



Realisierung und Analyse des IIR-Filters

Laborbericht

angefertigt von

Robby Kozok, Nic Frank Siebenborn, Pascal Kahlert

in dem Fachbereich VII – Elektrotechnik - Mechatronik - Optometrie –
für das Modul Digitale Signalverarbeitung III
der Beuth Hochschule für Technik Berlin im Studiengang
Elektrotechnik - Schwerpunkt Elektronische Systeme

Datum 30. Dezember 2015

Lehrkraft

Prof. Dr.-Ing Marcus Purat Beuth Hochschule für Technik

Inhaltsverzeichnis

1	Realisierung des IIR-Filters	2
1.1	Aufgabenstellung	2
1.2	Durchführung	2
1.3	Auswertung	2
2	Analyse des FIR-Filters	3
2.1	Aufgabenstellung	3
2.2	Durchführung	3
A	Quelltext-Dateien	8

Kapitel 1

Realisierung des IIR-Filters

1.1 Aufgabenstellung

1.2 Durchführung

1.3 Auswertung

Kapitel 2

Analyse des FIR-Filters

2.1 Aufgabenstellung

In dieser Aufgabe sollte zunächst die 3dB-Grenzfrequenz des Tiefpass-Filters ermittelt werden. Im weiteren Verlauf sollte mithilfe des Filter Design and Analysis (FDA) - Tools ein IIR-Bandpass-Filter entworfen werden. Folgende Charakteristik ist dabei zu erreichen:

- Butterworth-Charakteristik
- Stoppband-Frequenzen: 2000Hz, 4000Hz
- Passband-Frequenzen: 2000Hz, 4000Hz
- Passband-Welligkeit: 1dB
- Stoppband-Dämpfung: 60dB

2.2 Durchführung

IIR-Tiefpass-Filter

Zur Ermittlung der 3dB-Grenzfrequenz sollte die Frequenz so eingestellt werden, dass das Ausgangssignal 70% der Amplitude des Ausgangssignals bei 50Hz entspricht. Dafür wurde die Amplitude bei 50Hz auf 1V eingestellt, danach haben wir uns das Spektrum des Systems angeschaut.

Dies ist in Abbildung 2.1 zu sehen. Dort sehen wir 3dB-Dämpfung bei 4060Hz. Dies entspricht den Erwartungen, da der Filter seine Grenzfrequenz bei ungefähr 4kHz haben sollte.

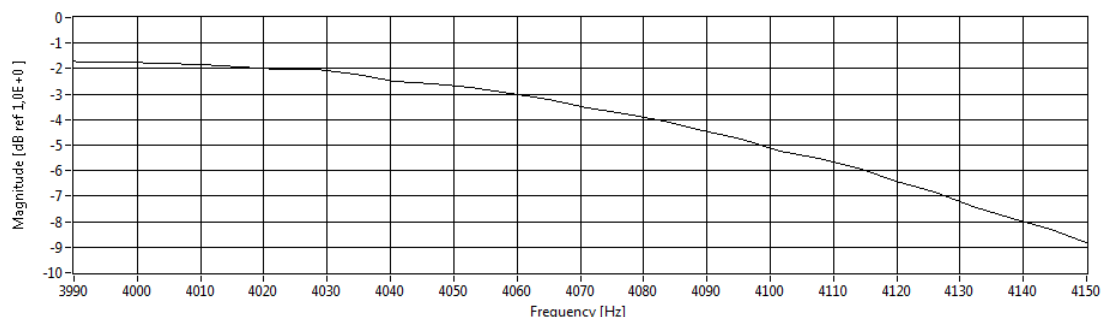


Abbildung 2.1: Ausschnitt des Spektrums des Systems

Im weiteren haben wir dann eine Aufnahme mit dem VI gemacht. Diese ist in Abbildung 2.2 zu sehen, dieses Ergebnis war zu erwarten. Es ist zu sehen das das rote Ausgangssignal bei ungefähr 0,7V liegt und damit 70% der ehemals 1V hat. Die Frequenz wurde auf 4060Hz eingestellt.

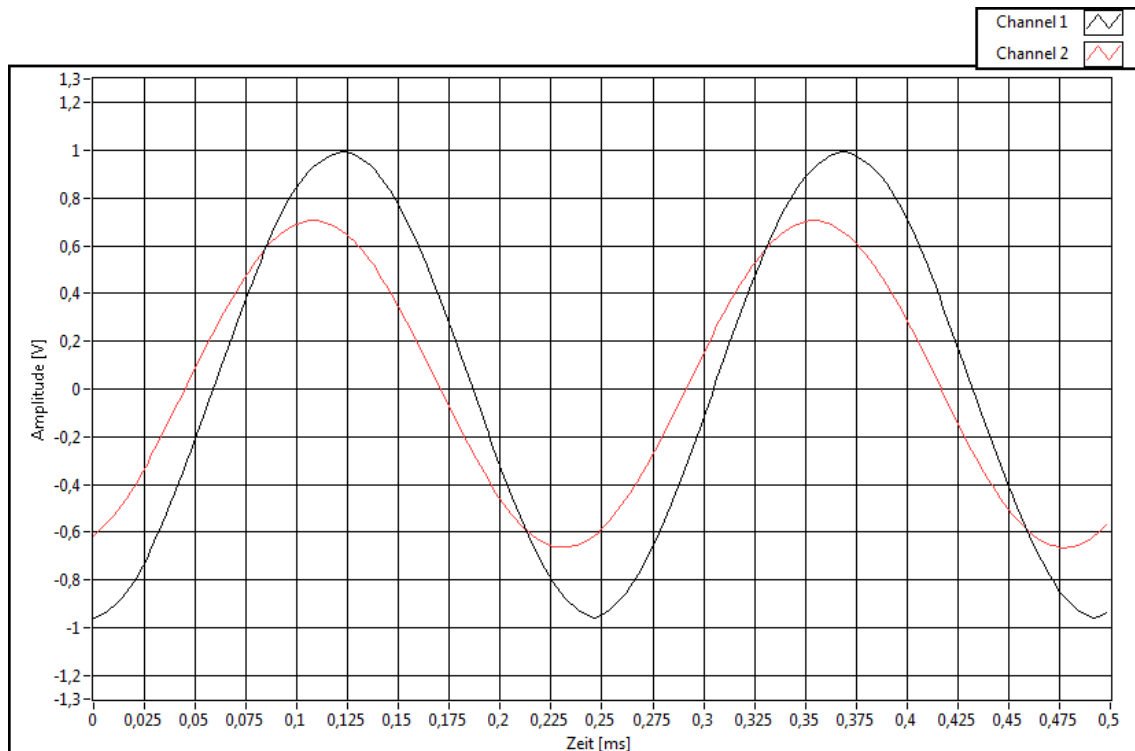


Abbildung 2.2: Ein- und Ausgangssignal nebeneinander

IIR-Bandpass-Filter

Der zweite Teil behandelte die Erstellung IIR-Bandpass-Filters. Zu allererst mussten dafür die Koeffizienten generiert werden. Diese wurde dann mit Matlab abermals optimiert.

```

1 %Hi = [1 b1 b2 1 a1 a2] - die von Matlab vorgegebene Form
2 H1 = [1 0 -1 1 -1.847929303926 0.9850722601925 ];
3 H2 = [1 0 -1 1 -1.81768444585 0.9836465239584 ];
4 H3 = [1 0 -1 1 -1.819862361978 0.9633409060843 ];
5 H4 = [1 0 -1 1 -1.806715933748 0.9619429222893 ];
6
7 %Berechnung der Teilverstärkungen
8 H=abs(freqz(H1(1:3),H1(4:6)));
9 g1=1/max(H);
10 H=g1*H;
11 H=H.*abs(freqz(H2(1:3),H2(4:6)));
12 g2=1/max(H);
13 H=g2*H;
14 H=H.*abs(freqz(H3(1:3),H3(4:6)));
15 g3=1/max(H);
16 H=g3*H;
17 H=H.*abs(freqz(H4(1:3),H4(4:6)));
18 g4=1/max(H);
19
20 %Die von unserem Filter benötigte Form
21 H1 = [-1 0 1 -0.9850722601925 1.847929303926]/2;
22 H2 = [-1 0 1 -0.9836465239584 1.81768444585 ]/2;

```

```

23 H3 = [-1 0 1 -0.9633409060843 1.819862361978]/2;
24 H4 = [-1 0 1 -0.9619429222893 1.806715933748]/2;
25
26 %Teilverstärkungen anwenden
27 for i=1:3
28     H1(i) = H1(i) * g1;
29     H2(i) = H2(i) * g2;
30     H3(i) = H3(i) * g3;
31     H4(i) = H4(i) * g4;
32 end
33 %Werte runden und in unseren Wertebereich verschieben
34 H1n = round(H1 .* 2^15);
35 H2n = round(H2 .* 2^15);
36 H3n = round(H3 .* 2^15);
37 H4n = round(H4 .* 2^15);

```

Matlab-Code zur Optimierung der Koeffizienten

Die Berechnung erfolgte wie bereits für den Tiefpass-Filter. Anschließend mussten die Koeffizienten in den C-Code eingefügt werden.

```

1 // Definition der Filterkoeffizienten
2 #define BIQUAD_STAGES 4 // Anzahl der Koeffizienten
3
4 const short coef[6*BIQUAD_STAGES] = {
5     1,   -122,      0,    122, -16139, 30276, //H4
6     1,   -651,      0,    651, -16116, 29781, //H3
7     1,   -343,      0,    343, -15783, 29817, //H2
8     1,   -451,      0,    451, -15760, 29601 //H1
9 };

```

Codeausschnitt der modifizierten process_data.c

Zur Überprüfung der Implementierung wurde der Amplitudengang und die Sprungantwort aufgenommen. Diese wurden dann mit den von Matlab generierten Idealen Vorgaben verglichen.

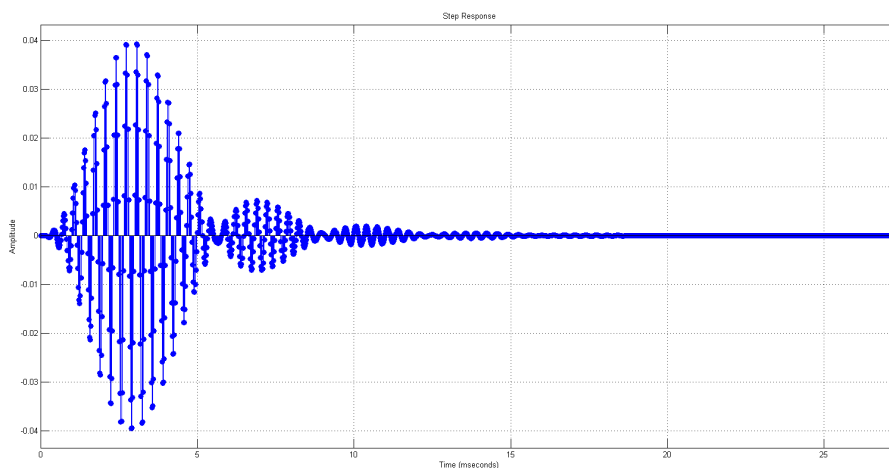


Abbildung 2.3: Ideale Sprungantwort des Filters

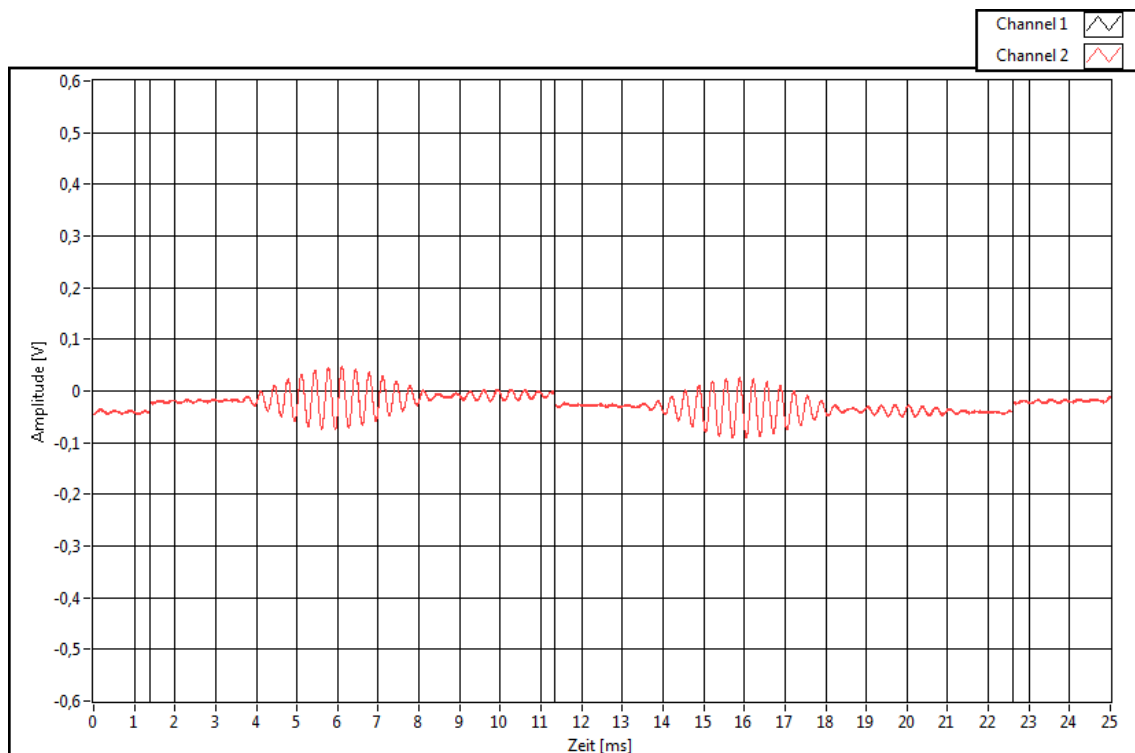


Abbildung 2.4: Reale Sprungantwort des Filters

In Abbildung 2.3 ist die Ideale Sprungantwort und in Abbildung 2.4 die Reale Sprungantwort des Filters zu sehen. Beide Sprungantworten gleichen sich weitestgehend. Die Amplituden der beiden Sprungantworten unterscheiden sich leicht, denn der reale Sprung ist bei uns ein Rechteck, welches eine Amplitude von $V_{pp} = 2V$ hat wohingegen der ideale Sprung nur eine Amplitude von $V_{pp} = 1V$ besitzt. Dies erklärt die leicht kleinere Amplitude der idealen Sprungantwort.

Ein weiterer Unterschied, ist die leichte Dämpfung auf dem Gleichspannungsanteil. Dies erklärt sich durch die Dämpfung des Systems.

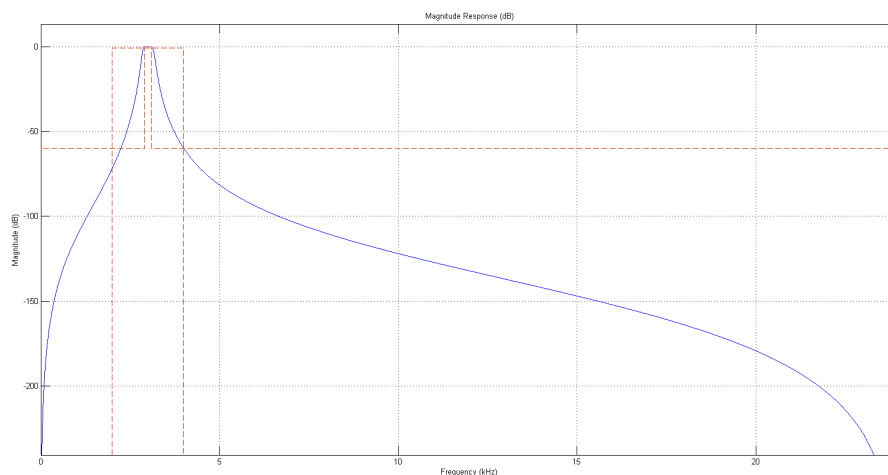


Abbildung 2.5: Idealer Amplitudengang des Filters

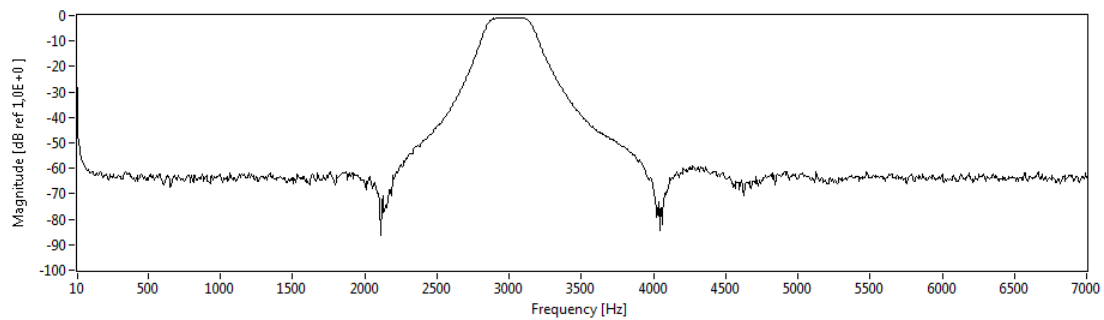


Abbildung 2.6: Realer Amplitudengang des Filters

Abbildung 2.5 ist der ideale Amplitudengang und in Abbildung 2.6 der reale Amplitudengang zu sehen. Beide Amplitudengänge sind sich ähnlich, weisen allerdings im Detail gravierende Unterschiede auf. So erreicht der Reale Filter kein 0dB Dämpfung an der Passfrequenz sondern hat eine Dämpfung von 1dB, dies ist die Dämpfung des Systems. Außerdem wird in den Stoppbändern keine Dauerhafte Dämpfung von unter 60dB erreicht. Dies liegt ebenfalls am System, da dieses 10 Bit nutzt und dabei 0 dB bis -60 dB bei einer Auflösung von 1 dB darstellt. Allerdings erfüllt dies trotzdem die Anforderung.

Peaks
erklären

Anhang A

Quelltext-Dateien

Abbildungsverzeichnis

2.1	Ausschnitt des Spektrums des Systems	3
2.2	Ein- und Ausgangssignal nebeneinander	4
2.3	Ideale Sprungantwort des Filters	5
2.4	Reale Sprungantwort des Filters	6
2.5	Idealer Amplitudengang des Filters	6
2.6	Realer Amplitudengang des Filters	7

Abkürzungsverzeichnis

FDA Filter Design and Analysis. 3