

Schriftliche Prüfung im Fach: **Digitale Signalverarbeitung (Bachelor)**

Prüfer: **Prof. Dr.-Ing. Johann-Markus Batke**

Tag der schriftlichen Prüfung: **8.7.2020**

Studierender:
Name, Vorname Matr.-Nr.

Note: Einsicht genommen:
Datum, Unterschrift Prüfer Datum, Unterschrift Studierender

Allgemeine Hinweise

Bearbeitungszeit 90 Minuten

Anzahl der Aufgaben 6

- Hilfsmittel**
- Formelsammlung der Klausur (Abschnitt „Hilfen“)
 - Eigene Formelsammlung (handgeschrieben, 2 Seiten DIN A4). Die Formelsammlung ist mit abzugeben.
 - HS-Taschenrechner

Gesamtpunktzahl 100

- Beschriften Sie bitte alle Lösungsblätter mit Namen und Matrikelnummer und nummerieren Sie sie fortlaufend.
- Alle Blätter bitte nur einseitig beschreiben.
- Geben Sie bei Rechenaufgaben die Zwischenschritte an, so dass der Lösungsweg erkennbar ist.
- Antworten sind, soweit möglich, zu begründen.
- Die Klausur ist mit ca. 50 % der Gesamtpunktzahl bestanden.

Aufgabe 1: Elementare Signale (28 Punkte)

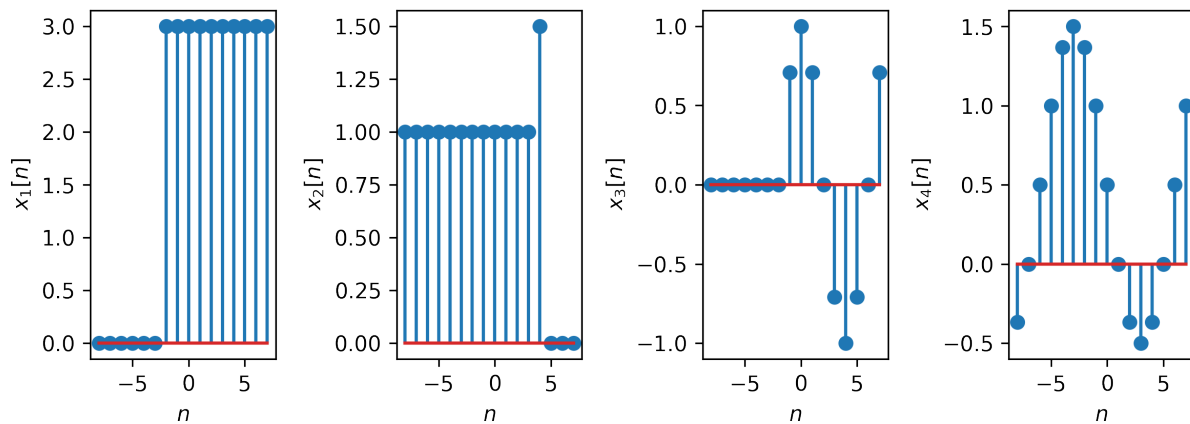


Abbildung 1: Abtastfolgen

- (a) Formulieren Sie für die dargestellten Graphen der Funktionen $x_1[n] \dots x_4[n]$ einen Ausdruck mithilfe von Elementarfunktionen wie $\delta[n]$, $\sigma[n]$, $\cos[n]$, $\sin[n]$.
- (b) Skizzieren Sie die Folge $\cos(0,33333\pi n)$ im Wertebereich $n = -5 \dots 10$.
- (c) Skizzieren Sie im Wertebereich $n = -5 \dots 5$ die Funktionen
- $x_5[n] = 5\sigma[n+1] + 5$
 - $x_6[n] = 1 + \sigma[5(n+1)]$

Aufgabe 2: Digitalisierung (10 Punkte)

Teilaufgabe 2.1: Kontinuierliches Signal

Zeichnen Sie ein kontinuierliches sinusförmiges Signal mit Frequenz $f_0 = 1$ kHz, Nullphase $\varphi = 0$ und Scheitelwert $\hat{u} = 1$ V. Stellen Sie zwei Zyklen dar.

Teilaufgabe 2.2: Abtastung

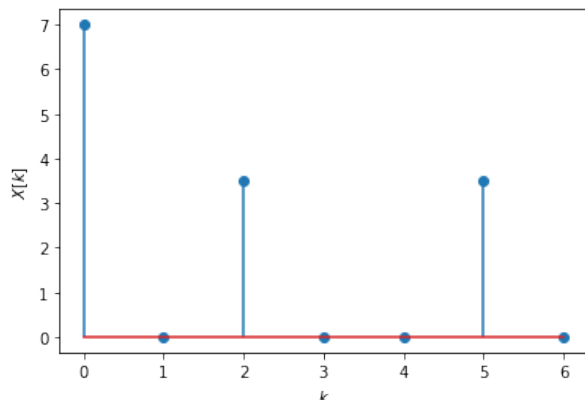
Das kontinuierliche Signal der vorangegangenen Aufgabe soll nun abgetastet werden. Wählen Sie f_s so, dass das Signal mit 5 Werten pro Zyklus abgetastet wird und kennzeichnen Sie die Abtastwerte in der gemachten Skizze. Wie groß ist f_s ?

Teilaufgabe 2.3: Abtasttheorem

Wird das Abtasttheorem mit der gewählten Abtastrate erfüllt?

Aufgabe 3: Spektrum Ton (16 Punkte)

Gegeben sei folgendes reellwertiges Spektrum $X[k]$:



- Geben Sie die Ordnung N der DFT an!
- Bestimmen Sie den Gleichanteil!
- Bestimmen Sie die Grundfrequenz f_0 der Schwingung, wenn die Abtastrate $f_s = 8000$ Abtastwerte/s ist!
- Geben Sie die Zeitfunktion $x[n]$ an und skizzieren Sie den Funktionsgraphen! Hinweis: der Gleichanteil im Zeitbereich ist $X[0]/N$.

Aufgabe 4: Faltung und Lineare Zeitinvariante Systeme (20 Punkte)

- Wie groß ist die Länge des Faltungsproduktes zweier Folgen mit den Längen $L_1 = 21$ bzw. $L_2 = 41$?
- Gegeben sind die beiden Signale $x_1[n] = \{1, 3, -2, -1\}$ als Eingangssignal eines Systems und $x_2[n] = \{1, 2, 3\}$ als Systemfunktion. Berechnen Sie den Systemausgang über die die Faltung $x_1[n] \star x_2[n]$!
- Formulieren Sie die Faltung aus b) als Matrixoperation.
- Das gleiche System soll nach Einspeisung des Signals x_1 gleich erneut mit x_1 angeregt werden, es entsteht also die Folge $1, 3, -2, -1, 1, 3, -2, -1$. Da es sich um ein Lineares Zeitinvariantes System handelt, können die einzelnen Systemantworten überlagert werden. Geben Sie das Gesamtergebnis des Systemausgangs an.

Aufgabe 5: Diskrete Systeme (10 Punkte)

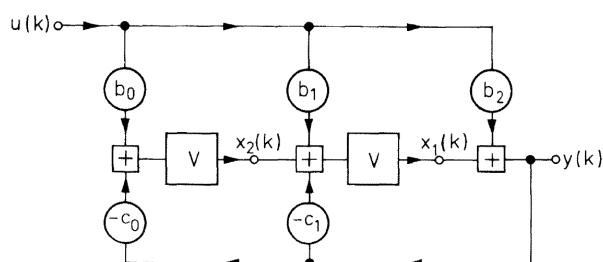
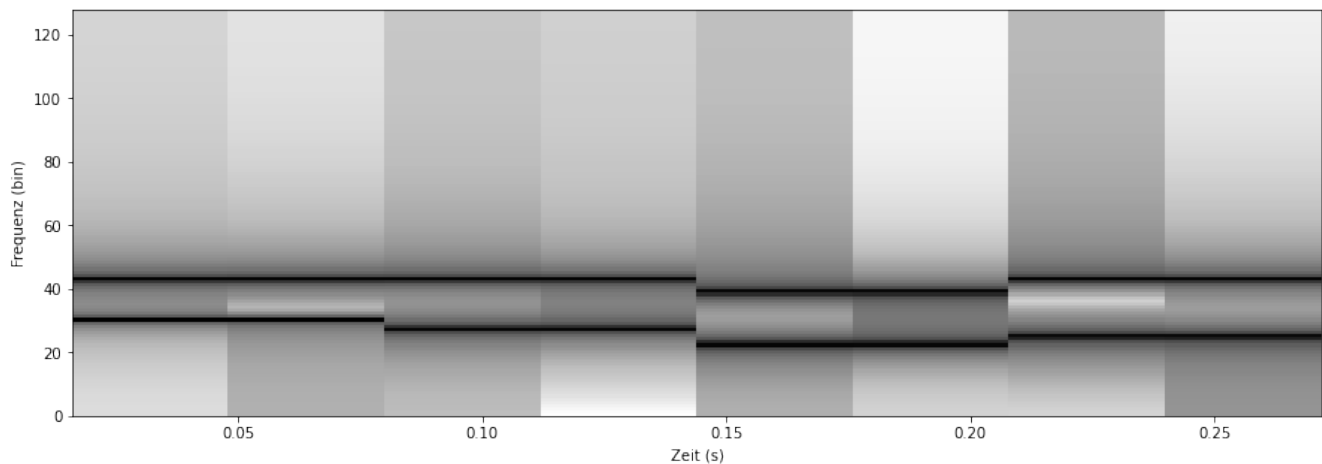


Abbildung 2: Beispielstruktur eines diskreten Systems.

- Geben Sie einen Ausdruck für $y[n]$ in Abbildung 2 an.
- Stellen Sie die Differenzengleichung auf entsprechend der Form

$$\sum_{k=0}^N c_k y[n-k] = \sum_{m=0}^M b_m x[n-m]. \quad (1)$$

Aufgabe 6: Dual-Tone-Multi-Frequency-Standard (16 Punkte)



Gegeben sei das dargestellte Spektrogramm einer *reellwertigen* Zweitonfolge nach dem DTMF-Standard. Die Tasten werden den Tönen gemäß Tabelle zugeordnet, die Tonfolge wurde ohne Pausen zwischen den Tönen erzeugt. Der Standard legt ferner fest, dass die Abtastrate 8 kHz beträgt und ein Wählton mindestens 40 ms dauert.

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

(a) Erläutern Sie mithilfe des Spektrogramms:

1. Wieviele Frequenzstützstellen sind dargestellt?
2. Wurden überlappende Blöcke aus dem Zeitsignal gebildet? Woran kann man das ablesen?
3. Welche Ordnung hat die verwendete DFT (Begründung)?
4. Wieviele Abtastschritte wurden zur Berechnung der Darstellung verwendet?
5. Wieviele Abtastwerte dauert ein Wählton *gemäß Standard* mindestens an?

(b) Reicht die Frequenzauflösung aus, um Wählöne zuverlässig zu unterscheiden?

(c) Welche Zahlenfolge (Telefonnummer) ist dargestellt?

(d) Die Blöcke wurden mit einem Rechteckfenster gebildet. Beschreiben Sie, wie sich das Spektrogramm bei Verwendung eines Hamming-Fensters ändert.