

HÖHERE TECHNISCHE BUNDESLEHRANSTALT HOLLABRUNN

Höhere Abteilung für Elektronik – Technische Informatik

Klasse/ Jahrgang: 5BHEL	Gruppe: -	Übungsleiter: TRO / REJ
Übungsnummer: 4	Übungstitel: DTMF Decoder	
Datum der Übung:	Teilnehmer:	
Datum der Abgabe: 20.01.2016	Schrittführer: Prinz	Unterschrift:

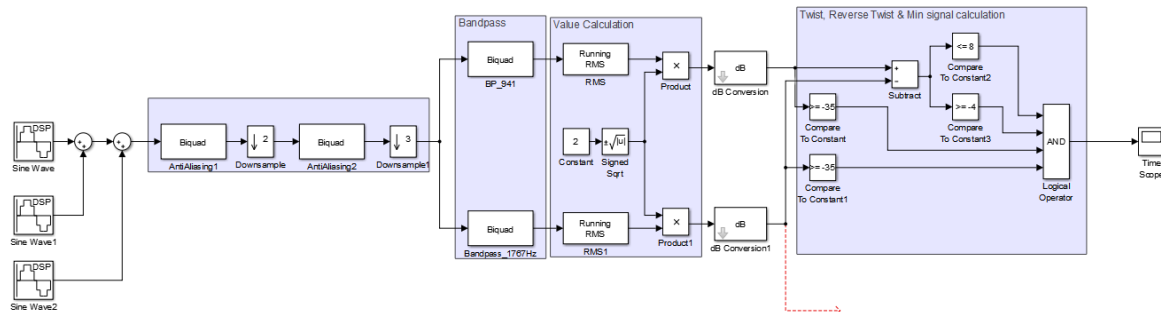
	Beurteilung
Aufgabenstellung	
Dokumentation	
Messschaltungen	
Messtabellen	
Berechnungen	
Programmlistings	
Auswertung	
Diagramme	
Berechnungen	
Simulationen	
Schlußfolgerungen	
Kommentare	
Inventarliste	
Messprotokoll	
Form	
Summe	

Inhaltsverzeichnis

1.	Simulink Modell	3
1.1.	Modell in Simulink	3
1.2.	Modellbeschreibung	3
1.2.1.	Signalerzeugung	3
1.2.2.	Downsampling	3
1.2.3.	Bandpässe	4
1.2.4.	Absolutwertbildung	5
1.2.5.	Auswertung	6
1.3.	Funktionstest.....	6
1.3.1.	Richtige Frequenz, kein Störsignal	7
1.3.2.	Richtige Frequenzen + Störsignal	7
1.3.3.	Eingangssignal auf falscher Frequenz	8
1.3.4.	Keine Eingangssignale	8
1.3.5.	Twist.....	9
1.3.6.	Reverse Twist	9
1.4.	Spektralanalyse.....	10
2.	Filterbeschreibung Bandpass 1.....	12
2.1.	Übersicht	12
2.2.	Amplitudengang	12
2.3.	Phasengang	12
2.4.	C-Programm.....	13
2.5.	Differenzengleichung	14
2.6.	Übertragungsfunktion.....	14
2.7.	Pol/Nullstellendiagramm	15

1. Simulink Modell

1.1. Modell in Simulink



1.2. Modellbeschreibung

1.2.1. Signalerzeugung

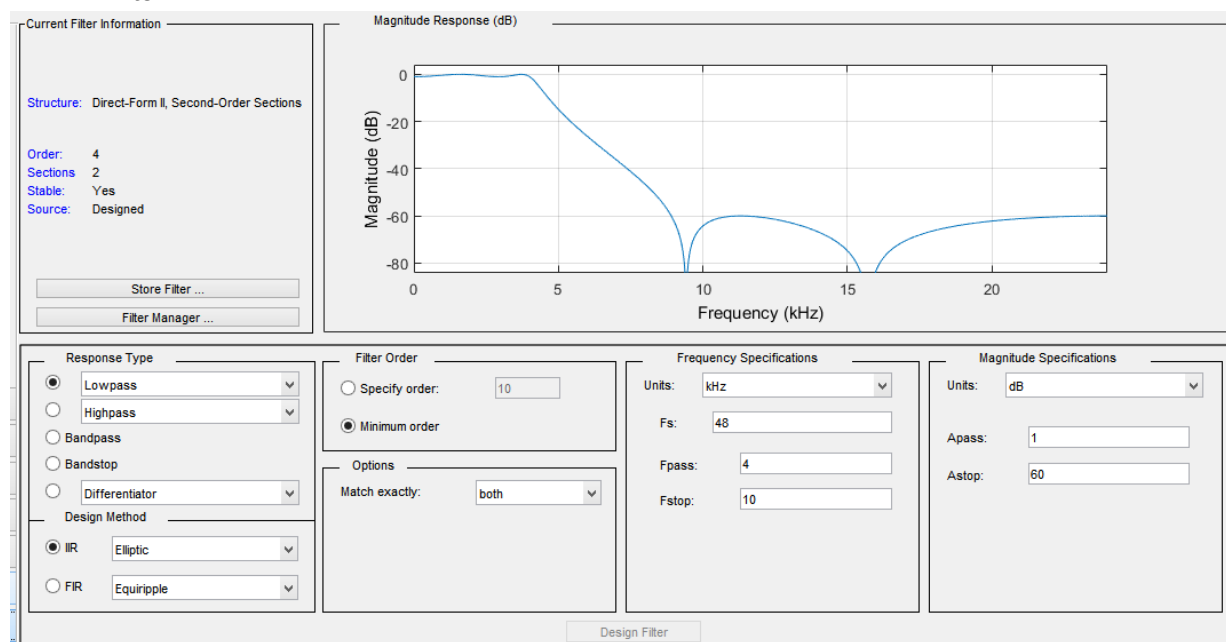
Die Signale wurden mithilfe von 3 Sinusgeneratoren erzeugt. Diese sollen die Eingangsfrequenzen sowie Rauschen erzeugen. Die Sinussignale werden dann addiert und geben somit ein überlagertes Signal.

1.2.2. Downsampling

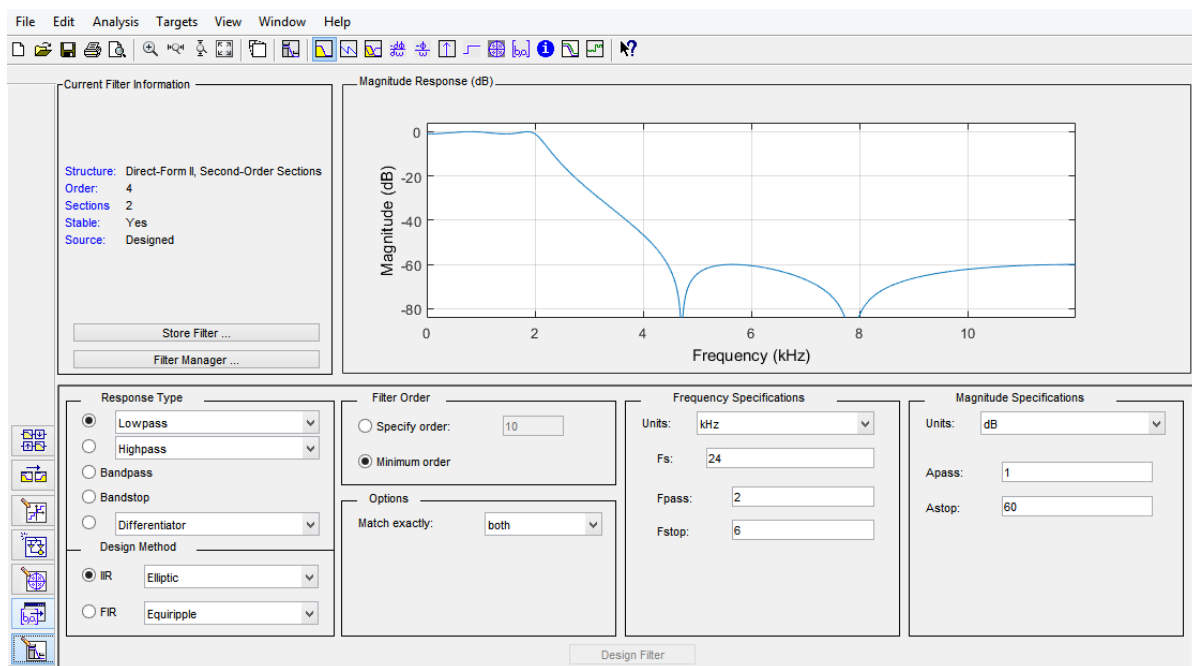
Das Downsampling wurde über zwei Stufen realisiert, um die Ordnung der einzelnen Filter möglichst gering zu halten.

Die Filter hatten folgende Eigenschaften:

Filter 1:



Filter 2:

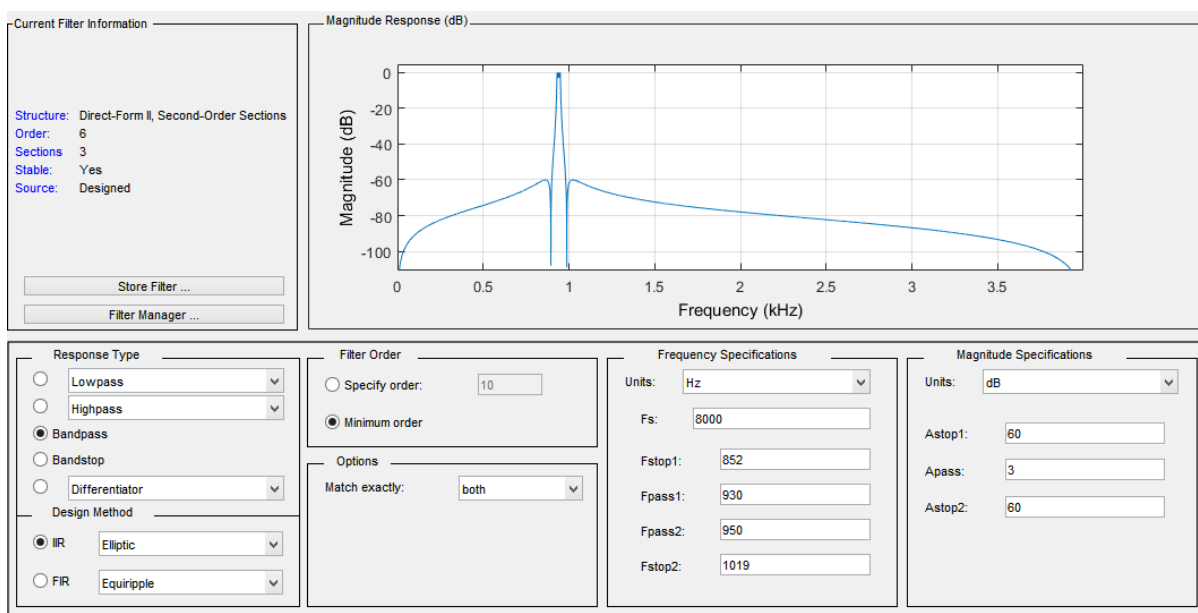


Die Grenzfrequenzen der Filter (10kHz, 2kHz) wurden so gewählt, dass trotz einer geringen Ordnung ein großer Teil der ungewollten Frequenzen weggefiltert wird.

1.2.3. Bandpässe

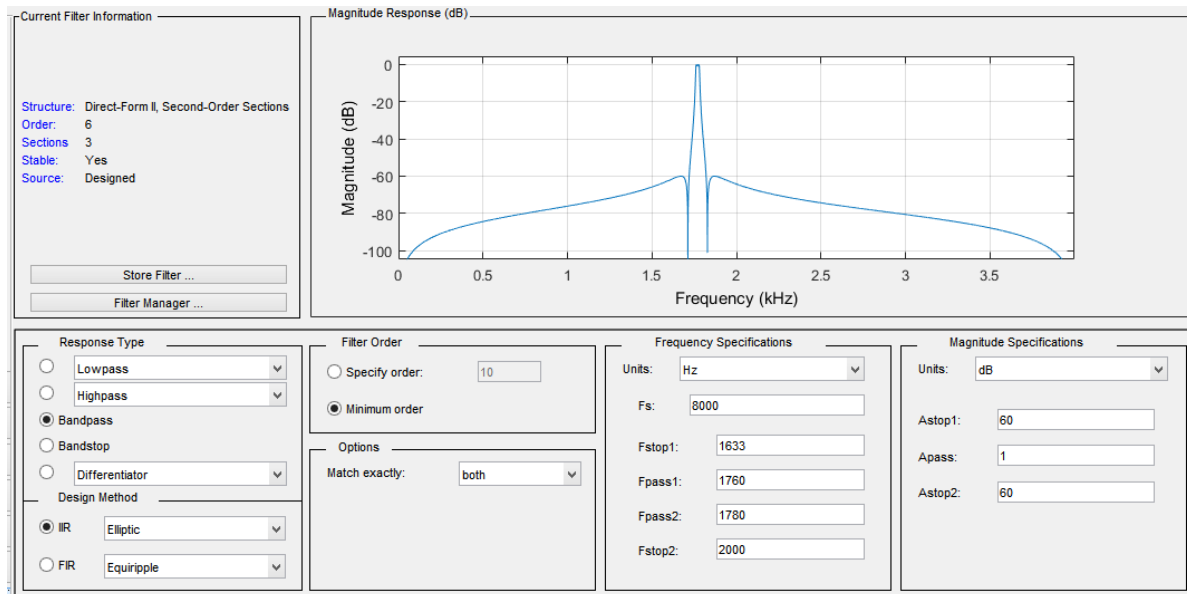
Die Bandpässe wurden so dimensioniert, dass die gewollten Frequenzen (941Hz, 1767Hz) passieren können, die benachbarten Frequenzen jedoch nicht. Als relativ schmalbandige Filter wurden elliptische Filter gewählt.

Dies ergab für den Bandpass für die Frequenz 941Hz folgende Eigenschaften:



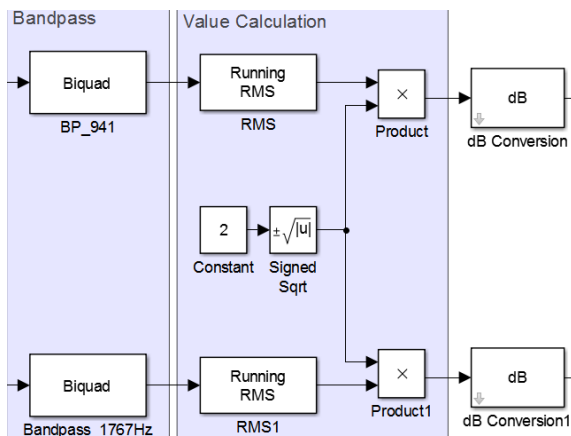
Die Frequenzen $f_{\text{start}} = 852\text{Hz}$ und $f_{\text{stop}} = 1019\text{Hz}$ waren durch die benachbarten Frequenzen gegeben, bei denen eine möglichst starke Dämpfung (60dB) zu erzielen war.

Der zweite Bandpass hatte folgende Eigenschaften:



Die Frequenz $f_{\text{start}} = 1633\text{Hz}$ war durch die darunterliegende Frequenz gegeben, die Frequenz $f_{\text{stop}} = 2000\text{Hz}$ wurde gewählt, um Störungen durch höherfrequente Signale zu reduzieren. Die Dämpfung (60dB) wurde gewählt, um eine genügende Abschwächung der Signale zu erzeugen.

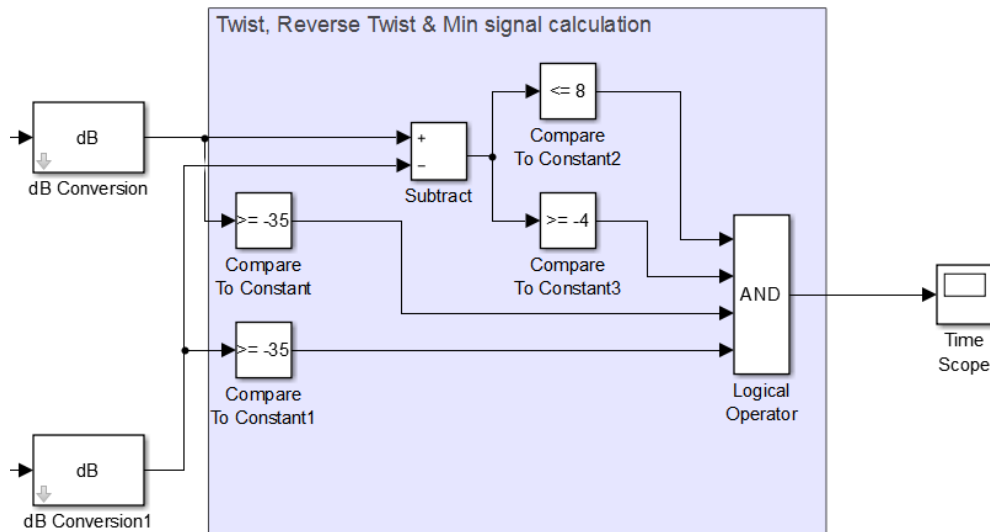
1.2.4. Absolutwertbildung



Mithilfe des Bausteins `Running RMS` wurde der Effektivwert gebildet, welcher mit dem Faktor $\sqrt{2}$ multipliziert die Amplitude ergibt. Dies wurde dann in einen dB- Wert umgewandelt, um die weitere Verarbeitung zu vereinfachen.

1.2.5. Auswertung

Die Auswertung wurde mit folgendem Teil des Modells realisiert:



Dabei wurde mithilfe von Vergleichsoperationen die Möglichkeiten „kein Signal“, „twist“ und „reverse twist“ ausgewertet und beim übereinstimmen mit den Eigenschaften dann als Ausgangssignal ausgegeben.

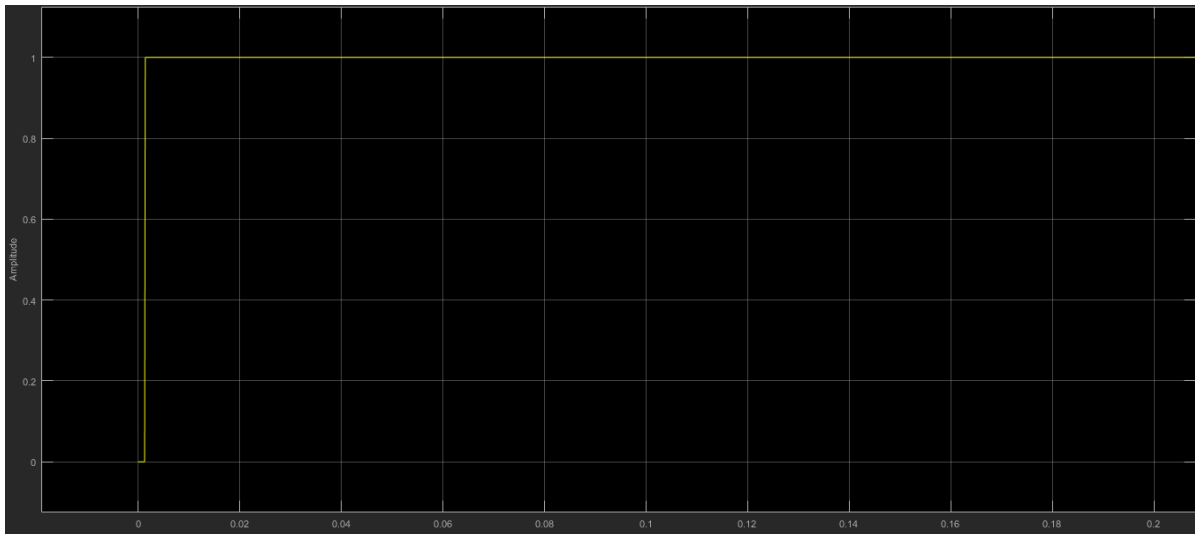
1.3. Funktionstest

Die funktion wurde mit folgenden Parametern getestet:

- Beide Eingangssignale richtige Frequenz (Amplitude = 1), kein Störsignal
- Beide Eingangssignale richtige Frequenz (Amplitude = 1), Störsignal = 2kHz (A=1)
- Eines der Eingangssignale auf der falschen Frequenz
- keine Eingangssignale
- Twist: f1 (niedrigere Frequenz) um 10dB größer als f2
- Reverse twist: f1 (niedrigere Frequenz) um 6dB kleiner als f2

1.3.1. Richtige Frequenz, kein Störsignal

$f_1 = 941\text{Hz}$ (Amp=1); $f_2 = 1767\text{Hz}$ (Amp = 1); Störsignal = 0Hz (Amp = 0);



Das Signal nimmt nach $t=1.25\text{ms}$ den Wert 1 an.

1.3.2. Richtige Frequenzen + Störsignal

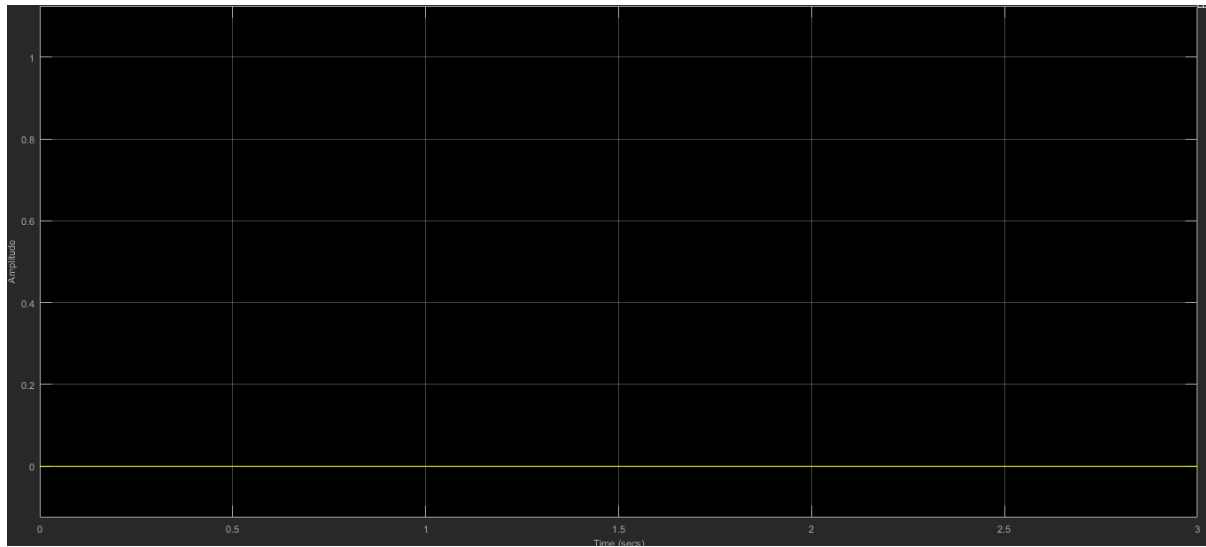
$f_1 = 941\text{Hz}$ (Amp=1); $f_2 = 1767\text{Hz}$ (Amp = 1); Störsignal = 7000Hz (Amp = 1);



Das Signal nimmt nach $t=1.25\text{ms}$ den Wert 1 an.

1.3.3. Eingangssignal auf falscher Frequenz

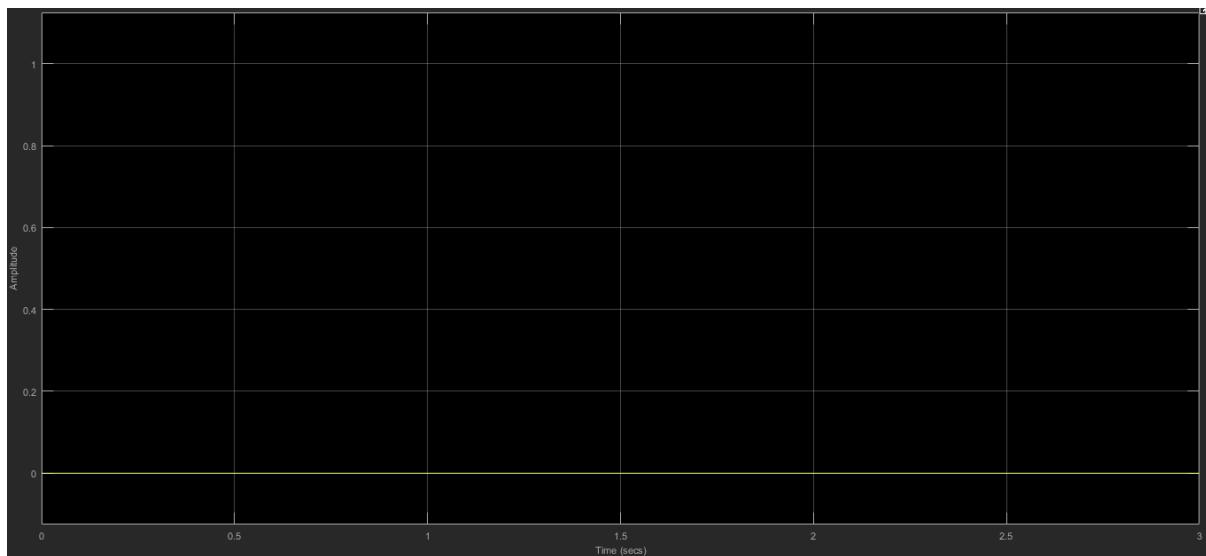
$f_1 = 500\text{Hz}$ (Amp=1); $f_2 = 1767\text{Hz}$ (Amp = 1); Störsignal = 0Hz (Amp = 0);



Das Ausgangssignal bleibt beim Zustand 0.

1.3.4. Keine Eingangssignale

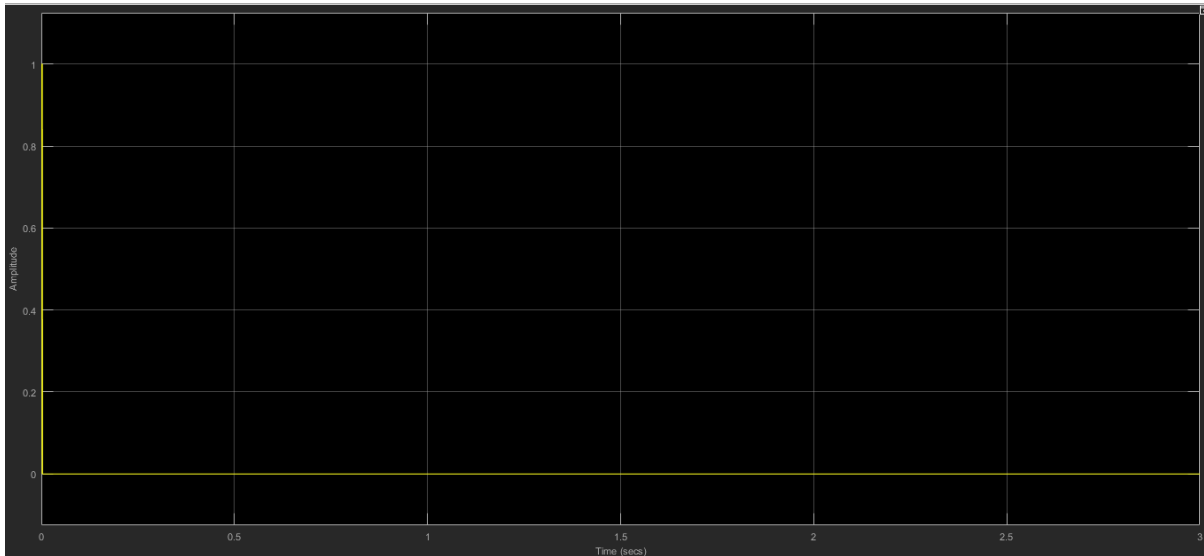
$f_1 = 500\text{Hz}$ (Amp=0); $f_2 = 1767\text{Hz}$ (Amp = 0); Störsignal = 0Hz (Amp = 0);



Das Ausgangssignal bleibt beim Zustand 0.

1.3.5. Twist

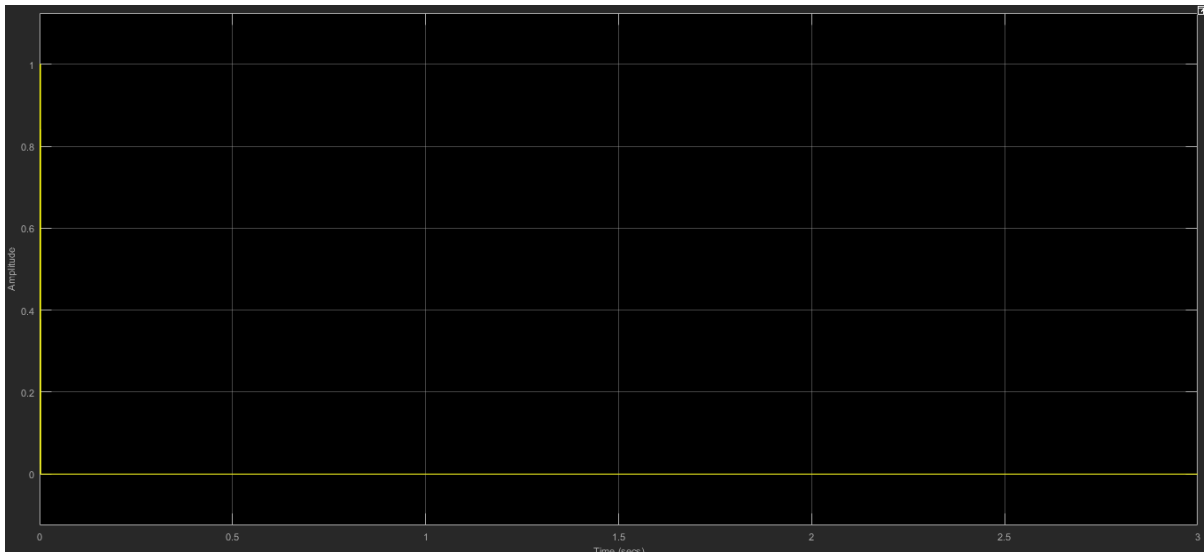
$f_1 = 941\text{Hz}$ (Amp=10); $f_2 = 1767\text{Hz}$ (Amp = 1); Störsignal = 0Hz (Amp = 0);



Nach einem kurzem '1' Puls (von $t=1\text{ms}$ bis $t=3\text{ms}$) nimmt das Signal den Wert 0 an.

1.3.6. Reverse Twist

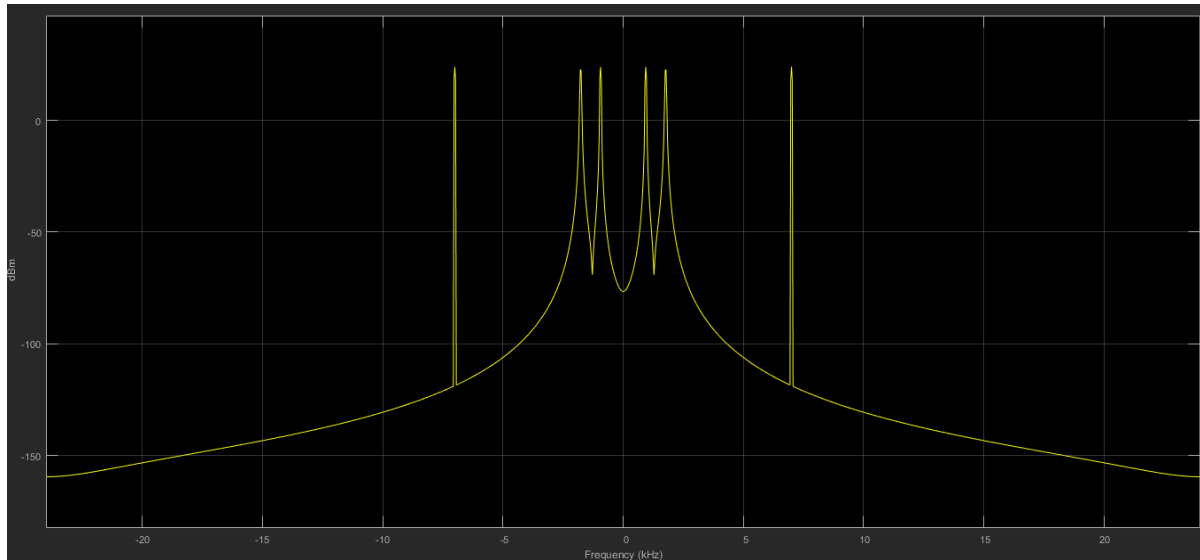
$f_1 = 941\text{Hz}$ (Amp=1); $f_2 = 1767\text{Hz}$ (Amp = 0.1); Störsignal = 0Hz (Amp = 0);



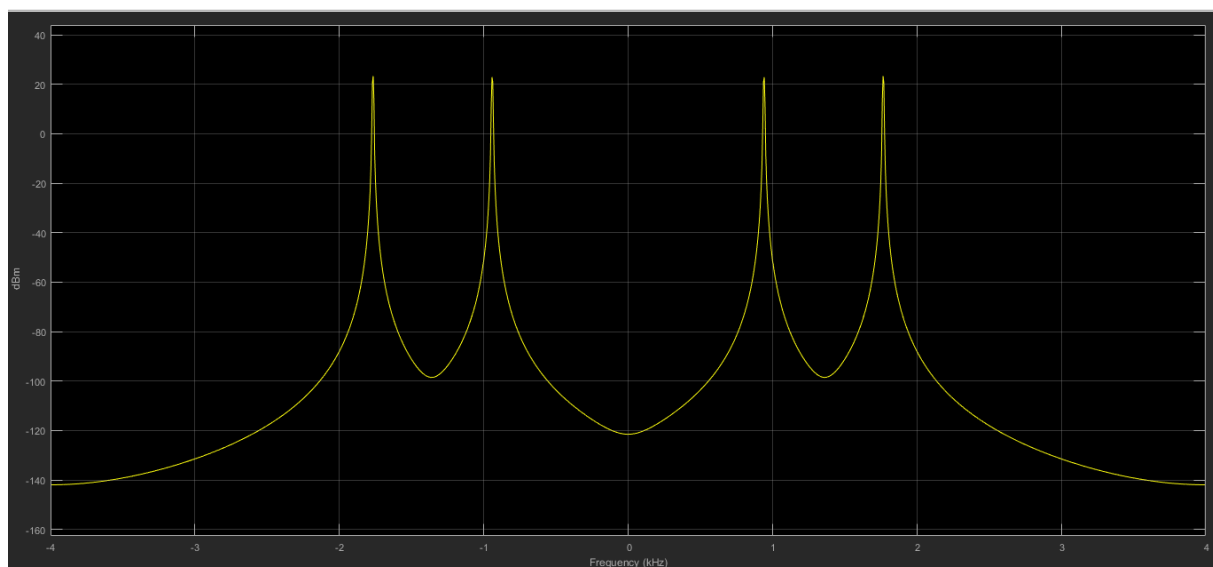
Nach einem kurzen '1' Puls ($t=1\text{ms}$ bis $t=3\text{ms}$) nimmt das Signal den Zustand ,0' an.

1.4. Spektralanalyse

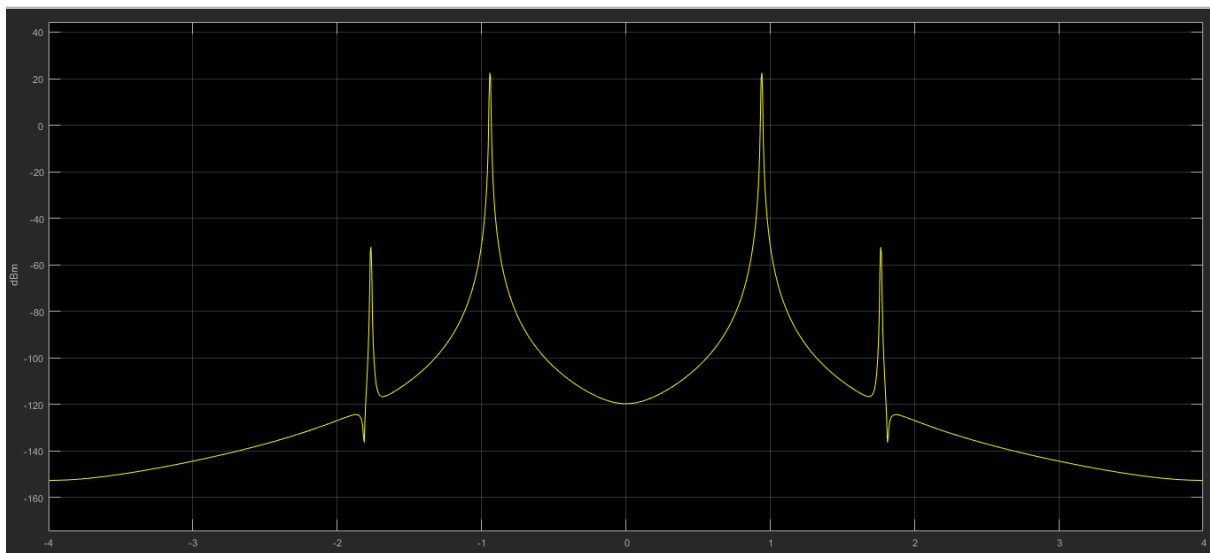
Das Spektrum wurde dem Fall 1.3.2 entnommen (Richtige Frequenzen + Störsignal)



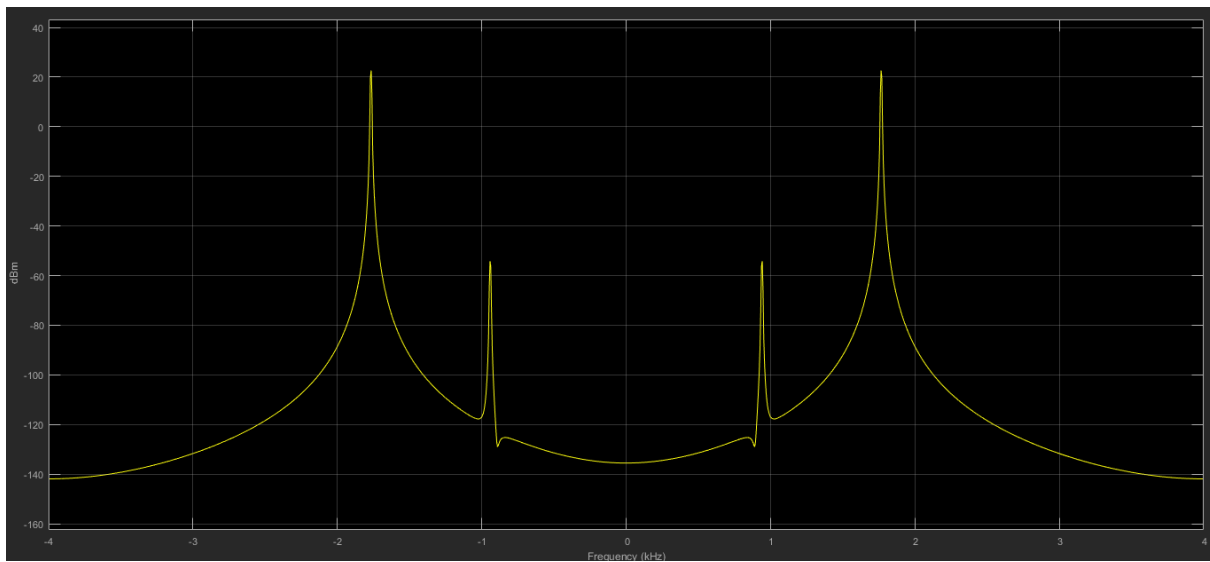
Eingangssignal ungefiltert



Eingangssignal nach Downsampling & Tiefpässen: Störfrequenz komplett gefiltert



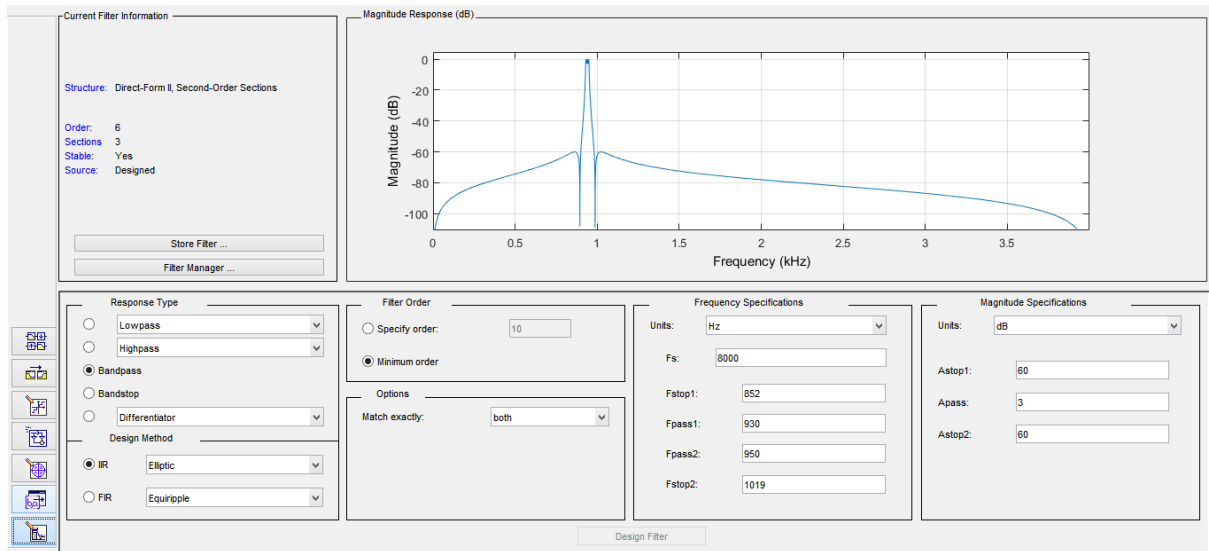
Spektrum nach Bandpass 1 (niedrigere Frequenz): Signalabstand = 60dB



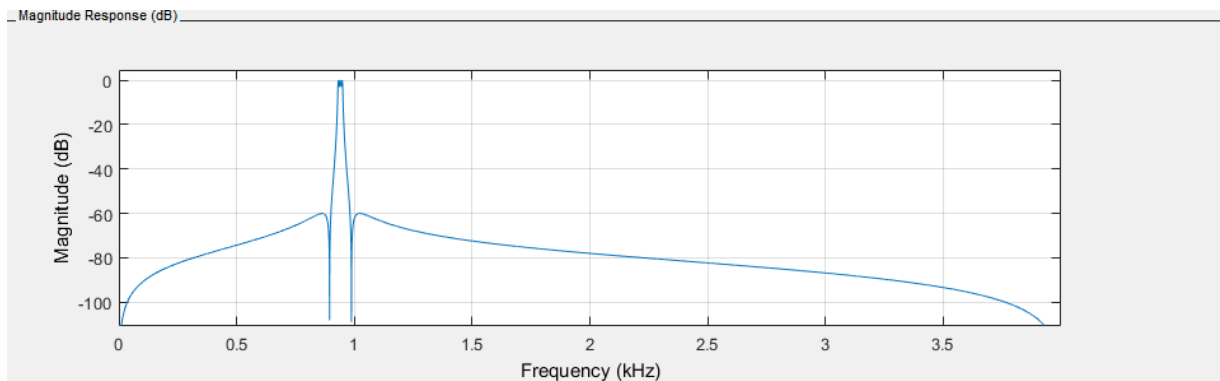
Spektrum nach Bandpass 2 (höhere Frequenz): Signalabstand = 60dB

2. Filterbeschreibung Bandpass 1

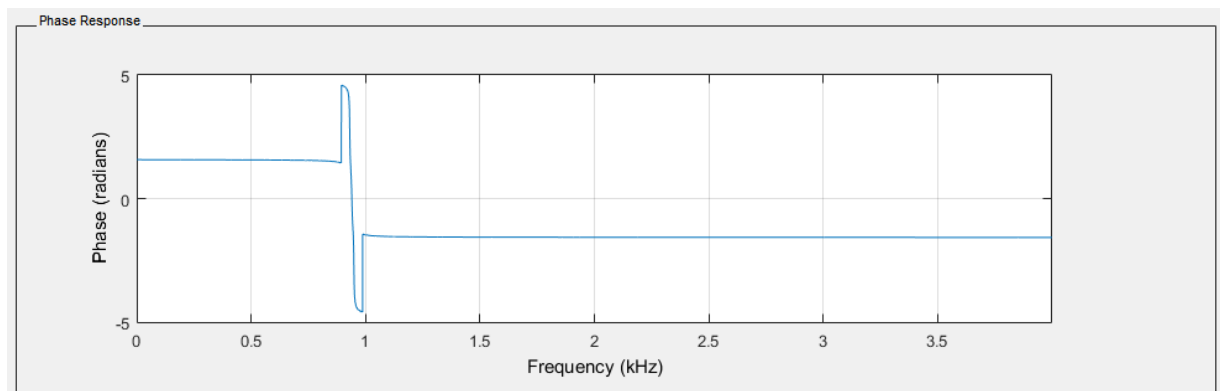
2.1. Übersicht



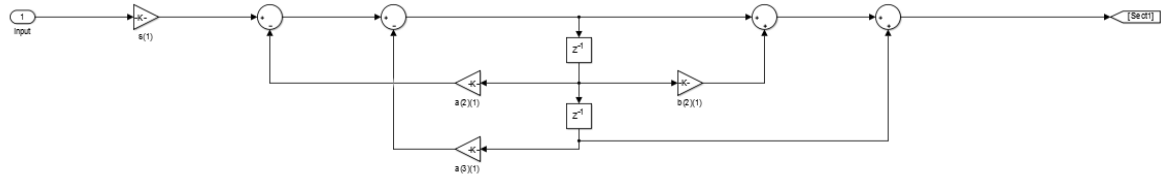
2.2. Amplitudengang



2.3. Phasengang



2.4. C-Programm



Aufbau erste section

C-Code für die erste Section:

```
double Numerator[3]={1, -1.4282800144070733, 1};
double Denominator[3] = {1, -1.4679448432253905, 0.99769229660877445};
double Gain = 0.10909852353824394;

double ProcessData(){
    // Set Variables
    double in;           //input placeholder
    static double t[3]= {0,0,0}; //Delay buffers
    in = INPUT;

    //Section 1
    in*=Gain;
    in -= t[1]*Denominator[1];
    in -= t[2]*Denominator[2];

    //save Value
    t[0]=in;

    in += t[1]*Numerator[1];
    in += t[2]*Numerator[2];

    // Shift values
    t[2]=t[1];
    t[1]=t[0];

    //END Section 1
    return in;
}
```

2.5. Differenzengleichung

Allgemeine Differenzengleichung IIR Filter:

$$y[n] = \sum_{k=0}^N b_k * [n - k] - \sum_{k=1}^M a_k * y[n - k]$$

Spezielle Differenzengleichung für die erste Section des Bandpasses:

Schwarz: Input mit Gain

Rot: Numerators

Violett: Denumerators

$$\begin{array}{llll} Y1[n] = 0.1090985235382 * & [n] & + \\ -1.428280014407 * & [n-1] & + \\ 1 * & [n-2] & - \\ -1.526410377921 * & [n-1] & - \\ 1 * & [n-2] & \end{array}$$

2.6. Übertragungsfunktion

Berechnung für erste Section

Beim Aufstellen der allgemeinen Gleichungen

$$\begin{aligned} w[n] &= x[n] - a2 * w[n - 1] - a3 * w[n - 2] \\ y[n] &= b1 * w[n] + b2 * w[n - 1] + b3 * w[n - 2] \end{aligned}$$

Kann nach der Z-Transformation folgende Gleichung gebildet werden:

$$H(Z) = \frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{b1 * z^2 + b2 * z^1 + b3}{z^2 + a2 * z^1 + a3}$$

welche die Übertragungsfunktion darstellt. Danach können die Numeratoren/Denominatorn eingesetzt werden:

$$H(Z) = \frac{1 * z^2 - 1,526410377921 * z^1 + 1}{z^2 - 1,428280014407 * z^1 + 1}$$

Welche folgende Ergebnisse ergibt:

Polstellen: $1 \angle \pm 44,42^\circ$

Nullstellen: $1 \angle \pm 40,25^\circ$

Diese Pol-und Nullstellen der ersten Section können auch im Diagramm (nächste Seite) gesehen werden.

2.7. Pol/Nullstellendiagramm

