SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung

(71)

Prof. Dr.-Ing. J. Vollmer
Hochschule für
Angewandte Wissenschaften Hamburg
Department für Informations- und Elektrotechnik

Name: Rotzek

Vorname: Alexander

Matr.-Nr.: 1897403

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik (E4)

vom 27. Januar 2010

Lösungen ohne Herleitungen und die korrekte Angabe der Einheiten erhalten nur eine verringerte Punktzahl. Reine Ja/Nein Antworten erhalten Null Punkte.

	Punkte in Unteraufgaben	Erreichte Punkte	Maximal (+ ZP)
Aufgabe 1	3+8+3+3(+4)	3+8+3+3(+1)	17(+4)
Aufgabe 2	6+4+4(+4)	6+1+4(+2)	14(+4)
Aufgabe 3	6+3+9+3(+~~5~~)	6+3+9+3(+4)	21(+~~5~~)
Aufgabe 4	5+15(+2+4)	5+12(+1+4)	20(+6)
Aufgabe 5	2+6+6+4(+5)	2+5+6+2(+3)	18(+5)
Bewertung:	15 **Summe:**	96	**90(+~~23~~) 24**

Kleine Formelsammlung:

Schwach gedämpfte Leitung, Länge l

$$\gamma = \frac{R'}{2\sqrt{L'/C'}} + j\omega\sqrt{L'C'}$$

$$\beta = \frac{\Delta\phi}{l} = \frac{2\pi}{\lambda_L} = \omega\sqrt{L'C'}$$

$$v_{ph} = \frac{1}{\sqrt{L'C'}} = \lambda_L \cdot f$$

$$k = v_{ph}/c_0$$

$$c_0 \approx 3 \cdot 10^8\ \mathrm{m/s}$$

$$Z_E = Z_W \frac{Z_2 + Z_W \cdot \tanh(\gamma l)}{Z_2 \cdot \tanh(\gamma l) + Z_W}$$

$$Z_W \cong \sqrt{\frac{L'}{C'}} \cdot e^{-j\frac{R'}{\omega L' \cdot 2}}$$

Leitung, allgemeine Gleichungen

$$Z_W = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$$

$$\gamma = \sqrt{(R' + j\omega L')(G' + j\omega C')} = \alpha + j\beta$$

Lösung DGL: $U(z) = U_{h0} \cdot e^{-\gamma z} + U_{r0} \cdot e^{\gamma z}$

Fourier-Transformation

$$x(t)e^{j2\pi f_0 t} \leftrightarrow X(f - f_0) \qquad e^{j2\pi f_0 t} \leftrightarrow \delta(f - f_0)$$

$$x(t - t_0) \leftrightarrow X(f)e^{-j2\pi f t_0} \qquad \delta(t - t_0) \leftrightarrow e^{-j2\pi f t_0}$$

Rauschen und Rauschzahl

Rauschzahl

$$F = \frac{SNR_{Eingang}}{SNR_{Ausgang}}$$

Rauschmaß

$$NF = 10\log_{10}(F)\,\mathrm{dB}$$

Verfügbare Rauschleistung (thermisch)

$$P_N = k \cdot B \cdot T$$

Boltzmannkonstante k: = 1,38 10^{-23} Watt s / K
B: Bandbreite in Hertz, T: Temperatur in Kelvin

Informationstheorie, diskrete Nachrichtenquellen mit N verschiedenen Zeichen

Informationsgehalt eines Zeichen x

$$I_x = -\mathrm{ld}(p_x)\ \text{[Bit]}$$

Entropie, mittlerer Informationsgehalt

$$H = -\sum_{n=1}^{N} p_n \cdot \mathrm{ld}(p_n)\ \text{[Bit pro Zeichen]}$$

Mittlere Anzahl von Bits zur Codierung

$$\overline{N} = \sum_{n=1}^{N} p_n \cdot \mathrm{Codelänge}(n)\ \text{[Bit pro Zeichen]}$$

Trigonometrie und Euler

$$\cos(x) \cdot \cos(y) = [\cos(x+y) + \cos(x-y)]/2$$

$$\cos(x) = (e^{jx} + e^{-jx})/2$$

Maximale Entropie

$$H_{max} = \mathrm{ld}(N)$$

[Bit pro Zeichen]

Redundanz

$$R = H_{max} - H$$

[Bit pro Zeichen]

Aufgabe 1 Huffman Codierung (17+4 Punkte)

Von einer Nachrichtenquelle ist der Zeichensatz und die Zeichenwahrscheinlichkeiten p_i bekannt.

Zeichen	B	D	E	R	T
p_i	0,20	0,10	0,45	0,15	0,10

Geben Sie im Folgenden immer die Einheiten mit an.

a) Berechnen Sie den mittleren Informationsgehalt H des Zeichensatzes. (3 Punkte)

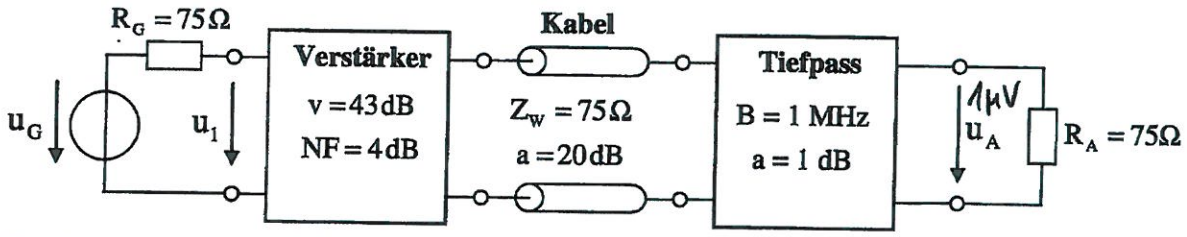
b) Bestimmen Sie einen Satz von Huffman Codes für den Zeichensatz. Zeichnen Sie einen Codebaum und geben Sie für alle Zeichen den Code explizit an. (8 Punkte)

c) Kodieren Sie das Wort „ERDBEERBEET" mit ihrem Code. Geben Sie die resultierende Bitfolge an. (3 Punkte)

d) Decodieren Sie die Bitfolge „01101001110110101" mit ihrem Code. Achtung: Je nach Code können am Ende noch Bits übrig sein. Ignorieren Sie diese Restbits. (3 Punkte)

e) **Zusatzaufgabe:** Betrachten Sie folgenden Code für den Zeichensatz $\{A, B, C, D\}$: $\{A \rightarrow 00, B \rightarrow 01, C \rightarrow 10, D \rightarrow 110\}$ (Schreibweise x → y bedeutet: y ist der Code für Symbol x). Kann der Code ein Huffmancode sein oder nicht? Begründen Sie ihre Antwort. (4 Punkte)

Aufgabe 2 Übertragungssystem (14+4 Punkte)



Ein Tiefpass-Signal $u_G(t)$ von 1MHz Bandbreite wird über das obige System übertragen. Die Ein- und Ausgangsimpedanzen der Teilsysteme sind jeweils 75Ω. Die Temperatur des gesamten Systems beträgt $T = 290\,\text{Kelvin}$. Die effektive Signalspannung von $u_A(t)$ beträgt $1\mu V$ und $u_G(t)$ ist, bis auf das thermische Rauschen, fehlerfrei. Das Tiefpassfilter wird, bis auf die Dämpfung im Durchlassbereich von 1dB und der Grenzfrequenz $f_g = 1\text{MHz}$, als ideal betrachtet.

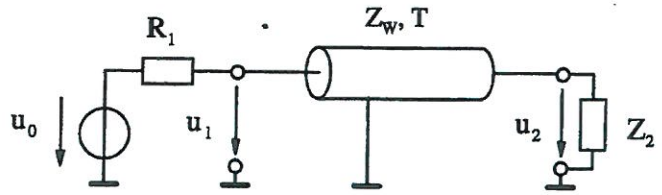
a) Berechnen Sie die Rauschzahl F_{1A} und den Verstärkungsfaktor v_{1A} des Systems mit Eingangsspannung $u_1(t)$ und der Ausgangsspannung $u_A(t)$. (6 Punkte)

b) Bestimmen Sie die Eingangsleistung des Verstärkers. (4 Punkte)

c) Wie groß ist das SNR des Signals $u_A(t)$ in dB? (4 Punkte)

d) **Zusatzaufgabe:** Welchen Grund kann es für das Filter geben, da doch $u_G(t)$ schon ein entsprechendes Tiefpass-Signal ist? Denken Sie dabei an reale Teilsysteme. (4 Punkte)
Diese Aufgabe ist unabhängig von den vorherigen Unterpunkten lösbar.

Aufgabe 3: Leitung (21+5 Punkte)



An eine schwach gedämpften Leitung ($R' \ll \omega L'$) der Länge $l = 30$ Meter wurde ein Sinussignal der Frequenz $f = 1\text{MHz}$ angelegt. Für diese Frequenz ist der Abschlussimpedanz Z_2 gleich dem Wellenwiderstand Z_W. Die Messung ergibt für die Spitzenwerte der Spannungen $\hat{U}_1 = 1\text{V}$ und $\hat{U}_2 = 0.96\text{V}$. Die Phasenverschiebung zwischen $u_1(t)$ und $u_2(t)$ beträgt 60 Grad. Der Betrag des Wellenwiderstandes ist $|Z_W| = 50\Omega$.

Geben Sie immer die Einheiten der Ergebnisse an.

a) Berechnen Sie den Dämpfungsbelag α und den Phasenbelag ist β. Achten Sie auf die Einheiten. (6 Punkte)

b) Bestimmen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit v_{ph}. (3 Punkte)

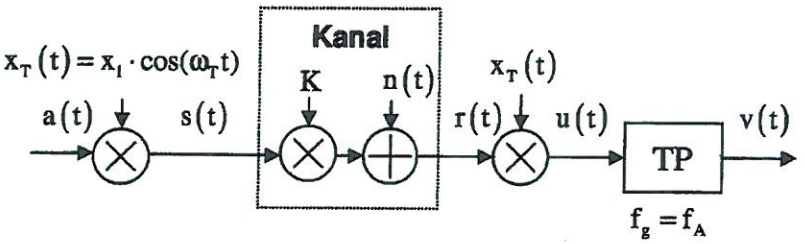
c) Bestimmen Sie die Leitungsbeläge R', L' und C'. Vernachlässigen Sie dabei die Phase von Z_W. (9 Punkte)

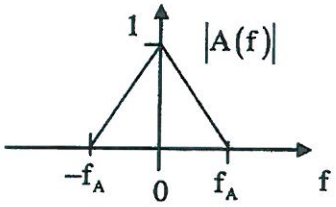
d) Berechnen Sie den Phasenwinkel φ_w des Wellenwiderstandes (3 Punkte)

Zusatzaufgabe, allgemeine Frage zu schwach gedämpften Leitungen:

e) Erklären Sie, wie man aus dem Amplituden- und/oder Phasengang einer schwach gedämpften Leitung die Verzögerungszeit bestimmen kann. Eine Skizze könnte hilfreich sein. (5 Punkte)

Aufgabe 4 Modulation (20+6 Punkte)





Betrachten Sie das Übertragungssystem. Das zu übertragene Tiefpasssignal $a(t)$ hat die Bandbreite $f_A \ll f_T$, die Trägerfrequenz ist $f_T = \omega_T/(2\pi) = 2\,\text{GHz}$ und $K = 10^{-4}$.

Der Mischer des Senders hat leider einen Fehler. Ideal wäre $s(t) = a(t) \cdot x_1 \cdot \cos(\omega_T t)$, real gilt $s(t) = a(t) \cdot [x_1 \cdot \cos(\omega_T t) + x_3 \cdot \cos(3 \cdot \omega_T t)]$. Die Konstanten sind $x_1 = 1$ und $x_3 = 0.4$. Der Mischer des Empfängers ist fehlerfrei, d.h. es gilt $u(t) = r(t) \cdot x_1 \cdot \cos(\omega_T t)$.

Die Fouriertransformierten (Spektren) der Zeitsignale werden immer mit den zugehörigen Großbuchstaben bezeichnet. Zum Beispiel: $A(f) = F\{a(t)\}$.

Zur Vereinfachung darf im folgenden das Rauschen vernachlässigt werden. Beschreiben Sie die zu skizzierenden Spektren immer in Abhängigkeit des Spektrums $|A(f)|$.

Alle Achsen und Signale vollständig zu beschriften.

a) Skizzen Sie $|S(f)|$, beschriften Sie alle Teilspektren. (5 Punkte)

b) Skizzen Sie $|R(f)|$, $|U(f)|$ und $|V(f)|$, beschriften Sie alle Teilspektren. (15 Punkte)

Zusatzaufgaben:

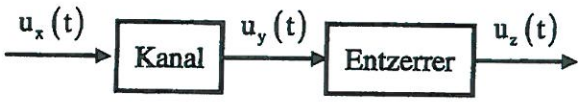
c) Welche Auswirkungen hat der Mischerfehler auf andere Nutzer des Funkkanals? (2 Punkte)

d) Nennen Sie eine zusätzliches System, mit dem **nach** dem Mischer und **vor** dem Senden der Fehler behoben werden kann. Spezifizieren Sie das System. (4 Punkte)

SS / WS | Semester | Fach | Dozent
FSR - Klausurensammlung

Aufgabe 5 Transversalfilter als Entzerrer (18+5 Punkte)

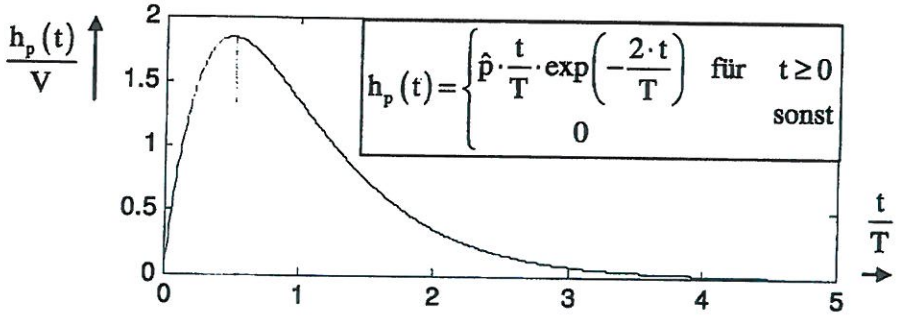
Ein Datensignal $u_x(t)$ soll über einen Kanal übertragen werden. Dadurch tritt Intersymbolinterferenz (ISI) auf. Diese soll durch einen Entzerrer (Transversalfilter) verringert werden.



Das Datensignal $u_x(t)$ ist eine Summe aus zeitlich verschobenen Rechteckpulsen $p(t)$, die mit den Datensymbolen d_k gewichteten sind:

$u_x(t)=\sum_k d_k \cdot p(t-kT)$ mit $p(t)=\hat{p}\cdot \mathrm{rect}([t-0{,}5T]/T)$, wobei $T=1\mu s$ und $\hat{p}=10V$ ist.

Die Systemantwort des Kanals auf den Spannungspuls $p(t)$ ist $h_p(t)$:



Das Transversalfilter wird beschrieben durch $u_z(t)=\sum_{m=0}^{M} c_m \cdot u_y(t-mT)$.

Die Abtastzeitpunkte nach dem Transversalfilter sind durch $t=t_m=m\cdot T+t_0$ definiert.

a) Wählen Sie den Zeitnullpunkt t_0 so, dass im Augendiagramm von $u_z(t)$ eine maximale Augenhöhe auftritt. (2 Punkte)

b) Bestimmen Sie $h_p(t_m)$ für $m=1,2,3$. (6 Punkte)

c) Bestimmen Sie die Koeffizienten c_k für $k=1,2$. Es gilt $c_0=1$. (6 Punkte)

Verwenden Sie: $c_k=-\left[\sum_{i=0}^{k-1} c_i \cdot h_p\left(t_{k-i+1}\right)\right] \Big/ h_p(t_1)$

d) Erklären Sie, wie man aus dem Signal $u_z(t)$ ein Augendiagramm erzeugt. Es geht um das Prinzip und **nicht** darum, wie man ein Oszilloskop einstellt. (4 Punkte)

e) **Zusatzaufgabe:** Schätzen Sie die Größenordnung der Amplitude der Intersymbolinterferenz ab, wenn die Koeffizienten c_0 bis c_3 optimal eingestellt sind. (5 Punkte)

(Hinweis: Dieser Punkt kann unabhängig von der restlichen Aufgabe gelöst werden.)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung

Klausur: GN WS09/10 **Datum:** 27.01.10

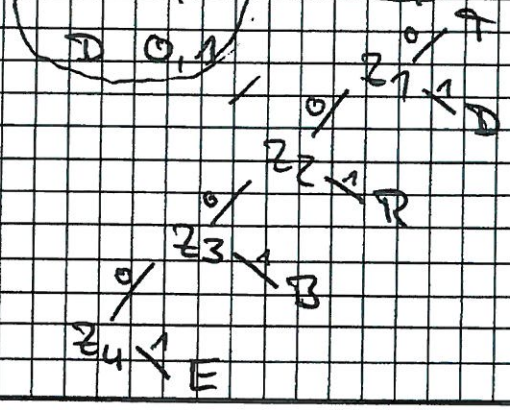
Name: Motzek **Vorname:** Alexander **Matr.-Nr.** 1897403

Aufgabe: 1

3/3 a) $H = -\sum_{k=1}^{N} \ld(p_k) \cdot p_k = 2{,}06$ Bit/Zeichen

8/8 b)

E	0,45	E	0,45	E	0,45	z_3	0,55	z_4	1
B	0,2	B	0,2	z_2	0,35	E	0,45		
R	0,15	z_1	0,2	B	0,2				
T	0,1	R	0,15						
D	0,1								



E	1
B	01
R	001
D	0001
T	0000

Aufgabe: 1

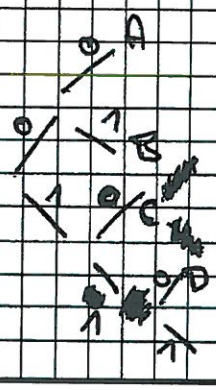
3/3 c) 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0

E R D B E E R B E E T

3/3 d) 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1

B E B R E E R E B B

noch 1/4 e)



Ja, es lässt sich dieser Codebaum aufstellen.

Nach einem Buchstaben tritt keine Verzweigung auf.

Die Buchstaben sind eineindeutig zugeordnet!

Aber nicht so kurz wie möglich
=> leere Stelle am Baum

Aufgabe: 2 $B = 1\,MHz$ $T = 290\,K$

6/6

a) $F_{1,A} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{V_1} + \frac{F_3 - 1}{V_1 V_2}$

$= 10^{0,4} + \frac{10^{2} - 1}{10^{4,3}} + \frac{10^{0,1} - 1}{10^{4,3} \cdot 10^{-2}}$

$= 2,82 \hat{=} 4,01\,dB$

$V_{1,A\,dB} = 43\,dB - 20\,dB - 1\,dB = 22\,dB \hat{=} 158,5$

9/4

b) ~~$SNR_{AUS} = \frac{U_A^2 / R_A}{k \cdot B \cdot T}$~~ ist also Leistungsverstärkung definiert

$V_{1,A} = \frac{U_A}{U_1} \Rightarrow U_1 = \frac{U_A}{V_{1,A}} = 6,31\,nV$

$P_{EIN} = U_1^2 / R = 5,31 \cdot 10^{-19}\,W$

Aufgabe: 2

noch 4/4

c) $SNR_{EIN} = \frac{P_{EIN}}{k \cdot B \cdot T}$

$SNR_{AUS} = \frac{SNR_{EIN}}{F_{1,A}} = 5,26 \cdot 10^{-5} \hat{=} -42,8\,dB$

2/4

d) Das Kabel könnte u.U. ein Frequenzverschiebung hervorrufen oder das Kabel ist nicht ausreichend so weit und „fängt" weitere Frequenzen aus der Umgebung ein.

+ Verstärker mit etwas Leistung -> ...

Aufgabe: 3

$l = 30\,m \quad f = 191\,Hz \quad Z_2 = Z_W$

$\hat{u}_1 = \text{[illegible]}\,V \quad \hat{u}_2 = 0{,}96\,V \quad \Delta\varphi = 60°$

$|Z_W| = 50\,\Omega$

6/6 a) $\beta = \frac{\Delta\varphi}{l} = 0{,}035\,\frac{rad}{m}$ ✓

$\Delta\varphi = 60° \hat{=} \frac{1}{3}\pi$

Für $Z_2 = Z_W$ ist $r_2 = 0 \Rightarrow$ keine Reflexion

Dämpfung $a = 0{,}96$

$e^{-\alpha \cdot l} = a \Rightarrow \alpha = -\frac{\ln(a)}{l} = 1{,}36 \cdot 10^{-3}\,\frac{1}{m}$ ✓

3/3 b) $v_{ph} = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2\pi f}{\beta} = 179{,}52\,\frac{m}{s}$ ✓

Aufgabe: 3

8/9 c) $\alpha = \frac{R'}{2|Z_W|} \Rightarrow R' = \alpha \cdot 2|Z_W| = 0{,}136\,\frac{\Omega}{m}$ ✓

Aus $|Z_W| = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$ und $v_{ph} = \frac{1}{\sqrt{L'C'}}$

folgt $C' = \frac{1}{|Z_W| \cdot v_{ph}} = 111{,}4\,pF/m$ ✓

$L' = |Z_W|^2 \cdot C' = 278{,}52\,n\frac{H}{m}$ ✓

Aufgabe: 3

3/3

d) $Z_\omega = \sqrt{\frac{R'}{C'}} \cdot e^{-j\frac{R'}{\omega L' \cdot 2}}$

$\varphi_\omega = -\frac{R'}{\omega L' \cdot 2} = -0{,}0777 \hat{=} -4{,}95°$

arctan $= -0{,}04 \hat{=} -2{,}23°$

noch 4/5

e) Eine Leitung zeigt Tiefpaßcharakter im Frequenzbereich. Anhand der 3dB-Grenzfrequenz müsste sich so die Laufzeit bestimmen lassen. (Unsicher?)

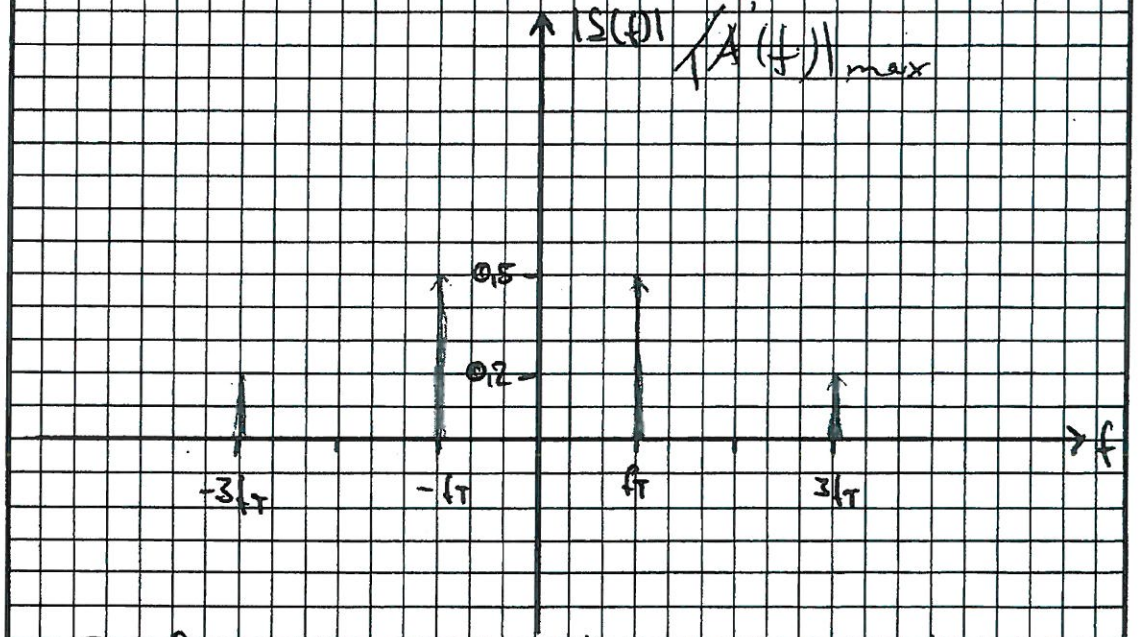
Alternativ ist der Phasengang (linear, gerade) eine Gerade mit einer Steigung direkt proportional zur Laufzeit! Wie genau?

Aufgabe: 4

$f_T = 2\,\text{kHz}$ $K = 10^{-4}$

5/5

a) $s(t) = a(t) \cdot (1 \cdot \cos(\omega_T t) + 0{,}4 \cdot \cos(3\omega_T t))$

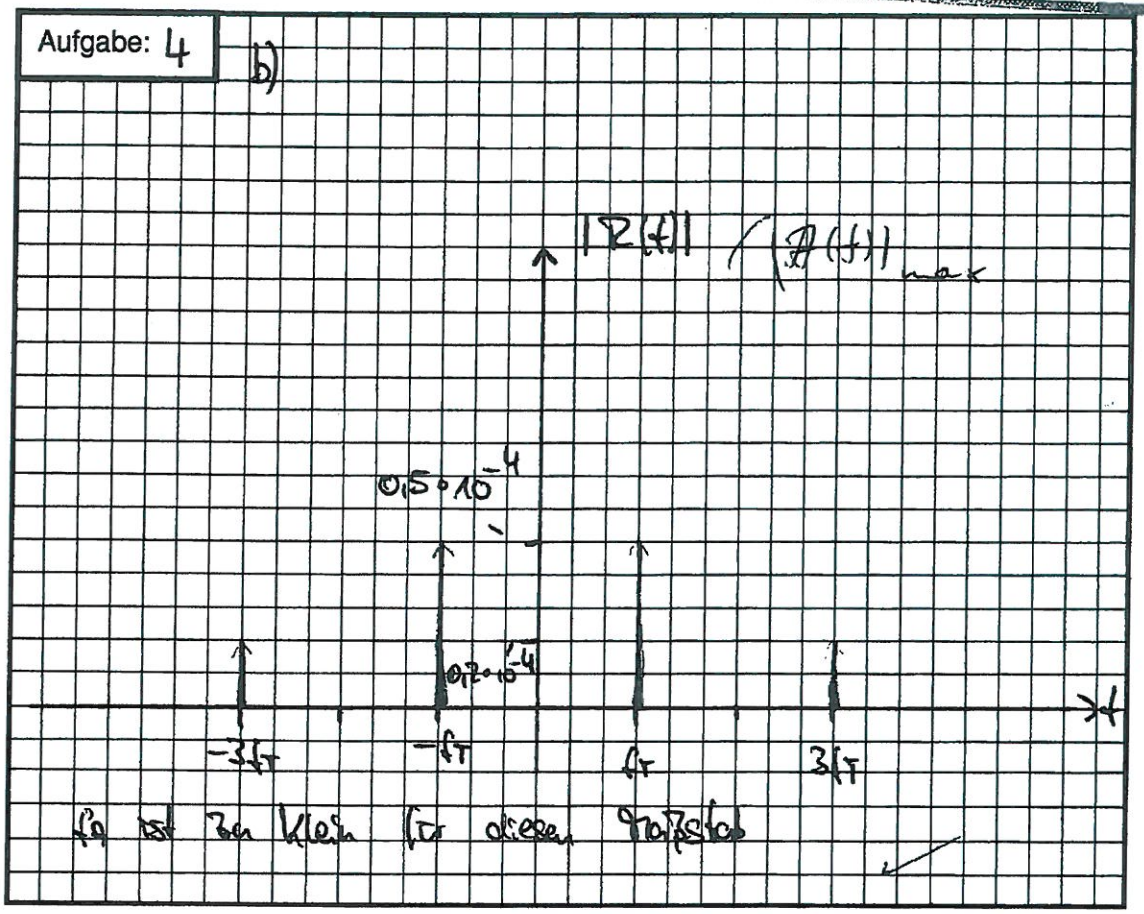


Die Teilspektren sind so schmal, dass sie in diesem Maßstab auf einen Strich zusammenfallen.
Es sind sehr, sehr schmale Dreiecke eigentlich.
und liegen im Bereich $\pm(f_T \pm f_A)$ bzw. $\pm(3f_T \pm f_A)$.

b)

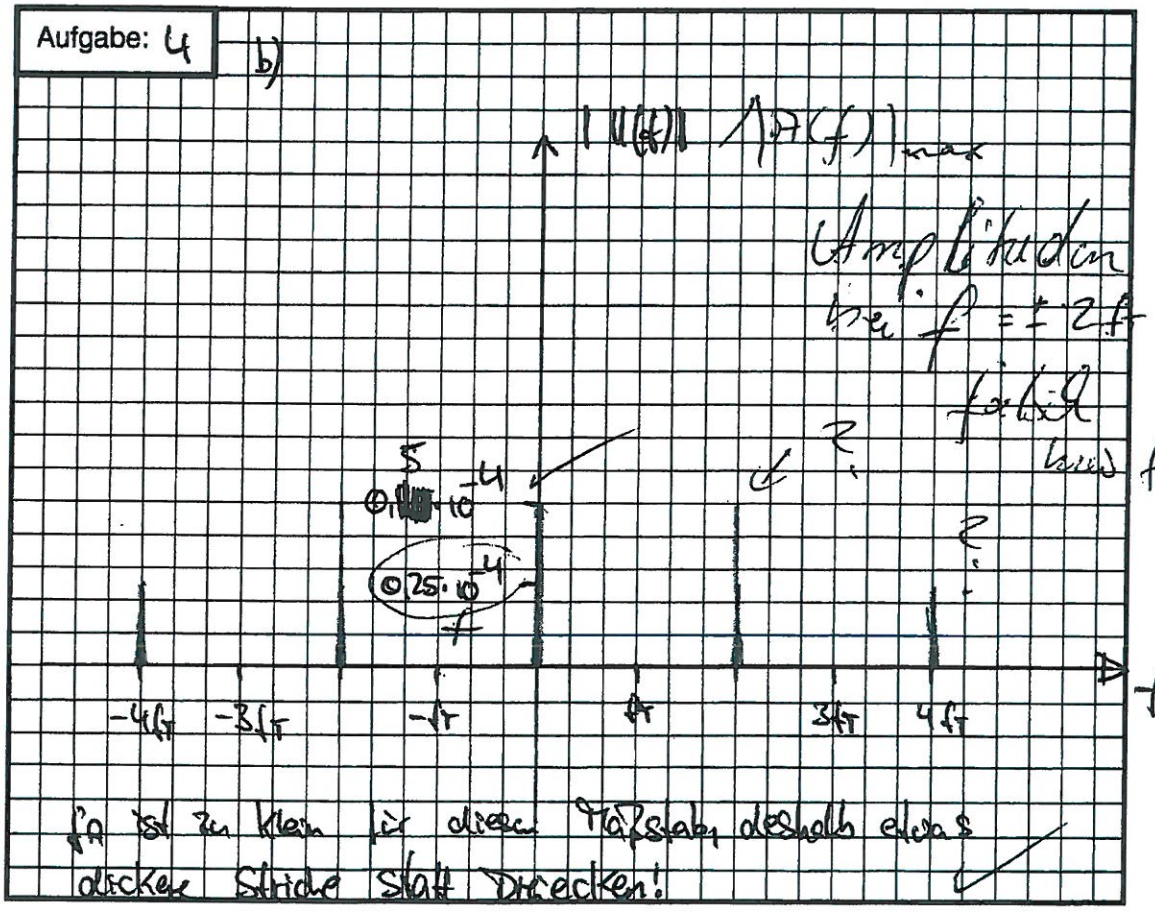
12/15

Aufgabe: 4 b)



fa ist zu klein für diesen Maßstab

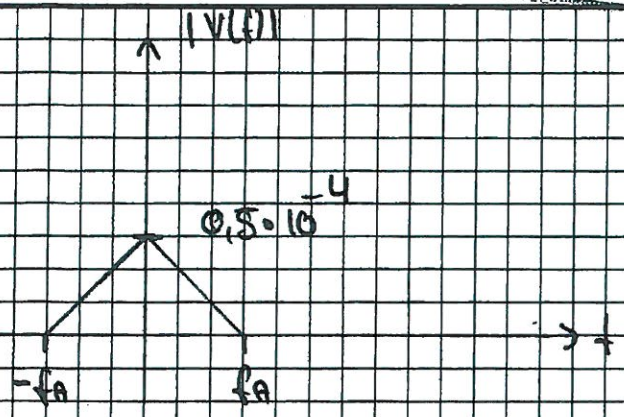
Aufgabe: 4 b)



fa ist zu klein für diesen Maßstab, deshalb etwas dickere Striche statt Dreiecken!

Aufgabe: 4

b)



c) 1/2

1/2 c) Durch den Mischer ist nicht nur die Frequenz f_T belegt, sondern auch $2 \cdot f_T = 4$ GHz und $4 \cdot f_T = 8$ GHz, sowie $3 \cdot f_T = 6$ GHz (jeweils $\pm f_A$!) [redacted] Sind nicht im Kanal [redacted]

$\Rightarrow$?

noch 4/4

d) Ein Tiefpaß vor dem Kanal mit $f_g = f_T + f_A$! (BP wäre besser, Realisierbarkeit)

Aufgabe: 5

a) $\hat{p} \cdot m \cdot \exp(-2m)$

2/2

Es sollte im Maximum abgetastet werden.

$\Rightarrow t_0 = -0{,}5 \cdot T$

1 C !

5/6

b) $h_p(t_m) = \hat{p} \cdot (m - 0{,}5) \cdot \exp(-2(m - 0{,}5))$

$m=1$: $h_p =$ [redacted] $= h_p(t_1) = 1{,}84$ ✓

$m=2$: $h_p =$ [redacted] $= h_p(t_2) = 0{,}75$ ✓

$m=3$: $h_p =$ [redacted] $= h_p(t_3) = 0{,}17$ ✓

Alexander Protzek

Aufgabe: 5

$c_0 = 1$

6/6

c) $c_k = -\left(\sum_{i=0}^{k-1} c_i \, h_p(t_{k-i+1})\right] / h_p(t_1)$

k=1: $c_1 = -c_0 \, h_p(t_2) / h_p(t_1)$

$c_1 = -0{,}41$

k=2 $c_2 = -\left(c_0 \cdot h_p(t_3) + c_1 \cdot h_p(t_2)\right) / h_p(t_1)$

$= 0{,}075$ ← hier sollte man genauer rechnen

noch 2/4

d) $u_z(t)$ wird immer im Abtastzeitpunkt ~~Tiefpass~~ Intervalle dargestellt. (zu ohnmächtig, wie)

Aufgabe: 5

noch 3/5

e) Durch den Transversalfilter sollte die ISI ausgeglichen werden und auf ein Minimum reduziert worden sein. Es dürfte im Bereich von ca 0,1 liegen. warum?

Zur Abschätzung wäre Berechnung von c_5 oder/und von $h_p(t_4)$ nötig

WS 10	Semester E4A	Fach GN	Dozent McL

FSR - Klausurensammlung 1/12

Zges 78 Pkt/90 LP: 13 09.02.2010

Prof. Dr.-Ing. Hans J. Micheel
Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg

...\Gnt\KL_GNT_WS2010.doc - 26.01.2010

Klausur „Grundlagen der Nachrichtentechnik" **WS 2009/10**

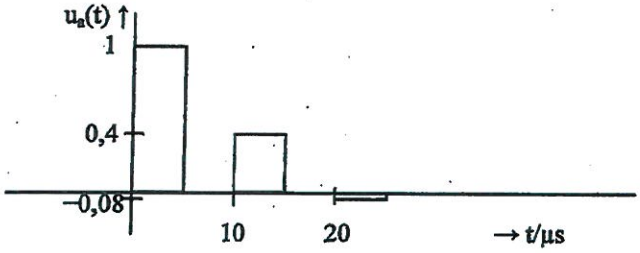
Bearbeitungszeit : 90 min max. zu erreichende Punktzahl: 90 Pkt
zugelassene Hilfsmittel : selbstgefertigte handgeschriebene Formelsammlung auf einem DIN A4 Blatt; einfacher Taschenrechner

Name : Zahn Vorname: Fabian Matr.-Nr.: [redacted]

Hinweis: alle Aufgaben erfordern die Angabe des vollständigen Lösungsweges mit einer möglichst vollständigen Begründung

Aufgabe 1 (Leitungstheorie) (40 Pkt.)

Ein Generator mit dem reellen Innenwiderstand R_G speist einen Rechteckimpuls in ein Kabel. Das Signal am Kabelanfang wird mit einem Oszilloskop gemessen. Es ergibt sich das folgende Bild:



a) Was können Sie daraus an Aussagen über die Meßanordnung und die Leitung herleiten? Die Laufgeschwindigkeit auf dem Kabel sei $v = ⅔\ c$, die Dämpfung $\alpha = 3 \cdot 10^{-3}$ dB/m und der Wellenwiderstand $Z = 75\ \Omega$.
b) Geben Sie den Signalverlauf an, der am Ende der Leitung gemessen werden kann.
c) Das Leitungsende wird mit $R_e = 75\ \Omega$ abgeschlossen. Wie sieht in diesem Fall das am Leitungsanfang zu messende Signal aus?

Aufgabe 2 (Quellencodierung) (30 Pkt.)

Gegeben ist ein Quellenalphabet mit 7 Zeichen Z_i und ihren Auftrittswahrscheinlichkeiten $\{P(Z_i)\} = \{0{,}15\ \ 0{,}3\ \ 0{,}03\ \ 0{,}12\ \ 0{,}06\ \ 0{,}25\ \ 0{,}09\}$.

a) Wie groß ist die Entropie der Quelle?
b) Wie groß wäre die maximal erreichbare Entropie einer Quelle mit 7 Zeichen?
c) Die 7 Symbole der Quelle sind mit einem Komma-Code zu codieren. Wie groß ist die Redundanz?
d) Die 7 Symbole der Quelle sind mit einem Huffman-Code zu codieren. Wie groß ist die Redundanz in diesem Fall?

Prof. Dr.-Ing. Hans J. Micheel
Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg

Aufgabe 3 (verzerrungsfreie Digitalsignalübertragung) (30 Pkt.)

Ein unipolares binäres NRZ-Zufallssignal der Taktperiode $T_0 = 50\mu s$ mit der Spitzen-Spannung $U_P = 2V$ wird über einen Tiefpaßkanal übertragen, der als Tiefpaß 1.-ter Ordnung mit der Grenzfrequenz $f_g = 12{,}5/\pi$ kHz angenommen werden soll.

a) Skizzieren Sie das Ausgangssignal für einen gesendeten NRZ-Impuls. Welchen Einfluß hat der Kanal damit auf das Zufallssignal und welches Augendiagramm ergibt sich.

b) Für eine erfolgreiche Übertragung ist ein Entzerrer notwendig. Geben Sie das Blockschaltbild einer Entzerrerschaltung an und erläutern Sie ihre Funktion. Skizzieren Sie das entzerrte Empfangssignal (möglichst realitätsnah).

c) Welche weiteren Aufgaben sind in einem Digitalsignalempfänger zu erfüllen, damit das Digitalsignal auch bei gestörter Übertragung regeneriert werden kann?

Aufgabe 4 (Modulation) (25 Pkt.)

Gegeben ist ein unipolares NRZ-Signal ($U_P = 1V$, $T_0 = 0{,}2$ ms). Dieses Signal soll in ein BPSK-Modulationssignal (Binary Phase Shift Keying) mit einer Trägerfrequenz von $f_T = 50$ kHz überführt, übertragen und in einem Empfänger wieder demoduliert werden.

a) Geben Sie das Blockschaltbild einer als Modulator verwendbaren Schaltung an. Skizzieren Sie das Modulatorausgangssignal und sein Spektrum. Welche Leistung besitzt das Signal?

b) Im räumlich vom Sender getrennten Empfänger muß aus dem i.a. verrauschten hochfrequenten Signal die gesendete Binärfolge zurückgewonnen werden. Geben Sie ein Blockschaltbild einer dazu geeigneten Schaltung an und erläutern Sie die Funktion der einzelnen Blöcke. Welche 2 wesentlichen Randbedingungen müssen dabei eingehalten werden. Skizzieren Sie die Ausgangssignale der einzelnen Blöcke für den ungestörten Fall.

27.01.2010 MCL

F. Zahn [redacted]

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

3/12

1 a)

Länge Kabel $= 10\mu s \cdot V = 10\mu s \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

sof

$= \cancel{2km} = 2\ km$

ist Laufzeit für doppelte Länge!

Reflexionsfaktor am Ende > 0

" am Anfang < 0

3

c) $R_e = Z_L \Rightarrow$ keine Reflexionen am Ende

$$r = \frac{Z_e - Z_L}{Z_e + Z_L}$$

2

$\bar{Z}, 5$

F. Zahn [redacted]

SS WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

4/12

Aufgabe 2

a) $H_m = -\sum_{i=0}^{N} P(z_i) \, ld\,(P(z_i))$

$\approx 0{,}41 + 0{,}52 + 0{,}15 + 0{,}37 + 0{,}24 + 0{,}5 + 0{,}31 \approx 2{,}5$

mit TR $= 2{,}507 \frac{bit}{QZ}$

4

b) Größtmögliche Entropie → gleichverteilte Symbole

$H_{max} = ld(N) \Rightarrow$

$H_{max} = ld(7) = 2{,}807 \frac{bit}{QZ}$

3

c) Kommacode

Codewörte	
0	0,3
1 0	0,25
1 1 0	0,15
1 1 1 0	0,12
1 1 1 1 0	0,09
1 1 1 1 1 0	0,06
1 1 1 1 1 1	0,03

mittlere Codewortlänge $l_m = \sum_{i=1}^{N} P(z_i) \cdot Länge_{CW}(P(z_i))$

$= 0{,}3 + 2 \cdot 0{,}25 + 3 \cdot 0{,}15 + 4 \cdot 0{,}12$
$+ 5\,(0{,}09) + 6\,(0{,}06 + 0{,}03)$

$= 2{,}72 \frac{bit}{QZ}$

Redundanz $R = l_m - H_m = 2{,}72 - 2{,}507 = 0{,}213 \frac{bit}{QZ}$

2

F. Zahn [redacted]

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung 5/12			

2 d) Huffmann

0,3 0,25 0,15 0,12 0,09 0,06 0,03

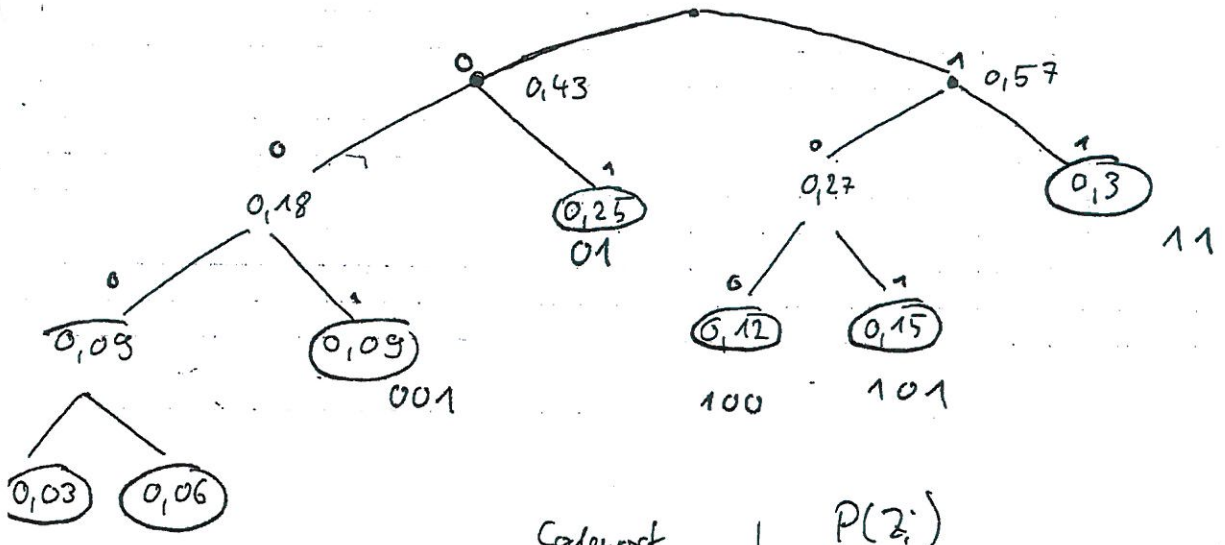
0,3 0,25 0,15 0,12 0,09 0,09

0,3 0,25 0,18 0,15 0,12

0,3 0,27 0,25 0,18

0,43 0,3 0,27

0,57 0,43



Codewort	$P(z_i)$
11	0,3
01	0,25
101	0,15
100	0,12
001	0,09
0000	0,03
0001	0,06

Redundanz

$R = l_m - H_m$

$= 2{,}54 - 2{,}507$

$= \underline{\underline{0{,}033 \frac{bit}{QZ}}}$

$\bar{z}_2$ 29

$l_m = \cancel{0{,}3 \cdot 2 + 0{,}25 \cdot 2 + 3(0{,}15 + 0{,}12)}$

$= 2(0{,}3 + 0{,}25) + 3(0{,}15 + 0{,}12 + 0{,}09) + 4(0{,}03 + 0{,}06)$

$= 2{,}54 \frac{bit}{QZ}$

$\bar{z}_2$ 29

15

F. Zahn [redacted]

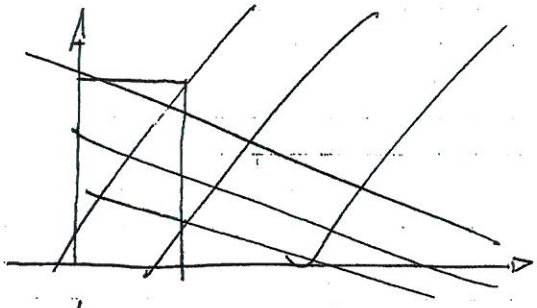
SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			6/12

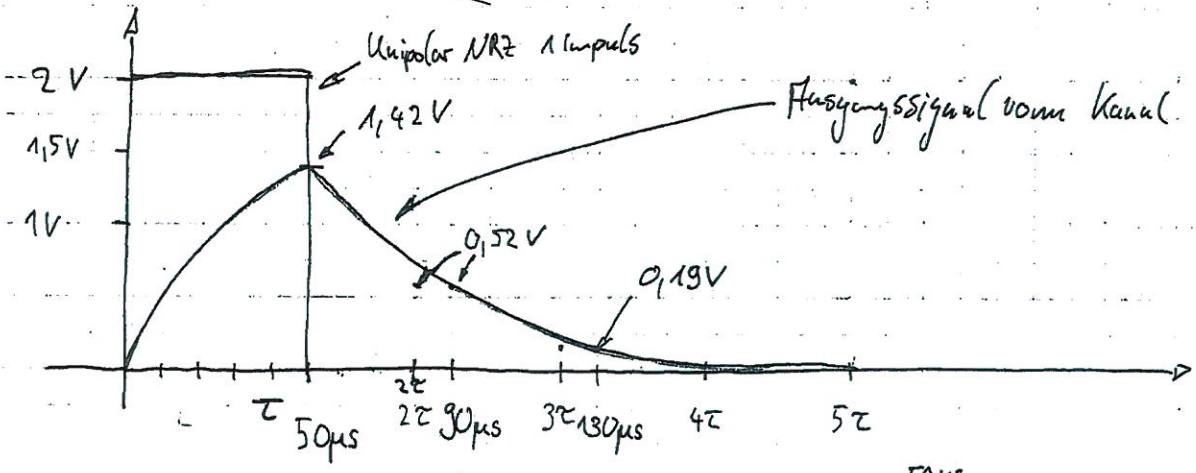
Aufgabe 3.

a) TP 1. Ordnung $G(s) = \frac{1}{s\tau + 1}$

$f_g = 12{,}5/\pi \text{ kHz}$

$\tau = \frac{1}{2\pi f_g} = \frac{1}{2\pi \cdot 12{,}5 \text{ kHz}/\pi} = \frac{1}{25 \text{ kHz}} = \underline{\underline{40\,\mu s}}$





„Aufladen": $U_a = 2V(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ $\quad t \stackrel{!}{=} 50\,\mu s \Rightarrow U_a = 2V(1 - e^{-\frac{50\mu s}{40\mu s}})$

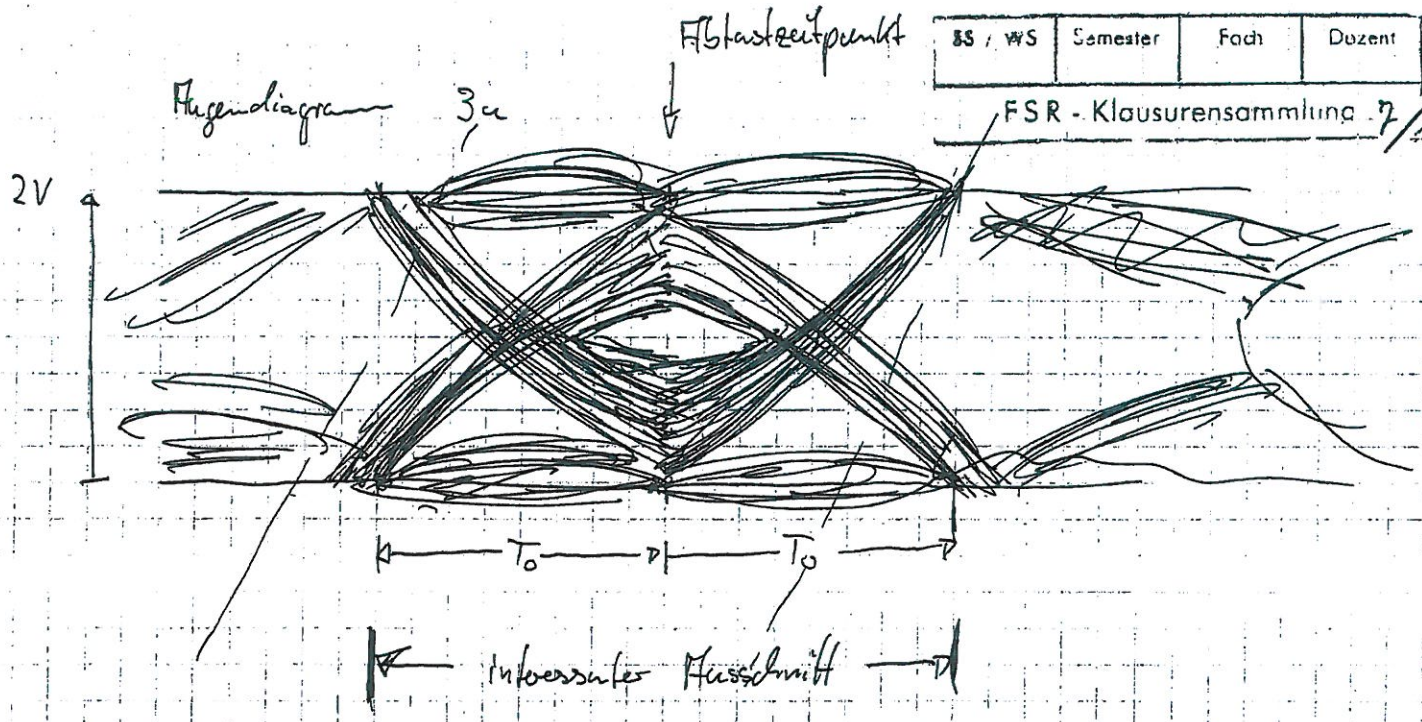
$\approx 1{,}42\,V$

„Entladen": $U_e = 1{,}42V \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ angefangen bei $t = 50\mu s \rightarrow$ davon ausgehend

$U_e(\tau) = 0{,}52\,V$

$U_e(2\tau) = 0{,}19\,V$

Wie man sehen kann dämpft der Kanal das Signal (den Impuls) verändert auch seine Impulsform und verbreitert diesen (Zeitdispersion) Im Taktraster sind zu den Zeitpunkten $2T_0$, $3T_0$ und $4T_0$ keine Nullstellen mehr ~~vorhe~~ was zu großer ISI führt, da eine ~~Neben~~ Nachbarsymbolbeeinflussung statt findet.



Das Augendiagramm welches sich ergeben wird, wird kein vollständig geöffnetes Auge zeigen, da das Signal die 2V für den High Zustand nur erreichen kann, wenn mehrere Highs (einsen) direkt hintereinander gesendet werden. Zudem kann die Null auch nur erreicht werden wenn mehrere Nullen direkt hintereinander gesendet werden.

→ Zum Abtastzeitpunkt (s.o.) wird das Auge (wenn überhaupt) nur sehr gering geöffnet sein
so ist nicht in diesem Fall

/10

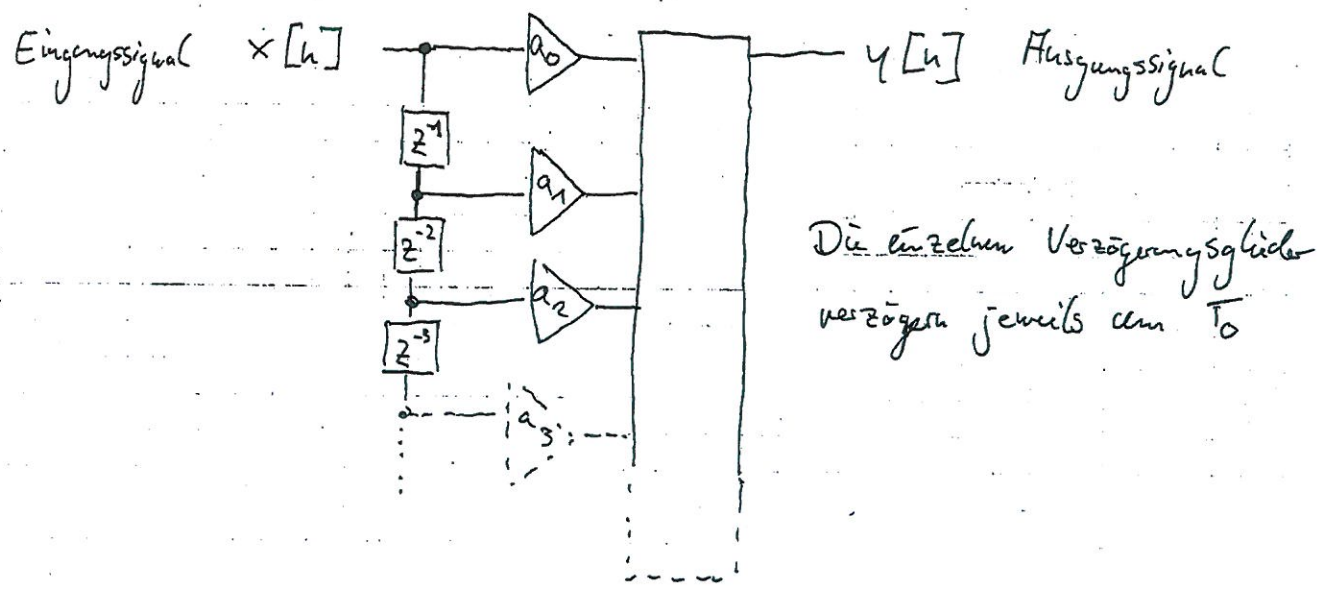
F. Zahn [redacted]

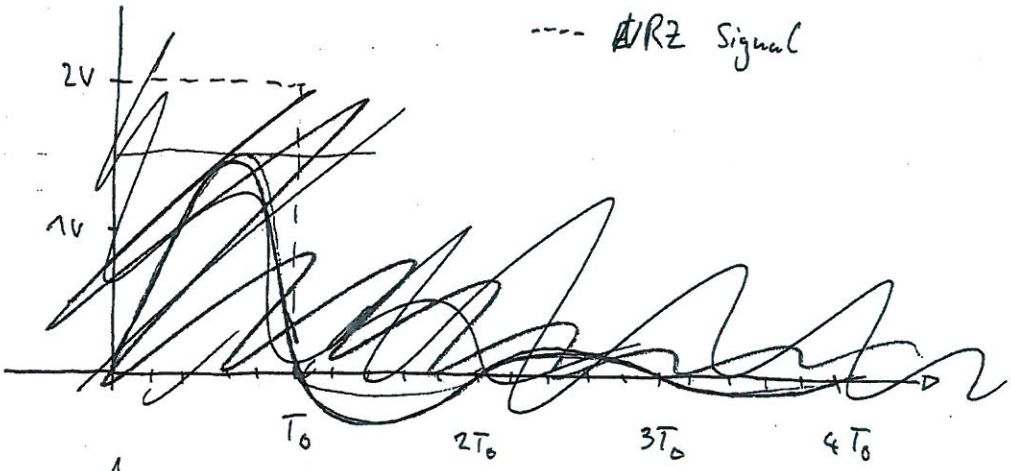
SS	WS	Semester	Fach	Dozent

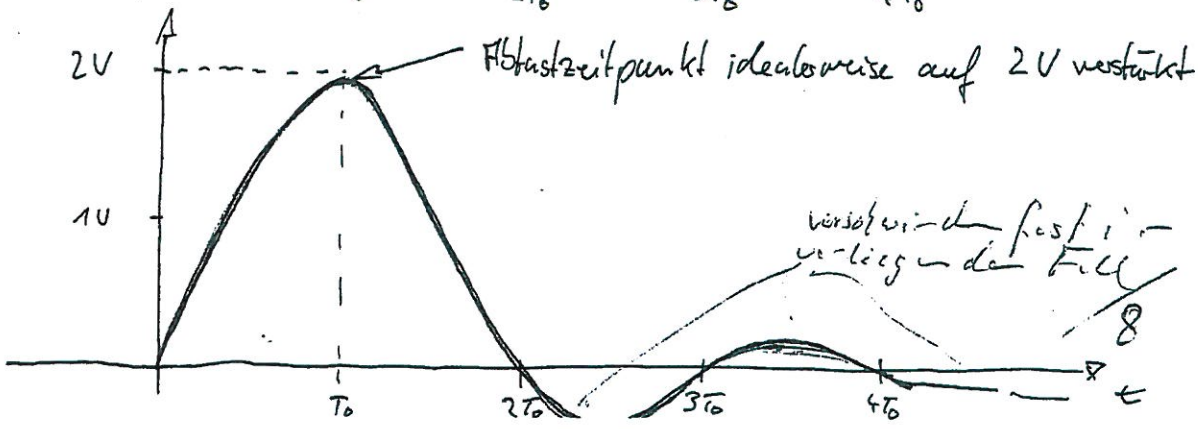
FSR - Klausurensammlung 8/12

3 b) Der Entzerrer wird zweckmässig über einen Transversalfilter realisiert, der die ISI zu den Abtastzeitpunkten beseitigt (1. Nyquist Bedingung erfüllen) am Entzerrerausgang kann man dann einen Nyquistimpuls sehen.

Transversalfilter FIR





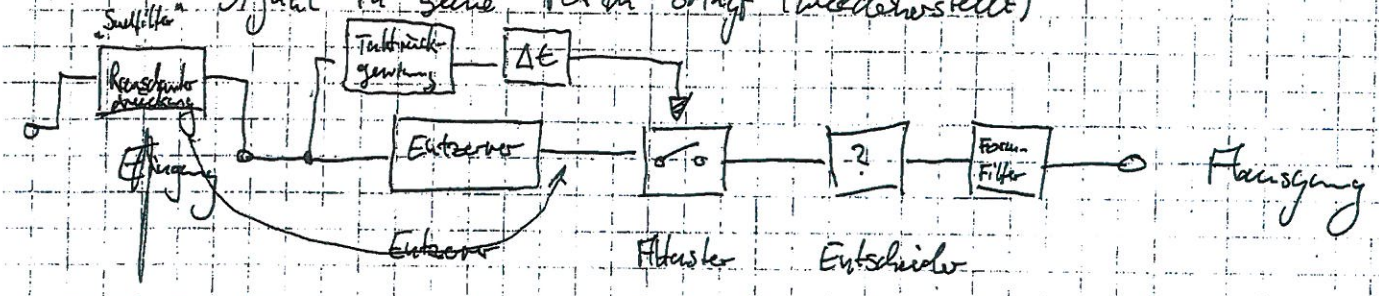


8

3c) Zudem muss im Empfänger noch eine Rauschunterdrückung statt finden. ~~dass Signal~~

Ausserdem muss das Ausgangssignal aus dem FIR-Filter aus 3b) noch abgetastet werden (Taktsynchron → ggf. durch Taktrückgewinnung) und der ideale Abtastzeitpunkt muss eingestellt werden.

Nach dem Abtasten muss noch entschieden werden ob ein High oder ein Low eingetroffen ist, danach wird dann ein Formfilter durchlaufen der wieder das Signal in seine Form bringt (wiederherstellt)



~~Sie nicht gültig~~

~~Versuch basiert~~

6

Σ_3 24

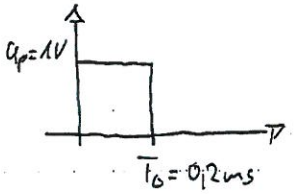
SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung 9/12

F. Zahn [redacted]

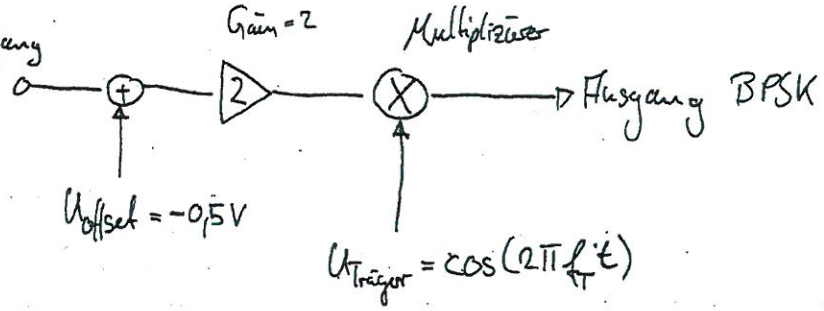
55 / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung 10/12			

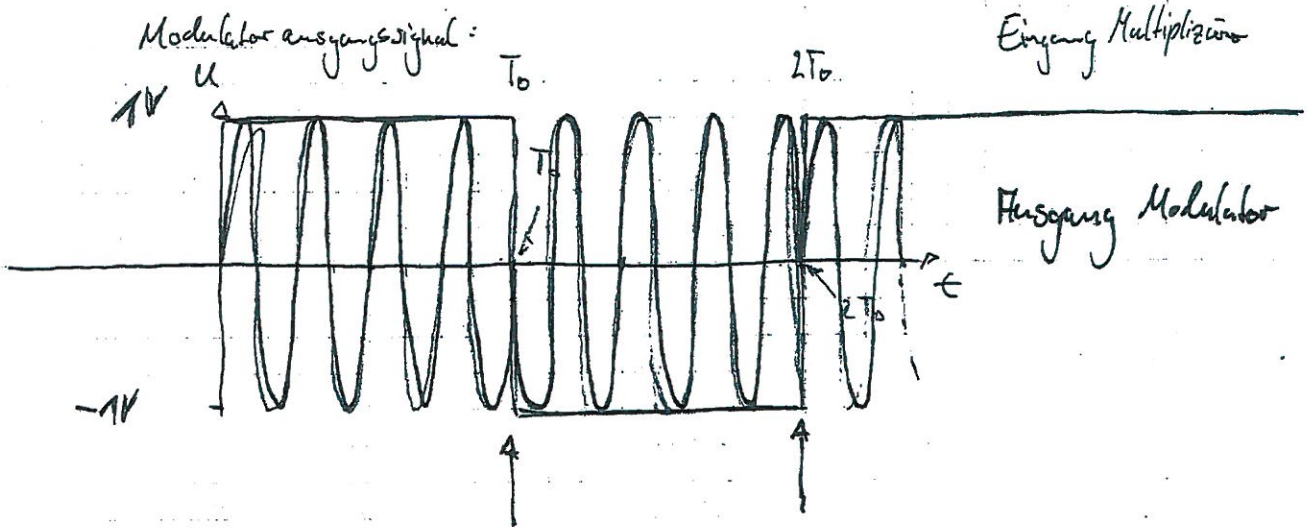
4.a)



→ BPSK $f_T = 50kHz$

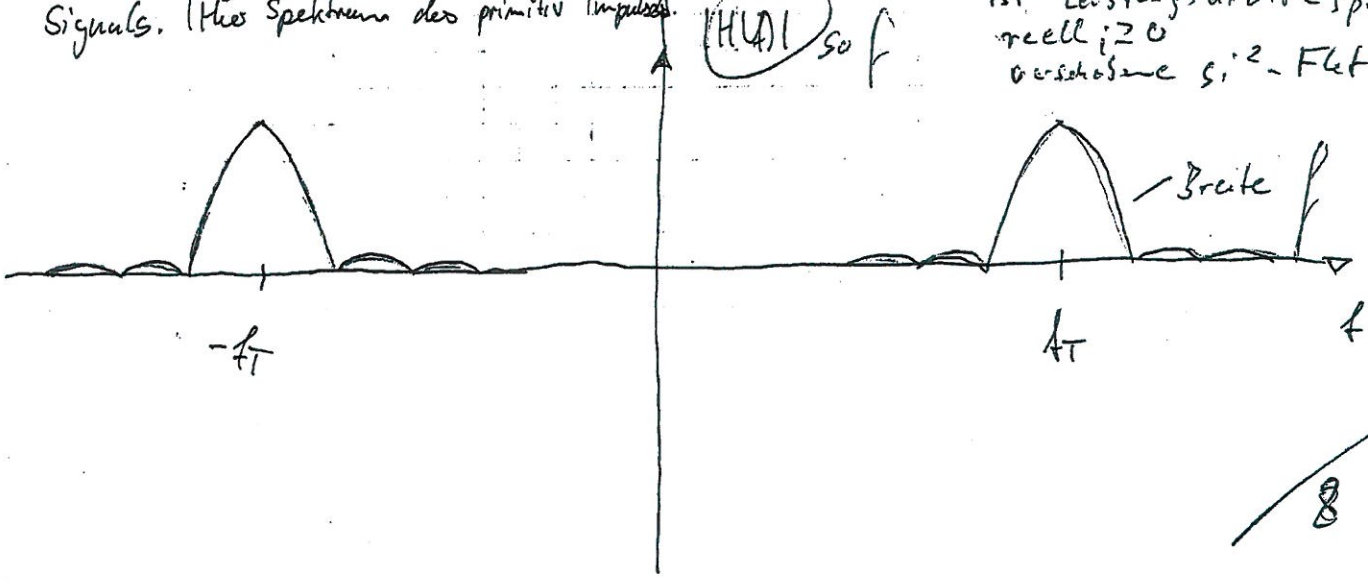
a)





Phasensprünge von 180°

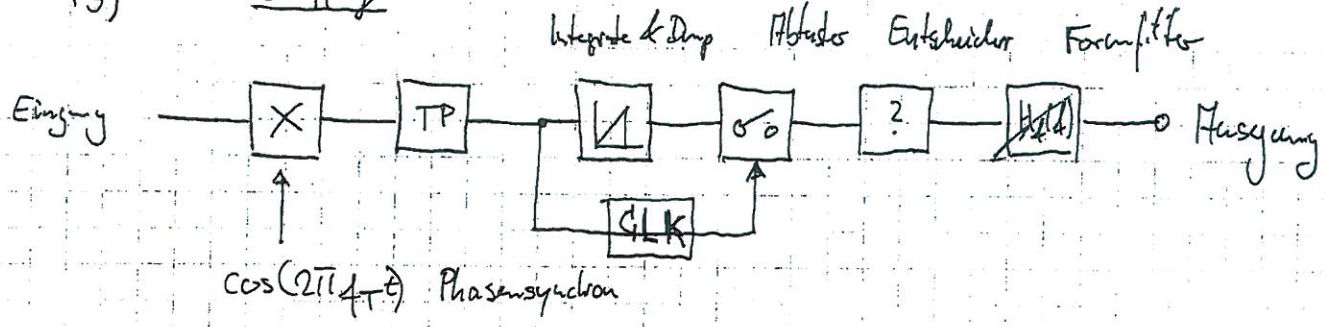
Die Multiplikation mit dem Kosinus verschiebt im Spektrum das Spektrum des anderen Signals. (Hier Spektrum des primitiv Impulses.



ist Leistungsdichtespektrum
reell ≥ 0
verschobene si^2-Fkt

8

45) Empfänger

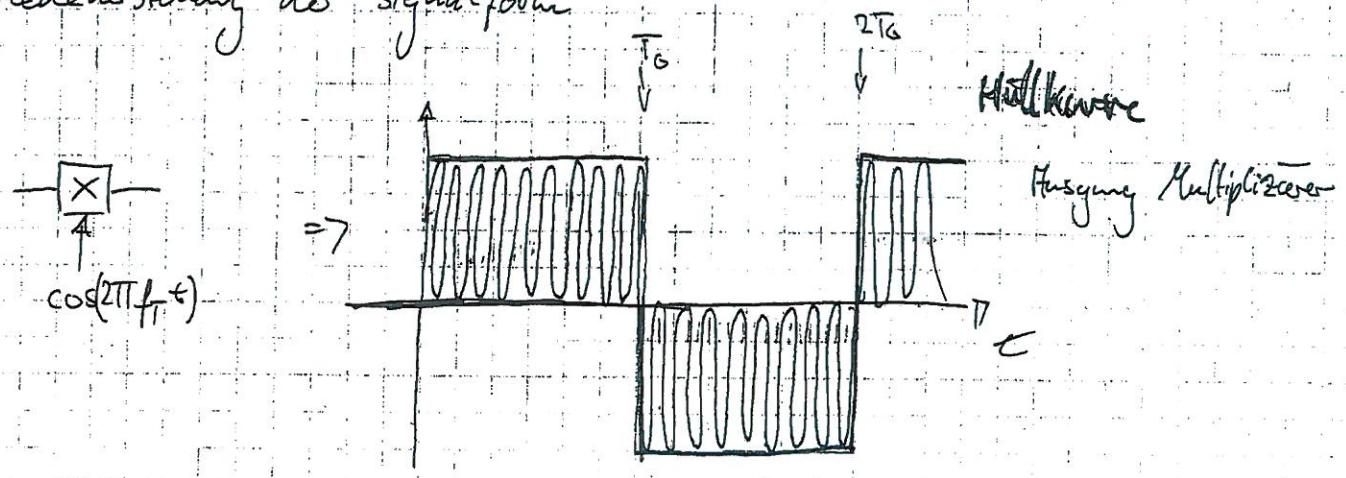


1. Das Signal muss wieder mit ~~einem~~ dem phasensynchronen Träger multipliziert werden.

2. Muss Tiefpassgefiltert werden um die $2 \cdot f_T$ Komponente zu unterdrücken

3. Kann entweder über ein Integrate & Dump Verfahren oder über einen Matchedfilter das Signal zum abtasten aufbereitet werden (Rauschunterdrückung und Abfastbare & Unterscheidbare Werte erzeugen)

4. Abtasten → 5. Entscheiden → 6. Formfilter zur wiederherstellung der Signalform



Kosinus doppelter Frequenz mit Offset!

F. Zahn [redacted]

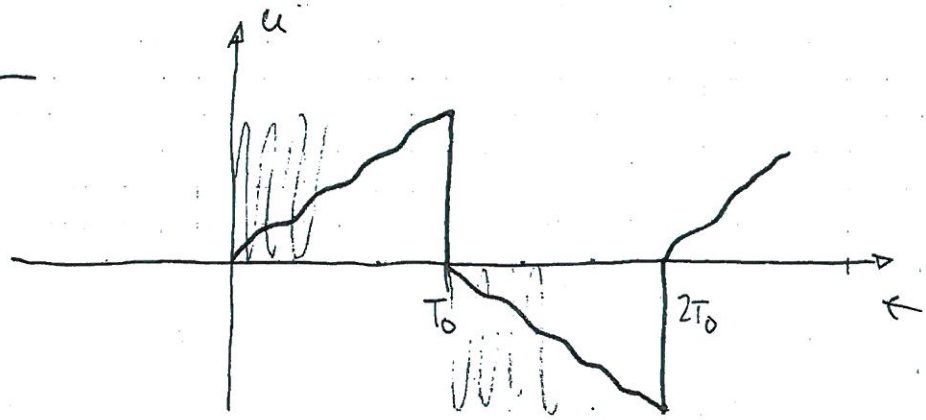
SS	WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung 12/12

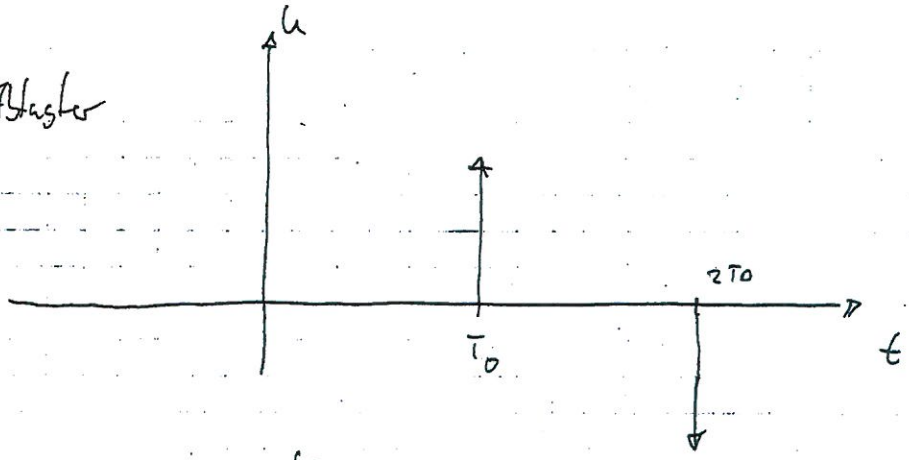
weiter 4b)

Integrator & Dmp

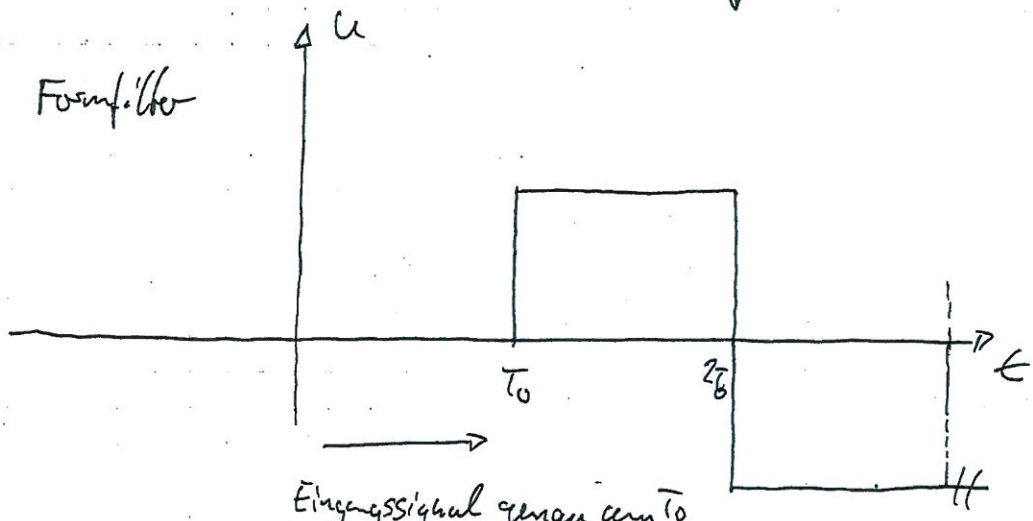
I&D



Abtastler



Formfilter



Eingangssignal genau um T_0 verschoben

13

Σ_4 21

Σ_{ges} 78 Pkt /40

Prof. Dr.-Ing. J. Vollmer
Hochschule für
Angewandte Wissenschaften Hamburg
Department für Informations- und Elektrotechnik

Name: [redacted]
Vorname: [redacted]
Matr.-Nr.: [redacted]

11

FSR - Klausurensammlung
WS 10/11 | Semester E4 | Fach GN | Dozent VLM

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik vom 27. Januar 2011

Lösungen ohne Herleitungen und die korrekte Angabe der Einheiten erhalten nur eine verringerte Punktzahl. Reine Ja/Nein Antworten erhalten Null Punkte.

	Punkte in Unteraufgaben		Erreichte Punkte	Maximal (+ZP)
Aufgabe 1	4+6+3+3		4+6+3+0	16
Aufgabe 2	6+8		6+7	14
Aufgabe 3	8+12(+10)		8+12	20(+10)
Aufgabe 4	14+5+3+3+4(8)		14+4+2+2+3(+8)	29(+8)
Aufgabe 5	3+2+6(+8)		3+2+6(+4)	11(+8)
Bewertung:	15	**Summe:**	94	**90+(26)**

Kleine Formelsammlung:

Schwach gedämpfte Leitung, Länge l

$$v_{ph} \cong \frac{1}{\sqrt{L'C'}} \qquad \gamma = \sqrt{(R'+j\omega L')(G'+j\omega C')}$$

$$k = v_{ph}/c_0 \qquad \alpha \cong \frac{R'}{2\sqrt{L'/C'}} \qquad \beta \cong \omega \cdot \sqrt{L' \cdot C'}$$

$$c_0 = 3 \cdot 10^8\ \mathrm{m/s}$$

$$Z_E = Z_W \frac{Z_2 + Z_W \cdot \tanh(\gamma l)}{Z_2 \cdot \tanh(\gamma l) + Z_W} \qquad |Z_W| \cong \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

Reflexionsfaktor: $r_x = \frac{Z_x - Z_W}{Z_x + Z_W}$

Kanalkapazität (AWGN-Kanal)

$$C = B \cdot \log_2\left(1 + \frac{P_{S,RX}}{P_{N,RX}}\right)$$

(Nutz-)Signalleistung am Empfänger: $P_{S,RX}$

Rauschleistung am Empfänger: $P_{N,RX}$

Verfügbare Rauschleistung (thermisch)

$$P_N = k \cdot B \cdot T$$

Boltzmannkonstante k: = 1,38 10^{-23} Watt·s/K
B: Bandbreite in Hertz, T: Temperatur in Kelvin

Leistungssignal: Mittlere Signalleistung

$$\overline{P_x} = \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_{xx}(f)\,df$$

Trigonometrie und Euler

$$\cos(x) \cdot \cos(y) = [\cos(x+y) + \cos(x-y)]/2$$

$$\cos(x) = (e^{jx} + e^{-jx})/2$$

Fourier-Transformation

$$x(t)e^{j2\pi f_0 t} \leftrightarrow X(f - f_0)$$

$$e^{j2\pi f_0 t} \leftrightarrow \delta(f - f_0)$$

Informationstheorie, diskrete Nachrichtenquellen mit N verschiedenen Zeichen

Informationsgehalt eines Zeichen x

$I_x = -\mathrm{ld}(p_x)$ Bit pro Zeichen

Entropie, mittlerer Informationsgehalt

$H = -\sum_{n=1}^{N} p_n \cdot \mathrm{ld}(p_n)$ Bit pro Zeichen

Mittlere Anzahl von Bits zur Codierung

$\overline{N} = \sum_{n=1}^{N} p_n \cdot \mathrm{Codelänge}(n)$ Bit pro Zeichen

Maximale Entropie

$H_{max} = \mathrm{ld}(N)$
Bit pro Zeichen

Redundanz

$R = H_{max} - H$
Bit pro Zeichen

Aufgabe 1 Huffman Codierung (16 Punkte)

Bei der Übertragung nach dem 1 Gigabit-Ethernet Standard wird ein 5-ASK Verfahren verwendet. Alle 5-ASK Symbole werden mit der gleichen Wahrscheinlichkeit gesendet.

a) Wie groß ist der maximale mittlere Informationsgehalt pro Symbol? Unter welcher Randbedingung tritt dieser Wert auf? (4 Punkte)

Zur weiteren Berechnung wird nun folgende Nachrichtenquelle, d.h. Zeichensatz und die Zeichenwahrscheinlichkeiten p_i angenommen:

Zeichen	A	B	C	D	E	F
p_i **in %**	7	20	12	19	25	17

b) Bestimmen Sie einen Satz von Huffman Codes für den Zeichensatz. Geben Sie die Codes explizit an. (6 Punkte)

c) Berechnen Sie den mittleren Informationsgehalt H der Zeichenfolge. (3 Punkte)

Bei Ethernet werden 2 Bit pro Symbol für die Datenübertragung verwendet, der Rest (siehe a)) wird zur Datensicherheit (Schutzcodierung) verwendet.

d) Wie viele 5-ASK Symbole sind zur Übertragung einer Sequenz von 1000 Zeichen bei der Verwendung ihres Codes im Mittel pro Zeichen notwendig? Berücksichtigen Sie die Schutzcodierung. (3 Punkte)

Aufgabe 2 Kanalkapazität (14 Punkte)

Die Raumsonde Voyager 1 fliegt durch das Weltall und sendet Daten zur Erde. Der Kanal kann als AWGN Kanal betrachtet werden. Die empfangene (Nutz-)Signalleistung $P_{S,RX}$ ist dabei $P_{S,RX} = P_{S,TX} \cdot V/d^2$, wobei $P_{S,TX}$ die Sendeleistung, d der Abstand der Sonde von der Erde und V eine Konstante ist (V beschreibt die Eigenschaften von Sende- und Empfangssystem inklusive der Antennen). Die Bandbreite des Systems wird mit B bezeichnet.

Die Daten des Systems sind $V = 10^7 m^2$, $P_{S,TX} = 20\ W$ und $B = 10\ MHz$.

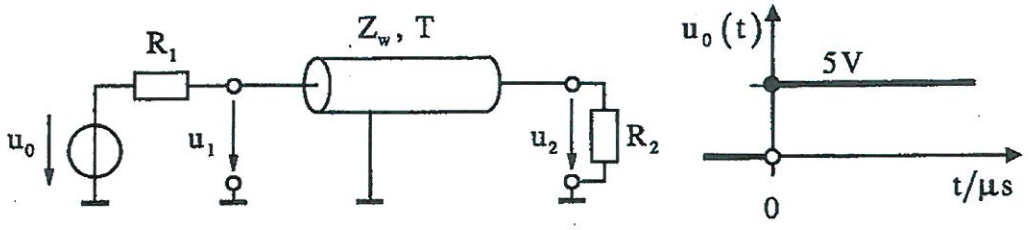
a) Berechnen Sie die Empfangsleistung $P_{S,RX}$ und die maximal mögliche Übertragungsgeschwindigkeit beim Senden vom Jupiter ($d = 750 \cdot 10^6$ km), wenn die Temperatur des Empfängers Raumtemperatur beträgt (T = 300 Kelvin). (6 Punkte)

b) Momentan verlässt Voyager 1 das Sonnensystem ($d = 17{,}5 \cdot 10^9$ km). Wie groß ist jetzt die Empfangsleistung $P_{S,RX}$? Auf welche Temperatur müsste man den Empfänger kühlen, damit man noch eine Datenrate von 3 kBit/s erreichen kann? (8 Punkte)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung

Aufgabe 3: Leitung (20+10 Punkte)



Auf eine schwach gedämpfte Leitung der Länge l wird zum Zeitpunkt t = 0 vom Generator ein Spannungssprung angelegt. Der Betrag des Wellenwiderstandes ist $|Z_W| = 50\,\Omega$, $R_1 = 250\,\Omega$ und $R_2 = 10\,\Omega$. Es gilt außerdem $e^{-\alpha \cdot l} = 0{,}9$.

a) Zeichnen Sie das Lattice Diagramm (nur die Wellen auf der Leitung) für $0 \le t \le 4T$. Tragen Sie die Werte der hin- und rücklaufenden Wellen in Form von Gleichungen ein. Eine explizite Berechnung der Werte ist nicht gefordert. (8 Punkte)

Hinweis: Nutzen Sie die ganze Seitenbreite, d.h. zeichnen Sie es groß! Normieren Sie die Spannungen auf $u_{10} = u_1(t = 0 \cdot T)$. *Beachten Sie, dass bei einer schwach gedämpften Leitung die Amplituden am Anfang- und Ende der Ausbreitung nicht gleich groß sind!*

b) Bestimmen Sie die Werte von $u_1(t)$ für $0 \le t \le 4T$. Geben Sie die Zeitintervalle an, in denen die Werte gelten. (12 Punkte)

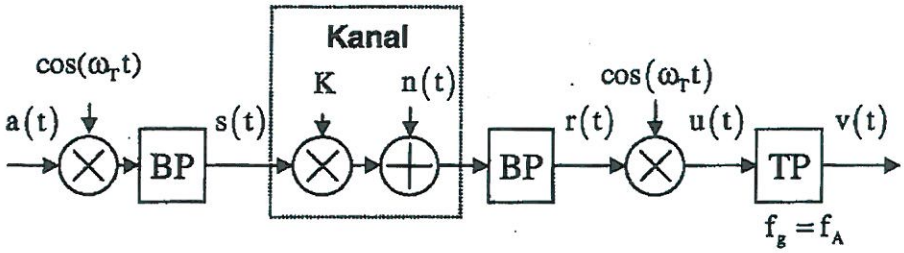
c) **Zusatzpunkte/Frage mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad:** Berechnen Sie, gegen welchen Wert $u_1(t \to \infty)$ als Funktion von $e^{-\alpha \cdot l}$, r_l, r_l und $u_1(t = 0)$ konvergiert. Die bekannte Antwort für die verlustfreie Leitung ist nicht gefragt. (10 Punkte)

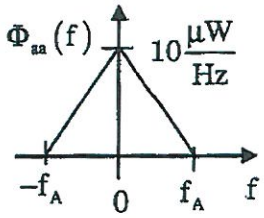
Hinweis: Im eingeschwungenen Zustand sind die hin- und rücklaufende Welle konstant. Das vereinfacht das Lattice Diagramm stark.

SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung

Aufgabe 4 Modulation (29+8 Punkte)





Betrachten Sie das Übertragungssystem. Die Trägerfrequenz ist $f_T = \omega_T/(2\pi) = 1\,\text{GHz}$. Der Tiefpass TP ist ideal mit Grenzfrequenz $f_g = f_A = 100\,\text{kHz}$. Die Bandpässe sind ebenfalls ideal mit einer Mittenfrequenz von f_T und einer Bandbreite $B = 2f_A$. Das Signal a(t) wird im Frequenzbereich durch seine Leistungsdichte $\Phi_{aa}(f)$ und das Rauschsignal $n(t)$ durch die Rauschleistungsdichte $\Phi_{nn}(f) = N_0/2$ beschrieben. Der Kanal dämpft um $K_{dB} = 70\,\text{dB}$ und der Empfänger hat Raumtemperatur (300 K).

Die Leistungsdichtespektren der Zeitsignale werden mit dem zugehörigen Buchstaben des Signals indiziert. Zum Beispiel ist $\Phi_{aa}(f)$ das Leistungsdichtespektrum von a(t).

a) Skizzieren Sie die Leistungsdichtespektren der Signale r(t), u(t) und v(t) in Abhängigkeit von $\Phi_{aa}(f)$. Vernachlässigen Sie zunächst das Rauschsignal n(t). Beschriften Sie alle Teilspektren vollständig. Verwenden Sie die Parameter und nicht die absoluten Zahlenwerte. (14 Punkte)

Hinweis: Kleine Nebenrechnungen zu den Signalamplituden können hilfreich sein.

b) Ergänzen Sie die Bilder der Leistungsdichtespektren aus a) um die durch n(t) hervorgerufenen Rauschleistungsdichtespektren inklusive vollständiger Beschriftung. Es geht um das Prinzip, eine maßstäbliche Darstellung ist nicht gefordert. Benutzen Sie eine andere Farbe als für die Leistungsdichtespektren (aber nicht Rot!). (5 Punkte)

c) Berechnen Sie die mittlere Leistung $\overline{P_a}$ des Sendesignals a(t). (3 Punkte)

d) Berechnen Sie die in v(t) enthaltene mittlere Rauschleistung $\overline{P_{n_v}}$ (3 Punkte)

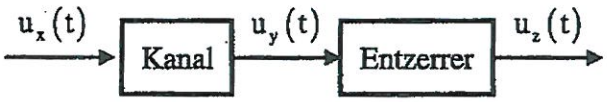
e) Bestimmen Sie die in v(t) enthaltene mittlere (Nutz-)Signalleistung $\overline{P_{v_s}}$ und das SNR von v(t). (4 Punkte)

f) **Zusatzpunkte/Verständnisfrage:** Das Signal a(t) soll nun ein digitales Datensignal der Form $a(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} d(k) \cdot p(t - kT_S)$ sein. Wie muss das im Bild gegebene Empfangssystem erweitert werden (Skizze und/oder Text), damit man nach der Abtastung eine Folge von Schätzwerten $\{\hat{d}(k)\}$ mit das maximalem SNR erhält? Erklären Sie die Lösungsidee kurz. (8 Punkte)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

Aufgabe 5 Transversalfilter (13+5 Punkte)

Ein Datensignal $u_x(t)$ soll über einen Kanal übertragen werden. Dadurch tritt Intersymbolinterferenz (ISI) auf. Diese soll durch einen Entzerrer (Transversalfilter) verringert werden.



Das Datensignal $u_x(t) = \sum_k d_k \cdot p(t - kT_S)$ ist eine Summe aus, mit den Datensymbolen d_k gewichteten, Rechteckpulsen $p(t) = \hat{p} \cdot \mathrm{rect}([t - 0{,}5T_S]/T_S)$ mit $T_S = 1\mu s$ und $\hat{p} = 10\,V$.

Das Transversalfilter wird beschrieben durch $u_z(t) = \sum_{m=0}^{M} c_m \cdot u_y(t - mT_S)$.

Die Systemantwort des Kanals auf den Spannungspuls $p(t)$ ist gegeben durch:

$$h_p(t) = 0{,}8 \cdot \hat{p} \cdot \begin{cases} \sin\left(\frac{\pi t}{2T}\right) & \text{für} \quad 0 \le t \le T \\ \frac{T}{t} & \text{für} \quad T < t \end{cases} \qquad \text{mit } T = 1{,}1\mu s.$$

a) Skizzen Sie $h_p(t)$ für $0 \le t \le 5T$. Beschriften Sie die Achsen vollständig. Eine Berechnung von „vielen" Punkten ist nicht erforderlich. (3 Punkte)

Die Abtastzeitpunkte nach dem Transversalfilter sind durch $t = t_m = m \cdot T_S + t_0$ definiert.

b) Wählen Sie t_0 so, dass die die Augenhöhe im resultierenden Augendiagramm maximal wird. (2 Punkte)

c) Bestimmen Sie die Koeffizienten c_k für $k = 1, 2$. Es gilt $c_0 = 1$. (6 Punkte)

Hinweis: $c_k = -\left[\sum_{i=0}^{k-1} c_i \cdot h_p\left(t_{k-i+1}\right)\right] \Big/ h_p(t_1)$.

d) **Verständnis/Zusatzaufgabe:** Wie groß ist das Verhältnis von Signalleistung zu Interferenzleistung (ISI) bei der Entscheidung, wenn im idealen Zeitpunkt abgetastet wird? Der Entzerrer ist entsprechend der Vorgabe in b) berechnet, kann ansonsten aber als ideal mit beliebig vielen Koeffizienten angenommen werden. Außerdem können Sie von quasi zufälligen Daten $d_k \in \{-1, 1\}\,V$ ausgehen. Erklären Sie kurz ihre Antwort. (8 Punkte)

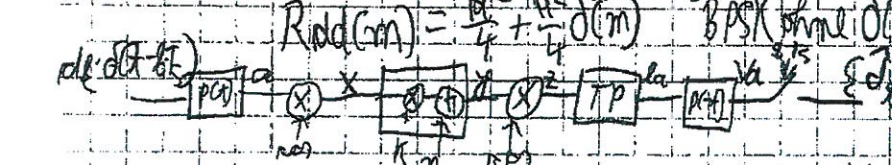
SS : WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

$a(t) = \cos(2\pi f_A t) \circ\!\!-\!\!\bullet \frac{1}{2}(H(f) * (\delta(f-f_A) + \delta(f+f_A)))$

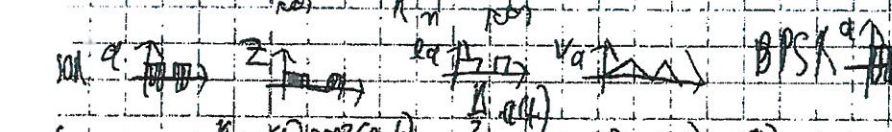
Rauschleistungsdichte: $\phi_{nn}(f) = \frac{N_0}{2} = \frac{k \cdot T}{2}$ BP-gefiltert: $\phi_{n'n'} = |H(f)|^2 \cdot \phi_{nn}(f) = \frac{N_0}{2} \cdot \mathrm{rect}\left(\frac{f-f_A}{2f_A}\right)$

OOK: $R_{dd}(m) = E\{d_k \cdot d_{m+k}\} = \frac{1}{4}(d \cdot d + d \cdot 0 + 0 \cdot d + 0 \cdot 0) = \frac{d^2}{4}$ $R_{dd}(0) = \frac{d^2}{2}$ Watt·sec

$R_{dd}(m) = \frac{d^2}{4} + \frac{d^2}{4}\delta(m)$ BPSK (ohne $\delta(m)$)



Signalleistungsdichte: $\phi_{aa} = |P(f)|^2 \cdot \frac{d^2}{4T_s} + |P(0)|^2 \cdot \frac{d^2}{T}$



$K \cdot a(t) \cos^2(\omega_0 t) = K \cdot a(t) \cdot (\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cos(2\omega_0 t))$ $p(t) * p(-t) = g(t)$ symmetrisch ✓ $v_a = \sum_{k=-N}^{N} d_k \cdot p(t - kT_s) * p(-t) \cdot T_s = b_k(t) * p(-t)$

BPSK: ÷2 OOK nur Gleichanteil unterdrückt

$\phi_{nn}(f) = \frac{N_0}{2} \cdot \mathrm{rect}\left(\frac{f}{2B}\right) \circ\!\!-\!\!\bullet r_{nn}(t) = \frac{N_0}{2} \cdot 2B \cdot \mathrm{si}\left(\frac{2\pi \cdot 2B \cdot t}{2}\right)$ $P_N = \int_{-B}^{B} \phi_{nn}(f) = \frac{N_0}{2} \cdot 2B = N_0 = k \cdot T \cdot B$

Inf. geh.: $I = -\mathrm{ld}(p)$ $\left[\frac{\text{Bit}}{\text{Zeichen}}\right]$ Entropie: $H = -\sum_{i=1}^{N} p_i \cdot \mathrm{ld}(p_i) \left[\frac{\text{Bit}}{\text{Zeichen}}\right]$ ≙ minim. mittl. Informat. aufgelöste Ungewissheit

$H_{max} = \mathrm{ld}(N)$ ≙ Entscheidung gefällt, max. bei max. Ungewissheit

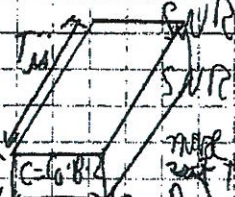
Redundanz: $R = H_{max} - H$ oder $R = I - H$ mittl. Codewortlänge: $L = \sum_{i=1}^{N} p_i \cdot l_i \left[\frac{\text{Bit}}{\text{Zeichen}}\right]$

Inform. fluss: $F = \frac{H}{T_m} \left[\frac{\text{Bit}}{\text{s}}\right]$ Kanalkapz. (max. Inf. fluss): $C = B \cdot \mathrm{ld}\left(1 + \frac{P_S}{P_N}\right)$ $P_N = k \cdot T \cdot B$

Diffusion: – unterschl. Codewortlängen $C = \frac{P_S}{N_0} \cdot \mathrm{ld}(e) \sim P_S$

→ Bitraten, Decodierverzug $S/N \ll 1$

– Wahrsch. nicht bekannt sein $S/N \gg 1$ $C = B \cdot \mathrm{ld}\left(\frac{P_S}{P_N}\right)$ (P_S-Erhöhung nicht mehr so effektiv)



max. Gesamtinfo. innerhalb zeit T_s über Bandpasskanal

Verzerrungsfrei: $x(t) * K \cdot \delta(t - t_0) = K \cdot x(t - t_0) \circ\!\!-\!\!\bullet X(\omega) e^{-j\omega t_0}$ $|H(f)| = K = \text{konst.}$ $\varphi_G(f) = -2\pi f t_0$

Kanalstörquellen: – Rauschen, Nebensprechen, Impulsstörungen, Oberschwingungen

– TP-Verhalten ⇒ Signale werden bedämpft, verbreitert, verzögert (lineare Verzerrungen)

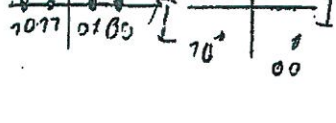
⇒ ISI (verzerrungsfr. Digi Übertr. ≙ ISI-freie Übertr.)

$H_g(f) = \mathrm{rect}\left(\frac{f}{f_0}\right) \circ\!\!-\!\!\bullet \frac{1}{f_0} \cdot \mathrm{si}\left(\frac{\pi \cdot t}{T_0}\right)$ ⇒ ISI-frei (bestimmt aus halber Frequenz, $B = \frac{f_0}{2}$) $BE_{opt} = \frac{f_0}{1} = f_0$ $\left[\frac{\text{Bit}}{\text{Hz}}\right]$

Symbolübertragungsgeschw. $\nearrow$ Bandbreiteffizienz $= 2$

Transversalfilter: $a_n = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} a_i \cdot h_{FK}([n-i+1] \cdot T_0)}{h_{FK}(T_0)}$

4ASK QPSK/QAM



$k = 1{,}38065 \cdot 04 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

$SNR = \frac{P_S}{P_N} = \frac{E_b \cdot R_b}{N_0 \cdot B} = \frac{E_b}{N_0} \cdot \frac{R_b}{B}$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent

Telegraphengl.: $\frac{\partial u(z,t)}{\partial z} = -\left(R' + L'\frac{\partial}{\partial t}\right) i(z,t)$ $\quad \frac{\partial i(z,t)}{\partial z} = -\left(G' + j\omega C'\frac{\partial}{\partial t}\right) u(z,t)$

Wellengleichung: $\frac{\partial^2 U(z)}{(\partial z)^2} = \gamma^2 U(z)$ $\quad \frac{\partial^2 I(z)}{(\partial z)^2} = \gamma^2 I(z)$

Ausbreitkonst.: $\gamma^2 = (R' + j\omega L')(G' + j\omega C')$ $\quad \gamma = \alpha + j\beta$ Dämpfungsbelag, Phasenbelag

$$U(z) = \underline{U}_{h0} e^{-\gamma z} + \underline{U}_{r0} e^{\gamma z} = \underline{U}_h(z) + \underline{U}_r(z) \qquad I(z) = \frac{U_h(z)}{Z_W} - \frac{U_r(z)}{Z_W}$$

$$Re\{\underline{U}_h(z) e^{j\omega t}\} = |\underline{U}_{h0}| e^{\phi_{h0}} = |\underline{U}_{h0}| e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta z + \phi_{h0})$$

Wellenwiderst.: $Z_W = \frac{\underline{U}_h(z)}{\underline{I}_h(z)} = \frac{\underline{U}_r(z)}{\underline{I}_r(z)} = \frac{\underline{U}_{h0}}{\underline{I}_{h0}} = \frac{\underline{U}_{r0}}{\underline{I}_{r0}} = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$

Reflexionsfaktor: $r_2 = \frac{\underline{U}_r(l)}{\underline{U}_h(l)} = \frac{\underline{U}_{r0} e^{\gamma l}}{\underline{U}_{h0} e^{-\gamma l}} = \frac{\underline{U}_{r0}}{\underline{U}_{h0}} e^{2\gamma l} = \frac{Z_2 - Z_W}{Z_2 + Z_W}$

$$\underline{U}(l) = \underline{U}(0) \cdot e^{-\gamma l} \qquad \underline{I}(l) = \underline{I}(0) \cdot e^{-\gamma l}$$

$$\underline{U}_{r0} = \frac{1}{2}\left(\underline{U}(0) + Z_W \underline{I}(0)\right) \qquad \underline{U}_{h0} = \frac{1}{2}\left(\underline{U}(0) - Z_W \underline{I}(0)\right)$$

$$\Rightarrow U(z) = U(0) \cdot \cosh(\gamma z) - Z_W \cdot I(0) \cdot \sinh(\gamma z)$$

bei $\beta l = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l = \frac{\pi}{2}$
$\Rightarrow l = \frac{\lambda}{4}$

Eingangsimpedanz: $Z_E = \frac{U(0)}{I(0)} = Z_W \cdot \frac{Z_2 + Z_W \tanh(\gamma l)}{Z_2 \tanh(\gamma l) + Z_W}$ $\quad |Z_E| \max = \frac{Z_W^2}{Z_2}$

verlustfreie Leitung: $\gamma = j\omega\sqrt{L'C'}$ $\quad \beta = \omega\sqrt{L'C'}$ $\quad |Z_W| = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$ $\quad v_{PH} = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{L'C'}}$

$$Z_L = \frac{U_{0H}}{I_0} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}} = \frac{\lambda_L}{\lambda_0} \qquad T = \frac{\beta}{\omega} \cdot l = \frac{l}{v_{PH}} \qquad \lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{\omega}{v_{PH}} \qquad = \lambda_L f = \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} = \frac{l}{T}$$

verlustarme Leitung: $|Z_W| = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$ $\quad Z_W = |Z_W| e^{-j\frac{R'}{2\omega L'}}$

$$\gamma = \frac{R'}{2\sqrt{\frac{L'}{C'}}} + j\omega\sqrt{L'C'} = \frac{R'}{2|Z_W|} + j\omega\sqrt{L'C'}$$

Dämpfung: $A = e^{-\alpha l}$ $\quad \frac{a}{dB} = -20 \log_{10}(A) = \alpha \cdot l \cdot 8{,}686$

SS / WS | Semester | Fach | Universität
FSR - Klausurensammlung

Einschaltprozesse: $u_1(t=0) = u_{10} = U_{01} \cdot \frac{Z_W}{Z_W + R_1}$ $\quad u_{2\infty} = u_{20\infty} = U_{01} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ (für $\alpha = 0$)

Skineffekt: $\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\mu\omega}}$ $\quad R' \sim \sqrt{\omega}$ $\quad G' \sim \omega$ Stromverdrängung

Klausur: GN Datum: 27.01.11

Name: [redacted] Vorname: [redacted] Matr.-Nr. [redacted]

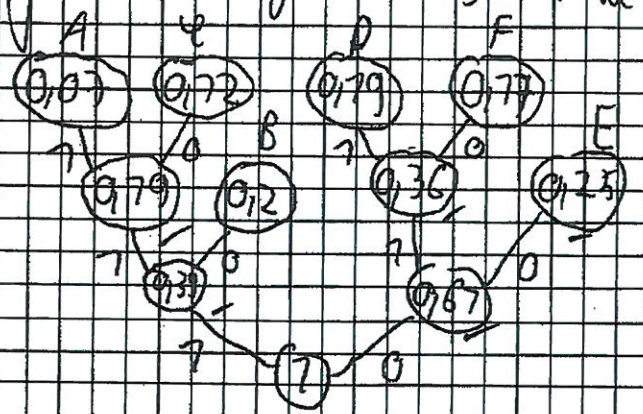
a) 4/4

Aufgabe: 7

a) $H_{max} = ld(5)\frac{Bit}{Zeichen} = 2{,}322\frac{Bit}{Zeichen}$

Der max. mittl. Informationsgehalt tritt bei maximaler Ungewißheit auf. Diese ergibt sich bei einer Gleichverteilung der K = 5 Symbole ⇒ $H_{max} = ld(K)$

b) 5/6



A: 111
B: 10
C: 110
D: 011
E: 00
F: 010

Aufgabe: 7

c) $H = -\sum_{i=1}^{6} p_i \cdot ld(p_i) = [0{,}07 \cdot ld(0{,}07) + 0{,}2 \cdot ld(0{,}2) + 0{,}72 \cdot ld(0{,}72) + 0{,}79 \cdot ld(0{,}79) + 0{,}25 \cdot ld(0{,}25) + 0{,}77 \cdot ld(0{,}77)] = 2{,}49\frac{Bit}{Zeichen}$

c) 3/3

d) 0/3

d) $\bar{L} = \sum_{i=1}^{K} p_i \cdot l_i$

$H_{500} = H_{max} \cdot 7000$ Zeichen

f, Hier Code ⇒ $\bar{L}$ berechnen

$= 2{,}322\frac{Bit}{Zeichen} \cdot 7000\,Zeichen = 2322\,Bit$ + Schutz → 2 Bit/ASK Symbol

a) 6/6

Aufgabe: 2

a) $d = 750 \cdot 10^9\,m$

$$P_{S,RX} = 20W \cdot \frac{10^7 m^2}{(750 \cdot 10^9 m)^2} = 0{,}356\,fW$$

maximale Übertragungsgeschw. ≙ Kanalkapazität

$$C = B \cdot \log\left(1 + \frac{P_{S,RX}}{P_N}\right) = B \cdot \log\left(1 + \frac{P_{S,RX}}{k \cdot B \cdot T}\right) = 723{,}47 \frac{kBit}{s}$$

b) noch 7/8

b) $P_{S,RX} = 20W \cdot \frac{10^7 m^2}{(77{,}5 \cdot 10^{12} m)^2} = 65{,}37\,\cancel{dW} \cdot 10^{-20}\,W$

$$C = B \cdot \log\left(1 + \frac{P_{S,RX}}{k \cdot B \cdot T}\right) \Rightarrow T = \frac{P_{S,RX}}{\left(2^{\frac{C}{B}} - 1\right) \cdot k \cdot B} = 227{,}46\,K$$

T – Fehler

echt so gemacht?

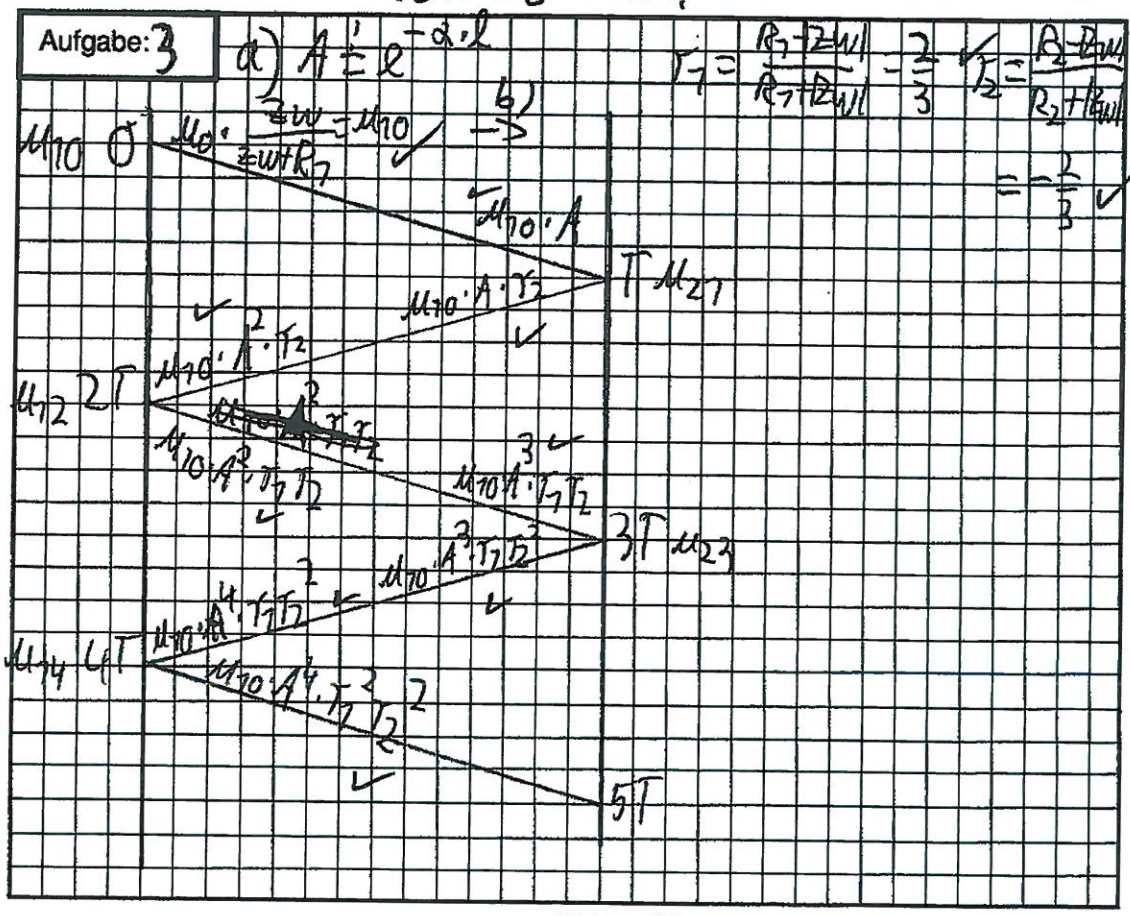
a) 8/8

Aufgabe: 3

a) $A = e^{-\alpha \cdot l}$

$$\Gamma_1 = \frac{R_1 - R_{W1}}{R_1 + R_{W1}} = \frac{2}{3} \qquad \Gamma_2 = \frac{R_2 - R_{W1}}{R_2 + R_{W1}} = -\frac{2}{3}$$

b)



b)

Aufgabe: 3

a) $u_{10} = u_0 \cdot \frac{R_2 U}{R_1 + R_2 U} = 5V \cdot \frac{1}{6} = \frac{5}{6} V$

mit $A = 0{,}9$

gilt von $t = 0$ bis $t = 2T$

$u_{27} = \frac{5}{6} V \cdot (A^2 \tau_2 + A) = 0{,}925 V$

gilt von $t = T$ bis $t = 3T$

$u_{72} = \frac{5}{6} V \cdot (A^2 \tau_2 + A^2 \tau_1 \tau_2) = -0{,}75 V$

gilt von $t = 2T$ bis $t = 4T$

$u_{23} = \frac{5}{6} V \cdot (A^3 \tau_1 \tau_2 + A^3 \tau_1 \tau_2^2) = -0{,}09 V$

gilt von $t = 3T$ bis $t = 5T$

$u_{74} = \frac{5}{6} V \cdot (A^4 \tau_1 \tau_2$

b)

12/12

Aufgabe: 3

b) $u_{10} = 5V \cdot \frac{1}{6} = \frac{5}{6} V$ gilt: $0 \leq t < 2T$

$u_{27} = u_{10} (A + \tau_2 \cdot A) = 0{,}925 V$ (n.S.)

gilt: $T \leq t < 3T$

$u_{72} = u_{10} (1 + \tau_2 \cdot A^2 + \tau_1 \tau_2 \cdot A^2) = 0{,}0833 V$

gilt: $2T \leq t < 4T$

$u_{23} = u_{27} + u_{10} \cdot (A^3 \tau_1 \tau_2 + A^3 \tau_1 \tau_2^2) = 0{,}76 V$

gilt: $3T \leq t < 5T$

$u_{74} = u_{72} + u_{10} \cdot (A^4 \tau_1 \tau_2^2 + A^4 \tau_1^2 \tau_2^2) = 0{,}353 V$

gilt: $4T \leq t < 6T$

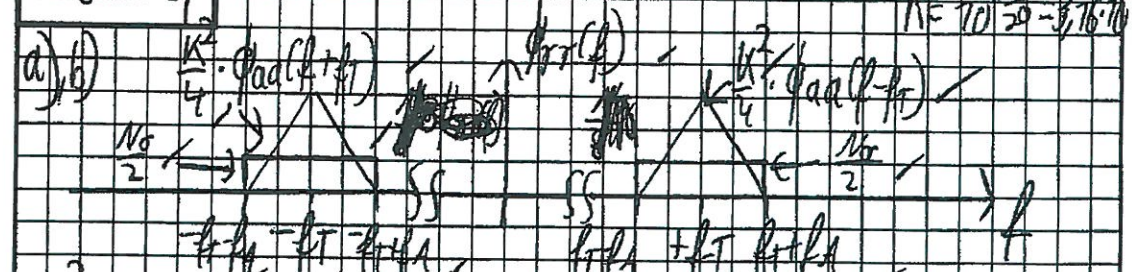
FSR - Klausurensammlung

Aufgabe: 4

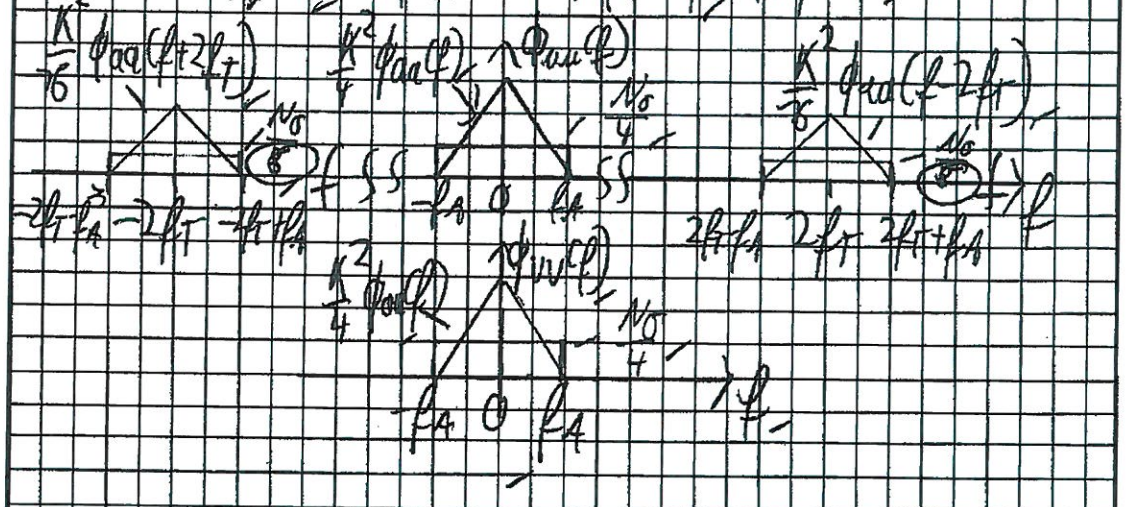
$K = 10^{\frac{79}{20}} = 3{,}16 \cdot 10^{-4}$

a) 14/14

a), b)



b) noch 4/5



Aufgabe: 4

c) 2/3

c) $\underline{\underline{P_a}} = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_{aa}(f)\, df = \int_{-f_A}^{f_A} \varphi_{aa}(f) = \underline{\underline{2 f_A \cdot \varphi_{aa}(f) = 2\,W}}$ Fläche

d) 2/3 noch

d) $\underline{\underline{P_{nn}}} = \int_{-f_A}^{f_A} \frac{N_0}{4}\, df = \frac{N_0}{4} \cdot 2 f_A = \underline{\underline{N_0 \cdot 50\,kHz}} = \underline{\underline{2{,}8\,T(\approx 47{,}42)}}$ $\Rightarrow$ $\underline{\underline{= 47{,}42\,pW}}$ T.R.

e) noch 3/4

e) $\underline{\underline{P_{na}}} = \frac{K^2}{4} \cdot P_a = \frac{(3{,}16 \cdot 10^{-4})^2}{4} \cdot 2\,W = \underline{\underline{50\,nW}}$

f ?? wie berechnet ?? $\frac{10}{20}$

$\frac{P_{na}}{P_{nn}} = \frac{50\,nW}{47{,}42\,pW} = 7207{,}746$

$\Rightarrow \underline{\underline{SNR}} = 10 \cdot \log(7207{,}746) = \underline{\underline{38{,}82\,dB}}$ ng.

SS WS Semester

FSR - Klausurensammlung