

Martin Werner

Nachrichten- Übertragungs- technik

Analoge und digitale Verfahren
mit modernen Anwendungen

Mit 269 Abbildungen und 40 Tabellen

Herausgegeben von Otto Mildenberger

Studium Technik



Inhaltsverzeichnis

Hinweis: Mit * gekennzeichnete Abschnitte sind als vertiefende Ergänzungen gedacht oder enthalten aufwändige Rechnungen. Sie können ohne Verlust an Verständlichkeit der weiteren Abschnitte übersprungen werden.

1	Einführung	1
1.1	Historischer Überblick.....	1
1.2	Kommunikationsmodell.....	3
1.3	Nachrichtenkanäle.....	4
1.4	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen.....	8
1.4.1	Einführung.....	8
1.4.2	Telegraphengleichung*.....	10
1.4.2.1	Herleitung und Lösung der Telegraphengleichung*.....	10
1.4.2.2	Lösung der Telegraphengleichung für sinusförmige Zeitabhängigkeit*.....	13
1.4.2.3	Leitungsabschluss und Reflexionen*.....	14
2	Nachrichtenquellen.....	19
2.1	Einführung.....	19
2.2	Audiosignalquellen.....	20
2.2.1	Hörschwelle.....	20
2.2.2	Mikrofon.....	21
2.2.3	Sprachtelefonie, Hörrundfunk, Compact Disc.....	21
2.2.4	Digitale Audioquellen.....	22
2.3	Bild- und Videosignalquellen, Multimedia.....	22
2.3.1	Überblick.....	22
2.3.2	Analoges Fernsehen.....	23
2.3.2.1	Schwarz-Weiß-Fernsehen.....	23
2.3.2.2	Farbfernsehen.....	25
2.3.3	Fernkopieren.....	26
2.3.4	Bildtelefonie und Video-Konferenz.....	27
2.3.5	Digitale Bilder, digitales Fernsehen und Video.....	27
2.4	Analog-Digital-Umsetzung.....	29
2.4.1	Einführung.....	29
2.4.2	Abtasttheorem.....	30
2.4.3	Quantisierung.....	32
2.4.4	Quantisierungsgeräusch.....	36
2.4.5	Pulse-Code-Modulation in der Telefonie.....	40
2.4.5.1	Abschätzung der Wortlänge.....	40
2.4.5.2	Kompandierung.....	41
2.4.5.3	13-Segment-Kennlinie.....	42
2.4.5.4	DPCMundADPCM.....	46
2.4.6	Delta-Sigma-A/D-Umsetzer*.....	47
2.5	Aufgaben zu Abschnitt 2.....	52
2.5.1	Aufgaben.....	52
2.5.2	Lösungen.....	53

3	Amplitudenmodulation	54
3.1	Analoge Modulation eines Sinusträgers.....	54
3.2	Prinzip der Amplitudenmodulation.....	56
3.3	Gegentakt-Modulator und Ring-Modulator.....	58
3.4	Zweiseitenband-AM mit Träger.....	59
3.5	Kohärente AM-Demodulation.....	62
3.6	AM-Demodulation mit dem Hüllkurvendetektor.....	63
3.7	Einseitenband-AM.....	63
3.7.1	Filtermethode.....	64
3.7.2	Phasenmethode.....	65
3.8	Restseitenband-AM.....	67
3.9	Quadraturamplitudenmodulation.....	68
3.10	Anwendungsbeispiele.....	70
3.10.1	Trägerfrequenzsystem in der Telefonie.....	70
3.10.2	Hörrundfunkempfänger.....	71
3.10.3	Zweiseitenband-AM zur Stereorundfunkübertragung.....	74
3.11	Einfluss von Verzerrungen.....	76
3.11.1	Lineare Verzerrungen.....	76
3.11.2	Einfluss nichtlinearer Kennlinien.....	77
3.11.2.1	Kubische Parabel.....	77
3.11.2.2	Kreuzmodulation.....	80
3.12	Störungen durch Rauschsignale.....	81
3.12.1	Einführung.....	81
3.12.2	Zweiseitenband-AM ohne Träger.....	82
3.12.3	Zweiseitenband mit Träger.....	85
3.13	Tiefpass- und Bandpass-Prozesse*.....	85
3.14	Aufgaben zu Abschnitt 3.....	88
3.14.1	Aufgaben.....	88
3.14.2	Lösungen.....	92
4	Frequenz- und Phasenmodulation	100
4.1	Einführung.....	100
4.2	Zeigerdiagramm.....	103
4.3	Spektrum von FM-Signalen.....	103
4.4	FM-Demodulation.....	108
4.4.1	Konventioneller FM-Empfänger.....	108
4.4.2	FM-Demodulation mit dem Phasenregelkreis.....	111
4.5	Störungen durch Rauschsignale.....	112
4.6	Schwellwerteffekt und Dimensionierungsbeispiel.....	115
4.6.1	FM-Schwelle.....	115
4.6.2	Dimensionierungsbeispiel.....	116
4.7	Preemphase und Deemphase.....	118
4.8	Anmerkungen zur Bewertung von Modulationsverfahren.....	120
4.9	Phasenregelkreis*.....	121
4.10	SNR-Abschätzung für die FM- und PM-Demodulation*.....	126
4.11	Aufgaben zu Abschnitt 4.....	129
4.11.1	Aufgaben.....	129
4.11.2	Lösungen.....	132

5	Rauschen in Kommunikationssystemen	138
5.1	Einführung	138
5.2	Rauschen und Kettenschaltungen von Verstärkern	139
5.2.1	Äquivalente Rauschbandbreite	139
5.2.2	Rauschquelle bei angepasster Last	140
5.2.3	Rauschen an Verstärkern	141
5.2.4	Kettenschaltung von Verstärkern	143
5.2.5	Signalübertragung über eine Leitung mit Zwischenverstärkern	144
5.3	Beispiel Satellitenkommunikation	151
5.4	Aufgaben zu Abschnitt 5	156
5.4.1	Aufgaben	156
5.4.2	Lösungen	156
6	Digitale Übertragung im Basisband	158
6.1	Einführung	158
6.2	Scrambler	159
6.3	Leitungscodierung	163
6.3.1	Binäre Leitungscodes	163
6.3.2	Ternäre Leitungscodes	165
6.4	Aufgaben zu Abschnitt 6.1 bis 6.3	168
6.4.1	Aufgaben	168
6.4.2	Lösungen	170
6.5	Optimalempfänger für bekannte Signale in AWGN	173
6.5.1	Übertragungsmodell	173
6.5.2	Trägersignale	173
6.5.2.1	Unipolare und bipolare Übertragung	174
6.5.2.2	Mehrpegel Übertragung	175
6.5.2.3	Orthogonale Übertragung	176
6.5.3	Matched-Filter-Empfänger	177
6.5.4	Optimalempfänger für uni- und bipolare Signale in AWGN	181
6.5.5	Bitfehlerwahrscheinlichkeiten	185
6.5.5.1	Bitfehlerwahrscheinlichkeit für die uni- und bipolare Übertragung	185
6.5.5.2	Bitfehlerwahrscheinlichkeit für die M-stufige PAM-Übertragung	188
6.5.5.3	Bitfehlerwahrscheinlichkeit für die Übertragung orthogonaler Signale	190
6.5.6	Vergleich von PAM und orthogonaler Übertragung	194
6.6	Übertragung im Tiefpass-Kanal	196
6.6.1	Verzerrungen im Tiefpass-Kanal	196
6.6.2	Nyquist-Bandbreite und Impulsformung	198
6.6.3	Mehrstufige Pulsamplitudenmodulation	201
6.6.4	Kanalkapazität	203
6.6.5	Entzerrer	203
6.7	Leistungsdichtespektren digitaler Basisbandsignale*	209
6.7.1	Mittlere AKF und mittleres LDS*	209
6.7.2	Digitale Basisbandsignale ohne Gedächtnis*	211
6.7.3	Digitale Basisbandsignale mit Gedächtnis*	214
6.7	RC-Tiefpass als Ersatz für ein Matched-Filter*	217

6.8	Aufgaben zu den Abschnitten 6.5 und 6.6.....	219
6.8.1	Aufgaben.....	219
6.8.2	Lösungen.....	221
7	Digitale Modulation mit Sinusträger.....	225
7.1	Einführung.....	225
7.2	Äquivalentes Tiefpass-Signalmodell.....	225
7.3	Digitale Quadraturamplitudenmodulation (QAM).....	228
7.3.1	Grundprinzip der digitalen QAM.....	228
7.3.2	Ein- Austastung (OOK).....	230
7.3.3	Binäre Phasenumtastung (BPSK).....	231
7.3.4	Amplitudenumtastung (ASK).....	231
7.3.5	Quarternäre Phasenumtastung (QPSK).....	233
7.3.6	Höherstufige digitale Modulationsverfahren (M-QAM, M-PSK).....	236
7.3.7	Differentielle Phasenumtastung (DPSK).....	238
7.3.8	Frequenzumtastung mit stetiger Phase (CPFSK).....	241
7.3.8.1	CPFSK-Signal.....	241
7.3.8.2	Spektren von CPFSK-Signalen.....	245
7.3.8.3	Empfänger für CPFSK-Signale.....	247
7.3.9	Minimum-Shift Keying (MSK).....	248
7.3.10	Gaussian Minimum-Shift Keying (GMSK).....	254
7.4	Trägerregelung zur kohärenten Demodulation.....	259
7.4.1	Trägerrückgewinnung mit quadrierendem Regelkreis.....	259
7.4.2	Trägerrückgewinnung mit der Costas-Schleife.....	260
7.5	Aufgaben zu Abschnitt 7.....	260
7.5.1	Aufgaben.....	260
7.5.2	Lösungen.....	262
8	Digitale Modulation für den Mobilfunk.....	264
8.1	Mobilfunkkanal.....	264
8.2	Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).....	268
8.2.1	Multiträgersystem.....	269
8.2.2	OFDM-Übertragung für WLAN.....	275
8.2.3	OFDM-Übertragung für DVB-T.....	276
8.3	Code Division Multiple Access (CDMA).....	282
8.3.1	Spreizbandtechnik für den Vielfachzugriff.....	282
8.3.2	Spreizbandtechnik mit RAKE-Empfänger.....	287
8.4	Berechnung der Empfangsgrundimpulse zur OFDM-Übertragung*.....	290
8.4.1	Ohne Schutzabstand*.....	290
8.4.2	Berechnung der Empfangsgrundimpulse mit Schutzabstand*.....	292
8.5	Aufgaben zu Abschnitt 8.....	294
8.5.1	Aufgaben.....	294
8.5.2	Lösungen.....	294
	Formelzeichen und Symbole.....	296
	Abkürzungen und Akronyme.....	300
	Literaturverzeichnis.....	303
	Sachwortverzeichnis.....	308