

## BILAG 7

---

# Implementering & Test

---

19. december 2017

# Indholdsfortegnelse

---

<b>Kapitel 1</b>	<b>Indledning</b>	<b>2</b>
<b>Kapitel 2</b>	<b>Implementering</b>	<b>3</b>
2.1	Hardware . . . . .	3
2.1.1	Instrumentationsforstærker 1 . . . . .	3
2.1.2	Strømgenerator . . . . .	3
2.1.3	Instrumentationsforstærker 2 . . . . .	4
2.1.4	OP-AMP . . . . .	5
2.1.5	Spektrumanalyse . . . . .	5
2.1.6	AA filter . . . . .	6
2.2	Software . . . . .	6
2.2.1	Generate_SineWave . . . . .	7
<b>Kapitel 3</b>	<b>Modultest</b>	<b>8</b>
3.1	Hardware . . . . .	8
3.1.1	Instrumentationsforstærker 1 . . . . .	8
3.1.2	Strømgenerator . . . . .	9
3.1.3	Instrumentationsforstærker 2 . . . . .	10
3.1.4	OP-AMP . . . . .	11
3.1.5	Spektrumanalyse . . . . .	11
3.1.6	AA filter . . . . .	12
3.2	Software . . . . .	12
<b>Kapitel 4</b>	<b>Integrationstest</b>	<b>13</b>
<b>Kapitel 5</b>	<b>Accepttest</b>	<b>14</b>
<b>Litteratur</b>		<b>15</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.

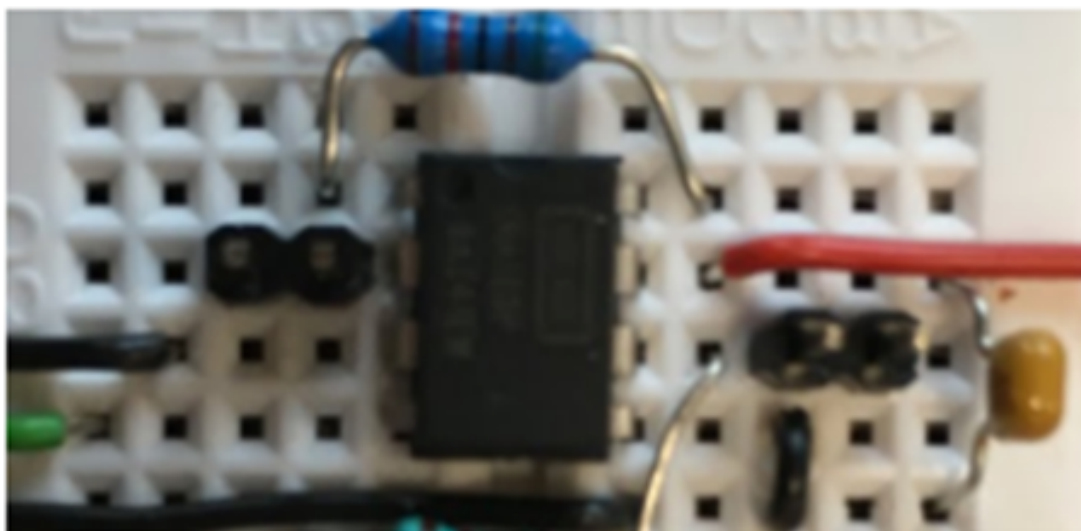
# Implementering 2

---

## 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.

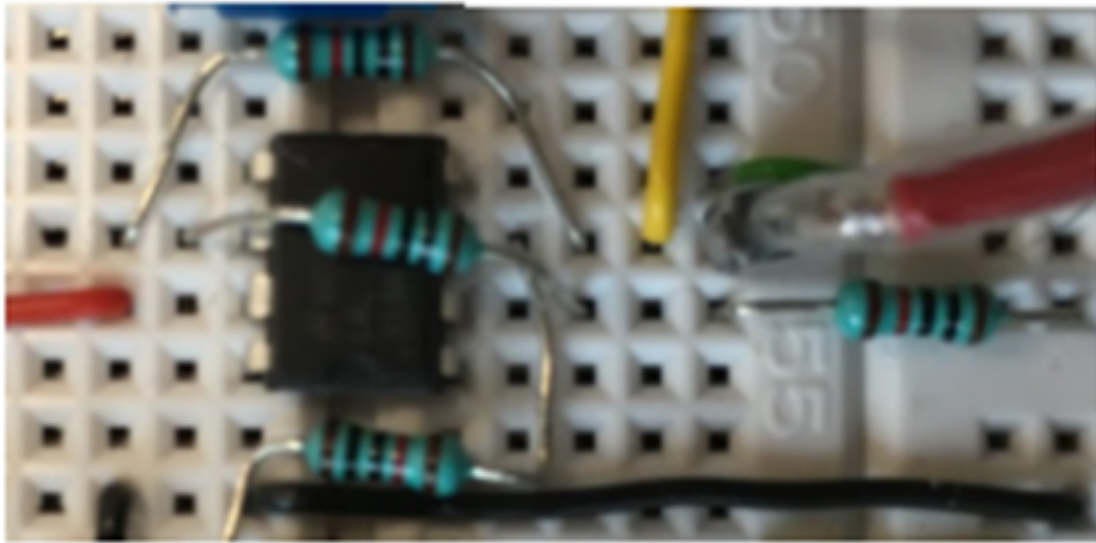


*Figur 2.1: Figuren viser, hvordan INA128 er implementeret på et fumlebræt*

### 2.1.2 Strømgenerator

Strømgeneratoren funktion er at levere 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.

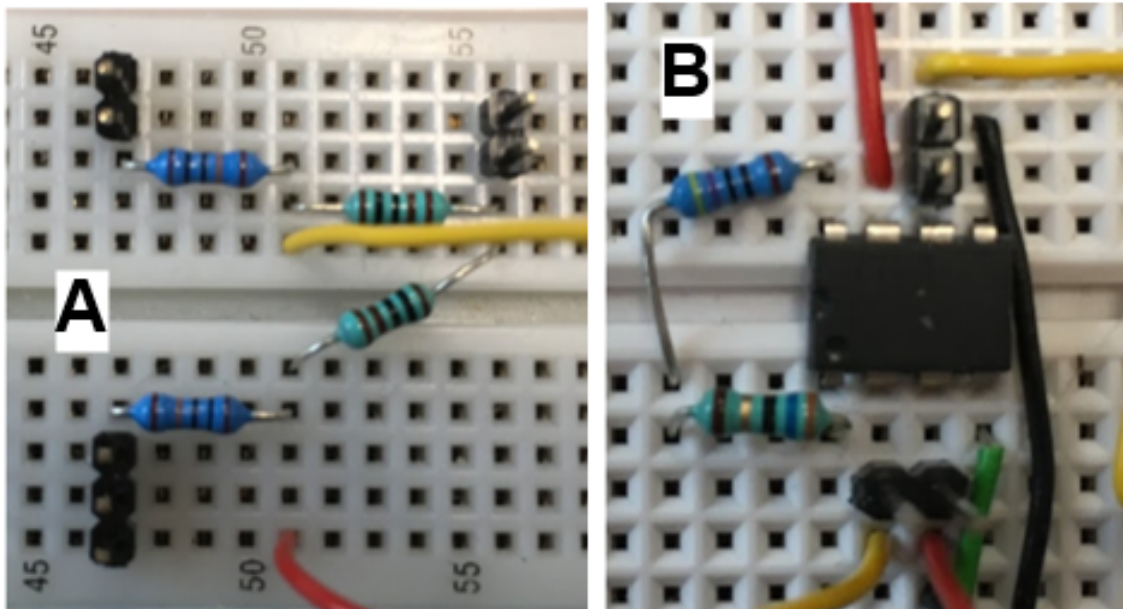
## 2.1. Hardware



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 bilaget "Design"

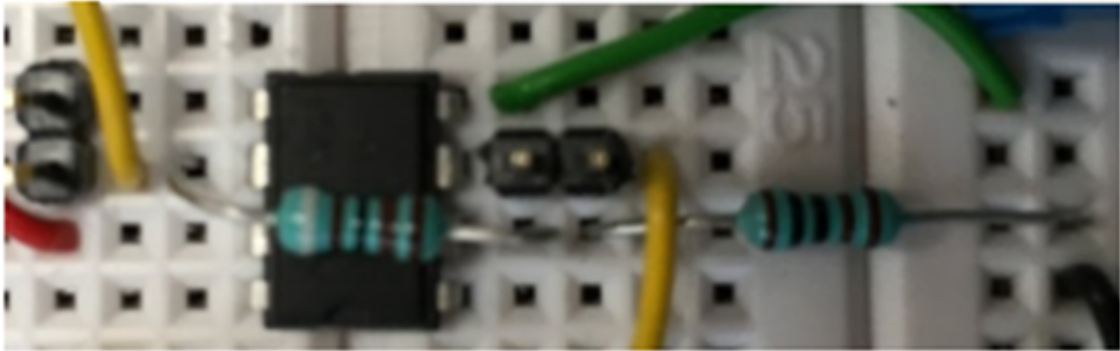


Figur 2.3: Figuren viser, hvordan LM318 er implementeret på et fumlebræt

## 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.

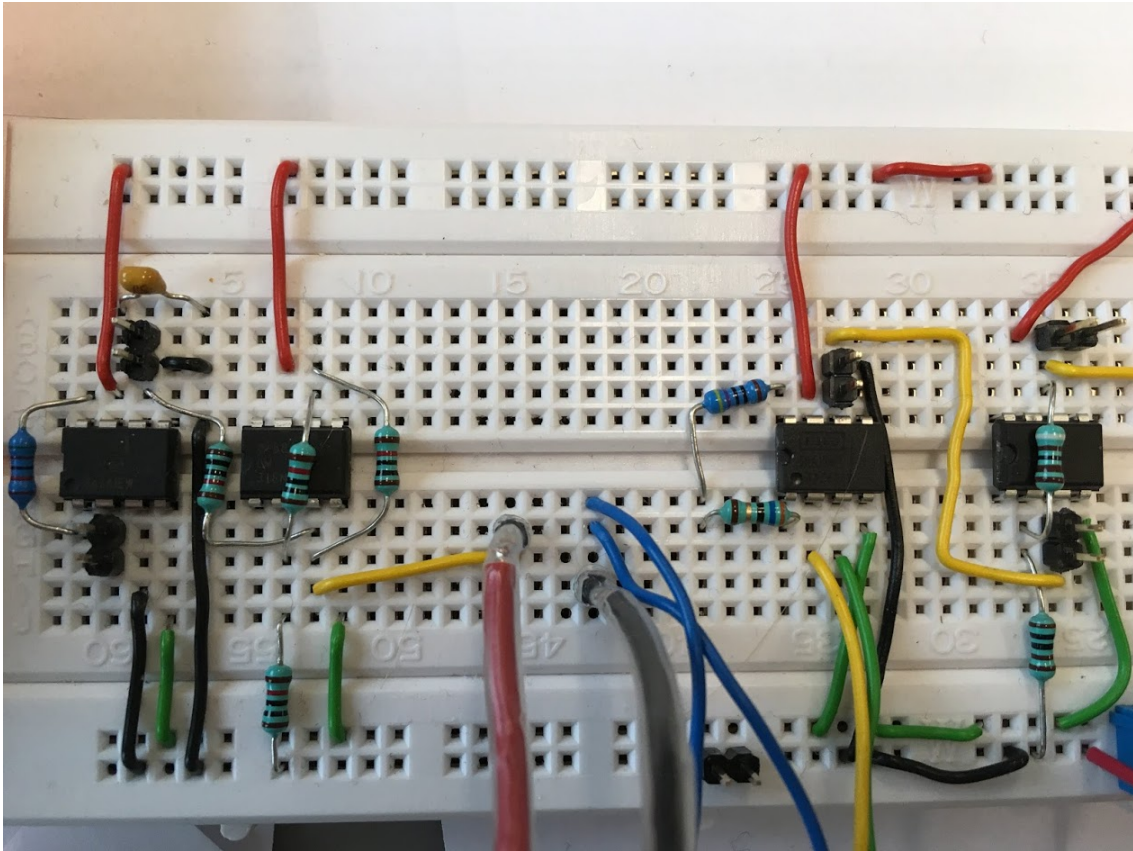


*Figur 2.4: Figuren viser, hvordan LM318 er implementeret på et fumlebræt*

### 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.

## 2.2. Software



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

### 2.1.6 AA filter

## 2.2 Software

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

- Matlab understøtter styring af Analog Discovery
- Matlab forærer 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, dataopsamlingsenhed og brugergrænsefladen fra ét udviklingsværktøj.

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 `Generate_SineWave`

Dette script håndterer generering af 2V AC signal ud af Analog Discovery.



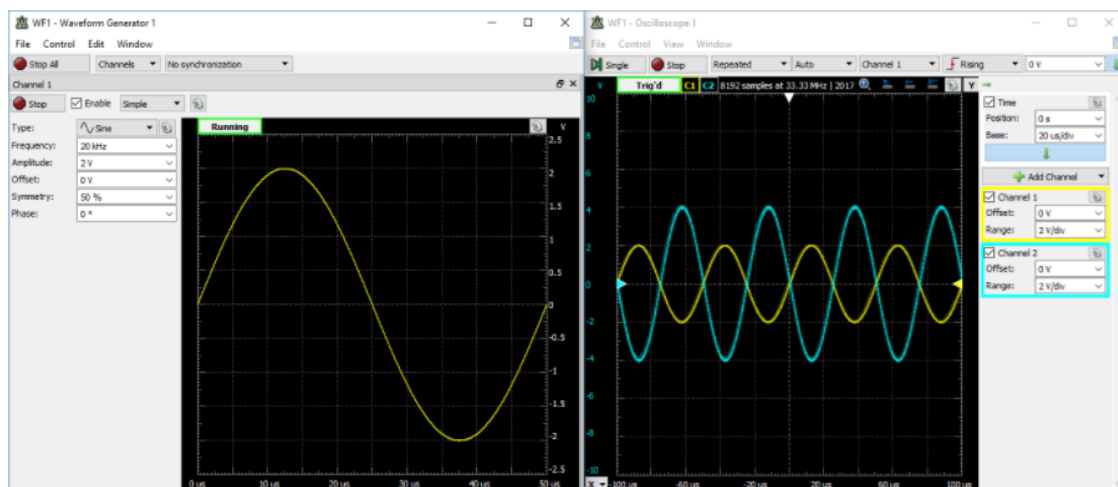
# Modultest 3

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

Denne modul er testet ved at sende 2V fra Analog Discovery (den gule kurve) igennem INA128. Det ses på 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.

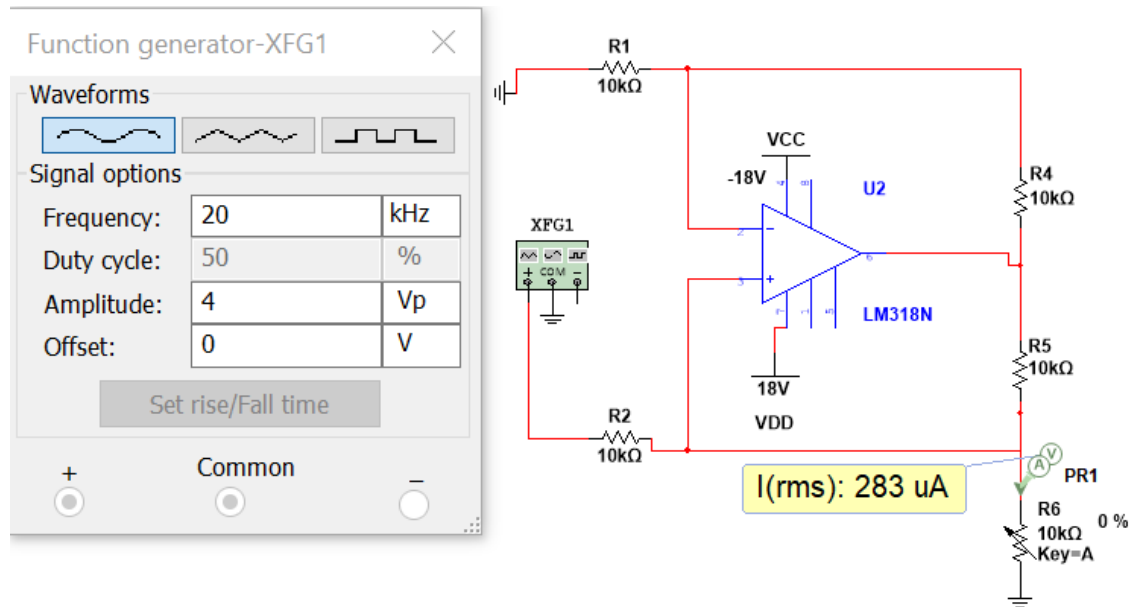


Figur 3.1: Figuren viser resultatet af INA128, som forstærker 2V til 4V

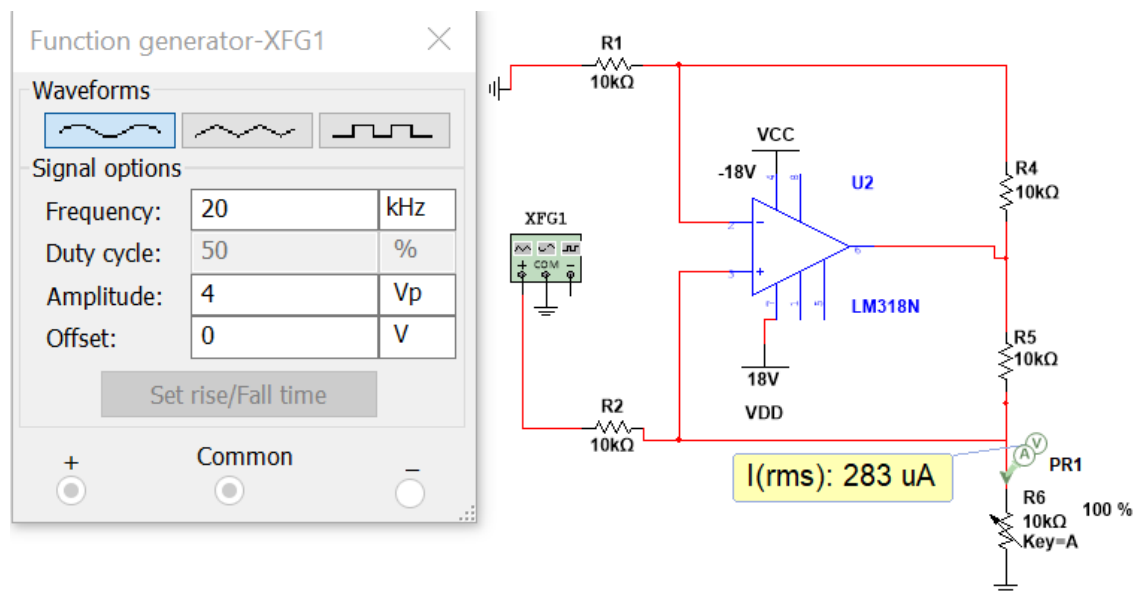
### 3.1. Hardware

#### 3.1.2 Strømgenerator

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



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

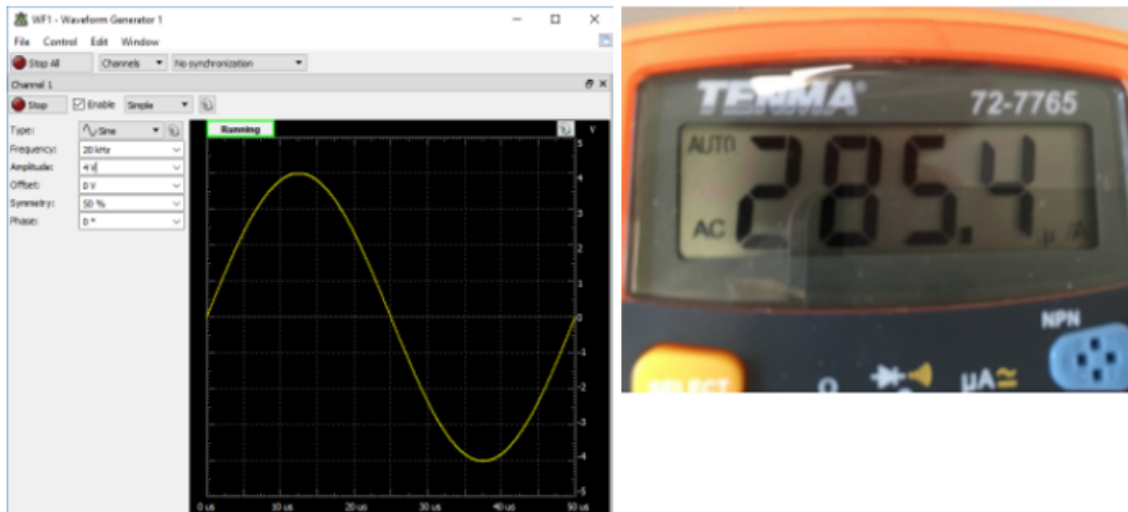


Figur 3.3: Figuren viser det simuleret resultat for strømgeneratoren med load på  $10k\Omega$

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

### 3.1. Hardware

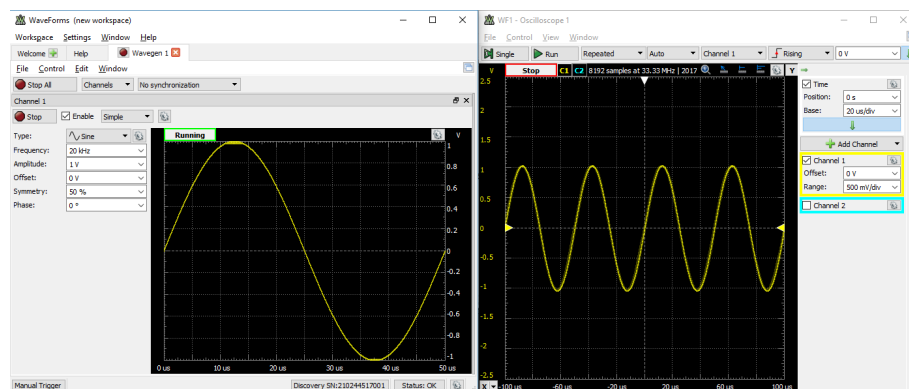
Tilsvarende sendes der 4V ind i strømgeneratoren, når der skal foretages den praktiske test. De 4V genereres fra Analog Discovery. Den producerede strøm måles vha. en amperemeter på udgangen af den anvendte operationsforstærker, LM318. Det ses på figur 3.4 at udgangsstrømmen, som genereres af strømgeneratoren er målt til 285uA. 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. Derfor er det besluttet at arbejde videre med det målte strøm.



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

#### 3.1.3 Instrumentationsforstærker 2

Til test af instrumentationsforstærker 2 er der benyttet en spændingsdeler, som får 1V fra en funktionsgeneratoren, Analog Discovery. Spændingsdelens funktion er at reducere 1V til 10mV, som efterfølgende forstærkes af instrumentationsforstærker 2 100 gange. Som figur 3.5 viser, kan man med instrumentationsforstærkeren INA128 opnå en forstærkning på 100. Dette resultat stemmer overens med det teoretiske resultat, som er beregnet i designfasen.

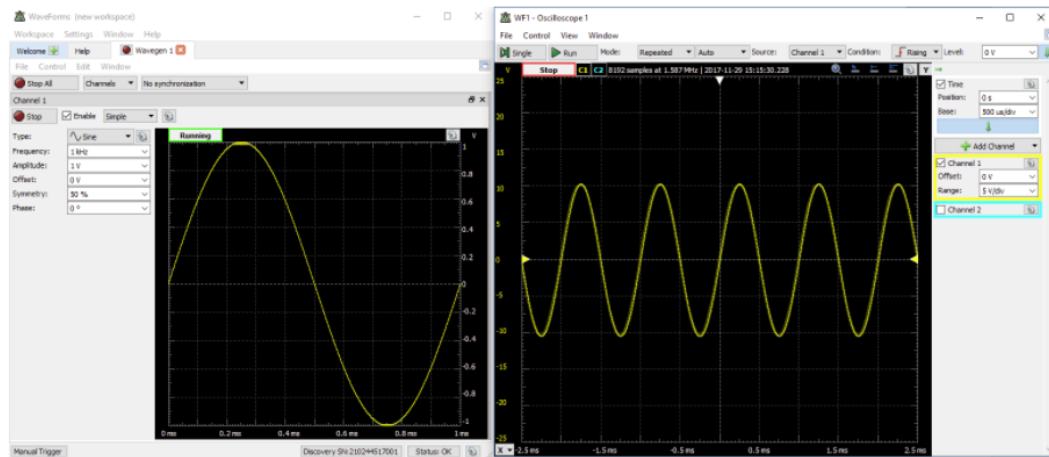


Figur 3.5: Figuren viser det praktiske udgangsspænding for INA128. Denne INA128 yder en forstærkning på 100 gange

### 3.1. Hardware

#### 3.1.4 OP-AMP

Denne operationsforstærkers opgave er at forstærke 1V til 10, dvs. en forstærkning på 10. Der sendes 1V fra funktionsgeneratoren, Analog Discovery, som derefter bliver forstærket til 10V. Figur 3.6 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.

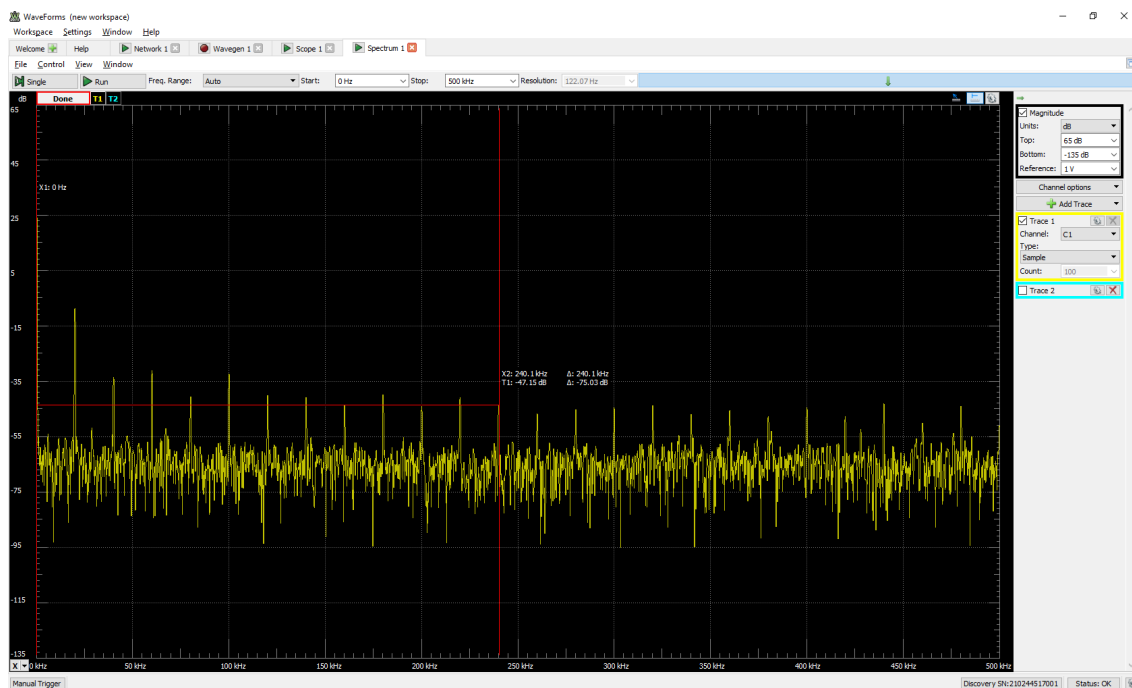


Figur 3.6: Figuren viser det praktiske udgangsspænding som er målt ved udgangen af operationsforstærkeren

#### 3.1.5 Spektrumanalyse

Ved at sammensætte alle komponenter inkl. elektroder, kan spektrumanalysen blive optaget vha. Analog Discovery. Som det kan aflæses i figur 3.7, er der en dæmpning fra det samlede kredsløb på -75dB. Dette aflæses fra den højeste peak i passbåndet til ca. 250 kHz som er den halve samplingfrekvens. Da Analog arbejder med 14bit (skal dæmpe ned til -90dB) kræver det en yderligere dæmpning på ca. 15 dB. Dette kunne realiseres med et 1. ordens filter, vælges at benytte et 2. ordens filter, for at undgå de variationer der måtte være i det målte signal.

### 3.2. Software



Figur 3.7: Det implementeret frekvensspektrum, som viser at der er en samlet dæmpning på ca. 75dB som skal yderligere dæmpes til 90dB med et lavpasfilter.

### 3.1.6 AA filter

## 3.2 Software

## TEST SD'ets funktioner

# Integrationstest 4

---

# Accepttest 5

---

[1]

# Litteratur

---

- [1] 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.