

| | | |
|-------|--|----|
| | Symbolverzeichnis | 1 |
| 1 | Der modulare von-Neumann-Rechner für Realzeit-Anwendungen | 4 |
| 1.1 | Realzeitbetrieb und Zuverlässigkeit | 4 |
| 1.2 | Modularer von-Neumann-Rechner | 5 |
| 1.2.1 | Prozessor und Prozessormodul | 6 |
| 1.2.2 | Hauptspeicher und Hauptspeichermodul | 6 |
| 1.2.3 | Ein-/Ausgabeverfahren und Ein-/Ausgabemodul | 6 |
| 1.3 | Asynchrone Busprotokolle für parallele Rechnerbusse | 12 |
| 1.3.1 | Kommunikation zwischen Prozessor- und Hauptspeichermodul | 13 |
| 1.3.2 | Synchronisation durch das Prozessormodul | 19 |
| 1.4 | Mehrere Steuersignale des Prozessormoduls | 20 |
| 2 | Zur Fehlertoleranz in modularen Realzeitrechensystemen | 22 |
| 2.1 | Störungen, logische Fehler, Rechenfehler | 22 |
| 2.2 | Mechanismen der Fehlertoleranz | 23 |
| 2.3 | Redundanzformen | 24 |
| 2.4 | Statische modular-redundante Systeme | 27 |
| 2.4.1 | Schnelle Duplexsysteme | 27 |
| 2.4.2 | Das Votierprinzip | 28 |
| 2.5 | Bekannte modulare votierende Realzeit-Triplexsysteme | 31 |
| 2.5.1 | Systeme der SIFT-Klasse | 32 |
| 2.5.2 | Systeme der HIFT-Klasse | 33 |
| 2.5.3 | Hybrides System | 34 |
| 2.5.4 | Bewertung der betrachteten Systeme | 35 |
| 2.6 | Anforderungen an ein neues Realzeit-Triplexsystem | 37 |
| 3 | Zur Synchronisationsproblematik des modular-redundanten HIFT-Systems mit dezentraler Synchronisation | 43 |
| 3.1 | Der Einfluß von Synchronisationsfehlern auf das statisch | 45 |

| | | |
|-------|---|-----|
| | votierte Steuersignal | |
| 3.2 | Berücksichtigung logischer Fehler | 51 |
| 3.3 | Synchronisieren und Votieren von Steuersignalen der Prozessor- und Hauptspeichermoduln | 57 |
| 4 | Votierlogik, dynamischer Signalvotierer, Zeitlogik | 64 |
| 4.1 | Dynamisches Votieren der Steuersignale | 68 |
| 4.1.1 | Busprotokolle mit Zeitreserven zum Synchronisieren / Vo- tieren | 71 |
| 4.1.2 | Busprotokolle ohne Zeitreserven zum Synchronisieren / Vo- tieren | 72 |
| 4.2 | Dynamischer Votierer für unidirektionale Steuersignale | 73 |
| 4.2.1 | Zur Realisierung des Zeitglieds | 76 |
| 4.2.2 | Register-Transfer-Anweisungen des unidirektionalen Votierers | 81 |
| 4.3 | Garantieren der Zeitspezifikationen der Busprotokolle | 83 |
| 5 | Votieren von Datenworten / dynamischer Datenwortvotierer | 89 |
| 5.1 | Datenwortvotierer des quellengesteuerten Einwegverfahrens | 90 |
| 5.2 | Datenwortvotierer des zielgesteuerten Einwegverfahrens | 96 |
| 5.3 | Votieren über Adreßbusworte, Interruptvektoren, Datenbusworte | 99 |
| 6 | Fehlerdiagnose permanent fehlerhafter Moduln | 103 |
| 6.1 | Fehlerlokalisierung | 105 |
| 6.2 | Gültigkeit der Fehlerlokalisierung | 111 |
| 6.3 | Fehlerklassifizierung | 115 |
| 6.3.1 | Hardwareschema der Diagnoseeinheit | 117 |
| 6.3.2 | Steuerung der Diagnose | 119 |
| 6.3.3 | Meldung permanent fehlerhafter Moduln | 121 |

VII

| | | |
|-----|--|-----|
| 7 | Elementare Ein-/Ausgabeformen im votierenden System | 122 |
| 7.1 | Port - Ein-/Ausgabe | 122 |
| 7.2 | Die Interrupt - Eingabe | 123 |
| 7.3 | Die DMA - Ein-/Ausgabe | 125 |
| 7.4 | Erweiterungen der Votierlogik aufgrund der Ein-/Ausgabeverfahren | 126 |
| 7.5 | Gültigkeit der Fehlerlokalisierung bei den Ein-/Ausgabeverfahren | 129 |
| 8 | Leistungsverluste beim N-plex-HIFT-System | 132 |
| | Zusammenfassung | 147 |
| | Anhang | 151 |