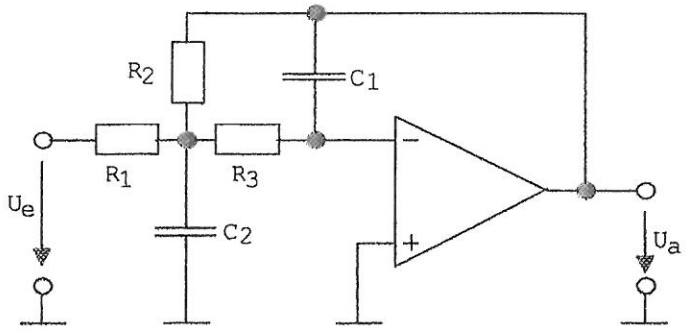
WS 2014 | Semester E4 | Fach GN | Dozent MSS
FSR - Klausurensammlung

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.

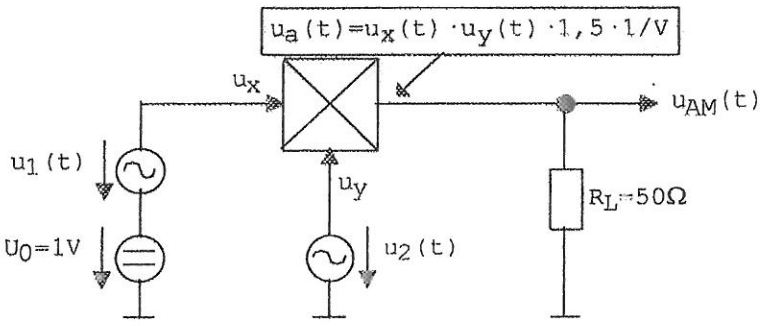


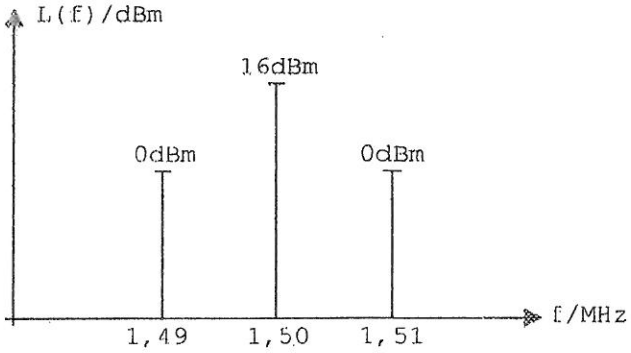
a. Geben Sie zunächst die Übertragungsfunktion $\underline{U}_a/\underline{U}_e = f(\omega)$ in Normalform* an!

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)

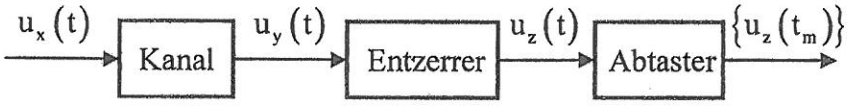
Hinweis: Am binären Codebaum ist die Lösung besser als in der Tabelle zu sehen.

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

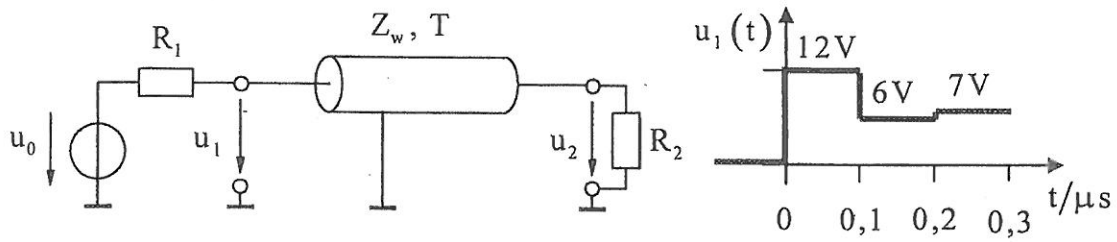
$$h_p(t) = \hat{p} \cdot \begin{cases} 0 & \text{für} \quad t < 0 \\ \dfrac{t \cdot (2T - t)}{T^2} & \text{für} \quad 0 \le t < T \\ \exp\left(-\dfrac{t - T}{T}\right) & \text{für} \quad t \ge T \end{cases} \qquad \text{mit} \quad T = 1{,}5\mu s$$

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 $\overline{P_{W,h}} = \text{Re}\left\{U_h(z) \cdot I_h(z)^*\right\}/2$.

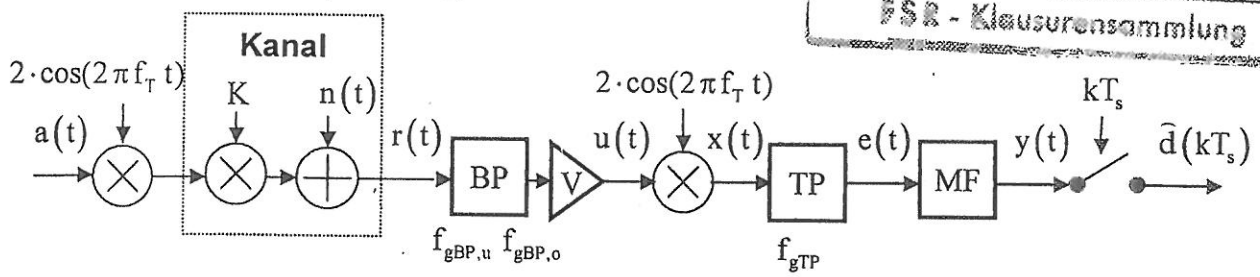
e) Berechnen Sie das Verhältnis von rücklaufender zur hinlaufender Wirkleistung, $\overline{P_{W,r}}/\overline{P_{W,h}}$, als Funktion des Reflexionsfaktors. Vereinfachen Sie die Gleichung so weit wie möglich. Gehen Sie davon aus, dass am Leitungsende keine Quelle vorhanden ist. (6 Punkte)

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) $H = \sum_{i=1}^{k} p_i \cdot ld\left(\frac{1}{p_i}\right) = 2 \cdot 0{,}1 \cdot \log_2\left(\frac{1}{0{,}1}\right) + 2 \cdot 0{,}2 \cdot \log_2\left(\frac{1}{0{,}2}\right) + 0{,}4 \cdot \log_2\left(\frac{1}{0{,}4}\right)$

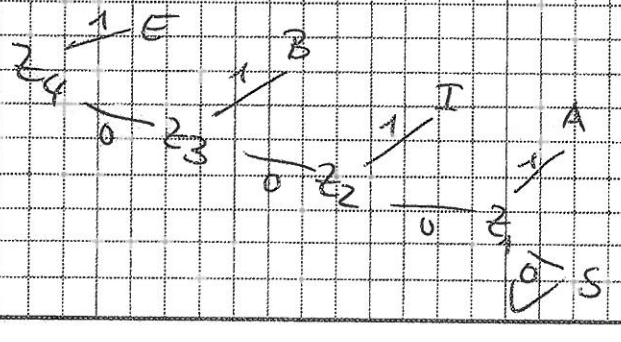
2/2

$H = \underline{\underline{2{,}122}}$ 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

$\bar{N}_1 = \bar{L} = \sum_{n=1}^{N} p_n \cdot l(n) = 1 \cdot 0{,}4 + 2 \cdot 0{,}2 + 3 \cdot 0{,}2 + 4 \cdot 0{,}1 + 4 \cdot 0{,}1$

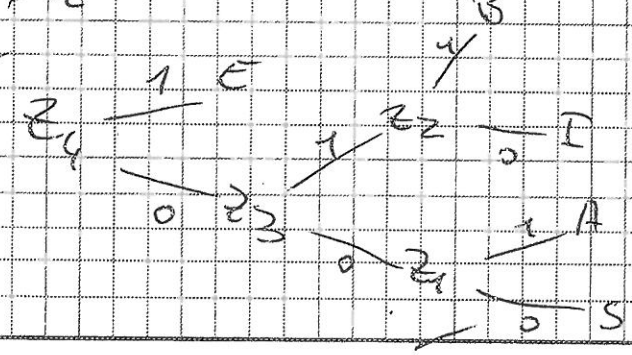
$= \underline{\underline{2{,}2}}$ Bit/Zeichen ✓

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

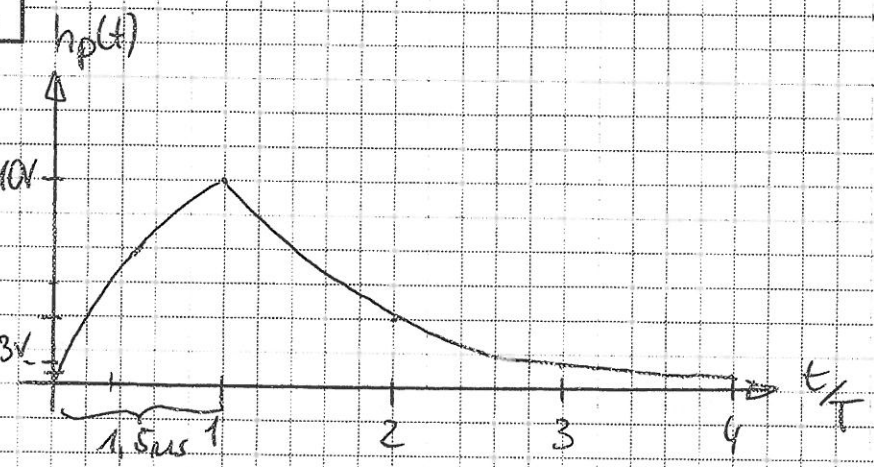
2

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

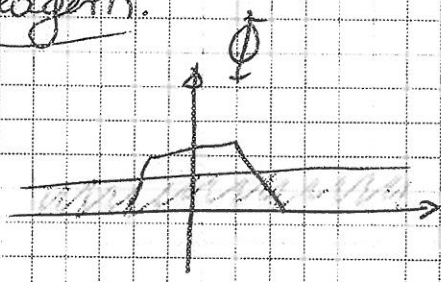
FSR - Klausurensammlung

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

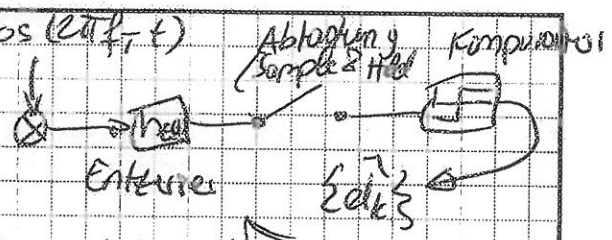
e) Ein Match-Filter integriert das Signal auf bis zum idealen Abtastzeitpunkt. (Kriterium)

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:

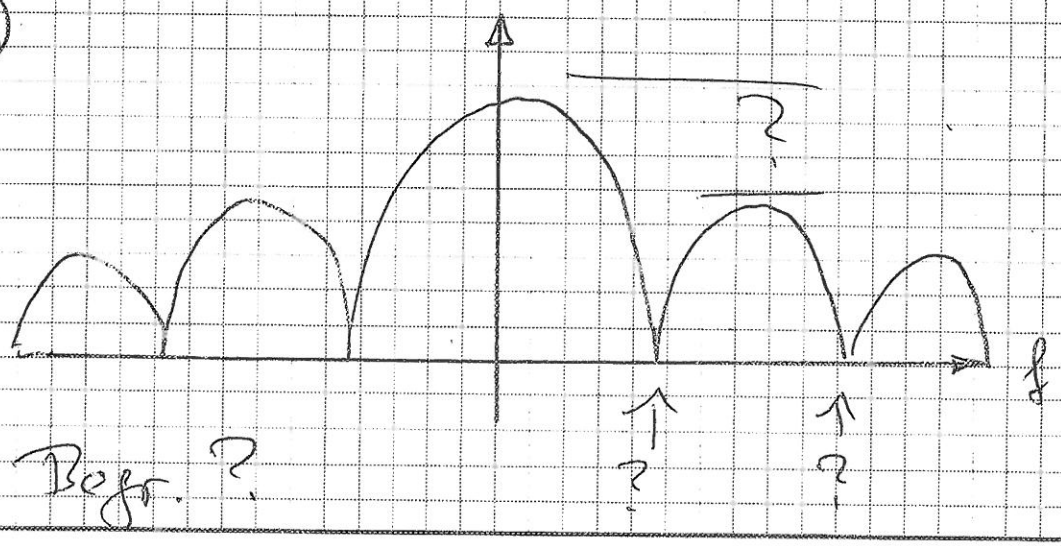
Blockschaltbild:



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)

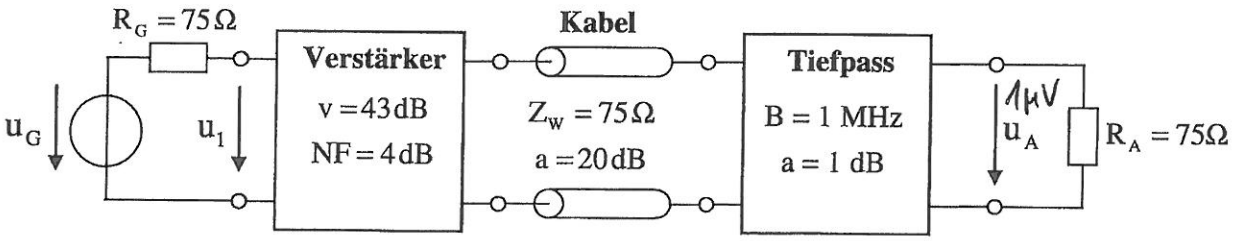
b) Bestimmen Sie einen Satz von Huffman Codes für den Zeichensatz. Zeichnen Sie einen Codebaum und geben Sie für alle Zeichen den Code explizit an. (8 Punkte)

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.

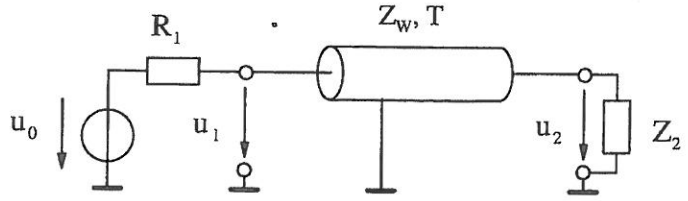
a) Berechnen Sie die Rauschzahl F_{1A} und den Verstärkungsfaktor v_{1A} des Systems mit Eingangsspannung $u_1(t)$ und der Ausgangsspannung $u_A(t)$. (6 Punkte)

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)

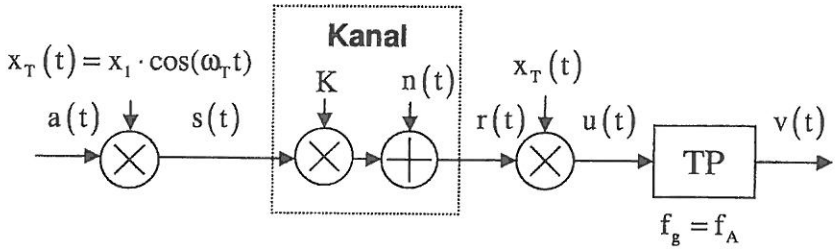
c) Bestimmen Sie die Leitungsbeläge R', L' und C'. Vernachlässigen Sie dabei die Phase von Z_W. (9 Punkte)

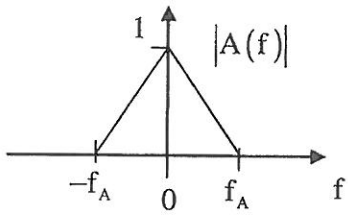
d) Berechnen Sie den Phasenwinkel φ_w des Wellenwiderstandes (3 Punkte)

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:

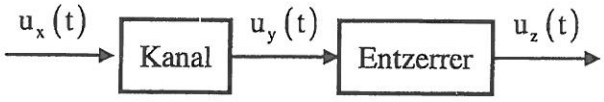
c) Welche Auswirkungen hat der Mischerfehler auf andere Nutzer des Funkkanals? (2 Punkte)

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)

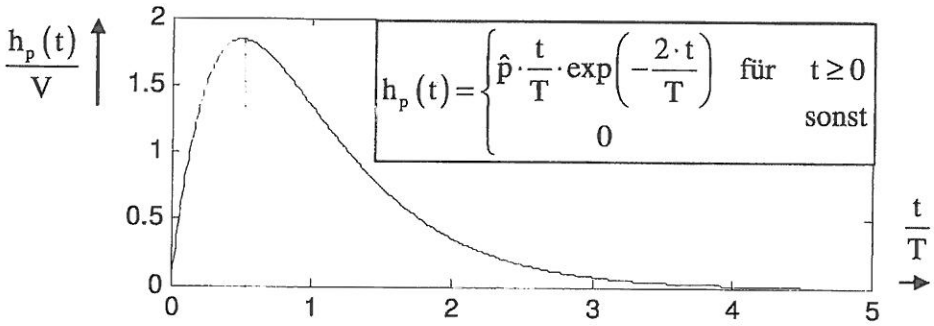
Ein Datensignal $u_x(t)$ soll über einen Kanal übertragen werden. Dadurch tritt Intersymbolinterferenz (ISI) auf. Diese soll durch einen Entzerrer (Transversalfilter) verringert werden.



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

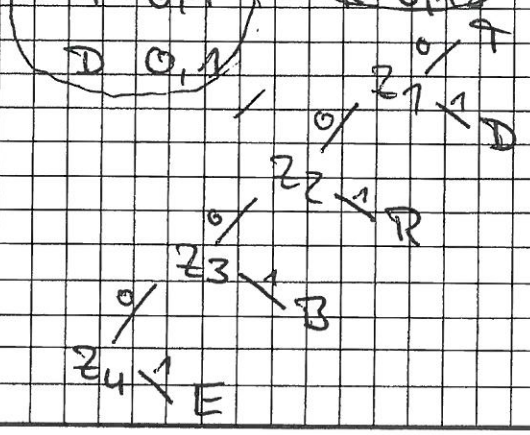
Name: Motzek **Vorname:** Alexander **Matr.-Nr.** 1897403

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

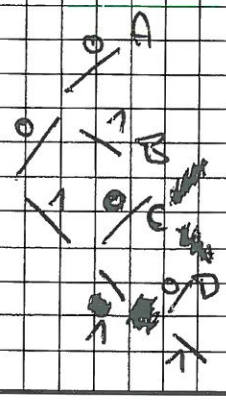
3/3 c) 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0

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

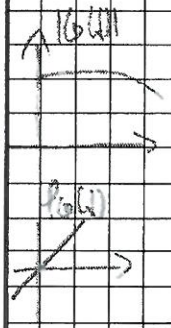
d) $Z_W = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \cdot e^{-j\frac{R'}{\omega L' \cdot 2}}$

$\varphi_W \approx -\frac{R'}{\omega L' \cdot 2} = \cancel{-0{,}0777 \hat{=} -45{,}95^\circ}$

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!)



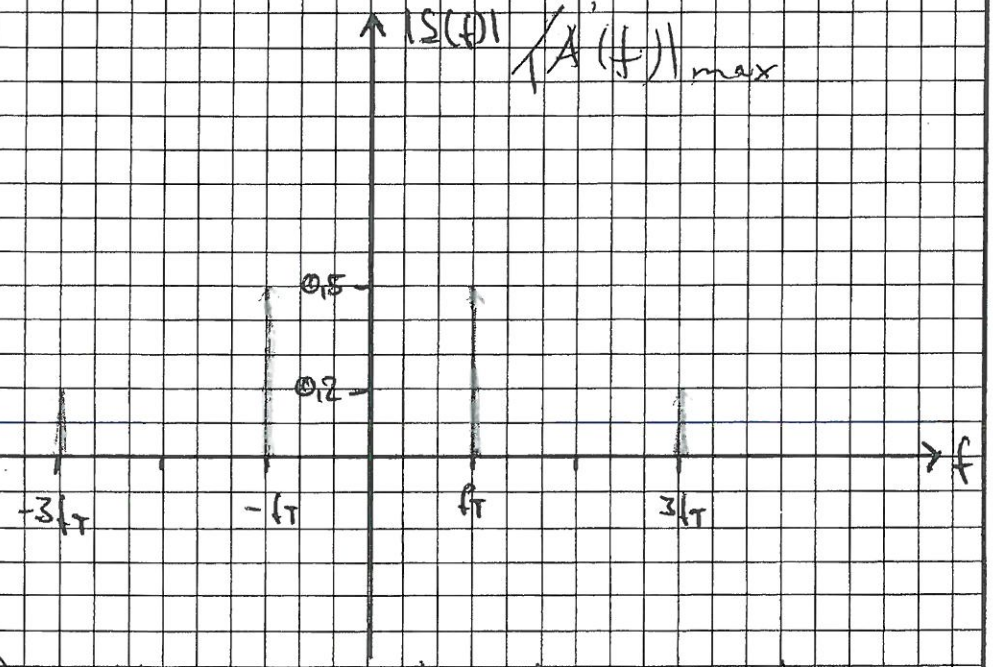
Alternativ ist der Phasengang ~~(linear, gerade)~~ eine Gerade mit einer Steigung direkt proportional zur Laufzeit! Wie genau?

Aufgabe: 4

$f_T = 2\,GHz \qquad K = 10^{-4}$

5/5

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

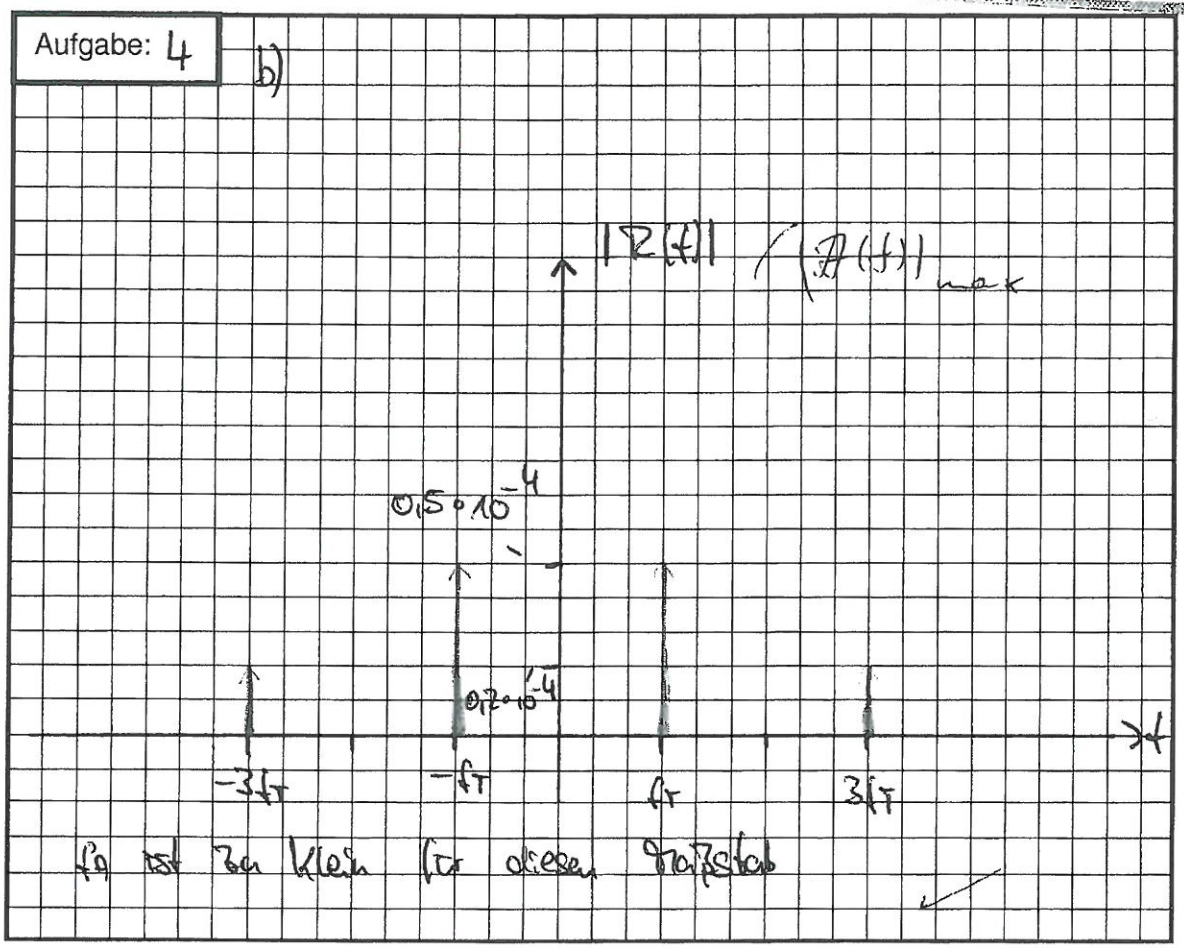


Die Teilspektren sind so schmal, dass sie in diesem Maßstab auf einen Strich zusammenfallen.
Es sind sehr, sehr schmale Dreiecke eigentlich.
und liegen im Bereich $+(f_T+f_a)$, $+(3f_T+f_a)$

b)

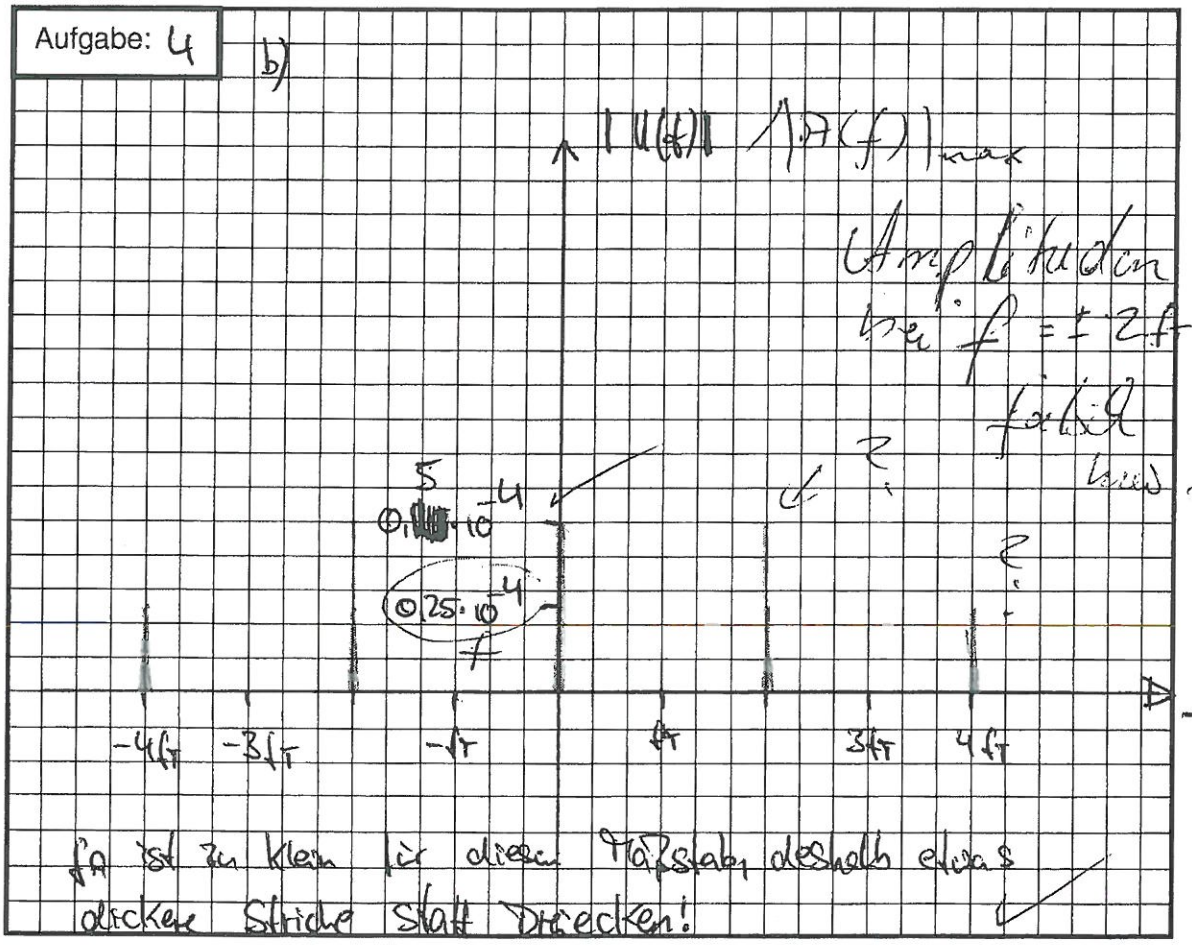
12/15

Aufgabe: 4 b)



fA ist zu klein für diesen Maßstab

Aufgabe: 4 b)

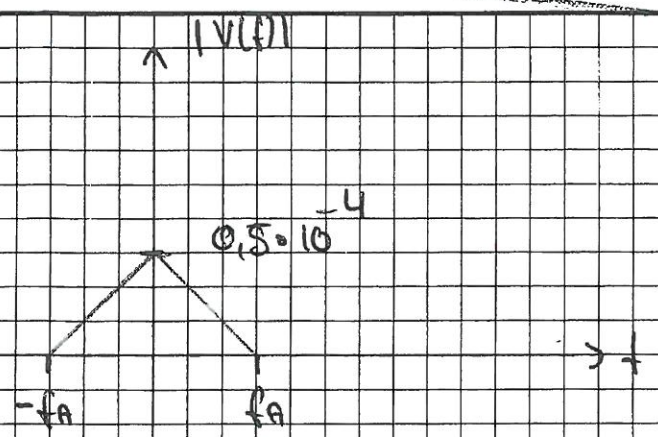


Amplituden bei $f = \pm 2f_T$ und $\pm 4f_T$ fehlen

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

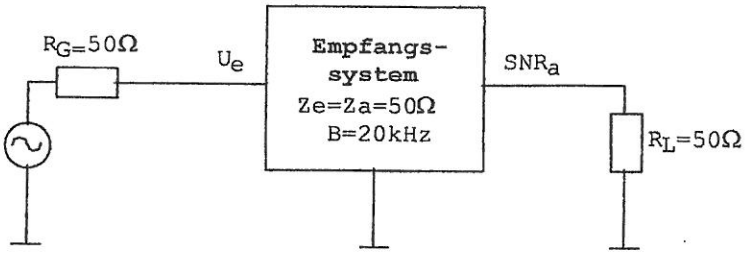
Klausur Grundlagen Nachrichtentechnik
Semestergruppe E4b, 25.1.2013

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.



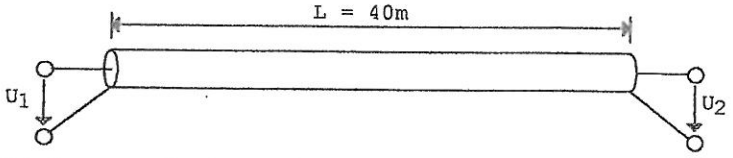
a. Welche Rauschzahl und welches Rauschmaß hat das System?

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!

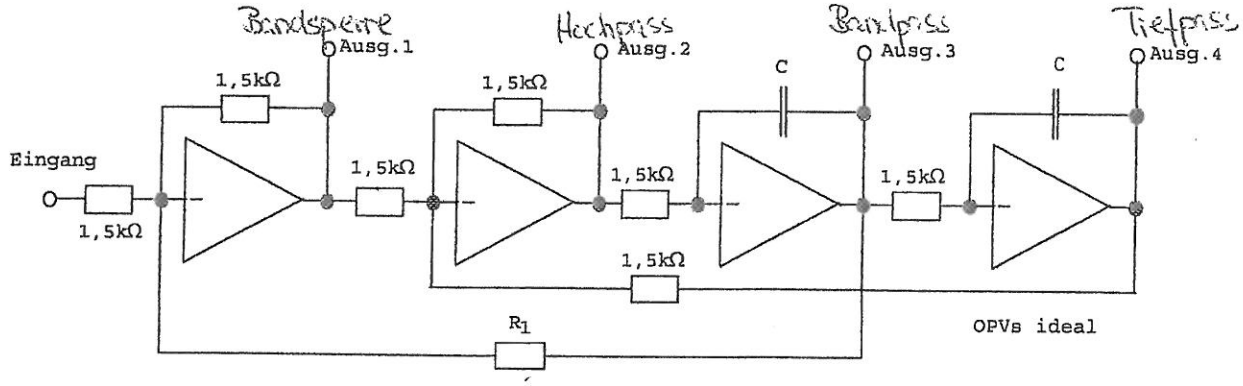
b. Bestimmen Sie die Leitungsbeläge C', L', R' (Annahme: G'=0)

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.



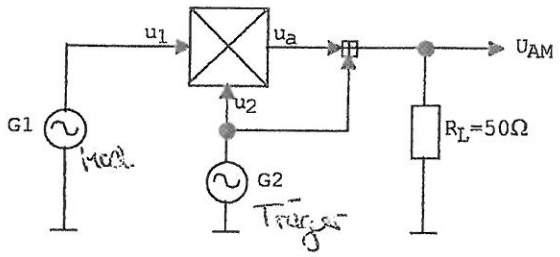
a. An welchen Ausgängen tritt Hochpass- bzw. Tiefpassverhalten auf?

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