

Name: Krüsche

Vorname: Hans

Matr.-Nr.: 1855536

Anzahl der abgegebenen Blätter: \_\_\_\_\_

WS	Semester	Fach	Lehrer
05	E4	GN	VL M

FSR - Fachbereich Informations- und Elektrotechnik

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+2+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:	13	Summe:	90 (+20)

### Kleine Formelsammlung:

Verlustfreie Leitung, Länge l		Trigonometrie und Euler	
$ Z_w  = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$	$v_{ph} = \frac{1}{\sqrt{L' C'}}$	$\cos(x) \cdot \cos(y) = [\cos(x+y) + \cos(x-y)]/2$ $\cos(x) = (e^{jx} + e^{-jx})/2$	
$\beta = \frac{\Delta\phi}{l} = \omega \sqrt{L' C'}$	$c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	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	
<b>Rauschzahl</b> $F = \frac{SNR_{\text{Eingang}}}{SNR_{\text{Ausgang}}}$		<b>Informationsgehalt eines Zeichen x</b> $I_x = -\log(p_x) \text{ Bit pro Zeichen}$	
<b>Verfügbare Rauschleistung (thermisch)</b> $P = k \cdot B \cdot T$ Boltzmannkonstante $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Watt} \cdot \text{s/K}$ B: Bandbreite in Hertz, T: Temperatur in Kelvin		<b>Entropie, mittlerer Informationsgehalt</b> $H = -\sum_{n=1}^N p_n \cdot \log(p_n) \text{ Bit pro Zeichen}$	
<b>Gesamtrauschzahl bei Reihenschaltung</b> $F_{\text{Gesamt}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{v_1} + \frac{F_3 - 1}{v_1 \cdot v_2} + \dots$		<b>Redundanz</b> $R = H_{\text{max}} - H$	<b>Maximale Entropie</b> $H_{\text{max}} = \log(N)$

### 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

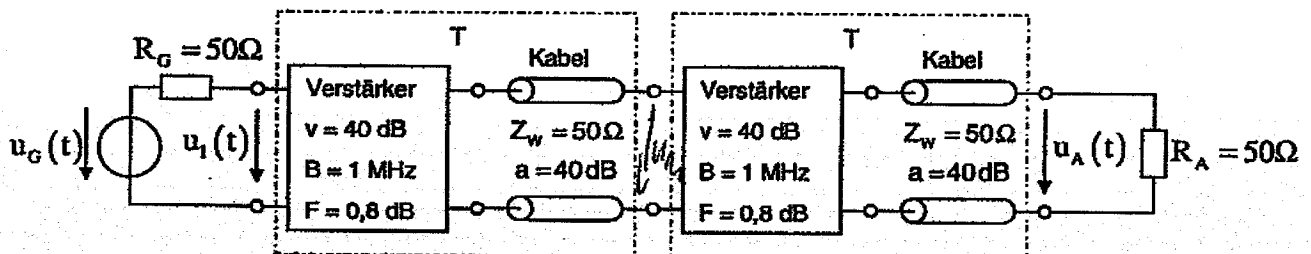
Geben Sie im folgenden immer die Einheiten mit an.

- Berechnen Sie den mittleren Informationsgehalt  $H$  pro Zeichen. Wie viele Bits sind im Mittel zur Übertragung von 200 Zeichen notwendig? (4 Punkte)
- Wie groß ist die Redundanz der Quelle? (2 Punkte)

**Huffman-Codierung des gegebenen Zeichensatzes:**

- Zeichnen Sie einen Codebaum und geben Sie für alle Zeichen den Code an. (10 Punkte)
- Wie viele Bits sind im Mittel zur Übertragung von 200 Zeichens notwendig, wenn Sie die gefundenen Huffman Codes verwenden? (5 Punkte)
- Erklären Sie den Unterschied zwischen einem „physikalischen“ Bit (0,1), z.B. einem Wert in einem Register und einem Bit „Informationsgehalt“. (4 Punkte)
- Zusatzfrage:** Warum sind bei der Huffman Codierung einer Nachricht keine Trennzeichen erforderlich? Erklären Sie die Aussage anschaulich anhand eines Codebaumes. (4 Punkte)

### 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.

- Berechnen Sie  $F_T$  und  $v_T$  eines Teilsystems. (4 Punkte)
- Wie groß ist das SNR des Signals  $u_1(t)$  in dB? (4 Punkte)
- Wie groß ist die Gesamttrauschzahl  $F_{G,A}$  des Systems zwischen  $u_G(t)$  und  $u_A(t)$ ? (4 Punkte)
- Welche Signalleistung muss die Spannungsquelle liefern? (4 Punkte)
- Bestimmen Sie den Effektivwert der Spannung  $u_G(t)$ . (4 Punkte)

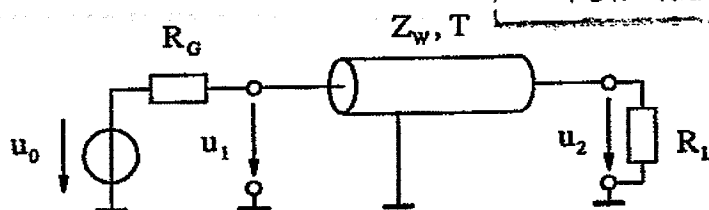
**Zusatzaufgaben:** Nun sollen  $N$  gleiche Teilsysteme wie oben zwischen  $u_1(t)$  und  $u_A(t)$  eingebaut werden. (Die Aufgaben ist ohne die vorherigen Unterpunkte lösbar.)

- Geben Sie für  $v_T = 1$  die Gesamttrauschzahl  $F_{L,A}$  als Funktion von  $N$  und  $F_T$  an. (3 Punkte)
- Nun soll vor dem ersten Teilsystem noch ein Verstärker mit Rauschzahl  $F_0$  und Leistungsverstärkungsfaktor  $v_0 \gg 1$  vorgeschaltet werden. Bestimmen Sie erneut die Gleichung für  $F_{L,A}$ . 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)

WS	Semester	Fach	Dozent
09	E4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 3/15



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 zu klein für eine genaue Messung.

- Bestimmen Sie Ausbreitungsgeschwindigkeit  $v_{ph}$  und Verkürzungsfaktor  $k$ . (3 Punkte)
- Bestimmen Sie die beiden Reflexionsfaktoren  $\rho_L$  und  $\rho_G$ . (3 Punkte)
- 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.

- Bestimmen Sie die Leitungsbeläge  $L'$  und  $C'$ . (4 Punkte)
- 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:

- 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!)

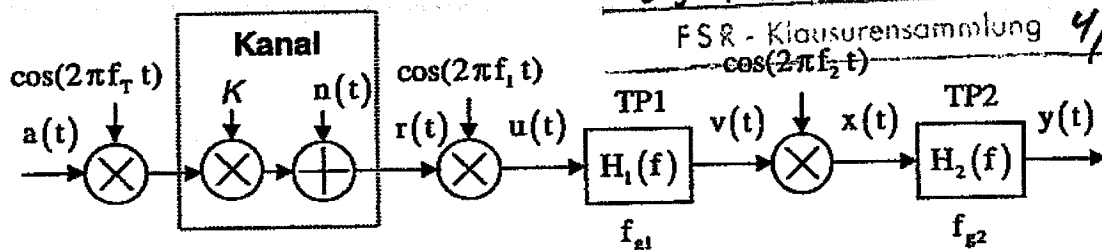
# Aufgabe 4 Modulation (25+4 Punkte)

WS	Semester	Fach	Lehrst.
03	E4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung

$\cos(2\pi f_2 t)$

4/15



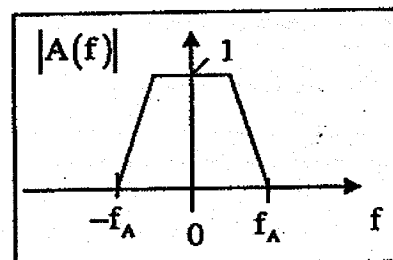
Betrachten Sie das Übertragungssystem. Das zu übertragene Tiefpasssignal  $a(t)$  der Bandbreite  $f_A$  wird auf die Trägerfrequenz  $f_T$  hochgemischt. Das empfangene Signal  $r(t)$  wird in zwei Schritten wieder heruntergemischt, d.h. es gilt  $f_1 + f_2 = f_T$ , wobei  $f_1, f_2 > 0$  und  $f_2 = 2 \cdot f_A \ll f_T$  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 (Spektr) 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.



- Skizzieren Sie  $|R(f)|$ , d.h. den Betrag des Spektrums von  $r(t)$ . (4 Punkte)
- Skizzieren Sie das Spektrum  $|U(f)|$ . (4 Punkte)
- Welche Grenzfrequenz  $f_{g1}$  muss das Tiefpassfilter TP1 mindestens 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)
- Skizzieren Sie das Spektrum  $|X(f)|$ . Beschriften Sie wieder alles vollständig. (4 Punkte)
- Wir wollen, dass  $Y(f) = \alpha \cdot A(f)$  gilt, wobei  $\alpha$  ein konstanter Faktor ist. Welche Grenzfrequenz  $f_{g2}$  darf das Tiefpassfilter 2 maximal haben, damit das gilt? Zeichnen Sie  $|H_2(f)|$  in das Bild von  $|X(f)|$  ein. (5 Punkte)

## Anforderungen einstufiger und zweistufiger Mischer

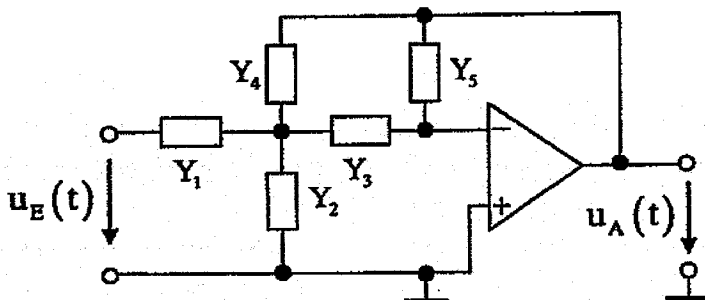
Die Oszillatoren sind nicht perfekt und müssen nachgeregelt werden, um das gewünschte Ausgangssignal zu erreichen. Die Frequenz soll hier in Schritten von 2 Hertz einstellbar sein. Für die Berechnungen gilt  $f_T = 1$  GHz. Die relative Regelgenauigkeit ist durch  $\Delta f_x / f_x$  definiert, dabei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

- Zunächst wird in einem Schritt heruntergemischt. Berechnen Sie die erforderliche relative Regelgenauigkeit des Oszillators. (3 Punkte)
- Zusatzfrage:** Beim dem zweistufigen Mischer gilt nun  $f_1 = 998$  MHz und  $\Delta f_1 / f_1 = 5 \cdot 10^{-6}$ . Der erste Mischer wird nicht geregelt. In welchem Bereich muss  $f_2$  einstellbar sein? Berechnen Sie die erforderliche relative Regelgenauigkeit des zweiten Oszillators. (4 Punkte)

### 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

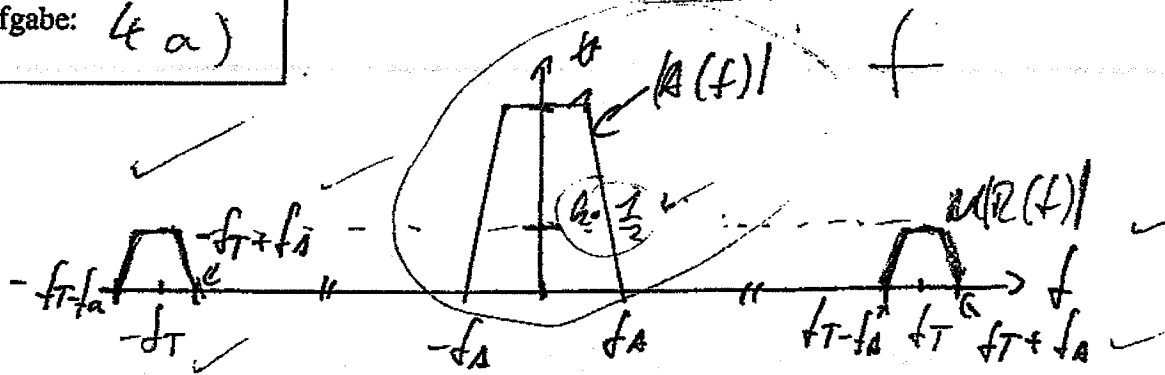
$$H_{TP} = H_0 \cdot \frac{1}{1+s/\omega_g} = H_0 \cdot \frac{1}{1+\tilde{s}} \quad \text{mit } \tilde{s} = \frac{s}{\omega_g}$$

- 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  $1 + \alpha_1 \cdot s + \alpha_2 \cdot s^2 + \dots$ )
- Geben Sie die Übertragungsfunktion  $U_A/U_E$  der Schaltung als Funktion von  $s$  und den Bauelementen in Normalform auf. (3 Punkte)
- Bestimmen Sie aus a) und b)  $R_1$  und  $R_2$  als Funktionen von  $C_1$ ,  $C_2$  und  $\omega_g$ . **Achtung:**  $R_1$  und  $R_2$  dürfen nicht voneinander abhängen. (6 Punkte).
- Nun sei  $C_1 = 3 \cdot C_2 = 3\mu F$ . Berechnen Sie für die Grenzkreisfrequenz  $\omega_g = 2,5 \text{ kHz}$  die Werte von  $R_1$  und  $R_2$ . (4 Punkte)
- Ein Bandpassfilter hat eine Mittenfrequenz  $\omega_m$ . Ist das  $\omega_g$  vom ursprünglichen Tiefpassfilters gleich der Mittenfrequenz  $\omega_m$  des Bandpassfilters? Betrachten Sie dazu die Definition des TP-BP Transformation und das Tiefpassfilter für  $\omega = \omega_g$ . (3 Punkte)
- Allgemeine Frage:** Eine Bandsperre zweiter Ordnung hat die Übertragungsfunktion

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

Kann mit der Schaltung mit Mehrfachrückkopplung eine Bandsperre 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: 4a)

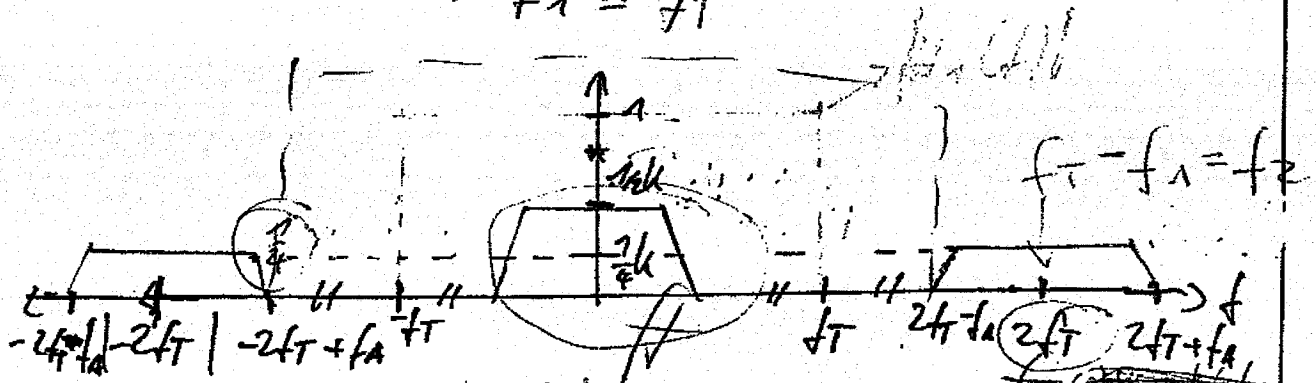


$$R(f) = k \cdot \frac{1}{2} (A(f)) * (\delta(f - f_T) + \delta(f + f_T))$$

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

Aufgabe: 4b)c)

mit  $f_1 + f_2 = f_T$  und  $f_2 = 2 \cdot f_A \ll f_T$   
 $\Rightarrow f_1 \approx f_T$



$$\Rightarrow u(t) = k \cdot a(t) \cdot \cos(2\pi f_T t) \cos 2\pi f_1 t$$

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

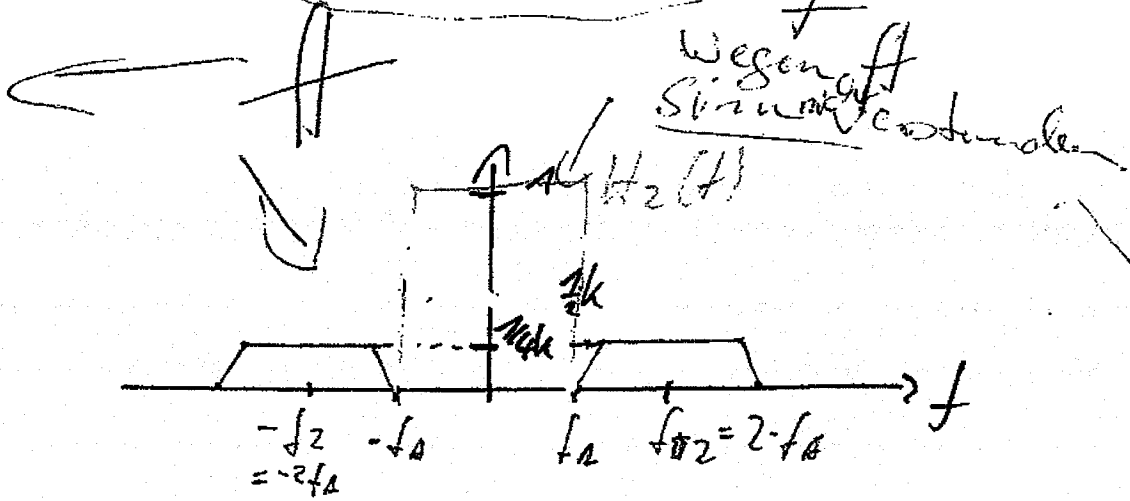
Damit nur Frequenzen mit  $|f| > f_T$  heraus-  
 gefiltert werden, muss der TP eine  $f_g$  von  
 Grenzfrequenz von  $f_g = f_T$  haben.

max. Wert  $f_{\text{freig}}$

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

Aufgabe: 4e)

Das Tiefpass filter darf maxi-  
mal die Grenzfrequenz  $f_g = f_0$   
haben. Also: Nach TP 1  
ist  $v(f) = \frac{1}{2} k A(f)$ . Mit  
es multipliziert ist eine  
Verschiebung  $\Rightarrow$  unter  $H_2(f)$  ist  
nichts !!!

H

Aufgabe: Aufgabe 11

$$H = \sum p_n \cdot \log_2 \left( \frac{1}{p_n} \right)$$

erste 3 zeilen: 0,87916  
 zweite 3 zeilen: 1,34667

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

Es sind 200 zeilen  $\cdot 2,224 \text{ Bit/Zeichen}$   
 $= 444,8 \text{ Bit}$  Notwendig

414

$\approx 446$  (Aufrunden, weil weiter nicht ausreichen)

Aufgabe: 16)

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

012

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

$\rightarrow \text{Redundanz} = 0$

4  
 Lösung stand auf dem Deckblatt

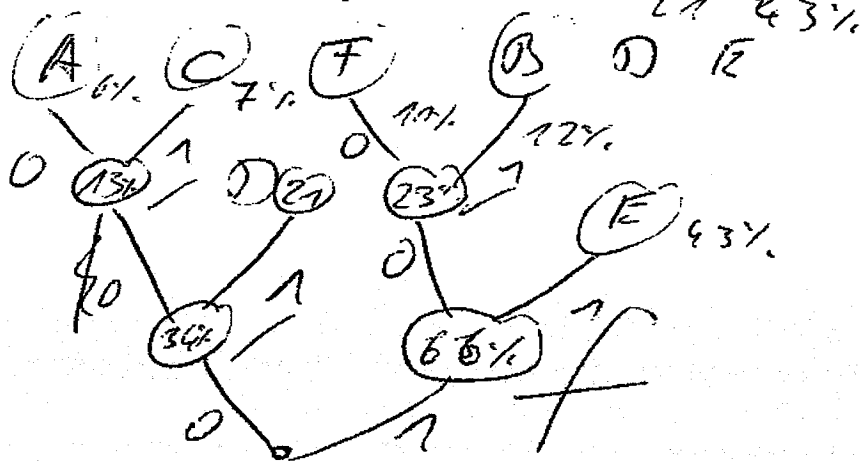


Aufgabe:

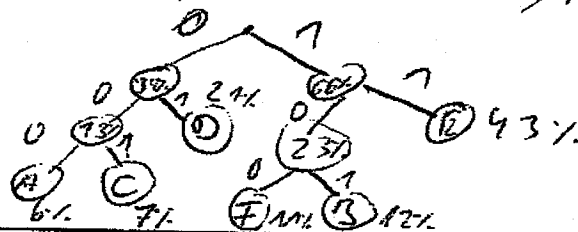
1c)

Sortierung:

8/10



$\Rightarrow A = 000; C = 001; D = 01;$   
 $F = 100; B = 101; E = 11$



Aufgabe:

1) e)

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

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

$\Rightarrow$  Für 200 Zeichen:

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

Man braucht 472 Bit

e) ~~47~~ 1 Physikalischer Bit gibt einen  
 un / aus Zustand an. Bei der Infor-  
 mationstheorie ist dem Bit eine  
 Wahrscheinlichkeit zugeordnet.

=)

Aufgabe:

1f)

Nach mit: A B 0

Cate: 000 101 01

lässt man nun die Trennzeichen  
01 und ~~verdrückt~~ verdrückt ein  
Bit, so stellt man fest, dass der  
diese Kombination nur eine Wahr-  
scheinlichkeit?? mit 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 sehe 0, da 0 → Da ist kein  
Buchstabe, nur eine Wahrscheinlichkeit  
→ muss man weitergehen

Aufgabe:

2a)

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

$$F_1 = 0,2 \text{ dB} = 1,2023$$

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

$$\Rightarrow V_T \quad V_1 = 40 \text{ dB} = 10.000$$

$$\Rightarrow F_T = 1,2023 + \frac{10.000 - 1}{10.000}$$

$$F_T = 1,2034 + \underline{\underline{0,1}}$$

$$V_T = 40 \text{ dB} - 40 \text{ dB} = \underline{\underline{0 \text{ dB}}} = \underline{\underline{1}} \quad \checkmark$$

noch  
3/4

WS	Semester	Fach	Dezent
09	E4	GN	VLM

FSR - Klausurenabteilung 10/15

noch  
3/4

Aufgabe: 2b)

$$SNR_A = 30 \text{ dB} = 1000$$

$$\Rightarrow SNR_{R_{AB}} = F_{AB} + SNR_{A,AB}$$

$$20 \text{ dB} = SNR_A = SNR_{A,1}$$

$$SNR_{A,1} = 1203,4$$

$$SNR_{A,1 \text{ dB}} = 30,8041 \text{ dB}$$

$$SNR_{u,1} = SNR_{A,1} \cdot F_T = 1203,4 \cdot 1,2034$$

$$= 1448,1716$$

$$\Rightarrow SNR_{u,1 \text{ dB}} = 31,6082 \text{ dB}$$

2 Teilsysteme

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



Aufgabe: 2c)

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

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

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

Aufgabe: 2d)

$$P_{S,1} = SNR_e$$

$$P_{N,1} \quad \downarrow f$$

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

$$P_{S,1} = 1448,1716 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290K \cdot 10^4 Hz$$

$$P_{S,1} = 5,7956 \cdot 10^{-12} W \quad \underbrace{4 \cdot 10^{15} W}$$

$$P_{S,1} = 5,7956 pW \quad \text{Tippfehler J.R.}$$

Die Spz-Quelle muss 5,7956 pW  
Signalleistung liefern.

$$P_g = ?$$

Aufgabe: 2e):

$$u_1 = \sqrt{P_S \cdot R} = 1,70223 \cdot 10^{-5} V$$

$$u_1 \approx 17,023 \mu V \quad \#$$

⇒  $u_{g1}$  wegen der Spz-Quelle

$$2 \cdot u_1 = 34,046 \mu V$$

Aufgabe:

2f)

Das ist die gleiche Verstärkung  
 zwischen  $U_S$  und  $U_A$ ,  
 $U_S \rightarrow U_A$   
 was steht  
 oben

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

es geht direkt aus Aufgabe 2c  
 hervor.

← Grundidee ob

Aufgabe:

2g)

$$F_{ges} = 4 + \frac{F_0 - 1}{0,25} + (N - \frac{F_T - 1}{0,25 \cdot V_0})$$

Für lange Distanzen sollte man zwischen  
 den inneren vielen Verstärkern  
 ein Bauelement die Leistungsverluste  
 auszugleichen. <sup>(s. bei dem  $F_T \approx 0$ )</sup> Zusätzlich sollte  
 ein  $V_0$  Verstärker verwendet werden  
 für den hier gilt:  $V_0 \gg 4$

→ Die Dauschzahl wird noch  
 geringer.

noch  
 2/3

noch  
 4/5

Aufgabe: 3a)

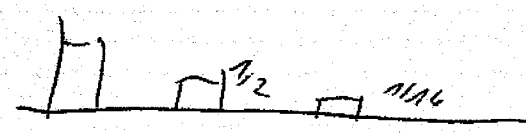
Laufdauer für einen Puls:  $40 \text{ ns}$

Leitg:  $40 \text{ m}$ ; hin und zurück =  $80 \text{ m}$

3/3  $\Rightarrow v_{ph} = \frac{80 \text{ m}}{4 \cdot 10^{-8} \text{ s}} = 195,122 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

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

Aufgabe: 3b)c)



$\underline{f_L = \frac{1}{2}}$  ;  $\underline{f_g = \frac{1}{4}}$

$\Rightarrow 1 \text{ rein; } \frac{1}{2} \text{ zurück; } \frac{1}{8} \text{ wieder hin; } \frac{1}{16} \text{ zurück.}$

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

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

$\underline{R_L = 150 \Omega}$

$f_R = \frac{R_1 - Z_0}{R_1 + Z_0} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{R_1 - 50 \Omega}{R_1 + 50 \Omega} = \frac{1}{4}$

$\frac{4R_1 - 200}{R_1 + 50} = \frac{R_1 + 50}{4}$   
 $4R_1 - 200 = \frac{R_1 + 50}{4}$   
 $16R_1 - 800 = R_1 + 50$   
 $15R_1 = 850$   
 $R_1 = 56,67 \Omega$

Aufgabe:

3b/c)

$$\rho_E = \frac{Z_0 - R_1}{Z_0 + R_1} = \frac{1}{4} = \frac{50 - R_1}{50 + R_1} \quad (\text{S.E.})$$

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

$$R_1 = 30 \Omega$$

Aufgabe:

3d)

$$R_C = 125 \Omega; R_{CA} = 100 \Omega$$

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

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

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

$$Z_0 = 50 \Omega = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{16} \frac{1}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}}{4 \cdot 10^{16} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot C'}}$$

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

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

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

$$\underline{\underline{L' = 250 \text{ nH/m}}}$$

1198  
4/4