

AARHUS SCHOOL OF ENGINEERING

SUNDHEDSTEKNOLOGI  
3. SEMESTERPROJEKT

---

# Rapport

---

*Gruppe 2*

Martin Banasik

(201408398)

*Vejleder:*

Studentervejleder

Aarhus Universitet

16. december 2017

# Resumé Abstract 1

---

# Indholdsfortegnelse

---

<b>Kapitel 1</b>	<b>Resumé Abstract</b>	<b>1</b>
<b>Kapitel 2</b>	<b>Forord</b>	<b>4</b>
<b>Kapitel 3</b>	<b>Forkortelser</b>	<b>5</b>
<b>Kapitel 4</b>	<b>Ordforklaringer</b>	<b>6</b>
<b>Kapitel 5</b>	<b>Indledning</b>	<b>7</b>
5.1	Baggrund . . . . .	7
5.2	Problemformulering . . . . .	9
5.3	Formål . . . . .	9
5.4	Projektdeltagere og hovedansvarsområder . . . . .	10
<b>Kapitel 6</b>	<b>Krav</b>	<b>11</b>
6.1	Systembeskrivelse . . . . .	11
6.2	Aktørbeskrivelse . . . . .	12
6.3	Funktionelle krav . . . . .	13
6.4	Ikke-funktionelle krav . . . . .	16
<b>Kapitel 7</b>	<b>Afgrænsning</b>	<b>17</b>
<b>Kapitel 8</b>	<b>Metode og proces</b>	<b>18</b>
8.1	Udviklingsværktøjer . . . . .	18
8.1.1	Analyse og designmetode . . . . .	18
8.2	Den gennemførte proces . . . . .	21
8.3	Beskriv Processen 1-2 sider - ikke tekniske del . . . . .	22
<b>Kapitel 9</b>	<b>Analyse</b>	<b>24</b>
<b>Kapitel 10</b>	<b>Arkitektur</b>	<b>27</b>
10.1	Hardware . . . . .	27
10.1.1	Blok definition diagram . . . . .	27
10.1.2	Internal blok diagram . . . . .	28
10.1.3	Blokbeskrivelse . . . . .	29
10.2	Software . . . . .	30
10.2.1	Blok definition diagram . . . . .	30
<b>Kapitel 11</b>	<b>Design</b>	<b>32</b>
11.1	Hardware . . . . .	32
11.1.0.1	Analog Discovery . . . . .	32

## Indholdsfortegnelse

11.1.0.2 Instrumentationsforstærker . . . . .	34
11.2 SW . . . . .	34
<b>Kapitel 12 Implementering</b>	<b>35</b>
<b>Kapitel 13 Test</b>	<b>36</b>
<b>Kapitel 14 Resultater</b>	<b>37</b>
<b>Kapitel 15 Diskussion af resultater</b>	<b>38</b>
<b>Kapitel 16 Konklusion</b>	<b>39</b>
<b>Kapitel 17 Sikkerhed</b>	<b>40</b>
<b>Kapitel 18 Fremtidigt arbejde</b>	<b>41</b>
<b>Kapitel 19 Bilagsliste</b>	<b>42</b>
<b>Figurer</b>	<b>43</b>
<b>Tabeller</b>	<b>45</b>
<b>Litteratur</b>	<b>46</b>

# Forord 2

---

# Forkortelser 3

---

SRM	-	Synkereflexmonitor
BI-måler	-	Bioimpedans-måler
EMG-måler	-	
BDD	-	
IBD	-	
AD	-	Analog Discovery
ADC	-	Analog-til-digital-konverter
LSB	-	Analog-til-digital-konverter

# Ordforklaringer 4

---

SRM	-	Medicinsk teknologivurdering
VCR	-	Vestdansk Center for Rygmarvsskade
Patient O	-	Inkomplet rygmarvsskadet med sessioner i eksoskelet sdjifsdofjsdoifjs- dijfosdijfosdijf fji sodfjosdi ojsfo sdjofjsod jffosdj fojf

# Indledning 5

---

## 5.1 Baggrund

En normal synkeproces er kendetegnet, ved at føden fra den bageste del af mundhulen transporteres via. svælget til spiserøret uden vanskeligheder. Forstyrrelser i synkeprocessen, dens hastighed og frekvens kaldes for dysfagi [1]. Dysfagi er den medicinske betegnelse for symptomer relateret til synkebesvær. Det er vigtigt at differentiere mellem nedre og øvre dysfagi. Øvre dysfagi omfatter den præ-orale, orale og faryngeale fase, hvorimod nedre dysfagi er relateret til den øsofageale fase dvs. spiserør og mavesæk [2]. Det skal dog nævnes, at der er uenigheder om definitionen af dysfagi. Den manglende konsensus om definitionen gør rapportering af dysfagi-insidens og prævalens uklar [2]. Ifølge patientombuddets temarapport fra 2012 om dysfagi at [3]:

- 60-87 % af beboere på plejehjem for ældre har synkebesværligheder.
- 30 % alle apopleksipatienter har dysfagi.
- 20-50 % af patienter med Parkinson og Alzheimer har dysfagi.
- 30-60 % af patienter med muskelsvind har dysfagi.
- Herudover er der ca. 10.000 børn, unge og voksne med Cerebral Parese (CP) også kendt som "spastisk lammelse", der har synkebesvær .

Som det ses i de nævnte statistikker, rammer dysfagi en bredt vifte af patienter fra forskellige patientgrupper. Dysfagi-konsekvenserne kan læses i *Bilag 8 - Om Dysfagi*.

Udredning af øvre dysfagi består af en diagnostisk strategi med tre trin: en tidlig screening, som skal afdække eksistensen af synkebesværligheder, en all-around klinisk undersøgelse, der estimerer synkebesværlighedens omfang og en instrumentel undersøgelse vha. Fiber Endoskopisk Evaluering af Synkefunktionen (FEES) og/eller Funktionel Videoradiologisk Evaluering af Synkefunktionen (FVES). Disse undersøgelsesmetoder er præget af subjektive vurderinger som klinikeren rapporterer undervejs i undersøgelsen og dette kan forringe undersøgelsens reproducerbarhed. Resultatet kan være underdiagnostik og derved dårlig tilrettelæggelse af et behandlingsforløb. I *Bilag 8 - Om Dysfagi* belyses hvordan FEES og FVES foretages. Begge undersøgelser anvendes til at vurdere aspirationsrisiko og til at angive anbefalinger for oral indtagelse, men flere studier viser, at begge metoder ikke er tilstrækkelig pålidelige, ofte ikke gentagelige og dyre i pris [4] [5] [6] [7]. Der er derfor brug for alternative metoder, som kan give objektive vurderinger,



## 5.1. Baggrund

som er billig i pris og ikke-invasiv. En af disse metoder er at kombinere elektromyografi (EMG) og bioimpedans sensorer. Et forudgående projekt til dette projekt har anvendt en prisvenlig EMG sensor af typen MyoWareTM Muscle Sensor til at måle synkesignaler på raske personer med succes [8, s. 58]. I dette projekt anvendes også den samme EMG sensor for at reproducere de samme resultater. EMG alene er ikke tiltrækkelig til at vurdere synkefunktionen, da den kun bidrager med informationer om muskelaktiviteten i de muskler, der deltager i synkningen [6]. Derfor er der i dette projekt valgt at kombinere EMG'en med en prisbillig bioimpedans sensor, som en gruppe forskere har anbefalet, samt beskrevet en opskrift til udviklingen af sådan en bioimpedans sensor [9].

Denne bioimpedans sensor benyttes til at måle den elektriske impedans i vævet ved at udnytte forholdet mellem spænding og strøm jf. Ohms lov.

$$R = \frac{V}{I}$$

Under væske- og/eller fødeindtagelse samt vejtrækning ændres forholdet mellem spænding og strøm i svælget og det er denne ændring som bioimpedans sensoren skal måle. Som det ses på figur 5.1, er svælget åben og fuld af luft under vejtrækning. Luft er dårlig til at lede strøm og har en høj elektrisk modstand. Den høje elektriske modstand falder under synkning af væske eller mad, ved at svælgets hulrum indsnævres som et resultat af en opadgående bevægelse af hyoid og larynx. Dette observeres som et drop i bioimpedans signalet og lave svingninger i EMG signalet for raske personer. For personer med dysfagi vil droppet i bioimpedans signalet være lavere [6]. I dette projekt udvikles en bioimpedans sensor, der kan måle det nævnte drop i spændingen. Sammen med BI-måleren anvendes en kommerciel EMG-måler, der supplerer bioimpedansen.



Figur 5.1: Illustration af, hvordan emg-og bioimpedans signaler opfører sig under vejtrækning og mad/drikke indtagelse[6]

## 5.2 Problemformulering

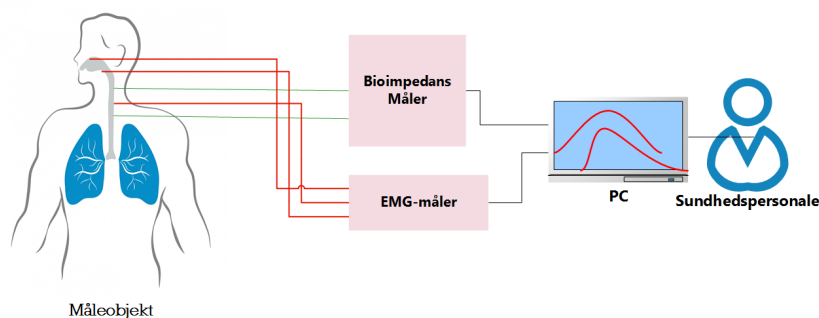
Dette projekt undersøger muligheden for at udvikle et device, der består af en bioimpedans sensor og en EMG-måler, der tilsammen kan monitorere og detektere synkefrekvensen hos raske personer. Deviceet bliver fremover omtalt som synkereflexsmonitor(SRM). Dette Projekt vil søge svar på følgende spørgsmål:

- Kan man udvikle en prisbillig bioimpedans sensor, der kan være alternativ til Fiber Endoskopisk Evaluering af Synkefunktionen (FEES) og Funktionel Videoradiologisk Evaluering af Synkefunktionen (FVES) til at undersøge synkefrekvensen på personer, der er ramt af dysfagi?
- Kan man kombinere bioimpedans sensor og EMG-måler til måling af dysfagi ?

Ved hjælp af systematisk og ikke-systematisk litteratursøgning vil disse spørgsmål blive besvaret gennem dette projekt.

## 5.3 Formål

Formålet med dette projekt er at udvikle et produkt, der består af en bioimpedans-måler(BI-måler), der kan måle pålidelige bioimpedans signaler, samt kombinere BI-måleren med en kommerciel EMG sensor for at kunne detektere synkefrekvensen på raske objekter. Det overordnet system, der vil blive realiseret består af en BI sensor med elektroder, som er koblet til et raskt objekt, en EMG måler med tre elektroder, som også er koblet til det samme objekt og en pc, som anvendes til processering og visning af data til et sundhedspersonale, se figur 5.2.



Figur 5.2: Illustration af det overordnet system som dette projekt vil realisere

Projektet vil fokusere på udvikling af den anbefalede prisbillige bioimpedans-måler(BI-måler). Det er ligeledes projektets mål at genskabe de to signaler, der er vist på figur 5.1. EMG-måleren bruges som supplerende redskab til BI-måleren, da den kan detektere muskelaktiviteter, som finder sted før, under og efter et synk. Disse muskelaktiviteter er en forudsætning for, at synkningen kan ske.

Det skal dog for god ordens skyld understreges at systemet, der realiseres i dette projekt er på Proof-of-Concept stadie og må derfor ikke anvendes til klinisk brug. Det er ikke

#### 5.4. Projektdeltagere og hovedansvarsområder

projektets mål at udvikle en endelig BI-måler, der kan sættes i produktion eller anvendes til screening af personer med mistanke for dysfagi.

### 5.4 Projektdeltagere og hovedansvarsområder

Arbejdsfordelingen mellem gruppemedlemmerne er fordelt ligeligt på grund af gruppens størrelse. Gruppen har valgt at dele projektet op i en software-og hardwaredel, hvor alle i gruppen har ansvaret for begge dele. Argumentet for den kollektive ansvarsfordeling er valgt, da gruppens medlemmer har vurderet, at en skarp opdeling af ansvarsområder, vil medføre mindre koordinering og risiko for, at man isolere sig kun til sit ansvarsområder. Tabel 5.1 viser den valgte ansvarsfordeling.

<b>Projektdeltagere</b>	<b>Hovedansvarsområder</b>
Mohamed Hussein Mohamed	Hardware & Software
Martin Banasik	Hardware & Software

*Tabel 5.1: indeholder gruppemedlemmernes navne og hovedansvarsområder*

På baggrund af et møde med Jim Jensen fra Hammel Neurocenter, som er projektets udbyder, hvor udfordringer med nuværende behandlinger og udredninger af dysfagipatienter blev diskuteret, er der udarbejdet en kravspecifikation til et system kaldet Synkerefleksmonitor (SRM). Formålet med mødet var ikke at etablere kunde/leverandør-relation, hvor krav til et kommende produkt skal forhandles på plads. Mødet havde i stedet en uformel karakter, hvor Hammel Neurocenter frivilligt er gået med til at mødes med gruppens medlemmer for at bidrage med deres ekspertise indenfor behandling og udredning af dysfagipatienter. Kravene til produktet som skal realiseres under dette projekt, er suverænt udspecificeret af gruppens medlemmer uden indblanding af projektets udbyder. Fra udbydernes side var der kun et ønske om at bidrage med udvikling af nye metoder til udredning af dysfagipatienter, hvilken dette projekt også har intentioner om.

I det følgende beskrives kort det overordnede system, efterfulgt af funktionelle og ikke funktionelle krav.

## 6.1 Systembeskrivelse

Figur 6.1 illustrer systembeskrivelsen for SRM'en. Systemet igangsættes af et sundhedspersonale, ved at tilkoble elektroder fra SRM'en til et måleobjekt. Ved hjælp af en funktionsgenerator i systemet sendes en konstant strøm til måleobjektet via elektroderne. På måleobjektets måleregionen måles spændinger, som opstår, når forholdet mellem spænding og strøm ændrer sig. De målte spændinger omdannes til digitale værdier vha. en A/D-konverter. Tilslut vises disse værdier på en PC-skærm i form af en graf. Sundhedspersonalet har hermed mulighed for at evaluere måleobjektets synkefrekvens. I SRM'en eksisterer der delsystemer. Detaljer omkring, hvordan disse er byggede og designede, henvises der til *Bilag 4 - Arkitektur* og *Bilag 5 - Design*.

## 6.2. Aktørbeskrivelse



Figur 6.1: Aktør-kontekst diagrammet illustrer det overordnet system. Her ses to aktører, der direkte interagerer med SRM'en. Den tredje aktør er en Offstage-aktør, der kommunikerer med systemet igennem en anden aktør.

## 6.2 Aktørbeskrivelse

Til aktør-kontekst diagrammet følger der en en aktør beskrivelse, der beskriver kort hver aktørs funktion, se tabel 6.1.

Aktørnavn	Type	Beskrivelse
Sundhedspersonale	Primær	Sundhedspersonalet tilkobler SRM'en til måleobjektet vha. elektroder, samt starter og evaluerer målingerne.
Elektroder	Sekundær	Elektroder anvendes til at måle bioimpedans og emg signaler fra måleobjektet
Måleobjekt	Offstage Actor	Måleobjektet leverer biosignaler, som elektroderne kan måle.

Tabel 6.1: Aktørbeskrivelse for det samlede system

## 6.3 Funktionelle krav

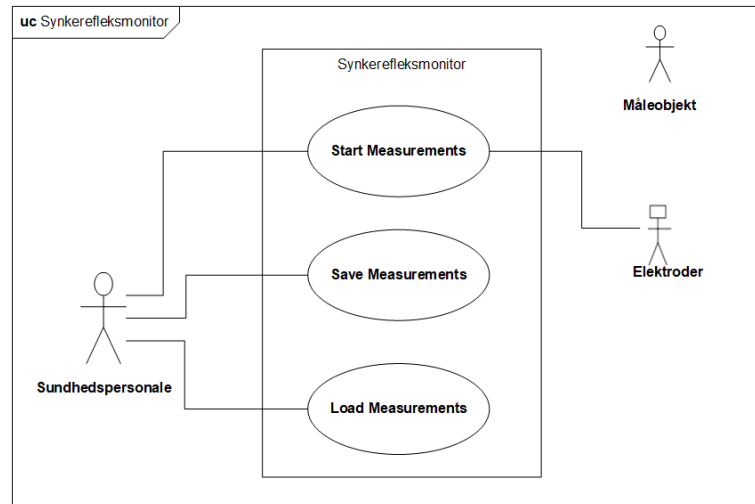
Tabel 6.2 beskriver de funktionelle krav, der stilles til applikationen SRM'en. Nogle krav er vigtigere end andre, og de prioriteres vha. MosCow-metoden. Kravene i *Must og Should* kategorien prioriteres højest. I dette projekt bestræbes det at opfylde kravene i *Must og Should*.

Must have	Should have
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Systemet skal have en bioimpedans sensor (BI), der kan måle bioimpedans signaler</li> <li>2. Systemet skal have EMG sensor, der kan måle EMG signaler</li> <li>3. Systemet skal kunne vise BI og EMG signaler over tid på en graf (offline) i Matlab</li> <li>4. Systemet skal kunne beregne BI på baggrund af målte spændinger</li> <li>5. Systemet skal kunne gemme BI og EMG målinger</li> <li>6. Systemet skal kunne hente tidligere BI og EMG målinger</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Matlab GUI, der kan præsentere BI og EMG signaler</li> <li>8. Både BI og EMG målinger skal køre simultant</li> <li>9. Validere bioimpedans sensoren op imod kommerciel BI måler</li> </ol>
Could have	Would have
<ol style="list-style-type: none"> <li>10. Real-time visning af EMG- og BI signaler</li> <li>11. Machine Learning for at diskriminere mellem synkerefleks og støj (tale og hoste)</li> <li>12. Systemt skal udføres på et færdigt print</li> <li>13. Systemet gemmer BI og EMG målinger i en Database</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>14. Mobilt synkerefleksmonitor med touch skærm</li> <li>15. EMG og BI signaler overføres til EPJ</li> <li>16. Tage højde for anatomiske forskelle mellem kønnene</li> </ol>

Tabel 6.2: MoSCoW opdeling af kravene til synkerefleksmonitoren.

### 6.3. Funktionelle krav

For at realisere *Must og Should* kravene, er der udviklet use cases, der bidrager til opfyldelsen af disse krav. Brugergrænsefladen til applikationen er forsøgt forsimplet, således at brugeren kun behøver at forholde sig til behandlede data og ikke rådata. På Figur 6.2 ses det to aktører, der interagerer med tre use cases. Herunder beskrives funktionaliteten af disse use cases.



Figur 6.2: UseCase diagram for synkerefleksmonitoren. Systemet består af tre usecases, der tilsammen bruges til at starte, måle, oploade tidligere målinger og gemme BI og EMG målinger

**Use Case 1 - Start Measurements:** Denne use case bruges bl.a. til at igangsætte en måling. Når sundhedspersonalet trykker på denne knap, køres der en række funktioner, der til sammen, starter, måler, behandler og visualisere to målinger. I *Bilag 6 - Implementering og test* kan du bl.a. læse om de underliggende funktioner, som eksekveres, når denne knap aktiveres af brugeren.

**Use Case 2 - Save Measurements:** Denne use case muliggør at brugeren kan gemme to målinger lokalt på computeren i en csv-fil. Her gemmes de to målinger, som brugeren har taget simultant i use case 1

**Use Case 3 - Load Measurements:** Denne use case tillader indlæsning af tidligere målinger, som er gemt lokalt på pc'en.

### 6.3. Funktionelle krav

Nedenunder er der en fully dressed for "*Start Measurements*" use casen. Her er der beskrevet de trin som brugeren skal igennem for at tage en måling. Fully dressed for de resterende use cases henvises der til *Bilag 1 - Kravspecifikation*.

#### Use Cases - fully dressed

##### Use Case - Start Measurements

Scenarie	Hovedscenarie
Navn	Start Measurements
Mål	At måle to signaler simultant
Initiering	Startes af Sundhedspersonalet
Aktører	Sundhedspersonale (primær)
Samtidige forekomster	1 måling pr. kørsel
Forudsætninger	BI-måleren og EMG-måleren er ledige og operationelle. Elektroderne påsat måleobjektet og GUI-vinduet er åbent
Resultat	To målinger foretages og vises til brugeren
Hovedscenarie	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Sundhedspersonalet trykker på knappen "Start Measurements "</li><li>2. En række funktioner køres automatisk og systemet sørger for at to målinger foretages simultant</li></ol> <p>[<i>Undtagelse 2.a:</i>] Systemet foretager ikke målinger</p>
Undtagelser	<ol style="list-style-type: none"><li>2.a Applikationen genstartes og hovedscenarie 1 i use casen gentages</li></ol>

*Tabel 6.3: Fully dressed for use casen Start Measurements*



### 6.4 Ikke-funktionelle krav

Hvor de funktionelle krav kortlægger applikationens specifikke adfærd, fokuserer ikke-funktionelle krav applikationens kvalitetsaspekter [10]. Der benyttes en model kaldet *(F)URPS* til at sætte ord på, hvad kunden, i dette projekts tilfælde gruppen, opfatter som kvalitet. Ved brug *(F)URPS* skal man tage stilling til produktets funktionalitet, brugervenlighed, pålidelighed, ydeevne og supportering [10]. Man kan vælge at udvide modellen til *(F)URPS<sup>+</sup>*. Her skal man yderligere forholde sig til flere kvalitetsbegreber. Lige som i de funktionelle krav er de ikke-funktionelle krav prioriteret ved brug af Moscow-metoden. Der er valgt at inddrage kun *must-kategorien*. I dette projekt anvendes kun *(F)URPS* med undtagelse af elementet funktionalitet. Det vurderes af gruppen at dette element er afdækket i de funktionelle krav, og derfor er der ingen grund til at gentage det under de ikke-funktionelle krav. Det skal oplyses at under de ikke-funktionelle krav er der medtaget nogle krav, som er svært at teste. Herunder ses én af dem:

- Synkerefeksmonitoren hardware skal kunne fungere under et temperaturforhold, der ligger mellem 10 til 40°C.

Selvom dette krav ikke kan testes, har vi valgt at inkludere det, da det er vigtigt at tage stilling til, hvordan produktet skal virke under varme forhold. I *Bilag 1 - Kravspecifikation* kan man læse de detaljerede ikke-funktionelle krav.

# Afgrænsning 7

---

Projektet har først og fremmest fokus på at opfylde de funktionelle krav i *Must og Should* kategorien for at realisere et proof-of-concept produkt, der er funktionsdygtigt. De resterende krav i *Could have og Would have* prioriteres lavest, og der bruges tid på dem, hvis de to andre kategorier er opfyldt tilfredsstillende. Der udvikles, hverken use cases eller test cases for *Could have og Would have* før de to andre er på plads og der i øvrigt er nok tid at arbejde med dem. For de ikke-funktionelle kræves vedkommende prioriteres kun de testbare krav højest, hvorimod de ikke testbare krav prioriteres lavest.

Undervejs i projektet er det konstateret at krav nummer 9 ikke er muligt at opfylde. For at validere gruppens BI-måler med en kommerciel BI-måler, har gruppen taget kontakt til Steven Brandtlov, fra Indkøb og Medicoteknik Skejby Sygehus, gennem Peter Johansen, lektor på Institut for Ingeniørvidenskab på Aarhus Universitet. Etablering af kontakten har taget længere pga. manglende respons fra Steven Brandtlov side, se "*bilag 11 - Mail korrespondance*". Da gruppen endelig kom i besiddelse af BI-måleren, fungerede den ikke efter dens brugeranvisning. Efter flere mislykkede mail korrespondance med Brandtlov, blev gruppen enig om at henstille dette krav.

# Metode og proces 8

---

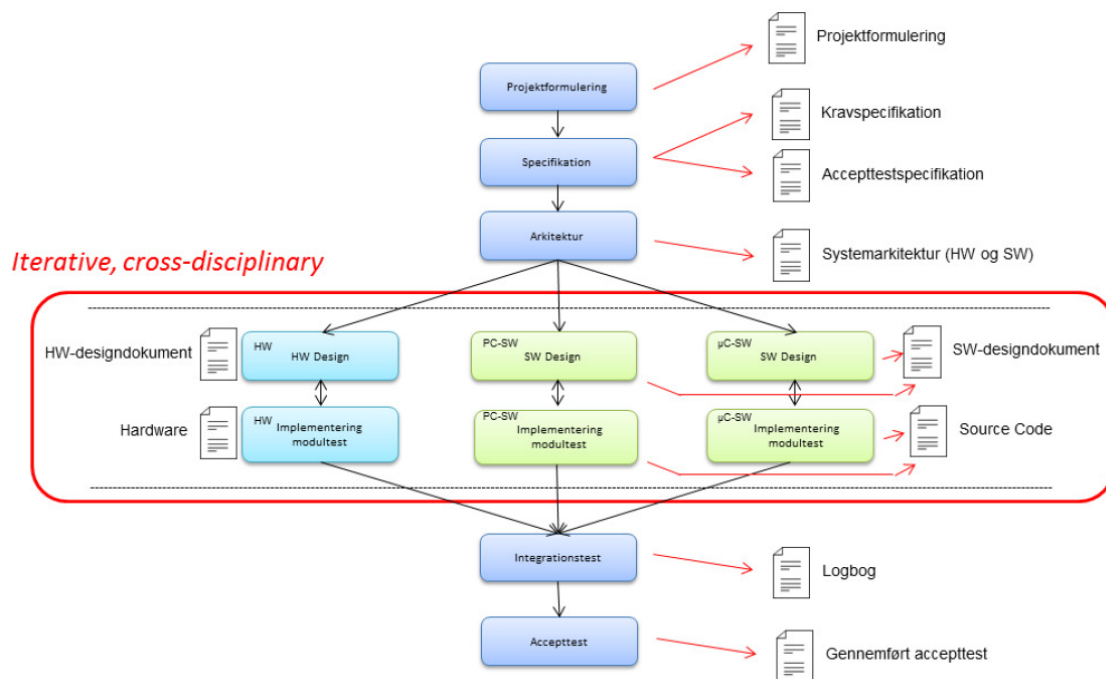
## 8.1 Udviklingsværktøjer

### 8.1.1 Analyse og designmetode

Dette afsnit har til formål at beskrive hvilke tekniske metoder, der er benyttet af udarbejdelsen af bachelorprojektet. Primært er der tale om metoder fra faget ISE. I dette afsnit bliver der også beskrevet hvilke arbejdsredskaber, der er benyttet til udførelse af bachelorprojektet og rapporten.

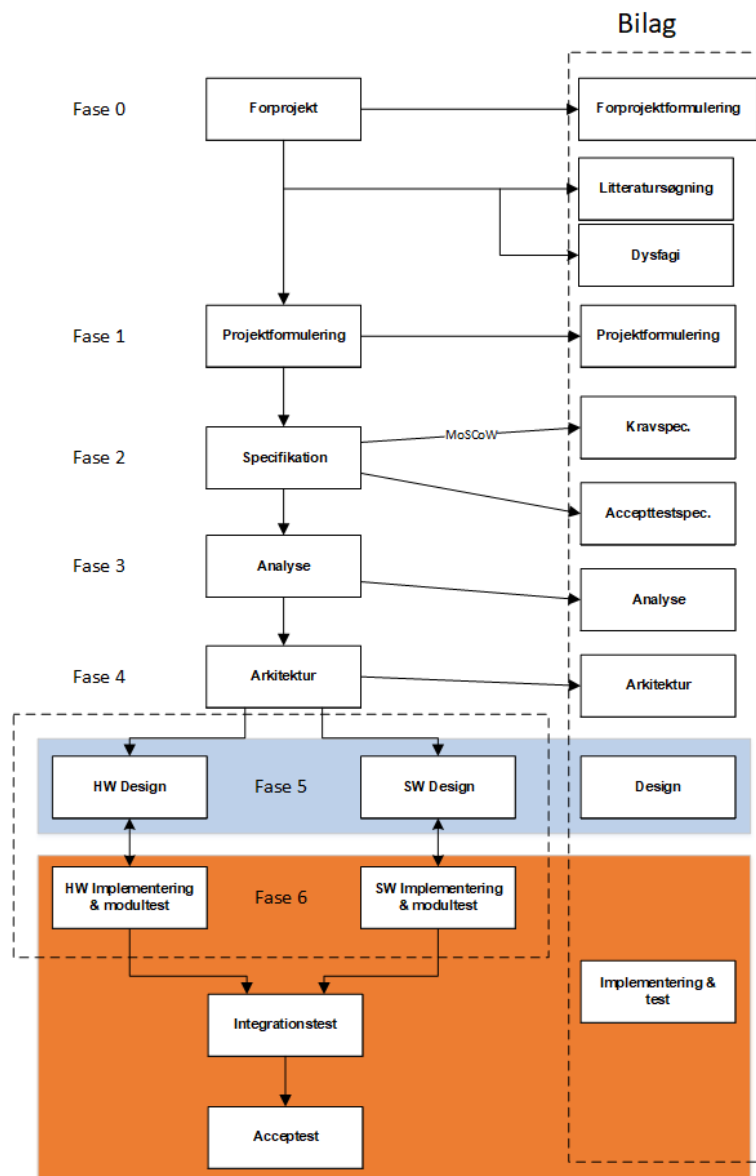
Udviklingsforløbet er udarbejdet efter V-modellen og ASE-modellen [11] som er udviklet af Aarhus Ingeniørskole. ASE-modellen anvendes til udvikling af software og hardware, som er delt op i faser. For hver fase kommer en række artefakter som tilsammen resulterer i et veldokumenteret bachelorprojekt. Disse faser kombineres med V-modellen. I dette bachelorprojekt er der udført modultest på alle moduller opført i både hardware og software. Efter at kunne godkende modultestene, er en integrationstest blevet udført, hvor det bygget hardware og software er sammensat og testet som et samlet system. Her gøres det klart at systemet fungerer som intentionen, inden accepttesten nåes. Accepttesten er undersøger om alle krav i specificeret i kravspecifikationen er overholdt. Vejleder, Thomas Nielsen, lærer ved Aarhus Ingeniør Højskole, har deltaget i udførelsen af accepttesen, godkendt og underskrevet den. Brugen af ASE-modellen og kombinationen af V-modellen har resulteret i denne veldokumenteret rapport.

## 8.1. Udviklingsværktøjer



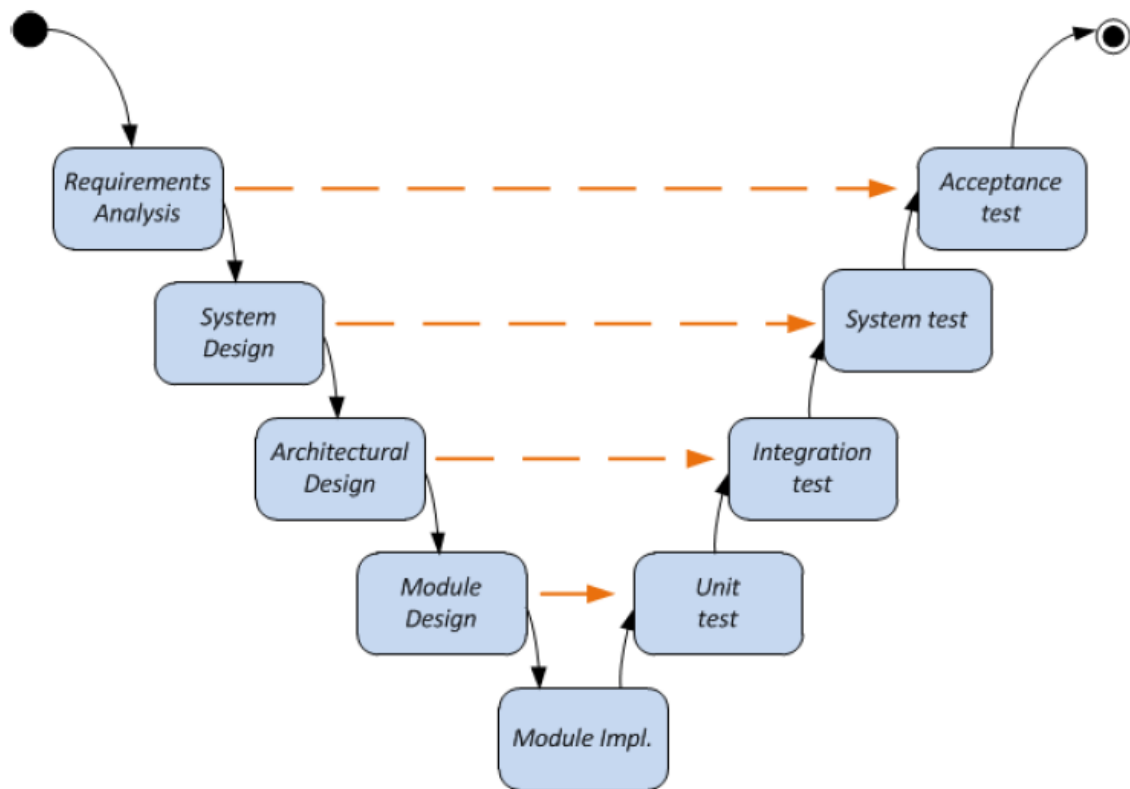
Figur 8.1: V-modellen

## 8.1. Udviklingsværktøjer



Figur 8.2: Den modificeret ASE-model.

## 8.2. Den gennemførte proces



Figur 8.3: V-modellens udviklingsfaser[?] ]

Til beskrivelse samt opbygning af Synkereflexmonitor er der fra ISE benyttet metoden SysML. SysML er brugt til diagramanalyse, specifikation, design og verificerer Synkereflexmonitor. Hvilket resulterer i en beskrivelse af systemets opbygning og kommunikation. Dernæst er der lavet en applikationsmodel, som giver det samlede overblik over Synkereflexmonitor. Applikationsmodellen består af en domænemodel, hvor alle aktiviteterne i synkereflexmonitor er beskrevet samt tilhørende klassesdiagrammer med metoder fra sekvensdiagrammer som beskriver systemets virkning og interaktionen mellem de forskellige dele, som er specifikt for hvert use case.

Programmet Visio er blevet brugt til udvikling af alle SysML- og UML-diagrammer. Koden og GUI er skrevet og udviklet i Matlab. Rapporten, bilag, mødereferater og logbog er skrevet i tekstsproget Latex på hjemmesiden Overleaf.

## 8.2 Den gennemførte proces

Bachelorprojektet startede med at få lavet en tidsplan over hele forløbet, med udkast fra bachelorforprojektet. Her blev der brugt TeamGantt som projektstyringsværktøj, til oprettelse af tidsplanen, som er en online portal hvor alle gruppedeltager har mulighed for at se og rette i tidsplanen. Siden er bygget op om et Gantt-skeam som viser aktiviteterne i kalenderformat, som bruges til at dokumenterer planlægningen[? , s. 297]. Ved brug af versionshistorik af tidsplanen, var det muligt at følge ændringer undervejs i projektet. *Se*

### 8.3. Beskriv Processen 1-2 sider - ikke tekniske del

*Bilag 2 for versionshistorik af tidsplanen.* Projektet brugte TeamGantt kun til grovplaner med strukturen efter ASE-modellen. Udførelsen af de enkelte elementer fra ASE-modellen blev udført ved brug af V-modellen, for at opretholde en høj kvalitet i projektet. V-modellen sikre at hver fase er færdig og giver mulighed for at test løbende før næste fase begynder[? , s. 12].

Undervejs er de specifikke opgaver oprettet, for hvert sprint, i programmet Pivotal Tracker. Når en opgave blev oprettet blev der taget op i gruppen hvilken prioritering opgaven skulle have ved brug af en terning fra 1 til 8 point. Hvert medlem viste sine valgte point. Ved uoverensstemmelse af point skulle hvert medlem argumentere og der blev diskuteret i gruppen om en fælles prioritering af opgaven.

- SysML og UML
- Husk referencer til litteratur, samt afvigelse fra teoriens metoder

### 8.3 Beskriv Processen 1-2 sider - ikke tekniske del

- Gruppedannelser  
Bachelorprojekt gruppen
- Anvendelse af samarbejdsaftaler  
Der er udarbejdet en samarbejdsaftale som kan ses i Bilag XX. Den er udarbejdet på bag grund af erfaringer fra tidligere projekter og hvad dette projekt kræver.
- Arbejdsfordeling  
Arbejdsfordelingen af de praktiske opgaver og ansvarlige områder er beskrevet i samarbejdsaftalen. se bilag XX. Alle opgaver har været lagt ind i Pivotal Tracker hvor hvert medlem har kunne vælge opgaver efter interesse og efter den overordnet planlægning.
- Planlægning  
Teamgantt er den overordnet planlægning som bliver diskuteret og redigeret hver fredag efter et sprint er fuldført.
- Møder  
Scrum møder hver dag kl. 8:30 som omhandler igangværende opgaver og status og fremgangen på disse. Møde hver fredag. 14 omhandlende ugens sprint og status sprintes opgaver.
- Projektledelse  
Der er en ligefordelt ledelse i gruppen, med et fælles ansvar, med roller, opgave planlægning og organisering. Se samarbejdskontrakt bilag XX.
- Projektsadministration  
Der er opdelt ansvarsopgaver i gruppen i mellem såsom, dokument ansvar og referant ved møder. Se den nærmere oversigt i samarbejdsaftalen Bilag XX.

### 8.3. Beskriv Processen 1-2 sider - ikke tekniske del

- Sprints (Scrum)

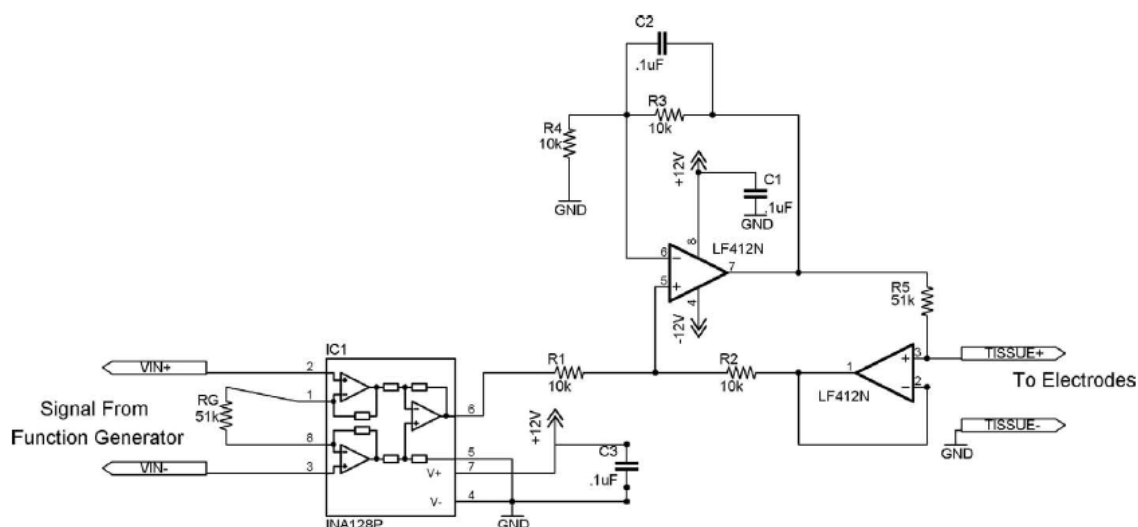
Gruppen har valgt at køre med ugentlige scrum sprints med værktøjet Pivotal Tracker.

Den gennemførte proces beskrives nærmere i procesbeskrivelsen i projektets bilag.



# Analyse 9

I dette kapitel vil der kort blive opsummeret, hvad analysearbejdets formål var og de fund denne fase af projektet har affødt. Formålet med analysefasen var at undersøge og teste om et kendt kredsløb fra artiklen "*Bioimpedance Analysis: A Guide to Simple Design and Implementation*" kunne benyttes til at detektere et synk hos raske objekter. Denne artikel er valgt at undersøge, da den indeholder de grundlæggende elementer, der skal være til stede, når der udvikles en BI-måler. Yderligere har artiklen haft god erfaring med at bygge en BI-måler kredsløb, der er prisbilligt, se kredsløbet på figur 9.1. Dette har naturligvis fået projektgruppens opmærksomhed, da projektet kun er budgetteret til Kr. 500. Forskerne bag artiklen har udviklet bioimpedans kredsløbet til at måle bioimpedans signaler fra hjernevæv. Om det sammen kredsløb kan anvendes til detektering af et synk på et andet vævstype, i dette projektes tilfælde larynx-området, skal denne analysefase undersøge.

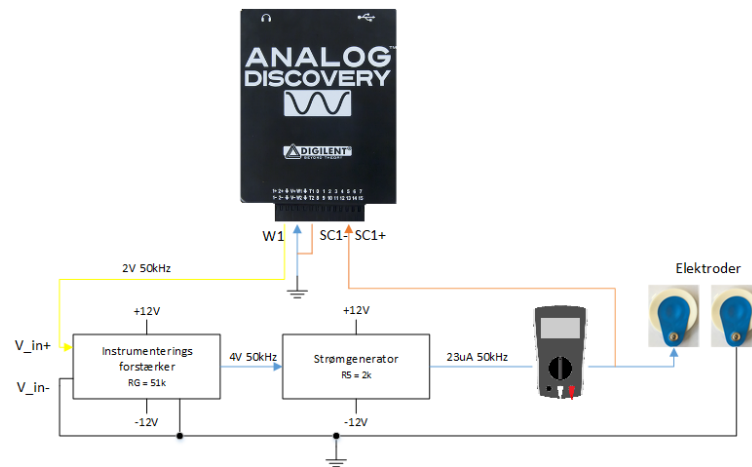


Figur 9.1: Diagram over det angivet kredsløb fra artiklen[9]

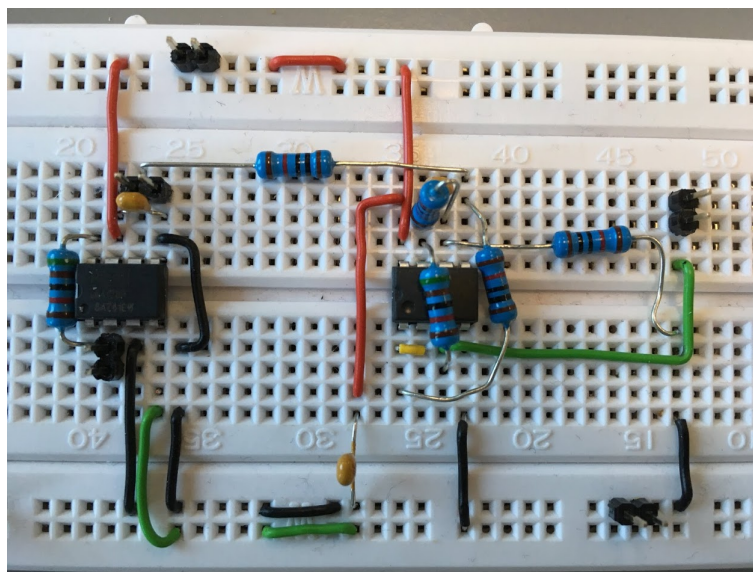
For at realisere BI-kredsløbet er der indkøbt præcist de samme elektriske komponenter som artiklens kredsløb gør brug af med undtagelse af udstyr som oscilloskop og funktionsgenerator. Disse udstyr har projektgruppens medlemmer selv anskaffet, se den samlede pris for disse komponenter i *Bilag 13 - Indkøb- og ordreseddel*.

For at afgøre, om kredsløbet kan bruges til at detektere et synk, har gruppen bygget

kredsløbet på et fumlebræt, og efterfølgende testet det på en af gruppens medlemmer som måleobjekt. Figur 9.2 og 9.3 viser, hvordan testopstillingen og implementeringen af BI kredsløbet ser ud:



Figur 9.2: Diagram over testopstilling af det angivet kredsløb

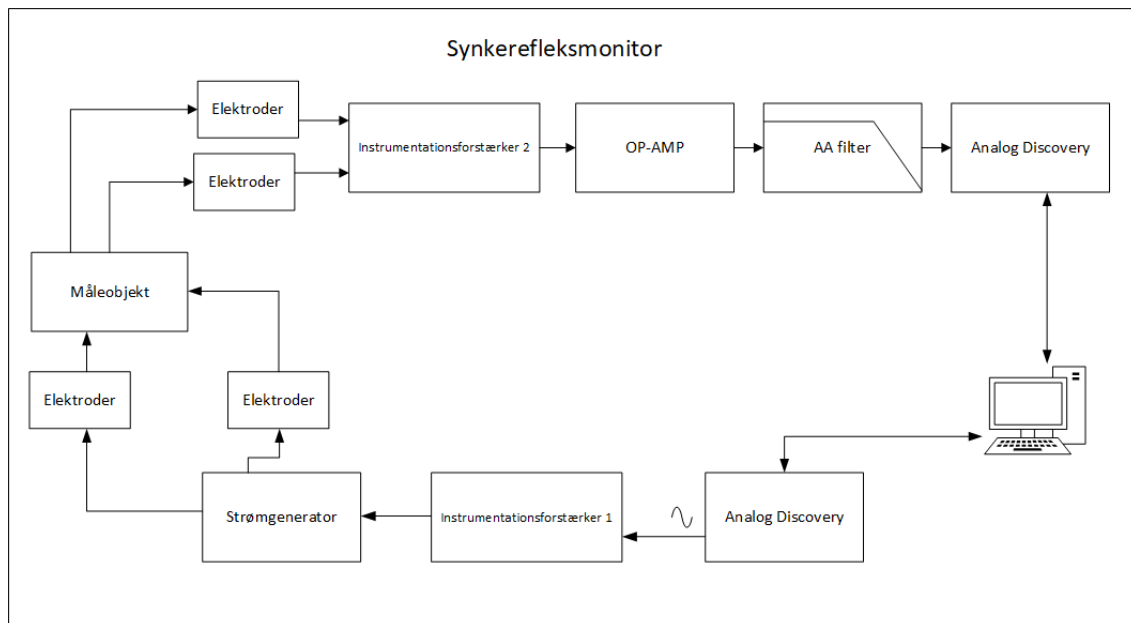


Figur 9.3: Illustration af testopstillingen på et fumlebræt. Testopstillingen indeholder en instrumentationsforstærker, INA128, til venstre og en strømgenerator, LF412CN, til højre.

Efter testen af kredsløbet, kunne det konstateres at kredsløbet ikke er i stand til at detektere et synk. At systemet ikke er i stand til at detektere et synk kan det fortolkes med følgende forklaringer:

- at kredsløbet er designede til et andet formål end at detektere et synk
- at de målte spændinger er så svage at forstærkning af dem er nødvendige
- at anvendelsen af kun to elektroder påvirker målingens resultater.

Som konsekvens af det manglende synk, besluttede projektgruppen at designe et alternativt BI kredsløb, der skal detektere et synk. Det nye kredsløb kan ses på figur 9.4



*Figur 9.4: Det nye system, som BI-måleren kommer til at bestå af. De nederste blokke til sammen transporterer strøm til måleobjektet, hvorimod de øverste blokke måler biosignal fra måleobjektet*

Med prisen og forhåndskendskabet til nogle disse komponenter for øje er der valgt at opbygge overstående system med komponenter, som enten findes på skolens elektronik værksted eller som kan købes billigt. Design og funktionalitet af hver blok på 9.4 henvises der til *Bilag 4 - Arkitektur* og *Bilag 5 - Design*. Testresultaterne af BI kredsløbet på figur 9.1 kan læses i *Bilag 3 - Analyse*.

# Arkitektur 10

---

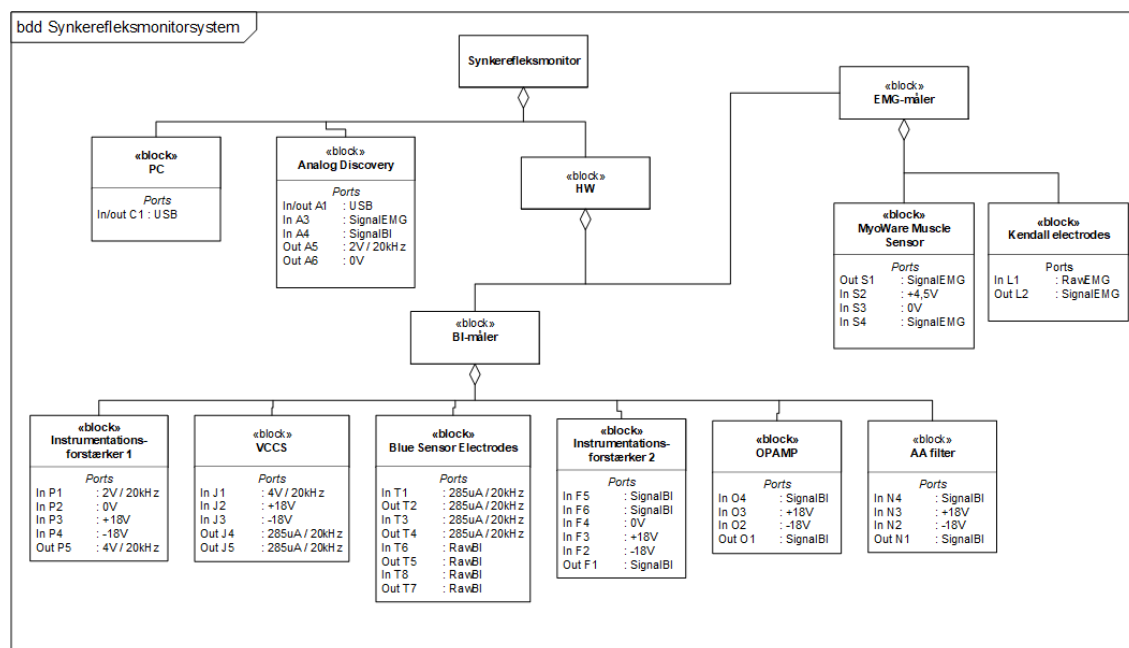
I dette kapitel beskrives systemets arkitektur for hardware og software. Arkitekturens formål er at tildele roller til de enkelte hardware og software komponenter. Når denne arkitektur er fast sat er det muligt at designe systemet i detaljer. Arkitekturen illustreres i hardware-delen i Blok definition diagram (BDD), Internal blok diagram (IBD) og en blokbeskrivelse, der indeholder uddybende beskrivelse af blokkene i BDD'et. For Software-delen anvendes også et BDD, som bruges til at illustrere hovedblokkene.

## 10.1 Hardware

### 10.1.1 Blok definition diagram

Dette afsnit omhandler arkitekturen af hardwaren, som anvendes til måling, analysering og visning af bioimpedans- og EMG-målinger. Blok definition diagrammet på figur 10.1 viser det overordnet system for SRM, som består af en HW-blok med tilhørende to HW-blokke. Disse to HW-blokke består af BI-måler og EMG-måler. EMG-måleren består af to komponenter og BI-måleren består af syv blokke. Derudover er der en PC-blok og Analog Discovery blok. Disse blokke tilsammen udgør SRM.

## 10.1. Hardware



Figur 10.1: Figuren viser de enkelte komponenter, som hardware-delen består af. Overordnet består systemet af en Bioimpedansmåler, en EMG-måler og enhed som både bruges til som dataopsamlingsenhed og funktionsgenerator. Udover det er der en PC blok.

### 10.1.2 Internal blok diagram

Internal blok diagram bruges til at vise den interne struktur og kommunikation mellem delsystemerne, denne kan ses på figur 10.2. SRM indeholder to uafhængige blokke - BI-måler og EMG-måler. De to blokke har kommunikation med blokken Analog Discovery og PC.

Kommunikationsflowet for BI-måleren, starter ved at Analog Discovery generer et AC signal på 2 V til indgangen på Instrumentationsforstærker 1. Instrumentationsforstærker 1 forstærker signalet med faktor 2. Det forstærkede signal sendes videre til strømgeneratoren (VCCS), som genererer en konstant strøm. Denne strøm sendes ud via to elektroder (Blue Sensor Electrodes), som er påsat måleobjektet.

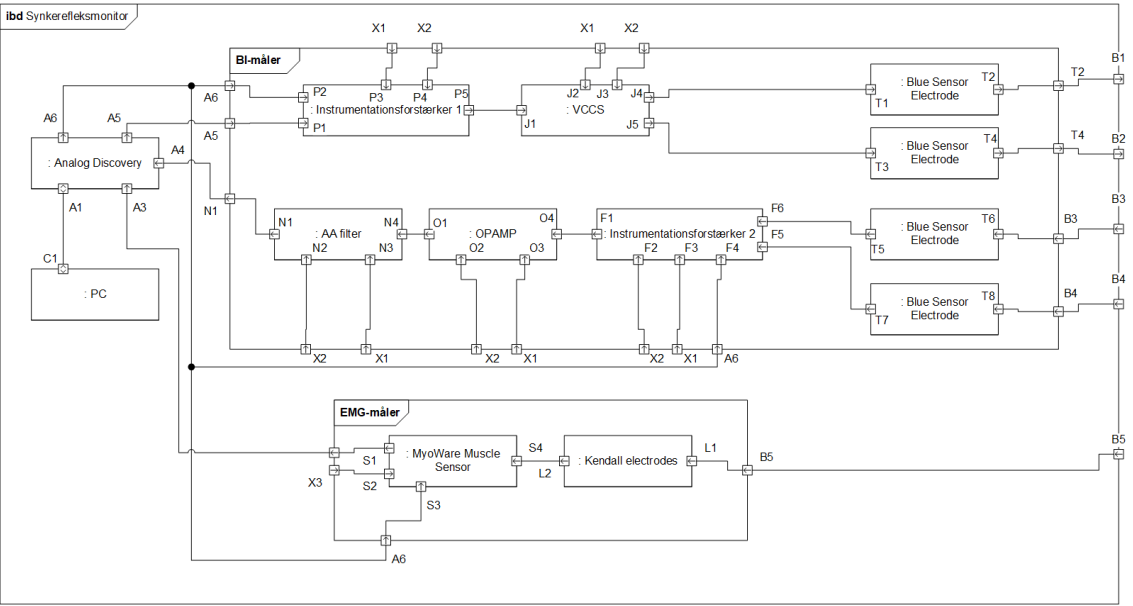
To yderligere elektroder (Blue Sensor Electrodes) påsættes på måleobjektet, for at måle en spændingsforskel. Biosignalet (spændingsforskellen) er svagt og støjfyldt (common mode støj), hvilke kræver at det bliver forstærket samt støjen reduceres. Selve forstærkningen forløber sig over en instrumentationsforstærker (fjerner common mode støj og forstærker) efterfulgt af en opamp (forstærker). Efter forstærkning bliver signalet filtreret i et anti-aliaseringsfilter, der dæmper frekvenskomponenter over Nyquist-frekvensen.

Til sidst sendes signalet til dataopsamlingsenheden Analog Discovery, der kommunikerer med en PC, hvor signalet bliver analyseret og vist. BI-måleren bliver forsynet med en eksitationsspænding på  $\pm 18$  V.

EMG-måleren består af en Myoware Muscle Sensor og tre elektroder, der måler muskelaktiviteten over det valgte segment på måleobjekt. Det målte signal opsamles også vha. Analog Discovery. Myoware Muscle Sensor forsynes med en eksitationsspænding på

10.1. Hardware

+4,5 V.



Figur 10.2: Figuren viser et internt blokdiagram, der illustrer den interne relation og signalflow mellem delsystemer for SRM. Hver port repræsenterer en fysisk grænseflade på blokken. Overordnet set indeholder diagrammet to hovedblokke med hver deres subkomponenter. Den ene af de store blokke repræsenterer en bioimpedansmåler-apparat og den anden blok repræsenterer en elektromyografi-apparat.

10.1.3 Blokbeskrivelse

Da BDD og IBD ikke alene kan forklare blokkenes og signalernes funktionalitet, kan disse forklares præcist vha. af forklarende tekst i tabeller. Tabel 10.1 viser blokbeskrivelsen for to blokke, samt deres signaltyper og navne. Funktionerne for alle blokkene kan læses i *Bilag 4 - Arkitektur*.

Blok-navn	Funktions-beskrivelse	Signaler	Kommentar
PC	Behandler input fra Analog Discovery.	USB	Dataoverførelse med Analog Discovery
Analog Discovery	Fungerer som funktionsgenerator, og A/D-konverter. Den kommunikerer også med PC'en.	USB	Dataoverførelse med Analog Discovery
		SignalEMG	Indgangssignal
		SignalBI	Indgangssignal
		2V,20kHz	Funktionsgenerator
		0V	Reference

Tabel 10.1: Tabellen viser blokbeskrivelse for to blokke for SRM.

Til slut for at fuldende grænsefladebeskrivelsen, vil signalerne blive behandlet detaljeret i

## 10.2. Software

en signaltabel, tabel 10.2. Signaltabellens anvendelse er tiltænkt når grænsefladerne skal designes. Da dette kun er et udpluk henvises der til den komplette signaltabel i *Bilag 4 - Arkitektur*.

Signal-navn	Funktion	Område	Port 1	Port 2	Kommentar
0V	Reference til analoge spændinger		Analog Discovery, A6	Instrumentations-forstærker 1, P2	stel
			Analog Discovery, A6	Instrumentations-forstærker 2, F4	
			Analog Discovery, A6	MyoWare Muscle Sensor, S3	
4,5V	Forsynings-spænding til MyoWare Muscle Sensor	4,0-4,5 V	Analog Discovery, A2	MyoWare Muscle Sensor, S2	

Tabel 10.2: Figuren viser signalbeskrivelsen for to signaler for SRM

## 10.2 Software

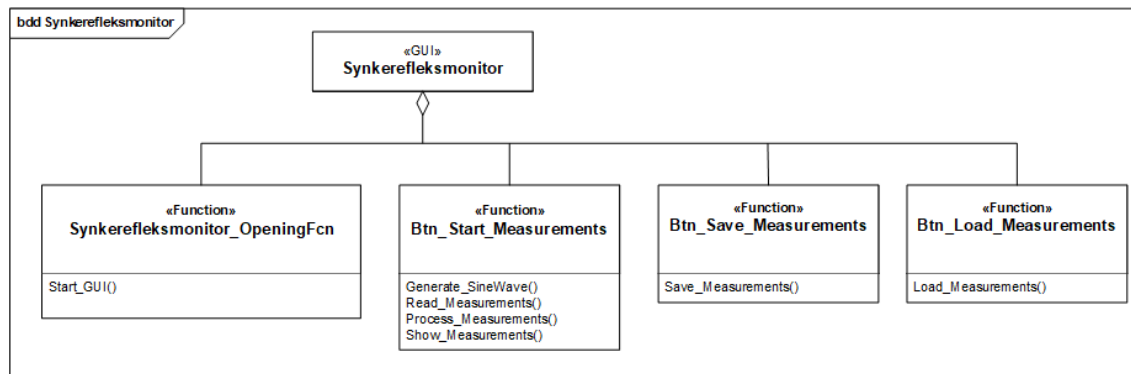
### 10.2.1 Blok definition diagram

Dette afsnit omhandler arkitekturen af softwaren, som anvendes til måling, analysering og visning af bioimpedans- og EMG-målinger. Softwarens arkitektur er drevet af de usecases, som er beskrevet i *Bilag 1 - Kravspecifikation*. Derfor udformes et BDD på baggrund af disse usecases, som består af en parent-blok og fire child-blokke, se figur 10.3.

I dette bachelorprojekt anvendes udviklingsværktøjet Matlab til at realisere projektes software-del. Udover Matlab kode udvikles en GUI i selv samme udviklingsværktøj. Denne GUI får ligeledes objekter f.eks. knapper, tekstfelter og tekstbokse. Når Matlab GUI anvendes, skrives programmets funktionaliteter i funktioner, som så kaldes fra objekternes autogeneret callback funktioner, når de skal anvendes. Child-blokkene repræsenterer callback funktionerne og de er oprettet i hovedfilen synkereflexsmonitor.m. Funktionerne i child-blokkene består af selvstændige m-filer. Hver funktion behandler bestemte opgaver, samt interagere med de andre funktioner.

Softwareen fungerer ved at sundhedspersonalet initialiserer kodeeksekveringen ved at starte programmet Synkereflexsmonitor. Ved at trykke knappen "*Start Measurements*", foretages der to målinger simultant. Disse målinger analyseres og vises i en graf til sundhedspersonalet. Nu er det muligt at få målingerne gemt via knappen "*Save Measurements*". Målingerne bliver gemt lokalt på computeren. De gemte målinger kan hentes frem via knappen "*Load Measurements*". Rækkefølgen hvori programmets kode eksekveres beskrives vha. et sekvens diagram, som kan læses i *Bilag 5 - Design*.

## 10.2. Software



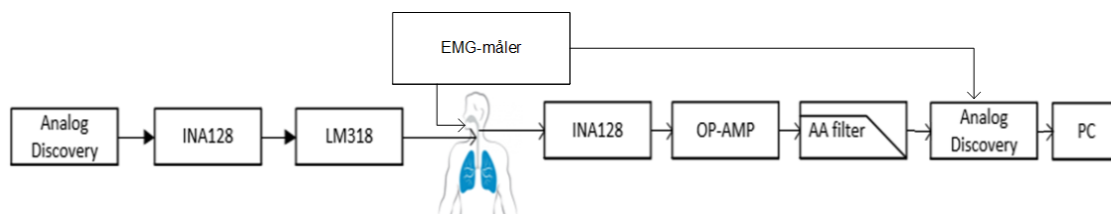
Figur 10.3: Figuren viser block definition diagrammet for det ønsket software. Diagrammet indeholder en hovedblok, der består af fire andre blokke, som hver indeholder Matlab funktioner. Disse funktioner tilsammen måler, analyserer og viser to målinger simultant.



I dette kapitel beskrives design-delen af hardware og software for SRM. På baggrund af arkitekturen redegøres der, hvordan HW/SW-blokkene, som indgår i arkitekturen er designet samt deres funktion. Designet for HW-delen indeholder diagrammer samt beregninger af komponentværdier. Desuden indeholder HW-delen en kort beskrivelse af designovervejelser i forhold til de enkelte hardwareenheder. SW-designet beskriver funktioner og GUI samt særligt interessante dele af den interne logik i funktioner.

## 11.1 Hardware

Dette afsnit omhandler designet af hardwaren, som anvendes til at måle bioimpedans- og EMG-siganler. Figur 11.1 viser de komponenter, som skal anvendes for at SRM kan blive realiseret. SRM består af både designet komponenter og kommercielle komponenter. Disse kommercielle komponenter omfatter en Analog Discovery, en pc, en EMG-måler og er ikke blevet designet. Der er i stedet for set på om de kan leve op til de krav, som er nødvendige for at realisere det ønskede produkt.

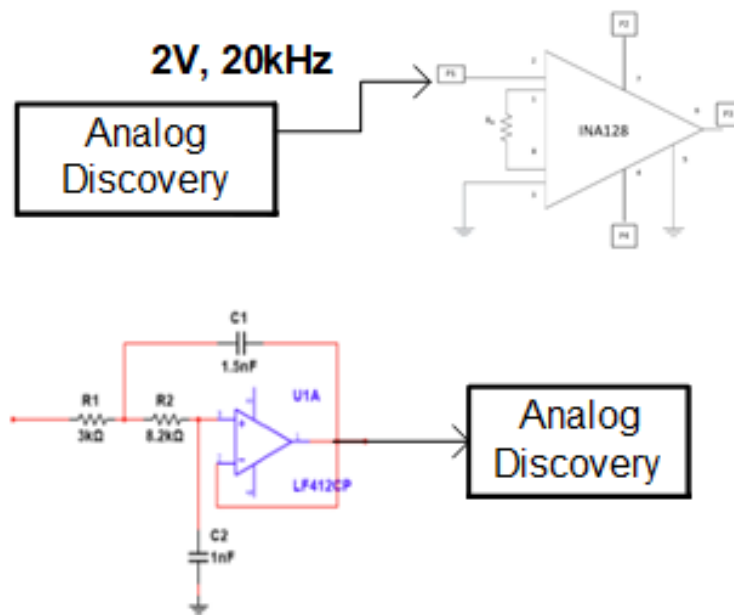


Figur 11.1: Figuren viser de enkelte komponenter, som skal designes for at realisere SRM.

### 11.1.0.1 Analog Discovery

AD har i dette bachelorprojekt to formål, at fungerer som funktionsgenerator og som dataopsamlingsmodul. Figur 11.2 viser disse to formål. Det ene formål er at funktionsgeneratoren laver et AC signal med ampiltuden på 2 V og 20 kHz, som sendes til indgangen af instrumentationsforstærkeren INA128. Signalet bliver brugt til at generere en konstant strøm ud af operationsforstærkeren LM318N. Det andet formål er at AD modtager signal fra anti-aliaseringsfilter, som bliver konverteret fra analogt til digitalt signal.

## 11.1. Hardware



Figur 11.2: Figuren viser AD's funktion i det samlede system. AD fungerer som funktionsgenerator og som dataopsamlingsmodul.

Generelt for at foretage korrekt dataopsamling af signalet fra analogt domæne til digitalt domæne, skal Shannons samplingsteori overholdes. Det vil sige at samplingsfrekvensen skal minimum være det dobbelte af den maksimale frekvenskomponent, Nyquist-frekvensen. Frekvenser større end Nyquist-frekvensen giver anledning til aliasering. Dette vil resultere i et fejlsignal. Derfor vælges der en samplingsfrekvens som er væsentlig højere end den maksimale frekvenskomponent.

Valg af dataopsamlingsenhed har også betydning for overgangen fra analogt domæne til digitalt domæne. Her konverteres de analoge værdier til de nærmeste digitale værdier. Konverteringen bestemmes af ADC'ens spændingsområde og opløsning. Forholdet i mellem spændingsområde og opløsning, udtrykkes LSB. LSB er et udtryk for den mindste detekterbare spændingsændring som ADC'en kan detektere. I henhold til AD's datablad, se *Bilag 15 - Datablad*, er denne opløsning på 14 bit, samtidig med et spændingsområde på 8 V, resulterer i en mindste spændingsændring som AD kan detektere 0,48 mV. Der henvises til *Bilag 5 - Design*, for den fulde udregning af LSB.

Derfor er det besluttet at bruge AD, da den har følgende fordele:

- Den kan fungere som funktionsgenerator samtidig med, at den læser to signaler ind simultant
- Den kan sample to signaler simultant med en samplingsfrekvens på 500 kHz
- Den kan fungere som dataopsamlingsenhed

## 11.2. SW

### 11.1.0.2 Instrumentationsforstærker

Instrumentationsforstærkeren i dette bachelorprojekt, har til formål at undertrykke støj fra måleobjekt og efterfølgende forstærke signalet, men også forstærke indgangssignalet fra AD's funktionsgenerator. Derfor anvendes i dette projekt to instrumentationsforstærker af typen INA128P. INA128P specifikationer kan læses i *Bilag 15 - Datablade*. INA128P giver mulighed for at forstærke signalet vha. kun en modstand. Fordelene ved anvendelse af instrumentationsforstærker, når det ønskes at måle elektrofysiologiske signaler er[12]:

- Høj indgangsimpedans på ca.  $10^{10}\Omega$
- Stor common mode rejection (CMR) på minimum 120dB
- Differentielt input-single ended out (nødvendigt for at mindske  $CM_{noise}$ )

#### Instrumentationsforstærker 1

Den ene INA128 benyttes til at forstærke signalet og undertrykke støj fra AD's funktionsgenerator. Det ønskes at forstærke de 2 V fra AD til 4 V. Det vil sige at gain er 2 og derfor kan  $R_G$  modstanden beregnes til 50 k $\Omega$ . Udregning af  $R_G$ , diagram og stykliste kan ses i *Bilag 5 - Design*.

## 11.2 SW

Desuden indeholder bilaget et sekvens diagram, der giver en detaljeret beskrivelse af udvalgte funktioner/metoder, som styrer SRM hardware del.

# Implementing 12

---

# Test 13

---

# Resultater 14

---

# **Diskussion af resultater** 15

---

# Konklusion 16

---



# Sikkerhed 17

---

Tiltænkt brugerscenarie. Tiltænkt anvendelse osv.

# **Fremtidigt arbejde** 18

---

# Bilagsliste 19

---

*Bilag 1 - Kravspecifikation*

*Bilag 2 - Accepttestspecifikation*

*Bilag 3 - Analyse*

*Bilag 4 - Arkitektur*

*Bilag 5 - Design*

*Bilag 6 - Implementering og test*

*Bilag 7 - Samarbejdskontrakt*

*Bilag 8 - Om Dysfagi*

*Bilag 10 - Forprojekt*

*Bilag 11 - Mail korrespondance*

*Bilag 12 - Søgeprotokol*

*Bilag 13 - Indkøb- og ordreseddel*

*Bilag 14 - Logbog*

En daglig beretning om hvilke arbejdsopgaver der er arbejdet på den pågældende dag samt tanker/udfordringer og hvad der skal gøres den efterfølgende dag.

*Bilag 15 - Datablade*

Analog Discovery,

# Figurer

---

5.1	Illustration af, hvordan emg-og bioimpedans signaler opfører sig under vejtrækning og mad/drikke indtagelse[6]	8
5.2	Illustration af det overordnet system som dette projekt vil realisere	9
6.1	Aktør-kontekst diagrammet illustrer det overordnet system. Her ses to aktører, der direkte interagerer med SRM'en. Den tredje aktør er en Offstage-aktør, der kommunikerer med systemet igennem en anden aktør.	12
6.2	UseCase diagram for synkereflexsmonitoren. Systemet består af tre usecases, der tilsammen bruges til at starte, måle, oplade tidligere målinger og gemme BI og EMG målinger	14
8.1	V-modellen	19
8.2	Den modificeret ASE-model.	20
8.3	V-modellens udviklingsfaser[? ]	21
9.1	Diagram over det angivet kredsløb fra artiklen[9]	24
9.2	Diagram over testopstilling af det angivet kredsløb	25
9.3	Illustration af testopstillingen på et fumlebræt. Testopstillingen indeholder en instrumentationsforstærker, INA128, til venstre og en strømgenerator, LF412CN, til højre.	25
9.4	Det nye system, som BI-måleren kommer til at bestå af. De nederste blokke til sammen transporterer strøm til måleobjektet, hvorimod de øverste blokke måler biosignal fra måleobjektet	26
10.1	Figuren viser de enkelte komponenter, som hardware-delen består af. Overordnet består systemet af en Bioimpedansmåler, en EMG-måler og enhed som både bruges til som dataopsamlingsenhed og funktionsgenerator. Udover det er der en PC blok.	28
10.2	Figuren viser et internt blokdiagram, der illustrer den interne relation og signalflow mellem delsystemer for SRM. Hver port repræsenterer en fysisk grænseflade på blokken. Overordnet set indeholder diagrammet to hovedblokke med hver deres subkomponenter. Den ene af de store blokke repræsenterer en bioimpedansmåler-apparat og den anden blok repræsenterer en elektromyografi-apparat.	29
10.3	Figuren viser block definition diagrammet for det ønsket software. Diagrammet indeholder en hovedblok, der består af fire andre blokke, som hver indeholder Matlab funktioner. Disse funktioner tilsammen måler, analyserer og viser to målinger simultant.	31
11.1	Figuren viser de enkelte komponenter, som skal designes for at realisere SRM.	32

## Figurer

11.2 Figuren viser AD's funktion i det samlede system. AD fungerer som funktionsgenerator og som dataopsamlingsmodul. . . . .	33
---	----

# Tabeller

---

5.1	indeholder gruppemedlemmernes navne og hovedansvarsområder . . . . .	10
6.1	Aktørbeskrivelse for det samlede system . . . . .	12
6.2	MoSCoW opdeling af kravene til synkereflexmonitoren. . . . .	13
6.3	Fully dressed for use casen <i>Start Measurements</i> . . . . .	15
10.1	Tabellen viser blokbeskrivelse for to blokke for SRM. . . . .	29
10.2	Figuren viser signalbeskrivelsen for to signaler for SRM . . . . .	30

# Litteratur

---

- [1] Sundhedsstyrelsen. National klinisk retningslinje for øvre dysfagi. <http://sundhedsstyrelsen.dk/media/7E4C638B32204D5F97BCB9805D12C32F.ashx>, 2015.
- [2] Annette Kjaersgaard. Difficulties in swallowing and eating following acquired brain injury - From a professional and a patient perspective. 2013.
- [3] Martin. Bommersholdt, Patientombuddets læringsenhed, and Maja. Bennett. Tema-rapport om dysfagi. *15 Juni*, 2012.
- [4] A. M. Kelly, P. Leslie, T. Beale, C. Payten, and M. J. Drinnan. Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing and videofluoroscopy: Does examination type influence perception of pharyngeal residue severity? *Clinical Otolaryngology*, 31(5):425–432, 2006.
- [5] Gary H. McCullough, Robert T. Wertz, John C. Rosenbek, Russell H. Mills, Wanda G. Webb, and Katherine B. Ross. Inter- and intrajudge reliability for videofluoroscopic swallowing evaluation measures. *Dysphagia*, 16(2):110–118, 2001.
- [6] Corinna Schultheiss, Thomas Schauer, Holger Nahrstaedt, and Rainer O. Seidl. Automated detection and evaluation of swallowing using a combined emg/bioimpedance measurement system. *Scientific World Journal*, 2014, 2014.
- [7] H. Nahrstaedt, C. Schultheiss, R. O. Seidl, and T. Schauer. Swallow detection algorithm based on bioimpedance and EMG measurements. In *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 2012.
- [8] Mette Christensen, Elisabeth; Lundbak Strand. Bachelor project: Swallows, Et System til Screening og Monitorering af Dysfagi. Technical report, 2017.
- [9] Kevin R. Aroom, Matthew T. Harting, Charles S. Cox, Ravi S. Radharkrishnan, Carter Smith, and Brijesh S. Gill. Bioimpedance Analysis: A Guide to Simple Design and Implementation. *Journal of Surgical Research*, 153(1):23–30, 2009.
- [10] Ingeniørhøjskolen Aarhus Universitet. Specification , Part 1 System Specification Specification , Part 1. pages 1–43, 2014.
- [11] Ingeniørhøjskolen Aarhus Universitet. Development Processes ASE.
- [12] Peter Johansen. Instrumentationsforstærkeren. pages 1–9, 2014.