

## BILAG 6

---

# Implementering & Test

---

# Indholdsfortegnelse

---

<b>Kapitel 1 Indledning</b>	<b>3</b>
<b>Kapitel 2 Implementering</b>	<b>4</b>
2.1 Hardware . . . . .	4
2.1.1 Instrumentationsforstærker 1 . . . . .	4
2.1.2 Strømgenerator . . . . .	4
2.1.3 Instrumentationsforstærker 2 . . . . .	5
2.1.4 OP-AMP . . . . .	6
2.1.5 Spektrumanalyse . . . . .	6
2.1.6 AA filter . . . . .	7
2.2 Software . . . . .	8
2.2.1 Funktioner . . . . .	9
2.2.1.1 Synkerefleksmonitor_OpeningFcn . . . . .	9
2.2.1.2 Btn_Start_Measurements . . . . .	9
2.2.1.3 Btn_Save_Measurements . . . . .	9
2.2.1.4 Btn_Load_Measurements . . . . .	9
2.2.1.5 Start_GUI . . . . .	9
2.2.1.6 Generate_SineWave . . . . .	10
2.2.1.7 Read_Measurements . . . . .	10
2.2.1.8 Process_Measurements . . . . .	10
2.2.1.9 Show_Measurements . . . . .	11
2.2.1.10 Save_Measurements . . . . .	12
2.2.1.11 Load_Measurements . . . . .	12
<b>Kapitel 3 Modultest</b>	<b>13</b>
3.1 Hardware . . . . .	13
3.1.1 Instrumentationsforstærker 1 . . . . .	13
3.1.2 Strømgenerator . . . . .	14
3.1.3 Instrumentationsforstærker 2 . . . . .	15
3.1.4 OP-AMP . . . . .	16
3.1.5 Spektrumanalyse . . . . .	17
3.1.6 AA filter . . . . .	18
3.2 Software . . . . .	19
3.2.1 Funktioner . . . . .	19
3.2.1.1 Synkerefleksmonitor_OpeningFcn . . . . .	19
3.2.1.2 Btn_Start_Measurement . . . . .	19
3.2.1.3 Btn_Save_Measurement . . . . .	19
3.2.1.4 Start_GUI . . . . .	19
3.2.1.5 Start_GUI . . . . .	20

## Indholdsfortegnelse

3.2.1.6	Generate_SineWave . . . . .	20
3.2.1.7	Read_Measurements . . . . .	23
3.2.1.8	Process_Measurements . . . . .	25
3.2.1.9	Show_Measurements . . . . .	27
3.2.1.10	Save_Measurments . . . . .	28
3.2.1.11	Load_Measurments . . . . .	29
<b>Kapitel 4 Integrationstest</b>		<b>30</b>
4.1	Indledning . . . . .	30
4.1.1	Hardware Top-down test . . . . .	30
<b>Kapitel 5 Accepttest</b>		<b>40</b>
5.1	Indledning . . . . .	40
5.2	Accepttest af Usecases . . . . .	40
5.2.1	Use Case 1 . . . . .	40
5.2.2	Use Case 2 . . . . .	41
5.2.3	Use Case 3 . . . . .	41
5.3	Accepttest af ikke-funktionelle krav . . . . .	43
<b>Litteratur</b>		<b>46</b>

# Indledning 1

---

I dette bilag beskrives, hvordan de designede hardware og software-komponenter er implementeret og modultestet. På baggrund af disse designede enheder i designfasen foretages der nu implementering og modultest. Til implementering af hardware komponenter er der valgt at opbygge testkredsløbet på et fumlebræt. Hver af disse komponenter skal igennem en modultest for at verificere om de kan bruges til det tiltænkte formål. For softwarens vedkommende dokumenteres, hvordan kodeimplementeringen er foregået, samt resultatet af disse implementeringer. Formålet med modultesten er at forberede produktet til integrationstest.

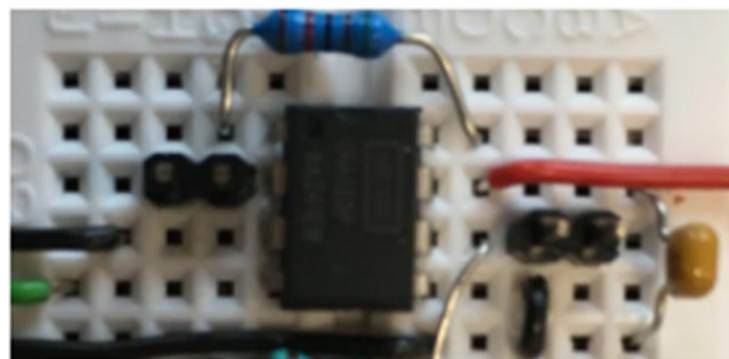
# Implementering 2

---

## 2.1 Hardware

### 2.1.1 Instrumentationsforstærker 1

Denne instrumentationsforstærker er tiltænkt til at forstærke et AC signal på 2V til 4V. Til dette formål er der anvendt instrumentationsforstærkeren INA128 med de begrundelser, som er angivet i designafsnittet. Figur 2.1 viser INA128 og en eksterne modstand, som bruges til at fastsætte den ønskede forstærkning.

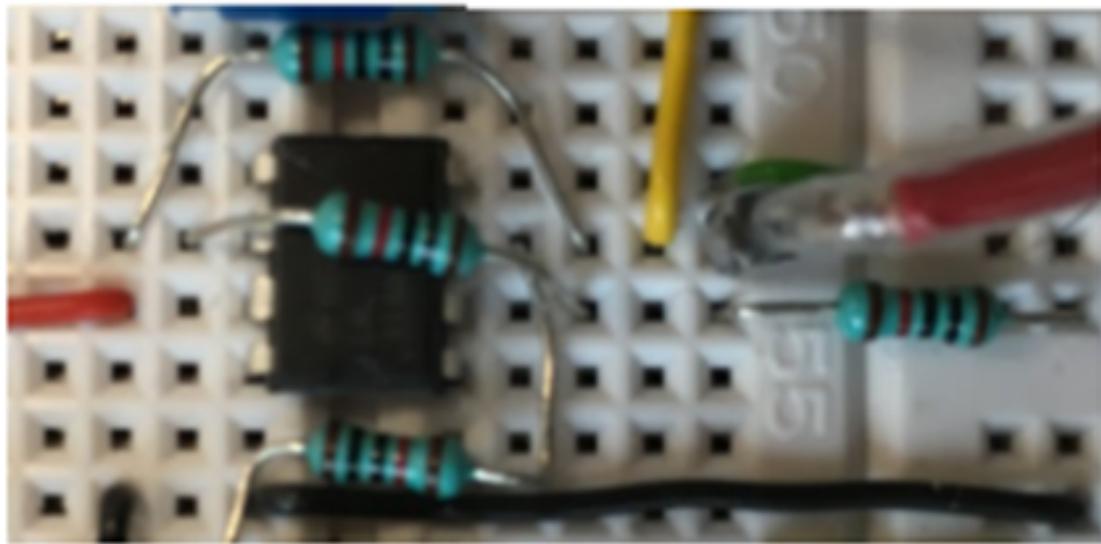


Figur 2.1: Figuren viser, hvordan INA128 er implementeret på et fumlebræt

### 2.1.2 Strømgenerator

Strømgeneratorens funktion er at levele en konstant strøm, som sendes til et måleobjektets væv. Til implementering af denne strømgenerator er der anvendt operationsforstærkeren LM318. Figur 2.2 viser komponenten LM318 med de tilhørende modstande.

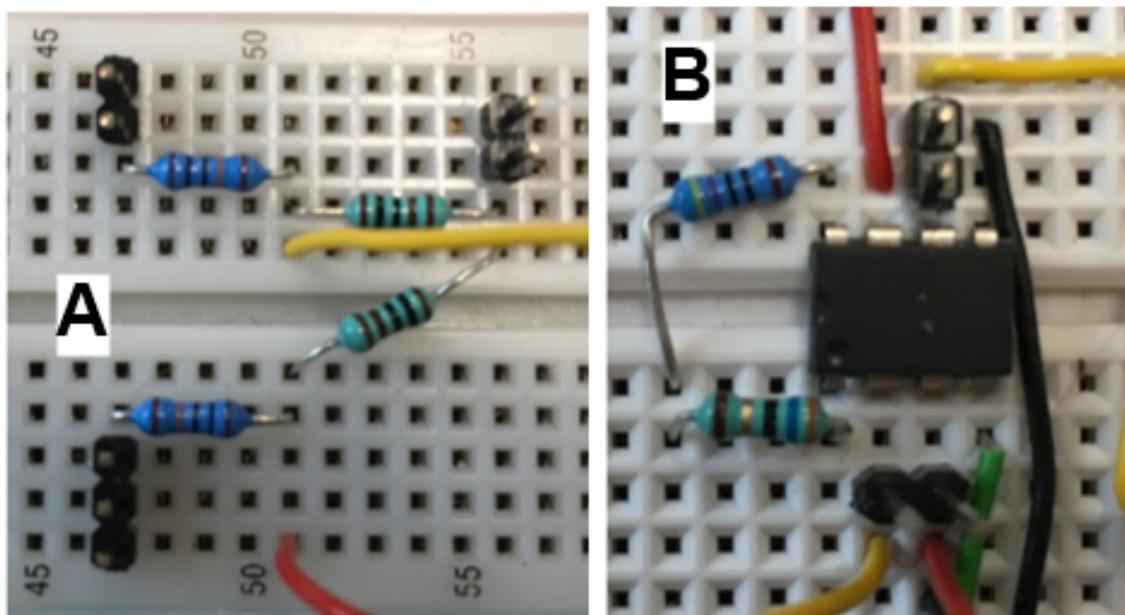
## 2.1. Hardware



Figur 2.2: Figuren viser, hvordan LM318 er implementeret på et fumlebræt

### 2.1.3 Instrumentationsforstærker 2

Instrumentationsforstærker 2 bliver brugt til at forstærke biosignal fra måleobjektets og undertrykkelse støj . Til implementering af denne Instrumentationsforstærker er der igen brugt INA128. Figur 2.3 B viser komponenten INA128 med dens tilhørende eksterne modstande. Figur 2.3 A viser en spændingsdeler kredsløb, der er benyttet til at teste instrumentationsforstærkeren. Hvorfor der anvendes en spændingsdeler til test af INA128 henvises der til "bilag 6 - Design".

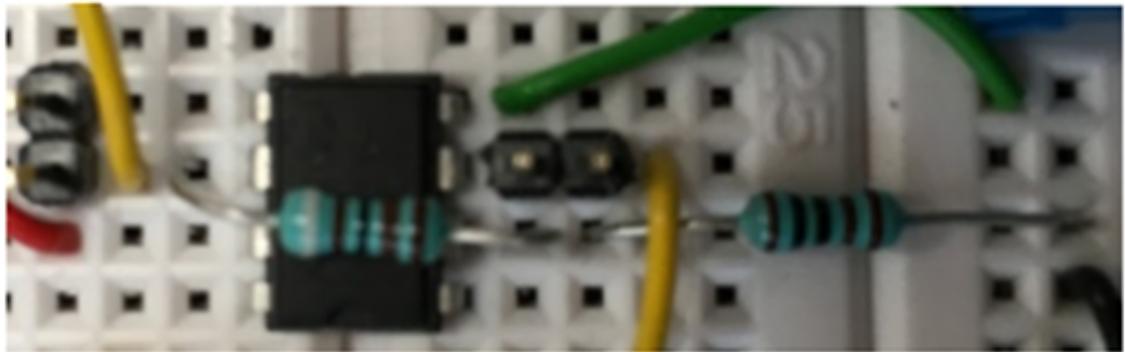


Figur 2.3: Figuren viser, hvordan LM318 er implementeret på et fumlebræt

## 2.1. Hardware

### 2.1.4 OP-AMP

Biosignalet fra måleobjektet forstærkes op i to trin. Det første trin benyttes Instrumentationsforstærker 2 og det andet trin anvendes operationsforstærkeren LM318, som forstærker signalet fra Instrumentationsforstærker 2 yderligere. Figur 2.4 viser implementering af LM318 og de to modstande, som fastsætter, hvor meget forstærkning man kan få ud af operationsforstærkeren.

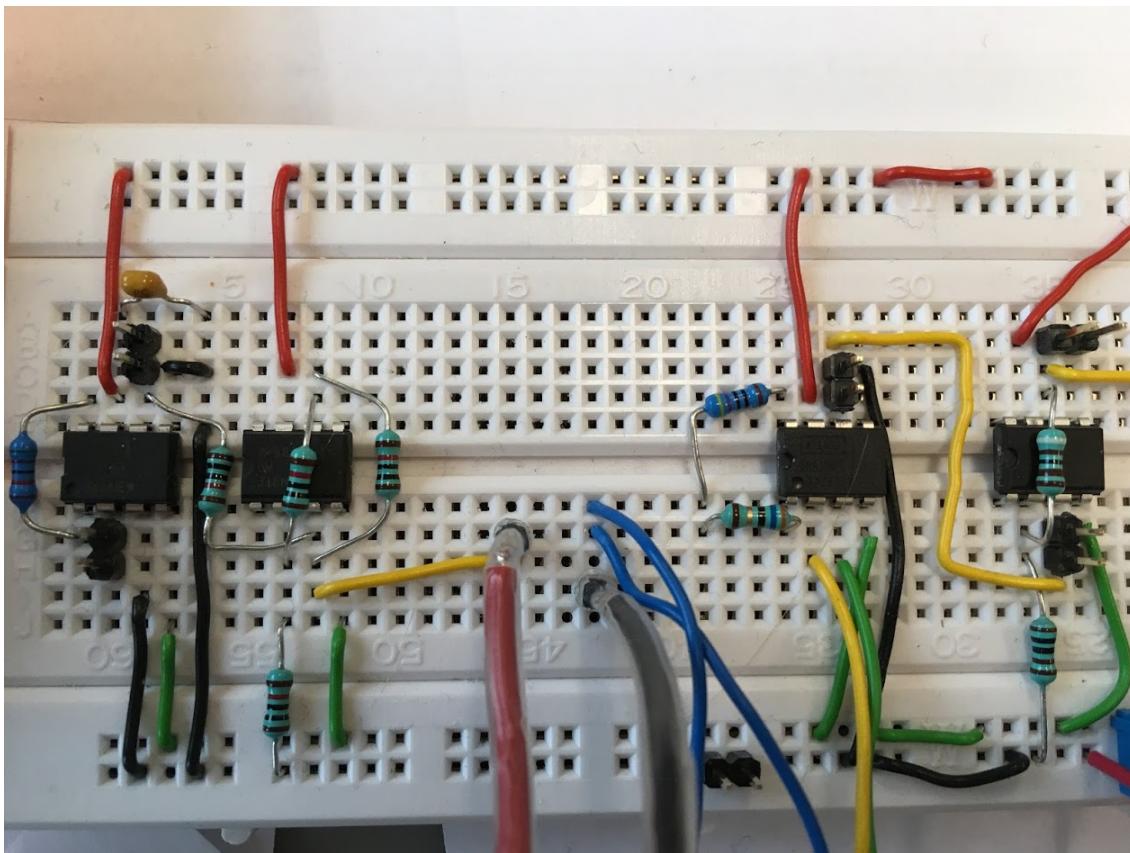


*Figur 2.4: Figuren viser, hvordan LM318 er implementeret på et fumlebræt*

### 2.1.5 Spektrumanalyse

Der er behov for at foretage en spektrumanalyse, med alle komponenter sat sammen, for at vurdere hvilket krav der skal være til AA filterets dæmpning.

## 2.1. Hardware

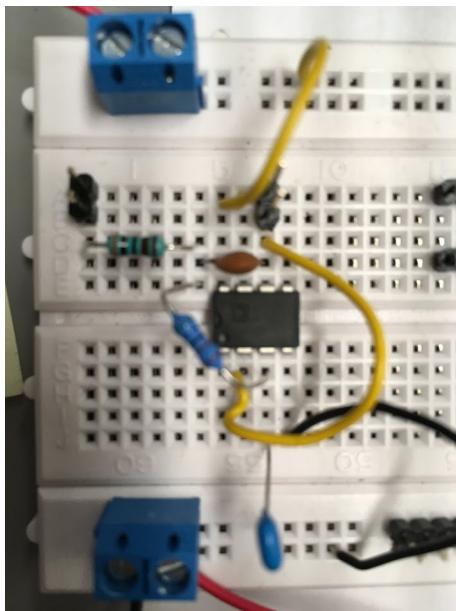


Figur 2.5: Billede over den samlede opstilling med komponenterne: Instrumentationsforstærker 1 & 2, strømgenerator, OP-AP og monteret elektroder. Disse komponenter repræsentere det samlet frekvensspektrum.

### 2.1.6 AA filter

For at undgå aliasering i det optagte signal implementeres et anti-aliaseringsfilter foran Analog Discovery. AA filteret modtager et forstærketsignal fra OPAMP, filtrere det og sender det videre til Analog Discovery.

## 2.2. Software



Figur 2.6: Implementering af AA filter.

## 2.2 Software

I dette afsnit beskrives de vigtigste funktioner for systemet software-del. Til implementering af disse funktioner er der brugt udviklingsværktøjet Matlab pga. følgende fordele:

- Matlab understøtter styring af Analog Discovery
- Matlab forører databehandlingsfunktioner som ligger klar til anvendelse
- Matlab er god til at indlæse store mængde data med få kodelinjer
- I Matlab kan man udvikle en brugergrænseflade nemt og hurtigt
- Ved brug af Matlab med Analog Discovery, kan man betjene funktionsgeneratoren, dataopsamlingsenheden og brugergrænsefladen fra ét sted

Alternativet til overnævnte fordele er at man bruger forskellige “single purpose” programmer og enheder, når man skal måle et biomedicinsk signal.

I det følgende gennemgås de kritiske funktioner for programmet.

## 2.2. Software

### 2.2.1 Funktioner

Funktionernes nærmere beskrivelser henvises der til "bilag 6 - Design".

#### 2.2.1.1 Syncerefleksmonitor\_OpeningFcn

```
1 function Syncerefleksmonitor_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
2 handles = Start_GUI(handles);
3 guidata(hObject, handles);
```

#### 2.2.1.2 Btn\_Start\_Measurements

```
1 function Btn_Start_Measurements_Callback(hObject, eventdata, handles)
2 handles = Generate_SineWave(handles);
3 handles = Read_Measurements(handles);
4 handles = Process_Measurements(handles);
5 guidata(hObject,handles);
6 handles = Show_Measurements(handles);
7 set(handles.txtSynk, 'String', length(handles.locs_synk));
8 set(handles.txtSynk,'Visible','On');
9 set(handles.Btn_Save_Measurements,'Visible','On');
10 guidata(hObject,handles);
```

#### 2.2.1.3 Btn\_Save\_Measurements

```
1 function Btn_Save_Measurements_Callback(hObject, eventdata, handles)
2 handles = Save_Measurements(handles);
3 guidata(hObject,handles);
```

#### 2.2.1.4 Btn\_Load\_Measurements

```
1 function Btn_Load_Measurements_Callback(hObject, eventdata, handles)
2 handles = Load_Measurements(handles);
3 guidata(hObject,handles);
4 handles = Process_Measurements(handles);
5 guidata(hObject,handles);
6 handles = Show_Measurements(handles);
7 set(handles.txtSynk, 'String', length(handles.locs_synk));
8 set(handles.txtSynk,'Visible','On');
9 set(handles.Btn_Save_Measurements,'Visible','Off');
10 set(handles.txtLoad,'Visible','Off');
11 guidata(hObject,handles);
```

#### 2.2.1.5 Start\_GUI

```
1 function handles = Start_GUI(handles)
2 %% Denne funktion har til opgave at sætte tilføje objekter til GUI op når programmet startes.
3 set(handles.txtDate, 'String', (datestr(datestr(now)))); %Dato og tid vises
4
5 axes(handles.axes3); %Visning af billede i GUI
6 myImage = imread('SyncBillede.PNG');
7 image(myImage);
8 axis off
9 axis image
10
11 set(handles.Btn_Save_Measurements,'Visible','Off'); %Save Measurements knappen er ikke synlig
12 end
```

## 2.2. Software

### 2.2.1.6 Generate\_SineWave

```
1 function handles = Generate_SineWave(handles)
2 % For at faa Analog Discovery til at fungere med Matlab skal denne saettes op med
3 % følgende indstillinger:
4 s = daq.createSession('digilent'); % Opretter forbindelse til Analog Discovery
5
6 fgenBI = addFunctionGeneratorChannel(s, 'AD1', 1, 'Sine'); % Opsætning af funktionsgenerator og
    waveform
7
8 fgenBI.Gain = 2; % Amplitude paa 2V
9
10 fgenBI.Frequency = 20000; % Frekvens paa 20 kHz
11
12 handles.GS = s; % Giver mulighed for starte en maaling vha. handles.GS
13 end
```

### 2.2.1.7 Read\_Measurements

```
1 function handles = Read_Measurements(handles)
2 % Her bliver malingen oprettet og startet.
3 s = handles.GS; %Analog Discovery instillinger fra "Generate_SineWave" funktionen
4 aiBI = addAnalogInputChannel(s, 'AD1', 1, 'Voltage'); %Oprettelse af analog ind 1 og 2
5 aiEMG = addAnalogInputChannel(s, 'AD1', 2, 'Voltage');
6 s.Rate = 500000; % Samplingrate
7
8 % Henter den oenskede maaling i sek
9 sekunder = get(handles.popSec,'string');
10 selectedIndex = get(handles.popSec,'Value');
11 s.DurationInSeconds = str2double(sekunder{selectedIndex});
12
13 set(handles.txtMeasure,'Visible','On'); % Viser beskeden "Measurements running..."
14
15 [data, timestamps] = startForeground(s); % Maaling startes og genererer data og tid
16
17 set(handles.txtMeasure,'Visible','Off'); % fjerner beskeden "Measurements running..."
18
19 % data bliver delt op i BI, EMG og tid
20 handles.BI = data(:,1);
21 handles.EMG = data(:,2);
22 handles.timestamps = timestamps;
23
24 % Rydder op og lukker forbindelsen til Analog Discovery
25 s.release();
26 delete(s);
27 clear s;
28 end
```

### 2.2.1.8 Process\_Measurements

```
1 function handles = Process_Measurements(handles)
2 % Digital behandling af BI og EMG
3 %% BI signal - envelope
4
5 % Dobbelt ensretter BI signal
6 BIabs = abs(handles.BI);
7
8 % Udglattr BI signal med lavpas filter.
9 % Knaekfrekvens = 500 Hz
10 % Daemper en dekade frem til 5000 Hz
11 lpFilt = designfilt('lowpassfir', 'PassbandFrequency', 0.001, ...
    'StopbandFrequency', 0.01, 'PassbandRipple', 0.2, ...
```

## 2.2. Software

```
13         'StopbandAttenuation', 40, 'DesignMethod', ...
14         'kaiserwin');
15
16 BIsignal = filter(lpFilt,BIabs); %BI signalet filteret
17
18 % Detrending data
19 [p,s,mu] = polyfit((1:numel(BIsignal)),BIsignal,6);
20 f_y = polyval(p,(1:numel(BIsignal))',[],mu);
21
22 BI_data = BIsignal - f_y;
23
24 % Den indtastet stroem
25 strom = str2double(get(handles.txtstrom,'String'));
26 BI_dataImpedans = (BI_data/(strom*10^-5));
27
28 % Downsampler BI
29 downBI = downsample(BI_dataImpedans,20000);
30 % Smoother BI
31 smoothBI = smooth(downBI);
32
33 % Detekterer synk (peaks)
34 BI_inverted = -smoothBI;
35 [~,locs_synth] = findpeaks(BI_inverted,'MinPeakHeight',4.5,...
36                           'MinPeakDistance',30);
37
38 handles.locs_synth = locs_synth;
39
40 handles.BIsignal = smoothBI; %BI signalet gemmes i handles til senere visning
41
42 %% EMG
43
44 % Downsampler EMG
45 downEMG = downsample(handles.EMG,20000);
46 % Smoother EMG
47 smoothEMG = smooth(downEMG);
48
49 handles.EMGsignal = smoothEMG; %EMG signalet gemmes i handles til senere visning
50 %% TID
51 % Downsampler EMG
52 handles.TID = downsample(handles.timestamps,20000); % Nu har tid samme størrelse som BI og EMG
53 end
```

### 2.2.1.9 Show\_Measurements

```
1 function handles = Show_Measurements(handles)
2 % De maalte signaler BI og EMG plottes
3
4 axes(handles.axes1); % Vises i axes1
5 subplot(2,1,1)
6 plot(handles.TID, handles.BIsignal,'k'); % Det behandlet BI signal
7 hold on
8 plot(handles.TID(handles.locs_synth),handles.BIsignal(handles.locs_synth),'o','MarkerFaceColor','b');
9 title('Bioimpedance')
10 ylabel('Impedance (ohm)');
11 axis([1 12 -10 3])
12
13
14 subplot(2,1,2)
15 plot(handles.TID, handles.EMGsignal,'k'); % EMG signalet
16 title('EMG')
17 xlabel('Time in seconds')
18 ylabel('Voltage (V)');
19 axis([1 12 3.1 3.3])
```

## 2.2. Software

20 | end

### 2.2.1.10 Save\_Measurements

```
1 function handles = Save_Measurements(handles)
2 % Maalinger gemmes i csv-fil.
3 [FileName,PathName] = uiputfile('.csv'); % Oprettelse af prompt til bruger, hvor filnavn og sti
   skal bestemmes
4
5 filepath=fullfile(PathName,FileName); % Sti og filnavn sammensaettes
6
7 set(handles.txtSave,'Visible','On'); % Viser beskeden "Saving measurements..."
8 pause(2);
9 csvwrite(filepath,{{handles.BI,handles.EMG,handles.timestamps}}); % Behandlet BI signal, EMG signal
   og tid samles i en csv-fil.
10
11 set(handles.txtSave,'Visible','Off'); % fjerner beskeden "Saving measurements..."
12 h = msgbox('Measurements saved!'); % Der informeres om at csv-filen er gemt
13 end
```

### 2.2.1.11 Load\_Measurements

```
1 function handles = Load_Measurements(handles)
2 % Maalinger hentes fra csv-fil.
3 [filename, pathname,] = uigetfile('*.*', 'Pick a Measurement'); %Brugeren vælger fil
4
5 set(handles.txtLoad,'Visible','On'); % Viser beskeden "Loading measurements..."
6 pause(1);
7 filepath=fullfile(pathname,filename);
8
9 loadData = csvread(filepath);
10 % Maaling udpakkes og kan bruges til visning i grafen
11 handles.BI = loadData(:,1);
12 handles.EMG = loadData(:,2);
13 handles.timestamps = loadData(:,3);
14 end
```

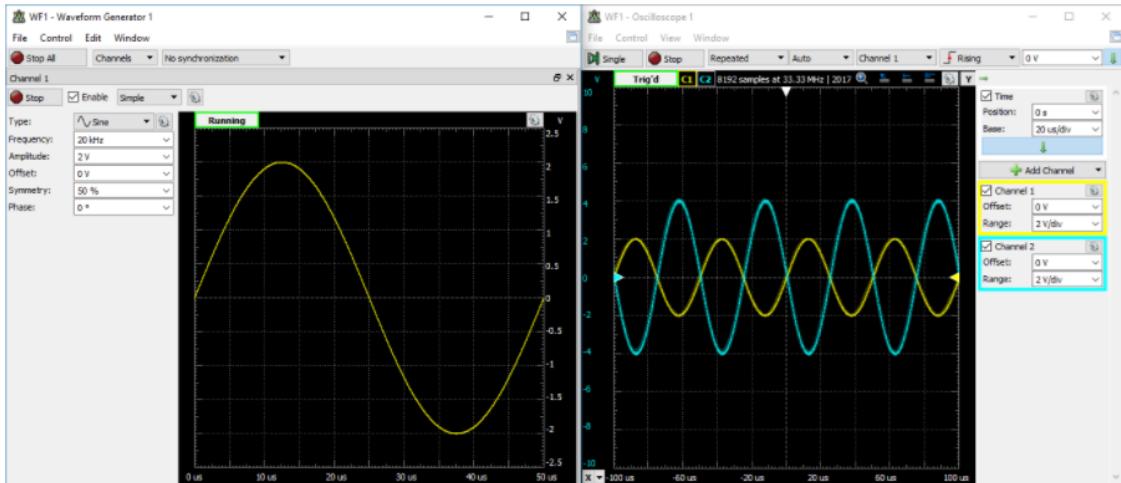
# Modultest 3

Modultest af hardware-delen består af en simuleret test vha. Multisim og en praktisk test. Nogle komponenterne eksister ikke i Multisim og kræver at blive oprettet, men det er valgt at ikke bruge tid på det, da det er tidskrævende. Derfor præsenteres kun praktiske resultater for disse komponenter. I det følgende præsenteres testresultaterne for instrumentationsforstærker 1, 2 , strømgeneratoren, operationsforstærkeren og AA filteret.

## 3.1 Hardware

### 3.1.1 Instrumentationsforstærker 1

Dette modul er testet ved at sende 2V/20kHz fra Analog Discovery (den gule kurve) igennem INA128. Det ses på figur 3.1 at de 2V bliver forstærket til 4V (turkis kurve) ved udgangen af INA128. Dette resultat stemmer overens med det beregnede resultat i designfasen.

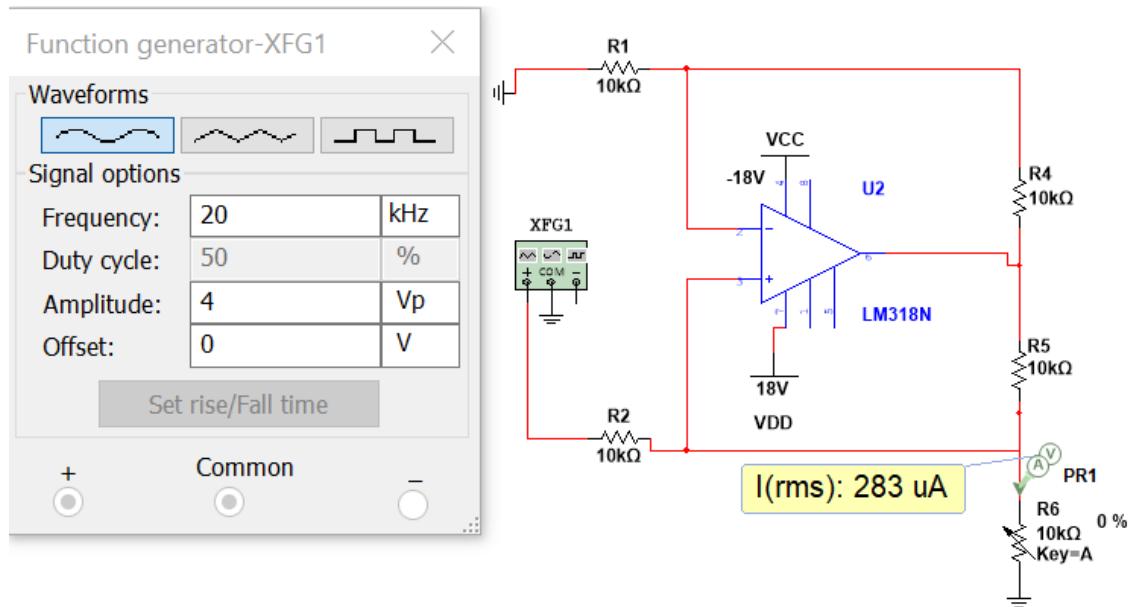


Figur 3.1: Figuren viser resultatet af INA128, som forstærker 2V til 4V

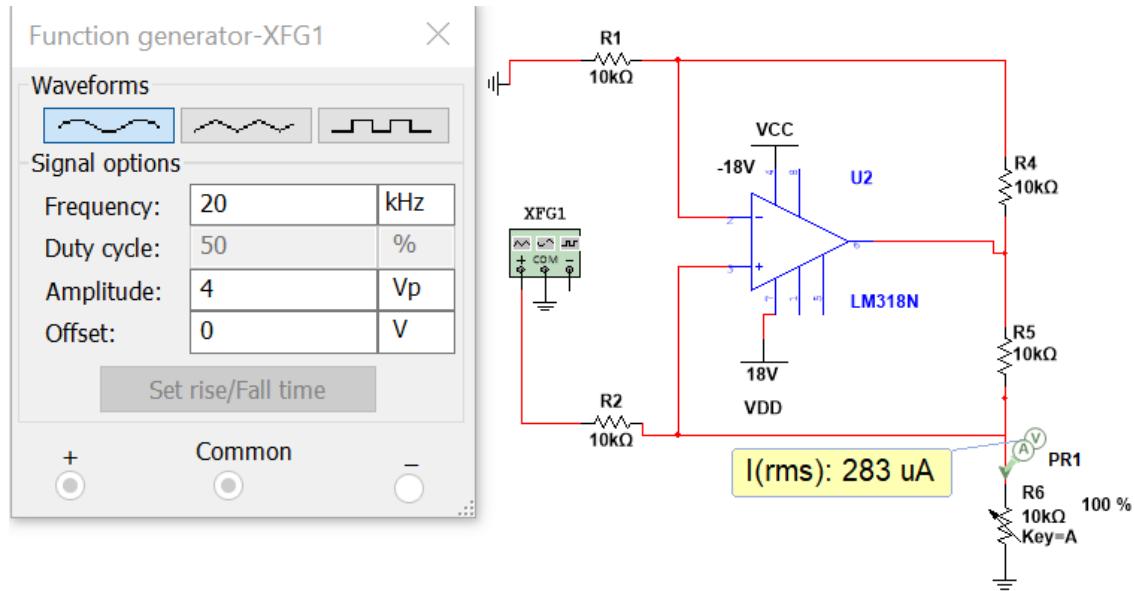
### 3.1. Hardware

#### 3.1.2 Strømgenerator

Strømgeneratoren er simuleret ved at den får 4V fra en funktionsgenerator. På baggrund af denne spænding genereres der 283 $\mu$ A ud af strømgeneratoren. Bemærk at figur 3.2 viser strømudgangen ved no-load, hvorimod figur 3.3 viser når man belaster strømgeneratoren med 10k $\Omega$ .



Figur 3.2: Figuren viser det simuleret resultat for strømgeneratoren ved no-load

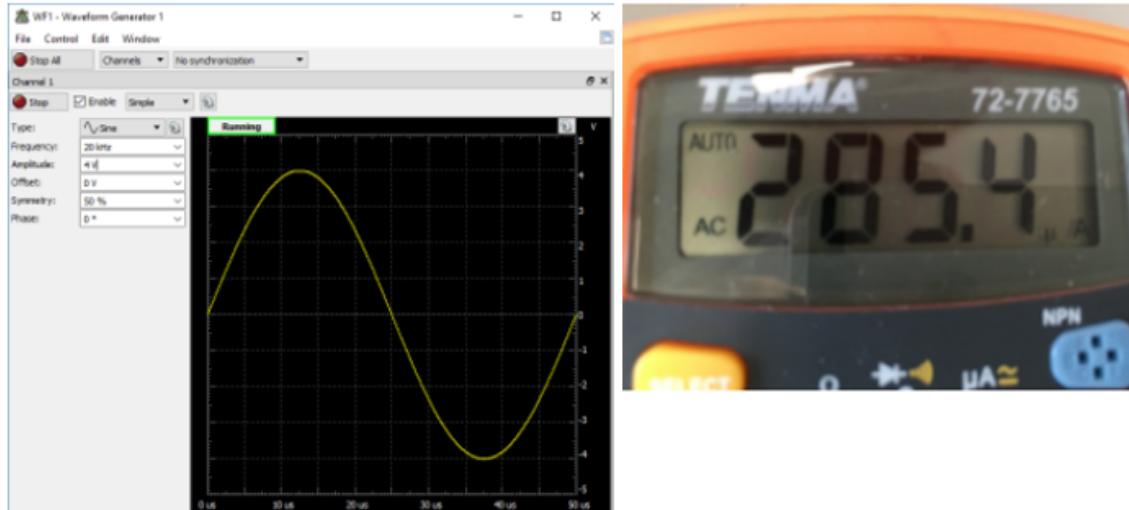


Figur 3.3: Figuren viser det simuleret resultat for strømgeneratoren med load på 10k $\Omega$

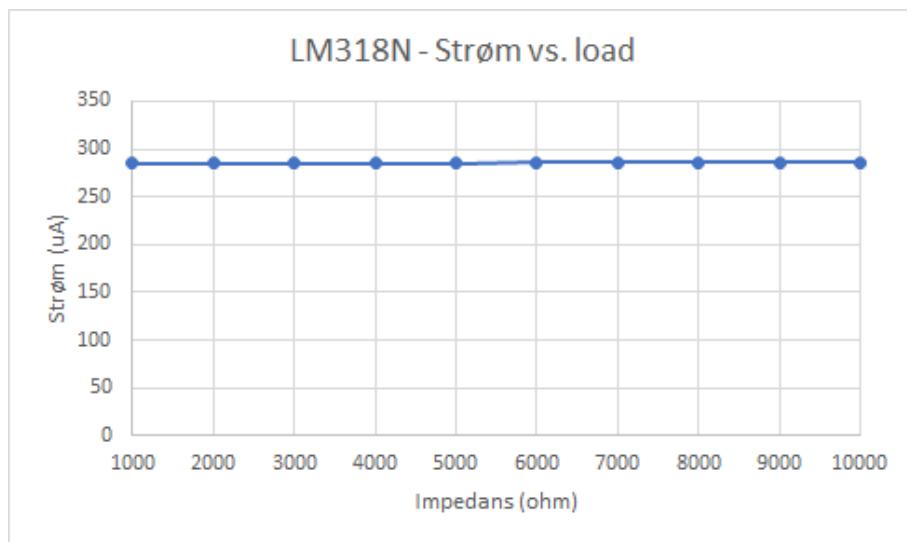
Det ses på figur 3.3 at strømmen ikke ændrer sig, selvom man belaster kredsløbet med 10k $\Omega$ .

### 3.1. Hardware

Tilsvarende sendes der 4V ind i strømgeneratoren, når der skal foretages den praktiske test på fumlebræt. De 4V genereres fra Analog Discovery. Den producerede strøm måles vha. et amperemeter i serie på udgangen af den anvendte operationsforstærker, LM318. Det ses på figur 3.4 at udgangsstrømmen, som genereres af strømgeneratoren er målt til 285 $\mu$ A. Dette resultat afviger lidt fra det beregnede og simulerede resultat. Det vurderes at afvigelsen er så lille at den ingen betydning har for måleobjektets sikkerhed. Figur 3.5 viser strømmens stabilitet fra 1 k $\Omega$  til 10 k $\Omega$ , hvilket svarer til området for load impedansen for et biologisk væv [1]. Derfor er det besluttet at arbejde videre med den målte strøm.



Figur 3.4: Figuren viser det praktisk strømresultat som er målt ved udgangen af strømgeneratoren.



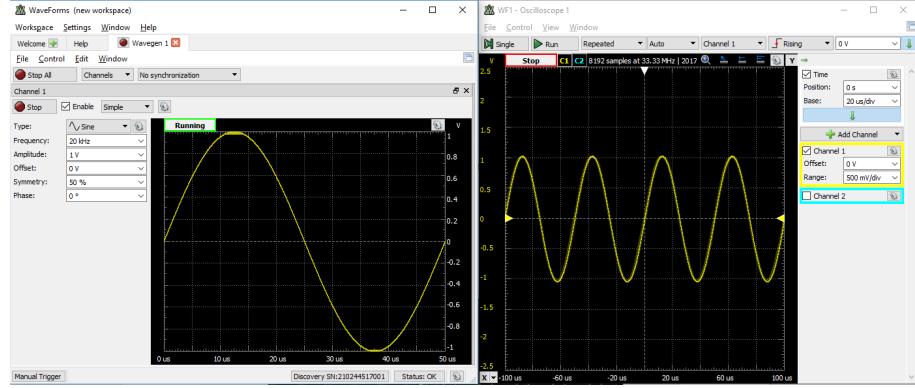
Figur 3.5

#### 3.1.3 Instrumentationsforstærker 2

Til test af instrumentationsforstærker 2 er der benyttet en spændingsdeler, som får 1V fra en funktionsgeneratoren, Analog Discovery. Spændingsdelerens funktion er at reducere 1V til 10mV, som efterfølgende forstærkes af instrumentationsforstærker 2 med faktor 100

### 3.1. Hardware

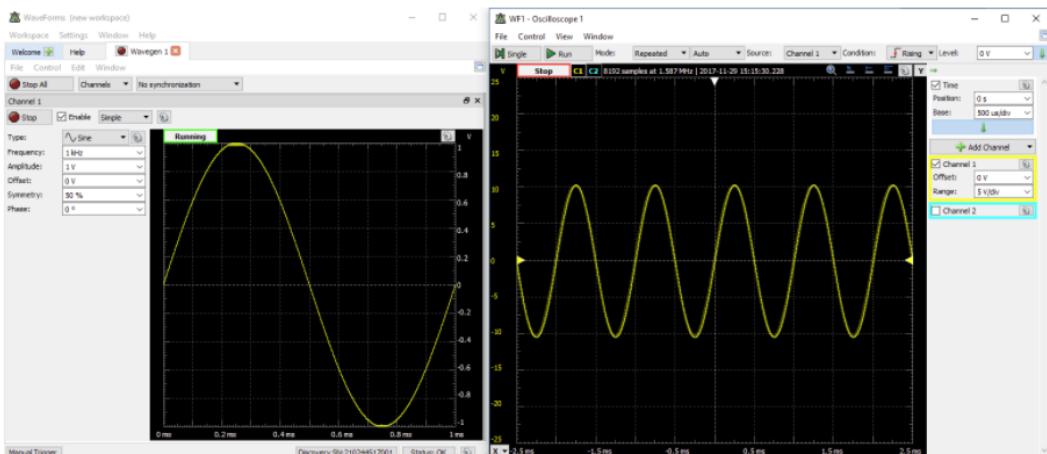
gange. Som figur 3.6 viser, kan man med instrumentationsforstærkeren INA128 opnå en forstærkning på 100. Dette resultat stemmer overens med det teoretiske resultat, som er beregnet i designfasen.



Figur 3.6: Figuren viser det praktiske udgangsspænding for INA128. Denne INA128 yder en forstærkning på 100 gange.

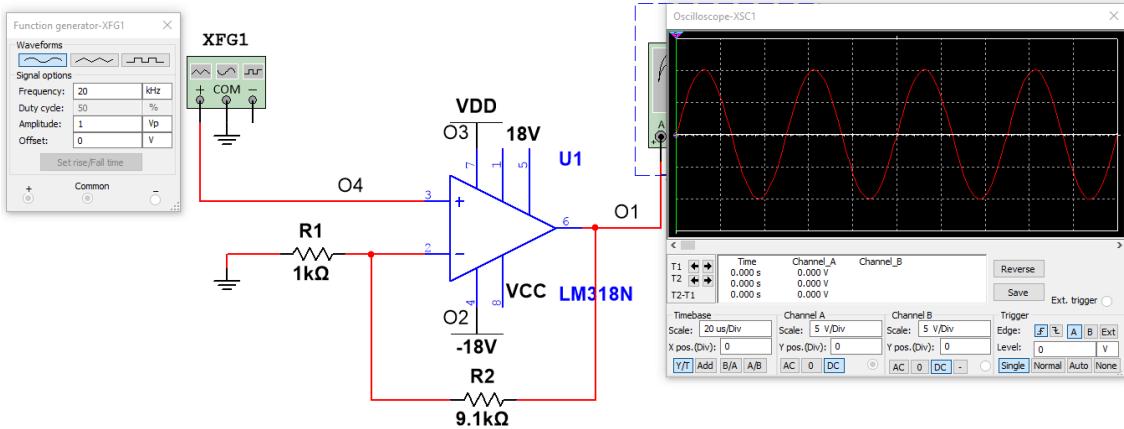
#### 3.1.4 OP-AMP

Denne operationsforstærkers opgave er at forstærke 1 V til 10 V, dvs. en forstærkning ved faktor 10. Der sendes 1V fra funktionsgeneratoren, Analog Discovery, som derefter bliver forstærket til 10 V. Figur 3.7 viser at signalet fra funktionsgeneratoren bliver forstærket 10 gange, dvs. den målte udgangsspænding er på 10V. Hermed stemmer den målte og den teoretiske udgangsspænding af operationsforstærkeren LM318 med hinanden.



Figur 3.7: Figuren viser det praktisk udgangsspænding som er målt ved udgangen af operationsforstærkeren.

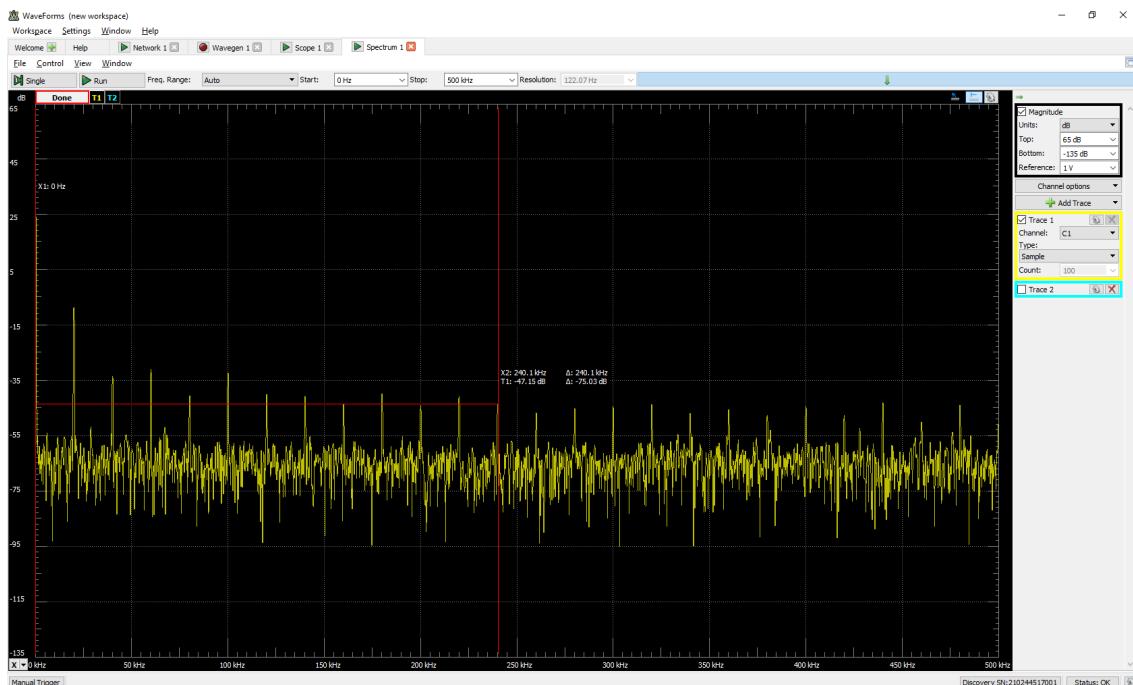
### 3.1. Hardware



Figur 3.8: Figuren viser det simuleret udgangsspænding som er målt ved udgangen af operationsforstærkeren.

#### 3.1.5 Spektrumanalyse

Ved at sammensætte alle komponenter inkl. elektroder, kan spektrumanalysen blive optaget vha. Analog Discovery. Som det kan aflæses på figur 3.9, er der en dæmpning fra det samlet kredsløb på ca. -75 dB. Dette aflæses fra den højeste peak i passbåndet til ca. 250 kHz, som er den halve samplingfrekvens. Da Analog Discovery arbejder med 14bit (skal dæmpe ned til ca. -90 dB) kræver det en yderligere dæmpning på ca. 15 dB. Dette kunne realiseres med et 1. ordens filter, men der vælges at benytte et 2. ordens filter, for at undgå de variationer der måtte være i passbåndet i det målte signal.

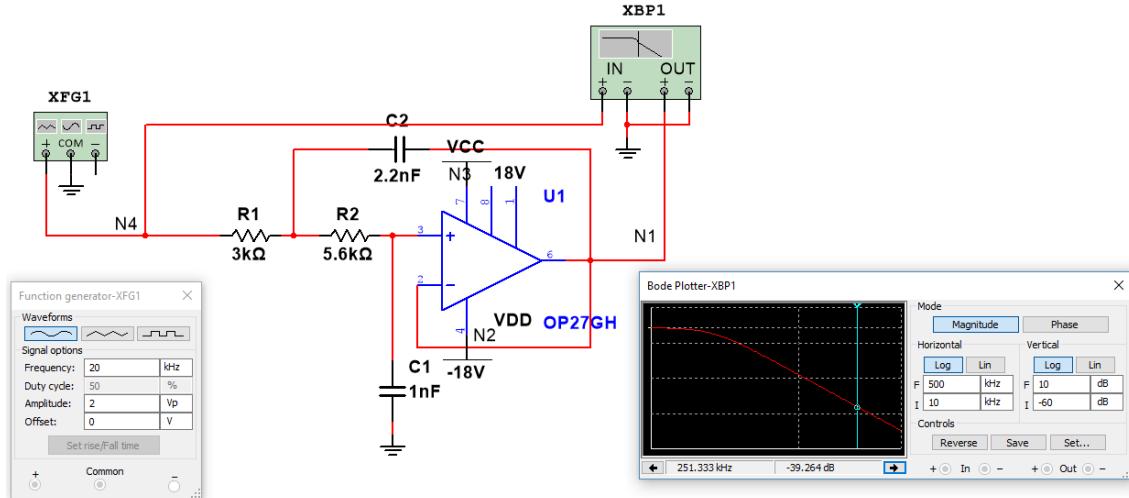


Figur 3.9: Det implementeret frekvensspektrum, som viser at der er en samlet dæmpning på ca. 75dB som skal yderligere dæmpes til 90dB med et 2.ordens lavpasfilter.

### 3.1. Hardware

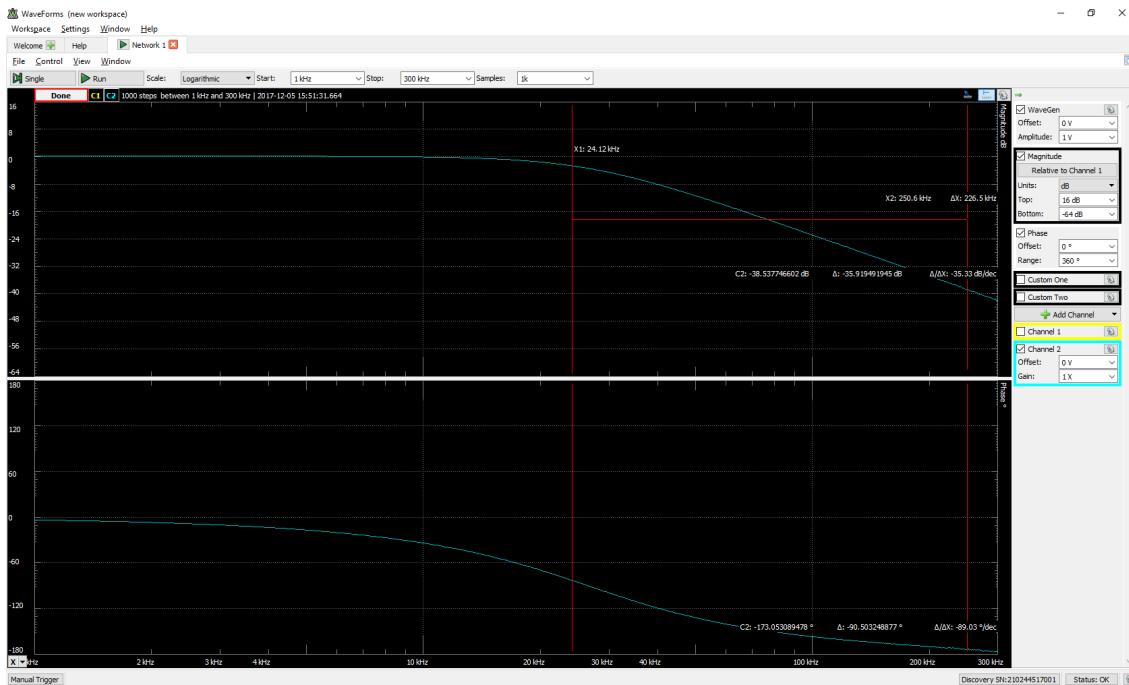
#### 3.1.6 AA filter

Først er AA filteret simuleret i Multisim. Ved hjælp af Bode Plotter i Multisim, kan det aflæses ved 250 kHz at der er en dæmpning på 40 dB.



Figur 3.10: Resultat om filterets virkning simuleret i Multisim

Der er brugt værktøjet Network Analyzer i programmet Waveforms, for at teste filters virkning, se figur 3.11. Det kan konstateres at ved knækfrekvensen (25 kHz) er faseforskydningen ca. 90°. Efterfølgende kan det aflæses, at ved knækfrekvensen og en dekade frem er der en dæmpning på ca. 35 dB.



Figur 3.11: Resultat om filterets virkning fra Network Analyzer i waveforms.

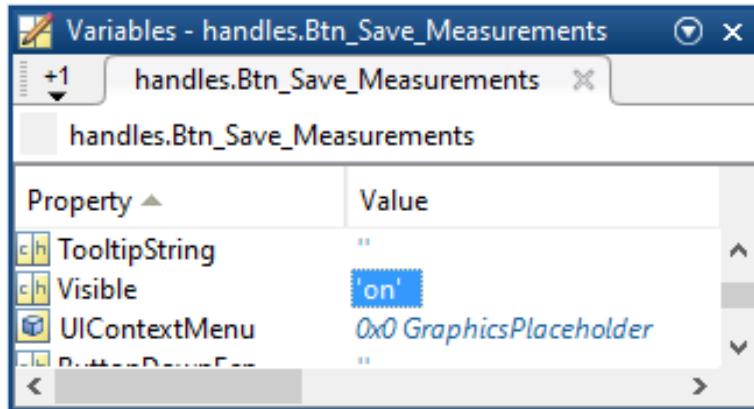
### 3.2. Software

## 3.2 Software

### 3.2.1 Funktioner

#### 3.2.1.1 Syncerefleksmonitor\_OpeningFcn

#### 3.2.1.2 Btn\_Start\_Measurement



Figur 3.12: Oprettelse af dato og tid.

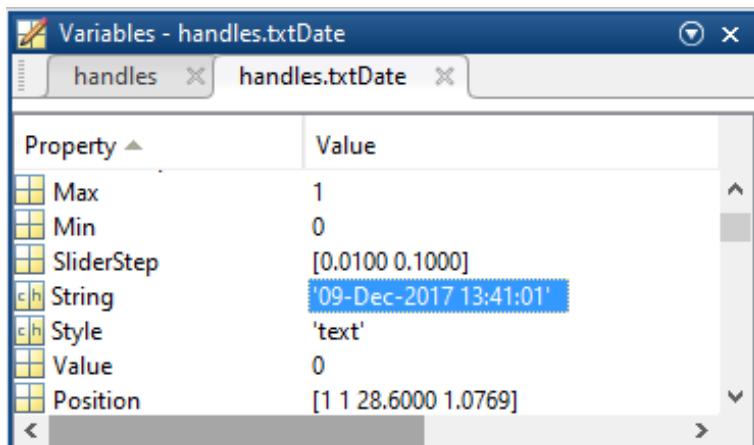
#### 3.2.1.3 Btn\_Save\_Measurement

#### 3.2.1.4 Start\_GUI

Funktionen Start\_GUI køres så snart syncerefleksmonitor.m er startet. Denne funktion har følgende opgaver:

- Vise dato og tid bliver vist
- Skjule knappen "Btn\_Save\_Measurement"
- Vise billede

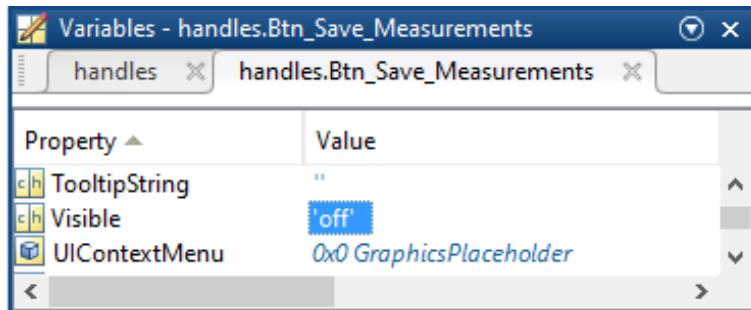
Resultatet af dennes funktions modultest kan ses på figur 3.13, 3.14 og 3.15.



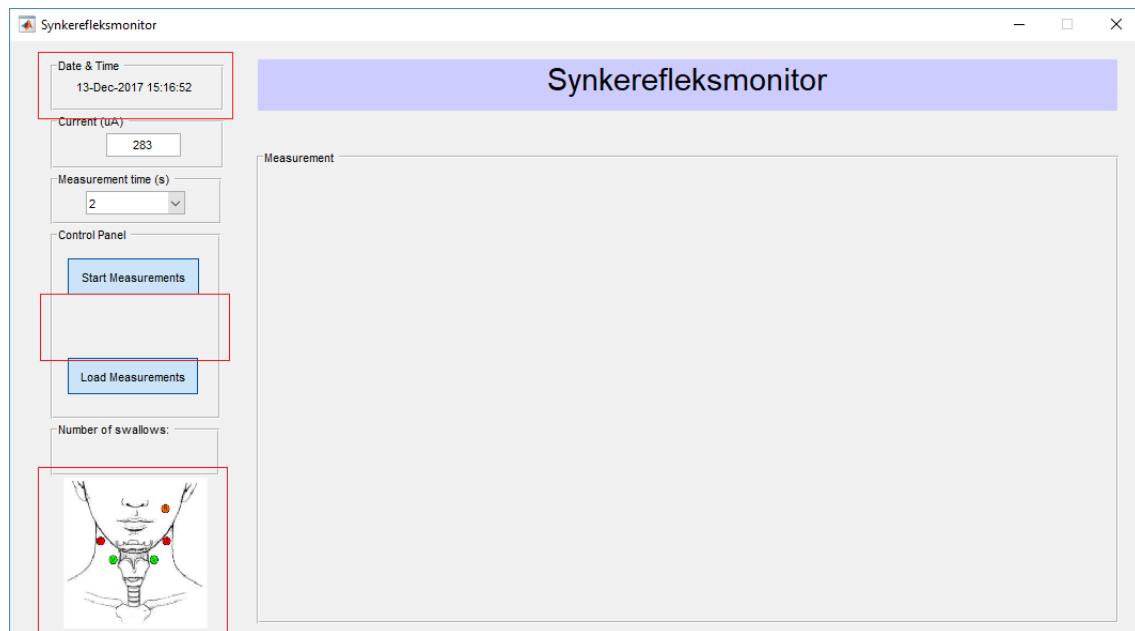
Figur 3.13: Oprettelse af dato og tid.

### 3.2. Software

#### 3.2.1.5 Start\_GUI



Figur 3.14: Save\_Measurements knappen er gemt fra start.



Figur 3.15: Resultat fra koden i "Start\_GUI"

#### 3.2.1.6 Generate\_SineWave

Funktionen Generate\_SineWave opsætter Analog Discovery's funktionsgenerator. Denne funktion har følgende opgaver:

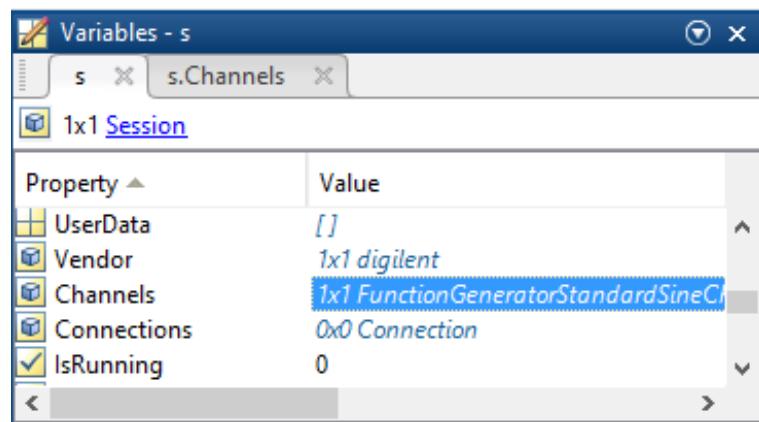
- Oprette forbindelse til Analog Discovery
- Indstille gain til 2 V
- Indstille frekvensen til 20 kHz
- Gemme opsætningen i handles.GS

Resultatet af dennes funktions modultest kan ses på figur 3.16, 3.17, 3.18, 3.19 og 3.20.

### 3.2. Software



Figur 3.16: Analog Discovery's funktionsgenerator sættes på Analog Discovery's oscilloskop.



Figur 3.17: Oprettelsen til Analog Discovery

### 3.2. Software

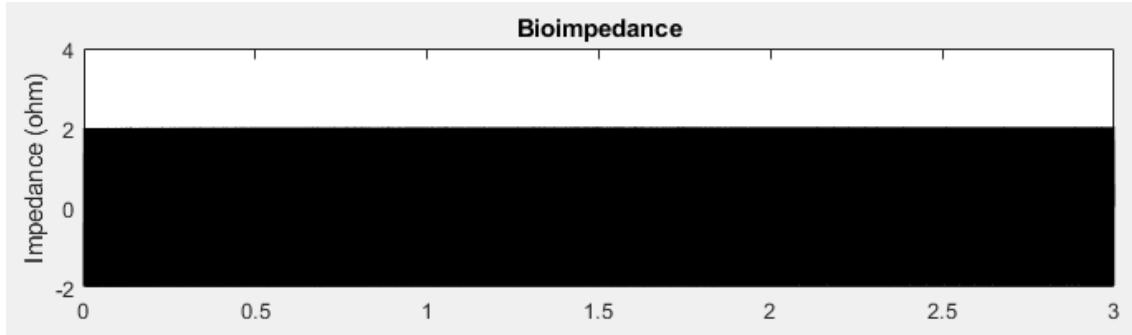
Variables - s.Channels	
	s.Channels
<b>s.Channels</b>	
Property	Value
Phase	0
Range	1x1 Range
TerminalConfig	'SingleEnded'
Gain	2
Offset	0
Frequency	20000
WaveformType	1x1 WaveformType
FrequencyLimit	1x1 ParameterLimit
Name	"
ID	'1'
Device	1x1 DeviceInfo
MeasurementType	'Sine'

Figur 3.18: Funktionsgenerator tilføjet.

Variables - handles	
	handles
<b>handles</b>	
Field	Value
figure1	1x1 Figure
uipanel7	1x1 Panel
uipanel6	1x1 Panel
text2	1x1 UIControl
uipanel1	1x1 Panel
axes3	1x1 Axes
txtDate	1x1 UIControl
axes1	1x1 Axes
Btn_Save_Measurem...	1x1 UIControl
Btn_Start_Measurem...	1x1 UIControl
GS	1x1 Session

Figur 3.19: Variablen "handles.GS" er oprettet i handles til brug i funktionen "Read\_Measurements".

### 3.2. Software



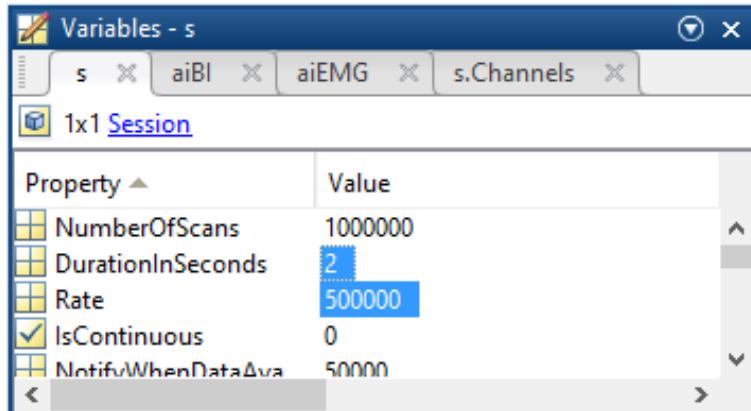
Figur 3.20: GUI resultat om koden i "Generate\_SineWave"

#### 3.2.1.7 Read\_Measurements

Funktionen Read\_Measurements mÅler BI og EMG signalerne simultant. Denne funktion har fØlgende opgaver:

- Indstille tid for mÅling i sekunder
- Indstille samplingrate til 500 kHz
- Oprette to analog input på Analog Discovery
- Måle BI og EMG simultant

Resultatet af dennes funktions modultest kan ses pÅ figur 3.21, 3.22, 3.23, 3.24 og 3.25.



Figur 3.21: Indstille sekunder og samplerate.

s.Channels			
	1	2	3
1	1x1 Function...	1x1 AnalogInputVoltageChannel	1x1 AnalogInputVoltageChannel
2			
3			

Figur 3.22: To analog input oprettet.

### 3.2. Software

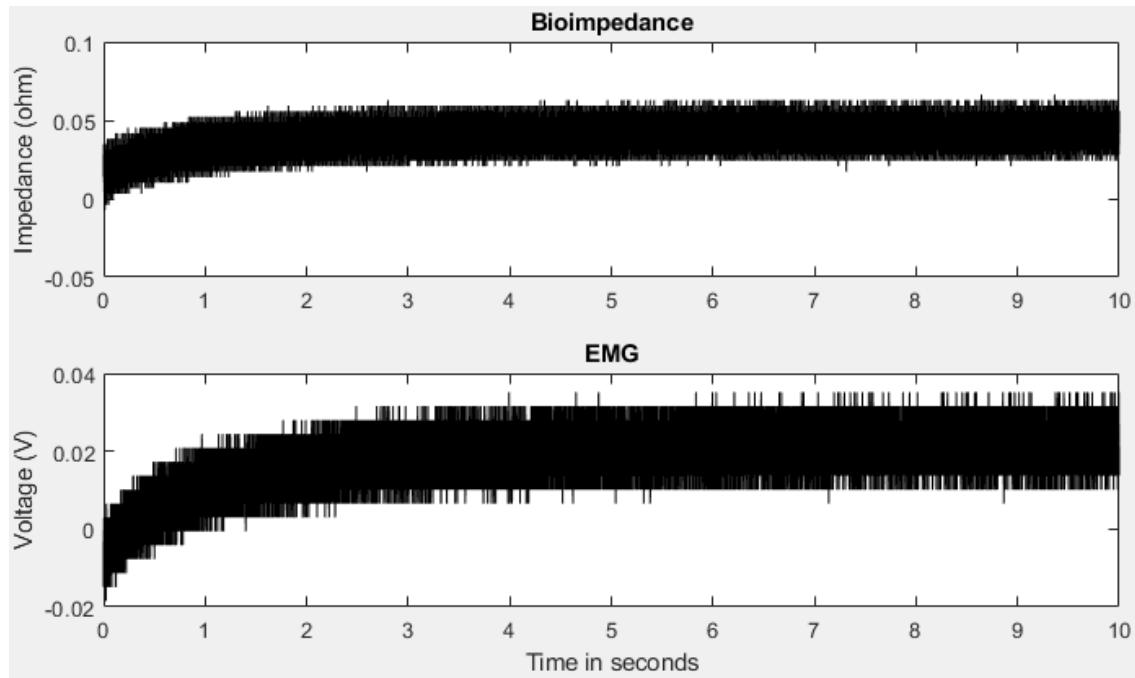
	1	2
1	0.6462	0.0066
2	0.1543	-5.9705e-04
3	-0.3412	-0.0077
4	-0.8190	-0.0149
5	-1.2442	-0.0256
6	-1.5885	-0.0292
7	-1.8380	-0.0364
8	-1.9644	-0.0399
9	-1.9715	-0.0328
10	-1.8520	-0.0292
11	-1.6166	-0.0256
12	-1.2723	-0.0221
13	-0.8577	-0.0113
14	-0.3868	-0.0042
15	0.1121	0.0101
16	0.6075	0.0173
17	1.0608	0.0244
18	1.4543	0.0280
19	1.7459	0.0387
20	1.9392	0.0352
21	2.0024	0.0352
22	1.9427	0.0352
23	1.7670	0.0280

Figur 3.23: Målingerne af BI og EMG i tabelform

Variables - handles	
Field	Value
figure1	1x1 Figure
uipanel7	1x1 Panel
uipanel6	1x1 Panel
text2	1x1 UIControl
uipanel1	1x1 Panel
axes3	1x1 Axes
txtDate	1x1 UIControl
axes1	1x1 Axes
Btn_Save_Measurem...	1x1 UIControl
Btn_Start_Measurem...	1x1 UIControl
GS	1x1 Session
data	1000000x2 double
timestamps	1000000x1 double

Figur 3.24: Målingerne og tiden gemt i handles.

### 3.2. Software



Figur 3.25: Resultat fra koden "Read\_Measurements". To simultane målinger.

#### 3.2.1.8 Process\_Measurements

Funktionen Process\_Measurements behandler BI og EMG målingerne. Denne funktion har følgende opgaver:

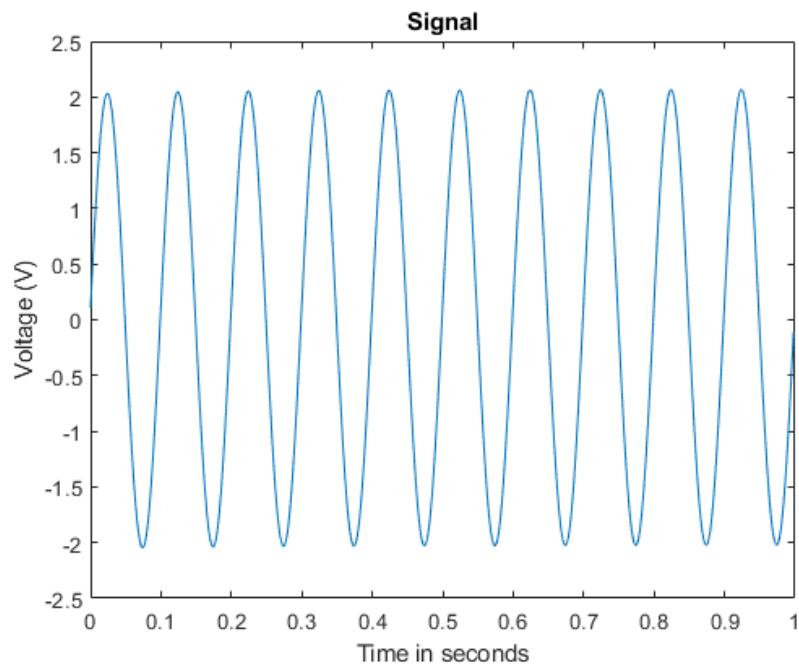
- Dobbelt ensrette BI signal
- Filtrere BI signal
- Finde peaks

Resultatet af dennes funktions modultest kan ses på figur 3.26, 3.27, 3.28, 3.29 og 3.30.

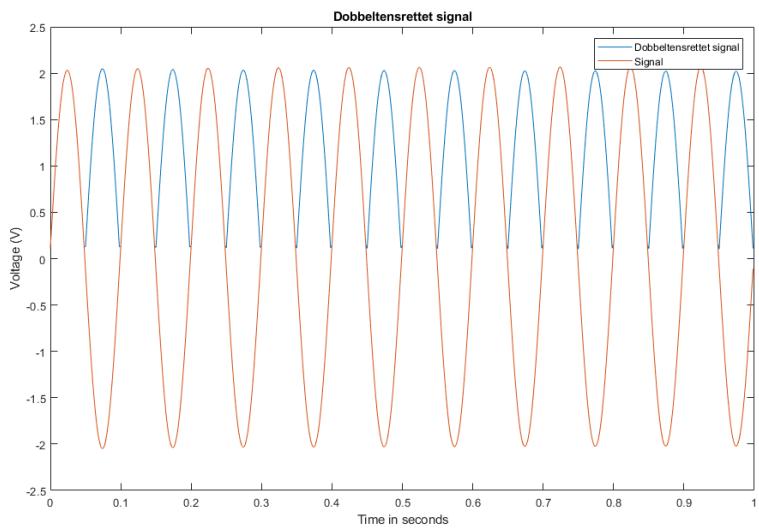


Figur 3.26: Analog Discovery's funktionsgenerator sættes på Analog Discovery's oscilloskop.

### 3.2. Software

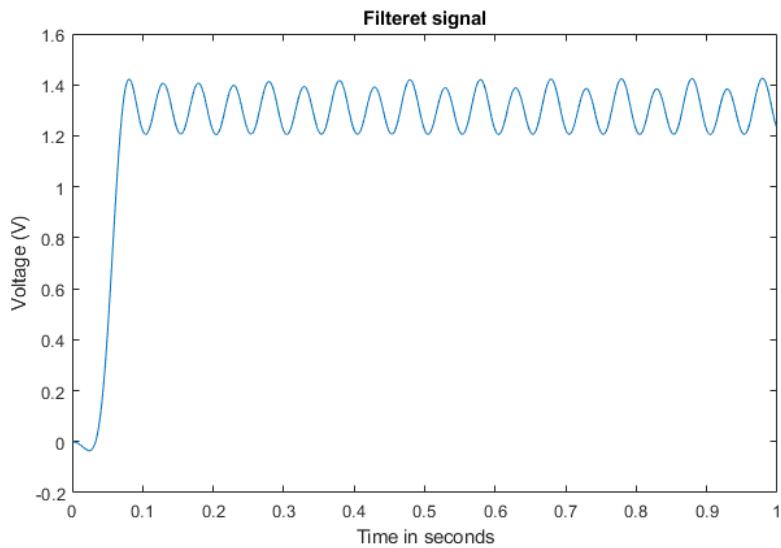


Figur 3.27: Et test BI signal med amplitude på 2 V



Figur 3.28: BI signalet bliver Dobbelt ensrettet.

### 3.2. Software



Figur 3.29: BI signalet bliver filteret.

Field	Value
figure1	1x1 Figure
uipanel7	1x1 Panel
uipanel6	1x1 Panel
text2	1x1 UIControl
uipanel1	1x1 Panel
axes3	1x1 Axes
txtDate	1x1 UIControl
axes1	1x1 Axes
Btn_Save_Measurem...	1x1 UIControl
Btn_Start_Measurem...	1x1 UIControl
GS	1x1 Session
data	1000000x2 double
timestamps	1000000x1 double
Bsignal	1000000x1 double

Figur 3.30: Det nye test BI signal gammes i handles.

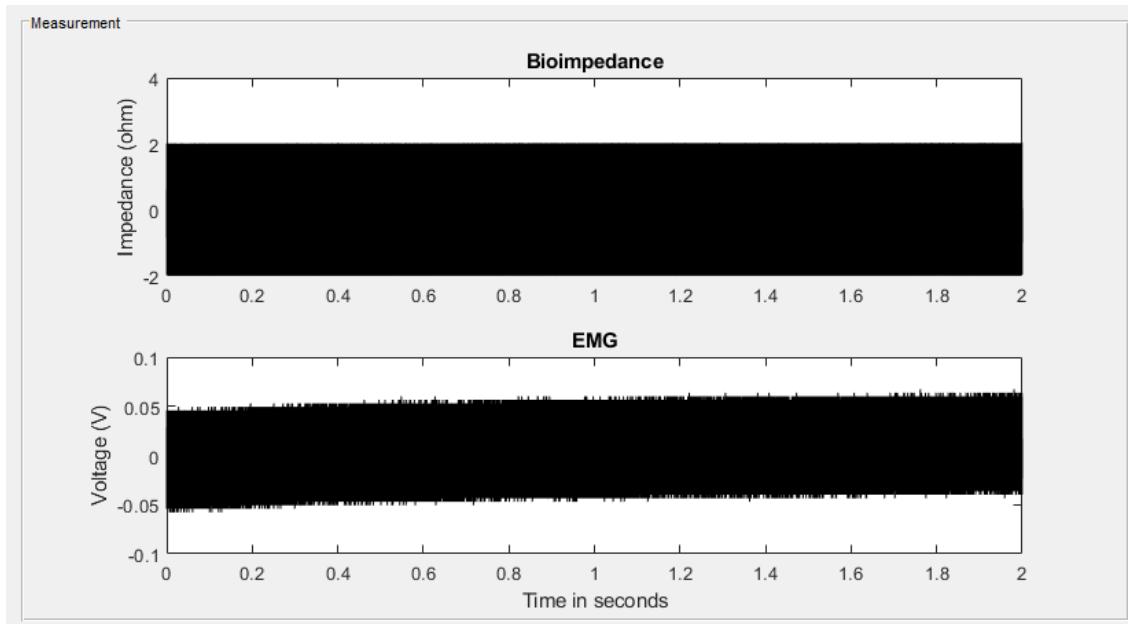
#### 3.2.1.9 Show\_Measurements

Funktionen Show\_Measurements viser de mælte BI og EMG signaler simultant. Denne funktion har følgende opgaver:

### 3.2. Software

- Vise BI og EMG simultant i graf

Resultatet af dennes funktions modultest kan ses på figur 3.31.



Figur 3.31: De to simultane test signaler

#### 3.2.1.10 Save\_Measurments

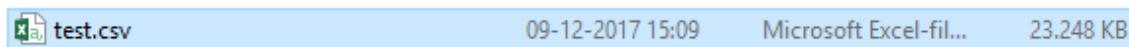
Funktionen Save\_Measurements gemmer de målte BI og EMG signaler. Denne funktion har følgende opgaver:

- Gemme BI og EMG signaler i CSV-fil

Resultatet af dennes funktions modultest kan ses på figur 3.32 og 3.33.

Name	Value
FileName	'test.csv'
filepath	'C:\Users\mbana\Desktop\test.csv'
handles	1x1 struct
PathName	'C:\Users\mbana\Desktop\'

Figur 3.32: Den oprettet sti hvor CSV-filen skal gemmes.



Figur 3.33: Målingen er gemt som test.csv.

### 3.2. Software

#### 3.2.1.11 Load\_Measurments

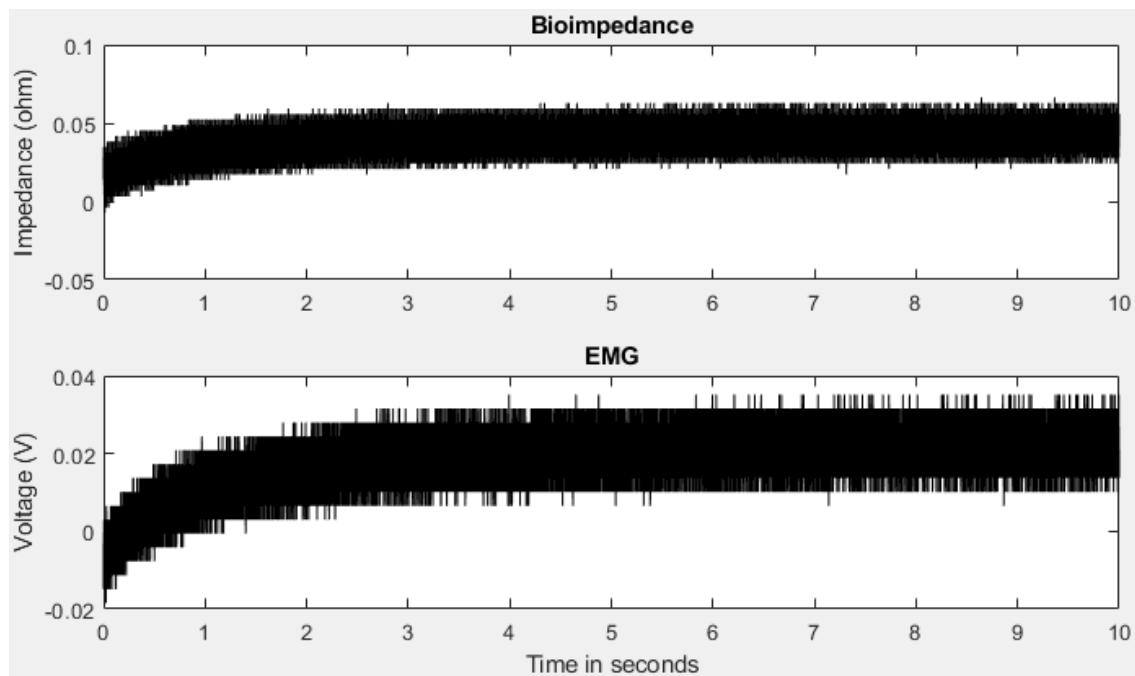
Funktionen Load\_Measurements henter de målte BI og EMG signaler. Denne funktion har følgende opgaver:

- Hente BI og EMG signaler fra CSV-fil

Resultatet af dennes funktions modultest kan ses på figur 3.34 og 3.35.

Workspace	
Name	Value
filename	'test.csv'
handles	1x1 struct
pathname	'C:\Users\mbana\Desktop\'

Figur 3.34: Den oprettet sti hvor CSV-filen skal hentes fra.

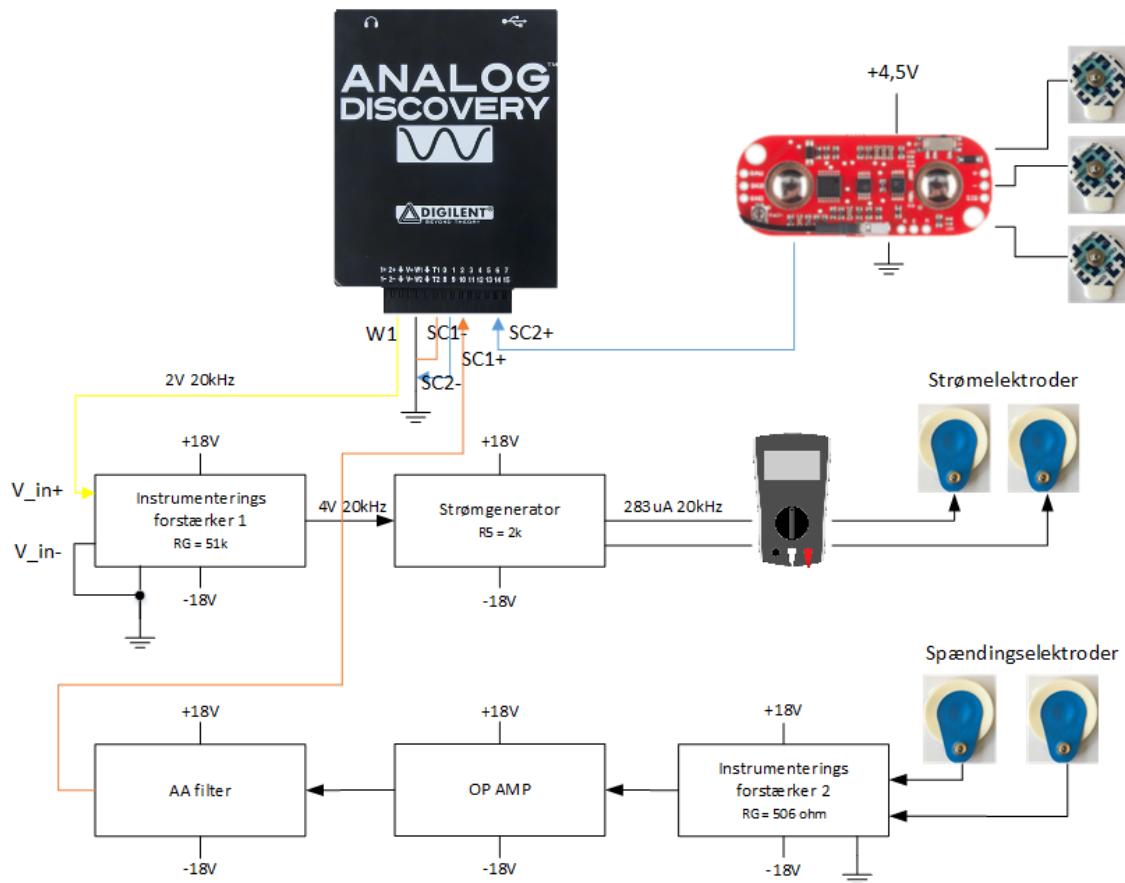


Figur 3.35: De to simultane test signaler er hentet og vises.

# Integrationstest 4

## 4.1 Indledning

Efter modultesten sammensættes de enkelte hardware komponenter gradvist til et færdigt system. I det følgende afsnit dokumenteres ved brug af billede af opstillingen, multimeter og Analog Discovery. På figur 4.1 er det samlet integreret system inkl. EMG-måler.

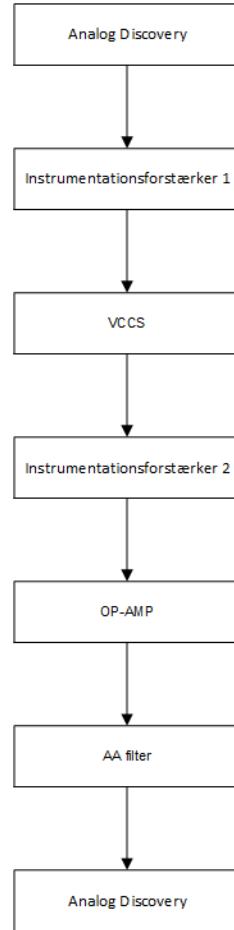


Figur 4.1

### 4.1.1 Hardware Top-down test

Ved hjælp af Top-down test styres denne integration af det samlet system som kan ses på figur 4.2. Undervejs er input og output blevet noteret for hver komponent. Forløbet kan ses i tabel 4.1.

## 4.1. Indledning

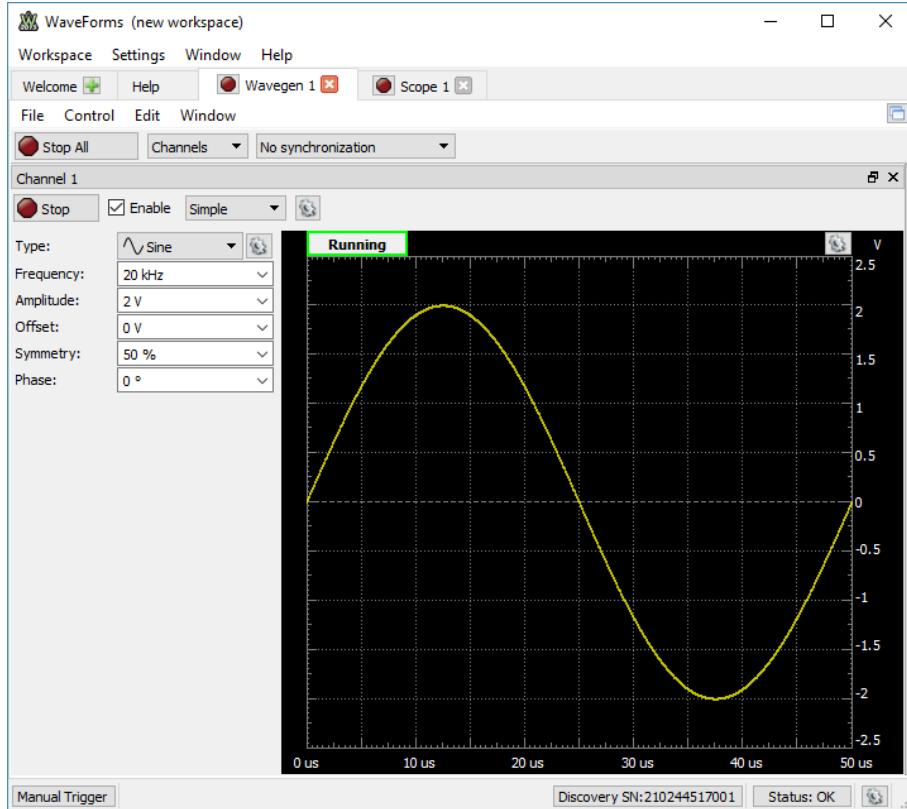


Figur 4.2: Top-down test af integrationstesten.

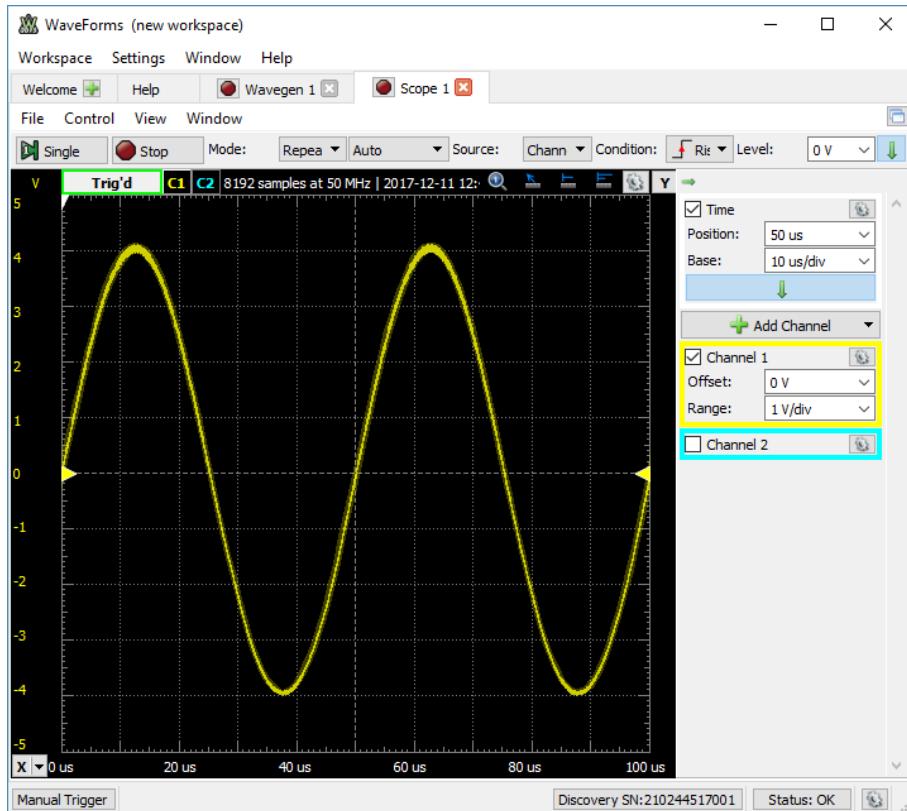
Navn	Input	Output	Kommentar
Analog Discovery		2 V / 20 kHz	Se figur 4.3
Instrumentationsforstærker 1	2 V / 20 kHz	4 V / 20 kHz	Se figur 4.4
VCCS	4 V / 20 kHz	283 uA / 20 kHz	Se figur 4.5
Instrumentationsforstærker 2	Biosignal	1,67 V	Se figur 4.6. Strøm faldet til 104 uA, se figur 4.7
Op-AMP	1,67 V	14,3 V	Se figur 4.8
AA filter	14,3 V	13,4 V	Se figur 4.9 og for spektrum analyse se figur 4.10.

Tabel 4.1: Oversigt over input og output for hver komponent, med henvisning enten til figur eller billede.

#### 4.1. Indledning



Figur 4.3: Output på Analog Discovery.

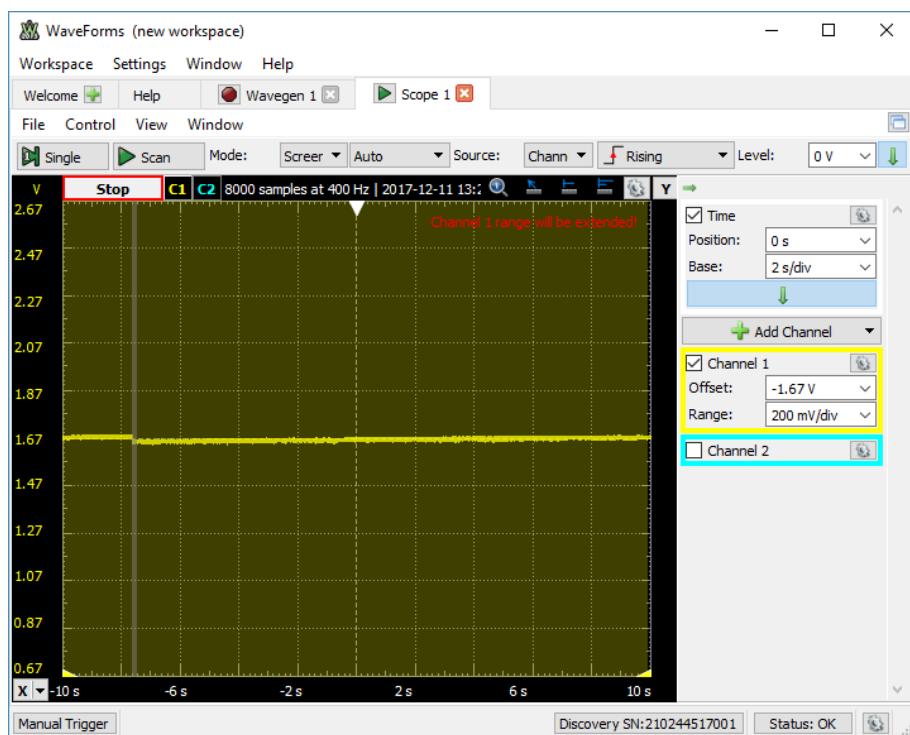


Figur 4.4: Output på Instrumentationsforstærker 1.

#### 4.1. Indledning



Figur 4.5: Output på VCCS

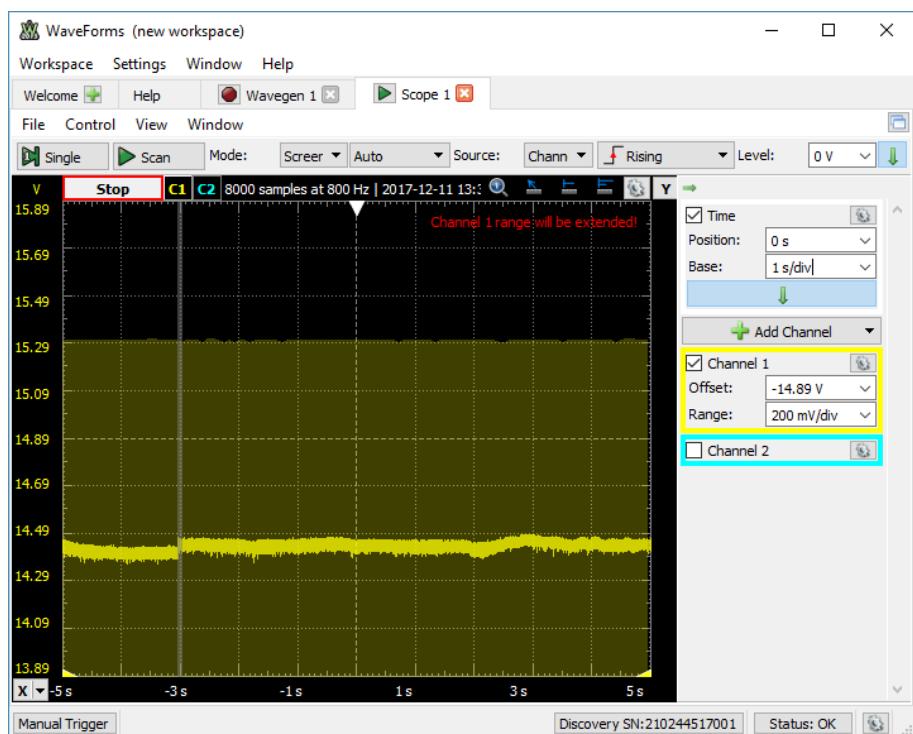


Figur 4.6: Output på Instrumentationsforstærker 2

#### 4.1. Indledning

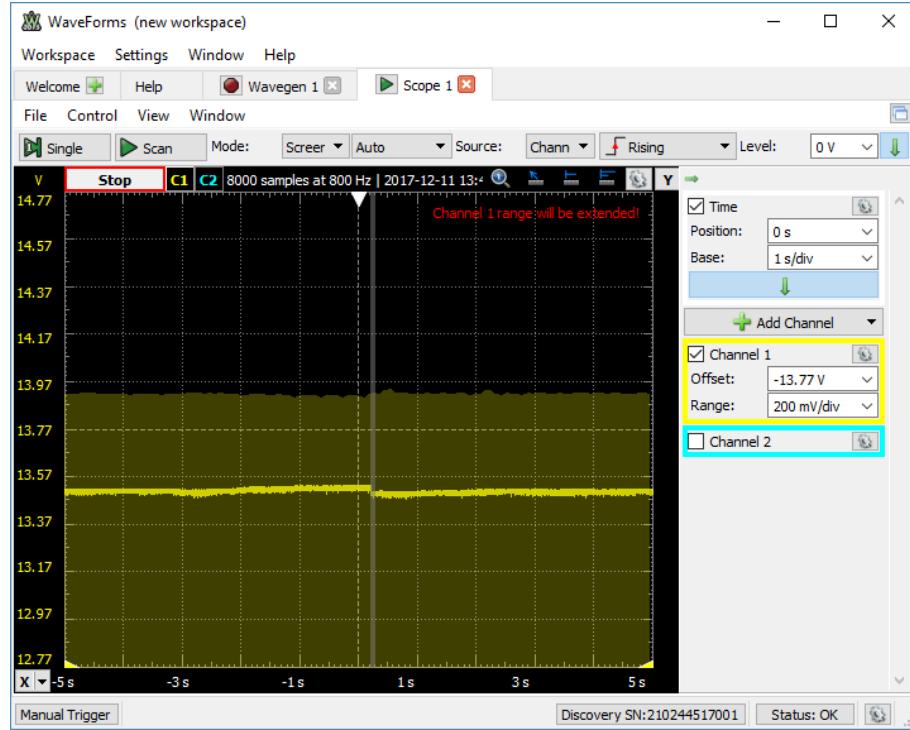


Figur 4.7: Strømmen var faldet til 104  $\mu$ A fra VCCS, da elektroderne påsættes.

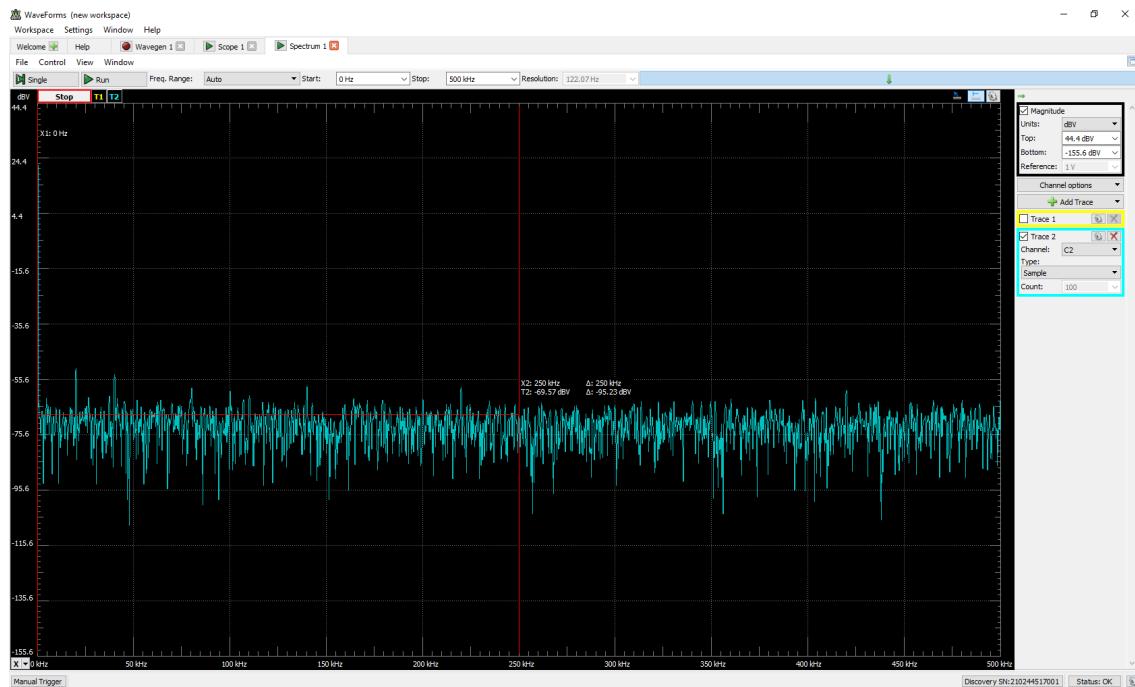


Figur 4.8: Output på OP-AMP

## 4.1. Indledning

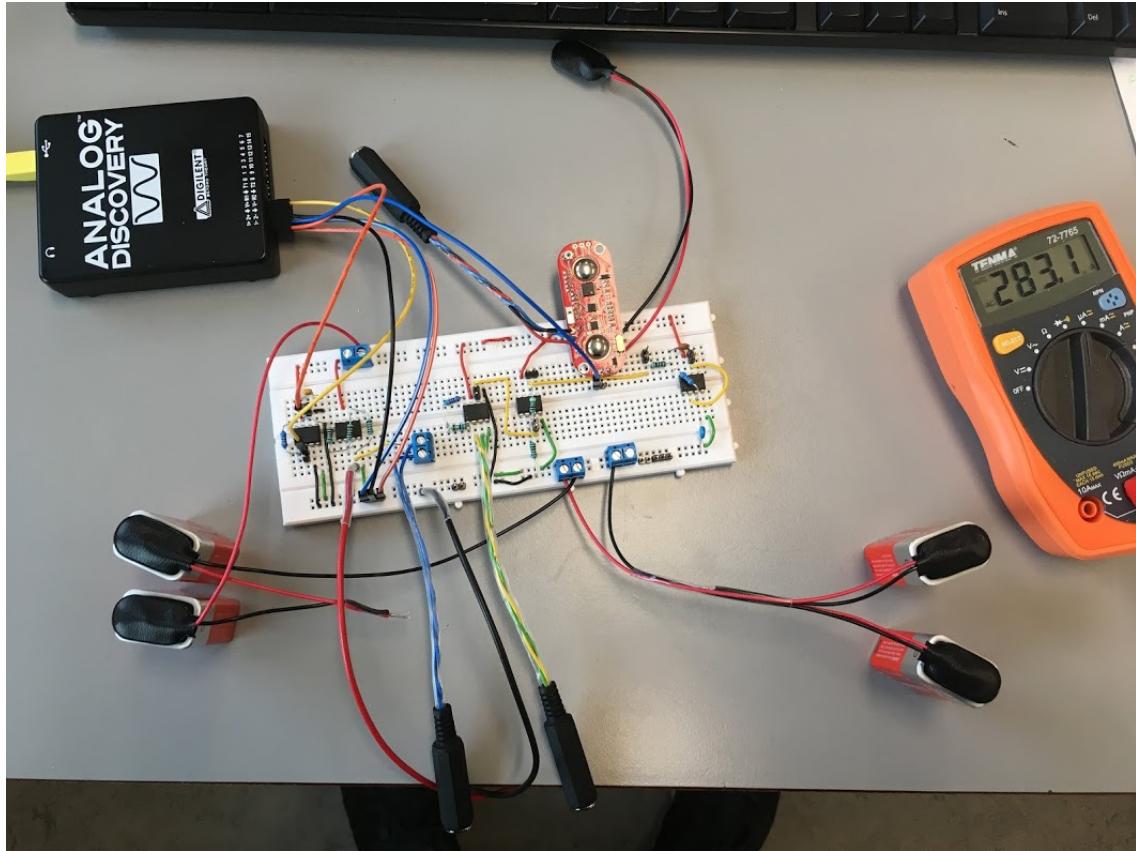


Figur 4.9: Output på AA filter



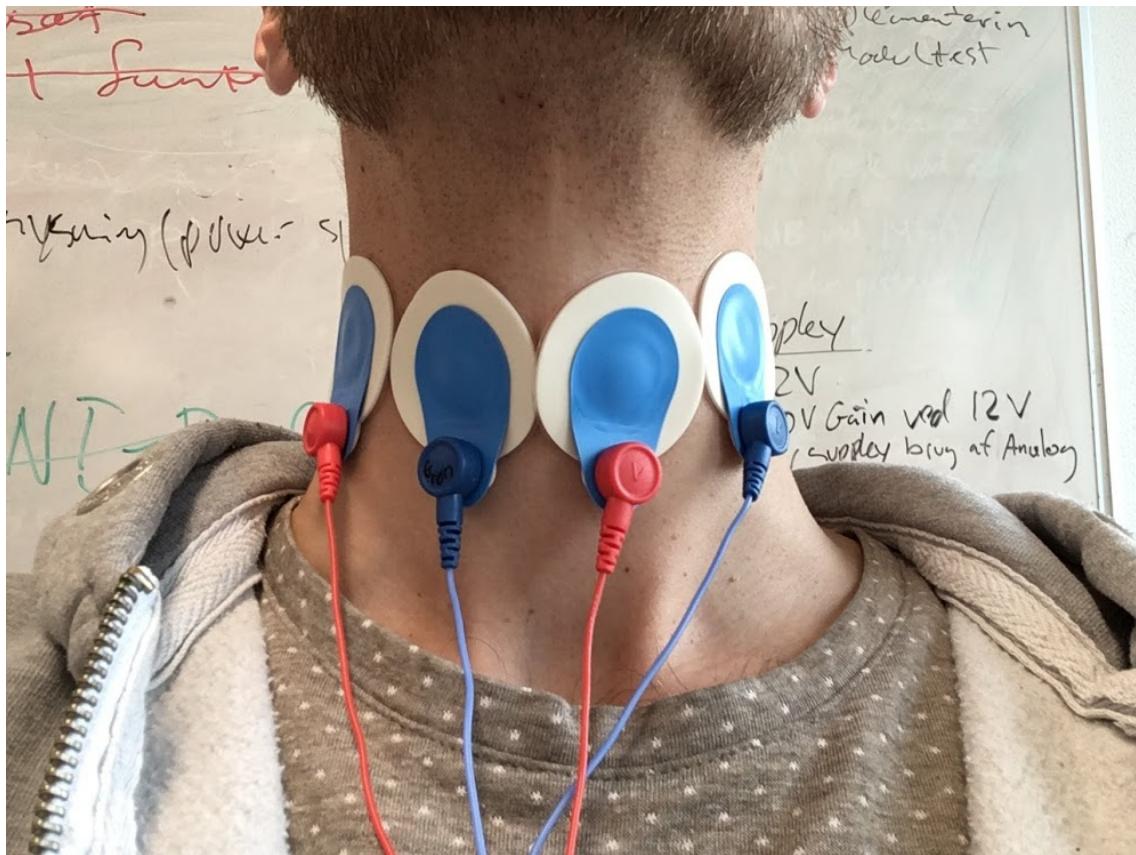
Figur 4.10: Frekvens spektrum af det samlet system.

#### 4.1. Indledning



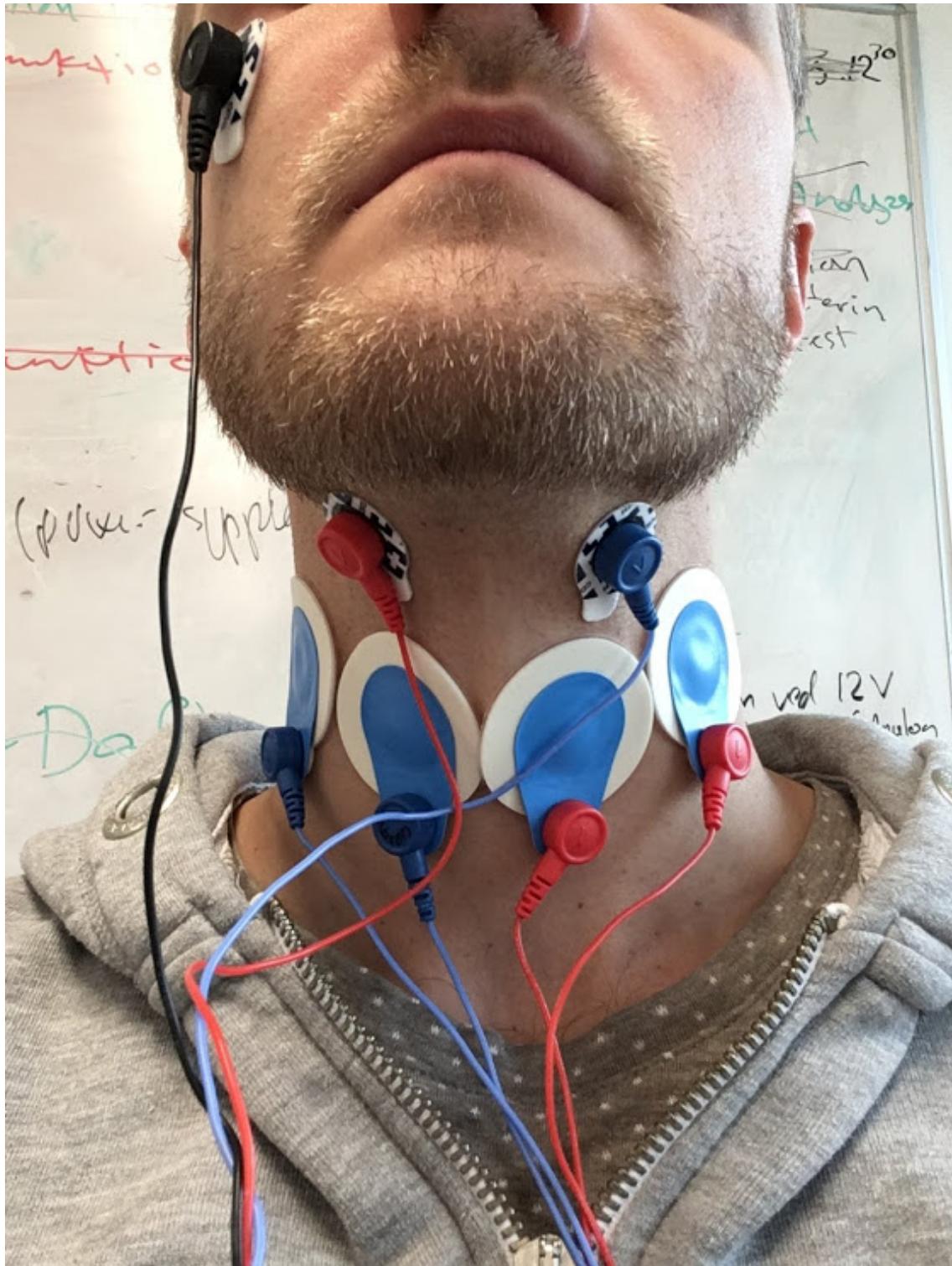
Figur 4.11: Billede af alle komponenter integreret.

#### 4.1. Indledning



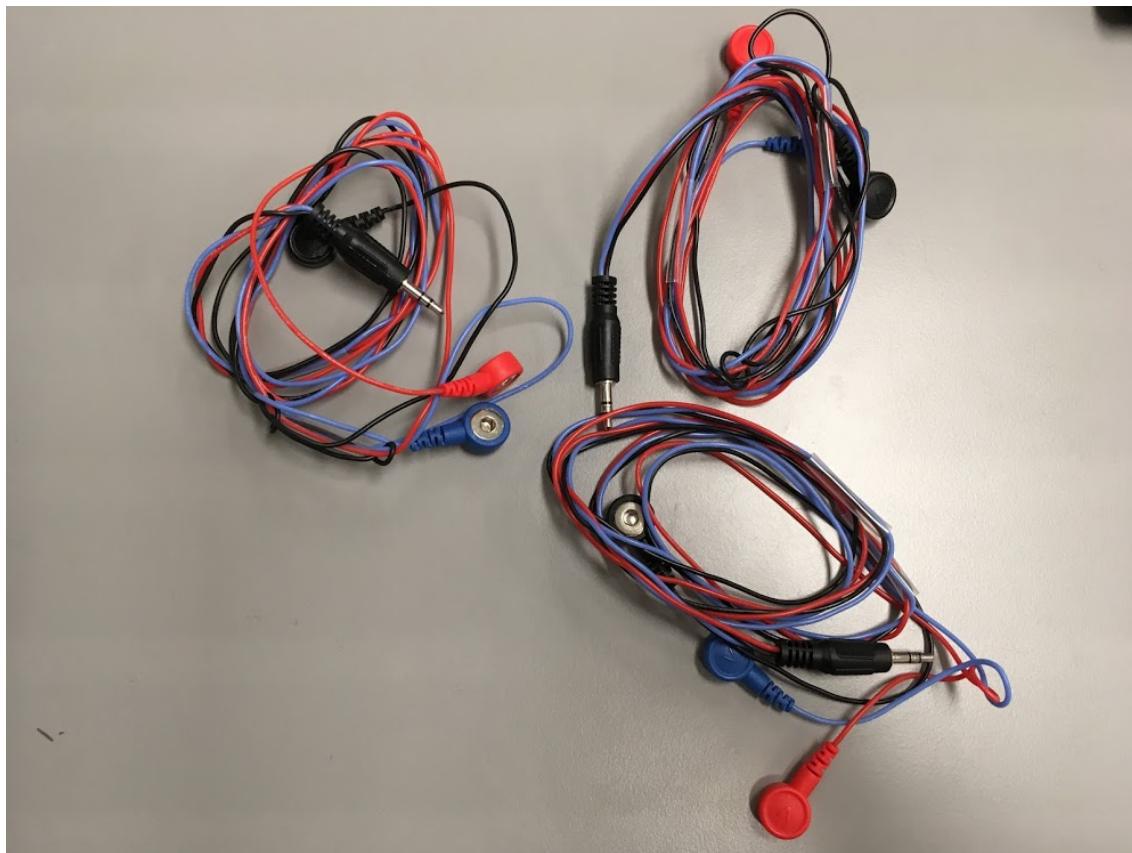
Figur 4.12: Placering af elektroderne uden EMG.

#### 4.1. Indledning



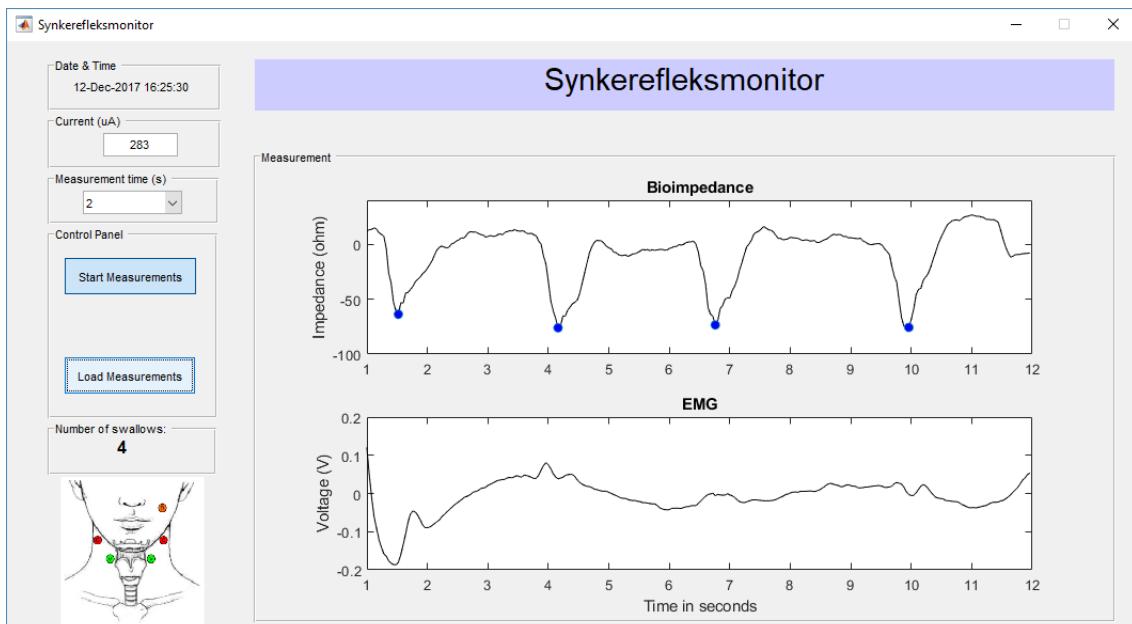
Figur 4.13: Placering af elektroderne med EMG.

#### 4.1. Indledning



Figur 4.14: De brugte elektrodeledninger.

Resultatet af integrationstesten, kan også vises i GUI som viser en BI- og EMG-måling simultant på figur 4.15.



Figur 4.15: Simultant måling af BI og EMG signal.

# Accepttest 5

---

## 5.1 Indledning

Accepttesten skal vise om produktet lever op til de standarder, der er blevet sat op for, at den aktivt kan indgå til klinisk brug. Accepttesten er en opfølgning af kravspecifikation, som har til formål at sikre, at alle kravene er overholdt. Der vil blive testet på hovedscenarier. Det er målsætningen, at disse test sikrer produktets kvalitet, idet produktet vil blive afprøvet før det tages i brug. Derfor er det accepttestens ansvarsfunktion, at godkende de opsatte delmål for produktet, hvad angår både funktionelle, samt ikke-funktionelle krav.

Når der i feltet Godkendt er et flueben, betyder det at testen er godkendt. Hvis der er et flueben i parenteser, betyder det at den er delvis godkendt. Hvis der er et kryds betyder det, at den ikke er godkendt.

## 5.2 Accepttest af Usecases

### 5.2.1 Use Case 1

Det forventes for Use Case 1, at sundhedspersonalet har fået tilsluttet BI-måleren, EMG-måleren og påsat elektroder på måleobjektet.

---

Test af Use Case 1	Start Measurements
Scenarie	Hovedscenarie
Prækondition	Synkerefleksmonitor er monteret korrekt. BI-måleren og EMG-måleren er ledige og operationelle. Elektroderne påsat måleobjektet og GUI-vinduet er åbent

---

Handling	Forventet observasjon/resultat	Faktisk observasjon/resultat	Godkendt
<i>Hovedscenarie</i>			

## 5.2. Accepttest af Usecases

1. Sundhedspersonalet trykker på knappen "Start Measurements"	Systemet foretager en måling, hvorefter målingerne vises simultant i graf.	✓
---	--	---

Tabel 5.2: Accepttest af Use Case 1

### 5.2.2 Use Case 2

Test af Use Case 2	Save Measurements
Scenarie	Hovedscenarie
Prækondition	Use Case 1 er kørt succesfuldt.

Handling	Forventet observasjon/resultat	Faktisk observasjon/resultat	Godkendt
<i>Hovedscenarie</i>			
1. Sundhedspersonalet trykker på knappen "Save Measurements"	Målingerne er gemt i CSV-fil		✓

Tabel 5.4: Accepttest af Use Case 2

### 5.2.3 Use Case 3

Test af Use Case 3	Load Measurements
Scenarie	Hovedscenarie
Prækondition	Use Case 1 og 2 er kørt succesfuldt

Handling	Forventet observasjon/resultat	Faktisk observasjon/resultat	Godkendt
<i>Hovedscenarie</i>			

## 5.2. Accepttest af Usecases

---

1.	Sundhedspersonalet trykker på knappen "Load Measurements "	Systemet henter målinger og viser i graf	✓
----	---	--	---

---

Tabel 5.6: Accepttest af Use Case 3

### 5.3. Accepttest af ikke-funktionelle krav

## 5.3 Accepttest af ikke-funktionelle krav

Krav nr.	Krav	Test	Forventet resultat	Resultat	Godkendt
1.	Sundheds-personalet skal kunne anvende synkerefleks-monitoren efter 10 minutters instruktion.	Introducér synkerefleks-monitoren	Efter 10 minutter kan Sundheds-personalet anvende synkerefleks-monitoren	ej testbart	
2.	Sundheds-personalet skal kunne efter endt introduktion til synkerefleksmonitoren foretage en måling uden stor fejl	Kør Use Case 1	En måling uden fejl	ej testbart	
3.	Sundheds-personalet skal kunne efter en periode, på 3 måneder væk fra synkerefleks-monitoren, foretage en måling uden fejl	Vent 3 måneder og kør Use Case 1	En måling uden fejl	ej testbart	

### 5.3. Accepttest af ikke-funktionelle krav

4.	Sundheds-personalet skal kunne aflæse et synk på graferne fra GUI'en på 2 meters afstand.	Sundheds-personalet skal stå to meter væk fra Pc-skærmen	Synket kan ses fra 2 meters afstand	✓
5.	Det skal maksimalt tage 10 minutter(0.17h) at gendanne Synkerefleks-monitor (MTTR - Mean Time To Restore).	Afmontér synkerefleks-monitoren og gendan synkerefleks-monitoren indenfor 10 minutter	Systemet er funktionelt indenfor 10 minutter	✓
6.	Synkerefleks-monitoren skal have en oppetid uden nedbrud på minimum 1 dag (24 timer) (MTBF - Mean Time Between Failure)	Tilslut Synkerefleks-monitoren og kør Use case 1,2 og 3 hver time i 24 timer	Ingen nedbrud ej testbart efter 1 dag	
7.	Synkerefleks-monitoren skal have en oppetid/køretid på: $Availability = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \cdot 100 = \frac{24}{24+5} \cdot 100 = 82,76\%$		ej testbart	

### 5.3. Accepttest af ikke-funktionelle krav

8.	GUI'ens objekter skal maksimum have en responstid på 30 sekunder	Tryk rundt i GUI og registrer responstid	Responstiden er tilfredsstilende	testbart	✓
9.	Sykkerefleks-monitorenens hardware skal kunne fungere under temperatur mellem 10°C til 40°C	Sykkerefleks-monitorenens hardware placeres i 10°C og 40°C	Sykkerefleks-monitoren fungerer	ej testbart	
10.	Sundhedspersonalet skal kunne udskifte batterierne til hardwaren inden for 2 minutter	Sundhedspersonalet fjerner batterierne og i sætter nye mens der tages tid	Batterierne er skiftet under 2 minutter	testbart	✓
11.	Sundhedspersonalet skal kunne udskifte elektroderne inden for 4 minutter	Sundhedspersonalet fjerner elektroderne og påsætter nye mens der tages tid	Elektroderne er skiftet under 4 minutter	testbart	✓

Tabel 5.7: Accepttest af Ikke-funktionelle krav

# **Litteratur**

---

- [1] Christopher J Chester. Electrical-Impedance Biofeedback Instrument for Swallowing Rehabilitation. 2014.