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

Name: Kröscher

Vorname: Hans

Matr.-Nr.: 185536

Anzahl der abgegebenen Blätter:______

WS	Semester	Fach	Dozent
05	E 4	GN	VLM

FSR 1/15

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik (E4)

vom 4. Februar 2009

Lösungen ohne Herleitungen und die korrekte Angabe der Einheiten erhalten nur eine verringerte Punktzahl.

	Punkte in Unteraufgaben	Erreichte Punkte	Maximal (+ ZP)
Aufgabe 1	4+2+10+5+4 (+4)	4+0+8+ 24 5+4+(3)	25 (+4)
Aufgabe 2	4+4+4+4+4 (+8)	3+3+4+3+4 (+6)	20 (+8)
Aufgabe 3	3+3+4+4+6 (+4)	3+3+3+4+3	20 (+4)
Aufgabe 4	4+4+5+4+5+3 (+4)	2+2+2+3+3	25 (+4)
(Zusatzaufgabe 5)	*4+3+6+4+3 (+4)*	4	*20 (+4)*
Bewertung: 1,3	**Summe:**		**90 (+20)**

Kleine Formelsammlung:

Verlustfreie Leitung, Länge l		Trigonometrie und Euler	
$\lvert Z_W\rvert = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$	$v_{ph} = \frac{1}{\sqrt{L'C'}}$	$\cos(x)\cdot\cos(y) = [\cos(x+y)+\cos(x-y)]/2$ $\cos(x) = (e^{jx}+e^{-jx})/2$	
$\beta = \frac{\Delta\phi}{l} = \omega\sqrt{L'C'}$	$c_0 = 3\cdot 10^8$ m/s	**Fourier-Transformation**	
	$k = v_{ph}/c_0$	$x(t)e^{j2\pi f_0 t} \leftrightarrow X(f-f_0)$	$e^{j2\pi f_0 t} \leftrightarrow \delta(f-f_0)$

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	
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	**Entropie, mittlerer Informationsgehalt** $H = -\sum_{n=1}^{N} p_n \cdot ld(p_n)$ Bit pro Zeichen	
Gesamtrauschzahl bei Reihenschaltung $F_{Gesamt} = F_1 + \frac{F_2-1}{v_1} + \frac{F_3-1}{v_1\cdot v_2} + \ldots$	**Redundanz** $R = H_{max} - H$	**Maximale Entropie** $H_{max} = ld(N)$

55
23
6 15

WS 09 | Semester E4 | Fach GN | VLM

FSR - Klausurensammlung 2/15

Aufgabe 1 Huffman Codierung (25+4 Punkte)

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

Zeichen	A	B	C	D	E	F
p_i in %	6	12	7	21	43	11

Geben Sie im folgenden immer die Einheiten mit an.

a) Berechnen Sie den mittleren Informationsgehalt H pro Zeichen. Wie viele Bits sind im Mittel zur Übertragung von 200 Zeichen notwendig? (4 Punkte)

b) Wie groß ist die Redundanz der Quelle? (2 Punkte)

Huffman-Codierung des gegeben Zeichensatzes:

c) Zeichnen Sie einen Codebaum und geben Sie für alle Zeichen den Code an. (10 Punkte)

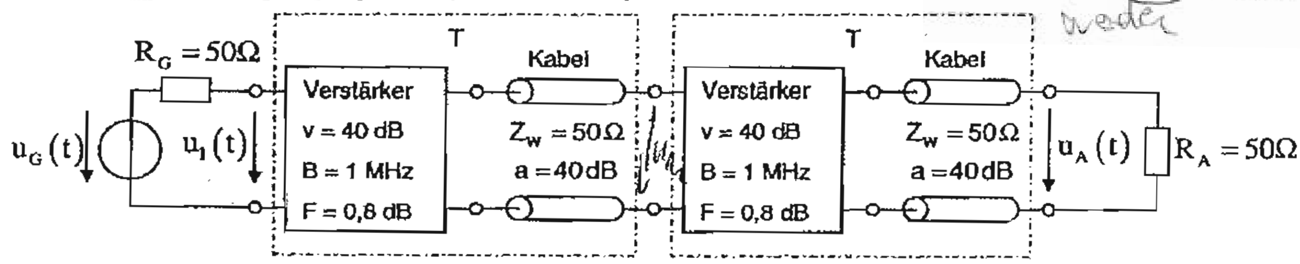
d) Wie viele Bits sind im Mittel zur Übertragung von 200 Zeichens notwendig, wenn Sie die gefundenen Huffman Codes verwenden? (5 Punkte)

e) Erklären Sie den Unterschied zwischen einem „physikalischem" Bit (0,1), z.B. einem Wert in einem Register und einem Bit „Informationsgehalt". (4 Punkte)

f) **Zusatzfrage:** Warum sind bei der Huffman Codierung einer Nachricht keine Trennzeichen erforderlich? Erklären Sie die Aussage anschaulich anhand eines Codebaumes. (4 Punkte)

Wie viele Ja oder Nein Entscheidungen werden benötigt

Aufgabe 2 Übertragungssystem (20+8 Punkte)



Ein Signal $u_G(t)$ mit 1 MHz Bandbreite wird über zwei gleiche Teilsysteme T mit Rauschzahl F_T und Leistungsverstärkungsfaktor v_T übertragen, die jeweils aus einem Verstärker und einem Kabel bestehen. Die Temperatur des gesamten Systems beträgt T = 290 Kelvin, das SNR von $u_A(t)$ beträgt 30 dB und $u_G(t)$ ist bis auf thermisches Rauschen fehlerfrei.

a) Berechnen Sie F_T und v_T eines Teilsystems. (4 Punkte)

b) Wie groß ist das SNR des Signals $u_1(t)$ in dB? (4 Punkte)

c) Wie groß ist die Gesamtrauschzahl $F_{G,A}$ des Systems zwischen $u_G(t)$ und $u_A(t)$? (4 Punkte)

d) Welche Signalleistung muss die Spannungsquelle liefern? (4 Punkte)

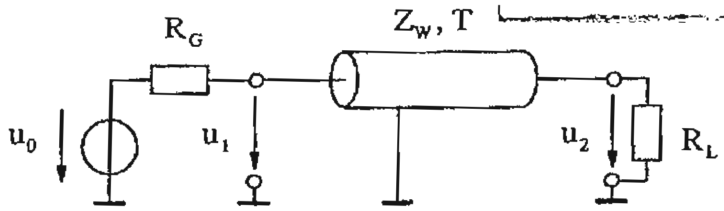
e) Bestimmen Sie den Effektivwert der Spannung $u_G(t)$. (4 Punkte)

Zusatzaufgaben: Nun sollen N gleiche Teilsysteme wie oben zwischen $u_1(t)$ und $u_A(t)$ eingebaut werden. (Die Aufgaben ist ohne die vorherigen Unterpunkte lösbar.)

f) Geben Sie für $v_T = 1$ die Gesamtrauschzahl $F_{1,A}$ als Funktion von N und F_T an. (3 Punkte)

g) Nun soll vor dem ersten Teilsystem noch ein Verstärker mit Rauschzahl F_0 und Leistungsverstärkungsfaktor $v_0 >> 1$ vorgeschaltet werden. Bestimmen Sie erneut die Gleichung für $F_{1,A}$. Was folgern Sie aus dem Ergebnis für die Übertragung von analogen Signalen über lange Distanzen (z.B. Transatlantikkabel)?. (5 Punkte)

Aufgabe 3 Leitung (20+4 Punkte)



Auf eine verlustfreie Leitung von 40 Meter Länge mit $Z_W = 50\Omega$ wird vom Generator ein Spannungspuls von 100 ns Dauer geschickt. Die Spannung $u_1(t)$ am Leitungseingang wird gemessen. Zuerst sieht man den vom Generator verursachten Puls. Nach 410 ns ist ein zweiter Impuls zu sehen, der die halbe Spannungsamplitude des ersten Pulses hat. Ein dritter Puls nach 820 ns hat ein sechzehntel der Sendespannung des ersten Pulses. Weitere Pulse treten auf, sind aber zur klein für eine genaue Messung.

a) Bestimmen Sie Ausbreitungsgeschwindigkeit v_{ph} und Verkürzungsfaktor k. (3 Punkte)

b) Bestimmen Sie die beiden Reflexionsfaktoren ρ_L und ρ_G. (3 Punkte)

c) Berechnen die beiden Widerstände R_L und R_G. (4 Punkte)

Gehen Sie ab jetzt von $v_{ph} = 2 \cdot 10^8$ m/s, $R_L = 125\Omega$ und $R_G = 100\Omega$ aus.

d) Bestimmen Sie die Leitungsbeläge L' und C'. (4 Punkte)

e) Wenn der ursprüngliche Generatorpuls eine Amplitude von 7 V hatte, wie groß waren dann die Spannungen $u_1(t)$ und $u_2(t)$ des jeweils ersten am Leitungsanfang bzw. Leitungsende auftretenden Pulses? (6 Punkte)

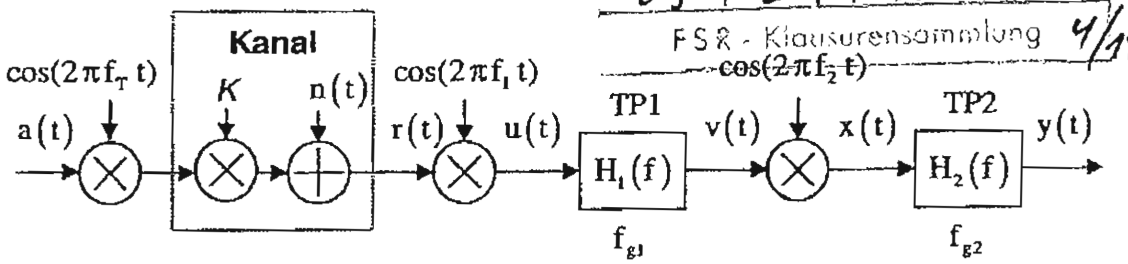
Zusatzaufgabe, allgemeine Fragen zu Leitungen:

f) Bei Berechnungen wird in erster Näherung immer angenommen, dass die Leitungsbeläge frequenzunabhängig sind. Für welchen der Beläge R', L', C', und G' ist diese Approximation in der Praxis (z.B. Koaxialkabel) am schlechtesten und welcher Effekt ist dafür verantwortlich. Denken Sie an das Praktikum. (4 Punkte) (Für R', L', C', oder G' alleine keine Punkte!)

WS	Semester	Fach	Dozent
09	E 4	GN	VLM

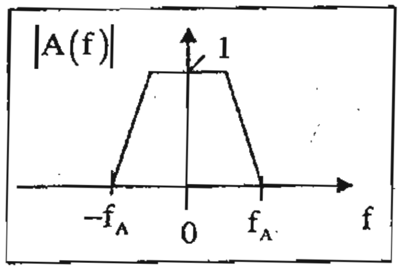
FSR - Klausurensammlung 4/15

Aufgabe 4 Modulation (25+4 Punkte)



Betrachten Sie das Übertragungssystem. Das zu übertragene Tiefpasssignal $a(t)$ der Bandbreite f_A wird auf die Trägerfrequenz f_T hochgemischt. Das empfangene Signal $r(t)$ wird in zwei Schritten wieder heruntergemischt, d.h. es gilt $f_1+f_2=f_T$, wobei $f_1, f_2>0$ und $f_2=2\cdot f_A << f_T$ ist. Die Tiefpässe TP1 und TP2 sind ideal mit Grenzfrequenzen f_{g1} bzw. f_{g2}, $K<1$ ist konstant.

Im folgenden soll das Rauschen vernachlässigt werden ($n(t)=0$). Die Fouriertransformierten (Spektren) der Zeitsignale werden mit den zugehörigen Großbuchstaben bezeichnet. Zum Beispiel $A(f)=F\{a(t)\}$.



Beschriften Sie die im folgenden zu skizzierenden Spektren immer in Abhängigkeit des Sendespektrums $|A(f)|$.

Beschriften Sie immer alle Achsen und Signale vollständig.

a) Skizzen Sie $|R(f)|$, d.h. den Betrag des Spektrums von $r(t)$. (4 Punkte)

b) Skizzieren Sie das Spektrum $|U(f)|$. (4 Punkte)

c) Welche Grenzfrequenz f_{g1} muss das Tiefpassfilter TP1 <u>mindestens</u> haben, damit es aus $|U(f)|$ nur die Spektralanteile $|f|>f_T$ herausgefiltert werden? Zeichnen Sie die Filterfunktion $|H_1(f)|$ in das Bild von $|U(f)|$ ein. (5 Punkte)

d) Skizzieren Sie das Spektrum $|X(f)|$. Beschriften Sie wieder alles vollständig. (4 Punkte)

e) Wir wollen, dass $Y(f)=\alpha\cdot A(f)$ gilt, wobei α ein konstanter Faktor ist. Welche Grenzfrequenz f_{g2} darf das Tiefpassfilter 2 <u>maximal</u> haben, damit das gilt? Zeichnen Sie $|H_2(f)|$ in das Bild von $|X(f)|$ ein. (5 Punkte)

Anforderungen einstufiger und zweistufiger Mischer

Die Oszillatoren sind nicht perfekt und müssen nachgeregelt werden, um das gewünschte Ausgangssignal zu erreichen. Die Frequenz soll hier in Schritten von 2 Hertz einstellbar sein. Für die Berechnungen gilt $f_T=$ 1 GHz. Die relative Regelgenauigkeit ist durch $\Delta f_x/f_x$ definiert, dabei ist f_x die Sollfrequenz und Δf_x die Schrittweite.

f) Zunächst wird in einem Schritt heruntergemischt. Berechen Sie die erforderliche relative Regelgenauigkeit des Oszillators. (3 Punkte)

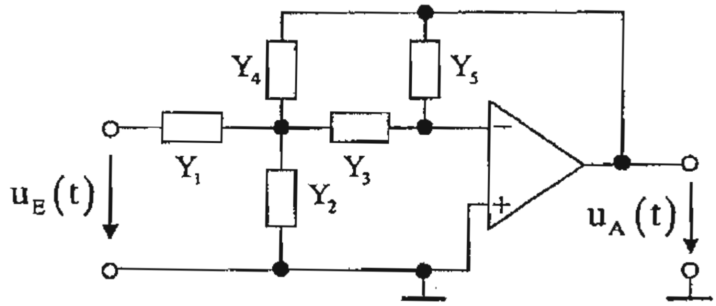
g) **Zusatzfrage:** Beim dem zweistufigen Mischer gilt nun f_1=998 MHz und $\Delta f_1/f_1=5\cdot10^{-6}$. Der erste Mischer wird nicht geregelt. In welchem Bereich muss f_2 einstellbar sein? Berechen Sie die erforderliche relative Regelgenauigkeit des zweiten Oszillators. (4 Punkte)

WS 09 | Semester E4 | Fach GN | VLM
5/15

Aufgabe 5 Filterentwurf (20+4 Punkte)

Mit der gegebenen Schaltung mit Mehrfachrückkopplung soll ein Bandpassfilter zweiter Ordnung realisiert werden. Die Bauelementtypen sind in der Tabelle angegeben.

Admittanz	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
Bauelement	R_1	-	C_1	C_2	R_2



Schaltung mit Mehrfachrückkopplung

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

Tiefpaß erster Ordnung

$$H_{TP} = H_0 \cdot \frac{1}{1 + s/\omega_g} = H_0 \cdot \frac{1}{1 + \tilde{s}} \quad \text{mit } \tilde{s} = \frac{s}{\omega_g}$$

a) Berechnen Sie aus der Tiefpassübertragungsfunktion mit der TP-BP Transformation $\tilde{s} \rightarrow (1 + \tilde{s}^2)/\tilde{s}$ die Bandpassübertragungsfunktion $H_{BP}(\tilde{s})$. Setzen Sie darin $\tilde{s} = s/\omega_g$ ein und geben Sie $H_{BP}(s)$ in Normalform an. (4 Punkte)
(Normalform: Nennerpolynom hat die Form $1 + \alpha_1 \cdot s + \alpha_2 \cdot s^2 + \ldots$)

b) Geben Sie die Übertragungsfunktion U_A/U_E der Schaltung als Funktion von s und den Bauelementen in Normalform auf. (3 Punkte)

c) Bestimmen Sie aus a) und b) R_1 und R_2 als Funktionen von C_1, C_2 und ω_g. **Achtung:** R_1 und R_2 dürfen nicht voneinander abhängen. (6 Punkte).

d) Nun sei $C_1 = 3 \cdot C_2 = 3\mu F$. Berechnen Sie für die Grenzkreisfrequenz $\omega_g = 2{,}5$ kHz die Werte von R_1 und R_2. (4 Punkte)

e) Ein Bandpassfilter hat eine Mittenfrequenz ω_m. Ist das ω_g vom ursprünglichen Tiefpassfilters gleich der Mittenfrequenz ω_m des Bandpassfilters? Betrachten Sie dazu die Definition des TP-BP Transformation und das Tiefpassfilter für $\omega = \omega_g$. (3 Punkte)

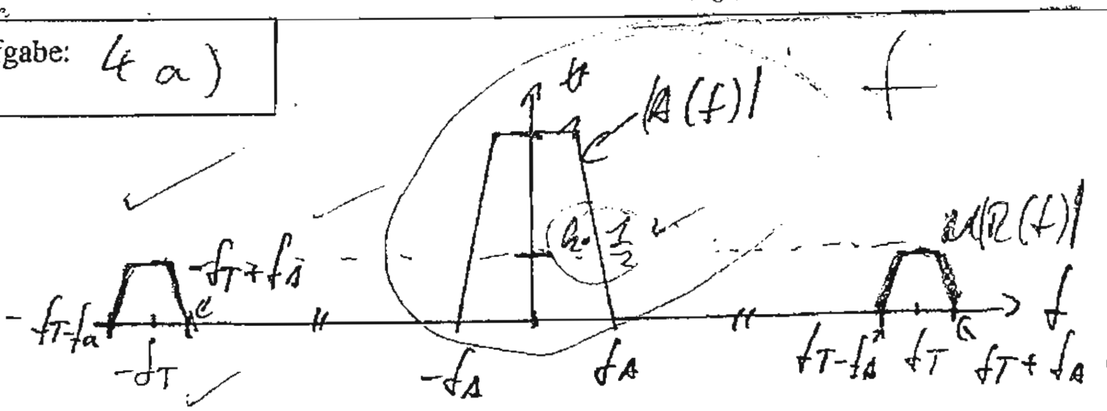
f) **Allgemeine Frage:** Eine Bandsperre zweiter Ordnung hat die Übertragungsfunktion

$$H_{BS}(\tilde{s}) = H_0 \cdot \frac{1 + \tilde{s}^2}{1 + a \cdot \tilde{s} + b \cdot \tilde{s}^2} \quad \text{mit } \tilde{s} \doteq \frac{s}{\omega_S}.$$

Kann mit der Schaltung mit Mehrfachrückkopplung eine Bandssperre realisiert werden, wenn die Bauelemente immer nur ein Kondensator oder ein Widerstand sein dürfen, d.h. $Y_k = 1/R_k$ oder $Y_k = s \cdot C_k$?. Begründen Sie Ihre Antwort. (4 Punkte)

Aufgabe: 4 a)

noch 3/4



$$R(f) = k \cdot \frac{1}{2}(A(f)) * \left(\delta(f-f_T)+\delta(f+f_T)\right)$$

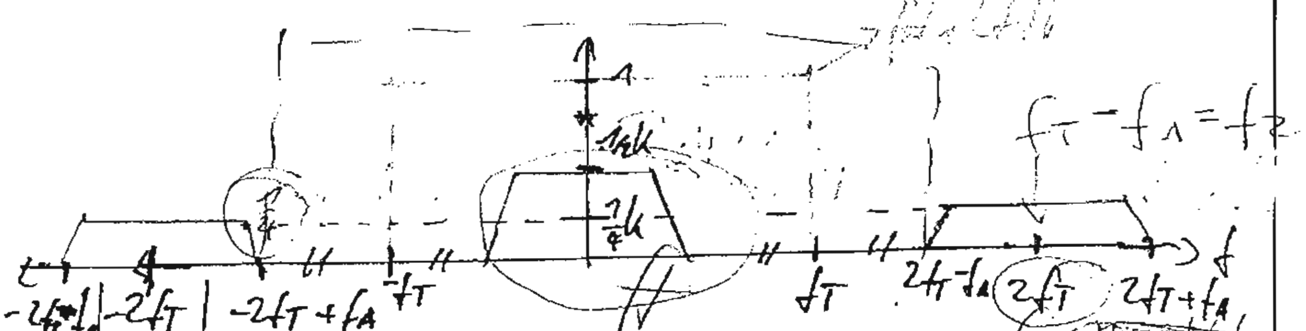
$$r(t) \quad a(t)\cdot\cos(2\pi f_T t)\cdot k$$

Aufgabe: 4b)c)

b) noch 1/4

mit $f_1 + f_2 = f_T$ und $f_2 = 2 \cdot f_A << f_T$

$\Rightarrow f_1 \hat{=} f_T$



c) noch 1/5

$$\Rightarrow u(t) = k\cdot a(t)\cdot\cos(2\pi f_T t)\cos 2\pi (f_T t)$$

$$\Rightarrow U(f) = k\cdot|A(f)| * \left(\frac{1}{2}(\delta(f)) + \frac{1}{4}(\delta(f-2f_T)+\delta(f+2f_T)\right)$$

Damit nur Frequenzen mit $|f| > f_T$ heraus-gefiltert werden, muss der TP eine ~~fg von~~ Grenzfrequenz von $f_g = f_T$ haben.

max war gefragt

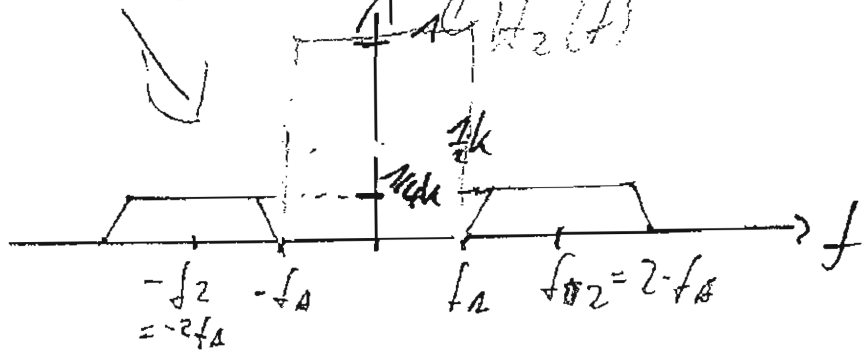
Aufgabe: 4d)

$x(t) = v(t) \times \cos(2\pi f_2 t)$

$V(f) = \frac{1}{2}k \cdot |A(f)|$

noch 3/4

wegen Sinnvoll ...



Aufgabe: 4e)

noch 3/5

Das Tiefpassfilter darf maximal die Grenzfrequenz $f_g = f_A$ haben. Also: Nach TP1 ist $V(f) = \frac{1}{2}kA(f)$. Mit cos multipliziert ist eine Verschiebung => unter $H_2(f)$ ist nichts !!

Aufgabe: Aufgabe 1a)

$$H = \sum p_n \cdot ld\left(\frac{1}{p_n}\right) \cdot 2$$

erste 3 Zeichen: 0,87916

zweiten 3 Zeichen: 1,34667

$\underline{H = 2,224\ \text{Bit/Zeichen}}$

=> Es sind 200 Zeichen · 2,224 Bit/Zeichen

$\underline{= 445,166\ \text{Bit}}$ Notwendig

4/4 $\hat{=}$ 446 (Aufrunden, weil weniger nicht ausreichen)

Aufgabe: 1b)

Redundanz: $H_{max} - H$; f

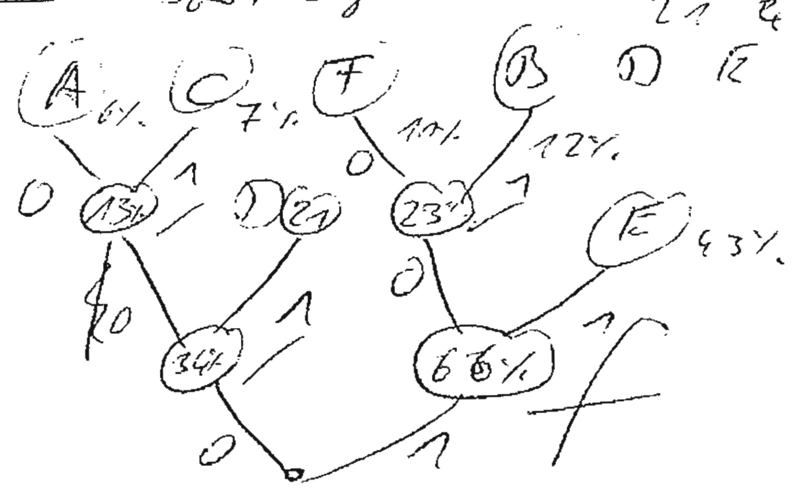
$H_{max} = 2,224$ / ; $H = 2,224$

0/2 => $\underline{\text{Redundanz} = 0.}$

Lösung stand auf dem Deckblatt

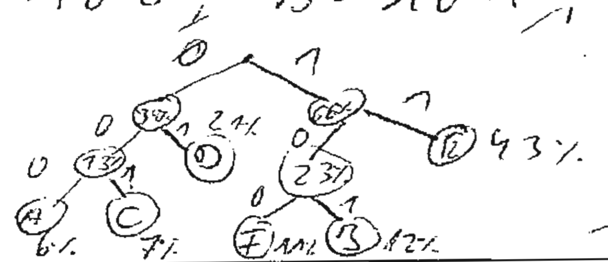
Aufgabe: 1c)

Sortieren:



8/10

=> A = 000 ; C = 001 ; D = 01 ;
F = 100 ; B = 101 ; E = 11



Aufgabe: d) e)

d) noch 5/5

$H = 0{,}06 \cdot 3 + 0{,}07 \cdot 3 + 0{,}11 \cdot 3 + 0{,}12 \cdot 3 + (0{,}21 + 0{,}43) \cdot 2$

$= 1{,}08 + 1{,}28 = \underline{2{,}36}$ Bit/Zeichen

=> Für 200 Zeichen:

$2{,}36 \text{ Bit/Zeichen} \cdot 200 = \underline{472 \text{ Bit}}$

Man braucht 472 Bit

noch 4/4

e) ~~Ab~~ 1 Physikalisches Bit gibt einen an/aus Zustand an. Bei der Informationstheorie ist dem Bit eine Wahrscheinlichkeit zugeordnet.

=>

Aufgabe: 1f)

Nach nicht: A B D

Code: 000 101 01

lässt man nun die Trennzeichen weg und ~~vielleicht~~ ~~und~~ vergisst ein Bit, so stellt man fest, dass den dieser Kombination nur eine Wahrscheinlichkeit??, nicht aber ein Buchstabe zugeordnet ist.

⇒ Man fängt ~~mit~~ in der Wurzel an und geht solange bis man einen ~~End~~ Buchstaben hat. ~~Man kann nicht~~

Bsp: Ich gehe 0, ~~dann~~ 0 ⇒ Da ist kein Buchstabe, nur eine Wahrscheinlichkeit ⇒ muss man weitergehen

FSR - Klausurensammlung | WS 09 | Semester E4 | Fach GN | Dozent VLM | 10/15

moeS 3/4

Aufgabe: 2a)

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

$F_1 = 0{,}8\,dB = 1{,}2023$

$F_2 = \frac{1}{a} = 40\,dB = 10.000$

$\Rightarrow$ ~~V_T~~ $V_1 = 40\,dB = 10000$

$\Rightarrow F_T = 1{,}2033 + \frac{10.000 - 1}{10000}$

$F_T = 1{,}2034 + \underline{\underline{\approx 1}}$

$V_T: 40\,dB - 40\,dB = \underline{\underline{0\,dB}} = \underline{\underline{1}}$

moeS 3/4

Aufgabe: 2b)

$\cancel{U_{A}=}\ SNR_A = 30\,dB = 1000$

$\Rightarrow SNR_{E\,dB} = F_{dB} + SNR_{A\,dB}$

$\cancel{\Rightarrow Q_r}\ F \cdot SNR_A = SNR_{A1}$

2 Teilsysteme

$F = F_T + \frac{F_T - 1}{V_T}$

$SNR_{A1} = 1203{,}4$

$SNR_{A1}|dB = 30{,}8041\,dB$

noch 3/4

$SNR_{U1} = SNR_{A1} \cdot F_T = 1203{,}4 \cdot 1{,}2034$

$= 1448{,}1716$

$\Rightarrow SNR_{U1}|dB = 31{,}6082\,dB$

Aufgabe: 2c)

← Achtung mit Leistung / Spannung

$F_{ges} = 4 + \frac{F_T - 1}{0{,}25} + \frac{F_T - 1}{0{,}25 \cdot 1}$

$= 4 + \frac{0{,}2034}{0{,}25} + \frac{0{,}2034}{0{,}25 \cdot 1}$

$F_{ges} = 5{,}6272$

noch 4/4

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
09	E4	GN	VLM

Aufgabe: 2d)

$$\frac{P_{S,1}}{P_{N,1}} = SNR_e$$

$\downarrow$ #

$$P_{S,1} = 1448{,}1716 \cdot P_N$$

$$P_{S,1} = 1448{,}1716 \cdot \underbrace{1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{Ws}{K} \cdot 290K \cdot 1MHz}_{4 \cdot 10^{-15} W}$$

$$P_{S,1} = 5{,}7956 \cdot 10^{-12} W$$

$$\underline{\underline{P_{S,1} = 5{,}7956 pW}}$$

Tippfehler TR

hoch 3/4

Die Spannungsquelle muss 5,7956pW Signalleistung liefern.

$P_G = ?$

Aufgabe: 2e):

noch 4/4

$$u_1 = \sqrt{P_S \cdot R} = 1{,}70229 \cdot 10^{-5} V$$

$$u_1 = 17{,}023 \mu V$$ #

$\Rightarrow$ u_g ist wegen dem Spannungsteiler

$$2 \cdot u_1 = \underline{\underline{34{,}046 \mu V}}$$

Aufgabe: 2f:

Das ist die ohne Verstärker zwischen V_S und U_A, $U_x \to U_A$ war gefragt aber

$$F_{ges} = 4 + N \cdot \frac{F_T - 1}{0{,}25}$$

=> geht direkt aus Aufgabe 2c hervor.

nach 2/3 ⟵ Grundidee ok

Aufgabe: 2g)

$$F_{ges} = 4 + \frac{F_O - 1}{0{,}25} + \left(N - 1\right) \frac{F_T - 1}{0{,}25 \cdot V_O}$$

ff, nach dem

nach 1/5

Für lange distanzen sollte man zwischendrin immer wieder Verstärker ein Bauen um die Leitungsverluste Aus zugleichen. (sieht dann $F \ge 0$) Zusätzlich sollte ein Vorverstärker verwendet werden für den hier gilt: $V_O \gg 4$

=> Die Rauschzahl wird noch geringer.

Aufgabe: 3d)

Laufdauer für einen Puls: 410 ns

Leitung: 40 m; hin und Rück = 80 m

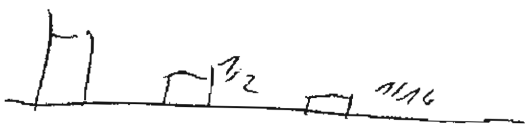
3/3

$\Rightarrow v_{ph} = \frac{80\,m}{410\,ns} = 195,122 \cdot 10^6\,m/s$

$k = \frac{v_{ph}}{c_0} = 0,6504$

Aufgabe: 3b)c)

b) 3/3



$r_L = \frac{1}{2}$; $r_g = \frac{1}{4}$

$\Rightarrow$ 1 rein; 1/2 zurück $\Rightarrow$ 1/8 wieder hin, 1/16 zurück.

c) 3/4

$r_L = \frac{R_L - Z_0}{R_L + Z_0} = \frac{1}{2} = \frac{R_L - 50\,\Omega}{R_L + 50\,\Omega}$

$\Rightarrow R_L + 50\,\Omega = 2R_L - 100\,\Omega$

$R_L = 150\,\Omega$

wenn möglich

~~$r_2 = \frac{R_1 - Z_0}{R_2 + Z_0} \Rightarrow \frac{1}{4} \Rightarrow R_1 + 50\,\Omega = 4R_1 - 200\,\Omega$; $250\,\Omega = 3R_1$~~

$\frac{Z_0 \cdot R_1}{Z_1 + Z_0} \Rightarrow 200 \cdot 4 R_1 = R_1 + 150$; $150 = 5R_1$; $R_1 = 30\,\Omega$

✓ Formel gedreht

Aufgabe: 3b/c)

$$r_E = \frac{Z_W - R_1}{Z_W + R_1} = \frac{1}{4} = \frac{50 - R_1}{50 + R_1} \quad (S.E.)$$

$$\Rightarrow 50 + R_1 = 200 - 4R_1$$

$$\underline{\underline{R_1 = 30\,\Omega}}$$

Aufgabe: 3d)

max 4/4

$$R_C = 125\,\Omega \,; \quad R_A = 10\,\Omega$$

$$v_{Ph} = 2\cdot 10^8 \tfrac{m}{s} = \frac{1}{\sqrt{L'C'}}$$

$$Z_W = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

$$\Rightarrow 4\cdot 10^{16} \tfrac{m^2}{s^2} = \frac{1}{L'C'} \Rightarrow L' = \frac{1}{4\cdot 10^{16} \frac{m^2}{s^2} \cdot C'}$$

$$50\,\Omega = \sqrt{\frac{\frac{1}{4\cdot 10^{16}\frac{m^2}{s^2} C'}}{C'}}$$

$$50\,\Omega^2 = \frac{1}{4\cdot 10^{16} \frac{m^2}{s^2} C'^2}$$

$$C' = \sqrt{\frac{1}{4\cdot 10^{16} \frac{m^2}{s^2} \cdot 2500\,\frac{V^2}{A^2}}} = 1\cdot 10^{-10} \tfrac{As}{Vm}$$

$$\underline{\underline{C' = 0{,}1\,nF/m}} \Rightarrow L' = 2{,}5\cdot 10^{-7}\, H/m$$

$$\underline{L' = 250\,mH/m}$$

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

Name: [redacted]

Vorname: Simon

Matr.-Nr.: [redacted]

Anzahl der abgegebenen Blätter:______

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik (E4a) vom 31. Januar 2009

Hinweis 1: Formeln dürfen nur aus dem aktuellen Vorlesungsskript von Prof. Missun übernommen werden (mit Quellenangabe!). Die Verwendung von Formeln aus anderen Quellen ist nur zur Kontrolle erlaubt. Der Lösungsweg ist in diesem Fall anzugeben!

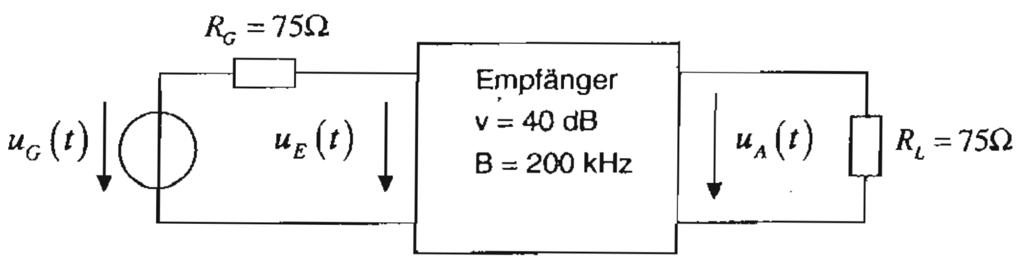
Lösungen ohne Herleitungen und die korrekte Angabe der Einheiten erhalten nur eine verringerte Punktzahl.

	bearbeitet (X = ja)	mögliche Punktzahl	erreichte Punktzahl
Aufgabe 1		15	15
Aufgabe 2		20	1
Aufgabe 3		25	19
Aufgabe 4		30	23
(Zusatzaufgabe)		(25)	—
Summe		90	58

Bewertung: 127

Aufgabe 1 Empfangssystem (15 Punkte)

Bei einer effektiven Eingangsspannung von $U_E = 18\mu V$ und T=290 K wird am Ausgang wird ein SNR von 18dB gemessen. Ein- und Ausgangsimpedanz des Systems sind jeweils 75Ω.



a) Welche Rauchzahl muss der Empfänger haben?

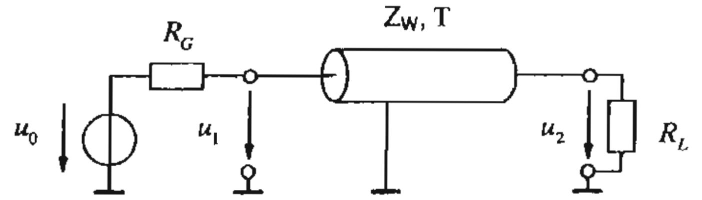
b) Bei welcher effektiven Generatorspannung U_G sinkt das SNR auf 6,02dB?

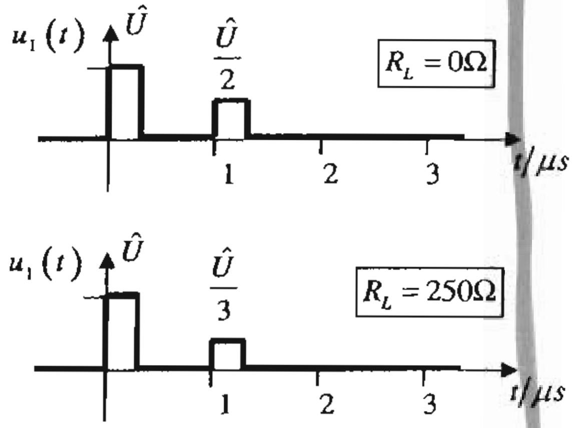
⑩ / WS	Semester	Fach	Dozent
07	E4	GN	V/M

FSR - Klausurensammlung 7/10

Aufgabe 2 Leitung (20 Punkte)

Auf eine schwach gedämpfte Leitung (G'=0) von 100 Meter Länge wird ein Rechteckimpuls gegeben. Die Bilder zeigen die Eingangsspannung $u_1(t)$ für die Fälle R_L=0 Ω und R_L=250 Ω. Nehmen Sie den Wellenwiderstand Z_W immer als rein reellwertig an.





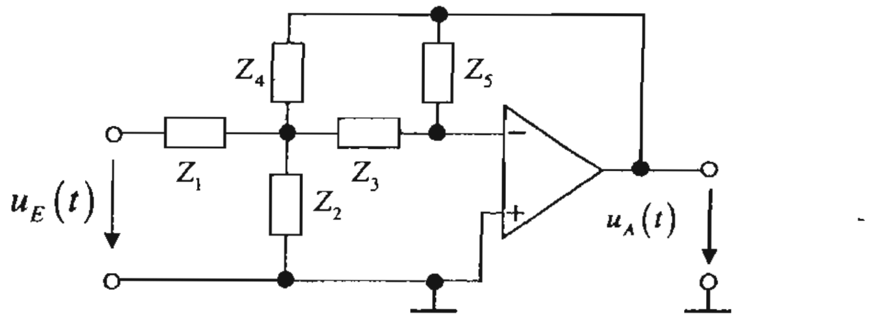
a) Wie ist das Verhältnis R_G / Z_W? (Verständnisfrage ohne Rechnung.)

b) Bestimmen Sie Z_W, die Leitungsbeläge L', R', C' und den Ausbreitungskoeffizienten γ.

c) Wie würde $u_1(t)$ für $R_G = Z_W/2$ aussehen? (Prinzipielle Beschreibung, keine Rechnung nötig)

Aufgabe 3 Filterentwurf (25 Punkte)

Mit der dargestellten Schaltung mit idealem Operationsverstärker soll ein Butterworthhochpassfilter zweiter Ordnung mit der 3dB Grenzfrequenz $f_g = 1$ kHz realisiert



werden.

a) Stellen Sie die Übertragungsfunktion U_A/U_E als Funktion der Impedanzen und $j\omega$ in Normalform auf. Für einen Hochpass müssen Z_1, Z_3 und Z_4 Kapazitäten, Z_2 und Z_5 Widerstände sein. (Normalform: Nennerpolynom hat die Form $1+\alpha_1\cdot(j\omega)+\alpha_2\cdot(j\omega)^2+\ldots$)

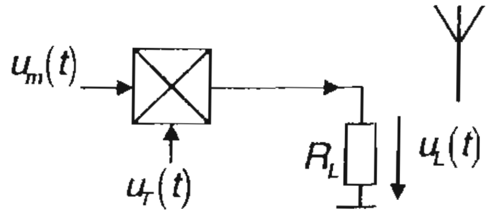
b) Nun sein $C_3 = 100$ nF, $R_2 = 400\Omega$ und $U_A/U_E \to$ -1 für $\omega \to \infty$. Berechnen Sie die Werte der unbekannten Bauelemente.

Aufgabe 4 Amplitudenmodulation (30 Punkte)

Das Signal $u_m(t)$ ist definiert als

$$u_m(t)=1\mathrm{V}\cdot\left[\cos(\Omega_m t)+0{,}11\cdot\cos(3\Omega_m t)+0{,}04\cdot\cos(5\Omega_m t)\right]$$

mit $\Omega_m = 2\pi F_m$ und $F_m =$ 1 kHz. Der modulierende Träger ist $u_T = 1V\cdot\cos(\Omega_T t)$ mit $\Omega_T = 2\pi F_T$ und $F_T =$ 1 MHz gilt. Das Signal $u_m(t)$ am Ausgang des Multiplizierers ist $u_L(t) = K\cdot u_m(t)\cdot u_T(t)$ mit $K = 0{,}5V^{-1}$. Die Sendeantenne entspricht einem Lastwiderstand von R_L=50 Ω. gilt.



a) Skizzieren Sie von $u_m(t)$ eine halbe Periode ($0 \le t \le T_m/2 = 1/(2F_m)$) indem Sie die ersten zwei Teilfunktionen grafisch addieren. Beschriften Sie die Zeichnung vollständig.
(Tipp: Zeichnen Sie die zweite Teilfunktion zuerst und lassen Sie sich Platz.)

b) Bestimmen Sie die maximalen und minimalen Wert von $u_m(t)$ (Tipp: Eventuell hilft a)).

c) Bestimmen Sie das Spektrum $U_m(f) = \mathcal{F}\{u_m(t)\}$.

d) Geben Sie $u_L(t)$ als einfache gewichtete Summe von Cosinusfunktionen an, d.h. es sollen keine Produkte von Sinus- oder Cosinusfunktionen auftreten.

e) Berechnen Sie die mittleren Leistungen **aller** Spektrallinien des Sendesignals $u_L(t)$ in dBm und tragen Sie diese mit den Frequenzen in eine Tabelle ein.

f) Skizzieren das Betragsspektrum für $|f - F_T| \le 6F_m$ (Vollständige Beschriftung).

g) Berechnen Sie die an R_L im Mittel insgesamt umgesetzte Leistung.

Zusatzaufgabe: Verzerrungen (25 Punkte)

Vier Systeme sollen auf die Art der durch sie verursachten Verzerrungen hin untersucht werden. Dazu wird an den Eingang jeweils das Testsignal $x(t) = 2\mathrm{V}\cdot\cos(2\pi f t)$ angelegt mit den Signalfrequenzen $|f| \le 1$ MHz. Man beobachtet für die 4 Systeme folgende Ausgangssignale:

$y_1(t) = 1{,}5\mathrm{V}\cdot\cos(2\pi f t + \pi f/100\mathrm{kHz})$	$y_2(t) = 1\mathrm{V} + 1\mathrm{V}\cdot\cos(4\pi f t)$
$y_3(t) = 1{,}5\mathrm{V}\cdot\cos(2\pi f_x t + \Theta(f_x))$ mit $\Theta(f) = -\pi(f/1\mathrm{MHz})^2$	$y_4(t) = \frac{1{,}5\mathrm{V}}{\sqrt{1+(f/1\mathrm{MHz})^2}}\cos(2\pi f t + \Theta(f))$ mit $\Theta(f) = -\arctan(f/1\mathrm{MHz})$

Beantworten Sie für alle vier Systeme für das beobachtet Frequenzintervall folgende Fragen:
(Ohne Begründung gibt es bei a)-c) keine Punkte! Schreiben Sie in ganzen Sätzen!)

a) Ist das System „Verzerrungsfrei"?

b) Ist das System „Linear" oder „Nichtlinear"?

c) Nennen Sie ein System aus der Nachrichtentechnik, welches sich so verhalten würde.

d) Berechnen Sie für alle linearen Systeme die Signalverzögerungszeiten für $f = 1$MHz.
(Hinweis: $\arctan(x)' = 1/(1+x^2)$)

Blatt 1
[redacted]

Grundlagen Nachrichtentechnik 21.01.08

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
08	E4	GN	VIM

FSR - Klausurensammlung 4/10

zur Aufg. 1.1 a) $SNR_a = 18\,dB$

$$SNR_e = \frac{P_S}{P_r} = \frac{(U_e)^2/R}{k \cdot B \cdot T} = \frac{\left(\frac{(18\,\mu V)^2}{75\,\Omega}\right)}{1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{J}{K} \cdot 2000\,kHz \cdot 290\,K}$$

$$\Leftrightarrow SNR_e = \frac{4{,}32 \cdot 10^{-12}\,W}{8{,}0 \cdot 10^{-15}\,W} = 5397{,}3 \mathrel{\hat{=}} 37{,}32\,dB$$

10/10 Rauschmaß: $F_{dB} = SNR_e - SNR_a = 37{,}32\,dB - 18\,dB = \underline{\underline{19{,}32\,dB}}$

Rauschzahl: $\underline{\underline{F}} = 10^{F_{dB}/10} = \underline{\underline{85{,}54}}$

b) $SNR_a \overset{!}{=} 6{,}02\,dB$

5/5

$$SNR_e = F_{dB} + SNR_a = 19{,}32\,dB + 6{,}02\,dB = 25{,}34\,dB \mathrel{\hat{=}} 341{,}98$$

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

$$\Leftrightarrow \frac{(U_e)^2}{R} = SNR_e \cdot P_r$$

$$\Leftrightarrow U_e = \sqrt{SNR_e \cdot P_r \cdot R}$$

$$\Leftrightarrow \underline{U_e} = \sqrt{341{,}98 \cdot 8{,}0 \cdot 10^{-15}\,W \cdot 75\,\Omega} = \underline{\underline{4{,}53\,\mu V}}$$

Aufgrund der gleichen Eingangs- und Ausgangsimpedanz folgt für den Spannungsteiler: $\underline{U_G} = 2 \cdot U_e = \underline{\underline{9{,}06\,\mu V}}$

Blatt 2

[redacted]

GN

31.01.08

0, WS	Semester	Fach	Dozent
07	E4	GN	V/M

PSR - Klausurensammlung 9/10

Aufg. 2.1 a)

$$r_2 = \frac{R_L - Z_W}{R_L + Z_W} \overset{R_L=0}{=} -1$$

0

b) $Z_W =$

$r_2 = \frac{1}{2}$; $r_2 = \frac{1}{3}$ und daraus Z_W berechnen

bei $R_L = 0$ bei $R_L = 250\Omega$

1/13

Blatt 3

[redacted]

GN

31.01.08

WS 08	Semester E4	Fach GN	Dozent VIM
FSR - Klausurensammlung 6/10			

zu Aufg. 3.) a)

$$\frac{u_a}{u_e} = \frac{-\frac{1}{Z_1}\cdot\frac{1}{Z_3}}{\frac{1}{Z_5}\cdot\left(\frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3}+\frac{1}{Z_4}\right)+\frac{1}{Z_3}\cdot\frac{1}{Z_4}}$$

$$= \frac{-Y_1\cdot Y_3}{Y_5\cdot(Y_1+Y_2+Y_3+Y_4)+Y_3\cdot Y_4}$$

$$= \frac{-j\omega C_1\cdot j\omega C_3}{\frac{1}{R_5}\cdot\left(j\omega C_1+j\omega C_3+j\omega C_4+\frac{1}{R_2}\right)+j\omega C_3\cdot j\omega C_4}$$

$$= \frac{-(j\omega)^2\cdot C_1\cdot C_3}{(j\omega)^2\cdot C_3C_4+(j\omega)\cdot(C_1+C_3+C_4)\cdot\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_5R_2}}$$

10/10

$$\Rightarrow \frac{u_a}{u_e} = \frac{-(j\omega)^2 C_1\cdot C_3\cdot R_5\cdot R_2}{(j\omega)^2\cdot C_3C_4\cdot R_2\cdot R_5+(j\omega)\cdot(C_1+C_3+C_4)R_2+1}$$

b) $C_3 = 100\,nF$; $R_2 = 400\,\Omega$; $\frac{u_a}{u_e} \to -1$ für $\omega \to \infty$

5/15

I.) $$\frac{u_a}{u_e}(\omega\to\infty) = \frac{-C_1\cdot\cancel{C_3}\cdot\cancel{R_5}\cdot\cancel{R_2}}{\cancel{C_3}\cdot C_4\cdot\cancel{R_2}\cdot\cancel{R_5}} = -\frac{C_1}{C_4} = -1 \Leftrightarrow \underline{C_1 = C_4}$$

II.) Koeffizient HP nicht TP

$$\frac{C_3\cdot C_4\cdot R_2\cdot R_5}{\omega_g^2} = 1 = \frac{b}{\omega_g^2}$$ f

[Einheit]

III.) $$\frac{(C_1+C_3+C_4)\cdot R_2}{\omega_g} = \sqrt{2} = a$$

Blatt 4

[redacted]

GN

31.01.08

WS/SS 07	Semester E4	Fach GN	Dozent V/M

FSR - Klausurensammlung 7/10

Aufg. 3.1 b)

$$\frac{b}{a^2} = \frac{1}{2} = \frac{C_3 \cdot C_4 \cdot R_2 \cdot R_5}{\omega_g^2} \cdot \frac{\omega_g^2}{((C_1+C_3+C_4)\cdot R_2)^2}$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{C_3 \cdot C_4 \cdot R_5}{(C_1+C_3+C_4)^2 \cdot R_2^2}$$

$$\overset{C_1 = C_4}{\Leftrightarrow} \quad \frac{C_3 \cdot C_1 \cdot R_5}{(2C_1 + C_3)\cdot R_2^2}$$

R_5 ist gegeben, daher gilt vereinfachend:

$$\omega_g^2 = C_3 \cdot C_4 \cdot R_2 \cdot R_5$$

$$\sqrt{2}\,\omega_g = (C_1 + C_3 + C_4)\cdot R_2 = (2C_1 + C_3)R_2$$

$$\Leftrightarrow \quad C_1 = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\sqrt{2}\cdot\omega_g}{R_2} - C_3\right)$$

$$\Rightarrow \quad C_1 = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\sqrt{2}\cdot 2\pi f_g}{R_2} - C_3\right) = 11{,}1\,F$$ (2)

1/2

$$\Leftrightarrow \quad C_1 = C_4 = 11{,}1\,F$$

$$\omega_g^2 = C_3 \cdot C_4 \cdot R_2 \cdot R_5$$

$$\Leftrightarrow \quad R_5 = \frac{\omega_g^2}{C_3 \cdot C_4 \cdot R_2} = \frac{(2\pi f_g)^2}{C_3 \cdot C_4 \cdot R_2}$$

$$\Leftrightarrow \quad R_5 =$$

Bl. 5

[redacted]

GN

31.01.08

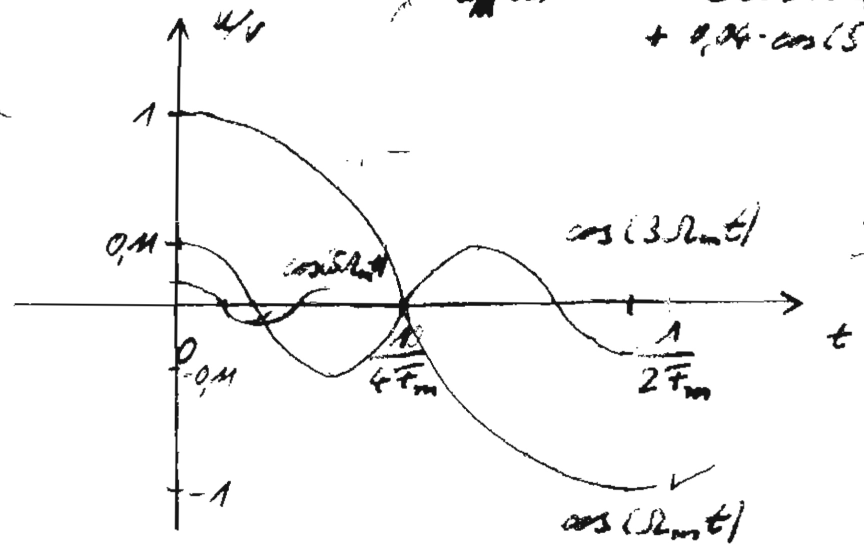
SS / WS	Semester	Fach	Dozent
08	EV	GN	VIM

FSR - Klausurensammlung 6/10

Aufg. 4.) a)

$$u_m(t) = 1V\,[\cos(\underbrace{\Omega_m}_{2\pi f_m} t) + 0{,}11\cdot\cos(3\Omega_m t) + 0{,}04\cdot\cos(5\Omega_m t)]$$

noch 3/4



addieren

2/4 b) $u_m(t)_{max} = 1V + 0{,}11V + 0{,}04V = 1{,}15V$ ✓ Werte aus der Zeichnung

$u_m(t)_{min} = -1V - 0{,}11V - 0{,}04V = 0{,}85V$

Rechnen

c) $U_m(f) = \mathcal{F}\{u_m(t)\}$

$u_m(t) = 1V\cdot[\cos(2\pi f_m t) + 0{,}11\cdot\cos(3\cdot 2\pi f_m t) + 0{,}04\cdot\cos(2\pi f_m 5\cdot$

4/4 $U_m(f) = 1V\cdot[\frac{1}{2}(\delta(f-f_m) + \delta(f+f_m)) +$

$(\frac{1}{2}\cdot 0{,}11\cdot(\delta(f-3f_m) + \delta(f+3f_m))$

$+ \frac{1}{2}\cdot 0{,}04\cdot(\delta(f-5f_m) + \delta(f+5f_m))]$

d) $u_c(t) = u_m(t)\cdot u_T(t)\cdot K$

$= 1V\cdot[\cos(\Omega_m t) + 0{,}11\cdot\cos(3\Omega_m t) + 0{,}04\cdot\cos(5\Omega_m t)]$

$\cdot\, 1V\cdot\cos(\Omega_T t)\cdot\frac{1}{2}V^{-1}$

Blatt 6 GN 31.01.08

[redacted]

08 / WS	Semester	Fach	Dozent
07	E4	GN	VIM

FSR - Klausurensammlung 9/10

Aufg. 4.) d)

$$u_L(t) = \Big[\ \tfrac{1}{2}V\cdot\cos(\Omega_m t)\cdot\cos(\Omega_T\cdot t)$$
$$+\ 0{,}055\cdot\cos(\Omega_m t)\cdot\cos(\Omega_T\cdot t)$$
$$+\ 0{,}02\cdot\cos(\Omega_m t)\cdot\cos(\Omega_T\cdot t)\ \Big]$$

NR:
$$\cos(\Omega_m t)\cdot\cos(\Omega_T\cdot t)$$
$$=\tfrac{1}{2}(e^{j\Omega_m t}+e^{-j\Omega_m t})\cdot\tfrac{1}{2}\cdot(e^{j\Omega_T t}+e^{-j\Omega_T t})$$
$$=\tfrac{1}{4}\cdot\big(e^{j(\Omega_m+\Omega_T)\cdot t}+e^{+j(\Omega_m-\Omega_T)\cdot t}+e^{-j(\Omega_m+\Omega_T)\cdot t}+e^{-j(\Omega_m-\Omega_T)\cdot t}\big)$$
$$=\tfrac{1}{4}\cdot\big(2\cdot\cos((\Omega_T+\Omega_m)\cdot t)+2\cdot\cos(\Omega_m-\Omega_T)\cdot$$
$$=\tfrac{1}{2}\cdot\cos((\Omega_T+\Omega_m)\cdot t)+\tfrac{1}{2}\cdot\cos(\Omega_m-\Omega_T)\,t$$

$$\Leftrightarrow\ u_L(t)=\tfrac{1}{4}V\cdot\cos((\Omega_T+\Omega_m)\cdot t)+\tfrac{1}{4}V\cdot\cos((\Omega_m-\Omega_T))$$
$$+\ 0{,}0275V\cdot\cos((\Omega_T+3\Omega_m)t)+0{,}0275V\cdot\cos((3\Omega_m-\Omega_T)t$$
$$+\ 0{,}01V\cdot\cos((\Omega_T+5\Omega_m)t)+0{,}01V\cdot\cos((5\Omega_m-\Omega_T)\cdot t$$

4/4

e)

6/8

f	$\hat{u}/V$ $\neq U_{eff}$	P	P/dBm
$\Omega_T + \Omega_m = 6{,}289$ MHz	1/4	1,25 mW	0,969
$-\Omega_T + \Omega_m = 6{,}276$ MHz	1/4	1,25 mW	0,969
$\Omega_T + 3\Omega_m =$	0,0275	15,125 µW	-18,2
$-\Omega_T + 3\Omega_m =$	0,0275	15,125 µW	-18,2
$\Omega_T + 5\Omega_m =$	0,01	2 µW	-26,99
$-\Omega_T + 5\Omega_m =$	0,01	2 µW	-26,99

Blatt 7 [redacted]

GN

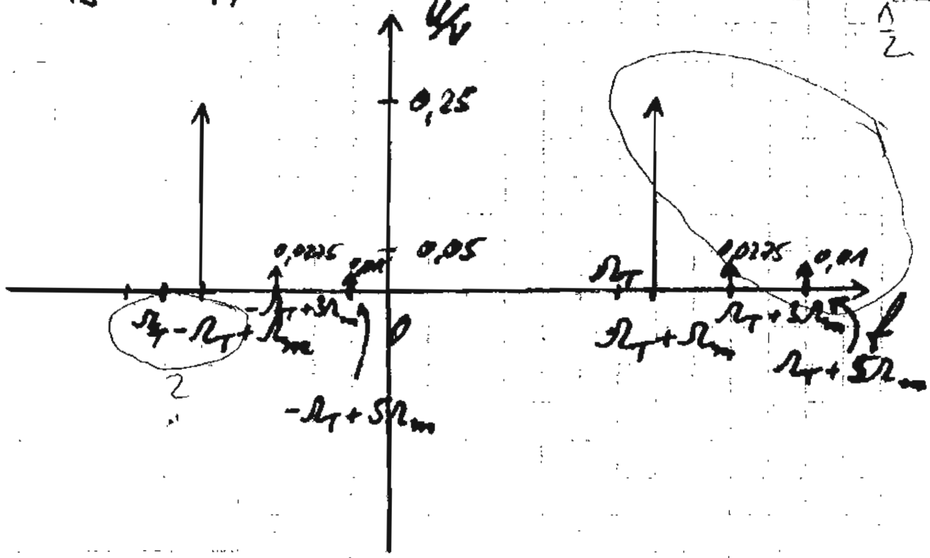
31.01.08

WS	Semester	Fach	Dozent
08	E4	GN	VIM

FSR - Klausurensammlung 10/10

zu) Aufg. 4.1 f)

noch 2/4



g) 2/2

$$u_{ges} = \sqrt{2\cdot\left(\frac{1/4\,V}{\sqrt{2}}\right)^2 + 2\cdot\left(\frac{0{,}0275V}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{(0{,}01V)}{\sqrt{2}}\right)^2\cdot 2}$$

$\Rightarrow$) $u_{ges,eff} = 0{,}2517V$

$$\underline{P} = \frac{u_{ges,eff}^2}{R} = \frac{0{,}2517V}{50\Omega} = 0{,}005W = \underline{5{,}034\,mW}$$

WS / WS	Semester	Fach	Dozent
07/08	4	GN	VL 17

FSR - Klausurensammlung 1/11

48

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

Name: Tang

Vorname: Benjamin

Matr.-Nr.: 1832756

Anzahl der abgegebenen Blätter:______

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik (E4a)
vom 31. Januar 2009

Hinweis 1: Formeln dürfen nur aus dem aktuellen Vorlesungsskript von Prof. Missun übernommen werden (mit Quellenangabe!). Die Verwendung von Formeln aus anderen Quellen ist nur zur Kontrolle erlaubt. Der Lösungsweg ist in diesem Fall anzugeben!

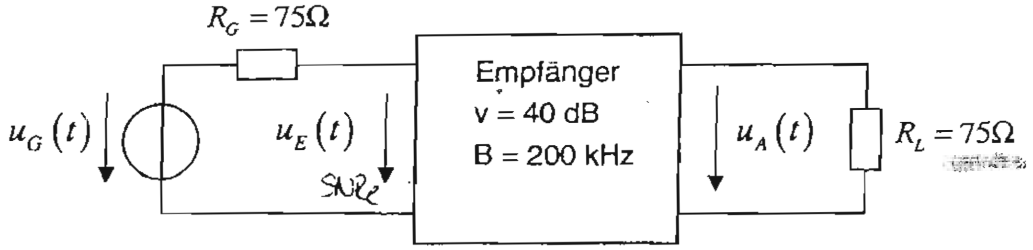
Lösungen ohne Herleitungen und die korrekte Angabe der Einheiten erhalten nur eine verringerte Punktzahl.

	bearbeitet (X = ja)	mögliche Punktzahl	erreichte Punktzahl
Aufgabe 1		15	15
Aufgabe 2		20	3
Aufgabe 3		25	23
Aufgabe 4		30	28
(Zusatzaufgabe)		(25)	–
Summe		90	79

Bewertung: 1 5 7

Aufgabe 1 Empfangssystem (15 Punkte)

Bei einer effektiven Eingangsspannung von $U_E = 18\mu V$ und T=290 K wird am Ausgang wird ein SNR von 18dB gemessen. Ein- und Ausgangsimpedanz des Systems sind jeweils 75Ω.



✓ a) Welche Rauchzahl muss der Empfänger haben?

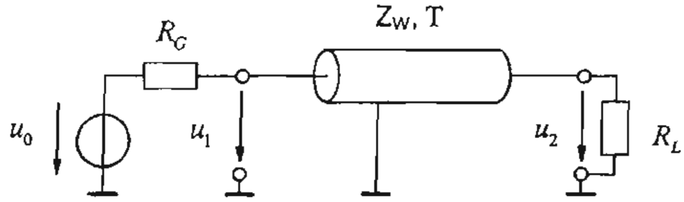
✓ b) Bei welcher effektiven Generatorspannung U_G sinkt das SNR auf 6,02dB? $\frac{1}{2} U_G$ am Empfänger

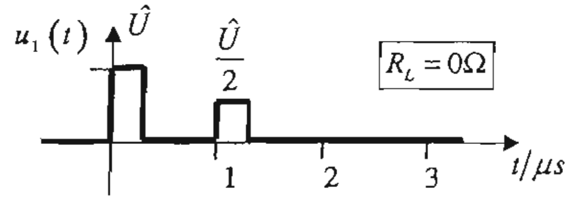
SS (WS)	Semester	Fach	Dozent
07/08	E4	GN	VLH

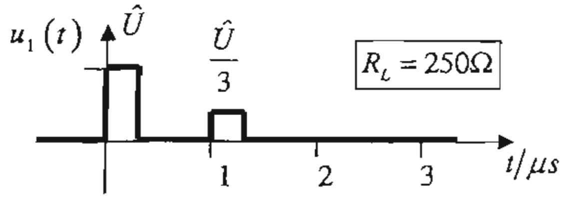
FSR - Klausurensammlung 2/11

Aufgabe 2 Leitung (20 Punkte)

Auf eine schwach gedämpfte Leitung (G'=0) von 100 Meter Länge wird ein Rechteckimpuls gegeben. Die Bilder zeigen die Eingangsspannung $u_1(t)$ für die Fälle R_L=0 Ω und R_L=250 Ω. Nehmen Sie den Wellenwiderstand Z_W immer als rein reellwertig an.







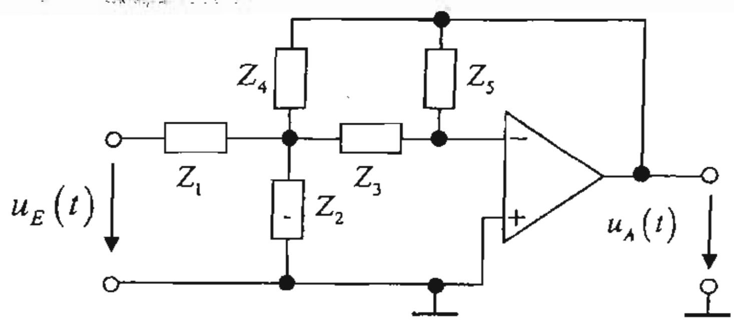
a) Wie ist das Verhältnis R_G / Z_W? (Verständnisfrage ohne Rechnung.)

b) Bestimmen Sie Z_W, die Leitungsbeläge L', R', C' und den Ausbreitungskoeffizienten γ.

c) Wie würde $u_1(t)$ für $R_G = Z_W/2$ aussehen? (Prinzipielle Beschreibung, keine Rechnung nötig)

Aufgabe 3 Filterentwurf (25 Punkte)

Mit der dargestellten Schaltung mit idealem Operationsverstärker soll ein Butterworthhochpassfilter zweiter Ordnung mit der 3dB Grenzfrequenz $f_g = 1$ kHz realisiert



werden.

a) Stellen Sie die Übertragungsfunktion U_A/U_E als Funktion der Impedanzen und $j\omega$ in Normalform auf. Für einen Hochpass müssen Z_1, Z_3 und Z_4 Kapazitäten, Z_2 und Z_5 Widerstände sein. (Normalform: Nennerpolynom hat die Form $1+\alpha_1 \cdot (j\omega)+\alpha_2 \cdot (j\omega)^2 + \ldots$)

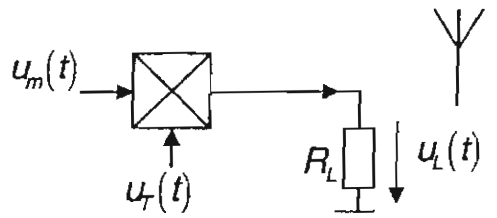
b) Nun sein $C_3 = 100$ nF, $R_2 = 400\Omega$ und $U_A/U_E \to$ -1 für $\omega \to \infty$. Berechnen Sie die Werte der unbekannten Bauelemente.

Aufgabe 4 Amplitudenmodulation (30 Punkte)

Das Signal $u_m(t)$ ist definiert als

$$u_m(t) = 1\text{V} \cdot \left[\cos(\Omega_m t) + 0{,}11 \cdot \cos(3\Omega_m t) + 0{,}04 \cdot \cos(5\Omega_m t)\right]$$

mit $\Omega_m = 2\pi F_m$ und F_m = 1 kHz. Der modulierende Träger ist $u_T = 1V \cdot \cos(\Omega_T t)$ mit $\Omega_T = 2\pi F_T$ und F_T = 1 MHz gilt. Das Signal $u_m(t)$ am Ausgang des Multiplizierers ist $u_L(t) = K \cdot u_m(t) \cdot u_T(t)$ mit $K = 0{,}5V^{-1}$. Die Sendeantenne entspricht einem Lastwiderstand von R_L=50 Ω. gilt.



a) Skizzieren Sie von $u_m(t)$ eine halbe Periode $(0 \le t \le T_m/2 = 1/(2F_m))$ indem Sie die ersten zwei Teilfunktionen grafisch addieren. Beschriften Sie die Zeichnung vollständig. *(Tipp: Zeichnen Sie die zweite Teilfunktion zuerst und lassen Sie sich Platz.)*

b) Bestimmen Sie die maximalen und minimalen Wert von $u_m(t)$ (Tipp: Eventuell hilft a)).

c) Bestimmen Sie das Spektrum $U_m(f) = \mathcal{F}\{u_m(t)\}$.

d) Geben Sie $u_L(t)$ als einfache gewichtete Summe von Cosinusfunktionen an, d.h. es sollen keine Produkte von Sinus- oder Cosinusfunktionen auftreten.

e) Berechnen Sie die mittleren Leistungen **aller** Spektrallinien des Sendesignals $u_L(t)$ in dBm und tragen Sie diese mit den Frequenzen in eine Tabelle ein.

f) Skizzieren das Betragsspektrum für $|f - F_T| \le 6F_m$ (Vollständige Beschriftung).

g) Berechnen Sie die an R_L im Mittel insgesamt umgesetzte Leistung.

Zusatzaufgabe: Verzerrungen (25 Punkte)

Vier Systeme sollen auf die Art der durch sie verursachten Verzerrungen hin untersucht werden. Dazu wird an den Eingang jeweils das Testsignal $x(t) = 2\text{V} \cdot \cos(2\pi f t)$ angelegt mit den Signalfrequenzen $|f| \le 1\,\text{MHz}$. Man beobachtet für die 4 Systeme folgende Ausgangssignale:

$y_1(t) = 1{,}5\text{V} \cdot \cos(2\pi f t + \pi f / 100\text{kHz})$	$y_2(t) = 1\text{V} + 1\text{V} \cdot \cos(4\pi f t)$
$y_3(t) = 1{,}5\text{V} \cdot \cos(2\pi f_x t + \Theta(f_x))$ mit $\Theta(f) = -\pi(f/1\text{MHz})^2$	$y_4(t) = \dfrac{1{,}5\text{V}}{\sqrt{1 + (f/1\text{MHz})^2}} \cos(2\pi f t + \Theta(f))$ mit $\Theta(f) = -\arctan(f/1\text{MHz})$

Beantworten Sie <u>für alle vier Systeme</u> für das beobachtet Frequenzintervall folgende Fragen:
(Ohne Begründung gibt es bei a)-c) keine Punkte! Schreiben Sie in ganzen Sätzen!)

a) Ist das System „Verzerrungsfrei"?

b) Ist das System „Linear" oder „Nichtlinear"?

c) Nennen Sie ein System aus der Nachrichtentechnik, welches sich so verhalten würde.

d) Berechnen Sie für alle linearen Systeme die Signalverzögerungszeiten für $f = 1\text{MHz}$.

(Hinweis: $\arctan(x)' = 1/(1 + x^2)$)

31.01.07 GN - Lilienthal Benjamin Tang
1322526

Aufgabe 1

$U_E = 18\mu V$ $\quad B = 200\,kHz$

$T = 290K$ $\quad V = 40dB$

$SNR_a = 18dB$

$R = 75\Omega$

SS WS	Semester	Fach	Dozent
07/08	E4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 4/11

a) ~~SN~~ ~~SN~~ $SNR_e = \frac{P_S}{P_R} = \frac{U_E^2}{R \cdot k \cdot B \cdot T} = \frac{(18\mu V)^2}{75\Omega \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} Ws/K \cdot 200 \cdot 2\text{(}}$

$= 5394{,}76$

$SNR_{dB} = 10 \lg SNR = 37{,}3\,dB$

10/10

$F_{dB} = SNR_{e\,dB} - SNR_{a\,dB}$

$= 37{,}3dB - 18dB = 19{,}3dB$

$F_{dB} = 10 \lg F$

$\Rightarrow F = 10^{\frac{F_{dB}}{10}}$

$F = 85{,}11 = 10^{1{,}93}$

5/5

b) $SNR_a = 6{,}02dB$

$F = SNR_e - SNR_a$

$SNR_{e\,dB} = F_{dB} + SNR_{a\,dB} = 19{,}3dB + 6{,}02dB = 25{,}32dB$

$SNR_e = 10^{\frac{SNR_{e\,dB}}{10}} = 10^{2{,}532} = 340{,}41$

$SNR_e = \frac{P_E}{P_R} = \frac{U_E^2}{R \cdot k \cdot B \cdot T}$

$\Rightarrow U_E = \sqrt{SNR_e \cdot R \cdot k \cdot B \cdot T} = 4{,}52\,\mu V$

Da $R_G = R_E$ vom Empfänger muss U_G doppelt so groß sein

$U_G = 2 U_E = 9{,}04\,\mu V$

Aufgabe 2)

Benjamin Tang

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
07/08	E 4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 5/11

$l = 100m$

Aus der Zeichnung folgt: - Rücklaufende Welle hat eine Dämpfung
- ~~Hin~~ Laufzeit der Welle 1µs für Hin und Zurück ?

a) Das Verhältnis von R_G / Z_W müsste ein Spannungsteilerverhältnis sein ? f

0

$$\frac{R_G}{Z_W} = \frac{U_1 - U_2}{U_G - U_1 - U_2}$$

b) $r = \frac{Z_L - Z_W}{Z_L + Z_W} = \frac{U_e}{U_H}$ Idee

3/13

$$\Rightarrow \cancel{\frac{0 - Z_W}{0 + Z_W} = 1 = \frac{U_e}{U_H}}$$

$$\frac{250 - Z_W}{250 + Z_W} = \frac{U_e}{U_H}$$

$U_R = r \cdot U_H$

$U_e = U_H \, e^{-\alpha l}$

$\frac{U_e}{U_H} = e^{-\alpha l} \Rightarrow \frac{U_H}{U_e} = e^{\alpha l}$

$\ln \frac{U_H}{U_R} / l = \alpha \Rightarrow \alpha = \ln \frac{1}{1/2} / 100m = 6{,}93 \cdot 10^{-3} \frac{Np}{m}$

$\alpha = \frac{R'}{2|Z_W|}$

$Z_W = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$

$v_{PH} = \frac{100m}{0{,}5\mu s} = 200 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$

$L' = \frac{|Z_W|}{v_{PH}}$

Berja

Aufgabe 2)

c) Bei $R_a = Z_W$ liegt die Welle U_0 am der Leitung an S

f

zu b) $\gamma = \alpha + j\beta$

$\beta = \omega \sqrt{L'C'}$

~~$\alpha = \ln \ldots \ell \Rightarrow$~~

~~$e^{\alpha \ell} = \ldots$~~

~~$e^{\alpha \ell} \ldots$~~

keine Zeit mehr !

31.01.07

Aufgabe 3)

Benjamin Tang
182275

Aus dem Skript gilt die Übertragungsfunktion:

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{-Y_1 Y_3}{Y_5(Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) + Y_3 Y_4}$$

$$Y_R = \frac{1}{R} \qquad Y = \frac{1}{Z}$$

$$Y_C = j\omega C$$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
07/08	E4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 7/11

Daraus folgt:

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{-(j\omega C_1)(j\omega C_3)}{1/R_5\,(j\omega C_1 + 1/R_2 + j\omega C_3 + j\omega C_4) + j\omega C_3 \cdot j\omega C_4}$$

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{-(j\omega)^2 C_1 C_3 \, R_2 R_5}{j\omega C_1 R_2 + 1 + j\omega C_3 R_2 + j\omega C_4 R_2 + R_2 R_5 (j\omega)^2 C_3 C_4}$$

10/10

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{-(j\omega)^2 C_1 C_3 R_2 R_5}{(j\omega)^2 C_3 C_4 R_2 R_5 + j\omega R_2[C_1 + C_3 + C_4] + 1}$$

b)

13/15

$$\frac{a}{\omega_g} = R_2\,[C_1 + C_3 + C_4]$$

HP, nicht TP

$$\Rightarrow \frac{b}{\omega_g^2} = C_3 C_4 R_2 R_5$$

$$\lim_{\omega \to \infty} \frac{U_A}{U_e} = -1 \Rightarrow -\frac{C_1 C_3 R_2 R_5}{C_3 C_4 R_2 R_5} = -1$$

$$\frac{C_1}{C_4} = 1 \Rightarrow C_1 = C_4$$

$$\Rightarrow \frac{a}{\omega_g} = R_2\,[2C_1 + C_3]$$

$$\frac{a}{\omega_g} \cdot \frac{1}{R_2} = 2C_1 + C_3$$

$$C_1 = \left[\frac{a}{\omega_g}\frac{1}{R_2} - C_3\right] \cdot \frac{1}{2} \quad \text{mit } a = \sqrt{2}$$

$$C_1 = \left[\frac{\sqrt{2}}{2\pi \cdot 12\,\text{Hz}} \cdot \frac{1}{4000\,\Omega} - 100\,\text{nF}\right] \cdot \frac{1}{2} = 231{,}35 \cdot 10^{-9}\,\text{F}$$

Benjamin Jung
1822536

31.01.08 Aufgabe 3)

$$\frac{b}{\omega_g^2} = C_3 C_4 R_2 R_5$$

$$b \stackrel{!}{=} 1$$

$$\Rightarrow R_5 = \frac{b}{\omega_g^2 \cdot C_3 C_4 R_2}$$

$$R_5 = \frac{1}{(2\pi \cdot 12\,Hz)^2 \cdot 100 \cdot 10^{-9}F \cdot 231{,}35 \cdot 10^{-9}F \cdot 400\,\Omega}$$

$$= 2{,}737\,k\Omega$$

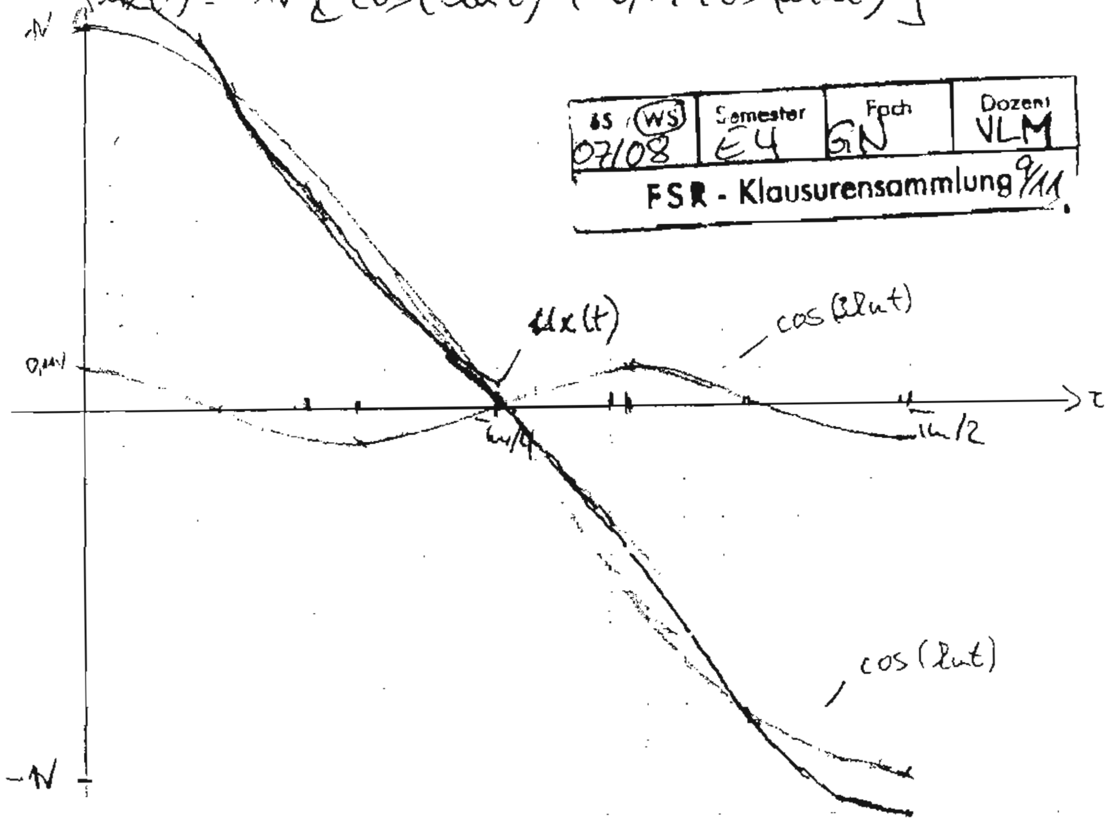
SS / WS	Semester	Fach	Dozent
07/08	E4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 8/11

31.01.08 Aufgabe 4) Benjamin [illegible] 1823576

a) Skizze der ersten beiden Cosinus-Therme.

$u_x(t) = 1V\left[\cos(2\pi t) + 0{,}11\cos(3 2\pi t)\right]$



4/4

b) $u_{m\,max} = 1V + 0{,}11V + 0{,}04V = 1{,}15V$

4/4 $u_{m\,min} = -1V - 0{,}11V - 0{,}04V = -1{,}15V$

(Aus der Zeichnung raus)

c) $U_m(f) = \mathcal{F}\{u_m(t)\}$

Einzelne Transformation der Cosinusse.

$U_1(f) = 1V \cdot \frac{1}{2}\left(\delta(f+F_m) + \delta(f-F_m)\right)$

4/4 $U_2(f) = 0{,}11V \cdot \frac{1}{2}\left(\delta(f+3F_m) + \delta(f-3F_m)\right)$

$U_3(f) = 0{,}04V\,\frac{1}{2}\left(\delta(f+5F_m) + \delta(f-5F_m)\right)$

$U_m(f) = 0{,}5V\left[\delta(f+F_m)+\delta(f-F_m)\right] + 0{,}055V\left[\delta(f+3F_m)+\delta(f-3F_m)\right]$
$+ 0{,}02V\left[\delta(f+5F_m)+\delta(f-5F_m)\right]$

31.01.08

Benjamin [illegible]
1827576

SS (WS)	Semester	Fach	Dozent
07/08	E4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 10/11

Aufgabe 4)

d) $u_c(t) = k \cdot u_m(t) \cdot u_T(t)$

$$= k\,\hat{u}_m\left[\cos(\Omega_m t) + 0{,}11\cos(3\Omega_m t) + 0{,}04\cos(5\Omega_m t)\right] \cdot \hat{u}_T \cos(\Omega_T t)$$

$$u_c(t) = k\,\hat{u}_m\,\hat{u}_T\left[\cos(\Omega_m t)\cos(\Omega_T t) + 0{,}11\cos(3\Omega_m t)\cos(\Omega_T t) + 0{,}04\cos(5\Omega_m t)\cos(\Omega_T t)\right]$$

$$\Rightarrow u_c(t) = \tfrac{1}{2}k\,\hat{u}_m\,\hat{u}_T\Big[\cos((\Omega_m-\Omega_T)t) + \cos((\Omega_m+\Omega_T)t) + 0{,}11\cos(3\Omega_m+\Omega_T)t + 0{,}11\cos(3\Omega_m-\Omega_T)t + 0{,}04\cos(5\Omega_m+\Omega_T)t + 0{,}04\cos(5\Omega_m-\Omega_T)$$

4/4

$$= u_c(t) = \tfrac{1}{4}V\Big[\cos 999\,\text{kHz}\,t + \cos 1001\,\text{kHz}\,t + 0{,}11\cos 997 + 0{,}11\cos 1003\,\text{kHz}\,t + 0{,}04\cos 995\,\text{kHz}\,t + 0{,}04\cos 1005\,\text{kHz}\,t$$

e)

noch 6/8

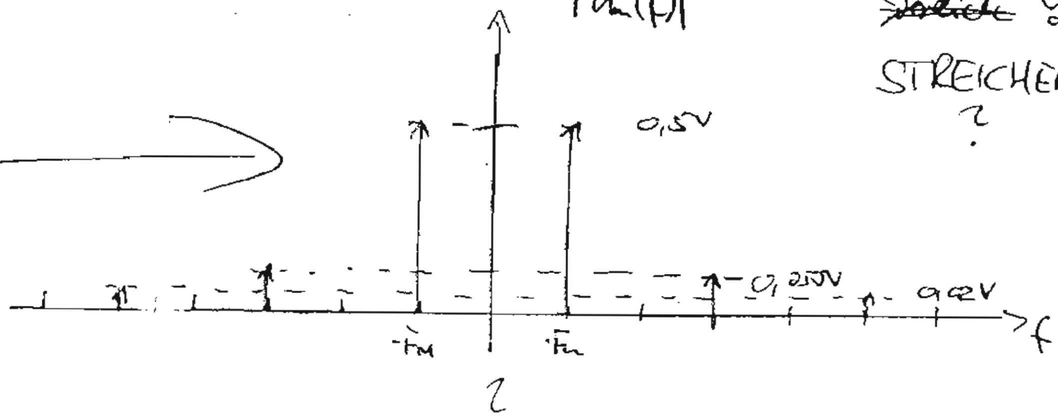
f [kHz]	999	1001	997	1003	995	1005
P [~~m~~W]	5·10^-3		6,05·10^-5		8·10^-6	
P [dBm]	6,99		-12,182		-20,97	

$P = \frac{\hat{u}^2}{2R} = \frac{\hat{u}^2}{2\cdot 50\Omega} = $

$P_{dBm} = 10\,\lg(P/1\,\text{mW})$

f)

noch 4/4



~~Strich~~ ?
STREICHEN?
?

Benjamin Jung
1822576

31.01.08 Aufgabe 4)

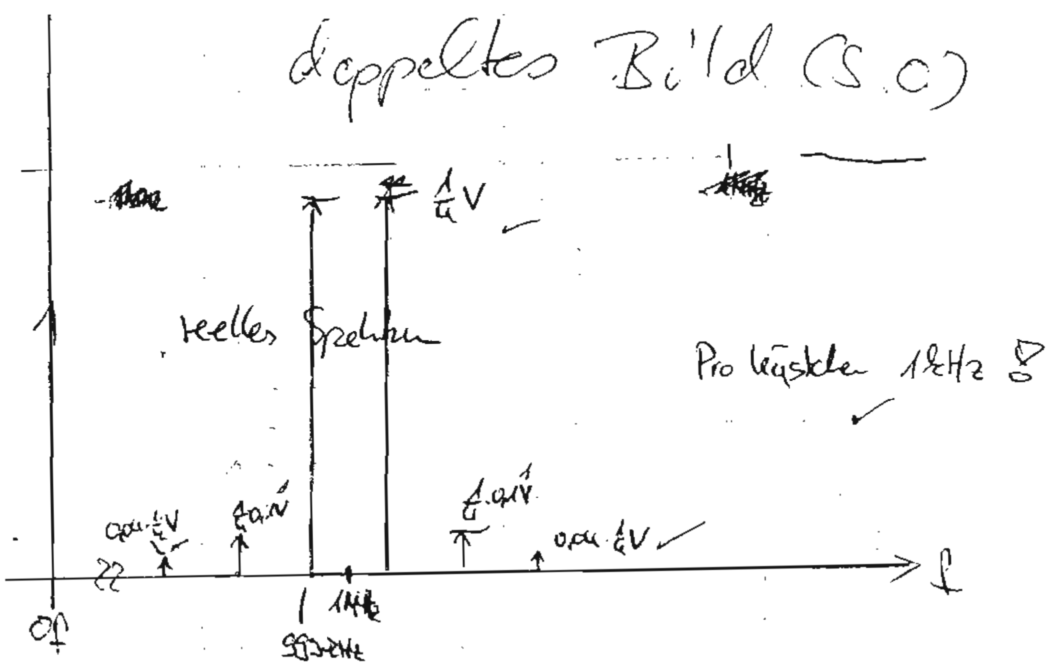
g) Die im R umgesetzte Leistung, müsste die Summe aller Leistungen aus e) sein

2/2

$P_{ges} = 2(5\cdot 10^{-3}W + 2\cdot 1{,}05\cdot 10^{-5}W + 8\cdot 10^{-4}W)$

$= 10{,}137\,mW$

Punkte f)
s.o.



SS / WS	Semester	Fach	Dozent
07/08	E4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung

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

Name: [redacted]

Vorname: [redacted]

Matr.-Nr.: [redacted]

Anzahl der abgegebenen Blätter: ______

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik (E4a) vom 12. Juli 2007

Hinweis 1: Formeln dürfen nur aus dem aktuellen Vorlesungsskript von Prof. Missun übernommen werden (mit Quellenangabe!). Die Verwendung von Formeln aus anderen Quellen ist nur zur Kontrolle erlaubt. Der Lösungsweg ist in diesem Fall anzugeben!

Lösungen ohne Herleitungen erhalten nur eine stark verringerte Punktzahl

	bearbeitet (X = ja)	mögliche Punktzahl	erreichte Punktzahl
Aufgabe 1	X	25	11
Aufgabe 2	X	20	18
Aufgabe 3	X	30	8
Aufgabe 4	X	15	12
(Zusatzaufgabe)		(20)	—
Summe		90	48

Bewertung: 8 Thd

Aufgabe 1 Leitung (25 Punkte)

Gegeben sei schwach gedämpfte Leitung (G'=0) mit den Eigenschaften:

Dämpfung: 4dB/100m, Länge: 50 m, Verzögerung: T=250 ns, Widerstandsbelag: R'=0,5 Ω/m

a) Berechnen Sie den Betrag des Wellenwiderstandes $|Z_W|$, den Verkürzungsfaktor k und die Leitungsbeläge L' und C'.

b) Kann die Leitung ein Signal verzerrungsfrei oder nur nahezu verzerrungsfrei übertragen? Begründen Sie Ihre Antwort (Verständnisfrage!).

Aufgabe 2 Rauschzahl (20 Punkte)

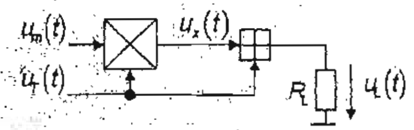
Ein Verstärker habe eine Bandbreite von 100kHz und jeweils 100 Ω Eingangs- und Ausgangswiderstand. Das Eingangssignal habe einen Effektivwert von 3 µV und eine Bandbreite von maximal 100kHz. Neben dem Eingangssignal tritt nur thermisches Rauschen auf (T=300 Kelvin).

a) Am Ausgang soll ein Signal- zu Rauschabstand von 20 dB erreicht werden und die Ausgangsleistung soll 10 pW betragen. Berechnen Sie den minimalen Leistungsverstärkungsfaktor v_p in dB und die maximale Rauschzahl F des Verstärkers.

b) Das Eingangssignal habe nun nur 50kHz Bandbreite. Ein ideales Filter mit 0dB Einfügungsdämpfung, 50kHz Bandbreite ~~und 100kHz~~ und 100 Ω Ein- und Ausgangswiderstand wird nach dem Verstärker eingebaut. Wie groß ist der Signal- zu Rauschabstand am Filterausgang? (Hinweis: Beachten Sie die Rauschleistung.)

Aufgabe 3 Amplitudenmodulation (30 Punkte)

Folgendes System aus Multiplizierer und Addierer wird zur Amplitudenmodulation verwendet.



$u_x(t) = K \cdot u_m(t) \cdot u_T(t)$ mit $K = 0{,}2V^{-1}$
$R_L = 50\,\Omega$

Es gilt $u_m(t) = \hat{u}_1 \cos(\omega_m t) + \hat{u}_2 \cos(3\omega_m t)$ und $u_T(t) = \hat{u}_T \cos(\omega_T t)$ mit $\hat{u}_1$=2V, $\hat{u}_2$=0,5V, $\hat{u}_T$=2V und $\omega_T \gg \omega_m$.

a) Bestimmen Sie die maximalen und minimalen Wert von $u_L(t)$.
(Hinweis: Skizzieren Sie das Signal $u_m(t)$.)

b) Berechnen Sie den Modulationsgrad von $u_L(t)$.

c) Berechnen Sie die Effektivwerte aller Spektrallinien des Ausgangssignals $u_L(t)$.

Aufgabe 4 Klirrfaktorberechnung (15 Punkte)

Eine Verstärkerkennlinie wird beschrieben durch $u_A(u_E) = u_E + a \cdot u_E^3$ mit $a = 0.01 \cdot V^{-2}$. Nun wird ~~ein~~ das Signal $u_E(t) = \hat{u}_E \cos(\omega_0 t)$ auf den Verstärker gegeben wird.

a) Berechnen Sie den Klirrfaktor k als Funktion von a und $\hat{u}_E$.

b) Gegen welchen Wert konvergiert der Klirrfaktor für $\hat{u}_E \to \infty$?

Zusatzaufgabe Filterentwurf (20 Punkte)

Entwerfen Sie ein Butterworthfilter 6-ter Ordnung in Normalform (3dB Dämpfung bei $\omega = \omega_g$).

a) Bestimmen Sie alle Polstellen des stabilen Butterworthfilters und skizzieren Sie diese in der komplexen Ebene

b) Das Übertragungsfunktion kann als Produkt von Teilfunktionen zweiter Ordnung mit reellwertigen Koeffizienten geschrieben werden. Berechnen Sie diese Koeffizienten.

[redacted]

1) Leitung

Dämpfung = $\alpha' = 4dB/100m$ $L = 50m$

15 kHz Verzögerung = $T = 250\mu s$

$R' = 0{,}5\,\Omega/m$

a) $|Z_W| = ?$ $k = ?$ Leitungsbeläge: $L', C' = ?$

$$|Z_W| = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \qquad k = \frac{1}{c_0 \cdot \sqrt{L'C'}} = \frac{v_{ph}}{c_0}$$

$$\alpha = \frac{R'}{2\sqrt{\frac{L'}{C'}}} \Rightarrow \sqrt{\frac{L'}{C'}} = |Z_W| = \frac{R'}{2 \cdot \alpha'} = \frac{R}{2 \cdot \alpha}$$

Diese Werte sind nicht definiert

die m-Einheit kürzt sich sowieso weg und das Verhältnis bleibt auch das selbe

$\alpha' = 4dB/100m$ $a = 2dB$

$L = 50m \Rightarrow \alpha = 2dB \mathrel{\hat=} \underline{1{,}26}$

$$R' = 0{,}5\,\Omega/m \quad R = 2{,}5\,\Omega \Rightarrow |Z_W| = \frac{2{,}5\,\Omega}{2 \cdot 1{,}26} = \underline{0{,}99\,\Omega}$$

$$v_{ph} = \frac{L}{T} = \frac{50m}{250\mu s} = 200 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$$

$$c_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \Rightarrow k = \frac{2 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} = \underline{\frac{2}{3}}$$

$$k = \frac{1}{c_0 \sqrt{L'C'}} = \frac{1}{c_0 \cdot \sqrt{L' \cdot C' \cdot \frac{C'}{C'}}} = \frac{1}{c_0 \cdot C' \sqrt{\frac{L'}{C'}}} = \frac{1}{c_0\, C'\, |Z_W|}$$

$$= \frac{1}{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot C' \cdot 0{,}99 \frac{V}{A}} \Rightarrow C' = \frac{1 \cdot 3 \cdot s \cdot A}{3 \cdot 10^8 m \cdot 2 \cdot 0{,}99 V}$$

$$\underline{C' = 0{,}505\, nF/m}$$

$$|Z_w| = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \Rightarrow L' = |Z_w|^2 \cdot C'$$

$$= \left(0{,}99\,\frac{V}{A}\right)^2 \cdot 0{,}505\,\frac{As}{Vm}$$

$$\underline{\underline{L' = 4{,}95\,\frac{nH}{m}}}$$

b) Das Signal wird nahezu verzerrungsfrei übertragen. Es ist ausschließlich zeitverzögert und gedämpft.

2/5

Warum

[redacted]

2) Rauschzahl

$B = 100\,kHz \quad R_e = R_a = 50\,\Omega \quad U_e = 3\,\mu V \quad T = 300\,K$

a) $SNR_a = 20\,dB \quad P_{Sa} = 10\,pW \quad v_p\,[dB] = ? \quad F = ?$

14/16

$$SNR_a = 10 \cdot \log \frac{P_{Sa}}{P_{Ra}} = 20\,dB$$

$$u_a = \sqrt{P_{Sa} \cdot R_a} = \sqrt{10\,pW \cdot 50\,\Omega} = \underline{\underline{22{,}4\,\mu V}}$$

P für Power

$$V_p = \left(\frac{u_a}{u_e}\right)^2 = \frac{22{,}4\,\mu V}{3\,\mu V} = \underline{\underline{7{,}45}}$$

$$v_p\,[dB] = 20 \cdot \log(v_p) = \underline{\underline{17{,}4\,dB}}$$

$$SNR_e = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{Se}}{P_{Re}}\right) \qquad P_{Se} = \frac{u_e^2}{R} = \frac{(3\,\mu V)^2}{50\,\Omega} = 180\,fW$$

$$SNR_e = 10 \cdot \log \left(\frac{180\,fW}{0{,}414\,fW}\right) \qquad P_{Re} = k \cdot T \cdot B = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{Ws}{K} \cdot 300\,K \cdot 100 \cdot 10^3\,s^{-1}$$

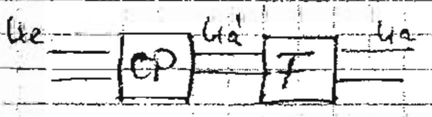
$$SNR_e = 26{,}4\,dB \qquad \underline{P_{Re} = 0{,}414\,fW}$$

$$F = SNR_e - SNR_a$$

$$F = 26{,}4\,dB - 20\,dB = \underline{6{,}4\,dB = 4{,}365}$$

b) $B = 50\,kHz \quad R_e = R_a = 100\,\Omega \quad \cancel{v_p = 6\,dB}$

1



$SNR_{a'} = SNR_a$ aus 2a) $= 26{,}4\,dB \quad (U_a' = U_a$ aus 2a$) = 22{,}4\,\mu V$

[redacted]

3) Amplitudenmodulation

a) $u_x(t) = K \cdot u_m(t) \cdot u_T(t)$ $\qquad K = 0{,}2\,V^{-1}$

$R_L = 50\,\Omega$

12/12

$u_m(t) = \hat{u}_1 \cos(\omega_m t) + \hat{u}_2 \cos(3\omega_m t)$

$u_T(t) = \hat{u}_T \cos(\omega_T t)$ $\qquad \hat{u}_1 = 2V,\ \hat{u}_2 = 0{,}5V$

$\hat{u}_T = 2V,\ \omega_T \gg \omega_m$

$$u_L(t) = u_T(t) + u_x(t)$$
$$= 2V\cos(\omega_T t) + 0{,}2V^{-1}\left(2V\cos(\omega_m t) + 0{,}5V\cos(3\omega_m t)\right) \cdot 2V\cos(\omega_T t)$$
$$= 2V\cos(\omega_T t) + 0{,}2V\left(4\cos(\omega_m t)\cos(\omega_T t) + \cos(3\omega_m t)\cos(\omega_T t)\right)$$

$$\cos(x_1)\cdot\cos(x_2) = \frac{1}{2}\left[\cos(x_1 - x_2) + \cos(x_1 + x_2)\right]$$

$$\Rightarrow \cos(\omega_T t)\cos(\omega_m t) = \frac{1}{2}\left[\cos((\omega_T - \omega_m)t) + \cos((\omega_T + \omega_m)t)\right]$$

$$\cancel{\omega_T \gg \omega_m \Rightarrow \omega_T - \omega_m \approx \omega_T,\quad \omega_T + \omega_m \approx \omega_T}$$
$$\cancel{\Rightarrow \cos(\omega_T t)\cos(\omega_m t) \approx \cos(\omega_T t)}$$
$$\cancel{\cos(}$$

$$u_L(t) = 2V\cos(\omega_T t) + 0{,}4V\cos((\omega_T - \omega_m)t) + 0{,}4\cos((\omega_T + \omega_m)t)$$
$$+ 0{,}1V\cos((\omega_T - 3\omega_m)t) + 0{,}1\cos((\omega_T + 3\omega_m)t)$$

$$u_{Lmax}(t) = 2V + 0{,}4V + 0{,}4V + 0{,}1V + 0{,}1V = \underline{\underline{3V}}$$
$$u_{Lmin}(t) = 2V - 0{,}4V - 0{,}4V - 0{,}1V - 0{,}1V = \underline{\underline{1V}}$$

[redacted]

b) $m = ?$

5/8 $\quad m = \dfrac{u_{t\,max} - u_{t\,min}}{u_{t\,max} + u_{t\,min}} = \dfrac{2V}{4V} = \underline{0{,}5 = 50\%}$

c)

8/10 $\quad u_{eff} = \dfrac{1}{T}\int_0^T u_x(t)\,dt$

$u_1 = \dfrac{2}{T}\left(\int_0^{T/2} 0{,}4\cos((\omega_t-\omega_m)t)\,dt\right)+$

$= -\dfrac{0{,}8}{T}\cdot\dfrac{1}{(\omega_t-\omega_m)}\cdot\left[\sin((\omega_t-\omega_m)t)\right]_0^{T/2}$

$= \dfrac{-0{,}8}{T\cdot\omega_t-\omega_m}\cdot\sin\left((\omega_t-\omega_m)\frac{T}{2}\right)$

$\omega_t \gg \omega_m \Rightarrow \omega_t-\omega_m \approx \omega_t$

$\Rightarrow u_1$

$u_{eff} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\cdot\hat{u}_x$

$\Rightarrow u_1 = 0{,}4V\cdot\cos((\omega_t-\omega_m)t) \quad u_{1eff} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\cdot 0{,}4V = \underline{0{,}566V}$

$u_2 = 0{,}4V\cdot\cos((\omega_t+\omega_m)t) \quad u_{2eff} = \quad \underline{0{,}566V}$

$u_3 = 0{,}1\cdot\cos((\omega_t-\omega_m)t) \quad u_{2eff} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\cdot 0{,}1 = \underline{0{,}141V}$

$u_4 = 0{,}1\cdot\cos((\omega_t+\omega_m)t) \quad u_{3eff} = \quad " \quad = \underline{0{,}141V}$

[redacted]

4) Klirrfaktorberechnung

$$u_A(u_E) = u_E + a \cdot u_E^3 \qquad a = 0{,}01\,V^{-2}$$
$$u_E(t) = \hat{u}_E \cos(\omega_0 t)$$

a) $k(a, u_E) = ?$

4/12

$$k = \sqrt{\frac{\text{Summe aller Oberschwingungen}^2}{\text{Summe aller Gesamtschwingungen}^2}}$$

$$= \frac{a\,[u_E(t)]^3}{u_A(t)} = \frac{(\hat{u}_E \cos(\omega_0 t))^3 \cdot a}{\hat{u}_E \cos(\omega_0 t) + a\,(\hat{u}_E \cos(\omega_0 t))^3}$$

$$= \cancel{\frac{1}{\frac{\hat{u}_E \cos(\omega_0 t)}{a\,u_E}}} = \frac{(\hat{u}_E \cos(\omega_0 t))^2 \cdot a}{1 + (\hat{u}_E \cos(\omega_0 t))^2 \cdot a}$$

$$k = \frac{\hat{u}_E^2 \cos^2(\omega_0 t) \cdot a}{1 + \hat{u}_E^2 \cos^2(\omega_0 t) \cdot a}$$

$$\cos^2(\omega_0 t) = \cos(\omega_0 t)\cos(\omega_0 t) = \frac{1}{2}\left[\underbrace{\cos(0)}_{1} + \cos(2\omega_0 t)\right]$$

$$\Rightarrow k = \frac{\hat{u}_E \cdot a \cdot \frac{1}{2} + \hat{u}_E \cdot a \cdot \frac{1}{2}\cos(2\omega_0 t)}{1 + \hat{u}_E a \frac{1}{2} + \hat{u}_E \cdot a \cdot \frac{1}{2}\cos(2\omega_0 t)}$$

$$= \frac{1 + \cos(2\omega_0 t)}{\frac{2}{\hat{u}_E a} + 1 + \cos(2\omega_0 t)}$$

b) $$k_{u_E \to \infty} = \lim k \to \frac{1 + \cos(2\omega_0 t)}{0 + 1 + \cos(2\omega_0 t)} = \underline{\underline{1}}$$

1/3

07 | F4 | GN | VLM

FSR - Klausurensammlung 1/9

37

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

Name: [redacted]

Vorname: [redacted]

Matr.-Nr.: [redacted]

Anzahl der abgegebenen Blätter: 7

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik (E4a)
vom 12. Juli 2007

Hinweis 1: Formeln dürfen nur aus dem aktuellen Vorlesungsskript von Prof. Missun übernommen werden (mit Quellenangabe!). Die Verwendung von Formeln aus anderen Quellen ist nur zur Kontrolle erlaubt. Der Lösungsweg ist in diesem Fall anzugeben!

Lösungen ohne Herleitungen erhalten nur eine stark verringerte Punktzahl

	bearbeitet (X = ja)	mögliche Punktzahl	erreichte Punktzahl
Aufgabe 1		25	6
Aufgabe 2		20	13
Aufgabe 3		30	18
Aufgabe 4		15	10
(Zusatzaufgabe)		(20)	[redacted] 9
Summe		90	[redacted] 56

Bewertung: 8 Pkt

Aufgabe 1 Leitung (25 Punkte)

Gegeben sei schwach gedämpfte Leitung (G'=0) mit den Eigenschaften:

Dämpfung: 4dB/100m, Länge: 50 m, Verzögerung: T=250 ns, Widerstandsbelag: R'=0,5 Ω/m

a) Berechnen Sie den Betrag des Wellenwiderstandes $|Z_W|$, den Verkürzungsfaktor k und die Leitungsbeläge L' und C'.

b) Kann die Leitung ein Signal verzerrungsfrei oder nur nahezu verzerrungsfrei übertragen? Begründen Sie Ihre Antwort (Verständnisfrage!).

Aufgabe 2 Rauschzahl (20 Punkte)

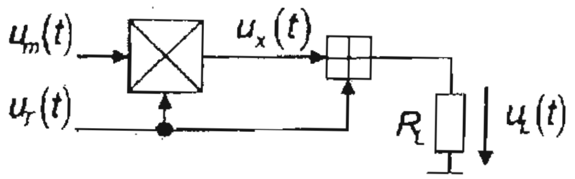
Ein Verstärker habe eine Bandbreite von 100kHz und jeweils 100Ω Eingangs- und Ausgangswiderstand. Das Eingangssignal habe einen Effektivwert von 3µV und eine Bandbreite von maximal 100kHz. Neben dem Eingangssignal tritt nur thermisches Rauschen auf (T=300 Kelvin).

a) Am Ausgang soll ein Signal- zu Rauschabstand von 20 dB erreicht werden und die Ausgangsleistung soll 10 pW betragen. Berechnen Sie den minimalen Leistungsverstärkungsfaktor v_p in dB und die maximale Rauschzahl F des Verstärkers.

b) Das Eingangssignal habe nun nur 50kHz Bandbreite. Ein ideales Filter mit 0dB Einfügungsdämpfung, 50kHz Bandbreite ~~und 100kHz~~ und 100Ω Ein- und Ausgangswiderstand wird nach dem Verstärker eingebaut. Wie groß ist der Signal- zu Rauschabstand am Filterausgang? (Hinweis: Beachten Sie die Rauschleistung.)

Aufgabe 3 Amplitudenmodulation (30 Punkte)

Folgendes System aus Multiplizierer und Addierer wird zur Amplitudenmodulation verwendet.



$u_x(t) = K \cdot u_m(t) \cdot u_T(t)$ mit $K = 0{,}2V^{-1}$
$R_L = 50\,\Omega$

Es gilt $u_m(t) = \hat{u}_1 \cos(\omega_m t) + \hat{u}_2 \cos(3\omega_m t)$ und $u_T(t) = \hat{u}_T \cos(\omega_T t)$ mit $\hat{u}_1$=2V, $\hat{u}_2$=0,5V, $\hat{u}_T$=2V und $\omega_T \gg \omega_m$.

a) Bestimmen Sie die maximalen und minimalen Wert von $u_L(t)$.

(Hinweis: Skizzieren Sie das Signal $u_m(t)$.)

b) Berechnen Sie den Modulationsgrad von $u_L(t)$.

c) Berechnen Sie die Effektivwerte aller Spektrallinien des Ausgangssignals $u_L(t)$.

Aufgabe 4 Klirrfaktorberechnung (15 Punkte)

Eine Verstärkerkennlinie wird beschrieben durch $u_A(u_E) = u_E + a \cdot u_E^3$ mit $a = 0.01 \cdot V^{-2}$. Nun wird ein das Signal $u_E(t) = \hat{u}_E \cos(\omega_0 t)$ auf den Verstärker gegeben wird.

a) Berechnen Sie den Klirrfaktor k als Funktion von a und $\hat{u}_E$.

b) Gegen welchen Wert konvergiert der Klirrfaktor für $\hat{u}_E \to \infty$?

Zusatzaufgabe Filterentwurf (20 Punkte)

Entwerfen Sie ein Butterworthfilter 6-ter Ordnung in Normalform (3dB Dämpfung bei $\omega = \omega_g$).

a) Bestimmen Sie alle Polstellen des stabilen Butterworthfilters und skizzieren Sie diese in der komplexen Ebene.

b) Das Übertragungsfunktion kann als Produkt von Teilfunktionen zweiter Ordnung mit reellwertigen Koeffizienten geschrieben werden. Berechnen Sie diese Koeffizienten.

Θ/WS	Semester	Fach	Dozent
07	E4	GN	VL

FSR - Klausurensammlung 3/4

Klausur SS 2007 [redacted]

Aufgabe 1.

$a' = \frac{4\,dB}{100\,m}$ $\quad l = 50\,m, \; T = 250\,ns$

$R' = 0{,}5 \frac{\Omega}{m} =$

6/20 a)

$\cancel{\alpha = \frac{4\,dB}{100\,m}}$

Approximation gilt nur unter gewissen Bed.

$R = R' \cdot l = 0{,}5\,\Omega \cdot 50\,m = 25\,\Omega$

$k = \frac{v_p}{c_0} = \frac{l}{T \cdot c_0} = \frac{50\,m \cdot s}{250\,ns \cdot 3 \cdot 10^8\,m} = \frac{2}{3} = 0.6\overline{6}$ ✓

$\alpha = \frac{2\,dB}{50\,m} \cdot 50\,m = 2\,dB = \frac{a}{|()|^2}$ f

$k \cdot c_0 = \frac{1}{\sqrt{L' \cdot C'}}$

$\cancel{c_0^2 = \frac{1}{LC}}$ $\qquad \beta = 1 \frac{2\pi \frac{1}{T}}{k \cdot c_0}$

SS / WS	Semester	Fach	Dozent
07	Et	GN	VCM

FSR - Klausurensammlung 4/9

Aufgabe 2)

$B = 100\,kHz$ $\qquad R = 100\,\Omega$

$u_e = 3\,\mu V$ $\qquad T = 300\,K$

$SNR_2 = 20\,dB$

a)

12/16

$$P_{S1} = \frac{(3\,\mu V)^2}{100\,\Omega} = \frac{u_e^2}{R} = 9 \cdot 10^{-14}\,W$$

$$P_{r1} = k \cdot T \cdot B = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{Ws}{K} \cdot 300\,K \cdot 100\,kHz$$
$$= 4{,}14 \cdot 10^{-16}\,W$$

$$\frac{P_{S1}}{P_r} = 217{,}39$$

$$SNR_1 = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{S1}}{P_r}\right) = 23{,}37\,dB$$

$$F_{Ges} = SNR_1 - SNR_2 = 3{,}37\,dB$$

$$F_{Ges}[lin] = 10^{\frac{3{,}37\,dB}{10}} = 2{,}17$$

$$SNR_2 = 10 \cdot \log \frac{P_{S2}}{P_r}$$

$$\Rightarrow P_{S2} = 10^{\frac{SNR_2}{10}} \cdot P_{r2} = 10^{\frac{20}{10}} \cdot \underbrace{4{,}14 \cdot 10^{-16}\,W}_{\cancel{F}} = 4{,}14 \cdot 10^{-14}$$

P_{r1}

$$V_F = \frac{P_{S1}}{P_{S2}} = \frac{9 \cdot 10^{-14}\,W}{4{,}14 \cdot 10^{-14}\,W} = 2{,}17$$

F, korrekt

b)

1/4

$P_{r_2} = k \cdot T B_2 = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{Ws}{K} \cdot 300\,K \cdot 50\,kHz$

$= 2{,}07 \cdot 10^{-16}\,W \quad (= P_{r1})$

$SNR_1 = 10 \cdot \log \frac{P_{s1}}{P_{r_2}} = 10 \cdot \log \left(\frac{9 \cdot 10^{-14}\,W}{2{,}07 \cdot 10^{-16}\,W} \right)$ Glück

$= 26{,}38\,dB$ ← Fehler heben sich auf

$SNR_2 = 10 \log \left(\frac{P_{s2}}{P_{r_2}} \right) = 10 \cdot \log \left(\frac{10\,pW}{2{,}07 \cdot 10^{-16}\,W} \right)$

$= 46{,}84\,dB$

$SNR_{ges} = SNR_1 - SNR_2 = 26{,}38\,dB - 46{,}84\,dB$

$= -20{,}45\,dB$

Aufgabe 3: $\omega_T = \Omega_T$

a) $u_2(t) = u_x(t) + u_T(t)$

12/12 (S.w.)

$= k \cdot u_m(t) \cdot u_T(t) + u_T(t)$

$= u_T(t)\,(1 + k \cdot u_m(t))$

$= 2V \cdot \cos \Omega_T t \left(1 + \frac{0{,}2}{V}\left(2V\cos(\omega_m t) + 0{,}5V\cos(3\omega_m t)\right)\right)$

$= 2V \cdot \cos \Omega_T t \,(1 + 0{,}4\cos(\omega_m t) + 0{,}1\cos(3\omega_m t))$

$\| \cos(\omega_{m_1} t) = 1$ bei $\omega_{m_1} t = 0$

$\Rightarrow 3 \cdot \omega_{m_1} \cdot t = 3 \cdot 0 = 0$

$\Rightarrow u_{2e\,max} = 2V\,(1 + 0{,}4 + 0{,}1) = 3V$

~~$\| \cos(\omega_{m_2} t) = -1$ bei $\omega_{m_2} t = \pi$~~

~~auch $\cos(3\omega_{m_2} t) = \cos(3\pi) = -1$~~

$\Rightarrow$ ~~$u_{2e\,min} = -1 \cdot 2V\,(1 + (-1) \cdot 0{,}4 + (-1) \cdot 0{,}1)$~~

$u_{2e\,min} = -1 \cdot 2V\,(1{,}5) = -3V$

anders gedacht jedoch sei interpretierbar zu Aufgabe 3

b) $u_n = \frac{\cancel{U_{Z\,min}}\; U_Z\; \cancel{max} \quad U_{Z\,min}}{U_{Z\,max} + U_{Z\,min}}$

$=$

0

c) $U_{1\,eff} = \frac{\hat{u}_1}{\sqrt{2}} = \frac{2\,V}{\sqrt{2}} = 1{,}414\,V$

6/10

$U_{2\,eff} = \frac{\hat{U}_1}{2\sqrt{2}} = \cancel{0{,}4}\,V \quad \frac{2\,V}{2\cdot\sqrt{2}} = 0{,}707\,V$

$U_{3\,eff} = \frac{\hat{U}_2}{2\cdot\sqrt{2}} = \frac{0{,}5\,V}{2\cdot\sqrt{2}} = 0{,}176\,V$

(SS) WS 07 | Semester E4 | Fach GN | Dozent VLM
FSR - Klausurensammlung 8/9

Aufgabe 4:

$$u_A(u_E) = u_E + a \cdot u_E^3 \qquad \text{mit } a = 0{,}01\,V^{-2}$$

$$= \hat{u}_E \cdot \cos(\omega_0 t) + a \hat{u}_E^3 \left(\frac{1}{4} (3 \cos(\omega_0 t) + \cos(3\omega_0 t)) \right)$$

10/12

$$= \hat{u}_E \cdot \cos(\omega_0 t) + \frac{3}{4} a\, \hat{u}_E^3 \cos(\omega_0 t) + \frac{a \hat{u}_E^3}{4} \cdot \cos(3\omega_0 t)$$

$$k = \frac{\sqrt{\left(\frac{3}{4} \cdot a \hat{u}_E^3\right)^2 + \left(\frac{a}{4} \cdot \hat{u}_E^3\right)^2}}{\sqrt{\hat{u}_E^2 + \left(\frac{3}{4} a \hat{u}_E^3\right)^2 + \left(\frac{a}{4} \cdot \hat{u}_E^3\right)^2}}$$

falscher Term

Verständnisfehler

$$= \frac{\sqrt{\frac{9}{16} a^2 \hat{u}_E^6 + \frac{a^2}{16} \hat{u}_E^6}}{\sqrt{\hat{u}_E^2 + \frac{10}{16} a^2 \hat{u}_E^6}} = \frac{\frac{\sqrt{10}}{4} a \cdot \hat{u}_E^3}{\sqrt{\hat{u}_E^2 + \frac{10}{16} a^2 \hat{u}_E^6}}$$

b) $\hat{u}_E \to \infty$

0

$$\to \quad k = \frac{\infty^3}{\sqrt{\infty^2 + \infty^6}}$$

Zusatzaufgabe

a) $|H(\Omega)|^2 = \frac{1}{1+\Omega^{2n}} = \frac{1}{1+\Omega^{12}}$

S110 $\quad |H(x)|^2 = \frac{1}{1+x^{12}}$

$\rightarrow 1 + x_{0,k}^{12} = 0$

$\rightarrow x_{0,k}^{12} = -1 = e^{j(\pi + 2k\pi)}$

$x_{0,k} = e^{j\left(\frac{\pi + 2k\pi}{12}\right)}$

stabil ab $\frac{7}{12}\pi$ (und die konjugiert komplex davon
bis $\frac{13}{12}\pi$)

$P(x) = \left(x - e^{j\frac{7\pi}{12}}\right)\left(x - e^{-j\frac{7\pi}{12}}\right)\left(x - e^{j\frac{9\pi}{12}}\right)$

$\left(x - e^{-j\frac{9\pi}{12}}\right) \cdot \left(x - e^{j\frac{11}{12}\pi}\right)\left(x - e^{-j\frac{11}{12}\pi}\right)$

es gibt nur 6 in LHE

b):
0