

Nachrichtenübertragung

(Vorlesung I + II und Rechenübung I + II)

- Prof. Dr.-Ing. Thomas Sikora -

Name:

Vorname:

Matr.Nr:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> E-Technik | <input type="checkbox"/> HF |
| <input type="checkbox"/> Techn. Inf. | <input type="checkbox"/> SF |
| <input type="checkbox"/> Magister | <input type="checkbox"/> VF |
| | <input type="checkbox"/> 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 30.10.2003	Blatt: 1
--	---	----------

Inhaltsverzeichnis

1	Nachrichtenanäle	3
2	Störungen und Störreduktion	5
3	Analoge Modulation	8
4	PAM/PCM	11
5	Kanalcodierung	14
6	Binäre Basisbandübertragung	17
7	Digitale Modulation	20
8	Binärübertragung bei additiven Rauschstörungen	22

1 Nachrichtenkanäle

10 Punkte

Idealer Tiefpass

1.1 Geben Sie die Gleichung für die Übertragungsfunktion eines idealen Tiefpasses der Bandbreite B_{TP} in allgemeiner Form an und skizzieren Sie sowohl den Amplitudengang als auch den Phasengang! 1,5 P

1.2 Berechnen und zeichnen Sie die Impulsantwort des Tiefpasses aus Aufgabe 1.1! 1,5 P
(Hinweis: $\frac{1}{T} \text{si} \left(\frac{\omega T}{2} t \right) \circ \rightarrow \bullet \Pi_{\omega T}(\omega)$)

1.3 Berechnen und bestimmen Sie für den Tiefpass 4 P

a) das Überschwingen \ddot{u} ! 2 P

b) die Impulsbreite Δt ! 2 P

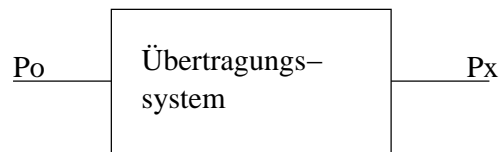
Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 3
---	---	----------

\cos^2 -Amplitudengang

- 1.4 Der oben beschriebene ideale Tiefpass wird durch einen Tiefpass mit \cos^2 -förmigem Amplitudengang gleicher Bandbreite ersetzt. Nennen Sie jeweils einen Vor- und Nachteil dieser Maßnahme! 1 P
- 1.5 Der Tiefpass mit \cos^2 -förmigen Amplitudengang sei das äquivalente Tiefpasssystem eines Bandpasses mit der Mittenfrequenz f_m . 2 P
- a) Skizzieren Sie Amplituden- und Phasengang des Bandpasses! 1 P
- b) Skizzieren Sie die Impulsantwort des Bandpasses! 1 P

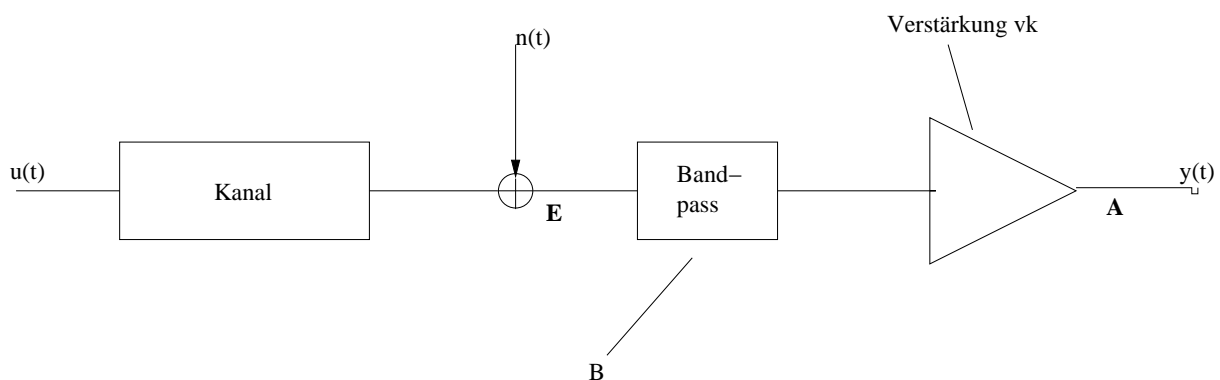
2 Störungen und Störreduktion

10 Punkte



2.1 Gegeben sei das oben abgebildete Übertragungssystem mit den entsprechenden Ein- und Ausgangsleistungen. Erklären Sie den Begriff Dämpfungsmaß und beziehen Sie sich gegebenenfalls auf die Skizze. 1 P

2.2 Erklären Sie die Begriffe "relativer Leistungspegel" und "absoluter Leistungspegel". Worin besteht der Unterschied? Beziehen Sie sich gegebenenfalls auf die Skizze. 1 P



<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003</p>	<p>Blatt: 5</p>
---	--	-----------------

- 2.3 Gegeben sei die oben abgebildete Übertragungsstrecke. Die Verstärkung v_k [dB] gleiche die Kanaldämpfung genau aus. Das additive Rauschen $n(t)$ sei weisses Rauschen. Die Bandbreite des Filters sei B . Geben Sie das Leistungsdichtespektrum $S_{n_n,E}(\omega)$ am Punkt E an. 1 P
- 2.4 Geben Sie die Rauschleistung am Punkt A an. 1 P
- 2.5 Geben Sie den Störabstand (SNR) am Punkt A an. 1 P
- 2.6 Wie wird in der Nachrichtentechnik ein Echo definiert? 1 P
- 2.7 Wodurch unterscheiden sich Leitungsechos und akustische Echos? 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 6
---	---	----------

2.8 Erklären Sie qualitativ die Funktionsweise einer Echosperrung anhand einer Skizze der Übertragungsstrecke. 2 P

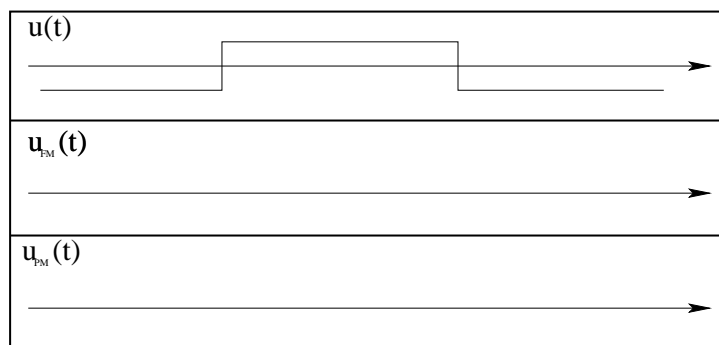
2.9 Was versteht man in der Nachrichtentechnik unter Nebensprechen? 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 7
---	---	----------

3 Analoge Modulation**10 Punkte**

Winkelmodulation

- 3.1 Geben Sie Momentanphase und Momentankreisfrequenz für die Phasenmodulation (PM) und die Frequenzmodulation (FM) an. 1 P
- 3.2 Wie lässt sich aus einem PM - Modulator ein FM - Modulator realisieren? 0,5 P
- 3.3 Zeichnen Sie die Ausgangssignale eines PM - bzw. FM - Modulators in nachfolgendes Diagramm ein! 1 P



Frequenzmodulation (FM)

- 3.4 Was sagt der Modulationsindex aus? Erklären Sie kurz in eigenen Worten und geben Sie die Gleichung für den Modulationsindex β an! 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 8
---	---	----------

- 3.5 Wie ändert sich der Modulationsindex β , wenn bei der FM - Modulation 1 P
- a) die Signalamplitude eines Eintonsignals verdoppelt wird? 0,5 P
- b) die Signalfrequenz eines Eintonsignals verdreifacht wird? 0,5 P
- 3.6 Welchen Vorteil bringt eine Erhöhung der Modulationsbandbreite bei Breitband - FM im Vergleich zur Schmalband - FM oder zur Amplitudenmodulation (AM)? Gehen Sie dabei auf die sich ändernde Größe ein und geben die Art der Abhängigkeit an! 1,5 P
- 3.7 Beschreiben Sie das Prinzip der FM - Demodulation mittels Gegentaktdemodulators und zeichnen Sie die zugehörige Demodulationskennlinie und das Blockschaltbild! 2 P

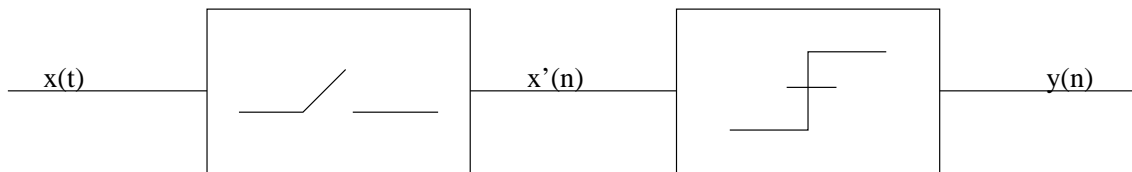
Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 9
---	---	----------

- 3.8 Erläutern Sie kurz das Prinzip eines Stereo - FM Hörfunksenders! Wie wird eine Kompatibilität mit Mono - FM Hörfunkempfängern erreicht? 2 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 10
---	---	-----------

4 PAM/PCM

10 Punkte



- 4.1 Gegeben sei das oben abgebildete System aus Abtastung und Quantisierung. x' sei ein ideal abgetastetes Signal. Erklären Sie das Prinzip der Quantisierung. 1 P
- 4.2 Sei der Quantisierer ein gleichförmiger, vierstufiger midrise-Quantisierer. Zeichnen Sie dessen Kennlinie. 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 11
--	--	-----------

- 4.3 Das PCM Signal $y(n)$ soll binär übertragen werden. Wird dafür eine größere Bandbreite benötigt als für die Analogübertragung von $x(t)$? Begründen Sie ihre Antwort 1 P
- 4.4 Von welcher Eigenschaft des Sendeimpulses hängt die Bandbreite des PCM-Signals ab? 1 P
- 4.5 Skizzieren Sie den Amplitudengang $S(j\omega)$ des Sendeimpulses, mit der sich die kleinste Bandbreite für die PCM-Übertragung erreichen lässt. 1 P
- 4.6 Erklären Sie, wie eine ungleichförmige Quantisierung unter Verwendung eines gleichförmigen Quantisierers realisiert werden kann. 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 12
---	---	-----------

- 4.7 Gegeben sei nun ein M-stufiger ungleichförmiger Quantisierer mit Intervallen I_j , Entscheidungswerten x_j , und Rekonstruktionswerten y_j , $j = 1, 2, \dots, M$. Die Rekonstruktionswerte liegen in der Mitte der zugehörigen Intervalle und die Verteilungsdichtefunktion des Eingangssignals sei innerhalb eines Intervalls I_j näherungsweise konstant. Das Eingangssignal sei amplitudenbegrenzt, so dass der Quantisierer nicht übersteuert wird. Leiten Sie die Gesamtfehlervarianz σ_q^2 her. 4 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 13
---	---	-----------

5 Kanalcodierung*10 Punkte*****5.1 Gegeben sei ein (n, k, d) Blockcode mit $n=7$, $k=4$ und $d=3$ und die Paritätsmatrix \mathbf{P} =** **6 P**

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

a) Wie viele Fehler können mit diesem Code erkannt und korrigiert werden? **1 P**b) Der Informationsvektor $\mathbf{i} = [1001]$ soll nun mit Hilfe der Paritätsprüfmatrix codiert und über einen Kanal übertragen werden. Berechnen Sie die Prüfbits und geben Sie den Kanalvektor \mathbf{a} an! **2 P**

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 14
--	--	-----------

- c) Ein empfangener Kanalvektor sei $\mathbf{a}' = [1101001]$. Zeigen Sie, dass der Vektor fehlerhaft ist! 2 P

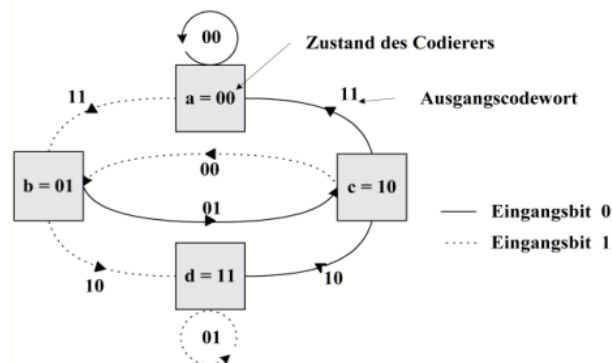
- d) Welches Codewort wurde unter der Annahme, dass nur ein Bit fehlerhaft ist, ursprünglich gesendet? 1 P

Hinweis: Die Syndrom-Fehlervektor-Tabelle sei gegeben mit

Syndrom \mathbf{s}	Fehlervektor \mathbf{e}
001	0000001
010	0000010
100	0000100
101	0001000
111	0010000
011	0100000
110	1000000

*5.2 Gegeben sei das folgende Zustandsdiagramm eines Faltungscodes:

4 P



- a) Der Informationsvektor $\mathbf{i} = [1001]$ soll nun mit Hilfe eines Faltungscodierers codiert und über einen Kanal übertragen werden. Bestimmen Sie den Kanalvektor \mathbf{a} mit Hilfe des Zustandsdiagramms!
Hinweis: Der Informationsvektor läuft von links nach rechts in den Faltungscodierer 1 P
- b) Welche binären Werte befinden sich in den Speicherzellen des Faltungscodierers (den Zeitverzögerungsgliedern), unmittelbar nachdem die zweite '1' des Informationsvektors in den Faltungscodierer gelaufen ist? 1 P
- c) Wie groß ist die Coderate dieses Faltungscodierers? 1 P
- d) Nennen Sie einen großen Vorteil der Faltungscodierung! 1 P

<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003</p>	<p>Blatt: 16</p>
---	---	------------------

6 Binäre Basisbandübertragung

10 Punkte

Entzerrung von Impulsnebensprechen

6.1 Um bei Kanälen mit linearen Verzerrungen die Nyquistbedingung einhalten zu können, werden Transversalfilter zur Entzerrung von Vor- und Nachläufern eingesetzt.

2 P

a) Zeichnen Sie die Struktur eines solchen Filters zur Entzerrung von Vorläufern!
(Bitte vollständig beschriften!)

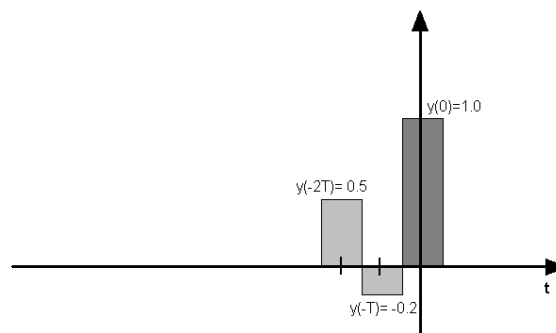
1 P

b) Um wie viele Takte (Abtastperioden) verzögert erscheint der Hauptwert nach einer solchen Entzerrung?

1 P

6.2 Gegeben sei folgendes Signal am Kanalausgang (der Hauptwert befindet sich bei $y(t = 0)$):

5 P



a) Berechnen Sie die Datenverzerrung D!

0,5 P

<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003</p>	<p>Blatt: 17</p>
---	---	------------------

- b) Welche Ordnung N hat ein Filter, das die zwei Vorläufer entzerren soll? 0,5 P
- c) Berechnen Sie die Filterkoeffizienten! 2 P
- d) Zeichnen Sie das entzernte Signal und bestimmen Sie dessen Datenverzerrung D ! 2 P

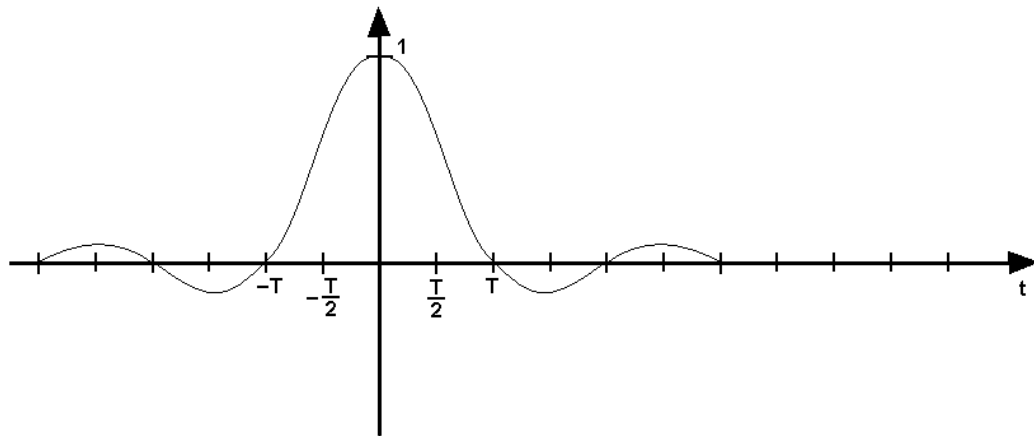
Übertragung mit überlappenden Sendeimpulsen

- 6.3 Geben Sie die 1. Nyquistbedingung für einen Sendeimpuls bei einer Übertragung mit überlappenden Impulsen in mathematischer Form an! 0,5 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 18
---	---	-----------

- 6.4 Wie groß ist die mögliche Kanalausnutzung einer solchen Übertragung in Abhängigkeit vom Flankenfaktor ρ ? Ist der Fall $\rho = 0$ praktisch nutzbar? Begründen Sie Ihre Antwort! 1,5 P

- 6.5 Zeichnen Sie die Impulsfolge $s(kT)$ für die Übertragung einer Folge $b(kT) = [1101]$ mit überlappenden Sendeimpulsen in das folgende Diagramm ein! 1 P



Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 19
--	--	-----------

7 Digitale Modulation

10 Punkte

7.1 Erläutern Sie die Modulationsarten FSK und ASK. 1 P

7.2 Einzelnen Bits 0 und 1 sind Sendesignale $s_i(t) = A_{\text{mod}} \cos(\omega_i t)$, $i = 1, 2$ zugeordnet. Handelt es sich um eine FSK oder ASK? Sizzieren Sie das Sendesignal für die Bitfolge 01010 2 P

7.3 Erklären Sie anhand einer Skizze das Prinzip der OFDM. 2 P

<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003</p>	<p>Blatt: 20</p>
---	---	------------------

- 7.4 Warum werden bei OFDM Schutzintervalle zwischen den Sendesignalen verwendet? 2 P

Gegeben sei ein Kanal, der von mehreren Teilnehmern zum telefonieren genutzt werden soll. Für die Mehrfachausnutzung eines Kanals stehen unter anderem die Multiplex-Verfahren Zeitmultiplex (TDM) und Frequenzmultiplex (FDM) zur Verfügung. Der hier vorliegende Kanal soll durch TDM *und* FDM aufgeteilt werden, wie im Folgenden beschrieben. Jeder TDM-Rahmen der Länge 4,615ms ist in acht Slots der Länge 577 μ s geteilt. Insgesamt hat der Frequenzbereich des Kanals 2x24,8MHz Bandbreite, mit Teilkanälen von je 200kHz Bandbreite. Zwei Teilkanäle zusammen bilden einen Duplex-Kanal. Ein Teilnehmer muss zum Telefonieren auf einen Duplexkanal zugreifen.

- 7.5 Wie viele Teilnehmer können innerhalb eines TDM-Rahmens auf einen Kanal zugreifen? 1 P

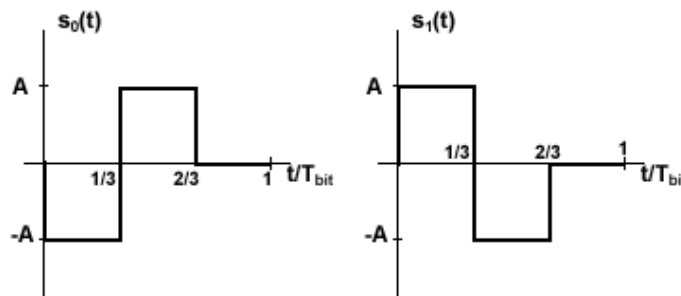
- 7.6 Wie viele Duplex-Kanäle gibt es insgesamt? 1 P

- 7.7 Wie viele Teilnehmer können gleichzeitig telefonieren? 1 P

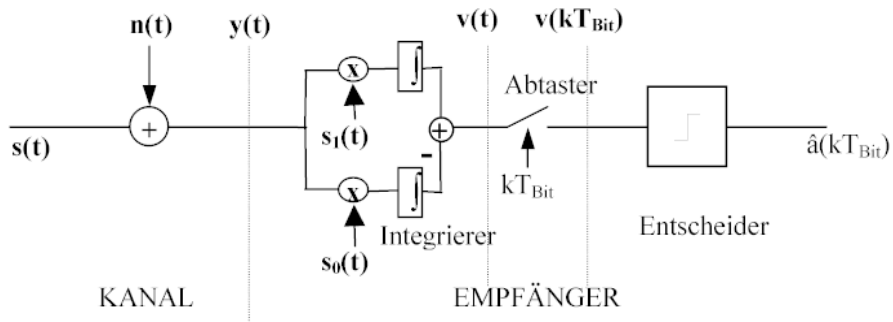
Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 21
---	---	-----------

***8 Binärübertragung bei additiven Rauschstörungen 10 Punkte**

***8.1 Eine Binärübertragungsstrecke soll mittels Pulsformung und Korrelationsempfänger vor Übertragungsfehlern durch Kanalrauschen geschützt werden. Zur Pulsformung werden sendeseitig Filter mit folgenden Impulsantworten $s_0(t)$ für eine binäre '0' bzw. $s_1(t)$ für eine binäre '1' benutzt:**



Der Korrelationsempfänger habe die folgende Struktur:



- a) Welche Signalisierung liegt vor? 1 P

- b) Skizzieren Sie das durch Senden der binären Werte '011' nach der Pulsformung entstehende Signal! 1 P

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 22
--	---	-----------

- c) Berechnen Sie $v(kT_{\text{bit}})$ für die gegebenen binären Werte für $k=1, 2, 3$ unter der Annahme, dass $n(t)=0$ ist (also kein Rauschen auf dem Kanal liegt), und bestimmen Sie die maximale Amplitudendifferenz von $v(kT_{\text{bit}})$! 3 P

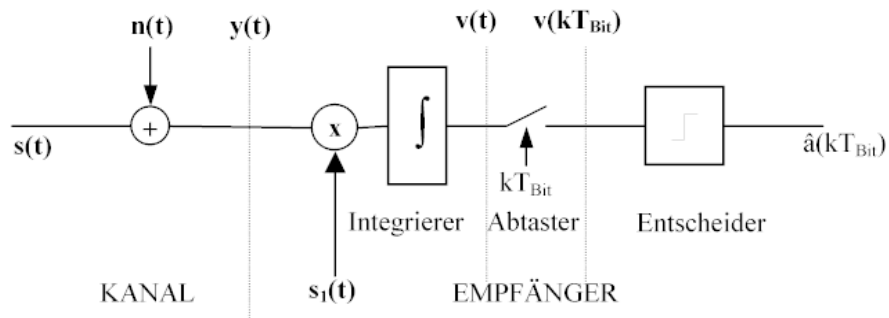
Hinweis: Die Integrierer werden nach jedem Abtastzeitpunkt T_{bit} wieder auf Null gesetzt.

- d) Die Amplitude A betrage 250 mV, T_{bit} sei 3 ms und die Rauschleistungsdichte über der Kanalbandbreite sei konstant mit $N_0/2 = 25 \cdot 10^{-7} \text{V}^2/\text{s}$. Bestimmen Sie den Entscheider-SNR. 1 P

Hinweis: $\text{SNR}_E = \frac{4E_{\text{bit}}}{N_0} (1 - \rho_{01})$

Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora	Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003	Blatt: 23
---	---	-----------

*8.2 Gegeben seien die Sendeimpulse aus Aufgabe 8.1 und der folgende Korrelationsempfänger: 4 P



- a) Wie groß ist die maximale Amplitudendifferenz von $v(kT_{\text{bit}})$ bezogen auf die Amplitudendifferenz aus Aufgabe 8.1c bei gleicher binärer Sendefolge '011' und $n(t)=0$. Begründen Sie Ihre Antwort! 1 P
- Hinweis: Eine Rechnung ist nicht unbedingt notwendig.

<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003</p>	<p>Blatt: 24</p>
---	--	------------------

- b) Die Amplitude A betrage 250 mV, T_{bit} sei 3 ms und die Rauschleistungsdichte über der Kanalbandbreite sei konstant mit $N_0/2 = 25 \cdot 10^{-7} \text{V}^2/\text{s}$. Wie groß ist das Entscheider-SNR bezogen auf das Entscheider-SNR aus Aufgabe 8.1d. Begründen Sie Ihre Antwort / Ihr Ergebnis. 1 P
- c) Auf dem Kanal liege additiv ein Rauschen, dessen Amplituden gaußverteilt und mittelwertfrei sind. Nennen Sie einen Grund, warum ein Korrelationsempfänger das Rauschen unterdrückt. 1 P
- d) Zeichnen Sie eine orthogonale Funktion zu $s_0(t)$ oder geben Sie die Gleichung für die normierte Kreuzkorrelation an! 1 P

<p>Technische Universität Berlin Fachgebiet Nachrichtenübertragung Prof. Dr.-Ing. T. Sikora</p>	<p>Gesamtklausur im Lehrgebiet Nachrichtenübertragung am 30.10.2003</p>	<p>Blatt: 25</p>
---	---	------------------