Signale und Systeme II

Modulklausur Sommersemester 2026

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmidt

Datum: 31.08.2026

Name: _____

Matrikelnummer: _____

Erklärung der Kandidatin/des Kandidaten vor Beginn der Prüfung

Hiermit bestätige ich, dass ich zur Prüfung angemeldet und zugelassen bin und dass ich prüfungsfähig bin.
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.

Unterschrift: _____

Korrektur

Aufgabe	1	2	3
Punkte	/33	/34	/33

Summe der Punkte: _____ /100

Einsicht/Rückgabe

Hiermit bestätige ich, dass ich die Korrektur der Klausur eingesehen habe und mit der auf diesem Deckblatt vermerkten Bewertung einverstanden bin.

☐ Die Klausurunterlagen verbleiben bei mir. Ein späterer Einspruch gegen die Korrektur und Benotung ist nicht mehr möglich.

Kiel, den _____ Unterschrift: _____

Signale und Systeme II

Modulklausur Sommersemester 2026

Prüfer:	Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmidt
Ort:	ES21, Geb.D - EG.005 (HS I)
Datum:	31.08.2026
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 gelöst werden.*

(a) Welche Bedingungen müssen für eine Funktion $F_x(x)$ gelten, damit es sich um eine Verteilungsfunktion handelt? (2 P)

(b) Geben Sie den Zusammenhang zwischen einer Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $f_x(x)$ und einer Verteilungsfunktion $F_x(x)$ an. (1 P)

(c) Erklären Sie den mathematischen Unterschied zwischen einem deterministischen Signal und einem stochastischen Signal. (2 P)

(d) Was bedeutet Stationarität? (1 P)

Gegeben ist folgende Funktion $f_x(x)$:

$$f_x(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}x^2 & \text{für } 0 \leq x < 1 \\ -\frac{1}{2}x^2 + 2x - 1 & \text{für } 1 \leq x < 2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

(e) Überprüfen Sie rechnerisch, ob die Funktion $f_x(x)$ Bedingungen einer Wahrscheinlichkeitsdichte erfüllt. Geben Sie dabei alle erforderlichen Bedingungen an und überprüfen Sie diese. (3 P)

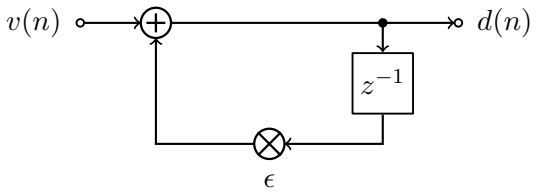
Unabhängig von Ihrem Ergebnis in Aufgabenteil (e), nehmen Sie an, dass $f_x(x)$ eine Wahrscheinlichkeitsdichte beschreibt.

(f) Bestimmen Sie die Verteilungsfunktion $F_x(x)$ zur Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $f_x(x)$. (4 P)

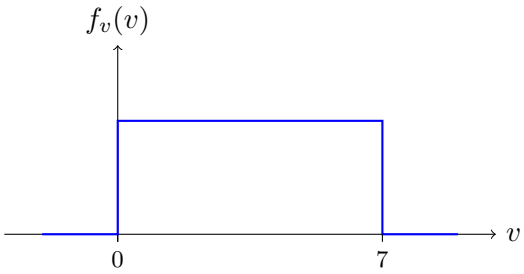
(g) Berechnen Sie das erste Moment, das zweite Moment und das zweite zentrale Moment der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $f_x(x)$. (7 P)

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

Gegeben ist das folgende System mit reeller Impulsantwort $h_0(n)$ und einer reellen Konstanten $|\epsilon| < 1$:



Im Folgenden wird das System mit weißem Rauschen $v(n)$ angeregt, dessen Wahrscheinlichkeitsdichte gegeben ist durch:



(h) Um was für eine Verteilung handelt es sich bei $f_v(v)$? (1 P)

(i) Bestimmen Sie den Mittelwert m_v und die Varianz σ_v^2 des Eingangssignals $v(n)$. (2 P)

(j) Geben Sie die Autokorrelation und das Autoleistungsdichtespektrum des Eingangssignals $v(n)$ an. (2 P)

Für die folgenden Aufgaben gilt für die Konstanten $\epsilon = -0.5$, $\sigma_v^2 = 1$ und $m_v = 0$, sowie die Bedingung, dass die Impulsantwort des Systems durch $h_0(n) = (-0.5)^n \cdot \gamma_{-1}(n)$ beschrieben werden kann.

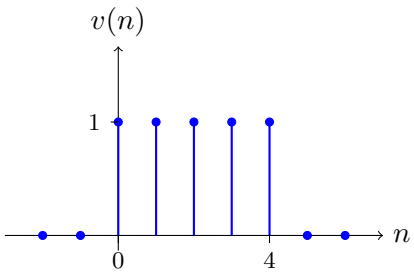
(k) Geben Sie die Autokorrelation des Ausgangs $S_{dd}(\kappa)$ für $\kappa > 0$ an. (7 P)
Hinweis: Nutzen Sie die Eigenschaft, dass die Autokorrelation des Ausgangssignals proportional zur Autokorrelation der Impulsantwort des Systems ist.

(l) Geben Sie die Autokorrelation des Ausgangs $S_{dd}(\kappa)$ für $\kappa \in \mathbb{Z}$ an. (1 P)

Aufgabe 2 (34 Punkte)

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

Ein diskretes System wird mit folgendem Eingangssign $v(n)$ angeregt:



$$v(n) = \begin{cases} 1 & , 0 \leq n < 5 \\ 0 & , \text{sonst} \end{cases}$$

Die Impulsantwort $h_0(n)$ des Systems, ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$h_0(n) = \gamma_0(n-1) - \frac{1}{2}\gamma_0(n-2) - \frac{1}{4}\gamma_0(n-3) - \frac{1}{8}\gamma_0(n-4) - \frac{1}{16}\gamma_0(n-5)$$

(a) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $H(z)$. (2.5 P)

(b) Zeichnen Sie den zu obigem System gehörigen Signalflussgrafen. (6.5 P)

(c) Wie viele Eingänge L, Ausgänge M und Zustände N hat das System? (1.5 P)

(d) Besitzt das System einen direkten Durchgriff? Begründen Sie! (1 P)

(e) Welcher Wert ist am Ausgang zu den Zeitpunkten $n = 0$, $n = 2$ sowie $n = 6$ zu beobachten,wenn es mit dem obigen Signal $v(n)$ angeregt wird? Berechnen Sie! (3 P)

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

Im Folgenden ist ein lineares, zeitinvariantes, durchgriffsfreies System in der Zustandsraumdarstellung gegeben durch die Systemmatrix $\boldsymbol{A}$, den Eingangsvektor $\boldsymbol{b}$, sowie den Ausgangsvektor $\boldsymbol{c}$ und den Durchgriff d.

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} 0.5 & 2 & 0 \\ 0 & 0.4 & 1 \\ 0 & 0 & 0.3 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{b} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{c} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad d = 0$$

(f) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $H(z)$ des Systems. (9.5 P)

(g) Ist das gegebene System stabil? Begründen Sie! (1 P)

(h) Bestimmen Sie die Differenzengleichung des gegebenen System. (9 P)

Aufgabe 3 (33 Punkte)

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

(a) Was wird unter einer linearen Modulation eines diskreten Signals verstanden? Nennen Sie zwei typische Anwendungsgründe für die Modulation eines Signals. (2 P)

(b) Erläutern Sie den Unterschied zwischen einer Zweiseitenbandmodulation und einer Einseitenbandmodulation. Welche der beiden Modulationsarten benötigt weniger Bandbreite und warum? (3 P)

(c) Worin unterscheiden sich Amplitudenmodulation und Winkelmodulation hinsichtlich der Störanfälligkeit und der benötigten Bandbreite? Nennen Sie jeweils einen Vorteil. (2 P)

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

Gegeben sei das in Abb. 1 dargestellte, bandbegrenzte diskrete Signal $x(n) \circ\!\!-\!\!\bullet\, X(e^{j\Omega})$. Für das Signal gilt $0 < \Omega_x < \Omega_\mathrm{T}$ und $\Omega_\mathrm{T} + \Omega_x < \pi$. Das Signal soll zunächst mittels Zweiseitenbandmodulation mit dem Trägersignal $c(n) = 2\cos(\Omega_\mathrm{T} n)$ übertragen werden.

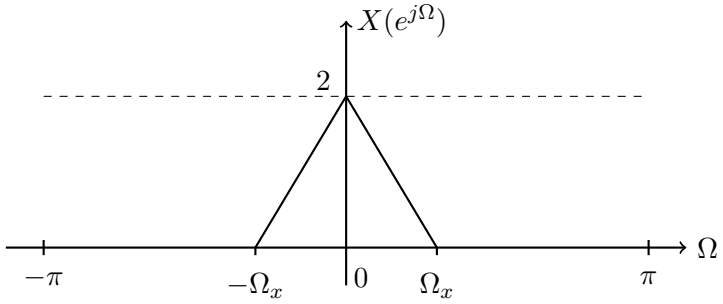


Abbildung 1: Spektrum des Nutzsignals $X(e^{j\Omega})$.

(d) Bestimmen Sie den mathematischen Ausdruck für $X(e^{j\Omega})$ im Bereich $-\pi \leq \Omega \leq \pi$ und geben Sie an, wie dieser Ausdruck für die DTFT außerhalb dieses Bereiches fortgesetzt wird. (3 P)

(e) Berechnen Sie das Spektrum $Y(e^{j\Omega})$ des modulierten Signals $y(n) = x(n)c(n)$. Skizzieren Sie $Y(e^{j\Omega})$ im Bereich $-\pi < \Omega < \pi$ und beschriften Sie alle relevanten Frequenzen und Amplituden. (4 P)

Der zur Verfügung stehende Kanal besitzt nun lediglich den in Abb. 2 dargestellten Durchlassbereich. Der Kanal ist im Durchlassbereich ideal und außerhalb des Durchlassbereiches vollständig sperrend. Außerdem gilt $\Omega_\mathrm{K} = \Omega_\mathrm{T}$ mit $0 \leq \Omega_\mathrm{K} \leq \pi$. Die diskrete Kreisfrequenz ist dabei 2π-periodisch.

(f) Welchen Einfluss hat der Kanal $H_\mathrm{K}(e^{j\Omega})$ auf das ZSB-modulierte Signal $Y(e^{j\Omega})$? Kann $x(n)$ aus dem Empfangssignal weiterhin rekonstruiert werden? Erläutern Sie und nennen Sie den wesentlichen Nachteil der ZSB-Modulation für diesen Kanal. (2 P)

(g) Entwickeln Sie eine bandbreiteneffiziente Sender- und Empfängerstruktur, die den Kanal $H_\mathrm{K}(e^{j\Omega})$ vollständig ausnutzt und dabei nur ein Seitenband sendet. Geben (6 P)

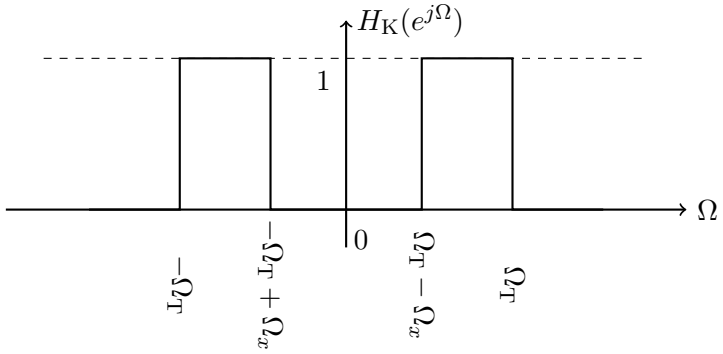


Abbildung 2: Einseitiger Durchlassbereich des Kanals für die positive und negative Frequenzachse.

Sie die benötigten Filter im Frequenzbereich an und zeigen Sie rechnerisch, dass am Ausgang wieder $X(e^{j\Omega})$ entsteht. Gehen Sie von idealen Filtern und einem idealen Kanal im Durchlassbereich aus.

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

Gegeben ist das kontinuierliche winkelfrequenzmodulierte Signal

$$c_{\mathrm{T}}(t) = \hat{c}_{\mathrm{T}} \cos\left(2\pi f_{\mathrm{T}} t + k_{\mathrm{FM}} 2\pi \int_{\tau=-\infty}^{t} v(\tau) d\tau\right).$$

Für das Nutzsignal gelte

$$v(t) = \begin{cases} 2\,\mathrm{V}, & 0\,\mathrm{s} \le t < 1\,\mathrm{s} \\ -1\,\mathrm{V}, & 1\,\mathrm{s} \le t < 3\,\mathrm{s} \\ 0\,\mathrm{V}, & 3\,\mathrm{s} \le t < 4\,\mathrm{s} \\ 1\,\mathrm{V}, & 4\,\mathrm{s} \le t < 6\,\mathrm{s} \\ 0, & \text{sonst.} \end{cases}$$

(h) Bestimmen Sie die Momentanphase $\Phi_{\mathrm{T}}(t)$ für alle $t \in \mathbb{R}$. Achten Sie auf einen stetigen Verlauf der Phase. (4 P)
Hinweis: Bei der Fallunterscheidung ist auch das korrekte Verwenden der zugehörigen Einheiten notwendig, da diese mit bewertet werden.

(i) Leiten Sie die Momentan-Kreisfrequenz $\Omega_{\mathrm{T}}(t)$ des Signals $c_{\mathrm{T}}(t)$ her und geben Sie die maximale Abweichung von der Träger-Kreisfrequenz an. (3 P)

(j) Erklären Sie, welcher Verarbeitungsschritt geändert werden muss, um aus der Frequenzmodulation eine Phasenmodulation zu erhalten. (2 P)

(k) Bewerten Sie für einen stark amplitudengestörten, aber ausreichend breitbandigen Kanal, ob eher eine AM- oder eine FM-Übertragung geeignet ist. Begründen Sie Ihre Entscheidung kurz. (2 P)

Dies ist eine leere Seite.