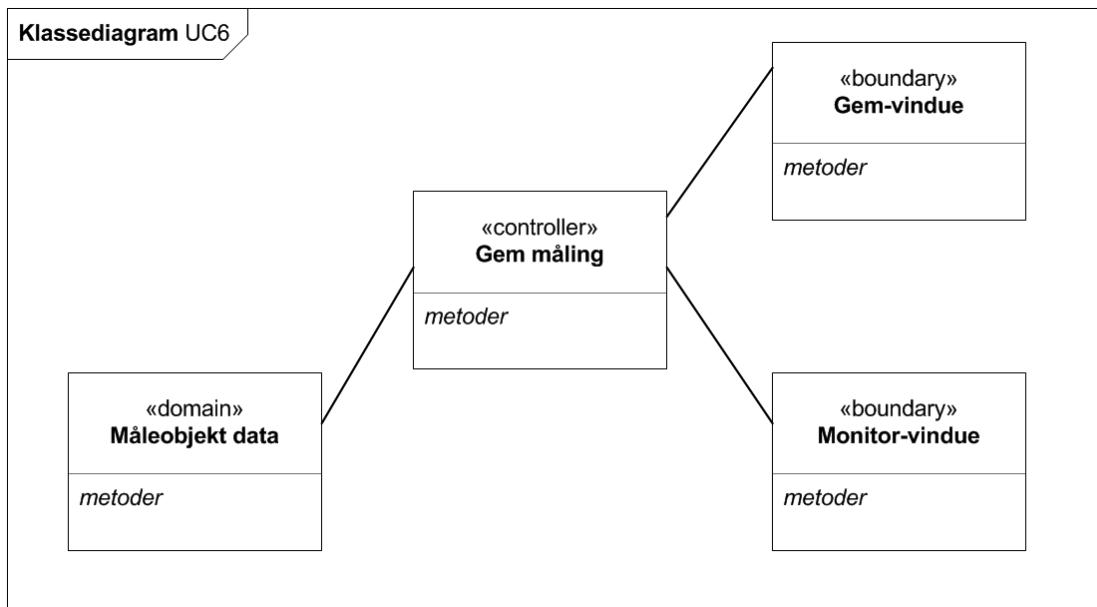
Figur 2.14: Klassediagram for UC3



Figur 2.15: Klassediagram for UC4



Figur 2.16: Klassediagram for UC5



Figur 2.17: Klassediagram for UC6

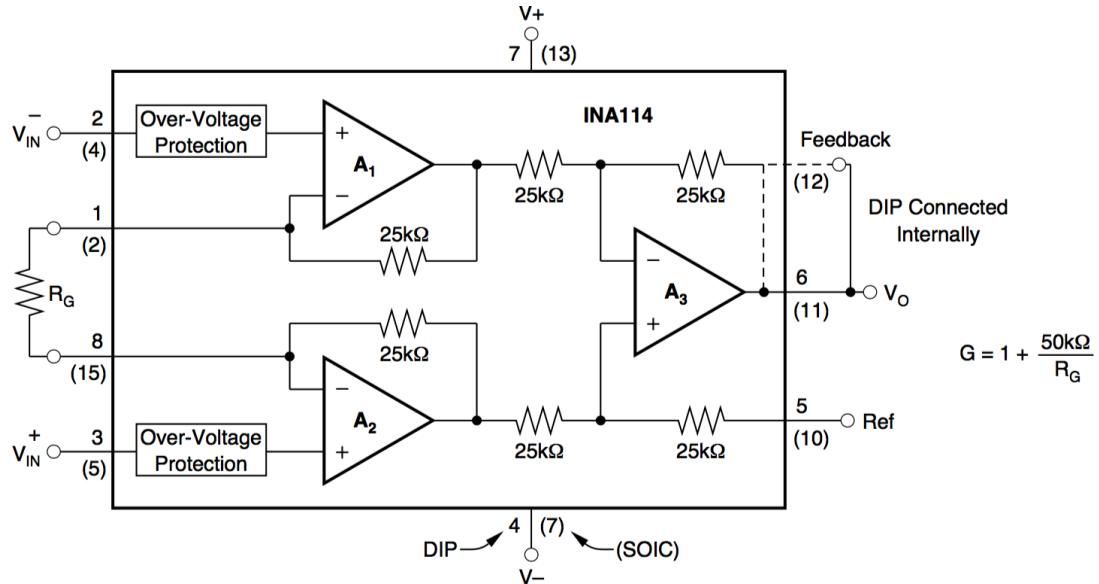
# HW implementering og test

3

## 3.1 Implementering

### 3.1.1 Forstærkerblok

Som forstærkerblok anvendes INA114, se Figur 3.1. Denne har den fordel, at gain kan kontrolleres af en variabel modstand (potentiometer),  $R_G$ .



Figur 3.1: INA114

INA114 er blevet udleveret som én komponent. Den sorte boks på Figur 3.1 viser, hvilke komponenter INA114 indeholder. Det ses også, at  $R_G$  er placeret udenfor den sorte boks, hvilket betyder, at det er en variabel modstand, der skal tilkobles INA114.

### Forstærkning

Forstærkningen, Gain, skal forstærke den maksimale inputsspænding fra tryktransduceren, så outputtet bliver 5 V, hvilket er det interval, der er valgt for DAQ'en. Udregningen for forstærkning kan ses i ligning (2.4) til (2.5).

$$\text{Gain} = 666,667 \quad (3.1)$$

## Båndbredde

For INA114 er produktet af båndbredden og forstærkningen en konstant på 1.000.000<sup>1</sup>. Båndbredden for denne forstærkerblok, hvor gain er 1333,33, er

$$Gain \cdot BW = 1.000.000 \implies BW = \frac{1.000.000}{666,667} \implies BW = 1500\text{Hz} \quad (3.2)$$

Båndbredden er større end 50 Hz, som var det, båndbredden mindst skulle være.

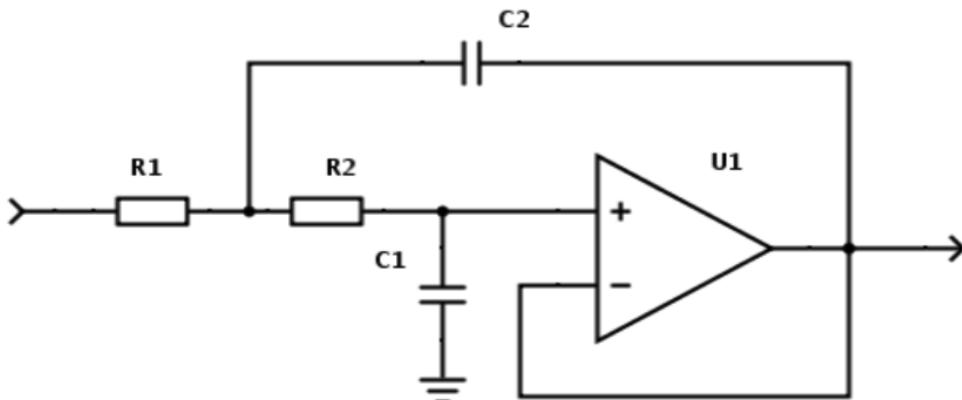
## Gainmodstand

Gainmodstanden,  $R_G$  er en variabel modstand, der bestemmer forstærkningen i INA114. INA114 skal have en gain på 666,667. Ud fra ligning (3.3) kan  $R_G$  isoleres og beregnes.

$$Gain = 1 + \frac{50k\Omega}{R_g} \implies R_g = \frac{50k\Omega}{Gain - 1} \implies R_g = \frac{50k\Omega}{666,667 - 1} \implies R_g = 75\Omega \quad (3.3)$$

## 3.2 Filterblok

Som filter anvendes et Sallen Key lavpasfilter med unity gain.



Figur 3.2: Sallen Key lavpasfilter

### 3.2.1 Beregning af komponentværdier

Ud fra overføringsfunktion for filteret kan de forskellige komponentværdier beregnes.

---

<sup>1</sup>Se datablad for INA114 s. 2 i bilag

### Overføringsfunktion

$$\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{\frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}}{s^2 + \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 C_2} + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (3.4)$$

### Standardform

$$\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{w_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + w_n^2} \quad (3.5)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (3.6)$$

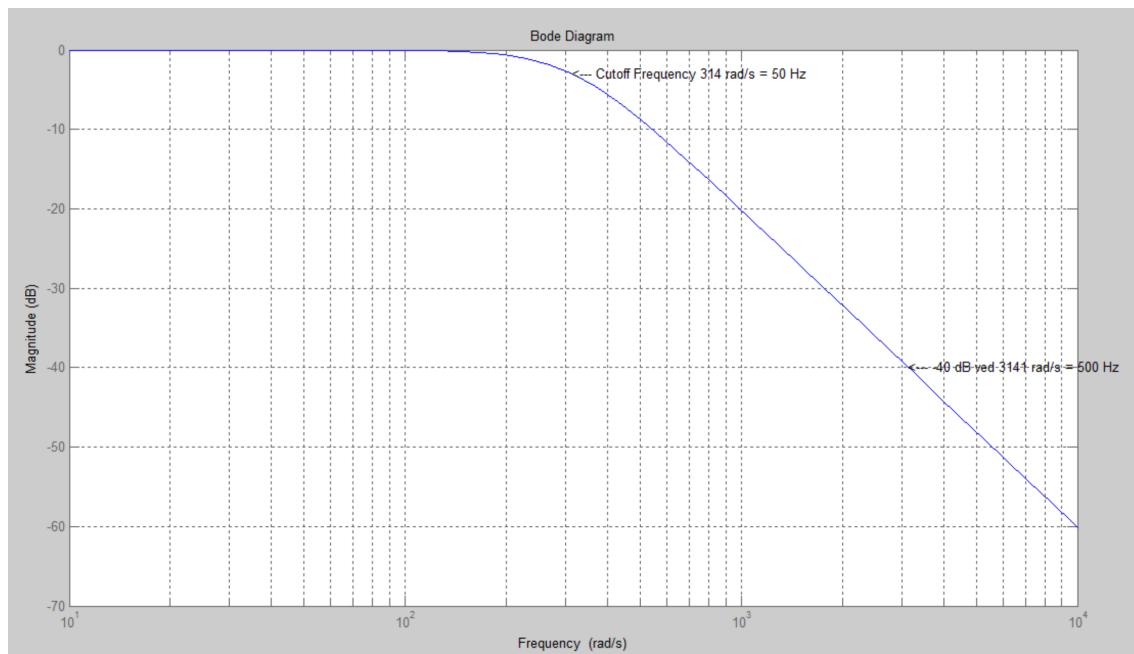
Kondensatoren, C2, skal være 680 nF og kondensatoren, C1, bestemmes til 340 nF, da denne kondensator kunne realiseres ud fra det, der var til rådighed. Der benyttes en kondensator på 330 nF og 10 nF til den realisering. Modstandene R1 og R2 skal være samme værdi, R = R1 = R2

$$50 * 2\pi = \sqrt{\frac{1}{R * 340 * 10^{-9} * 680 * 10^{-9}}} \implies \text{Solve, } R \implies R = 6620\Omega \quad (3.7)$$

Ved realiseringen af de to modstande vælge 3k $\Omega$  og 3.6k $\Omega$ .

### Magnitude Bodeplot

Bodeplottet i Figur 3.3 viser, at ved -3 dB, hvor cutofffrekvensen befinner sig er frekvensen 50 Hz, som var et krav. Det ses også, at grafen er faldet med 40 dB en dekade efter, 500 Hz, som også var et krav.



Figur 3.3: Magnitude Bodeplot Lavpasfilter

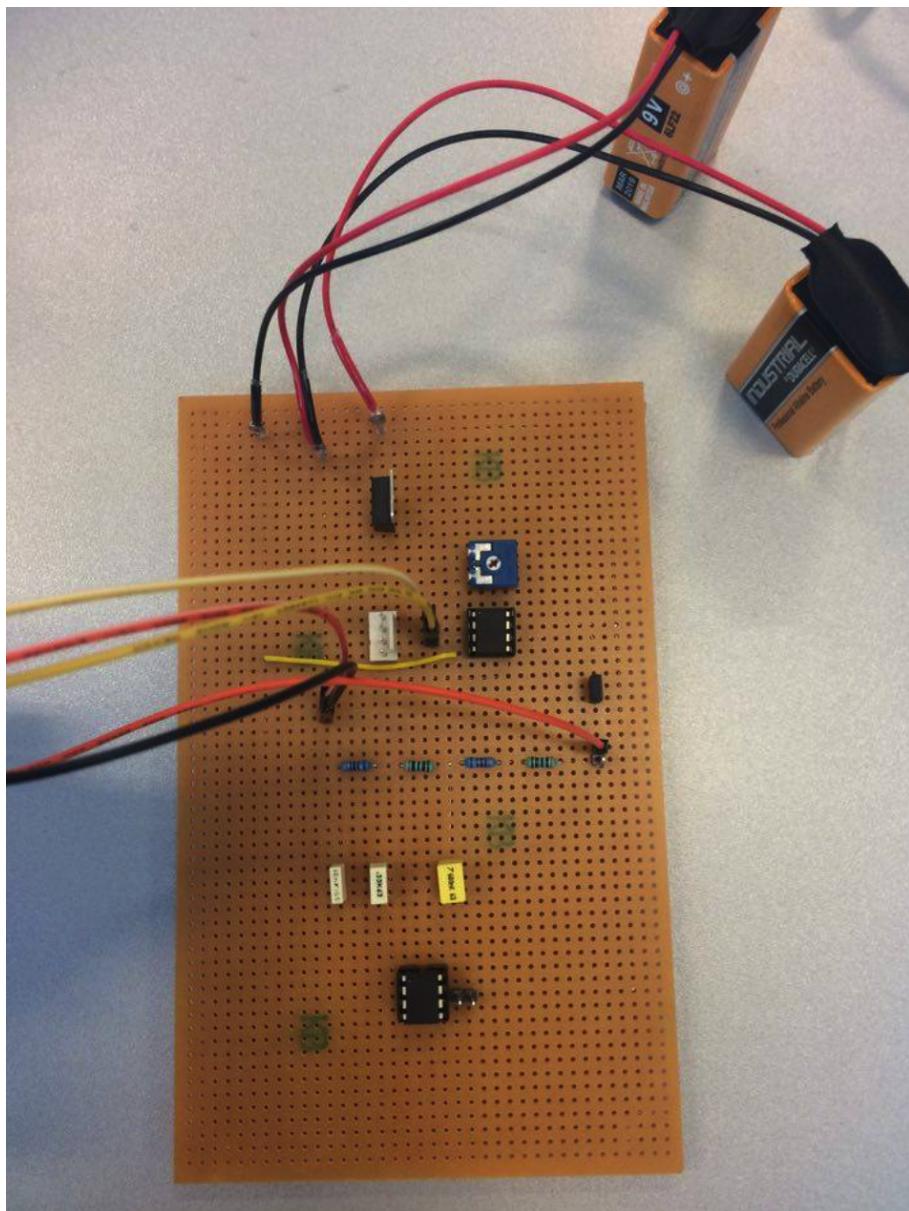
### 3.3 Test

Forstærkeren og filteret testes via Analog Discovery & Waveforms. De testes både hver for sig og sidst sammen som signalbehandlingsblok.

Signalbehandlingsblokken testes også, hvor det er tryktransduceren, der leverer spændingen. Dette gøres via en vandsøje, hvor der skabes et tryk, som tryktransduceren transformere til en elektrisk spænding.

#### 3.3.1 Test af forstærkerblok

Testopstillingen kan ses på Figur 3.4.



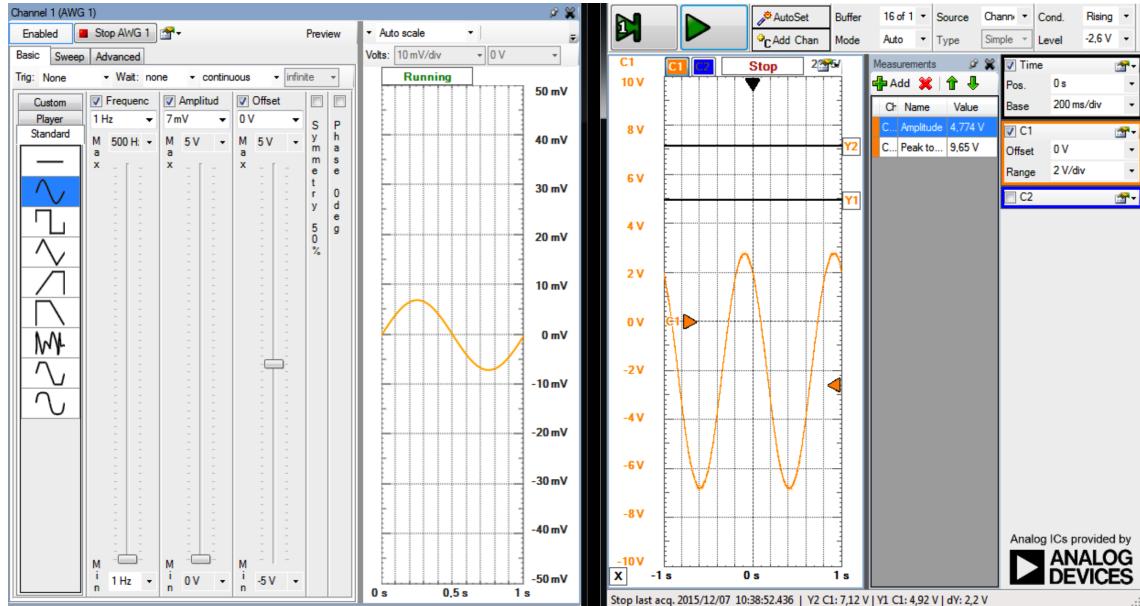
Figur 3.4: Testopstilling for forstærkeren

Der ønskes, at ved en indgangsspænding på 7,5 mV vil outputsspændingen være forstørket op til 5 V. Der kunne ikke påtrykkes en spænding på 7,5 mV, men istedet med 7 mV.

Outputsspændingen ved 7 mV er

$$7mV \cdot 666,667 = 4,7V \quad (3.8)$$

Dette ser, at være det samme, når man tester forstærkeren, se figur 3.5.

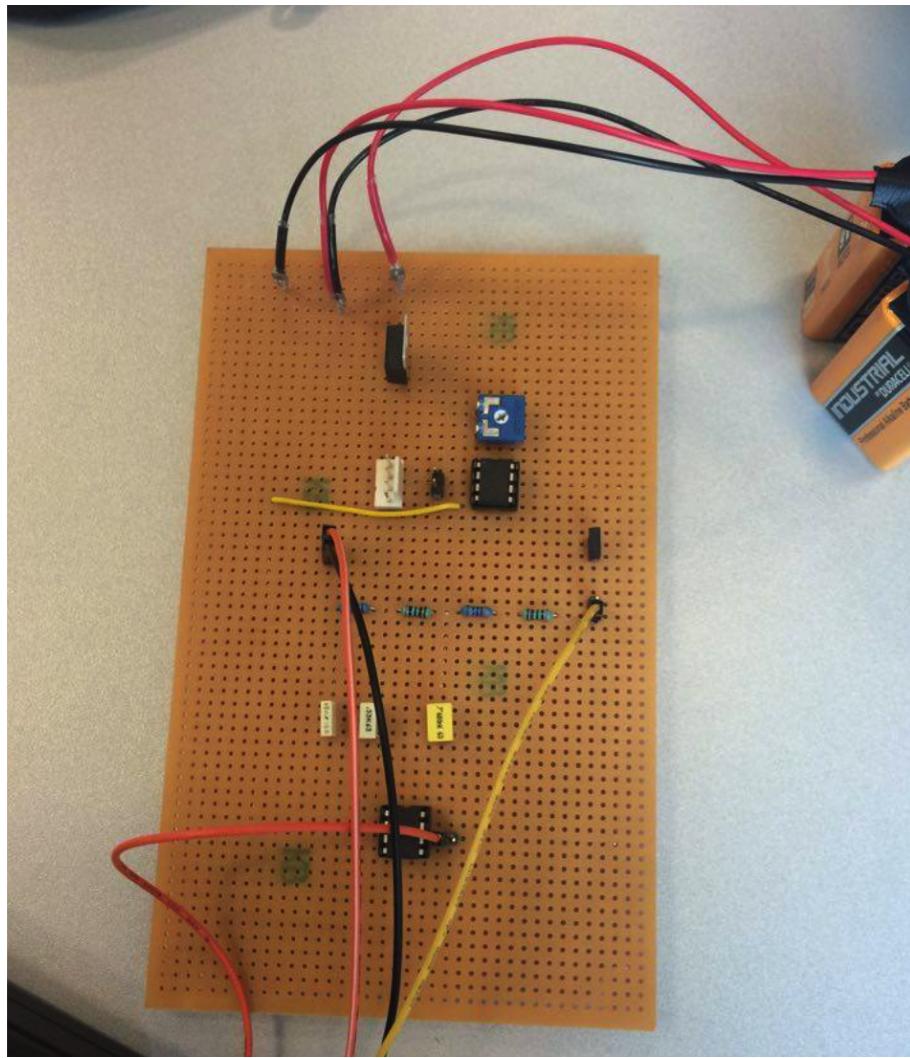


Figur 3.5: Forstærker respons ved 7 mV

### 3.3.2 Test af filterblok

Testen af filteret foretaget, hvor der påtrykkes en AC spænding på 5 V, hvor frekvensen varieres imellem 1 Hz, 50 Hz og 500 Hz.

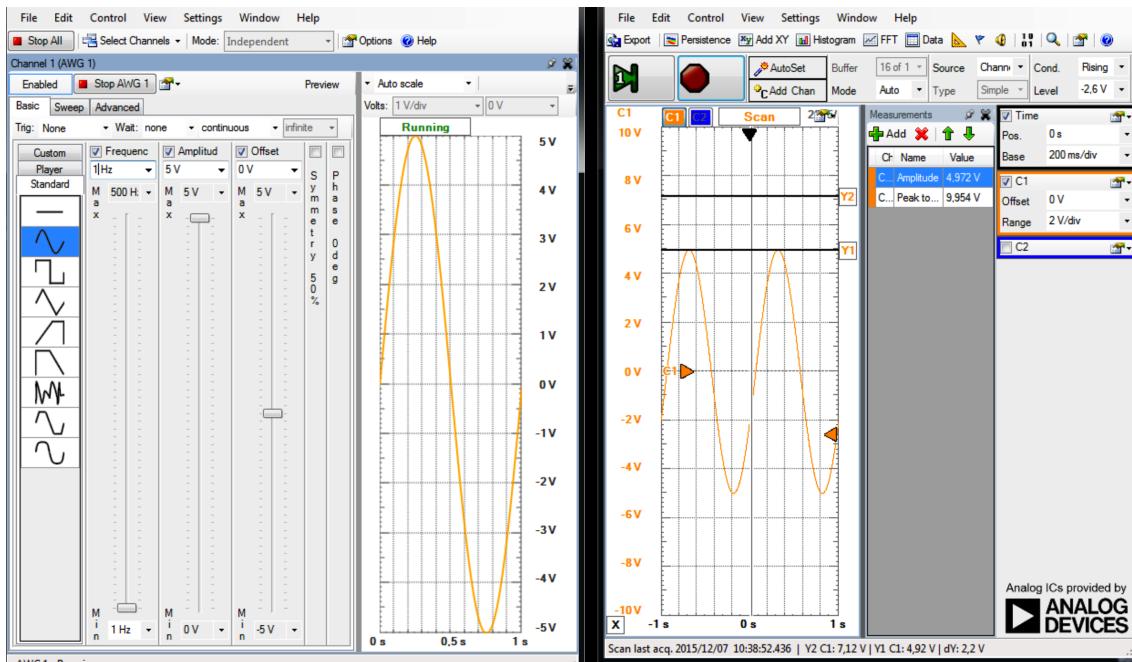
Testopstillingen ses på Figur 3.6.



Figur 3.6: Testopstilling af filteret

Channel 1 er indgangsspændingen og viser den varierende frekvens. Ændringen ses i venstre side af efterfølgende skærbilleder. Oscilloskopet måler udgangsspændingen på filteret og resultatet vises i højre side af efterfølgende skærbilleder.

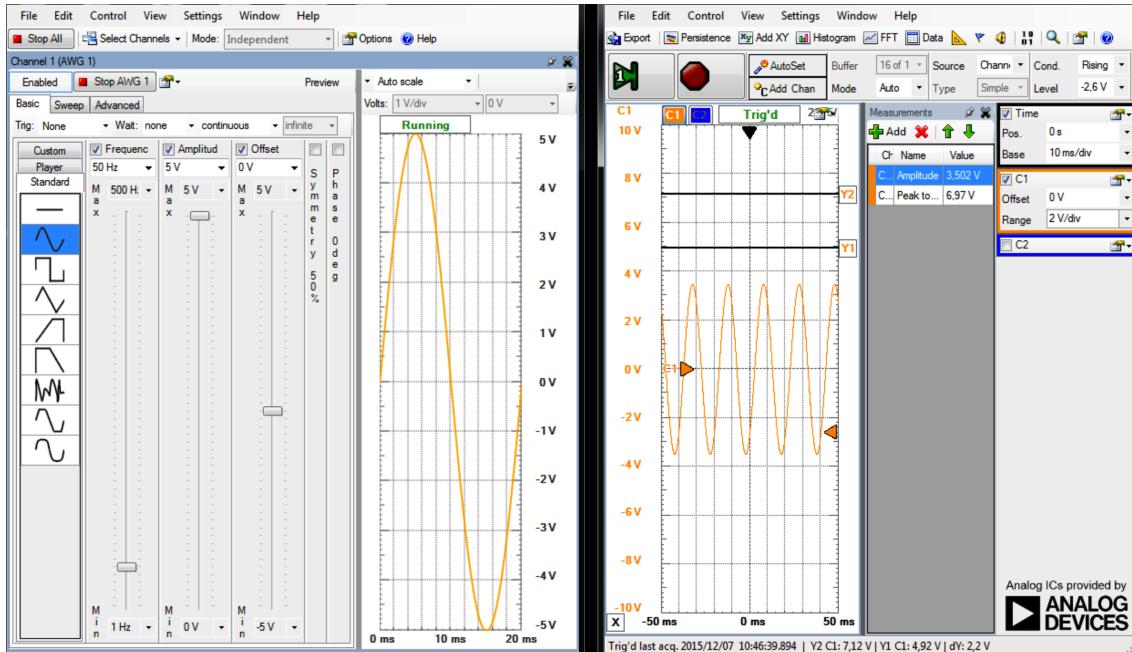
### Filtering ved 1 Hz



Figur 3.7: Lavpasfilter respons 1 Hz

På figur 3.7 ses det, at indgangsspændingen og outputspændingen er den samme - 5 V ca. Dette er også det ønskede resultat, da filteret er et lavpasfilter, der er designet til at lukke de lave frekvenser igennem indtil 50 Hz.

### Filtering ved 50 Hz



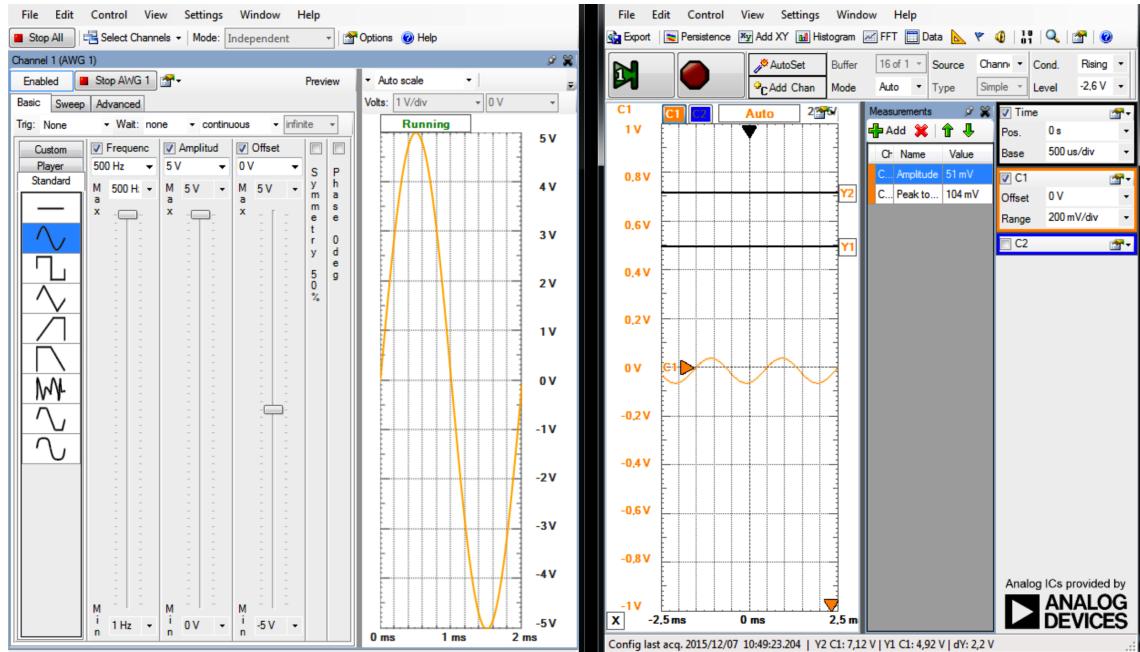
Figur 3.8: Lavpasfilter respons 50 Hz

Ved 50 Hz, som er filteret cutofffrekvens, skal indgangsspændingen være dæmpet med 3 dB efter filteringen. I ligningen (3.9) beregnes, hvad outputspændingen er efter en dæmpning med 3 dB.

$$3dB = 20 \cdot \log(x) \Rightarrow x = 0,707 \Rightarrow outputspnding = 5V \cdot 0,707 \Rightarrow outputspnding = 3,535V \quad (3.9)$$

På Figur 3.8 ses, at det i praksis er 3,502 V, hvilket der er acceptabelt.

### Filtering ved 500 Hz



Figur 3.9: Lavpasfilter respons 500 Hz

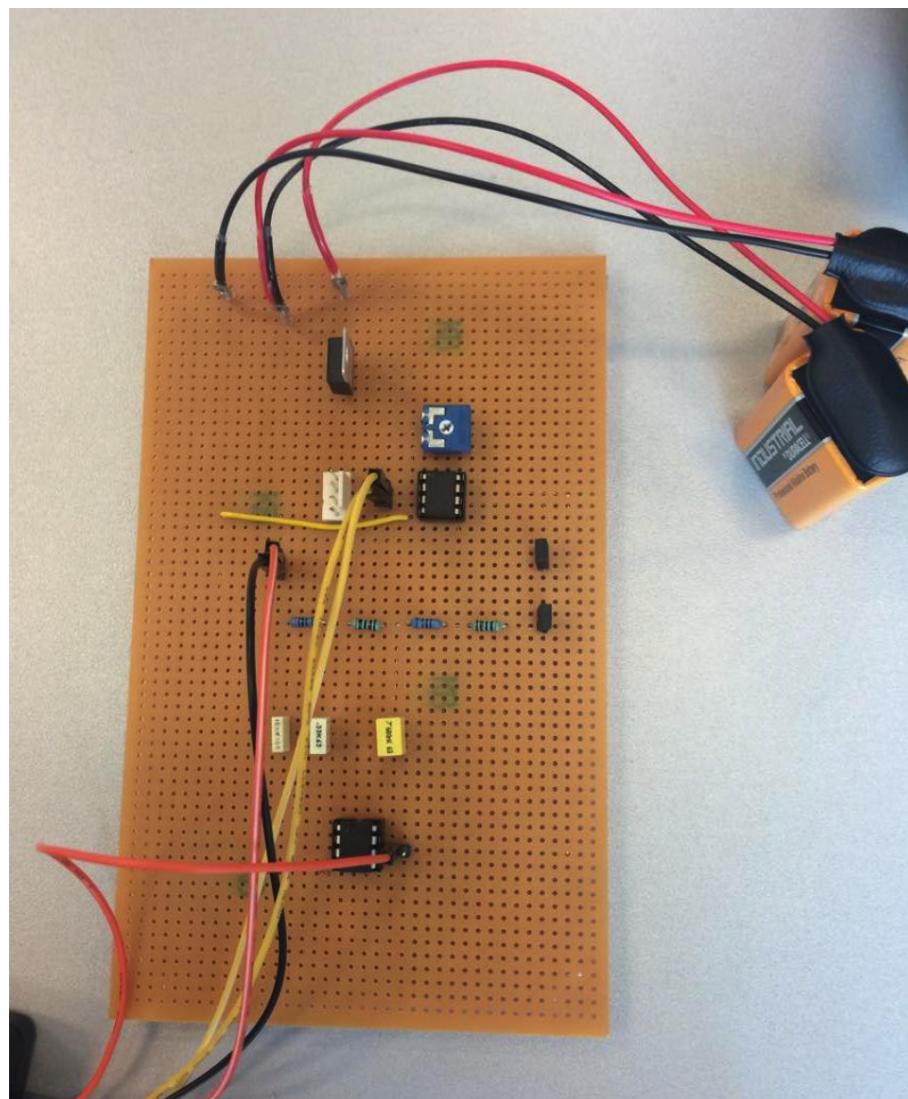
Her forventes, der en dæmpning med 40 dB, da det er et andenordens lavpasfilter, og 500 Hz er en dekade efter cutofffrekvensen. I ligning (3.10) ses beregningen, hvad outputspændingen er efter en dæmpning på 40 dB.

$$40dB = 20 \cdot \log(x) \Rightarrow x = 0,01 \Rightarrow outputspnding = 5V \cdot 0,01 \Rightarrow outputspnding = 0,05V \quad (3.10)$$

På Figur 3.9 ses, at det i praksis er 51 mV. Det omregnes til 0,051 V, hvilket er acceptabelt i forhold til teorien.

#### 3.3.3 Test af signalbehandlingblok

Testopstillingen ses på Figur 3.10.



Figur 3.10: Testopstilling af signalbehandlingblok

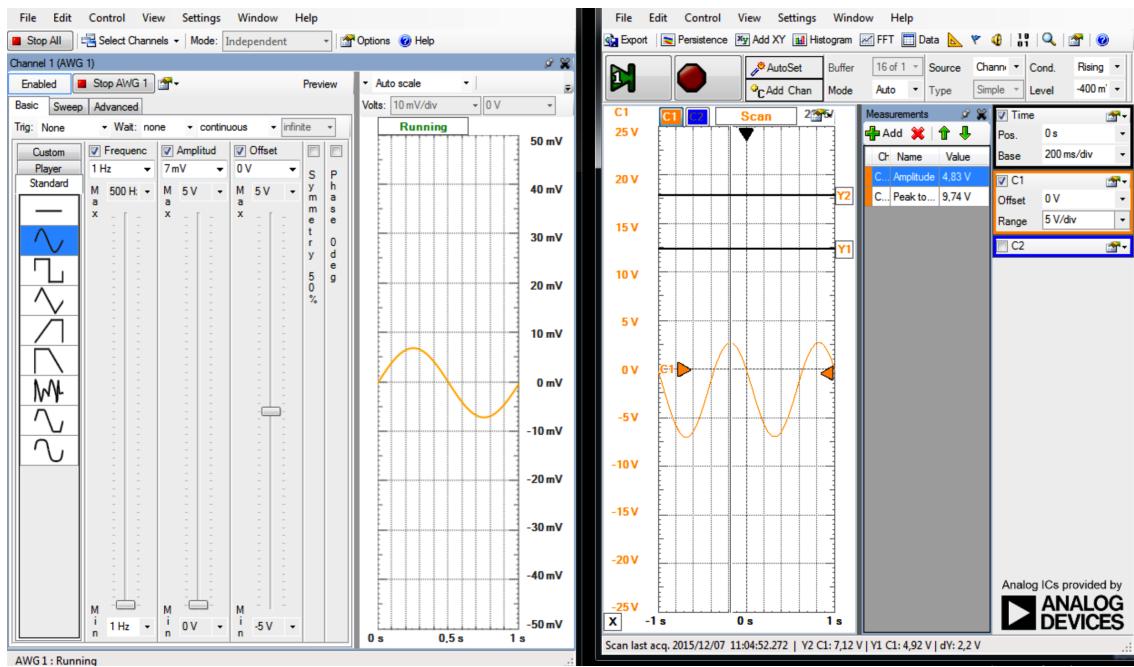
Der laves tre forskellige tests, hvor frekvensen varieres mellem 1 Hz, 50 Hz og 500 Hz. Indgangsspændingen er i alle tests 13 mV.

#### Test ved 1 Hz

På Figur 3.11 ses resultatet ved 1 Hz. Der forventes, at forstærkeren har forstærket signalet op til 5 V samt at filteret ikke har påvirket outputtet, da frekvensen er under 50 Hz, som er filteret cutoffrekvens.

I praksis er det lig med 4,83 V - hvilket er acceptabelt.

## 3. HW implementering og test

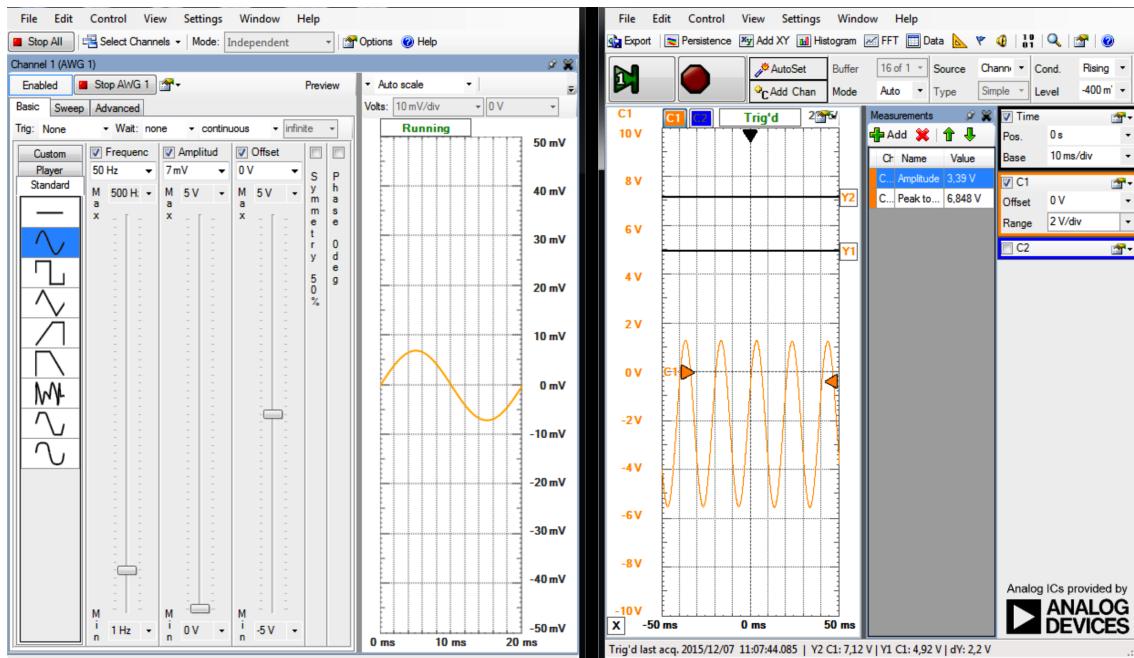


Figur 3.11: Signalbehandling respons 1 Hz

## Test ved 50 Hz

På Figur 3.12 ses resultatet ved 50 Hz. Der forventes, at forstærkeren har forstærket signalet op til 5 V samt at filteret har dæmpet outputspændingen med 3 dB, så outputspændingen er lig med 3,39 V.

I praksis er det lig med 3,39 V - hvilket er acceptabelt.

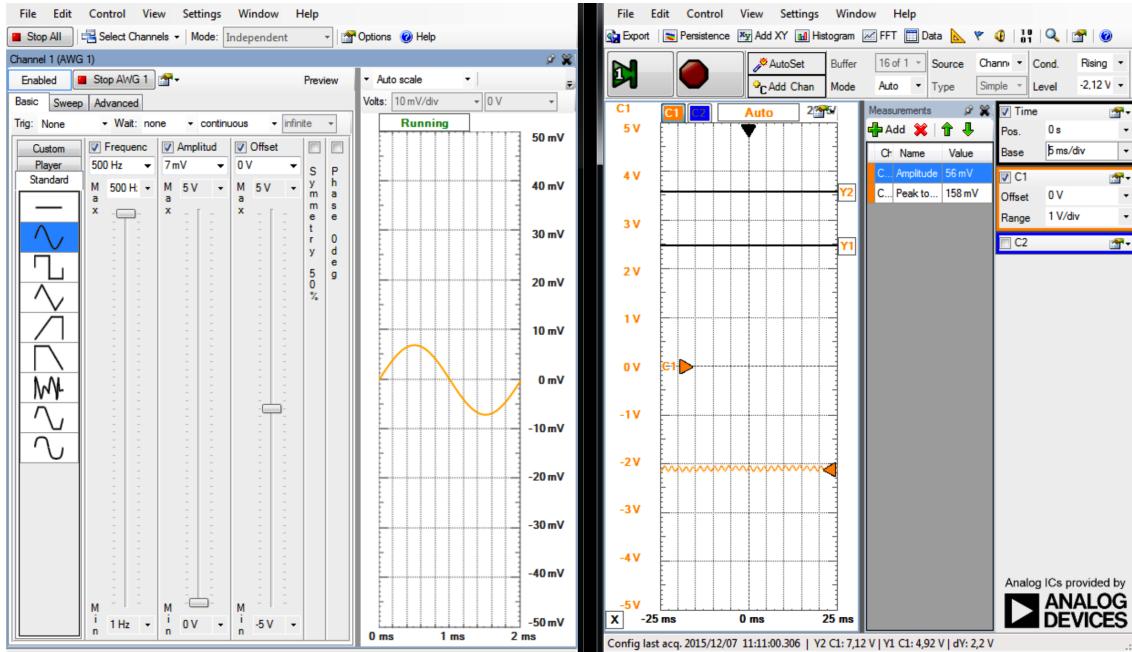


Figur 3.12: Signalbehandling respons 50 Hz

### Test ved 500 Hz

På Figur 3.13 ses resultatet ved 500 Hz. Der forventes, at forstærkeren har forstærket signalet op til 5 V samt at filteret har dæmpet outputspændingen med 40 dB, så outputspændingen er lig med 0,05 V.

I praksis er det lig med 0,056 V - hvilket er acceptabelt.



Figur 3.13: Signalbehanlding respons 500 Hz



# **SW implementering og test** 4

---



# Accepttest 5

## Versionshistorik

Version	Dato	Ansvarlig	Beskrivelse
1.0	30-09-2015	Alle	Første udkast. Klar til Review
2.0	08-10-2015	Alle	Rettelser efter review møde

## 5.1 Accepttest af Use Cases

### 5.1.1 Use Case 1

#### Kalibrér

Test	Forventet resultat	Faktiske observationer	Godkendt
<i>Hovedforløb</i>			
1. Start system	Kalibrering-vinduet og seneste kalibreringstidspunkt vises		
2. Indtast kalibreringsdata	Der kan indtastes kalibreringsdata i de forskellige tekstbokse		
3. Udfør kalibrering	System kalibrerer og bekræfter fuldført kalibrering		
<i>Undtagelse</i>			
1a. Ønsker ikke kalibrering	Kalibrering-vinduet lukkes ned		
2a. Kalibreringsdata er ugyldige	System informerer om ugyldige kalibreringsdata		

*Tabel 5.2: Accepttest af Use Case 1.*

### 5.1.2 Use Case 2

#### Vis måling med digitalt filter

Test	Forventet resultat	Faktiske observationer	Godkendt
<i>Hovedforløb</i>			
1. System viser Monitor-vinduet	Blodtryksignal samt Systole-, Diastole- og pulsværdier udskrives i Monitor-vinduet		
<i>Undtagelse</i>			

*Tabel 5.3: Accepttest af Use Case 2.*

### 5.1.3 Use Case 3

#### Nulpunktsjustér

Test	Forventet resultat	Faktiske observationer	Godkendt
<i>Hovedforløb</i>			
1. Udfør nulpunktsjustering	System nulpunktsjusterer og bekræfter fuldført nulpunktsjustering. Tidsstempel opdateres		
<i>Undtagelser</i>			

*Tabel 5.4: Accepttest af Use Case 3.*

### 5.1.4 Use Case 4

#### Deaktivér filter

Test	Forventet resultat	Faktiske observationer	Godkendt
<i>Hovedforløb</i>			
1. Deaktivér digitalt filter	Digital filter deaktiveres og det ufiltrerede blodtryksignal udskrives i Monitor-vinduet		
<i>Undtagelser</i>			

Tabel 5.5: Accepttest af Use Case 4.

### 5.1.5 Use Case 5

#### Aktivér filter

Test	Forventet resultat	Faktiske observationer	Godkendt
<i>Hovedforløb</i>			
1. Aktivér digitalt filter	Digitalt filter aktiveres og det filtrerede blodtrykssignal udskrives i Monitor-vinduet		
<i>Undtagelser</i>			

Tabel 5.6: Accepttest af Use Case 5.

### 5.1.6 Use Case 6

#### Gem måling

Test	Forventet resultat	Faktiske observationer	Godkendt
<i>Hovedforløb</i>			

1. Skriv kommentar og fastsæt maximum længde for måling i Moniter-vinduet
 

Kommentar og dret maximum længde for måling vises i Monitor-vinduet
  2. Igangsæt optagelse af måling
 

Optagelse af måling igangsættes
  3. Stop optagelse af måling
 

Optagelse af måling stoppes og Gem-vinduet åbnes
  4. Indtast metadata
 

Datafelterne udfyldes
  5. Tryk på "OK"-knappen
 

System gemmer og bekræfter at data er gemt i Monitor-vinduet
- 

#### *Undtagelser*

---

- 3a. Stop optagelse af måling
 

System gemmer og Monitor-vinduet bekræfter at data er gemt
- 

Tabel 5.7: Accepttest af Use Case 6.

## 5.2 Accepttest af ikke-funktionelle krav

Ikke-funktionelt krav	Test/handling	Forventet resultat	Faktiske observationer	Godkendt
<i>Functionality</i>				
System skal kunne vise et kontinuerligt blodtryksignal i Monitor-vinduet	Der ses om GUI'en viser et kontinuerligt blodtrykssignal blodtrykssignal	System viser et kontinuerligt blodtrykssignal		

System skal kunne vise Systole-, Diastole- og Pulsværdier med op til tre cifre	Der ses om GUI'en indeholder Systole-, Diastole- og Pulsværdier med op til tre cifre
System skal kunne vise et blodtrykssignal med og uden et digitalt filter	Der ses om GUI'en kan vise et blodtrykssignal med og uden digitalt filter
System skal kunne nulpunktsjustere blodtryksignalet	Der ses i GUI'en om blodtrykssignalet kan nulpunktsjusteres
System skal kunne gemme en blodtryksmåling i en database	Der trykkes på "Gem"-knappen i Monitor-vinduet og der indtastes gyldige værdier i Gem-vinduet og trykkes på "OK"-knappen
System skal kunne kalibreres	Der trykkes på "Ja"-knappen i kalibrering-vinduet
<i>Usability</i>	
Monitor-vinduet skal indeholde en "Gem"-knap	Der ses i Monitor-vinduet om der er en "Gem"-knap
Monitor-vinduet skal indeholde en "Nulpunktsjustér"-knap	Der ses i Monitor-vinduet om der er en "Nulpunktsjustér"-knap

Monitor-vinduet skal indeholde et tidsstempel for seneste nulpunktsjustering	Der ses i Monitor-vinduet, om der er et tidsstempel for seneste nulpunktsjustering	Der er et tidsstempel for vinduet, om seneste nul-der er et tidsstempel for seneste nul-punktsjustering
Monitor-vinduet skal indeholde to radiobuttons til aktivering og deaktivering af digitalt filter	Der ses i Monitor-vinduet om der er to radiobuttons til aktivering og deaktivering af digitalt filter	Der er to radio-buttons til aktivering og deaktivering af digitalt filter i Monitor-vinduet
Kalibrering-vinduet skal indeholde en ”Ja”-knap og en ”Nej”-knap	Der ses i kalibrering-vinduet om der er en ”Ja”-knap og en ”Nej”-knap	Der er en ”Ja”-knap og en ”Nej”-knap i kalibrering-vinduet
Kalibrering-vinduet skal indeholde et datostempel for seneste kalibrering	Der ses i kalibrering-vinduet om der er et tidsstempel for seneste kalibrering	Der er et tidsstempel for seneste kalibrering i kalibrering-vinduet
Gem-vinduet skal indeholde tekstbokse til data indtastning for målingen	Der ses i Gem-vinduet, om der er tekstbokse til indtastning af data	Der er tekstbokse til indtastning af data i Gem-vinduet
Gem-vinduet skal indeholde en ”OK”-knap	Der ses i Gem-vinduet om der er en ”OK”-knap	Der er en ”OK”-knap i Gem-vinduet

Det skal være muligt at aflæse værdier på Monitor-vinduet fra 2 meters afstand med normalt syn. Der testes af 5 forskellige aldre med en synsstyrke på +/- 0,25, som placeres 2 meter fra Monitor-vinduet.

#### *Reliability*

Systemet skal have en effektiv MTBF på 20 minutter og MTTR på 1 minut. Køre programmet i 20 minutter. Derefter programmet, hvor der tages tid med et stopur.

#### *Performance*

Blodtrykssignalet skal vises maksimalt 5 sekunder efter UC1 er afsluttet. UC1 afsluttes samtidig med startes et stopur på en iPhone 5s. Når blodtrykssignalet vises stoppes uret.

Systemet skal vise en graf for blodtryksmålingen, hvor y-aksen er mmHg og x-aksen er tid i sekunder. Der ses på grafen for blodtrykssignalet, om y-aksen er mmHg og x-aksen er tid i sekunder.

Systemet skal kunne måle blodtryksværdier fra 0 til 300 mmHg. Der foretages målinger hvor blodtrykket er henholdsvis 280-295 og +300 (?)

#### *Supportability*

Softwareen skal opbygges efter trelagsmodellen	Der kigges i koden efter data-lag, logik-lag og GUI-lag	Data-lag, logik-lag og GUI-lag er at find i koden
<i>Andet(+)</i>		
Der skal være adgang til en computer med Windows 7 eller nyere – computeren skal have minimum 4 GB RAM	Der ses om der er installeret Windows 7 eller nyere og om der er minimum 4 GB RAM	Det ses at der er installeret Windows 7 eller nyere og om der er minimum 4 GB RAM
Blodtryksdiagrammet skal fylde minimum 1/3 af Monitor-vinduet	Der ses om blodtryksdiagrammet fylder minimum 1/3 af Monitor-vinduet	Blodtryksdiagrammet fylder minimum 1/3 af Monitor-vinduet
Baggrunden i Monitor-vinduet skal være mørk	Der ses i Monitor-vinduet om baggrunden er mørk	Baggrunden i Monitor-vinduet er mørk
Blodtrykssignal og -værdier(systole og diastole) skal være røde og puls skal være grøn	Der ses på blodtryksdiagrammet om blodtrykssignal og -værdier er røde og puls er grøn	Blodtrykssignal og -værdier(systole og diastole) er røde og puls er grøn
Systolisk og diastolisk blodtryk skal fremhæves ved større skriftstørrelse end andre værdier i Monitor-vinduet (fx værdier på akserne)	Der ses i Monitor-vinduet om det systoliske og det diastoliske blodtryk er fremhævet ved større skriftstørrelse end andre værdier i Monitor-vinduet	Det ses i Monitor-vinduet at det systoliske og det diastoliske blodtryk er fremhævet ved større skriftstørrelse end andre værdier i Monitor-vinduet

Tabel 5.8: Accepttest af Ikke-funktionelle krav