

ZUNAME: .....  
 VORNAME: .....  
 MAT. NR.: .....

**1. Teilprüfung 389.055 A**  
**Signale und Systeme 2**  
 Institute of Telecommunications  
 TU-Wien **25.04.2017**

**Bitte beachten Sie:**

- Die Dauer dieser Klausur beträgt **90 Minuten**.
- Bitte legen Sie Ihren **Studierendenausweis auf Ihrem Tisch** zur Überprüfung bereit.
- **Mobiltelefone** müssen während der Prüfung **ausgeschaltet** sein und dürfen **nicht auf dem Tisch** liegen!
- Neben Schreibwerkzeugen und einfachen, nicht-programmierten Taschenrechnern ist als Hilfsmittel die SuS2-Formelsammlung erlaubt – sonst nichts!
- **Wichtig:** Bitte beachten Sie, dass Schummeln, wie z.B. die Verwendung nicht erlaubter Hilfsmittel, studienrechtliche und prüfungsrelevante Konsequenzen hat.
- Bitte verwenden Sie einen **permanent färbenden, nicht-roten Stift**.
- Die Beispiele sind ausschließlich auf den Seiten dieser Angabe auszuarbeiten. **Mitgebrachte Zusatzblätter werden ignoriert!**
- Sofern weitere Leerseiten zur Bearbeitung der Beispiele benötigt werden, sind diese bei der Klausuraufsicht erhältlich.
- Bitte bearbeiten Sie **nicht mehr als ein Beispiel auf einem Blatt**.
- Bitte kennzeichnen Sie auf **jeder Seite** eindeutig, welche **Aufgabe** und welcher **Unterpunkt** behandelt wird.
- Schreiben Sie auf **jedes Blatt** Ihren **Namen** und Ihre **Matrikelnummer!**
- Diese **Angabe muss, mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer beschriftet**, bei der Klausuraufsicht **abgegeben werden. Sie dürfen diese Angabe nicht mitnehmen!**
- Sofern Sie nicht wollen, dass Ihre Bearbeitung eines Beispiels gewertet wird, streichen Sie die entsprechenden Seiten klar ersichtlich durch.
- Eine **lesbare Schrift und übersichtliche Darstellung** sind Voraussetzungen für die positive Beurteilung der Arbeit!
- Bitte **bleiben Sie bei Klausurende** so lange **auf Ihrem Platz**, bis alle Klausuren eingesammelt sind und die Klausuraufsicht die Freigabe zum Verlassen der Hörsaals erteilt.
- Sofern Sie während der Klausur zur Toilette müssen, melden Sie sich bitte rechtzeitig bei der Klausuraufsicht. Bitte **verlassen Sie nicht ohne Rücksprache mit der Klausuraufsicht den Hörsaal**.
- Sofern Sie vor dem Klausurende gehen wollen, tun Sie dies bitte **nicht in den letzten 15min** vor dem Ende der Klausur. Melden Sie sich bevor Sie gehen bei der Klausuraufsicht und geben Sie Ihre Angabe ab.

**Abgabezeit:** (wird nur bei vorzeitiger Abgabe von der Klausuraufsicht ausgefüllt) . . . . .

Aufgabe:	1	2	3	4	Summe
Punkte (max.):	32	38	15	15	100
Punkte:					

**Aufgabe 1: (32 Punkte)**

Zwei zeitdiskrete, periodische Signale  $x_1[n]$  und  $x_2[n]$  sind für  $n \in \mathbb{Z}$  wie folgt definiert:

$$x_1[n] = \cos\left(\frac{\pi n}{10}\right) \quad x_2[n] = 1.$$

- (a) (4 Punkte) Bestimmen Sie die (kleinstmöglichen) Periodendauern  $N_1$  des Signals  $x_1[n]$  und  $N_2$  des Signals  $x_2[n]$ . Zeigen Sie Ihren Lösungsweg!

$N_1$ :

$N_2$ :

- (b) (4 Punkte) Ein neues Signal  $x[n]$  wird aus den beiden Signalen aus Teil (a) wie folgt gebildet:

$$x[n] = x_1[n] + x_2[n].$$

Bestimmen Sie die (kleinstmögliche) Periodendauer  $N$  des Signals  $x[n]$ . Zeigen Sie Ihren Lösungsweg!

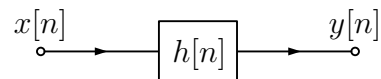
$N$ :

- (c) (4 Punkte) Bestimmen Sie die Symmetrie des Signals  $x[n]$  aus Teil (b). Ist es gerade/ungerade/keines von beiden? Begründen Sie Ihre Entscheidung rechnerisch!

Symmetrie:
------------

- (d) (6 Punkte) Das Signal  $x[n]$  aus Teil (b) wird an den Eingang eines zeitinvarianten Systems gelegt, das mit der Impulsantwort  $h[n]$  vollständig beschrieben ist, wobei  $h[n]$  wie folgt gegeben ist:

$$h[n] = \delta[n] - \delta[n - 5].$$



Berechnen Sie das Ausgangssignal  $y[n]$ . Vereinfachen Sie so weit wie möglich auf eine reelle Darstellung.

- (e) (6 Punkte) Ist das System aus Unterpunkt (d) linear? Ist es BIBO-stabil? Ist es kausal?

Hinweis: Ein System ist BIBO-stabil, wenn seine Impulsantwort betragssummierbar ist.

Linearität:

Begründung:

BIBO-Stabilität:

Begründung:

Kausalität:

Begründung:

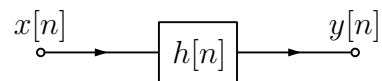
- (f) (2 Punkte) Das Signal wird nun mit der Impulsantwort des Systems vertauscht, d.h. es wird

$$x[n] = \delta[n] - \delta[n - 5]$$

als Eingangssignal angenommen und

$$h[n] = \cos\left(\frac{\pi n}{10}\right) + 1.$$

als Impulsantwort, die das System wiederum vollständig beschreibt.



Bestimmen Sie das Ausgangssignal  $y[n]$ .

*Hinweis:* Nutzen Sie, ohne große Rechnung, die Eigenschaften der Faltung und nehmen Sie die Konvergenz der Summen an.

- (g) (6 Punkte) Ist das System aus Punkt (f) mit der dort definierten Impulsantwort  $h[n]$  linear? Ist es BIBO-stabil? Ist es kausal?

Linearität:

Begründung:

BIBO-Stabilität:

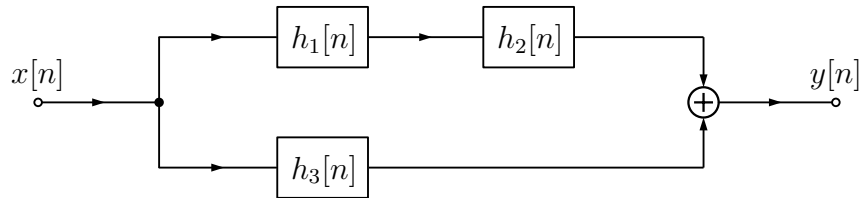
Begründung:

Kausalität:

Begründung:

**Aufgabe 2: (38 Punkte)**

Ein zeitdiskretes System ist aus drei Teil-Systemen mit den Impulsantworten  $h_1[n]$ ,  $h_2[n]$  und  $h_3[n]$  wie folgt zusammengesetzt:



Die Impulsantworten sind für  $n \in \mathbb{Z}$  gegeben durch

$$h_1[n] = \frac{1}{3}\delta[n-1] - \delta[n] \quad h_2[n] = \left(\frac{1}{3}\right)^n \sigma[n] \quad h_3[n] = \begin{cases} 1 & 0 \leq n \leq l \\ 0 & \text{sonst} \end{cases},$$

wobei  $l \in \mathbb{N}$  und  $l > 1$  gilt.

- (a) (10 Punkte) **Berechnen** und **skizzieren** Sie die Impulsantwort  $h[n]$  des Gesamtsystems.

(b) (8 Punkte) Nun wird das  $l$ -periodische zeitdiskrete Signal

$$x[n] = 1 + \cos\left(\frac{2\pi n}{l}\right)$$

betrachtet.

**Berechnen** und **skizzieren** Sie die Fourierreihenoeffizienten  $c_k$  des Signals  $x[n]$  für  $0 \leq k \leq l - 1$ .



Zuname:.....

A.9 Matrikelnummer:.....

- (c) (10 Punkte) An den Eingang des Systems aus Teil (a) wird das periodische Signal  $x[n]$  aus Teil (b) angelegt. Berechnen Sie das Ausgangssignal  $y[n]$  des Systems.

- (d) (6 Punkte) Bestimmen Sie die Fourierreihenkoeffizienten  $c_k, 0 \leq k \leq l - 1$ , des als  $l$ -periodisch angenommenen Signals  $y[n]$  aus Teil (c). Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem aus Teil (b). Welche Unterschiede stellen Sie fest hinsichtlich des Frequenzinhaltes und der Amplituden beider Signale?

- (e) (4 Punkte) Finden Sie eine mögliche reelle Lösung für die Konstanten  $a_1$  und  $a_3$ , sodass die (durch die Faktoren) modifizierten Impulsantworten  $a_1 h_1[n]$  und  $a_3 h_3[n]$  zusammen mit der unveränderten Impulsantwort  $h_2[n]$  ein Gesamtsystem (entsprechend der Abbildung in der Angabe) mit dem Gleichanteil-Verstärkungsfaktor 1 bilden. Das Frequenz-Verhalten des Systems soll dabei unverändert bleiben, d.h. es soll dem des Systems aus Teil (a) entsprechen.

*Hinweis:* Der Gleichanteil-Verstärkungsfaktor  $\gamma_0$  eines Systems mit der Impulsantwort  $h[n]$  wird definiert durch

$$\gamma_0 = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h[k].$$

**Aufgabe 3: (15 Punkte)**

Bestimmen Sie die zutreffenden Antworten und kreuzen Sie diese an.

Jede korrekte Antwort wird mit +1 Punkt gezählt. Keine Antwort oder das Ankreuzen beider Alternativen werden mit 0 Punkten gezählt. Eine falsche Antwort wird mit -1 Punkt gezählt. Die Punkte werden für die gesamte Aufgabe summiert; eine negative Gesamtsumme wird auf Null gesetzt.

- (a) (4 Punkte) Es soll angegeben werden, ob die folgenden Aussagen über zeitdiskrete Signale richtig oder falsch sind, wobei  $n \in \mathbb{Z}$  und  $N \in \mathbb{N}$  gilt:

	Richtig/Falsch	
A) Das Signal $x[n] = \cos(\theta_0 n)$ , $\theta_0 \in \mathbb{R}$ , ist immer periodisch.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B) Ein zeitdiskretes Signal $x[n]$ kann für $n \in \mathbb{Z}$ in einem Computer <i>nicht</i> gespeichert werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C) Ein Signal mit der Eigenschaft $x[n] = x[N - n] = 0$ für $n > N$ kann höchstens an $N + 1$ Stellen von Null verschieden sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D) Ein Signal mit der Eigenschaft $x[n + N] = x[n - N]$ für alle $n$ hat die Periode $2N$ .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- (b) (4 Punkte) Es soll angegeben werden, ob die folgenden Aussagen über zeitdiskrete Signale richtig oder falsch sind:

	Richtig/Falsch	
A) Die Energie eines zeitdiskreten Signals muss die physikalische Einheit "Wattsekunde" haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B) Periodische Signale mit beschränkten, von Null verschiedenen Amplituden haben endliche mittlere <i>Leistung</i> .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C) Die mittlere Leistung eines <i>nicht</i> periodischen Signals mit beschränkten Amplituden ist <i>immer</i> gleich Null.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D) Ein periodisches Signal muss entweder rein gerade oder rein ungerade sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- (c) (4 Punkte) Es soll angegeben werden, ob die folgenden Aussagen über Fourier-Reihen zeitdiskreter Signale mit der Periode  $N \in \mathbb{N}$  richtig oder falsch sind:

	Richtig/Falsch	
A) Zur Berechnung muss ein Integral gelöst werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B) Es gibt für $N < \infty$ nur endlich viele Fourier-Koeffizienten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C) Für die Berechnung der Fourier-Koeffizienten müssen Summen mit $N$ Summanden berechnet werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D) Die Signalleistung kann (ohne Rücktransformation) direkt mit Hilfe der Fourier-Koeffizienten bestimmt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- (d) (3 Punkte) Es soll angegeben werden, ob die folgenden Aussagen über zeitdiskrete Signale richtig oder falsch sind:

	Richtig/Falsch	
A) Linearität ist eine <i>Signaleigenschaft</i> .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B) Ein zeitdiskretes Signal ist eine Folge von Zahlen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C) Jedes Signal ungerader endlicher Länge kann in einen ungeraden und einen geraden Anteil zerlegt werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Aufgabe 4: (15 Punkte)**

Bestimmen Sie die zutreffenden Antworten und kreuzen Sie diese an.

Jede korrekte Antwort wird mit +1 Punkt gezählt. Keine Antwort oder das Ankreuzen beider Alternativen werden mit 0 Punkten gezählt. Eine falsche Antwort wird mit -1 Punkt gezählt. Die Punkte werden für die gesamte Aufgabe summiert; eine negative Gesamtsumme wird auf Null gesetzt.

- (a) (4 Punkte) Es soll angegeben werden, ob die folgenden Aussagen über *lineare*, zeitdiskrete Systeme richtig oder falsch sind:

	Richtig/Falsch	
A) Ein <i>stabiles</i> solches System kann eine (nicht-triviale) periodische Impulsantwort haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B) Ein <i>kausales</i> solches System kann eine (nicht-triviale) periodische Impulsantwort haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C) Ein <i>stabiles</i> System muss <i>immer</i> eine endlich lange Impulsantwort besitzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D) Die System- <i>Sprungantwort</i> ist <i>immer</i> unendlich lang.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- (b) (4 Punkte) Es soll angegeben werden, ob die folgenden Aussagen über *lineare*, zeitinvariante, zeitdiskrete Systeme richtig oder falsch sind:

	Richtig/Falsch	
A) Ein kausales solches System liefert bei einem kausalen Eingangssignal ein kausales Ausgangssignal.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B) Ein kausales solches System kann <i>nicht</i> instabil sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C) Ein Exponentialsignal am Eingang des Systems liefert am Ausgang das gleiche Exponentialsignal, möglicherweise mit einer Amplitudenskalierung und/oder einer Phasenverschiebung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D) Ein solches System ist durch seine Impulsantwort eindeutig beschrieben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- (c) (4 Punkte) Das Eingangssignal eines zeitdiskreten Systems sei mit  $x[n]$  bezeichnet und das Ausgangssignal mit  $y[n]$ . Es soll angegeben werden, ob, für die folgenden Systembeschreibungen, die Aussage richtig oder falsch ist, dass es sich um *lineare* Systeme handelt. (log bezeichnet den natürlichen Logarithmus)

	Richtig/Falsch	
A) $y[n] = \sqrt{x^2[n]}$	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B) $y[n] = x[n + 2] + 3$	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C) $y[n] = a^n x[n], a \in \mathbb{R}$	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D) $y[n] = 2x[n] - 1 + \log(e^{1-x[n]})$	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- (d) (3 Punkte) Es soll angegeben werden, ob die folgenden Aussagen über *lineare*, zeitinvariante, *stabile* zeitdiskrete Systeme richtig oder falsch sind:

	Richtig/Falsch	
A) Das System-Ausgangssignal kann mit Hilfe der Faltung aus dem System-Eingangssignal berechnet werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B) Die <i>Energie</i> des Ausgangssignals ist <i>immer</i> beschränkt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C) Die Antwort auf das Signal $x[n] = 0$ für alle $n$ lautet $y[n] = 0$ für alle $n$ .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Zuname:.....

A.13 Matrikelnummer:.....

Raum für Nebenrechnungen

Zuname:.....

A.14 Matrikelnummer:.....

Raum für Nebenrechnungen