Universität Bremen
Arbeitsbereich Nachrichtentechnik
Prof. Dr.-Ing. A. Dekorsy

Schriftliche Prüfung im Fach

Grundlagen der Nachrichtentechnik

Name: ______________________________

Vorname: ______________________________

Mat.-Nr.: ______________________________

BSc. / Dipl.: ______________________________

Zeit: 17. Februar 2015, 10.00 - 12.00 Uhr

Ort: NW 1, H 1

Umfang: 7 Aufgaben

Aufgabe:	1	2	3	4	5	6	7	**gesamt**
Punkte:	(4)	(5)	(9)	(7)	(6)	(10)	(9)	**(50)**
erzielt:								

Hinweise:

- Als Hilfsmittel ist nur ein nicht programmierbarer Taschenrechner erlaubt!
- Zum Bestehen der Klausur müssen von den erreichbaren 50 Punkten mindestens 20 Punkte erreicht werden!
- Bitte schreiben Sie Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer auf *jedes* abgegebene Blatt.

Aufgabe 1 (4 Punkte)

Gegeben sei ein idealer Bandpass mit der Mittenfrequenz ω_c und der Bandbreite $2\Delta\omega$, d.h.

$$X(j\omega) = \begin{cases} 1 & \omega_c - \Delta\omega \leq |\omega| \leq \omega_c + \Delta\omega \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

(a) Skizzieren Sie den vollständigen Frequenzgang $X(j\omega)$. Achten Sie auch auf eine vollständige Achsenbeschriftung.

(b) Leiten Sie die reellwertige Impulsantwort $x(t)$ des Bandpasses her.

Hinweis: Fouriertransformation:

$$\begin{aligned} X(j\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t}\,dt \\ x(t) &= \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} X(j\omega)e^{j\omega t}\,d\omega \end{aligned}$$

Aufgabe 2 (5 Punkte)

Ein gedächtnisfreies, nichtlineares System wird durch die Kennlinie

$$y = 0.8x + 0.2x^4$$

beschrieben. Das System wird mit einem cosinusförmigen Signal der Kreisfrequenz ω_1 erregt.

(a) Berechnen und skizzieren Sie das Spektrum des Ausgangssignals y.

(b) Berechnen Sie den Klirrfaktor K des Systems.

Hinweise:

$$\cos^4(x) = \frac{1}{8}\left(\cos(4x) + 4\cos(2x) + 3\right)$$

Gleichanteile werden bei der Berechnung des Klirrfaktors nicht berücksichtigt!

Aufgabe 3 (9 Punkte)

Gegeben ist ein digitales Übertragungssystem mit dem Sendefilter

$$g_{\mathrm{Tx}}(t) = \begin{cases} 1 & \text{für} \quad -T_s/2 < t < T_s/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

und dem Empfangsfilter

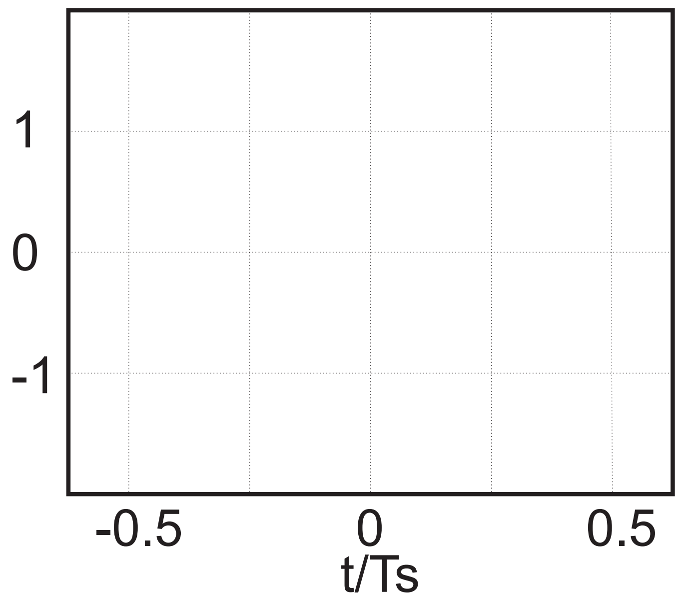
$$g_{\mathrm{Rx}}(t) = \begin{cases} 1 & \text{für} \quad -T_s/4 < t < T_s/4 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad .$$

(a) Erfüllt das angegebene Filterpaar die Matched-Filter Bedingung? Wie lautet diese Bedingung allgemein für komplexwertige Filter?

(b) Skizzieren Sie die auf den Maximalwert 1 normierte Gesamtimpulsantwort des Systems. Achten Sie auf eine vollständige Achsenbeschriftung.

(c) Zeichnen Sie das Augendiagramm des rauschfreien Empfangssignals entsprechend dem gegebenen Diagramm. Der Maximalwert werde hierbei auf 1 normiert.
Hinweis: Zeichnen Sie zunächst den zeitlichen Verlauf des Empfangssignals für die Eingangsfolge $d(i) = [+1 + 1 - 1 - 1 + 1]$ in ein separates Diagramm.

(d) Erfüllt dieses System die beiden Nyquistbedingungen? Beründen Sie Ihre Antwort und markieren Sie die entscheidenden Bereiche im Augendiagramm.



Aufgabe 4 (7 Punkte)

Durch ideale Abtastung zu den Zeitpunkten $\nu T,\ \nu \in \mathbb{Z}$ wird das Zeitsignal

$$x(t) = \frac{\omega_g}{2\pi} \cdot \mathrm{si}^2\left(\frac{\omega_g t}{2}\right)$$

in die Folge gewichteter Dirac-Impulse $x_{\mathrm{T}}(t)$ überführt.

(a) Stellen Sie das Spektrum $X(j\omega)$ des kontinuierlichen Signals $x(t)$ grafisch dar. Nutzen Sie hierzu einige der unten angegebenen Fourier-Korrespondenzen.

(b) Skizzieren Sie nun das Spektrum $X_{\mathrm{T}}(j\omega) \bullet\!\!-\!\!\circ\, x_{\mathrm{T}}(t)$ des mit $T = \frac{2\pi}{\omega_g}$ abgetasteten Zeitsignals $x(t)$.

(c) Kann das Originalsignal $x(t)$ aus dem Spektrum $X_{\mathrm{T}}\,(j\omega)$ mit Hilfe eines Rekonstruktionstiefpasses fehlerfrei rekonstruiert werden? Begründen Sie Ihre Aussage.

Einige Fourier-Korrespondenzen

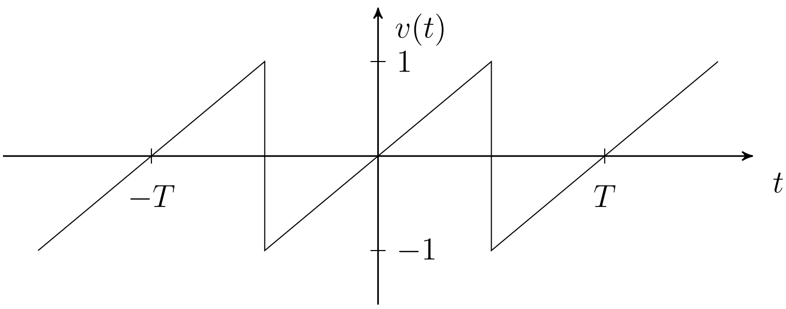
$x(t)$	$X(j\omega)$
$\delta_0(t)$	1
$\delta_0(t+\tau)$	$e^{j\omega\tau}$
$e^{j\omega_0 t}$	$2\pi \cdot \delta_0(\omega - \omega_0)$
$\cos(\omega_0 t)$	$\pi \cdot [\delta_0(\omega - \omega_0) + \delta_0(\omega + \omega_0)]$
$\sin(\omega_0 t)$	$\pi / j \cdot [\delta_0(\omega - \omega_0) - \delta_0(\omega + \omega_0)]$
$\mathrm{rect}\,(t/T)$	$T \cdot \mathrm{si}(\omega T/2)$
$\frac{\omega_g}{\pi}\mathrm{si}(\omega_g t)$	$\mathrm{rect}\,(\omega/(2\omega_g))$
$x(at)$	$1/\lvert a \rvert \cdot X(j\omega/a)$

Hinweis: Definition der rect- Funktion:

$$\mathrm{rect}(x) = \begin{cases} 1 & \lvert x \rvert \leq \frac{1}{2} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

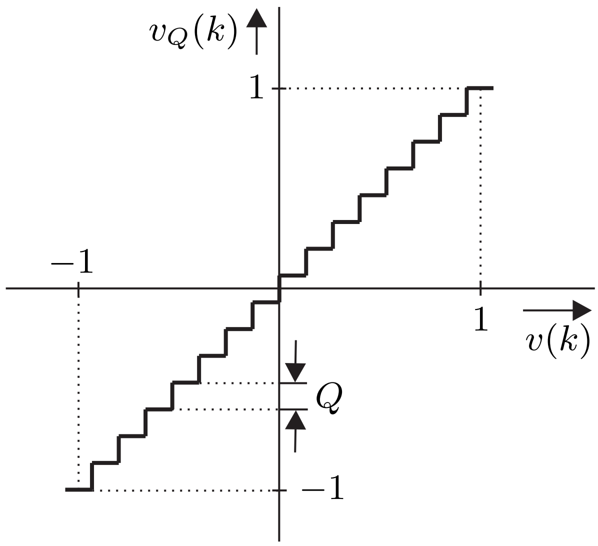
Aufgabe 5 (6 Punkte)

Gegeben sei das periodische Signal $v(t)$, das in ein PCM-Signal überführt werden soll.



(a) Wie groß ist die Leistung σ_v^2 des Signals $v(t)$?

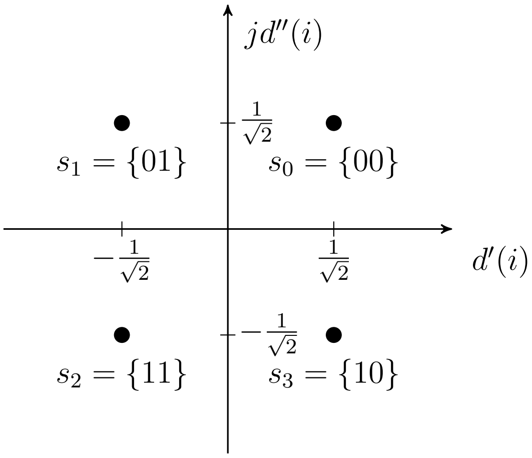
(b) Das Signal $v(t)$ soll entsprechend der abgebildeten Kennlinie quantisiert werden. Geben Sie die Leistung σ_Q^2 des Quantisierungsrauschens in Abhängigkeit von der Wortlänge l an.
Hinweis: Die Leistung des Quantisierungsfehlers beträgt $\sigma_Q^2 = Q^2/12$.



(c) Wie groß muss die Wortlänge l sein, damit ein Signal-zu-Rauschabstand $\mathrm{SNR} = \frac{\sigma_v^2}{\sigma_Q^2}$ von 60dB erreicht wird?

Aufgabe 6 (10 Punkte)

Gegeben sei eine (uncodierte) leistungsnormierte QPSK-Übertragung entsprechend der Abbildung. Die Auftrittswahrscheinlichkeit für jedes QPSK-Symbol $s_i, \quad i = 0, ..., 3$ sei gleich.



(a) Beschreiben Sie kurz die Vor- und Nachteile einer QPSK-Übertragung im Vergleich zu einer BPSK-Übertragung bei gleicher mittlerer Sendeleistung und gleicher Symbolrate.

(b) Bei bestimmten Übergängen (z.B. $s_0 \rightarrow s_2$) entsteht ein Nulldurchgang. Welches praktisch relevante Problem entsteht dadurch? Auf welche Weise lässt sich dieses Problem vermeiden?

(c) Nun werde die QPSK-Übertragung durch gleichverteiles, komplexwertiges Rauschen n mit $\mathrm{Re}\{n\} \in [-1, 1]$ und $\mathrm{Im}\{n\} \in [-1, 1]$ überlagert. Berechnen Sie die sich ergebende Symbolfehlerwahrscheinlichkeit P_s bei optimaler Wahl der Entscheidungsschwelle S.

(d) Berechnen Sie die entsprechende mittlere Bitfehlerwahrscheinlichkeit P_b.

Aufgabe 7 (9 Punkte)

Gegeben sei ein Wiederholungscode mit zugehöriger Generatormatrix

$$\mathbf{G} = \left(\begin{array}{c|cc} 1 & 1 & 1 \end{array} \right) .$$

(a) Beschreiben Sie die Bedeutung der Parameter $(n, k, d_{\min})$ eines allgemeinen linearen Blockcodes.

(b) Bestimmen Sie die Parameter $(n, k, d_{\min})$ des gegebenen Wiederholungscodes. Wie lautet die zugehörige Prüfmatrix $\mathbf{H}$?

(c) Bei der Übertragung des Nullworts ist das Empfangswort $y = (1\,0\,1)$ entstanden. Führen Sie eine Syndromdecodierung zum wahrscheinlichsten Sendewort durch. Führt die Syndromdecodierung auf das korrekte Sendewort?
Hinweis: Stellen Sie zunächst eine Tabelle aller möglichen Symdrome und der zugehörigen wahrscheinlichsten Fehlervektoren auf.

(d) Ist der Wiederholungscode ein perfekter Code? Begründen Sie ihre Antwort.

(e) Gegeben sei nun ein Code, dessen Generatormatrix $\tilde{\mathbf{G}}$ der Paritätsmatrix aus Aufgabenteil (b) entspricht, also $\tilde{\mathbf{G}} = \mathbf{H}$. Wie heißt dieser Code? Bestimmen Sie für diesen Code die Parameter $(n', k', d'_{\min})$.