

Kontrollfragen zum Skript Teil 1 beantwortet

Von J.S. Hussmann

Fragen zu SW 1.1

Welche Vorteile hat die DSVB?

- Programmierbar
- Parametrierbar
- Reproduzierbar

Wie heisst die Umwandlung eines Zeit-diskreten Amplituden-kont. Signals in ein Zeit-diskretes Amplituden-diskretes Signal?

- Quantisierung

Nennen Sie die 3 Schritte der D/A-Wandlung.

- Decodieren
- Halten
- Interpolieren

Wie lautet die Formel zur Berechnung der AC-Leistung des Signals $x[n]$?

- $$\mu_x = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=0}^{N-1} x[i]$$
- $$\sigma_x^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=0}^{N-1} (x[i] - \mu_x)^2 = P_{AC}$$

Wie gross ist das SNR in dB wenn das Verhältnis von Nutz- zu Störsignalpegel 10 zu 1 beträgt?

- $$SNR = 20 \cdot \log\left(\frac{U_{nutz}}{U_{stör}}\right) dB = 20 \cdot \log\left(\frac{10}{1}\right) = 20 dB$$

Wie lautet die Näherungsformel für das Quantisierungsrauschen (SNR in dB)?

- $$SNR_{dB} \approx 6 \cdot W$$

Was ist der Vorteil einer logarithmischen Quantisierungskennlinie?

- Werte mit kleiner Amplitude treten häufiger auf. Somit sollten sie eine höhere Auflösung erhalten als Werte mit grosser Amplitude. Dies erreicht man mit einer Anpassung der Quantisierungskennlinie.

Fragen zu SW 1.2

Wie heisst das Spektrum eines Zeit- und Amplituden-kontin. periodischen Signals?

- Diskretes Linienspektrum

Nennen Sie Unterschiede zwischen Fourier Reihe und Fourier Transformation!

- Fourier Reihe
 - periodisch
- Fourier Transformation
 - aperiodisch

Welche Funktion bildet mit der $\sin(x)/x$ -Funktion ein Fourier-Transformationspaar?

- Rechteck-Impuls

Warum entstehen bei der Abtastung Spiegelspektren?

- Da das Spektrum der Dirac-Impulsfolge ebenfalls eine Folge von Dirac-Pulsen mit Abständen $1/T_s$ ist.

Wie lautet das Abtasttheorem?

- Die Abtastfrequenz muss mindestens doppelt so hoch sein, wie die höchste im Signal vorkommende Frequenz.

Was verstehen Sie unter dem Begriff Aliasing?

- Aliasing entsteht, wenn das Abtasttheorem verletzt wurde. Das hat zur Folge, dass eine Überlappung der Spiegelspektren entsteht. Eine fehlerfreie Rekonstruktion des analogen Signals ist somit nicht möglich. Aliasing kann durch Tiefpassfilterung des analogen Signals vor der A/D-Wandlung begegnet werden.

Warum kann man einen Antialiasing-Filter nicht digital realisieren?

- Da Aliasing bei der Abtastung entsteht.

Mittels welcher Funktion kann ein korrekt abgetastetes Signal fehlerfrei rekonstruiert werden?

- Mit einem idealen Tiefpass-Filter, welches ein rechteckiges Spektrum aufweist. Ein rechteckiges Spektrum entspricht der $\sin(x)/x$ -Funktion im Zeitbereich.

Welche Aufgaben hat ein analoges Rekonstruktionsfilter?

- Das analoge Rekonstruktionsfilter glättet das Signal nach dem D/A-Wandler. In der Praxis enthält der D/A-Wandler meistens nur ein ZOH.

Fragen zu SW 2.1

Wie ist die diskrete Faltung $x[n] * y[n]$ definiert?

- $$x[n] * y[n] = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x[n] \cdot y[n-i]$$

Worin besteht der Unterschied zwischen Faltung und Korrelationsfunktion?

- Mit der Korrelationsfunktion vergleicht man zwei Signale.
- Die Korrelationsfunktion ist im Gegensatz zur Faltung nicht kommutativ

- $$r_{xy} = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x[n] \cdot y[n+i]$$

Welche Art von Spektrum erzeugt die DFT?

- Diskretes periodisches Linienspektrum

Wie lassen sich Real- und Imaginärteil der DFT Koeffizienten einfach bestimmen?

- Der Realteil von $X[k]$ ist die statische Korrelation des Signals $x[n]$ mit $\cos(2\pi kn/N)$
- Der Imaginärteil von $X[k]$ ist die statische Korrelation des Signals $x[n]$ mit $-\sin(2\pi kn/N)$

Für welche Frequenzen berechnet die DFT das Spektrum?

- Die tiefste Frequenz (ausser DC) ist f_s/N und die höchste ist $f_s(N-1)/N$.

Was kann man durch Erhöhung der Anzahl Abtastwerte N der DFT verbessern?

- Die Frequenzauflösung

Worin besteht der Unterschied zwischen DFT und DTFT?

- DFT
 - periodisch
 - endlicher Messintervall (von $0 \leq n < N$)
- DTFT
 - aperiodisch

Was verstehen Sie unter schneller Faltung?

- Die beiden Signale in den Frequenzraum transformieren, deren Spektren multiplizieren und das Resultat zurück in den Zeitbereich transformieren.

Fragen zu SW 2.2

Unter welchen Bedingungen liefert die DFT das korrekte Spektrum?

- Abtasttheorem ist erfüllt
- Der Messintervall ist gleich einem natürlichen Vielfachen der Periodenlänge T_0
- das Zeitsignal ist T_0 -periodisch

Was verstehen Sie unter zero-padding und wozu kann es bei der DFT eingesetzt werden?

- Mit zero-padding wird der Signalvektor mit Nullen ergänzt bis er die Länge N hat.
- Dadurch erzielt man eine bessere graphische Auflösung des Spektrums. (schaffen zusätzliche Spektrallinien)
- Es erhöht nicht die spektrale Auflösung!

Warum ist die Keulenstruktur typisch für ein DFT Betragsspektrum?

- Durch das Windowing wird das Signal mit einer Rechteckfunktion multipliziert. Die Rechteckfunktion ist im Frequenzraum eine sinc-Funktion. Die sinc-Funktion sieht aus, wie eine Keule.

Was verstehen Sie unter Windowing und wozu kann es bei der DFT eingesetzt werden?

- Windowing entspricht einer Multiplikation der Wertefolge mit einem Rechteckpuls.
- Mit Windowing kann man das Originalspektrum von den Spiegelspektren befreien.

Wie sieht die ideale Fensterfunktion aus und warum ist sie nicht realisierbar?

- Die ideale Fensterfunktion ist eine Rechteckfunktion, welche sich nicht realisieren lässt.
- Das Spektrum der idealen Fensterfunktion hat einen unendlich dünnen Hauptlappen und unendlich stark gedämpfte Nebenlappen.

Vor welchem Kompromiss steht man bei der Wahl einer Fensterfunktion?

- zwischen spektraler Auflösung und Leckunterdrückung

Was sind typische Kennwerte einer Fensterfunktion?

- Die Höhe der Hauptkeule und der Nebenkeule.
 - Je höher die Hauptkeule und je tiefer die Nebenkeule desto besser
- Die Breite der Hauptkeule

Fragen zu SW 4.1

Wofür steht die Abkürzung LTI?

- linear, time-invariant

Auf welchem Prinzip beruht die Theorie der LTI Systeme?

- Superpositionsprinzip

Welche Operationen sind in einem LTI erlaubt?

- Multiplikation eines Signals mit einer Konstanten
- Addition von zwei Signalen
- Zeitverzögerung eines Signals um kT s

Wieso bestimmt die Impulsantwort das Systemverhalten vollständig?

- Da in einem Dirac-Impuls alle Frequenzen vorhanden sind
 - Somit ergibt sich die Ausgangssignalfolge eines LTI Systems aus der Faltung der Eingangssignalfolge mit der Impulsantwort des Systems

Wie ist die z-Transformation definiert?

- $x(t) = \sum_{k=0}^{\infty} x(kT) \cdot \delta(t - kT)$
- $X(s) = \sum_{k=0}^{\infty} x(kT) e^{-kTs}$ // Laplace Transformation von $x(t)$
- $z = e^{Ts}$ // Substitution
- $X(z) = \sum_{k=0}^{\infty} x(kT) z^{-k}$ // Definition der z-Transformation

Wie heisst die z-Transformierte der Impulsantwort?

- $\delta(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta[n] \cdot z^{-n} = z^0 = 1$

Wofür ist die normierte Darstellung der Übertragungsfunktion vorteilhaft?

- Man kann damit einfach die Differenzgleichung erstellen

Woran erkennt man ob ein System rekursiv ist?

- Wenn die Ordnung des Nennerpolynoms grösser oder gleich eins ist.

Fragen zu SW 4.2

Wie viele Nullstellen besitzt die Übertragungsfunktion eines Systems 3. Ordnung?

- Eine Übertragungsfunktion eines Systems 3. Ordnung besitzt immer 3 Nullstellen.

Wie lautet die Stabilitätsbedingung für zeit-diskrete LTI Systeme?

- Die Pole müssen innerhalb des Einheitskreises der z-Ebene liegen.

Nennen Sie je 3 Beschreibungsformen im Zeit- und Frequenzbereich für digitale LTI Systeme.

- Zeitbereich
 - Impulsantwort
 - Sprungantwort
 - Differenzgleichung
 - Signalfluss-Diagramm
- Frequenzbereich
 - Übertragungsfunktion $H(z)$
 - P/N-Plan und Grundverstärkung

- Frequenzgang

In welcher Beziehung stehen Impulsantwort und Frequenzgang eines zeit-diskreten LTI Systems?

- Der Frequenzgang eines digitalen LTI Systems ist die DTFT seiner Impulsantwort

In welcher Beziehung stehen Frequenzgang und Amplitudengang?

- Der Frequenzgang wird folgendermassen beschrieben:
 - $H(\Omega) = |H(\Omega)| \cdot e^{j\varphi H(\Omega)}$
- Somit ist der Amplitudengang der Betrag des Frequenzgangs.

Was kann man aus dem Phasengang eines Systems ableiten?

- Die Phasenverschiebung bei einer bestimmten Frequenz entspricht einer positiven Zeitverzögerung.

Wie kann man aus dem Frequenzgang das Ausgangssignal für ein harmonisches Eingangssignal bestimmen?

- Da der Frequenzgang die DTFT der Impulsantwort des Systems ist, kann man aus dem Amplituden- und dem Phasengang das Spektrum des Ausgangssignals bestimmen
- $x[n] = \cos(2\pi f_0 n T_s)$ // Eingangssignal
- $y[n] = |H(\Omega_0)| \cdot \cos(2\pi f_0 n T_s + \varphi(H(\Omega_0)))$ // Ausgangssignal
- Amplitude: Beträge multiplizieren
- Phase: Winkel addieren

In welcher Beziehung stehen Übertragungsfunktion und Frequenzgang?

- Den Frequenzgang erhält man durch Auswertung der Übertragungsfunktion auf dem Einheitskreis.

Fragen zu SW 5.1 / 5.2

Wie lang ist die Impulsantwort eines FIR Filters 8-ter Ordnung?

- Ein FIR-Filter N-ter Ordnung besitzt N+1 Koeffizienten die seiner Impulsantwort entsprechen. Somit hat ein Filter 8-ter Ordnung 9 Koeffizienten.

Wie heissen die 4 grundlegenden Filterfunktionen?

- Tiefpass
- Hochpass
- Bandpass
- Bandsperre

Warum sind FIR Filter stets stabil?

- Da sie per Definition eine endliche Impulsantwort haben.
- Die Pole befinden sich im Nullpunkt

Unter welcher Voraussetzung ist ein FIR Filter linear-phasig?

- Wenn die Impulsantwort eine Symmetrie aufweist.

Warum sind linear-phasige Filter so wichtig?

- Weil man in der Praxis eine konstante Zeitverzögerung anstrebt.

Wie viele Multiplikationen pro Ausgangswert sind für ein beliebiges linear-phasiges FIR Filter 8-ter Ordnung minimal nötig?

- N ist gerade, und somit ist $b_0 = b_8$; $b_1 = b_7$ usw.

- Anzahl Multiplikationen = $N/2+1 = 5$

Wie kann man die Koeffizienten für ein FIR Filter ohne CAD-Tool bestimmen?

- Mit der Übertragungsfunktion

Vor welchem Kompromiss steht man bei der Wahl der Fensterfunktion beim FIR Design?

- Steilheit vs. Genauigkeit im Sperr-/Durchlassbereich

Mit welchem Fenster erhält man die steilsten FIR Filter (schmalster Übergangsbereich)?

- mit dem Rechteckfenster

Fragen zu SW 6.1

Wann spricht man von einem Filter als IIR Filter?

- Wenn mindestens eine Polstelle verschieden von $z=0$ ist.

Welche Entwurfsmethoden für IIR Filter kennen Sie?

- Indirekter Entwurf mit Hilfe von analogen Prototyp-Filtern
- Direkter Entwurf im diskreten Zeitbereich

Mit welchem Prototyp-Filter erhält man den steilsten Übergangsbereich?

- Mit dem elliptischen Filter

Was will man mit der Vorverzerrung (pre-warping) des Frequenzgangs des analogen Prototyp-Filtern kompensieren?

- Durch die Approximation der s-z-Transformation entsteht eine eindeutige aber nicht-lineare Abbildung der gesamten $j\omega$ -Achse (s) auf den Einheitskreis der z-Ebene. Durch das pre-warping wird diese Nicht-linearität kompensiert.

Welche nicht-idealen Effekte muss man bei der Implementation von Filtern beachten?

- Quantisierungsrauschen
- Gefahr der Instabilität von IIR Filtern
- Zwischenergebnisse erfordern höhere Wortbreiten als Eingangssignal
- Rundung ändert Frequenzgang und kann bei IIR Filtern zu Oszillation führen

Welche Strukturvarianten sind für eine Festkomma-Realisierung vorteilhaft?

- Direkte Form 1
- Transponierte direkte Form 2

In welcher Form sollte man IIR Filter höherer Ordnung implementieren?

- IIR Filter höherer Ordnung sollte man in der direkten Form 1 oder in der transponierten direkten Form 2 realisieren. Sie sind somit weniger sensitiv auf Quantisierung der Koeffizienten.

Nennen Sie 3 Vorteile und einen Nachteil von FIR gegenüber IIR Filtern.

- Vorteile
 - per Definition stabil
 - leicht realisierbar
 - der Phasengang ist exakt linear möglich, falls Koeffizienten symmetrisch sind
- Nachteile
 - höherer Rechenaufwand