

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der Signal- und Systemtheorie	5
2.1	Determinierte Signale	6
2.1.1	Fourieranalyse	7
2.1.2	Fouriertransformation	9
2.1.3	Stoßfunktion	12
2.2	Zufallssignale	13
2.2.1	Zufallssignal und Verteilung	17
2.2.2	Schmitttelwert und Streuung	21
2.2.3	Wichtige Verteilungen	23
2.2.3.1	Bernoulli-Verteilung	23
2.2.3.2	Poisson-Verteilung	25
2.2.3.3	Gauß-Verteilung	25
2.2.4	Zeitmittelwerte	29
2.2.4.1	Korrelationsfunktion und spektrale Leistungsdichte	31
2.3	Die wichtigsten Gesetze der Theorie der Übertragungssysteme	35
2.3.1	Impulsantwort	39
2.3.2	Systemanalyse im Zeit- und Frequenzbereich	40
3	Modulationsarten und ihre Basisbandsignale	43
3.1	Impulsformung, spektrale Formung	46
3.1.1	Impulsformung am Basisbandsignal	52
3.1.1.1	Spektrale Leistungsdichte rechteckförmiger Basisbandsignale	57
3.1.1.2	Nyquistimpulse und ihre Spektralfunktion, Nyquist-Kriterien	59
3.1.1.3	Optimierung eines stochastischen Binärsignals auf maximale Augenöffnung	64
3.2	Trägerunterdrückung	67

4 Amplitudentastung mit m Signalzuständen (m ASK; $m = 2, 4, 8, \dots, 2^n$; $n = 1, 2, 3, \dots$)	71
4.1 Spektren der ASK-Signale	77
4.2 m ASK bei additivem Geräusch	80
4.2.1 Symbolfehler-Wahrscheinlichkeit der m ASK-Systeme (mit Trägerzustand Null) bei kohärenter Demodulation	81
4.2.2 Symbolfehler-Wahrscheinlichkeit der m ASK-Systeme (ohne Trägerzustand Null) bei kohärenter Demodulation	89
4.2.3 m ASK-Symbolfehler-Wahrscheinlichkeit bei inkohärenter Demodulation	91
4.3 m ASK-Modem-Entwurf	94
4.3.1 m ASK- Modem bei kohärenter Demodulation	94
4.3.1.1 Trägerableitung in m ASK-Systemen	105
4.3.1.2 Takttableitung in m ASK-Systemen	108
4.3.2 m ASK-Modem bei der Demodulation durch Quadrierung ...	111
4.3.3 m ASK-Modem bei inkohärenter Demodulation	112
5 Phasenumtastung mit m Signalzuständen ($m = 2^n$, $n = 1, 2, 3, \dots$)	117
5.1 m PSK bei kohärenter Demodulation	118
5.1.1 Spektrale Leistungsdichte der m PSK-Signale bei rechteckförmigen Basisbandsignalen	125
5.1.2 Spektralfunktion eines m PSK-Signalimpulses bei Nyquist- Impulsformung	127
5.1.3 Symbolfehler-Wahrscheinlichkeit der m PSK-Systeme bei additivem Geräusch	129
5.2 Realisierung von m PSK-Systemen bei kohärenter Demodulation	135
5.2.1 2PSK-Modem bei kohärenter Demodulation	136
5.2.2 4PSK-Modem bei kohärenter Demodulation	144
5.2.3 m PSK-Systeme ($m \geq 8$) bei kohärenter Demodulation	149
5.2.4 Trägerrückgewinnung zur kohärenten Demodulation	155
5.2.5 Bittakttableitung bei m PSK-Systemen	156
5.3 PSK bei Phasendifferenz-Codierung-Decodierung und pseudokohärenter Demodulation (m PSK-Systeme)	162
5.3.1 Phasendifferenz-Codierung-Decodierung	163
5.3.2 Bitfehler-Wahrscheinlichkeit der m DPSK-Systeme bei kohärenter Demodulation und additivem Rauschen	168
5.3.3 Trägerrückgewinnung bei m DPSK-Systemen mit pseudokohärenter Demodulation	170
5.3.3.1 Trägerableitung durch Frequenzvervielfachung	170
5.3.3.2 Trägerableitung mit dem Costas-Loop	175
5.3.3.3 Trägerrückgewinnung durch Remodulation	179
5.4 m PSK bei Phasendifferenz-Demodulation	184

5.4.1	Symbolfehler-Wahrscheinlichkeit der m DPSK-Systeme bei Phasendifferenz-Demodulation und additivem Geräusch	187
5.5	Offset-PSK und PSK-Systeme mit minimalen Phasensprüngen	190
5.5.1	Offset- m PSK-Systeme	193
5.5.2	Φ_{\min} - m PSK-Systeme	197
6	Amplituden-Phasen-Tastung mit m Signalzuständen ($m = 2^n$, $n = 1, 2, 3, \dots$) (Amplitude Phase Keying...APK)	205
6.1	m APK-Systeme bei kohärenter Demodulation	206
6.1.1	Symbolfehler-Wahrscheinlichkeit der m APK-Systeme bei additivem Geräusch	211
6.2	APK-Modem-Realisierung	215
6.2.1	Weitere Methoden zur Realisierung von m APK-Modems	220
7	Kanalcodierung und Modulation	225
7.1	Blockcodierung und Modulation	226
7.1.1	Parity-Codes	228
7.1.2	Lineare Blockcodes	229
7.1.3	Zyklische Blockcodes	233
7.1.4	Reed-Solomon-Codes	238
7.1.5	BCH-Codes	240
7.2	Faltungscodierung und Modulation	243
7.3	Codierte Modulation	257
7.3.1	Rate 2/3-8PSK	261
8	Codierung zur Beseitigung von Signalüberdeckungen	271
9	Codiervorgahren zur Reduzierung der mittleren effektiven Signalleistung in ASK- und APK-Systemen	281
9.1	$(m - 2)$ -ASK-Zweiseitenband-Übertragung	282
9.2	$(m - 2)$ -AMI-3APK-Einseitenband-Übertragung	287
9.2.1	Einseitenband-Verfahren	291
10	Partial-Response-Codierung, Übertragung mit Symbolinterferenz	297
10.1	Duobinär-Codierung	297
10.2	Verallgemeinerung der Partial-Response-Codierung	301
10.2.1	Anwendung der Partial-Response-Codierung	304

11 Frequenzumtastung mit m Signalzuständen ($m = 2^n$, $n = 1, 2, 3, \dots$) (Frequency Shift Keying...FSK)	307
11.1 Frequenzumtastung mit kontinuierlicher Phase	308
11.1.1 Minimum-Shift-Keying (2CPFSK bei $\eta = 0,5$)	315
11.1.2 Leistungsspektren von m CPFSK-Signalen	317
11.1.3 Symbolfehler-Wahrscheinlichkeit der m CPFSK-Systeme (Modulationsindex $\eta \geq 1/m$) bei der Demodulation mit dem Frequenzdiskriminator	321
11.2 m CPFSK-Modulatoren	326
11.3 m CPFSK-Demulatoren	329
11.3.1 Flankendiskriminator	330
11.3.2 Nulldurchgangsdiskriminator	330
11.3.3 Differenzdemodulator	332
11.3.4 PLL-Demodulator	335
11.4 Phasenmodulation mit konstanter Amplitude und stetiger Phase (Continuous Phase Modulation...CPM)	337
11.4.1 CPM-Systeme	338
11.4.1.1 Gaußsches Minimum-Shift-Keying (GMSK)	342
11.4.1.2 Tamed Frequency Modulation (TFM)	345
12 Randbedingungen in digitalen Übertragungssystemen	351
12.1 Bandbegrenzttes weißes Rauschen	352
12.2 Lineare Verzerrungen	358
12.3 Nichtlineare Verzerrungen	363
12.3.1 AM/PM-Conversion	364
12.3.2 Spektrum-Spreizung bei Trägerbetrieb	367
12.3.3 Intermodulation in Vielträgersystemen	368
12.4 Jitter	372
12.4.1 Jitter in einem 2PSK-Signal	373
12.5 Frequenzverwerfungen	377
12.5.1 Doppler-Effekt	379
12.6 Mehrwegeausbreitung, Schwund	382
12.7 Nachbarkanalstörung	384
12.8 Gleichkanalstörung	385
12.9 Weitere Störeffekte bei der Wellenausbreitung in der Atmosphäre	386
Anhang	389
Literaturhinweise	393
Sachwortverzeichnis	408