

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Kurzfassung | I |
| Inhaltsverzeichnis..... | II |
| 1 Einleitung..... | 1 |
| 2 Einsatz im Weltraum..... | 9 |
| 2.1 Einführung | 9 |
| 2.2 Strahlungsumgebung..... | 11 |
| 2.2.1 Strahlung im Weltraum..... | 13 |
| 2.3 Auswirkung der Strahlung auf elektronische Bauteile | 17 |
| 2.3.1 <i>Total Dose</i> Effekt..... | 17 |
| 2.3.2 <i>Single Event</i> Effekte..... | 19 |
| 3 Bilddatenverarbeitung..... | 24 |
| 3.1 Vorverarbeitende Bildverarbeitungsfunktionen..... | 28 |
| 3.1.1 <i>Flat Field</i> -Korrektur und Entfernung fehlerhafter Bildpunkte..... | 28 |
| 3.1.2 Entfernung von Cosmic Rays | 29 |
| 3.2 Bildkompression | 30 |
| 3.3 JPEG2000: Übersicht und Eckpunkte..... | 32 |
| 3.4 Diskrete <i>Wavelet</i> -Transformation..... | 33 |
| 3.5 EBCOT | 37 |
| 3.5.1 Kontextmodellierung | 38 |
| 3.5.2 Arithmetische Codierung durch <i>MQ Coder</i> | 40 |
| 3.5.3 <i>Tier-2, Rate Control</i> , Formatierung | 43 |
| 3.6 <i>Region of Interest</i> -Codierung..... | 45 |
| 3.7 Software Referenz-Implementierung JasPer..... | 48 |
| 4 Architektur einer DPU für kompakte Kamerainstrumente | 49 |
| 4.1 Hardwareaufbau der Musterkonfiguration..... | 50 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.2 | Software | 53 |
| 4.3 | Schutz der Speicherelemente | 54 |
| 4.4 | Strahlungsbedingte Fehler im RT-Virtex-II FPGA..... | 56 |
| 4.5 | Maßnahmen gegen strahlungsbedingte Fehler beim RT-Virtex-II FPGA..... | 61 |
| 4.6 | Ausblick für verschiedene Architekturmöglichkeiten / Implementierungswege..... | 65 |
| 5 | Strahlungsfeste DPU | 67 |
| 5.1 | Aufbau..... | 67 |
| 5.2 | Kennwerte | 68 |
| 5.2.1 | Performanz | 68 |
| 5.2.2 | Zuverlässigkeit | 72 |
| 5.2.3 | Einfluss strahlungsbedingter Fehler..... | 73 |
| 5.2.4 | Leistungsbedarf..... | 73 |
| 5.2.5 | Platzbedarf, Volumen und Masse..... | 74 |
| 5.3 | Variation unter Verwendung eines Massenspeichers..... | 74 |
| 5.3.1 | Performanz | 75 |
| 5.3.2 | Zuverlässigkeit | 76 |
| 5.3.3 | Einfluss strahlungsbedingter Fehler..... | 76 |
| 5.3.4 | Leistungsbedarf..... | 77 |
| 5.3.5 | Platzbedarf, Volumen und Masse..... | 77 |
| 6 | Strahlungstolerante DPU | 78 |
| 6.1 | Aufbau mit Soft CPU im RT-Virtex-II FPGA..... | 78 |
| 6.2 | Kennwerte | 80 |
| 6.2.1 | Performanz | 81 |
| 6.2.2 | FPGA Ressourcenbedarf..... | 82 |
| 6.2.3 | Zuverlässigkeit | 82 |
| 6.2.4 | Einfluss strahlungsbedingter Fehler..... | 83 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 6.2.5 | Leistungsbedarf..... | 85 |
| 6.2.6 | Platzbedarf, Volumen und Masse | 85 |
| 7 | JPEG2000 Hardwarebeschleunigung..... | 86 |
| 7.1 | Dedizierter Chip für JPEG2000 | 87 |
| 7.2 | Kommerzielle JPEG2000 IP Cores..... | 87 |
| 7.3 | Architektur des neu entwickelten IDA JPEG2000 Core..... | 89 |
| 7.3.1 | Diskrete <i>Wavelet</i> Transformation (DWT)..... | 91 |
| 7.3.2 | Bitplane Coder (BPC) | 93 |
| 7.3.3 | MQ Coder | 97 |
| 7.3.4 | <i>Rate Control</i> | 99 |
| 7.3.5 | <i>Region of Interest</i> -Codierung..... | 101 |
| 7.3.6 | Steuerung | 102 |
| 7.3.7 | Verifikation des IDA JPEG2000 Core..... | 103 |
| 7.3.8 | Software | 103 |
| 7.3.9 | Zusammenfassung der Laufzeiten und des FPGA-Ressourcenbedarfs | 104 |
| 7.3.10 | Abänderungen der Grundkonfiguration..... | 107 |
| 7.3.11 | Performanzmessungen | 108 |
| 7.3.12 | Implementierung in strahlungsfestem Baustein..... | 114 |
| 8 | Implementierung des IDA JPEG2000 Core und Vergleich..... | 116 |
| 8.1 | Strahlungsfeste DPU mit IDA JPEG2000 Core..... | 116 |
| 8.1.1 | Performanz..... | 118 |
| 8.1.2 | Zuverlässigkeit..... | 119 |
| 8.1.3 | Einfluss strahlungsbedingter Fehler..... | 119 |
| 8.1.4 | Leistungsbedarf..... | 119 |
| 8.1.5 | Platzbedarf, Volumen und Masse | 120 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 8.2 | Strahlungstolerante DPU mit IDA JPEG2000 Core | 120 |
| 8.2.1 | Performanz | 122 |
| 8.2.2 | FPGA-Ressourcenbedarf..... | 122 |
| 8.2.3 | Zuverlässigkeit | 123 |
| 8.2.4 | Einfluss strahlungsbedingter Fehler..... | 123 |
| 8.2.5 | Leistungsbedarf..... | 123 |
| 8.2.6 | Platzbedarf, Volumen und Masse..... | 124 |
| 8.3 | Vergleich der Implementierungswege | 124 |
| 8.3.1 | Performanz | 124 |
| 8.3.2 | Zuverlässigkeit | 127 |
| 8.3.3 | Sicherheit gegen strahlungsbedingte Fehler..... | 127 |
| 8.3.4 | Leistungs- und Energiebedarf | 128 |
| 8.3.5 | Platzbedarf, Volumen und Masse..... | 130 |
| 8.3.6 | Flexibilität | 130 |
| 9 | Zusammenfassung und Ausblick | 132 |
| A | Anhang | 134 |
| A.1 | Strahlungskurven und Fehlerberechnung..... | 134 |
| A.2 | Zuverlässigkeitsbestimmung..... | 138 |
| A.3 | Liste der verwendeten Bauteile | 147 |
| A.4 | Abkürzungen | 148 |
| A.5 | Formelzeichen | 150 |
| A.6 | Literaturverzeichnis..... | 151 |