

# Signale und Systeme

- Prof. Dr.-Ing. Thomas Sikora -

Name: .....

☐ Bachelor

☐ ET

☐ Master

☐ TI

Vorname: .....

☐ Diplom

☐ KW

☐ Magister

☐ .....

Matr.Nr: .....

☐ Erasmus

- ☐ Ich bin mit der Veröffentlichung des Klausurergebnisses im Web unter meiner verkürzten Matrikelnummer einverstanden.

A1	A2	A3	Summe

## Hinweise:

1. Füllen Sie vor Bearbeitung der Klausur das Deckblatt **vollständig** und **sorgfältig** aus.
2. Schreiben Sie die Lösungen jeweils direkt auf den freien Platz unterhalb der Aufgabenstellung.
3. Die **Rückseiten** können bei Bedarf zusätzlich beschrieben werden. Sollte der Platz auf der Rückseite nicht ausreichen, ist dennoch **kein eigenes Papier zu verwenden**. Die Klausuraufsicht teilt auf Anfrage **zusätzliche leere Blätter** aus.
4. Ein **nichtprogrammierbarer** Taschenrechner und ein **einseitig handbeschriebenes DIN-A4-Blatt** sind als Hilfsmittel erlaubt.
5. Bearbeitungszeit: **90 min**.
6. **Keinen Bleistift** und auch **keinen Rotstift** verwenden!
7. Bei Multiple-Choice-Fragen gibt es je richtiger Antwort einen halben Punkt, je falscher Antwort wird ein halber Punkt abgezogen. Im schlechtesten Fall wird die Aufgabe mit null Punkten bewertet.
8. Grundsätzlich müssen bei allen Skizzen die **Achsen vollständig beschriftet** werden.

Ich habe die Hinweise gelesen und verstanden: ..... (Unterschrift)

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Klausur im Lehrgebiet Signale und Systeme am 25.02.2021	Blatt: 1
--	---	----------

---

## Erklärung zur Prüfungsfähigkeit

Ich erkläre, dass ich mich prüfungsfähig fühle. (§7 (10) Satz 5+6 AllgPO vom 13. Juni 2012)

.....

(Datum und Unterschrift der Studentin/ des Studenten)

<b>Technische Universität Berlin</b> Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Klausur im Lehrgebiet <b>Signale und Systeme</b> am 25.02.2021	Blatt: 2
---	--	----------

# Inhaltsverzeichnis

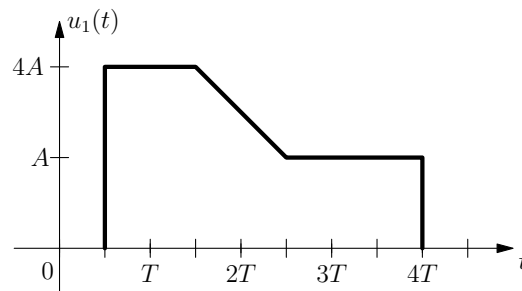
1	Zeitkontinuierliche Signale	4
2	Zeitkontinuierliche Systeme und Abtastung	6
3	Zeitdiskrete Signale und Systeme	11

## 1 Zeitkontinuierliche Signale

12,5 Punkte

1.1 Gegeben sei das folgende, zeitkontinuierliche Signal  $u_1(t)$ :

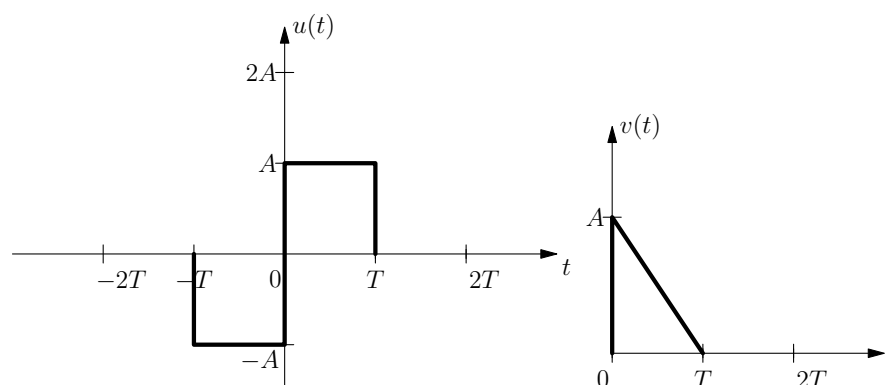
4,5 P



- a) Geben Sie eine geschlossene mathematische Beschreibung von  $u_1(t)$  unter Zuhilfenahme von Elementarsignalen an. 1 P
- b) Skizzieren Sie das Signal  $u_2(t) = B \cdot \frac{1}{2} u_1(-(t - 3T))$ . 1,5 P
- c) Das Signal  $u_1(t)$  werden mit  $T_P = 5T$  periodisch fortgesetzt. Berechnen Sie die Leistung des periodisch fortgesetzten Signals  $u_P(t) = u_1(t) * \delta_{T_P}(t)$ . 1,5 P
- d) Wie groß ist die Gesamtleistung des **ursprünglichen** Signals  $u_1(t)$ ? 0,5 P

1.2 Gegeben seien die folgenden beiden Signale  $u(t)$  und  $v(t)$ .

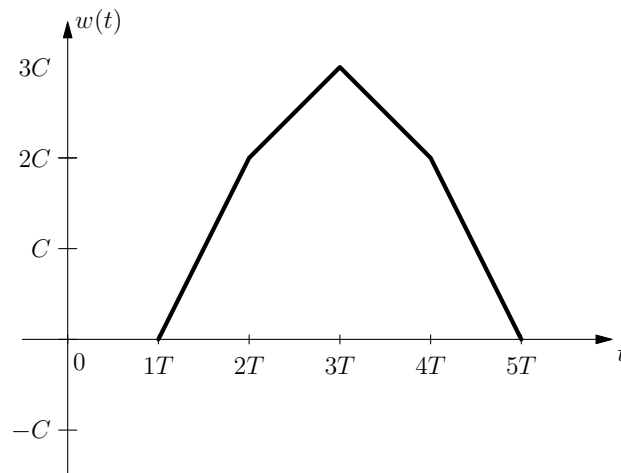
6 P



- a) Berechnen Sie die Kreuzkorrelation  $r_{uv}(\tau)$  zwischen den beiden Signalen. 4,5 P
- b) Skizzieren Sie  $r_{uv}(\tau)$  im Bereich  $-4T \leq \tau \leq 4T$ . 1,5 P

<b>Technische Universität Berlin</b> Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Klausur im Lehrgebiet <b>Signale und Systeme</b> am 25.02.2021	Blatt: 4
---	--	----------

- 1.3 Berechnen Sie die Fouriertransformierte des folgenden Signals  $w(t)$ . Fassen Sie das Ergebnis so weit wie möglich zu trigonometrischen Funktionen zusammen. 2 P



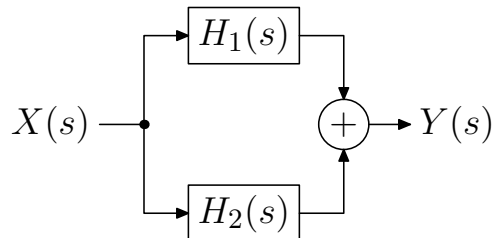
- 1.4 Wie lautet die Unschärferelation (oder das Zeitgesetz) der Nachrichtentechnik? 1\* P

es gibt Kompromiss zwischen der Zeitdauer eines Signals und  
seiner Bandbreite

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Klausur im Lehrgebiet Signale und Systeme am 25.02.2021	Blatt: 5
--	---	----------

**2 Zeitkontinuierliche Systeme und Abtastung****9,5 Punkte**

- 2.1 Gegeben seien die Übertragungsfunktionen  $H_1(s) = \frac{1}{(s+j)}$ ,  $H_2(s) = \frac{j}{s(s-j)}$  2 P  
und das folgende Blockschaltbild. Geben Sie die Gesamtübertragungsfunktion  $H_{\text{Ges}}(s)$  an und zeichnen Sie das zugehörige PN-Diagramm.



Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Klausur im Lehrgebiet Signale und Systeme am 25.02.2021	Blatt: 6
--	---	----------

2.2 Von einem realen, zeitkontinuierlichen System seien nachfolgende Eigenschaften bekannt. Skizzieren Sie das PN-Diagramm des Systems. **Erläutern Sie Ihre Schlussfolgerungen aus den genannten Eigenschaften.** 2,5 P

- a) Das System hat 5 Extremstellen.
- b) Der Imaginärteil einer Polstelle ist  $-2$ .
- c)  $|H(0)| = 1$
- d) Das System besitzt mehr Nullstellen als Polstellen.
- e)  $H(2j) = 0$
- f) Das System ist stabil.
- g) Der Realteil einer Nullstelle ist  $-2$ .

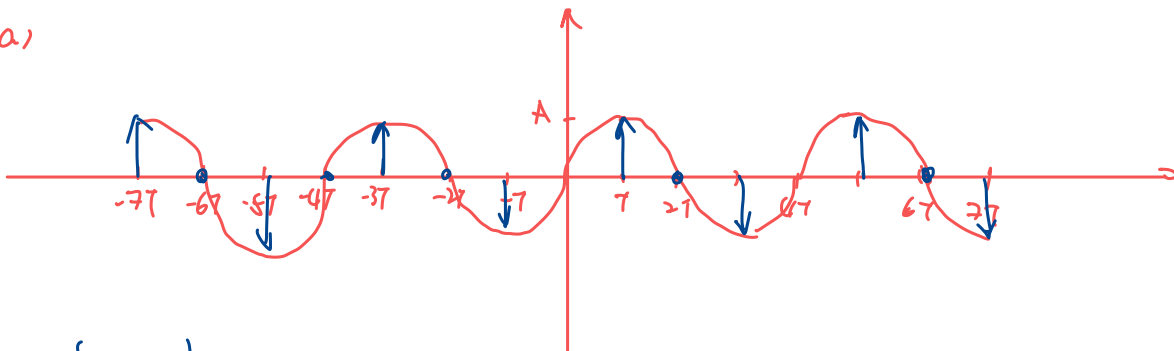
<p>Technische Universität Berlin</p> <p>Fachgebiet Nachrichtenübertragung</p> <p>Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Klausur im Lehrgebiet</p> <p><b>Signale und Systeme</b></p> <p>am 25.02.2021</p>	<p>Blatt: 7</p>
---	---	-----------------

$$\frac{2\pi}{T} \cdot 4T = 4\pi$$

2.3 Gegeben sei die Funktion  $u(t) = A \cdot \sin(\frac{2\pi t}{4T})$ . 3,5 P

- a) Das Signal  $u(t)$  werde nun ideal mittels eines Deltakamms  $\delta_T(t)$  abgetastet. 1 P  
Skizzieren Sie  $u_a(t) = u(t) \cdot \delta_T(t)$  im Bereich  $-7T \leq t \leq 7T$ . Achten Sie auf eine vollständige Achsenbeschriftung.
- b) Wie groß ist die Amplitude  $u_a(t)$  an der Stelle  $t = T$ ? 0,5 P
- c) Berechnen Sie die Fouriertransformierte  $U_a(j\omega)$  des abgetasteten Signals 2 P  
 $u_a(t) = A \cdot \sin(\frac{2\pi t}{4T}) \cdot \delta_T(t)$ . Fassen Sie das Ergebnis soweit wie möglich zusammen. (Hinweis: Falls vorhanden, lösen Sie das Faltungssymbol auf.)

a)



$$b) |u_a(T)| = A$$

$$\begin{aligned} c) U_a(j\omega) &= \mathcal{F}\{A \sin(\frac{2\pi t}{4T}) \cdot \delta_T(t)\} = \frac{1}{2\pi} A \mathcal{F}\{\sin(\frac{2\pi t}{4T})\} * \mathcal{F}\{\delta_T(t)\} \\ &= \frac{A}{2\pi} \cdot 4 \mathcal{F}\{\sin(\frac{2\pi}{T} t)\}(\omega) * \frac{1}{T} \delta_{2\pi/T}(\omega) \\ &= \frac{4A}{T} \cdot (j\pi(\delta(4\omega + \frac{2\pi}{T}) - \delta(4\omega - \frac{2\pi}{T}))) * \delta_{2\pi/T}(\omega) \end{aligned}$$

$$u_a(t) = \delta(t-T) - \delta(t+T)$$

$$u_a(j\omega) = e^{-j\omega T} - e^{j\omega T}$$

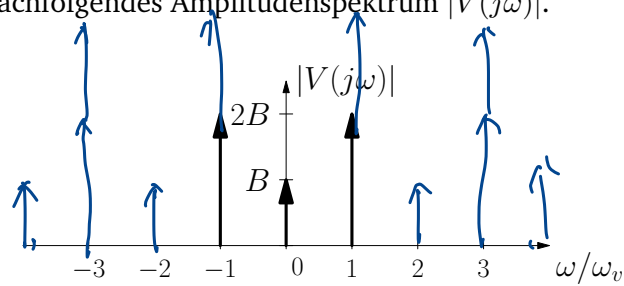
$$= -2j \sin(\omega T)$$

<p>Technische Universität Berlin</p> <p>Fachgebiet Nachrichtenübertragung</p> <p>Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Klausur im Lehrgebiet</p> <p>Signale und Systeme</p> <p>am 25.02.2021</p>	<p>Blatt: 8</p>
---	--	-----------------



2.4 Gegeben sei nachfolgendes Amplitudenspektrum  $|V(j\omega)|$ .

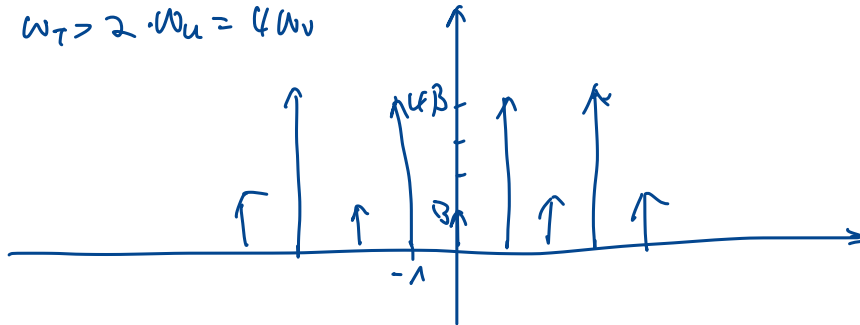
1,5 P



- a) Welche Abtastfrequenz muss bezüglich des Amplitudenspektrums  $|V(j\omega)|$  mindestens gewählt werden, damit kein Aliasing entsteht? 0,5 P
- b) Nun werde das Signal  $v(t)$  ideal mit  $\omega_T = 2\omega_v$  abgetastet. Skizzieren Sie  $|V_a(j\omega)|$  im Bereich  $-4\omega_v \leq \omega \leq 4\omega_v$ . Achten Sie auf eine vollständige Achsenbeschriftung. 1 P

a)  $\omega_T > 2 \cdot \omega_v = 4\omega_v$

b)



<b>Technische Universität Berlin</b> Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Klausur im Lehrgebiet <b>Signale und Systeme</b> am 25.02.2021	Blatt: 9
---	--	----------

mit gleicher Verstärkung und ohne Phasenverschiebung übertragen

- 2.5 Definieren Sie ein verzerrungsfreies System im Zeitbereich. Welche Eigenschaften weist der Amplituden- und der Phasengang eines verzerrungsfreien Systems im Frequenzbereich auf? 1,5\* P

↑  
konstanten

↑  
linear

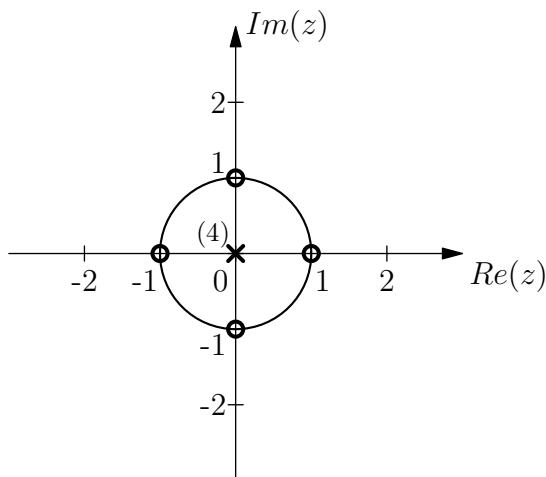
<b>Technische Universität Berlin</b> Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Klausur im Lehrgebiet <b>Signale und Systeme</b> am 25.02.2021	Blatt: 10
---	--	-----------

## 3 Zeitdiskrete Signale und Systeme

10 Punkte

3.1 PN-Diagramme zeitdiskreter Systeme 4 P

- a) Gegeben sei das folgende PN-Diagramm eines zeitdiskreten Systems. Kreuzen Sie rechts die entsprechenden Eigenschaften des Systems an. 3 P



ja nein

- ☐ ☐ reellwertig  
☐ ☐ (bedingt) stabil  
☐ ☐ kausal  
☐ ☐ linearphasig  
☐ ☐ Allpass  
☐ ☐ minimalphasig

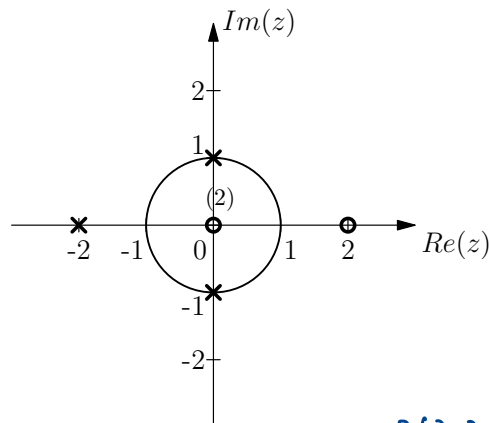
- b) Skizzieren Sie den Amplitudengang  $A(\Omega)$  des Systems ( $b_0 = 1$ ). Achten Sie auf eine vollständige Achsenbeschriftung. 1 P

- c) Gehen Sie davon aus, dass das PN-Diagramm aus Teilaufgabe 3.1 a) die Pol- und Nullstellen eines entsprechenden zeitkontinuierlichen Systems nach der Abtastung zeigt. Skizzieren Sie im untenstehenden Koordinatensystem die PN-Verteilung des Systems **vor** der Abtastung. 1,5\* P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Klausur im Lehrgebiet Signale und Systeme am 25.02.2021	Blatt: 11
--	---	-----------

3.2 Gegeben sei das folgende PN-Diagramm eines zeitdiskreten Systems.

3,5 P



$$H(z) = \frac{z(z-2)}{(z+j)(z-j)(z+2)}$$

a) Bestimmen Sie die Systemfunktion  $H(z)$  ( $H_0 = 1$ ).

0,5 P

b) Bestimmen Sie die Differenzengleichung.

1 P

$$(z^2 + 1)(z+2) = z^3 + 2z^2 + z + 2$$

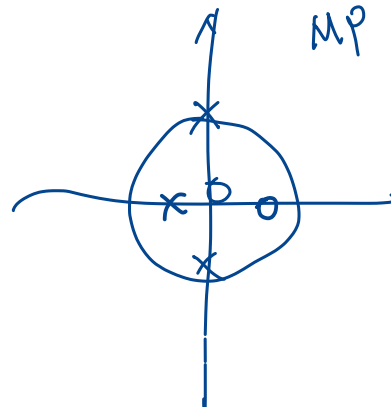
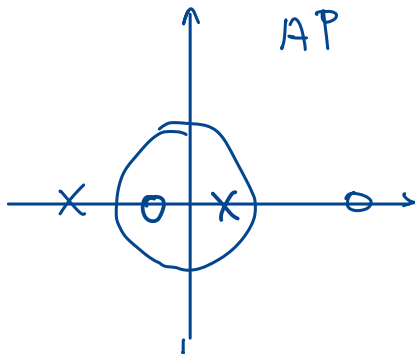
$$Y(z) = X(z) \cdot \frac{z^3 - 2z}{z^3 + 2z^2 + z + 2} = X(z) \frac{z^2 - 2}{1 + 2z^{-1} + z^{-2} + 2z^{-3}}$$

$$Y(z) = X(z)(z^2 - 2) = Y(z)(2z^{-1} + z^{-2} + 2z^{-3})$$

$$y(n) = x(n-1) - 2x(n-2) - 2y(n-1) - y(n-2) - 2y(n-3)$$

c) Zerlegen Sie das gegebene System in eine Reihenschaltung aus Allpass und minimalphasigen System.

2 P



<b>Technische Universität Berlin</b> Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Klausur im Lehrgebiet <b>Signale und Systeme</b> am 25.02.2021	Blatt: 12
---	--	-----------

- 3.3 Die Impulsantwort eines FIR-Filters sei  $h = \{2; -1; 3\}$ . Berechnen Sie die Antwort des Filters auf das Eingangssignal  $x = \{2; -3; 1\}$ . 2,5 P

$$\begin{array}{r|rrr}
 & 2 & -1 & 3 \\
 \hline
 2 & 4 & -2 & 6 \\
 -3 & -6 & 3 & -9 \\
 1 & 2 & -1 & 3
 \end{array}$$

$$x * h = \{4, -8, 11, -10, 3\}$$