

# Forord

---

Denne rapport indeholder dokumentation for projektet *Design af akustiske volumenmålinger af bryster*. Rapporten indeholder kravspecifikation, accepttest, dokumentation af projektets design og implementeringsfase.

Kravspecifikationen er udarbejdet i samarbejde med Pavia Lumholt, speciallæge i plastikkirurgi på OPA Privathospital, Aarhus.

## Læsevejledning

Til hvert kapitel i denne rapport findes en tilhørende indledning med formål samt læsevejledning.

I bilagslisten €€€.....

# Indholdsfortegnelse

---

<b>Kapitel 1</b>	<b>Kravspecifikation</b>	<b>1</b>
1.1	Indledning . . . . .	1
1.1.1	Formål . . . . .	1
1.1.2	Læsevejledning . . . . .	1
1.1.3	Versionshistorik . . . . .	1
1.2	Systembeskrivelse . . . . .	1
1.2.1	Aktørbeskrivelse . . . . .	2
1.3	Funktionelle krav . . . . .	2
1.3.1	Use Case diagram . . . . .	3
1.3.2	Use Case #1 - Ufør brystvolumenmåling . . . . .	4
1.4	Ikke-funktionelle krav . . . . .	5
1.4.1	Kalibrering . . . . .	5
1.5	Projektafgrænsning . . . . .	6
1.6	Samarbejdspartnere . . . . .	8
<b>Kapitel 2</b>	<b>Testdokumentation</b>	<b>9</b>
2.1	Indledning . . . . .	9
2.1.1	Formål . . . . .	9
2.1.2	Læsevejledning . . . . .	9
2.1.3	Versionshistorik . . . . .	9
2.2	FAT-protokol . . . . .	9
2.2.1	Formål . . . . .	9
2.2.2	Referencer . . . . .	9
2.2.3	Forkortelser . . . . .	9
2.2.4	Ansvar . . . . .	10
2.2.5	Udstyrsbeskrivelse . . . . .	10
2.2.6	Acceptkriterier . . . . .	10
2.2.7	Metode . . . . .	11
2.2.8	Oversigt over testdokumenter . . . . .	12
2.2.9	Forudsætning for udførelse af FAT . . . . .	12

2.3	FAT-testdokument . . . . .	12
<b>Kapitel 3</b>	<b>Implementering</b>	<b>13</b>
3.1	Indledning . . . . .	13
3.1.1	Formål . . . . .	13
3.1.2	Læsevejledning . . . . .	13
3.1.3	Versionshistorik . . . . .	13
3.2	Enhedstest . . . . .	13
3.2.1	Højttaler ABS-224-RC . . . . .	13
3.2.2	Minijack PC Mikrofon . . . . .	15
3.2.3	Tores højttaler . . . . .	17
3.2.4	Ny enhedstest af Minijack PC Mikrofon d. 25.10.16 . . . . .	19
3.2.5	Enhedstest af indbygget mikrofon i Logitech HD WEBCAM C270 . . . . .	20
3.2.6	Elektret mikrofon BOB 12758 . . . . .	22
3.2.7	Electret Microphone Amplifier - MAX4466 . . . . .	25
3.2.8	Multimedia USB Speaker HP-1800 . . . . .	27
3.3	Integrationstest . . . . .	29
3.3.1	Bordtest nr. 1 . . . . .	29
3.3.2	Bordtest nr. 2 . . . . .	31
3.3.3	Bordtest nr. 3 . . . . .	32
3.3.4	Bordtest nr. 4 . . . . .	34
3.3.5	Bordtest nr. 5 . . . . .	39
<b>Kapitel 4</b>	<b>Find en plads til det her</b>	<b>42</b>
	<b>Litteratur</b>	<b>43</b>

# Kravspecifikation

# 1

## 1.1 Indledning

Dette kapitel indeholder kravspecifikationen for den akustiske volumenmåler til bryster. Kravspecifikation er udarbejdet i samarbejde med projektets kunde, Pavia Lumholt, speciallæge i plastikkirurgi.

### 1.1.1 Formål

Kravspecifikation definerer de funktionelle og ikke-funktionelle krav, og fungerer som en bindende kontrakt mellem producent og kunde.

### 1.1.2 Læsevejledning

Dokumentet indeholder en systembeskrivelse for den akustiske brystvolumenmåler (omtales herefter BVM). Systembeskrivelsen er en kort beskrivelse af BVM samt en illustration af måleren. De definerede krav er opdelt i funktionelle og ikke-funktionelle krav, og er beskrevet i de navnebeslægtede afsnit. Dokumentet indeholder ydermere en projektafgrænsning i form af MoSCoW-modellen samt et afsnit omhandlende projektets samarbejdspartnere.

### 1.1.3 Versionshistorik

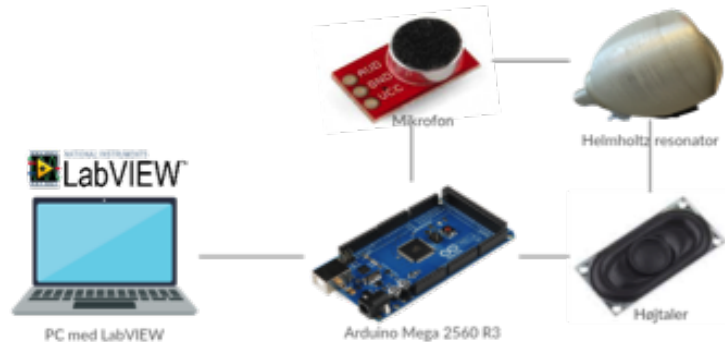
#	Dato	Initialer	Beskrivelse
0.1	03.10.16	JH & JR	Sendt til review

## 1.2 Systembeskrivelse

### Brystvolumenmålerens opbygning

Den akustiske brystvolumenmåler består af en Helmholtz resonator, hvor der er påmonteret en højttaler og en mikrofon. Højttaleren og mikrofonen er koblet til en

Arduino Mega 2560 R3. Arduino'en er koblet til en PC, hvor der skrives til Arduino i LabVIEW.



Figur 1.1: Beskrivelse af systemets komponenter €€€€

### Brystvolumenmåleren funktionalitet

Når en måling intialiseres med BVM'en afsendes en lyd i resonatoren via højttaleren. Mikrofonen på resonatoren opsamler den reflekterede lyd, og ud fra den reflekterede lyd, udregner en algoritme størrelsen på brystvolumen.

#### 1.2.1 Aktørbeskrivelse

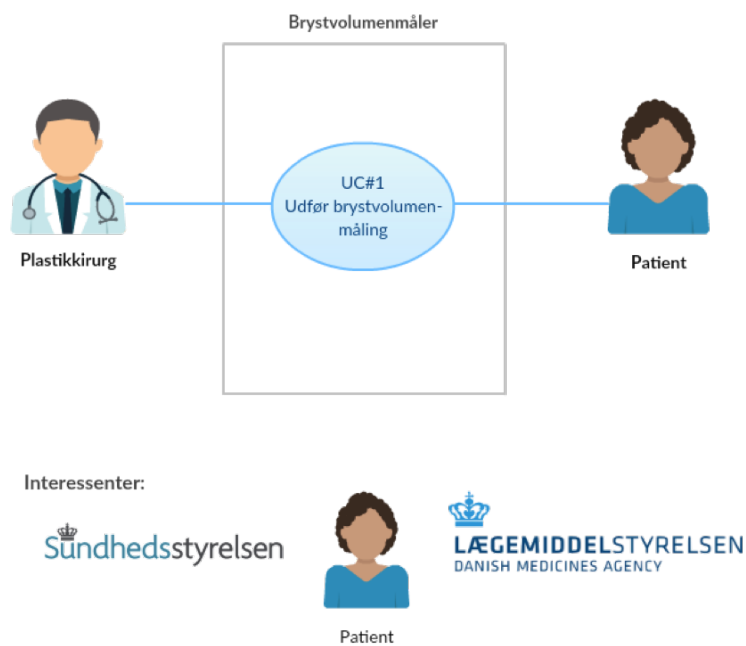
Systemets primære aktør er en plastikkirurg, som bruger BMV'en når han ønsker et objektivt mål på et bryst. Det er udelukkende plastikkirurgen, der betjener BMV'en under en måling. Som sekundær aktør giver patient et input, sit bryst, til systemet.

### 1.3 Funktionelle krav

Dette afsnit beskriver de funktionelle krav, som er udarbejdet i samarbejde med Pavia Lumholt. Disse krav er præsenteret i et Use Case diagram samt i en Fully Dressed Use Case beskrivelse.

### 1.3.1 Use Case diagram

I Use Case diagrammet, 1.2, vises en Use Case for brugen af den akustiske brystvolumenmåler. På venstre side af Use Casen ses systemets primære aktør, og på højre side ses systemets sekundære aktør. Endvidere, vises systemets interessenter, nederst i diagrammet.



Figur 1.2: Use Case #1 diagram, hvor blablabla €€€

## 1.3.2 Use Case #1 - Ufør brystvolumenmåling

Use Case #1: Udfør brystvolumenmåling	
Use Case ID	UC #1
Primær aktør	Plastikkirurg (PK)
Sekundær aktør	Patient
<b>Interessenter</b> 1. Patient: <i>ønsker et objektivt mål, som bevis på overensstemmelse med købsaftale</i> 2. Sundhedsstyrelsen: <i>ønsker et objektivt mål til vurdering af berettigelse til brystformindskende operation</i> 3. Lægemiddelstyrelsen: <i>ønsker, at BVM er i overensstemmelse med EU-lovgivning for medicinsk udstyr</i>	
Startbetingelse	Slutbetingelse
BVM skal være tændt	BVM skal vise et mål for brystvolumen
<b>Normalforløb</b> 1. PK har behov for at kende patientens brystvolumen 2. PK kalibrerer BVM i den tilhørende dockingstation 3. PK placerer BVM på patients blottede bryst 4. PK kontrollerer, at patientens bryst er tætomslettet af BVM 5. PK kontrollerer, at BVM er placeret med et ensartet tryk på patientens bryst 6. PK foretager en måling af brystvolumen ved at trykke på den dertilhørende knap 7. BVM præsenterer målingen på et display, som PK aflæser 8. BVM slukkes og rengøres	
<b>Alternativt flow</b> 1. Manglende kalibrering (a) PK anbringer BVM i dockingstation (b) PK starter kalibrering ved at trykke på den dertilhørende knap (c) BVM melder klar til brug 2. Fejlhåndtering (a) PK slukker BVM (b) PK anbringer BVM i dockingstationen (c) PK tænder BVM (d) PK kalibrerer BVM	
<b>Åbne problemstillinger</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hvordan ved PK, at BVM mangler at blive kalibreret?</li> <li>Hvordan ved PK, at BVM melder fejl?</li> <li>Hvordan ved PK, at han påfører et ensartet tryk?</li> <li>Hvordan ved PK, at patientens bryst er tætomslettet af BVM?</li> </ul>	

## 1.4 Ikke-funktionelle krav

### Tid

Efter kalibrering må målingen maksimalt tage 10 sek. Dette er et kundekrav fra Pavia Lumholt. BMV'en skal melde om kalibreringsbehov hver 10. minut

### Enheder

Målingen skal angives til PK i milliliter(ml.)Plastikkirurger bruger milliliter enheder når de angiver bryststørrelse.

### UI

UI skal være en touch-screen, da denne form for skærm er rengøringsvenlig. Tekst skal være synligt på en halv meters afstand, da det skal være muligt at aflæse teksten når man står med BVM'en i nogelunde strakt arm. Sproget skal være engelsk, da der ønskes et sprog som kan læses af formentlig alle plastikkirurger. UI skal fejlmelde når der opstår uventet fejl

### Lovgivning for medicinsk udstyr

BMV'en skal overholde lovgivningen for et medicinsk device. BMV'en skal som et klasse I udstyr og et målingsudstyr opfylde bilag VII og være i overensstemmelse med processerne i bilag VI,V eller VI gældende for metrologisk udstyr.

#### 1.4.1 Kalibrering

BMV'en skal kunne kalibreres efter temperatur og luftfugtighed, da disse kan have en indflydelse på målingens output.

### Nøjagtighed, præcision og linearitet

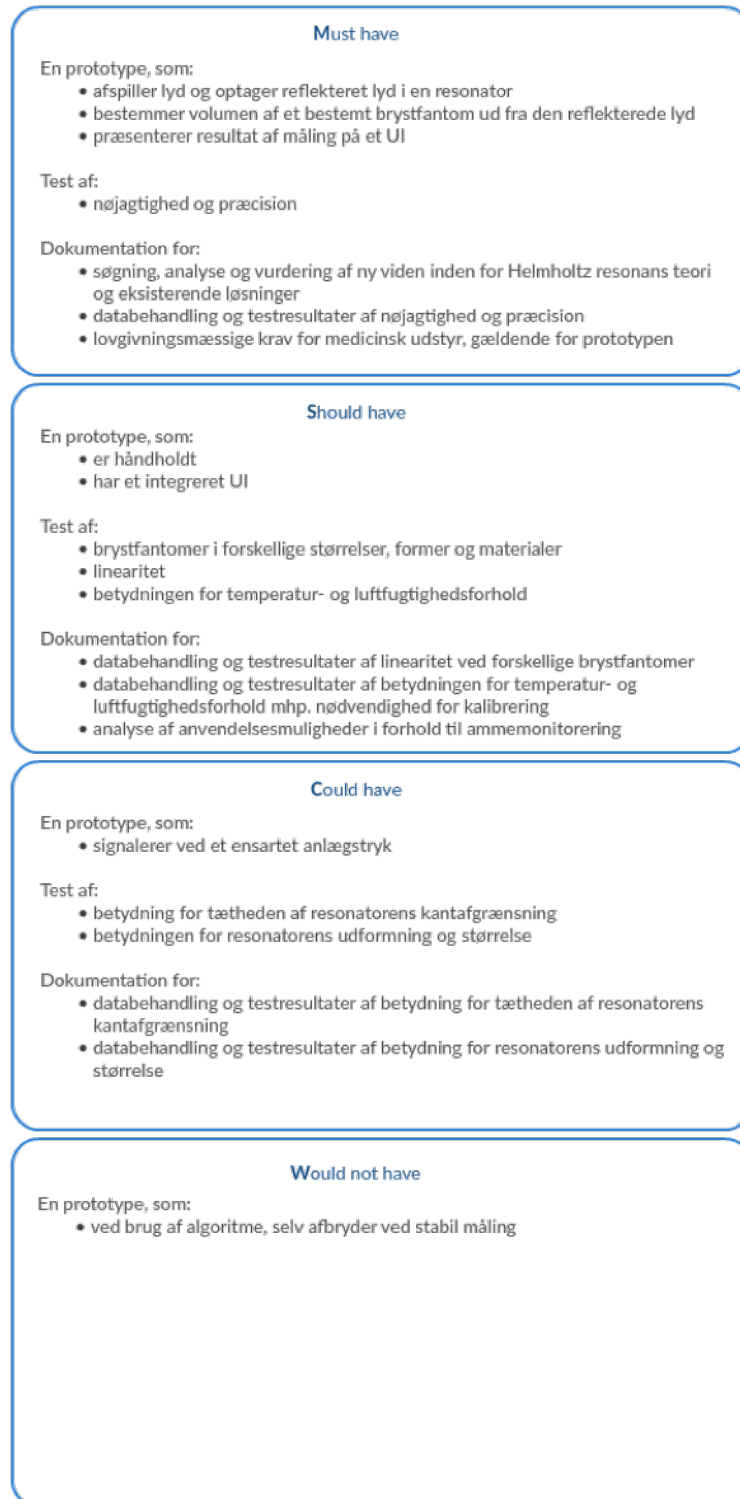
BMV'en skal måle nøjagtige og præcise, for at målingerne er valide og kan bruge i praksis. Der skal kunne vises en linearitet ved målinger, så målingerne kan bruge i hele bryststørrelsesspektret.



## 1.5 Projektafgrænsning

MoSCoW-modellen er en prioriteringsmetode, som anvendes til afgrænsning af projektet. Modellen beskriver, hvilke dele og krav i projektet, som skal opfyldes (**M**ust), bør opfyldes (**S**hould), kan opfyldes (**C**ould) og ikke vil opfyldes (**W**ould not have). Således gives en struktureret oversigt over, hvilke krav, der er vigtigst at få opfyldt inden for den givne tidsramme, og endvidere, hvilke krav, som efterfølgende med fordel kan implementeres, hvis tidsramme tillader det. Figur 1.3 viser, hvordan de enkelte dele og krav i projektet prioriteres i henhold til MoSCoW-metoden.

## MoSCoW-model



Figur 1.3: MoSCoW-model, hvor blablabla €€€

## 1.6 Samarbejdspartnere

Kravspecifikationen er udarbejdet gennem et samarbejde med flere parter. Først og fremmest er projektets kravspecifikation til den endelige prototype specificeret i et samarbejde med projektets kunde, speciallæge i plastikkirurgi, Pavia Lumholt. Derudover er projektet tilknyttet en vejleder, lektor Samuel Alberg Thrysøe, med speciale i signalbehandling, som vejleder ved eventuelle problemstillinger. Endvidere indgår eksterne konsulenter, som reviewer's på indholdet af kravspecifikationen.

# Testdokumentation 2

---

## 2.1 Indledning

Dette kapitel indeholder dokumentation for de udførte tests på den akustiske brystvolumenmåler.

### 2.1.1 Formål

### 2.1.2 Læsevejledning

### 2.1.3 Versionshistorik

## 2.2 FAT-protokol

Denne Final Acceptance Test protokol (FAT-protokol) beskriver alle de forhold og forudsætninger, som skal være opfyldt for at kunne udføre FAT af den akustiske brystvolumenmåler.

### 2.2.1 Formål

Formålet med denne protokol er at specificere FAT-aktiviteterne gældende for brystvolumenmåleren.

### 2.2.2 Referencer

€€ Eksempelvis UC#1

### 2.2.3 Forkortelser

FAT - Final Acceptance Test

### 2.2.4 Ansvar

*Ved underskrift på protokollen bekræfter:*

Kunde - Projektansvarlig

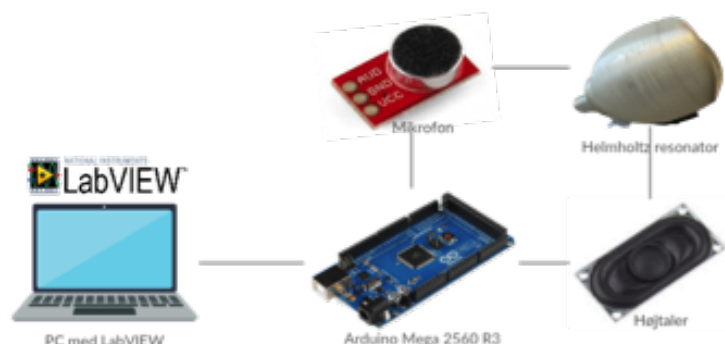
- *at indholdet er komplet og entydigt*
- *at det tekniske indhold og metoder er i orden og dækkende for de planlagte tests*
- *at den projektansvarlige er enig i omfang, metode og acceptkriterier*

Udviklere - Projektansvarlige

- *at det tekniske indhold og metoder er i orden og dækkende for de planlagte tests*

### 2.2.5 Udstyrsbeskrivelse

Den akustiske brystvolumenmåler består af en Helmholtz resonator, hvor der er påmonteret en højttaler og en mikrofon. Højttaleren og mikrofonen er koblet til en Arduino Mega 2560 R3. Arduino'en er koblet til en PC, hvor der skrives til Arduino i LabVIEW. Brystvolumenmåleren benyttes af en plastikkirurg, som bruger BMV'en når han ønsker et objektivt volumenmål på et bryst. Når en måling initialiseres med BVM'en afsendes en lyd i resonatoren via højttaleren. Mikrofonen på resonatoren opsamler den reflekterede lyd, og ud fra den reflekterede lyd, udregner en algoritme størrelsen på brystvolumen.



Figur 2.1: Beskrivelse af systemets komponenter €€€€

### 2.2.6 Acceptkriterier

*Acceptkriterierne er afledt af de forhold, der er specificeret i Kravspecifikationen, kapitel 1. Acceptkriterierne er specificeret i de enkelte testskemaer.*

### 2.2.7 Metode

Dette afsnit specificerer de retningslinjer, hvorefter FAT'en skal afvikles.

#### Dokumentsammenhæng

illustreres €€ Indsæt oversigt, med inspiration fra s. 204

#### Generelle krav

Afviklingen af FAT skal overholde følgende nøglekrav:

- *Protokollen skal være godkendt, før aktiviteter udføres*
- *Afvielser skal registreres og rettelser udføres*
- *Dataindsamling og registreringer skal udføres i overensstemmelse med »god testpraksis«*
- *Data skal granskes for rigtighed og fuldstændighed*
- *En FAT-rapport skal udarbejdes og godkendes som bevis på den gennemførte FAT*

#### Acceptkriterier

Dette afsnit beskriver, hvordan testskemaerne specifikt skal udfyldes.

- *Alle krav skal opfylde de specificerede acceptkriterier i hvert enkelte testskema.*
- *De aktuelle observationer skal svare til de forventede observationer*
- *I »Godkendt«-kolonnen skrives »Ja«, hvis acceptkriteriet er overholdt.*
- *I »Godkendt«-kolonnen skrives »Nej« samt afvigelsesnummer, hvis acceptkriteriet ikke er overholdt.*

subsubsectionAfvigelseshåndtering Afvielser registreres under udførslen af FAT dokumenteres ved udarbejdelse af afvigelsesbilag, hvor følgende punkter opfyldes:

- Afvigelse og årsag til afvigelsen beskrives*
- Aktion for opfyldelse af acceptkriterier angives*
- Resultat af gennemført aktion dokumenteres*

#### Afslutning af FAT-aktiviteter

Ved afslutningen af FAT'aktiviteterne, skrives en FAT-rapport der lukker FAT-aktiviteterne, og fungerer som bevis for, at den gennemførte test af brystvolumenmåleren er afsluttet med et tilfredsstillende resultat.

FAT-rapporten omhandler følgende punkter:

- *Konklusion på den gennemførte FAT*
- *Kopi af godkendt protokol*
- *Afvigelsesblad med korrektive aktioner*
- *Udfyldte testskemaer*

### **2.2.8 Oversigt over testdokumenter**

€€ Her angives de specifikke testdokumenter i en tabel. Obs, på eventuelle referencer til kravspec.

### **2.2.9 Forudsætning for udførelse af FAT**

€€ Hvad forudsætter afgørelsen for igangsættelse af FAT / når det og det er opfyldt, startes FAT

## **2.3 FAT-testdokument**

# Implementering 3

---

## 3.1 Indledning

Dette kapitel indeholder enhedstest, integrationstest samt €€€€€€€€€€accept-test. Alle udførte tests er reproducerbare, hvilket afspejles i den høje detaljegrad som testene er beskrevet i. For at kunne reproducere beskrevne tests, forventes et kendskab til Labview, herunder LINX [LabVIEW MakerHub].

### 3.1.1 Formål

### 3.1.2 Læsevejledning

### 3.1.3 Versionshistorik

## 3.2 Enhedstest

Dette afsnit beskriver de indledende funktionstests, hvor hver enkelte selvstændige funktion i systemet afprøves.

### 3.2.1 Højttaler ABS-224-RC

#### Testformål

Det afprøves, om højttaleren kan generere en lyd.

#### Produktspecifikationer

*Hardware:*

Højttaler: ABS-224-RC

Højttalerkabel: Rød/Sort

2 stk. Male Single Row Pin Header Strip 2.54 mm.

Arduino Mega 2560 R3

PC



USB kabel Hi-speed 2.0 shield 28AWG/2C+24AWG/2C Han USB A - Han USB B

*Software:*

NI LabVIEW 2014

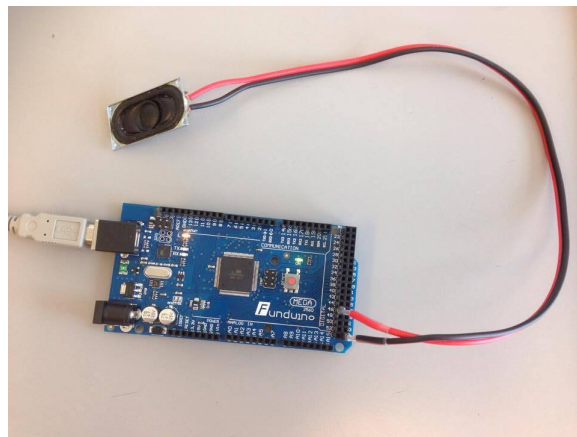
NI VISA 15.0.1

VI Package Manager

ARDUINO 1.6.12

### Opstilling og opsætning

Højtaleren er loddet til højtalerkablets ene ende, og pin headerne er loddet til kablets anden ende. Pin headerne er isat Arduino'en i pin 46 (PL3(OC5A)), som et er digitalt PWM output, og til ground (GND). Arduino'en er med et USB kabel koblet til PC'en. Testopstillingen er vist i figur 3.1.

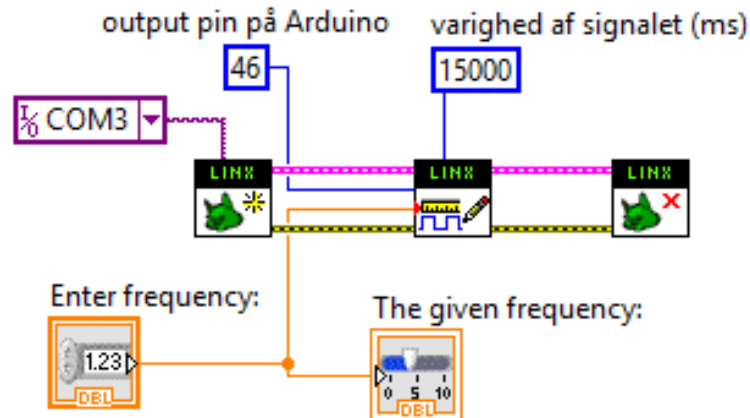


Figur 3.1: Testopstilling for enhedstest af Højttaler ABS-224-RC.

På PC'en er VI'et `genererfrekvenssignal0.2.vi` åbnet i LabVIEW. Blokdiagrammet for VI'et er vist i figur 3.2.

### Udførsel

1. I *Enter Frequency* på frontpanelet i `genererfrekvenssignal0.2.vi`, indtastes 500.
2. Der trykkes på *Run*.
3. Der lyttes efter lydsignal fra højtaleren.



Figur 3.2: I blokdiagrammet `genererfrekvenssignal0.2.vi` er der anvendt følgende LINX-VI'er; Initialize, Digital Write Square Wave samt Close.

### Resultater

Lydsignal blev generet og afspillet.

### Diskussion

-

### Konklusion

Højttaleren opfylder testen idet der generes en lyd. Samtidig konkluderes, at øvrigt anvendt HW og SW i denne test virker tilfredsstillende, og der vil derfor ikke blive lavet yderligere enhedstests på disse komponenter.

### Aktion

-

## 3.2.2 Minijack PC Mikrofon

### Testformål

Det afprøves, om mikrofonen kan optage en hørbar lyd.

### Produktspecifikationer

*Hardware:*

Minijack PC Mikrofon

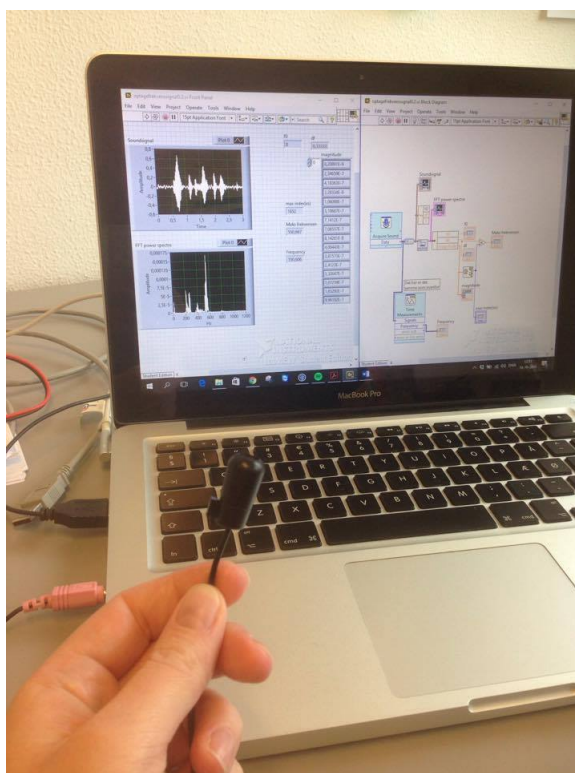
PC

*Software:*

NI LabVIEW 2014

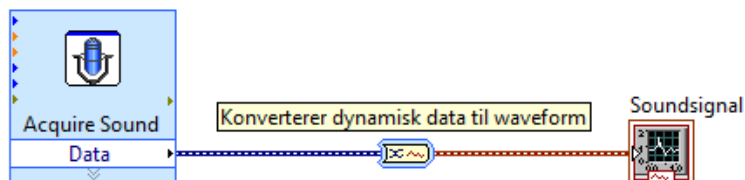
### Opstilling og opsætning

Mikrofonen er sat i PC'ens minijack-stik. Testopstillingen er vist i figur 3.3.



Figur 3.3: Testopstilling for enhedstest af Minijack PC Mikrofon.

På PC'en er VI'et `optagefrekvenssignal0.1.vi` åbnet i LabVIEW. Blokdiagrammet for VI'et er vist i figur 3.4.



Figur 3.4: I blokdiagrammet `optagefrekvenssignal0.1.vi` opsamles lydsignalet, som vises i en graf på frontpanelet.

**Udførsel**

1. I VI'et optagefrekvenssignal0.1.vi, trykkes på *Run*.
  - a) Der genereres en hørbar lyd til mikrofonen.
  - b) På frontpanelet i VI'et observeres et evt. frekvensudsving på grafen.
2. I VI'et optagefrekvenssignal0.1.vi, trykkes på *Run*.
  - a) Mikrofonen dækkes nu med en hånd mhp. at mikrofonen ikke opfanger en lyd.
  - b) Der genereres en hørbar lyd til mikrofonen.
  - c) På frontpanelet i VI'et observeres et evt. frekvensudsving på grafen.

**Resultater**

Ad1. Mikronen har opfanget et frekvenssignal.

Ad2. Mikrofonen har ikke opfanget et frekvenssignal.

**Diskussion**

-

**Konklusion**

Idet der ikke optages en hørbar lyd i Ad2., konkluderes det, at den hørbare lyd, optages gennem Ad1. Mikrofonen opfylder testen.

**Aktion**

-

**3.2.3 Tores højttaler****Testformål**

Det afprøves, om højttaleren kan generere en lyd.

**Produktspecifikationer**

*Hardware:*

Tores højttaler

Højttalerkabel: Rød/Sort

Kabelsko: Rød fladstik hun, str. 0.25-1.65 mm<sup>2</sup>, 6.6 mm bred fladstik

2 stk. Male Single Row Pin Header Strip 2.54 mm.

Arduino Mega 2560 R3

PC

USB kabel Hi-speed 2.0 shield 28AWG/2C+24AWG/2C Han USB A - Han USB B

*Software:*

NI LabVIEW 2014

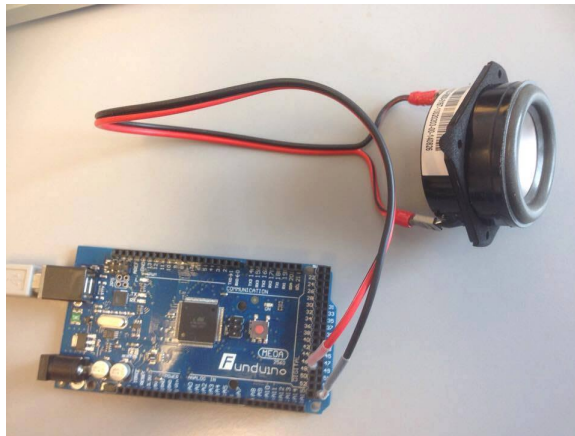
NI VISA 15.0.1

VI Package Manager

ARDUINO 1.6.12

### Opstilling og opsætning

Højtalerkablets ene ende er påsat kabelsko, som er påsat højtaleren. Til kablets anden ende er pin headere loddet fast. Pin headerne er isat Arduino'en i pin 46 (PL3(OC5A)), som et er digitalt PWM output, og til ground (GND). Arduino'en er med et USB kabel koblet til PC'en. Testopstillingen er vist i figur 3.5.



Figur 3.5: Testopstilling for enhedstest af Tores højttaler.

På PC'en er VI'et **genererfrekvenssignal0.2.vi** åbnet i LabVIEW. Blokdiagrammet for VI'et er vist i figur 3.2.

### Udførsel

Udføres på samme vis, som ved enhedstest af 3.2.1 Højttaler ABS-224-RC.

**Resultater**

Lydsignal blev generet og afspillet.

**Diskussion**

-

**Konklusion**

Højttaleren opfylder testen idet der generes en lyd.

**Aktion**

-

**3.2.4 Ny enhedstest af Minijack PC Mikrofon d. 25.10.16****Testformål**

Det afprøves, om mikrofonen overhovedet opfanger et signal.

**Produktspecifikationer**

*Hardware:*

Minijack PC Mikrofon

PC

*Software:*

NI LabVIEW 2014

**Opstilling og opsætning**

Mikrofonen er med en ledning tilsluttet PC'ens minijack-stik. Ledningens længde er godt en meter ~~€€€~~SKAL MÅLES, og muliggør dermed, at PC'en er placeret i et rum, og mikrofonen med ledningen gennem den lukkede dør, er placeret i et andet rum.

På PC'en er VI'et optagefrekvenssignal0.1.vi åbnet i LabVIEW. Blokdiagrammet for VI'et er vist i figur 3.4.

Testopstillingen er vist i figur €€€€.

### Udførsel

1. I VI'et optagefrekvenssignal0.1.vi, trykkes på *Run*.
2. Der indtales en tone i mikrofonen.
3. På frontpanelet i VI'et afventes frekvensudsving på en graf.

### Resultater

Mikronen har ikke opfanget et frekvenssignal.

### Diskussion

-

### Konklusion

Mikrofonen opfanger intet frekvensudsving og det konkluderes, at den virker til at være deaktiv eller ude af funktion.

### Aktion

Denne problemstilling må undersøges yderligere med henblik på at få en fungerende, aktiv mikrofon, som opfanger et frekvenssignal.

## 3.2.5 Enhedstest af indbygget mikrofon i Logitech HD WEBCAM C270

### Testformål

Det afprøves, om den indbyggede mikrofon i webkameraet opfanger en hørbar lyd.

### Produktspecifikationer

*Hardware:*

Logitech HD WEBCAM C270

PC

*Software:*

NI LabVIEW 2014

### Opstilling og opsætning

Webkameraet er tilsluttet PC'ens USB-port. PC'en er placeret i et rum med en dør, og webkameraet er placeret uden for døren.

På PC'en er VI'et `optagefrekvenssignal0.1.vi` åbnet i LabVIEW. Blokdiagrammet for VI'et er vist i figur 3.4.

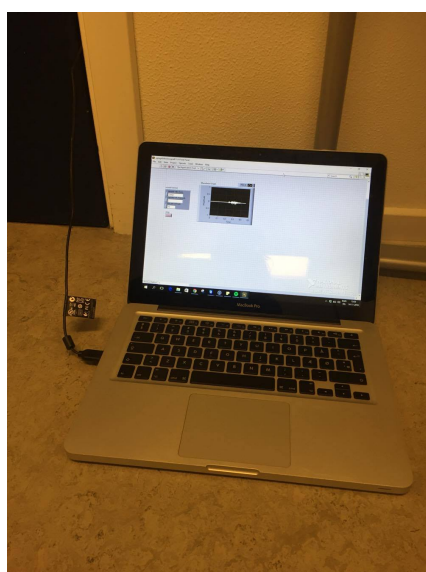
Testopstillingen er vist i figur 3.8.

### Udførsel

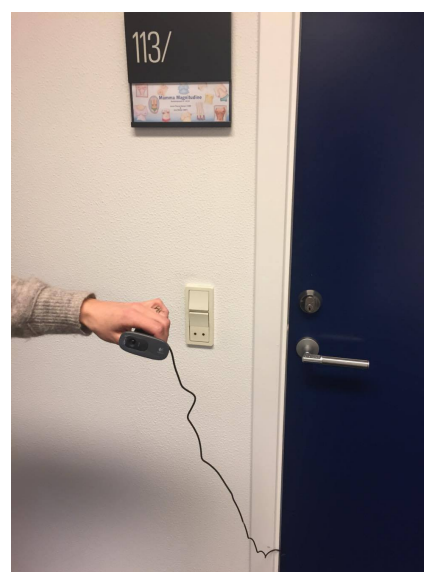
1. I VI'et `optagefrekvenssignal0.1.vi`, trykkes på *Run*.
2. På frontpanelet i VI'et afventes frekvensudsving på en graf.

### Resultater

Mikrofonen i webkameraet har opfanget en hørbar lyd.



(a) Placering af PC



(b) Placering af webkamera

Figur 3.6: Testopstilling for enhedstest af indbygget mikrofon i Logitech HD WEBCAM C270.



**Diskussion**

-

**Konklusion**

Den indbyggede mikrofon i webkameraet opfanger et frekvensudsving, og det konkluderes, at den opfylder testen.

**Aktion**

Denne mikrofon er ikke hensigtsmæssig til brug i den videre test, da den er for stor til at kunne påsættes resonatoren. Næste skridt er at finde en mindre mikrofon med USB-stik.

**3.2.6 Elektret mikrofon BOB 12758****Testformål**

Det afprøves, om mikrofonen opfanger signaler med frekvenser i intervallet 20 Hz - 10 kHz.

**Produktspecifikationer***Hardware:*

Electret Microphone Breakout BOB 12758

3 stk. Male Single Row Pin Header Strip 2.54 mm.

Mikrofonkabler: Rød/Sort/Blå

Krympeflex 2:1

Multifunction Data Acquisition (DAQ) USB-6009

USB kabel: National Instruments USB A/B 2.0 Cable (1 Meter)

PC

*Software:*

NI LabVIEW 2014

LabVIEW2014-NI-DAQmx-14

### Opstilling og opsætning

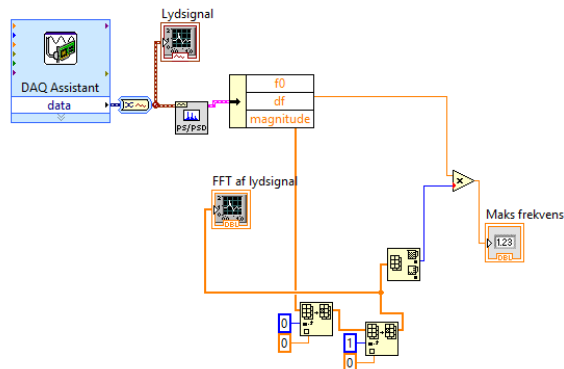
På kablerne er pins fastloddet, som igen er loddet fast til mikrofonprintet. Det røde kabel forbinder mikrofonprintets "AUD" til "+AI0-indgangen på DAQ'en. Det sorte kabel forbinder mikrofonprintets GND til "GND-indgangen på DAQ'en. Det blå kabel forbinder mikrofonprintets "VCC" til "+5V" på DAQ'en. DAQ'en er med USB-kablet tilkoblet PC'en, hvorpå VI'et `optagefrekvenssignal0.4.vi` er åbnet i LabVIEW. Blockdiagrammet for VI'et er vist i figur 3.7.

Testopstillingen er vist i figur 3.8.

### Udførsel

1. I VI'et `optagefrekvenssignal0.4.vi`, trykkes på *Run*.
2. Der genereres et signal med følgende frekvens: 100 Hz, 1 kHz og 10 KHz.
3. På frontpanelet i VI'et afventes frekvensudsving på en graf.
4. Resultatet aflæses i *Max Frequency*

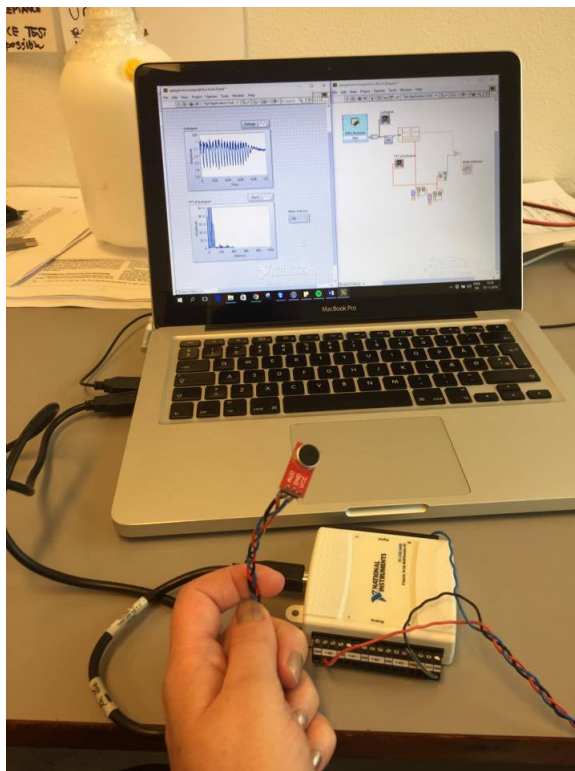
Testen foretages to gange for hver frekvens.



Figur 3.7: Blokdiagram for VI'et `optagefrekvenssignal0.4.vi`.

Tabel 3.1: Tabel over resultater

Udsendt frekvens [Hz]	1. resultat	2. resultat
100	20	40
500	500	500
1000	1000	1000
5000	3000	3000
10000	20	50



Figur 3.8: Opstilling for enhedstest af elektret mikrofon.

## Resultater

## Diskussion

Skyldes de dårlige resultater ved 100 Hz, at PC'ens frekvensbånd ikke er lavt nok til at udsende et signal med en frekvens på 100 Hz?

## Konklusion

Ved et signal med en frekvens på hhv. 100 Hz, 5 kHz og 10 kHz er resultaterne ikke tilnærmelsesvis de udsendte frekvenser. Det kan ikke konkluderes, hvorvidt det skyldes mikrofonen eller PC'ens højtalere.

## Aktion

Der skal udføres en ny enhedstest af mikrofonen, hvor der er sikkert, at lyd giveren kan afgive frekvenser i mikrofonens frekvensbånd.

### 3.2.7 Electret Microphone Amplifier - MAX4466

#### Testformål

Det afprøves, om mikrofonen opfanger signaler med frekvenser i intervallet 20 Hz - 1 kHz.

#### Produktspecifikationer

##### *Hardware:*

Electret Microphone Amplifier - MAX4466

3 stk. Male Single Row Pin Header Strip 2.54 mm.

Mikrofonkabler: Rød/Sort/Blå

Krympeflex 2:1

Multifunction Data Acquisition (DAQ) USB-6009

USB kabel: National Instruments USB A/B 2.0 Cable (1 Meter)

PC

##### *Software:*

NI LabVIEW 2014

LabVIEW2014-NI-DAQmx-14

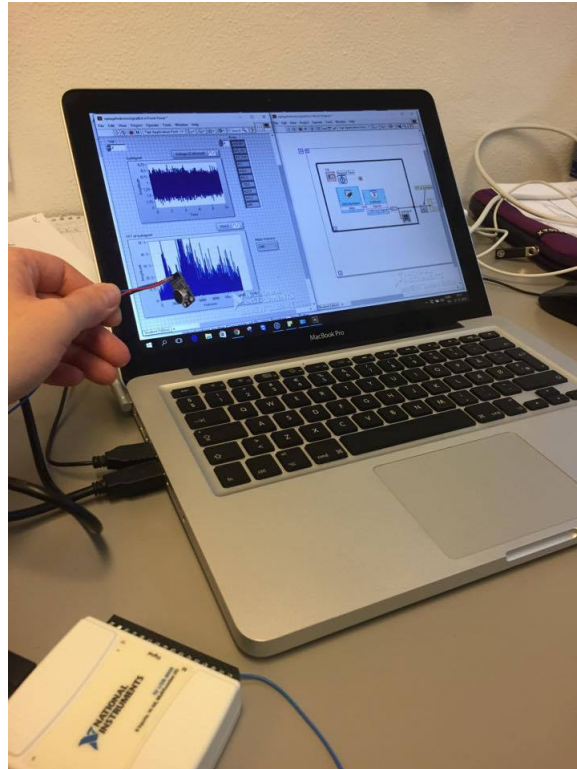
#### Opstilling og opsætning

På kablerne er pins fastloddet, som igen er loddet fast til mikrofonprintet. Det røde kabel forbinder mikrofonprintets "AUD" til "+AI0-indgangen på DAQ'en. Det sorte kabel forbinder mikrofonprintets GND til "GND-indgangen på DAQ'en. Det blå kabel forbinder mikrofonprintets "VCC" til "+5V" på DAQ'en. DAQ'en er med USB-kablet tilkoblet PC'en, hvorpå VI'et `optagefrekvenssignal0.4.vi` er åbnet i LabVIEW. Blockdiagrammet for VI'et er vist i figur 3.7.

Testopstillingen er vist i figur 3.10.

#### Udførsel

1. I VI'et `optagefrekvenssignal0.4.vi`, trykkes på *Run*.



Figur 3.9: Opstilling for enhedstest af Electret Microphone Amplifier - MAX4466.

2. Der genereres et signal med følgende frekvens: 20 Hz, 50 Hz, 100 Hz, 1 kHz og 10 KHz.
3. På frontpanelet i VI'et afventes frekvensudsving på en graf.
4. Resultatet aflæses i *Max Frequency*

Testen foretages to gange for hver frekvens.

## Resultater

Resultaterne vises i tabel 3.2.

Tabel 3.2: Tabel over resultater

Udsendt frekvens [Hz]	1. resultat	2. resultat
20	96	96
50	22	15
100	95	95
1000	1000	1000
10000	4	15

**Diskussion**

Skyldes de dårlige resultater ved 100 Hz, at PC'ens frekvensbånd ikke er lavt nok til at udsende et signal med en frekvens på 100 Hz?

**Konklusion**

Ved et signal med en frekvens på hhv. 100 Hz, 5 kHz og 10 kHz er resultaterne ikke tilnærmelsesvis de udsendte frekvenser. Det kan ikke konkluderes, hvorvidt det skyldes mikrofonen eller PC'ens højtalere.

**Aktion****3.2.8 Multimedia USB Speaker HP-1800****Testformål**

Det afprøves, om højtaleren kan generere en lyd.

**Produktspecifikationer***Hardware:*

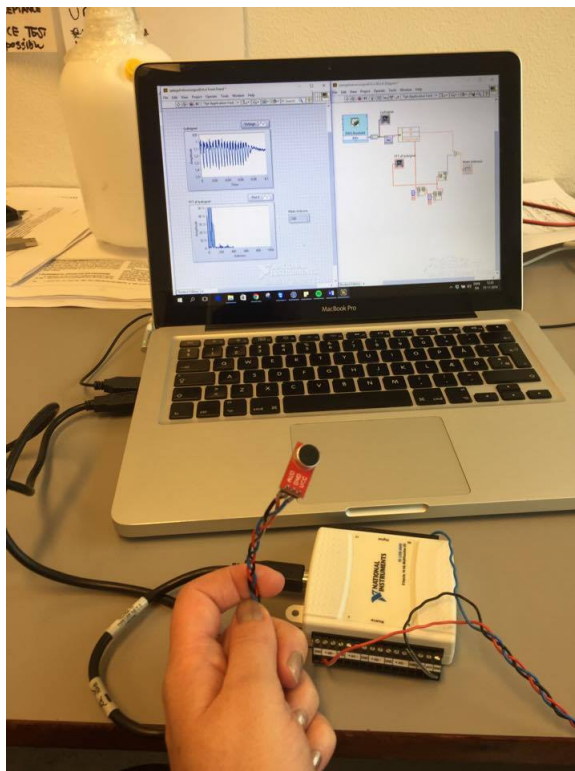
Multimedia USB Speaker HP-1800

PC

*Software:***Opstilling og opsætning**

På kablerne er pins fastloddet, som igen er loddet fast til mikrofonprintet. Det røde kabel forbinder mikrofonprintets "AUD" til "+AI0-indgangen på DAQ'en. Det sorte kabel forbinder mikrofonprintets GND til "GND-indgangen på DAQ'en. Det blå kabel forbinder mikrofonprintets "VCC" til "+5V" på DAQ'en. DAQ'en er med USB-kablet tilkoblet PC'en, hvorpå VI'et `optagefrekvenssignal0.4.vi` er åbnet i LabVIEW. Blockdiagrammet for VI'et er vist i figur 3.7.

Testopstillingen er vist i figur 3.10.



Figur 3.10: Opstilling for enhedstest af Electret Microphone Amplifier - MAX4466.

### Udførsel

1. I VI'et optagefrekvenssignal0.4.vi, trykkes på *Run*.
2. Der genereres et signal med følgende frekvens: 20 Hz, 50 Hz, 100 Hz, 1 kHz og 10 KHz.
3. På frontpanelet i VI'et afventes frekvensudsving på en graf.
4. Resultatet aflæses i *Max Frequency*

Testen foretages to gange for hver frekvens.

### Resultater

Resultaterne fremgår af tabel ?? og ??.

### Diskussion

Skyldes de dårlige resultater ved 100 Hz, at PC'ens frekvensbånd ikke er lavt nok til at udsende et signal med en frekvens på 100 Hz?

**Konklusion**

Ved et signal med en frekvens på hhv. 100 Hz, 5 kHz og 10 kHz er resultaterne ikke tilnærmelsesvis de udsendte frekvenser. Det kan ikke konkluderes, hvorvidt det skyldes mikrofonen eller PC'ens højtalere.

**Aktion****3.3 Integrationstest****3.3.1 Bordtest nr. 1****Testformål**

Det afprøves, at generere et frekvenssignal som udsendes gennem højtaleren, og derefter opfanges af mikrofonen, hvor den højst målte frekvens til sidst angives.

**Produktspecifikationer***Hardware:*

Højtaler: ABS-224-RC

Højtalerkabel: Rød/Sort

2 stk. Male Single Row Pin Header Strip 2.54 mm.

Arduino Mega 2560 R3

PC

USB kabel Hi-speed 2.0 shield 28AWG/2C+24AWG/2C Han USB A - Han USB B

*Software:*

NI LabVIEW 2014

NI VISA 15.0.1

VI Package Manager

ARDUINO 1.6.12

**Opstilling og opsætning***1. delopstilling:*

Højtaleren er loddet til højtalerkablets ene ende, og pin headerne er loddet til kablets anden ende. Pin headerne er isat Arduino'en i pin 46 (PL3(OC5A)), som et er digitalt PWM output, og til ground (GND). Arduino'en er med et USB kabel koblet



til PC'en. På PC'en er VI'et `genererfrekvenssignal0.2.vi` åbnet i LabVIEW. Testopstillingen for denne del er vist i figur 3.1, og blokdiagrammet er vist i figur 3.2.

#### 2. delopstilling:

Mikrofonen er sat i PC'ens minijack-stik. På PC'en er VI'et `optagefrekvenssignal0.1.vi` åbnet i LabVIEW. Testopstillingen for denne del er vist i figur 3.3, og blokdiagrammet er vist i figur 3.4.

### Udførsel

1. Højttaleren holdes manuelt således membranen står i lodret position.
2. Mikrofonen holdes manuelt, vendt mod højttaleren, i en afstand på 5 cm.
3. I VI'et `genererfrekvenssignal0.2.vi` indtastes den ønskede frekvens i den numeriske kontrol *Enter Frequency*.
  - a) Koden eksekveres ved at trykke på *Run*.
4. I VI'et `optagefrekvenssignal0.1.vi` trykkes på *Run*.
  - a) Den maksimale optagede frekvens aflæses i *Max Frequency*.

Punkt 1-4 gentages med frekvenser på: 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz og 700 Hz.

### Resultater

Den maksimale optagede frekvens var ikke tilnærmelsesvis frekvensen på den udsendte tone.

### Diskussion

Det ønskede resultat er frekvensen på den udsendte tone, hvilket ikke var tilfældet i denne test. Hvor er fejlen opstået; er der fejl i LabVIEW-kode eller hardware?

### Konklusion

Det er nødvendigt at undersøge om fejlen opstår i vores hardware eller software.

### Aktion

Det skal med en online tonegenerator undersøges, hvor fejlen er opstået.

### 3.3.2 Bordtest nr. 2

#### Testformål

Det afprøves, at generere et frekvenssignal fra en online tonegenerator, som udsendes gennem PC'ens højttaler, og derefter opfanges af mikrofonen, hvor den højst målte frekvens til sidst angives.

#### Produktspecifikationer

##### *Hardware:*

Minijack PC Mikrofon

PC

##### *Software:*

NI LabVIEW 2014

NI VISA 15.0.1

VI Package Manager

ARDUINO 1.6.12

[onlinetonegenerator.com](http://onlinetonegenerator.com)

#### Opstilling og opsætning

Mikrofonen er sat i PC'ens minijack-stik. På PC'en er VI'et `optagefrekvenssignal0.1.vi` åbnet i LabVIEW. Testopstillingen for denne del er vist i figur 3.3, og blokdiagrammet er vist i figur 3.4.

I en internetbrowser er hjemmesiden [www.onlinetonegenerator.com](http://www.onlinetonegenerator.com) åbnet, og PC'ens højttalere er slået til.

#### Udførsel

1. Mikrofonen holdes manuelt, vendt mod PC'ens højttaler, i en afstand på 5 cm.
2. I [onlinetonegenerator.com](http://onlinetonegenerator.com) genereres et signal med den ønskede frekvens.
3. I VI'et `optagefrekvenssignal0.1.vi` trykkes på *Run*.
  - a) Den maksimale optagede frekvens aflæses i *Max Frequency*.

Punkt 1-4 gentages med frekvenser på: 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz og 700 Hz.

### Resultater

Den optagede frekvens var den generede udsendte frekvens ( $\pm 0.5$  Hz).

### Diskussion

Der opnås nu pæne resultater, og der reflekteres over om resultaterne i 3.3.1 skyldes fejl i højttaler eller fejl i VI'et `genererfrekvenssignal0.2.vi`.

### Konklusion

Det konkluderes, at der ikke er fejl i VI'et `optagefrekvenssignal0.1.vi`.

### Aktion

Det skal undersøges, hvilken forskel der er på frekvenssignalet fra `onlinetonegenerator.com` og det generede frekvenssignal udsendt fra højttaleren ABS-224-RC.

## 3.3.3 Bordtest nr. 3

### Testformål

Det undersøges, hvilken forskel der er på frekvenssignalet fra `onlinegenerator.com` og det genererede frekvenssignal udsendt fra højttaleren ABS-224-RC.

### Produktspecifikationer

#### *Hardware:*

Højttaler: ABS-224-RC

Højttalerkabel: Rød/Sort

2 stk. Male Single Row Pin Header Strip 2.54 mm.

Krympeflex 2:1 Arduino Mega 2560 R3

USB kabel Hi-speed 2.0 shield 28AWG/2C+24AWG/2C Han USB A - Han USB B  
PC

Minijack PC Mikrofon

#### *Software:*

NI LabVIEW 2014

NI VISA 15.0.1

VI Package Manager

ARDUINO 1.6.12

onlinetonegenerator.com

### Opstilling og opsætning

#### 1. delopstilling:

Højttaleren er loddet til højttalerkablets ene ende, og pin headerne er loddet til kablets anden ende. Pin headerne er isat Arduino'en i pin 46 (PL3(OC5A)), som et er digitalt PWM output, og til ground (GND). Arduino'en er med et USB kabel koblet til PC'en. På PC'en er VI'et `genererfrekvenssignal0.2.vi` åbnet i LabVIEW. Testopstillingen for denne del er vist i figur 3.1, og blokdiagrammet er vist i figur 3.2.

#### 2. delopstilling:

Mikrofonen er sat i PC'ens minijack-stik. På PC'en er VI'et `optagefrekvenssignal0.1.vi` åbnet i LabVIEW. Testopstillingen for denne del er vist i figur 3.3, og blokdiagrammet er vist i figur 3.4.

#### 3. delopstilling:

I en internetbrowser er hjemmesiden `www.onlinetonegenerator.com` åbnet, og PC'ens højttalere er slået til.

### Udførsel

#### 1. deltest

1. Højttaleren holdes manuelt således membranen står i lodret position.
2. Mikrofonen holdes manuelt, vendt mod højttaleren, i en afstand på 5 cm.
3. I VI'et `genererfrekvenssignal0.2.vi` indtastes den ønskede frekvens i den numeriske kontrol *Enter Frequency*.
  - a) Koden eksekveres ved at trykke på *Run*.
4. I VI'et `optagefrekvenssignal0.1.vi` trykkes på *Run*.
  - a) Den maksimale optagede frekvens aflæses i *Max Frequency*.

#### 2. deltest

1. Mikrofonen holdes manuelt, vendt mod PC'ens højttaler, i en afstand på 5 cm.
2. I `onlinetonegenerator.com` genereres et signal med den ønskede frekvens.

3. I VI'et `optagefrekvenssignal0.1.vi` trykkes på *Run*.

a) Den maksimale optagede frekvens aflæses i *Max Frequency*.

Deltestene gentages med frekvenser på: 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz, 700, 1000 og 1200 Hz, og resultaterne sammenholdes.

### Resultater

Det blev observeret, at resultaterne fra det generede frekvenssignal i VI'et `genererfrekvenssignal0.1.vi` var grundtonens harmoniske overtoner, idet frekvensen udsendes som et firkantsignal. Kun ved højfrekvente signaler ( $< 1$  kHz), blev grundtonen opfanget. Ved at benytte `onlinetonegenerator.com`, kunne der udsendes et sinussignal med en given frekvens, som blev korrekt opfanget ( $\pm 0.5$  Hz).

### Diskussion

Der opnås pæne resultater ved at bruge et sinussignal, men der er desværre meget kompliceret at generere sinussignaler til en Arduino.

### Konklusion

Det konkluderes, at der ikke er fejl i software og hardware, og de unøjagtige resultater skyldes firkantsignalets harmoniske overtoner.

### Aktion

Det skal undersøges, om det er muligt at filtrere firkantssignalets harmoniske overtoner fra, således firkantssignalet kan benyttes.

#### 3.3.4 Bordtest nr. 4

##### Testformål

Det undersøges, om en resonatorlignende beholder kan dæmpe de harmoniske overtoner fra firkantsignalet.

##### Produktspecifikationer

*Hardware:*

Tores højttaler

Højttalerkabel: Rød/Sort

Kabelsko: Rød fladstik hun, str. 0.25-1.65 mm<sup>2</sup>, 6.6 mm bred fladstik

2 stk. Male Single Row Pin Header Strip 2.54 mm.

Krympeflex 2:1

Arduino Mega 2560 R3

Minijack PC Mikrofon

PC

USB kabel Hi-speed 2.0 shield 28AWG/2C+24AWG/2C Han USB A - Han USB B

Tryksprøjte NSG 150 - Neptun (resonator)

Lineal

#### *Software:*

NI LabVIEW 2014

NI VISA 15.0.1

VI Package Manager

ARDUINO 1.6.12

### **Opstilling og opsætning**

Højtalerkablets ene ende er påsat kabelsko, som er påsat højttaleren. Til kablets anden ende er pin headerne loddet fast og forsejlet med krympeflex. Pin headerne er isat Arduino'en i pin 46 (PL3(OC5A)), som et er digitalt PWM output, og til ground (GND). Arduino'en er med et USB kabel koblet til PC'en. Mikrofonen er sat i PC'ens minijack-stik og er ført ned i resonatoren hvor den ligger i bunden. Højttaleren placeres i en afstand på en halv diameter af højttalerens membran, ovenfor resonatorens hals.

På PC'en er VI'erne `genererfrekvenssignal0.2.vi` og `optagefrekvenssignal0.2.vi` åbnet i LabVIEW og blokdiagrammerne er vist i figur 3.2 og 3.4

Testopstillingen kan ses på figur 3.11.

### **Udførsel**

1. Tryksprøjtedelen afmonteres af beholderen og fungere nu som resonator.  
Resonatoren stilles på et bord med halsen pegende opad.
2. Mikrofonen føres ned i resonatoren og ligger i resonatorens bund.



Figur 3.11: Testopstilling for bordtest 4

3. Linealen påsættes resonatorens hals så den fungerer som afstandsmåler fra halsåbningen.
4. Højtaleren holdes manuelt over resonatorhalsen i en afstand på en halv diameter af højtalermembranen. Ved anvendelse af den specificerede højtaler er afstanden to centimeter.
5. I VI'et `genererfrekvenssignal0.2.vi` indtastes den ønskede frekvens i den numeriske kontrol *Enter Frequency*.
  - a) Koden eksekveres ved at trykke på *Run*.
6. I VI'et `optagefrekvenssignal0.2.vi` trykkes på *Run*.
  - a) Den maksimale optagede frekvens aflæses i *Max Frequency*.

Testen udføres med en frekvens på 200 Hz, 500 Hz, 1000 Hz og 1200 Hz. Der afprøves to gange med hvert frekvens

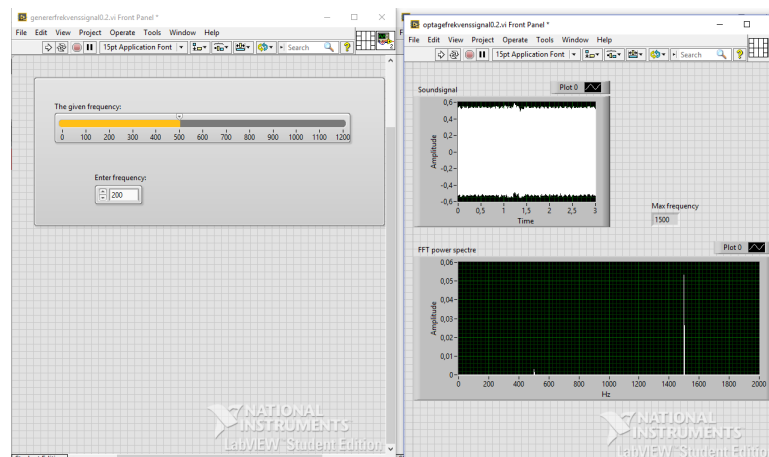
## Resultater

Det blev observeret ved begge forsøg, at resultatet fra det generede frekvenssignal i VI'et `genererfrekvenssignal0.2.vi` på 500 Hz var en af grundtonens harmoniske overtoner på 1500 Hz. Dette ses i figur 3.12.

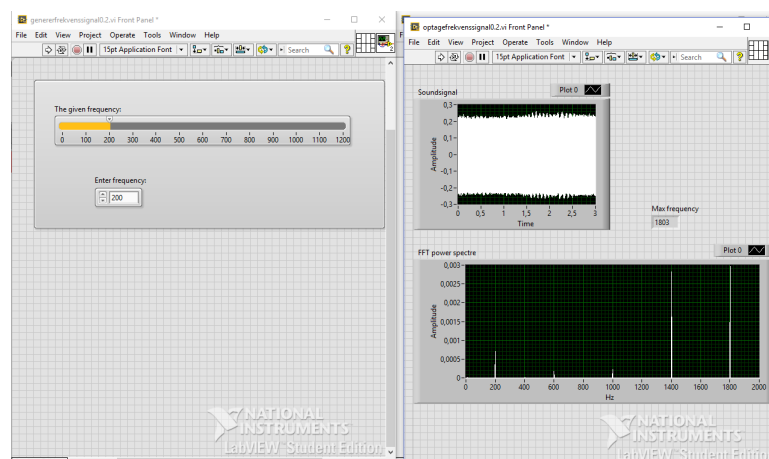
Det blev observeret i første forsøg, at resultatet fra det generede frekvenssignal i VI'et **genererfrekvenssignal0.2.vi** på 200 Hz var en af grundtonens harmoniske overtone på 1803 Hz og i andet forsøg observeres en harmonisk overtone 1402,33 Hz. Resultatet fra første forsøg vises i figur 3.13.

Det blev observeret i første forsøg, at resultatet fra det generede frekvenssignal i VI'et **genererfrekvenssignal0.2.vi** på 1000 Hz var en af grundtonens harmoniske overtoner på 3000,33 Hz i. Dette ses i figur 3.14. I det andet forsøg observeres det at resultatet stemmer overens med den afspillede grundtone. Dette ses på figur 3.15.

Det blev observeret, at resultatet fra den generede frekvenssignal i VI'et **genererfrekvenssignal0.2.vi** på 1200 Hz stemmer overens med den afspillede grundtone. Dette ses på figur 3.16.

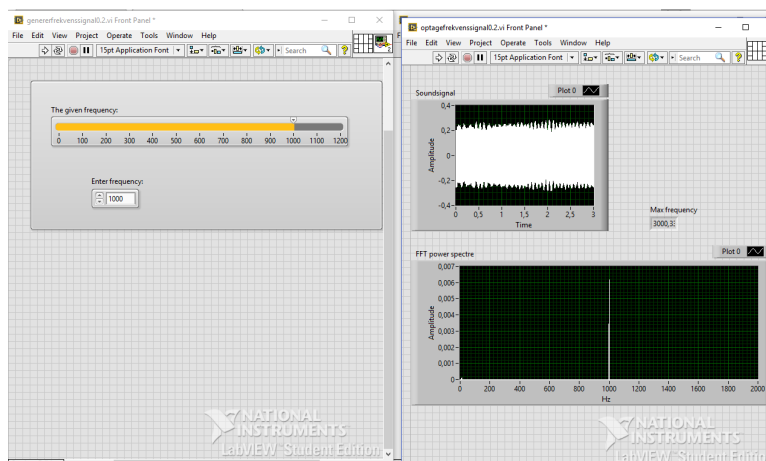


Figur 3.12: Resultat for for bordtest 4 ved anvendelse af 500 Hz

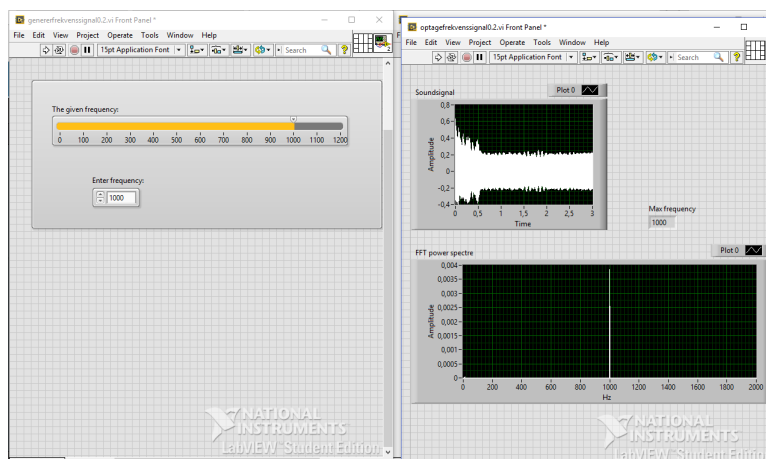


Figur 3.13: Resultat for for bordtest 4 ved anvendelse af 200 Hz





Figur 3.14: Resultat for for bordtest 4 ved anvendelse af 1000 Hz



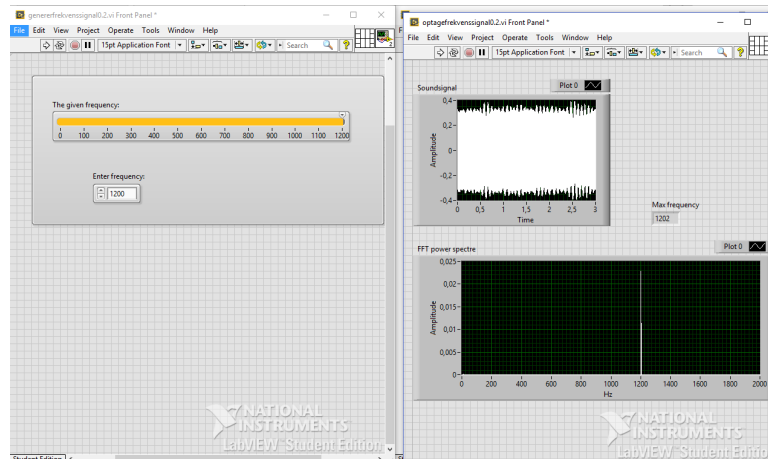
Figur 3.15: Resultat for for bordtest 4 ved anvendelse af 1000 Hz

## Diskussion

Ved forsøget med 1000 Hz observeres, at de to resultater ikke er tilnærmelsesvis ens. I første forsøg blev en harmonisk overtone opfanget, som den maksimale frekvens, hvor der i andet forsøg blev opfanget grundtonen på den genererede frekvens. Disse to resultater skal være ens og derfor er de ikke tilfredsstillende.

## Konklusion

Ved generering af frekvenser lavere end 1000 Hz opfanges harmoniske overtoner, i stedet for grundtonen, som er det ønskede resultat. Ved generering af frekvenser lig 1000 Hz opfanges ustabile resultater. Ved generering af frekvenser højere end 1000 Hz, opnås pæne resultater, hvor den genererede frekvens er lig den opfangede frekvens. Dermed konkluderes, at resonatoren i dette tilfælde ikke virker dæmpende på harmoniske overtoner på frekvenser lavere end 1000 Hz.



Figur 3.16: Resultat for for bordtest 4 ved anvendelse af 1200 Hz

### Aktion

Det skal undersøges, om målinger genereret med en frekvens lig eller højere end 1000 Hz er stabile.

### 3.3.5 Bordtest nr. 5

#### Testformål

Det undersøges, om firkantsignaler genereret med frekvenser lig eller højere end 1000 Hz er stabile og hvilken effekt helmHoltz resonatoren har på signalerne.

#### Produktspecifikationer

##### *Hardware:*

Tores højttaler

Højttalerkabel: Rød/Sort

Kabelsko: Rød fladstik hun, str. 0.25-1.65 mm<sup>2</sup>, 6.6 mm bred fladstik

2 stk. Male Single Row Pin Header Strip 2.54 mm.

Krympeflex 2:1

Arduino Mega 2560 R3

Minijack PC Mikrofon

PC

USB kabel Hi-speed 2.0 shield 28AWG/2C+24AWG/2C Han USB A - Han USB B

Tryksprøjte NSG 150 - Neptun (resonator)

Lineal

*Software:*

NI LabVIEW 2014

NI VISA 15.0.1

VI Package Manager

ARDUINO 1.6.12

**Opstilling og opsætning**

Højtalerkablets ene ende er påsat kabelsko, som er påsat højttaleren. Til kablets anden ende er pin headere loddet fast og forsejlet med krympeflex. Pin headerne er isat Arduino'en i pin 46 (PL3(OC5A)), som et er digitalt PWM output, og til ground (GND). Arduino'en er med et USB kabel koblet til PC'en. Mikrofonen er sat i PC'ens minijack-stik og er ført ned i resonatoren hvor den ligger i bunden. Højttaleren placeres i en afstand på en halv diameter af højttalerens membran, ovenfor resonatorens hals.

På PC'en er VI'erne `genererfrekvenssignal0.2.vi` og `optagefrekvenssignal0.2.vi` åbnet i LabVIEW og blokdiagrammerne er vist i figur 3.2 og 3.4

Testopstillingen er den samme som i bordtest 4, og vises i figur 3.11.

**Udførsel**

1. Tryksprøjtgedelen afmonteres af beholderen og fungere nu som resonator.  
Resonatoren stilles på et bord med halsen pegende opad.
2. Mikrofonen føres ned i resonatoren og ligger i resonatorens bund.
3. Linealen påsættes resonatorens hals så den fungere som afstandsmåler fra halsåbningen.
4. Højttaleren holdes manuelt over resonatorhalsen i en afstand på en halv diameter af højtalermembranen. Ved anvendelse af den specificerede højttaler er afstanden to centimeter.
5. I VI'et `genererfrekvenssignal0.2.vi` indtastes den ønskede frekvens i den numeriske kontrol *Enter Frequency*.
  - a) Koden eksekveres ved at trykke på *Run*.
6. I VI'et `optagefrekvenssignal0.2.vi` trykkes på *Run*.
  - a) Den maksimale optagede frekvens aflæses i *Max Frequency*.

Testen udføres med en frekvens på 950 Hz, 1000 Hz, 1100 Hz, 1200 Hz og 1300 Hz. Testen fortages to gange med hver frekvens.

### Resultater

Ud fra tabellen ses at de opfangede signaler er stabile ved alle udsendte frekvenser. Det ses ydermere at de afsendte signaler ikke ser ud til at være påvirket af Helmholtzresonatoren

### Diskussion

De opfangede frekvensers variation er tilfredsstillende til brug i det videre udviklingsforløb. De optagede frekvenser afviger ikke fra de udsendte frekvenser selvom de udsendte frekvenser er opfanget i resonatoren. Det er Helmholtz resonansen som ønskes opfanget og den formodes at afvige fra den udsendte frekvens. Dette er dog ikke tilfældet i denne tests resultater. Det undres over de optagede frekvenser ikke er påvirkede af resonatoren og der sås nu tvivl minijack mikrofonen opfanger signalerne eller om det er PC mikrofonen som opfanger signalerne

### Konklusion

Frekvenser over 950 Hz kan opfanges som grundtonen og det opfangede signal er ikke forstyrret af de harmoniske overtoner. Det ser ikke ud til at de opfangede frekvenser ikke er påvirket af resonatoren, hvilket vil være forventeligt. Det konkluderes at det er nødvendigt at undersøge om minijack mikrofonen opfanger de afsendte signaler.

### Aktion

Der udføres en ny enhedstest af minijack mikrofonen for at klarlægge om mikrofonen opfanger signalerne.

Dette er en citationstest Århus Universitet (2015]

Tabel 3.3: Tabel over resultater

Udsendt frekvens [Hz]	1. resultat	2. resultat
950	954.33	954.33
1000	1000.00	1000.00
1100	1101.33	1101.33
1200	1202.00	1202.00
1300	1302.00	1302.00

# Find en plads til det her 4

---

Dette er en test Århus Universitet (2015]

Dette er en test (Århus Universitet, 2015]

# Litteratur

---

Århus Universitet (2015, 14. januar). *FORMALIA - skriftlig aflevering*. Available from: <http://studerende.au.dk/studier/fagportaler/arts/eksamen/formalia/>.