

ZUNAME:
 VORNAME:
 MAT. NR.:

1. Teilprüfung 389.055 B
Signale und Systeme 2
 Institute of Telecommunications
 TU-Wien **24.04.2018**

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.): | 34 | 36 | 15 | 15 | 100 |
| Punkte: | | | | | |

Aufgabe 1: (34 Punkte)

Ein zeitdiskretes Signal $x[n]$ sei gegeben als

$$x[n] = \cos\left(\pi\left(\frac{n}{12} - \frac{1}{4}\right)\right).$$

- (a) (6 Punkte) Skizzieren Sie das Signal $x[n]$ über eine Periode, die jedenfalls $n = 0$ enthält. Bitte beachten Sie, dass die Skizze *vollständig* sein muss, um die volle Punkteanzahl zu erlangen!



- (b) (4 Punkte) Berechnen Sie die fundamentale Periode N_x des Signals $x[n]$.

| |
|---------|
| $N_x =$ |
|---------|

Zuname:.....

B.3 Matrikelnummer:.....

- (c) (10 Punkte) Berechnen Sie die Fourierreihenkoeffizienten $c_k, k \in \{0, 1, \dots, N_x-1\}$ sowie die mittlere Leistung P_x des Signals $x[n]$.
Hinweis: Verwenden Sie die Formelsammlung!

| |
|---------|
| $P_x =$ |
|---------|

- (d) (4 Punkte) Ein zweites zeitdiskretes Signal $y[n]$ mit der fundamentalen Periode $N_y = 12$ ist für den Zeitbereich $n \in [-11, 0]$ gegeben als

$$y(n) = \delta[n + 9]$$

Berechnen Sie das Signal $w[n] = x[n]y[n] \forall n$.

Hinweis: Welche Werte nimmt $w(n)$ für $n = \dots, -33, -21, -9, 3, 15, 27, \dots$ an?

| |
|----------|
| $w[n] =$ |
|----------|

- (e) (4 Punkte) Bestimmen Sie die fundamentale Periode N_w des Signals $w[n]$.

| |
|---------|
| $N_w =$ |
|---------|

(f) (6 Punkte) Finden Sie einen Ausdruck in der Form

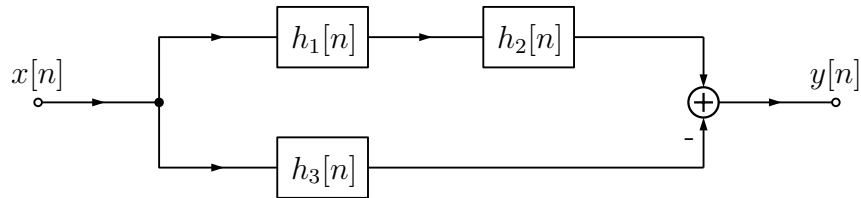
$$d_k = \alpha \exp(j\beta) \sin(\gamma), \quad \alpha, \beta, \gamma \in \mathbb{R}$$

für die Fourierreihenkoeffizienten $d_k, k \in \{0, 1, \dots, N_w - 1\}$ des Signals $w[n]$. Nur die Variablen β und γ dürfen von k abhängig sein. *Hinweis: Verwenden Sie die Formelsammlung.*

| |
|------------|
| $\alpha =$ |
| $\beta =$ |
| $\gamma =$ |

Aufgabe 2: (36 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

$$h_1[n] = \sigma[n] \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad h_2[n] = \sigma[n]\sigma[-n+2] \quad h_3[n] = ?$$

- (a) (10 Punkte) Berechnen Sie die Gesamt-Impulsantwort $h_{12}[n]$ für den oberen Zweig, der aus den Teil-Impulsantworten $h_1[n]$ und $h_2[n]$ besteht.
Hinweis: Skizzieren Sie $h_2[n]$, bevor Sie mit der Rechnung beginnen.

$h_{12}[n] =$

- (b) (6 Punkte) Nun soll $h_3[n]$ so gewählt werden, dass die Gesamt-Impulsantwort des Systems, das aus den Teil-Impulsantworten $h_1[n]$, $h_2[n]$ und $h_3[n]$ besteht, nur aus den ersten $N = 3$ Werten der Impulsantwort des oberen Zweiges (beginnend by $n = 0$) besteht. Bestimmen Sie $h_3[n]$ sowie die Impulsantwort $h[n]$ des Gesamt-Systems.

| |
|------------|
| $h_3[n] =$ |
|------------|

| |
|----------|
| $h[n] =$ |
|----------|

Zuname:.....

B.8 Matrikelnummer:.....

- (c) (6 Punkte) Bestimmen Sie nun die *Sprungantwort* $a[n]$ des Gesamtsystems. Wie lautet der Wert der Sprungantwort für $n \rightarrow \infty$?

| |
|----------|
| $a[n] =$ |
|----------|

| |
|--------------------------------------|
| $\lim_{n \rightarrow \infty} a[n] =$ |
|--------------------------------------|

- (d) (6 Punkte) Nun wird das allgemeine Sinussignal $x[n] = 2j \sin(\theta n)$ auf das System mit der Impulsantwort $h[n]$ gegeben. Berechnen Sie das Ausgangssignal $y[n]$. *Hinweis: Stellen Sie das Sinus-Signal zunächst durch Exponentielle dar und formulieren Sie im Anschluß das Ergebnis als Summe von Sinus-Folgen.*

| |
|----------|
| $y[n] =$ |
|----------|

- (e) (8 Punkte) Berechnen Sie, welche Frequenz $0 \leq \theta_0 \leq \pi$ von dem System mit der Impulsantwort $h[n]$ am stärksten gedämpft wird.

Hinweise: Betrachten Sie den quadrierten Betrag $|H(e^{j\theta})|^2$ der Übertragungsfunktion $H(e^{j\theta}) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} h[k]e^{-j\theta k}$ und verwenden Sie die Abkürzung $t = e^{j\theta}$. Beachten

Sie weiterhin, dass $(t + \frac{1}{t})^2 = (t^2 + \frac{1}{t^2}) + 2$, wodurch sich eine Gleichung in der Ersatzgröße $q = t + 1/t$ angeben lässt.

Zuname:.....

B.11 Matrikelnummer:.....

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 $N \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$ gilt:

| | Richtig/Falsch | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| A) Ein Signal mit den Eigenschaften $x[-n] = 0 = x[n - N]$ für $n > N$ kann an $2N + 2$ Stellen ungleich Null sein. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| B) Ein Signal der Form $x[n] = r[n] \frac{1}{2^n}$ mit $0 < r[n] < 1$ für alle n kann nicht periodisch sein. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C) Das Signal $x[n] = \cos(\frac{2\pi}{N} 5 n)$ ist periodisch für alle N . | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| D) Ein Signal $x[n]$, für das $(x[n + N])^2 = (x[n])^2$ für alle n gilt, kann $2N$ als kleinste Periode haben. | <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) Periodische Signale mit beschränkten, von Null verschiedenen Amplituden haben endliche Energie. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| B) Die mittlere Leistung eines <i>nicht</i> periodischen Signals mit beschränkten Amplituden kann gleich Null sein. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C) Ein nicht-periodisches Signal kann ungerade sein. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| D) Die Energie eines zeitdiskreten, periodischen Signals hat nicht notwendigerweise eine physikalische Bedeutung. | <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 $N \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$ richtig oder falsch sind:

| | Richtig/Falsch | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| A) Die Signalleistung kann ohne Kenntnis der Fourier-Koeffizienten <i>nicht</i> bestimmt werden. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| B) Die Signalleistung steigt mit der Periodendauer N . | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C) Es gibt maximal N verschiedene Fourier-Koeffizienten. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| D) Für die Berechnung der Fourier-Koeffizienten müssen Summen mit $N + 1$ Summanden berechnet 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) Zeitinvarianz ist eine Signaleigenschaft. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| B) Jedes Signal der Länge $L = 2k$, $k \in \{1, 2, \dots, 9\}$, kann in ungerade und gerade Anteile zerlegt werden. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C) Jedes zeitdiskrete Signal kann durch eine Folge von Zahlen eindeutig beschrieben 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 solches System mit endlich langer Impulsantwort mit beschränkten Amplituden ist <i>immer</i> stabil. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| B) Ein BIBO- <i>stabiles</i> solches System kann eine (nicht-triviale) periodische Impulsantwort haben. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C) Die Impulsantwort eines BIBO- <i>stabilen</i> solchen Systems kann für große Zeiten gegen eine von Null verschiedene Konstante konvergieren. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| D) Die System- <i>Sprungantwort</i> kann unendlich lang sein. | <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) Seine Sprungantwort beschreibt das System eindeutig. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| B) Ein Exponentialsignal am Eingang eines solchen Systems kann am Ausgang des Systems irgendein Signal liefern. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C) Ein nicht-kausales solches System kann instabil sein. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| D) Ein <i>nicht</i> -kausales solches System liefert bei einem kausalen Eingangssignal <i>kein</i> kausales Ausgangssignal. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

- (c) (4 Punkte) Das Eingangssignal eines zeitdiskreten Systems sei mit $x[n], n \in \mathbb{Z}$ 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.

| | Richtig/Falsch | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| A) $y[n] = \sin\left(\frac{2\pi}{N}n\right) \cdot x[n], N \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$ | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| B) $y[n] = \sin\left(\frac{2\pi}{N} \cdot x[n]\right), N \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$ | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| C) $y[n] = \sin\left(\frac{2\pi}{N}n\right) + x[n], N \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$ | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| D) $y[n] = 6$ | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

- (d) (3 Punkte) Es soll angegeben werden, ob die folgenden Aussagen über *lineare*, zeitinvariante, *stabile* zeitdiskrete Systeme mit *von Null verschiedenen Anfangswerten endlicher Amplituden* richtig oder falsch sind:

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

Zuname:.....

B.14 Matrikelnummer:.....

Raum für Nebenrechnungen