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)

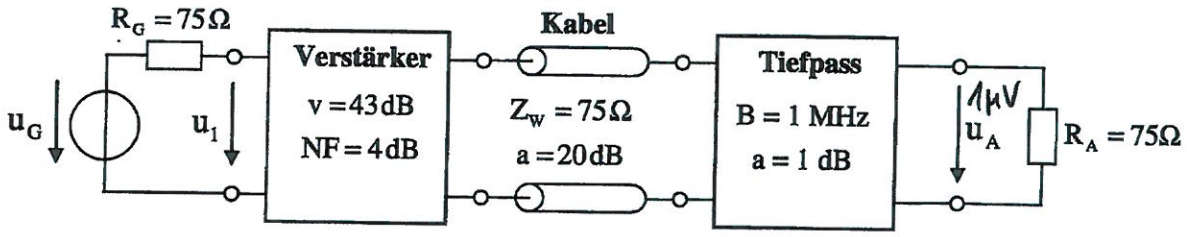
b) Bestimmen Sie einen Satz von Huffman Codes für den Zeichensatz. Zeichnen Sie einen Codebaum und geben Sie für alle Zeichen den Code explizit an. (8 Punkte)

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.

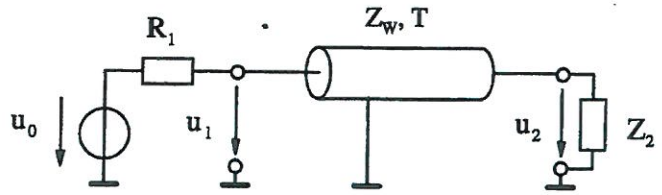
a) Berechnen Sie die Rauschzahl F_{1A} und den Verstärkungsfaktor v_{1A} des Systems mit Eingangsspannung $u_1(t)$ und der Ausgangsspannung $u_A(t)$. (6 Punkte)

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)

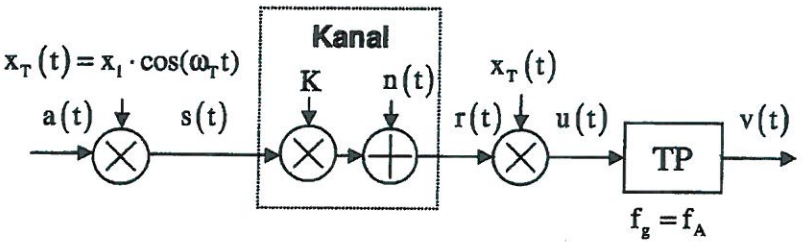
c) Bestimmen Sie die Leitungsbeläge R', L' und C'. Vernachlässigen Sie dabei die Phase von Z_W. (9 Punkte)

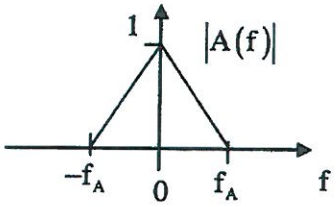
d) Berechnen Sie den Phasenwinkel φ_w des Wellenwiderstandes (3 Punkte)

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:

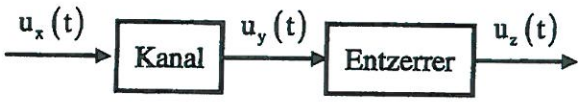
c) Welche Auswirkungen hat der Mischerfehler auf andere Nutzer des Funkkanals? (2 Punkte)

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)

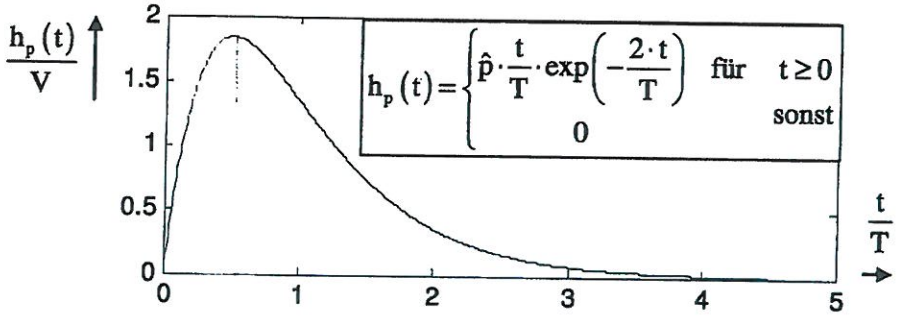
Ein Datensignal $u_x(t)$ soll über einen Kanal übertragen werden. Dadurch tritt Intersymbolinterferenz (ISI) auf. Diese soll durch einen Entzerrer (Transversalfilter) verringert werden.



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

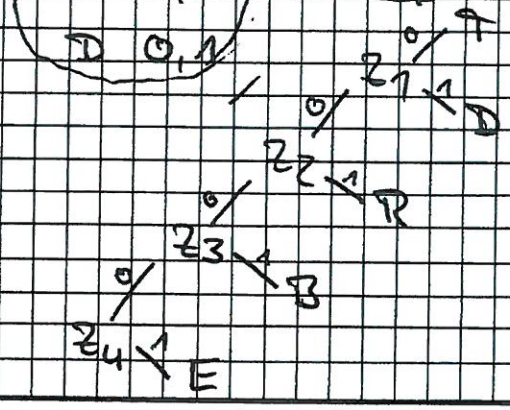
Name: Motzek **Vorname:** Alexander **Matr.-Nr.** 1897403

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

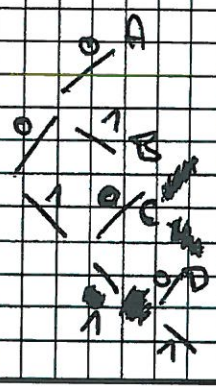
3/3 c) 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0

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?)

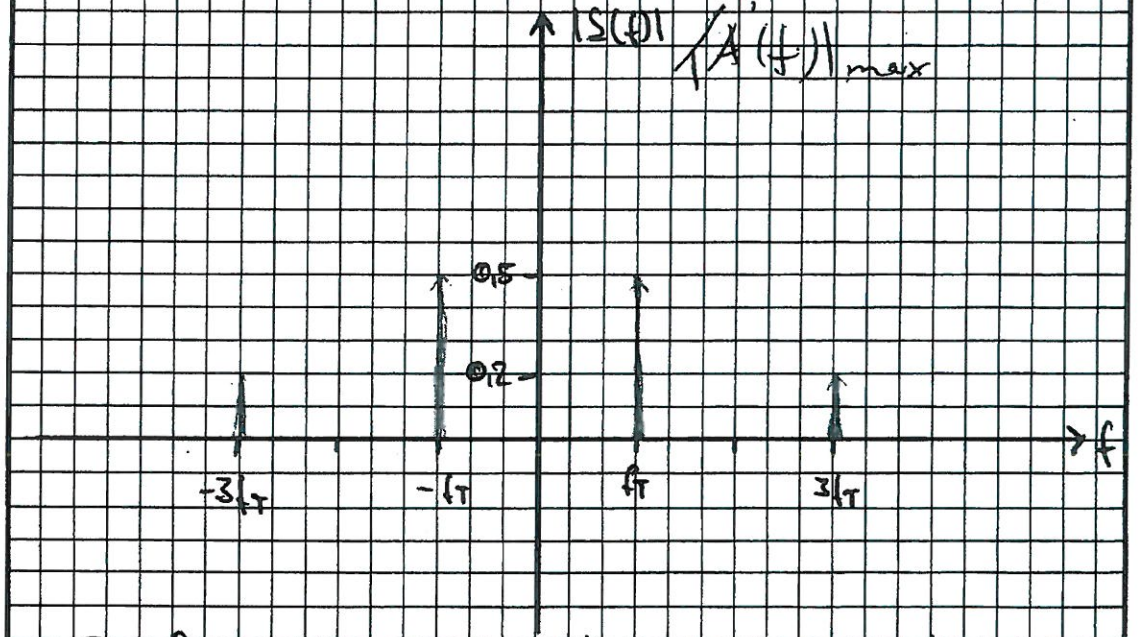
Alternativ ist der Phasengang (linear, gerade) eine Gerade mit einer Steigung direkt proportional zur Laufzeit! Wie genau?

Aufgabe: 4

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

5/5

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

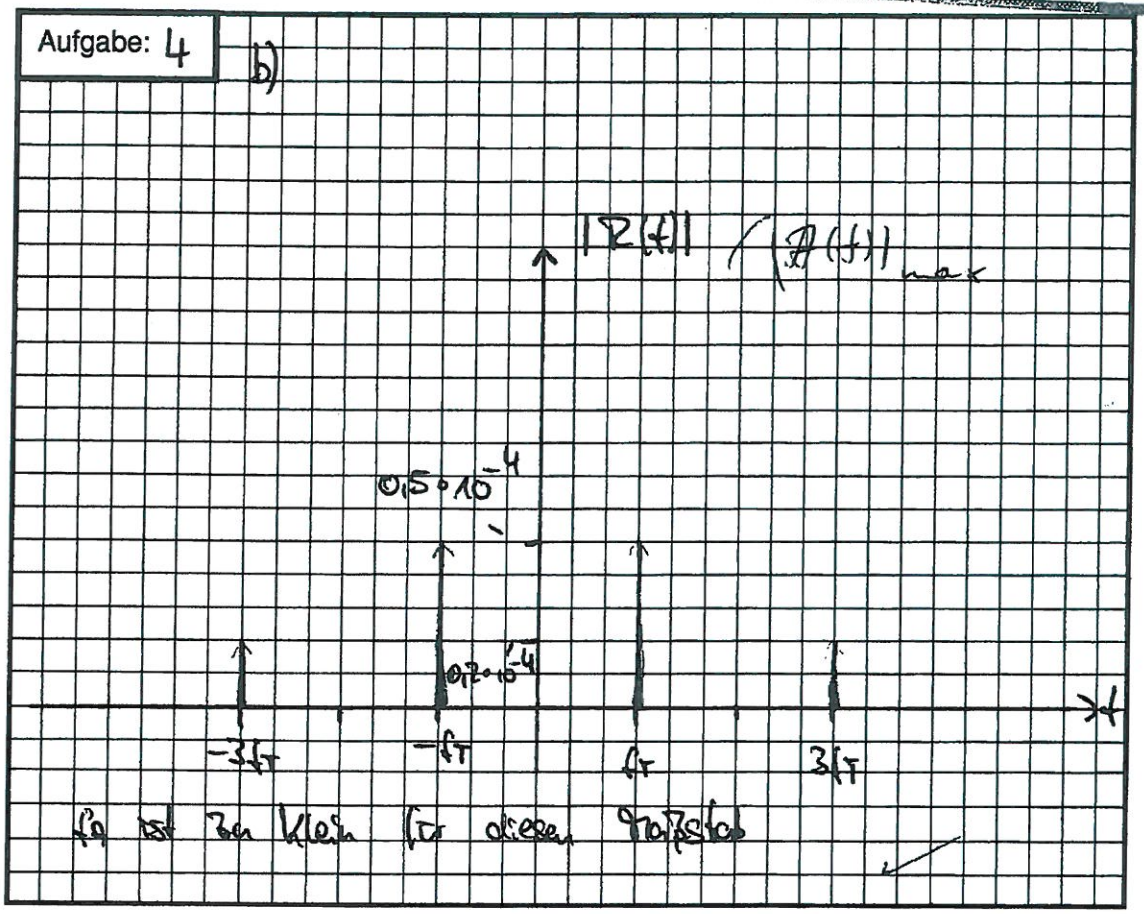


Die Teilspektren sind so schmal, dass sie in diesem Maßstab auf einen Strich zusammenfallen.
Es sind sehr, sehr schmale Dreiecke eigentlich.
und liegen im Bereich $\pm(f_T \pm f_A)$ bzw. $\pm(3f_T \pm f_A)$.

b)

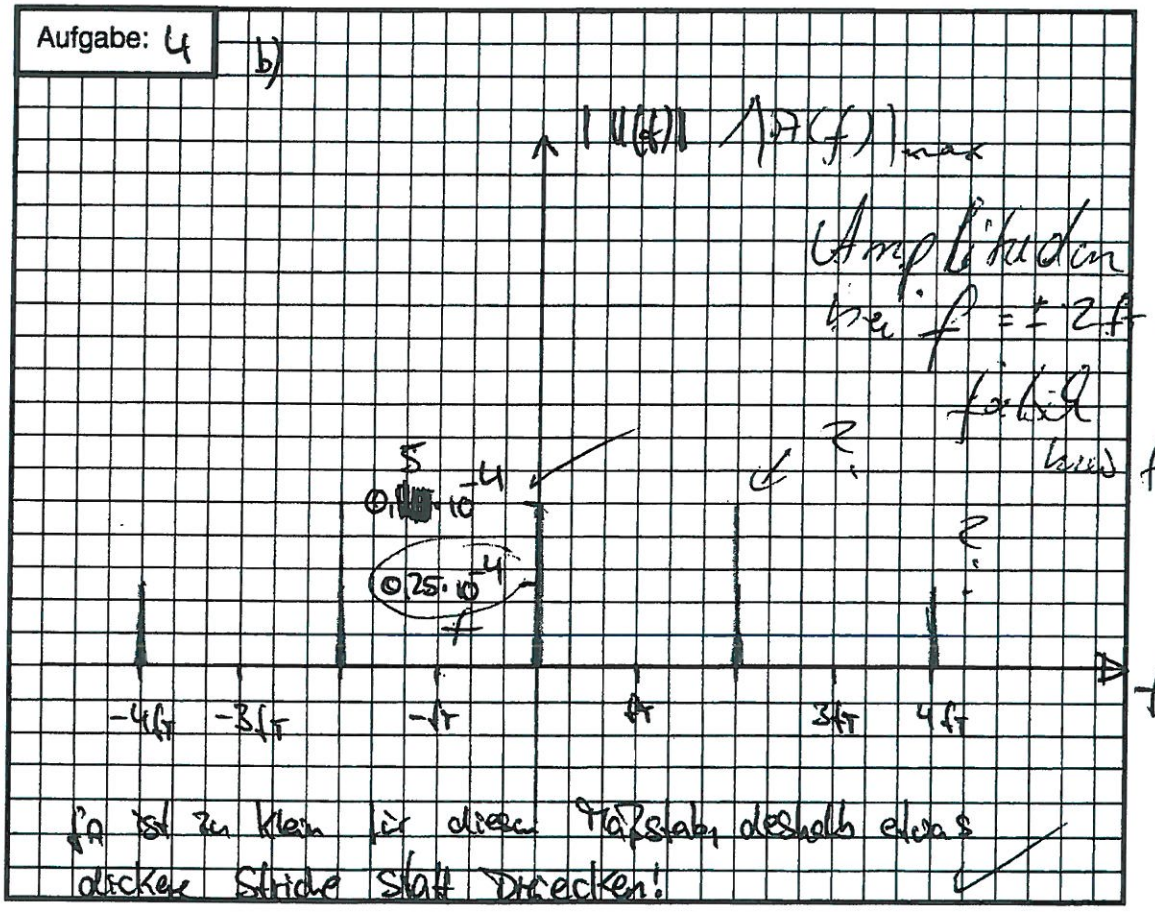
12/15

Aufgabe: 4 b)



fa ist zu klein für diesen Maßstab

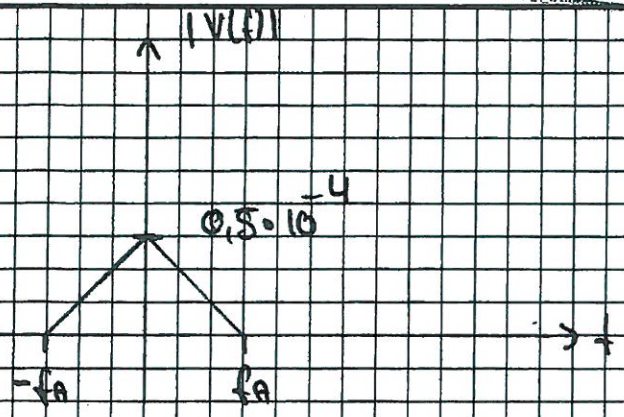
Aufgabe: 4 b)



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**

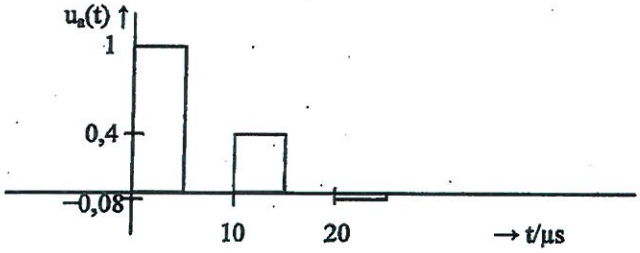
Bearbeitungszeit : 90 min max. zu erreichende Punktzahl: 90 Pkt
zugelassene Hilfsmittel : selbstgefertigte handgeschriebene Formelsammlung auf einem DIN A4 Blatt; einfacher Taschenrechner

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

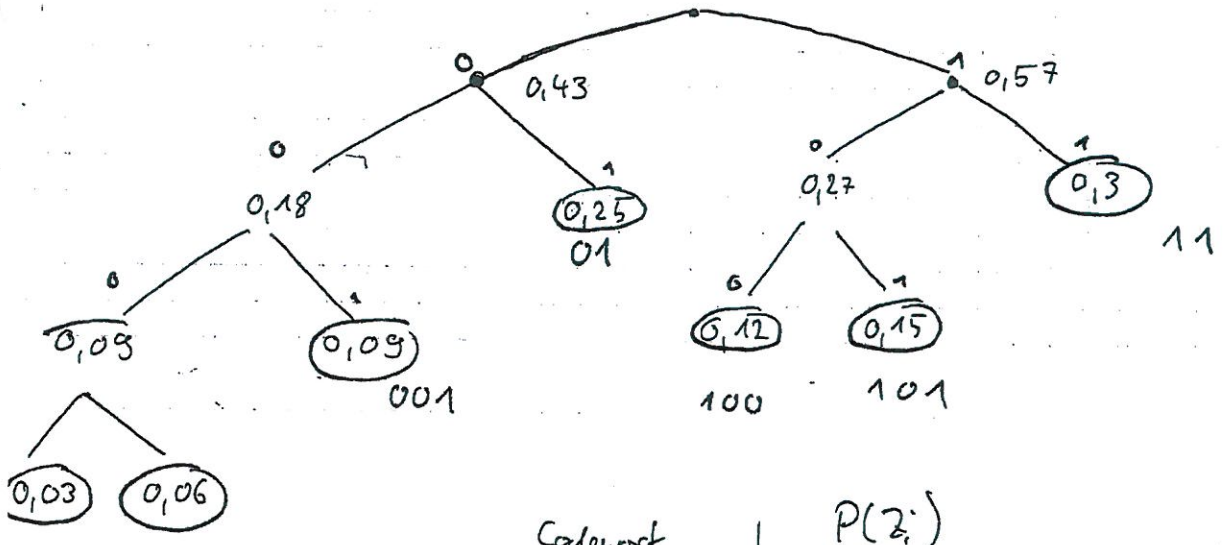
0,3 0,25 0,15 0,12 0,09 0,09

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]

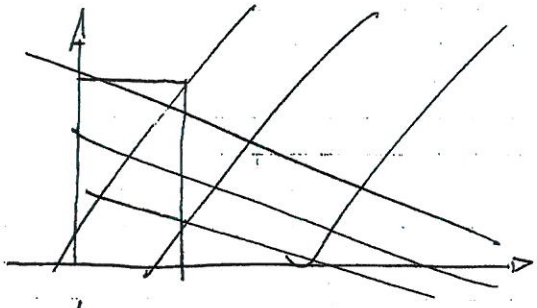
SS / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			6/12

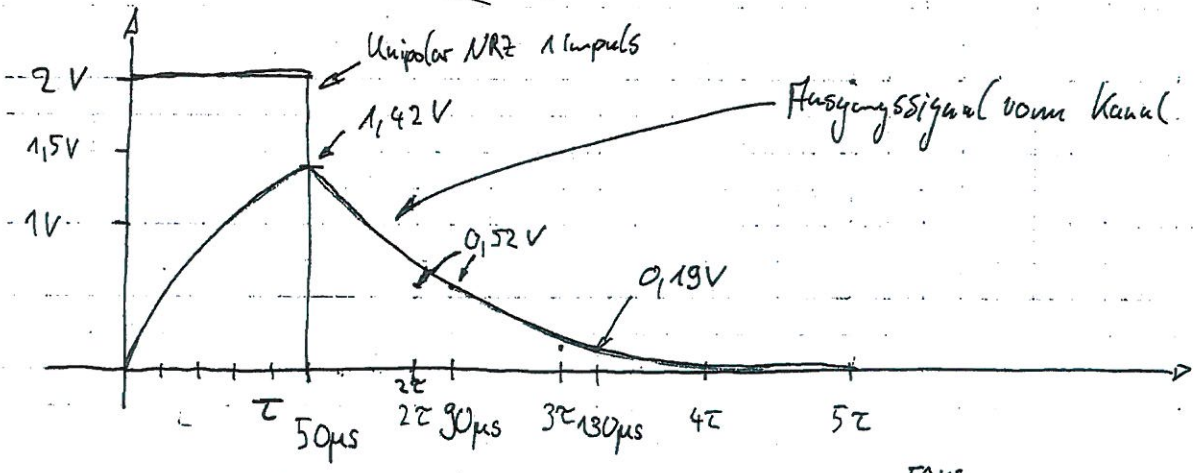
Aufgabe 3.

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

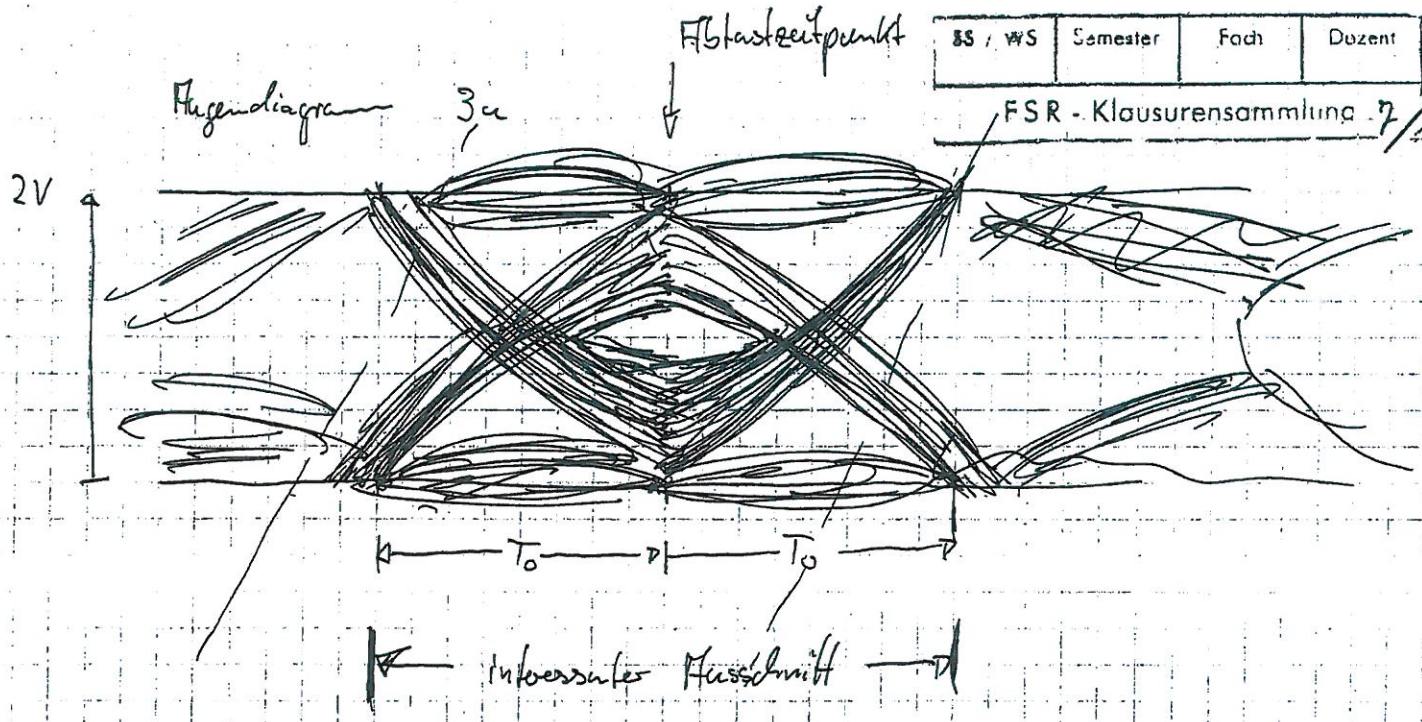
$\approx 1{,}42\,V$

„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

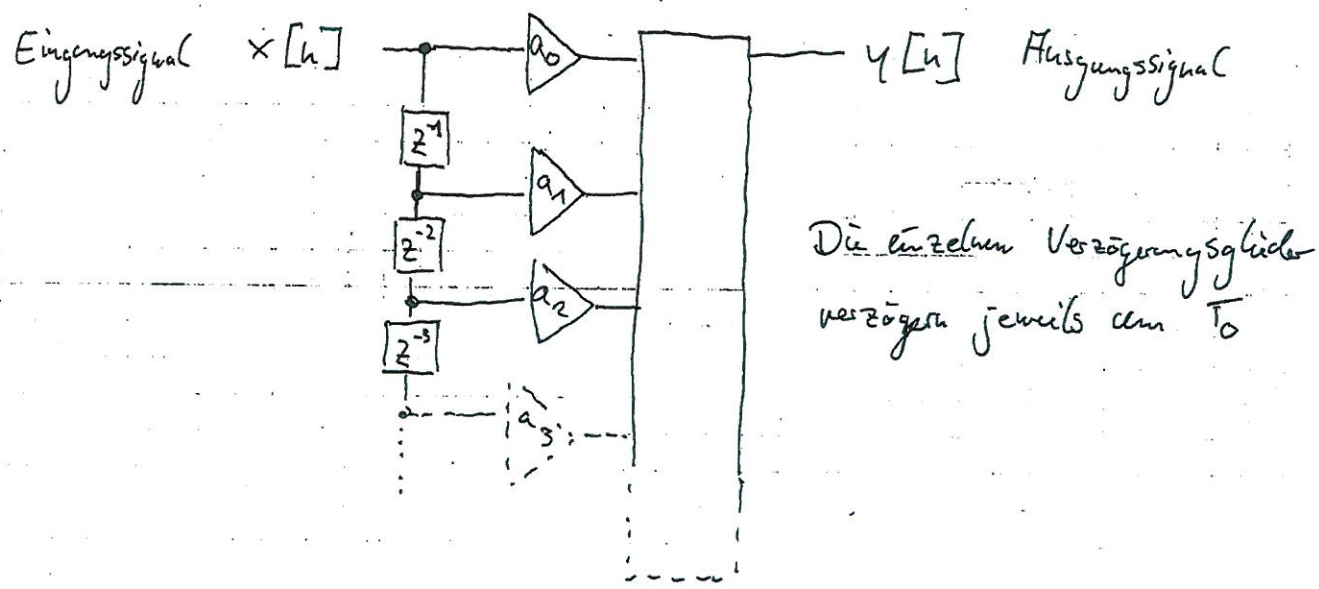
F. Zahn [redacted]

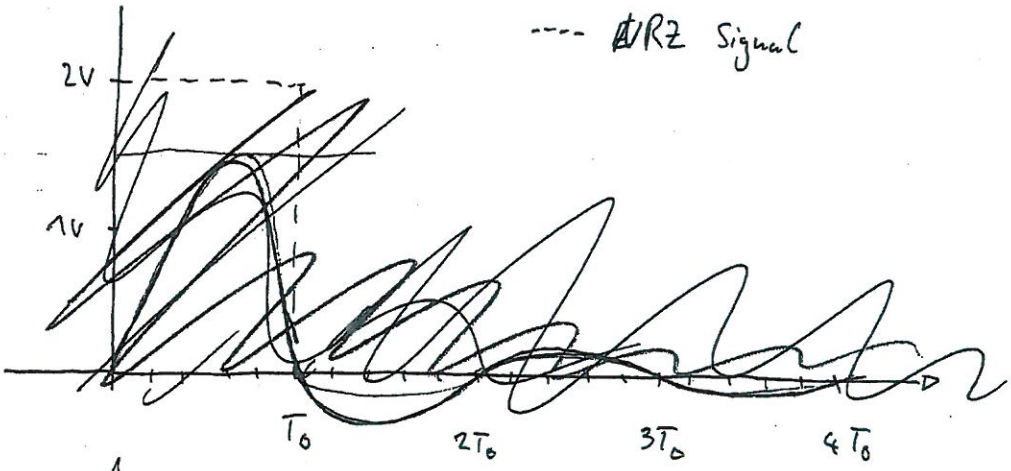
SS	WS	Semester	Fach	Dozent

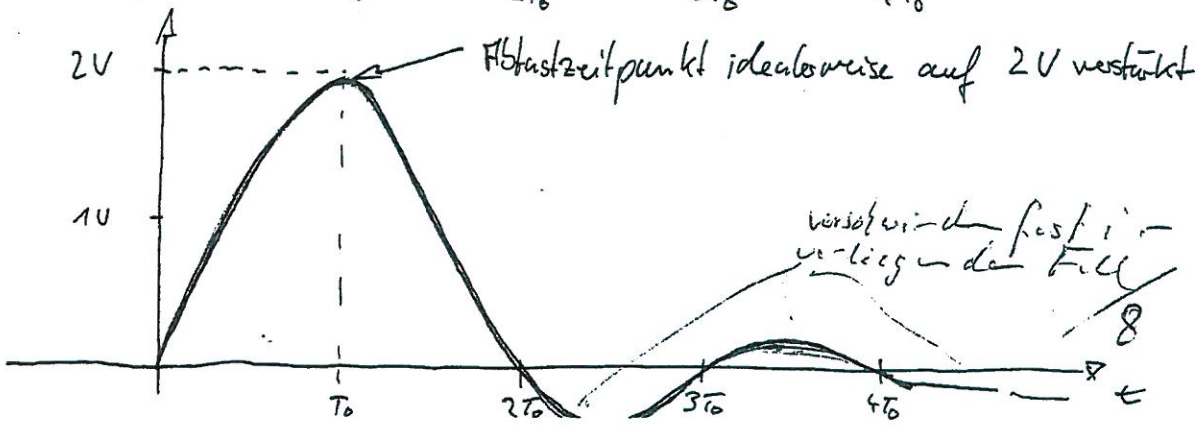
FSR - Klausurensammlung 8/12

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





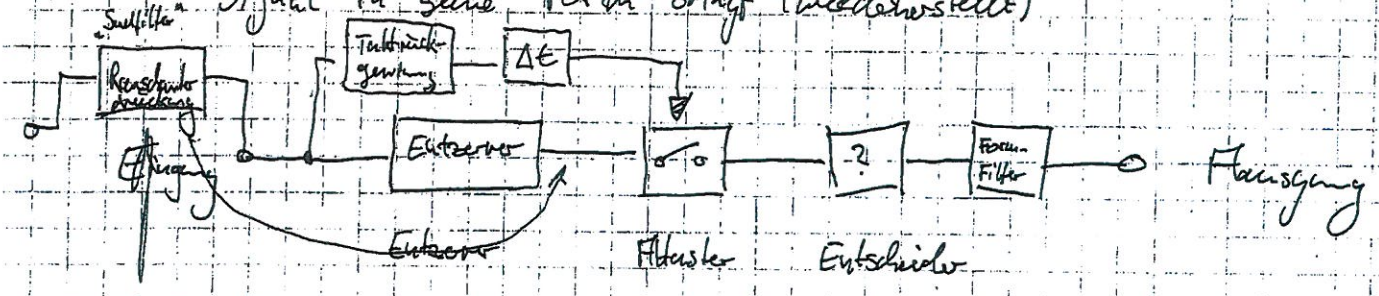


8

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

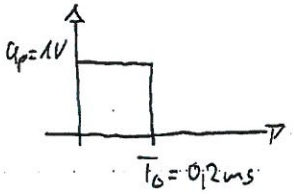
SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung 9/12

F. Zahn [redacted]

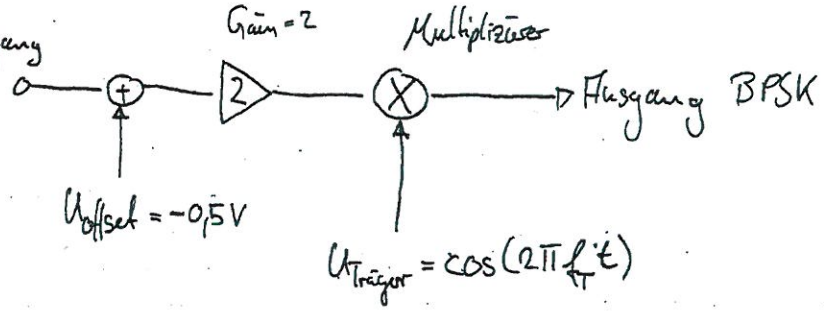
55 / WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung 10/12			

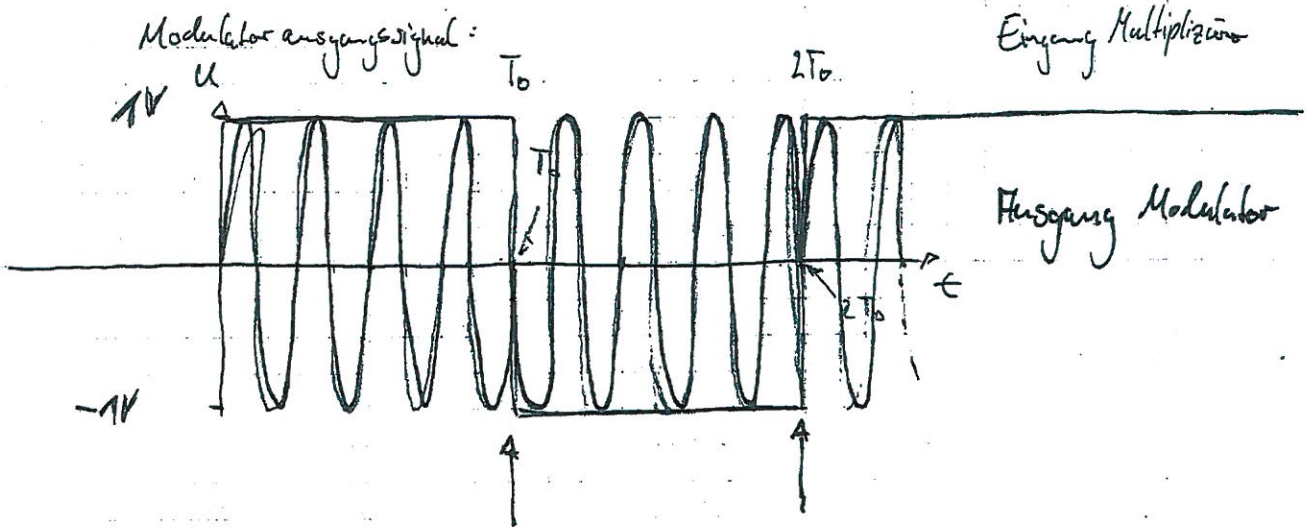
4.a)



→ BPSK $f_T = 50kHz$

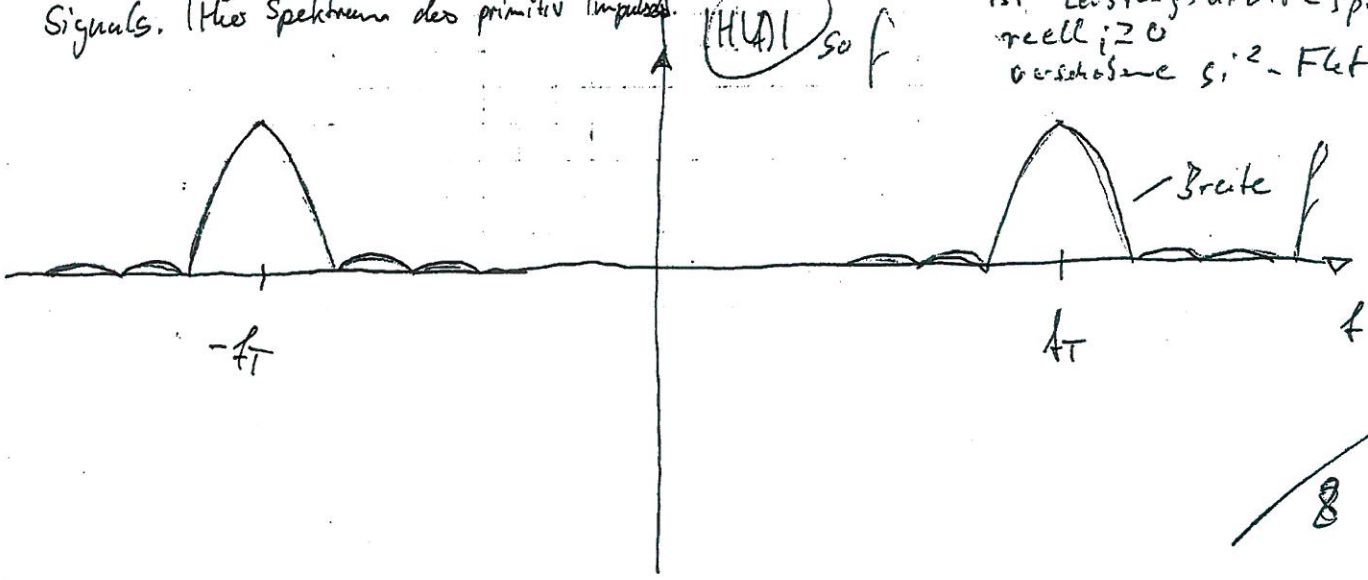
a)





Phasensprünge von 180°

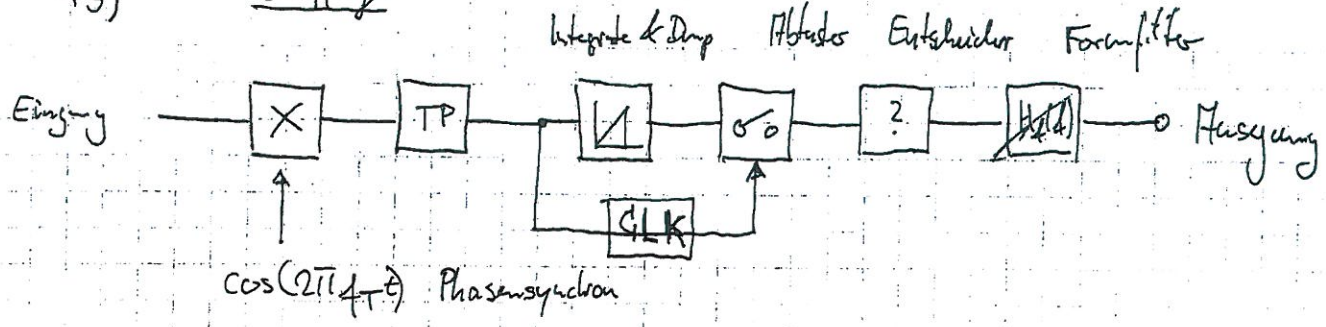
Die Multiplikation mit dem Kosinus verschiebt im Spektrum das Spektrum des anderen Signals. (Hier Spektrum des primitiv Impulses.



ist Leistungsdichtespektrum
reell ≥ 0
verschobene si^2-Fkt

8

45) Empfänger

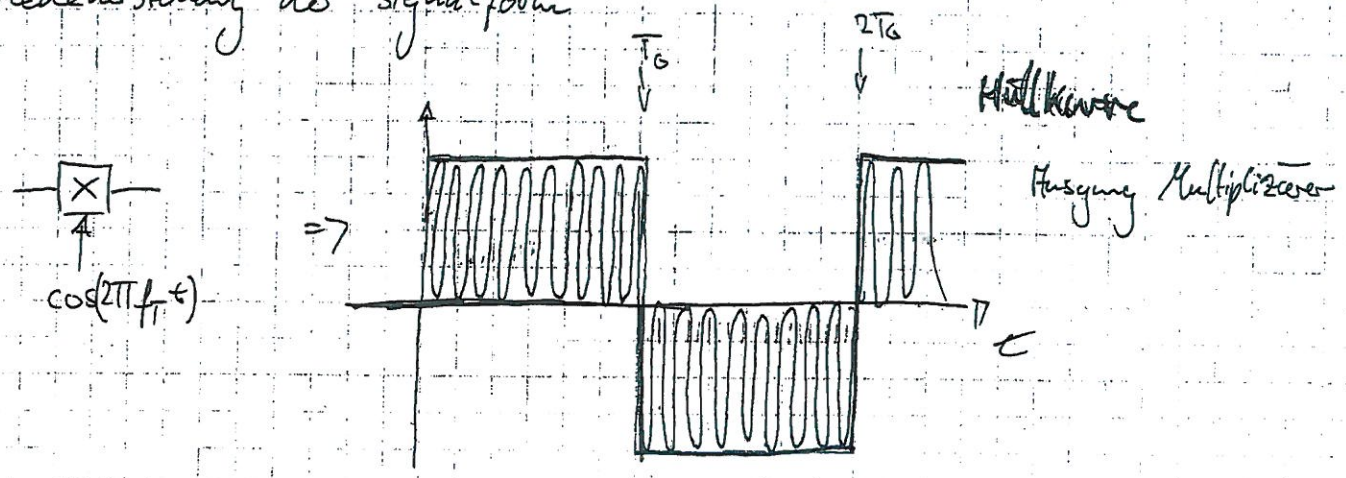


1. Das Signal muss wieder mit ~~einem~~ dem phasensynchronen Träger multipliziert werden.

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]

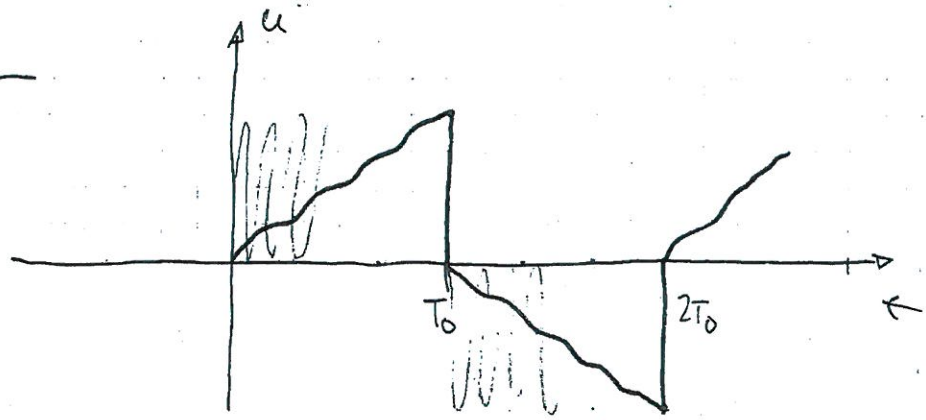
SS	WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung 12/12

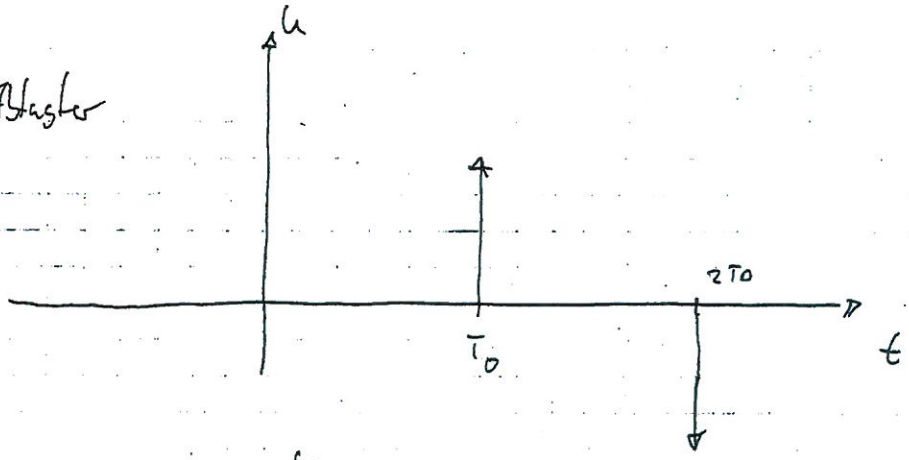
weiter 4b)

Integrator & Dmp

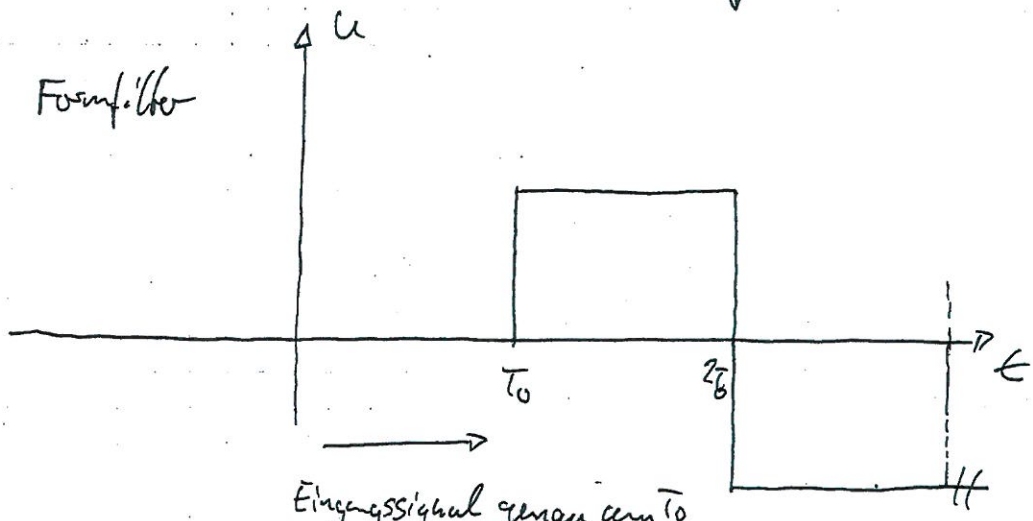
I&D



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 $B = 10\ MHz$.

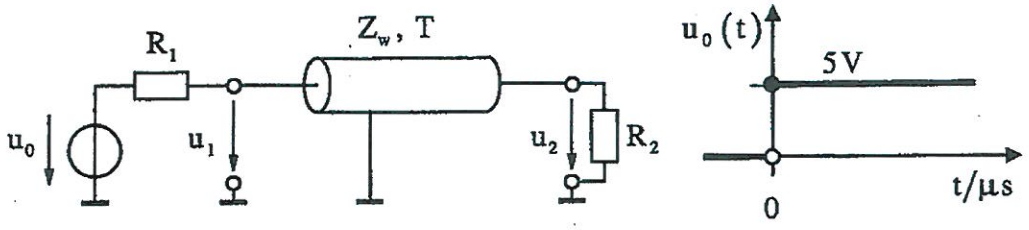
a) Berechnen Sie die Empfangsleistung $P_{S,RX}$ und die maximal mögliche Übertragungsgeschwindigkeit beim Senden vom Jupiter ($d = 750 \cdot 10^6$ km), wenn die Temperatur des Empfängers Raumtemperatur beträgt (T = 300 Kelvin). (6 Punkte)

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)

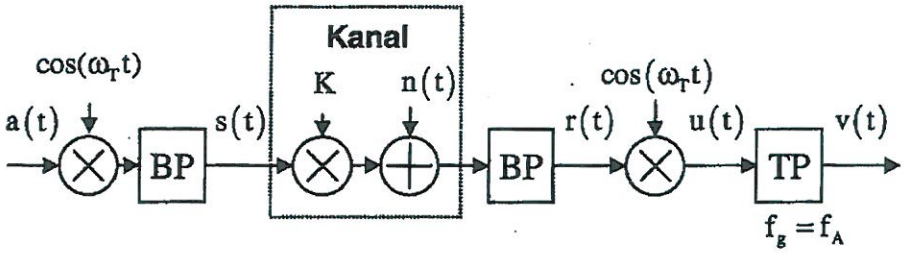
c) **Zusatzpunkte/Frage mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad:** Berechnen Sie, gegen welchen Wert $u_1(t \to \infty)$ als Funktion von $e^{-\alpha \cdot l}$, r_l, r_l und $u_1(t = 0)$ konvergiert. Die bekannte Antwort für die verlustfreie Leitung ist nicht gefragt. (10 Punkte)

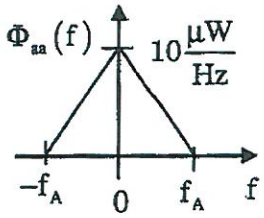
Hinweis: Im eingeschwungenen Zustand sind die hin- und rücklaufende Welle konstant. Das vereinfacht das Lattice Diagramm stark.

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)

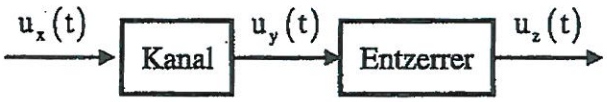
e) Bestimmen Sie die in v(t) enthaltene mittlere (Nutz-)Signalleistung $\overline{P_{v_s}}$ und das SNR von v(t). (4 Punkte)

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)

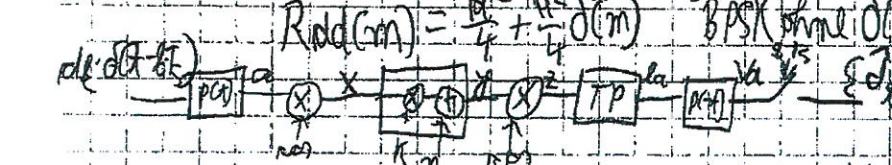
SS : WS	Semester	Fach	Dozent
FSR - Klausurensammlung			

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

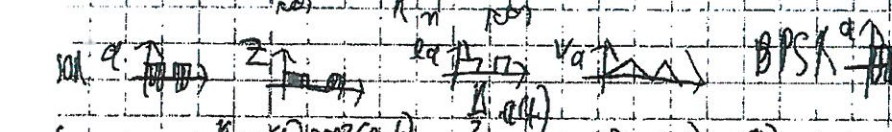
Rauschleistungsdichte: $\phi_{nn}(f) = \frac{N_0}{2} = \frac{k \cdot T}{2}$ BP-gefiltert: $\phi_{n'n'} = |H(f)|^2 \cdot \phi_{nn}(f) = \frac{N_0}{2} \cdot \mathrm{rect}\left(\frac{f-f_A}{2f_A}\right)$

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

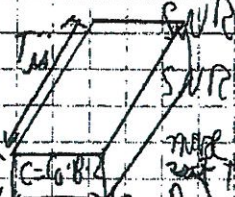
Redundanz: $R = H_{max} - H$ oder $R = I - H$ mittl. Codewortlänge: $L = \sum_{i=1}^{N} p_i \cdot l_i \left[\frac{\text{Bit}}{\text{Zeichen}}\right]$

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)

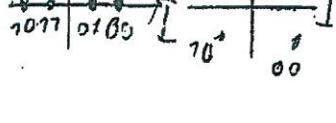
⇒ ISI (verzerrungsfr. Digi Übertr. ≙ ISI-freie Übertr.)

$H_g(f) = \mathrm{rect}\left(\frac{f}{f_0}\right) \circ\!\!-\!\!\bullet \frac{1}{f_0} \cdot \mathrm{si}\left(\frac{\pi \cdot t}{T_0}\right)$ ⇒ 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]

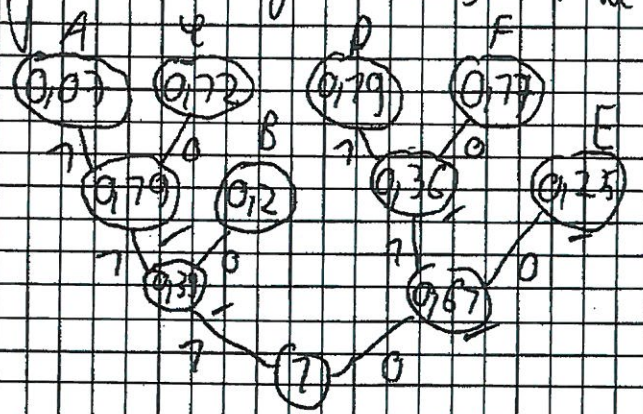
a) 4/4

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?

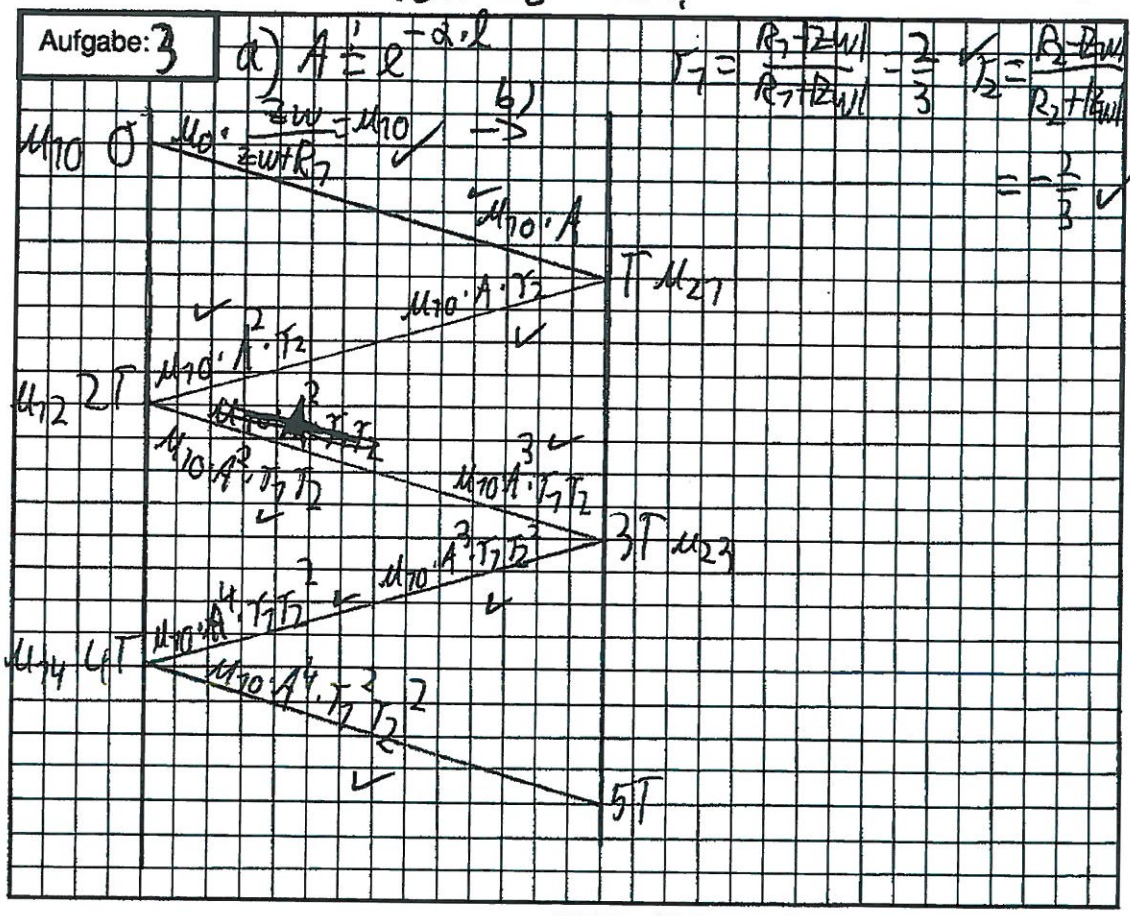
a) 8/8

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: $4T \leq t < 6T$

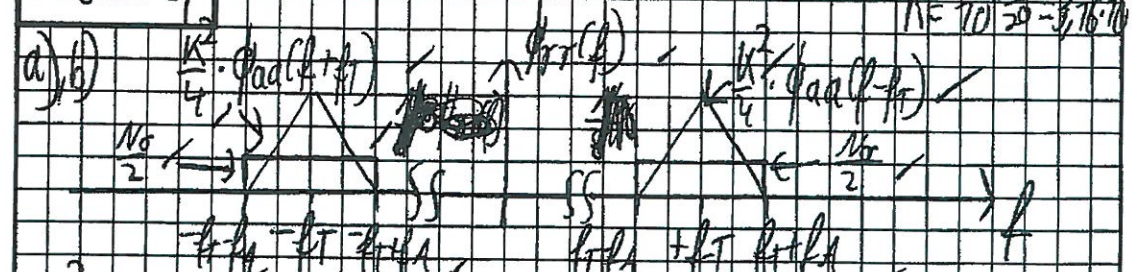
FSR - Klausurensammlung

Aufgabe: 4

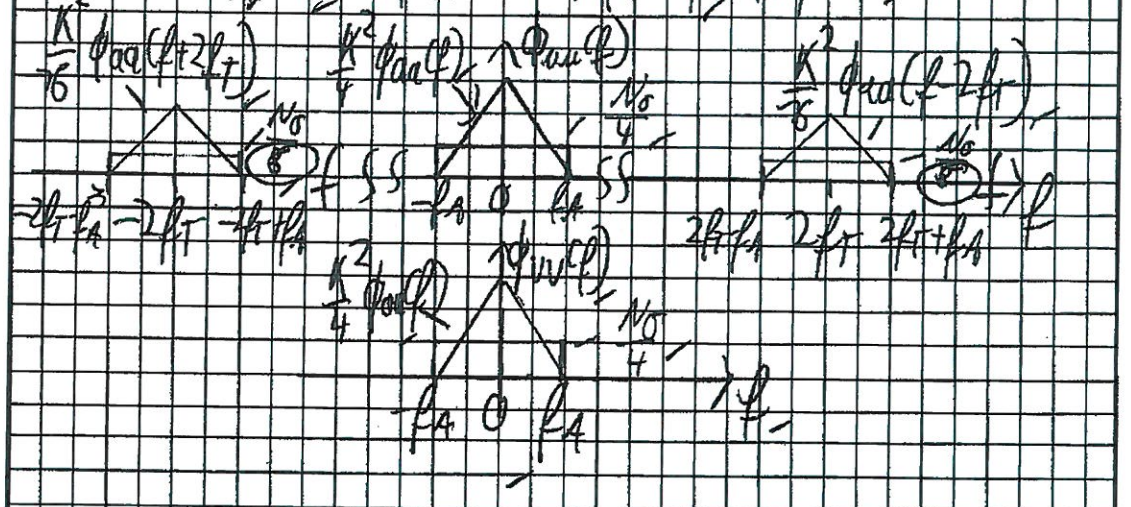
$K = 10^{\frac{79}{20}} = 3{,}16 \cdot 10^{-4}$

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.

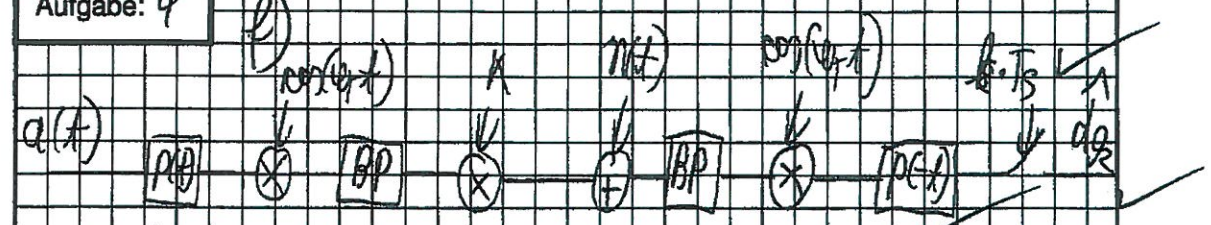
SS WS Semester

FSR - Klausurensammlung

f) noch 8/8

Aufgabe: 4

f)

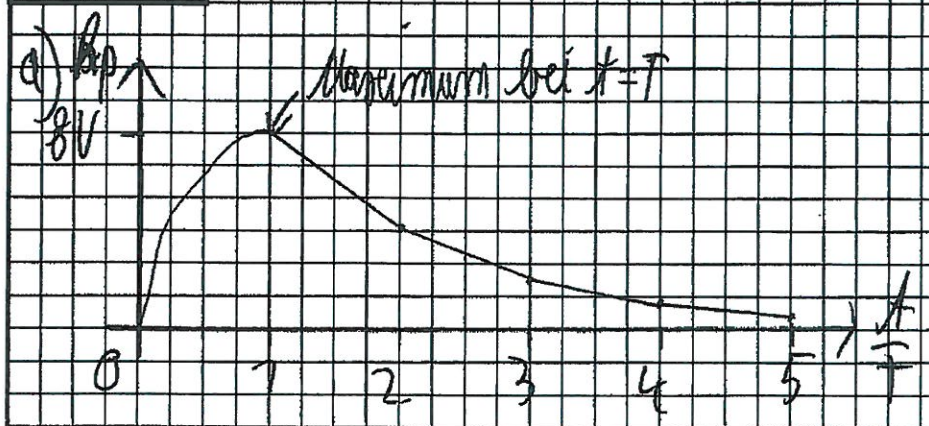


Das Digitalsignal muss durch eine Impulsformung mit Impuls p(t) (z.B. rot oder ~~Roll-Off~~) ~~zu~~ analog übertragen werden. Durch den Matched-Filter am Eingang des Empfängers p(-t) wird das SNR maximiert. Ein TP ist meist nicht mehr nötig. Hierbei gilt p(t) * p(-t) = Augenmit 1 Impuls. (nur im Idealfall) MF ist aber auf Basisgrundimpuls p(t) angepasst.

a) noch 3/3

Aufgabe: 5

a)



b) 2/2

b) Augenöffnung maximal bei $t_1 = T$ $\quad R_p(T) = 8V$

$\Rightarrow t_1 = T = T_S + t_0 \qquad t_0 = T - T_S = 1{,}1\mu s - 1\mu s = 0{,}1\mu s$

$\Rightarrow \underline{\underline{t_0 = 0{,}1\mu s}}$

85 : WS | Semester | Fach | Dozent
FSR - Klausurensammlung

Aufgabe: 5

c) $c_0 = 1$ $\quad t_1 = 1{,}7\,\mu s$ $\quad t_2 = 2{,}7\,\mu s$ $\quad t_3 = 3{,}7\,\mu s$

C 616

$$\underline{\underline{c_1}} = -\frac{c_0 \cdot h_p(2{,}7\,\mu s)}{h_p(1{,}7\,\mu s)} = -\frac{\overset{9{,}79\,V}{\frac{2{,}7\,\mu s}{1{,}7\,\mu s} \cdot 8\,V}}{\underset{28{,}39\,V}{8\,V}} = \underline{\underline{0{,}9524}}$$

$$\underline{\underline{c_2}} = \frac{-[c_0 \cdot h_p(3{,}7\,\mu s) + c_1 \cdot h_p(2{,}7\,\mu s)]}{h_p(1{,}7\,\mu s)}$$

$$= \underline{\underline{0{,}0804}}$$

Aufgabe: 5

d) $$\underline{\underline{\frac{P_S}{P_{JSI}}}} = \frac{\left[\overset{8\,V}{h_p(1{,}7\,\mu s)} - \overset{7{,}74\,V}{h_p(t_0)}\right]^2}{h_p(t_0)^2} = \underline{\underline{36{,}27}} \hat{=} \underline{\underline{15{,}59\,dB}}$$

das ist worst case

⇓

mitere Signal-Abstand

d) 418

↖ gute Idee

Für Erklärung fehlt leider Ansatz genau richtige Idee

SS / WS Semester Fach Dozent
FSR - Klausurensammlung

(5)

Klausur GN E4b/SS2012, 04. Juli, 2012 Department Informations- und Elektrotechnik, HAW

Name: Böhm Vorname: Tim Matr.-Nr.: 2023408

Zugelassene Hilfsmittel:

- **Taschenrechner, zwei DIN A4 Blätter mit eigenen Notizen, Kugelschreiber oder andere Stifte, leere DIN A4 Blätter**

Formale Bedingungen:

- **NUR Antworten auf den Aufgabenblättern werden bewertet! Benutzen Sie ausschließlich die ausgegebenen Papiere!**
- **Kein Rot verwenden. Das Aufgabenblatt mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikel-Nr. mit abgeben.**
- **Sie haben 90 Minuten Zeit.**

Name	Vorname	Matrikel-Nr.

Aufgabe	Punktzahl
1	10 /10
2	3 /12
3	10 /10
4	5 /6
5	$2 + 1 + 1\frac{1}{2} = 4\frac{1}{2}$ /12
Summe	32,5 /50

Leistungspunkte	9

FSK - Klausurensammlung
Jahr SS / WS 2012 | Semester E4 | Fach GN | Dozent L

Klausur GN E4b/SS2012, 04. Juli, 2012 Department Informations- und Elektrotechnik, HAW

Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

Aufgabe 1 (10p): 10

1) Sind die in der Tabelle 1 angegebenen Aussagen korrekt oder falsch? Bitte ankreuzen!

Tabelle 1:

Nr.	Korrekt	falsch	Aussage
1	X ✓		Die gesendete Information steckt bei der AM-Modulation in der Regel in der Amplitude.
2		X ✓	Die gesendete Information steckt bei der AM-Modulation in der Regel in der Trägerfrequenz.
3	X ✓		Die gesendete Information der AM-Modulation steckt in der Regel in den Seitenbänden.
4		X ✓	Bei dem Basisbandsignal handelt es sich um ein Signal, das durch AM, FM oder PM einem Sinusträger aufmoduliert und an den physikalischen Kanal angepasst ist.
5		X ✓	Verzerrungsfreies Übertragungssystem ist ein System, das im Frequenz-Durchlassbereich über einen konstanten Amplitudengang und einen konstanten Phasengang verfügt.
6		X ✓	Eine Zerstörung bzw. Veränderung der Impulsform bei einer digitalen Ubertragung ist nicht zulässig.
7		X ✓	Beim Transversalfilter werden zur Reduzierung der sogenannten Nachbarzeicheninterferenz und zur Erfüllung der 1.Nyquist-Bedingung Nulldurchgänge im Frequenztbereich erzwungen.

6

2) Wie große muss der Abtastintervall T_A mindestens sein, damit das nachfolgende Signal zurückgewonnen werden kann?

$$s_{BP}(t) = A_0 \cdot \cos(2\pi \cdot 5kHz \cdot t) \cdot \cos(2\pi \cdot 15kHz \cdot t)$$

1

$15kHz + 5kHz = f_{smax}$

$f_A \geq 2 \cdot f_{smax} = 40kHz \Rightarrow T_A = \frac{1}{f_A} = 25\mu s$ ✓

3) Wie viele Quantisierungsintervalle gibt es mit einer Zeichenlänge von 4 Bits?

1

$2^4 = 16$ Zeichen

$\Rightarrow$ 16 Quantisierungsintervalle ✓

4) Geben Sie die Abtastfrequenz im ISDN-Netz und Anzahl der Kanäle für Basis- und Primärmultiplexanschluß an! Woraus ergibt sich die Übertragungsrate 64kbits/s?

2

$f_A = 8kHz$

Basisanschluß: 2 Sprachkanäle + 1 Signalisierungskanal

Primäranschluß: (32 Kanäle je 8 Bit)

(30 Nutzkanäle)

8 Bit/Abtastung $\Rightarrow 8kHz \cdot 8Bit = 64 \frac{kBit}{s}$ ✓

SS / WS | Semester | Fach | Dozent
2012 | E4b | GN
FSR - Klausurensammlung 2/11

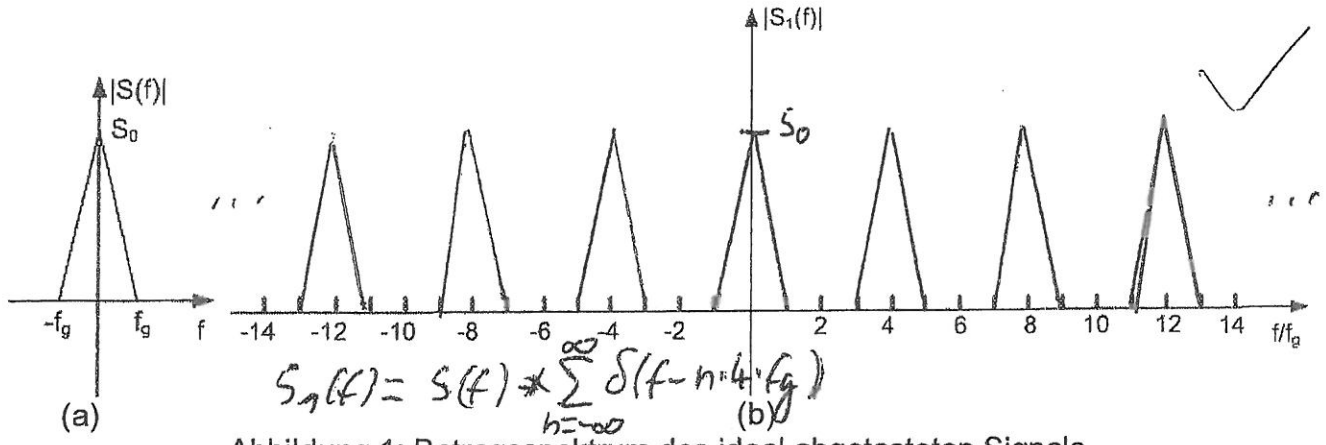
Jahr	Semester	Fach	Dozent
2012	E4b	GN	Ci

FSR - Klausurensammlung 3/11

Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

Aufgabe 2 (12): 3

Gegeben ist das Betragsspektrum eines analogen Signals in Abb. 1(a)



$S_1(f) = S(f) * \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - n \cdot 4 \cdot f_g)$

Abbildung 1: Betragsspektrum des ideal abgetasteten Signals

Das Signal wird abgetastet und die Abtastfrequenz ist $4f_g$.

2

1) Zeichen Sie das Betragsspektrum des ideal abgetasteten Signals in Abb. 1 (b) ein!

2) Das Signal wird jetzt mit einem Torschalter der Breite $T_i = \frac{1}{7 f_g}$ real abgetastet. Beschreiben Sie nährungsweise den Unterschied zwischen diesem Spektrum und dem Spektrum aus 1) in Abb.1 (c)!

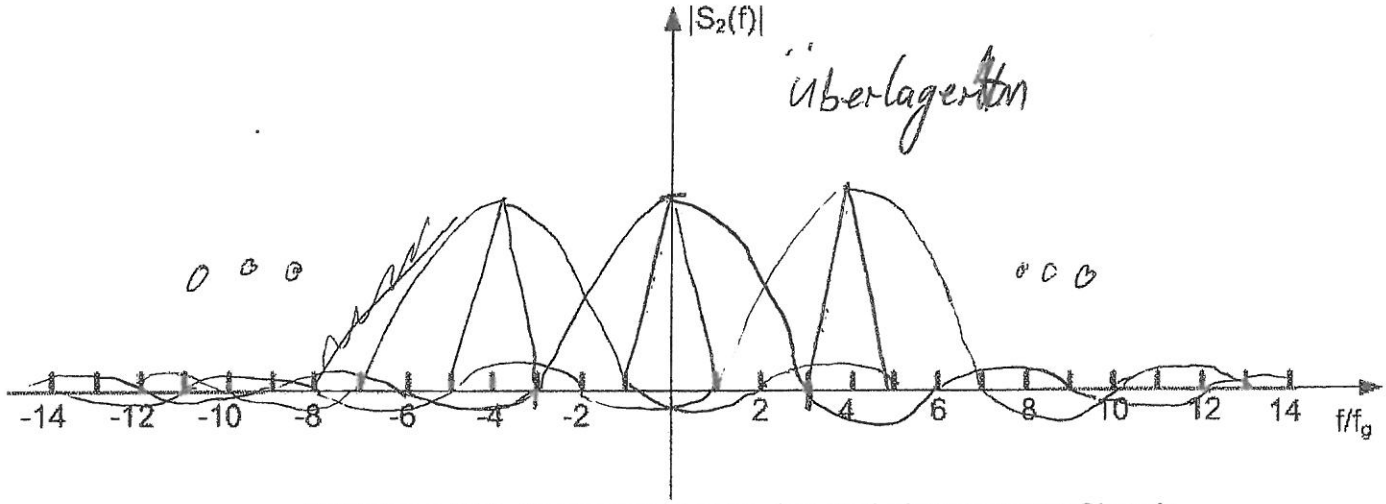


Abbildung 1(c): Betragsspektrum des real abgetasteten Signals

~~$S_1(t) = S(t) \cdot \frac{1}{4 f_g} \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - n \cdot \frac{1}{4 f_g}) \cdot \mathrm{rect}($~~

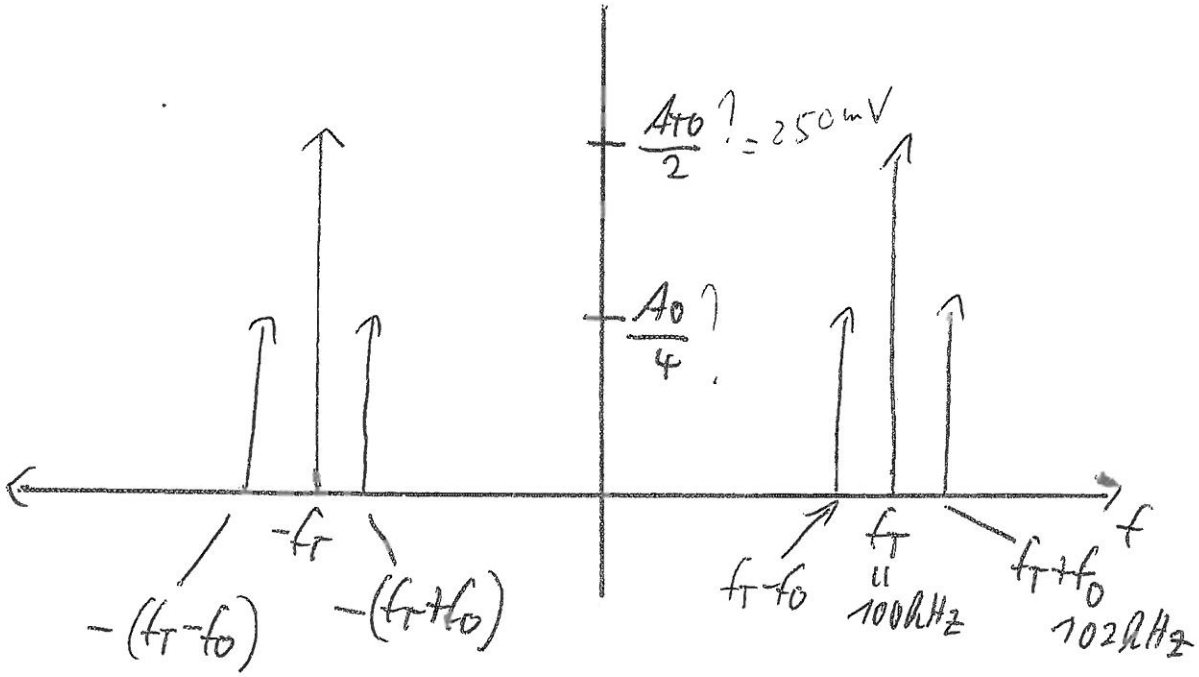
Es wird mit einer si()-Funktion überlagert

3) Ein Generator liefert die Trägerschwingung mit einer Frequenz von f_T = 100KHz. Zeichen Sie qualitativ das Amplitudenspektrum der amplitudenmodulierten Signals, wenn das Sendesignal eine Sinusschwingung mit f_0 = 2KHz, Amplitude A_0 = 250mV und Modulationsgrad μ = 0.5 ist.

$$A_0 \cdot \cos(2\cdot\pi\cdot f_0\cdot t) \cdot \overset{A_{T0}}{\cos}(2\cdot\pi\cdot f_T\cdot t)$$

1 $$\frac{A_0}{\mu} = A_{T0} = \frac{250mV}{0{,}5} = 0{,}5V$$

SS / WS 2012 | Semester E4b | Fach GN | Dozent
FSR - Klausursammlung



Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

Aufgabe 3 (10): 10

1) Geben Sie das verwendeten Modulationsverfahren und jeweils die Wertigkeit M der Symbole der in Abb.2 dargestellten digitalen Modulation an!

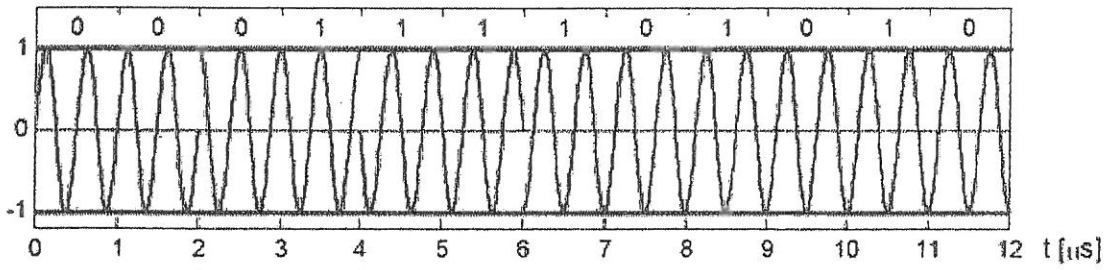


Abbildung 2

A B C D D D

M=4

PSK: Phase shift keying

3

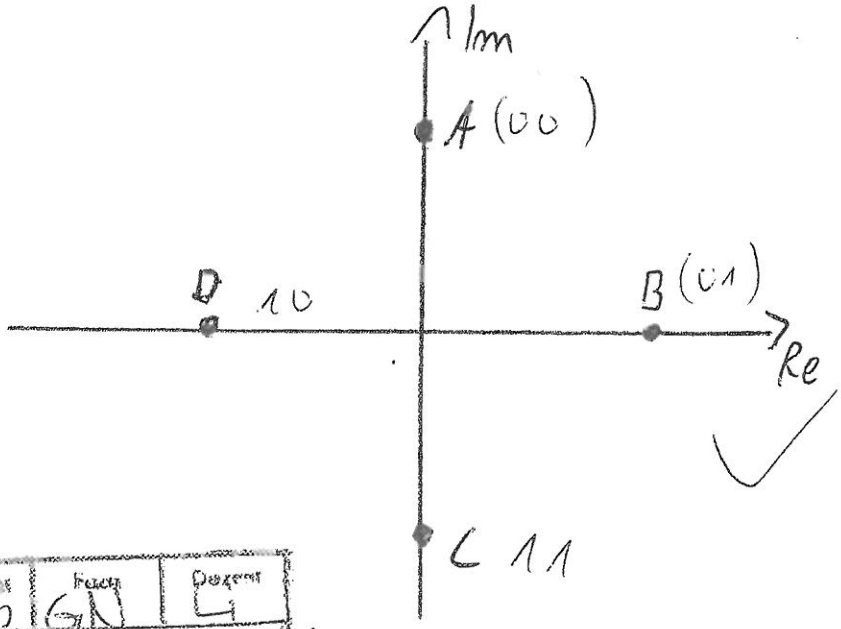
2) Stellen Sie für den beschriebenen Signalverlauf die entsprechende Signalraumdarstellung dar.

A ≙ sin()

B ≙ cos()

C ≙ -sin()

D ≙ -cos()



3

2012	E4b	GN	L
PSK - Bezugsensemble 5/11			

Jahr | Semester | Fach | Dozent
2012 | E4b | GN | G
FSR - Klausurensammlung 6/11

Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

3) Bestimmen Sie das Spektrum des nachfolgenden phasenmodulierten Rechtecksignals!

$$s_{BP}(t) = rect\left[\frac{t-3\mu s)}{2\mu s}\right]\cdot\cos(2\cdot\pi\cdot 2MHz\cdot t) - rect\left[\frac{t-7\mu s}{2\mu s}\right]\cdot\cos(2\cdot\pi\cdot 2MHz\cdot t)$$

4

$$= \cos(2\cdot\pi\cdot 2MHz\cdot t)\cdot\left[rect\left(\frac{t-3\mu s}{2\mu s}\right) - rect\left(\frac{t-7\mu s}{2\mu s}\right)\right]$$

$$S_{BP}(f) = \frac{1}{2}\left[\delta(f+2MHz)+\delta(f-2MHz)\right] * \left[2\mu s\cdot si(\pi f 2\mu s)\cdot e^{-j2\pi f 3\mu s} - 2\mu s\cdot si(\pi f 2\mu s)\cdot e^{-j2\pi f 7\mu s}\right]$$

SS 2012 | Semester E4b | Fach GN | Dozent Cl
FSR - Klausurensammlung 7/21

Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

5

Aufgabe 4 (6): Eine Quelle sendet fünf Zeichen a, b, c, d, und e mit der Auftrittwahrscheinlichkeiten: p_a=0,37, p_b = 0,23, p_c = 0,18, p_d = 0,12 und p_e = 0,1.

1) Ermitteln Sie den mittleren Informationsgehalt H!
2) Konstruieren Sie einen Code nach Huffman. Ermitteln Sie die mittlere Codewortlänge nach der Kodierung!

	Pa	Pb	Pc	Pd	Pe
I	1,434	2,12	2,474	3,059	3,322

$$I = -ld(p(z_n)) = ld\left(\frac{1}{p(z_n)}\right)$$

$$H = \sum_{n=1}^{5} p(z_n) \cdot I = 2{,}163 \frac{bit}{Zeichen}$$

1

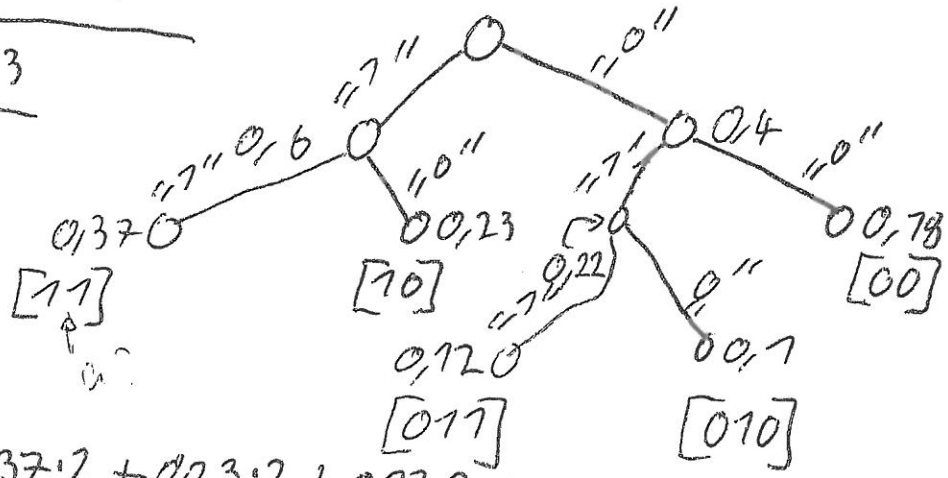
0,37 0,23 0,18 0,12 0,1

0,37 0,23 0,22 0,18

3 0,4 0,37 0,23

0,6 0,4

1



$$\bar{m} = \sum_{n=1}^{5} p(z_n) \cdot b_n = 0{,}37 \cdot 2 + 0{,}23 \cdot 2 + 0{,}12 \cdot 3 + 0{,}1 \cdot 3 + 0{,}18 \cdot 2$$

1 $= 2{,}22$ Bit

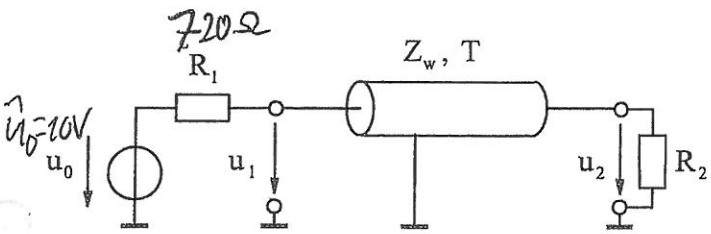
2012 | EMB | GN
FSR - Klausurensammlung 8/11

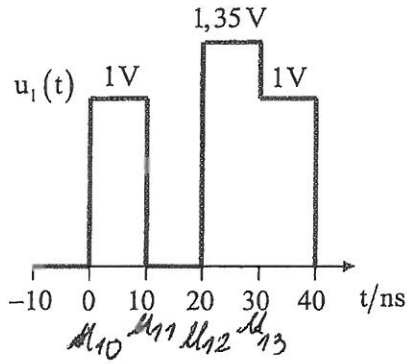
Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

Aufgabe : Leitung (12 Punkte)

Kleine Formelsammlung für verlustfreie Leitung:

Reflexionsfaktor: $r_x = \dfrac{Z_x - Z_W}{Z_x + Z_W}$	**Verkürzungsfaktor:** $k = v_{ph}/c_0$	$k \cong 1/\sqrt{\varepsilon_r}$





Das obige System ist für $t<0$ in Ruhe. Zum Zeitpunkt $t=0$ beginnt der Generator periodisch Spannungspulse der Dauer $T_D = 10\,\text{ns}$ auszusenden. Die Spannungshöhe der Quelle u_0 beträgt $\hat{u}_0 = 10\,\text{V}$. Die Leitung ist verlustfrei. $R_1 = 720\,\Omega$ und für das Dielektrikum gilt ein $\varepsilon_r = 2{,}25$. Im Bild ist $u_1(t)$ für $-10\,\text{ns} < t < 40\,\text{ns}$ zu sehen.

Die korrekten Einheiten aller physikalischen Größen sind anzugeben.

a) Berechnen Sie den Wellenwiderstand Z_W (2 Punkte)

Hinweis: *Ein Lattice Diagramm ist in den folgenden Aufgabenpunkten nicht gefordert, könnte aber sehr hilfreich sein!*

b) Berechnen Sie den Abschlusswiderstand R_2. (3 Punkte).

Falls Sie Z_W und R_2 nicht bestimmen konnten, rechnen Sie im Folgenden mit $Z_W = 75\,\Omega$ und $R_2 = 525\,\Omega$. Ansonsten rechnen Sie mit den berechneten Werten weiter.

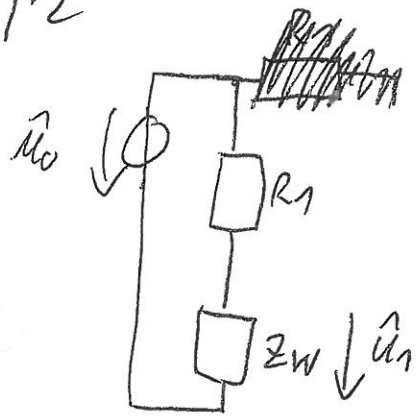
c) Bestimmen Sie $u_1(t)$ für $40\,\text{ns} < t < 70\,\text{ns}$. Geben Sie alle Spannungswerte an. (7 Punkte)
Hinweis: *Ein Kabel ist ein lineares System, d.h. das Superpositionsprinzip gilt.*

Klausur GN E4b/SS2012, 04. Juli, 2012
Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

$\hat{u}_0 = 10V \quad R_1 = 720\Omega \quad \varepsilon_r = 2{,}25$

a) a) Erster Moment: Nur der Wellenwiderstand ist relevant, R_2 nicht.

2/2



$$\frac{\hat{u}_0}{\hat{u}_1} = \frac{R_1 + Z_W}{Z_W} = \frac{R_1}{Z_W} + 1$$

$$\frac{R_1}{Z_W} = \frac{\hat{u}_0}{\hat{u}_1} - 1 \Rightarrow \frac{Z_W}{R_1} = \frac{1}{\frac{\hat{u}_0}{\hat{u}_1} - 1}$$

$$Z_W = \frac{R_1}{\frac{\hat{u}_0}{\hat{u}_1} - 1} = \frac{720\Omega}{\frac{10V}{1V} - 1} = \underline{80\Omega} \checkmark$$

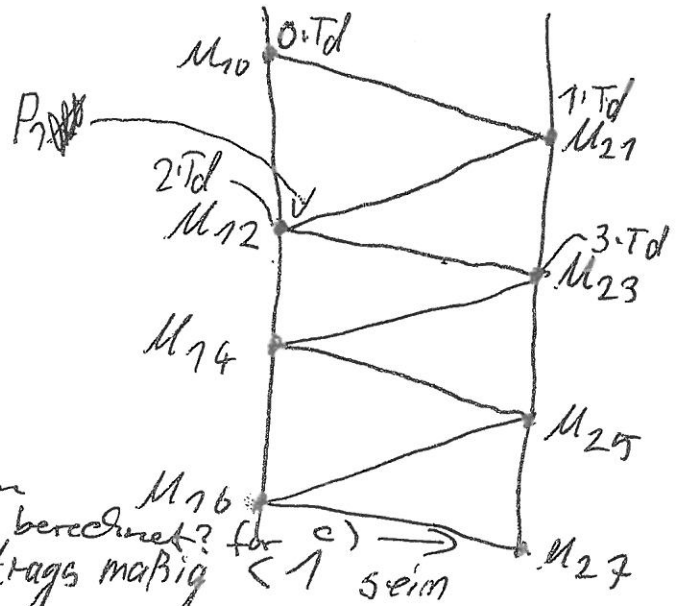
b) b) $\frac{R_2 - Z_W}{R_2 + Z_W} = r_2$

1,3

$$R_2 - Z_W = r_2 \cdot R_2 + r_2 \cdot Z_W$$

$$R_2 - r_2 \cdot R_2 = r_2 \cdot Z_W + Z_W$$

$$R_2 = \frac{r_2 \cdot Z_W + Z_W}{1 - r_2} \checkmark$$



warum nicht berechnet? für c)

$T = 2 \cdot T_d$, da r_1, r_2 nur Betragsmäßig < 1 sein können erfolgt zwischen 20. und 30 ns eine Überlagerung

Periodendauer

$$u_{12} = u_{10}\, r_2 (1 + r_1) \Rightarrow r_2 \Rightarrow R_2$$

Klausur GN E4b/SS2012, 04. Juli, 2012 Department Informations- und Elektrotechnik, HAW

Name: _____ Vorname: _____ Matr.-Nr.: _____

zu b)

$u_{12} = u_{10} + u_{10} + u_{10} \cdot A^2 \cdot r_2 + A^2 \cdot r_1 \cdot r_2$

$f_1 = 0$, s.o.

$P_1 = 2 \cdot u_{10} + u_{10} \cdot A^2 \cdot r_2$

c)

$1\frac{1}{2}$ / 7 $r_1 = \frac{R_1 - Z_W}{R_1 + Z_W} = 0{,}8$ ✓

c)

Klausur GN E4b/SS2012, 04. Juli, 2012
Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

zu c) $Z_W = 80\,\Omega$ $R_2 = 525\,\Omega$

$$r_1 = \frac{R_1 - Z_W}{R_1 + Z_W} = \frac{720\,\Omega - 80\,\Omega}{800\,\Omega} = 0{,}8$$

$$r_2 = \frac{R_2 - Z_W}{R_2 + Z_W} = \frac{525\,\Omega - 80\,\Omega}{605\,\Omega} = 0{,}736$$

$u_{10} = 1\,V$

$u_{11} = 0\,V$ $u_{21} = u_{10} \cdot A \cdot (1 + r_2)$ (n.S.)

$u_{12} = 1{,}35\,V$

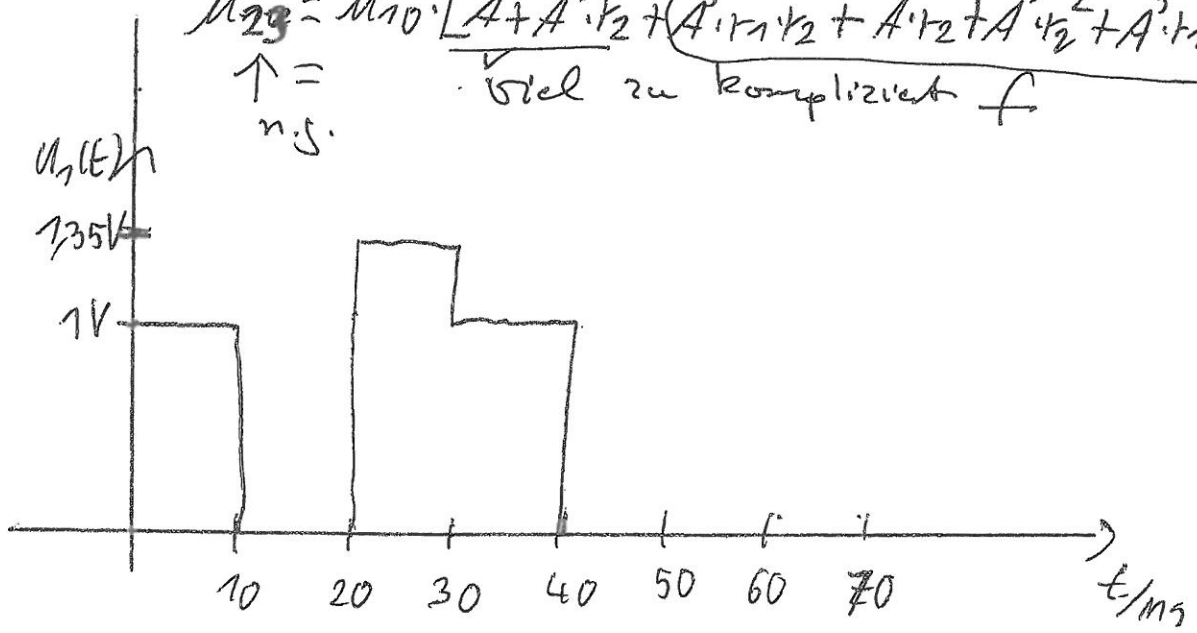
$u_{13} = 1\,V$ $u_{10} \cdot [2 + A^2 \cdot r_2 + A^2 \cdot r_1 \cdot r_2]$

$$A = \sqrt{\frac{\frac{u_{12}}{u_{10}} - 2}{r_2 + r_1 \cdot r_2}} = 0{,}514$$

$u_{23} = u_{10} \cdot [A + A^3 \cdot r_2 + A^3 \cdot r_1 \cdot r_2 + A \cdot r_2 + A^3 \cdot r_2^2 + A^3 \cdot r_1 \cdot r_2^2]$

↑ = n.S.

viel zu kompliziert f



Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

Aufgabe 1 (10p): 10

1) Sind die in der Tabelle 1 angegebenen Aussagen korrekt oder falsch? Bitte ankreuzen!

Tabelle 1:

Nr.	Korrekt	falsch	Aussage
1	X ✓		Die gesendete Information steckt bei der AM-Modulation in der Regel in der Amplitude.
2		X ✓	Die gesendete Information steckt bei der AM-Modulation in der Regel in der Trägerfrequenz.
3	X ✓		Die gesendete Information der AM-Modulation steckt in der Regel in den Seitenbänden.
4		X ✓	Bei dem Basisbandsignal handelt es sich um ein Signal, das durch AM, FM oder PM einem Sinusträger aufmoduliert und an den physikalischen Kanal angepasst ist.
5		X ✓	Verzerrungsfreies Übertragungssystem ist ein System, das im Frequenz-Durchlassbereich über einen konstanten Amplitudengang und einen konstanten Phasengang verfügt.
6		X ✓	Eine Zerstörung bzw. Veränderung der Impulsform bei einer digitalen Ubertragung ist nicht zulässig.
7		X ✓	Beim Transversalfilter werden zur Reduzierung der sogenannten Nachbarzeicheninterferenz und zur Erfüllung der 1.Nyquist-Bedingung Nulldurchgänge im Frequenztbereich erzwungen.

6

2) Wie große muss der Abtastintervall T_A mindestens sein, damit das nachfolgende Signal zurückgewonnen werden kann?

$$s_{BP}(t) = A_0 \cdot \cos(2\pi \cdot 5kHz \cdot t) \cdot \cos(2\pi \cdot 15kHz \cdot t)$$

1

$15kHz + 5kHz = f_{Smax}$

$f_A \geq 2 \cdot f_{Smax} = 40kHz \Rightarrow T_A = \frac{1}{f_A} = 25\mu s$ ✓

3) Wie viele Quantisierungsintervalle gibt es mit einer Zeichenlänge von 4 Bits?

1

$2^4 = 16$ Zeichen

$\Rightarrow$ 16 Quantisierungsintervalle ✓

4) Geben Sie die Abtastfrequenz im ISDN-Netz und Anzahl der Kanäle für Basis- und Primärmultiplexanschluß an! Woraus ergibt sich die Übertragungsrate 64kbits/s?

2

$f_A = 8kHz$

Basisanschluß: 2 Sprachkanäle + 1 Signalisierungskanal

Primäranschluß: (32 Kanäle je 8 Bit)
(30 Nutzkanäle)

8 Bit/Abtastung $\Rightarrow 8kHz \cdot 8Bit = 64 \frac{kBit}{s}$ ✓

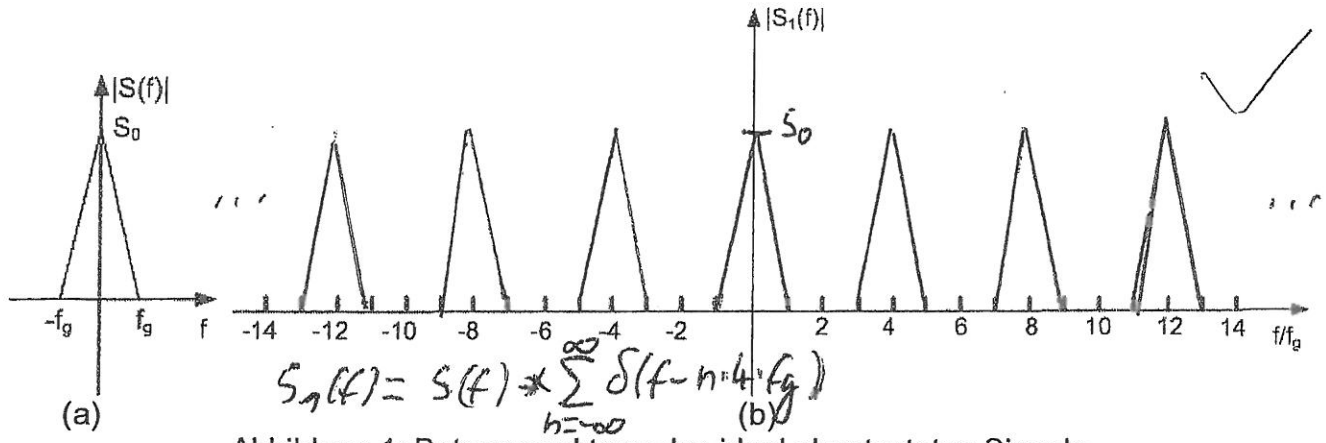
SS / WS 2012 | Semester E4b | Fach GN | Dozent
FSR - Klausurensammlung 2/11

SS Jahr 2012 | Semester E4b | Fach GN | Dozent Ci
FSR - Klausurensammlung 3/11

Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

Aufgabe 2 (12): 3

Gegeben ist das Betragsspektrum eines analogen Signals in Abb. 1(a)



$S_1(f) = S(f) * \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - n \cdot 4 \cdot f_g)$

Abbildung 1: Betragsspektrum des ideal abgetasteten Signals

Das Signal wird abgetastet und die Abtastfrequenz ist $4f_g$.

2

1) Zeichen Sie das Betragsspektrum des ideal abgetasteten Signals in Abb. 1 (b) ein!

2) Das Signal wird jetzt mit einem Torschalter der Breite $T_i = \frac{1}{7 f_g}$ real abgetastet. Beschreiben Sie nährungsweise den Unterschied zwischen diesem Spektrum und dem Spektrum aus 1) in Abb.1 (c)!

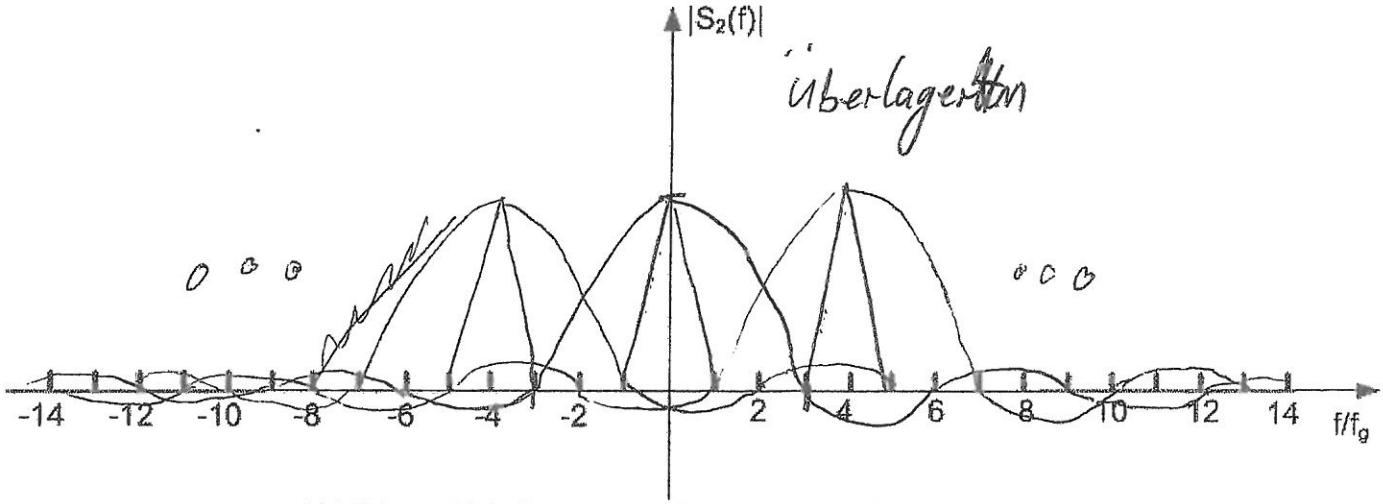


Abbildung 1(c): Betragsspektrum des real abgetasteten Signals

~~$S_1(t) = S(t) \cdot \frac{1}{4 f_g} \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - n \cdot \frac{1}{4 f_g}) \cdot rect($~~

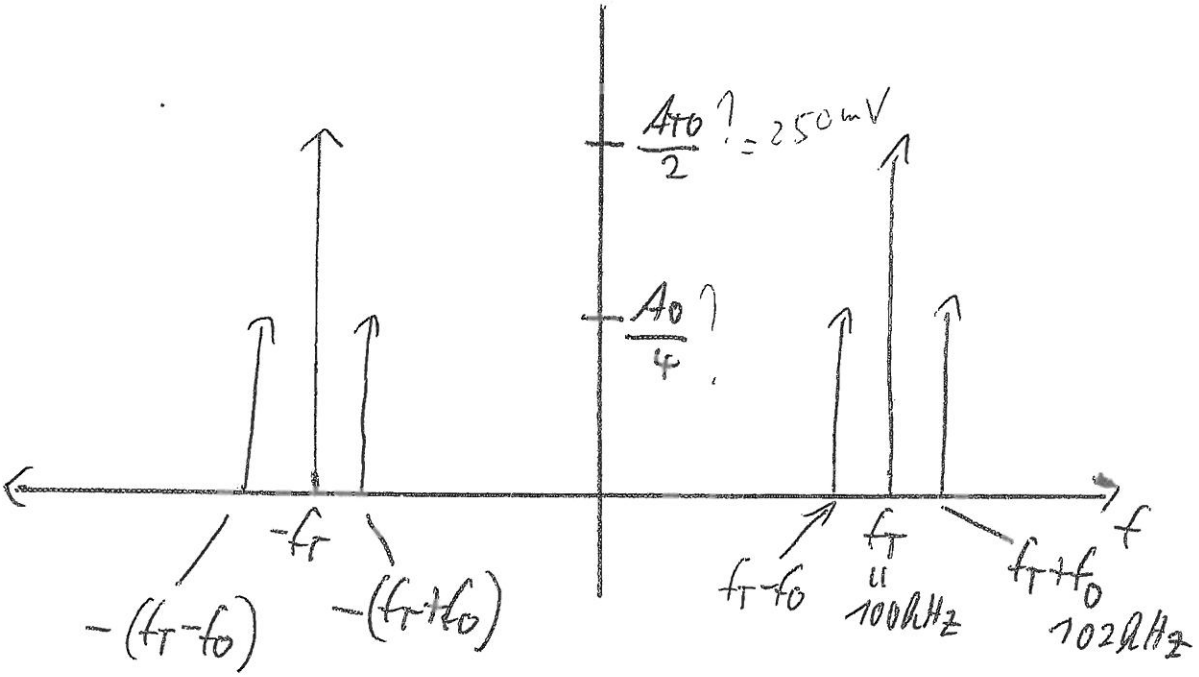
Es wird mit einer si()-Funktion überlagert

3) Ein Generator liefert die Trägerschwingung mit einer Frequenz von f_T = 100KHz. Zeichen Sie qualitativ das Amplitudenspektrum der amplitudenmodulierten Signals, wenn das Sendesignal eine Sinusschwingung mit f_0 = 2KHz, Amplitude A_0 = 250mV und Modulationsgrad μ = 0.5 ist.

$$A_0 \cdot \cos(2\cdot\pi\cdot f_0\cdot t) \cdot \overset{A_{T0}}{} \cos(2\cdot\pi\cdot f_T\cdot t)$$

1 $$\frac{A_0}{\mu} = A_{T0} = \frac{250mV}{0{,}5} = 0{,}5V$$

SS / WS 2012 | Semester E4b | Fach GN | Dozent L
FSR - Klausursammlung 4/11



Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

Aufgabe 3 (10): 10

1) Geben Sie das verwendeten Modulationsverfahren und jeweils die Wertigkeit M der Symbole der in Abb.2 dargestellten digitalen Modulation an!

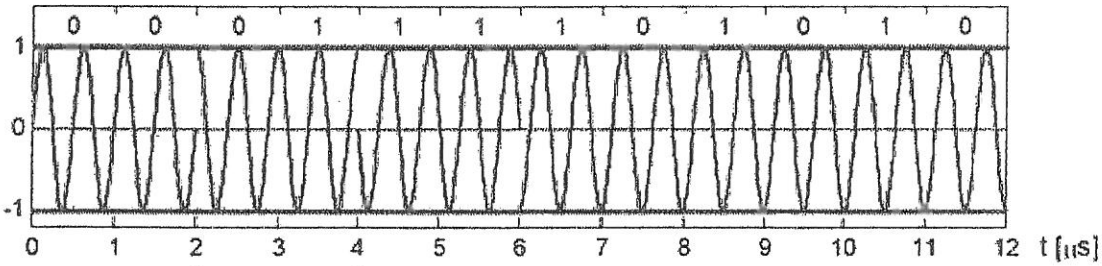


Abbildung 2

A B C D D D

M=4

3 PSK: Phase shift keying

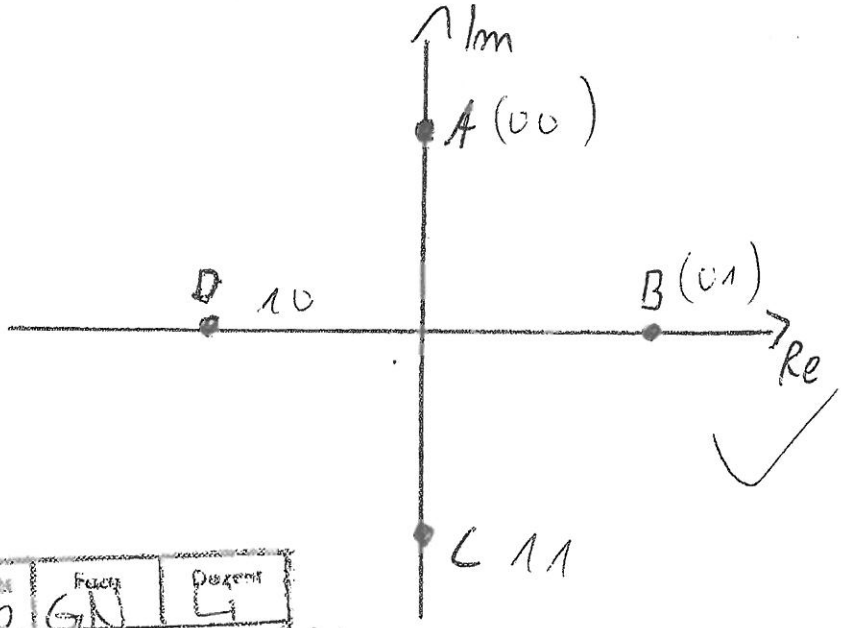
2) Stellen Sie für den beschriebenen Signalverlauf die entsprechende Signalraumdarstellung dar.

A ≙ sin()

B ≙ cos()

C ≙ -sin()

D ≙ -cos()



3

2012	E4b	GN	
PSK - Klausursammlung 5/11			

Klausur GN E4b/SS2012, 04. Juli, 2012 Department Informations- und Elektrotechnik, HAW

Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

3) Bestimmen Sie das Spektrum des nachfolgenden phasenmodulierten Rechtecksignals!

$$s_{BP}(t) = rect\left[\frac{t-3\mu s)}{2\mu s}\right]\cdot\cos(2\cdot\pi\cdot 2MHz\cdot t) - rect\left[\frac{t-7\mu s}{2\mu s}\right]\cdot\cos(2\cdot\pi\cdot 2MHz\cdot t)$$

4

$$= \cos(2\cdot\pi\cdot 2MHz\cdot t)\cdot\left[rect\left(\frac{t-3\mu s}{2\mu s}\right) - rect\left(\frac{t-7\mu s}{2\mu s}\right)\right]$$

$$\underline{S}_{BP}(f) = \frac{1}{2}\left[\delta(f+2MHz)+\delta(f-2MHz)\right] * \left[2\mu s\cdot si(\pi f 2\mu s)\cdot e^{-j2\pi f 3\mu s} - 2\mu s\cdot si(\pi f 2\mu s)\cdot e^{-j2\pi f 7\mu s}\right]$$

SS 2012 | Semester E4b | Fach GN | Dozent Ci
FSR - Klausurensammlung 7/11

Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

5

Aufgabe 4 (6): Eine Quelle sendet fünf Zeichen a, b, c, d, und e mit der Auftrittwahrscheinlichkeiten: p_a=0,37, p_b = 0,23, p_c = 0,18, p_d = 0,12 und p_e = 0,1.

1) Ermitteln Sie den mittleren Informationsgehalt H!
2) Konstruieren Sie einen Code nach Huffman. Ermitteln Sie die mittlere Codewortlänge nach der Kodierung!

	Pa	Pb	Pc	Pd	Pe
I	1,434	2,12	2,474	3,059	3,322

$$I = -ld(p(z_m)) = ld\left(\frac{1}{p(z_m)}\right)$$

$$H = \sum_{n=1}^{5} p(z_m) \cdot I = 2{,}163 \frac{bit}{Zeichen}$$

1

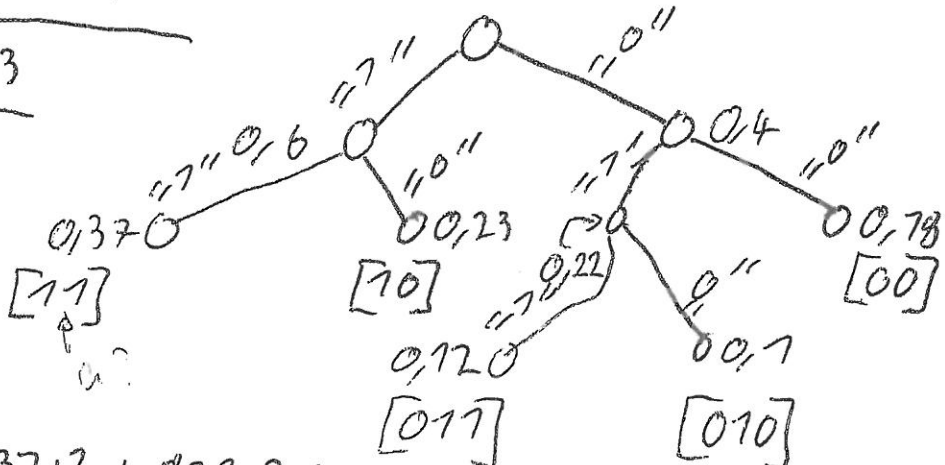
0,37 0,23 0,18 0,12 0,1

0,37 0,23 0,22 0,18

3 0,4 0,37 0,23

0,6 0,4

1



$$\bar{m} = \sum_{n=1}^{5} p(z_m) \cdot b_n = 0{,}37 \cdot 2 + 0{,}23 \cdot 2 + 0{,}12 \cdot 3 + 0{,}1 \cdot 3 + 0{,}18 \cdot 2$$

1 $= 2{,}22$ Bit

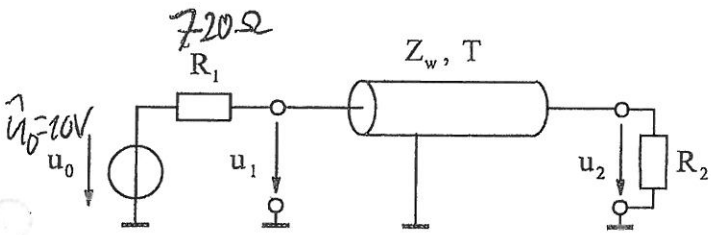
2012 | E4b | GN
FSR - Klausurensammlung

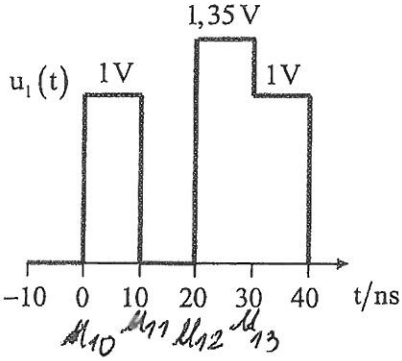
Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

Aufgabe : Leitung (12 Punkte)

Kleine Formelsammlung für verlustfreie Leitung:

Reflexionsfaktor: $r_x = \frac{Z_x - Z_W}{Z_x + Z_W}$	**Verkürzungsfaktor:**	
	$k = v_{ph}/c_0$	$k \cong 1/\sqrt{\varepsilon_r}$





Das obige System ist für $t<0$ in Ruhe. Zum Zeitpunkt $t=0$ beginnt der Generator periodisch Spannungspulse der Dauer $T_D = 10\,\text{ns}$ auszusenden. Die Spannungshöhe der Quelle u_0 beträgt $\hat{u}_0 = 10\,\text{V}$. Die Leitung ist verlustfrei. $R_1 = 720\,\Omega$ und für das Dielektrikum gilt ein $\varepsilon_r = 2{,}25$. Im Bild ist $u_1(t)$ für $-10\,\text{ns} < t < 40\,\text{ns}$ zu sehen.

Die korrekten Einheiten aller physikalischen Größen sind anzugeben.

a) Berechnen Sie den Wellenwiderstand Z_W (2 Punkte)

Hinweis: *Ein Lattice Diagramm ist in den folgenden Aufgabenpunkten nicht gefordert, könnte aber sehr hilfreich sein!*

b) Berechnen Sie den Abschlusswiderstand R_2. (3 Punkte).

Falls Sie Z_W und R_2 nicht bestimmen konnten, rechnen Sie im Folgenden mit $Z_W = 75\,\Omega$ und $R_2 = 525\,\Omega$. Ansonsten rechnen Sie mit den berechneten Werten weiter.

c) Bestimmen Sie $u_1(t)$ für $40\,\text{ns} < t < 70\,\text{ns}$. Geben Sie alle Spannungswerte an. (7 Punkte)
Hinweis: *Ein Kabel ist ein lineares System, d.h. das Superpositionsprinzip gilt.*

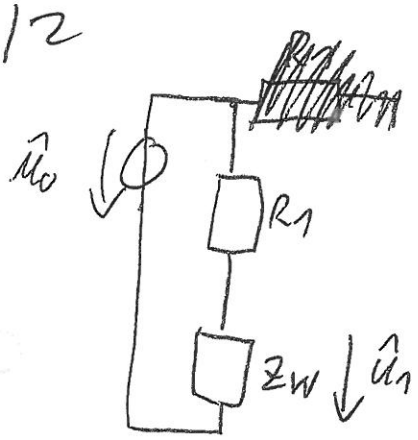
Klausur GN E4b/SS2012, 04. Juli, 2012 Department Informations- und Elektrotechnik, HAW

Name: _____ Vorname: _____ Matr.-Nr.: _____

$\hat{u}_0 = 10V \quad R_1 = 720\Omega \quad \varepsilon_r = 2{,}25$

a) a) Erster Moment: Nur der Wellenwiderstand ist relevant, R_2 nicht.

2/2



$$\frac{\hat{u}_0}{\hat{u}_1} = \frac{R_1 + Z_W}{Z_W} = \frac{R_1}{Z_W} + 1$$

$$\frac{R_1}{Z_W} = \frac{\hat{u}_0}{\hat{u}_1} - 1 \Rightarrow \frac{Z_W}{R_1} = \frac{1}{\frac{\hat{u}_0}{\hat{u}_1} - 1}$$

$$Z_W = \frac{R_1}{\frac{\hat{u}_0}{\hat{u}_1} - 1} = \frac{720\Omega}{\frac{10V}{1V} - 1} = \underline{80\Omega} \checkmark$$

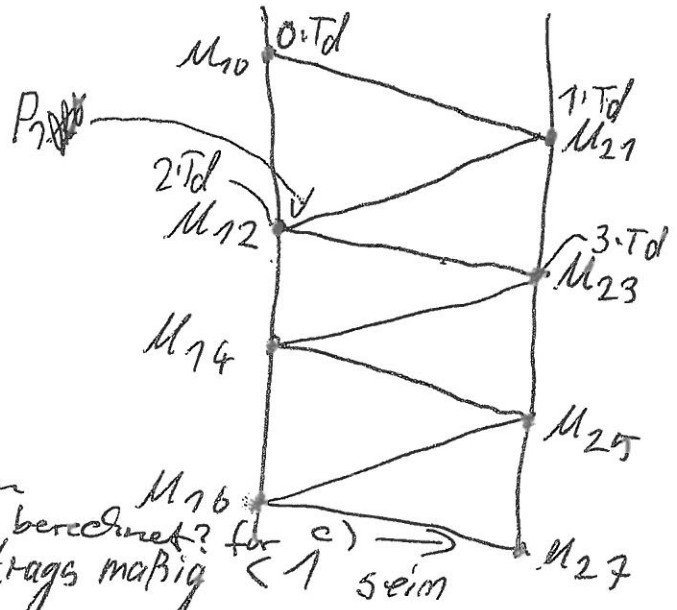
b) b) $\frac{R_2 - Z_W}{R_2 + Z_W} = r_2$

1:3

$$R_2 - Z_W = r_2 \cdot R_2 + r_2 \cdot Z_W$$

$$R_2 - r_2 \cdot R_2 = r_2 \cdot Z_W + Z_W$$

$$R_2 = \frac{r_2 \cdot Z_W + Z_W}{1 - r_2} \checkmark$$



warum nicht berechnet? für c) sein

$T = 2 \cdot T_d$, da r_1, r_2 nur Betragsmäßig < 1 können erfolgt zwischen 20. und 30. ns eine Überlagerung

Periodendauer

$$u_{12} = u_{10}\, r_2 (1 + r_1) \Rightarrow r_2 \Rightarrow R_2$$

SS / WS 2012 | Semester E4b | Fach GN | Dozent Li
FSR - Klausurensammlung 10/10

Name: _____ Vorname: _____ Matr.-Nr.: _____

zu b)

$u_{12} = u_{10} + u_{10} + u_{10} \cdot A^2 \cdot r_2 + A^2 \cdot r_1 \cdot r_2$

$f_1 = 0$, s.o.

$P_1 = 2 \cdot u_{10} + u_{10} \cdot A^2 \cdot r_2$

c)

$1\frac{1}{2}$ / 7 $r_1 = \frac{R_1 - Z_W}{R_1 + Z_W} = 0{,}8$ ✓

c)

Klausur GN E4b/SS2012, 04. Juli, 2012
Name: _____ **Vorname:** _____ **Matr.-Nr.:** _____

zu c) $Z_w = 80\,\Omega$ $R_2 = 525\,\Omega$

$$r_1 = \frac{R_1 - Z_w}{R_1 + Z_w} = \frac{720\,\Omega - 80\,\Omega}{800\,\Omega} = 0{,}8$$

$$r_2 = \frac{R_2 - Z_w}{R_2 + Z_w} = \frac{525\,\Omega - 80\,\Omega}{605\,\Omega} = 0{,}736$$

$u_{10} = 1\,V$

$u_{11} = 0\,V$ $u_{21} = u_{10} \cdot A \cdot (1 + r_2)$ (n.S.)

$u_{12} = 1{,}35\,V$

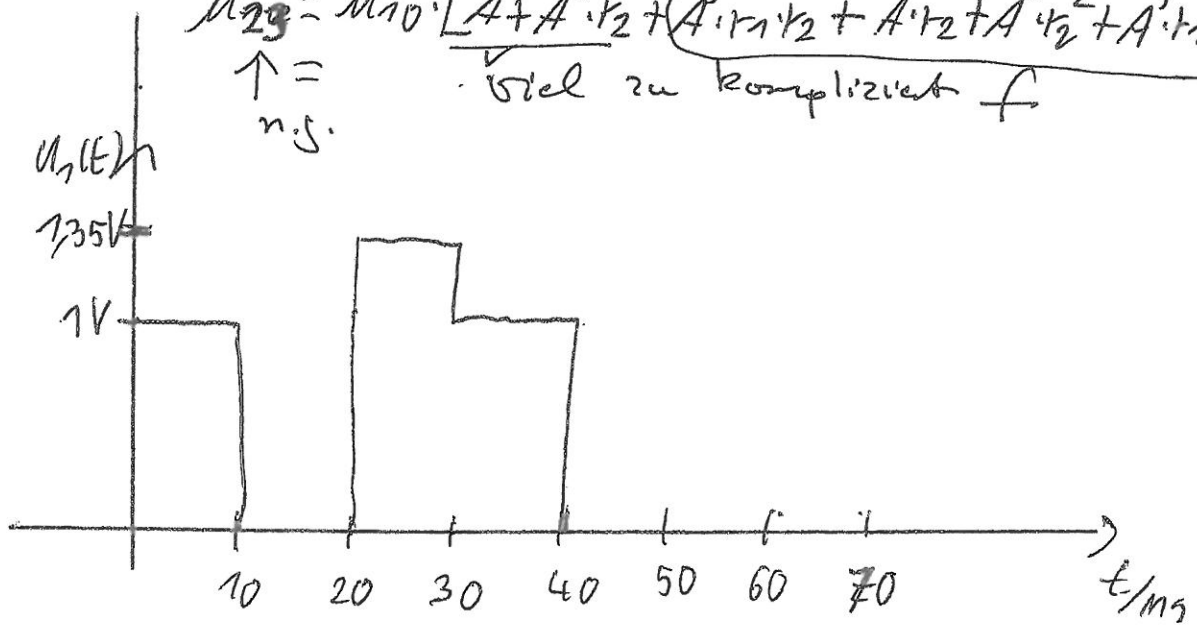
$u_{13} = 1\,V$ $= u_{10} \cdot [2 + A^2 \cdot r_2 + A^2 \cdot r_1 \cdot r_2]$

$$A = \sqrt{\frac{\frac{u_{12}}{u_{10}} - 2}{r_2 + r_1 \cdot r_2}} = 0{,}714$$

$u_{23} = u_{10} \cdot [A + A^3 \cdot r_2 + A^3 \cdot r_1 \cdot r_2 + A \cdot r_2 + A^3 \cdot r_2^2 + A^3 \cdot r_1 \cdot r_2^2]$

$\uparrow =$ n.S.

viel zu kompliziert f



(Alte PO)

3. Versuch

76 Punkte
11LP

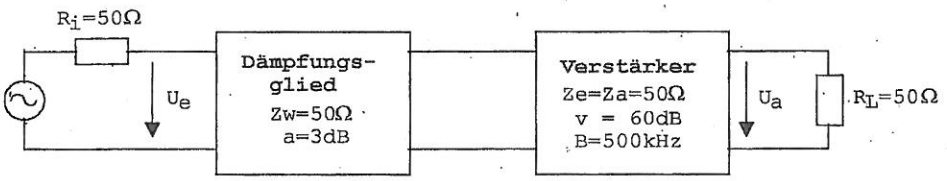
HAW Hamburg, Department EuI
Prof. Dr. J. Missun

Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4, 25.1.2016

Name: Abraham Begis Matr.-Nr. 2027748

Hinweis: An Unterlagen darf nur das GN-Vorlesungsskript mit darin enthaltenen persönlichen Notizen benutzt werden, die Verwendung anderer Unterlagen wie Klausuren, Übungsaufgaben etc. ist nicht zulässig.
Formeln dürfen aus dem Script übernommen werden, aber immer mit Quellenangabe.
Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar erkennbar sein!

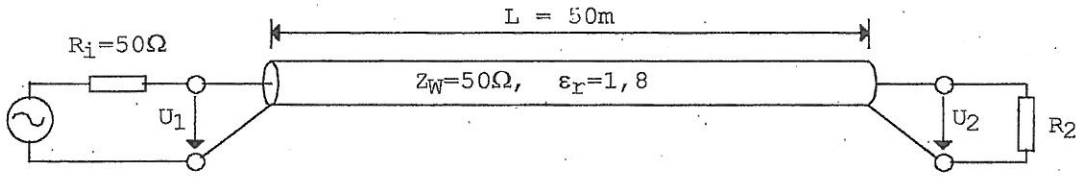
1. Aufgabe (20 Punkte)
Gegeben ist die dargestellte Anordnung von Dämpfungsglied und Verstärker.
Im System tritt nur thermisches Rauschen auf, Dämpfungsglied und Verstärker befinden sich im thermischen Gleichgewicht.



a. Bei einer Eingangsspannung Ue=75µV wurde am Ausgang ein Signal-Rauschleistungsverhältnis SNRa=38dB ermittelt. Welche Rausch**zahl** hat dann das Gesamtsystem? (T=290K)

b. Welche Rausch**zahl** hat der Verstärker, wenn das Rausch**maß** des Gesamtsystems 10dB beträgt?

2. Aufgabe (30 Punkte)
Eine Koaxialleitung von 50 m Länge hat bei 10MHz eine nur geringe Dämpfung von 2dB. Das Dielektrikum zwischen Innen- und Aussenleiter hat eine Dielektrizitätszahl ε_r=1,8.



a. Berechnen Sie die Ausgangsspannung U_2 bei Anpassung am Ausgang, wenn die Eingangsspannung U_1=1V beträgt!

b. Welche Phasenverschiebung (in Grad) tritt zwischen Ein- und Ausgang bei Anpassung am Leitungsende auf (f=10MHz)?

c. Berechnen Sie die Leitungsbeläge R', L' und C' unter der Annahme G'=0, schwache Dämpfung und Z_W reell; f=10MHz.

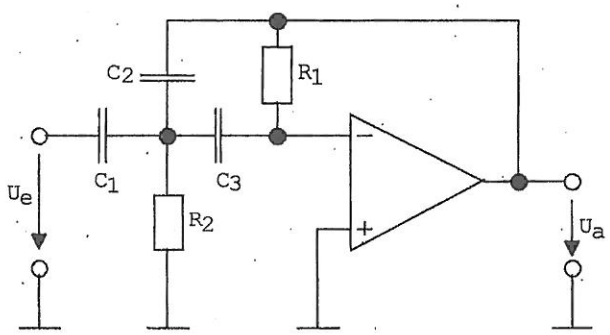
RÜCKSEITE!
--------->>

(Alte PO)

3. Aufgabe (25 Punkte)
In der dargestellten Schaltung eines Hochpassfilters mit idealem Operationsverstärker sind die Widerstände R_1 und R_2 für folgende Eigenschaften zu berechnen:

Grenzfrequenz: f_g=500Hz, Filtercharkteristik: Butterworth (a_1=1,414; b_1=1)

Die Kondensatoren sollen die angegebenen Werte haben.



C_1 = 100nF

C_2 = 22nF

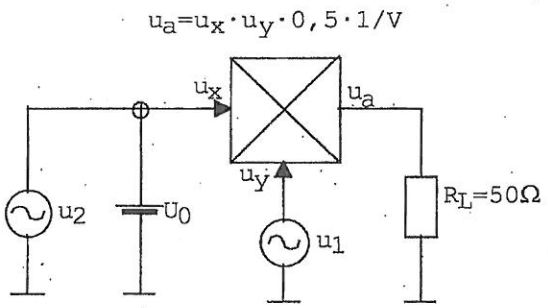
C_3 = 47nF

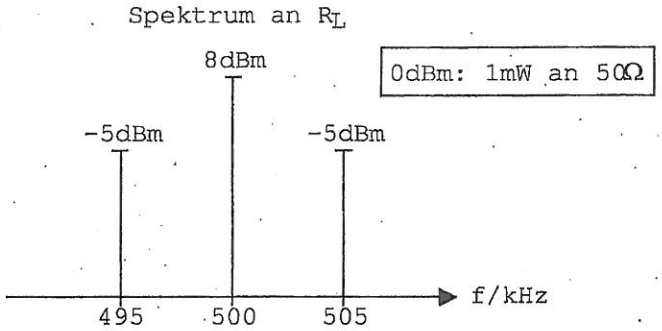
a. Geben Sie die Übertragungsfunktion U_a/U_e in Normalform* an!

b. Berechnen Sie die Widerstände R_1 und R_2! Gleichstellen von Aufgabe a) und c)

c. Wie groß ist die Verstärkung (Betrag) für die 3 Fälle f=0, f=f_g, f>>f_g

4. Aufgabe (25 Punkte)
Am Ausgang des AM-Modulators wurde das dargestellte Frequenzspektrum gemessen.





U_0 = 1V; $u_1(t) = \hat{u}_1 \cdot \cos(\omega_1 t)$; $u_2(t) = \hat{u}_2 \cdot \cos(\omega_2 t)$

a. Bestimmen Sie Frequenz und Amplitude (Scheitelwert) von $u_1(t)$!

b. Bestimmen Sie Frequenz und Amplitude (Scheitelwert) von $u_2(t)$!

c. Wie groß ist der Modulationsgrad der AM-Schwingung?

d. Geben Sie den minimalen und maximalen Scheitelwert von $u_a(t)$ an!

e. Skizzieren Sie das Frequenzspektrum am Ausgang mit Angabe von Frequenz und Pegel für den Fall ~~u_1~~=0!

u_2

***Normalform:** Nennerpolynom muss die Form $1 + c_1 \cdot j\omega + c_2 \cdot (j\omega)^2 + \ldots$ haben.

Aufgabe 1

Abraham Degi's
2027748

a) $U_e = 75\,\mu V$ $\quad SNR_a = 38\,dB$

nach (2-37)

$$SNR_e = \frac{P_S}{P_r}$$

$$P_S = \frac{(U_e)^2}{R} = 112{,}5 \cdot 10^{-12}\,W \quad ✓$$

$$P_r = BTk = 500\,kHz \cdot 290\,K \cdot k = 2 \cdot 10^{-15}\,W \quad ✓$$

$$SNR_e = \frac{112{,}5 \cdot 10^{-12}\,W}{2 \cdot 10^{-15}\,W} = 56250 \quad ✓$$

$$SNR_e(dB) = 10 \log(56250) = 47{,}50\,dB$$

(2-41) Formel einsetzen

$$F_2'(dB) = SNR_e(dB) - SNR_a(dB)$$

$$= 47{,}50\,dB - 38\,dB \quad ✓$$

$$F' = 9{,}5\,dB$$

$$F_2 = 10^{\frac{9{,}5\,dB}{10}} = \underline{\underline{8{,}912}} \quad ✓$$

10P

~~nach (2-43)~~

Figure 1

$$F_{gs} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{V_1} \quad (2-43)$$

– nicht bekannt

$$= 10^{0{,}3} + \frac{8{,}912 - 1}{10^{-\frac{3}{10}\,dB}} = \underline{\underline{17{,}78}}$$

Gesamtsystem!

Abraham Begic
2027748

b) nach Formel (2-43)

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{V_1}$$

$$F_2 = (F + F_1) \cdot V_1 + 1$$

$$= \left(10^{\frac{10\,dB}{10}} + 10^{\frac{-3\,dB}{10}}\right) \cdot 10^{\frac{0\,dB}{10}} + 1$$

$$= \underline{\underline{12{,}25}}$$

OP

Aufgabe 2 / $l = 50\,m$ $f = 10\,MHz$ Abraham Begic
damping 2dB 2027748
$\varepsilon_r = 1{,}8$

a) $k = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}} = 0{,}745$ (2-12) ✓

(2-5)

$U_2 = U_1 \cdot e^{-\alpha \cdot 50m} \cdot e^{-j\beta \cdot 50m}$

$a_L = 20 \lg \left(\frac{U_1}{U_2}\right)$ (2-14)

$\frac{a_L}{m} = \frac{2dB}{50m} = 0{,}04 \frac{dB}{m}$

$\alpha = \frac{0{,}04 \frac{dB}{m}}{8{,}686} = 4{,}605 \cdot 10^{-3} \frac{NP}{m}$ ✓

mit Formel (2-12)

$\beta = \frac{\omega}{k \cdot c_0} = \frac{2\pi \cdot 10MHz}{0{,}745 \cdot c_0} = \underline{\underline{0{,}2813 \frac{rad}{m}}}$ ✓

(2-9)

$U_1 \cdot e^{-\alpha \cdot 50} = 0{,}7943V$ ✓ (5P)

$\Delta\varphi = -\beta \cdot l$

$= -0{,}2813 \cdot 50 \cdot \frac{360}{2\pi} = \underline{-805{,}86°}$

~~$U_2 = 0{,}7943 \angle -805{,}86°$~~ $\underline{\underline{U_2 = 0{,}7943}}$

b) siehe a) $\Delta\varphi = -805{,}86°$ (✓) (8P)

Rechnung fehlt

Aufgabe 2

Abraham Begis
2027748

c) nach (2-15)

$$\alpha = \frac{R'}{2} \cdot \sqrt{\frac{C'}{L'}}$$ ✓

$$\frac{\alpha \cdot 2}{\sqrt{\frac{C'}{L'}}} = R'.$$

$$\underline{\underline{R'}} = \frac{4{,}605 \cdot 10^{-3} \frac{Np}{m} \cdot 2}{\sqrt{\frac{89{,}54 pF/m}{223{,}88 nH/m}}} = \underline{\underline{0{,}4605\,\Omega/m}}$$ ✓ 7P

Aufgabe 2

Abraham Bogic
2027748

c) $\underline{Z}_W = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$

$\beta = \omega\sqrt{L'C'}$ (2-16)

$\alpha = \frac{R'}{2} \cdot \sqrt{\frac{C'}{L'}}$ (2-15

$\frac{\beta}{\omega} = \sqrt{L'C'}$ $\qquad \underline{Z}_W^2 = \frac{L'}{C'}$ ✓

$\frac{\left(\frac{\beta}{\omega}\right)^2}{C'} = L'$ $\qquad \underline{Z}_W^2 \cdot C' = L'$

$\frac{\left(\frac{\beta}{\omega}\right)^2}{C'} = \underline{Z}_W^2 \cdot C'$ ✓

$\frac{\left(\frac{\beta}{\omega}\right)}{\underline{Z}_W} = \underline{C}' = \frac{\frac{0{,}2813\,\mathrm{rad/m}}{2\pi \cdot 10\,\mathrm{MHz}}}{50\,\Omega} = \underline{\underline{89{,}54\,\frac{\mathrm{pF}}{\mathrm{m}}}}$ ✓ (8P)

$\underline{\underline{L}} = \underline{Z}_W^2 \cdot C' = 50\,\Omega \cdot 89{,}54\,\frac{\mathrm{pF}}{\mathrm{m}} = \underline{\underline{223{,}85\,\frac{\mathrm{nH}}{\mathrm{m}}}}$ ✓

Aufgabe 3

Abraham Begis
2027748

a) nach Formel (3-10)

$$\frac{U_a}{U_e} = -\frac{(j\omega)^2 C_1 C_3}{\frac{1}{R_1}\left(j\omega C_1 + j\omega C_2 + j\omega C_3 + \frac{1}{R_2}\right) + (j\omega)^2 C_3 C_2}$$ ✓

$$= \frac{-(j\omega)^2 C_1 C_3}{\frac{j\omega C_1}{R_1} + \frac{j\omega C_2}{R_1} + \frac{j\omega C_3}{R_1} + \frac{1}{R_2 R_1} + (j\omega)^2 C_3 C_2}$$

$$= -\frac{(j\omega)^2 C_1 C_3 R_2 R_1}{j\omega C_1 R_2 + j\omega C_2 R_2 + j\omega C_3 R_2 + 1 + (j\omega)^2 C_3 C_2 R_1 R_2}$$

$$= \frac{-(j\omega)^2 C_1 C_3 R_2 R_1}{1 + j\omega R_2 (C_1 + C_2 + C_3) + j\omega^2 C_3 C_2 R_1 R_2}$$ ✓

6P

Aufgabe 3

Abraham Begic
2027248

b) $\frac{1}{b_1 \omega_g^2} = \frac{1}{b_1 \omega_g^2} = C_3 C_2 R_1 R_2 = C_1 C_3 R_2 R_1$ ✓

$C_2 = C_1 = 22nF$ ✗ $C_1 = 100nF$!

$$\frac{a_1}{b_1 \omega_g} = \frac{\frac{1,414}{1 \cdot 2\pi \cdot 500}}{(C_2 + C_2 + C_3)} = \frac{\frac{1,414}{1 \cdot 2\pi \cdot 500}}{22nF + 22nF + 47nF} = \underline{\underline{4,946\,k\Omega}} = \underline{\underline{R_2}}$$ ✗ (3P)

100nF

$$\frac{1}{b_1 \omega_g^2 C_3 C_2 \cdot R_2} = R_1$$ ✓

(4P)

$$\underline{\underline{R_1}} = \frac{1}{1 \cdot (2\pi \cdot 500)^2 \cdot 47nF \cdot 22nF \cdot 4,946\,k\Omega} = \underline{\underline{19,81\,k\Omega}}$$ ✗ FF

Abraham Begis
2027748

C) Aufgabe 3

$$\frac{u_a}{u_e} = \frac{-j\omega^2 C_1 C_3 R_1 R_2}{1 + j\omega R_2 (C_1 + C_2 + C_3) + j\omega^2 C_3 C_2 R_1 R_2}$$

$\omega \to 0 \quad V = 0$ ✓ (3P)

$f = f_g = \left|\frac{u_a}{u_e}\right| \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}$ f

(0P)

$\omega >> \omega_g \Rightarrow + C_1 C_3 R_1 R_2 = V$ f

Aufgabe 4 (Seite 5-6) $U_0 = 1V$

Abraham Begic
2027748

a) $f_1 = 500\,kHz$ ✓ (2P)

$P_{T_V} = 10^{\frac{8dBm}{10}} \cdot 1mW = 6{,}3mW$

$\hat{u}_{TR} = \sqrt{P_{TR} \cdot R \cdot 2} = \sqrt{6{,}3mW \cdot 50\Omega \cdot 2} = 0{,}793V$ ✓

$\hat{u}_1 = \frac{\hat{u}_T}{K \cdot U_0} = \frac{0{,}793V}{0{,}5V^{-1} \cdot 1V} = 1{,}586V$ ✓ (4P)

b) $P_{Seite} = 10^{\frac{-5dBm}{10}} \cdot 1mW = 316{,}22\mu W$

$\hat{u}_{Seite} = \sqrt{P_{Seite} \cdot 50 \cdot 2} = 0{,}177V$

$\hat{u}_2 = \frac{\hat{u}_{Seite} \cdot 2}{K \cdot \hat{u}_1} = \frac{0{,}177V \cdot 2}{0{,}5V^{-1} \cdot 1{,}586V} = 0{,}446V$ ✓ (4P)

$f_2 = 500\,kHz - 495\,kHz = 5\,kHz$ ✓ (2P)

nach Formel (5-7)

c) $m = \frac{2 \cdot \hat{u}_{Seite}}{\hat{u}_{TR}} \cdot 100\%$

$= \frac{2 \cdot 0{,}177V}{0{,}793V} = 0{,}446 \cdot 100\% = 44{,}64\%$ ✓ (4P)

Aufgabe 4

Abraham Begis
2027248

d) nach S 5-5 und folgend

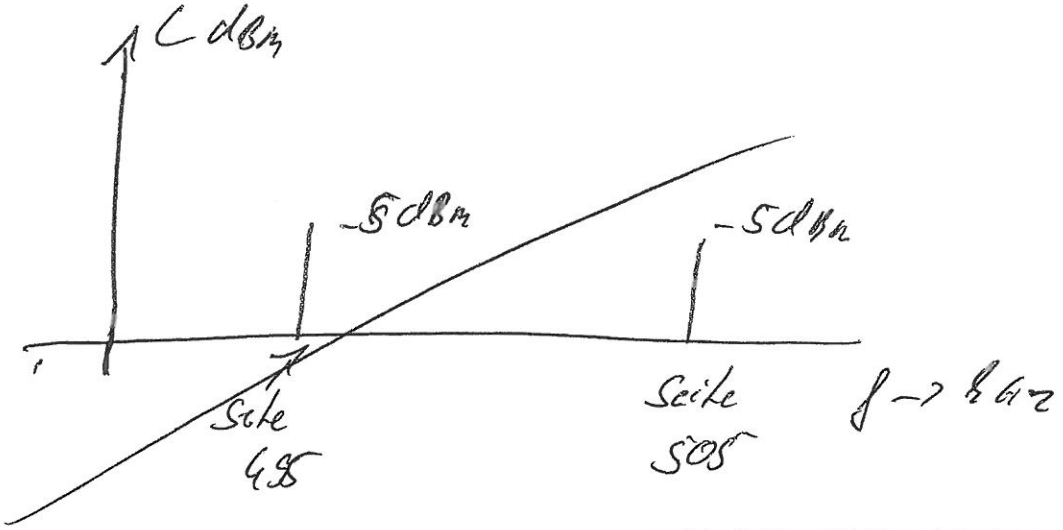
$y_{max} = \hat{u}_{TR} + 2 \cdot \hat{u}_{Seite}$

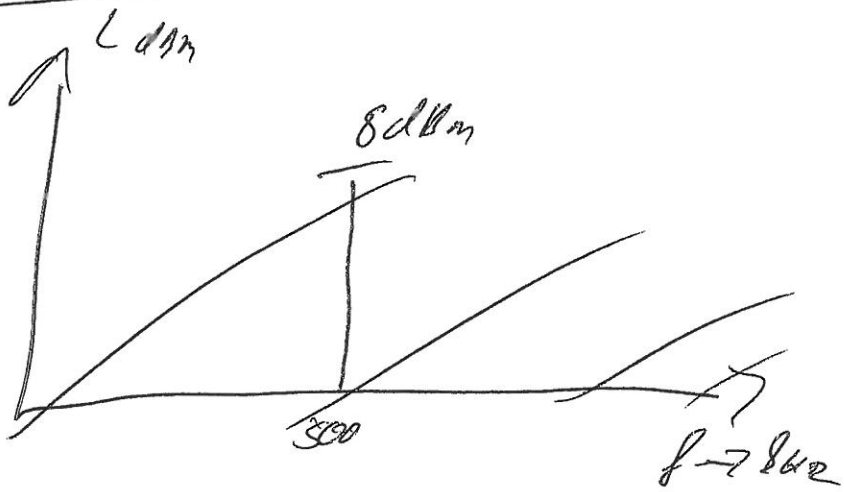
$= 0{,}793V + 2 \cdot 0{,}177V = \underline{\underline{1{,}147V}}$ ✓

$y_{min} = \hat{u}_{TR} - 2 \cdot \hat{u}_{Seite} = \underline{\underline{0{,}439V}}$ ✓

6P

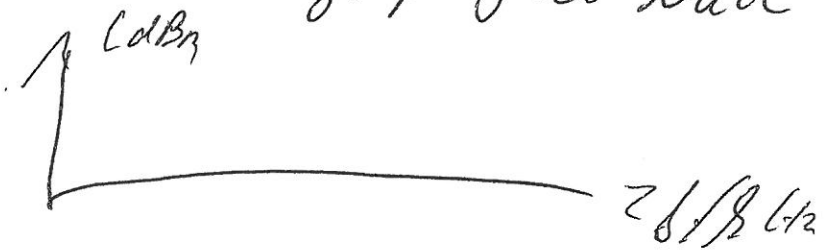
e)





die Seitenbänder entfallen eigentlich
existieren keine Wechselspannung und somit entfällt der Träger
da eine größe gleich Null

0P



hoffe wir kein Spectrum

(5)

Klausur GN E4b/SS2012, 04. Juli, 2012 Department Informations- und Elektrotechnik, HAW

Name: Böhan Vorname: Tim Matr.-Nr.: 2023408

Zugelassene Hilfsmittel:

- **Taschenrechner, zwei DIN A4 Blätter mit eigenen Notizen, Kugelschreiber oder andere Stifte, leere DIN A4 Blätter**

Formale Bedingungen:

- **NUR Antworten auf den Aufgabenblättern werden bewertet! Benutzen Sie ausschließlich die ausgegebenen Papiere!**
- **Kein Rot verwenden. Das Aufgabenblatt mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikel-Nr. mit abgeben.**
- **Sie haben 90 Minuten Zeit.**

Name	Vorname	Matrikel-Nr.

Aufgabe	Punktzahl
1	10 /10
2	3 /12
3	10 /10
4	5 /6
5	$2 + 1 + 1\frac{1}{2} = 4\frac{1}{2}$ /12
Summe	32,5 /50

Leistungspunkte	9

FSK - Klausurensammlung AJKC
N / WS 2012 | Semester E4 | Fach GN | Prüfer L

HAW Hamburg
Department EuI
Prof. Dr. J. Missun

WS / WS 2014 | Semester E4 | Fach GN | Dozent MSS
FSR - Klausurensammlung

93 Punkte
14 LP. bm

Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4b, 26.1.2015

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

Hinweis: An Unterlagen dürfen nur das GN-Vorlesungsskript und persönliche Mitschriften benutzt werden, die Verwendung von alten Klausuren ist nicht zulässig. Formeln dürfen aus dem Script übernommen werden, aber immer mit Quellenangabe. Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar erkennbar sein!

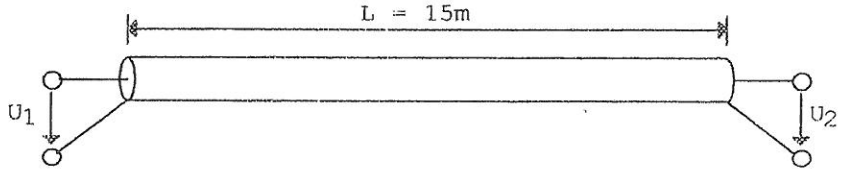
1. Aufgabe (20 Punkte)
Ein Empfangssystem hat 50Ω Ein- und Ausgangswiderstand, eine Verstärkung von 66dB und eine Bandbreite von 100kHz.
Bei einem Eingangs-Signalpegel von -85dBm (Eintonsignal auf der Mittenfrequenz) wurde am Ausgang bei 50Ω Lastwiderstand ein Signal-Rauschabstand von 35dB gemessen.

a. Welche Rauschzahl und welches Rauschmaß hat das System (T=290K)?

b. Wie groß sind Signalleistung und Rauschleistung am Ausgang?

c. Die Bandbreite werde halbiert. Wie ändern sich die Ergebnisse unter b., wenn davon ausgegangen werden kann, dass Rauschmaß bzw. Rauschzahl sich nicht verändern?

2. Aufgabe (30 Punkte)
An einer Leitung von 15m Länge wurde bei einer Frequenz von 100kHz ein Wellenwiderstand von $\underline{Z}_W=(95-j69{,}8)\Omega$ gemessen. Die Leerlaufkapazität der gesamten Leitung wurde mit $C_{ges}=1{,}8nF$ ermittelt.



a. Bestimmen Sie unter der Annahme G'=0 die Leitungsbeläge!

b. Wie groß sind Spannungsverhältnis $|\underline{U}_2/\underline{U}_1|$ und Phasenverschiebung in Grad zwischen Ein- und Ausgang der Leitung bei f=100kHz und Anpassung am Leitungsende?

c. Geben Sie eine Methode zur Messung des Wellenwiderstands an!

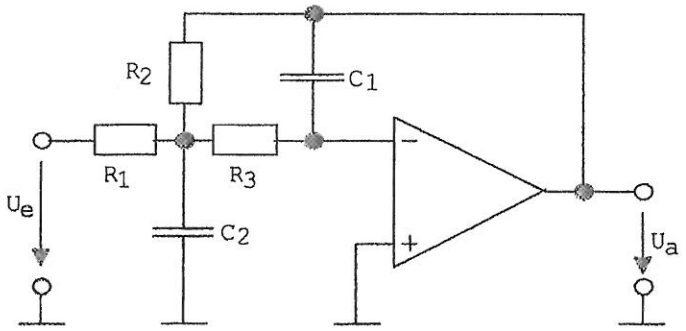
RÜCKSEITE!
--------->

SS / WS 2014 | Semester E4 | Fach GN | Dozent MSS
FSR - Klausurensammlung

3. Aufgabe (30 Punkte)
Mit der dargestellten Schaltung ist ein Tiefpassfilter zu dimensionieren, das folgende Eigenschaften hat:

Gleichspannungsverstärkung (Betrag): 3fach
Grenzfrequenz: 10kHz
Filtertyp: Butterworth

Der Operationsverstärker kann als ideal angenommen weerden.

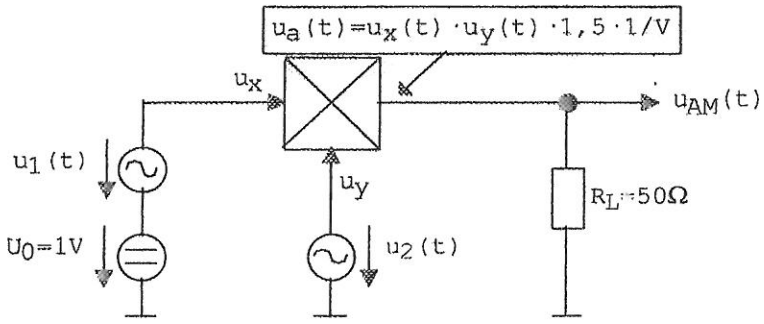


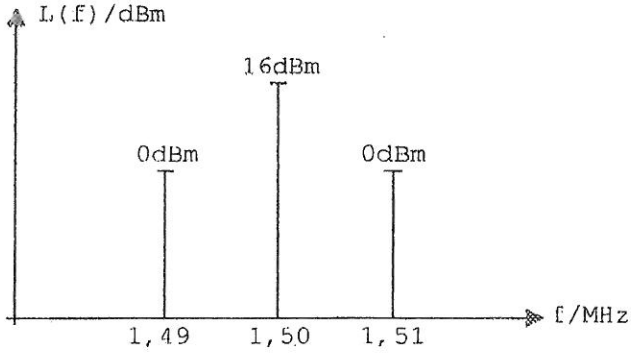
a. Geben Sie zunächst die Übertragungsfunktion $\underline{U}_a/\underline{U}_e = f(\omega)$ in Normalform* an!

b. Der Widerstand R_1 soll einen Wert von 2,2kΩ und C_1 soll einen Wert von 2,2nF haben. Berechnen Sie die Werte der übrigen Bauelemente!

c. Auf den Eingang wird eine sinusförmige Spannung von U_1=2V, f=10kHz gegeben. Wie groß sind Spannung und Phasenverschiebung am Ausgang?

4. Aufgabe (20 Punkte)
Am Ausgang des AM-Modulators wurde das dargestellte Spektrum gemessen.





a. Wie groß sind Modulationsgrad, Träger- und Modulationsfrequenz?

b. Bestimmen Sie die Frequenzen und Scheitelwerte von der Quellen mit u_1 und u_2.

c. Welche Leistung wird in R_L umgesetzt?

***Normalform**: Nennerpolynom muss die Form $1 + c_1 \cdot j\omega + c_2 \cdot (j\omega)^2 + \ldots$ haben.

Mss 01/15

[redacted]

1)

$Z_e = Z_a = 50\,\Omega$ $\quad V(dB) = 66\,dB$ $\quad B = 100\,kHz$ $\quad L_e = -85\,dBm$

$R_L = 50\,\Omega$ $\quad SNR_a(dB) = 35\,dB$

a) $T = 290\,K$

$F'(dB) = SNR_e(dB) - SNR_a(dB)$ (2-41)

$= 10 \lg(F)$

$SNR_e(dB) = 10 \cdot \lg \frac{P_{se}}{P_r}$ (2-38)

$L_e = 10 \cdot \lg(P_{se}/1mW)$ (S. 1-12, Tabelle)

$P_r = k \cdot T \cdot B$ (2-36)

$P_r = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{W}{K} \cdot 290\,K \cdot 100\,kHz = 4{,}002 \cdot 10^{-16}\,W$ ✓

$P_{se} = 10^{L_e(dB)/10} \cdot 1mW = 10^{-85/10} \cdot 1mW = 3{,}1623 \cdot 10^{-12}\,W$

$SNR_e(dB) = 10 \cdot \lg \frac{3{,}1623 \cdot 10^{-12}\,W}{4{,}002 \cdot 10^{-16}\,W} = 38{,}977\,dB$ ✓

$F'(dB) = 38{,}977\,dB - 35\,dB = \underline{\underline{3{,}9772\,dB}}$ ✓ 10P

$F = 10^{F'(dB)/10} = \underline{\underline{2{,}4987}}$ ✓

b)

$P_{sa} = V_p \cdot P_{se}$ (2-39)

$V_p = 10^{V(dB)/10} = 10^{66/10} =$ ✓

$P_{sa} = 10^{66dB/10} \cdot 3{,}1623 \cdot 10^{-12}\,W = \underline{\underline{1{,}259 \cdot 10^{-5}\,W}}$ ✓

$SNR_a(dB) = 10 \cdot \lg \frac{P_{sa}}{P_{ra}}$ (2-38) ✓ ✓ 5P

$\hookrightarrow P_{ra} = 10^{-SNR_a(dB)/10} \cdot P_{sa} = 10^{-35dB/10} \cdot 1{,}259 \cdot 10^{-5}\,W = \underline{\underline{3{,}981 \cdot 10^{-9}\,W}}$

c) $B = \frac{100\,kHz}{2} = 50\,kHz$ $\quad$ Signalleistung bleibt gleich ✓ Rauschleistung wird halbiert ✓ $\cdot \frac{1}{2}$

$\hookrightarrow P_{re} = k \cdot T \cdot B = 2{,}001 \cdot 10^{-16}\,W$

$\hookrightarrow SNR_e(dB) = 10 \cdot \lg \frac{P_{se}}{P_{re}} = 10 \cdot \lg \frac{3{,}1623 \cdot 10^{-12}\,W}{2{,}001 \cdot 10^{-16}\,W} = 41{,}997\,dB$ 5P

$\hookrightarrow SNR_a(dB) = SNR_e(dB) - F'(dB) = 41{,}997\,dB - 3{,}9772\,dB = 38{,}01\,dB$

$P_{sa} = 1{,}259 \cdot 10^{-5}\,W$

$P_{ra} = 10^{-SNR_a(dB)/10} \cdot P_{sa} = 10^{-38{,}01dB/10} \cdot 1{,}259 \cdot 10^{-5}\,W = \underline{\underline{1{,}99 \cdot 10^{-9}\,W}}$ ✓

[redacted]

2) $L = 15\,m \quad f = 100\,kHz \quad \underline{Z}_w = (95 - j\,69{,}8)\,\Omega \quad C_{ges} = 1{,}8\,nF$

a) Leitungsbeläge R', C', L'

$C' = \frac{C_{ges}}{L} = \frac{1{,}8\,nF}{15\,m} = \underline{\underline{120\,pF/m}}$ ✓ 3P

$G' = 0$ ✓

$\underline{Z}_w = \sqrt{\frac{L'}{C'} - j\frac{R'}{\omega C'}}$ ✓ (2-22) $\quad \underline{Z}_w^2 = \frac{L'}{C'} - j\frac{R'}{\omega C'}$ ✓

$\underline{Z}_w = (95 - j\,69{,}8)\,\Omega = 117{,}89 \angle -0{,}63366\,rad$

$\underline{Z}_w^2 = 13898{,}05 \angle -1{,}26732\,rad$ 4P

$= \underbrace{(4153{,}29}_{=\frac{L'}{C'}} - j\underbrace{13262{,}956}_{=\frac{R'}{\omega C'}})\,\Omega$ ✓

$L' = C' \cdot 4153{,}29 = 4{,}984 \cdot 10^{-7} = \underline{\underline{498{,}4\,nH/m}}$ ✓ 4P

$R' = \omega C' \cdot 13262{,}956 = 2\pi \cdot 100\,kHz \cdot 120\,pF \cdot 13262{,}956 = \underline{\underline{1\,\frac{\Omega}{m}}}$ ✓ 4P

b) (2-9): $u(x) = u_1 \cdot e^{-\alpha \cdot x} \cdot e^{-j\beta \cdot x} = u_1 \cdot e^{-\gamma \cdot x} \qquad \gamma = \alpha + j\beta$

(32-9, unten) $\gamma = \sqrt{(j\omega L' + R')(G' + j\omega C')}$

$\gamma = \sqrt{(j2\pi\,100\,kHz\,498{,}4\,\frac{nH}{m} + 1\,\frac{\Omega}{m})(j2\pi\,100\,kHz\,120\,\frac{pF}{m})}$

$= \sqrt{7{,}3 \cdot 10^{-5} \angle 1{,}8742}$

$= 8{,}888 \cdot 10^{-3} \angle 0{,}9371\,rad$

$= \underbrace{5{,}2628 \cdot 10^{-3}\,\frac{1}{m}}_{\alpha} + \underbrace{7{,}1623 \cdot 10^{-3}\,\frac{1}{m}}_{\beta}\,j = \alpha + j\beta$

$|u(x)| = |u_1| \cdot e^{-\alpha \cdot x} = |u_1| \cdot e^{-\alpha \cdot 15\,m}$ ~~= 0,9241~~

$|u(15)| / |u_1| = e^{-\alpha \cdot 15\,m} = \underline{\underline{0{,}9241}}$ ✓ 10P

(2-9): $\Delta\varphi(x) = -\beta \cdot x = -\beta \cdot 15\,m = -0{,}10745\,rad = \underline{\underline{-6{,}1557°}}$ ✓

c) Messung von Leerlaufimpedanz $\underline{Z}_{0L}$ und von Kurzschlussimpedanz $\underline{Z}_{0K}$ ergibt den Wellenwiderstand $\underline{Z}_w = \sqrt{\underline{Z}_{0K} \cdot \underline{Z}_{0L}}$ ✓ 4P

— wo?

[redacted] [redacted]

WS 2014	Semester E4	Fach GN	Dozent MSS
FSR - Klausursammlung			

3) $|V| = 3$ $\quad f_g = 10\,kHz$ $\quad$ Typ: Butterworth (Q = 0,5)

a) Formel (3-10):

$$\frac{u_a}{u_e} = f(\omega) = \frac{-\frac{1}{R_1}\cdot\frac{1}{R_3}}{j\omega C_1\left(\frac{1}{R_1}+j\omega C_2+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_2}\right)+\frac{1}{R_3}\cdot\frac{1}{R_2}} \quad \Big| \frac{R_3\cdot R_2}{R_3\cdot R_2}$$

$$= \frac{-\frac{R_2}{R_1}}{j\omega C_1\left(\frac{R_3\cdot R_2}{R_1}+j\omega C_2\cdot R_3\cdot R_2+R_2+R_3\right)+1}$$

$$= \frac{-\frac{R_2}{R_1}}{1+(j\omega)\cdot C_1\left(\frac{R_3\cdot R_2}{R_1}+R_2+R_3\right)+(j\omega)^2\cdot C_1\cdot C_2\cdot R_3\cdot R_2}$$ 8P

Tabelle S. 3-4

b) $R_1 = 2{,}2\,k\Omega$ $\quad C_1 = 2{,}2\,nF$ $\quad$ BW $\rightarrow$ $a_1 = 1{,}414$ $\quad b_1 = 1$

$\Omega = \omega/\omega_g$ $\quad : f(\Omega) = \frac{-\frac{R_2}{R_1}}{1+j\Omega\cdot\underbrace{\omega_g C_1\left(\frac{R_3\cdot R_2}{R_1}+R_2+R_3\right)}_{a_1}+(j\Omega)^2\cdot\underbrace{\omega_g^2\cdot C_1\cdot C_2\cdot R_3\cdot R_2}_{b_1}}$ 4P

$\hookrightarrow \omega = \Omega\cdot\omega_g$

Koeffizientenvergleich:

$$|V| = \left|-\frac{R_2}{R_1}\right| = 3$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 3 \rightarrow R_2 = 3\cdot R_1 = 6{,}6\,k\Omega$$ 3P

$a_1 = \omega_g\cdot C_1\left(\frac{R_3\cdot R_2}{R_1}+R_2+R_3\right)$ $\quad R_1 = 2{,}2\,k\Omega$ $\quad R_2 = 6{,}6\,k\Omega$ $\quad C_1 = 2{,}2\,nF$

$b_1 = \omega_g^2\cdot C_1\cdot C_2\cdot R_3\cdot R_2$ $\quad \omega_g = 2\pi\cdot f_g = 20000\pi\,Hz$ $\quad a_1 = 1{,}414$, $b_1 = 1$

$$\frac{a_1}{\omega_g\cdot C_1} = R_3\left(\frac{R_2}{R_1}+1\right)+R_2 \rightarrow R_3 = \left(\frac{a_1}{\omega_g C_1}-R_2\right)\left(\frac{R_2}{R_1}+1\right)^{-1} = 2007{,}33\,\Omega$$ 2P

$$C_2 = \frac{b_1}{\omega_g^2\cdot C_1\cdot R_3\cdot R_2} = 8{,}691\,nF$$ 3P

c) $\frac{u_a}{u_e} = \underline{f}(\omega) \rightarrow \underline{u}_a = \underline{f}(\omega)\cdot\underline{u}_e = \underline{f}(2\pi\cdot 10\,kHz)\cdot 2V =$

$$2V\cdot\frac{-\frac{6{,}6\,k\Omega}{2{,}2\,k\Omega}\}\,3}{1+j(2\pi\,10\,kHz)\cdot 2{,}2\,nF\left(\frac{2\,k\Omega\cdot 6{,}6\,k\Omega}{2{,}2\,k\Omega}+6{,}6\,k\Omega+2\,k\Omega\right)+(j\,2\pi\,10\,kHz)^2\,2{,}2\,nF\cdot 8{,}691\,nF\cdot 2\,k\Omega\cdot 6{,}6\,k\Omega}$$

$\Rightarrow$

5/8

ZV: $\frac{-3}{1 + j\,2{,}02203 + -1j}$

$= 2{,}96731j$

$\underline{u} = \underline{2{,}9673\,V \angle \frac{1}{2}\pi}$ (5P)

(0P)

SS / WS 2014	Semester E4	Fach GN	Dozent MSS

FSR - Klausurensammlung

[redacted]

WS / WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E4	GP	NSS

FSR - Klausurensammlung

a) $u_a(t) = u_x(t) \cdot u_y(t) \cdot \overbrace{1{,}5\,V^{-1}}^{K}$

$= (u_1(t) + u_0) \cdot u_2(t) \cdot 1{,}5\,V^{-1}$

$= \left(\frac{1}{u_0} u_1(t) + 1\right) \cdot u_0 \cdot 1{,}5\,V^{-1} \cdot u_2(t)$ für b)

Trägerfrequenz = $\underline{1{,}5\,MHz}$ = f_T ✓

Modulationsfrequenz = 1,5 MHz − 1,49 MHz = 0,01 MHz = $\underline{10\,kHz}$ ✓ 2P

$m = 2 \cdot \frac{\hat{u}_{Seite}}{\hat{u}_T} \cdot 100$ ✓ (5-7)

$L(f) = 10 \cdot \lg(P/1\,mW)\,dBm$

$P = 10^{L(f)/10} \cdot 1\,mW \rightarrow P_{Seite} = 10^{0} \cdot 1\,mW = 1\,mW$

$P_{Träger} = 10^{16/10} \cdot 1\,mW = 39{,}81\,mW$

$P = \frac{u_e^2}{R_L} \rightarrow u = \sqrt{P \cdot R_L}$

$\frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = \sqrt{P \cdot R_L}$ ✓

$\hat{u} = \sqrt{P \cdot R_L \cdot 2}$

$\hat{u}_{Seite} = \sqrt{1\,mW \cdot 500\,\Omega \cdot 2} = 0{,}31623 = \underline{\underline{\frac{\sqrt{10}}{10}\,V}}$ ✓

$\hat{u}_{Träger} = \sqrt{39{,}81\,mW \cdot 500\,\Omega \cdot 2} = \underline{2\,V}$ ✓

$m = 2 \cdot \frac{0{,}31623\,V}{2\,V} \cdot 100 = \underline{\underline{31{,}623\,\%}}$ ✓ 3P

b) $u_a(t) = u_x(t) \cdot u_y(t) \cdot K$ $\quad K = 1{,}5\,V^{-1} \quad u_0 = 1\,V$

$= K \cdot (u_y(t) + u_0) \cdot u_x(t)$

$= K \cdot (\hat{u}_1 \cdot \cos(\omega_m t) + u_0) \cdot \hat{u}_2 \cos(\omega_T \cdot t)$

$= K \cdot u_0 \cdot \hat{u}_2 \cos(\omega_T \cdot t) + K \cdot \hat{u}_1 \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \hat{u}_2 \cdot \cos(\omega_T t)$

$= \underbrace{K \cdot u_0 \cdot \hat{u}_2}_{\hat{u}_{Träger}} \cos(\omega_T \cdot t) + \underbrace{\frac{K \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}{2}}_{\hat{u}_{Seite}} (\cos(\omega_m + \omega_T)t + \cos(\omega_T - \omega_m)t)$

$\hat{u}_{Träger} = K \cdot u_0 \cdot \hat{u}_2$ ✓

$\hat{u}_2 = \frac{\hat{u}_{Träger}}{K \cdot u_0} = \frac{2\,V}{1{,}5\,V^{-1} \cdot 1\,V} = \underline{\frac{4}{3}\,V}$ ✓ 4P

$\hat{u}_{Seite} = \frac{K \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}{2}$ ✓

$\hat{u}_1 = \frac{\hat{u}_{Seite} \cdot 2}{K \cdot \hat{u}_2}$ 2P

$= \frac{\frac{\sqrt{10}}{10} \cdot 2}{1{,}5\,V^{-1} \cdot 1\,V} = \underline{\underline{0{,}4216\,V}}$

$\underline{f_1 = 10\,kHz}$ ✓ 2P

$\underline{f_2 = f_T = 1{,}5\,MHz}$ ✓

c) $P_{R_L} = \frac{U_T^2 + 2 U_{Seite}^2}{R_L} = \frac{\left(\frac{2V}{\sqrt{2}}\right)^2 + 2\left(\frac{\sqrt{10}}{10}\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2}{50} = \underline{\underline{42\,mW}}$

5P

WS 2014	Semester E4	Fach GN	Dozent MSS

FSR - Klausurensammlung

(Neue PO)

HAW Hamburg, Department EuI
Prof. Dr. J. Missun

77 Punkte
11LP

Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4, 14.7.2015

Hinweis: An Unterlagen darf nur das GN-Vorlesungsskript mit darin enthaltenen persönlichen Notizen benutzt werden, die Verwendung anderer Unterlagen wie Klausuren, Übungsaufgaben etc. ist nicht zulässig.
Formeln dürfen aus dem Script übernommen werden, aber immer mit Quellenangabe.
Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar erkennbar sein!

1. Aufgabe (15 Punkte)
Von einem Empfangssystem sind folgende Eigenschaften bekannt.
Ein- und Ausgangswiderstand: 50Ω
Bandbreite: 200kHz
Verstärkung: 86dB
Rauschmaß: 8dB

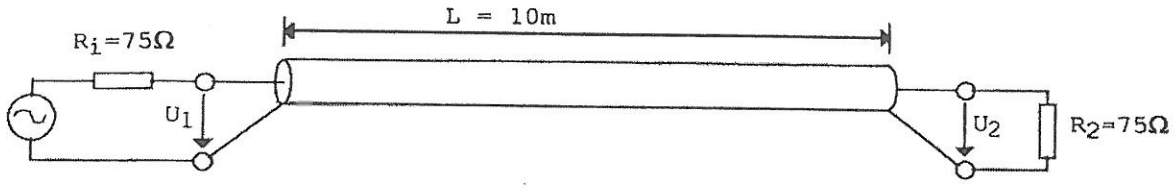
a. Bei welcher Eingangsspannung hat das System am Ausgang (mit 50Ω abgeschlossen) einen Signal-Rausch-Abstand von 40dB? (T=290K)

Mit Hilfe eines Dämpfungsgliedes soll die Verstärkung auf 80dB reduziert werden, wobei die Auswirkung auf das Rauschmaß nur gering bleiben soll.

b. Wie muss das System mit dem Dämpfungsglied zusammengeschaltet werden? Welche Eigenschaften muss das Dämpfungsglied haben? 2

c. Berechnen Sie Rauschzahl und Rauschmaß des Gesamtsystems mit Dämpfungsglied. 4

2. Aufgabe (25 Punkte)
An einer praktisch verlustlosen Leitung von 10m Länge wurde bei reflexionsfreiem Abschluss und einer Generatorfrequenz von f=500kHz eine Phasenverschiebung zwischen Ein- und Ausgang von 10° gemessen.



a. Bestimmen Sie den Wellenwiderstand und den Verkürzungsfaktor der Leitung!

b. Wie groß sind die Leitungsbeläge R', L', G' und C'?

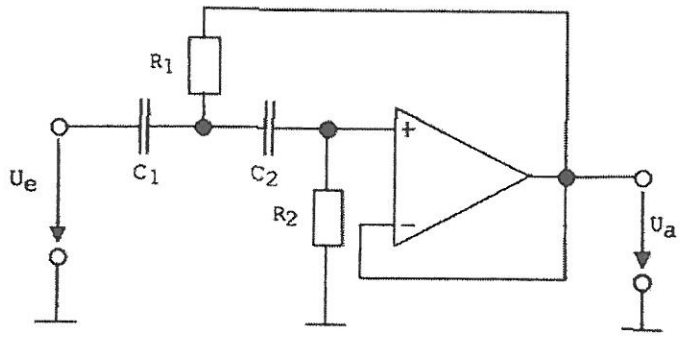
c. Hat die Phasendifferenz $\varphi(U_2)-\varphi(U_1)$ positives oder negatives Vorzeichen? (mit Begründung)

d. Auf den Leitungseingang wird anstelle der Sinusschwingung ein kurzer Impuls gegeben. Nach welcher Zeit erscheint er am Ausgang?

RÜCKSEITE!
--------->

(Neue PO)

3. Aufgabe (25 Punkte)
Die dargestellte Schaltung eines Hochpassfilters ist zu analysieren. Die Grenzfrequenz beträgt 500Hz. Der Operationsverstärker hat ideale Eigenschaften.



$R_1 = 2{,}25\,k\Omega$
$R_2 = 4{,}5\,k\Omega$

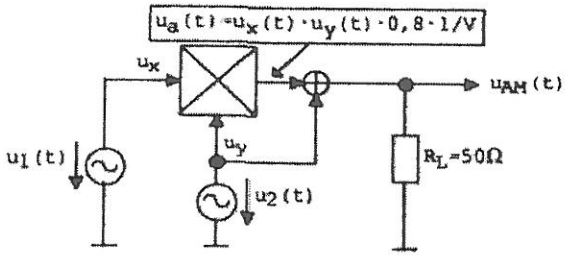
$C_1 = C_2 = 100\,nF$

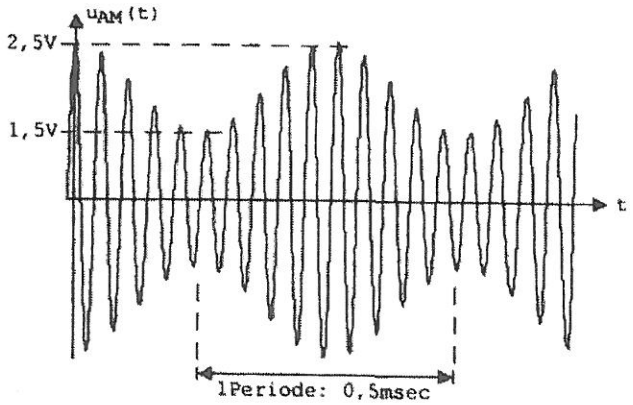
a. Geben Sie zunächst die Übertragungsfunktion U_a/U_e in Normalform* an!

b. Berechnen Sie die Filterkoeffizienten. Welchem Standardfilter kommt der Hochpass am nächsten?

c. Auf den Eingang wird eine sinusförmige Spannung von $U_1 = 2V$, $f = 500Hz$ gegeben. Wie groß sind Spannung und Phasenverschiebung am Ausgang?

4. Aufgabe (35 Punkte)
Am Ausgang eines AM-Modulators wurde die dargestellte Zeitfunktion gemessen, deren Hüllkurve zwischen 1,5V und 2,5V schwankt. Die Periodendauer der Hüllkurve beträgt 0,5msec, die hochfrequente Schwingung hat eine Periodendauer von 2µsec. (Darstellung nicht maßstabsgetreu)





a. Bestimmen Sie Modulationsgrad, Träger- und Modulationsfrequenz!

b. Welche Spannungen (Scheitelwerte) und Frequenzen müssen die Quellen für u_1 und u_2 abgeben?

c. Skizzieren Sie das Frequenzspektrum am Ausgang mit Angabe von Pegeln in dBm und Frequenzen!

d. Welche Leistung wird in R_L insgesamt umgesetzt?

***Normalform**: Nennerpolynom muss die Form $1 + c_1 \cdot j\omega + c_2 \cdot (j\omega)^2 + \ldots$ haben.

Mss 07/15

Grenz-

(R-41)

$SNR_{E_{dB}} = SNR_A + F' = 40\,dB + 8\,dB = 48\,dB$

$SNR_{E_{dB}} = 10 \log_{10}\left(\frac{P_{SE}}{P_{RE}}\right)$

(B-36) -15.2-14

$P_{SE} = 10^{\frac{SNR_{E_{dB}}}{10}} \cdot P_{RE} = 10^{\frac{SNR_{E_{dB}}}{10}} \cdot k \cdot T \cdot B$

$= 10^{\frac{48\,dB}{10}} \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{Ws}{K} \cdot 290\,K \cdot 200\,kHz \cdot 290\,K$

$= \underline{50{,}5\,pW}$

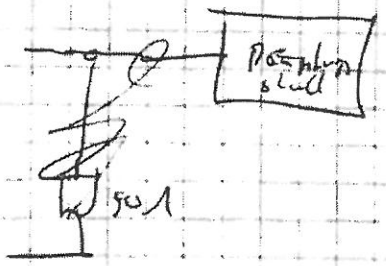
$U_{SE} = \sqrt{P_{SE} \cdot R_e} = \sqrt{50{,}5\,pW \cdot 50\,\Omega} = \underline{\underline{59{,}25\,\mu V}}$ 5P

ohne Dämpfungsglied:

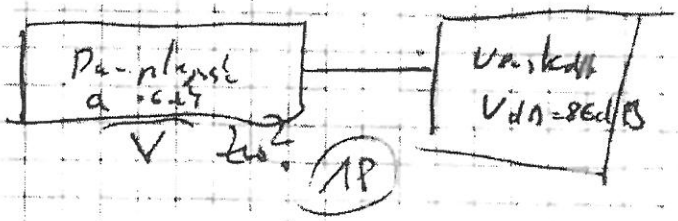
Mit Dämpfung

(2-4) $F'_{80} = a\,F_1 + \frac{F_2 - 1}{V_{p1}}$

6)



f (Reihenfolge)



1P

• $V_{dB_{gesamt}} = V_{dB} - a$

$a = V_{dB} - V_{dB_{gesamt}} = 86\,dB - 80\,dB = 6\,dB$

Dämpfungsglied rein passiv $a = 6\,dB$ passives System

(2-43) $F_2' = 8\,dB$ $a = 10^{\frac{a}{10}} = 10^{\frac{6}{10}} = 3{,}98$ $F_1 = a$

c) $F_{ges} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{V_{p1}} =$

$= a + \frac{10^{\frac{F_2'}{10}} - 1}{10^{-\frac{a}{10}}}$

$F_{ges} = 3{,}98 + \frac{10^{\frac{8\,dB}{10}} - 1}{10^{-\frac{6\,dB}{10}}} = \cancel{32{,}98}\ 3{,}98 + \frac{5{,}303}{0{,}25} = \underline{\underline{25}}$

5P

Da reflexionsfrei entspricht $Z_W = R_2 = R_1 = 75\,\Omega$ ✓ (2P)

Seite (2-4) $\varphi = -\beta \cdot L \Leftrightarrow \beta = -\frac{\varphi}{L} = -\frac{-10^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}}{10\,m}$

$= +17{,}45 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{m}$ ✓

~~Verlustfreie Leitung~~

(2-16) $\beta = \omega \sqrt{L' C'} \Leftrightarrow \sqrt{L' C'} = \frac{\beta}{\omega}$

(2-12) $k = \frac{1}{c_0 \cdot \sqrt{L' \cdot C'}}$ ✓

$k = \frac{1 \cdot \omega}{c_0 \cdot \beta} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 300\,kHz}{300 \cdot 10^6 \frac{m}{s} \cdot 17{,}45 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{m}}$

$= 0{,}6 = \frac{3}{5}$ ✓ (5P)

b) $|Z_W| = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$ ✓

~~d) Da Fend~~

d) $v_L = c_0 \cdot \frac{3}{5} = 180 \cdot 10^6 \cdot \frac{m}{s}$ ✓

Sei 10m $T = \frac{\ell}{v_L} = \frac{10\,m}{180 \cdot 10^6 \frac{m}{s}} = 5{,}56\,n\,sec$ (3P)

Da Frequenz = 0 nach 5,56 nsec erscheint der Impuls am Ausgang.

5) Verlustlose Leitung $R' = 0$ ✓ (1P)

$G' = 0$

c) ~~negativ~~ negativ. Da Verzögert (4P)

✓ ✓

Aufg. 3

a) Einfache Filterschaltung mit Mitkopplung

(S-13) $$\frac{u_a}{u_e} = \frac{(j\omega)^2 C_1 C_2 R_1 R_2}{1 + j\omega R_1 (C_1 + C_2) + (j\omega)^2 C_1 C_2 R_1 R_2}$$ ✓ Hochpass

5P

b) $$\frac{u_a}{u_e} = \frac{\left(j\frac{\omega}{\omega_g}\right)^2 \cdot \omega_g C_1 C_2 R_1 R_2}{1 + \left(j\frac{\omega}{\omega_g}\right) \omega_g R_1 (C_1 + C_2) + \left(j\frac{\omega}{\omega_g}\right)^2 C_1 C_2 R_1 R_2 \omega_g^2}$$

b) (S-7) $$\frac{u_a}{u_e} = \frac{v_\infty \cdot \frac{1}{b_1}\left(j\frac{\omega}{\omega_g}\right)^2}{1 + \frac{a_1}{b_1}\left(j\frac{\omega}{\omega_g}\right) + \frac{1}{b_1}\left(j\frac{\omega}{\omega_g}\right)^2}$$

$$\left.\frac{u_a}{u_e}\right|_{\omega \to \infty} = \frac{C_1 C_2 R_1 R_2}{C_1 C_2 R_1 R_2} = \underline{\underline{1}} \Rightarrow v_\infty = 1$$

$$\Rightarrow \frac{1}{b_1} = C_1 C_2 R_1 R_2$$ ✓

$$b_1 = \frac{1}{\omega_g^2 C_1 C_2 R_1 R_2} = \frac{1}{(100\,nF)^2 \cdot 2{,}25\,k\Omega \cdot 4{,}5\,k\Omega \cdot (2\pi \cdot 500\,Hz)^2}$$

$$\underline{\underline{b_1 = 1.}}$$ ✓

10P

$$\frac{a_1}{b_1} = \omega_g \cdot R_1 (C_1 + C_2) =$$ ✓

$$a_1 = b_1 \cdot \omega_g \cdot R_1 \cdot (C_1 + C_2) = 1 \cdot 2\pi\, 500\,Hz \cdot 2{,}25\,k\Omega \cdot (2 \cdot 10$$

$$\underline{\underline{= 1{,}414}}$$ ✓

(Seite 3-4) $\Rightarrow$ $a_1 = 1{,}414$ $b_1 = 1$ $\Rightarrow$ Butterworth Filter...

✓

bei $f = 500\,Hz$ $\omega = \omega_g$ ✓

$$\frac{u_a}{u_e} = \frac{u_\infty \frac{1}{b_1}\left(j\frac{\omega}{\omega_g}\right)^2}{1 + \frac{a_1}{b_1} j\left(\frac{\omega}{\omega_g}\right) + 1\frac{1}{b_1}\left(j\frac{\omega}{\omega_g}\right)^2}$$

$$= \frac{-1}{1 + 1{,}414j - 1}$$

$$= \frac{-1}{j\,1{,}414} = j\frac{1}{1{,}414}$$

$$\Rightarrow \left|\frac{u_a}{u_e}\right| = \frac{1}{1{,}414} \approx \frac{1}{\sqrt{2}} \checkmark \quad 2P \qquad \varphi = \frac{\pi}{2} = 90° \checkmark \quad 1P$$

$\sqrt{2}^2$. da nur rein Imaginär und positiv.

(5-9) $u_{Am} = \hat{u}_2 \cdot \cos(2\pi f_T) + \frac{k \cdot \hat{u}_2 \cdot \hat{u}_1}{2} \cdot \left[\cos(2\pi (f_T - f_m)) + \cos(2\pi (f_T + f_m)) \right]$

(5-7) $m = 2 \cdot \frac{\frac{k \cdot \hat{u}_2 \cdot \hat{u}_1}{2}}{\hat{u}_2}$

aus (5-5) folgt:

$u_{Am\,max} = \hat{u}_2 + 2 \cdot \frac{k \cdot \hat{u}_2 \cdot \hat{u}_1}{2} = 2{,}5\,V$

$u_{Am\,min} = \hat{u}_2 - 2 \frac{k \cdot \hat{u}_2 \cdot \hat{u}_1}{2} = 1{,}5\,V$

$\Rightarrow \hat{u}_2 = \frac{\hat{u}_{Am\,max} + \hat{u}_{Am\,min}}{2} = 2\,V$ ✓

$k \cdot \hat{u}_2 \cdot \hat{u}_1 = 2{,}5\,V - 2\,V$

$k \cdot \hat{u}_2 \cdot \hat{u}_1 = 0{,}5\,V$

$\hat{u}_1 = \frac{0{,}5\,V}{k \cdot \hat{u}_2} = \frac{0{,}5\,V}{0{,}8\,V^{-1} \cdot 2\,V} = \underline{\underline{0{,}3125\,V}}$ ✓

$m = 2 \cdot \frac{\frac{k \cdot \hat{u}_2 \cdot \hat{u}_1}{2}}{\hat{u}_2}$

$m = k \cdot \hat{u}_1 = 0{,}8 \cdot V^{-1} \cdot 0{,}3125\,V$

$= 0{,}25 \Rightarrow m = 25\,\%$ ✓

$f_2 = \frac{1}{T_{HF}} = \frac{1}{2\,\mu s} = 500\,kHz$ ✓ (6P)

$f_1 = \frac{1}{2 \cdot T_{Am}} = \frac{1}{2 \cdot 0{,}5\,ms} = 1\,kHz$ ✓

b) Berechnung siehe oben $\underline{\hat{u}_1 = 0{,}3125\,V}$ ✓ (10P)

$\underline{\hat{u}_2 = 2\,V}$ ✓

d) ~~$P_{ges} = S_{Amax} \cdot (1 + 10$~~

c) $\hat{U}_{mitte} = \hat{U}_2 = 2V$

$$\hat{U}_{seit} = \frac{4 \cdot \hat{U}_1 \cdot \hat{U}_2}{2} = \frac{0{,}5\,V^{-1} \cdot 2V \cdot 0{,}3125V}{2}$$

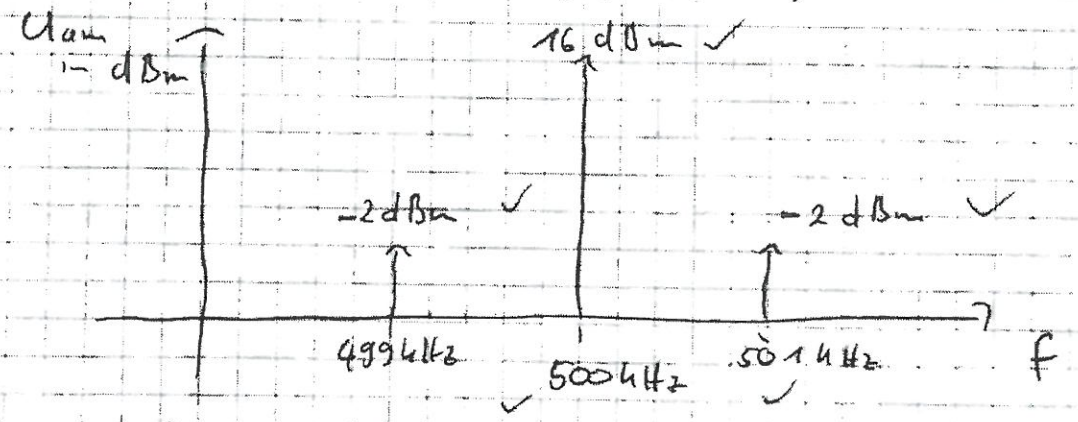
$$= 0{,}25\,V$$

$$U_{seit\,eff} = \frac{\hat{U}_{seit}}{\sqrt{2}} = \frac{0{,}25V}{\sqrt{2}} = \underline{\underline{0{,}177\,V}} = \underline{\underline{177\,mV}}$$

$$U_{eff\,mitte} = \frac{\hat{U}_{mitte}}{\sqrt{2}} = \frac{2V}{\sqrt{2}} = \underline{\underline{1{,}414\,V}}$$

$$L_{mitte\,dBm} = 20 \cdot \log\left(\frac{\sqrt{2}\,V}{\sqrt{1mV \cdot 50\Omega}}\right) = 16\,dBm$$

$$L_{seit\,dBm} = 20 \cdot \log\left(\frac{177mV}{\sqrt{1mV \cdot 50\Omega}}\right) = -2\,dBm$$



8P

RL = bei 50Ω

d) $$P_{ges} = 1mW \cdot \left(10^{\frac{L_{mitte}}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{L_{seite}}{10}}\right)$$

$$= 1mW \cdot \left(10^{\frac{16\,dBm}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{-2\,dBm}{10}}\right)$$

$$= \underline{\underline{41\,mW}} \approx$$

4·1,25mW

3P

(Neue SO)

HAW Hamburg, Department EnI
Prof. Dr. J. Niemann

Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4, 14.7.2015

Name: Fabian Lüdemann Matr.-Nr.: 2107486

Hinweis: An Unterlagen darf nur das GN-Vorlesungsskript mit darin enthaltenen persönlichen Notizen benutzt werden. Die Verwendung anderer Unterlagen wie Klausuren, Übungsaufgaben etc. ist nicht zulässig.
Formeln dürfen aus dem Script übernommen werden, aber immer mit Quellenangabe.
Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar erkennbar sein!

1. Aufgabe (15 Punkte)

Von einem Empfängersystem sind folgende Eigenschaften bekannt:

Eingangsbandbreite: 500 kHz
Bandbreite: 200 kHz
Verstärkung: 60 dB
Rauschzahl: 400

a. Bei welcher Eingangsspannung hat das System am Ausgang (mit 50Ω abgeschlossen) einen Signal-Rauch-Abstand von 40dB? (T=290K)

Mit Hilfe eines Dämpfungsgliedes soll die Verstärkung auf 40dB reduziert werden, wobei die Auswirkung auf das Rauschen gering bleiben soll.

b. Wie muss das System mit neuen Dämpfungsglied zusammengeschaltet werden? Welche Eigenschaften muss das Dämpfungsglied haben?

c. Berechnen Sie Rauschzahl und Rauschmaß des Gesamtsystems mit Dämpfungsglied.

2. Aufgabe (25 Punkte)

An einer theoretisch verlustfreien Leitung von 10m Länge wurde bei reflexionsfreiem Abschluss und einer Generatorfrequenz von f=500kHz eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung von 18° gemessen.

a. Berechnen Sie den Wellenwiderstand und den Verkürzungsfaktor der Leitung.

b. Wie groß sind die Leitungsbeläge R', L', G' und C'?

c. Hat die Phasendifferenz φ(U_1)−φ(I_1) positives oder negatives Vorzeichen? (mit Begründung)

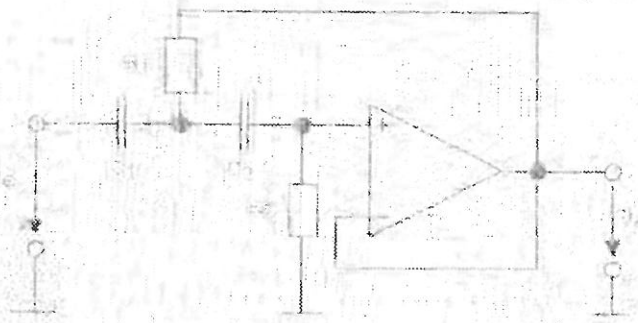
d. Auf den Leitungseingang wird anstelle der Sinusschwingung ein kurzer Impuls gegeben. Nach welcher Zeit erscheint er am Ausgang?

RÜCKSEITE!

(Seite 2/C)

3. Aufgabe (20 Punkte)

Die dargestellte Schaltung eines Hochpassfilters ist zu analysieren. Die Grenzfrequenz beträgt 500Hz. Der Operationsverstärker hat ideale Eigenschaften.



$R_1 = 2,25k\Omega$
$R_2 = 4,5k\Omega$

$C_1 = C_2 = 30nF$

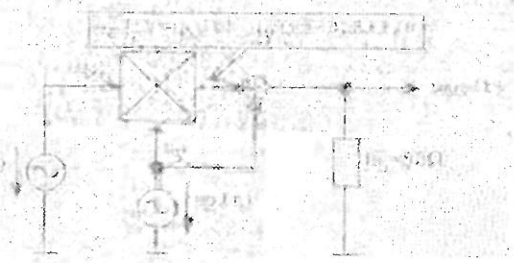
a. Geben Sie zunächst die Übertragungsfunktion $\underline{U}_a/\underline{U}_e$ in Normalform an!

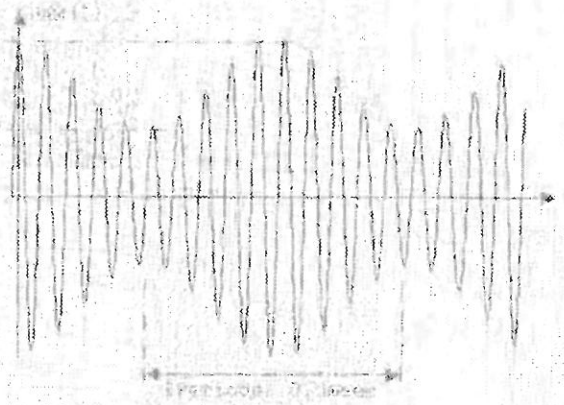
b. Berechnen Sie die Filterkoeffizienten. Welchem standardfilter kommt der Hochpass am nächsten?

c. Auf den Eingang wird eine sinusförmige Spannung von $U_e = 1V$, $f = 500Hz$ gegeben. Wie groß sind Spannung und Phasenverschiebung am Ausgang?

4. Aufgabe (15 Punkte)

Am Ausgang eines AM-Modulators wurde die abgebildete Zeitfunktion gemessen, deren Maximalwerte zwischen 1,5V und 0,5V schwankt. Die Periodendauer der Hüllkurve beträgt 0,5msec, die hochfrequente Schwingung hat eine Periodendauer von 2µsec. (Darstellung nicht maßstabsgerecht)





a. Bestimmen Sie Modulationsgrad, Träger- und Modulationsfrequenz!

b. Welche Spannungen (Scheitelwerte) und Frequenzen müssen die Quellen für u_e und u_a abgeben?

c. Skizzieren Sie das Frequenzspektrum am Ausgang mit Angabe von Pegeln in dBm und Frequenzen!

d. Welche Leistung wird an R_L insgesamt umgesetzt?

*Normalform: Nennerpolynom muss die Form $1 + a_1 \cdot j\omega + a_2 \cdot (j\omega)^2 + \ldots$ haben.

Mss 07/15

1a) $SNR_a = 40\,dB$

Gl. (2-41) $SNR_e = SNR_a + F' = 40\,dB + 8\,dB = 48\,dB$

Gl. (2-36) $P_{re} = k \cdot T \cdot B = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{Ws}{K} \cdot 290\,K \cdot 200\,kHz$

$= 8{,}004 \cdot 10^{-16}\,W$

Gl. (2-37) $P_{SE} = SNR_e \cdot P_{re} = 10^{\frac{48\,dB}{10}} \cdot 8{,}004 \cdot 10^{-16}\,W$

$\approx 5{,}05 \cdot 10^{-11}\,W$

$\underline{\underline{U_e}} = \sqrt{P_{SE} \cdot Z_e} = \sqrt{5{,}05 \cdot 10^{-11}\,W \cdot 50\,\Omega} \approx \underline{\underline{50{,}25\,\mu V}}$ 5P

b) Bei einem Hetersystem ist das erste Glied den größten Einfluss auf die Gesamtrauschzahl. Da die Auswirkung auf das Rauschmaß allerdings gering sein soll, muss das Dämpfungsglied das zweite Glied in der Hetersuchkette sein:

4P

$V_{ges} = V_{Verstärker} - a_{Dämpfung} \Rightarrow a = V_{Verstärker} - V_{ges}$

$= 86\,dB - 80\,dB = 6\,dB$

Das Dämpfungsglied bewirkt eine Dämpfung von $\underline{\underline{a = 6\,dB}}$ 2P

c) (2-42) $F_{ges} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{V_1}$

$F_1 = 10^{\frac{8\,dB}{10}} \approx 6{,}31$ $\quad F_2' = a = 6\,dB$ Gl. (2-42)

$\Rightarrow F_2 = 10^{\frac{6\,dB}{10}} \approx 3{,}98$

$V_1 = 10^{\frac{80\,dB}{10}}$

Tobias Doeker 210480 14.01.15

$$\Rightarrow F_{ges} = 10^{0,8} + \frac{10^{0,8}-1}{10^{0,6}} \approx \underline{0,3036}$$ ✓

$$\Rightarrow F'_{ges} = 10 \cdot \log_{10}(0,3036) \approx \underline{8\,dB}$$ ✓

5P

Seite 2

a) verlustlose Leitung: $\alpha = 0$

Gl. (2-8): $\varphi(x) = -\beta \cdot x$

$\Rightarrow 10° = \beta \cdot 10\,m$

$\Rightarrow \beta = \frac{10°}{m} = \beta = 17{,}45 \cdot 10^{-3}\,\frac{rad}{m}$ ✓

Gl. (2-10): $\lambda_L = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{17{,}45 \cdot 10^{-3}\,\frac{rad}{m}} = 360\,m$

Gl. (2-11): $k = \frac{\lambda_L}{r_0}$ mit $r_0 = \frac{c_0}{f} = \frac{c_0}{500\,kHz} = 600\,m$

$\Rightarrow \underline{\underline{k}} = \frac{360\,m}{600\,m} = \underline{\underline{\frac{3}{5}}}$ ✓ (5P)

Da reflexionsfreier Abschluss vorliegt muss $\underline{Z}_L = \underline{Z}_W$ ✓

$\Rightarrow \underline{\underline{\underline{Z}_W}} = \underline{Z}_L = \underline{\underline{75\,\Omega}}$ ✓ (2P)

b) da verlustlose Leitung: $\alpha = 0 \Rightarrow \underline{\underline{R' = 0}}$ und $\underline{\underline{G' = 0}}$ ✓ ✓ (1P)

aus Gl. (2-22) folgt dann:

$\underline{Z}_W = Z_W = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$ (1) ✓

des Weiteren gilt (2-24): $\beta = \omega\sqrt{L'C'}$ (2) ✓

$\Rightarrow L' = \frac{\beta^2}{\omega^2 \cdot C'}$ in (1) eingesetzt $\Rightarrow Z_W = \sqrt{\frac{\frac{\beta^2}{\omega^2 C'}}{C'}}$

$Z_W = \sqrt{\frac{\beta^2}{\omega^2 C'^2}} = \frac{\beta}{\omega C'}$ ✓

$\Rightarrow \underline{\underline{C'}} = \frac{\beta}{\omega \cdot Z_W} = \frac{17{,}45 \cdot 10^{-3}\,\frac{rad}{m}}{2\pi \cdot 500\,kHz \cdot 75\,\Omega} \approx \underline{\underline{14{,}00\,\frac{pF}{m}}}$ ✓ ✓ (5P)

$\Rightarrow \underline{\underline{L'}} = \frac{\beta^2}{\omega^2 C'} = \frac{(17{,}45 \cdot 10^{-3}\,\frac{rad}{m})^2}{(2\pi \cdot 500\,kHz)^2 \cdot 14{,}00\,\frac{pF}{m}} \approx \underline{\underline{410{,}59\,\frac{\mu H}{m}}}$ ✓ ✓

Seite 3

c) Die Phasendifferenz $\varphi(x_2) - \varphi(x_1)$ muss negativ sein, da die Spannung am Ausgang der Spannung am Eingang nacheilt. Das Ergebnis gilt aus (2-3): $u(x) = u_0 \cdot e^{-\alpha x} \cdot e^{-j\beta x}$

$\Rightarrow \varphi(x) = -\beta \cdot x \hat{=}$ negativ.

4P

d) es gilt Gl. (2-11) $u = \frac{v_{ph}}{c_0} \Rightarrow v_{ph} = u \cdot c_0$

$v_{ph} = \frac{3}{5} \cdot c_0 \approx 180\,000\,000 \frac{m}{sec}$

$t = \frac{l}{v_{ph}} = \frac{10\,m}{180\,000\,000 \frac{m}{sec}} \approx 55{,}5 \cdot 10^{-9} sec$

Der Impuls erscheint nach ca. 55,56 nsec am Ausgang der Leitung.

3P

Tobias Doeller 210848 14.02.15

3a) a) (Jw11) $\frac{u_a}{u_e} = \frac{Y_1 \cdot Y_2}{Y_1 \cdot Y_2 + Y_4 \cdot (Y_1 + Y_2 + Y_3)}$

$Y_1 = j\omega C_1 \quad Y_2 = j\omega C_2 \quad Y_3 = \frac{1}{R_1} \quad Y_4 = \frac{1}{R_2}$

$$\Rightarrow \frac{u_a}{u_e} = \frac{j\omega C_1 \cdot j\omega C_2}{j\omega C_1 \cdot j\omega C_2 + \frac{1}{R_2}\left(j\omega C_1 + j\omega C_2 + \frac{1}{R_1}\right)}$$

$$= \frac{(j\omega)^2 C_1 C_2}{(j\omega)^2 C_1 C_2 + j\omega \frac{1}{R_2}(C_1 + C_2) + \frac{1}{R_2 R_1}}$$

$$= \frac{(j\omega)^2 C_1 C_2 R_2 R_1}{1 + j\omega R_1 (C_1 + C_2) + (j\omega)^2 C_1 C_2 R_2 R_1}$$ ✓ 5P

b) $\frac{u_1}{u_0} = R_1 (C_1 + C_2) = \frac{R_1}{R_2 \omega_g}$

$\Rightarrow u_1 = R_1 (C_1 + C_2) \omega_g = 2{,}25\,k\Omega \cdot (100\,nF + 100\,nF) \cdot 2\pi \cdot 500\,Hz$

$= \frac{5}{2\pi}\,\pi = 1{,}41\,V$ (≈✓)

Kleine Tiefpass

$\frac{u_1}{u_0^2} = C_1 C_2 R_1 R_2 = \frac{1}{R_1 R_2 \omega_g^2}$

$\Rightarrow u_1 = C_1 C_2 R_1 R_2 \omega_g^2 = 100\,nF \cdot 100\,nF \cdot 2{,}25\,k\Omega \cdot 4{,}5\,k\Omega \cdot (2\pi \cdot 500\,Hz)^2$

$= 0{,}0099$ (≈✓) 6P

$\frac{\left(\frac{u_1}{u_0}\right)^2}{\frac{u_1}{u_0^2}} = \frac{u_1^2}{u_1} = \frac{(1{,}41\,V)^2}{0{,}0099} \approx$

$\Rightarrow \frac{u_1^2}{u_1} = \frac{1{,}41^2}{1} = 2 \Rightarrow$ Hochpass mit Butterworth-Charakteristik ✓ 2P

Seite 5

c) Der Hochpass hat eine Grenzfrequenz von $f_g = 100\,Hz$. Da es sich um ein Hochpass 2. Ordnung handelt und dieser mit einer sinusförmigen Spannung und der Grenzfrequenz angetrieben wird, liegt die stabile Spannungsverstärkung (für die Grenzfrequenz) von $\frac{1}{\sqrt{2}}$ an!

$$\rightarrow \quad U_a = U_e \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 2V \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\,V \approx \underline{1{,}414\,V}$$ 3P

Da es sich um einen Hochpass 2. Ordnung handelt, geht der Phasengang von $+180°$ bis $0°$. Bei der Grenzfrequenz liegt nun somit die Phasenverschiebung genau $+90°$. gilt nicht allgemein!

Rechnung fehlt! 4P

4a) Gl. (5-6) $m = \frac{\hat{u}_{max} - \hat{u}_{min}}{\hat{u}_{max} + \hat{u}_{min}} = \frac{2{,}5\,V - 1{,}5\,V}{2{,}5\,V + 1{,}5\,V} = \frac{1\,V}{4\,V} = 0{,}25$ ✓

$= \underline{\underline{25\,\%}}$ ✓

$\underline{\underline{f_m}} = \frac{1}{0{,}5\,msec} = 2000\,Hz = \underline{\underline{2\,kHz}}$ ✓

9P

$\underline{\underline{f_{TT}}} = \frac{1}{2\,\mu sec} = 500\,000\,Hz = \underline{\underline{500\,kHz}}$ ✓

b) $\hat{u}_{amax} = 2{,}5\,V = \hat{u}_{TT} + 2 \cdot \hat{u}_{seit} = \hat{u}_2 + 2 \cdot \frac{m \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}{2}$

$= \hat{u}_2 + m \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2$ Gl. (5-3)

$\hat{u}_{amin} = 1{,}5\,V = \hat{u}_{TT} - 2 \cdot \hat{u}_{seit} = \hat{u}_2 - 2 \cdot \frac{m \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}{2}$ ✓

$= \hat{u}_2 - m \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2$

$\Rightarrow \hat{u}_{amax} + \hat{u}_{amin} = 2{,}5\,V + 1{,}5\,V = 4\,V = \hat{u}_2 + m \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2 + \hat{u}_2 - m \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2$

$= 2 \cdot \hat{u}_2 \Rightarrow \hat{u}_2 = \frac{4\,V}{2} = 2\,V$ ✓

$\hat{u}_{amax} = 2{,}5\,V = \hat{u}_2 + m \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2$

$\Rightarrow \underline{\underline{\hat{u}_1}} = \frac{2{,}5\,V - \hat{u}_2}{m \cdot \hat{u}_2} = \frac{2{,}5\,V - 2\,V}{0{,}25 \cdot 2\,V} = \underline{\underline{0{,}2\,mV}}$ ✓ ✓

Quelle für u_1: $\hat{u}_1 = 242{,}5\,mV$ und $f_1 = 2\,kHz$ ✓

14P

Quelle für u_2: $\hat{u}_2 = 2\,V$ und $f_2 = 500\,kHz$ ✓

Seite 7

c) zu (5-3) $\hat{u}_{Träger} = \hat{u}_c = 2V \Rightarrow u_{Träger} = \frac{2V}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\,V$

$$P_{Träger} = \frac{u_{Träger}^2}{R_L} = \frac{(\sqrt{2}\,V)^2}{50\,\Omega} = 0{,}04\,W$$

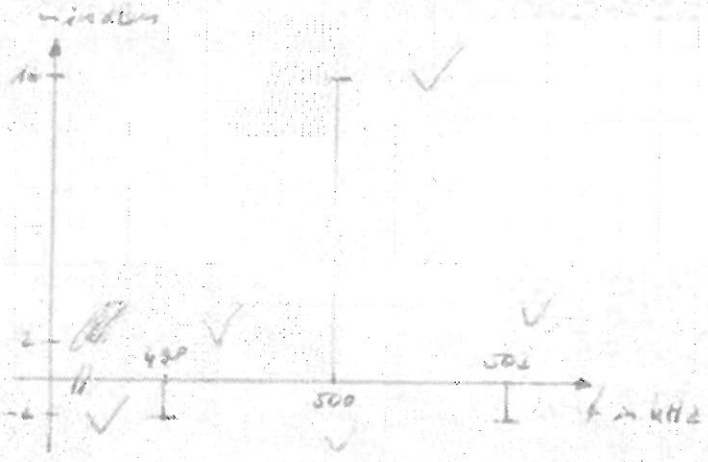
$$L_{Träger}(dBm) = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_{Träger}}{1mW}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{0{,}04W}{1mW}\right) \approx 16\,dBm$$

zu (5-6) $$\hat{u}_{Seite} = \frac{m \cdot \hat{u}_c \cdot \hat{u}_m}{2} = \frac{0{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}2 \cdot 10^{3}\,V \cdot 2V}{2} = 0{,}25\,V$$

$$\Rightarrow u_{Seite} = \frac{0{,}25\,V}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{8}\,V$$

$$P_{Seite} = \frac{u_{Seite}^2}{R_L} = \frac{\left(\frac{\sqrt{2}}{8}V\right)^2}{50\,\Omega} = 0{,}25 \cdot 10^{-4}\,W$$

$$L_{Seite}(dBm) = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_{Seite}}{1mW}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{0{,}25 \cdot 10^{-4}W}{1mW}\right) \approx -6\,dBm$$



8P

d) zu (5-4) $$P_{AM} = \frac{\hat{u}_T^2}{2R}\left(1 + \frac{m^2}{2}\right) = \frac{\hat{u}_c^2}{2R_L}\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$$

$$= \frac{2V^2}{2 \cdot 50\,\Omega}\left(1 + \frac{0{,}2^2}{2}\right) = 41{,}25\,mW$$

4P

HAW Hamburg
Department EuI
Prof. Dr. J. Missun

Jahr	Semester	Fach	Dozent
14	E4b	GN	MSS

FSR - Klausurensammlung

83 Punkte
12 Pkt

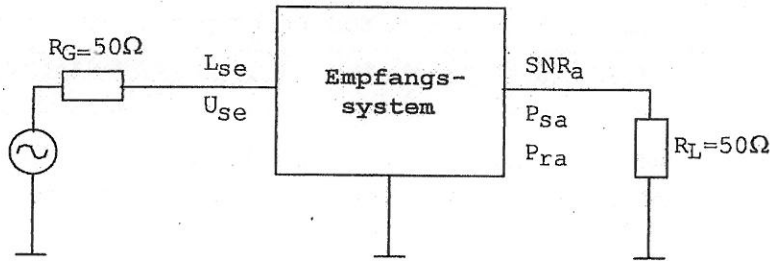
Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4b, 4.7.2014

Name:____ _____ Matr.-Nr._

Hinweis: An Unterlagen dürfen nur das GN-Vorlesungsskript und persönliche Mitschriften benutzt werden, die Verwendung von alten Klausuren ist nicht zulässig. Formeln dürfen aus dem Script übernommen werden, aber immer mit Quellenangabe. Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar erkennbar sein!

1. Aufgabe (20 Punkte)
Ein Empfangssystem hat folgende Eigenschaften:

Verstärkung.....86dB
Bandbreite.....200kHz
Rauschmaß.....5dB
Eingangswiderstand..50Ω
Ausgangswiderstand..50Ω



a. Am Eingang tritt nur thermisches Rauschen auf. Bei welchem Eingangs-Signalpegel (in dBm) wird am Ausgang ein Signal-Rauschabstand von 60dB erreicht? (T=290K)

b. Welche Signalleistung und welche Rauschleistung treten am Ausgang bei 10µV Eingangsspannung auf?

2. Aufgabe (25 Punkte)
An einer Leitung von 50m Länge wurden bei f=300kHz für die Leitungsbeläge folgende Werte ermittelt:

$R' = 0{,}8\,\Omega/m$
$L' = 350\,nH/m$
$C' = 120\,pF/m$
$G' = 10\,\mu S/m$

a. Skizzieren Sie das Ersatzschaltbild für ein 2m langes Stück dieser Leitung (f=300kHz)!

b. Berechnen Sie Wellenwiderstand nach Betrag und Phase (in Grad), Dämpfungsbelag (in Np/m) und Phasenbelag (in rad/m)! (f=300kHz)

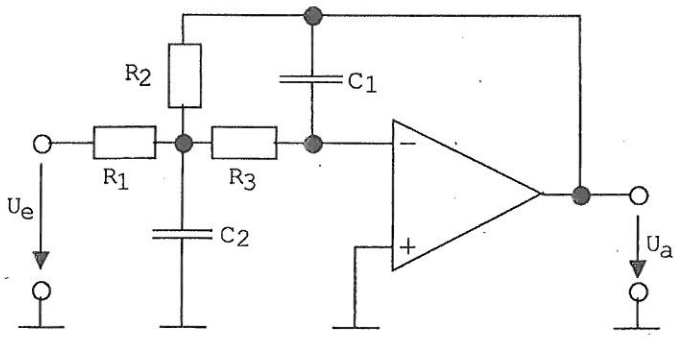
c. In die reflexionsfrei abgeschlossene Leitung von 50m Länge wird ein sinusförmiges Signal mit û=1V, f=300kHz eingespeist.
Welche Amplitude und welche Phasenverschiebung (in Grad) hat die Spannung am Ausgang?

RÜCKSEITE!
--------->

Aufgabenblatt 1/2

WS 2014 | Semester E4b | Fach GN | Dozent MSS
FSR - Klausurensammlung

3. Aufgabe (25 Punkte)
Der dargestellte aktive Tiefpass ist zu analysieren. Die Grenzfrequenz beträgt f_g=4kHz.



R_1=1kΩ

R_2=2,2kΩ

R_3=2,9kΩ

C_1=4,7nF

C_2=33nF

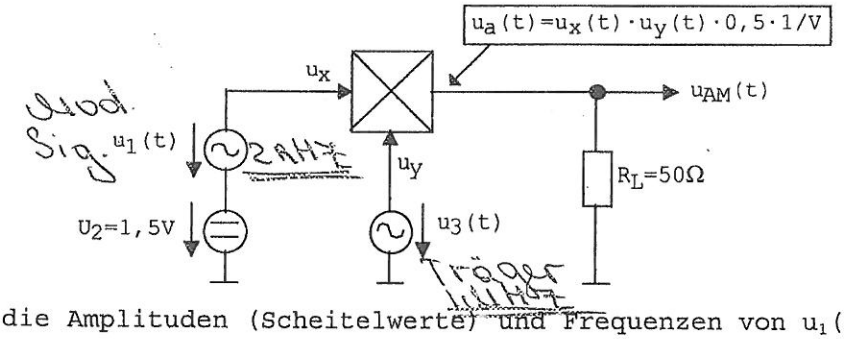
idealer Operationsverstärker

a. Stellen Sie die Übertragungsfunktion in Normalform* auf und geben Sie die maximale Verstärkung an!

b. Bestimmen Sie die Filterkoeffizienten! Welchem der drei Standardtiefpässe kommt die Schaltung am nächsten?

c. Die Bauelementwerte der Schaltung sind für eine max. Verstärkung von 1 (Betrag), gleiche Filterkoeffizienten und gleiche Grenzfrequenz neu zu berechnen. An den Widerstandswerten soll möglichst wenig geändert werden.

4. Aufgabe (30 Punkte)
Der dargestellte AM-Modulator soll an R_L ein AM-Signal mit 5mW Trägerleistung und 40% Modulationsgrad erzeugen (sinusförmige Modulation). Die Trägerfrequenz beträgt 1MHz, die Modulationsfrequenz 2kHz.



a. Bestimmen Sie die Amplituden (Scheitelwerte) und Frequenzen von $u_1(t)$ und $u_3(t)$!

b. Welche Leistung wird in R_L umgesetzt?

c. Berechnen Sie den maximalen und minimalen Scheitelwert von $u_{AM}(t)$!

d. Skizzieren Sie das Betragsspektrum von u_{AM} mit Angabe von Pegeln (in dBm) und Frequenzen.

***Normalform:** Nennerpolynom muss die Form $1 + c_1 \cdot j\omega + c_2 \cdot (j\omega)^2 + \ldots$ haben.

Aufgabe 1

$U = 86\,dB$

$B = 200\,kHz$

$F' = 5\,dB$

$R_e = R_a = 50\,\Omega$

a) $SNR_a(dB) = 60\,dB$

$F = \frac{SNR_e}{SNR_a}$ (2-40)

$F' = SNR_e - SNR_a$ ✓

$SNR_e = F' + SNR_a = 5\,dB + 60\,dB = 65\,dB$ ✓

$SNR_e = \frac{P_{S1}}{P_{r1}}$

$P_{r1} = kTB = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{Ws}{K} \cdot 290\,K \cdot 200\,kHz =$

$= 8{,}004 \cdot 10^{-16}\,W$ ✓

$P_{S1} = P_{r1} \cdot SNR_e$

$SNR_e = 10^{\frac{65\,dB}{10}} = 3{,}162 \cdot 10^{6}$

$P_{S1} = 8{,}004 \cdot 10^{-16}\,W \cdot 3{,}162 \cdot 10^{6} =$

$= 2{,}531 \cdot 10^{-9}\,W = \underline{\underline{2{,}531\,nW}}$

$L_p = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{1\,mW}\right)$

$\Rightarrow L_{pS1} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{S1}}{1\,mW}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{2{,}531\,nW}{1\,mW}\right) =$

$= \underline{\underline{-55{,}967\,dBm}}$ ✓ 9P

b) $U_e = 10\,\mu V$

$$SNR_e = \frac{P_{S1}}{P_{r1}} = \frac{\frac{U_e^2}{R_e}}{kTB}$$

$$P_{S1} = \frac{U_e^2}{R_e} = \frac{(10\,\mu V)^2}{50\,\Omega} = 2 \cdot 10^{-12}\,W$$

$$SNR_e = \frac{P_{S1}}{P_{r1}} = \frac{2 \cdot 10^{-12}\,W}{8{,}004 \cdot 10^{-16}\,W} = \underline{\underline{2498{,}75}}$$

$$P_{S2} = P_{S1} \cdot V_p \qquad (2-39)$$

$$V_p = 10^{\frac{86\,dB}{10}} = 398{,}1 \cdot 10^6$$

$$\Rightarrow P_{S2} = 2 \cdot 10^{-12}\,W \cdot 398{,}1 \cdot 10^6 = \underline{\underline{796{,}2}}\,\mu W$$

$$F = \frac{SNR_e}{SNR_a}$$

$$F = 10^{\frac{5\,dB}{10}} = 3{,}1623$$

11P

$$SNR_a = \frac{SNR_e}{F} = \frac{2498{,}75}{3{,}1623} = 790{,}17$$

$$SNR_a = \frac{P_{S2}}{P_{r2}} = 790{,}17$$

$$\Rightarrow P_{r2} = \frac{P_{S2}}{790{,}17} = \frac{796{,}2 \cdot 10^{-6}\,W}{790{,}17} = \underline{\underline{1{,}007}}\,\mu W$$

Jahr 2014 | Semester E4b | Path GN | Kürzel MSS
FSK - Klausursammlung

Aufgabe 2

$l = 80\,m$

$f = 300\,kHz$

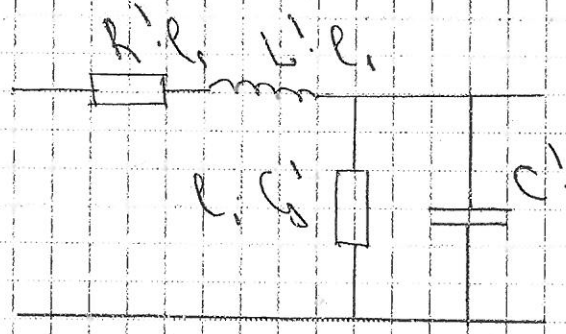
$R' = 0{,}8\,\frac{\Omega}{m}$

$L' = 350\,\frac{nH}{m}$

$C' = 120\,\frac{pF}{m}$

$G' = 10\,\frac{\mu S}{m}$

a)



Wirke²

2P

$l_1 = 2\,m$

b) $Z_W = \sqrt{\frac{j\omega L' + R'}{j\omega C' + G'}}$ ✓ (2-19)

$$Z_W = \sqrt{\frac{j\,2\pi\cdot 300\,kHz\cdot 350\,\frac{nH}{m} + 0{,}8\,\frac{\Omega}{m}}{j\,2\pi\cdot 300\,kHz\,120\,\frac{pF}{m} + 10\,\frac{\mu S}{m}}} =$$

$$= \sqrt{3067{,}03 - 3401{,}184\,j} =$$

$$= \sqrt{4579{,}82}\ \angle -\frac{0{,}837}{2} = \underline{\underline{67{,}674\,\Omega\,\angle -0{,}418\,rad}}$$

✓ 5P

in Grad?

$\alpha = \frac{R'}{2}\sqrt{\frac{C'}{L'}}$ Näherung $G' \approx 0$ (2-15)

$$\alpha = \frac{0{,}8\,\frac{\Omega}{m}}{2}\sqrt{\frac{120\,\frac{pF}{m}}{350\,\frac{nH}{m}}} = \underline{\underline{7{,}406\cdot 10^{-3}\,\frac{Np}{m}}}$$

2P

ungenau

$\beta = \omega\sqrt{L' C'}$ (2-16)

$\beta = 2\pi \cdot 300\,kHz \cdot \sqrt{350\frac{nH}{m} \cdot 120\frac{pF}{m}} =$

$= 0{,}0122\,\frac{rad}{m}$ umgerechnet! (2P)

c) $L = 50\,m$.

$U = 1V$, $f = 300\,kHz$

$U(x) = U_1 e^{-\alpha x} \cdot e^{-j\beta x}$ (2-9).

$U(L = 50m) = 1V \cdot e^{-7{,}406 \cdot 10^{-3}\frac{Np}{m} \cdot 50\,m} \cdot e^{-j0{,}0122\frac{rad}{m}\,50\,m} = 0{,}6905V\, e^{-j0{,}61\,rad}$

(4P)

am Ausgang $U_2(L = 50m) = \underline{\underline{0{,}6905V}}$

Phasenverschiebung $\varphi(x) = 0{,}61 \cdot \frac{360°}{2\pi} =$

$= \underline{\underline{34{,}95°}}$ (2P)

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E4h	GN	MSS

FSR - Klausurensammlung

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E4b	GN	MSS

FSR - Klausurensammlung

Aufgabe 3

$R_1 = 1\,k\Omega$

$R_2 = 2{,}2\,k\Omega$

$R_3 = 2{,}9\,k\Omega$

$C_1 = 4{,}7\,nF$

$C_2 = 33\,nF$

$f_g = 4\,kHz$

a)

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{-Y_1 Y_3}{Y_5(Y_1+Y_2+Y_3+Y_4)+Y_3 Y_4}$$ (3-10)

$Y_1 = \frac{1}{R_1}$, $Y_2 = j\omega C_2$, $Y_3 = \frac{1}{R_3}$, $Y_4 = \frac{1}{R_2}$, $Y_5 = j\omega C_1$

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{-\frac{1}{R_1}\frac{1}{R_3}}{j\omega C_1\left(\frac{1}{R_1}+j\omega C_2+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_2}\right)+\frac{1}{R_3}\frac{1}{R_2}} =$$

$$= \frac{-\frac{R_2}{R_1}}{1+j\omega C_1\left(R_2+R_3+\frac{R_2 R_3}{R_1}\right)+(j\omega)^2 C_1 C_2 R_2 R_3}$$

6P

$\Omega = \frac{\omega}{\omega_g}$

$$= \frac{-\frac{R_2}{R_1}}{1+j\Omega\,\omega_g C_1\left(R_2+R_3+\frac{R_2 R_3}{R_1}\right)+(j\Omega\,\omega_g)^2 C_1 C_2 R_2 R_3}$$

b) Vergleich der Koeffizienten.

$a_1 = \omega_g C_1 \left(R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} \right)$

$b_1 = \omega_g^2 C_1 C_2 R_2 R_3$

SS, WS 2014	Semester E4b	Fach GN	Dozent MS
PSE - Klausurensammlung			

$\rightarrow$

$a = 2\pi \cdot 4\,kHz \cdot 4{,}7\,nF \left(2{,}2\,k\Omega + 2{,}9\,k\Omega + \frac{2{,}2\,k\Omega \cdot 2{,}9\,k\Omega}{1\,k\Omega} \right) =$

$= \underline{\underline{1{,}356}}$ ✓

$b_1 = (2\pi \cdot 4\,kHz)^2 \cdot 4{,}7\,nF \cdot 33\,nF \cdot 2{,}2\,k\Omega \cdot 2{,}9\,k\Omega =$

$= \underline{\underline{0{,}625}}$ ✓

(8P)

$\rightarrow$ <u>Bessel</u> ✓

c) Tiefpass

$\omega = 0 \rightarrow V_{0\,max}$ ✓

$|V_0| = \frac{R_2}{R_1} = 1 \rightarrow R_1 = R_2 = 1\,k\Omega$ (frei gewählt)

(3P)

$a_1 = \omega_g \cdot C_1 \left(R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} \right)$

$b_1 = \omega_g^2 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot R_2 \cdot R_3$

$\frac{a_1}{b_1} = \frac{(R_2 + R_3 + R_3)}{\omega_g \cdot C_2 \cdot R_2 \cdot R_3}$

wenn $R_1 = R_2 = R_3 = 1\,k\Omega$ ✗ Widerstände möglichst wenig ändern!

$\frac{a_1}{b_1} = \frac{3\,k\Omega}{\omega_g \cdot C_2 (1\,k\Omega)^2}$

(4P)

$\rightarrow C_2 = \frac{3\,k\Omega \cdot b_1}{(1\,k\Omega)^2 \cdot a_1 \cdot 2\pi f_g} = \underline{\underline{55{,}017}}\,nF$ (✓)

$\rightarrow C_1 = \frac{a_1}{\ldots} = 14{,}92\,nF$ (✓)

SS / WS 2014 | Semester E4h | Fach GN | Dozent MSS
732 - Klausursammlung

Aufgabe 4

$P_{Tr} = 5\,mW$ $\quad u_3$ – Trägerspannung

$m = 40\,\%$ $\quad u_1$ – Modulationssignal

$f_{Tr} = 1\,MHz$

$f_m = 2\,kHz$

a) $u_a(t) = u_x(t) \cdot u_y(t) \cdot 0{,}5\,V^{-1}$

$u_x(t) = u_1(t) + u_2$

$u_y(t) = u_3(t)$

$u_a(t) = (\hat{u}_1 \cos(\omega_m \cdot t) + 1{,}5\,V) \cdot \hat{u}_3 \cos(\omega_{Tr} \cdot t) \cdot 0{,}5\,V^{-1} = 1{,}5\,V\,0{,}5\,V^{-1}\,\hat{u}_3 \cos(\omega_{Tr} \cdot t) +$

$+ 0{,}5\,V^{-1}\,\hat{u}_1 \hat{u}_3 \cos(\omega_{Tr} t) \cdot \cos(\omega_m t) =$

$= \underline{0{,}75\,\hat{u}_3 \cos(\omega_{Tr} t) + 0{,}25\,\hat{u}_1 \hat{u}_3 V^{-1} \cos(\omega_{Tr} - \omega_m) t}$

$\underline{+ 0{,}25\,V^{-1}\,\hat{u}_1 \hat{u}_3 \cos((\omega_{Tr} + \omega_m) \cdot t)}$

$P_{Tr} = \frac{(U_{Tr,eff})^2}{R_L} \Rightarrow U_{Tr,eff} = \sqrt{P_{Tr} \cdot R_L} =$

$\hat{U}_{Tr} = \sqrt{2} \cdot 0{,}5\,V = \underline{\underline{0{,}707\,V}}$ ✓ $= \underline{\underline{0{,}5\,V}}$ ✓

$f_3 = 1\,MHz$

$\Rightarrow \hat{U}_{Tr} = \underline{\underline{0{,}707\,V}} = 0{,}75 \cdot \hat{U}_3 \Rightarrow \hat{U}_3 = \underline{\underline{0{,}943\,V}}$ ✓

$m = 2 \cdot \frac{\hat{U}_{Seite}}{\hat{U}_{Tr}} = 2 \cdot \frac{0{,}25\,V^{-1}\,\hat{U}_1\,\cancel{\hat{U}_3}}{0{,}75\,\cancel{\hat{U}_3}}$ (5+7) 1,4P

$f_1 = \underline{\underline{2\,kHz}}$

$\Rightarrow \hat{U}_1 = \frac{m\,0{,}75}{0{,}25\,2\,V^{-1}} = \frac{0{,}4 \cdot 0{,}75\,V}{2 \cdot 0{,}25} = \underline{\underline{0{,}6\,V}}$ ✓

auf der hergeleiteten Formel für $u_{Aus}(t)$

$\hat{u}_{Seite} = 0{,}25\,V \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_3 = \underline{0{,}14145\,V}$

b) $P_{Aus} = \frac{\hat{u}_{Tr}^2}{2R} + \frac{m^2 \cdot \hat{u}_T^2}{8R} + \frac{m^2 \cdot \hat{u}_T^2}{8R} =$

$= \frac{\hat{u}_T^2}{2R}\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$ (5-4)

$P_{Aus} = \frac{\hat{u}_T^2}{2R}\left(1 + \frac{m^2}{2}\right) = \frac{(0{,}707\,V)^2}{2 \cdot 50\,\Omega}\left(1 + \frac{(0{,}4)^2}{2}\right) =$ ✓

$= \underline{\underline{5{,}398}}\,mW$ ✓ (4P)

c) $\hat{u}_{amax} = \hat{u}_{Tr} + 2 \cdot \hat{u}_{Seite}$ ✓

$\hat{u}_{amax} = 0{,}707\,V + 2 \cdot 0{,}14145\,V = \underline{\underline{0{,}9899\,V}}$

$\hat{u}_{amin} = \hat{u}_{Tr} - 2 \cdot \hat{u}_{Seite}$ (4P)

✓ ✓

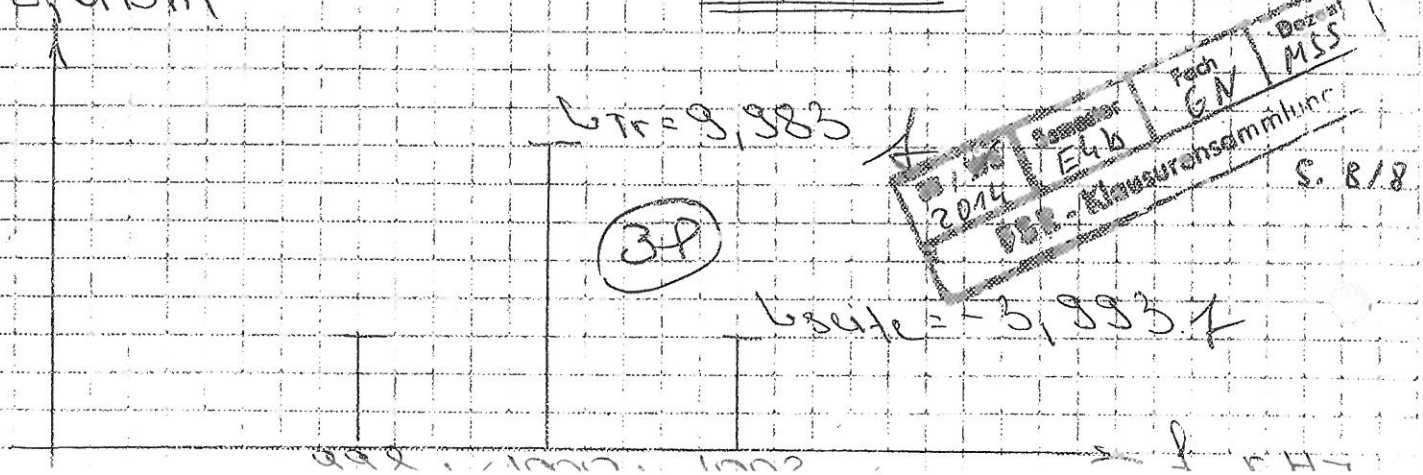
$\hat{u}_{amin} = 0{,}707\,V - 2 \cdot 0{,}14145\,V = \underline{\underline{0{,}4241\,V}}$

d) $L_{Tr} = 20\lg\left(\frac{U}{0{,}224\,V}\right) = 20\lg\left(\frac{0{,}707\,V}{0{,}224\,V}\right) =$ ✓ Eff-Wert benutzen!!

$= \underline{\underline{9{,}983}}\,dBm$ ✓

$L_{Seite} = 20\lg\left(\frac{U}{0{,}224\,V}\right) = 20\lg\left(\frac{0{,}14145\,V}{0{,}224\,V}\right) =$ ✓

$= \underline{\underline{-3{,}993}}\,dBm$ ✓



Datum 2014 | Bearbeiter E4b | Fach GN | Dez.-Nr. M55
Klausursammlung

HAW Hamburg
Department EuI
Prof. Dr. J. Missun

SS / WS 2014 | Semester E4 | Fach GN | Dozent MSS
FSR - Klausurensammlung

93 Punkte
14 LP. Gm

Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4b, 26.1.2015

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

Hinweis: An Unterlagen dürfen nur das GN-Vorlesungsskript und persönliche Mitschriften benutzt werden, die Verwendung von alten Klausuren ist nicht zulässig. Formeln dürfen aus dem Script übernommen werden, aber immer mit Quellenangabe. Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar erkennbar sein!

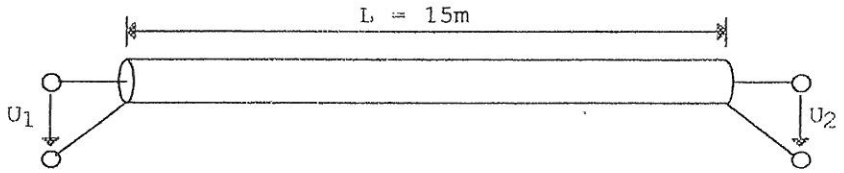
1. Aufgabe (20 Punkte)
Ein Empfangssystem hat 50Ω Ein- und Ausgangswiderstand, eine Verstärkung von 66dB und eine Bandbreite von 100kHz.
Bei einem Eingangs-Signalpegel von -85dBm (Eintonsignal auf der Mittenfrequenz) wurde am Ausgang bei 50Ω Lastwiderstand ein Signal-Rauschabstand von 35dB gemessen.

a. Welche Rauschzahl und welches Rauschmaß hat das System (T=290K)?

b. Wie groß sind Signalleistung und Rauschleistung am Ausgang?

c. Die Bandbreite werde halbiert. Wie ändern sich die Ergebnisse unter b., wenn davon ausgegangen werden kann, dass Rauschmaß bzw. Rauschzahl sich nicht verändern?

2. Aufgabe (30 Punkte)
An einer Leitung von 15m Länge wurde bei einer Frequenz von 100kHz ein Wellenwiderstand von $\underline{Z}_W=(95-j69{,}8)\Omega$ gemessen. Die Leerlaufkapazität der gesamten Leitung wurde mit $C_{ges}=1{,}8nF$ ermittelt.



a. Bestimmen Sie unter der Annahme G'=0 die Leitungsbeläge!

b. Wie groß sind Spannungsverhältnis $|\underline{U}_2/\underline{U}_1|$ und Phasenverschiebung in Grad zwischen Ein- und Ausgang der Leitung bei f=100kHz und Anpassung am Leitungsende?

c. Geben Sie eine Methode zur Messung des Wellenwiderstands an!

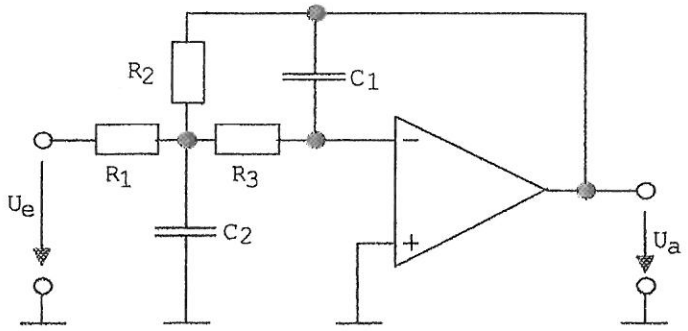
RÜCKSEITE!
--------->

WS 2014 | Semester E4 | Fach GN | Dozent MSS
FSR - Klausurensammlung

3. Aufgabe (30 Punkte)
Mit der dargestellten Schaltung ist ein Tiefpassfilter zu dimensionieren, das folgende Eigenschaften hat:

Gleichspannungsverstärkung (Betrag): 3fach
Grenzfrequenz: 10kHz
Filtertyp: Butterworth

Der Operationsverstärker kann als ideal angenommen weerden.

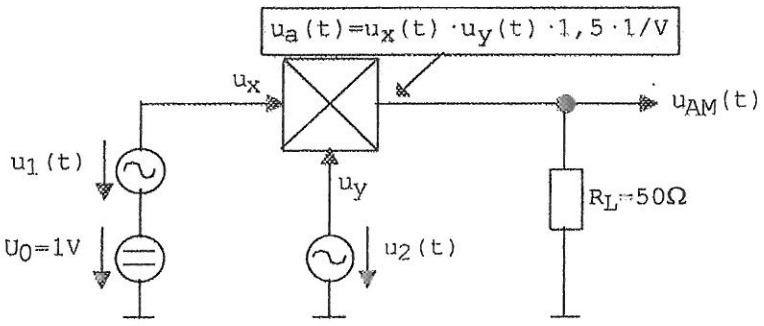


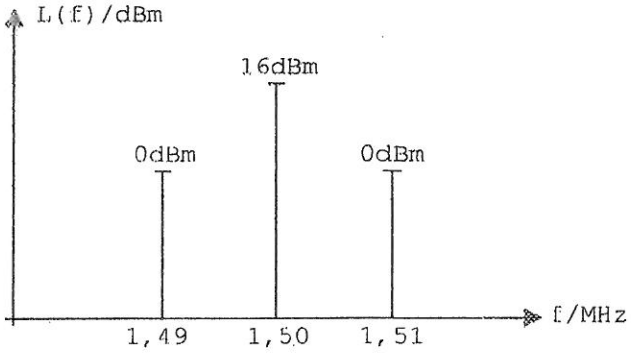
a. Geben Sie zunächst die Übertragungsfunktion $\underline{U}_a/\underline{U}_e = f(\omega)$ in Normalform* an!

b. Der Widerstand R_1 soll einen Wert von 2,2kΩ und C_1 soll einen Wert von 2,2nF haben. Berechnen Sie die Werte der übrigen Bauelemente!

c. Auf den Eingang wird eine sinusförmige Spannung von U_1=2V, f=10kHz gegeben. Wie groß sind Spannung und Phasenverschiebung am Ausgang?

4. Aufgabe (20 Punkte)
Am Ausgang des AM-Modulators wurde das dargestellte Spektrum gemessen.





a. Wie groß sind Modulationsgrad, Träger- und Modulationsfrequenz?

b. Bestimmen Sie die Frequenzen und Scheitelwerte von der Quellen mit u_1 und u_2.

c. Welche Leistung wird in R_L umgesetzt?

***Normalform**: Nennerpolynom muss die Form $1 + c_1 \cdot j\omega + c_2 \cdot (j\omega)^2 + \ldots$ haben.

Mss 01/15

[redacted]

1)

$Z_e = Z_a = 50\,\Omega$ $\quad V(dB) = 66\,dB$ $\quad B = 100\,kHz$ $\quad L_\varphi = -85\,dBm$

$R_L = 50\,\Omega$ $\quad SNR_a(dB) = 35\,dB$

a) $T = 290\,K$

$F'(dB) = SNR_e(dB) - SNR_a(dB)$ (2-44)

$= 10 \lg(F)$

$SNR_e(dB) = 10 \cdot \lg \frac{P_{se}}{P_r}$ (2-39)

$L_e = 10 \cdot \lg(P_{se}/1mW)$ (S. 1-12, Tabelle)

$P_r = k \cdot T \cdot B$ (2-36)

$P_r = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{W}{K} \cdot 290\,K \cdot 100\,kHz = 4{,}002 \cdot 10^{-16}\,W$ ✓

$P_{se} = 10^{L_e(dB)/10} \cdot 1mW = 10^{-85/10} \cdot 1mW = 3{,}1623 \cdot 10^{-12}\,W$

$SNR_e(dB) = 10 \cdot \lg \frac{3{,}1623 \cdot 10^{-12}\,W}{4{,}002 \cdot 10^{-16}\,W} = 38{,}977\,dB$ ✓

$F'(dB) = 38{,}977\,dB - 35\,dB = \underline{\underline{3{,}9772\,dB}}$ ✓ 10P

$F = 10^{F'(dB)/10} = \underline{\underline{2{,}4997}}$ ✓

b)

$P_{sa} = V_p \cdot P_{se}$ (2-39)

$V_p = 10^{V(dB)/10} = 10^{66/10} =$ ✓

$P_{sa} = 10^{66dB/10} \cdot 3{,}1623 \cdot 10^{-12}\,W = \underline{\underline{1{,}259 \cdot 10^{-5}\,W}}$ ✓

$SNR_a(dB) = 10 \cdot \lg \frac{P_{sa}}{P_{ra}}$ (2-38) ✓ ✓ 5P

$\hookrightarrow P_{ra} = 10^{-SNR_a(dB)/10} \cdot P_{sa} = 10^{-35dB/10} \cdot 1{,}259 \cdot 10^{-5}\,W = \underline{\underline{3{,}994 \cdot 10^{-9}\,W}}$

c) $B = \frac{100\,kHz}{2} = 50\,kHz$ $\quad$ Signalleistung bleibt gleich ✓ $\quad$ $\frac{1}{2}$

Rauschleistung wird halbiert ✓

$\hookrightarrow P_{re} = k \cdot T \cdot B = 2{,}001 \cdot 10^{-16}\,W$

$\hookrightarrow SNR_e(dB) = 10 \cdot \lg \frac{P_{se}}{P_{re}} = 10 \cdot \lg \frac{3{,}1623 \cdot 10^{-12}\,W}{2{,}001 \cdot 10^{-16}\,W} = 41{,}997\,dB$ 5P

$\hookrightarrow SNR_a(dB) = SNR_e(dB) - F'(dB) = 41{,}997\,dB - 3{,}9772\,dB = 38{,}01\,dB$

$P_{sa} = \underline{1{,}259 \cdot 10^{-5}\,W}$

$P_{ra} = 10^{-SNR_a(dB)/10} \cdot P_{sa} = 10^{-38{,}01dB/10} \cdot 1{,}259 \cdot 10^{-5}\,W = \underline{1{,}99 \cdot 10^{-9}\,W}$ ✓

2) $L = 15\,m$ $\quad f = 100\,kHz$ $\quad \underline{Z}_W = (95 - j\,69{,}8)\,\Omega$ $\quad C_{ges} = 1{,}8\,nF$

a) Leitungsbeläge R', C', L'

$C' = \frac{C_{ges}}{L} = \frac{1{,}8\,nF}{15\,m} = \underline{\underline{120\,pF/m}}$ ✓ 3P

$G' = 0$ ✓

$\underline{Z}_W = \sqrt{\frac{L'}{C'} - j\frac{R'}{\omega C'}}$ ✓ (2-22) $\quad \underline{Z}_W^2 = \frac{L'}{C'} - j\frac{R'}{\omega C'}$ ✓

$\underline{Z}_W = (95 - j\,69{,}8)\,\Omega = 117{,}93 \angle -0{,}63366\,rad$

$\underline{Z}_W^2 = 13898{,}05 \angle -1{,}26732\,rad$ 4P

$= \underbrace{(4153{,}29}_{=\frac{L'}{C'}} - j\underbrace{13262{,}956}_{=\frac{R'}{\omega C'}})\,\Omega$ ✓

$L' = C' \cdot 4153{,}289 = 4{,}984 \cdot 10^{-7} = \underline{\underline{498\,nH/m}}$ ✓ 4P

$R' = \omega C' \cdot 13262{,}956 = 2\pi \cdot 100\,kHz \cdot 120\,pF \cdot 13262{,}956 = \underline{\underline{1\,\frac{\Omega}{m}}}$ ✓ 4P

b) (2-9): $U(x) = U_1 \cdot e^{-\alpha \cdot x} \cdot e^{-j\beta \cdot x} = U_1 \cdot e^{-\gamma \cdot x}$ $\quad \gamma = \alpha + j\beta$

(S 2-9, unten) $\gamma = \sqrt{(j\omega L' + R')(G' + j\omega C')}$

$\gamma = \sqrt{(j2\pi\,100\,kHz\,498{,}9\,\frac{nH}{m} + 1\,\frac{\Omega}{m})(j2\pi\,100\,kHz\,120\,\frac{pF}{m})}$

$= \sqrt{7{,}9 \cdot 10^{-5} \angle 1{,}8742\,rad}$

$= 8{,}888 \cdot 10^{-3} \angle 0{,}9371\,rad$

$= \underbrace{5{,}2629 \cdot 10^{-3}\,\frac{1}{m}}_{\alpha} + \underbrace{7{,}1423 \cdot 10^{-3}\,\frac{1}{m}}_{\beta}\,j = \alpha + j\beta$

$|U(x)| = |U_1| \cdot e^{-\alpha x} = |U_1| \cdot e^{-\alpha \cdot 15\,m}$ ~~= 0,9241~~

$|U(15)| / |U_1| = e^{-\alpha \cdot 15\,m} = \underline{\underline{0{,}9241}}$ ✓ 10P

(2-9): $\Delta\varphi(x) = -\beta \cdot x = -\beta \cdot 15\,m = -0{,}10742\,rad = \underline{\underline{-6{,}1553°}}$ ✓

c) Messung von Leerlaufimpedanz $\underline{Z}_{eL}$ und von Kurzschlussimpedanz $\underline{Z}_{ek}$ ergibt den Wellenwiderstand $\underline{Z}_W = \sqrt{\underline{Z}_{ek}\,\underline{Z}_{eL}}$ ✓ 4P

— wo?

[redacted] [redacted]

WS 2014	Semester E4	Fach GN	Dozent MSS
FSR - Klausursammlung			

3) $|V| = 3$ $\quad f_g = 10\ kHz$ $\quad$ Typ: Butterworth

a) Formel (3-10):

$$\frac{u_a}{u_e} = f(\omega) = \frac{-\frac{1}{R_1}\frac{1}{R_3}}{j\omega C_1\left(\frac{1}{R_1} + j\omega C_2 + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2}\right) + \frac{1}{R_3}\cdot\frac{1}{R_2}} \quad \Big| \frac{R_3 \cdot R_2}{R_3 \cdot R_2}$$

$$= \frac{-\frac{R_2}{R_1}}{j\omega C_1\left(\frac{R_3 \cdot R_2}{R_1} + j\omega C_2 \cdot R_3 \cdot R_2 + R_2 + R_3\right) + 1}$$

$$= \frac{-\frac{R_2}{R_1}}{1 + (j\omega)\cdot C_1\left(\frac{R_3 \cdot R_2}{R_1} + R_2 + R_3\right) + (j\omega)^2 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot R_3 \cdot R_2}$$ 8P

Tabelle S. 3-4

b) $R_1 = 2{,}2\ k\Omega$ $\quad C_1 = 2{,}2\ nF$ $\quad$ BW $\rightarrow$ $a_1 = 1{,}414$ $\quad b_1 = 1$

$\Omega = \omega/\omega_g$ $\quad : f(\Omega) = \frac{-\frac{R_2}{R_1}}{1 + j\Omega \cdot \underbrace{\omega_g C_1\left(\frac{R_3 \cdot R_2}{R_1} + R_2 + R_3\right)}_{a_1} + (j\Omega)^2 \underbrace{\omega_g^2 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot R_3 \cdot R_2}_{b_1}}$

$\hookrightarrow \omega = \Omega \cdot \omega_g$

Koeffizientenvergleich: $\quad$ 4P

$$|V| = \left|-\frac{R_2}{R_1}\right| = 3$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 3 \rightarrow R_2 = 3 \cdot R_1 = 6{,}6\ k\Omega$$ 3P

$a_1 = \omega_g \cdot C_1\left(\frac{R_3 \cdot R_2}{R_1} + R_2 + R_3\right)$ $\quad R_1 = 2{,}2\ k\Omega$ $\quad R_2 = 6{,}6\ k\Omega$ $\quad C_1 = 2{,}2\ nF$

$b_1 = \omega_g^2 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot R_3 \cdot R_2$ $\quad \omega_g = 2\pi \cdot f_g = 20\,000\pi\ Hz$ $\quad a_1 = 1{,}414$, $b_1 = 1$

$$\frac{a_1}{\omega_g \cdot C_1} = R_3\left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right) + R_2 \rightarrow R_3 = \left(\frac{a_1}{\omega_g C_1} - R_2\right)\left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right)^{-1} = 200{,}53\ k\Omega$$ 2P

$$C_2 = \frac{b_1}{\omega_g^2 \cdot C_1 \cdot R_3 \cdot R_2} = 9{,}691\ nF$$ 3P

c) $\frac{u_a}{u_e} = \underline{f}(\omega) \rightarrow \underline{u}_a = \underline{f}(\omega) \cdot \underline{u}_e = \underline{f}(2\pi \cdot 10\ kHz) \cdot 2V =$

$$2V \cdot \frac{-\frac{6{,}6\ k\Omega}{2{,}2\ k\Omega}\Big\} 3}{1 + j(2\pi \cdot 10\ kHz) \cdot 2{,}2\ nF\left(\frac{2\ k\Omega \cdot 6{,}6\ k\Omega}{2{,}2\ k\Omega} + 6{,}6\ k\Omega + 2\ k\Omega\right) + (j\,2\pi \cdot 10\ kHz)^2\, 2{,}2\ nF \cdot 9{,}691\ nF \cdot 2\ k\Omega \cdot 6{,}6\ k\Omega}$$

$\Rightarrow$

WS 2014 | Semester E4 | Fach GN | Dozent MSS
FSR - Klausurensammlung

ZV: $\dfrac{-3}{1 + j\,2{,}02203 + -1\,j}$

$= 2{,}96731\,j$

$\underline{u} = \underline{2{,}9673\,V \angle \tfrac{1}{2}\pi\,V}$ (5P)

(OP)

[redacted] [redacted]

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E4	GP	NSS

FSR - Klausurensammlung

a) $u_a(t) = u_x(t) \cdot u_y(t) \cdot \overbrace{1{,}5\,V^{-1}}^{K}$

$= (u_x(t) + u_0) \cdot u_z(t) \cdot 1{,}5\,V^{-1}$

$= \left(\frac{1}{u_0} u_1(t) + 1\right) \cdot u_0 \cdot 1{,}5\,V^{-1} \cdot u_z(t)$ für b)

Trägerfrequenz = $\underline{1{,}5\,MHz}$ = f_T ✓

Modulationsfrequenz = $1{,}5\,MHz - 1{,}49\,MHz = 0{,}01\,MHz = \underline{10\,kHz}$ ✓ 2P

$m = 2 \cdot \frac{\hat{u}_{Seite}}{\hat{u}_T} \cdot 100$ ✓ (5-7)

$L(f) = 10 \cdot \lg(P/1\,mW)\,dBm$

$P = 10^{L(f)/10} \cdot 1\,mW \rightarrow P_{Seite} = 10^{0} \cdot 1\,mW = 1\,mW$

$P_{Träger} = 10^{16/10} \cdot 1\,mW = 39{,}81\,mW$

$P = \frac{u_e^2}{R_L} \rightarrow u = \sqrt{P \cdot R_L}$

$\frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = \sqrt{P \cdot R_L}$ ✓

$\hat{u} = \sqrt{P \cdot R_L \cdot 2}$

$\hat{u}_{Seite} = \sqrt{1\,mW \cdot 50\,\Omega \cdot 2} = 0{,}31623 = \underline{\underline{\frac{\sqrt{10}}{10}\,V}}$ ✓

$\hat{u}_{Träger} = \sqrt{39{,}81\,mW \cdot 50\,\Omega \cdot 2} = \underline{\underline{2\,V}}$ ✓

$m = 2 \cdot \frac{0{,}31623\,V}{2\,V} \cdot 100 = \underline{\underline{31{,}623\,\%}}$ ✓ 3P

b) $u_a(t) = u_x(t) \cdot u_y(t) \cdot K$ $\quad K = 1{,}5\,V^{-1} \quad u_0 = 1\,V$

$= K \cdot (u_y(t) + u_0) \cdot u_z(t)$

$= K \cdot (\hat{u}_1 \cdot \cos(\omega_m t) + u_0) \cdot \hat{u}_2 \cos(\omega_T t)$

$= K \cdot u_0 \cdot \hat{u}_2 \cos(\omega_T t) + K \cdot \hat{u}_1 \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \hat{u}_2 \cdot \cos(\omega_T t)$

$= \underbrace{K \cdot u_0 \cdot \hat{u}_2}_{\hat{u}_{Träger}} \cos(\omega_T t) + \underbrace{\frac{K \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}{2}}_{\hat{u}_{Seite}} \left(\cos(\omega_m + \omega_T)t + \cos(\omega_T - \omega_m)t\right)$

$\hat{u}_{Träger} = K \cdot u_0 \cdot \hat{u}_2$ ✓

$\hat{u}_2 = \frac{\hat{u}_{Träger}}{K \cdot u_0} = \frac{2\,V}{1{,}5\,V^{-1} \cdot 1\,V} = \underline{\underline{\frac{4}{3}\,V}}$ ✓ 4P

$\hat{u}_{Seite} = \frac{K \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}{2}$ ✓

$\hat{u}_1 = \frac{\hat{u}_{Seite} \cdot 2}{K \cdot \hat{u}_2} = \frac{\frac{\sqrt{10}}{10} \cdot 2}{1{,}5\,V^{-1} \cdot \frac{4}{3}\,V} = \underline{\underline{0{,}4216\,V}}$ ✓ 2P

$\underline{\underline{f_1 = 10\,kHz}}$ ✓ 2P

$\underline{\underline{f_2 = f_T = 1{,}5\,MHz}}$ ✓

c) $P_{R_L} = \frac{U_T^2 + 2\,U_{Spitze}^2}{R_L} = \frac{\left(\frac{2V}{\sqrt{2}}\right)^2 + 2\left(\frac{\sqrt{10}}{10}\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2}{50} = \underline{\underline{42\,mW}}$

5P

WS / WS	Semester	Fach	Dozent
2014	E4	GN	MSS

FSR - Klausurensammlung

14

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

Name:_____

Vorname:_____

Matr.-Nr.:_ _____

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik vom 22.01.2014

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

	Erreichte Punkte		Punkte in Unteraufgaben		Maximal (inkl. ZP)
Aufgabe 1	2+5+5+2+1		2+5+7+3+3		20
Aufgabe 2	4+2+7		4+3+7		14
Aufgabe 3	5+2+0+6		12+4+3+6+6+4+6		41
Aufgabe 4	8+3+7+3+2+1+2		8+3+8+4+3+3+8		37
	Summe:	67	**Note (Punkte):**	11	**112 = 90 (+ 22)**

Die reguläre Maximalpunktzahl sind 90 Punkte (100%), es gibt 22 mögliche Zusatzpunkte (ZP).

WS 2013 | Semester E4b | Fach GN | Dozent VLM
FSR - Klausurensammlung

Kleine Formelsammlung:

Verlustfreie Leitung, Länge l		
$v_{ph} = \frac{1}{\sqrt{L'C'}}$ $k = v_{ph}/c_0$ $c_0 \approx 3 \cdot 10^8$ m/s	$\gamma = j\omega\sqrt{L'C'} = j \cdot \beta$	
	$\alpha = 0$	$\beta = \omega \cdot \sqrt{L' \cdot C'}$
$Z_E = Z_W \frac{Z_2 + j \cdot Z_W \cdot \tan(\beta l)}{j \cdot Z_2 \cdot \tan(\beta l) + Z_W}$		$Z_W = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$

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

Dämpfung a in dB: $a = 8{,}686 \cdot \alpha \cdot l$ dB

Dämpfungsfaktor A: $A = \exp(\alpha \cdot l) = 10^{a/20dB}$

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 thermische Rauschleistung
(in der Bandbreite B)

$$P_N = N_0 \cdot B = k \cdot B \cdot T$$

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

LDS/RDS nach Filterung mit H(f)
(x(t): Eingangssignal, y(t): Ausgangssignal)

$$\Phi_{yy}(f) = |H(f)|^2 \cdot \Phi_{yy}(f)$$

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 Codewortlänge

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

Redundanz	Maximale Entropie
(Nachrichtenquelle)	(diskrete N.-Quelle)
$R = H_{max} - H$	$H_{max} = \mathrm{ld}(N)$
Bit pro Zeichen	Bit pro Zeichen

Transversalentzerrer

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

WS	Semester	Fach	Dozent
2013	E4b	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung

Aufgabe 1: Huffman Codierung (18 Punkte)

Von einer diskreten Nachrichtenquelle sind der Zeichensatz und die Zeichenwahrscheinlichkeiten p_i bekannt.

Zeichen	A	B	E	I	S
p_i in %	10	20	40	20	10

a) Berechnen Sie den mittleren Informationsgehalt H der Nachrichtenquelle. (2 Punkte)

b) Bestimmen Sie einen Huffmancode für die Nachrichtenquelle und berechnen Sie die mittlere Codewortlänge $\overline{L}$. (5 Punkte)

c) Irgendwann in b) ist der Fall aufgetaucht, dass drei Knoten die gleiche minimale Wahrscheinlichkeit hatten. In diesem Fall gibt es zwei Möglichkeiten den Codebaum zu zeichnen. In b) haben Sie sich für eine Version entschieden. Wiederholen Sie b), wählen Sie nun aber die anderen Baumstruktur. Daraus folgen Codes mit anderen Codewortlängen. **Die Wiederholung von b) nur mit vertauschten Knotennamen und gleicher Baumstruktur ist nicht gefragt und erhält Null Punkte!** (7 Punkte)

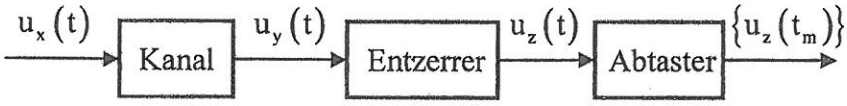
Hinweis: Am binären Codebaum ist die Lösung besser als in der Tabelle zu sehen.

d) Vergleichen Sie die mittlere Codewortlänge aus b) und c). Erklären Sie kurz das Ergebnis. (3 Punkte)

e) Hat einer der beiden Codes irgendeinen Vorteil? Begründung. (3 Punkte)

Aufgabe 2: Transversalfilter (14 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 $\hat{p} = 10\,V$. Es gilt $u_y(t) = \sum_k d_k \cdot h_p(t - kT_S)$ und $u_z(t) = \sum_{m=0}^{M} c_m \cdot u_y(t - mT_S)$. Die Systemantwort des Kanals auf den Spannungspuls $p(t)$ ist gegeben durch:

WS	Semester	Fach	Dozent
2013	E4b	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung

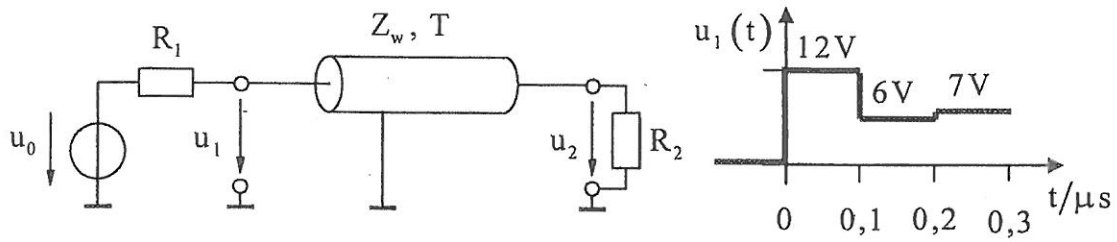
$$h_p(t) = \hat{p} \cdot \begin{cases} 0 & \text{für} \quad t < 0 \\ \dfrac{t \cdot (2T - t)}{T^2} & \text{für} \quad 0 \le t < T \\ \exp\left(-\dfrac{t - T}{T}\right) & \text{für} \quad t \ge T \end{cases} \qquad \text{mit} \quad T = 1{,}5\mu s$$

a) Skizzen Sie $h_p(t)$ für $-T \le t \le 4T$. Beschriften Sie die Achsen vollständig. (4 Punkte)

b) Zur Berechnung der Entzerrerkoeffizienten werden die Werte $h_p(t_m)$ verwendet, wobei $t_m = m \cdot T_S + t_0$ gilt. Wählen Sie t_0 so, dass die Höhe des Augendiagramms maximal wird. Begründen Sie kurz Ihre Wahl! (3 Punkte)

c) Bestimmen Sie die Koeffizienten c_k für $k = 1, 2, 3$. Es gilt $c_0 = 1$. (7 Punkte)

Aufgabe 3: Leitung (41 Punkte)



Die obige Schaltung mit verlustloser Leitung der Länge $l = 12\,\text{m}$ sei für $t < 0$ in Ruhe, d.h. $u_1(t) = u_2(t) = 0\,\text{V}$ für $t < 0$. Zum dem Zeitpunkt $t = 0$ springt die Generatorspannung u_0 auf einen konstanten Wert. Der Verlauf von $u_1(t)$ ist für $0 \le t < 0{,}3\,\mu\text{s}$ im obigen Bild gegeben. Nach dem Einschwingen gilt $u_2 = 48/7\,\text{V} \cong 6{,}8571\,\text{V}$.

Die korrekten Einheiten aller physikalischen Größen sind anzugeben.

a) Unteraufgabe mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad! Bei Problemen überspringen! (12 Punkte)
Berechnen Sie die Reflexionsfaktoren r_1 und r_2.

Tipps: *Stellen Sie die Gleichungen für die in den Bildern gegeben Spannungen auf, z.B. mit Hilfe des Lattice-Diagramms. Betrachten Sie die Differenzen der Gleichungen.*

Gehen Sie im Folgenden von $r_1 = 0{,}6$ und $r_2 = -0{,}3$ aus, auch wenn Sie a) lösen konnten. Die folgenden Aufgaben sind daher unabhängig von a) lösbar!

b) Berechnen Sie die Quellspannung $u_0(t)$ für $t \ge 0$. (4 Punkte)

c) Bestimmen Sie den Wellenwiderstand Z_W (3) (3 Punkte).
Hinweis: *Ohne Lösung von b) ist dieser Unterpunkt nicht lösbar!*

Im folgenden Unterpunkten gilt $Z_W = 50\,\Omega$.

d) Bestimmen Sie den Induktivitätsbelag L' und den Kapazitätsbelag C'. (6 Punkte)

Allgemeine Fragen, unabhängig von den obigen Aufgaben lösbar

Die vom hinlaufenden Spannungs/Strom-Wellenpaar zum Leitungsende transportierte mittlere Wirkleistung ist gegeben durch $\overline{P_{W,h}} = \text{Re}\left\{U_h(z) \cdot I_h(z)^*\right\}/2$.

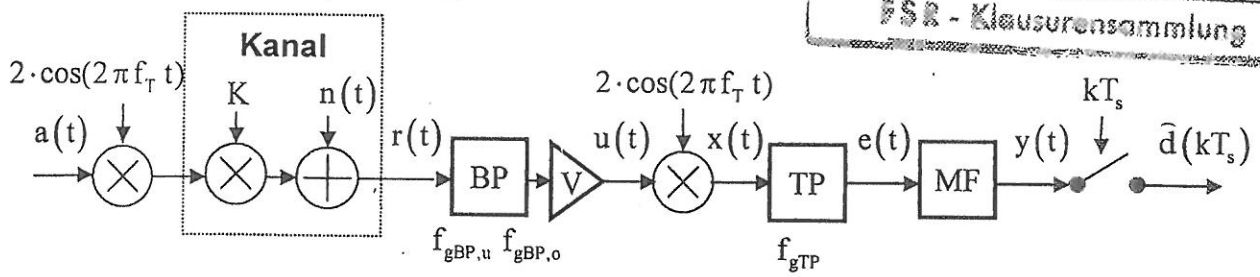
e) Berechnen Sie das Verhältnis von rücklaufender zur hinlaufender Wirkleistung, $\overline{P_{W,r}}/\overline{P_{W,h}}$, als Funktion des Reflexionsfaktors. Vereinfachen Sie die Gleichung so weit wie möglich. Gehen Sie davon aus, dass am Leitungsende keine Quelle vorhanden ist. (6 Punkte)

f) Was für eine Bedingung an den Reflexionsfaktor folgt aus e)? (4 Punkte)
Hinweis: *Weder das Kabel noch die Abschlussimpedanz erzeugen Energie!*

g) Zwei Leitungen mit unterschiedlichen Wellenwiderständen Z_{W1}, Z_{W2} werden hintereinander geschaltet, d.h. in Reihe. Eine Spannungswelle wird mit einem Generator in den Leitungsteil mit Z_{W1} geschickt. Wenn die Welle die zweite Leitung erreicht, wird dann ein Teil der Welle reflektiert? Wenn ja, geben Sie den Reflexionsfaktor an. Begründen Sie Ihre Antwort. (6 Punkte)

WS 2013 | Semester EGb | Fach GN | Dozent VLM
FSR - Klausurensammlung

Aufgabe 4: Modulation (37 Punkte)



Betrachten Sie das Übertragungssystem. Das zu übertragene Tiefpasssignal $a(t)$ der Bandbreite f_a wird auf die Trägerfrequenz f_T hochgemischt. Der Bandpass und der Tiefpass sind ideal. Der Bandpass hat die Mittenfrequenz f_T und die Bandbreite $2\cdot f_a$, der Tiefpass die Grenzfrequenz $f_{gTP} = f_a$. Der Kanal ist konstant ($K \ll 1$).

Notation: Die Fourierspektren werden mit dem Großbuchstaben des zugehörigen Zeitsignals indiziert, z.B. $A(f) = \mathcal{F}\{a(t)\}$.

Zunächst wird davon ausgegangen, dass die Signale endliche Dauer und damit endliche Energie haben und daher die Fourierspektren existieren.

a) Berechnen Sie die Fourierspektren von $u(t)$, $x(t)$, und $e(t)$ als Funktion von $A(f) = \mathcal{F}\{a(t)\}$. Eventuell auftretende Faltungen sind aufzulösen. Rein zeichnerische Lösungen oder Ergebnisse ohne Rechnung sind nicht gefragt und erhalten keine Punkte. (8 Punkte)
Hinweis: *Beachten Sie, dass in beiden Mischern mit* $2\cdot\cos(2\pi f_T t)$ *multipliziert wird.*

b) Wie müssen Sie V wählen, damit bei Vernachlässigung des Rauschens $e(t) = a(t)$ gilt? (3 Punkte)

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Signale unendliche Dauer und damit unendliche Energie haben. Daher muss mit Leistungsdichtespektren gerechnet werden.

c) Leiten Sie aus den Fourierspektren die Nutzsignalleistungsdichten $\Phi_{uu}(f), \Phi_{xx}(f)$ und $\Phi_{ee}(f)$ als Funktion von $\Phi_{aa}(f)$ ab. Begründen Sie kurz Ihre Berechungen. (8 Punkte)

Allgemeine Fragen, alle einzeln und unabhängig vom oberen Teil lösbar.

d) Darf man für Leistungsdichtespektren die Rechenregeln der Fouriertransformation, z.B. das Superpositionsprinzip, allgemein anwenden? Begründung! (4 Punkte)

e) Bei der digitalen Übertragung wird ein Matched Filter (signalangepaßtes Filter) verwendet. Welchen Sinn hat das Matched Filter (MF), wenn ein Tiefpassfilter doch im Wesentlichen das Sendesignal schon rekonstruiert? (3 Punkte)

f) Warum kann man normalerweise bei der digitalen Amplitudenmodulation das Tiefpassfilter weglassen? (3 Punkte)

g) Im Praktikum haben Sie die Modulationsform BPSK untersucht. Das Sendesignal hat dabei die Form $a(t) = \sum_{k=-N}^{N} d_k \cdot \mathrm{rect}\left(\frac{t-kT_s}{T_s}\right)$ mit $d_k \in \{-1, 1\}$. Skizzieren Sie das BPSK Leistungsdichtespektrum $\Phi_{aa}(f)$ **in dB** (wie im Praktikum). Absolute Amplitudenwerte sind nicht gefragt. Geben Sie aber wichtige/markante Frequenzwerte an. Wie groß muss die Differenz zwischen dem Hauptmaximum und dem ersten Nebenmaximum in dB sein? Begründung! (8 Punkte)

Klausur: GN Datum: 22.01.2014

Name: Vorname: Matr.-Nr.

Aufgabe: 1)

1

a) $H = \sum_{i=1}^{k} p_i \cdot ld\left(\frac{1}{p_i}\right) = 2 \cdot 0{,}1 \cdot \log_2\left(\frac{1}{0{,}1}\right) + 2 \cdot 0{,}2 \cdot \log_2\left(\frac{1}{0{,}2}\right) + 0{,}4 \cdot \log_2\left(\frac{1}{0{,}4}\right)$

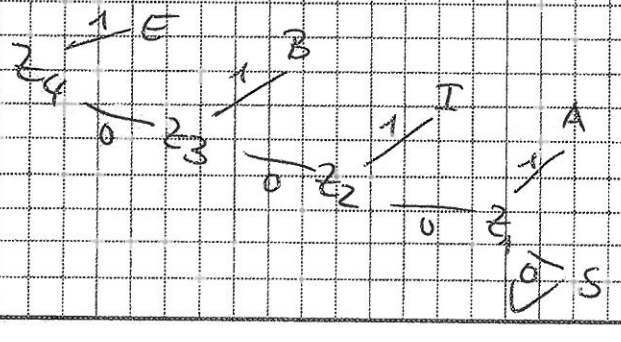
2/2

$H = \underline{\underline{2{,}122}}$ Bit/Zeichen ✓

b)

5/5

Z	p_1	Z	p_2	Z	p_3	Z	p_4
E	0,4	E	0,4	E	0,4	z_3	0,6 } z_4
B	0,2	B	0,2	z_2	0,4 } z_3	E	0,4 }
I	0,2	I	0,2 } z_2	B	0,2 }		
S	0,1 } z_1	z_1	0,2 }				
A	0,1 }						



Codes:
E = 1
B = 01
I = 001
A = 0001
S = 0000 ✓

Aufgabe: 1)

2

$\bar{N}_1 = \bar{L} = \sum_{n=1}^{N} p_n \cdot l(n) = 1 \cdot 0{,}4 + 2 \cdot 0{,}2 + 3 \cdot 0{,}2 + 4 \cdot 0{,}1 + 4 \cdot 0{,}1$

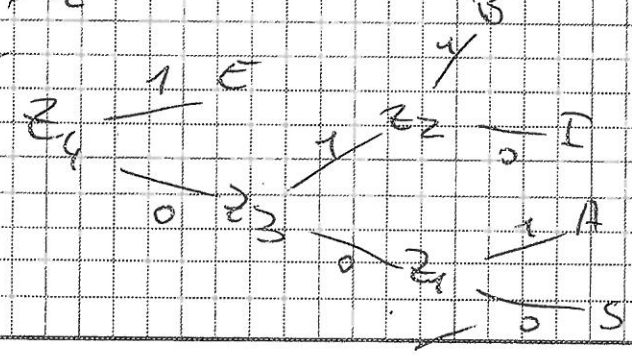
$= \underline{\underline{2{,}2}}$ Bit/Zeichen ✓

c)

noch 0

5/7

Z	p_1	Z	p_2	Z	p_3	Z	p_4
E	0,4	E	0,4	E	0,4	z_3	0,6 } z_4
B	0,2	z_1	0,2	z_2	0,4 } z_3	E	0,4 }
I	0,2	B	0,2 } z_2	z_1	0,2 }		
S	0,1 } z_1	I	0,2 }				
A	0,1 }						



Codes:
E = 1
B = 011
I = 010
A = 001
S = 000

$\bar{L} = 2$

WS	Semester	Fach	Dozent
2013	E4h	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung

S 1/2

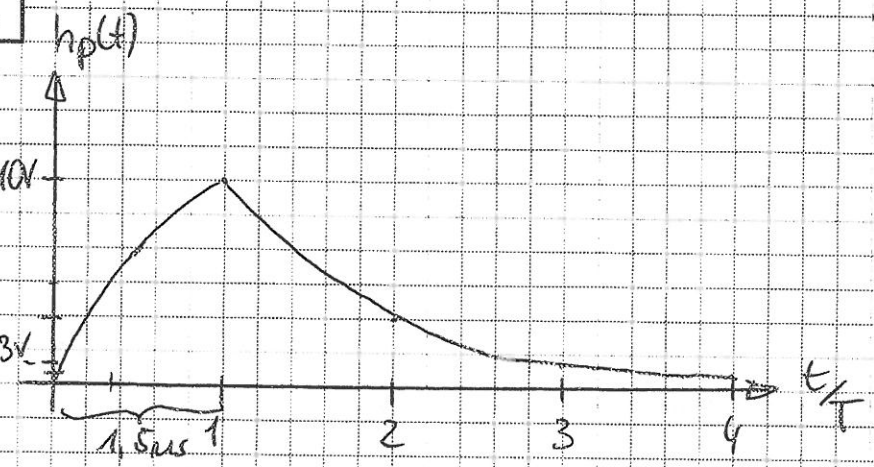
2

a)

4/4

Aufgabe: 2

a)



b)

noch 2/3

b) $t_m = m \cdot T_s + t_0$ mit $T_s = 1\mu s$

für maximale Augenhöhe → 1. Abtastzeitpunkt t_1 im Maximum von $h_p(t)$! So f

$t_0 = \underline{\underline{0{,}5\mu s}}$

c)

7/7

Aufgabe:

c) $t_1 = 1{,}5\mu s$ $\quad h_p(t_1) = 10V$

$t_2 = 2{,}5\mu s$ $\quad h_p(t_2) = \hat{p} \cdot e^{-\frac{t_2 - T}{T}} = 10V \cdot e^{-\frac{2{,}5\mu s - 1{,}5\mu s}{1{,}5\mu s}}$

$t_3 = 3{,}5\mu s$ $\quad = 5{,}134V$

$t_4 = 4{,}5\mu s$ $\quad h_p(t_3) = 2{,}636V$

$h_p(t_4) = 1{,}353V$

$$c_k = -\left[\sum_{i=0}^{k-1} c_i \cdot h_p(t_{k+1-i})\right] / h_p(t_1) \quad \text{mit } c_0 = 1$$

$$c_1 = \frac{-(c_0 \cdot h_p(t_2))}{h_p(t_1)} = \frac{-(1 \cdot 5{,}134V)}{10V} = \underline{\underline{-0{,}5134}}$$

$$c_2 = \frac{-(c_0 \cdot h_p(t_3) + c_1 \cdot h_p(t_2))}{h_p(t_1)} = \frac{-(1 \cdot 2{,}636V + (-0{,}5134) \cdot 5{,}134V)}{10V}$$

$$c_2 = \underline{\underline{-20{,}44 \cdot 10^{-6}}}$$

$$c_3 = \frac{-(c_0 \cdot h_p(t_4) + c_1 \cdot h_p(t_3) + c_2 \cdot h_p(t_2))}{h_p(t_1)} = \underline{\underline{42{,}733 \cdot 10^{-6}}}$$

[illegible]	Semester	Fach	Dozent
2013	E4h	GN	VLM

[illegible]sammlung

3 a) noch 5/12

Aufgabe: 3

$l = 12m$ (verlustlos $e^{-2\gamma l} = 0$)

a) Nach dem Einschwingen:

$(t \to \infty)\ u_2 = \frac{48}{7} V = U_0 \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_1}$ $\quad T = 0{,}05\,\mu s$

b)

Gleichungen für Spg. (Lattice)

I. $U_{10} = U_{10} = 12V$

II. $U_{12} = 6V = U_0 + U_{10} \cdot r_2 + U_{10} \cdot r_2 \cdot r_1$

III. $U_{14} = 7V = U_{12} + \underbrace{U_{10} \cdot r_1 \cdot r_2^2 + U_{10} \cdot r_1^2 r_2^2}$

II. $6V = 12V(1 + r_2 + r_1 \cdot r_2) + 1V$

III $1V = 12V(r_1 \cdot r_2^2 + r_1^2 \cdot r_2^2)$

b) noch 2/4

Aufgabe:

b) geo. $u_0(t)$ $t \geq 0$ $\quad r_1 = \underline{0{,}6}, r_2 = \underline{-0{,}3}$

Es gilt $Z_e(t=0) = Z_w$

$r_1 = \frac{Z_1 - Z_w}{Z_1 + Z_w} \qquad r_2 = \frac{Z_2 - Z_w}{Z_2 + Z_w}$

Leider kein Zeit mehr durch das Spg. verhältniss von 12V bei t=0 muss man das Verhältnis berechnen!

Jahr	Semester	Fach	Dozent
2013	E4h	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung

Aufgabe: 3)

d)

6/6

d) $Z_W = 50\Omega$

$Z_W = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \rightarrow L' = (Z_W)^2 \cdot C'$

$T = \sqrt{L' \cdot C'} \cdot l$

$\hookrightarrow T = Z_W \cdot C' \cdot l \rightarrow C' = \frac{T}{Z_W \cdot l} = \frac{0{,}05\,ns}{50\Omega \cdot 12m}$

$= \underline{\underline{83{,}33\,\frac{pF}{m}}}$ ✓

$L' = (Z_W)^2 \cdot C' = (50\Omega)^2 \cdot 83{,}33\,\frac{pF}{m}$

$L' = \underline{\underline{208{,}33\,\frac{nH}{m}}}$ ✓

Aufgabe: 4)

4

a)

8/8

a) $2 \cdot \cos(2\pi f_T t)$ (Mischer) Annahme: Rauschen vernachlässigt ✓

$u(t) = a(t) \cdot 2 \cdot \cos(2\pi f_T t) \cdot K$

$\underline{U}(f) = A(f) \cdot \frac{2}{2} \cdot [\delta(f+f_T) + \delta(f-f_T)] \cdot K \cdot V$

$= \underline{\underline{[\underline{A}(f+f_T) + \underline{A}(f-f_T)] \cdot K \cdot V}}$ ✓

$x(t) = \underbrace{a(t) \cdot 2 \cdot \cos(2\pi f_T t) \cdot K \cdot V}_{\underline{U}(f)} \cdot 2 \cdot \cos(2\pi f_T t)$

$\underline{X}(f) = [\underline{A}(f+f_T) + \underline{A}(f-f_T)] * (\delta(f-f_T) + \delta(f+f_T)) \cdot K \cdot V$

$= K \cdot V \cdot [\underline{A}(f+2f_T) + \underline{A}(f) + \underline{A}(f) + \underline{A}(f-2f_T)]$

$= \underline{\underline{K \cdot V \cdot [\underline{A}(f+2f_T) + 2 \cdot \underline{A}(f) + \underline{A}(f-2f_T)]}}$ ✓

Aufgabe: 4)

a) $e(t) = x(t) * TP$

$\circ\!\!-\!\!\bullet$

$\underline{E}(f) = \underline{X}(f) \cdot \mathrm{rect}\left(\frac{f}{B}\right)$

$\underline{E}(f) = K \cdot V \cdot [\underline{A}(f+2f_T) + 2 \cdot \underline{A}(f) + \underline{A}(f-2f_T)] \cdot \mathrm{rect}\left[\frac{f}{B}\right]$

$\underline{E}(f) = K \cdot V \cdot 2\underline{A}(f)$ ✓

b) b) V muss K ausgleichen!

$\hookrightarrow V = \frac{1}{2 \cdot K}$ ✓

3/3

Aufgabe: 4)

c) c) $\underline{U}(f) = K \cdot V \cdot [\underline{A}(f+f_T) + \underline{A}(f-f_T)]$

$\downarrow$

$\Phi_{uu}(f) = K^2 \cdot V^2 \cdot [\Phi_{aa}(f+f_T) + \Phi_{aa}(f-f_T)]$ ✓

$\underline{X}(f) = K \cdot V \cdot [\underline{A}(f+2f_T) + 2 \cdot A(f) + A(f-2f_T)]$

$\downarrow$

$\Phi_{xx}(f) = K^2 \cdot V^2 [\Phi_{aa}(f+2f_T + (2)^2 \Phi_{aa}(f) + \Phi(f-2f_T)]$

$\underline{E}(f)$

$\downarrow$

$\Phi_{ee}(f) = K^2 \cdot V^2 \cdot \Phi_{aa}(f)$

Begründung: $X_{eff}^2 \sim P$ Parsevalsche Gl. $F\{a_1(t)\} = A_1(f)$ ✓

7/8

WS	Semester	Fach	Dozent
2013	E4b	GN	VLM

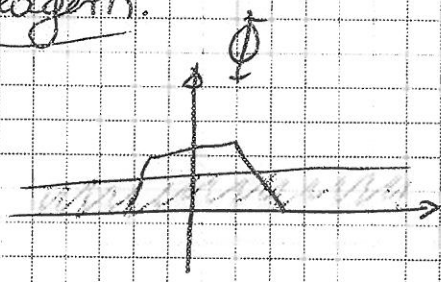
FSR - Klausurensammlung

Aufgabe: 4)

d) noch 3/4

d) Nein, da sich die Spektren nicht addieren sondern überlagern.

Bsp.



LDS vom Rauschen + Nutzsignal

e) noch 2/3

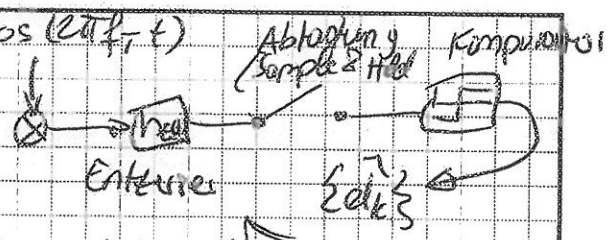
e) Ein Match-Filter integriert das Signal auf bis zum idealen Abtastzeitpunkt. (Kriterium)

f) noch 1/3

f) Bei der digitalen Art wird das Signal nach der Demodulation entzerrt u. abgetastet ein Komparator entscheidet dann über die Bitwertigkeit

Aufgabe:

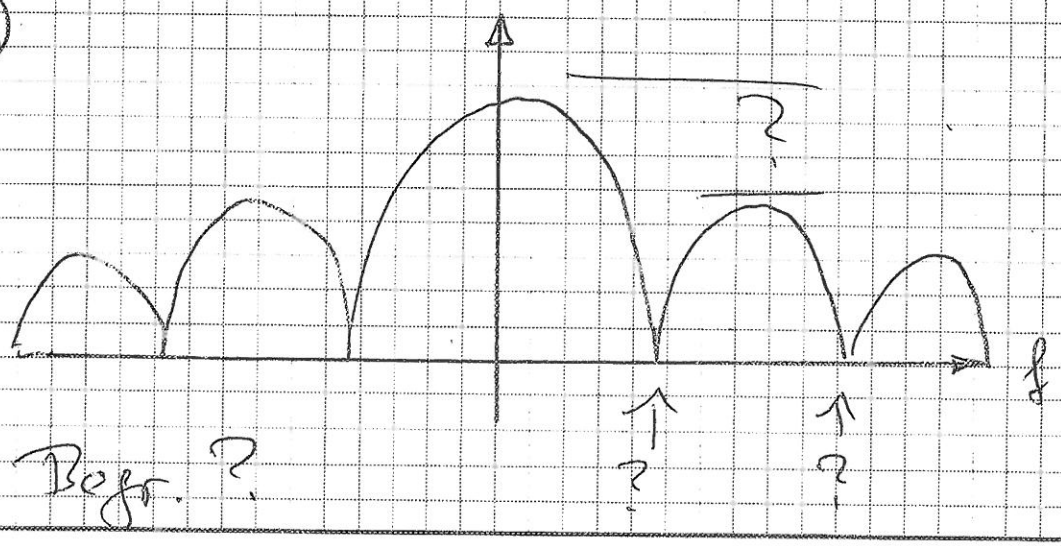
Blockschaltbild:



Ein Tiefpass ist deshalb nicht mehr nötig! → Was macht TF / Entzerrer?

9) noch 2/8

9)



Begr. ?

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
2013	E4b	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung

Klausur: GN Datum: 22.01.2014

Name: Vorname: Matr.-Nr.

Aufgabe: 1)

1) d) noch 2/3

d) $\bar{N}_z = \bar{L}_z = 1 \cdot 0{,}4 + 3 \cdot (0{,}1 + 0{,}1 + 0{,}2 + 0{,}2)$

$= \underline{2{,}2 \text{ Bit/Zeichen}}$

Für den Codebaum gibt es mehrere Möglichkeiten da gleiche Wahrscheinlichkeiten frei sortiert werden dürfen. Die Anzahl der Verzweigung bleibt jedoch gleich, so kommt es dazu dass die mittlere Codewortlänge identisch ist.

zu "simpel"

e) noch 1/3

e) Ich würde sagen nein, weil das markante Zeichen E was häufigsten vorkommt bei beiden Codes mit nur einem Bit übertragen wird.

Aufgabe:

Das Rest gleicht sich wahrscheinlich aus.

WS	Semester	Fach	Dozent
2013	E4h	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung

SS / WS	Semester	Fach	Dozent

FSR - Klausurensammlung

(71)

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

Name: Motzek

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Entropie, mittlerer Informationsgehalt

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

Mittlere Anzahl von Bits zur Codierung

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

Trigonometrie und Euler

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

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

Maximale Entropie

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

[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)

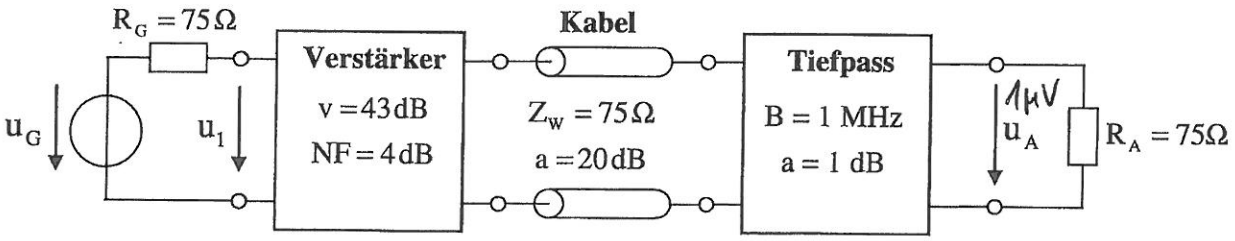
b) Bestimmen Sie einen Satz von Huffman Codes für den Zeichensatz. Zeichnen Sie einen Codebaum und geben Sie für alle Zeichen den Code explizit an. (8 Punkte)

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 $1\,MHz$ Bandbreite wird über das obige System übertragen. Die Ein- und Ausgangsimpedanzen der Teilsysteme sind jeweils 75Ω. Die Temperatur des gesamten Systems beträgt $T = 290\,Kelvin$. 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 $1\,dB$ und der Grenzfrequenz $f_g = 1\,MHz$, als ideal betrachtet.

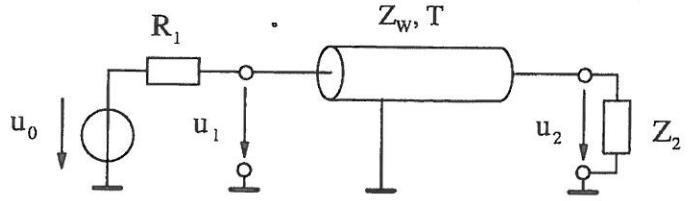
a) Berechnen Sie die Rauschzahl F_{1A} und den Verstärkungsfaktor v_{1A} des Systems mit Eingangsspannung $u_1(t)$ und der Ausgangsspannung $u_A(t)$. (6 Punkte)

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)

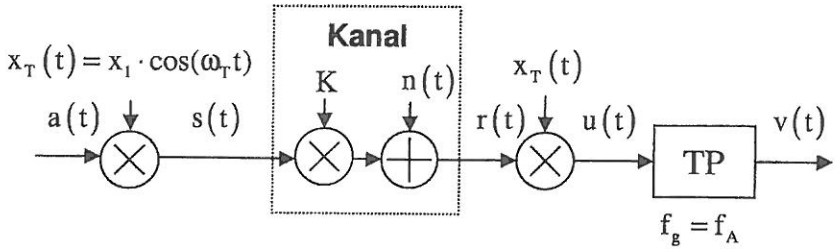
c) Bestimmen Sie die Leitungsbeläge R', L' und C'. Vernachlässigen Sie dabei die Phase von Z_W. (9 Punkte)

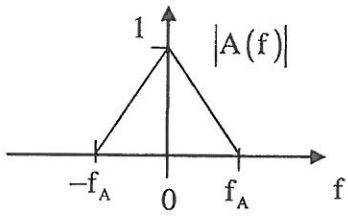
d) Berechnen Sie den Phasenwinkel φ_w des Wellenwiderstandes (3 Punkte)

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:

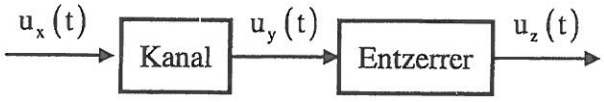
c) Welche Auswirkungen hat der Mischerfehler auf andere Nutzer des Funkkanals? (2 Punkte)

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)

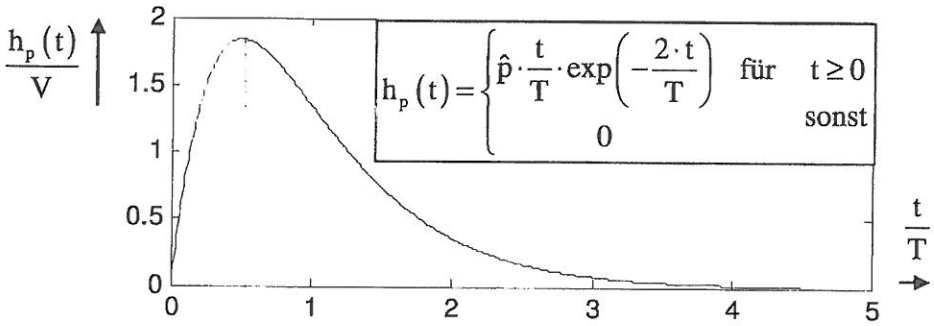
Ein Datensignal $u_x(t)$ soll über einen Kanal übertragen werden. Dadurch tritt Intersymbolinterferenz (ISI) auf. Diese soll durch einen Entzerrer (Transversalfilter) verringert werden.



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 $\hat{p}=10\,V$ 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: DV WS09/10 **Datum:** 27.01.10

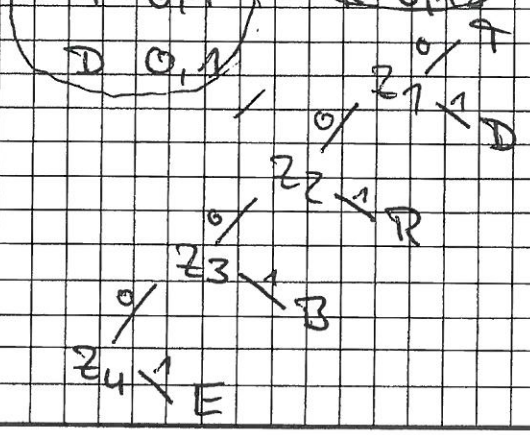
Name: Motzek **Vorname:** Alexander **Matr.-Nr.** 1897403

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_1	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

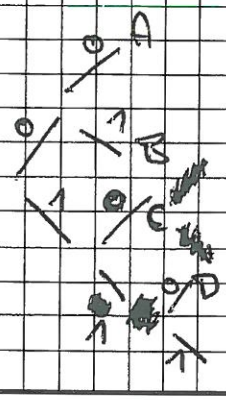
3/3 c) 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0

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 B 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
=> Ebene Stelle im Baum

Aufgabe: 2

$B = 1\,MHz \quad T = 290\,K$

6/6

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

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

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

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

2/4

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

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

4/4

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

2/4

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

+ Verstärker nicht lin. → ...
etwas

Aufgabe: 3

$l = 30\,m \quad f = 1\,MHz \quad Z_2 = Z_\omega$

$\hat{u}_1 = 1\,V \quad \hat{u}_2 = 0{,}96\,V \quad \Delta\varphi = 60°$

$|Z_\omega| = 50\,\Omega$

6/6

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

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

Für $Z_2 = Z_\omega$ 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) $\alpha = \frac{R'}{2|Z_\omega|} \Rightarrow R' = \alpha \cdot 2|Z_\omega| = 0{,}136\,\frac{\Omega}{m}$

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

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

$L' = |Z_\omega|^2 \cdot C' = 278{,}52\,nH/m$

Aufgabe: 3

3/3

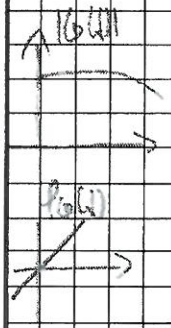
d) $Z_W = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \cdot e^{-j\frac{R'}{\omega L' \cdot 2}}$

$\varphi_W \approx -\frac{R'}{\omega L' \cdot 2} = \cancel{-0{,}0777 \hat{=} -45{,}95^\circ}$

arctan $= -0{,}04 \hat{=} -2{,}23^\circ$

noch 4/5

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



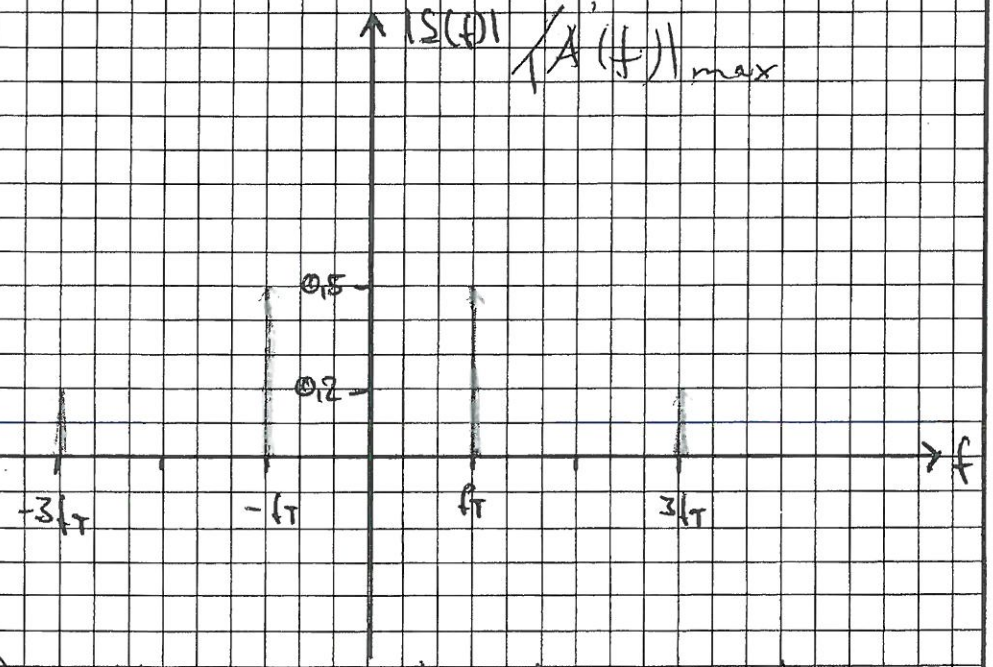
Alternativ ist der Phasengang ~~(linear, gerade)~~ eine Gerade mit einer Steigung direkt proportional zur Laufzeit! Wie genau?

Aufgabe: 4

$f_T = 2\,GHz \qquad K = 10^{-4}$

5/5

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

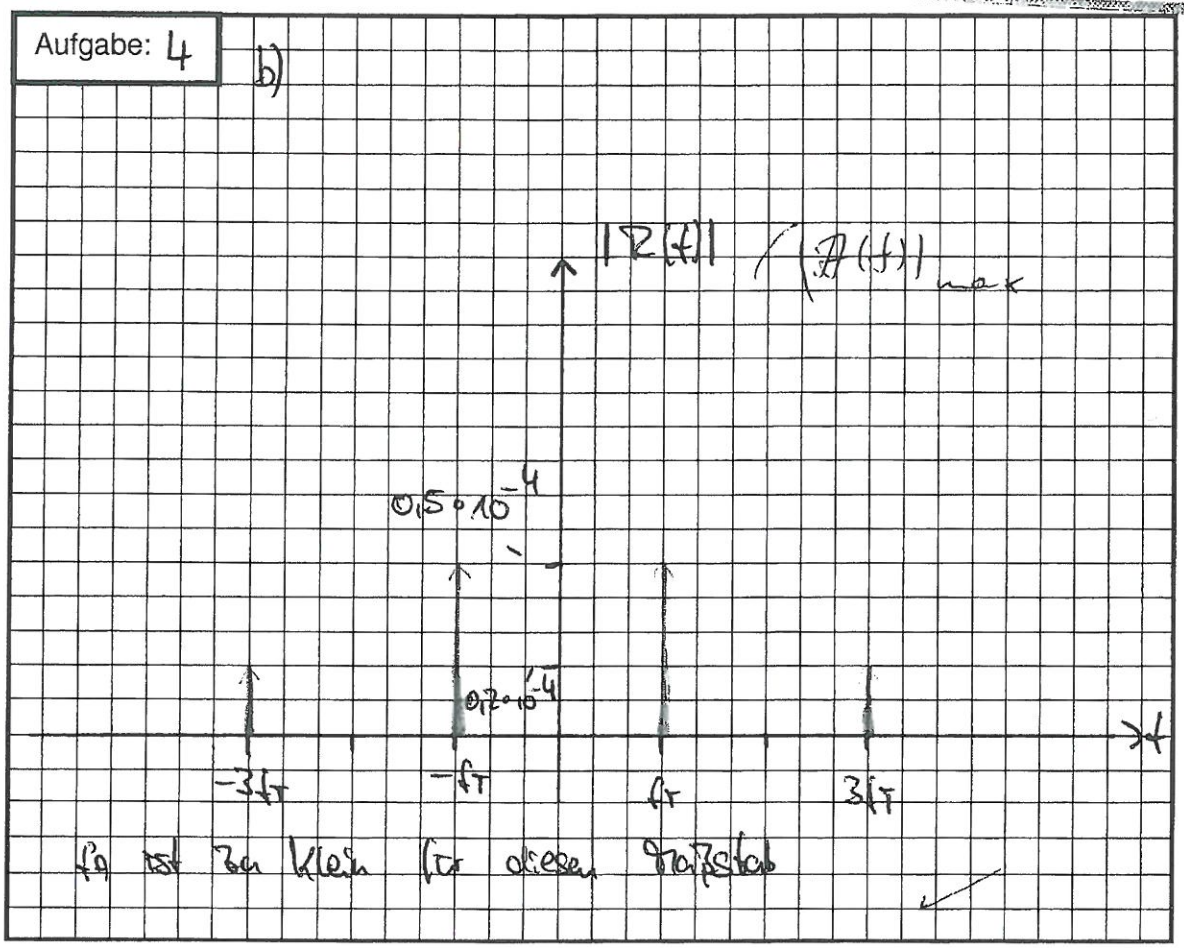


Die Teilspektren sind so schmal, dass sie in diesem Maßstab auf einen Strich zusammenfallen.
Es sind sehr, sehr schmale Dreiecke eigentlich.
und liegen im Bereich $+(f_T+f_a)$, $+(3f_T+f_a)$

b)

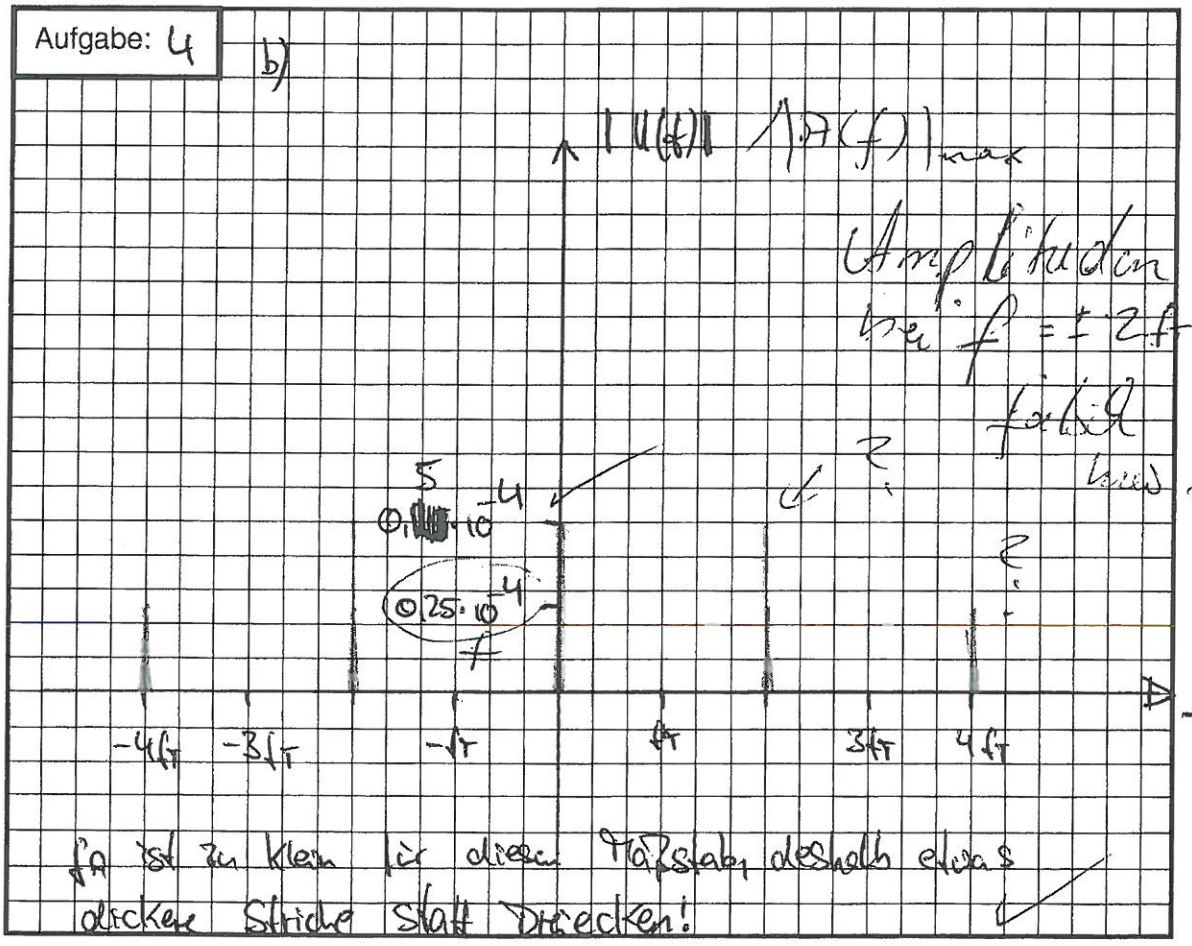
12/15

Aufgabe: 4 b)



fA ist zu klein für diesen Maßstab

Aufgabe: 4 b)

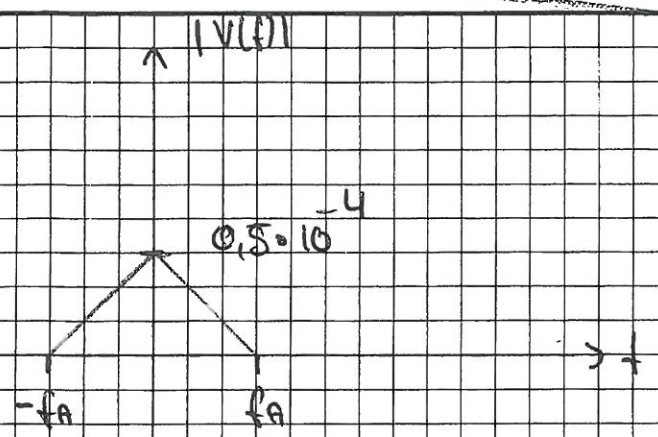


Amplituden bei $f = \pm 2f_T$ und $\pm 4f_T$ fehlen

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

Aufgabe: 4

b)



c) 1/2

1/2 c) Durch den Frequenzfehler 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 $\pm f_A$!) ⇒ ? Sind nicht im Kanal

noch 4/4

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

Aufgabe: 5

a) $\hat{p} \cdot m \cdot \exp(-f_0)$

2/2

ES sollte im Maximum abgetastet werden.

⇒ $t_0 = -0{,}5 \cdot T$

15 !

5/6

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

$m=1$: $h_P =$ $= h_P(t_1) = 1{,}84$ ✓

$m=2$: $h_P =$ $= h_P(t_2) = 0{,}75$ ✓

$m=3$: $h_P =$ $= h_P(t_3) = 0{,}17$ ✓

Alexander Mörk

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 in f Intervalle übergelagert dargestellt. (zu Glättung, 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_4 sehr / und von $h_p(t_4)$ nötig

WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	GN	MSS

FSR - Klausurensammlung

100 Punkte

15 LP

HAW Hamburg
Department EuI
Prof. Dr. J. Missun

Gruppe A

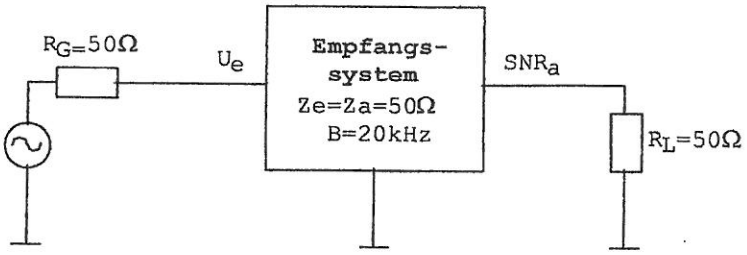
Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4b, 25.1.2013

Name: [illegible] CR Matr.-Nr.: _____

Hinweis: An Unterlagen dürfen nur das GN-Vorlesungsskript und persönliche Mitschriften benutzt werden, die Verwendung von alten Klausuren ist nicht zulässig. Formeln dürfen/sollen aus dem Script übernommen werden, aber immer mit Quellenangabe.
Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar erkennbar sein!

1. Aufgabe (15 Punkte)

Ein Empfangssystem hat eine Bandbreite von 20kHz und 50Ω Ein- und Ausgangswiderstand. Bei einer Eingangsspannung von 6μV wird am Ausgang bei 50Ω Lastwiderstand ein Signal-Rauschabstand von 30dB gemessen (T=290K).
Am Eingang tritt nur thermisches Rauschen auf.



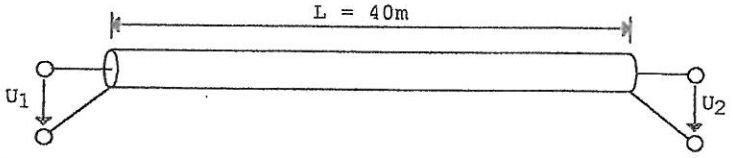
a. Welche Rauschzahl und welches Rauschmaß hat das System?

b. Bei welcher Eingangsspannung ist das Signal-Rauschverhältnis am Ausgang gleich 1?

c. Wie ändern sich das Ergebnis bei b. (mit Zahlenangeben), wenn die Bandbreite verdoppelt wird?

2. Aufgabe (25 Punkte)

An einer **schwach gedämpften Leitung** von 40m Länge wurden bei einer Frequenz von 1MHz und reflexionsfreiem Abschluss folgende Messungen gemacht: $|U_1| = 1V$, $|U_2| = 0{,}9V$



Die Phasenverschiebung zwischen Ein- und Ausgangsspannung betrug 70°. Bei Leerlauf am Ausgang wurde eine gesamte Leitungskapazität von 5nF gemessen.

a. Berechnen Sie den Dämpfungsbelag der Leitung in dB/m und den Phasenbelag in rad/m!

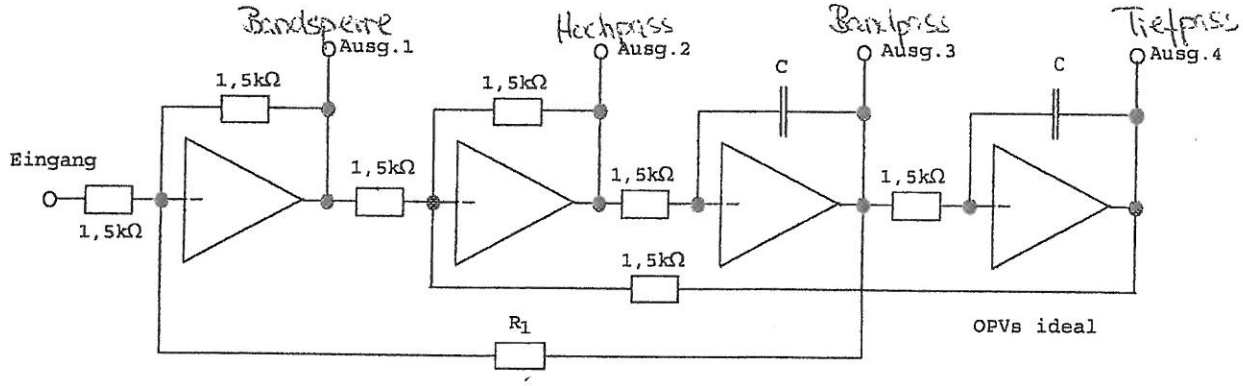
b. Bestimmen Sie die Leitungsbeläge C', L', R' (Annahme: G'=0)

c. Wie groß sind Betrag und Phasenwinkel (in Grad) des Wellenwiderstands?

RÜCKSEITE!
--------->

1/12

3. Aufgabe (35 Punkte)
Die dargestellte Universal-Filterschaltung soll als Frequenzweiche eingesetzt werden, wobei nur die Trennung von hohen und tiefen Frequenzen benötigt wird.



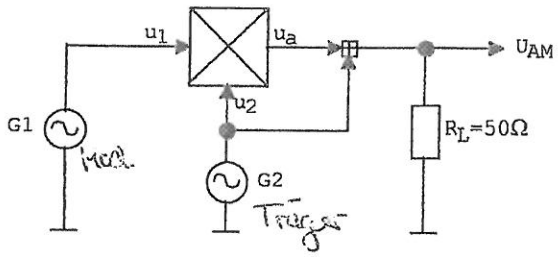
a. An welchen Ausgängen tritt Hochpass- bzw. Tiefpassverhalten auf?

b. Geben Sie die Übertragungsfunktionen für Hoch- und Tiefpass in Normalform* an!

c. Berechnen Sie für den Tiefpass R_1 und C für Butterworth-Verhalten und eine Grenzfrequenz von 3kHz!

d. Zeigen Sie rechnerisch, dass der Hochpass die gleiche Grenzfrequenz wie der Tiefpass hat!

4. Aufgabe (25 Punkte)
Der dargestellte Modulator soll ein AM-Signal mit 2MHz Trägerfrequenz erzeugt werden. Im unmodulierten Zustand soll an R_L eine Leistung von 20mW (ca. 13dBm) abgegeben werden. Die Modulationsfrequenz beträgt 5kHz.
Für den Multiplizierer gilt: $u_a = u_x \cdot u_y \cdot 0{,}5V^{-1}$



a. Stellen Sie eine allgemeine Gleichung für die Zeitfunktion $u_{AM}(t)$ auf und leiten Sie daraus die Gleichungen für den maximalen und minimalen Scheitelwert von $u_{AM}(t)$ ab. Für die Eingänge des Multiplizierers gilt:
$u_1(t) = \hat{u}_1 \cdot \cos(\omega_1 t)$ und $u_2(t) = \hat{u}_2 \cdot \cos(\omega_2 t)$
Mod. Träger

b. Welche Frequenzen müssen die Generatoren G1 und G2 abgeben?

c. Berechnen Sie die Ausgangsspannungen für G1 und G2 (Effektivwerte) für einen Modulationsgrad von 30% und 20mW Trägerleistung am Ausgang.

d. Skizzieren Sie das Ausgangsspektrum mit der Angabe von Pegeln in dBm und Frequenzen!

***Normalform:** Nennerpolynom muss die Form $1 + a_1 \cdot j\omega + a_2 \cdot (j\omega)^2 + \ldots$ haben.

2/R

1. Aufgabe) Formeln Seite (2-1.1)

geg.: $B = 20\,kHz$

$U_e = 6\,\mu V$

$SNR_a = 30\,dB$

$T = 290\,K$

a) ges.: F und $F'(dB)$

$SNR_e = \frac{P_{se}}{P_{re}}$ $\qquad P_{re} = k \cdot T \cdot B = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{Ws}{K} \cdot 290\,K \cdot 20\,kHz$

$P_{re} = 8{,}004 \cdot 10^{-17}\,W$

$P_{se} = \frac{U_e^2}{R} = \frac{(6\,\mu V)^2}{50\,\Omega}$

$P_{se} = 7{,}2 \cdot 10^{-13}\,W$

$SNR_e = \frac{7{,}2 \cdot 10^{-13}\,W}{8{,}004 \cdot 10^{-17}\,W} = 8{,}996 \cdot 10^{3}$ ✓

$SNR_e(dB) = 10 \log(SNR_e) = 39{,}54\,dB$ ✓

$F(dB) = SNR_e(dB) - SNR_a(dB) = 39{,}54\,dB - 30\,dB = \underline{9{,}54\,dB}$

$F = 10^{\frac{F(dB)}{10}} = 10^{\frac{9{,}54\,dB}{10}} = \underline{8{,}99}$ ✓ (8P)

b) geg.: $SNR_a = 1 \Rightarrow [SNR_a(dB) = 10 \cdot \log(SNR_a) = 0\,dB]$

$SNR_e = F \cdot SNR_a = 8{,}99 \cdot 1 = 8{,}99$ ✓

$SNR_e = \frac{P_{se}}{P_{re}} \Rightarrow P_{se} = SNR_e \cdot P_{re} = 8{,}99 \cdot 8{,}004 \cdot 10^{-17}\,W$

$P_{se} = 7{,}2 \cdot 10^{-16}\,W$

$U_e = \sqrt{P_{se} \cdot R}$

$U_e = \sqrt{7{,}2 \cdot 10^{-16}\,W \cdot 50\,\Omega} = \underline{189{,}68\,nV}$ ✓ (4P)

25.1.13

1. Aufgabe

c) $B = 40\,kHz$

$$P_{re} = \underbrace{8{,}004 \cdot 10^{-17}\,W}_{P_{rauh}} \cdot 2 = 1{,}6008 \cdot 10^{-16}\,W$$

$$P_{se} = SNR_e \; P_{re} = 8{,}99 \cdot 1{,}6008 \cdot 10^{-16}\,W = 1{,}44 \cdot 10^{-15}\,W$$

$$\underline{U_e} = \sqrt{P_{se} \cdot R} = \sqrt{1{,}44 \cdot 10^{-15}\,W \cdot 50\,\Omega} = \underline{268{,}33\,nV}$$

3P

WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	gN	MSS

ESR - Klausurensammlung

25.1.13

2. Aufgabe

~~Formeln Seite (2-4 + 2-8)~~

geg.: $\ell = 40m$

$f = 1MHz$

$|U_1| = 1V$

$|U_2| = 0{,}9V$

$\Delta\varphi = 70°$

$C = 5nF$

a)

$$\Delta\varphi = \beta \cdot \ell \cdot \frac{360°}{2\pi} \Rightarrow \beta = \frac{\Delta\varphi \cdot 2\pi}{\ell \cdot 360°}$$ ✓

$$\underline{\underline{\beta}} = \frac{70° \quad 2\pi}{40m \cdot 360°} = \underline{\underline{30{,}54 \cdot 10^{-3} \frac{rad}{m}}}$$ ✓ (2P)

$$a_L = 20 \lg\left(\frac{U_1}{U_2}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{1V}{0{,}9V}\right) = 0{,}915\,dB$$ ✓ Seite (2-8)

$$\underline{\underline{\alpha}} = \frac{a_L}{\ell} = \frac{0{,}915\,dB}{40m} = \underline{\underline{22{,}88 \cdot 10^{-3} \frac{dB}{m}}}$$ ✓ (4P)

b) Formeln Seite (2-4)

$$\underline{\underline{C'}} = \frac{C}{\ell} = \frac{5nF}{40m} = \underline{\underline{125\,pF/m}}$$ ✓ (2P)

$$\beta = \omega\sqrt{L' \cdot C'} \Rightarrow \sqrt{L' C'} = \frac{\beta}{\omega}$$

$$\underline{\underline{L'}} = \frac{\beta^2}{\omega^2 \cdot C'} = \frac{\left(30{,}54 \cdot 10^{-3} \frac{rad}{m}\right)^2}{(2 \cdot \pi \cdot 1MHz)^2 \cdot 125pF/m} = \underline{\underline{189\,nH/m}}$$ ✓ (5P)

$$\alpha = \frac{R'}{2\sqrt{L'/C'}}$$ ✓ mit $$\alpha\left(\text{in } \frac{NP}{m}\right) = \frac{\alpha(\text{in } dB/m)}{8{,}686} = \frac{22{,}88 \cdot 10^{-3} \frac{dB}{m}}{8{,}686} = 2{,}6 \cdot 10^{-3} \frac{NP}{m}$$ ✓

S/M

3

25.1.13

2b)

$$R' = \alpha \cdot 2\sqrt{\frac{L'}{C'}} = 2{,}6 \cdot 10^{-3}\,\frac{Np}{m} \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{189\,nH/m}{125\,pF/m}}$$

$$\underline{\underline{R' = 0{,}202\,\Omega/m}}$$ ✓ 6P

c) Formeln Seite (2-5)

$$|\underline{Z}_W| = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = \sqrt{\frac{189\,nH/m}{125\,pF/m}} = 38{,}88\,\Omega$$ ✓ 3P

$$\angle|\underline{Z}_W| = -\frac{R'}{2\omega L'} = -\frac{0{,}202\,\frac{\Omega}{m}}{2 \cdot 2\pi\, 1\,MHz \cdot 189\,nH/m} = -4{,}87°$$ ✓ 3P

$$\underline{\underline{Z_W = 38{,}88\,\Omega\,\angle -4{,}87°}}$$

25.1.13

3. Aufgabe) Formeln Seite (3-4)

a) Hochpassverhalten: Ausgang 2 ✓
Tiefpassverhalten: Ausgang 4 ✓

2P

b) Hochpass: mit $\tau = R \cdot C = 1{,}5k\Omega \cdot C$ ✓

$$\frac{U_2}{U_e} = \frac{1{,}5k\Omega \cdot 1{,}5k\Omega}{1{,}5k\Omega \cdot 1{,}5k\Omega} \cdot \frac{(j\omega\tau)^2}{1 + \frac{1{,}5k\Omega \cdot 1{,}5k\Omega}{1{,}5k\Omega \cdot R_1}(j\omega\tau) + \frac{1{,}5k\Omega}{1{,}5k\Omega}(j\omega\tau)^2}$$

$$\frac{U_2}{U_e} = \frac{(j\omega\tau)^2}{1 + \frac{1{,}5k\Omega}{R_1} j\omega\tau + (j\omega\tau)^2}$$ ✓

4P

Tiefpass mit $\tau = 1{,}5k\Omega \cdot C$

$$\frac{U_4}{U_e} = \frac{1{,}5k\Omega \cdot 1{,}5k\Omega}{1{,}5k\Omega \cdot 1{,}5k\Omega} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1{,}5k\Omega \cdot 1{,}5k\Omega}{1{,}5k\Omega \cdot R_1} j\omega\tau + \frac{1{,}5k\Omega}{1{,}5k\Omega}(j\omega\tau)^2}$$

$$\frac{U_4}{U_e} = \frac{1}{1 + \frac{1{,}5k\Omega}{R_1} j\omega\tau + (j\omega\tau)^2}$$ ✓

4P

c) $f_g = 3kHz$
$a_1 = 1{,}414$ $b_1 = 1$ Butterworth

$$\frac{a_1}{\omega_g} = \frac{1{,}5k\Omega \cdot \tau}{R_1} = \frac{1{,}5k\Omega \cdot 1{,}5k\Omega \cdot C}{R_1}$$ ✓

$$\frac{b_1}{\omega_g^2} = \tau^2 = (1{,}5k\Omega)^2 \cdot C^2 \Rightarrow C^2 = \frac{b_1}{\omega_g^2 \cdot (1{,}5k\Omega)^2}$$ ✓

$$C = \sqrt{\frac{1}{(2\pi\, 3kHz)^2 \cdot (1{,}5k\Omega)^2}} = 35{,}37nF$$ ✓ 7/12

4P

5

25.1.13

3c)

$$R_1 = \frac{1{,}5\,k\Omega \cdot 1{,}5\,k\Omega \cdot C \cdot \omega_g}{a_1} = \frac{(1{,}5\,k\Omega)^2 \cdot 35{,}37\,nF \cdot 2\pi \cdot 3\,kHz}{1{,}414}$$

$$\underline{\underline{R_1 = 1{,}06\,k\Omega}}$$ ✓ 4 P

d)

$$\left|\frac{U_4}{U_e}\right| = \frac{1}{\sqrt{(1-\omega^2\tau^2)^2 + \left(\frac{1{,}5\,k\Omega}{R_1}\omega\tau\right)^2}}$$ Tiefpass

$$\left|\frac{U_2}{U_e}\right| = \frac{(\omega\tau)^2}{\sqrt{(1-\omega^2\tau^2)^2 + \left(\frac{1{,}5\,k\Omega}{R_1}\omega\tau\right)^2}}$$ Hochpass

$$\left|\frac{U_4}{U_e}\right| = \left|\frac{U_2}{U_e}\right| = \frac{1}{\sqrt{2}}$$ ✓

$$\cancel{\frac{1}{\sqrt{(1-\omega^2\tau^2)^2 + \left(\frac{1{,}5\,k\Omega}{R_1}\omega\tau\right)^2}} = \frac{(\omega\tau)^2}{\sqrt{(1-\omega^2\tau^2)^2 + \left(\frac{1{,}5\,k\Omega}{R_1}\omega\tau\right)^2}}} \quad | \cdot L$$

$$\frac{1}{\sqrt{(1-\omega^2\tau^2)^2 + \left(\frac{1{,}5\,k\Omega}{R_1}\omega\tau\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$ Tiefpass ✓

$$(1-\omega^2\tau^2)^2 + \left(\frac{1{,}5\,k\Omega}{R_1}\omega\tau\right)^2 = 2$$ ✓

$$1 - 2\omega^2\tau^2 + \omega^4\tau^4 + \left(\frac{1{,}5\,k\Omega}{R_1}\right)^2\omega^2\tau^2 = 2$$

$$\omega^2\tau^2\left(\left(\frac{1{,}5\,k\Omega}{R_1}\right)^2 - 2\right) + \omega^4\tau^4 = 1 \quad \Rightarrow \text{Tiefpass}$$ ✓

25.1.13

3d) Hochpass

$$\frac{(\omega\tau)^2}{\sqrt{(1-\omega^2\tau^2)^2+\left(\frac{1{,}5k\Omega}{R_1}\right)^2\omega^2\tau^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\omega^2\tau^2\sqrt{2} = \sqrt{1-2\omega^2\tau^2+\omega^4\tau^4+\left(\frac{1{,}5k\Omega}{R_1}\right)^2\omega^2\tau^2}$$

$$\omega^4\tau^4\,2 = 1-2\omega^2\tau^2+\omega^4\tau^4+\left(\frac{1{,}5k\Omega}{R_1}\right)^2\omega^2\tau^2$$

$$\omega^4\tau^4(2-1)+\omega^2\tau^2\left(\left(\frac{1{,}5k\Omega}{R_1}\right)^2-2\right)=1$$

$$\underline{\omega^4\tau^4+\omega^2\tau^2\left(\left(\frac{1{,}5k\Omega}{R_1}\right)^2-2\right)=1} \Rightarrow \text{Hochpass} \checkmark$$

identisch mit Tiefpass

$$\underline{\omega^4\tau^4+\omega^2\tau^2\left(\left(\frac{1{,}5k\Omega}{R_1}\right)^2-2\right)=1} \Rightarrow \text{Tiefpass} \checkmark$$

Hochpassgleichung = Tiefpassgleichung
bedeutet, dass die gleiche Grenzfrequenz haben!

OK

17P

9/12

25.1.13

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
12/13	E4	GN	HSS

FSR - Klausurensammlung

4. Aufgabe)

geg.: $f_{Tr} = 2\,MHz$

unmodiliert an R_L $P_{AM} = 20\,mW$ (13dBm)

$f_{mod.} = 5\,kHz$

$K = 0{,}5\,V^{-1}$

a) Formeln Seite (5-6)

$u_a = u_x \cdot u_y \cdot 0{,}5\,V^{-1} = u_x \cdot u_y \; K$

$u_{AM}(t) = K \cdot u_1(t) \cdot u_2(t) + u_2(t)$ ✓

$= K \cdot \hat{u}_1 \cdot \cos(\omega_1 t) \cdot \hat{u}_2 \cdot \cos(\omega_2 t) + \hat{u}_2 \cdot \cos(\omega_2 t)$

$u_{AM}(t) = \hat{u}_2 \cdot \cos(\omega_2 t) +$ ✓

$\frac{K \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}{2} \cdot \cos((\omega_2 - \omega_1)t) +$ ✓ 5P

$\frac{K \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}{2} \cdot \cos((\omega_2 + \omega_1)t)$ ✓

[Umgeformt mit: $\cos(x) \cdot \cos(y) = \frac{1}{2}[\cos(x-y) + \cos(x+y)]$]

maximale Scheitelwert

$\underline{\hat{u}_{AMmax}} = \hat{u}_2 + 2 \cdot \frac{K \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}{2} = \underline{\hat{u}_2 + K \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}$ ✓

4P

minimaler Scheitelwert ✓

$\underline{\hat{u}_{AMmin}} = \hat{u}_2 - 2 \cdot \frac{K \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}{2} = \underline{\hat{u}_2 - K \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}$

[$\hat{u}_2 \hat{=}$ Trägerspannung
$\hat{u}_1 \hat{=}$ Modulationsspannung]

10/12

25.1.13

4.b)

G_1 muss $f_{mod} = 5\,kHz$ ✓ (2P)

G_2 muss $f_{Tr} = 2\,MHz$ ✓

c) ges.: U_{1eff}, U_{2eff} Formeln Seite $\binom{5-4}{5-5}$

$m = 30\%$

$P_{Tr} = 20\,mW$

$$U_{Tr} = \sqrt{P_{Tr} \cdot R} = \sqrt{20\,mW \cdot 50\,\Omega} = 1\,V$$

$$\hat{u}_{Tr} = U_{TR} \cdot \sqrt{2} = 1\,V \cdot \sqrt{2} = 1{,}41\,V$$

$$m = 2 \cdot \frac{\hat{u}_{Seite}}{\hat{u}_{Tr}} \cdot 100\% \Rightarrow \hat{u}_{Seite} = \frac{m \cdot \hat{u}_{Tr}}{2 \cdot 100\%}$$

$$\hat{u}_{Seite} = \frac{30\% \cdot 1{,}41\,V}{2 \cdot 100\%} = 0{,}212\,V$$

$$\hat{u}_{Tr} = \underline{\hat{u}_2 = 1{,}41\,V} \Rightarrow \underline{U_{2eff}} = \frac{\hat{u}_2}{\sqrt{2}} = \underline{1\,V}$$

$$\hat{u}_{Seite} = \frac{K \cdot \hat{u}_1 \cdot \hat{u}_2}{2} \Rightarrow \hat{u}_1 = \frac{\hat{u}_{Seite} \cdot 2}{\hat{u}_2 \cdot K}$$ ✓

$$\hat{u}_1 = \frac{0{,}212\,V \cdot 2}{1{,}41\,V \cdot 0{,}5\,V^{-1}} = 0{,}6\,V \Rightarrow \underline{U_{1eff}} = \frac{\hat{u}_1}{\sqrt{2}} = \underline{0{,}42\,V}$$

$G_1 \Rightarrow \underline{U_{1eff} = 0{,}42\,V}$ ✓ (8P)

$G_2 \Rightarrow \underline{U_{2eff} = 1\,V}$ ✓

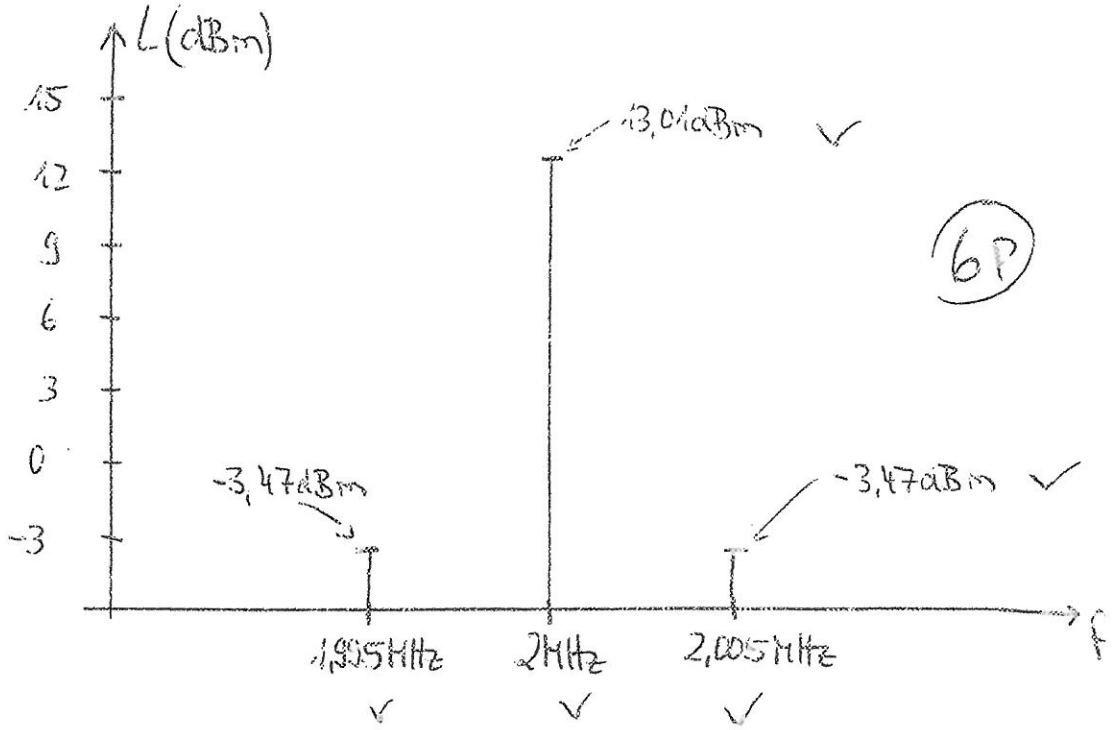
25.1.13

4d)

$$L_{Tr} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{Tr}}{1mW}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{20mW}{1mW}\right) = 13{,}01\,dBm$$

$$P_{Seite} = \frac{\left(\frac{\hat{u}_{Seite}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} = \frac{\left(\frac{0{,}212V}{\sqrt{2}}\right)^2}{50\Omega} = 449{,}44\,\mu W$$

$$L_{Seite} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{Seite}}{1mW}\right) = -3{,}47\,dBm$$



6P

12/12

10

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

Name: Aldaz
Vorname: Marie
Matr.-Nr.:
Anzahl der abgegebenen Blätter:

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
09	E 4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 1/16

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik (E4)

vom 13. Juli 2009

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	2+4+6+3+3 (+4)		2+4+6+2+3 (+1)	18 (+4)
Aufgabe 2	6+4+4 (+4)		3+4+0 (+4)	14 (+4)
Aufgabe 3	6+6+4+8 (+6)		4+6+4+6 (+2)	24 (+4)
Aufgabe 4	12+6 (+6)		9+5 (+5)	18 (+6)
Aufgabe 5	4+2+6+4 (+8)		4+2+6+4 (+3+2)	16 (+8)
Bewertung:	15	**Summe:**	94	**90 (+26)**

Kleine Formelsammlung:

Verlustfreie Leitung, Länge l		Trigonometrie und Euler	
$\alpha' = \frac{R'}{2\sqrt{L'/C'}}$	$v_{ph} = \frac{1}{\sqrt{L'C'}}$	$\cos(x)\cdot\cos(y) = [\cos(x+y)+\cos(x-y)]/2$ $\cos(x) = (e^{jx}+e^{-jx})/2$	
$c_0 \approx 3\cdot 10^8$ m/s	$k = v_{ph}/c_0$	**Fourier-Transformation**	
$Z_E = Z_W \frac{Z_2 + Z_W \cdot \tanh(\gamma l)}{Z_2 \cdot \tanh(\gamma l) + Z_W}$	$\lvert Z_W \rvert = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$	$x(t)e^{j2\pi f_0 t} \leftrightarrow X(f-f_0)$	$e^{j2\pi f_0 t} \leftrightarrow \delta(f-f_0)$

Rauschen und Rauschzahl	Informationstheorie, diskrete Nachrichtenquellen mit N verschiedenen Zeichen	
Rauschzahl $F = \frac{SNR_{Eingang}}{SNR_{Ausgang}}$	**Informationsgehalt eines Zeichen x** $I_x = -ld(p_x)$ Bit pro Zeichen **Entropie, mittlerer Informationsgehalt** $H = -\sum_{n=1}^{N} p_n \cdot ld(p_n)$ Bit pro Zeichen	
Verfügbare Rauschleistung (thermisch) $P = k\cdot B\cdot T$ Boltzmannkonstante k: = 1,38 10^{-23} Watt · s / K B: Bandbreite in Hertz, T: Temperatur in Kelvin	**Mittlere Anzahl von Bits zur Codierung** $\overline{N} = \sum_{n=1}^{N} p_n \cdot \text{Codelänge}(n)$ Bit pro Zeichen	
Gesamtrauschzahl bei Reihenschaltung $F_{Gesamt} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{v_1} + \frac{F_3 - 1}{v_1 \cdot v_2} + \ldots$	**Maximale Entropie** $H_{max} = ld(N)$ Bit pro Zeichen	**Redundanz** $R = H_{max} - H$ Bit pro Zeichen

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
09	E 4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 2/16

Aufgabe 1 Huffman Codierung (18+4 Punkte)

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

Zeichen	A	B
p_i	0,3	0,7

Der Zeichensatz hat eine Entropie H = 0.88129 Bit pro Zeichen, ein zugehöriger Huffman Codesatz erfordert im Mittel $\overline{N}$ = 1 Bit pro Zeichen (Nullen und Einsen) zur Übertragung.

Geben Sie im Folgenden immer die Einheiten mit an.

a) Wie viele Bits sind zur Übertragung von 1000 Zeichen im Mittel notwendig? (2 Punkte)

b) Zur Verbesserung der Codierung sollen nun folgende, teilweise zusammengesetzte, Zeichen codiert werden. Vervollständigen Sie die Tabelle. Testen Sie, ob die Summe der Wahrscheinlichkeiten 1 ist. Die Zeichenabfolgen von A und B sind nicht unkorreliert. (4 Punkte)

Zeichen	AA	AB	BA	BB
p_i	0,09	0,21	0,21	0,47

0,49

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

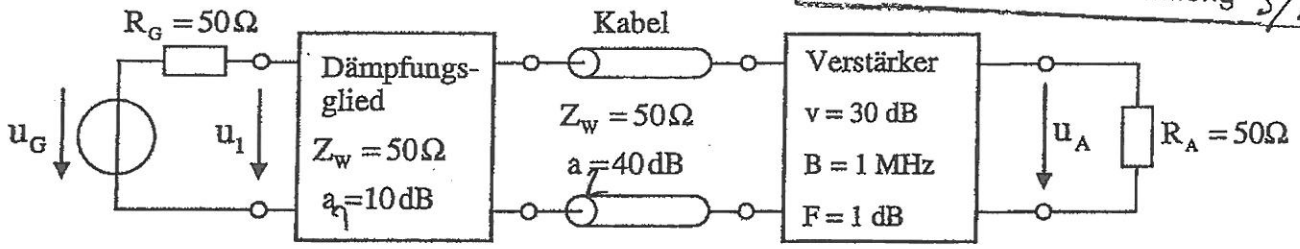
d) Berechnen Sie $\overline{N}$, d.h. die im Mittel erforderliche Anzahl von Bits zur Codierung Übertragung eines der „neuen" Zeichens. (4 Punkte)

? e) Wie viele Bit sind im Mittel zur Übertragung von 1000 „alten" Zeichen (A, B, ~~C~~) Bit mit den neuen Codes notwendig? (2 Punkte)

Beachten Sie, dass Sie zusammengesetzte Zeichen codiert haben (siehe zweite Tabelle).

f) **Zusatzfrage:** Begründen Sie, warum die neuen Codes effizienter sind. (4 Punkte)

Aufgabe 2 Übertragungssystem (14+4 Punkte)



Ein Signal $u_G(t)$ von 1 MHz Bandbreite wird über das obige System übertragen. Die Ein- und Ausgangsimpedanz des Verstärkers ist jeweils 50Ω. Die Temperatur des gesamten Systems beträgt T = 300 Kelvin. Die von der Spannungsquelle $u_G(t)$ abgegebene Leistung beträgt 100 W und $u_G(t)$ ist, bis auf das thermische Rauschen, fehlerfrei.

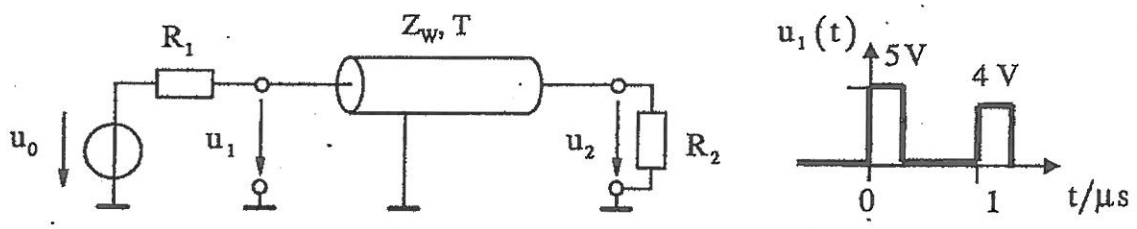
a) Berechnen Sie die Rauschzahl F_S und den Verstärkungsfaktor v_S des Systems mit Eingangsspannung $u_1(t)$ und der Ausgangsspannung $u_A(t)$. (6 Punkte)

b) Wie groß ist das SNR des Signals $u_1(t)$ in dB? (4 Punkte)

c) Bestimmen Sie den Effektivwert der Spannung $u_A(t)$. (4 Punkte)

d) **Zusatzaufgabe:** Ist die Reihenfolge der Teilkomponenten typisch und sinnvoll für ein Nachrichtenübertragungssystem? Begründen Sie Ihre Antwort. (4 Punkte)
Die Aufgabe ist ohne die vorherigen Unterpunkte lösbar.

Aufgabe 3: Leitung (24+8 Punkte)



Auf eine schwach gedämpfte Leitung mit Verkürzungsfaktor k = 2/3 wird zum Zeitpunkt t = 0 vom Generator ein Spannungspuls der Größe $\hat{u}_0 = 8$ V für die der Dauer 200ns abgegeben. Die Spannung am Leitungseingang ist bis zum Zeitpunkt $t = 1{,}2\,\mu s$ im Bild angegeben. Der Dämpfungsbelag ist $\alpha = 10^{-3}\,1/m$ und der Betrag des Wellenwiderstandes $|Z_W| = 50\Omega$.

Geben Sie immer die Einheiten der Ergebnisse an.

a) Berechnen Sie die Leitungslänge l, die Ausbreitungsgeschwindigkeit v_{ph} und den Dämpfungsfaktor A_L. (6 Punkte)

b) Bestimmen Sie die Leitungsbeläge R', L' und C'. (6 Punkte)

Vernachlässigen Sie bei den folgenden Rechnungen die Phase von Z_W.

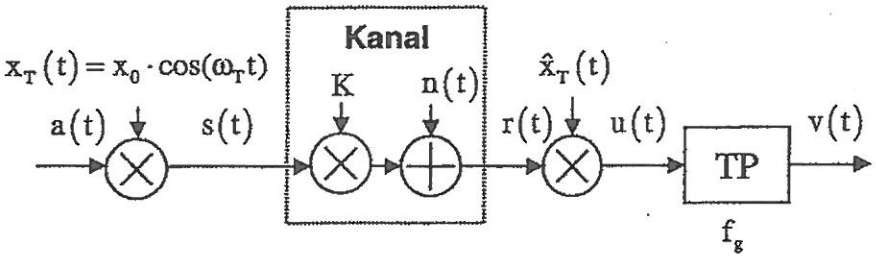
c) Berechnen Sie den Generatorwiderstand R_1. (4 Punkte)

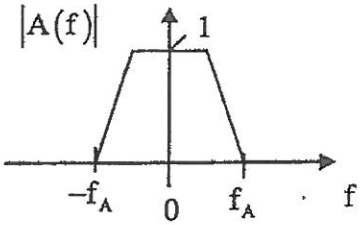
d) Bestimmen Sie den Reflexionsfaktor ρ_2 am Leitungsende. (8 Punkte)
Hinweis: Die Verwendung des Latticediagramms ist hilfreich zur Veranschaulichung.

Zusatzaufgabe, allgemeine Frage zu schwach gedämpften Leitungen:

e) Bei einer schwach gedämpften Leitung wird am Generator eine Spannung u_0 permanent eingeschaltet. Erklären Sie, wie man die Spannung $u_{1\infty} = u_1(t \to \infty)$ und $u_{2\infty} = u_2(t \to \infty)$ berechnen kann. Geben Sie alle notwendigen Gleichungen an. Einsetzen und Umformungen sind nicht gefordert. (6 Punkte)

Aufgabe 4 Modulation (18+6 Punkte)





Betrachten Sie das Übertragungssystem. Das zu übertragene Tiefpasssignal $a(t)$ der Bandbreite f_A wird auf die Trägerfrequenz $f_T = \omega_T/(2\pi) = 1\,\text{GHz}$ hochgemischt. Die Konstante x_0 hat die Einheit 1 und $K = 10^{-4}$. Das empfangene Signal $r(t)$ wird mit dem geschätzten Trägersignal $\hat{x}_T(t) = \hat{x}_0 \cdot \cos(\omega_T t + \hat{\varphi})$ heruntergemischt. Der Tiefpass TP ist ideal mit Grenzfrequenz f_g und der Erwartungswert der Rauschleistungsdichte ist $|S_{nn}(f)| = \sigma^2$. Das Rauschen ist unkorreliert.

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

Beschreiben Sie die zu skizzierenden Spektren immer in Abhängigkeit des Sendespektrums $|A(f)|$. Alle Achsen und Signale vollständig zu beschriften.

a) Skizzen Sie $|R(f)|$, $|U(f)|$ und $|V(f)|$ für $f_g = f_A$ und $\hat{x}_T(t) = x_T(t)$. (12 Punkte)

Beachten Sie, dass für das Rauschen die erwartete Rauschleistungsdichte bekannt ist.

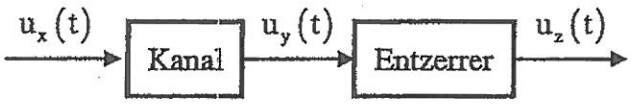
Nun soll eine (im Bild nicht mit einbezogene) reale Signallaufzeit durch den Kanal von $T = \sqrt{90}\,\mu s$ berücksichtigt werden.

b) Bestimmen Sie das kleinste $\hat{\varphi}$, für dass das SNR des Signals $v(t)$ maximal wird. (6 Punkte)

c) **Zusatzfrage:** Wie beschreibt man im Zeitbereich die Verzögerung im Kanal, wie im Frequenzbereich? Was folgt daraus für die Skizzen aus a), wenn $\hat{x}_T(t)$ ideal wäre und T berücksichtigt würde? (6 Punkte)

Aufgabe 5 Transversalfilter (16+8 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:

$$h_p(t)=0{,}5\cdot\hat{p}\cdot\begin{cases} t/T & \text{für} \quad 0\le t\le T \\ \left(\dfrac{t-5T}{4T}\right)^2 & \text{für} \quad T<t\le 5T \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad \text{mit } T=0{,}75\mu s.$$

a) Skizzen Sie $h_p(t)$. Beschriften Sie die Achsen vollständig. (4 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 Amplitude bei der Abtastung maximal wird. (2 Punkte)
Hinweis: Im Augendiagramm würde das maximale Augenhöhe bedeuten.

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

d) Bestimmen Sie die Koeffizienten c_k für $k=1,2$. Es gilt $c_0=1$. (4 Punkte)

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

e) **Zusatzaufgabe:** Ist es prinzipiell möglich mit einem realen Transversalfilter die Intersymbolinterferenz völlig zu eliminieren? (3 Punkte)

f) **Zusatzaufgabe:** Wie kann $h_p(t)$ aus der <u>Impulsantwort</u> des Kanals $h_K(t)$ berechnet werden? Es geht um die Gleichungen, eine explizite Berechnung ist nicht gefordert. (5 Punkte)

Klausur: GN **Datum:** 13.07.09

Name: Aldag **Vorname:** Mario **Matr.-Nr.:** [redacted]

Aufgabe: 1

2/2 noch 4/4

a) $T = 1000$ "Zeichen" $\cdot\ 0{,}88129 \frac{\text{Bit}}{\text{Zeichen}} = \underline{\underline{881{,}29 \text{ Bit}}}$

b) "AA" $= 0{,}3 \cdot 0{,}3 = 0{,}09$
"AB" $= 0{,}3 \cdot 0{,}7 = 0{,}21$
"BA" $=$ "AB" $= 0{,}21$
"BB" $= 0{,}7 \cdot 0{,}7 = \underline{0{,}49}$

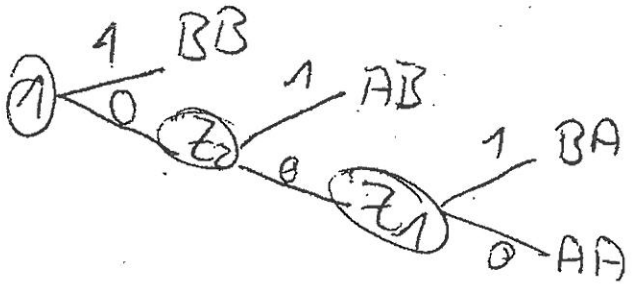
$\Sigma = \cancel{0{,}98}\ 1$

↑ siehe Text ✓ ↖ anders als in Tabelle

Aufgabe: 1 c

6/6

BB	0,47	~~0,47~~ BB	BB } 1
AB	0,21	~~0,42~~ = Z_1 } Z_2	Z_2
BA	0,21 } Z_1	0,3 AB	
AA	0,09		



BB = 1 ✓
AB = 01 ✓
BA = 001 ✓
AA = 000 ✓

Aufgabe: 1d

2/3 $\overline{N} = \sum_{n=1}^{N} p_n \cdot \text{Codelänge}(n)$ nach Huffman

$\sim f$ / s.o.

$= 0{,}47 \cdot 1\,\text{Bit} + 0{,}21 \cdot 2\,\text{Bit} + 0{,}21 \cdot 3\,\text{Bit} + 0{,}09 \cdot 3\,\text{Bit}$

Zeichenkette Zeichenkette Zeichenkette Zeichenkette

$\overline{N} \approx 1{,}79 \frac{\text{Bit}}{\text{Zeichenkette}}$

nach 3.3 e) $T = 1000 \frac{\text{Zeichen}}{\text{Zeichen}} \cdot 1{,}79 \frac{\text{Bit}}{\text{Zeichenkette}}$

1 Zeichenkette entspricht 2 Zeichen

$T = 1000 \cdot 1{,}79 \frac{\text{Bit}}{2\,\text{Zeichen}}$

$T = 895\,\text{Bit}$

Aufgabe: 1f

1/4 Durch die Huffmancodierung wird der Informationsgehalt der Nachricht erhöht. Da 2 Zeichen im Mittel mit weniger als 2 Bit übertragen werden, steigt die Effizienz.

Aufgabe: 7 a

a) $F_{ges} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{V_{p1}} + \frac{F_3 - 1}{V_{p1} V_{p2}}$

nach 3/16

$\frac{F_1}{dB} = 10 \Rightarrow F_1 = 10^1 = 10$ ✓

$\frac{F_2}{dB} = 40 \Rightarrow F_2 = 10^4$ ✓

$\frac{F_3}{dB} = 1 \Rightarrow F_3 = 10^{\frac{1}{10}} = 1{,}259$ ✓

$\frac{V_{p1}}{dB} = -\frac{a}{dB} = -10$ ✓

$V_{p1} = -10$ f

$V_{p2} = -10^4$ f

$\frac{V_{p3}}{dB} = 30\,dB$

$V_{p3} \Rightarrow 10^3$ ✓

$F_{ges} = 10 + \frac{10^4 - 1}{-10} + \frac{1{,}259 - 1}{(-10) \cdot (-10^4)} = -0{,}989$, $V_{geo} = ?$

Unsinn

nicht in dB

Aufgabe: 8 b

+1/4 $SNR_1 = \frac{P_{S1}}{P_{r1}} = \frac{50}{k \cdot B \cdot T} = \frac{50}{4{,}14 \cdot 10^{-15}} = 1{,}207 \cdot 10^{16}$ ✓

$\frac{SNR_1}{dB} = 10 \log(SNR_1) = 160{,}82$

0/4 c) $\frac{SNR_2}{dB} = \frac{SNR_1}{dB} - \frac{a_1}{dB} - \frac{a_2}{dB} + \frac{V}{dB}$ f

+1/4 d) Normalerweise würde man zuerst einen rauscharmen, leistungsstarken Verstärker einbauen, ✓ dann wird das System optimiert, da bei Kettenschaltungen [illegible] das wichtigste ist. ✓

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
09	E4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 9/16

Aufgabe: 3

a) $k = \frac{2}{3}$; $k = \frac{v_p}{c_0} \Rightarrow v_p = k \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = \underline{\underline{2 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}}$

4/6 $T = 0{,}5\,\mu s$ sans Bild

$l = v_p \cdot T = 2 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot 0{,}5\,\mu s = \underline{\underline{100\,m}}$

$A_L = \alpha \cdot l = 10^{-3} \frac{1}{m} \cdot 100\,m = \underline{\underline{0{,}1}}$

6/6 b) $|Z_W| = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \wedge \alpha = \frac{R'}{2}\sqrt{\frac{C'}{L'}}$

$\Rightarrow \underline{\underline{R'}} = 2\alpha \cdot |Z_W| = 2 \cdot 10^{-3} \frac{1}{m} \cdot 50\,\Omega = \underline{\underline{0{,}1 \frac{\Omega}{m}}}$

$\cancel{Z_W^2 = \frac{L'}{C'} \wedge \Rightarrow C' = \frac{L'}{Z_W^2} ; \alpha^2 = \frac{R'^2}{4 \frac{L'}{C'}} \Rightarrow C' = \frac{R'^2}{4 L' \alpha^2}}$

$\cancel{\frac{R'^2}{4 L' \alpha^2} = \frac{L'}{Z_W^2} \Rightarrow L'^2 = \frac{R'^2 \cdot Z_W^2}{4} \Rightarrow L' = \frac{R' \cdot |Z_W|}{2}}$

$L' = 2{,}5 \frac{\Omega^2}{m}$

Aufgabe: 3b forts

$\cancel{|Z_W|^2 = \frac{L'}{C'} \Rightarrow C' = \frac{L'}{|Z_W|^2} ; \alpha^2 = \frac{R'^2 C'}{4 L'} \Rightarrow C' = \frac{4 L' \alpha^2}{R'^2}}$

$\cancel{\frac{L'}{|Z_W|^2} = \frac{4 \cdot L' \cdot \alpha^2}{R'^2}}$

$|Z_W|^2 = \frac{L'}{C'} ; v_p = \frac{1}{\sqrt{L' C'}} = L' = \frac{1}{v_p^2 C'}$

$L' = C' \cdot |Z_W|^2$

$C' \cdot |Z_W|^2 = \frac{1}{v_p^2 \cdot C'}$

$C' = \frac{1}{v_p \cdot |Z_W|} = 1 \cdot 10^{-10} \frac{1}{\frac{m}{s} \cdot \Omega} = \underline{\underline{0{,}1\,nF}} \frac{}{m}$

$L' = \frac{1}{v_p^2 C'} = 2{,}5 \cdot 10^{-7} \frac{H}{m} = \underline{\underline{0{,}25\,\mu \frac{H}{m}}}$

Aufgabe: 3c

im Startpunkt

4/4

$$R_1 \cancel{\frac{R_1}{Z_W+R_1}} \cdot \frac{Z_W}{R_1+Z_W} = \frac{U_1}{U_0}$$

$$\Rightarrow U_0 \cdot Z_W = R_1 U_1 + Z_W U_1$$

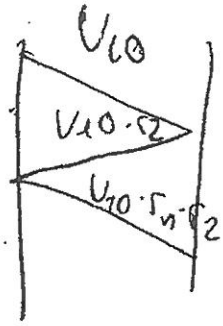
$$\frac{Z_W(U_0-U_1)}{U_1} = R_1$$

$$R_1 = \frac{50\Omega(8V-5V)}{5V} = \underline{30\Omega}$$

6/8

d) $r_1 = \frac{Z_1 - Z_W}{Z_1 + Z_W} = \frac{-20\Omega}{80\Omega} = -\frac{1}{4}$

$4V = U_{12}$



$$U_{12} = 4V = U_{10} \cdot r_2 + U_{10} \cdot r_2 \cdot r_1$$

$$r_2 = \frac{4V}{U_{10} + U_{10} \cdot r_1} = \frac{4V}{5V + 5V \cdot (-\frac{1}{4})} = \frac{16}{15}$$

Grundidee ok.

Aufgabe: 3c (Fortsetzung)

$$r_2 = \frac{16}{15}$$

$$r_2 = \frac{Z_2 - Z_W}{Z_2 + Z_W} \Rightarrow r_2 \cdot Z_2 + r_2 \cdot Z_W = Z_2 - Z_W$$

$$r_2 Z_W + Z_W = Z_2 - r_2 Z_2$$

$$Z_2 = \frac{Z_W(r_2+1)}{(1-r_2)} = \underline{-150\Omega}$$

Aufgabe: 3 e

2/6

Wenn ein System dauerhaft mit einer Eingangsspannung versorgt wird, schwingt das System ein. Dann ist der Wellenwiderstand zu vernachlässigen (für $t \to \infty$)

$$U_{1\infty} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot U_e = U_{2\infty}$$

Die Spannungen $U_{1\infty}$ und $U_{2\infty}$ sind gleichgroß, da der Wellenwiderstand vernachlässigt werden kann.

Gilt so nur für die verlustfreie Leitung!

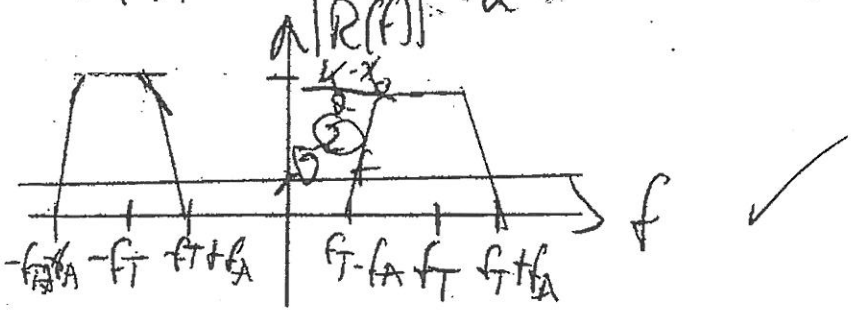
Aufgabe: 4 a

noch 19 2

$$r(t) = a(t) \cdot x_T(t) \cdot k + n(t)$$

$$|R(f)| = \left[|A(f)| * \left[X_0 \cdot \frac{1}{2} \left(\delta(f+f_T) + \delta(f-f_T) \right) \right] \cdot k + |S_{nn}(f)| \right.$$

$$|R(f)| = \frac{k \cdot X_0}{2} \left[|A(f+f_T)| + |A(f-f_T)| \right] + |S_{nn}(f)|$$

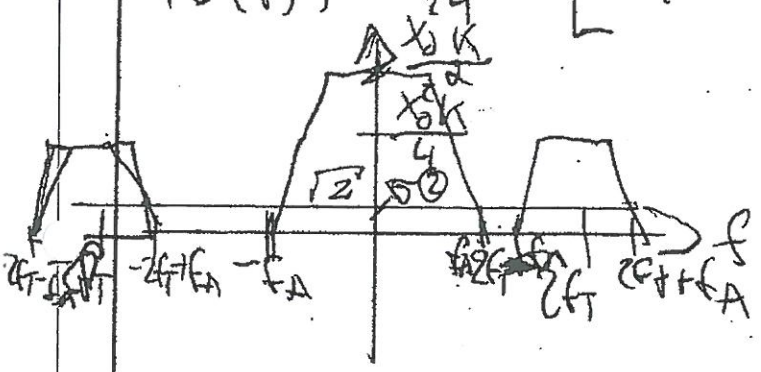


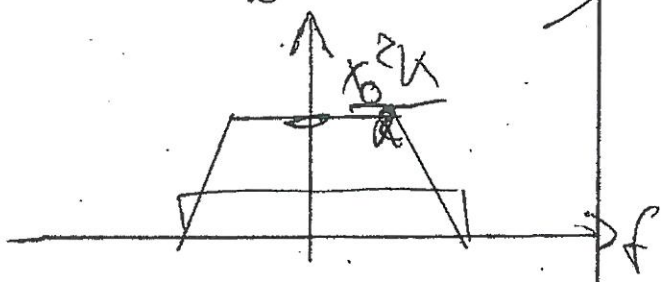
Aufgabe: 4a fast

$$|U(f)| = |R(f)| * \hat{X}_T(f) = \left[\frac{x_0 K}{2}\left[|A(f+f_T)| + |A(f-f_T)|\right] + S_{nn}(f)\right] * \left[\frac{x_0}{2}\left[\delta(f+f_T) + \delta(f-f_T)\right]\right]$$

$$|U(f)| = \frac{x_0^2 K}{4}\left[|A(f+2f_T)| + |A(f-2f_T)| + 2\cdot|A(f)|\right]$$

$$|V(f)| = \frac{x_0^2 K}{2}|A(f)|$$





+ Rauschöre nicht beschriftet →

Aufgabe: 4b

für Ausgangssignal nur Multiplikation der cos()-Terme interessant.

$$\cos(\omega_T t)\cdot\cos(\omega_T t+\varphi) = \frac{1}{2}\left(\cos(\omega_T t+\omega_T t+\varphi) + \cos(\omega_T t - \omega_T t - \varphi)\right]$$

$$= \frac{1}{2}\left[\cos(2\omega_T t+\varphi) + \cos(-\varphi)\right]$$

Aufgabe 4b

b) 5/6

$f_T = 1\,GHz \leftrightarrow f, 1\,ns$

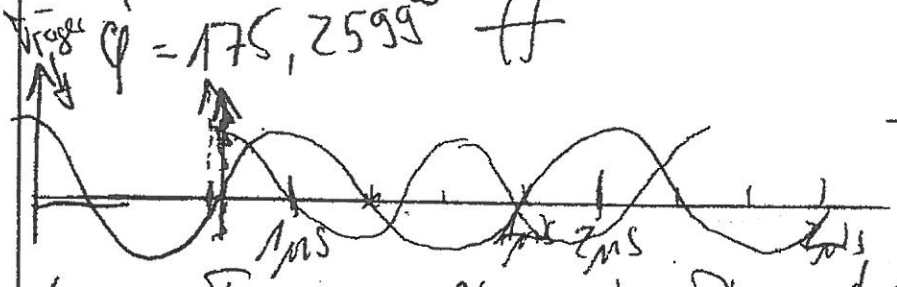
Periodendauer $T_T = 1\,ns$ Laufzeit $3\frac{1}{10}\,ns$

entspricht Phasendrehung von $\varphi = 3{,}1 \cdot 360° \cdot 3\frac{1}{10}\,ns / 1\,ns$

$\varphi = 3415{,}2599°$; auf Einheitskreis gerechnet

$\varphi = 175{,}2599°$ ff

Problem verstanden



Wenn Träger selbst eine Phasendrehung von 175,2599° erfährt, sind die beiden wieder in Phase und das SNR wird maximal, da dann die Signalamplitude maximal wird. Rauschen bleibt konstant.

Aufgabe: 4c

nach 5/6

Im Zeitbereich ist eine Verzögerung eine Laufzeit und man kann dies als Faltung mit einem um die Verzögerung verschobenen Dirac Impuls sehen.

$\circ\!-\boxed{h(t)}-\!\circ$ (Laufzeit)

$h(t) = \delta(t - t_0)$

Im Frequenzbereich spricht man von der Gruppenlaufzeit des Systems. Dies ist Ableitung der Phase nach der Frequenz $\cdot(-1)$.

$$\frac{d\varphi}{df} = -T \cdot \Big| \frac{1}{2\pi}$$

(ideal)

Folgerungen ? →

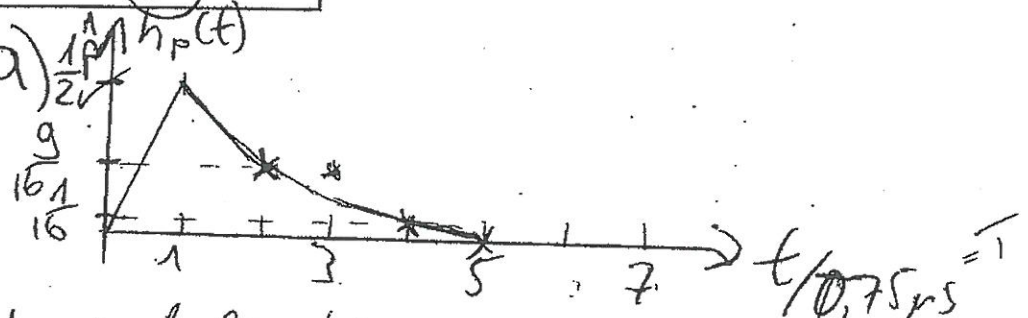
Aufgabe: 4c (fort)

$|R(f)|$ bleibt wie a)

Aufgabe: 5

a) $\frac{1}{2}\hat{p}$ $h_p(t)$

4,4



Maximal für $\frac{t}{0{,}75\mu s}$

$h_p(t) = 0{,}5\hat{p} \cdot \left(\frac{t-5T}{4T}\right)^2 \quad T \le t \le 5T \quad T = 0{,}75\mu s$

$t = t_m = m \cdot T_s + t_0$

$t = \frac{\cancel{\ldots}}{0{,}75\mu s} = m \cdot T_s + t_0 \qquad T_s = 1\mu s$

$\cancel{t = \frac{1}{0{,}75\mu s}}$ $\quad t = 0{,}75\mu s - T_s = t_0 \; ; m = 1$

$t_0 = -0{,}25\mu s$

Aufgabe: (5b)

b) $h_p(t_m)$ $m=1,2,3$

2/2 $t_m = m T_s + t_0$ $T_s = 1\mu s$ $t_0 = -0{,}25\mu s$ ✓

c) $t_1 = 0{,}75\mu s \Rightarrow h_p(t_1) = 0{,}5\hat{p}$ ✓

noch $t_2 = 1{,}75\mu s \Rightarrow h_p(t_2) = \frac{4\hat{p}}{18} = \frac{2\hat{p}}{9}$ ✓ mit $\hat{p} = 10V$

6/6 $t_3 = 2{,}75\mu s \Rightarrow h_p(t_3) = \frac{\hat{p}}{2} \cdot \frac{1}{9} = \frac{\hat{p}}{18}$ ✓

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

4/4

$$c_1 = \frac{-c_0 \cdot h_p(t_2)}{h_p(t_1)} = \frac{\frac{2}{9}\hat{p}}{\frac{1}{2}\hat{p}} = -\frac{4}{9}$$ ✓

$$c_2 = -\frac{c_0 \cdot h_p(t_3) + c_1 \cdot h_p(t_2)}{h_p(t_1)} = \frac{\frac{\hat{p}}{18} + -\frac{4}{9} \cdot \frac{2}{9}\hat{p}}{\frac{1}{2}\hat{p}} = \frac{7}{81}$$ ✓

Aufgabe: 5e

noch 2/3 Nein, aber es ist ~~möglich, diese~~ so weit zu ~~reduzieren, dass~~ eigentlich falsch, aber s.u. ↓

Ja, eine gewisse Ordnungszahl und einen guten Abtastzeitpunkt vorausgesetzt. Dies kann sehr aufwendig sein, insbesondere wenn der maximale Anstieg der Impulsantwort zwischen einem Abtastschritt zu finden. Es gilt: $\max|\Delta h_p| = \max|h_p(t_2) - h_p(t_1)|$ wenn dies gegeben ist, klingen die Koeffizienten des Filters schnell ab und der Filter ist mit annehmbarer Ordnungszahl realisierbar. Ein gewisses Stören bleibt zwar, aber im Ingenieurssinn kann man dann von 99% ISI-Freiheit sprechen.

Aufgabe: 5

$h_p(t)$ ist Pulsantwort eines Rechteck signals der Breite T_s. Wenn lim gebildet wird, wird aus dem Rechteck ein Dirac Impuls* und die Impulsantwort des Kanals kann bestimmt werden.

2/3

$$a_x(t) = \lim_{T_s \to 0} \hat{p} \, \mathrm{rect}\left(\frac{t - 0{,}5\, T_s}{T_s}\right)$$

$$a_x(t) * h(t) = u_y(t)$$

nur wenn gleichzeitig $\hat{p} \to \infty$?

h_K sollte hier gegeben sein. $\to h_p$

Antwort der inversen Frage $h_p \to h_K$

Aufgabe: