

Praktikum 2: Echofilter

Aufgabe 1: Digitaler Tiefpass erster Ordnung

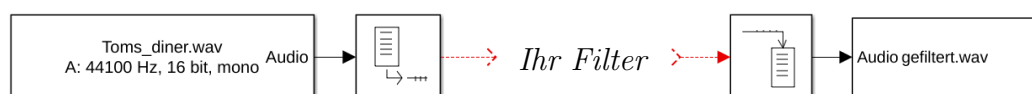
Ein einfacher analoger Tiefpass erster Ordnung hat folgende Übertragungsfunktion:

$$H(s) = \frac{1}{1 + s\tau}$$

Dabei ist $\omega_3 = 1/\tau$ bzw. $f_3 = 1/(2\pi\tau)$ die Grenzfrequenz des Filters, bei dem die Amplitude um 3 dB gedämpft wird.

- a) Digitalisieren Sie das Filter unter Anwendung der (rechten) Rechteckregel und stellen Sie das Ergebnis rekursiv als $y[n] = \dots$ im Originalbereich dar.
- b) Erstellen Sie für das diskrete Filter ein Modell in Simulink und stellen Sie für $\omega_3 = 1 \text{ s}^{-1}$ und $T_s = 0,5 \text{ s}$ in Matlab die Impulsantwort dar. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit Beispiel 6.4 der Folien zur Vorlesung. Hinweise:
 - Generieren Sie den diskreten Dirac in Simulink durch einen *step*-Block am Eingang des Filters, den Sie zum Zeitpunkt T_s von 1 auf 0 springen lassen. In diesem Block können Sie auch die Abtastrate (*Sample Time*) auf T_s setzen.
 - Stellen Sie Ihr Ergebnis in Matlab mit der *stem*-Funktion dar.
- c) Erstellen Sie in Simulink ein Modell, welches das Filter auf eine Audiodatei anwendet. Sie können dabei die in Moodle bereitgestellte oder eine eigene Audiodatei verwenden. Zum Lesen der Datei verwenden Sie den Block *From Multimedia File* und zum Schreiben einer neuen Audiodatei den Block *To Multimedia File*. Testen Sie Ihr Filter mit unterschiedlichen Grenzfrequenzen f_3 . Hinweise:

- Audiodateien werden in Blöcken eingelesen. Dabei wird der Audio-Datenstrom in sog. *Frames* eingeteilt. Die Größe der Frames kann im Block *From Multimedia File* unter *Samples per audio channel* eingestellt werden. Es wird empfohlen, den Wert 1024 unverändert zu übernehmen. Pro Frame ist unsichtbar ein Prozess nötig, bevor es zum eigentlichen Einlesen der Daten kommt. Wird die Größe des Frames zu klein gewählt, so benötigt das Programm deutlich mehr Rechenzeit.
- Bei einem digitalen Filter wirkt eine Verzögerung z^{-1} immer auf ein ganzes Frame. Um das zu vermeiden sollte direkt hinter dem *From Multimedia File* Block ein *Unbuffer* Block eingefügt werden, der die Daten in einen gleichmäßigen Strom von Samples umwandelt. Als Gegenstück sollte direkt vor dem Block *To Multimedia File* mit dem *Buffer*-Block der Datenstrom wieder in Frames gebündelt werden, was erneut Rechenzeit spart. Es wird wieder eine Framegröße von 1024 empfohlen.



- Sie können in MatLab Dauer und Abtastrate der Audiodatei mit dem Befehl *audioinfo* ermitteln.

Aufgabe 2: Einfaches Echo

Ein einfaches FIR Echofilter wird durch die Differenzgleichung

$$y[n] = u[n] + \alpha u[n - R]$$

für eine positive Konstante $\alpha \in \mathbb{R}$ und eine Zahl $R \in \mathbb{N}$ beschrieben. Mit der Abtastzeit T_s ist $T_d = R \cdot T_s$ die Verzögerungszeit des Filters.

- Erstellen Sie ein Simulink Modell, das dieses Echofilter realisiert. Setzen Sie $\alpha = 0,9$ und $R = 3$. Ermitteln Sie die Impulsantwort und wählen Sie dafür eine Abtastrate von $T_s = 1$ s. Stellen Sie Ihr Ergebnis in Matlab mit der *stairs*-Funktion dar.
- Erstellen Sie ein weiteres Simulink Modell, welches das selbe Echofilter auf eine Audiodatei Ihrer Wahl anwendet. Bestimmen Sie aus einer gewünschten Echozeit die nötige Verzögerung R . Variieren Sie R und α und bewerten Sie das Ergebnis.

Aufgabe 3: Unendliches Echo

Ein unendliches Echofilter (auch als *Kammfilter* bekannt) wird durch den Grenzwert $N \rightarrow \infty$ in Gleichung (1) erstellt.

$$y[n] = u[n] + \alpha u[n - R] + \alpha^2 u[n - 2R] + \dots + \alpha^N u[n - N \cdot R] = \sum_{k=0}^N \alpha^k u[n - k \cdot R] \quad (1)$$

- Schreiben Sie für $N \rightarrow \infty$ die Übertragungsfunktion von Gleichung (1) auf und vereinfachen Sie diese mit Hilfe der geometrischen Reihe:

$$\sum_{k=0}^{\infty} x^k = \frac{1}{1 - x} \quad \text{für } |x| < 1$$

Leiten Sie daraus die Differenzgleichung und das Signalflussdiagramm des unendlichen Echofilters ab. Handelt es sich um ein FIR- oder ein IIR-Filter?

- Ausgehend von $R = 3$, bestimmen Sie für $\alpha = 0,9$ und $\alpha = 1,1$ jeweils die Lage der Pole. Welchen Einfluss hat α auf die Stabilität des Filters?
- Implementieren Sie mit Simulink dieses Echofilter und nehmen Sie die Impulsantwort für $\alpha = 0,9$ und $R = 3$ auf.
- Wenden Sie das Echofilter auf eine Audiodatei an. Was passiert für $\alpha > 1$?
- Fügen Sie in den Rückführungsweig des Echofilters den Tiefpass aus Aufgabe 1 ein und wenden Sie das Echofilter auf eine Audiodatei an. Variieren Sie α und f_3 , um einen realistischen Raumklang zu erzielen.

Praktikumsbericht:

Erstellen Sie aus *MatLab* heraus mit *Publish* einen Bericht für die Aufgaben 1b, 2a, 3b und 3c und geben Sie diesen Bericht im PDF-Format spätestens eine Woche nach dem Praktikumstermin per Moodle ab.