



Realisierung und Analyse des FIR-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 16. Dezember 2015

Lehrkraft

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

Einleitung

Inhaltsverzeichnis

1	Realisierung des FIR-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
2.3	Auswertung des Mittelwert FIR-Filter	5
2.4	Auswertung des FIR-Filter höherer Ordnung	9
A	Quelltext-Dateien	11

Kapitel 1

Realisierung des FIR-Filters

1.1 Aufgabenstellung

1.2 Durchführung

1.3 Auswertung

Kapitel 2

Analyse des FIR-Filters

2.1 Aufgabenstellung

Im zweiten Teil des Laborversuchs sollte das Verhalten des Filters mit den Ergebnissen der Vorbereitung verglichen werden.

Außerdem soll ein FIR-Filter höherer Ordnung, mithilfe eines MatLab-Tools entworfen werden.

2.2 Durchführung

Zur Analyse des in 1 erstellten Filters wurde ein Sinussignal an den Eingang des Filters angelegt werden. Durch alternieren der Frequenzen des Signals, konnten wir dann die Nullstellen anhand der Amplitude des Ausgangssignals ermitteln.

Diese Analyse wurde dann mit Aufnahme des Amplitudenganges vertieft.

Zum aufnehmen der Sprungantwort wurde dann ein Rechtecksignal mit 2000Hz. Diese Frequenz wurde ausgewählt, da ein zu schnelles Signal dazu führen würden, dass die Sprungantwort des Filters nicht in eine komplette Periode des Rechtecksignals passen würde.

Im zweiten Teil dieses Versuchteils, wurde ein Filter höherer Ordnung mit einem Filter Design and Analysis (FDA)-Tool entworfen. Dabei sollte folgende Parameter genutzt werden:

- Equiripple-Charakteristik
 - Passband-Frequenz: 3400 Hz
 - Stoppband-Frequenz: 4000 Hz
 - Abtastfrequenz: 48000 Hz
 - Passband-Welligkeit: 2dB
 - Stoppband-Dämpfung: 80dB
-

Die dadurch erzeugten Filter Koeffizienten wurden dann im fractional Format in die bereits vorhandene C-Header-Datei eingefügt. Dies ist in dem untenstehenden Quellcode-Ausschnitt zu sehen.

```

1 // Definition der Filterkoeffizienten
2 #define N_FILT 184 // Anzahl der Koeffizienten
3
4 const short coef[N_FILT] = {
5     -5,    -12,   -25,   -43,   -67,   -98,  -132,  -168,  -200,
6     -226,  -239,  -237,  -215,  -175,  -119,  -51,   21,   89,
7     144,   179,   189,   173,   134,   79,   18,   -39,  -81,
8     -100,  -92,   -59,   -7,    54,   112,  155,  174,  163,
9     124,   64,    -5,   -69,  -115,  -132,  -114,  -64,   9,
10    91,   164,   213,   224,   193,   124,   31,   -70, -155,
11   -206,  -209,  -160,   -66,   56,   181,  282,  334,  323,
12   245,   112,   -52,  -214,  -336,  -390,  -355,  -231,  -36,
13   196,   416,   575,   630,   555,   347,   33,  -336, -686,
14  -939, -1017,  -864,  -454,   204,  1058,  2024,  2996,  3856,
15  4500,  4843,  4843,  4500,  3856,  2996,  2024,  1058,   204,
16  -454,  -864, -1017,  -939,  -686,  -336,   33,   347,   555,
17   630,   575,   416,   196,   -36,  -231,  -355,  -390,  -336,
18  -214,   -52,   112,   245,   323,   334,   282,   181,   56,
19   -66,  -160,  -209,  -206,  -155,   -70,   31,   124,   193,
20   224,   213,   164,   91,    9,   -64,  -114,  -132,  -115,
21   -69,   -5,    64,   124,   163,   174,   155,   112,   54,
22   -7,   -59,   -92,  -100,   -81,   -39,   18,   79,   134,
23   173,   189,   179,   144,   89,   21,   -51,  -119,  -175,
24  -215,  -237,  -239,  -226,  -200,  -168,  -132,  -98,   -67,
25   -43,   -25,   -12,   -5
26 }; // Von MatLab generierte Filter Koeffizienten

```

process_data_KompFIR.c

In Zeile 2 wurde die Anzahl der Koeffizienten festgelegt und in Zeile 4 bis Zeile 26 wurden die Koeffizienten eingetragen, außer diesen Änderungen war es nicht notwendig den Quellcode anzupassen.

2.3 Auswertung des Mittelwert FIR-Filter

Für diesen Aufgabenteil haben wir jeweils zwei Minimalfälle und zwei normale Fälle ausgewählt, alle Eingangssignale haben eine Amplitude von 1V. Diese sind in Abbildung 2.1 bis Abbildung 2.4

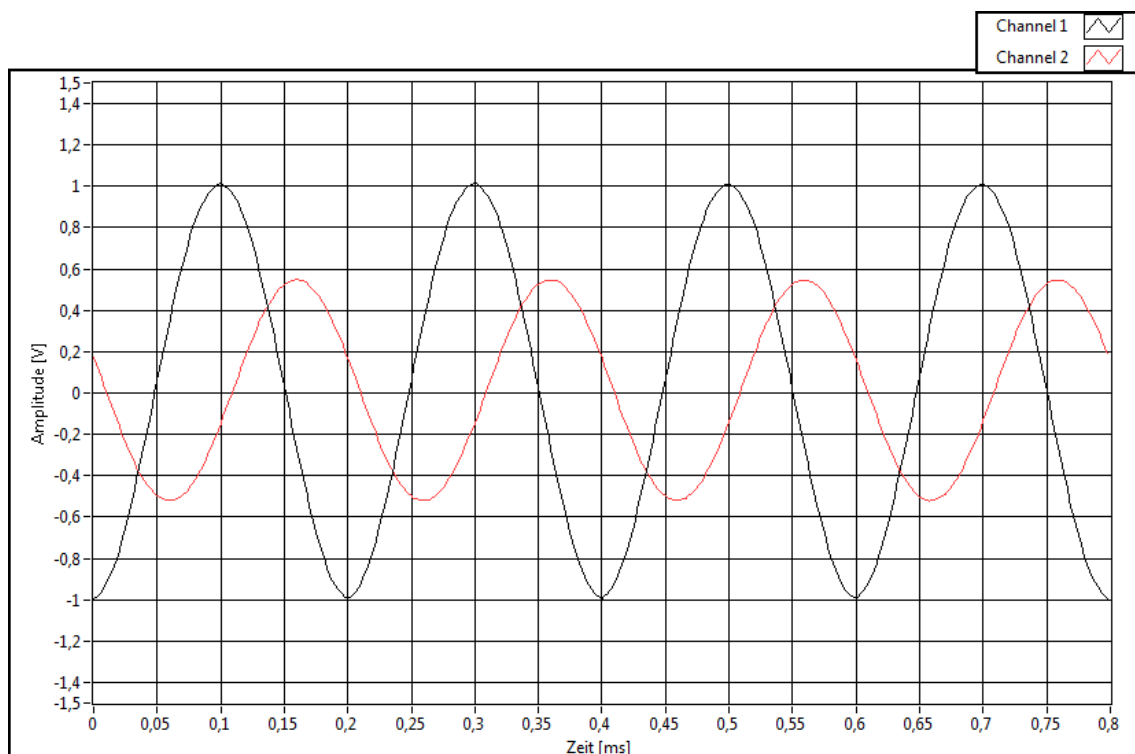


Abbildung 2.1: Frequenz: 5 kHz

In Abbildung 2.2 und Abbildung 2.4 sind die Auswirkungen der Nullstellen des Filters zu sehen. Dort ist das Ausgangssignal fast Null. In Abbildung 2.1 und Abbildung 2.3 ist zu sehen, dass das Signal gedämpft ist aber deutlich größer Null ist. Diese Ergebnisse entsprechen der Vorbereitung.

Die Verzögerung zwischen Eingangssignal und Ausgangssignal ist, wie bereits im ersten Laborversuch, dem Versuchsaufbau zu verschulden, allerdings treten nun durch den Filter wiederum Verzögerungen auf. Diese Verzögerungen sind damit zu erklären, dass der FIR Filter den Ausgang immer aus den letzten N_{FILT} Werten bestimmt. Damit folgt auch das ausgegebene Signal diesem Muster.

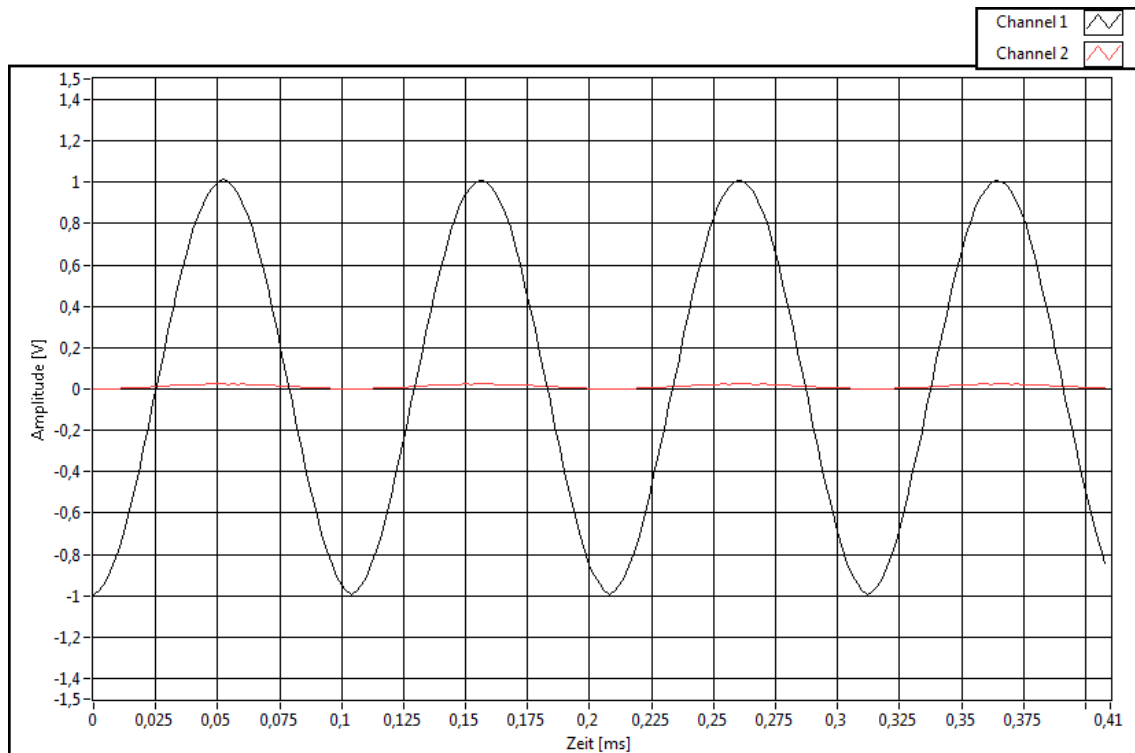


Abbildung 2.2: Frequenz: 9,6 kHz

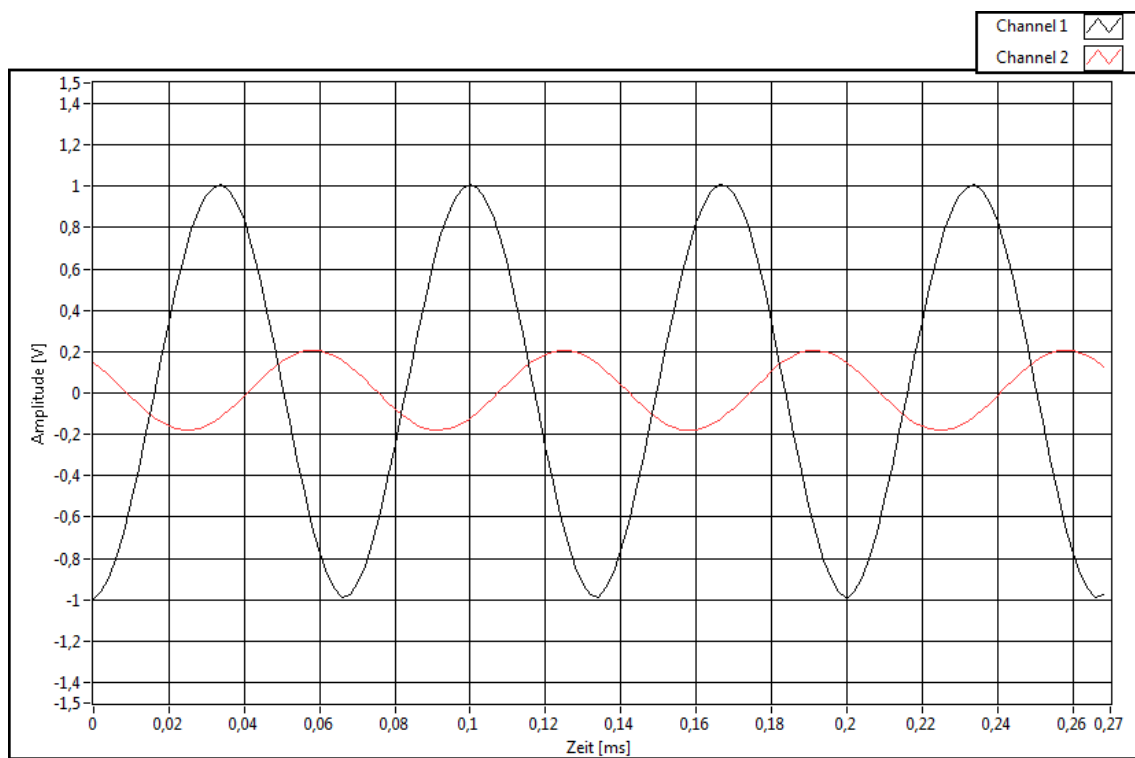


Abbildung 2.3: Frequenz: 15 kHz

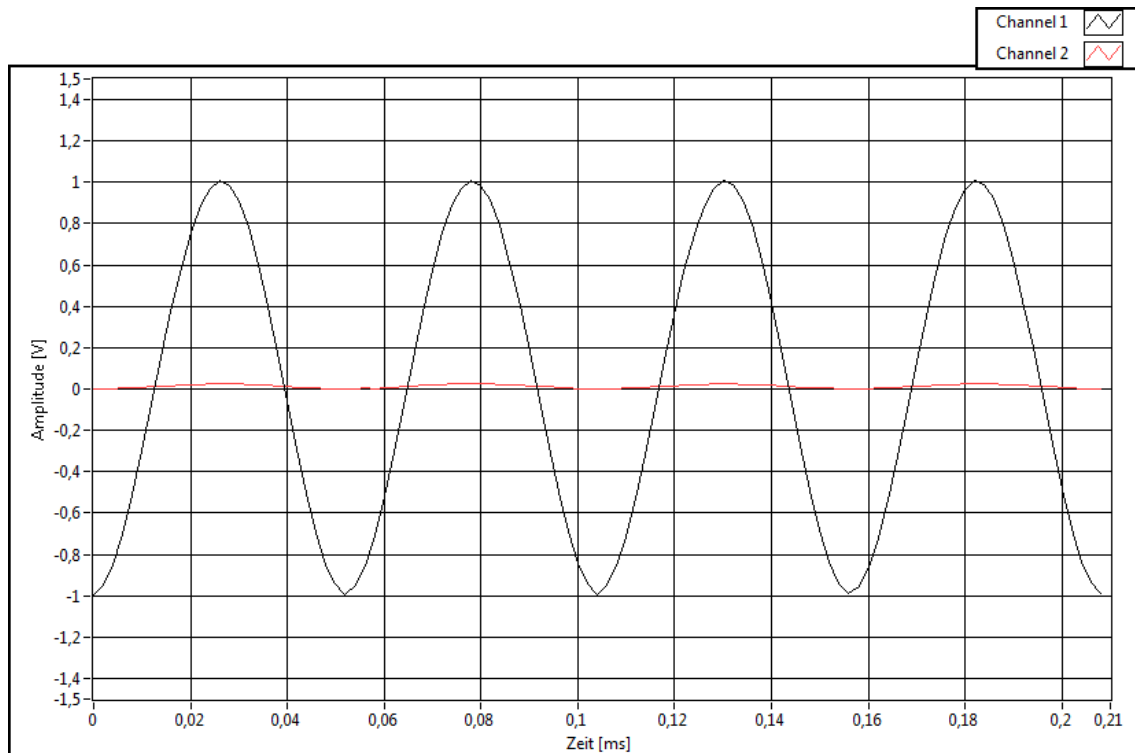


Abbildung 2.4: Frequenz: 19,2 kHz

Die Nullstellen lassen sich des weiteren im Amplitudengang ablesen, dieser ist in 2.5 zu sehen. Dort ist bei ungefähr 9,6 kHz ein Einbruch auf -68dB und ein Einbruch auf -65dB bei 19,2 kHz zu sehen.

Auffällig, aber nicht weiter überraschend, ist der Verlauf des Signals bei ca. 24 kHz. Dieser folgt aus dem Tiefpassverhalten des Codecs.

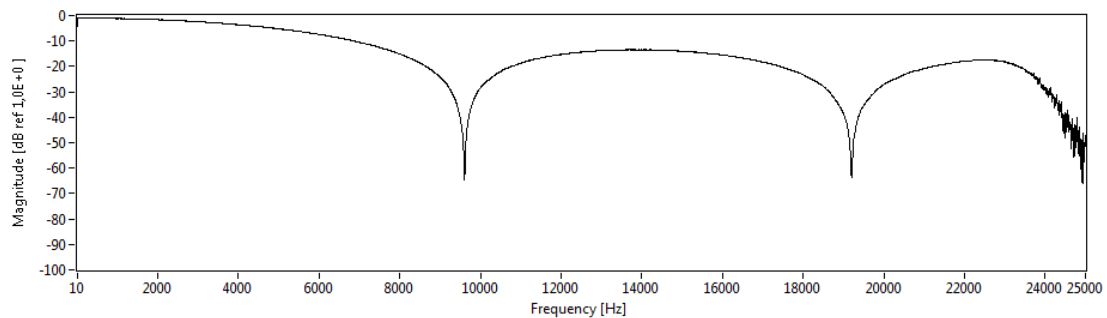


Abbildung 2.5: Amplitudengang des FIR Mittelwertfilters

Im weiteren Verlauf soll nun die Sprungantwort des Filters analysiert werden.

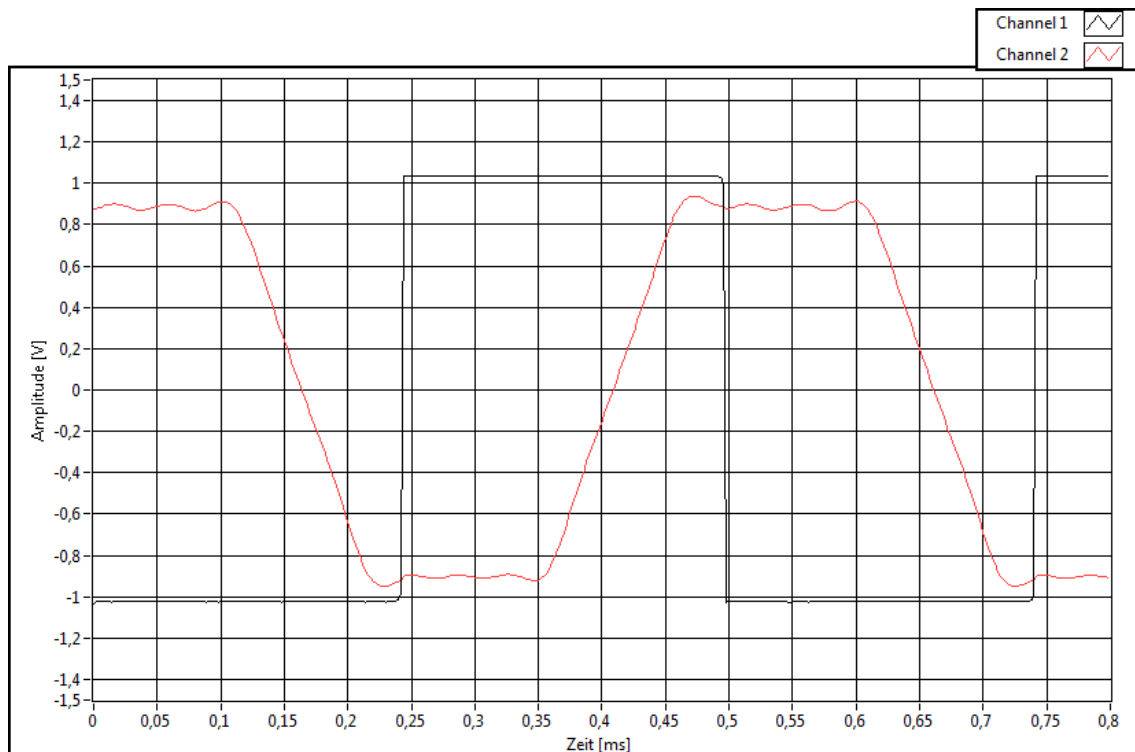


Abbildung 2.6: Sprungantwort des FIR Mittelwertfilters

Der Sprung ist mit dem schwarzen Graphen dargestellt und die Sprungantwort mit dem roten Graphen. Der lineare und leicht verzögerte Anstieg der Sprungantwort entspricht dem Verhalten eines FIR Filter. In der Theorie müsste diese lineare Gerade eine Treppenform haben, diese Form wird allerdings durch das Tiefpassverhalten des Systems geglättet. Wie bereits bei der Analyse der Ausgangssignale erwähnt tritt eine Anstiegszeit von N_{FILT} Werte auf, in diesem Beispiel sind dies 5 Werte, also 5 Abtastwerte.

Damit lässt sich die Anstiegszeit berechnen.

$$T_{rise} = N_{FILT} * \frac{1}{f_{Abtast}} \quad (2.1)$$

$$T_{rise} = 5 * \frac{1}{48kHz} = 104,2\mu s$$

Diese Anstiegszeit deckt sich, mit leichter Abweichung, mit Abbildung 2.6.

2.4 Auswertung des FIR-Filter höherer Ordnung

Das Matlab FDA-Tool erzeugt neben den Koeffizienten auch die Graphen welche das Verhalten des erzeugten Filters darstellen. Der ideale Amplitudengang des erzeugten Filters ist in Abbildung 2.7 zu sehen.

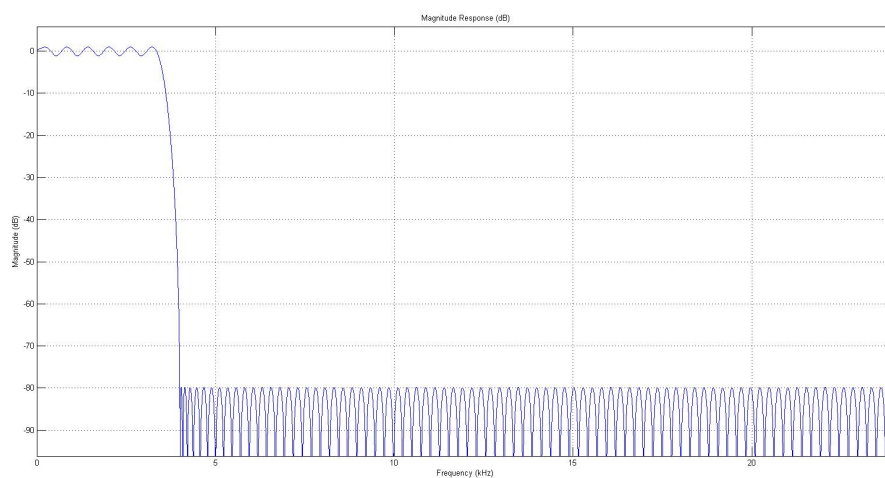


Abbildung 2.7: Idealer Amplitudengang des erzeugten Filters

Im Vergleich dazu soll nun in Abbildung 2.8 der reale Amplitudengang gezeigt werden.

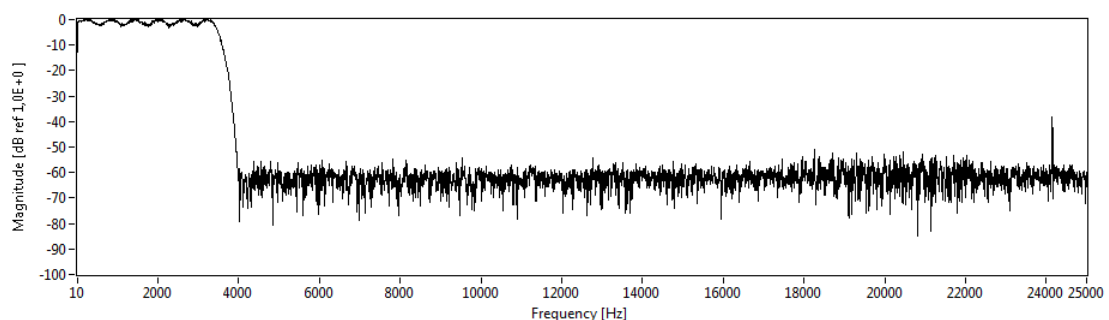


Abbildung 2.8: Realer Amplitudengang des erzeugten Filters

Beide Amplitudengänge ähneln einander. Im Durchlassbereich ist im realen Amplitudengang eine leichte Dämpfung zu erkennen. Diese liegt zwischen 1 dB und 2 dB und ist auf die Skalierung von ADC und DAC zurückzuführen. Die Grenzfrequenz beträgt in beiden Abbildungen ca. 4 kHz.

Im Sperrbereich ist deutlich zu erkennen dass die Dämpfung des idealen Amplitudengangs

nicht erreicht wird. Es werden lediglich -60 dB erreicht, im idealen Amplitudengang sind es jedoch -80 dB.

Die Sprungantwort des idealen Filters ist in Abbildung 2.10 und die Sprungantwort des realen Filters in Abbildung 2.9 zu sehen.

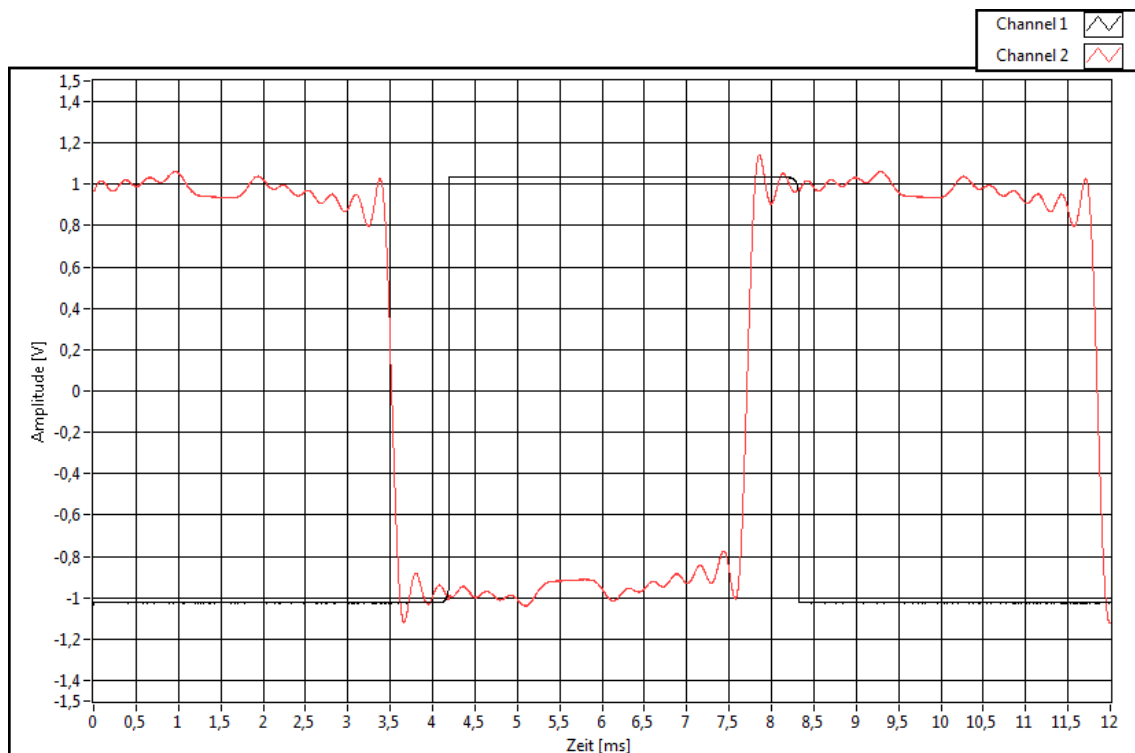


Abbildung 2.9: Reale Sprungantwort des erzeugten Filters

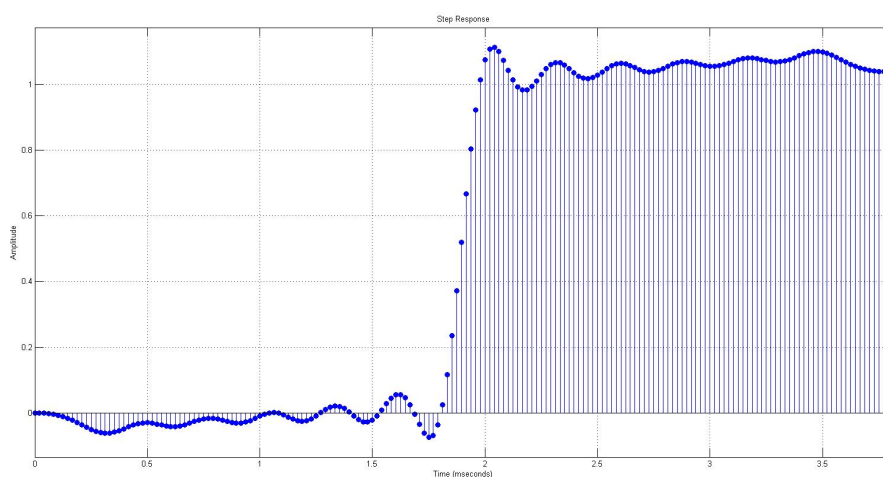


Abbildung 2.10: Ideale Sprungantwort des erzeugten Filters

Das Verhalten des realen Filters entspricht sehr genau unseren Erwartungen. Es ist lediglich eine leichte Dämpfung zu erkennen. Die Anstiegszeit, sowie das Überschwingverhalten sind fast identisch.

Anhang A

Quelltext-Dateien

Abbildungsverzeichnis

2.1	Frequenz: 5 kHz	5
2.2	Frequenz: 9,6 kHz	6
2.3	Frequenz: 15 kHz	6
2.4	Frequenz: 19,2 kHz	7
2.5	Amplitudengang des FIR Mittelwertfilters	8
2.6	Sprungantwort des FIR Mittelwertfilters	8
2.7	Idealer Amplitudengang des erzeugten Filters	9
2.8	Realer Amplitudengang des erzeugten Filters	9
2.9	Reale Sprungantwort des erzeugten Filters	10
2.10	Ideale Sprungantwort des erzeugten Filters	10

Abkürzungsverzeichnis

FDA Filter Design and Analysis. 3, 9