

Inhaltsverzeichnis

Ausgewählte Symbole	12
1. Grundlagen der pulskodemodulierten Signalspeicherung	19
1.1. Problemstellung	19
1.2. Quellenkodierung	22
1.2.1. Analog-Digital-Wandlung durch Abtastprozesse	23
1.2.2. Quellenkodierung mit Redundanzreduktion	26
1.3. Datenorganisation	28
1.4. Fehlererkennende und -korrigierende Kodierung	31
1.4.1. Fehlerarten	31
1.4.2. Allgemeine Eigenschaften der Codes	32
1.4.3. Erzeugung zyklischer Codes	34
1.4.4. Beispiele für zyklische Codes	36
1.4.5. Magnetbandspezifische Codes	37
1.4.6. Komplexitätsmaße	39
1.4.6.1. Dekoderaufwand	39
1.4.6.2. Dekodierverzögerung	39
1.4.6.3. Logikkomplexität	40
1.4.6.4. Bausteinkomplexität	40
2. Aufzeichnungskodierung	41
2.1. Problemstellung	41
2.2. Kodeparameter	42
2.3. Kodierungsverfahren	45
2.3.1. Basisbandsignale mit und ohne Lauflängenbegrenzung	45
2.3.1.1. NRZ	45
2.3.1.2. Enhanced-NRZ (ENRZ)	45
2.3.2. Binäre Phasenmodulation und Ableitungen	47
2.3.2.1. Phase-Encoding (PE)	47
2.3.2.2. <i>Miller</i> -Kode (DM)	47
2.3.2.3. Modifizierter <i>Miller</i> -Kode (M^2FM)	47
2.3.3. Mehrpositionsmodulation	48
2.3.3.1. <i>Jacoby</i> -Kode (3PM)	48
2.3.3.2. Quadra-Phase (QP)	49
2.3.4. Zero-Modulation	49
2.3.4.1. ZM	49
2.3.4.2. M^2	50
2.3.5. Gruppenkodierung	50
2.3.5.1. GCR 4/5	50
2.3.5.2. GCR m/n	51
2.3.6. Adaptive Gruppenkodierung	51
2.3.6.1. <i>Gabor</i> -Kode (G)	51

2.3.6.2.	<i>Franaczek-Kode (F)</i>	52
2.3.6.3.	<i>Horiguchi-Morita-Kode (HM)</i>	52
2.3.6.4.	<i>EFM-Kode</i>	53
2.3.6.5.	<i>HDM-Kode</i>	53
2.3.7.	<i>Randomized NRZ (RNRZ)</i>	53
2.4.	<i>Nachrichtentechnische Charakterisierung der Codes</i>	54
2.4.1.	<i>Leistungsdichtefunktion</i>	54
2.4.2.	<i>Augenmuster</i>	56
2.4.2.1.	<i>Amplitudenfenster</i>	57
2.4.2.2.	<i>Zeitfenster</i>	58
2.4.2.3.	<i>Abtast-Signal-Rausch-Abstand</i>	60
2.4.3.	<i>Grenzspeicherdichte und Kodeaufwand</i>	62
3.	Magnetische Speicherprozesse	64
3.1.	<i>Streifelder von Magnetköpfen</i>	64
3.1.1.	<i>Klassische Magnetköpfe</i>	64
3.1.2.	<i>Integrierte Magnetköpfe</i>	66
3.2.	<i>Streifelder von Magnetisierungsstrukturen</i>	68
3.2.1.	<i>Grundgleichungen</i>	68
3.2.2.	<i>Spezielle Magnetisierungsverteilungen</i>	69
3.2.2.1.	<i>Diskrete Dipolladung im dreidimensionalen Gitter</i>	70
3.2.2.2.	<i>Rasterelemente im zweidimensionalen Gitter</i>	70
3.2.2.3.	<i>Rasterelemente mit reiner x-Magnetisierung</i>	71
3.2.2.4.	<i>Kubische Spline-Approximation</i>	72
3.2.2.5.	<i>Linearer Übergang</i>	74
3.2.2.6.	<i>Arctan-Übergänge</i>	74
3.3.	<i>Modelle der Magnetisierungshysterese</i>	75
3.3.1.	<i>Mikroskopische Teilchenmodelle</i>	75
3.3.1.1.	<i>Modelle ohne Wechselwirkung</i>	75
3.3.1.2.	<i>Modelle mit Wechselwirkung</i>	77
3.3.2.	<i>Skalare Magnetisierungskurven</i>	79
3.3.2.1.	<i>tanh-Modell nach <i>Potter</i> und <i>Schmilian</i></i>	79
3.3.2.2.	<i>arctan-Anstiegsmodell</i>	80
3.3.2.3.	<i>tanh-Anstiegsmodell</i>	81
3.3.2.4.	<i>Vergleich der Modelle</i>	81
3.3.2.5.	<i>Abgeleitete Modellgrößen</i>	84
3.3.2.6.	<i>Skalares zweidimensionales Modell</i>	86
3.4.	<i>Aufzeichnungsprozeß</i>	86
3.4.1.	<i>Überblick</i>	86
3.4.2.	<i>Dynamisch-iterative Modelle</i>	88
3.4.3.	<i>Funktionale Modelle</i>	91
3.4.3.1.	<i>Vektormodell für Impulsfolgen</i>	91
3.4.3.2.	<i>Eindimensionales Skalarmodell für Einzelimpulse</i>	93
3.4.3.3.	<i>Eindimensionales Skalarmodell für Impulsfolgen</i>	95
3.4.3.4.	<i>Eindimensionales Skalarmodell für Senkrechtspeicherung</i>	96
3.4.4.	<i>Nichtlineare Aufzeichnungsverzerrungen</i>	97
3.4.4.1.	<i>Bitbeeinflussung durch vorhergehende Übergänge</i>	97
3.4.4.2.	<i>Aufzeichnungsentmagnetisierung durch nachfolgende Übergänge</i>	97
3.4.4.3.	<i>Überschreibbeeinflussung</i>	98
3.4.4.4.	<i>Beeinflussung durch Kopfremanenz</i>	98
3.4.5.	<i>Feldanstiegszeit</i>	99

3.5.	Theorie der Signalwiedergabe	100
3.5.1.	Ansatz für induktive Köpfe	100
3.5.1.1.	Direkte Methode über Nutzflußberechnung	101
3.5.1.2.	Reziprozitätstheorem über Kopffeld	101
3.5.1.3.	Harmonische Bandflußdämpfung und Fourierreücktransformation	102
3.5.2.	Sinusspannung bei schmalen Spuren (dreidimensionale Betrachtung)	102
3.5.3.	Bandflußdämpfung isotroper und längsanisotroper Medien	103
3.5.4.	Bandflußdämpfung senkrechtanisotroper Medien	105
3.5.5.	Wiedergabeimpulse bei Teilchenschrägstellung und Senkrechtanisotropie ..	106
3.5.6.	Optimierung des Anisotropiewinkels	107
3.5.7.	Wiedergabespannung isotroper und längsanisotroper Medien	109
3.5.7.1.	Impulsfolgen	109
3.5.7.2.	Wiedergabespannungsfrequenzgang	109
3.5.7.3.	Impulsresponse	111
3.5.7.4.	Kanalparameter	111
3.6.	Wiedergabe mit magnetoresistiven Köpfen	112
4.	Magnetbänder	115
4.1.	Überblick	115
4.2.	Klassifizierung der Aufzeichnungsmoden	116
4.2.1.	Längsaufzeichnung	116
4.2.2.	Senkrechtaufzeichnung	117
4.2.3.	Isotrope Aufzeichnung	117
4.2.4.	Optimale Zirkularstrukturen	118
4.3.	Speichermaterialien	119
4.3.1.	Partikelschichten	119
4.3.2.	Metallschichten	122
4.3.2.1.	Metallschichten mit Längsorientierung oder isotrop	122
4.3.2.2.	Metallschichten mit Senkrechtorientierung	126
4.4.	Vergleichende Betrachtungen	128
4.4.1.	Hystereseeigenschaften	128
4.4.2.	Speichertechnische Eigenschaften	132
4.5.	Bandrauschen	133
4.6.	Signal-Rausch-Abstand	135
4.7.	Störende Amplitudenmodulation	138
4.8.	Dropout-Störungen	139
4.8.1.	Experimentelle Ergebnisse	139
4.8.2.	Dropout-Modell	142
4.9.	Amplitudenstatistik	144
4.10.	Modelle des Band-Kopf-Kontaktes	145
4.10.1.	Anforderungen an den Verlauf der Magnetbandbiegeline	145
4.10.2.	Berechnung der Magnetbandbiegeline	146
4.10.2.1.	Elastischer Biegebalken unter Zuglast	146
4.10.2.2.	Hydrodynamische Gleichung	148
4.10.2.3.	Dynamisch-iteratives Modell	149
4.10.3.	Einfluß der elastischen Oberflächendeformation	149
4.10.4.	Berücksichtigung der Oberflächenrauigkeit	151
4.10.5.	Erweiterung auf ein dreidimensionales Modell für Band	151

4.10.6.	Dreidimensionales Modell für rotierende flexible Platten	152
4.10.7.	Berücksichtigung der Gleitreibung bei realem Kontakt	153
4.10.8.	Simulation von Abriebprozessen	154
4.10.9.	Bestimmung der mechanischen Grundgrößen des Magnetbandes	154
4.10.9.1.	Berechnung der Biegesteifigkeit	154
4.10.9.2.	Bestimmung des Elastizitätsmoduls	155
4.10.9.3.	Messung der Biegesteifigkeit	155
4.10.9.4.	Ermittlung der spezifischen Masse	155
5.	Magnetköpfe	156
5.1.	Eigenschaften, Parameter und Entwicklungsprobleme	156
5.1.1.	Technologische Probleme	156
5.1.2.	Materialeigenschaften	159
5.2.	Komplexe Permeabilität	162
5.2.1.	Frequenzabhängigkeit	162
5.2.2.	Feldabhängigkeit	166
5.3.	Magnetischer Kreis	169
5.3.1.	Innere Feldstärke und magnetischer Widerstand	169
5.3.2.	Magnetischer Widerstand bei kleinen Feldern	170
5.3.2.1.	Spaltwiderstand	170
5.3.2.2.	Kernwiderstand	171
5.3.3.	Wirkungsgrad klassischer Magnetköpfe	172
5.3.4.	Wirkungsgrad integrierter Magnetköpfe	177
5.4.	Spaltfeldstärke	180
5.4.1.	Statisches Verhalten	180
5.4.2.	Wechselstromverhalten	181
5.4.3.	Lineares dynamisches Verhalten	183
5.4.4.	Nichtlineares dynamisches Verhalten	185
5.5.	Elektrischer Kreis	187
5.5.1.	Impedanz, Induktivität und Verlustwiderstand	187
5.5.2.	Wiedergabewicklung und Signal-Stör-Abstand	190
5.5.2.1.	Problemstellung	190
5.5.2.2.	Windungszahl und Wiedergabespannung (Resonanzbetrachtung)	190
5.5.2.3.	Windungszahl und Signal-Rausch-Verhältnis (Kopf-Elektronik-Anpassung)	191
5.5.3.	Aufzeichnungswicklung und Wickelraum	191
5.5.4.	Abschirmung	193
5.5.4.1.	Einlagige Abschirmungen	194
5.5.4.2.	Mehrlagige Abschirmungen	195
5.6.	Ermittlung von Kenngrößen am fertig montierten Magnetkopf	197
5.6.1.	Magnetische Widerstände und Permeabilitäten	197
5.6.2.	Magnetische und speichertechnische Spaltweite	198
5.6.3.	Sättigungsfeldstärke, Remanenz und Koerzitivfeldstärke	199
5.7.	Ermittlung von Materialkenngrößen durch Zwischenkontrolle an Ringkernproben	199
5.7.1.	Impedanzmessung	199
5.7.2.	Hysteresemessung	200
6.	Speicherkanal	201
6.1.	Signal-Rausch-Anpassung	201
6.1.1.	Wiedergabeelektronik	201

6.1.2.	Rauschquellen	202
6.1.3.	Elektronikrauschen	203
6.2.	Symbolinterferenz	206
6.3.	Signalerkennung	209
6.3.1.	Bedingungen für interferenzfreie Signale	209
6.3.2.	Übersicht über Filterausführungen	211
6.3.3.	Optimalfilterung	214
6.3.4.	Vorentzerrung des Sendesignals	217
6.3.4.1.	Grundprinzip	217
6.3.4.2.	Ausführungsformen	218
6.3.5.	Partial-Response-Kodierung	221
6.3.5.1.	Grundprinzip	221
6.3.5.2.	NRZ	222
6.3.5.3.	NRZI	222
6.3.5.4.	Interleaved-NRZI	223
6.3.6.	Wahrscheinlichkeitsdekodierung im Partial-Response-Kanal	224
6.3.7.	Maximum-likelihood-Spitzendetektor im unentzerrten Kanal	226
6.3.8.	Vergleich zwischen verschiedenen Bitdetektoren	228
6.3.8.1.	Signal-Rausch-Verhältnis	231
6.3.8.2.	Amplitudenschwankungen	232
6.3.8.3.	Spurübersprechen	232
6.4.	Überallesfehlerwahrscheinlichkeit	232
6.5.	Systementwurf	234
6.5.1.	Konzeption	238
6.5.2.	Beispiel: Band-Kopf-System	242
7.	Audiovisuelle Speicher	246
7.1.	Digitale Videospeicher	246
7.1.1.	Grundkonzeption	246
7.1.2.	Vergleich der digitalen und analogen Speicherung	250
7.1.3.	Ausführungsbeispiele	251
7.1.4.	Versuche mit anderen Speichermedien	254
7.2.	Digitale Audiospeicher	255
7.2.1.	Überblick	255
7.2.2.	Studiomaschinen	261
7.2.3.	Kassettenrecorder	266
7.2.4.	PCM-Audioprozessoren für Videorecorder	267
7.3.	PCM-Schallplatten	273
	Literaturverzeichnis	279
	Sachwörterverzeichnis	294