



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

Digitale Signalverarbeitung

---

## Labor Nr. 3: FIR Filter

---

*Autoren:*

Tommy JAHNKE  
Nils PARCHE

*Professor:*

Prof. Dr. VOLLMER

21. November 2017

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Attachements</b>	<b>2</b>
2.1	A1 Tiefpassentwurf mit <code>fir()</code> . . . . .	2
2.2	A2 Tiefpassentwurf mit <code>firpm()</code> . . . . .	5
2.3	B Bandpass-Filterentwurf . . . . .	6
2.4	C1 Analoge Übertragungscharakteristik des DSK Boards . . . . .	8
2.5	C2 Echtzeit-Festkomma-Implementierung des FIR-Filters . . . . .	8
2.6	C3 Vergleich des Amplitudengangs vom FIR-Filter Matlab - DSK Board . . . . .	8
2.7	D Profiling FIR-ISR . . . . .	8
2.8	E Weichenfilter Transformation mit $h_{TP} \rightarrow h_{HP}$ ..... . . . .	8
2.9	F Weichenfilter Amplitudengang Hoch- und Tiefpass . . . . .	8
2.10	G Weichenfilter Transformation mit $h_{TP} \rightarrow h_{HP}$ ..... . . . .	8
<b>3</b>	<b>Fazit</b>	<b>11</b>

---

# 1 Beschreibung

Die Labordurchführung wurde nach der Praktikumsbeschreibung „FIR Filter Implementierung in MATLAB und in C“ bearbeitet. In dieser Beschreibung wird davon ausgegangen, dass die Laborbeschreibung vorliegt.

In dem nachfolgenden Bericht wird der FIR-Filter theoretisch untersucht und als  $h_{TP}$ ,  $h_{HP}$  und  $h_{BP}$  auf einem DSP Implementiert und untersucht.

## 2 Attachements

### 2.1 A1 Tiefpassentwurf mit fir()

Mit der Matlab Funktion `fir()` ist ein FIR-Tiefpassfilter zu entwerfen. Um die geforderten Grenzwerte einzuhalten muss zunächst die Filterordnung mit dem M-File `Kaiser_Order_01.m` bestimmt werden. Die Koeffizienten werden mit dem M-File `fir_1.m` gemäß Listing 2 bestimmt. Außerdem wird der Amplitudengang ( $x$ =normiert auf  $F_s/2$ ), das Zeitsignal und der Frequenzgang vor sowie nach dem Filter in einem Diagramm ausgegeben. Die normierten Filterkoeffizienten (normiert auf  $\pm 1$ ) müssen für die spätere Implementierung in den DSP auf 16-Bit Integer werte angepasst werden. Dazu werden die Koeffizienten mit einem Korrekturfaktor versehen. In Abbildung 1 sind die Änderungen von Listing 2 aufgeführt.

Korrekturwert maximal  $1 \approx 32767 \rightarrow 1\text{-Bit Vorzeichen} + 15\text{-Bit Wertebereich}$ .

$$b_k(x) = b(x) * 2^{15} - 1 \quad (1)$$

Parameter	Wert
Eckfrequenz Durchlassbereich	1800 $Hz$
Eckfrequenz Sperrbereich	2600 $Hz$
Maximaler Ripple im Durchlassbereich	0.5 $db$
Minimale Sperrdämpfung	40 $db$
Abtastfrequenz	8000 $Hz$

```

1 N=23; %FIR1 requires filter order (N) to be EVEN when gain = 1 at Fs/2.
2 % Normierte Eckfrequenz im Durchlassbereich auf Fs/2. 1800 Hz/4000Hz = 9/20
3 % = 0.45
4 % Normierte Eckfrequenz im Sperrbereich auf Fs/2. 2600 Hz/4000 Hz = 13/20 = 0.65
5 W=(9/20); %Specify Bandstop filter with stop band between
6 %0.4*(Fs/2) and 0.6*(Fs/2)
7 B=fir1(N,W,'DC-1') %Design FIR Filter using default Hamming window.
8 correction = 32767; % Correction for 16-bit integer normalized 1
9 B_correction =int16(B*correction) %cast B to 16 bit short Int
10 %create header file fir_coef.h (FIR filter coefficients)
11 filnam = fopen('LP_coef.h', 'w'); % generate include-file
12 fprintf(filnam,'#define N %d\n', N+1);
13 fprintf(filnam,'short h[N]={\n');
14 j = 0;
15 for i= 1:N+1;
16     fprintf(filnam,' %6.0f,', B_correction(i));
17     j = j + 1;
18     if j >7
19         fprintf(filnam, '\n');
20         j = 0;
21     end
22 end

```

Listing 1: `fir_2a.m` Matlab-File Auszug - Tiefpassfilter Ordnung 23

```
1 #define N 24
2 short h[N]={
3     -38,    73,    123,   -145,   -422,    167,   1080,    126,
4     -2332, -1431,  5700, 13482, 13482,  5700, -1431, -2332,
5     126,   1080,   167,   -422,   -145,    123,    73,   -38,
6 };
```

Listing 2: FIR-Filter Koeffizienten Ordnung 23

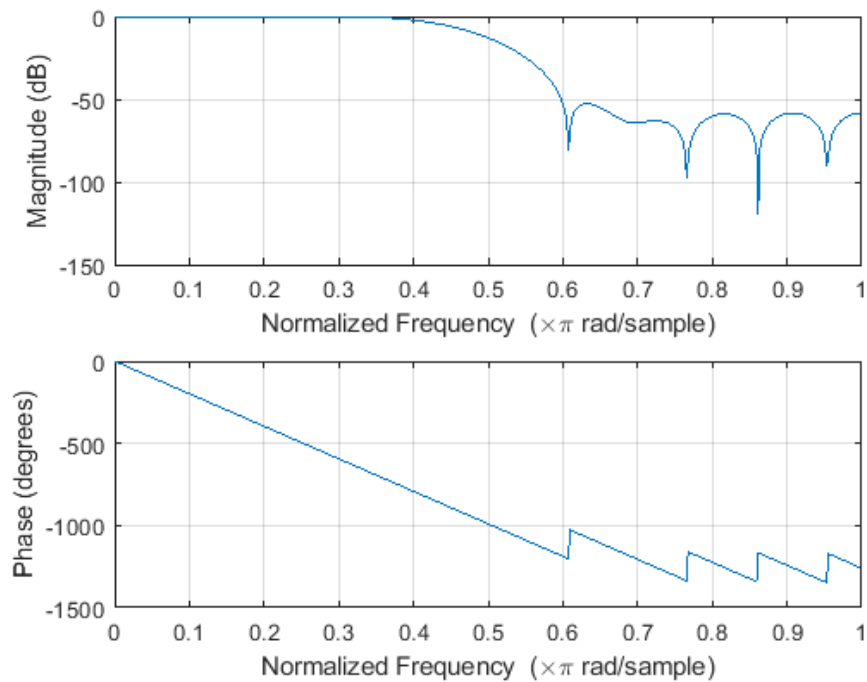


Abbildung 1: Amplituden und Phasengang - FIR-Filter Tiefpass

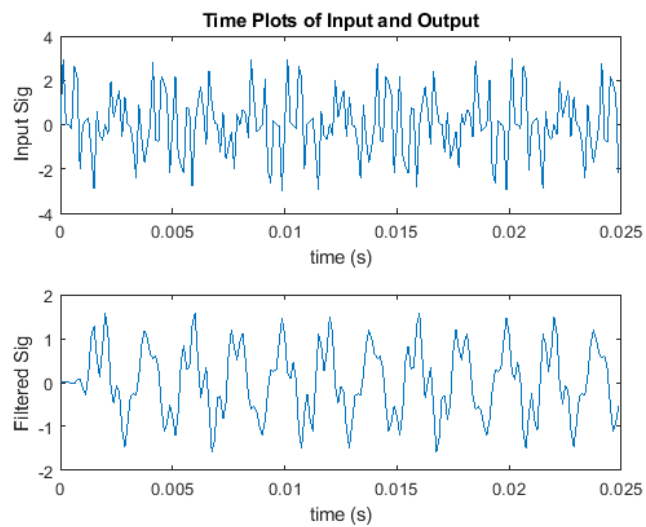


Abbildung 2: Eingangs- und gefiltertes Ausgangszeit-signal - FIR-Filter Tiefpass

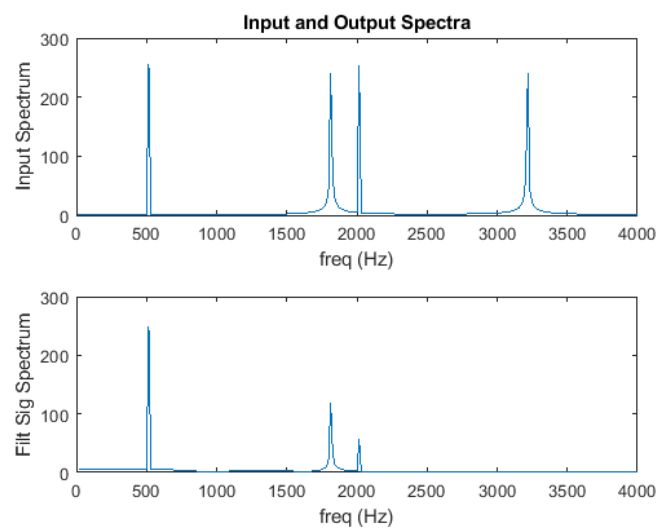


Abbildung 3: Eingangs- gefiltertes Ausgangs Frequenzspektrum

## 2.2 A2 Tiefpassentwurf mit firpm()

```
1 % fir_2b.m
2 % FIR filter design example using the MATLAB firpm function
3 % Autor: Nils Parche, 19.11.2017
4
5 Fs=8e3; %Specify Sampling Frequency
6 Ts=1/Fs; %Sampling period.
7 Ns=512; %No of time samples to be plotted.
8 F=[1800 2600]; %Cutoff frequenzcy
9 A=[1 0]; % Desired amplitude
10 RP = 0.5; % Passband ripple
11 RS = 40; % Stopband ripple
12 DEV = [(10^(RP/20)-1)/(10^(RP/20)+1) 10^(-RS/20)];
13
14 [N, F0, A0, W] = firpmord(F, A, DEV, Fs)
15 B=firpm(N, F0, A0, W) %Design FIR Filter using default Hamming window.
16 correction = 32767;
17 %B_correction = cast((B*correction), 'uint16') %cast B to 16 bit short Int
18 B_correction = floor(B*correction);
```

Listing 3: fir\_2b.m Matlab-File Auszug - Tiefpassfilter Ordnung 16

```
1 #define N 17
2 short h[N]={
3     188,   -728,   -820,   1152,   1017,  -2848,  -1258,  10203,
4     17728, 10203,  -1258,  -2848,   1017,   1152,   -820,   -728,
5     188,};
```

Listing 4: FIR-Filter Koeffizienten Ordnung 16

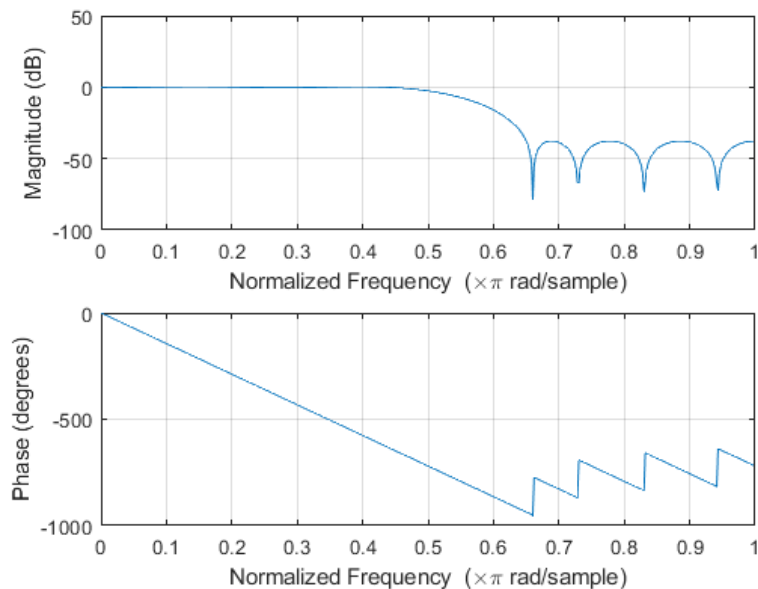


Abbildung 4: Amplituden und Phasengang - FIR-Filter Tiefpass

## 2.3 B Bandpass-Filterentwurf

```

1 % fir_3.m
2 % FIR filter design example using the MATLAB firpm function
3 % Autor: Nils Parche, 19.11.2017
4
5 Fs=8e3; %Specify Sampling Frequency
6 Ts=1/Fs; %Sampling period.
7 Ns=512; %No of time samples to be plotted.
8 F=[500 800 2400 2700]; %Cutoff frequenzcy
9 A=[0 1 0]; % Desired amplitude
10 RP = 0.4; % Passband ripple
11 RS = 40; % Stopband ripple
12 DEV = [10^(-RS/20) (10^(RP/20)-1)/(10^(RP/20)+1) 10^(-RS/20)];
13
14 [N, F0, A0, W] = firpmord(F, A, DEV, Fs)
15 B=firpm(N, F0, A0, W) %Design FIR Filter using default Hamming window.
16 %create header file fir_coef.h (FIR filter coefficients)
17 correction = 32767;
18 B_correction =uint16(B*correction) %cast B to 16 bit short Int

```

Listing 5: fir\_3.m Matlab-File Auszug - Bandpassfilter Ordnung 45

```

1 #define N 46
2 short h[N]={
3     130,    -73,    358,    499,    -180,    -264,    78,    -609,
4     -733,   168,   -255,   -353,   1294,   991,    7,   1704,
5     911,  -2304,   -644,   -957,  -7942,  -3828, 12166, 12166,
6    -3828,  -7942,   -957,   -644,  -2304,   911,   1704,    7,
7     991,   1294,   -353,   -255,   168,   -733,   -609,    78,

```



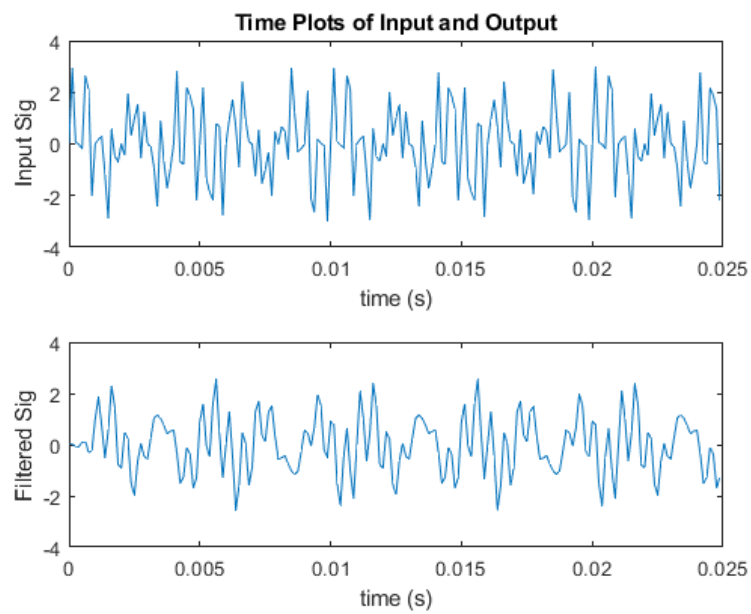


Abbildung 5: Eingangs- und gefiltertes Ausgangszeit-signal - FIR-Filter Tiefpass

```
8 | -264, -180, 499, 358, -73, 130,};
```

Listing 6: FIR-Filter Koeffizienten Ordnung 45

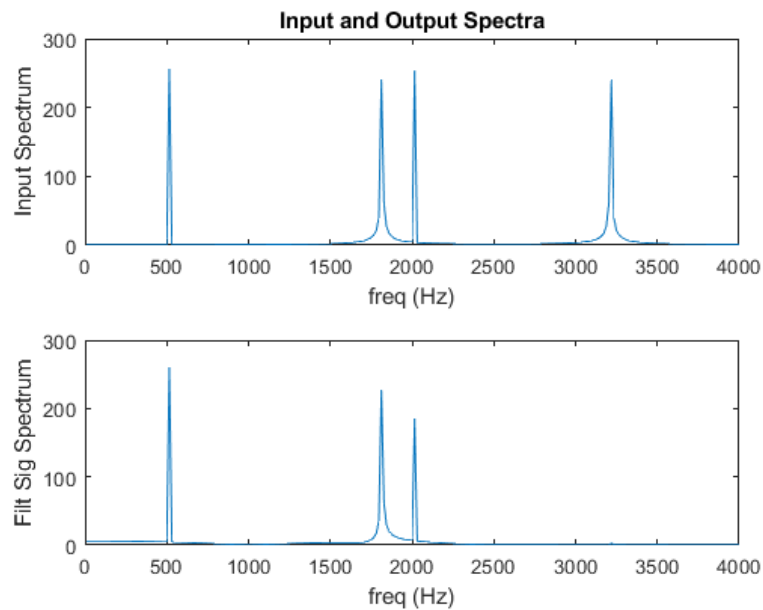


Abbildung 6: Eingangs- gefiltertes Ausgangs Frequenzspektrum

- 2.4 C1 Analoge Übertragungscharakteristik des DSK Boards
- 2.5 C2 Echtzeit-Festkomma-Implementierung des FIR-Filters
- 2.6 C3 Vergleich des Amplitudengangs vom FIR-Filter Matlab  
- DSK Board
- 2.7 D Profiling FIR-ISR
- 2.8 E Weichenfilter Transformation mit  $h_{TP} \rightarrow h_{HP}$ .....
- 2.9 F Weichenfilter Amplitudengang Hoch- und Tiefpass
- 2.10 G Weichenfilter Transformation mit  $h_{TP} \rightarrow h_{HP}$ .....

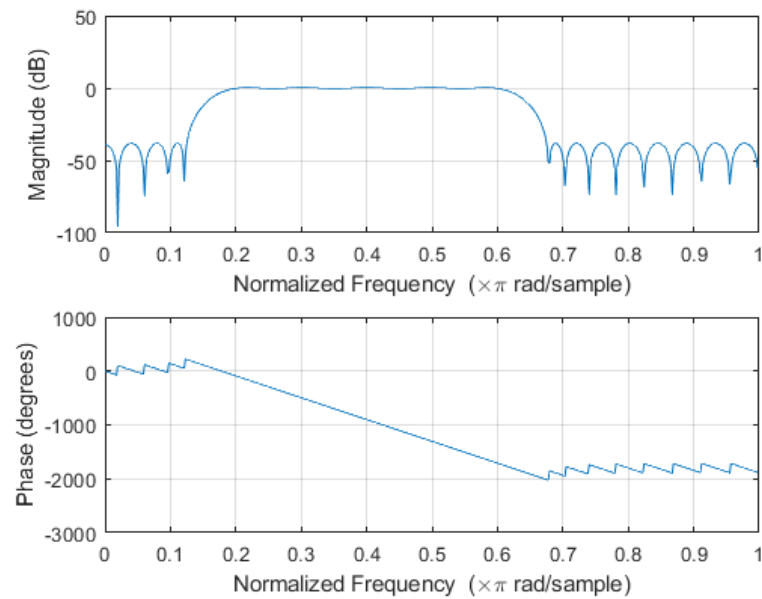


Abbildung 7: Amplituden und Phasengang - FIR-Filter Bandpass

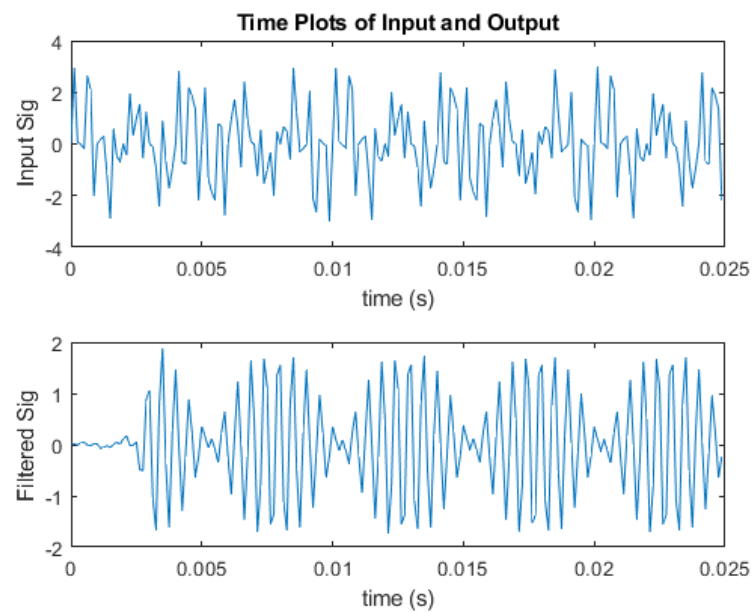


Abbildung 8: Eingangs- und gefiltertes Ausgangszeit-signal - FIR-Filter Bandpass

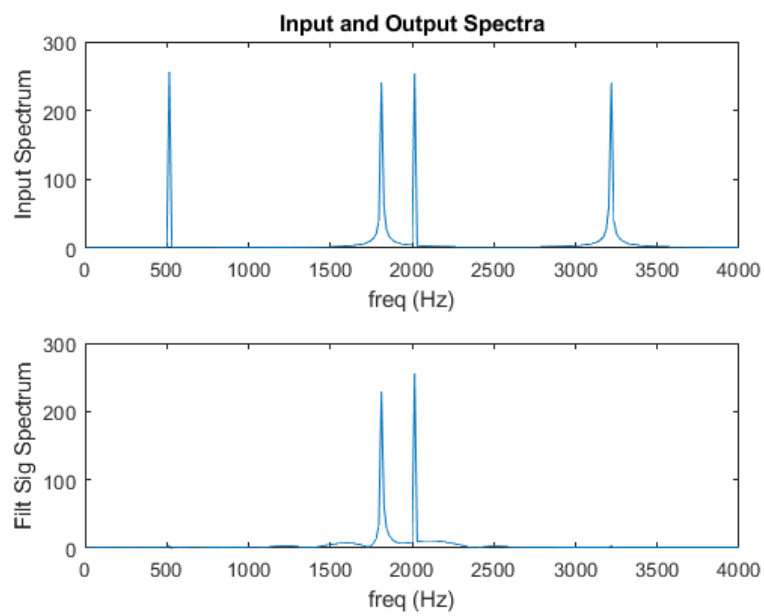


Abbildung 9: Eingangs- gefiltertes Ausgangs Frequenzspektrum

---

## 3 Fazit

FIR-Filter:

- Phase: Linearer abfallender Verlauf Zwischen zwei Polstellen. An den Polstellen sind Phasensprünge zu beobachten.
- Filterkoeffizienten sind immer  $N+1$ , wenn  $N$  die Ordnung beschreibt.
- Die Eckfrequenz eines digitalen Filters liegt bei -6db.