

# Inhaltsverzeichnis

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	v
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 UWB-Kommunikation . . . . .	3
1.2 Zielsetzung und Gliederung der Arbeit . . . . .	5
<b>2 Grundlagen zur Ultrabreitband-Kommunikation</b>	<b>9</b>
2.1 Definition ultrabreitbandiger Signale . . . . .	9
2.2 Regulatorische Rahmenbedingungen . . . . .	9
2.3 Ultrabreitbandige Pulsformen und deren Erzeugung . . . . .	12
2.3.1 Konventionelle Pulsformen . . . . .	12
2.3.2 Optimierte Pulsformen . . . . .	14
2.4 Modulationstechniken . . . . .	15
2.4.1 On Off Keying (OOK) . . . . .	16
2.4.2 Pulse Position Modulation (PPM) . . . . .	16
2.4.3 Orthogonale Pulsmodulation (OPM) . . . . .	17
2.5 Time Hopping (TH) Codierung . . . . .	18
2.5.1 Generierung von TH-Codes . . . . .	18
2.6 Synchronisierung . . . . .	20
2.7 Allgemeines Sendermodell . . . . .	21
2.8 Einführung in Systembetrachtungen . . . . .	22
2.8.1 Datenrate . . . . .	22
2.8.2 Bitfehlerrate . . . . .	22
2.8.3 Zusammenhang $SVR$ und $E_b/N_0$ . . . . .	23
2.8.4 Link Budget . . . . .	24
<b>3 Optimierung von Pulsform und Modulation</b>	<b>27</b>
3.1 Filterentwurf durch zeitdiskrete Digitalfilter . . . . .	29
3.2 Direkter Entwurf einer optimalen Pulsform durch FIR Filter . . . . .	30
3.2.1 Optimalpuls durch Fenster-Methode . . . . .	32
3.2.2 Optimalpuls durch Frequenzabtastungs-Methode . . . . .	36
3.2.3 Optimalpuls durch direkte Maximierung des NESP . . . . .	40
3.3 Optimalpuls durch Formung eines Generatorpulses . . . . .	42
3.3.1 Überführung in ein konvexes Optimierungsproblem . . . . .	46
3.3.2 Direkte Lösung des nicht-konvexen Optimierungsproblems . . . . .	55
3.4 Erzeugung neuartiger hocheffizienter orthogonaler Pulsformen . . . . .	61

## Inhaltsverzeichnis

<b>4 Kritische UWB-Systemkomponenten und Designparameter</b>	<b>69</b>
4.1 Kritische Systemkomponenten . . . . .	70
4.1.1 Oszillator . . . . .	70
4.1.2 Analoges Sendefilter . . . . .	71
4.1.3 Antennen . . . . .	71
4.1.4 Kanal . . . . .	72
4.1.5 Interferenz . . . . .	72
4.1.6 Rauscharmer Verstärker . . . . .	72
4.1.7 Analog-Digital-Wandlung . . . . .	73
4.2 Kritische Designparameter . . . . .	73
<b>5 Messdatenbasierte Modellierung der nicht-idealnen Systemkomponenten</b>	<b>75</b>
5.1 Jitter . . . . .	75
5.2 Modulator und Codierer . . . . .	76
5.3 Pulsform . . . . .	76
5.4 Analoges Sendefilter . . . . .	77
5.4.1 Analogfilter für die FCC-Maske . . . . .	78
5.4.2 Analogfilter für die europäische Regulierung . . . . .	84
5.5 Sende- und Empfangsantenne . . . . .	91
5.6 UWB-Funkkanal . . . . .	95
5.6.1 Verifikation des UWB-Kanalmodells . . . . .	102
5.7 Rauschen . . . . .	104
5.8 Interferenz . . . . .	105
5.9 Rauscharmer Verstärker (LNA) . . . . .	105
5.10 Empfangsfilter . . . . .	108
5.11 Analog-Digital-Wandler . . . . .	108
<b>6 Modellierung diverser Empfängerarchitekturen</b>	<b>109</b>
6.1 Kohärenter Empfänger für PPM und OOK Modulation . . . . .	109
6.1.1 Verhalten bei AWGN-Störung . . . . .	110
6.1.2 Verhalten bei Mehrwegekanal und AWGN-Störung . . . . .	112
6.1.3 Verhalten bei nicht-idealner Hardware . . . . .	113
6.2 Inkohärenter Empfänger . . . . .	113
6.2.1 Detektion mit MAX-Methode . . . . .	113
6.3 Empfänger für orthogonale Modulation . . . . .	114
<b>7 Analyse des Systemverhaltens</b>	<b>117</b>
7.1 Systemeffekte im Zeitbereich und Frequenzbereich . . . . .	117
7.1.1 Einfluss der PPM-Modulation . . . . .	118
7.1.2 Einfluss der TH-Codierung . . . . .	120
7.1.3 Einfluss des Sendefilters . . . . .	121
7.1.4 Einfluss von Antennen und Kanal . . . . .	122
7.1.5 Einfluss von AWGN Rauschen . . . . .	123
7.1.6 Einfluss des Low Noise Amplifiers . . . . .	123

7.1.7	Einfluss des Empfangsfilters . . . . .	124
7.1.8	Referenzsignal . . . . .	126
7.2	Performance bei Variation von Systemparametern . . . . .	127
7.2.1	Einfluss der Datenrate . . . . .	128
7.2.2	Einfluss eines Synchronisierungsfehlers . . . . .	130
7.2.3	Einfluss von Jitter . . . . .	131
7.3	Performance-Vergleich für konventionelle und optimale Pulsform . . . . .	133
7.4	Performance-Vergleich für europäische und FCC Regulierung . . . . .	134
7.5	Einfluss der Sende- und Empfangshöhe sowie von Verkippung . . . . .	139
<b>8</b>	<b>Einfluss von Empfängerarchitektur und Modulation</b>	<b>141</b>
8.1	Demodulation bei PPM Modulation . . . . .	141
8.1.1	Kohärenter Empfänger . . . . .	141
8.1.2	Inkohärenter Empfänger . . . . .	141
8.1.3	Vergleich kohärente und inkohärente Detektion . . . . .	144
8.2	Demodulation mit hocheffizienten Orthogonalpulsen (OPM) . . . . .	144
<b>9</b>	<b>Systemoptimierung durch Kompensation</b>	<b>149</b>
9.1	Kompensation der Sendeantenne . . . . .	149
9.1.1	Kompensation durch modifizierte Zielmaske . . . . .	152
9.1.2	Kompensation durch inverse Gewinnfunktion . . . . .	152
9.1.3	Vergleich der Performance . . . . .	154
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen</b>	<b>159</b>
<b>A</b>	<b>Tschebyscheff-Filterkoeffizienten</b>	<b>163</b>
<b>Literatur</b>		<b>165</b>
<b>Lebenslauf</b>		<b>179</b>