



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

Kapitel 1 Kravspecifikation	1
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	8
1.4.3 Reliability	9
1.4.4 Performance	9
1.4.5 Supportability	9
1.4.6 Andre(+)	9
Kapitel 2 Design	11
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 Tryktransducer	16
2.3.5 Instrumentationsforstærker	16
2.4 Software arkitektur	17
2.4.1 Domænemodel	17
2.4.2 Applikationsmodel	17
Kapitel 3 HW implementering og test	27
3.1 Tryktransducer	27
3.2 Operationsforstærker	27
3.3 Filterblok	28
Kapitel 4 SW implementering og test	33
Kapitel 5 Accepttest	35
5.1 Accepttest af Use Cases	35
5.1.1 Use Case 1	35

5.1.2	Use Case 2	36
5.1.3	Use Case 3	36
5.1.4	Use Case 4	36
5.1.5	Use Case 5	37
5.1.6	Use Case 6	37
5.2	Acceptttest af ikke-funktionelle krav	38

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 tryktransduceren 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 intergerer 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.

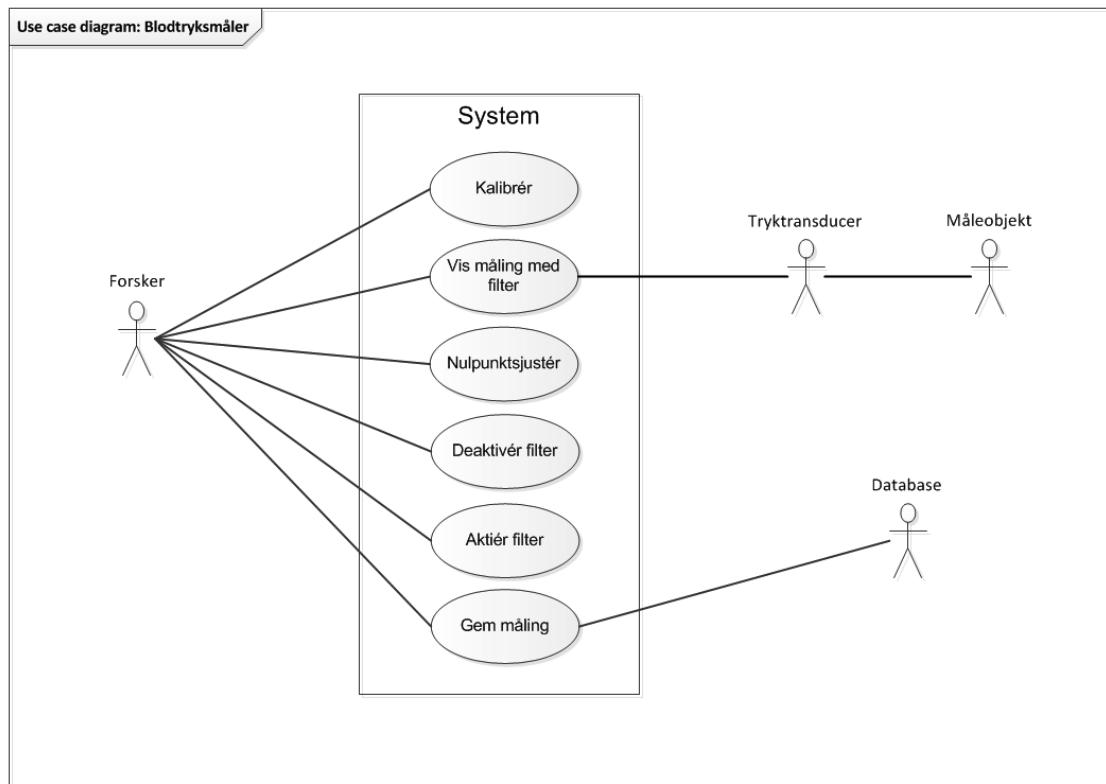
Primær aktøren i dette projekt er en Forsker. Sekundære aktører er Database, Tryktransducer og Måleobjekt. Måleobjekt er en package af Physionet og Analog Discovery, som er eksterne aktører.

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"> 1. Kalibrering-vinduet vises ved opstart 2. Tidlige kalibreringsdata vises i Kalibrering-vindue 3. Forsker indtaster målte kalibreringsdata [3.a <i>Forsker vælger ikke at kalibrere</i>] 4. Forsker vælger at udføre kalibrering [4.a <i>Indtastede kalibreringsdata ugyldige</i>] 5. System kalibrerer 6. Det fremgår i Kalibrering-vinduet at kalibrering er udført
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"> 1. Det filtrerede blodtrykssignal vises i en graf i Monitor-vinduet
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"> 1. Forsker vælger at udføre en nulpunktsjustering 2. System nulpunktsjusterer 3. Det fremgår i Monitor-vinduet, at nulpunktsjustering er udført

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"> 1. Forsker vælger at deaktivere digitalt filter 2. System udskriver det ufiltrerede blodtryksignal
-------------	---

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"> 1. Forsker vælger at aktivere digitalt filter 2. System udskriver det filtrerede blodtrykssignal
-------------	---

Undtagelser

Tabel 1.7: Fully dressed Use Case 5.

Use Case 6

Navn	Gem måling
Use case ID	6
Samtidige forløb	1.2...*
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"> 1. Forsker vælger at gemme 2. System åbner Gem-vinduet [2.a <i>Måleobjektets data er gemt fra forrige målinger</i>] 3. Forsker indtaster metadata for blodtryksmåling 4. Forsker trykker på "OK"-knappen 6. Det fremgår af Gem-vinduet at måling er gemt
Undtagelser	2.a Det fremgår af Monitor-vinduet at måling er gemt

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

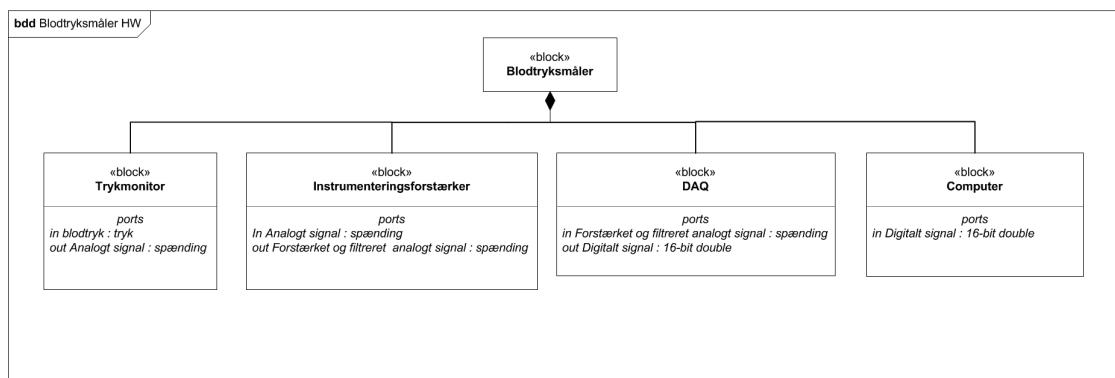
Version	Dato	Ansvarlig	Beskrivelse
1.0	20-10-2015	Alle	Første udkast til domænemodel, BDD, IBD og sekvensdiagrammer
1.1	21-10-2015	Alle	Små ændringer i BDD og IBD efter møde med vejleder
1.2	27-10-2015	Alle	Ændring af BDD og IBD efter møde med Kim; blokkene filter og forstærker er blevet lagt sammen under blokken Signalforstærker
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 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 blokke for systemet og hvilke porte de består af. I tabel 2.2 ses en beskrivelse af blokkene.



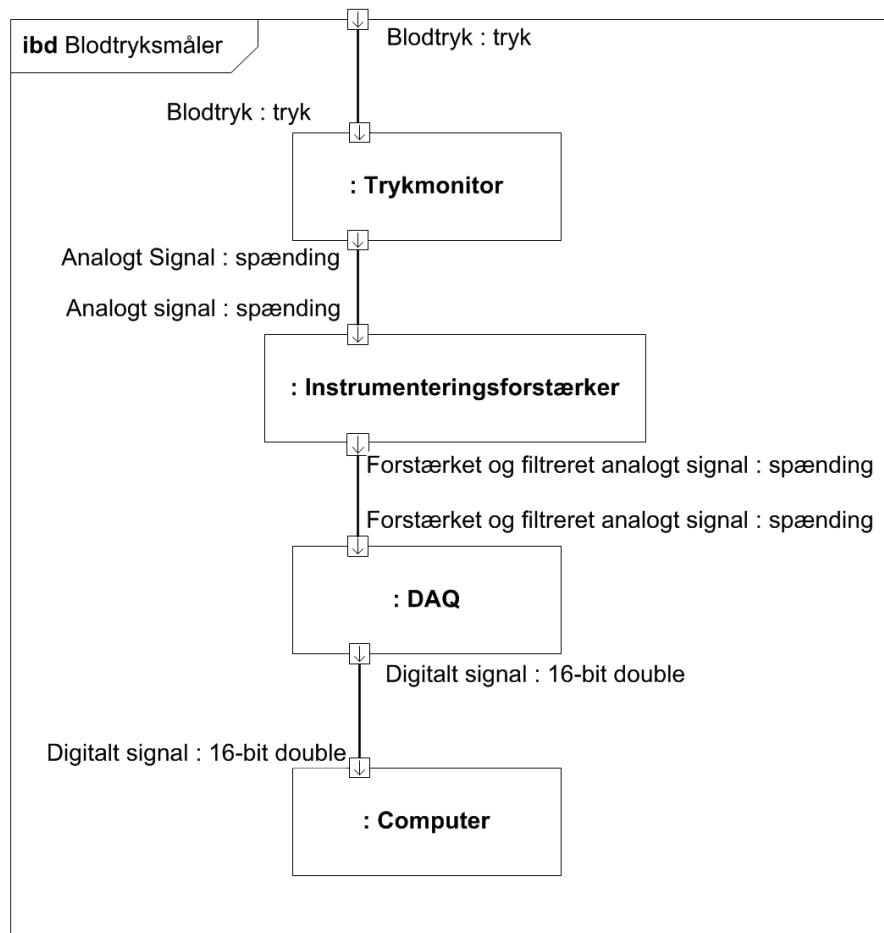
Figur 2.1: BDD

Blok	Beskrivelse
Blodtryksmåler	Det overordnede system, som indeholder Tryktransducer, Signalforstærker, DAQ og Computer
Tryktransducer	Registrerer en fysisk størrelse i form af en trykændring. I dette system anvendes en transducer. Transduceren har til opgave at transformere den fysiske størrelse til en elektrisk spænding, som viderebehandles gennem de resterne hardware blokke
Signalforstærker	Består af to dele. En forstærker-del og en filterings-del. 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 blokke intergerer 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 hvilken indgang- og udgangssignal de forskellige blokke har.

Tryktransducerens output, V_{out} , bestemmes ud fra følgende ligning:

$$V_{out} = P \cdot K \cdot V_+$$

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 ud fra det maksimale tryk på 300 mmHg, sensitiviteten på 5μ og indgangsspændingen på 9 V.

$$V_{max} = 300 \text{ mmHg} \cdot 5 \mu \cdot 9 \text{ V}$$

$$V_{max} = 13,5 \text{ mV}$$

Grænseflade	Signal	Type	Format	Værdi
Tryktransducer	Blodtryk	in	Tryk	0 - 300 mmHg
	Analogt	out	Spænding	+/- 13,5 mV
Signalforstærker	Analogt	in	Spænding	+/- 13,5 mV
	Forstærket og filteret analogt	out	Spænding	+/- 5 V
DAQ	Forstærket og filteret analogt	in	Spænding	+/- 5 V
	Digitalt	out	16-bit double	0-5 V
Computer	Digitalt	in	16-bit double	0-5 V

Tabel 2.3: Kommunikationsprotokol

2.3 Hardware arkitektur

Herunder er de krævede specifikationer for hardwaren beskrevet. Signalforstærkeren består af to dele.

Tryktransducer

Tryktransduceren skal omsætte det fysiske tryk i blodkarret til en elektrisk spænding. Da de målte størrelser (trykændring) er meget små, skal tryktransduceren have en meget høj common mode rejection, samt en høj sensitivitet. Tryktransduceren er medtaget i designet, fordi dennes specifikationer har indflydelse for forstærkerblokkens specifikationer. Der er imidlertid kun mulighed for at anvende én tryktransducer i projektet, og der er derfor ikke lavet diagrammer over denne.

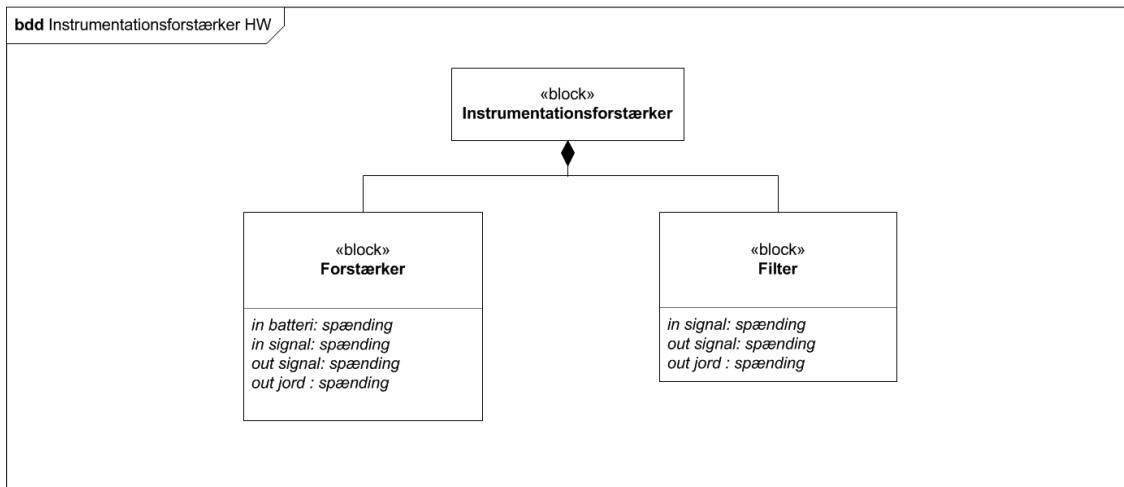
Forstærkerblok

Forstærkerblokken sørger for at det meget svage spændingssignal fra tryktransduceren bliver forstærket op til en spænding der ligger i et fornuftigt måleinterval der tilsvarer DAQ'en.

Filterblok

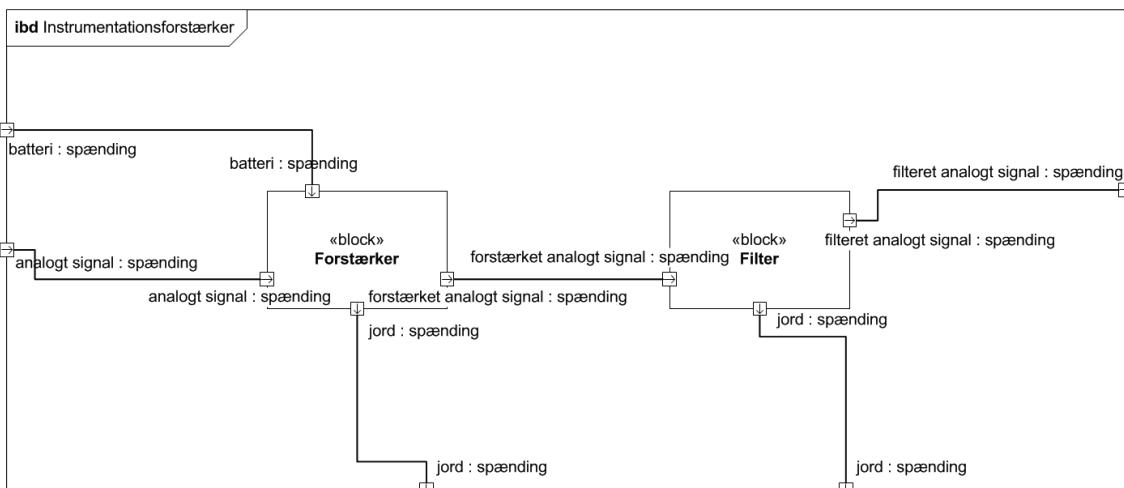
Filterets formål er at frasorterer signalets frekvenser der er højere end 50 Hz. Dette skal realiseres ved et anden ordens lavpasfilter.

2.3.1 BDD



Figur 2.3: BDD for Signalforstærker HW

2.3.2 IBD



Figur 2.4: IBD for Signalforstærker HW

2.3.3 Grænseflader

Grænseflade	Signal	Type	Format	Værdi
Forstærker	Batteri	in	Spænding	+/- 9V
	Analogt	in	Spænding	+/- 13,5mV
	Jord	out	Spænding	0V
	Forstærket analogt	out	Spænding	+/- 5V
Filter	Forstærket analogt	in	Spænding	+/- 5V
	Jord	out	Spænding	+/- 5V
	Filteret analogt	out	Spænding	+/- 5V

Tabel 2.4: Kommunikationsprotokol for Instrumenteringsforstærke

2.3.4 Tryktransducer

Specifikationer

- Måleprobe kan indsættes intravenøst
- Operationel trykinterval 0-300 mmHg
- Udgangssignal: 2 udgange; +/- udgang
- Sensitivitet: $5\mu\text{V}/\text{V}/\text{mmHg}$
- Operationstemperatur: 15-40 grader Celcius

2.3.5 Instrumentationsforstærker

Filterblok

Specifikationer

- 2. Ordens lavpasfilter
- Cutofffrekvens: 50 Hz
- Unity gain (ingen forstærkning)
- -40 dB ved 500 Hz
- Uendelig indgangsimpedans
- Indgangsspænding +/- 5 V
- Eksitationsspænding +/- 9 V

Forstærkerblok

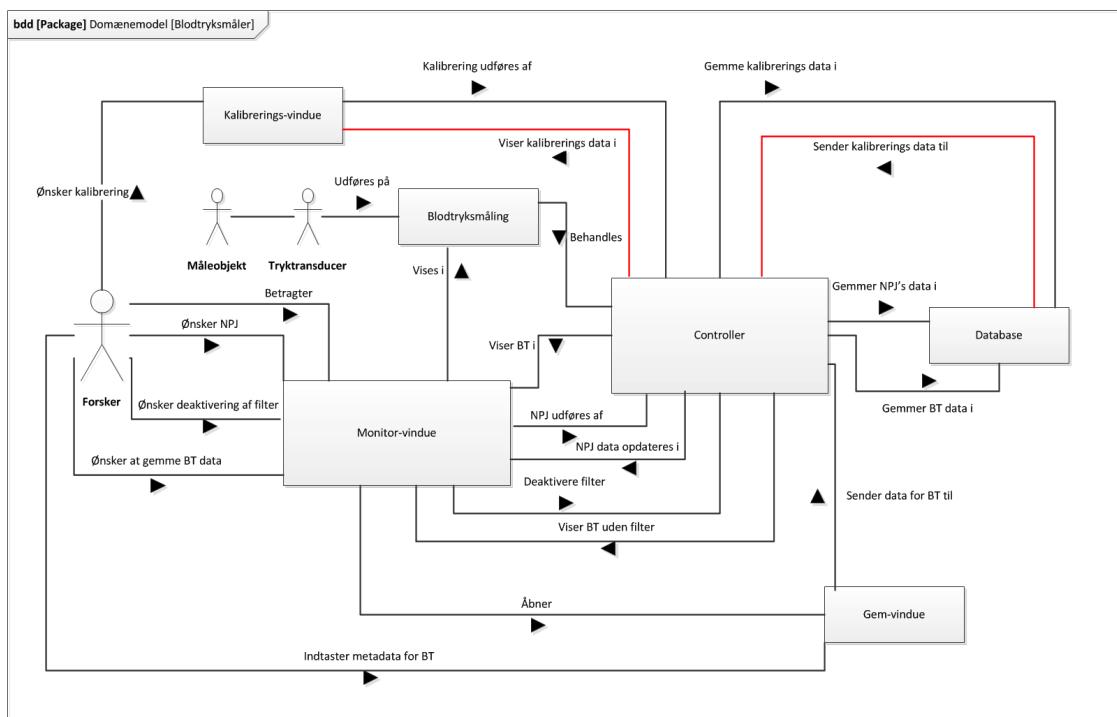
Specifikationer

- Gain: 370
- Indgangspænding: +/- 0-14 mV
- Eksitationsspænding: +/- 9V
- Outputspænding: +/- 5 V
- Båndbredde: 100 Hz
- Uendelig indgangsimpedans

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

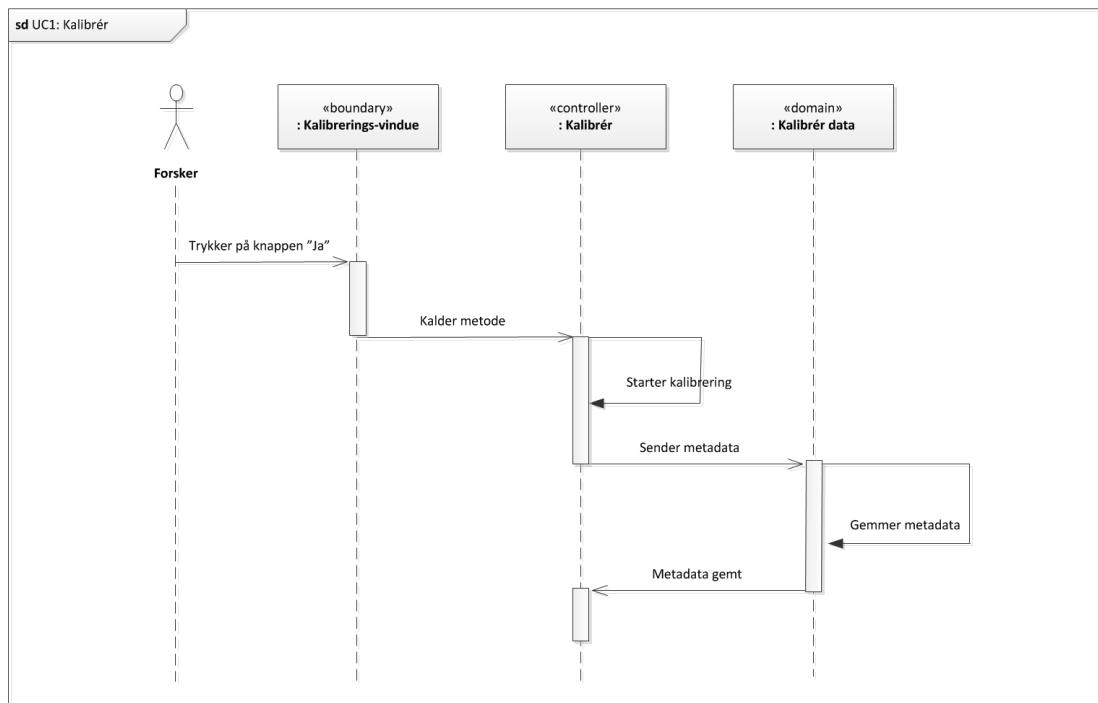
BT = blodtryksmåling

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.



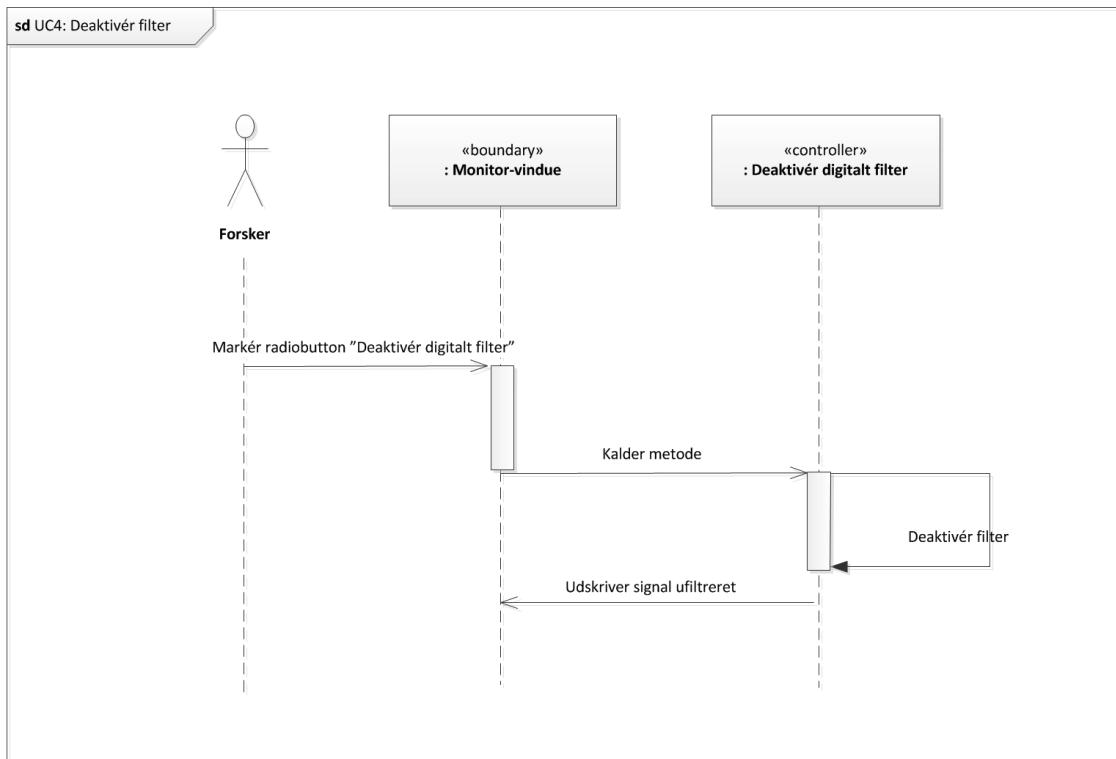
Figur 2.7: Sekvensdiagram for UC2

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

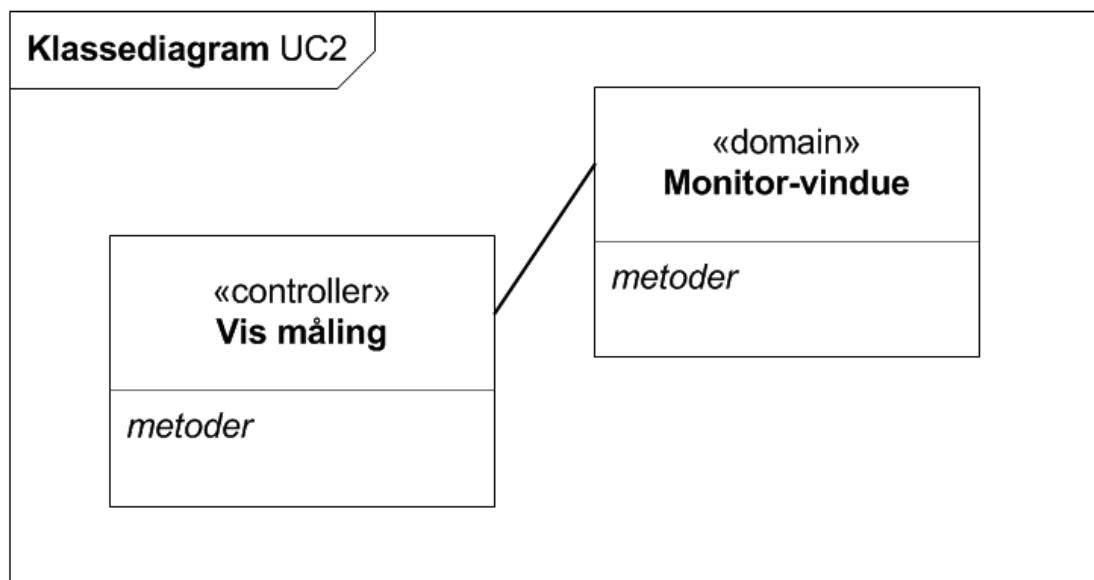
Forsker interagerer med Monitorvindue ved at trykke på knappen "Gem". Derefter kaldes metoden og Gem-vinduet åbnes. Første gang Forsker ønsker at gemme, indtastes data om målingen og der trykkes på knappen "OK". Kommando sendes og data gemmes. De efterfølgende gange, der ønskes at gemme, er data udfyldt 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

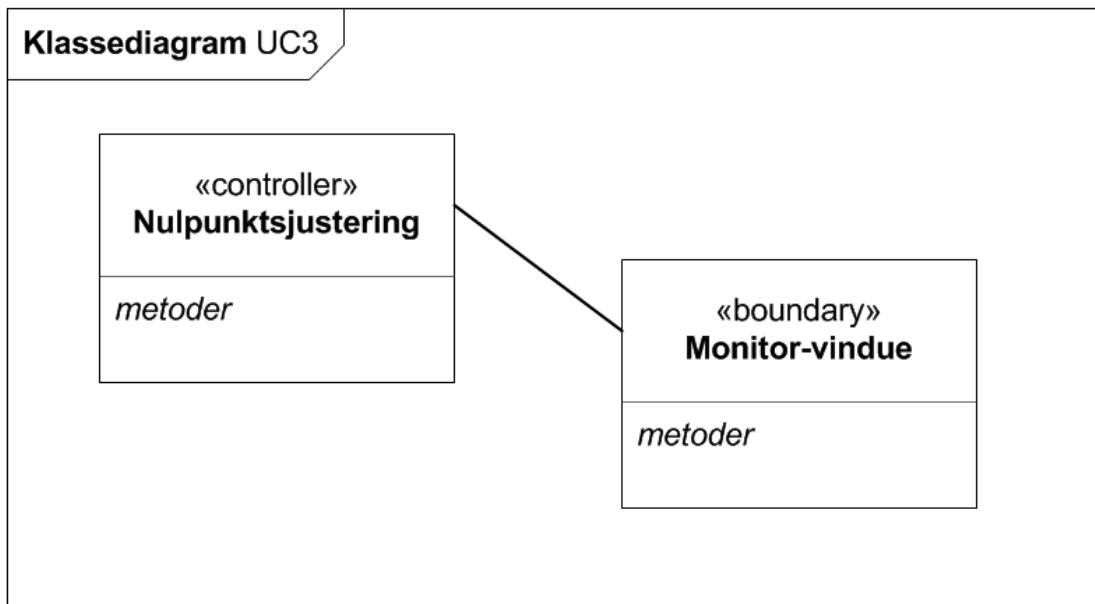
De opdateret klassediagrammer indeholder metoderne fra de dertilhørende sekvensdiagrammer - dette giver et overblik over, hvilke metoder de forskellige klasser består af.



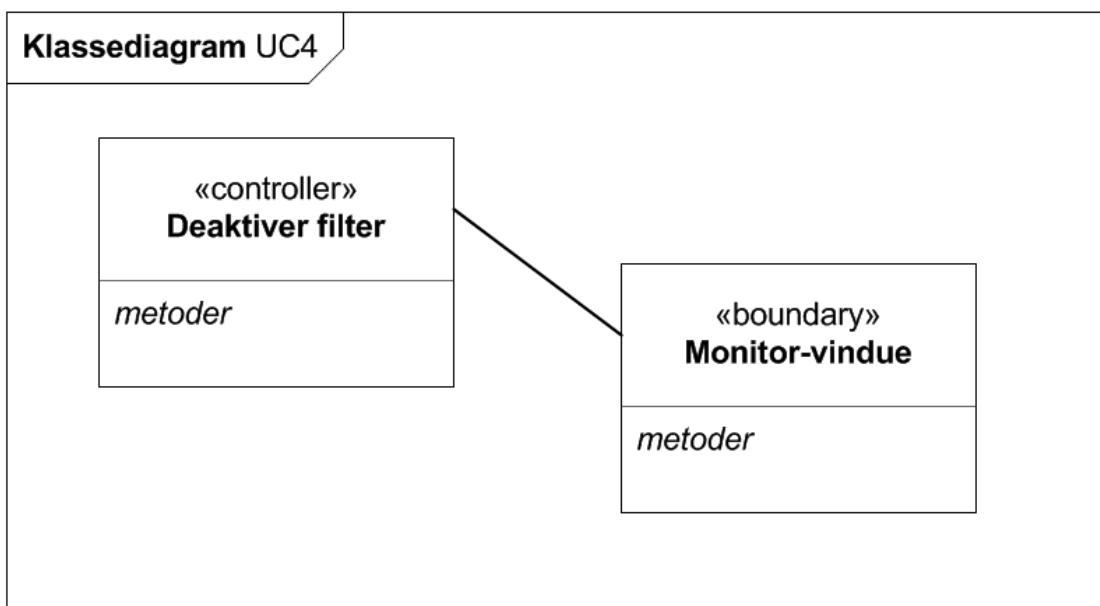
Figur 2.12: Klassediagram for UC1



Figur 2.13: Klassediagram for UC2



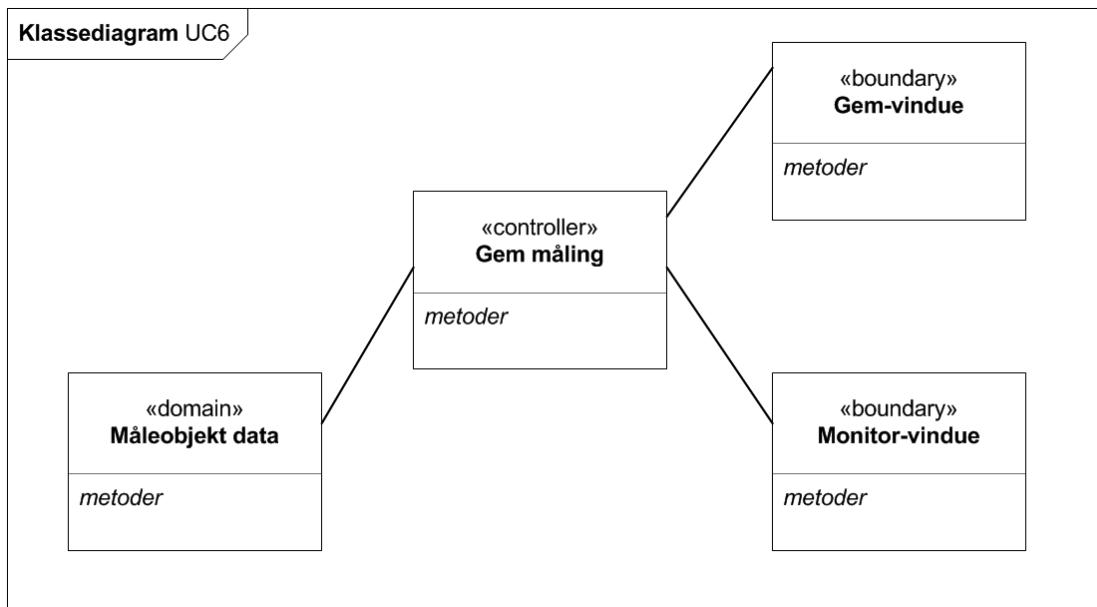
Figur 2.14: Klassediagram for UC3



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 Tryktransducer

Outputspænding

$$V_{out} = P * K * V_+$$

P = Tryk

K = sensitivitet

V₊ = indgangsspænding

$$V_{max} = 300 \text{ mmHg} * 5\mu * 9 \text{ V}$$

$$V_{max} = 13,5 \text{ mV}$$

3.2 Operationsforstærker

Som forstærkerblok anvendes INA 114. Denne har den fordel at gain kan kontrolleres af en variabel modstand (potentiometer). Forstærkningen skal være således at det maksimale input bliver forstærket til 5 V.

Forstærkning

$$G_{fblok} * 13,5mV = 5V \quad (3.1)$$

$$G_{fblok} = 370 \quad (3.2)$$

Båndbredde

På forstærkere generelt, og på INA 114, er produktet af båndbredden og forstærkningen en konstant. I vores tilfælde er dette 1.000.000.

Båndbredde ved gain på 370

$$1.000.000 = 370 * BW$$

$$BW = 2702 \text{ Hz} > 50 \text{ Hz}$$

Båndbredden er dermed bred nok til vores system.

Gainmodstand

Gainmodstanden er en modstand der bestemmer forstærkningen i INA 114.

$$G = 1 + \frac{50k\Omega}{R_g} \quad (3.3)$$

$$R_g = 135,4\Omega \quad (3.4)$$

3.3 Filterblok

Som filter anvendes et Sallen Key lavpasfilter med unity gain.

Overføringsfunktion for filter

$$\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{\frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}}{s^2 + \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 C_2} + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (3.5)$$

Standardform

$$\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{w_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + w_n^2} \quad (3.6)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (3.7)$$

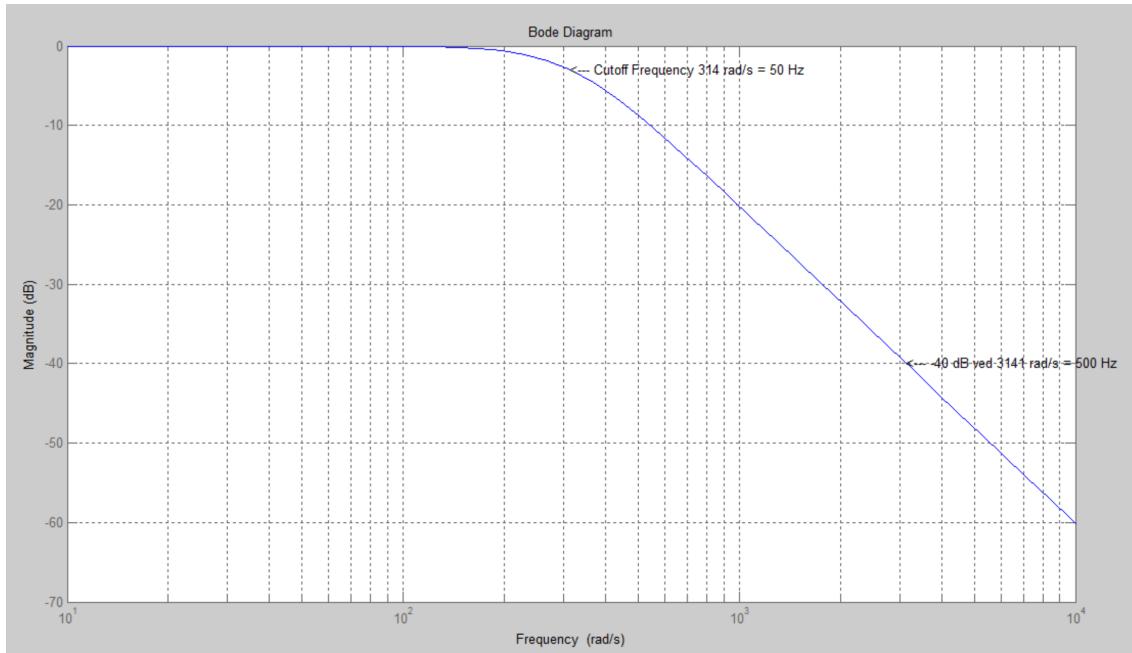
Den ene kondensator, C2, sættes til 680nF (opgivet i opgaveformulering) mens den anden kondensator, C1, sættes til 340nF da denne er på lager. De to modstande sættes til samme værdi så: $R = R_1 = R_2$

$$50 * 2\pi = \sqrt{\frac{1}{R^2 * 340 * 10^{-9} * 680 * 10^{-9}}} \quad (3.8)$$

R isoleres og værdien findes

$$R = 6.620 \text{ k}\Omega$$

Magnitude Bodeplot



Figur 3.1: Magnitude Bodeplot Lavpasfilter

Magnitude Bodeplot Beregning

```

35 %% Bode plot
36 -
37 clear
38 C2 = 680*10^-9;
39 C1 = 340*10^-9;
40 R1 = 6620;
41 R2 = 6620;
42 num = 1/(R1*R2*C1*C2);
43
44 a = 1 ;
45 b = (R1+R2)/(R1*R2*C2);
46 c = 1/(R1*R2*C1*C2);
47
48 Tv=tf(num,[a b c])
49
50 bodemag(Tv),grid; hold on
51 text(314.15,-3,'<-- Cutoff Frequency 314 rad/s = 50 Hz')
52 text(3141.5,-40,'<-- -40 dB ved 3141 rad/s = 500 Hz')

Command Window
(1) New to MATLAB? Watch this Video, see Examples, or read Getting Started.
Tv =

```

$$\frac{9.87e04}{s^2 + 444.3 s + 9.87e04}$$

Continuous-time transfer function.

Figur 3.2: Matlab Beregninger Bodeplot Lavpasfilter

Følgende målinger er udført med komponentværdier, som i praksis gav bedre resultater end komponentværdierne udregnet i teori-afsnittet. Følgende komponenter er benyttet: R1 og R2: 2,3, C1: 340nF og C2: 680nF.

Målingerne er foretaget ved at påsætte filteret en AC spænding på 5V med varierende frekvens i et spekter fra 1 Hz til 500 Hz. Dette gøres for at teste frekvensresponset på filteret.

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

Følgende målinger er udført med komponentværdier, som i praksis gav bedre resultater end komponentværdierne udregnet i teori-afsnittet. Følgende komponenter er benyttet: R1 og R2: 2,3, C1: 340nF og C2: 680nF.

Målingerne er foretaget ved at påsætte filteret en AC spænding på 5V med varierende frekvens i et spekter fra 1 Hz til 500 Hz. Dette gøres for at teste frekvensresponset på filteret.

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

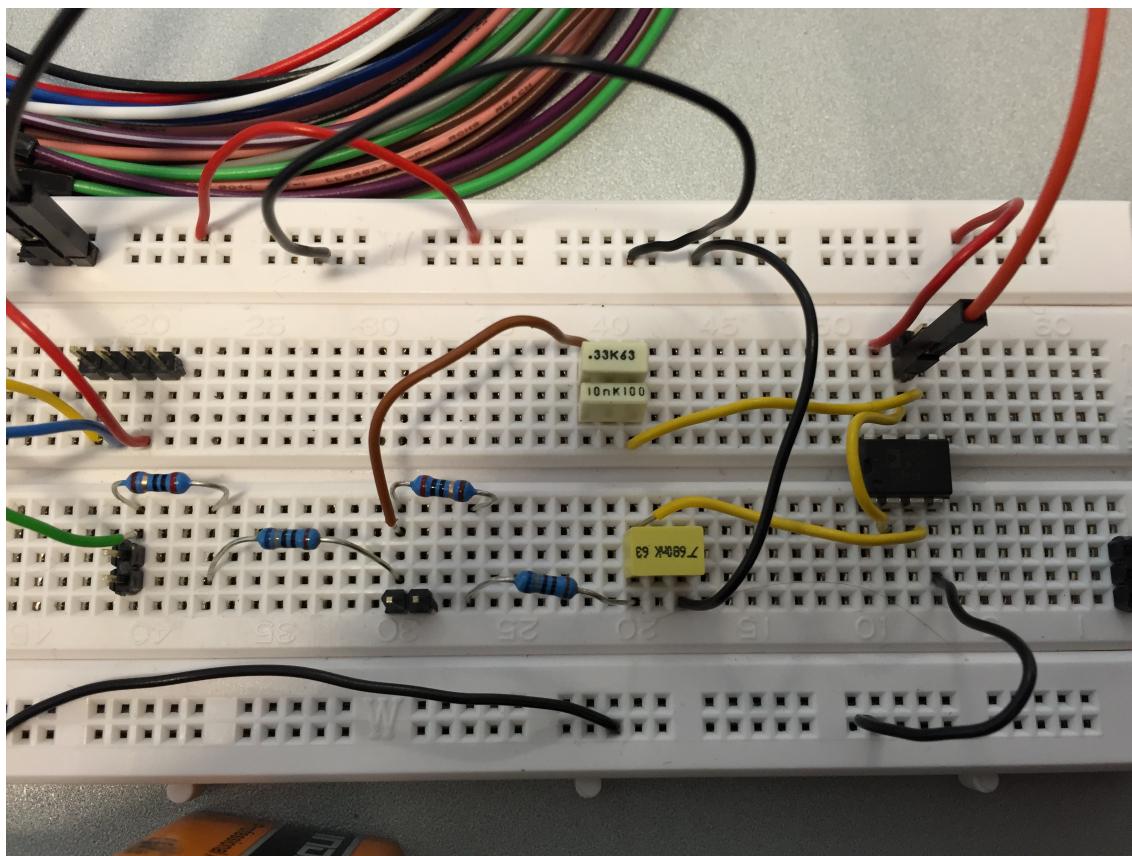
Værdierne der gerne vil opnår er henholdsvis:

Input	Output
5V 1Hz	5V
5V 50Hz	3.53V
5V 500Hz	0.5 V

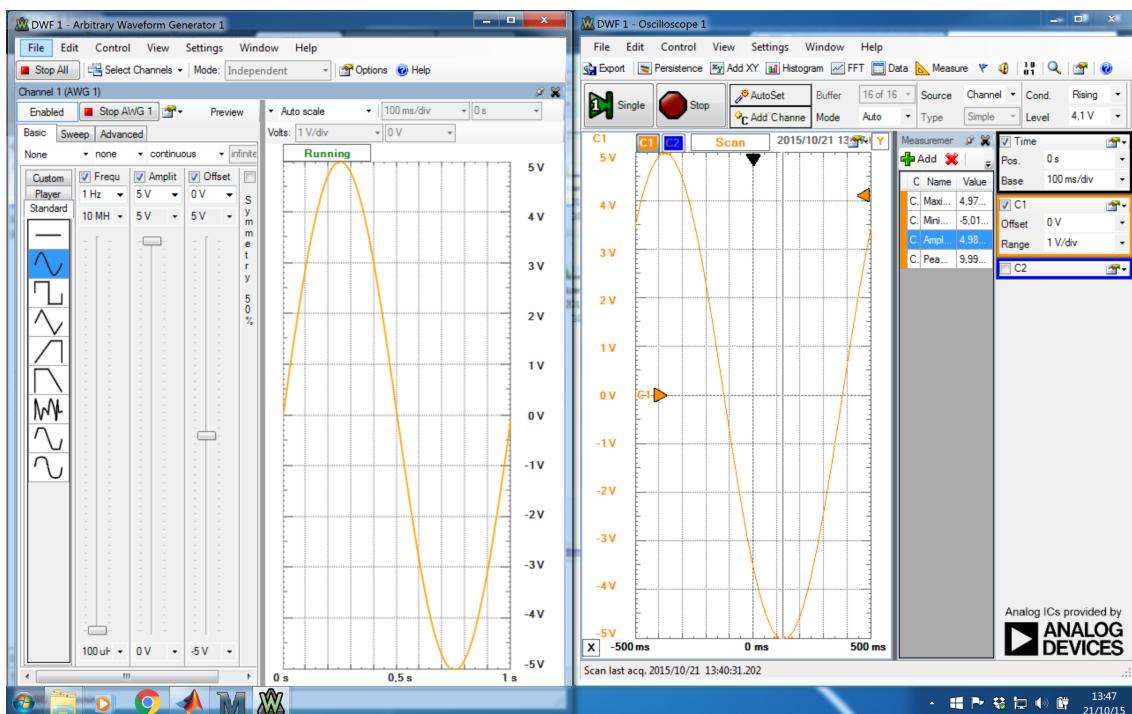
Tabel 3.1

3.3. Filterblok

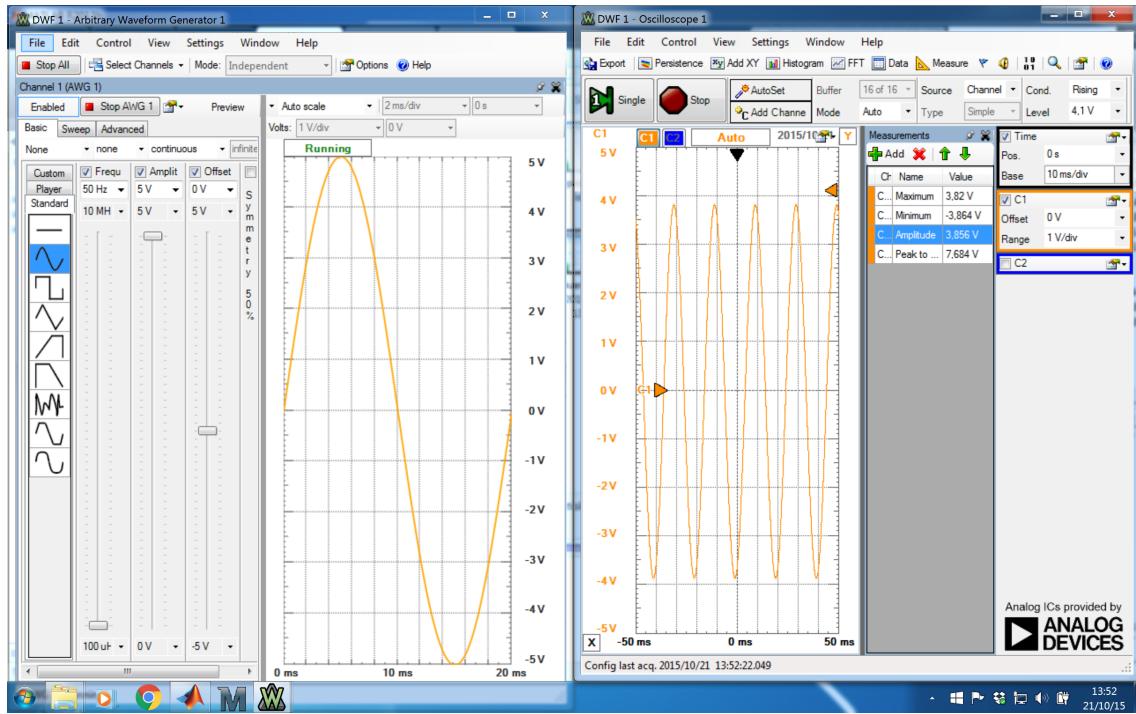
ASE



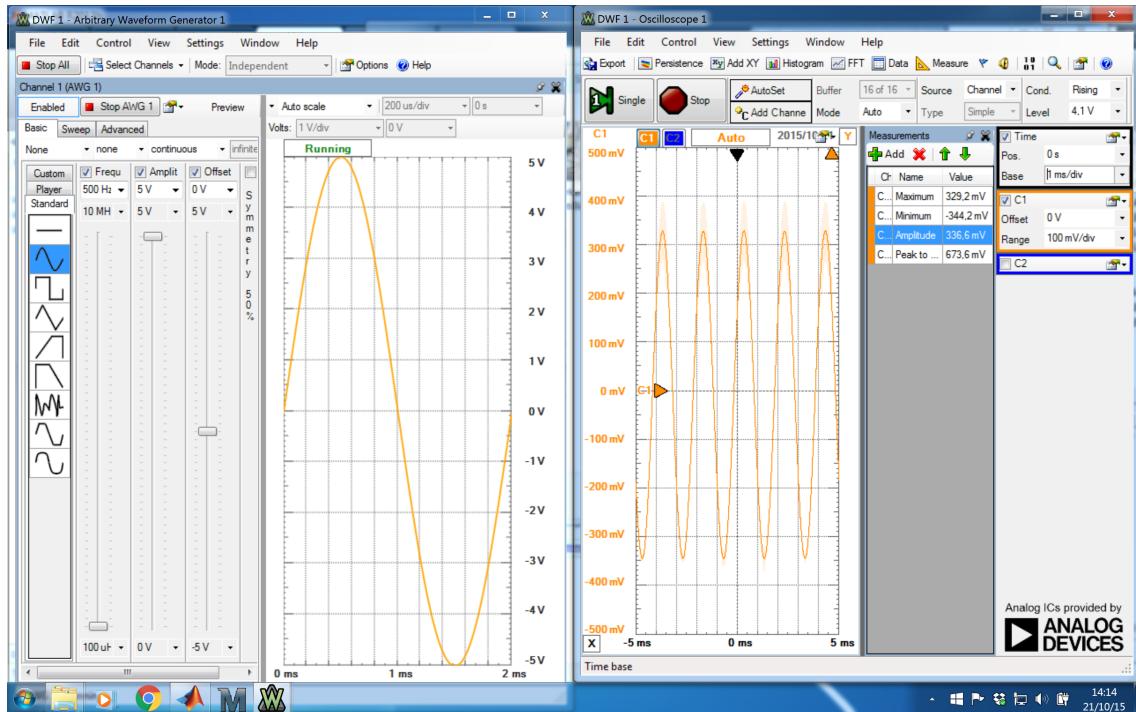
Figur 3.3: Praktisk opstilling af Filter



Figur 3.4: Lavpasfilter respons 1 Hz



Figur 3.5: Lavpasfilter respons 50 Hz



Figur 3.6: Lavpasfilter 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. Ønsker at gemme	Gem-vinduet åbnes		
2. Indtaster metadata	Datafelterne udfyldes		

3. Trykker på "OK"-knappen System gemmer og bekræfter at data er gemt

Undtagelser

- 1a. Ønsker at gemme 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	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	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	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	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 gemmer data i en database og udskriver tidsstempel for gemt data i Monitor-vinduet.

System skal kunne kalibreres. Der trykkes på "Ja"-knappen i kalibrering-vinduet.

System er kalibreret.

Usability

Monitor-vinduet skal indeholde en "Gem"-knap. Der ses i Monitor-vinduet om der er en "Gem"-knap.

Der er en "Gem"-knap i Monitor-vinduet.

Monitor-vinduet skal indeholde en "Nulpunktsjustér"-knap. Der ses i Monitor-vinduet om der er en "Nulpunktsjustér"-knap.

Der er en "Nulpunktsjustér"-knap i Monitor-vinduet.

Monitor-vinduet skal indeholde et tidsstempel for seneste nulpunktsjustering. Der ses i Monitor-vinduet, om der er et tidsstempel for seneste nulpunktsjustering i Monitor-vinduet.

Der er et tidsstempel for seneste nulpunktsjustering i Monitor-vinduet.

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
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 personer med forskellige aldre med en synsstyrke på +/- 0,25, som placeres 2 meter fra Monitor-vinduet	Det er muligt for de 5 at aflæse værdierne på 2 meters afstand

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 blodtryksignalet vises stoppes uret	Blodtrykssignalet vises indenfor de 5 sekunder
Systemet skal vise en graf for blodtryksmålingen, hvor y-aksen er mmHg og x-aksen er tid i sekunder	Der ses på grafen for blodtryksignalet, om y-aksen er mmHg og x-aksen er tid i sekunder	Der ses på grafen for blodtryksignalets y-akse er mmHg og x-aksen er tid i sekunder	Blodtrykssignalets y-akse 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 (?)	(?)	(?)
<i>Supportability</i>			
Softwareen skal opbygges efter trelagsmodellen	Der kigges i koden efter datalag, logik-lag og GUI-lag	Data-lag, logik-lag og GUI-lag er at find i koden	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	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	Blodtryksdiagrammet fylder minimum 1/3 af Monitor-vinduet

Baggrunden i Der ses i Baggrunden i
 Monitor-vinduet Monitor-vinduet Monitor-vinduet
 skal være mørk om baggrunden er mørk
 er mørk

Blodtrykssignal Der ses på Blodtrykssignal
 og - værdier(systole og blodtryksdia- og -
 og diastole) skal grammet om værdier(systole
 være røde og blodtrykssignal og diastole) er
 puls skal være og -værdier er røde og puls er
 grøn røde og puls er grøn

Systolisk og dia- Der ses i Det ses i
 stolisk blodtryk Monitor-vinduet Monitor-vinduet
 skal fremhæves om det systoliske at det systoliske
 ved større skrift- og det diasto- og det diasto-
 størrelse end liske blodtryk liske blodtryk
 andre værdier i er fremhævet er fremhævet
 Monitor-vinduet ved større skrift- ved større skrift-
 (fx værdier på størrelse end størrelse end
 akserne) andre værdier i andre værdier i
 Monitor-vinduet Monitor-vinduet

Tabel 5.8: Accepttest af Ikke-funktionelle krav