



SATELLITENBUS-COMPUTER

Kontakt

Samuel Pletner
Forschungsgruppenleiter
Systemarchitekturen
System Quality Center – SQC
Tel. +49 30 3463-7450
samuel.pletner@fokus.fraunhofer.de

Fraunhofer FOKUS
Kaiserin-Augusta-Allee 31
10589 Berlin

www.fokus.fraunhofer.de/sqc

Strahlung und große Temperaturschwankungen stellen enorme Herausforderungen für Rechnersysteme im Luft- und Raumfahrtbereich dar. Bei sicherheitskritischen Systemen wie der Satellitensteuerung muss die Systemzuverlässigkeit auch unter den extremen Anforderungen im Orbit garantiert werden. Fehlfunktionen oder sogar ein Systemausfall bedeuten hohe finanzielle Risiken und können zu einem Scheitern der gesamten Mission führen.

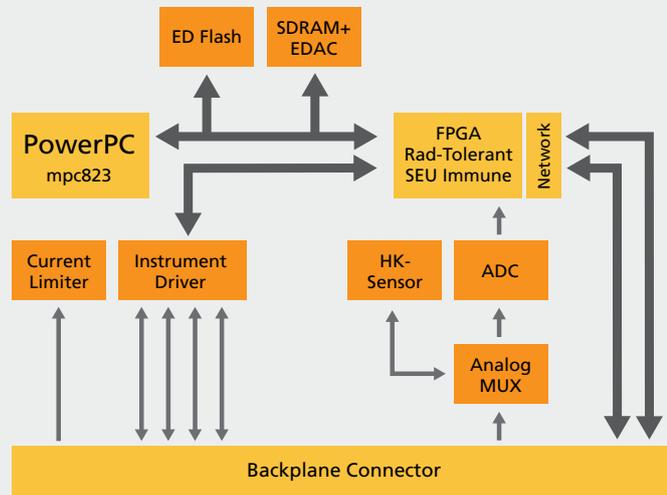
Satellitenbus-Computer (SBC)

Fraunhofer FOKUS hat für das Satellitenprojekt TET-1 einen Steuerrechner entwickelt, der die Übertragung, Verarbeitung und Speicherung aller Daten an Bord des Satelliten übernimmt. Neben der Datenerfassung von einzelnen Subsystemen, wie z. B. der an Bord ausgeführten Experimente oder der Energieversorgung, übernimmt er auch die Kommunikation mit der Bodenstation. Mit der Vielzahl von Schnittstellen zu seinen Subsystemen, Komponenten und der Anwendungssoftware stellt der Bordrechner ein außerordentlich komplexes System dar. FOKUS hat für den Rechner ein Betriebssystem (BOSS) entwickelt, das durch hohe Geschwindigkeit und Stabilität den Anforderungen beim Satellitenbau entspricht.

Redundanz

Trotz der Komplexität des Systems muss die Ausfallsicherheit des Steuerrechners auch im Orbit garantiert werden. FOKUS setzt eine hochredundante Architektur mit 4-fachem Rechnerknoten ein. Jeder Rechnerknoten besitzt redundante Verarbeitungs- und Speicherstrukturen. Damit bei einem Speicherfehler kein Datenverlust auftritt, ist jeder Rechnerknoten mit einem Schattenspeicher ausgerüstet. Wird in einem Knoten ein Speicherfehler erkannt, wird der Speicherinhalt durch den Inhalt des Schattenspeichers ersetzt.

Blockdiagramm des
TET-Steuerrechners



Die Steuer- und Kommunikationseinheit ist in einem FPGA (Field Programmable Gate Array) untergebracht. FOKUS setzt einen FPGA ein, da dieser frei programmierbar ist und dadurch an die verschiedenen Schnittstellen angepasst werden kann. Der FPGA ist wiederum dreifach redundant (TMR-Triple Module Redundancy) aufgebaut.

Latch-Up Schutz

Gerade die Strahlung stellt für Rechnersysteme an Bord eines Satelliten eine der größten Herausforderungen dar. Hochenergetische Teilchen treffen ständig auf die Bauteile des Satellitenrechners und können dadurch einen Single Event Upset (SEU) hervorrufen. Bei einem SEU kann durch einen sogenannten Bitflip, bei dem sich der Zustand eines Bits ändert, eine Fehlfunktion des betroffenen Bauteils auftreten. Um dies zu verhindern, setzt Fraunhofer FOKUS strahlungstolerante Bauteile sowie einen Latch-Up Schutz ein: Durch eine permanente Spannungsmessung in verschiedenen Baugruppen des Rechners erfolgt bei überproportionalem Spannungsanstieg eine kurzzeitige Abschaltung des betroffenen Bauteils. Dadurch wird eine Zerstörung verhindert.

Fehlererkennungs- und Fehlerkorrektursystem

Das Fehlererkennungs- und Fehlerkorrektursystem des Steuerrechners funktioniert nach dem Monitor-Worker-Prinzip: Jeweils zwei aktive Rechnerknoten arbeiten zusammen und überwachen sich gegenseitig. Eine Fehlfunktion wird z. B. dadurch erkannt, dass ein Rechnerknoten gar keine Werte mehr sendet oder vollkommen abwegige Werte, die nicht mit den Ergebnissen des anderen Rechnerknotens übereinstimmen. Der Rechnerknoten, der solche falschen oder gar keine Werte empfängt, erkennt dies und veranlasst einen Neustart des jeweils anderen Rechnerknotens. Darüber hinaus kann sich jeder Rechnerknoten bei widersprüchlich erkannten Werten selbst zu einem Neustart entscheiden. Im Extremfall, wenn auch nach einem Neustart einer oder beide Rechnerknoten unterschiedliche Rechenergebnisse liefern, übernehmen die restlichen Rechnerknoten.

Kompetenz

Fraunhofer FOKUS verfügt über ausgewiesene Expertise beim Bau von qualifizierten Steuerrechnern für Satelliten, die das Institut in mehreren Projekten unter Beweis gestellt hat. So wurde bereits für den deutschen Kleinsatelliten BIRD ein Bordrechner entwickelt. Dabei wurden kostengünstige commercial off-the-shelf-Komponenten genutzt.

Spezifikationen

- Abmessungen:
 - Breite: 100 x 170 mm (inkl. Anschlüsse)
 - Höhe: 20 mm (Komponenten auf beiden Seiten)
- Gewicht: 0.166 kg
- Strahlenhärte >13 Krad (getestet)
- Versorgungsspannung: +3.3V, +5V, + 15V, -15V
- Verlustleistung max. 4W
- Temperaturbereich: -40°C / +80°C

