



AARHUS SCHOOL OF ENGINEERING

SUNDHEDSTEKNOLOGI
3. SEMESTERPROJEKT

Mini Projekt Del 3

Gruppe

Lise Skytte Brodersen (201407432)

Alexander Bødker Andersen(201407929)

Jakob Degn Christensen(201408532)

Underviser

Lars G. Johansen

Aarhus Universitet

16. november 2015

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1	Indledning	1
1.1	Opgaveformulering	1
1.2	Audio Equalizer	1
1.3	FIR	2
1.4	IIR	2
Kapitel 2	Miniprojekt Del 3	3
2.1	Design af filterne	3
2.2	Filtering af signalet	4
2.3	FFT af filtrene	6
2.3.1	Lavpas filtreret	6
2.3.2	Båndpasfiltre 1	9
2.3.3	Båndpasfiltre 2	10
2.3.4	Båndpasfiltre 3	11
2.3.5	Højpasfiltret	12
2.4	Det samlede signal	13

Indledning

1

1.1 Opgaveformulering

I dette miniprojekt, skal der laves en audio equalizer. Denne skal kunne justere niveauet på et indkommende lydsignal i fem forskellige frekvensbånd, der er fordelt ud over det hørbare spektrum. Der skal altså laves et lavpas filter, tre båndpas filtre og et højpas filter.

Det samlede impulserespons og overføringskarakteristik skal vises i to versioner: Én hvor filtreringen foregår i sample-domænet, og én som er baseret på multiplikation af de respektive komplekse frekvensspektre.

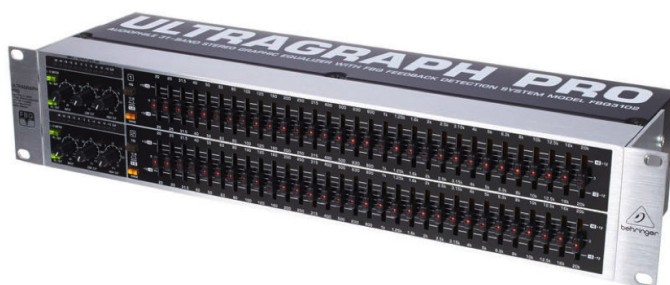
I miniprojektet skal der både forekomme FIR og IIR filter.

1.2 Audio Equalizer

Man benytter en audio equalizer i musikbranchen. Equalization betyder udligning. Det er en proces, hvor man justere balancen mellem frekvenskomponenter inden for et elektronisk signal.

Et stereoanlæg er et eksempel på en audio equalizer. Den har justerbare equalizere, der kan hæve eller sænke bas eller diskant frekvenser. I et lydstudio kan man lave nogle mere detaljerede justeringer, såsom at fjerne uønskede lyde eller gøre visse instrumenter eller stemmer mere fremtrædende.

I dette projekt skal der som sagt laves en tilsvarende equalizer vha. LP, BP1, BP2, BP3 og HP, som enten er designet som et FIR eller IIR.



Figur 1.1: Equalizer

1.3 FIR

Et FIR filter er et digitalt filter, der har et impulssvar, som kun varer et endeligt antal samples. FIR filterets output samples afhænger altså udelukkende af tidligere input samples, hvilket adskiller sig fra IIR filteret.

1.4 IIR

Et IIR filter er også et digitalt filter, men modsat FIR filteret, så afhænger IIR filterets output samples både af tidligere input samples og tidligere filter output samples. IIR filteret 'husker' altså tidligere outputs, og det er denne form for feedback der kendetegner et IIR filter.

Miniprojekt Del 3 2

Vi har valgt en 10 sekunder lang lyd sekvens fra sangen "Uptown", som vores indgangssignal. Det er dette signal, der skal igennem equalizeren.

2.1 Design af filterne

Til at designe de fem forskellige filter, bestemmes først knækfrekvenserne. Frekvensspektrumet skulle holdes inden for det hørebarespektrum, så dette spektrum dividerede vi med fem. Derefter kunne vi definere de forskellige knækfrekvenser til de forskellige filter.

Da filterne ikke knækker skrappt ved knækfrekvensen, har vi valgt at de forskellige knækfrekvenser skal overlappe hinanden en lille smule (Figur 2.1), så vi får en lige linje, når vi plotter alle filterne ved siden af hinanden (Figur 2.3).

```
%Lavpas
fc_LP = 4000;

%Båndpas1
fc_BP1 = 3900;
fc_BP11 = 8800;

%Båndpas2
fc_BP2 = 8700;
fc_BP22 = 13200;

%Båndpas3
fc_BP3 = 13100;
fc_BP33 = 17600;

%Højpas
fc_HP = 17500;
```

Figur 2.1: De valgte knækfrekvenser for de forskellige filter

Efter at have valgt knækfrekvenserne kunne filterne designes. Lavpasfilteret er designet som et IIR filter, mens de andre båndpas- og højpasfilter er designet som FIR filtere. Ved IIR filteret er der valgt en orden på 6 (N2). Ved FIR filterne er der valgt en orden på 1000 (N1). På Figur 2.2 kan koden for designet ses.

```

%Lavpas
[b,a] = butter(N2,fc_LP/(0.5*fsample));

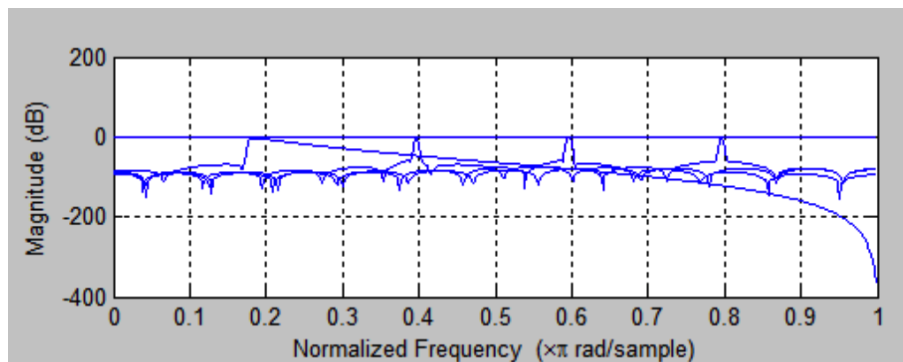
%Højpas
HP = fir1(N1, fc_HP/(0.5*fsample), 'high');

%Båndpas
BP1 = fir1(N1, [fc_BP1 fc_BP11]/(0.5*fsample), 'bandpass');
BP2 = fir1(N1, [fc_BP2 fc_BP22]/(0.5*fsample), 'bandpass');
BP3 = fir1(N1, [fc_BP3 fc_BP33]/(0.5*fsample), 'bandpass');

```

Figur 2.2: Designet af de fem filter

Hvis alle disse filter plottes i samme koordinatsystem, skulle der gerne komme en lige linje - altså at de hverken overlapper hinanden for meget eller for lidt (Figur 2.3).



Figur 2.3: De fem filter plottet ved siden af hinanden

2.2 Filtering af signalet

Signalet skal nu igennem de fem forskellige filter, hvor så det samlede output er det, vi er interesseret i.

```

%Filtrering
y_LP = filter(b,a,x);
y_HP = filter(HP,1,x);
y_BP1 = filter(BP1,1,x);
y_BP2 = filter(BP2,1,x);
y_BP3 = filter(BP3,1,x);

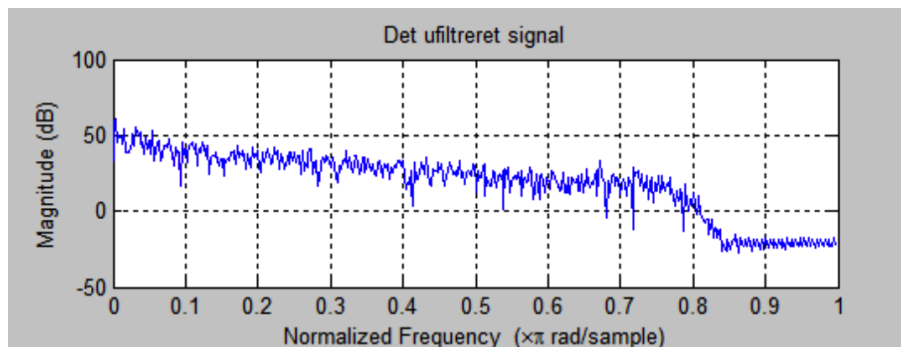
```

Figur 2.4: Signalet filteres gennem de fem filter

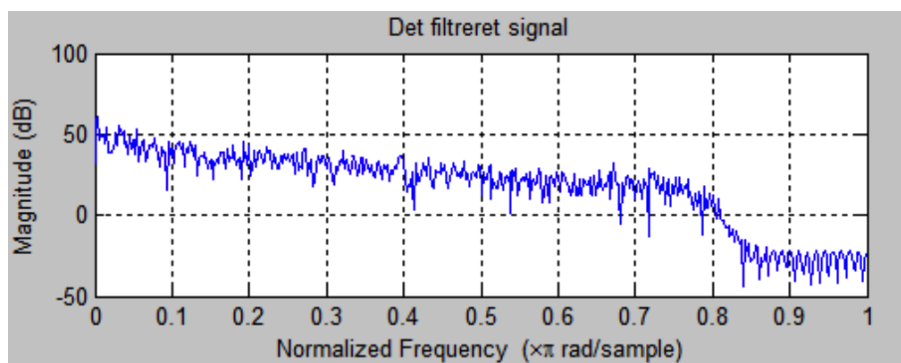

```
%Samlede output for signalet
y_EQ = k1*y_LP + k2*y_HP + k3*y_BP1 + k4*y_BP2 + k5*y_BP3;
```

Figur 2.5: Det samlede filtreret signal

Det ufiltreret signal skal gerne være det samme som det filtreret signalet, hvis alle forstærkningskoefficienterne er lig 1 (Figur 2.6 og 2.7).



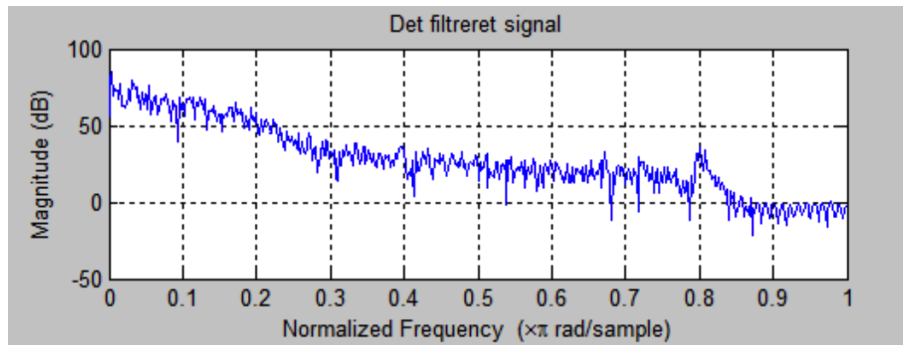
Figur 2.6: Det ufiltreret signal



Figur 2.7: Det filtreret signal

Det er det samme bortset fra efter 0.8, men vores signal løber kun derhen til, så derfor kan vi godt antage, at de to er de samme.

Hvis der så ændres på nogle af forstærkningskoefficienterne, vil vi se højere amplituder i det frekvensbånd, vi forstærker signalet. Fx ønskes der en forstærkning på 15 gange af de dybe toner (Bas) og af de høje toner, vil K1 og K2 ændres fra 1 til 15 og der vil forekomme større amplituder ved de lave frekvenser og de høje frekvenser (Figur 2.8).



Figur 2.8: Det filtreret signal, hvor de dybe og høje toner er blevet forstærket med 15

Så man skal forestille sig, at forstærkningskoefficienterne er knapperne på et stereoanlæg, som man kan dreje på for at skrue op eller ned for de forskellige frekvenser (toner).

2.3 FFT af filtrene

En af opgaverne i projektet var at vise amplitude og fase i frekvensdomænet for de forskellige filteret og samlede signal. Dette gøres ved at tage FFT af signalet og kører det igennem filtrene, der også har været igennem en FFT. Det inverse af det samlede signal af dette skulle gerne være det samme som det ufiltreret signal og det filtreret signal, hvor der ingen forstærkning var.

2.3.1 Lavpas filtreret

For lavpas filtreret laves FFT'en lidt anderledes end ved de andre filtre, da det er et IIR filter.

```
X = fft(x, N);
[h,t] = impz(b,a,441001);

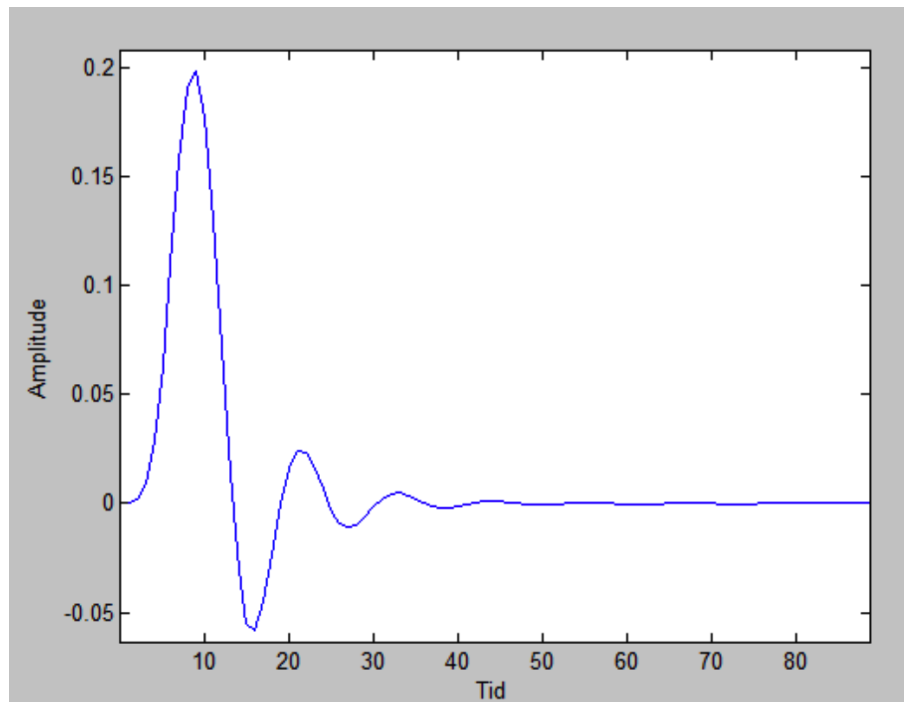
figure(17)
plot(h)

LPf = fft(h.', N);
Y_LPf = X.*LPf;
```

Figur 2.9: FFT af lavpas

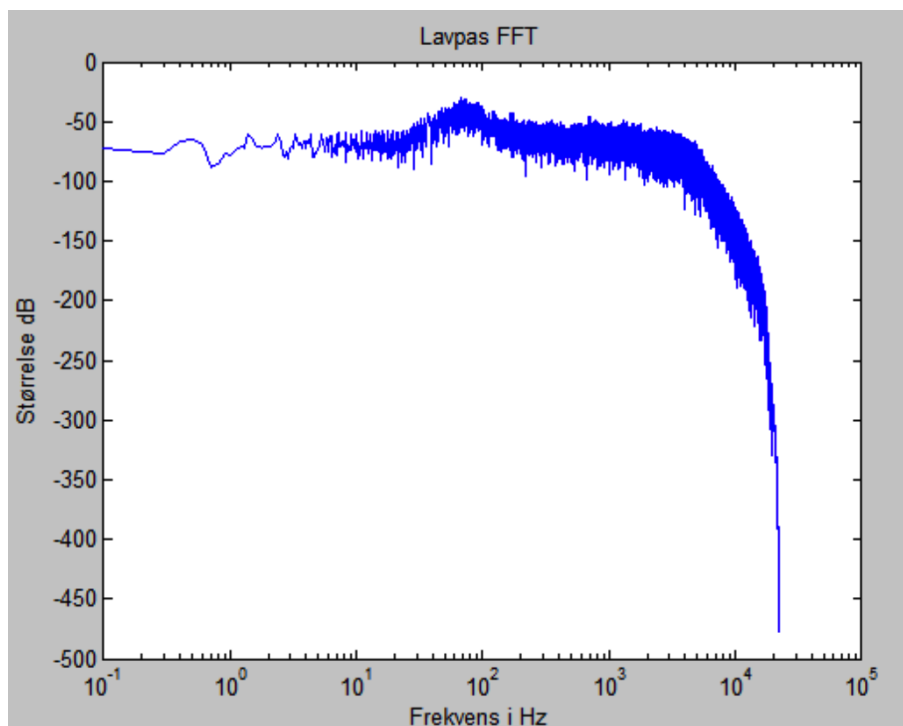
Den første linje er, hvor der tages en FFT af selve signalet. Det er denne X, der benyttes i de andre filtre også.

I anden linje findes impulsresponsen for IIR filtreret, da det er denne man kan tage en FFT af. De 441001 er for at få sammen længde som selve signalet.



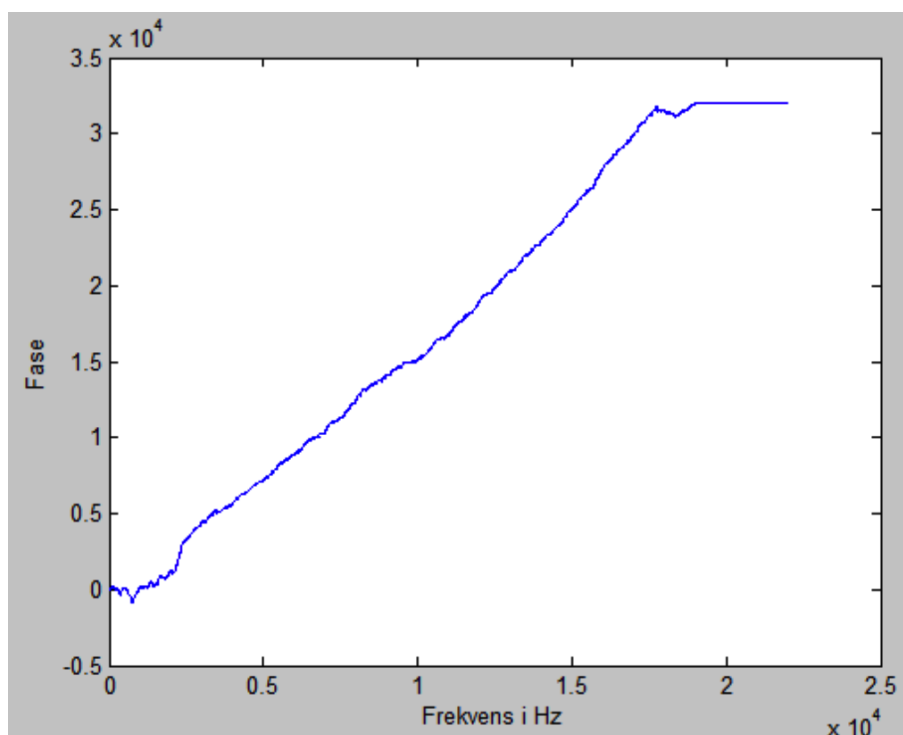
Figur 2.10: IIR lavpas filtrers impulsrespons

Efter at have fundet impulsresponsen kan man lave FFT'en. Det er femte linje, der står for det i Figur 2.9. I sjette linje ganger man signalet sammen med filteret, der begge har været igennem FFT, så man får outputsignalet.



Figur 2.11: Amplituden for Lavpas FFT

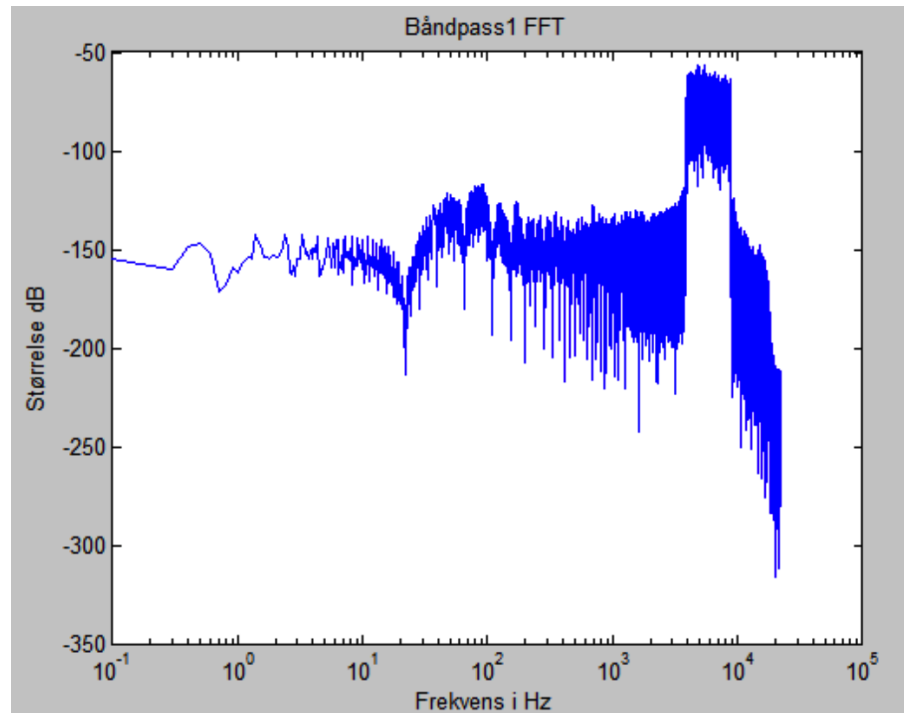
Her kan man se, at det er er lave frekvenser, der bliver lukket igennem.



Figur 2.12: Fasen for Lavpas FFT

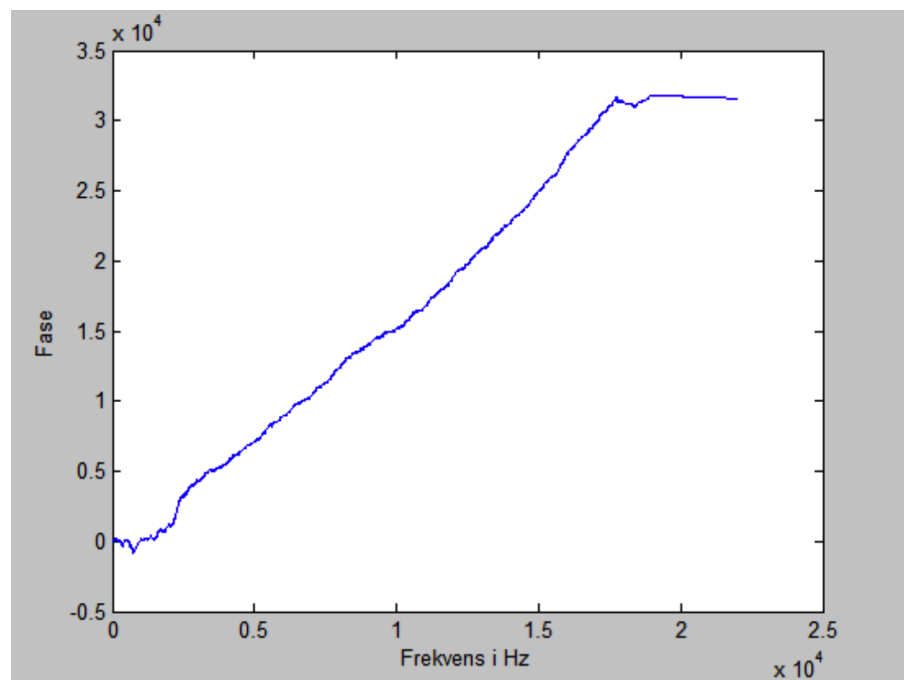
2.3.2 Båndpasfiltre 1

For resten af filterne tager man FFT, som normalt og ganger X og FFT af filterne sammen.



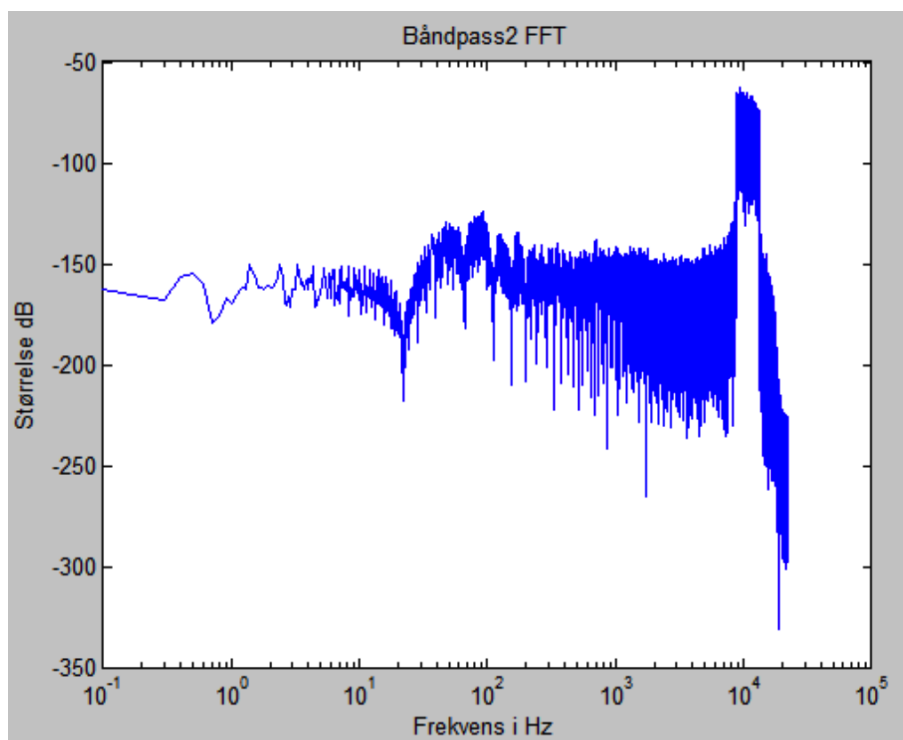
Figur 2.13: Amplituden for Båndpas1 FFT

Her er frekvensintervallet fra 3800 til 9000 forstærket mere end resten af signalet.



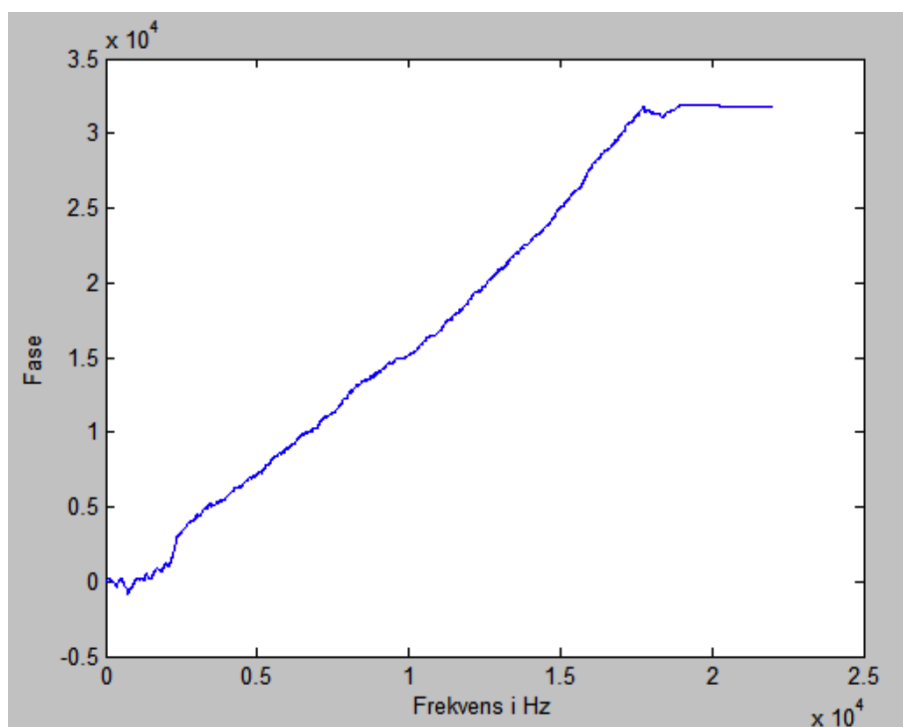
Figur 2.14: Fasen for Båndpas1 FFT

2.3.3 Båndpasfiltre 2



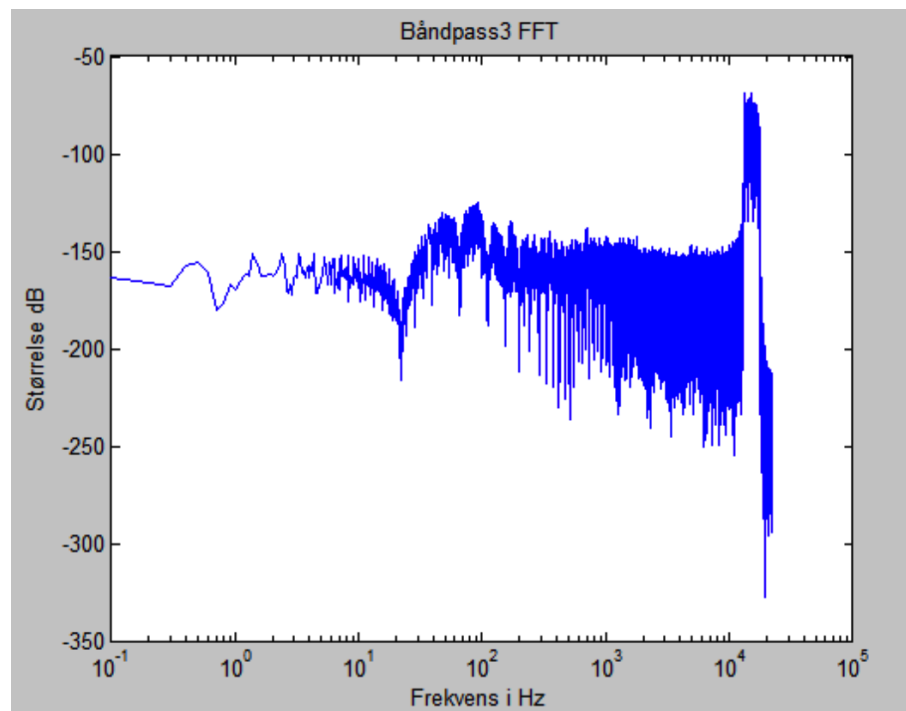
Figur 2.15: Amplitude for Båndpas2 FFT

Her er frekvensintervallet fra 8600 til 13000 forstærket mere end resten af signalet.



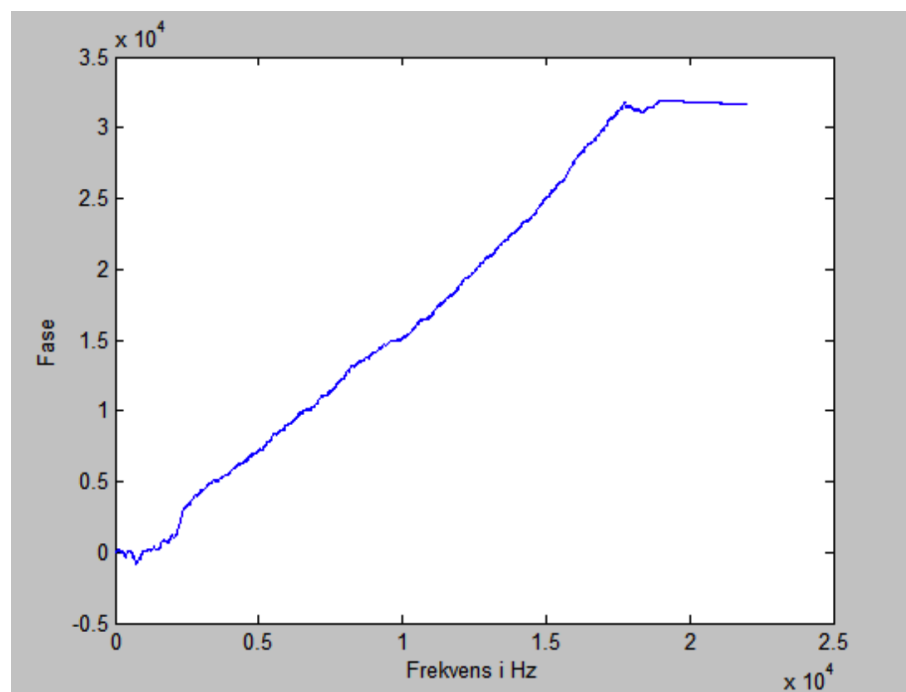
Figur 2.16: Fasen for Båndpas2 FFT

2.3.4 Båndpasfiltre 3



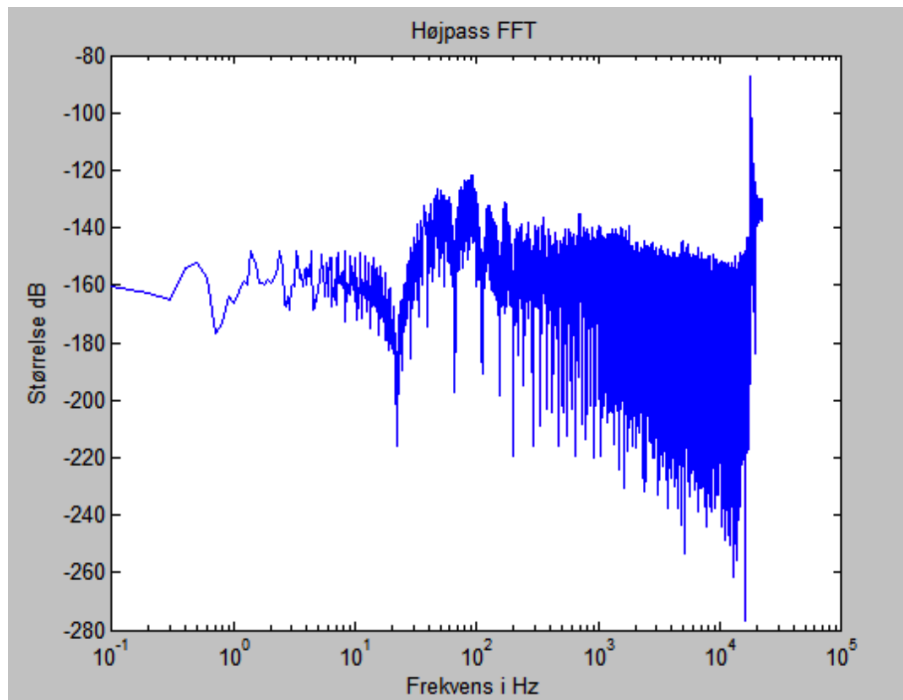
Figur 2.17: Amplituden for Båndpas3 FFT

Her er frekvensintervallet fra 13000 til 17000 forstærket mere end resten af signalet.



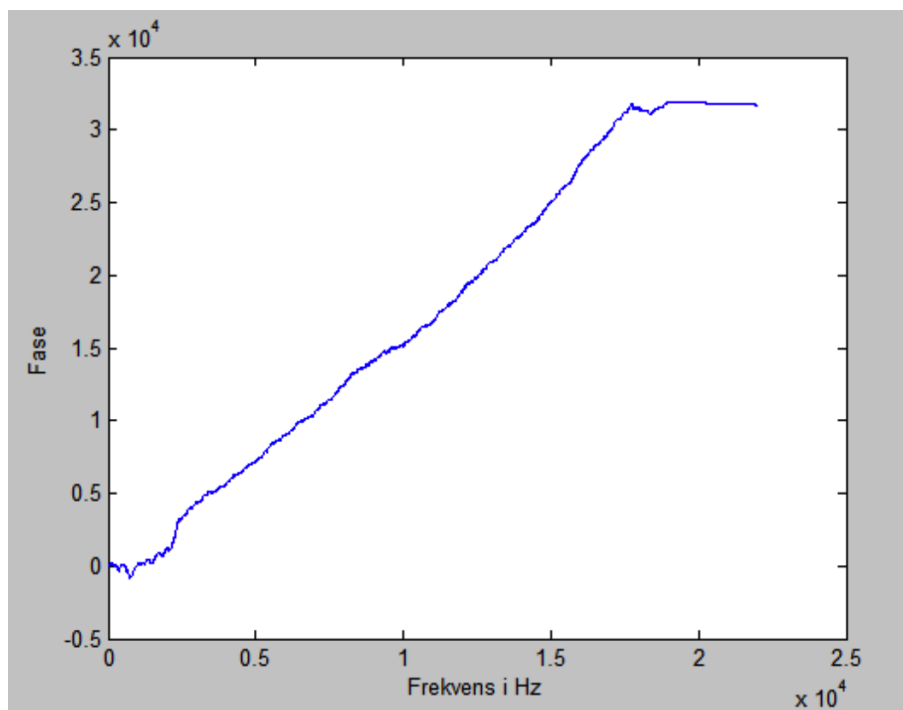
Figur 2.18: Fasen for Båndpas3 FFT

2.3.5 Højpasfiltret



Figur 2.19: Amplituden for Højpas FFT

Her er det frekvenserne fra 17000 og op efter i signalet, der er blevet forstærket.



Figur 2.20: Fasen for højpas FFT

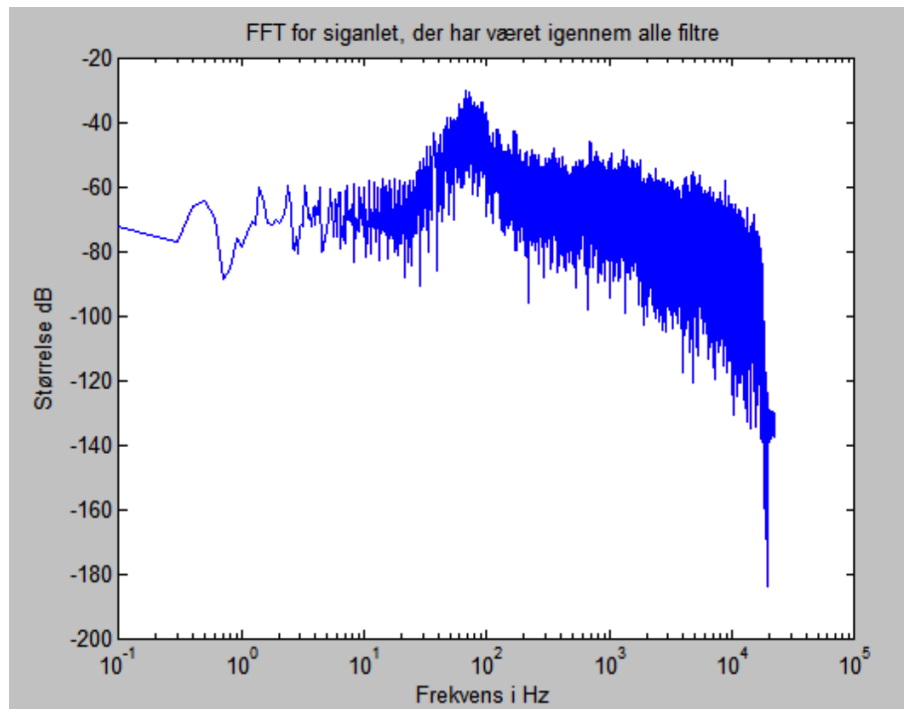
2.4 Det samlede signal

For at finde det samlede output for signalet efter FFT gøres ligesom før (Figur 2.21)

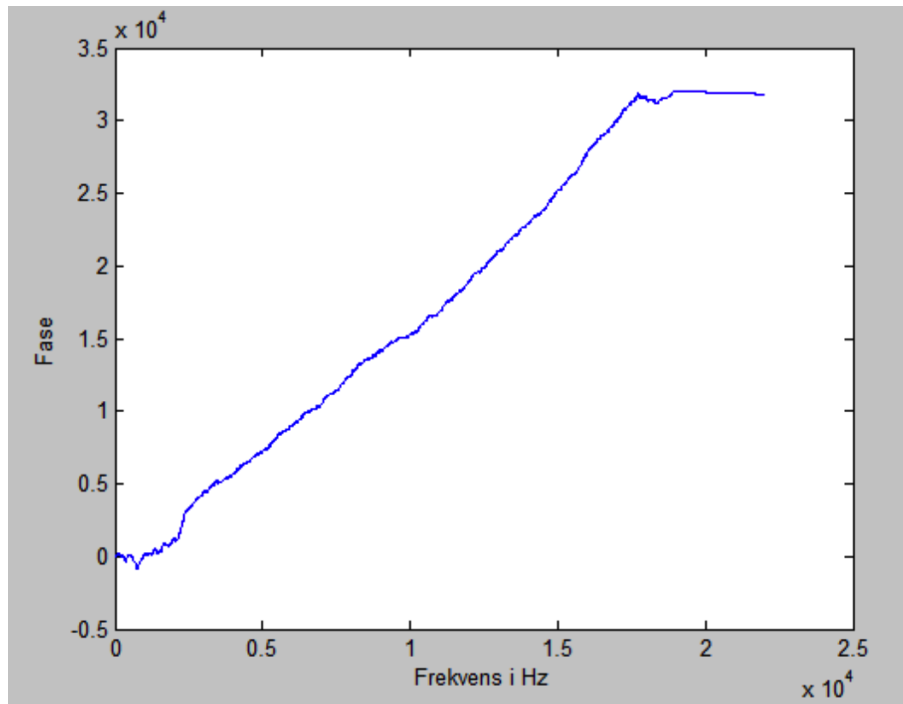
```
%FFT samlede output  
Y_EQf = k1*Y_LPf + k2*Y_HPf + k3*Y_BP1f + k4*Y_BP2f + k5*Y_BP3f;
```

Figur 2.21: Ligning for det samlede signal

Dette plottes og kan ses på Figur 2.22 og 2.23.

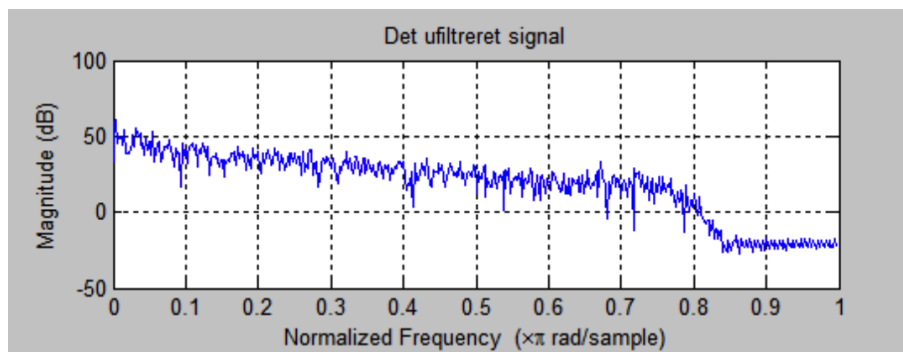


Figur 2.22: Amplituden for det samlede signal, FFT

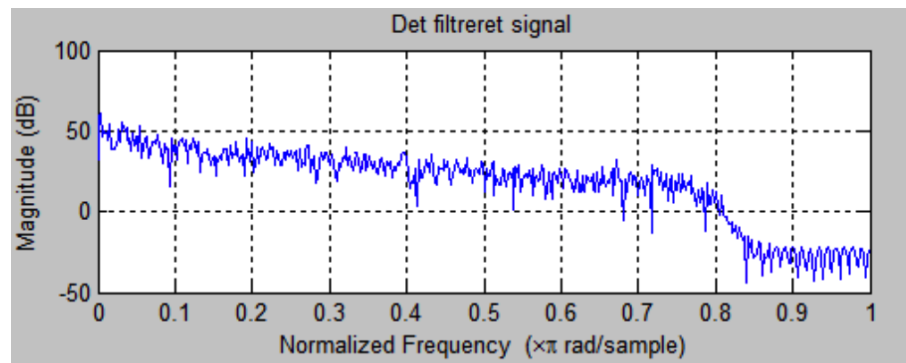
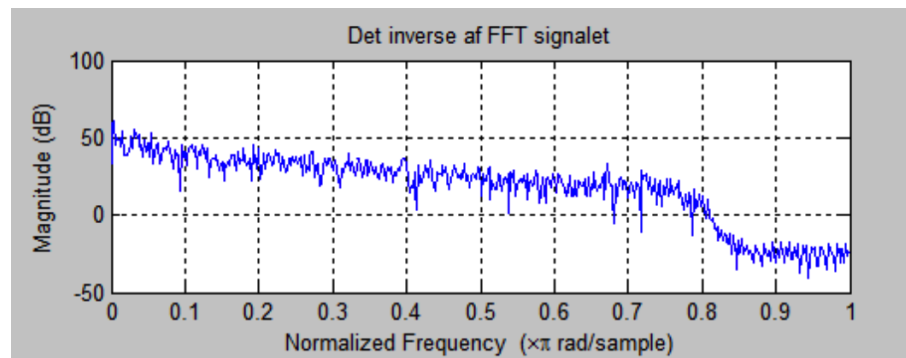


Figur 2.23: Fasen for det samlede signal, FFT

Hvis man tager det inverse af dette burde det blive det samme, som det ufiltreret signal og det filtreret signal, hvor der ingen forstærkning var. Dette plottes og sammenligningen kan ses på Figur 2.24, 2.25 og 2.26.



Figur 2.24: Det ufiltreret signal

*Figur 2.25: Det filtreret signal**Figur 2.26: Det inverse af FFT signalet*

Alle disse er ens, hvilket er det man forventede.

