

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I – Grundlagen

<b>1. Korrelationssignale und Korrelationsempfang</b>	<b>1</b>
1.1 Korrelationsempfang gestörter Signale	2
1.2 Einführende Anwendungsbeispiele	6
1.2.1 Beispiel 1: Radartechnik	7
1.2.2 Beispiel 2: Codemultiplex-Technik	8
1.3 Analoge und digitale Korrelationssignale	10
1.4 Aperiodische und periodische Korrelationssignale	13
<b>2. Korrelationsfunktionen und Korrelationsfolgen</b>	<b>16</b>
2.1 Korrelation als Ähnlichkeitsmaß	16
2.2 Aperiodische Korrelationsfunktionen von Folgen	18
2.2.1 Grundbeziehungen	18
2.2.2 Verknüpfung aperiodischer Folgen	20
2.3 Periodische Korrelationsfunktionen von Folgen	23
2.3.1 Grundbeziehungen	23
2.3.2 Verknüpfung periodischer Folgen	27
2.4 Folgen mit „gutem“ Korrelationsverhalten	28
2.4.1 Begriff der Korrelationsfolgen	28
2.4.2 Eigenschaften von Folgen mit perfekter bzw. zweiwertiger periodischer Autokorrelationsfunktion	29
<b>3. Algebraische Folgen</b>	<b>31</b>
3.1 Modulo-Operationen	31
3.2 Differenzmengen-Folgen	32
3.3 Legendre-Folgen	34
3.4 Polynom-algebraische Folgen (Galois-Folgen)	38
3.4.1 Lineare, rekursive Folgen und Schieberegistergeneratoren	38
3.4.2 Galois-Felder $GF(p)$	40
3.4.3 Lineare Maximalfolgen im $GF(2)$	43
3.4.4 Lineare Maximalfolgen im $GF(p)$	48
3.4.5 Abbildung in Folgen mit zweiwertiger periodischer Autokorrelationsfunktion	54
a) Dreiwertige perfekte Folgen	54
b) Inkohärente Binärfolgen	55
c) Ipatov-Folgen	56

3.4.6	Erweiterte Galois-Felder .....	60
3.4.7	Maximalfolgen im $GF(p^n)$ .....	63
3.4.8	Erzeugung von $m$ -Folgen mit der trace-Funktion .....	66

## Teil II – Korrelationsfolgen und -familien

4.	Folgen mit gutem periodischen Korrelationsverhalten .....	68
4.1	Korrelationsgütemaße .....	68
4.2	Binärfolgen mit guter periodischer Autokorrelationsfunktion ..	68
4.3	Perfekte Binär- und Ternärfolgen hoher Energieeffizienz ....	72
4.3.1	Asymmetrische Binärfolgen und Energieeffizienz .....	72
4.3.2	Ternärfolgen .....	73
4.3.3	Perfekte Produktfolgen .....	76
4.4	Perfekte reellwertige Folgen maximaler Energieeffizienz .....	78
4.5	Inkohärente periodische Binärfolgen .....	78
4.6	Komplexwertige Korrelationsfolgen .....	82
4.6.1	Uniforme komplexwertige Folgen und ihre Realisierung .....	82
4.6.2	Uniforme $P$ -phasige $m$ -Folgen .....	84
4.7	Perfekte uniforme Folgen .....	85
4.7.1	Frank-Zadoff-Chu-Folgen und Frank-Folgen .....	86
4.7.2	$P$ -phasige Produktfolgen .....	87
4.7.3	Perfekte Biphasen-Folgen .....	88
4.7.4	Perfekte Triphasen-Folgen .....	89
5.	Familien periodischer Korrelationsfolgen .....	91
5.1	Perfekte Familien .....	91
5.2	Schranken der Korrelationsgüte .....	92
5.3	Familien binärer $m$ -Folgen .....	93
5.3.1	Kreuzkorrelationseigenschaften binärer $m$ -Folgen .....	93
5.3.2	Carter-Theorem und Gold-Folgen-Familien .....	95
5.3.3	Familien von Kasami-Folgen .....	97
5.4	Familien inkohärenter periodischer Binärfolgen .....	98
5.5	Familien mit perfekten periodischen Kreuzkorrelationsfunktionen .....	102
5.6	Perfekte Familien in einem Meßfenster .....	104
5.7	Familien komplexwertiger $m$ -Folgen .....	105
5.7.1	Familien komplexwertiger $p$ -närer $m$ -Folgen .....	106
5.7.2	Erweitertes Carter-Theorem und komplexwertige Gold-Folgen-Familien .....	106
5.8	Familien von Frank-Zadoff-Chu- und „Cubic-phase“-Folgen ..	108
5.8.1	Frank-Zadoff-Chu-Familien .....	108
5.8.2	Familien von „Cubic-phase“-Folgen .....	109
5.9	Komplexwertige Familien mit perfekten periodischen Kreuzkorrelationsfunktionen .....	110
5.10	Perfekte uniforme Familien in einem Meßfenster .....	110

<b>6. Folgen mit gutem aperiodischen Korrelationsverhalten</b>	<b>112</b>
6.1 Gütemaße impulsähnlicher Autokorrelationsfunktionen	112
6.2 Binärfolgen hoher Korrelationsgüte	113
6.2.1 Barker-Folgen	113
6.2.2 Lindner-Folgen	114
6.2.3 Golay-Folgen	116
6.2.4 Boehmer-Folgen	117
6.2.5 Schroeder-Folgen	118
6.3 Binäre Zufallsfolgen und Schranken für Binärfolgen	118
6.4 Inkohärente aperiodische Binärfolgen (Golomb-Lineale)	120
6.5 Reellwertige Huffman-Folgen	123
6.6 Uniforme komplexwertige Folgen	126
6.6.1 Numerisch bestimmte uniforme Folgen	127
6.6.2 Uniforme $P$ -Phasen-Folgen	129
6.7 Komplexwertige Huffman-Folgen	132
<b>7. Familien aperiodischer Korrelationsfolgen</b>	<b>134</b>
7.1 Schranken der Korrelationsgüte	134
7.2 Aperiodische Eigenschaften periodischer Familien	135
7.3 Familien inkohärenter Barker-Folgen	136
7.4 Familien komplexwertiger Folgen	137
7.4.1 Familien von Frank-Zadoff-Chu-Folgen	137
7.4.2 Luchanskaya-Khevrolin-Familien	138
<b>8. Vektorwertige Folgen und Familien</b>	<b>141</b>
8.1 Einführung vektorwertiger Folgen	141
8.2 Welti-Folgen und -Familien	142
8.2.1 Definition und Synthese	142
8.2.2 Existenzbedingungen für Familien von Welti-Folgen	146
8.2.3 Empfang von Welti-Signalen	147
8.3 Komplementär-Folgen und -Familien	148
8.4 Höherwertige und komplexwertige Welti- und Komplementär-Folgen	150
8.4.1 Ternäre Folgen	150
8.4.2 Uniforme Welti- und Komplementär-Folgen	151
8.5 Even-Folgen	151
8.6 Frequenzsprung-Folgen und -Familien	152
<b>9. Ergänzende Themen zu Korrelationsfolgen</b>	<b>156</b>
9.1 Mismatched-Filterung	156
9.1.1 Aperiodischer Fall	156
9.1.2 Periodischer Fall	157
9.2 Orthogonale Folgen und Matrizen	160
9.2.1 Binäre Orthogonalfolgen	160
9.2.2 Ternäre Orthogonal-Folgen und -Matrizen	163

13.4 Familien inkohärenter Binärarrays .....	244
13.5 Familien mit perfekter Kreuzkorrelation .....	244
13.6 Perfekte Familien in einem Meßfenster .....	246
13.7 Familien komplexwertiger Arrays .....	248
13.8 Uniforme komplexwertige Familien mit perfekten periodischen Kreuzkorrelationsfunktionen .....	248
13.9 Perfekte uniforme Familien in einem Meßfenster .....	249
<b>14. Arrays mit gutem aperiodischen Korrelationsverhalten .....</b>	<b>250</b>
14.1 Gütemaße .....	250
14.2 Binärarrays hoher Korrelationsgüte .....	250
14.2.1 Barker-Arrays .....	250
14.2.2 Zufallsgesteuerte Suche .....	251
14.2.3 Aperiodische Eigenschaften periodischer Binär- und Ternärarrays .....	252
14.3 Inkohärente Binärarrays .....	253
14.4 Costas-Arrays .....	255
14.5 Huffman-Arrays .....	257
14.6 Uniforme komplexwertige Arrays .....	257
<b>15. Familien aperiodischer Korrelationsarrays .....</b>	<b>259</b>
15.1 Schranken der Korrelationsgüte .....	259
15.2 Aperiodische Eigenschaften periodischer Familien .....	259
15.3 Familien komplexwertiger Arrays .....	261
<b>16. Vektorwertige Arrays .....</b>	<b>264</b>
16.1 Welte-Arrays und -Familien .....	264
16.1.1 Definition und Synthese .....	264
16.1.2 Höherdimensionale Welte-Arrays .....	266
16.1.3 Existenzbedingungen höherdimensionaler Welte-Arrays .....	267
16.2 Komplementär-Arrays und -Familien .....	268
16.3 Ternäre Welte- und Komplementär-Arrays .....	270
<b>17. Ergänzende Themen zu Korrelationsarrays .....</b>	<b>271</b>
17.1 Mismatched-Filterung .....	271
17.2 Orthogonale Arrays und Matrizen .....	272
17.3 Hexagonale Arrays .....	275
<b>18. Anwendungen von Korrelationsarrays .....</b>	<b>277</b>
18.1 Strahler und Antennen mit codierter Apertur .....	277
18.1.1 Elektroakustik .....	277
18.1.2 Interferometer-Arrays .....	278
18.1.3 Abbildung mit codierten Masken .....	278
18.1.4 Abbildung dreidimensionaler Objekte .....	279

18.2 Radar-Gruppencodierung .....	280
18.3 Weitere Anwendungen von Korrelationsarrays .....	282
<b>19. Neue Familien uniformer Folgen .....</b>	<b>284</b>
19.1 Prime-Phase-Folgen .....	284
19.2 Familien uniformer orthogonaler Folgen mit konstanten Auto- und Kreuzkorrelationsnebenwerten .....	285
<b>Anhang .....</b>	<b>288</b>
Symbole und Formelzeichen .....	288
Akronyme .....	290
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>291</b>
<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>305</b>