

Einführung in die digitale Signalverarbeitung

Prof. Dr. Stefan Weinzierl

Musterlösung 11. Aufgabenblatt

Fensterfunktionen

In dieser Aufgabe sollen die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Fensterfunktionen untersucht werden.

- a) Erklären Sie zunächst, in welchem Zusammenhang Fensterfunktionen eingesetzt werden und aus welchem Grund eine Fensterung notwendig ist.

Lösung:

Interessiert man sich für das Spektrum eines längeren Signals, dann interessiert man sich in der Regel für den Verlauf des Frequenzgangs über der Zeit und weniger für das Frequenzspektrum des gesamten Signals. Daher betrachtet man meist kurze Abschnitte des Signals und berechnet für jeden dieser Abschnitte eine Fouriertransformation.

Wie wir in der letzten Übung gesehen haben, beruht die DFT auf einem periodisch fortgesetzten Signal. Wenn wir also eine DFT von einem Signalausschnitt berechnen wollen, dann tun wir so, als sei dieser Signalausschnitt periodisch fortgesetzt. Dabei ergibt sich das Problem, dass es durch die periodische Fortsetzung zu Sprungstellen an den Kanten kommen kann. Es erscheinen demnach im Frequenzspektrum Signalanteile, die im ursprünglichen Signal gar nicht vorhanden sind. Meist liegen diese im hochfrequenten Bereich.

Dies versucht man zu vermeiden, indem man den Signalausschnitt mit einem Fenster multipliziert, das an den Rändern auf 0 zurückgeht und somit keinen Sprung mehr beinhaltet.

- b) Generieren Sie mithilfe der entsprechenden Matlab-Funktionen ein Rechteck-, ein Hanning- und ein Blackman-Fenster mit einer Länge von 1024 Abtastwerten und plotten Sie diese untereinander in ein Fenster. Fügen Sie zur besseren Unterscheidung jedem Plot einen Titel hinzu.

Lösung:

→siehe Matlab-File „fensterfunktionen.m“

- c) Berechnen Sie in Matlab mithilfe der Funktion `freqz(B, A, f, fs)` das logarithmierte Betragsspektrum (Bodediagramm) der Fensterfunktionen aus Aufgabenteil 2 im Frequenzbereich von $-fs/2$ bis $fs/2$. Erzeugen Sie dazu zunächst einen Frequenzvektor mit 2^{14} gleichmäßig verteilten Stützstellen.

B sei hier der zu transformierende Vektor und $A = 1$. Die Abtastrate betrage 48 kHz.

Öffnen Sie ein neues Plot-Fenster und plotten Sie die Spektren der Fensterfunktionen im Bereich von -800 Hz bis 800 Hz ebenfalls untereinander in ein Fenster. Fügen Sie auch hier entsprechende Titel und Achsenbeschriftungen hinzu.

Lösung:

→siehe Matlab-File „fensterfunktionen.m“

- d) Erläutern Sie anhand der Plots die Vor- und Nachteile der verschiedenen Fensterfunktionen. Für welches der Fenster würden Sie sich entscheiden?

Aus den Diagrammen kann man folgendes erkennen: Alle Fenster haben eine sogenannte Hauptkeule (in der Mitte) und sogenannte Nebenkeulen. Es gibt zwei Kriterien, die für die Güte eines Fensters ausschlaggebend sind: zum einen die Breite der Hauptkeule und zum anderen die Unterdrückung der Nebenkeulen.

Je breiter die Hauptkeule ist, desto mehr beeinflussen sich benachbarte Frequenzbereiche; d.h. die Frequenzauflösung sinkt, je breiter die Hauptkeule ist.

Die Nebenkeulen stellen ebenfalls ein Problem dar, denn sie kommen im Spektrum eigentlich nicht vor, sondern sind entstehen durch die Fensterung. Daher ist eine Unterdrückung der Nebenkeulen ebenfalls wichtig.

In der Regel findet in der Audiosignalverarbeitung das Hanning-Fenster bzw. das Hamming-Fenster (nicht betrachtet) Anwendung, da diese einen guten Kompromiss zwischen Hauptkeulenbreite und Nebenkeulendämpfung darstellen.