

## レーダおよび電子戦（EW）用の RFSoc

### はじめに：

今日のレーダと電子戦（EW）システムは、戦場での成功に重要な役割を果たしています。敵の航空機、船舶、地上車両の探知とその通信妨害、ミサイル誘導、地形マッピング、敵のレーダのスプーフィングなど、作戦の成功には電磁スペクトルを支配することが最も重要です。スペクトルを制御するということは、戦闘員が安全に保たれ、敵を寄せ付けないことを意味します。国防総省（DoD）が 2013 年の電磁スペクトル戦略の行動喚起で指摘したように、現代の戦場での成功は電磁スペクトルの支配にますます依存しています。

「国防総省（DoD）の空、陸、海、宇宙、およびサイバースペースの作戦は、電磁スペクトルアクセスへの依存度がますます高まっています… 国防総省は、将来の混雑し競合する電磁環境へのアクセスを

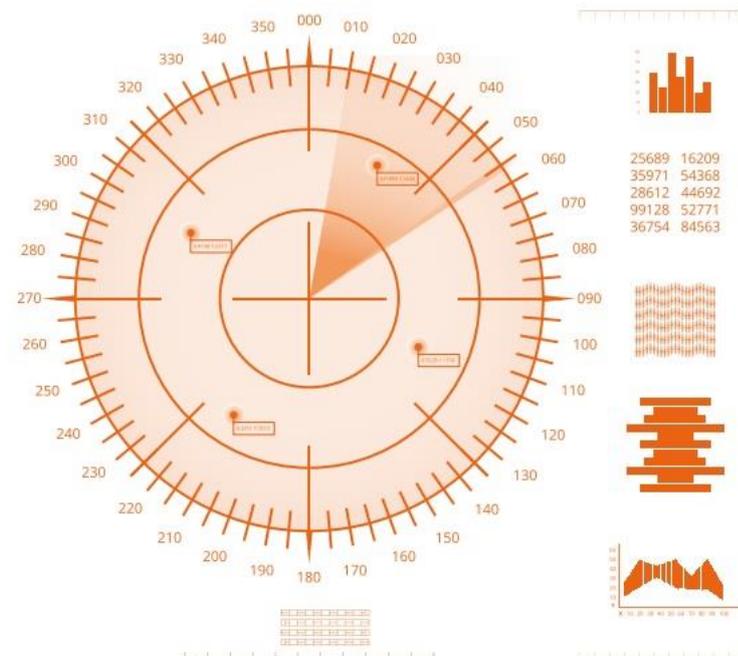
確保するために、今すぐ行動する必要があります。具体的には、同省はスペクトルリソースを取得して使用方法を適応させる必要があります。私たちのアプローチには、より効率的で柔軟で適応性のあるシステムを獲得すると同時に、より機敏で適時的なスペクトル作戦を開発して、私たちの軍隊が確実に任務を完了できるようにすることが含まれなければなりません。」

2018 年初め、ヘザー・ウィルソン空軍長官は、「大国間の競争が再燃しており、ロシアや中国などの世界大国が非常に急速に近代化していることが明確に認識されている。彼らは防空能力を近代化しているが、空対空能力も全面的に本当に近代化している。近代化のペースが速いため、米空軍にとってはペースを保つ脅威となっている。」と述べた。

### 敵は進化する：

敵が進化し続けるにつれて、脅威に対抗するためのテクノロジー要件も進化します。レーダと EW 技術も例外ではありません。レーダシステムの動作周波数範囲が拡大し続けるにつれて、帯域幅が広くなると妨害や干渉が起こりにくなり、電子戦システムもより広い帯域をカバーする必要があります。さらに、システムごとに必要なチャンネル数も増加しています。より広い帯域幅とより多くのチャンネルは、より広い範囲と追跡可能なターゲットを意味します。

より広い帯域幅とより多くのチャンネルを求める傾向が高まるにつれ、柔軟なハードウェアプラットフォームの必要性がますます高まっています。FPGA ベースのデジタル受信機は、レーダおよび EW システムのフロントエンドです。アナログ/デジタル変換システムに FMC モジュールを活用する製品は、現在の課題に対する柔軟で高性能なソリューション



ンを提供しています。

システムの柔軟性は、パフォーマンス要件が変化したとき、または次世代テクノロジーが導入されたときに、FMC モジュールなどのハードウェア部分をアップグレードできることから生まれます。ハードウェアレベルでの柔軟性は、より広い帯域幅、より多くのチャンネル、高い適応性といった厳しい要件を克服するのに役立ちますが、この柔軟性をアンテナに近づけることができれば、さらに優れた柔軟性が提供される可能性があります。

### ザイリンクスのイノベーション：

ザイリンクスの Zynq® UltraScale+™ RFSoc デバイスは、このようなソリューションを提供します。第3世代デバイスファミリは、統合 ADC (5.0GSPS で 8 つの 14 ビットチャンネルサンプリング)、柔軟な ADC/DAC クロッキングを備えた DAC (10.0GSPS で最大 8 つの 14 ビットチャンネルサンプリング)、構成可能なロジックエレメント、マルチプロセッサ組み込み ARM Cortex-A53 アプリケーションプロセッシングユニット (APU)、および ARM リアルタイムプロセッシングユニット (RPU) を備えています。これらのデバイスをすべて統合することで、通常デジタル受信機のアンテナの近くで行われるアナログ信号処理アクションの多くをデジタル領域に移行することができます。

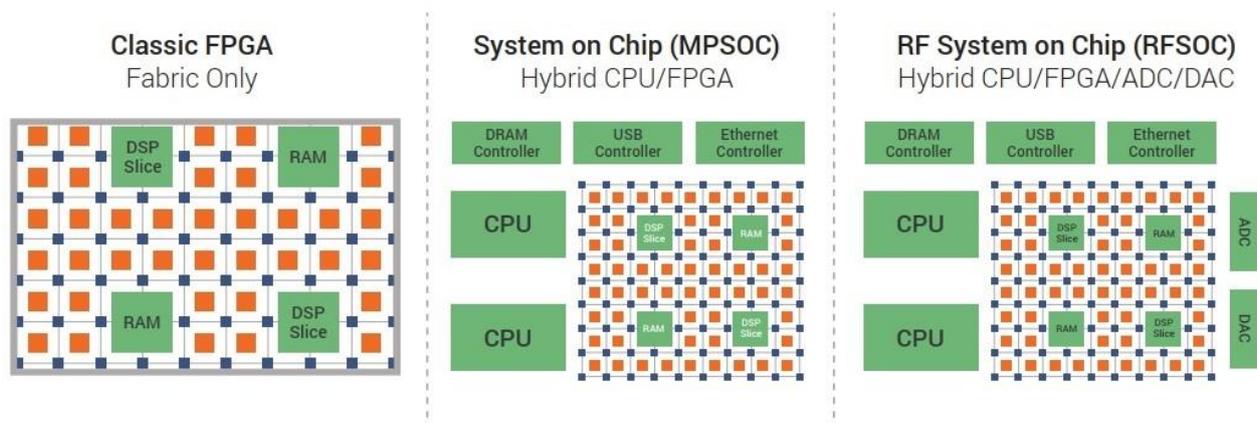
これにより、RF 信号処理チェーンの複雑性が軽減され、さまざまなアプリケーションに対応するために 1 セットの柔軟なハードウェアを標準化し、広帯域幅を犠牲にすることなく入出力チャンネル密度を最大化し、異種混合処理機能を活用できるようになります。同時に、IP の安全性を維持する Zynq アーキテクチャの組み込みセキュリティ機能も活用できます。

Abaco の VP431 は、RFSoc デバイスを搭載した第2世代 COTS 3U VPX ボードで、RFSoc の利点を提供し、データをより効率的にオフロードできるソリューションを提供します。ユーザーは、コストの削減、ライフサイクルサポート、将来のテクノロジーの導入の簡素化を活用しながら、できるだけ早く導入を開始できます。



VP431 RFSoc board

## FPGA vs MPSoC vs RFSoc



### RF 信号チェーンの複雑さを軽減：

複数のチャネルを備えたレーダおよび EW システムにおいて、チャネル数が増えることはより高価で大規模な RF 信号のアップ/ダウンコンバージョンと信号調整を意味するため、コストと複雑さの課題に悩まされます。これに対する一般的な解決策は、ダイレクト RF サンプリングです。これは、従来のアナログ周波数変換やフィルタリングよりも柔軟なアプローチです。ダイレクト RF サンプリングはデジタル領域で実装できるため、消費電力が少なく一般的にコストも安くなります。

これは、RF フロントエンドが消費電力を抑えながら、従来のアナログ技術よりも広い帯域幅を処理できることを意味します。RFSoc デバイスのように、A/D コンバータで非常に高いサンプルレートを使用することは、アナログフィルタリングと調整の多くをアンテナの近くで実行できることを意味し、これまでに可能であったものよりもシンプルで柔軟なフロントエンドを提供します。

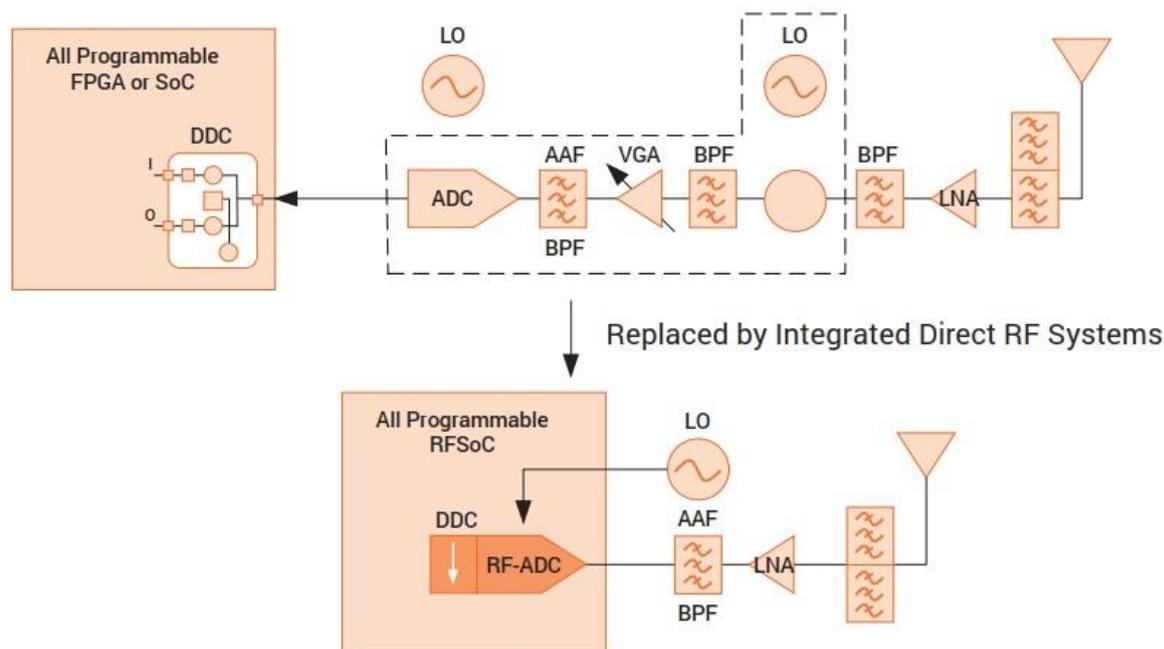
VP431 はこの利点を提供し、レーダ、通信、EW で一般的な多くの周波数範囲に対する複雑なアップコンバージョンとダウンコンバージョンの必要性を最小限に抑えるのに役立ちます。

これは、レーダおよび電子戦システムの場合、ソフトウェアレベルでのデジタル信号処理の制御が強化され、新しい脅威が出現したときにシステム全体をより迅速に適應できることを意味します。これは、真のコグニティブレーダと EW の基礎も築きます。

さらに、ADC と DAC は歴史的にプログラマブル FPGA とは別のデバイスであったため、デバイス間の通信には高速インターフェイスが必要でした。近年、JESD204B が高速シリアルインターフェイスとして一般的に使用されていますが、遅延と設計の複雑さの点でコストがかかります。一部のレーダまたは EW アプリケーションでは、JESD204B からの遅延が大きすぎるため、システム統合にこのインターフェイスを使用するデバイスが除外されることがよくあります。RFSoc はこれを克服するのに役立ちます。ADC と DAC をデバイスに統合することにより、JESD204B の必要性がなくなり、設計の複雑さが簡素化され、レイテンシの短縮に役立ちます。

## RFSoc テクノロジ – 何が重要か?

### High IF Superheterodyne Receiver to a Direct RF-Sampling Receiver



### I/O チャンネル密度を最大化する :

電磁スペクトル支配に対する新たな脅威の範囲に対処するために、現代のレーダおよび電子戦システムには、チャンネル数の増加とより広い帯域幅が必要です。Abaco の VP431 は 8 チャンネル ADC と 8 チャンネル DAC を備えており、業界で最も高密度の 3U VPX アナログ FPGA キャリア ボードの 1 つとなり、16 チャンネルすべてを同期できるだけでなく、さらに大規模なシステム アプリケーション向けに複数のボードを同期する機能も備えています。前世代のテクノロジーでは、この組み合わせには 4 倍のボードが必要でした。

### 異種混合処理能力 :

多くのレーダおよび EW システムでは、FPGA を備えたストリーミング DSP と、決定と制御用に汎用プロセッサの両方が必要です。以前は、これらの処理要件は別のモジュールによって処理されていました。今回の VP431 では、RFSoc テクノロジを活用することで、両方の機能を 1 つのモジュールで実現できるようになりました。これは、コグニティブまたはスマートレーダ/EW テクノロジに対する需要の高まりに特に当てはまります。さらに、RF サンプリングデバイスとの統合が簡素化されているため、JESD204B 高速シリアルインターフェイスの複雑さが解消されます。これは、デバイス間通信などの基本機能によって消費されるプログラマブルロジックエレメントが減り、アプリケーション固有の IP が利用できる計算リソースが以前よりも多くなることを意味します。

## データをより効率的にオフロードする：

VP431 は、RFSoc デバイスの前述の利点をすべて得ることに加えて、オプションの 8 チャンネル VITA 66.4 光ファイバーインターフェイスを利用することで、より効率的にデータをオフロードすることもできます。

システムに多くのチャンネルと最高のサンプルレートが含まれる場合、データの大量ストリームをどのように処理するかという問題が常に発生します。常に、システムは FPGA 内のデータを間引き、処理または転送する必要があります。多くの場合、システムはデータ接続ファブリックに限定されます。VP431 には従来の VPX データプレーンインターフェイスがあり、ホストコンピューターへの PCIe x4 Gen3 接続が可能です。

8 つの ADC がサンプルあたり 2 バイト、最大 5GSPS のレートでサンプリングを行うため、最新の PCIe Gen3 高速データ接続でもダイレクト転送するには遅すぎます。この課題を克服するために、VP431 にはバックプレーンに最大 100GbE が搭載されており、100Gb/s Aurora または 100G イーサネットをサポートする最大 8 チャンネルの光ファイバーインターフェイスのサポートと、チャンネルあたり最大 100G イーサネットの転送用の 8 チャンネル VITA 66.4 光ファイバーインターフェイスを構築するオプションも含まれています。

## 将来のレーダと電子戦システム：

戦場で電磁スペクトルを制御することは、ミッションを成功させるために不可欠です。その制御を獲得し維持するための主要な要素は、最先端のレーダと電子戦システムを備えていることです。

将来のシステムは、広帯域幅を監視および操作できるほど強力であると同時に、可能な限りリアルタイムに近い状態で適応できる十分な柔軟性を備えていなければなりません。RFSoc のようなテクノロジーを活用すると、軍隊が敵よりも適応力を高めるために必要な優位性を得ることができます。



## 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。