

## 進化する ISR アプリケーション要件に FPGA を活用

### はじめに：

無人航空機（UAV）のインテリジェンス、監視、偵察（ISR）アプリケーションに供給する組み込みコンピューティングシステムの需要の高まりにより、高性能と柔軟性を兼ね備えた再構成可能な COTS（市販）ハードウェアプラットフォームの迅速な開発と配備の必要性が高まっています。これらのソリューションにより、アプリケーション固有の製品カスタマイズが可能になり、デザインフローの自動化が向上します。これにより、信号処理エンジニアは FPGA の並列処理機能を活用し

て、プラットフォームのパフォーマンスを向上しコストメリットを改善することができます。



### FPGA ベースのシステム：

柔軟な FPGA ベースのシステムは、汎用プロセッサ（GPP）のみに基づく他のタイプのシステムと比較して、ISR アプリケーションの計算密度を高めながら、UAV 機体により適した、より小さなサイズ、重量、および電力（SWaP）プロファイルも可能にします。広帯域信号の取得や分析などの信号インテリジェンス（SIGINT）タスクは、高性能で低遅延の FPGA ベースのアプローチを使用して無人航空機で実行されるようになりました。以前は、電力消費が大きく UAV の SWaP 制限を超えていたため、このような機能は地上で実行されていました。

パフォーマンスと SWaP 効率の大幅な向上は、ザイリンクスの UltraScale ファミリーを含む最新世代の FPGA によって実現されています。これにより、ワットあたりの処理パフォーマンスが大幅に向上し、コンピューティングを多用する ISR アプリケーション向けのより小型で電力効率の高いプラットフォーム設計が可能になります。

空中アプリケーションでは、ハイエンド FPGA はセンサーとのインターフェイスや大量のデータの移動に特に役立ちます。また、FPGA にいくつかの I/O ピンとロジックを割り当ててレガシー I/O プロトコルを変換することにより、レガシー I/O デバイスとのインターフェイスに使用することもできます。

### FPGA の可用性：

CPU や GPU などの汎用デバイスよりも高い計算効率の恩恵を受け、アプリケーション固有のアルゴリズムをプログラムできるため、FPGA をベースにした再構成可能なハードウェアは UAV ペイロードの迅速な展開に不可欠です。モジュラーシステムはまた、スケーラビリティを向上させ、コードの再利用の機会を増やします。モジュール式のソフトウェ

ア設計により、実績のある IP を複数の ISR アプリケーションに再利用でき、モジュール式のハードウェア構成により、ISR アプリケーションの拡張が容易になり、ミッションの要件と UAV 機体の SWaP プロファイルをより適切に満たすことができます。これらの特性は、開発サイクルを短縮することで UAV アプリケーションの配備をスピードアップし、コストをさらに削減しフィールド障害の数を最小限に抑えることでシステムの信頼性を向上させるのに役立ちます。

## センサー処理用 FPGA :

UAV は現在、幅広い防衛作戦のための詳細なデータの配信において重要な役割を果たしています。UAV プラットフォームでのより優れた信号処理機能の必要性は、UAV が引き受ける ISR および SIGINT の任務の急速な進化と拡大、および高度なアンテナや電気光学 (EO) を含むオンボードセンサーおよび赤外線 (IR) 対応カメラの感度の向上の結果です。したがって、これらのセンサーによって収集されるデータ量の大幅な増加に対処する必要がある組み込みセンサー処理サブシステムは、低電力で効率的な FPGA によって提供される並列コンピューティングリソースと、小型パッケージ化された FPGA メザニカード (FMC-VITA 57.1/57.4) などの最新 ADC の機能の両方を活用することが不可欠です。

FPGA は、高性能・広帯域または GHz 対応のアナログ-デジタルコンバータ (ADC) と組み合わせることでセンサーからのアナログ信号をデジタル化し、取得したビットストリームを処理するために不可欠です。FPGA によって実行されるセンサー処理機能は、いくつかの一般的なカテゴリに分類できます。SIGINT アプリケーションの場合、時間領域での狭帯域抽出にはデジタルダウンコンバータが使用され、周波数領域ではデータの削減と高速フーリエ変換 (FFT) 演算による調整が使用されます。レーダーアプリケーションはパルス圧縮とイコライゼーションに依存しており、EO/IR アプリケーションは FPGA が実行できる非常に効率的な画像圧縮の恩恵を受けています。

- デジタルダウンコンバージョンは、帯域制限されデジタル化した信号を高いサンプルレートから低い周波数にミキシングし、ターゲットデータ情報を保持しながらサンプルレートを下げます。これにより、より広いスペクトルウィンドウから忠実度の高い狭帯域信号をデジタル抽出することができます。デジタルダウンコンバージョンに FPGA を使用する主な利点は、構成可能なロジックブロックのリアルタイム並列処理速度です。また、FPGA はフィルターの特性を変更したり、係数を再構成したりする必要がある場合に、デジタルダウンコンバージョンを実装する際に開発者に大きな柔軟性を提供します。
- データの削減とチューニングは、FPGA が提供する並列処理と柔軟なプログラミングの恩恵も受けます。FFT 動作のパフォーマンスは、周波数ビンニングを実行する際の FPGA 内の専用 DSP ロジックによって大幅に向上します。ザイリンクス社の UltraScale FPGA はフィルタリングと FFT アルゴリズムの両方の中心となるロジックが特徴です。
- FPGA は、通常レーダ信号のパルス圧縮を可能にする一連の 3 つの演算 (FFT、虚数乗、逆 FFT) の実装にも理想的です。FPGA の並列処理を使用して、レーダシステムのアンテナアレイから取得した信号にイコライゼーションを効率的に適用できます。アレイの各素子は、FPGA への広帯域幅リンクを備えた DSP に個別の入力チャネルを供給します。

- EO/IR アプリケーションのセンサーから FPGA へのデータストリームは、生成されるデジタル画像のサイズが原因で、データ管理およびストレージリソースに負荷をかける可能性があります。したがって、効率的な画像圧縮またはデータ削減が必要であり、FPGA はこの目的で一般的に使用されるアルゴリズムに適しています。

### ISR 用の FPGA ベースシステムの配備：

FPGA によって実行される低レベルの処理タスクは、さまざまなアプリケーションやシステムで類似していますが、センサーのタイプ、I/O オプション、およびプラットフォームの制約などから FPGA をさまざまな方法で構成する必要があります。

例えば、アンテナからの受信データが FPGA モジュールに到達したときにまだアナログ形式である場合、シグナルインテグリティとパフォーマンスの観点から、ADC コンポーネントを広帯域幅接続で FPGA の近くに配置することを提案します。その他のシナリオでは、ADC をアンテナの近くに配置する必要がある場合、またはセンサーのデジタル化されたデータストリームを FPGA に直接接続する必要がある EO/IR アプリケーションなどでは FPGA モジュールへの入力は予めデジタル化されています。

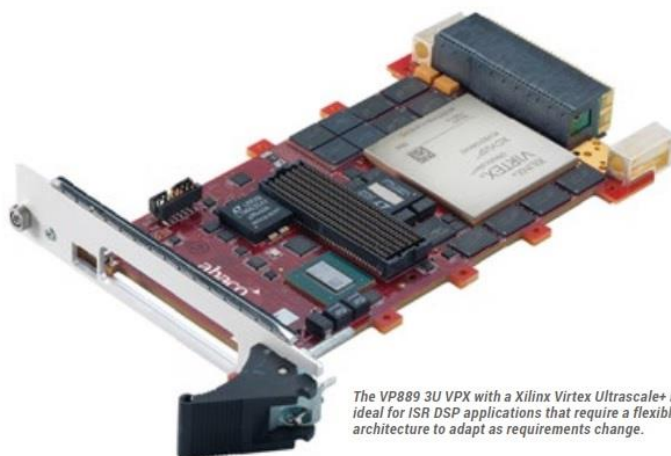
プラットフォームのサイズも重要な考慮事項です。船舶や航空機などの大規模なプラットフォームアプリケーションには、センサーによって収集されたデータを処理するための大規模で非常に強力な 6U システムを装備することができます。Predator などの一部の UAV プラットフォームも、6U システムをサポートするのに十分な大きさですが、ほとんどの UAV は小型であるためコンパクトな 3U システム、特に OpenVPX (VITA 65) に基づくシステムに適しています。3U フォームファクタは元々 UAV で主にミッションコンピュータとそれほど集約的でない ISR および SIGINT アプリケーションに使用されていましたが、3U ボードの計算能力が向上するにつれて変化しました。もちろん、これにより熱密度が上昇し冷却の管理と適応型電力削減技術の開発が非常に重要になりました。

FPGA ベースのソリューションを設計するための他のオプションもありますが、OpenVPX で可能な相互運用性、高帯域幅容量、および高耐久性レベルにより、防衛産業ではこの規格が広く採用されています。

### ISR 向け Abaco ソリューション：

空中 ISR 処理アプリケーションのニーズに対応するため、高度な FPGA を実装する方法はいくつかあります。Abaco の VP889 などの 3U VPX フォームファクタの柔軟な FPGA ベースのアーキテクチャは、FMC モジュール上の最新の広帯域 ADC および高速で高分解能の DAC と組み合わせることができます。

必要に応じて Abaco の豊富な製品群から FMC を選択することで、データを信号処理しながら空冷



*The VP889 3U VPX with a Xilinx Virtex Ultrascale+ is ideal for ISR DSP applications that require a flexible architecture to adapt as requirements change.*

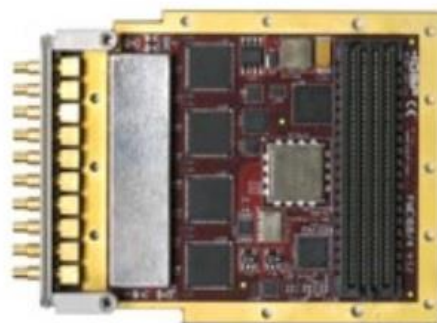
または伝導冷却構成のいずれかで低遅延信号処理の両方を処理する超高速デジタルトランシーバを構築することができます。このようなモジュール構成は、新しいテクノロジーが利用可能になったときに簡単にアップグレードができるため、高レベルの柔軟性を提供します。

これらのスモールフォームファクタシステムが UAV にさらに適したものになるには、新しい 3U VPX バックプレーンポロジが必要です。これは、今日の 3U 設計の多くが最先端の FPGA によって提供される高帯域幅を十分に活用できないためです。中小規模の

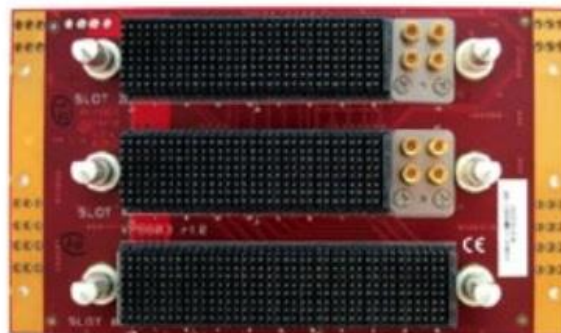
UAV 機体固有の厳しいサイズ制限を考えると、これらのサブシステムがコンパクトな環境に適応できることも非常に重要です。Abaco は、2 つおよび 3 つのスロット 3U VPX 準拠のバックプレーンを相互接続する機能を提供する VPX バックプレーンの FlexVPX 製品でこれらの課題に対処しました。

これにより、COTS ハードウェアを使用してより高度なカスタマイズが可能になり、UAV の組み込みコンピューティング設計に新しいオプションが開かれます。大規模な研究所と共同で開発された FlexVPX は、マルチポート PCI Express ブリッジを使用して高速データバスを維持する小さなボードに大きなバックプレーンフォーマットを細分化し、システム内の異なる要素間のポイントツーポイント通信の高ス

ループットを確保することで SWaP の懸念に対処します。高速ケーブルはバックプレーンの背面に直接接続され、数十ギガビットのスループットでバックプレーン間通信を可能にします。このように、FlexVPX バックプレーンはほとんどの UAV に見られるような非常に限られた物理的空間内にミッションクリティカルな組み込みコンピューティング機能を展開するために使用できるモジュラーフォームファクターで、従来のバックプレーンの機能を提供します。



*FMC168 Caption: FMC168 very wideband, high resolution ADC FMC is a critical component in ISR systems.*



*FlexVPX backplane with multiple configurations available.*

## まとめ：

UAV は、コストを抑えながら監視と情報収集を拡大することにより、世界的な軍隊の関与を減らし支援するための戦略において、より大きな役割を担い続けています。その結果、プログラムマネージャーは当然のことながら ISR ミッションのペイロード技術の改善を強調しています。

この一例として、合成開口レーダ（SAR）システムを EO/IR イメージングと組み合わせて使用し、SIGINT データへの戦術的応答を改善する





場合にターゲットをジオロケーションする機能の必要性が高まっていることがあります。これらは計算集約型のアプリケーションであるため、ペイロード設計はそれに応じて応答して、より大きなリアルタイム信号処理能力を提供する必要があります。これは、VPXのような標準化されたシステムレベルのアーキテクチャと高度な FPGA を組み合わせることで、コストと複雑さを軽減し ISR ペイロードのパフォーマンスを向上させることができるものです。VPX は、アプリケーションエンジニアとシステムインテグレータに、計算リソースをセンサーに近づける適応可能なソリューションを提供します。これらの重大な課題に対処するために、Abaco は次世代の UAV に求められる複雑な処理タスクを実行する最高の組み込み COTS ソリューションを市場に投入するために、いくつかの標準（PCIe、VPX、FMC を含む）フォームファクタを継続的に革新しています。



## Abaco Systems 社について

Abaco Systems 社は、30 年以上前の英国 Plessey Microsystems 社がルーツとなる企業です。Plessey 社は ICS 社と Octec 社を買収して Radstone 社となりました。2006 年に Radstone 社は、SBS 社、VMIC 社、Condor 社などの組み込みコンピューティング企業を買収した GE Fanuc Embedded Systems 社に買収されました。2015 年に Embedded Computing 部門が Veritas Capital 社に買収され、Abaco Systems 社が誕生しました。更に Abaco Systems 社は 4DSP 社を買収し、FPGA ボードや AD/DA FMC モジュールのラインナップを拡充して組み込みシステムビジネスのリーダーとしてマーケットを牽引しています。Abaco Systems 社の詳細については、[www.abaco.com](http://www.abaco.com) を参照してください。