

Klausur: Grundlagen der Nachrichtentechnik (E4)

vom 4. Februar 2009

Lösungen ohne Herleitungen und die korrekte Angabe der Einheiten erhalten nur eine ver-ringerte 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:	1/3	Summe:	90 (+20)

Kleine Formelsammlung:

Verlustfreie Leitung, Länge l		Trigonometrie und Euler	
$ Z_w = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$	$v_{ph} = \frac{1}{\sqrt{L' \cdot C'}}$	$\cos(x) \cdot \cos(y) = [\cos(x+y) + \cos(x-y)]/2$ $\cos(x) = (e^{jx} + e^{-jx})/2$	
$\beta = \frac{\Delta\phi}{l} = \omega \sqrt{L' \cdot C'}$	$c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	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 Nachrichten- quellen mit N verschiedenen Zeichen	
Rauschzahl $F = \frac{SNR_{\text{Eingang}}}{SNR_{\text{Ausgang}}}$		Informationsgehalt eines Zeichen x $I_x = -\log(p_x) \text{ Bit pro Zeichen}$	
Verfügbare Rauschleistung (thermisch) $P = k \cdot B \cdot T$ Boltzmannkonstante $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Watt} \cdot \text{s/K}$ B: Bandbreite in Hertz, T: Temperatur in Kelvin		Entropie, mittlerer Informationsgehalt $H = -\sum_{n=1}^N p_n \cdot \log(p_n) \text{ Bit pro Zeichen}$	
Gesamtrauschzahl bei Reihenschaltung $F_{\text{Gesamt}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{V_1} + \frac{F_3 - 1}{V_1 \cdot V_2} + \dots$		Redundanz $R = H_{\text{max}} - H$	Maximale Entropie $H_{\text{max}} = \log(N)$

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

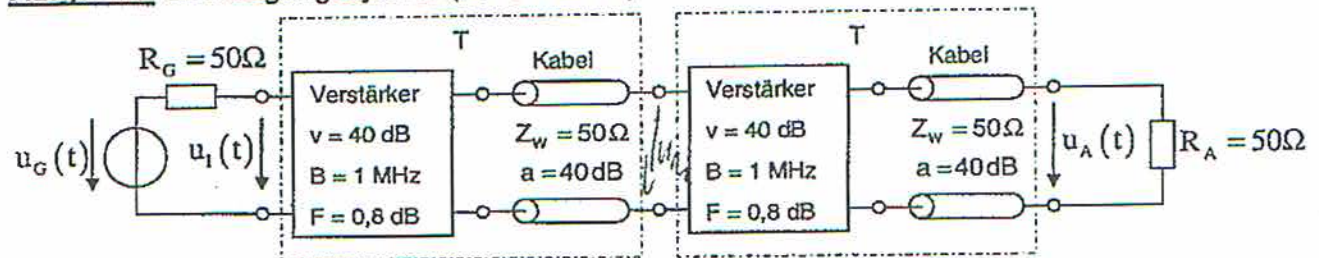
Geben Sie im folgenden immer die Einheiten mit an.

- 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.

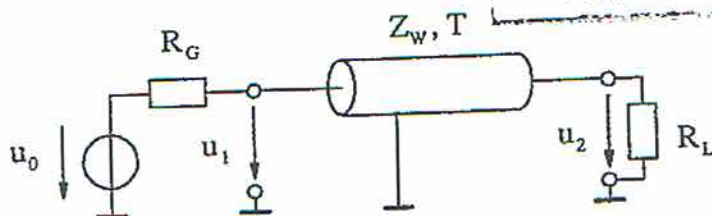
- Berechnen Sie F_T und v_T eines Teilsystems. (4 Punkte)
- Wie groß ist das SNR des Signals $u_1(t)$ in dB? (4 Punkte)
- Wie groß ist die Gesamtrauschzahl $F_{G,A}$ des Systems zwischen $u_G(t)$ und $u_A(t)$? (4 Punkte)
- Welche Signalleistung muss die Spannungsquelle liefern? (4 Punkte)
- Bestimmen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

Seite des	Semester	Fach	Prüfung
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 ρ_L und ρ_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)

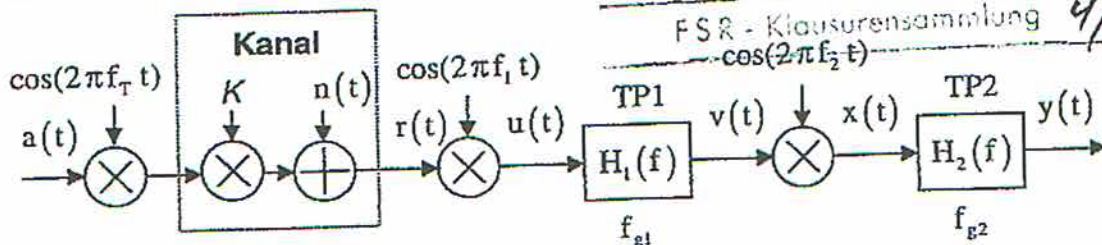
Zusatzaufgabe, allgemeine Fragen zu Leitungen:

- 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	Lehrstuhl	Fach	Prüfung
03	E4	GN	VLM

FSR - Klausurensammlung 4/15

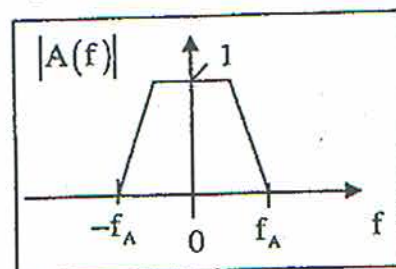


Betrachten Sie das Übertragungssystem. Das zu übertragene Tiefpasssignal $a(t)$ der Bandbreite f_A wird auf die Trägerfrequenz f_T hochgemischt. Das empfangene Signal $r(t)$ wird in zwei Schritten wieder heruntergemischt, d.h. es gilt $f_1 + f_2 = f_T$, wobei $f_1, f_2 > 0$ und $f_2 = 2 \cdot f_A \ll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

$$A(f) = \mathcal{F}\{a(t)\}.$$



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 α 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

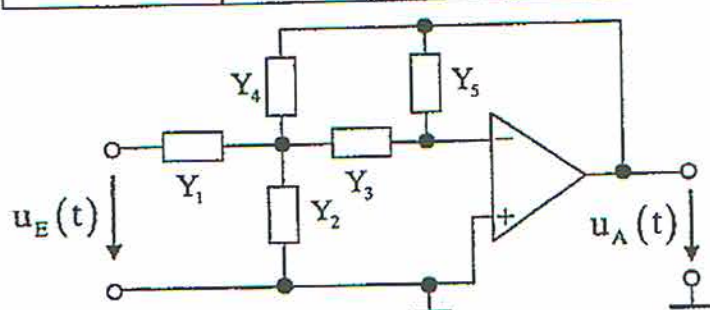
Die Oszillatoren sind nicht perfekt und müssen nachgeregelt werden, um das gewünschte Ausgangssignal zu erreichen. Die Frequenz soll hier in Schritten von 2 Hertz einstellbar sein. Für die Berechnungen gilt $f_T = 1$ GHz. Die relative Regelgenauigkeit ist durch $\Delta f_x / f_x$ definiert, dabei ist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

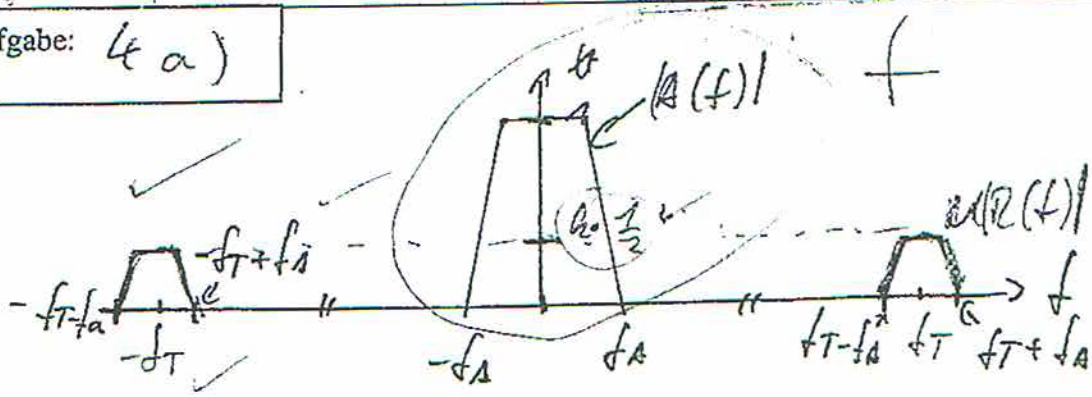
$$H_{TP} = H_0 \cdot \frac{1}{1 + s/\omega_g} = H_0 \cdot \frac{1}{1 + \tilde{s}} \quad \text{mit } \tilde{s} = \frac{s}{\omega_g}$$

- 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 ω_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 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)
- 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)

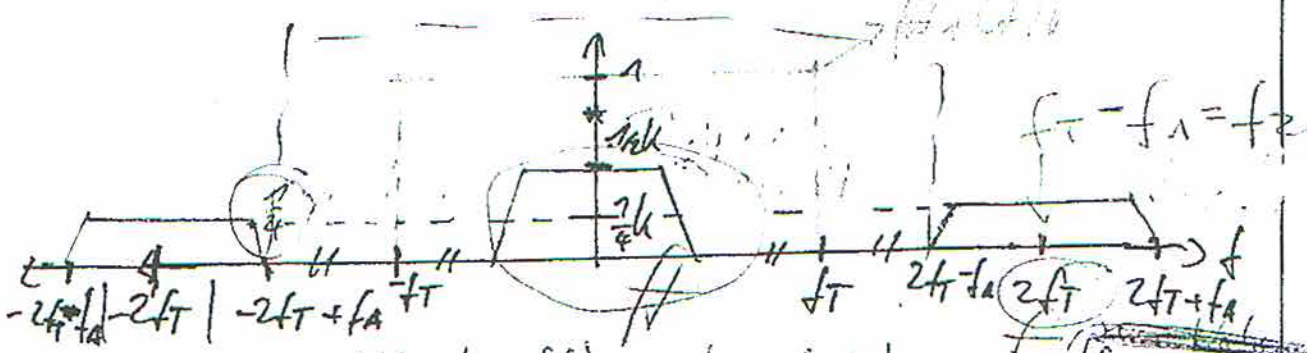


$$R(f) = k \cdot \frac{1}{2} (A(f)) * (\delta(f - f_T) + \delta(f + f_T))$$

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

Aufgabe: 4b)

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



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

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

Damit nur Frequenzen mit $|f| > f_T$ herausgefiltert werden, muss das TP eine fg von Grenzfrequenz von $f_g = f_T$ haben.

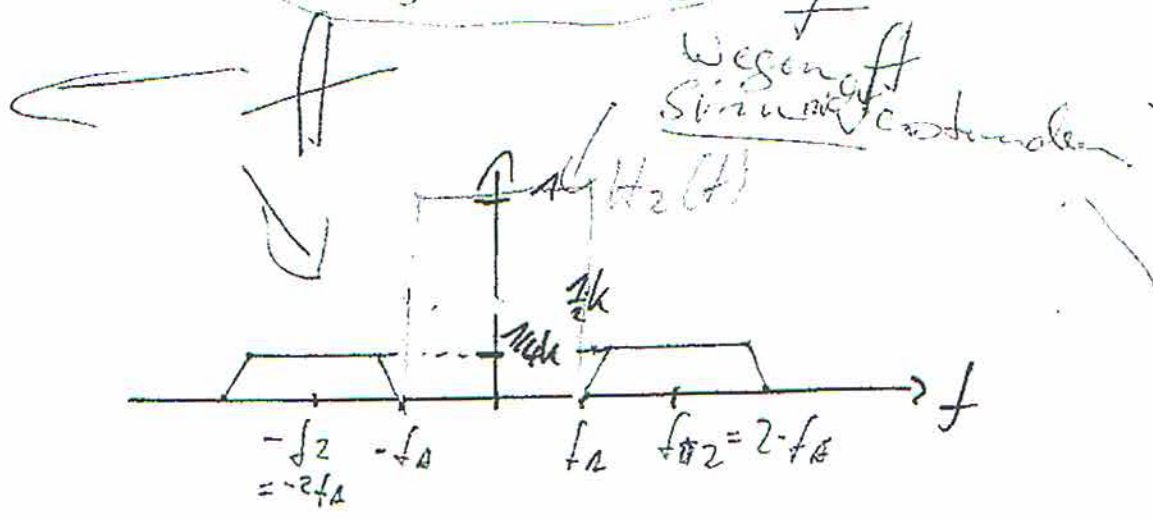
max war gefragt

Aufgabe: 4d)

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

$$V(f) = \frac{1}{2} k_0 |A(f)|$$

noch
3/4



Aufgabe: 4e)

noch
3/4

Das Tiefpass filter hat maximal die Grenzfrequenz $f_g = f_A$ haben. Aber: Nach TP 1 ist $V(f) = \frac{1}{2} k A(f)$. Mit cm multipliziert ist eine Verschiebung \Rightarrow unter $H_2(f)$ ist nichts !!!

H

Aufgabe: Aufgabe 11

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

bei 3 Zeichen: 0,87916

zwischen 3 Zeichen: 1,34667

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

⇒ Es sind 200 Zeichen · 2,224 Bit/Zeichen

$$= 444,8 \text{ Bit Notwendig}$$

$$\approx 446 \quad (\text{Aufrunden, weil weiter wird ausreichen})$$

414

Aufgabe: 16)

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

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

$$\Rightarrow \text{Redundanz} = 0.$$

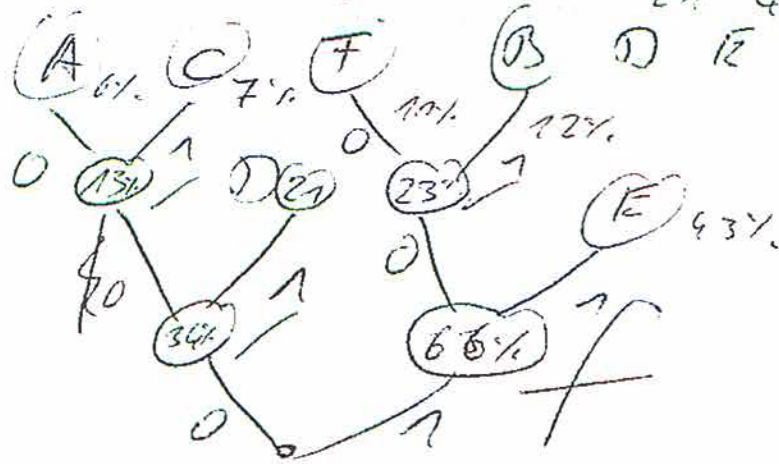
012

4
Lösung stand auf dem Deckblatt

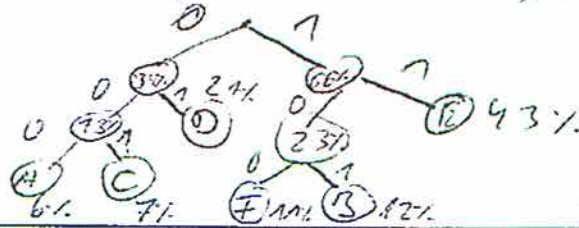
Aufgabe: 1c)

Sortierung:

8/10



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



Aufgabe: 1) e)

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

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

\Rightarrow Für 200 Zeichen:

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

Man braucht 472 Bit

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

=)

Aufgabe: 14) Rad mit: 4000

Cost me - die Ironzeit
 Das wird ~~verloren~~ und verisst
 Bid, so stellt man fest, dass da
 diese Kombination nur eine Val.
 schenke ich? mit also die
 Bundesbank zugewandt ist.

es ist fast ~~mit~~ in der Union an 1

und geht so - bis man einen

~~best-Buchstaben hat~~ ~~Wann kann man~~

Bsp. 3d. Ich sehe 0, 1, 2, 3 Da ist kein
 Bundesbank, man muss man selber

Aufgabe: 2a)

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

$$F_1 = 0,8 \cdot 1,2023 = 1,2023$$

$$F_2 = \frac{1}{1} = 1,2023 = 10000$$

$$V_T = 1,2023 + 10000 = 10000$$

$$F_T = 1,2023 + 10000 = 10000$$

$$F_T = 1,2023 + 10000 = 10000$$

$$V_T = 10000 - 10000 = 0$$

FSR - Klausurkommission	10/11	10/11	10/11	10/11
FSR - Klausurkommission	10/11	10/11	10/11	10/11

noch 3/4

weil 3/4

Aufgabe: 2b)

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

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

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

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

$$SNR_{A1,dB} = 30,8047 \text{ dB}$$

$$SNR_{u1} = SNR_{A1} \cdot F_T = 1203,4 \cdot 1,2034$$

$$= 1448,1716$$

$$\Rightarrow SNR_{u1,dB} = 31,6082 \text{ dB}$$

(2) Teleskop

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



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: 2c)

Aufgabe: 2d)

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

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

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

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

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

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

Die Spzquelle muss 5,7956 pW
Signalleistung liefern.

$$P_g = ?$$

Aufgabe: 2e):

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

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

\Rightarrow u_g ist wegen den Spzskalen

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

Aufgabe:

2f.

Das ist die Stärke Verstärker
zwischen U_S und U_A
 $U_S \rightarrow U_A$
Wär steigt ab

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

es geht direkt aus Aufgabe 2c
heraus.

← Grundidee ab

Aufgabe:

2g)

F_T , nach drin

$$F_{ges} = 4 + \frac{F_0 - 1}{0,25} + (N - \frac{F_T - 1}{0,25 \cdot v_0})$$

F_0 Länge drehen sollte man zwischen
den inneren vielen Verstärker
ein Bauelement die Leistungsverluste
Aus zu gleichen. ^(also dann $v_0 \geq 0$) Zusätzlich sollte
ein v_0 verstellbar verwendet werden
für den hier gilt: $v_0 \gg 4$

→ Die Rauschzahl wird noch
geringer.

Aufgabe: 3a)

Laufdauer für einen Puls: $4 \cdot 10^{-8}$

Leitg: 40 m ; hin und Rück = 80 m

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

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

Aufgabe: 3b)c)



$p_L = \frac{1}{2}$ i $p_g = \frac{1}{4}$

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

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

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

$R_L = 150 \Omega$

~~$p_R = \frac{R_1 - Z_0}{R_2 + Z_0} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{R_1 + 50 \Omega}{250 \Omega + 2R_1} = \frac{1}{4}$~~

$\frac{Z_0 \cdot R_1}{R_1 + Z_0} = \frac{200}{150} = \frac{4}{3} R_1 \Rightarrow R_1 = 30 \Omega$

Wert nicht für

Aufgabe:

3b/c)

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

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

$$R_1 = 30 \Omega$$

Aufgabe:

3d)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Name: _____

Vorname: Simon

Matr.-Nr.: _____

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.

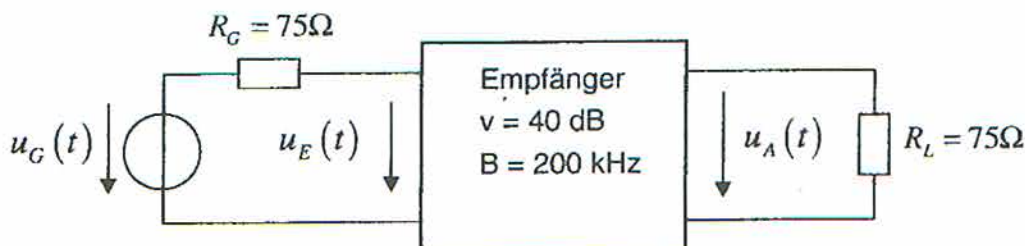
	bearbeitet (X = ja)	mögliche Punktzahl	erreichte Punktzahl
Aufgabe 1		15	15
Aufgabe 2		20	1
Aufgabe 3		25	19
Aufgabe 4		30	23
(Zusatzaufgabe)		(25)	—
Summe		90	58

Bewertung: _____

127

Aufgabe 1 Empfangssystem (15 Punkte)

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

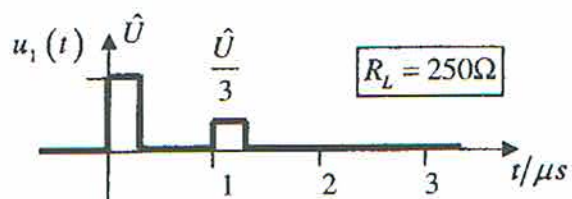
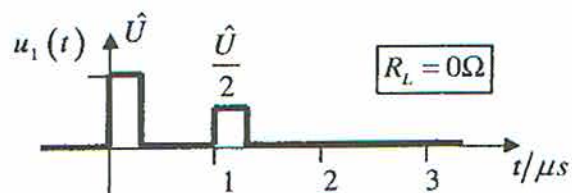
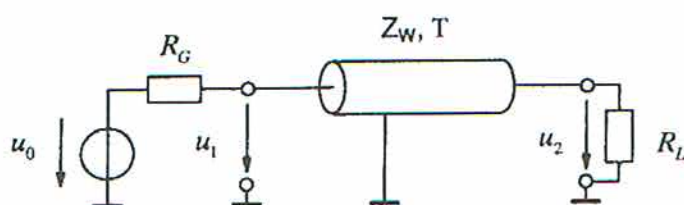


- Welche Rauchzahl muss der Empfänger haben?
- Bei welcher effektiven Generatorspannung U_G sinkt das SNR auf 6,02dB?

Aufgabe 2 Leitung (20 Punkte)

01/WS	Semester	Fach	Dozent
08	E4	GN	V/M
FSR - Klausurensammlung 7/10			

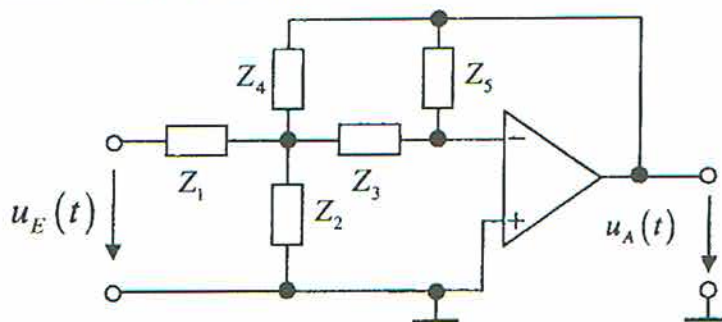
Auf eine schwach gedämpfte Leitung ($G'=0$) von 100 Meter Länge wird ein Rechteckimpuls gegeben. Die Bilder zeigen die Eingangsspannung $u_1(t)$ für die Fälle $R_L=0\ \Omega$ und $R_L=250\ \Omega$. Nehmen Sie den Wellenwiderstand Z_W immer als rein reellwertig an.



- Wie ist das Verhältnis R_G/Z_W ? (Verständnisfrage ohne Rechnung.)
- Bestimmen Sie Z_W , die Leitungsbeläge L' , R' , C' und den Ausbreitungskoeffizienten γ .
- 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 $f_g = 1\text{ kHz}$ realisiert werden.



werden.

- 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 $1 + \alpha_1 \cdot (j\omega) + \alpha_2 \cdot (j\omega)^2 + \dots$)
- Nun sein $C_3 = 100\text{ nF}$, $R_2 = 400\ \Omega$ und $U_A/U_E \rightarrow -1$ für $\omega \rightarrow \infty$. Berechnen Sie die Werte der unbekannten Bauelemente.