

Nachrichtenübertragung

(Vorlesung I + II und Rechenübung I + II)

- Prof. Dr.-Ing. Thomas Sikora -

Name:

Vorname:

Matr.Nr:

- Diplom E-Technik HF
 Bach./Master Techn. Inf. SF
 Magister KW VF
 Erasmus EF

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	Σ
Max. Punk- tezahl	10	10	10	10	10	10	10	10	80
Erreichte Punktezahl									

Hinweise:

1. Die Fragen zur Rechenübung sind fettgedruckt und mit einem Stern (*) gekennzeichnet!
2. Schreiben Sie die Lösungen jeweils direkt auf den freien Platz unterhalb der Aufgabenstellung.
3. Die Rückseiten können bei Bedarf zusätzlich beschrieben werden. Nummerierungen in diesem Fall nicht vergessen.
4. Sollte auch der Platz auf der Rückseite nicht ausreichen, bitte **kein eigenes Papier verwenden**. Die Klausuraufsicht teilt auf Anfrage **zusätzlich leere Blätter** aus.
5. Taschenrechner sind als Hilfsmittel **n i c h t** erlaubt!
6. Es sind **keine Unterlagen** zur Lösung dieser Klausur zugelassen!
7. Bearbeitungszeit: **150 min**.
8. Bitte **keinen Bleistift** verwenden!

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 1
--	---	----------

Inhaltsverzeichnis

1	Frequenzmodulation	3
2	Abtastung/ PAM	6
3	Quantisierung	9
4	Kanalcodierung	12
5	Analoge Modulation	15
6	Binäre Basisbandübertragung	18
7	Digitale Modulation	22
8	Adaptiver Entzerrer	25

1 Frequenzmodulation

10 Punkte

- 1.1 Bei der Modulation wird ein Quellsignal auf ein Trägersignal aufgeprägt. Dabei wird das Signal aus dem Basisband in ein Bandpasssignal umgewandelt. Nennen Sie **vier** Gründe für das Durchführen einer Modulation! 2 P

Frequenzmodulation FM

- 1.2 Ein Signal $u(t)$ werde der Frequenz eines Trägersignals (Grundfrequenz ω_c) aufgeprägt. 4 P
- a) Geben Sie die Gleichung des modulierten Signals $u_m(t)$ in Abhängigkeit von $u(t)$ an. 1 P
- b) Was besagt der *Frequenzhub* $\Delta\omega_{\max}$? Erläutern Sie kurz und geben Sie die Gleichung hierfür an. 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 3
--	--	----------

c) Was besagt der *Modulationsindex* β ? Erläutern Sie und geben Sie die Gleichung an. 1 P

d) Welche Aussage kann man zur Amplitude der Einhüllenden des modulierten Signales machen? 1 P

1.3 FM Demodulation 4 P

a) Zeichnen Sie das prinzipielle Blockschaltbild der FM - Demodulation mit Gengtaktdiskriminator und erläutern Sie die Funktionsweise. 2 P

b) Zeichnen Sie die Kennlinie eines solchen Gegentaktdiskriminators. 1 P

c) In welchem Verhältnis erhöht sich bei Breitband-FM das Signal-Rauschverhältnis gegenüber der Basisbandübertragung bzw. gegenüber einer Übertragung mit AM? 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 5
---	---	----------

2 Abtastung/ PAM

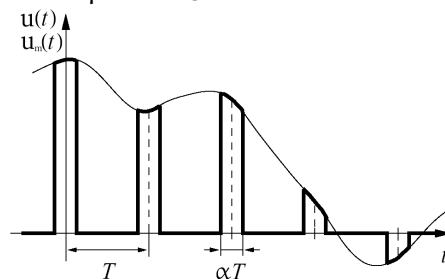
10 Punkte

Ideale Abtastung

- 2.1 Ein beliebiges Tiefpasssignal (Grenzfrequenz f_g) soll ideal abgetastet werden. 2 P
- a) Wie groß darf die Abtastfrequenz f_s gewählt werden, damit kein Aliasing auftritt? 0,5 P
- b) Skizzieren Sie das Betragsspektrum des abgetasteten Signals im Bereich $-2f_s < f < 2f_s$. Beschriften Sie die Achsen. 0,5 P
- c) Mit welcher Baugruppe kann das abgetastete Signal zurückgewonnen werden? Zeichnen Sie den Betrag der Übertragungsfunktion in das Bild der Lösung der letzten Teilaufgabe. 1 P

Nichtideale Abtastung

- 2.2 Ein reales Abtastsystem benutzt Abtastimpulse realer Breite (siehe Skizze). 6 P
Die Abtastfrequenz $f_s = \frac{1}{T}$ sei so gewählt, dass kein Aliasing auftritt.



<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005</p>	<p>Blatt: 6</p>
---	---	-----------------

a) Um welche Art der nichtidealen Abtastung handelt es sich? Zeichnen Sie das Prinzipschaltbild. 1 P

b) Geben Sie einen mathematischen Ausdruck für das abgetastete Signal $u_m(t)$ an. 1 P

c) Berechnen Sie das Spektrum $U_m(j\omega)$ mit Hilfe der Fouriertransformation von $u_m(t)$. 2 P

Hinweis: $\Pi_T(t) \circ \bullet T \operatorname{si}\left(\frac{\omega T}{2}\right)$

$$\delta_T(t) \circ \bullet \omega_T \delta_{\omega_T} \text{ mit } \delta_T(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - kT)$$

d) Zeichnen Sie schematisch das Betragsspektrum von $u_m(t)$ für den Fall $\alpha = \frac{1}{2}$. 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 7
---	---	----------

- e) Kann das Signal $u(t)$ aus $u_m(t)$ verzerrungsfrei zurückgewonnen werden? 1 P
Begründen Sie ihre Aussage.

2.3 Roll-off-Verläufe 2 P

- a) Formulieren Sie die erste Nyquistbedingung im Frequenzbereich. 0,5 P

- b) Zeigen Sie anhand zweier Skizzen, dass diese Bedingung sowohl für $\text{si}(x)$ -Sendeimpulse als auch für \cos^2 -Sendeimpulse gilt! 1 P

- c) Wie groß ist jeweils der Flankenfaktor (roll-off)? 0,5 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 8
---	---	----------

3 Quantisierung**10 Punkte**

- 3.1 Ein Audiosignal mit symmetrischer Amplitudendichteverteilungsfunktion werde gleichförmig mit m Bit quantisiert. 6,5 P
- a) Zeichnen Sie die Amplitudendichteverteilung des Quantisierungsfehlers. Beschriften Sie die Achsen! 1 P
- b) Berechnen Sie die Varianz des Quantisierungsfehlers in Abhängigkeit von der Stufenhöhe Δ . Gehen Sie dabei von der allgemeinen Gleichung zur Berechnung der Varianz aus. 2 P
- c) Wie berechnet sich die Stufenhöhe Δ aus einer vorgegebenen Aussteuergrenze u_{\max} und der Bitzahl m ? 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 9
---	---	----------

- d) Zur Quantisierung wird eine geringfügige Überlastung des Quantisierers in Kauf genommen. Die Aussteurgrenze wird daher auf $u_{\max} = 4\sigma_u$ festgelegt. Berechnen Sie das Signal-Rausch-Verhältnis (in dB) des quantisierten Signals in Abhängigkeit von m . 2,5 P

Hinweis: $\log(\frac{3}{16}) = -0,727$ und $\log(2) = 0,301$

- 3.2 Das gleiche Audiosignal werde nun mittels logarithmischer Quantisierungskennlinie (A-Kennlinie) quantisiert. 3,5 P

- a) Durch Vorschaltung welcher Baugruppe wird i.A. eine logarithmische Quantisierung mittels linearer A/D Wandler erreicht? Zeichnen Sie zusätzlich das Blockschaltbild einer solchen Quantisierung. 1,5 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 10
---	---	-----------

- b) Zeichnen sie die Kennlinie der Baugruppe aus Aufgabe 3.2 a) qualitativ. Beschriften Sie die Achsen. 1 P
- c) Das SNR beträgt hierbei $\text{SNR} = 6,02m - 10 \text{ dB}$. Es ist also niedriger als bei der gleichförmigen Quantisierung aus Aufgabe 3.1. Warum ist in der Realität eine logarithmische Quantisierung für Audiosignale trotzdem vorzuziehen? Nennen Sie *zwei* Gründe. 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 11
---	---	-----------

4 Kanalcodierung

10 Punkte

Zyklische Codes

4.1 Gegeben sei die Generatormatrix eines zyklischen nicht systematischen Codes. 5,5 P

$$G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

a) Geben Sie die Länge k der Informationsvektoren und die Coderate r an. 1 P

b) Geben Sie die Anzahl N der zulässigen Kanalwörter α_i an und bestimmen Sie die Kanalwörter $\alpha_0 \dots \alpha_{N-1}$. 2 P

c) Am Kanalausgang werden zwei Wörter $y_a = [0101010]$ und $y_b = [1110010]$ empfangen. Die möglicherweise fehlerhaft übertragenen Wörter sollen dem zulässigen Kanalwort mit dem geringsten Hammingabstand zugeordnet werden. 2,5 P

Sind die empfangenen Wörter y_a und y_b fehlerfrei? Begründen Sie die Antwort.

Decodieren Sie beide empfangenen Wörter nach obigem Prinzip und geben Sie jeweils die korrigierten Kanalwörter \hat{y}_a und \hat{y}_b sowie die zugehörigen Informationswörter i_a und i_b an.

<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005</p>	<p>Blatt: 12</p>
---	--	------------------

- 4.2 Erläutern Sie den Unterschied zwischen *hard decision* und *soft decision* und geben Sie an, wie groß das Verhältnis des Codiergewinns $\frac{G_{C_{\text{soft}}}}{G_{C_{\text{hard}}}}$ für gute Kanäle näherungsweise ist. 2 P

Faltungscodierung

- 4.3 Ein Faltungscodierer der Coderate $r = \frac{1}{3}$ besitze für seine Ausgangsbitfolgen $a_0(n)$, $a_1(n)$, $a_2(n)$ die Impulsantworten $h_0 = [110]$, $h_1 = [011]$ und $h_2 = [101]$. 2,5 P
- a) Zeichnen Sie ein Blockschaltbild des beschriebenen Faltungscodierers. 1,5 P

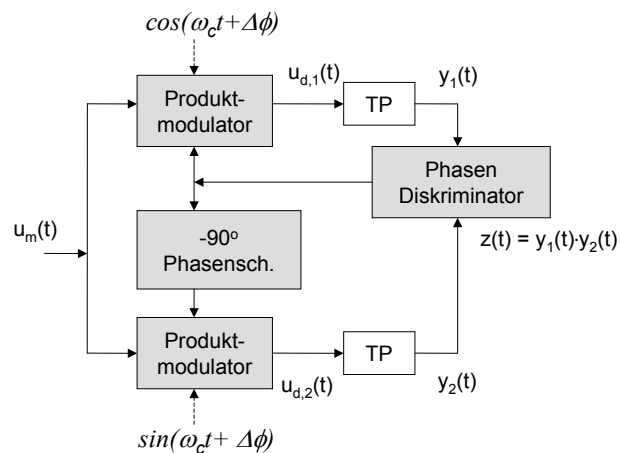
Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 13
---	---	-----------

- b) Die Schieberegisterzellen seien mit 0 initialisiert. Wie lautet die Ausgangsbitfolge des Codierers, wenn am Eingang eine [101100]-Folge anliegt? 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 14
---	---	-----------

5 Analoge Modulation*10 Punkte**

Bei der ZSB kann der Empfänger des Quadraturverfahrens zur Phasennachregelung verwendet werden, indem das lokal erzeugte oder aus dem ankommenden Signal extrahierte Trägersignal eingespeist wird. Dazu sei das folgende Prinzipschaltbild des Empfängers gegeben:



- *5.1 Gegeben sei das Signal $u_m(t) = u(t) \cdot \cos(\omega_c t)$. Bestimmen Sie die Signale $u_{d,1}(t)$ und $u_{d,2}(t)$ allgemein, wenn bei der Demodulation ein Phasenversatz von $\Delta\Phi$ auftritt!** **2 P**

$$\text{Hinweis: } \begin{aligned} \cos(x) \cdot \cos(y) &= \frac{1}{2} (\cos(x+y) + \cos(x-y)) \\ \cos(x) \cdot \sin(y) &= \frac{1}{2} (\sin(x+y) - \sin(x-y)) \end{aligned}$$

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 15
---	---	-----------

***5.2 Bestimmen Sie die Signale $y_1(t)$ und $y_2(t)$ unter der Voraussetzung, dass der Tiefpass (TP) Frequenzen oberhalb von ω_c vollständig unterdrückt! 1 P**

***5.3 Bestimmen Sie das Signal $z(t)$ und geben Sie eine Näherung für $z(t)$ an, wenn $\Delta\Phi$ nur sehr kleine Werte annimmt! 1.5 P**

***5.4 Erläutern Sie kurz die Funktionsweise dieses Empfängers! 1.5 P**

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 16
---	---	-----------

Frequenzmodulation

- *5.5 Eintonmodulation: Zeigen Sie mathematisch, dass für Schmalband-FM eines cosinusförmigen Signales $u(t) = A_u \cos(\omega_u t)$ der Bandbreitenbedarf weitgehend dem der AM entspricht.** **3 P**

Hinweis: $\cos(\alpha + \beta) = \cos(\alpha) \cos(\beta) - \sin(\alpha) \sin(\beta)$

$$\sin \alpha \sin \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)$$

Taylorreihen: $\sin(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k x^{2k+1}}{(2k+1)!}$ **und** $\cos(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k x^{2k}}{(2k)!}$

- *5.6 Wie lässt sich der Bandbreitebedarf bei der Breitband-FM abschätzen?** **1 P**

<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005</p>	<p>Blatt: 17</p>
---	---	------------------

6 Binäre Basisbandübertragung

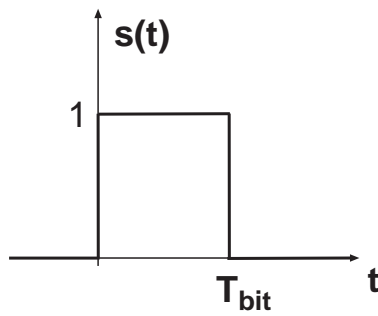
10 Punkte

6.1 Skizzieren Sie den prinzipiellen Aufbau eines digitalen Übertragungssystems von der digitalen Quelle bis zur Senke und erläutern Sie grob die Funktionsweise der einzelnen Komponenten. 3 P

6.2 Wieviele Bits können pro Sekunde und Hertz Bandbreite maximal bei einer binären Basisbandübertragung übertragen werden? 1 P

<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005</p>	<p>Blatt: 18</p>
--	--	------------------

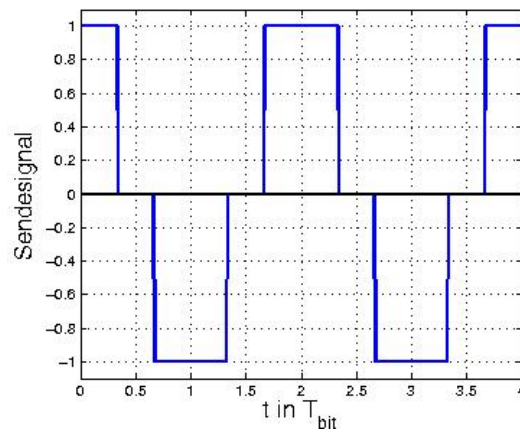
Gegeben sei der folgende Sendeimpuls (Ausgangssignal eines Sendeformfilters, SFF):



- 6.3 Skizzieren Sie die entsprechenden Ausgangssignale eines Korrelationsempfängers und eines signalangepassten Filters (SAF). 2 P

<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005</p>	<p>Blatt: 19</p>
---	---	------------------

Gegeben sei das folgende Sendesignal (Ausgangssignal eines Sendeformfilters, SFF):



- 6.4 Gesendet wurde eine **1,0,1,0,...**-Folge. Bestimmen Sie die normierte Kreuzkorrelation und geben sie an, welche Art der Signalisierung verwendet wurde? 1.5 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 20
--	--	-----------

6.5 Zeichnen Sie die Signalverläufe von 3 unterschiedlichen Leitungscodes für die gegebene Bitfolge (100001100001). Wählen Sie dazu 3 der folgenden Leitungscodes aus: bipolarer NRZ-Code (Non-return to zero), unipolarer RZ-Code (Return to zero), AMI-Code (Alternate mark inversion), HDB3-Code (high density bipolar code of order 3), CMI-Code (coded mark inversion). 1.5 P

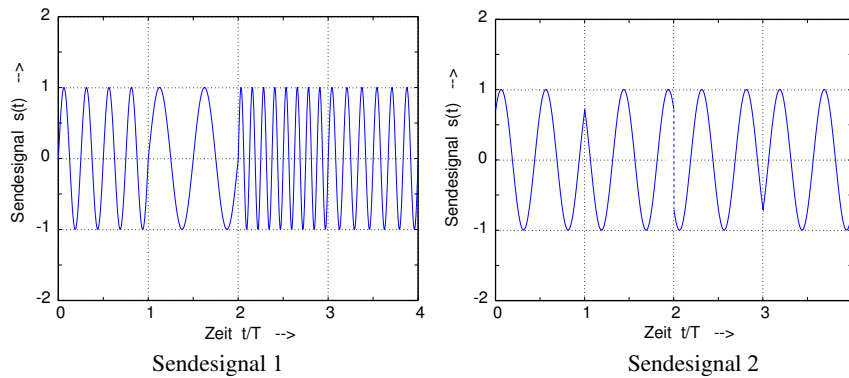
6.6 Begründen Sie, warum der AMI-Code auch zur Fehlererkennung eingesetzt werden kann. 1 P

<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005</p>	<p>Blatt: 21</p>
--	--	------------------

7 Digitale Modulation

10 Punkte

Die folgende Abb. zeigt zwei Zeitverläufe digital modulierter Trägerschwingungen:



7.1 Ordnen Sie den Sendesignalen 1 und 2 das jeweils verwendete digitale Modulationsverfahren zu. 2 P

Eine Folge von Bits b_k wird auf eine Folge von Modulationswerten a_k wie folgt abgebildet: $0 \rightarrow +1$ und $1 \rightarrow -1$, also $a_k = (-1)^{b_k}$. Das modulierte Sendesignal bei der Trägerfrequenz f_c im Intervall $kT \leq t < (k+1)T$ lautet $s(t) = a_k \cdot \cos(2\pi f_c(t - kT))$.

7.2 Um welche der folgenden Modulationsarten könnte es sich handeln? 2 P

Hinweis: Mehrere Modulationsarten können richtig sein. Für jede richtige Antwort gibt es 0.5 Punkte (für jede falsche Antwort gibt es 0.5 Punkte Abzug)!

	Richtig	Falsch	Weiß nicht
BPSK			
QPSK			
ASK			
4-ASK			

7.3 Stellen Sie die Signalmräume (Phasensterne) für die Modulationsarten 2 P

- QPSK (Quarternary Phase Shift Keying)
- 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

in der komplexen Ebene (I/Q-Ebene) dar.

7.4 Nennen Sie 2 verschiedene digitale Modulationsarten mit denen 2 Bit/Symbol 2 P
übertragen werden können und erläutern Sie in welchem Parameter des Band-
paßsignals die Information steckt.

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 23
---	---	-----------

Es soll nun BPSK-Modulation betrachtet werden. Für diese Modulationsform lässt sich bei synchroner Demodulation die Bitfehlerrate in Abhängigkeit von der Energie eines empfangenen Symbols (Bits) E_b und der Rauschleistungsdichte $N_0/2$ eines weißen gaußschen Rauschprozesses durch die Formel $BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{N_0}}$ angeben.

- 7.5 Bestimmen Sie die Bitfehlerwahrscheinlichkeiten für $E_b = 20 \cdot 10^{-6} \text{V}^2 \text{s}$ und $N_0/2 = 25 \cdot 10^{-7} \text{V}^2 \text{s}$, wenn das Signal phasensynchronem empfangen wird bzw. im Empfänger ein Phasenversatz von 90° vorliegt. 2 P

Hinweis: Verwenden Sie die in der Tabelle angegebenen Werte für die komplementäre Fehlerfunktion:

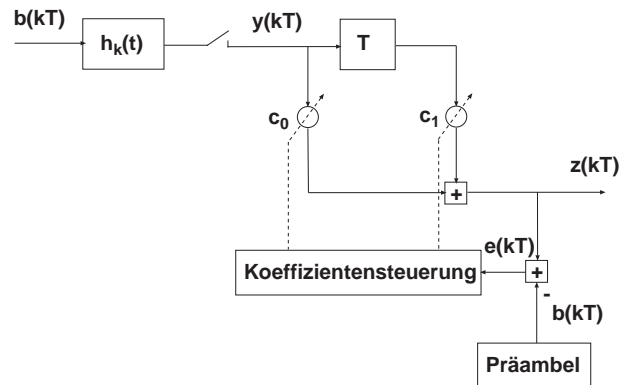
x	0	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
$\operatorname{erfc}(x)$	1	0.777	0.480	0.157	0.034	$4.7 \cdot 10^{-3}$	$4.1 \cdot 10^{-4}$	$2.2 \cdot 10^{-5}$	$1.5 \cdot 10^{-8}$

<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005</p>	<p>Blatt: 24</p>
--	--	------------------

8 Adaptiver Entzerrer

10 Punkte

Gegeben sei ein adaptiver Entzerrer gemäß der folgenden Abbildung:



Durch Senden einer am Entzerrerausgang bekannten Präambel $b(kT)$ sollen die Koeffizienten c_0 bis c_1 iterativ optimiert werden. Ziel ist es, die gesendete Folge $b(kT)$ am Ausgang des adaptiven Entzerrers möglichst unverfälscht zu empfangen.

***8.1** Wie lautet der Fehler $e(kT)$ in Abhängigkeit von $y(kT)$ und den Koeffizienten einer teilentzerrten Folge zum Zeitpunkt (kT) ? Berechnen Sie damit den resultierenden Fehler $e(0T)$ für folgende Einstellungen: 2 P

k	-1	0	1	2	3
$b(kT)$	0	1	0	0	0
$y(kT)$	0	0.8	0.3	0.1	0

Startwerte der Koeffizienten: $c_0 = 0.8$ und $c_1 = -1$

- *8.2** Berechnen Sie die Datenverzerrung D für die Ausgangsfolge $y(kT)$ (ohne Entzerrung). 1 P
- *8.3** Leiten Sie aus dem quadratischen Fehler $Q(kT) = e^2(kT)$ die Fehlersteigung $\frac{\delta Q}{\delta c_j}$ her. 2 P
- *8.4** Berechnen Sie die Steigung des Fehlers bezüglich c_j ($j = 0$ und 1) und ändern Sie die Koeffizienten c_j um $\Delta = -0.2$, wenn die Fehlersteigung positiv ist, und $\Delta = +0.2$, wenn sie negativ ist, (bzw. um 0 , wenn der Gradient Null ist). 2 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 26
--	--	-----------

Nach $k = 2$ Zeitschritten ist $y(kT)$ komplett durch das Filter gelaufen. Weitere Schritte würden keine Veränderung der Koeffizienten mehr ergeben. Die Koeffizienten haben jetzt die Werte $c_0 = 1.2$ und $c_1 = -0.6$.

***8.5 Berechnen Sie die Ausgangsfolge $z(kT)$ bei dieser Koeffizienteneinstellung und gegebener Filtereingangsfolge $y(kT)$ zu den Zeitpunkten kT ($k=0,1,2,3$).** 2 P

***8.6 Berechnen Sie die Datenverzerrung für $z(kT)$ für diese Koeffizienteneinstellung.** 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 24.02.2005	Blatt: 27
--	--	-----------