



AARHUS SCHOOL OF ENGINEERING

SUNDHEDSTEKNOLOGI
3. SEMESTERPROJEKT

Rapport

Gruppe 2

Anne Bundgaard Hoelgaard (201404492)
Mette Hammer Nielsen-Kudsk (201408391)
Ditte Heebøll Callesen (201408392)
Martin Banasik (201408398)
Albert Jakob Fredshavn (201408425)
Johan Mathias Munk (201408450)

Vejleder

Studertervejleder
Peter Johansen
Aarhus Universitet

26. november 2015

Resumé

Abstract

Underskrifter

Gruppemedlemmer

Anne Bundgaard Hoelgaard (201404492)

Dato

Mette Hammer Nielsen-Kudsk (201408391)

Dato

Ditte Heebøll Callesen (201408392)

Dato

Martin Banasik (201408398)

Dato

Albert Jakob Fredshavn (201408425)

Dato

Johan Mathias Munk (201408450)

Dato

Vejleder

Peter Johansen

Dato

Godkendelsesformular

Godkendelsesformular

Forfattere:

Anne Bundgaard Hoelgaard

Mette Hammer Nielsen-Kudsk

Ditte Heebøll Callesen

Martin Banasik

Albert Jakob Fredshavn

Johan Mathias Munk

Godkendes af Peter Johansen

Antal sider 18

Kunde Aarhus Universitet

Ved underskrivelse af dette dokument accepteres det af begge parter som værende kravene til udviklingen af det ønskede system.

Dato: 16/12-2015

Kundens underskrift

Leverandørens underskrift

Indholdsfortegnelse

Resumé	i
Abstract	ii
Underskrifter	iii
Godkendelsesformular	iv
Kapitel 1 Ordliste	1
Kapitel 2 Indledning	2
Kapitel 3 Projektformulering og afgrænsning	3
Kapitel 4 Blodtryk	4
4.1 Hvad betyder blodtryk?	4
4.2 Hypertension	5
4.3 Hypotension	6
Kapitel 5 Systembeskrivelse	7
Kapitel 6 Krav	8
Kapitel 7 Projektbeskrivelse	11
7.1 Projektgennemførelse	11
7.2 Projektstyring	11
7.3 Metoder	11
7.4 Systemarkitektur	12
7.4.1 Hardware	12
7.4.2 Software	12
7.5 Problemidentifikation (design)	12
7.5.1 Hardware	12
7.5.2 Software	12
7.6 Implementering	12
7.7 GUI-beskrivelse	12
7.7.1 Algoritmer (grænseværdier)	12
7.7.2 Filteret/Ufiltreret	12
7.7.3 Lagring af data i Database	12
7.8 Test	12
7.9 Resultater og diskussion	12
7.10 Udviklingsværktøjer	12
7.11 Opnåede resultater	13

7.12 Perspektivering - Fremtidigt arbejde	13
Kapitel 8 Konklusion	15
Kapitel 9 Figurliste	16
Kapitel 10 Bilag	17
Litteratur	18

Ordliste 1

Indledning 2

I ST3PRJ arbejdes med blodtryksmålere [1]. Vi har valgt at udarbejde en blodtryksmåler til forsknings brug. Blodtryksmåleren skal kunne modtage en spænding fra en transducer og nulpunktsjustere og kalibere efter ønske. Signalet skal vises i en graf på et display, hvor værdier for puls, systoliske- og diastolisk tryk vises. Det er her fra at forskeren starter og gemmer målinger.

I Kravspecifikationen finde de krav som er blevet sat for systemet. Her under dem som blev stillet fra start, samt dem som vi har sat.

Under Systemarkitektur findes informationer om, hvordan software og hardware er opbygget. I afsnittet integrationstest kan der læses om, hvordan vi har testet vores system.

Versionshistorik

Version	Dato	Ansvarlig	Beskrivelse
1.0	04-11-2015	MHNC	Oprettelse af dokumenter

Projektformulering og afgrænsning 3

I daglig klinisk praksis er der ofte behov for kontinuert at monitorere patienters blodtryk, i særdeleshed på intensive afdelinger samt operationsstuer, hvor blodtrykket er en vigtig parameter i monitorering af deres helbredstilstand.

Denne kontinuerte monitorering er også nødvendig i forskningsverdenen. Det er i forskerens interesse at kunne måle blodtrykket på et objekt, med f.eks. en mekanisk hjerteklap. Her skal det være muligt for forskeren at kunne aflæse diastole, systole og puls samt en pæn kurve over blodtrykket. Det er vores mål at opbygge et produkt, der kan tage de målinger der kommer fra tryktransducere i volt og forstærke samt filtrere dem med fysiske komponente. Dette signal skal derefter konverteres fra analogt til digitalt. Herfra skal vi programmere en brugergrænseflade, der fremføre disse målinger samt gør det muligt for forskeren at gemme målingen i en database, til senere brug. Resultatet bliver et elektronisk kredsløb med forbindelse til et software program. For at de gemte data kan sammenlignes, kræver det at de alle er blevet gemt med samme forudsætning. Dette bliver ordnet i programmeringen med beregninger. Når forskeren kigger på blodtryksgrafen, er det hans interesse at vælge om målingen skal være filtreret eller ej. Dette er implementeret i programmering.

Ansvarsområder

Idet gruppens størrelse ikke lægger op til samlet, at arbejde på alle dele på samme tid, er projektets ansvarsområder blevet fordelt som følgende:

Navn	Ansvarsområder
Ditte Heebøll Callesen	Hardwaredesign, dokumentation
Albert Jakob Fredshavn	Hardwaredesign, dokumentation
Martin Banasik	Hardwaredesign, dokumentation
Johan Mathias Munk	Softwaredesign, algoritmeopbygning, dokumentation
Mette Hammer Nielsen-Kudsk	Softwaredesign, algoritmeopbygning, dokumentation
Anne Hoelgaard	Softwaredesign, algoritmeopbygning, dokumentation

Blodtryk 4

4.1 Hvad betyder blodtryk?

Alle har på et tidspunkt i deres liv fået målt blodtryk, men hvad betyder det egentlig? Blodtryksmåling er en meget enkelt undersøgelse, der giver vigtige informationer omkring blodkars og hjertets tilstand. Blodtryk kan måles både ikke-invasivt og invasivt. Dette projekt omhandler invasivt blodtryksmåling. Blodtrykket måles i enheden millimeter kviksølv (mmHg). Et normalt blodtryk ligger omkring 120/80 mmHg.

Hjertet pumper iltet blod ud i hele kroppen og giver energi til alle muskler og organer. De røde blodlegemer, i blodet, er dem, der afgiver ilt til vores væv. Når ilten er blevet afgivet til musklerne og organerne, skal blodet tilbage til hjertet, igennem venerne. Det høje tryk er det systoliske tryk, som kan måles når den venstre ventrikel trækker sig sammen og iltet blod pumpes rundt i kroppen. Når blodet kommer retur fra lungerne, løber det, når hjertet slapper af, ind i det venstre hjertekammer. Det venstre hjertekammer trækkes herefter sammen og pumper blodet ud i arterierne. Blodtrykket er herved højere i arterierne, når det venstre hjertekammer trækker sig sammen, fordi blodet bliver presset ud i arene. Trykket er derved lavere når hjertet slapper af, da der ikke bliver presset blod ud i årerne. Det lave tryk er altså det diastoliske tryk, der kan måles når hjertet slapper af mellem 2 hjerteslag. Venstre ventrikel pumper iltet blod ud i aorta og arterierne. Disse er derfor, blodkarrene i kroppen, der udsættes for det største tryk, hvilket er derfor at de stærke og mere elastiske. Hjertet overfører, gennem systolen, energi til arterievæggen, som bruges i den resterende del af hjertets cyklus, til at presse blod gennem karsystemet.

For at forstå det følgende afsnit er der nogle begreber, der skal på plads:

- Væskevolumen, der løber igennem et rør pr. tidsenhed, kaldes for væskestrømmen.
- Distancen, som en væske flytter sig pr. tidsenhed er strømningshastigheden.
- Blodvolumen, der løber gennem et væv pr. tids- og vægtenhed er gennemblødning.

Der er en trykforskel i begyndelsen og slutningen af et rør. I begyndelsen af røret stiger væskestrømningen med trykforskellen og i slutningen af røret aftages væskestrømningen med rørets modstand (R).

Væskestrømmens definition:

$$V_{skestrm}(Q) = \frac{Trykforskel(\Delta P)}{Modstand(R)}$$

Drivkraften for væskestrømningen er trykforskellen (ΔP) gennem røret. Hjertets kontraktioner gør, at strømmen i røret går fra et højere, til et lavere tryk. Modstanden, der er tale om, er gnidningsmodstanden mellem rørvæggen, der er rolig og blodet, der bevæger sig. Når blodet løber igennem arterierne, falder trykket efterhånden i blodet. Ved stigende modstand mod væskestrømmen, stiger trykfaldet. Når modstanden i rørvæggen stiger, formindskes væskestrømningen, hvis trykforskellen ikke stiger. Væskestrømningen skal altså ikke ændres, derfor skal trykforskellen stige, hvilket gør at hjertet bliver nød til at arbejde hårdere.

Et rørs modstand bestemmes ud fra tre parametre:

- Længden af røret.
- Den indre diameter på røret.
- Viskositeten af væsken.

Jo kraftigere hjertet pumper, desto større bliver trykforskellen og dermed blodstrømningen. Blodkarrets diameter, er det, der har størst betydning for modstanden mod blodstrømmen. Hvis blodet presses igennem et snævert kar, så er der en større del af blodet, der er tæt på karvæggen og bremses derved af friktionskraft. Hvorimod, hvis diameteren på karret havde været større, så ville en mindre del af blodet være i kontakt med væggen og derved ville der ikke blive bremsed ligeså meget. Modstanden er derfor mindre og blodstrømningen større, i et stort kar.

Blodets viskositet stiger jo flere røde blodlegemer, der findes i blodet. Jo flere røde blodlegemer, desto højere viskositet. Hvis blodet har en høj viskositet og derved er tyktflydende, så skal der et større tryk til at holde en vis væskestrøm.

4.2 Hypertension

Hypertension er en meget almindelig lidelse, ca. 30% af den danske befolkning har forhøjet arterielt blodtryk. Derfor er det vigtigt, ofte at få målt sit blodtryk, da forhøjet blodtryk ikke kan mærkes og er den vigtigste årsag til hjerte-kar-sygdomme. Der er tale om hypertension når blodtrykket er 140/90 mmHg eller højere. Ved hypertension bliver arbejdsbelastningen af hjertet, forøget, da der skal pumpes blod ud af hjertet med en større modstand. Forhøjet blodtryk gør at arbejdsbelastningen bliver større. Derved sker der ligeså stille en fortykkelse af muskulaturen i den venstre ventrikel, der skal bruge flere kræfter på at pumpe blodet ud i aorta. De fysiske påvirkninger på blodkarrene bliver også øget og de små blodkar springer derfor hurtigere. Det kan specielt være alvorligt, hvis det er hjerneblodkar, der brister da man så har fået en hjerneblødning.

Hypertension kan føre til og er resultatet af mange hjerte-kar-sygdomme, såsom åreforkalkning, hjerteinsufficiens, akut myokardieinfarkt, hjertekrampe, nyreskade og apopleksi. Forhøjet blodtryk behandles med lægemidler - blodtryksnedsættende medicin. Blodtrykket skal ca. reduceres med 20/10 mmHg for at komme ned på et normalt blodtryk. En løsning er også non-farmakologiske metoder, som rygestop, motion, reduktion af saltindtagelse, vægttab og reduktion af alkoholforbrug.

4.3 Hypotension

Hypotension er ikke en ligeså almindelig lidelse som hypertension. Folk med lavt blodtryk har mindre risiko for at få hjerteanfald, nyresygdomme og hjerte-kar-sygdomme - sammenlignet med personer, der lider af forhøjet blodtryk. Der er tale om hypotension når blodtrykket er 90/60 mmHg. Kun en af disse værdier behøver at være for lavt for at blodtrykket defineres som, lavere end normalt. Man kan altså godt have et systolisk tryk på 120 mmHg, men hvis det diastoliske tryk er 50 mmHg, så er blodtrykket for lavt. Andre definerer hypotension når tilstanden fører til symptomer eller når der er tegn på, at der ikke flyder tilstrækkeligt med blod gennem blodårerne. Hvis forsyningen af blod til kroppens vigtigste organer bliver begrænset, så bliver der ikke leveret ilt nok, hvilket gør at organerne ikke kan fungerer optimalt. Udover dette risikerer organerne også midlertidigt eller permanent at blive skadet af ikke at få tilført nok ilt.

Det er altså vigtigt at få målt blodtryk, for så snart blodtrykket er udenfor grænseværdierne og man går rundt med det over længere tid, kan det have fatale konsekvenser.

<http://prodoktor.dk/forhøjet-blodtryk/> d. 26.11.2015 kl. 10:37 <http://prodoktor.dk/lavt-blodtryk/> d. 26.11.2015 kl. 09:33

Systembeskrivelse 5

Billede af systemopstilling

Oversigt over signalændring

Krav 6

Til projektet er der overordnet set opstillet to krav som er formuleret i projektoplægget. Det er et krav at disse funktioner implementeres i produktet. Kravene lyder på at der skal udvikles et system, som kan tilsluttes et væskefyldt kateter samt vise en blodtryksskærm på en computerskærm. Mere detaljeret vil det sige at systemet skal indeholde to elementer. Først et elektronisk kredsløb, som forstærker signalet fra tryktransducere og filtrerer det med et indbygget analogt filter. Derefter et program til at vise blodtrykket, som funktion af tiden.

Yderligere skal dette program opfylde kravene:

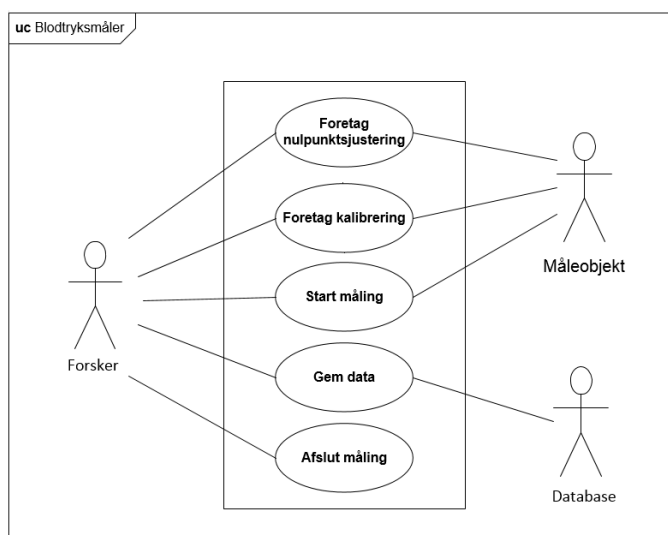
1. Programmeres i C#
2. Kunne kalibrere blodtrykssignalet og foretage en nulpunktsjustering
3. Vise blodtrykket kontinuert
4. Kunne lagre de målte data i en tekstfil eller en database
5. Kunne filtrere blodtrykket via et digitalt filter, denne funktion skal kunne slås til og fra.

På baggrund af disse krav er der opstillet fem Use Cases, der tager højde for disse krav samt beskriver aktørens interaktion med systemet. Disse Use Cases benyttes som kravspecifikation, der har til formål at specificere, hvilke krav der stilles til projektet. Udover ovennævnte krav vil vi også arbejde hen imod at systemet skal afbilde puls, det systoliske blodtryk og det diastoliske blodtryk med tal. Derudover også at systemet alarmerer hvis blodtrykket overstiger indbyggede grænseværdier. Kravene opstilles ud fra kundens ønsker samt leverandørens mulighed for realisering. Systemet består af en computer med programkode, en NI-DAQmx, en transducer og hardware printplade med et filter og en forstærker. Den fulde beskrivelse af hver enkelt Use Cases (fully dressed Use Cases) findes i dokumentationen.

Aktørbeskrivelse

Use Case diagrammet viser de tre aktører: Forsker, Database og Transducer. Herunder er der en detaljeret beskrivelse af hver aktør.

Forsker er en primær aktør. Det er denne aktør, som foretager blodtryksmålingen. Målingerne for blodtrykssignalet vises på displayet, som forskeren har tilgang til.



Figur 6.1: Use Case diagram

Transducer er en sekundær aktør. Transduceren har til formål at modtage blodtrykssignalet fra måleobjektet, som kan bestå af In Vitro, patient eller anden som kan skabe en blodtrykssignal.

Database er en sekundær aktør. Denne aktør er en database, hvori det ufiltrerede blodtrykssignal gemmes. Ligeledes gemmes det indtastede forsøgsnavn og det autogenerated nummer.

Use Case beskrivelse

Use Case diagrammet viser ligeledes de fem Use Cases, der er for systemet: Foretag nulpunktjustering, Foretag kalibrering, Start Måling, Gem data, Afslut måling. Disse Use Cases beskriver interaktionen mellem aktørerne og systemet. Herunder er der en kort beskrivelse formålet med hver Use Case.

UC1: Foretag nulpunktjustering Forskeren tager stilling til om en nulpunktjustering ønskes foretaget. Hvis nej, går systemet videre til næste Use Case. Hvis ja, påbegynder systemet en nulpunktjustering, hvor en offset-værdi ud fra et kendt signal bestemmes. Denne offset-værdi justeres så ind, så en offset-værdi på nul indstillet. Således er en nulpunktjustering foretaget.

UC2: Foretag kalibrering Forskeren tager stilling til om en kalibrering ønskes foretaget. Hvis nej, går systemet videre til næste Use Case. Hvis ja, foretages en kalibrering. Det kræver at forskeren åbner for ventilen på transduceren, der er placeret på måleobjektet. Herefter modtager systemet så en værdi for det atmosfæriske tryk. Denne værdi korrigeres af en algoritme i systemet. Dermed er en kalibrering foretaget.

UC3: Start måling Det kræves at måleobjekt, hvor på blodtrykssignal ønskes fra, er tilsluttet. Derfor tilslutter forskeren transduceren til måleobjektet. Derpå kan målingen startes ved at forskeren trykker på knappen START MÅLING. Herefter indhenter systemet blodtrykssignalet, som bliver udskrevet på display. Værdier for puls, systolisk- og diastolisk blodtryk udskrives ligeledes på display.

UC4: Gem data Der er for forskeren en mulighed for at gemme det indhente ufiltrerede blodtrykssignal, inden for en periode valgt af forskeren. Dette gøres ved, at forskeren trykker på knappen GEM. Systemet vil herefter begynde at sende signaldata ind i Databasen, hvor dataene gemmes. Dette vil systemet blive ved med at udføre indtil forskeren trykker på knappen GEM igen eller knappen AFSLUT.

UC5: Afslut måling Det er muligt for forskeren at lukke systemet ned. Dette gøres ved, at forskeren trykker på knappen AFSLUT. Systemet vil herefter afslutte igangværende processer og lukke ned.

Ikke-funktionelle krav beskrivelse

Ikke-funktionelle krav er struktureret efter (F)URPS+, hvor krav til systemets funktionalitet, brugervenlighed, pålidelighed, præsentation samt vedligehold er beskrevet. Disse krav er primært software-krav. Der opstilles bl.a. et krav om en maksimal tid, der må gå fra, at der er trykket på en knap, til at systemet reagerer. Når der er trykket på en knap, skal systemet foretage den ønskede proces, hvilket eksempelvis er, at ved tryk på GEM-knappen at sende det ufiltrerede blodtrykssignal til databasen, hvor signaldata bliver gemt. Ligeledes er opbygning af display også en del af ikke-funktionelle krav.

Projektbeskrivelse 7

7.1 Projektgennemførelse

7.2 Projektstyring

7.3 Metoder

Til at kunne overskue arkitekture og designet af projektet, er flere forskellige arbejdsmetoder benyttet for at skabe det bedst mulige resultat. For at finde, hvad blodtryksmåleren skal gøre, er der blevet udarbejdet Use Cases. Disse beskriver systemet funktionalitet. Use Cases viser, hvad brugeren skal opleve fra systemet, men ikke, hvordan det sker. I Use Case diagrammet bliver det også vist, hvilke aktører der findes og hvordan de interagerer med systemet.

I projektet bruges accepttest til at teste blodtryksmåleren. Dette gøres ud fra kravspecifikationerne, hvor det er angivet, hvilke krav der er til systemet.

Accepttesten er en test, hvor der beskrives, hvad der skal ske og, hvad brugeren skal gøre. Testen er for at undersøge om produktet opfylder de krav som der er blevet sat for det. Accepttesten giver et godt overblik for udvikleren og for kunden, der nemt og hurtigt kan se om produktet virker som det skal.

Til beskrivelse af design af software og hardware er diagrammer og skemaer blevet udarbejdet i SysML og UML. SysML er et grafisk modelleringssprog, som kan bruges til at overskueliggøre systemer.

Til software er der blandt andet lavet en applikationsmodel i SysML, som består af et domæne-, klasse- og sekvensdiagram.

Domænemodellen viser sammenhængen mellem blokkene i systemet. Blokkene findes i Use Casene og derved bliver disse to ting koblet sammen.

Klassediagrammet viser, hvilke metoder blokkene har og hvordan de kommunikerer med hinanden. Her findes domæne-, kontrol- og grænsefladeklasser. Kontrolklasserne beskriver, hvordan data behandles mellem domæne- og grænsefladeklasser. Domæneklasser indeholder funktionalitet fra den pågældende softwareblok. Grænsefladeklasserne viser, hvordan, systemet interagerer med omverdenen. Diagrammet gør det nemmere at fremme en lav kobling og høj samhørighed i softwaren.

Sekvensdiagrammet fortæller, hvad der sker i selve koden. Igen går det ud fra Use Casene, hvor vægten nu er på softwaredelen. Derved beskrives det, hvordan metoder bliver kaldt og hvordan de forskellige klasser interagerer. Hver Use Case skal her gennemgås i software, så der skabes et overblik over vejen gennem koden.

For at skabe et overblik og indsigt i koden, er der i UML udarbejdet et aktivitetsdiagram og et klassediagram. Aktivitetsdiagrammet går i dybden med en specifik metode. Det er kun blevet gjort for relevante metoder. Her tydeliggøres det, hvordan hver metode fungerer og, hvad den indeholder. Klassediagrammet fortæller hvilke metoder, en klasse indeholder og hvordan klasserne hænger sammen.

Til hardwaren er der blevet brugt Block Definition Diagram(BDD), som viser hvilke blokke et system indeholder og hvilke porte de har. BDD er lavet til at give et overblik over systemet. Ud fra BDD'et er et Internal Block Diagram(IDB) blevet lavet. Her vises, hvilke signaler som findes i systemet og hvordan de sendes rundt. Her vises portene igen og der skal være overensstemmelse mellem BDD og IDB.

7.4 Systemarkitektur

7.4.1 Hardware

7.4.2 Software

7.5 Problemidentifikation (design)

7.5.1 Hardware

7.5.2 Software

7.6 Implementering

7.7 GUI-beskrivelse

7.7.1 Algoritmer (grænseværdier)

7.7.2 Filteret/Ufiltreret

7.7.3 Lagring af data i Database

7.8 Test

7.9 Resultater og diskussion

7.10 Udviklingsværktøjer

Gennem projektarbejdet har vi anvendt en række forskellige værktøjer til udvikling af blodtryksmåler-systemet. Disse er yderligere uddybet herunder.

Visual Studio 2013

Software delen af projektets programmering er skrevet i sproget C-sharp. Her er Visual Studio 2013 anvendt som kompiler, da programmet gør det nemt at omskrive tekst til kode. Visual Studio 2013 indeholder også funktionen Windows Form Application, der visuelt kan fremstille de ønskede resultater i form af knapper, grafer og labels mv. i en samlet brugergrænseflade, som aktøren interagerer med.

Microsoft Visio 2016

Microsoft Visio er et tegne værktøj, der i dette projekt er anvendt til at designe både SysML og UML diagrammer, som benyttes ved organisering af hardware og software design. Microsoft Visio er det oplagte valg, da diagrammer lavet i programmet får et enkelt og overskueligt udseende, og dermed fremstår det tydeligt for læseren hvad diagrammet vil vise.

Analog Discovery og Waveform fra Digilent

Analog Discovery og waveform er i projektet benyttes som omformer og signal generator under testfasen. Her fungerer Analog Discovery som en waveform generator, så et analog signal kan sendes videre ind i lavpasfiltret, forstærkeren og derefter ind i DAQ'en. I den endelig implementering erstattes Analog Discovery og Waveform med transduceren.

NI-DAQmx

NI-DAQmx er et værktøj udarbejdet af National Instruments, som anvendes til at omforme det indkomne analoge signal fra transduceren (Analog Discovery) til et digital signal. Værdier fra NI-DAQmx er af en type som kan anvendes i selve softwarekoden.

LaTeX

LaTeX er anvendt i projektet til design og opsætning af projektrapport og projektdokumentation. LaTeX er god til tekstformatering, hvor opsætning og strukturer defineres samlet for hele en rapport, samt god til versionsstyring. Til at skrive selve koden benyttes programmet TeX-maker som kombiler.

7.11 Opnåede resultater

7.12 Perspektivering - Fremtidigt arbejde

I fremtiden vil blodtryksmåleren kunne udvides gennem flere muligheder. Da blodtryksmåleren er lavet til forskningsbrug, er der ingen idé i at udvide mod patienter. En forlængelse af systemet kunne derimod være en metode, som skal kunne vise gemte målinger.

Et log-in vindue er en anden ting som kunne forbedre systemet, for på den måde at skabe større sikkerhed for forskeren og dataen. Et log-in vindue vil gøre at, en forsker kan være sikker på at hans målinger og forskning ikke kan tilgås af andre. Det kræver en større udvidelse, hvor der skal laves et log-in vindue og en database, hvor password og brugernavn gemmes. Der skal også laves en metode, som kan tjekke om det indtastede password og brugernavn passer over ens med det i databasen.

Generelt skal de standarder, som findes for blodtryksmålere undersøges grundigere. Specielt brugergrænsefladen, men også resten af systemet som enheder og visning af graf, skal rettes til efter de passende standarder.

Hvis systemet ydeligere skulle tilpasses forskning. Det kunne være gennem en bedre navngivning af data i tabelle eller et bedre overblik over, hvordan data bliver gemt fx gennem en liste for de gemte målinger. På den måde vil det blive nemmere for forskeren at finde frem til gamle målinger.

I forhold til Hardware er målet, at det hele skal samles i en kasse. Så det på den måde ikke

er muligt at ændre eller stille ved det. Derved skal filteret og forstærkningen laves på en printplade. Samtidigt skal det ved kassen være en plads til batterierne, hvor det er muligt at kunne skifte dem, når nødvendigt. Derved fås en kassen, som nemt kan flyttes rundt på og som ikke er i farer for at gå i stykker.

Konklusion 8

Figurliste 9

Bilag 10

Litteratur

- [1] Albert Einstein. Zur Elektrodynamik bewegter Körper. (German) [On the electrodynamics of moving bodies]. *Annalen der Physik*, 322(10):891–921, 1905.