

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Stand der Forschung .....	2
1.2 Einordnung und Aufbau der Arbeit .....	3
<b>2 UWB-Signale als Quellen elektromagnetischer Störungen.....</b>	<b>5</b>
2.1 Definition ultra breitbandiger Signale im Frequenzbereich .....	5
2.2 Weiterführende Definition von UWB-Pulsen im Zeitbereich .....	8
2.3 Anwendungsbeispiele der UWB-Technik .....	10
2.3.1 Kommunikationstechnik .....	10
2.3.2 Radartechnik .....	10
2.3.3 Medizintechnik .....	10
2.3.4 Absichtlich hervorgerufene elektromagnetische Störungen.....	11
2.4 Abschätzung des Gefahrenpotentials durch UWB-Störungen .....	11
2.4.1 Elektronische Gesamtsysteme und Anwendungen .....	11
2.4.2 Mikrocontroller und Mikrocontroller-Platinen .....	13
2.4.3 Baugruppen und integrierte Schaltkreise .....	14
2.4.4 Fazit .....	15
<b>3 Beschreibung von eingekoppelten UWB-Störungen auf PCB-Ebene .....</b>	<b>16</b>
3.1 Koppelmechanismen in komplexe elektronische Systeme .....	16
3.1.1 Feldeinkopplungen in ein geschirmtes elektronisches System .....	16
3.1.2 Leitungseinkopplungen durch Feldexpositionen .....	18
3.2 Ausbreitung von UWB-Störungen auf PCB-Leitungen .....	19
3.2.1 Dämpfung und Dispersion .....	20
3.2.2 Einfluss von Leitungsdiskontinuitäten .....	23
3.2.3 Kopplung .....	24
3.2.4 Zusammenfassung der Leitungsparameter .....	26
3.3 Theoretische Beschreibung von eingekoppelten UWB-Störungen .....	26
<b>4 Simulation und Messung eingekoppelter UWB-Störungen innerhalb komplexer Systeme .....</b>	<b>30</b>
4.1 Systembeschreibung .....	30
4.2 Bestimmung der Schirmdämpfung .....	32
4.2.1 Simulation der Schirmdämpfung mithilfe der Momentenmethode .....	32
4.2.2 Modellbeschreibung des Testsystems .....	34
4.2.3 Simulationsergebnisse .....	36
4.2.4 Zusammenfassung der Schirmdämpfungsbestimmungen .....	40
4.3 Analyse von eingekoppelten UWB-Störungen auf PCB-Ebene .....	40
4.3.1 Testaufbau zur Vermessung von UWB-Störsignalen auf PCB-Leitungen .....	40
4.3.2 Simulation und Messung von UWB-Störsignalen auf PCB-Leitungen .....	42
4.4 Fazit .....	45

<b>5 Nachbildung von eingekoppelten UWB-Pulsen auf PCB-Ebene .....</b>	<b>46</b>
5.1 Anforderungen an UWB-Testsignale .....	46
5.2 UWB-Pulserzeugung durch Spektralformung breitbandiger Quellen .....	47
5.2.1 Breitbandige Signalerzeugung durch schnelle Avalanche-Transistoren .....	48
5.2.2 Spektralformung durch pulsformende Netzwerke .....	55
5.3 UWB-Pulserzeugung durch konstruktiven Spektralaufbau .....	62
5.3.1 Verfahren zum konstruktiven Spektralaufbau .....	62
5.3.2 Umsetzung des Verfahrens .....	66
5.4 Zusammenfassung und Bewertung der leistungsgebundenen Pulsnachbildungen .....	76
<b>6 Schutzkonzepte gegen extreme elektromagnetische Störungen .....</b>	<b>77</b>
6.1 Messaufbau zur Ermittlung des transienten Ansprechverhaltens von Schutzelementen gegen eingekoppelte UWB-Pulse .....	78
6.2 Verhalten von Schutzelementen bei eingekoppelten UWB-Pulsen .....	79
6.3 Systematische Beschreibung der Schutzwirkung von Schutzkomponenten .....	86
6.3.1 Definition der Schutzparameter eines Systems .....	86
6.3.2 Theoretische Beschreibung der Schutzwirkung von Schutzelementen .....	88
6.4 Zusammenfassung für den Entwurf angepasster Schutzkonzepte .....	91
<b>7 Nachweis der Wirksamkeit von Schutzkonzepten .....</b>	<b>92</b>
7.1 Systembeschreibung .....	92
7.2 Ermittlung der Effektschwellen eines USB-Übertragungssystems .....	94
7.3 Erstellung eines Schutzkonzeptes .....	96
7.4 Ermittlung der Wirksamkeit des erstellten Schutzkonzeptes .....	98
7.5 Ergebnisse und Bewertung .....	99
<b>8 Zusammenfassung .....</b>	<b>100</b>
<b>9 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>102</b>
<b>10 Anhang .....</b>	<b>109</b>
10.1 Simulationsergebnisse der Schirmdämpfungsbestimmung .....	109
10.2 Messungen von Nachbildungen eingekoppelter UWB-Pulse .....	111