

Texas Instruments の電源を、Teledyne e2v の宇宙用 DDR4 メモリと組み合わせて使用する

2023 年 2 月



概要



画像・動画処理、人工知能 (AI)、テレコミュニケーションなど、最先端の宇宙用コンピューティングの最先端の領域では高度な演算が行われるため、プロセッサ、FPGAs、ACAP などの演算に特化したデバイスが重要となります。このようなデバイスでは内部メモリは限られているため、高速で高密度な外部メモリである DDR4 メモリを利用して、負荷のかかる演算処理をサポートする必要があります。

Teledyne e2v は、耐放射線、宇宙グレードの DDR4 ([DDR4TxxG72](#)) を初めて提供したメーカーです。最初は 4GB の密度でしたが、より高密度な 8GB デバイスをポートフォリオに加え、宇宙用のユースケースにおいて拡大を続ける演算やストレージ容量のニーズに応えてきました。

DDR4 メモリには専用の電源が必要です。特に、終端電圧 (VTT) レギュレータは、Address Control Command (ACC) バスの終端抵抗の電源を制御するため、重要です。この電圧は、1GHz を超える DDR4 バスのトランザクションが 1GHz を超えるほど高い周波数となることから、高い帯域幅で正確に調整可能になっている必要があります。このほか、メモリには、部品のロジック部に供給する電圧レギュレータも必要です。Texas Instruments (TI) には様々な宇宙グレード電源 IC があります。宇宙とい

う放射線環境で Teledyne e2v の DDR4 メモリに電源供給するための要件を満たしたものです。

このホワイトペーパーでは、まず Teledyne e2v の DDR4 メモリと関連する Texas Instruments の終端電圧レギュレータについて、概要を説明をします。それから、提案する電源付きの DDR4 メモリの実装について説明します。

[TELEDYNE E2V DDR4 DDR4TxxG72 の説明](#)



図 1 : Teledyne e2v の耐放射線 4GB DDR4 メモリ、DDR4T04G72

Teledyne e2v の [DDR4TxxG72](#) DDR4 メモリは、プロセッサ、FPGA など、宇宙用処理デバイスに最適なコンパニオンチップです。4/8GB の耐放射線 DDR4 メモリ Multi-Chip Package (MCP) は超高密度メモリソリューションで、宇宙用組み込みシステムやアプリケーションに最適です。

この宇宙グレードの DDR4 メモリは、基板占有面積を最小限に抑えながら、高いパフォーマンスを実現し、限られたスペースで高密度化が必要な衛星設計において大きな価値を発揮します。DDR4 コントローラを搭載したプロセッサや FPGA と組み合わせて使用でき、Teledyne e2v Space バージョンの Qormino® Common Compute Platform に LS1046 クアッドコアプロセッサ ([QLS1046-4GB](#) Space バージョン) と共に搭載することも可能です。

Texas Instruments の電源を、Teledyne e2v の宇宙用 DDR4 メモリと組み合わせて使用する

2023 年 2 月



DDR4TxxG72 の主な特徴 :

- 4GB と 8GB の密度
- 8 ビット ECC、シングルビットエラー訂正とデュアルビットエラー検知が可能
- 2.4GT/s (150Gbps) のデータレートまで対応
- 有機パッケージ 15mm × 20mm × 1.92mm
- 温度範囲 : [-40 ; +105]°C または [-55 ; +125]°C

耐放射線性能と品質レベル :

- NASA レベル 1 まで (NASA EEE-INST-002 - Section M4 - PEMs に基づく)
- ECSS クラス 1 (ECSS-Q-ST-60-13C) まで
- SEL LET しきい値 > 60.88 MeV.cm²/mg
- SEU/SEFI データ > 60.88 MeV.cm²/mg
- TID 性能 100 krad (Si)

TEXAS INSTRUMENTS DDR4 専用電源

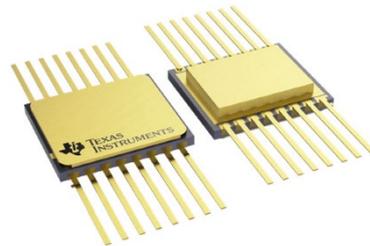


図 2 : TPS7H3301-SP 電圧終端 (VTT) レギュレータ

Texas instruments では、宇宙用電源 IC のポートフォリオを取り揃えています。中でも、[TPS7H3301-SP](#) (図 2) は、QML-V に対応した±3A のソースシンクの耐放射線 DDR 終端レギュレータで、VREF を内蔵しています。インダクタや補償が不要なリアソリューションで、動作に必要な受動素子も少ないため、ソリューション全体の面積を削減できます (図 3)。この VTT レギュレータは DDR4 の JEDEC 仕様を満たしており、Teledyne e2v の DDR4 メモリに最適です。

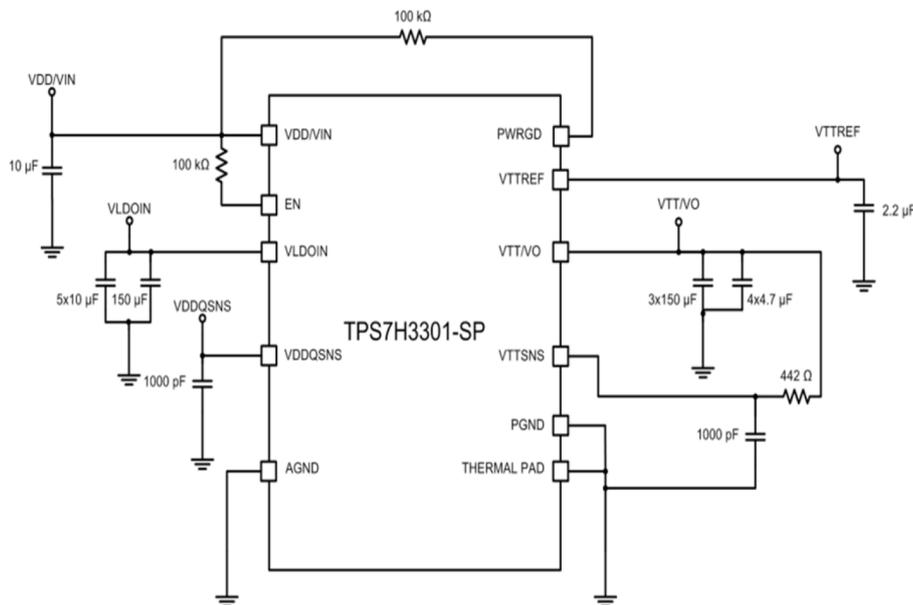


図 3 : 代表的な TPS7H3301-SP 実装

Texas Instruments の電源を、Teledyne e2v の宇宙用 DDR4 メモリと組み合わせて使用する

2023 年 2 月



TPS7H3301-SP の主な特徴 :

- 放射線 : HDR & LDR TID 100-krad(Si), SET/SEFI 対策、70 MeV.cm 2/mg までの SEL/SEB/SEGR 耐性
- 制御入力電圧:2.5 V および 3.3 V
- VLDO 入力は 0.8 V まで対応
- Power-good と ENABLE
- 10 mA バッファの VTTREF
- ソース/シンク VTT 電圧出力、ドループ補償付き
- 熱強化型 16 pins CDFP、9.9 x 11.3 mm
- 温度範囲 : [-55 ; +125]°C

耐放射線バージョンの TPS7H3302-SEP は、[TPS7H3301-SP](#) と同じ機能ですが、プラスチックパッケージで提供しており、品質レベルや耐放射線性が下がるため、宇宙向けとしては要求が緩やかな用途で使う製品となります。

終端電圧とは別に、Teledyne e2v の DDR4 メモリには追加の電源レールも必要です。これは他の Texas Instruments IC から構築することができます。詳しくは次節の電源の実装で説明します。

DDR4 の電源実装

Teledyne e2v 社の DDR4 メモリでは、動作に 3 種類の電源電圧 (VTT、VDD、VPP) と、電圧基準 (VREFCA) が必要です。代表的な要件を以下に示します。

- VDD は DDR4 のロジック部の主電源で、1.2V です。密度や用途にもよりますが、必要な電流は 1 つの DDR4 一つあたり 1~2A になると想定しています (消費電力の評価のため、Teledyne e2v から電力見積表を提供しています)。さらに、監視装置である DDR4 コントローラには通常 1.2V の電源が必要で、これもある程度の電流を消費します。電源サイズを決める際には、これも考慮する必要があります。
- VPP は DDR4 の補助電源で、電圧は 2.5V で、直流電流は 100mA 以下の範囲になると考えられます。スイッチングや線形変換器が使えます。
- VTT は、Teledyne e2v の DDR 4 メモリの統合終端抵抗に内部で接続されている終端電圧です。VTT は VDD の半分、つまり 0.6V を追跡する必要があります。最悪の場合、瞬時電流要件は ± 1 A 未満で、電源にはシンク/ソース機能が必要です。また、DDR4 の読み書きサイクル中にエラーが発生しないよう、正確に調整する必要があります。また、電圧レギュレーションの帯域幅も重要です。変動は DDR4 クロック周波数の GHz の帯域で発生するためです。これらの理由から、リニアレギュレーションが推奨されます。
- VREFCA は ACC 信号の重要な電圧基準で、VDD の半分、すなわち 0.6V 値を追跡する必要があります。安定性と正確性が必要なので、VTT に直接接続することは推奨できません。ACC 信号が切り替わるときに VTT は変動するためです。

従来の電源への要求を踏まえ、図 4 では TI デバイスを用いた耐放射線強化の電源方式を提案しました。電源シーケンスはデバイスのパワーグッド端子とイネーブル端子を用いて実装し、VPP (2.5V) の後で VDD (1.2V) が確実に立ち上がるようにしています。

Texas Instruments の電源を、Teledyne e2v の宇宙用 DDR4 メモリと組み合わせて使用する

2023 年 2 月

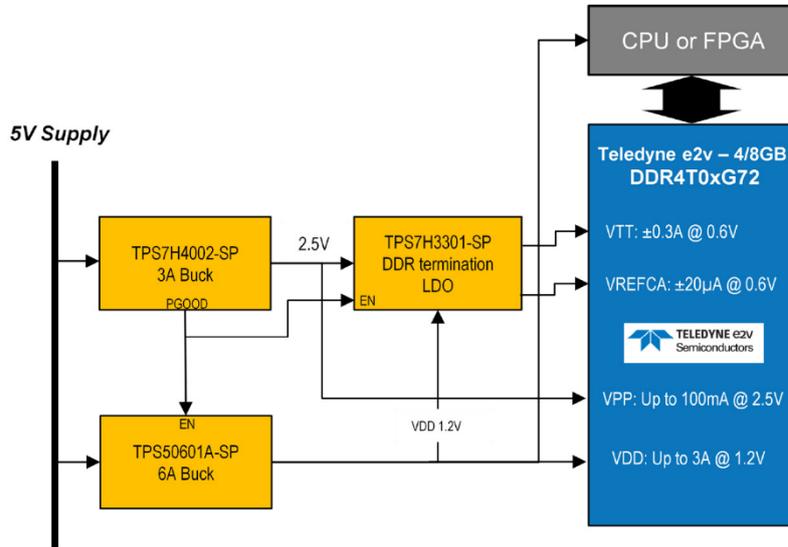


図 4 : Teledyne e2v の DDR4 用の、TI ベースの耐放射線強化型電源の実装

電源方式では、5V の主電源から異なるレールを構築します。VDD 電源には、6A の出力電流に対応した TPS50601-SP バックコンバータを採用しています。これにより、DDR4 メモリに必要な電流と、監視装置（プロセッサ、FPGA など）の DDR4 コントローラの両方がカバーできます。TPS7H4002-SP のバックコンバータは VPP に入力する 2.5V を生成します。TPS7H3301-SP には、VTT を制御し、VREFCA リファレンスを供給する専用出力があるため、他の部品を使用する必要はありません。また、品質や放射線の要求が緩やかな用途の場合は、同じ方式で耐放射線耐性のパワー IC を使用した構成も検討可能です。この場合、TPS7H4002-SP/TPS50601-SP の代わりに TPS7H4010-SEP を、TPS7H3301-SP の代わりに TPS7H3302-SEP を使います。

図 5 に、耐放射線強化型と耐放射線型の両方の実装に必要なプリント基板面積の概算を示します。この例では、AMD/XILINX VERSAL 監視装置をサイズの基準としています。他のデバイスでも電源や DDR4 の面積は同じになるはずですが、このように、耐放射線性オプションを使用すると、必要な面積を大幅に削減することができます。

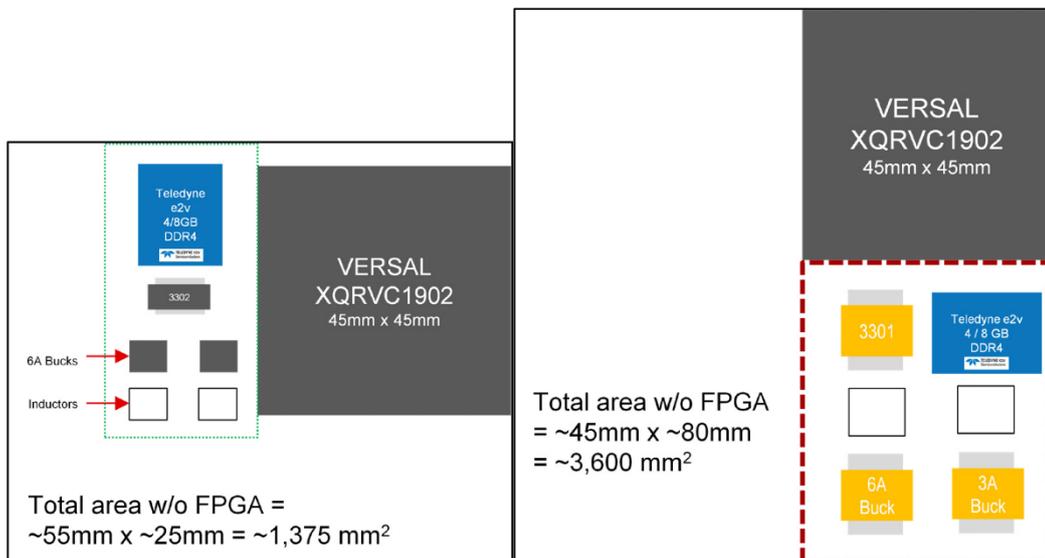


図 5 : 耐放射線デバイス[左]と耐放射線強化デバイス[右]を使用した場合の基板面積。

Texas Instruments の電源を、Teledyne e2v の宇宙用 DDR4 メモリと組み合わせて使用する

2023 年 2 月



まとめ

このホワイトペーパーでは、TI の電源 IC を使用して Teledyne e2v の DDR4 メモリを宇宙向けに実装する方法を提案しました。DDR4TxxG72/TPS7H3301-SP ソリューションにより、宇宙システムは、貴重な基板面積を節約して、高い電力密度、耐放射線強化性、信頼性を提供する小型の構成にできるようになりました。このソリューションを構成する TI および Teledyne e2v のデバイスは、QLS1046-Space リファレンスデザインキットおよびアルファデータ社の Versal Core 開発キット ADK-VA600 の両方で耐放射線性の検証が行われています。

For further information, you may check the following links:

- ti.com/space
- [Space Radiation Tolerant 4GB/8GB DDR4](#)



詳細は、私にお問い合わせください
Yuki Chan,
マーケティング & コミュニケーション
マネージャー
Yuki.chan@teledyne.com



詳細は、私にお問い合わせください
Marc Stackler,
セールス兼
アプリケーションエンジニア
Marc.stackler@teledyne.com

