

Probeklausur Sommer 2004

Name, Vorname: _____
 Matrikelnummer: _____

Aufgabe	1	2	3	4	5	Gesamt
Punkte	(17 Punkte)	(24 Punkte)	(22 Punkte)	(14 Punkte)	(23 Punkte)	(100 Punkte)

Aufgabe 1 (17 Punkte)

Zum Empfang mehrerer Audiokanäle wird ein Überlagerungsempfänger gemäß Bild 1.1 eingesetzt, der das gewünschte Signal zunächst auf eine feste Zwischenfrequenz f_{IF} herabmischet. Der HF-Bandpass ist zunächst so eingestellt, dass der gesamte Empfangsbereich durchgelassen wird.

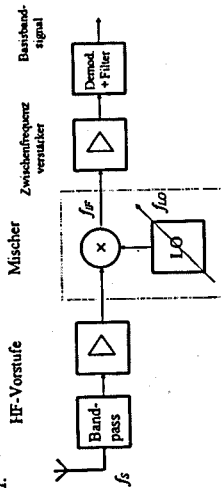


Bild 1.1

- Um ein Signal der Frequenz $f_s = 2$ MHz herunterzumischen wird dieses mit einer Pumpfrequenz von $f_{LO} = 1,6$ MHz multipliziert. Geben Sie die zugehörige Spiegelfrequenz f_{IF} an. Wie groß ist die Zwischenfrequenz f_{IF} des Empfängers? Um was für eine Abwärtsmischung handelt es sich?
- Bestimmen Sie den Pumpfrequenz- sowie den Spiegelfrequenzbereich für einen Empfangsbereich von 1,8 – 3,0 MHz. Welcher Empfangsbereich kann nur gestört empfangen werden? Tragen Sie den Spiegelfrequenzbereich, den Pumpfrequenzbereich sowie den Empfangsbereich auf einer Frequenzachse auf und markieren Sie den gestörten Empfangsbereich.
- Nun soll der Empfangsbereich so eingeschränkt werden, dass alle empfangenen Frequenzen ungestört empfangen werden können. Welche Bandbreite darf der ideale HF-Bandpass mit einer Mittenfrequenz von $f_m = 2,4$ MHz dann maximal besitzen?

Aufgabe 2 (24 Punkte)

Betrachtet wird der in Bild 2.1 dargestellte Empfangszweig einer Satellitenübertragungsstrecke. Alle Elemente besitzen eine Übertragungsbandbreite von $B_n = 2,5$ MHz. Außerdem herrscht an allen Punkten Leistungsanpassung.

- Die Freiraumdämpfung für den Downlink beträgt $a_F = 200$ dB bei einem Abstand von $d = 36\,000$ km zwischen dem Satelliten und der Bodenstation. Bei welcher Wellenlänge λ wird die Satellitenverbindung betrieben?
- Wie groß ist der Gewinn der Sendeanenne G_s , wenn an der Bodenstation (Punkt 2) der Signalleistungspegel $L_{S2} = -80$ dBm beträgt? Berechnen Sie aus dem gegebenen Signalleistungspegel L_{S2} die Rauschleistung P_{n2} und die entsprechende Rauschtemperatur T_{R2} . Rauschabstand SNR_2 die Rauschleistung P_{n2} und die entsprechende Rauschtemperatur T_{R2} .
- An die Antenne wird unmittelbar der Verstärker 1 mit den Daten $g_1 = 20$ dB, $F_1 = 6$ dB angeschlossen. Nach einer 20 m langen verlustbehafteten Leitung schließt der Verstärker 2 mit den Daten $g_2 = 30$ dB, $F_2 = 10$ dB an.
- Wie groß ist die äquivalente Rauschtemperatur T_L der Leitung. Bestimmen Sie die Systemrauschteperatur T_{S2} am Punkt 2. Wie groß ist der Signal-Rauschabstand SNR_2 am Ausgang des Verstärkers 2?
- Wie groß ist die Signalaufbereitung steht nun ein weiterer Verstärker mit den Daten $g_3 = 30$ dB, $F_3 = 6$ dB zur Verfügung. Welche zwei der drei Verstärker würden Sie in welcher Reihenfolge einsetzen um ein maximales SNR_3 am Eingang des Empfängers zu erhalten? Kurze Begründung!

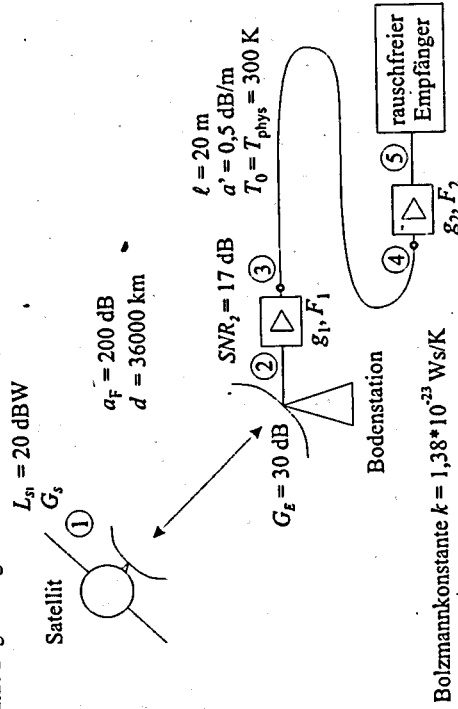


Bild 2.1: Empfangszweig einer Satellitenübertragungsstrecke

Bolzmannkonstante $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ W/s/K

Aufgabe 3 (22 Punkte)

Aus Gründen der Frequenzökonomie erfolgt die Bildübertragung in den VHF- und UHF-Fernsehbereichen durch Amplitudenmodulation der hochfrequenten Trägerschwingung $s_0(t) = A_0 \cos(2\pi f_0 t)$. Bild 3.1 zeigt den AM-Modulator eines Senders bei $f_0 = 200$ MHz. Die Amplitude des Trägers beträgt 800 V.

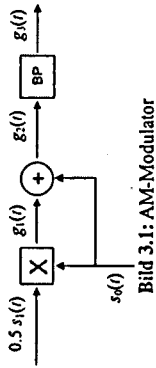


Bild 3.1: AM-Modulator

a.) Geben Sie das Ausgangssignal $g_1(t)$ nach dem Produktmodulator an für folgendes Signal: $s_1(t) = \cos(2\pi f_1 t)$ mit $f_1 = 5$ MHz. Um welche AM handelt es sich? Welche Leistung bezogen auf einen Widerstand $R = 40 \Omega$ besitzt dieses AM-Signal?

b.) Ermitteln Sie das Ausgangssignal $g_2(t)$ nach dem Addierer und skizzieren Sie das zugehörige Amplitudendichtespektrum $G_2(f)$. Wie groß ist der Modulationsgrad m ? Welche Leistung bezogen auf einen Widerstand $R = 40 \Omega$ besitzt dieses AM-Signal?

c.) Bestimmen Sie das Signal $g_3(t)$ nach dem Bandpaß mit der Übertragungsfunktion $H_{BP}(f)$ in Bild 3.2. Um welche Modulationsart handelt es sich? Welche Leistung bei $R = 40 \Omega$ besitzt dieses Signal? Skizzieren Sie qualitativ die Amplitudendichtespektren zu $g_2(t)$ und $g_3(t)$ für ein Signal $s_1(t)$ mit einem Amplitudendichtespektrum $S_1(f)$ gemäß Bild 3.3.

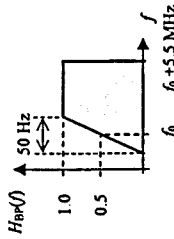


Bild 3.2

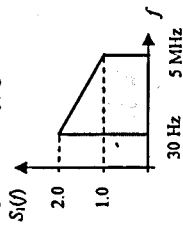


Bild 3.3

Aufgabe 4 (14 Punkte)

Betrachtet wird das PCM-System in Bild 4.1. Der Abtaster arbeitet mit einer Abtastfrequenz $f_p = 1$ kHz. Der Quantisierer besitzt die Kennlinie gemäß Bild 4.2.

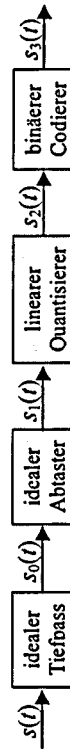


Bild 4.1

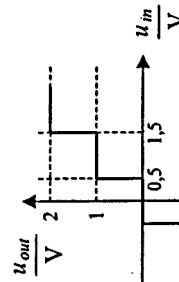


Bild 4.2

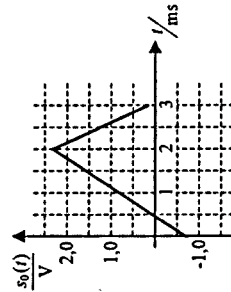


Bild 4.3

- a) Welche Aufgabe hat der Tiefpass und welche Grenzfrequenz f_g ist dafür erforderlich?
- b) Nun wird ein Ausschnitt des Testsignals $s_0(t)$ gemäß Bild 4.3 betrachtet. Zeichnen Sie für diesen Fall das abgetastete und quantisierte Signal $s_2(t)$ mit Achsenbeschriftung.
- c) Das quantisierte Signal wird nun binär codiert, so dass eine bipolare Ausgangsbitfolge (+1 V, -1 V) entsteht. Welche Codewortlänge ist mindestens notwendig? Erstellen Sie eine Codeworttabelle, indem Sie jeder Quantisierungsstufe ein Codewort zuweisen, so daß das Kriterium für einen Gray-Code erfüllt ist. Zeichnen Sie das codierte Signal $s_3(t)$ mit Achsenbeschriftung.

d) Welche Bitrate R_b ergibt sich für diesen Fall und welche Übertragungsbandbreite B_u wird für diese Übertragung benötigt?

Aufgabe 5 (23 Punkte)

Für eine Richtfunkübertragung digitaler Sprachsignale soll eine Amplitudenuntastung mit 2 Amplitudenzuständen (0 und A_2) oder 4 Amplitudenzuständen (0, A_4 , $2A_4$; $3A_4$) verwendet werden. Zur Übertragung steht eine RF-Bandbreite von $B_{RF} = 4$ MHz zur Verfügung. Sowohl im Sender als auch im Empfänger wird ein \sqrt{rc} -Tiefpassfilter (Wurzel raised-cosine oder cos-roll-off-Filter) eingesetzt. Gegenüber dieser Bandbegrenzung kann die Charakteristik des physikalischen Funkkanals als konstant angenommen werden: $H_c(f) = 1$.

- a) Was ist ein Matched-Filter? Welche Bedingungen muss es erfüllen?
- b) Welche Bitübertragungsrate R_b lässt sich mit 2 oder 4 Amplitudenzuständen (2-ASK oder 4-ASK) erzielen, wenn der roll-off-Faktor $r = 0.25$ bzw. $r = 0.5$ ist?
- c) Nennen Sie kurz die Vor- und Nachteile der 4-ASK gegenüber einer 2-ASK. Wie groß ist das Verhältnis der jeweiligen Euklidischen Distanzen ($d_{2,4}/d_{2,2}$) bei gleicher mittlerer Leistung $P_4 = P_2$. Zeichnen Sie jeweils ein IQ-Diagramm für die Amplitudenuntastung mit 2 Amplitudenzuständen und die Amplitudenuntastung mit 4 Amplitudenzuständen und zeichnen Sie die Euklidischen Distanzen $d_{2,2}$ und $d_{2,4}$ ein.
- d) Bestimmen Sie die äquivalente Rauschbandbreite des \sqrt{rc} -Empfangsfilters in MHz für $B_{RF} = 4$ MHz und die roll-off-Faktoren $r = 0.25$ und $r = 0.5$.

e) Wie groß darf der roll-off-Faktor r maximal sein, um mit 4-ASK das Frequenzmultiplexsignal mit 80 digitalen Sprachkanälen von je 64 kbit/s bei $B_{RF} = 4$ MHz übertragen zu können?