Universität Bremen

Arbeitsbereich Nachrichtentechnik

Prof. Dr.-Ing. A. Dekorsy

Schriftliche Prüfung im Fach

Grundlagen der Nachrichtentechnik

Name: ______________________

Vorname: ______________________

Mat.-Nr.: ______________________

BSc. / Dipl.: ______________________

Zeit: 27. Juli 2016, 10.00 - 12.00 Uhr

Ort: NW 1, H 1

Umfang: 6 Aufgaben

Aufgabe:	1	2	3	4	5	6	**gesamt**
Punkte:	(9)	(9)	(8)	(7)	(8)	(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 (9 Punkte) (**Kurzfragen**)

Beantworten Sie die folgenden Fragen stichpunktartig. Beachten Sie, dass die Unterpunkte unabhängig voneinander zu lösen sind.

(a) Erklären Sie die Bedeutung der Redundanz und des Infomationsgehalts einer diskreten Quelle.

(b) Durch welche Funktion wird die Impulantwort eines idealen Tiefpasses beschrieben? Warum lässt sich dieses Filter nur näherungsweise praktisch realisieren?

(c) Wie lautet die Unschärferelation der Nachrichtentechnik?

(d) Welche Verzögerungen werden durch die Gruppen- und Phasenlaufzeit beschrieben?

(e) Erklären Sie die grundlegende Idee der differentialen Modulationsverfahren (z.B. D-QPSK) im Gegensatz zu Standard-Modulationsverfahren (z.B. QPSK)

(f) Ist das System mit dem Frequenzgang $H(e^{j\Omega}) = 2(\cos(\Omega) + 1)e^{-j\Omega} \quad ; -\pi \leq \Omega \leq \pi$ linearphasig? Begründen Sie Ihre Antwort.

(g) Erklären Sie den Unterschied zwischen Quellen- und Kanalcodierung.

Aufgabe 2 (9 Punkte) (**Matched Filter**)

Gegeben sei die Übertragungsstrecke in Abbildung 1 mit antipodalen Symbolen und Symbolrate $1/T = 10\text{kHz}$.

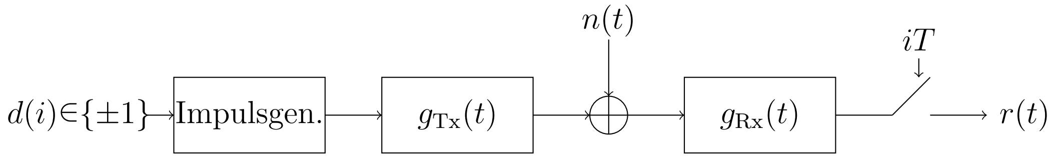


Abbildung 1: Übertragungssystem

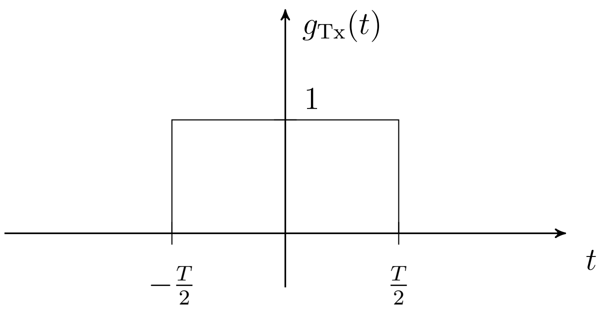


Abbildung 2: Impulsantwort des Sendefilters $g_{\text{Tx}}(t)$.

(a) Geben Sie die allgemeine Bedingung für den Empfangsfilter, abhängig von einem beliebiges komplexwertiges Sendefilter $g_{\text{Tx}}(t)$ an, der das Signal-Rausch-Verhältnis maximiert.

(b) Das Sendefilter $g_{\text{Tx}}(t)$ besitze nun die in Abbildung 2 dargestellte Impulsantwort. Bestimmen Sie die Impulsantwort des zugehörigen Matched Filters $g_{\text{Rx}}(t)$ und berechnen Sie die Impulsantwort $c(t) = g_{\text{Tx}}(t) * g_{\text{Rx}}(t)$ des resultierenden Gesamtfilters.

(c) Am Matched-Filter-Ausgang erfolgt eine Abtastung zu den Zeitpunkten

$$t_i = iT + \Delta t \quad |\Delta t| \leq T/2.$$

Bei nichtidealer Abtastung ($|\Delta t| > 0$) ergibt sich Intersymbol-Interferenz. Berechnen Sie die Intersymbolinterferenz ISI und geben sie das zugehörige (S/ISI)-Verhältnis als Funktion von Δt an. Wie groß ist das S/ISI-Verhältnis für $\Delta t = T/2$?

(d) Konstruieren Sie das Augendiagramm für die Abtastung aus (c) für $\Delta t = T/4$. Prüfen Sie, ob die erste und die zweite Nyquist-Bedingung erfüllt sind.

Aufgabe 3 (8 Punkte) (**Modulation**)

Gegeben ist eine Gray-codierte QPSK-Modulation mit den Symbolen $\pm 1, \pm j$ nach Abbildung 3 (links). Die Auftrittswahrscheinlichkeit der Symbole ist gleich. Die Entscheidungsschwelle S befindet sich demnach exakt in der Mitte der jeweiligen Symbole.

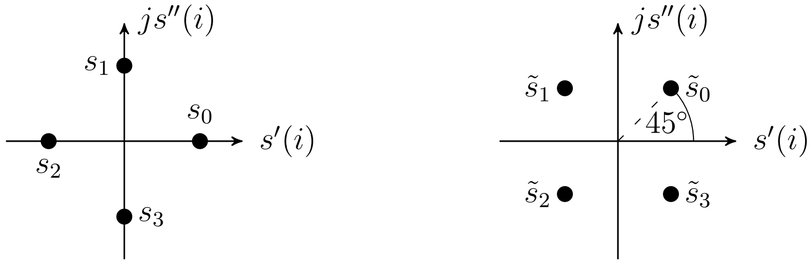


Abbildung 3: Links: QPSK-Signalraum, rechts: Gedrehter QPSK-Signalraum

Symbol	s_0	s_1	s_2	s_3
Bitfolge	00	01	11	10

Tabelle 1: Gray-Codierung der QPSK

Auf dem Übertragungsweg überlagert sich komplexwertiges Rauschen, welches im Real- und Imaginärteil als gleichverteilt im Intervall $[-1, 1]$ anzunehmen ist.

(a) Bestimmen Sie die mittlere Symbolenergie $\bar{E}_{\mathrm{S}}$, wenn als Sendefilter $g_{Tx}(t)$ ein Rechteckimpuls der Länge T und Amplitude $\frac{1}{T}$ verwendet wird.

Hinweis:
$$\bar{E}_{\mathrm{S}} = T^2 \mathrm{E}\left\{|s_i|^2\right\} \int_{-\infty}^{\infty} |g_{\mathrm{Tx}}(t)|^2 dt \quad i = 0, \ldots, 3$$

(b) Berechnen Sie die Bitfehlerwahrscheinlichkeit. Beschreiben Sie qualitativ, was passiert, wenn die Entscheidungsschwelle nicht genau zwischen die Symbolpunkte gesetzt wird.

(c) Durch den Übertragungskanal erfährt der Signalraum der QPSK nach Abb. 3 (links) nun eine Rotation um $\varphi = 45°$ (Abb. 3 rechts), die am Empfänger **nicht korrigiert** werden kann. Bestimmen Sie die hierdurch auftretende Bitfehlerwahrscheinlichkeit am Empfänger bei gleichbleibender Entscheidungsschwelle.

Aufgabe 4 (7 Punkte) (**Quantisierung**)

Ein sinusförmiges Nutzsignal mit Nutzleistung $\sigma_V^2 = \frac{1}{2}$ wird durch einen A/D-Wandler zeit- und wertquantisiert.

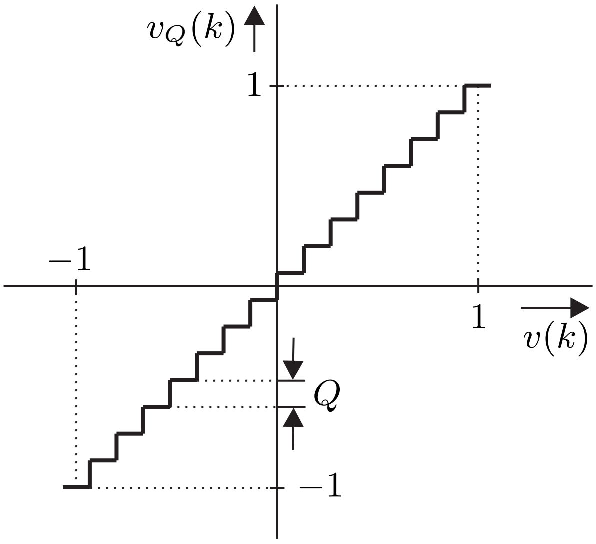


Abbildung 4: Quantisierungskennlinie

(a) Erklären Sie den Unterschied zwischen Zeitdiskretisierung und Wertquantisierung. Skizzieren Sie ein Signal, dass zeitdiskret aber nicht wertquantisiert ist und ein Signal, dass nicht zeitdiskret, aber wertquantisiert ist.

(b) Bestimmen Sie das Signal zu Rausch-Verhältnis zum Quantisierungsrauschen in Abhängigkeit von der allgemeinen Bitanzahl l. Wandeln sie das Ergebnis in dB um.

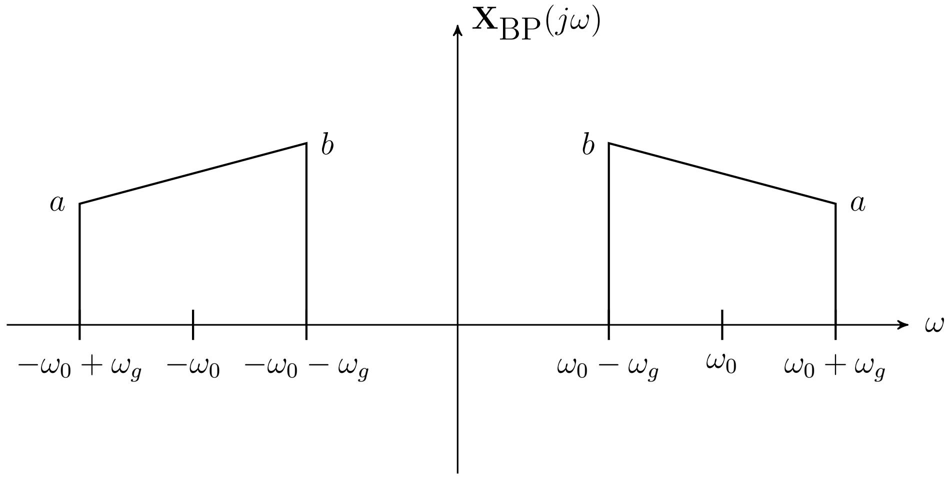
(c) Leiten Sie unten stehende Formel für das Quantisierungsrauschen σ_N^2 in Abhängigkeit von l her.

Hinweis:

$$\sigma_N^2 = \frac{Q^2}{12} = \frac{2^{-2l}}{3}$$

Aufgabe 5 (8 Punkte) (**Bandpass/Tiefpass-Signale**)

Gegeben ist das abgebildete *reellwertige* Spektrum eines Bandpasssignals $X_{BP}(j\omega)$.



(a) Skizzieren Sie das Spektrum des zugehörigen, äquivalenten Tiefpasssignals $X_{TP}(j\omega)$.

(b) Bestimmen Sie, welche Bedingungen die Parameter a und b erfüllen müssen, damit das Tiefpasssignal im Zeitbereich $x_{TP}(t)$ reell ist.

(c) Mit welcher Frequenz muss das gegebene Tiefpass-Signal $x_{\mathrm{TP}}(t)$ abgetastet werden, damit es exakt rekonstruiert werden kann?

(d) Skizzieren Sie beispielhaft das Spektrum des abgetasteten Tiefpasssignals für den Fall, dass das Abtasttheorem nicht erfüllt ist.

Aufgabe 6 (9 Punkte) (**Quellencodierung**)

Gegeben ist eine Zahlenquelle, die die Zahlen $n = 1, \ldots, 5$ bilden kann. Es sei zunächst angenommen, dass die Zahlen 1 bis 5 gleichwahrscheinlich auftreten.

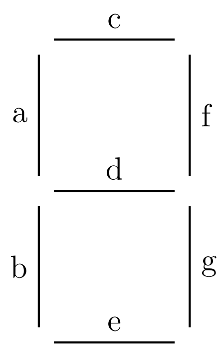


Abbildung 5: LCD-Anzeige

(a) Bestimmen Sie die Entropie der Zahlenquelle.

(b) Berechnen Sie die Anzahl an Bits, die benötigt werden, um die Zahlen $n = 1, \ldots, 5$ in der Standard-LCD-Anzeige (siehe Abbildung 5) darzustellen und die resultierende Redundanz.

(c) Nun gehorcht die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Zahlen der Zetaverteilung ($p(n) \propto \frac{1}{n}$). Bestimmen Sie den Normierungsfaktor, damit die Gesamtsumme aller Wahrscheinlichkeiten 1 wird ($\sum_1^5 p(n) = 1$).

(d) Führen Sie eine Huffman-Codierung für die Quelle mit Zeta-Verteilung aus (b) durch. Berechnen Sie die Redundanzreduktion, die durch die Huffman-Codierung im Vergleich zur LCD-Codierung erreicht wird.
Hinweis: Die Entropie der Quelle ist nicht identisch zu der Entropie aus (a)!