

# INGENIØRHØJSKOLEN AARHUS

DSB

E, IKT OG EP



---

## Miniprojekt Del 3

---

*Udarbejdet af:*

Simon Thrane Hansen

Lars Hjerrild

Kasper Lauge Madsen

201500150

201409555

201409873

*Underviser:*

Lars G. Johansen

10. maj 2016

# Indhold

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Teori</b>	<b>3</b>
2.0.1	Hørerapperat . . . . .	3
2.0.2	Z-transformation . . . . .	3
2.0.3	IIR-filtre . . . . .	4
2.0.4	FIR-filtre . . . . .	4
2.0.5	Hanning vindue . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Høreapperatet</b>	<b>6</b>
3.1	Høreapperatet . . . . .	6
3.2	Matlab kode for de forskellige funktioner . . . . .	6
3.2.1	FIR-Båndpass funktion . . . . .	6
3.2.2	IIR-lowpass filter . . . . .	7
3.2.3	Weight funktion . . . . .	9
3.3	Resultat . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Resultat og Diskussion</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Konklusion</b>	<b>11</b>

# 1. Indledning

Denne opgave ophandler design og implementering signalbehandlingen i et høreapparat i Matlab. Der er i opgaveformuleringen blevet stillet følgende krav: Opgaven skal indeholde væsentlige elementer fra hele kurset i DSB. I opgaven er der derfor blevet eksperimenteret med design af både IIR- og FIR-filtre.

## 2. Teori

I opgaven er der brugt forskellige digitale filtre og redskaber til at implementere digital signalbehandling til et hørerapperat. De forskellige filtre og redskaber, der er arbejdet med i opgaven er:

- Fast fourier transformation
- IIR-filtre
- FIR-filtre
- Hanning funktionen

### 2.0.1 Hørerapperat

Hørerapperatet er blevet implementeret ved at lave forskellige båndpas filtre, der opdeler Audio-signalet i forskellige frekvens dele. Disse båndpas filtre er blevet designet ved brug af IIR. Ønsket med disse blokke er at forstærke de frekvenser der ligger i menneskets tale frekvenser som ligger omkring 300Hz- 3.4kHz. Mennesket kan sagtens lave lyde udenfor dette men dette spectrum har været anvendt på telefonlinjer, og er derfor valgt.

Efter signalet er blevet opdelt i forskellige frekvensbånd bliver hver enkelt af frekvens båndene vægtet på forskellige vis.

I det nedenstående afsnit følger en beskrivelse af de forskellige filtre. Man kan på nedenstående billede se den grundlæggende forskel på de to filtre.

### 2.0.2 Z-transformation

Z-transformationen er en tidsdiskret variant af Laplace Transformation, der transformere et tidsdiskret signal til frekvensdomænet.

Det matematiske udtryk for Z-transformation ses i ligning 2.1.

$$H(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n)z^{-n} \quad (2.1)$$

### 2.0.3 IIR-filtre

IIR står for Infinite Impulse Response, hvilket betyder, at det har et uendeligt antal output, da filteret benytter sig af feedback fra tidligere output. Hvis man kigger på ligning (2.2) kan man se den generelle differensligning for et IIR-filter.

$$y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} b_k * x(n-k) + \sum_{l=1}^{N-1} a_l * y(n-l) \quad (2.2)$$

$x(n)$ : Inputsignal

$y(n)$ : Filterets output signal

$b_k$ : Filterets feedforward koefficienter

$a_l$ : Filterets feedback koefficienter

$N-1$ : filterets orden

Fordelen ved et IIR-filter i forhold til et FIR-filter, at de kan bruges til at forstærke et signal, de benytter sig også af færre udregninger og dermed mindre hukommelse. Ulemperne ved IIR-filtre er, at de i modsætning til FIR-filtre godt kan være ustabile. Dette kan ses af ligning (2.3), der viser overføringsfunktionen for et IIR-filter i Z-domænet. Ligningen er fremkommet ved brug af Z-transformationen.

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{k=0}^N b(k) * z^{-k}}{1 - \sum_{k=1}^M a(k) * z^{-k}} \quad (2.3)$$

Som fremgår af ligning (2.3) indeholder overføringsfunktionen både poler og nulpunkter. Det gælder for IIR-filtre, at de er stabile, hvis alle deres poler har en magnitude, der er mindre end 1 (Polerne lægger i enhedscirklen).

### 2.0.4 FIR-filtre

FIR står for Finite Impulse Response, hvilket betyder, at der er et endeligt antal af impuls-svar. Dette kan man se, i ligning (2.4), der er differensligningen for et FIR filter.

$$y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} b_k * x(n-k) \quad (2.4)$$

### 2.0.5 Hanning vindue

Hanning vinduet er en typisk vinduesfunktion med den matematiske funktions foreskrift:

$$w(n) = 0.5 * (1 - (\cos \frac{2 * \pi * n}{N-1})) \quad (2.5)$$

Vindues funktioner er en funktion (værdier), du ganger på dine frekvensbins. Man benytter vindues funktioner til at mindske mængden af lækage, men essensen af en vindues funktion er sådan set bare, at en funktion ganges på en anden funktion. I praksis inden for Digital Signal behandling anvendes stort set altid et Hanning vindue for at undgå lækage.

## 3. Høreapparatet

### 3.1 Høreapparatet

Hørerapparatet er som beskrevet i afsnit 2 bestående af båndpas-filtre. Der opdeler input-signalet i frekvensbånd, der bliver vægtet forskelligt før de bliver sat sammen til et output-signal.

Der er blevet lavet et Matlab program, hvor der først bliver foretaget en Diskret Fourier Transformation på indgangssignalet for at finde ud af, hvilke frekvenser indgangssignalet indeholder. Efterfølgende bliver inputsignalet kørt igennem det fremstillede Høreapparatets filter. Efter det er blevet kørt igennem filteret bliver output-signalet også Diskret Fourier Transformeret, så der kan overskues, hvilke frekvenskarakteristika dette signal indeholder.

### 3.2 Matlab kode for de forskellige funktioner

#### 3.2.1 FIR-Båndpass funktion

```
function [ output_signal, filter1] = FIR_bandpass_function(input_signal,fc1,fc2 )

len = length(input_signal);

fs = 48000;

N = 1000;

df = fs/N;

m1 = round(fc1/df); %bin nummer der passer bedst
m2 = round(fc2/df); %-||-

filter1 = [zeros(1,m1) ones(1,abs(m1-m2)) zeros(1,N/2-m1-abs(m1-m2))];
filter1 = [filter1 zeros(1,N/2-m1-abs(m1-m2)) ones(1,abs(m1-m2)) zeros(1,m1)];
```

```

filter_time = fftshift(real(ifft(filter1)));

x1 = filter(filter_time,1,input_signal);

hann = hanning(len)';

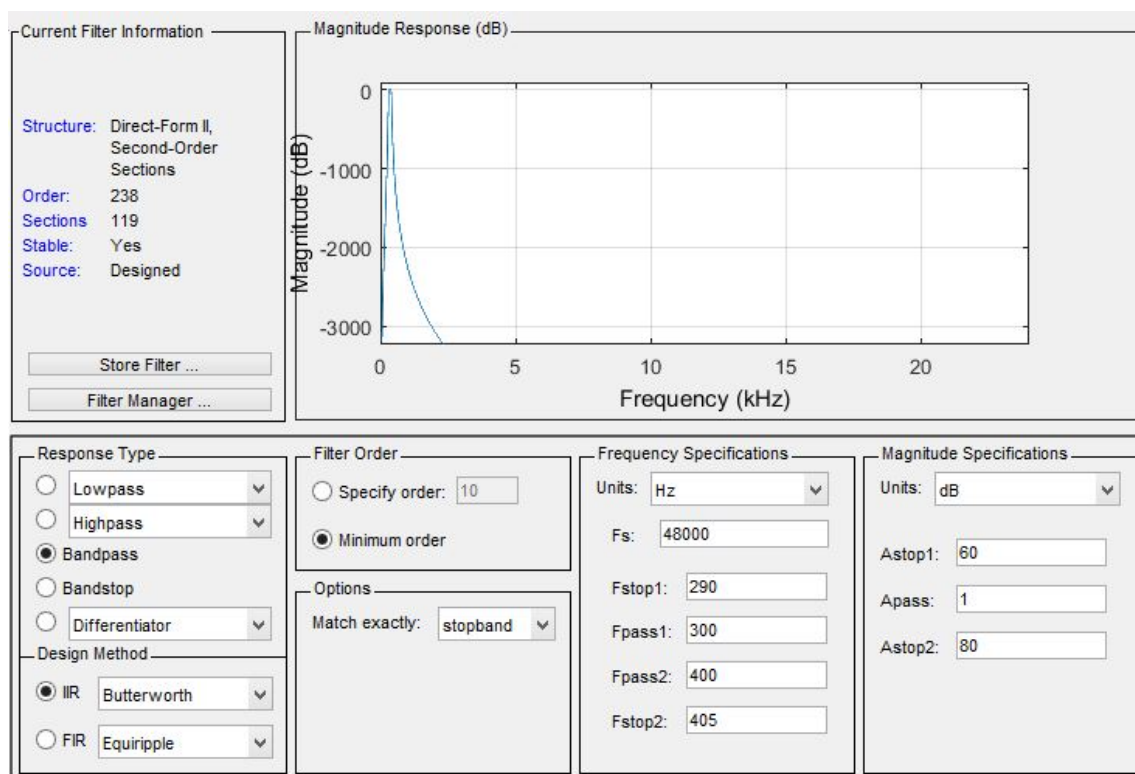
output_signal = x1.*hann;

end

```

### 3.2.2 IIR-lowpass filter

Der blev designet et lavpas-filter i matlab ved brug af Matlabs Filter Design and Analysis Tool. Indstillingerne, der blev sat og det vedhæftede fase og amplitude response kan ses på billede



Figur 3.1: Design af IIR lavpas filter i FDA tools i matlab

Filteret blev designet med ønske i at skabe et IIR butterworth filter med en knækfre-



kvens på 10Hz og med en orden på 10. Da filteret var designet blev filteret exporteret til en matlab-funktion gennem matlabs indbyggede code generator der blev benyttet i funktionen IIR-lowpass filter.

Koden for IIR lavpas filter funktionen kan ses nedenunder:

```
function Hd = IIR_lavpas
%IIR_LAVPAS Returns a discrete-time filter object.

% MATLAB Code
% Generated by MATLAB(R) 9.0 and the Signal Processing Toolbox 7.2.
% Generated on: 10-May-2016 12:59:58

% Butterworth Bandpass filter designed using FDESIGN.BANDPASS.

% All frequency values are in Hz.
Fs = 48000; % Sampling Frequency

Fstop1 = 290; % First Stopband Frequency
Fpass1 = 300; % First Passband Frequency
Fpass2 = 400; % Second Passband Frequency
Fstop2 = 405; % Second Stopband Frequency
Astop1 = 60; % First Stopband Attenuation (dB)
Apass = 1; % Passband Ripple (dB)
Astop2 = 80; % Second Stopband Attenuation (dB)
match = 'stopband'; % Band to match exactly

% Construct an FDESIGN object and call its BUTTER method.
h = fdesign.bandpass(Fstop1, Fpass1, Fpass2, Fstop2, Astop1, Apass, ...
Astop2, Fs);
Hd = design(h, 'butter', 'MatchExactly', match);

% [EOF]

ans =

FilterStructure: 'Direct-Form II, Second-Order Sections'
Arithmetic: 'double'
sosMatrix: [119x6 double]
ScaleValues: [120x1 double]
OptimizeScaleValues: true
```

PersistentMemory: false

### 3.2.3 Weight funktion

Høreapparatet blev kørt med forskellige signaler, hvor der blev eksperimenteret med forskellige vægtning af de enkelte Båndpas-filtre samt frekvensbåndet, de enkelte filtre dækkede. Efter at havde eksperimenteret med de forskellige frekvensbånd blev det bestemt, at de enkelte frekvensbånd skulle dække følgende frekvensområder, der alle ligger i det hørbare frekvensområde:

- Bånd 1 - 300-400 Hz
- Bånd 2 - 400-600 Hz
- Bånd 3 - 600-1000 Hz
- Bånd 4 - 1000-2000Hz
- Bånd 5 - 2000-3400 Hz

Koden til weight-funktionen:

## 3.3 Resultat

I dette afsnit fremstilles resultaterne af at køre Hørerapparatet på en række forskellige signaler.

## 4. Resultat og Diskussion

Vi kørte vores audio equalizer med musiknummeret "The-sonata-piano-loop.mp3": Dette nummer blev analyseret med forskellige vægtninger for at se, hvordan at koden musiknummeret blev ændret i forhold til equalizeren.

## 5. Konklusion

I denne opgave har vi arbejdet med at fremstille en Audio Equalizer i Matlab ved brug af forskellige filtre. Der er i opgaven blevet anvendt både IIR- og FIR-filtre.