

Signale und Systeme II

Modulklausur Sommersemester 2024

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmidt

Datum: 05.09.2024

Name: _____

Matrikelnummer: _____

Erklärung der Kandidatin/des Kandidaten vor Beginn der Prüfung	
<p>Hiermit bestätige ich, dass ich zur Prüfung angemeldet und zugelassen bin und dass ich prüfungsfähig bin.</p> <p>Ich nehme zur Kenntnis, dass der Termin für die Klausureinsicht vom Prüfungsamt ET&IT bekannt gegeben wird, sobald mein vorläufiges Prüfungsergebnis im QIS-Portal veröffentlicht wurde. Nach dem Einsichtnahmetermin kann ich meine endgültige Note im QIS-Portal abfragen. Bis zum Ende der Widerspruchsfrist des zweiten Prüfungszeitraums der CAU kann ich beim Prüfungsausschuss Widerspruch gegen dieses Prüfungsverfahren einlegen. Danach wird meine Note rechtskräftig.</p>	
Unterschrift: _____	

Korrektur			
Aufgabe	1	2	3
Punkte	/33	/33,5	/33,5
Summe der Punkte: _____ /100			

Einsicht/Rückgabe	
<p>Hiermit bestätige ich, dass ich die Korrektur der Klausur eingesehen habe und mit der auf diesem Deckblatt vermerkten Bewertung einverstanden bin.</p> <p><input type="checkbox"/> Die Klausurunterlagen verbleiben bei mir. Ein späterer Einspruch gegen die Korrektur und Benotung ist nicht mehr möglich.</p>	
Kiel, den _____	Unterschrift: _____

Signale und Systeme II

Modulklausur Sommersemester 2024

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmidt
Ort: LS1, Klaus-Murmann-Hörsaal
Datum: 05.09.2024
Beginn: 09:00 h
Einlesezeit: 10 Minuten
Bearbeitungszeit: 90 Minuten

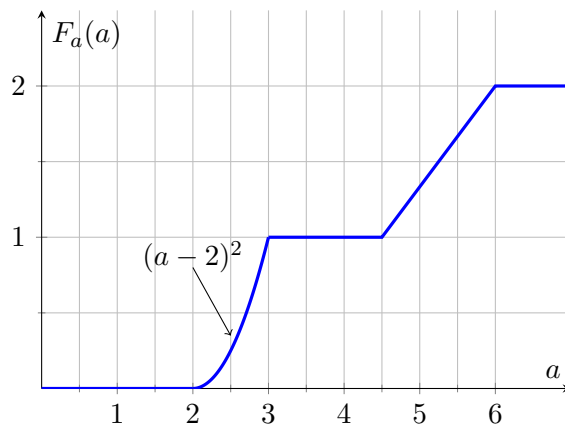
Hinweise

- Legen Sie Ihren Studierendenausweis oder Personalausweis zur Überprüfung bereit.
- Schreiben Sie auf **jedes** abzugebende Blatt deutlich Ihren **Namen** und Ihre **Matrikelnummer**. Dabei verwenden Sie bitte für **jede Aufgabe** der Klausur einen **neuen Papierbogen**. Zusätzliches Papier erhalten Sie auf Anfrage.
- Verwenden Sie zum Schreiben **weder Bleistift noch Rotstift**.
- Alle Hilfsmittel – außer solche, die die Kommunikation mit anderen Personen ermöglichen – sind erlaubt. Nicht zugelassene Hilfsmittel sind außer Reichweite aufzubewahren und auszuschalten.
- Die direkte Kommunikation mit Personen, die nicht der Klausuraufsicht zuzuordnen sind, ist grundsätzlich ebenfalls untersagt.
- Lösungswege müssen zur Vergabe der vollen Punktzahl immer nachvollziehbar und mit Begründung versehen sein. Sind Funktionen zu skizzieren, müssen grundsätzlich alle Achsen beschriftet werden. Beachten Sie, dass die Punkteverteilung in den Teilaufgaben nur vorläufig ist!
- Sollten Sie sich während der Klausur durch äußere Umstände bei der Bearbeitung der Klausur beeinträchtigt fühlen, ist dies unverzüglich gegenüber der Klausuraufsicht zu rügen.
- 5 Minuten und 1 Minute vor Klausurende werden Ankündigungen gemacht. Wird das **Ende der Bearbeitungszeit** angesagt, darf **nicht mehr geschrieben** werden.
- Legen Sie am Ende der Klausur alle Lösungsbögen ineinander (so, wie sie ausgeteilt wurden) und geben Sie auch die Aufgabenblätter und das **Deckblatt mit Ihrer Unterschrift** mit ab.
- Bevor alle Klausuren eingesammelt sind, darf weder der Sitzplatz verlassen noch geredet werden. Jede Form der Kommunikation wird zu diesem Zeitpunkt noch als **Täuschungsversuch** gewertet.
- Während der **Einlesezeit ist die Bearbeitung der Aufgaben untersagt**, dementsprechend sind alle Schreibutensilien oder Hilfsmittel beiseitezulegen. Jede Zuwiderhandlung wird als **Täuschungsversuch** geahndet.

Aufgabe 1 (33 Punkte)

Teil 1 Dieser Aufgabenteil kann unabhängig von Teil 2 und 3 gelöst werden.

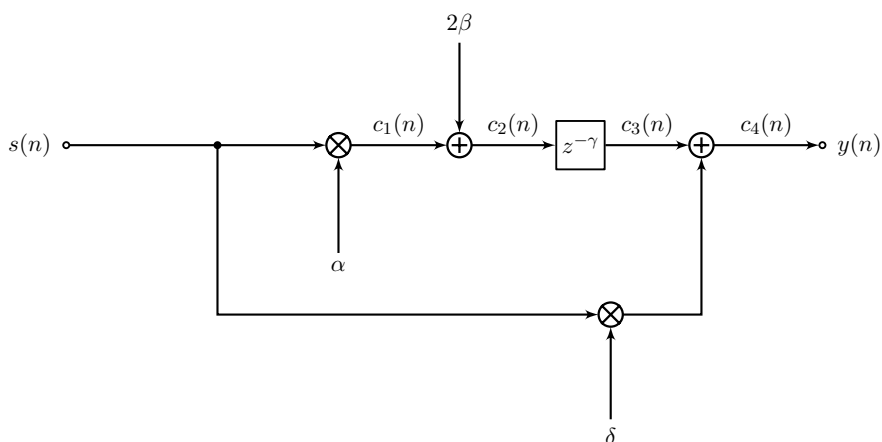
Gegeben sei der stochastisch unabhängige Zufallsprozess $f_a(n)$ mit der gegebenen Verteilungsfunktion:



- (a) Welche Bedingungen muss die Verteilungsfunktion allgemein erfüllen? Zeigen Sie, ob $F_a(a)$ die Bedingungen erfüllt und skalieren Sie die Verteilungsfunktion ggf., sodass sie die Bedingung erfüllt. (4 P)
- (b) Bestimmen Sie die zugehörige Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $f_a(a)$. Falls in Aufgabenteil (a) eine Skalierung erfolgt ist, nutzen Sie die skalierte Verteilungsfunktion. (2 P)
- (c) Berechnen Sie das 2. statistische Moment von a mit ihrem Ergebnis aus (b). (5 P)

Teil 2 Dieser Aufgabenteil kann unabhängig von Teil 1 und 3 gelöst werden.

Gegeben ist folgendes Blockschaltbild mit den Konstanten $\alpha, \beta, \delta \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ und $\gamma \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$, wobei zusätzlich $|\delta| < 1$ gilt. Nehmen Sie an, dass das System mit stationären, mittelwertfreien, weißen Rauschen mit Leistung $m_s^{(2)}$ angeregt wird.



- (d) Bestimmen Sie α in Abhängigkeit der gewünschten Leistung $m_{c_1}^{(2)} > 0$. (2 P)

- (e) Geben Sie den Erwartungswert von $c_2(n)$ in Abhängigkeit von α und β an. (2 P)
- (f) Zeigen Sie, weshalb eine beliebige Wahl von $\gamma \in \mathbb{N}$ trotzdem dazu führt, dass das 2. zentrale Moment von $c_3(n)$ der Leistung von $c_1(n)$ entspricht. (4 P)
- (g) Bestimmen Sie δ so, dass $c_4(n)$ der vorgegebenen Leistung $m_{c_4}^{(2)}$ entspricht. (6 P)

Teil 3 *Dieser Aufgabenteil kann unabhängig von Teil 1 und 2 gelöst werden.*

Gegeben seien die Zufallsvariablen x und y mit der zugehörigen Verbundwahrscheinlichkeitsdichte $f_{xy}(x, y)$:

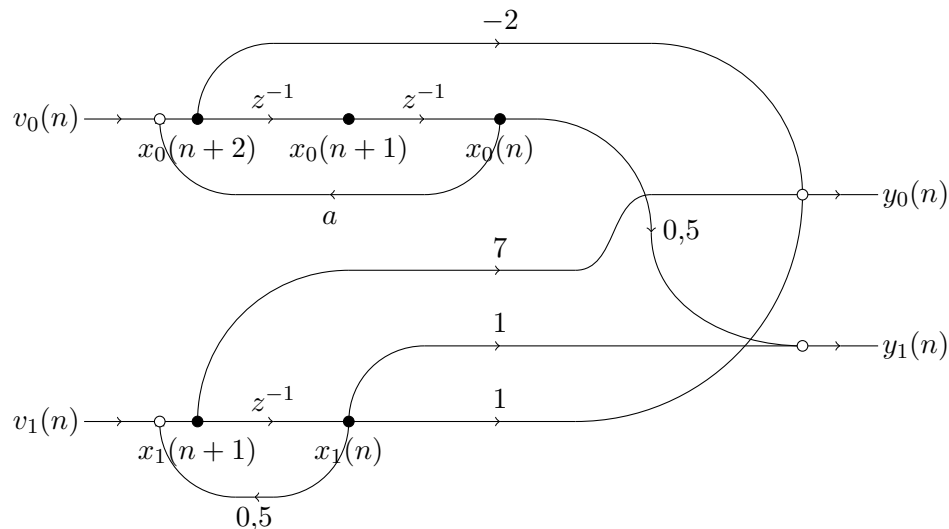
$$f_{xy}(x, y) = \begin{cases} P \cdot \sin(2x - y), & \text{für } 0 \leq x < \frac{\pi}{2} \text{ und } -\frac{\pi}{2} \leq y < 0 \\ 0, & \text{sonst.} \end{cases}$$

- (h) Bestimmen Sie den Wert der Variablen P . (4 P)
- (i) Berechnen Sie die zugehörigen Randdichten $f_x(x)$ und $f_y(y)$. (4 P)

Aufgabe 2 (33,5 Punkte)

Teil 1 Dieser Aufgabenteil kann unabhängig von Teil 2 und 3 gelöst werden.

Gegeben sei ein System, welches durch nachfolgenden Signalflussgraphen beschrieben ist:



- Geben Sie die Anzahl L der Eingänge, N der Zustände und R der Ausgänge des Systems an. (1,5 P)
- Bestimmen Sie die Matrizen/Vektoren/Skalare **A**, **B**, **C** und **D** für obiges System. (4 P)
- Bestimmen Sie das charakteristische Polynom der Systemmatrix **A**. (3 P)
- Definieren Sie einen geeigneten Wertebereich für den Parameter a , so dass das System stabil ist. (2,5 P)

Teil 2 Dieser Aufgabenteil kann unabhängig von Teil 1 und 3 gelöst werden.

Gegeben ist die Differenzgleichung des Systems

$$y(n) = -2y(n-1) + 5v(n) + 10v(n-1) + v(n-4) \quad .$$

- Nennen Sie die Formel für den Zusammenhang zwischen Übertragungsfunktion $H(z)$, Eingang $V(z)$, sowie Ausgang $Y(z)$. (1 P)
- Bestimmen Sie anhand der Differenzgleichung die Übertragungsfunktion $H(z)$. (3 P)
- Nennen Sie die Gleichung zur Berechnung der Übertragungsfunktion $H(z)$ mittels der Matrizen **A**, **B**, **C** und **D** der Zustandsraumbeschreibung. (1 P)
- Gegeben seien die Matrizen (2 P)

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 1 & 4 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C} = [1 \quad 3] \quad \text{und} \quad \mathbf{D} = [0].$$

Treffen Sie eine Aussage, ob es sich dabei um das selbe System handelt.

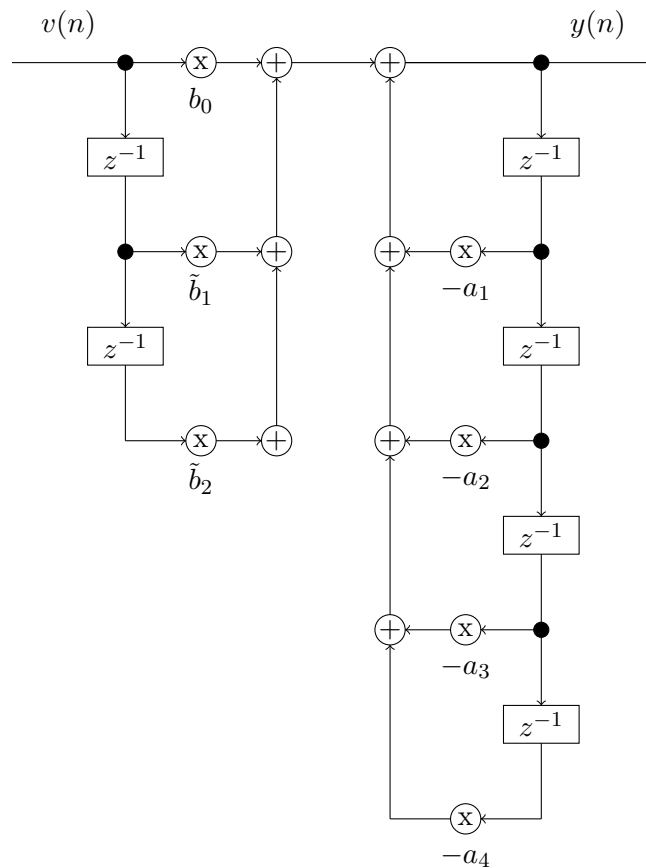
- (i) Bestimmen Sie die Impulsantwort $h_0(n)$ der Übertragungsfunktion (4 P)

$$H(z) = \frac{3z - 0,75 + 0,5z - 0,25}{z^2 - 0,75z + 0,125} + 1 \quad .$$

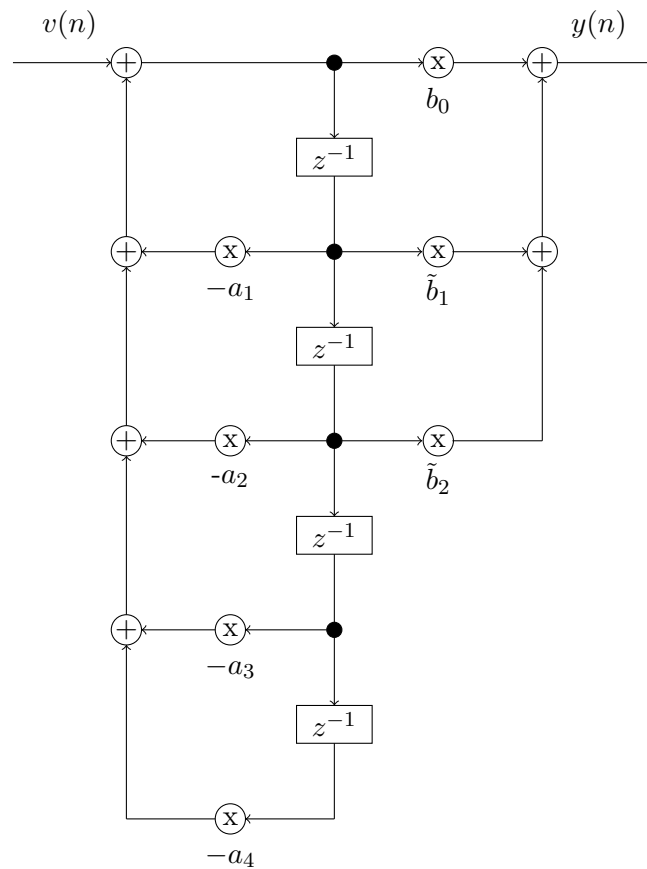
Teil 3 Dieser Aufgabenteil kann unabhängig von Teil 1 und 2 gelöst werden.

Für diesen Aufgabenteil ist die Differenzengleichung, sowie eine Darstellung in einer der zwei Direktformen gegeben.

$$y(n] = -2y(n - 1) + y(n - 3) - 0,5y(n - 4) + 0,3v(n) - 7v(n - 1) - 3v(n - 2)$$



- (j) Bestimmen sie alle Koeffizienten a_i , sowie b_i . (3,5 P)
- (k) Neben der dargestellten Direktform existiert eine weitere Direktform. Wandeln Sie das gegebene System in eine Realisierung in der anderen Direktform um. (4 P)



(l) Wandeln Sie die Differenzgleichung in eine Zustandsraumbeschreibung um. (4 P)

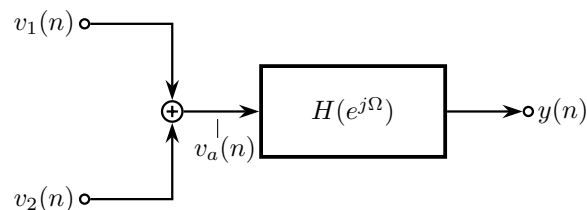
Aufgabe 3 (33,5 Punkte)

Teil 1 Dieser Aufgabenteil kann unabhängig von Teil 2 und Teil 3 gelöst werden.

- (a) Was wird unter der Modulation eines Signals verstanden? Nennen Sie mindestens drei verschiedene Modulationsarten. (2 P)
- (b) Worin unterscheidet sich die Einseitenbandmodulation von der Zweiseitenband Modulation? Welche der beiden Modulationen ist der anderen vorzuziehen und warum? (2 P)

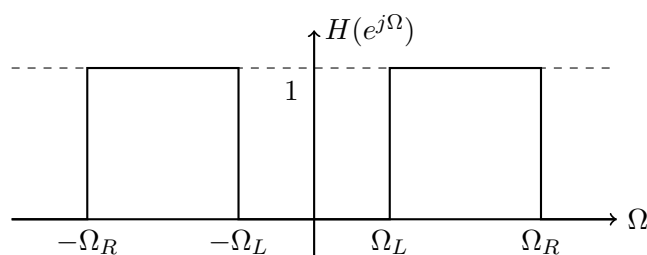
Teil 2 Dieser Aufgabenteil kann unabhängig von Teil 1 und Teil 3 gelöst werden.

Gegeben sei das System aus der unteren Abbildung zur Übertragung des Signals $v_a(n) = v_1(n) + v_2(n)$ mit $v_1(n) = \cos(\Omega_1 n)$ und $v_2(n) = \cos(\Omega_2 n)$, wobei $\Omega_1 < \Omega_2 < \pi$.



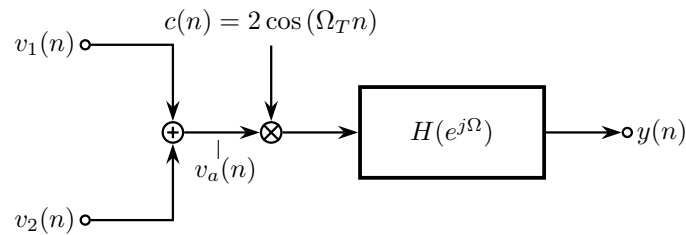
- (c) Bestimmen Sie die Fourier-Transformierte $V_a(e^{j\Omega})$ von $v_a(n)$ und skizzieren Sie $V_a(e^{j\Omega})$ im Bereich von $-\pi$ bis π . (4,5 P)

Das unmodulierte Signal $v_a(n)$ soll nun über einen Kanal mit der reellwertigen Übertragungsfunktion $H(e^{j\Omega})$ aus der unteren Abbildung gesendet werden.



- (d) Wie hoch muss die Bandbreite von $H(e^{j\Omega})$ sein und welche Bedingungen müssen die Frequenzen Ω_L und Ω_R erfüllen, damit sich $v_a(n)$ hinsichtlich der Bandbreite mittels linearer Modulation über den Kanal $H(e^{j\Omega})$ vollständig übertragen lässt? (3 P)

Zwischen dem Addierer und dem Übertragungskanal wird nun ein Modulator $c(n) = 2 \cos(\Omega_T n)$ mit Trägerfrequenz Ω_T eingefügt, sodass sich das auf der nächsten Seite abgebildete System ergibt.



Der Übertragungskanal wurde entsprechend angepasst, sodass alle Frequenzen auch nach der Modulation noch im Durchlassbereich liegen. D.h., dass $B = \Omega_R - \Omega_L \geq 2\Omega_2$ und $\Omega_2 \leq \frac{\Omega_R - \Omega_L}{2}$.

- (e) Wie muss die Trägerfrequenz Ω_T gewählt werden, sodass das modulierte Signal im Durchlassbereich des Kanals liegt? (2 P)
- (f) Berechnen Sie die Fourier-Transformierte des modulierten Signals $y(n) = c(n) \cdot [v_1(n) + v_2(n)]$. (5 P)
Tipp: Berechnen Sie zunächst die Fourier-Transformierte von $c(n) \cdot v_1(n)$.
- (g) Skizzieren Sie das Spektrum des Signals $y(n)$. (3 P)
Tipp: Auch wenn Sie $y(n)$ nicht erfolgreich bestimmt haben, können Sie zumindest das Achsensystem darstellen.
- (h) Durch entsprechende Demodulation kommt ein Spektrum zustande, wie es bereits in Aufgabenteil (c) berechnet und skizziert wurde. Erläutern Sie allgemein, wie Sie die einzelnen Signale $v_1(n)$ und $v_2(n)$ nach der Demodulation zurückgewinnen können. (1 P)

Teil 3 Dieser Aufgabenteil kann unabhängig von Teil 1 und Teil 2 gelöst werden.

- (i) Zeichnen Sie für eine Frequenzmodulation das Blockschaltbild. Erläutern Sie weiterhin, welchen Verarbeitungsschritt Sie ändern müssten, um die Frequenzmodulation in eine Phasenmodulation umzuwandeln. (3 P)

Gegeben ist das frequenzmodulierte Signal $c_T(t)$:

$$c_T(t) = \hat{c}_T \cos \left(2\pi f_T t + k 2\pi \frac{\hat{v}}{\omega_1} \sin(\omega_1 t) \right).$$

- (j) Berechnen Sie die zugehörige Momentan-Frequenz $\Omega(t)$ und geben Sie das zu übertragende Signal und Modulationsindex η an. (4 P)
- (k) Nennen Sie jeweils die Vor- und Nachteile der Amplituden- und Winkelmodulation. (4 P)

Dies ist eine leere Seite.