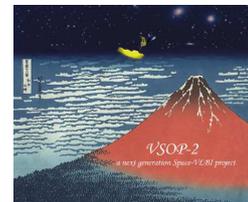


ASTRO-G 観測信号系成立性検証

○河野裕介, 鈴木駿策, 武士俣健, 川口則幸 (国立天文台), 吉原圭介, 大串義雄, 高島健, 廣瀬和之, 池田雅彦, 水田栄一, 村田泰宏, 西堀俊幸, 朝木義晴, 紀伊恒男 (ISAS/JAXA)



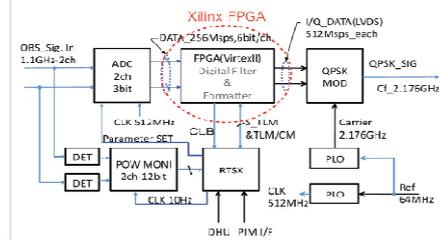
高速データ処理部放射線耐用技術課題

[1] SRAM型のFPGAの放射線耐性の確認

[2] バックアッププランによる成立性確認

高速データ処理部 SSF:

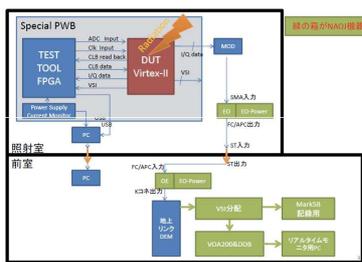
Synchronous Sampler and Formatter



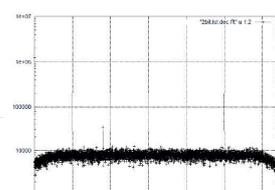
[1] SRAM型のFPGAの放射線耐性の確認

放射線試験

日時: 2010/4/20, 27
 設備: 放射線医学総合研究所 サイクロトロン
 線種: 陽子
 DUT: Xilinx Virtex2 QXR2V1000



放射線試験コンフィギュレーション



治具から既知の雑音データをDUTに伝送し(ADC模擬)、DUTでデジタルフィルタ処理したスペクトル。ノイズに小振幅のトーンが再現できている。



試験終了後 動作確認試験

日時: 2010/7/1
 場所: 国立天文台三鷹
 目的: DUTの試験後試験系を再構築し、動作に問題がないか確認する



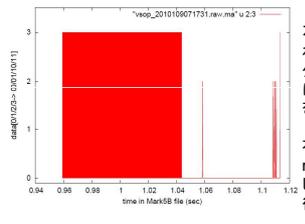
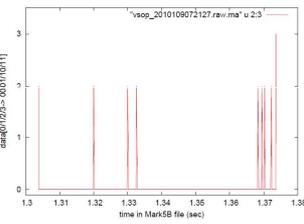
目的: 下記の1-1と1-2の実験的確認のためのデータ取得。DUT動作中のSEU耐性を調査するため、疑似天文データをDUTでデジタルフィルタ処理している。

1-1 SEU発生を検知しメモリを再構築する機能の実験的検証

照射フラックス範囲: 1.8E5 ~ 2.1E5 (p/cm2/s) 参考値
 メモリ再構築方法: テスト治具から自動的にrebootコマンドを発行する Config readback、IQ (治具FPGA)、DUT電流電圧 (外部モニタ) IQデータ (Mark5) ビット分布 (OCTAVIA)、予備試験用TVG

REBOOT動作回数: 53回
 正常復帰確認回数: 53回

SEU発生を検知しメモリを再構築することができることを実験的に検証できた



左図: Mark5Bで検出されたレポートによるデータエラー(レポート時以外は正常データであることを示す)

右図: SEUによって80m秒データエラーが発生しRebootで正常データへ復旧している

1-2 SEUが永久損傷に波及するリスクの調査および実験による確認

リスク調査

SRAM型のFPGAはSRAMデータが回路を制御しているため、SEUによってSRAMがビット反転することで内部バスの衝突や、IOブロックの機能変化など、永久故障に波及しかねない影響が想定される。そこで、本FPGAのメーカーであるXilinx、またXilinxと共同でSEUに関する影響の研究を行っているJPLと打ち合わせを行い、調査を行った。その結果表にまとめるような調査結果が得られ、本調査結果によると永久損傷に波及するリスクがないと判断できる。

リスク項目	調査結果
内部バス	内部のバスは使用しておらず、MUXだけで構成されており、SEUによりshort状態となっても電流増加小さく問題とならない。
IOの機能反転	InputのOutputへの変更は空間的に離れて配置されている複数のメモリがビット反転することが必要で、確率的に極めて小さい。また反転したとしても適当な抵抗を導入することで電流制限できるため永久故障に至らない。

実験による確認

照射フラックス範囲 2.9E7 ~ 1.8E8 (p/cm2/s) (40のセッションに分けて照射)
 SEU発生ビット数: 4.11E4 (ミッションライフに想定されるSEU発生回数の約1.9倍)
 SEU確認手法: CFGリードバック
 正常動作復帰確認方法: 治具FPGAによるIQデータチェックとMark5Bによるデータ確認

調査により永久損傷のリスクはなく、放射線試験においてもミッションライフに想定される約2倍のSEUを発生させても永久損傷は発生しなかった。

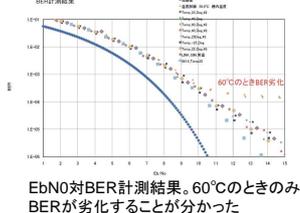
[2] バックアッププランによる成立性確認

2-1 アンチヒューズ型FPGA+シリアライザ案

検証項目	ステータス	結果
入力データ取り込み	終了	伝送シミュレーションにより性能を満たす
演算速度	終了	配置配線シミュレーションの結果、性能を満たす (DOSE環境下)
シリアライザ(MUX)を用いた伝送	終了	本試験で使用したMUXでは高温環境下でBERの劣化が見られたが、他のMUXを用いることで実現できる可能性がある。

シリアライザ伝送: 実証実験による確認

場所: 国立天文台三鷹
 DUT MUX: Aeroflex UT54LVDS217
 治具FPGA: VIRTEX4
 温度条件: -25, 25, 40, 60 °C
 試験装置: Astro-G地上系 DEMO BER計測装置



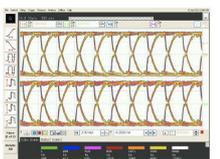
EbN0対BER計測結果。60°CのときのBERが劣化することが分かった



2-2 機能縮退冗長案

- ADC出力信号を直接変調器に接続
- メーザ一観測の感度の劣化
- 衛星・地上局・相関局の設計変更が必要

三鷹光結合実験室に設置された試験システム



MUX後の512Mbpsのアイバタン

成立性検討まとめ

	SRAM案	アンチヒューズ案	機能縮退冗長案
サイエンス	連続波○ メーザ○	連続波○ メーザ○	連続波○ メーザ△ (感度劣化)
放射線耐性	○	○	○
処理・伝送速度	○	△ (MUX可能であれば)	○