

## Probeklausur 2

### Aufgabe 1: Eigenschaften diskreter Systeme (7P)

Gegeben seien folgende Systeme. Dabei steht  $x[n]$  für das Eingangssignal,  $y[n]$  für das Ausgangssignal des Systems:

$$y_1[n] = x[n - 1] + 1$$

$$y_2[n] = \frac{1}{3} \cdot (x[n - 1] + x[n] + x[n + 1])$$

1.1 Überprüfen Sie die Linearität und Kausalität der beiden Systeme. (3P)

1.2 Geben Sie die Impulsantwort der beiden Systeme an. (2P)

1.3 Für welches der beiden Systeme lässt sich die Systemreaktion auf ein beliebiges Eingangssignal durch Faltung mit der Impulsantwort berechnen? Begründen Sie ihre Antwort. (2P)

### Aufgabe 2: Faltung - Impulsantwort - Übertragungsfunktion (16 P)

Gegeben sei ein Eingangssignal  $x[n]$  und die Impulsantwort  $h[n]$  eines diskreten Systems, die beide in Abb. 1 zu sehen sind:

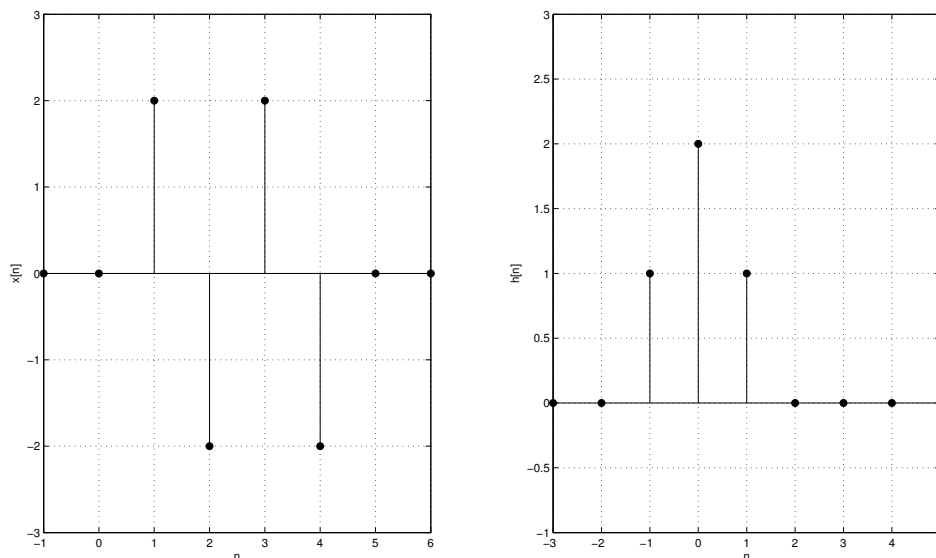


Abbildung 1: Zu faltende Folgen zu Aufgabe 2

2.1 Skizzieren Sie das Faltungsprodukt  $y[n] = x[n] * h[n]$ . (2P)

2.2 Bestimmen Sie die zur Impulsantwort  $h[n]$  gehörende Übertragungsfunktion  $H(e^{j\omega})$  des Systems, sowie dessen Amplitudengang  $|H(e^{j\omega})|$  und Phasengang  $\angle H(e^{j\omega})$ . Berechnen Sie  $|H(e^{j\omega})|$  bei normierten Kreisfrequenzen  $\omega$  im Abstand von  $\frac{\pi}{4}$  und skizzieren Sie den Amplitudengang im Intervall

$[-\pi, \pi]$ . Welche Filtercharakteristik weist der Amplitudengang auf? (5P)

**2.3** Nehmen Sie an, das System arbeite mit einer Abtastfrequenz von  $48 \text{ kHz}$ . Zeichnen Sie den Amplitudengang als Bodediagramm mit einer Amplitude in dB. (2P)

**2.4** Charakterisieren Sie die spektrale Wirkung des Systems im  $z$ -Bereich. Berechnen Sie hierfür die  $z$ -Transformierte der Impulsantwort  $h[n]$  und überführen Sie sie in ein Pol-Nullstellen-Diagramm. Erläutern Sie den Zusammenhang des Pol-Nullstellen-Diagramms mit der in 2.2 bestimmten Fouriertransformierten  $H(e^{j\omega})$ . (3P)

**2.5** Das zu  $h[n]$  gehörende System soll durch Verzögerung um einen Abtastwert in ein kausales System umgewandelt werden. Bestimmen Sie für dieses neue System die Differenzgleichung und ein Blockschaltbild. (2P)

**2.6** Wie verändert sich durch die in **2.5** eingeführte Verzögerung

1. der in 2.2 berechnete Amplitudengang?
2. der in 2.2 berechnete Phasengang?

Geben Sie ggf. den neuen Amplituden- oder Phasengang analytisch an. (2P)

### Aufgabe 3: DFT (8P)

Gegeben sei das in Abbildung 2 dargestellte, mit einer Abtastrate von  $f_s = 44100 \text{ Hz}$  abgetastete Zeitsignal  $x[n]$  der Silbe "ich".

**3.1** Welche spektralen Eigenschaften können Sie für die beiden – erkennbar unterschiedlichen – Teile des Signals ablesen? Handelt es sich um einen männlichen Sprecher oder eine weibliche Sprecherin? (3P)

**3.2** Welches Fenster verwenden Sie (Länge, Form) um das Spektrum für den ersten Teil des Signals durch eine DFT spektral möglichst genau zu untersuchen? Geben Sie die Länge in Samples und in Sekunden an und begründen Sie die Wahl von Länge und Form des Fensters. Wie viele diskrete Frequenzstützpunkte und welche spektrale Auflösung  $\Delta f$  wird dann das durch DFT erzeugte Spektrum aufweisen? (3P)

**3.3** Wie verändert sich Aussehen und Informationsgehalt des Spektrums, wenn Sie dem, durch das in 3.2 verwendete Fenster, erzeugten Signalausschnitt vor der Fouriertransformation im Zeitbereich zusätzliche Samples mit dem Wert 0 hinzufügen ("zero padding")? (2P)

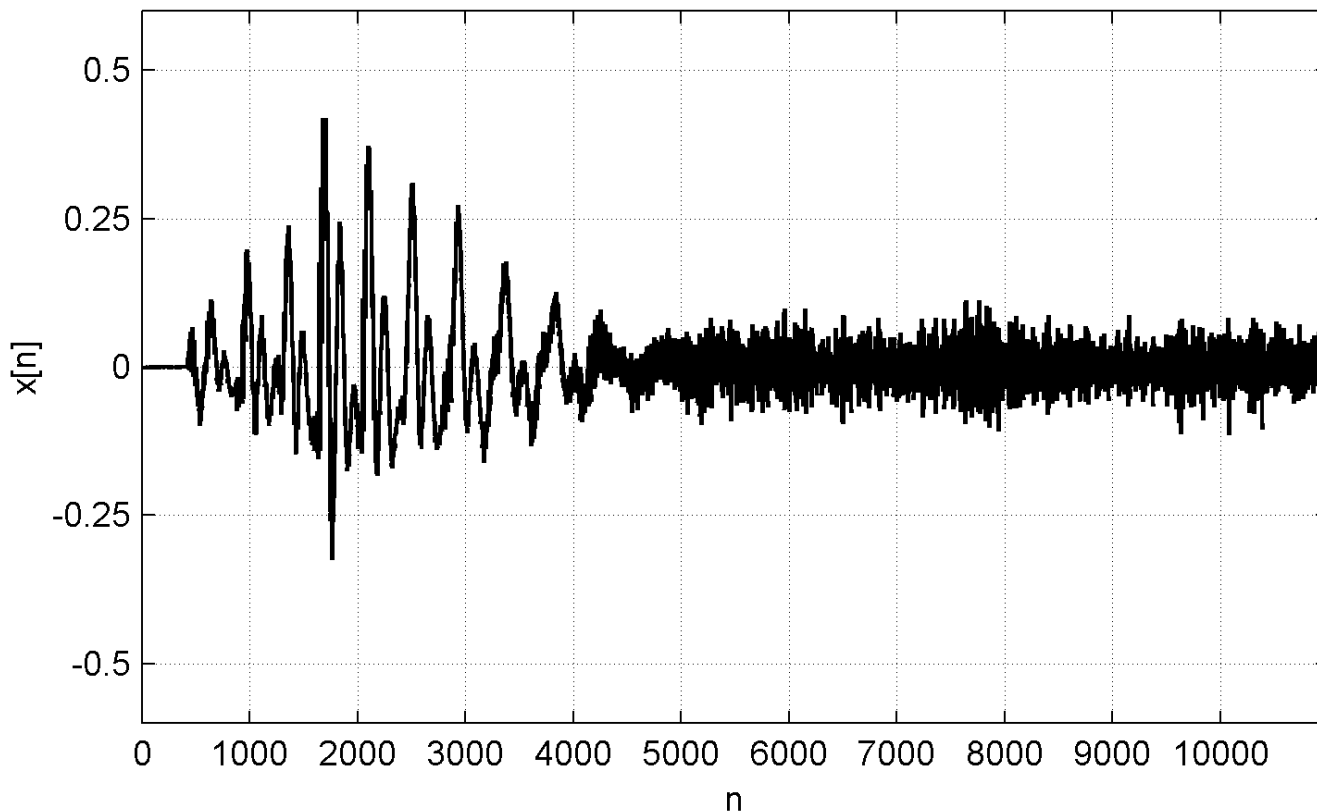


Abbildung 2: Zeitsignal des Wortes "ich"

#### Aufgabe 4: Abtastung und Quantisierung (7P)

Das Sprachsignal aus Aufgabe 3 wird für eine analoge Telefonübertragung auf einen Bereich von 300 bis 3400 Hz bandpassgefiltert und anschließend erneut abgetastet.

4.1 Zeichnen Sie in einem Frequenzbereich von 0 bis 16 kHz das auf der Frequenzachse genau skalierte, auf der Amplitudenachse nur skizzierte Betragsspektrum

- des mit einer Abtastfrequenz von  $f_s = 8 \text{ kHz}$  abgetasteten, zeitdiskreten Signals
- des mit einer Abtastfrequenz von  $f_s = 6 \text{ kHz}$  abgetasteten, zeitdiskreten Signals

Markieren Sie in beiden Fällen Frequenzbereiche, in denen ein Aliasing zu erwarten ist. (4P)

4.2 Der auf ein Intervall  $[-1, 1[$  normierte Amplitudenbereich wird mit einer Wortbreite von 8 bit linear quantisiert und in fraktionaler binärer Darstellung (Zweierkomplement) kodiert. Wie lautet der Binärcode für die Amplituden

- 0.25
- 0.5
- 0.5? (3P)