

## EW アプリケーション向けの最適な DSP ソリューションの選択

### はじめに：

電子戦（EW）での目に見えない衝突は、ミッションの成功または戦闘機の生存を決定する意味を持ち、ほんの一瞬で勝ち負けします。衝突は組み込み RF システムによって引き起こされます。レーダーシステムを駆動するものもあれば、レーダーを妨害およびなりすましするもの、または IED の制御信号を妨害するものもあります。また、船舶や航空機の種類を特定する敵の操作を検出するため、または検出から保護するためにも使用できます。



### 特定の状況への技術の適合：

すべての EW アプリケーションは、DSP テクノロジーの進歩を利用して新しいレベルの対戦機能を実現しています。ADC および DAC チップは、幅広いサンプリングレートと ENOB パラメータを提供するようになり、システム設計者はますます困難な帯域幅と SNR の課題に対応できるようになりました。回路密度も増加しており、一部の個別 ADC/DAC チップは 8ch の同時チャンネルをサポートしています。より多くのチャンネル、より広い帯域幅、より低いレイテンシに対するアプリケーションの要求も、RF エレクトロニクスの処理部分の進歩を促進しています。個々のプロセッサが高速になるだけでなく、多くの場合同じ RF システム内で複数のタイプのプロセッサが使用されます。汎用 CPU は FPGA および GPGPU と組み合わせられ、各プロセッサタイプは特定の計算スタイルを活用する処理チェーンのセクションに挿入されます。たとえば、レーダーのスプーフィングと妨害は、高い演算能力と決定的なスループットを必要としますが、同じ算術演算が繰り返し実行されるため、意思決定やコンテキストの切り替えは必要ありません。並列スループットと確率性に優れた FPGA は、これらのアプリケーションの RF 信号処理チェーンの重要な部分であるフィルタリングとデジタルダウンコンバートに最適です。

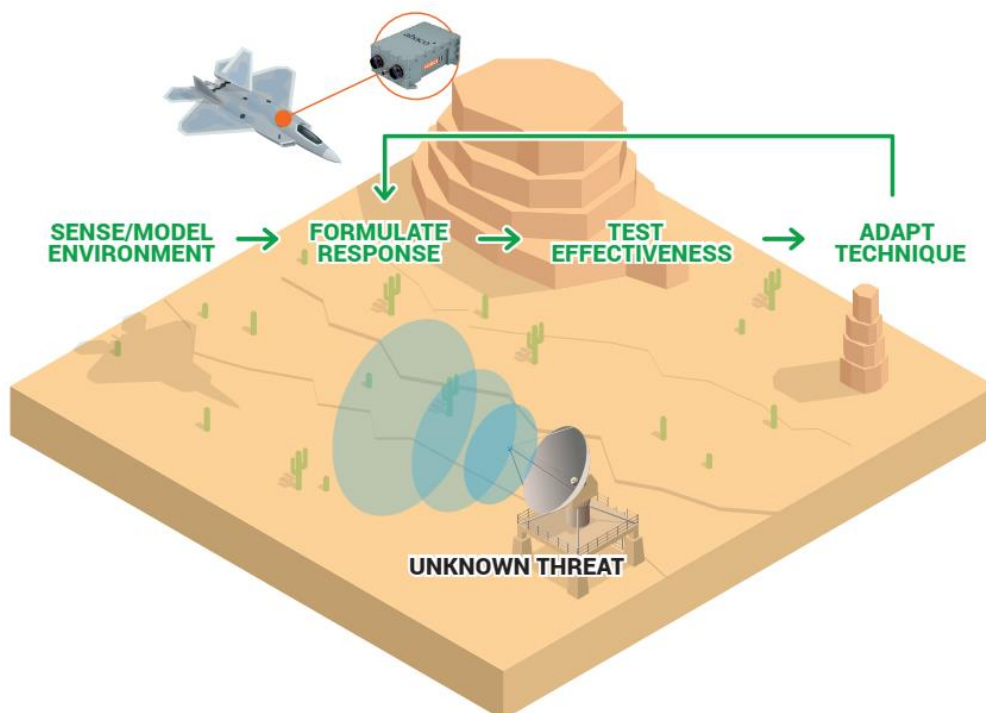


Figure 1 コグニティブ EW オペレーション

コグニティブ EW をサポートする設計を実装するには、より複雑なプロセッサセットが必要です。この急速に進化する新しい機能は、ミッション中に現場の新しい脅威を検出、学習、適応できる再構成可能なハードウェアとソフトウェアに依存しています。コグニティブ EW 設計は ADC/DAC シリコンと FPGA で始まり、次に汎用プロセッサ（通常は x86 または ARM アーキテクチャ）を追加して、コグニティブ技術に伴う意思決定と分岐を管理します。高度なデザインには GPGPU が含まれており、一部の計算集約的な手法に追加の処理能力を適用する場合があります。現在の技術は、明らかに RF 設計者に幅広い選択肢を提供しています。今日のオプションを視野に入れるには、テクノロジーと選択肢がどのように進化したのかを見ると便利です。

### 組み込み RF ソリューションの進化：

マルチボードの 6U VME システムは、RF アプリケーションに使用される最初の COTS ソリューションでした。システムは VME 標準シャーシに実装され、商用世界の処理および RF 変換テクノロジーを使用しました。設計を商用電子機器に基づいて行うことにより、これらの初期システムは巨大な非防衛市場によって推進されるパフォーマンスの急速な向上という重要な利点を得ることができました。そして、そのテクノロジーを 6U VME ボードに実装し、耐久性の高い特性を備えて、防衛プラットフォームに展開できるようにしました。

この基本的なアプローチは、電子システムの戦場の課題の拡大に対応しながら、RF システムと進化する防衛フォームファクターの世代を超えて引き継いできました。ADC/DAC ボードのチャンネル帯域幅は拡大し続け、データストリームの効率的な並列処理には強力な FPGA が採用されました。次に、VPX バックプレーンが VME に取って代わり、データ通信の複数のプレーンにわたってより大きなシステム帯域幅を提供することで、RF システム全体のスループットが飛躍的に向上しました。

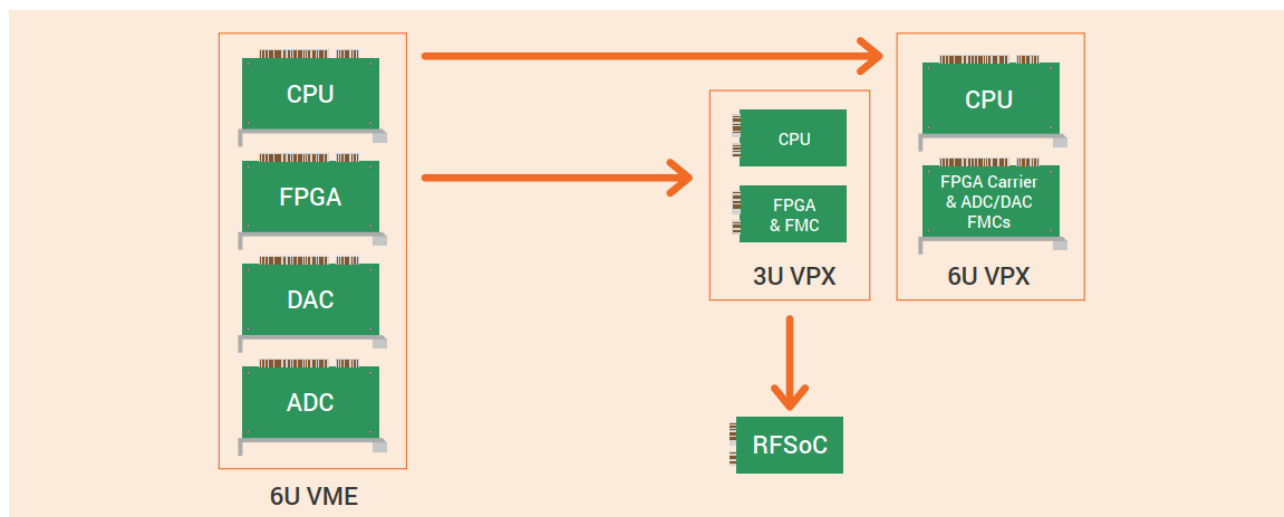


Figure 2 進化する RF COTS ソリューション

VPX に加えて 2 つの追加の技術トレンドにより、RF システム機能が大幅に向上しました。まず、前述のように、高度なアーキテクチャでは、データ処理チェーン全体でさまざまな種類のプロセッサの使用が開始されました。これらのマルチアーキテクチャシステムでは、各プロセッサタイプは、VPX によって有効化されたプロセッサ間の高帯域幅データ転送により、計算能力に適合するチェーン内の役割を実行します。

2 番目の傾向はますます強力で、より完全な ADC/DAC シリコンであったため、複数のチップを必要としていた変換機能が 1 つに統合されました。6U ADC/DAC ボードの機能は更に小型化されたフォームファクターに実装され、最終的に FMC などの簡単に構成できるメザンカードに適合しました。

次のステップでは、FPGA を搭載したキャリアカードに ADC/DAC FMC をマウントし、コンポーネントを低遅延 LVDS データバスまたは JESD204B 高速シリアルリンクで接続しました。これにより、単一スロットに RF データ集録および処理チェーンが緊密に統合されました。SWaP 制約のあるプラットフォームに展開可能な高密度処理 3U VPX システムに高機能システムを実装すると、さらに統合が実現しました。

より高密度なソリューションへの広範な業界トレンドは、特定のタイプのアプリケーションに焦点を当てた、1 つのチップに複数の機能を組み合わせたシリコンの処理技術における最近のブレークスルーにより、さらに一歩前進しました。RF の場合、これは ADC、DAC、専用ロジック、および複数の処理コアを単一のシリコンコンポーネントに統合する RF システムオンチップ (RFSoc) テクノロジーで実装されます。商用 RF 通信用に開発された RFSoc テクノロジーは、レーダーや EW にも最適です。この密接に統合されたテクノロジーは、スペース効率の高い 3U VPX システムでの展開に適しています。

## VP430 の紹介 :

最近導入された Abaco Systems 社の VP430 は、Xilinx ZU27DR RFSoc テクノロジーに基づいています。8 個の ADC と 8 個の DAC 同期チャンネルを備え、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を備えた、最も密度の高いアナログ FPGA DSP ボードの 1 つです。統合された ADC/DAC 機能に加えて、ZU27DR チップには、構成可能な FPGA ロジック要素、マルチプロセッサ組み込み ARM Cortex-A53 アプリケーション処理ユニット (APU) 、および ARM リアルタイム処理ユニット (RPU) が含まれています。これらすべてのデバイスを単一のチップに統合することで、アナログ信号処理の多く（通常はデジタルレシーバーのアンテナの近くで行われる）をデジタルドメインにシフトし、RF 信号処理チェーンの複雑さを軽減できます。

VP430 は、高度に統合されたアーキテクチャにより、前例のない機能を 1 つの 3U VPX スロットにまとめています。また、処理チェーンのデータ移動の大部分が VP430 内で実装されるため、バックプレーンの帯域幅負荷も削減されます。統合された ARM プロセッサのロジックおよび分岐機能により、3U VPX システムでの決定および制御プロセスの実装、GPU または CPU 効率の最適化、または一部のアプリケーションでは追加のプロセッサの必要性を完全に排除できます。意思決定処理と RF 信号処理を統合することにより、VP430 はコグニティブ EW アプリケーションを実装するための完全なモジュールになります。

VP430 には、ネイティブ VPX PCI Express Gen3 データプレーンのスループットが不十分な場合やリモートクライアントでデータストリーミングが必要な場合に、12 Gbps を超える転送用に FireFly x 8 チャンネル VITA 66.4 光ファイバーインターフェイスを使用して構築するオプションが含まれています。3U VPX モジュールとして、VP430 は 3U VPX の幅広いマルチアーキテクチャプロセッシングボードで構成でき、システム設計者は SWaP 制約のあるプラットフォームに展開する新しい設計に非常に柔軟に対応できます。また、スペースの制約により過去には利用できなかった追加機能を備えた既存のプラットフォームの技術アップグレードもサポートします。

## 多くのアプリケーションに最適ですが、すべてではありません :

VP430 は、以下を必要とするアプリケーションを含む、さまざまな EW アプリケーションに大きな利点を提供します。

- 入出力に複数の高帯域幅 RF チャンネルを採用しています。
- 既存の 3U プラットフォームに統合するか、完全に新しい設計のために、スペースに制約のあるプラットフォーム内で動作します。
- 複数の ADC/DAC チャンネルを単一のカードに統合することにより、システムの総コストを削減します。
- 全体的な電力消費を削減します。

ただし、他の EW アプリケーションは、ADC/DAC FMC で強化された FPGA 処理キャリアカードを使用した設計から恩恵を受ける場合があります。これらは、以下が必要なアプリケーションが含まれます。

- 入力および出力用に少数の RF チャンネルのみで動作
- キャリアカードを中心に既に設計された最新のシステムに統合し、テクノロジーの挿入とアップグレードを簡素化

- プロセッサを ADC および ADC からハードウェアレベルで切り離し、独立したアップグレードを可能にする
- 単一セットのデジタルプロセッサが複数の RF アプリケーションをサポートし、それぞれが ADC/DAC FMC を使用して実装された独自のアナログプロファイルを持つシステムで動作する
- 非常に強力なレベルの FPGA 処理が必要
- わずかなチャンネル数と FPGA のパフォーマンスのみが必要で、非常に低コストのソリューションに変換する
- FPGA ベースのアルゴリズムによる前処理を行わずに、デジタル化されたデータを汎用プロセッサまたは GPGPU に直接転送する処理チェーンを使用する

### Abaco は、可能な限り最高のアプリケーションフィットを提供することに重点を置く：

Abaco 社は、FMC サイトを備えた VP430、3U/6U FPGA キャリアボード、文字通り数十品目の ADC/DAC FMC など、広範なチャンネル、データレート、信号解像度パラメータに及ぶ包括的な組み込み RF ソリューションを提供します。この標準ベースのコンポーネントの選択により、システム設計者は、レガシーの制約に適合させ将来のアップグレードを予測しながら、アプリケーションのパフォーマンス要件を満たすことに集中できます。

私達は幅広い経験と成功の実績を組み込み EW デザインにもたらします。当社の専門家がソリューション設計チームと協力して、最適なアプリケーションに適合する製品の組み合わせを選択します。Abaco 社では、専用のソフトウェアツールを使用して特別なデザインスタイルを採用したり実装したりすることはできません。標準フォームファクターと COTS コンポーネントが当社のビルディングブロックです。

### VP430 の詳細：

VP430 は、革新的 Xilinx ZU27DR RF システムオンチップテクノロジー（RFSoc）を備えた 3U VPX RF 処理システムです。VP430 で使用される ZU27DR デバイスには、4GSPS の 8 つの統合アナログ-デジタルコンバーター、6.4 GSPS の 8 つのデジタル-アナログコンバーター、ユーザープログラマブル FPGA、およびマルチコア Zynq ARM プロセッシングサブシステムが含まれます。VP430 は、最も密度の高い 3U VPX アナログ FPGA キャリアボードの 1 つであり、16 チャンネルすべてと、さらに大きなシステムアプリケーション向けの複数ボードを同期する機能を備えています。前世代のテクノロジーでは、この組み合わせの実装には 4 倍のボードが必要でした。

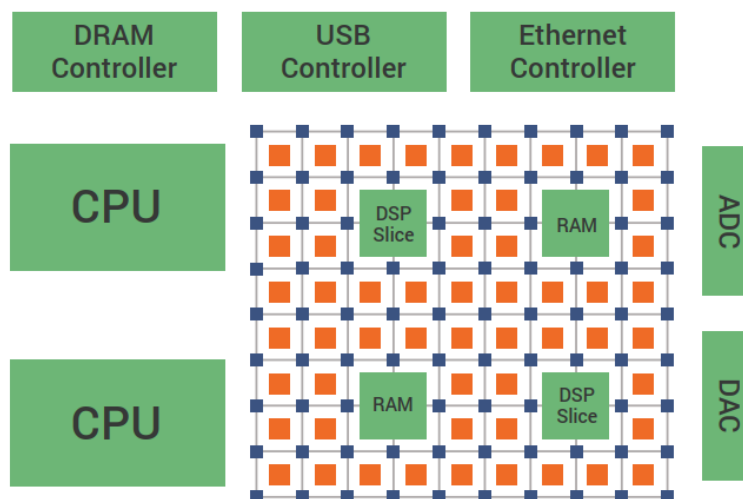


Figure 3 ZU27DR RFSoc チップの機能図



仕様：

- フォームファクター : VPX 3U
- 冷却 : 空気、伝導
- コンフォーマルコーティング : オプション
- データレート : 4000 Msps 入力、6400 Msps 出力
- チャンネル : 8ch アナログ入力、8ch アナログ出力
- オペレーティングシステム : Linux、VxWorks、Windows
- メモリ : 8 GB DDR4
- 分解能 : 12 ビット入力、14 ビット出力
- FPGA ファミリ : Zynq Ultrascale + RFSoc



Figure 4 VP430 3U VPX RF モジュール

## Abaco FPGA キャリアボードと

### ADC/DAC FMC :

Abaco 社 FPGA キャリアボードは、オープンな業界標準に準拠するように設計されています。FPGA 処理の固有の柔軟性と緊密に接続された FMC サイトを組み合わせることで、幅広いアプリケーションに対応できる高度な構成を提供します。

オプションには、VP868 および VP869 6U VPX FPGA ボード、VP880、VP881、および VP889 3U VPX FPGA ボードが含まれます。

これらは、さまざまなザイリンクス Virtex Ultrascale + FPGA および ZynqR

Ultrascale + マルチプロセッサシステムオンチップ (MPSoC) シリコンによって駆動されます。Zynq MPSoC は、多くのアプリケーションでシングルボードコンピューターの必要性をなくし、設計者に複雑さを軽減しながらシステムパフォーマンスを最大化する効率的な方法を提供します。

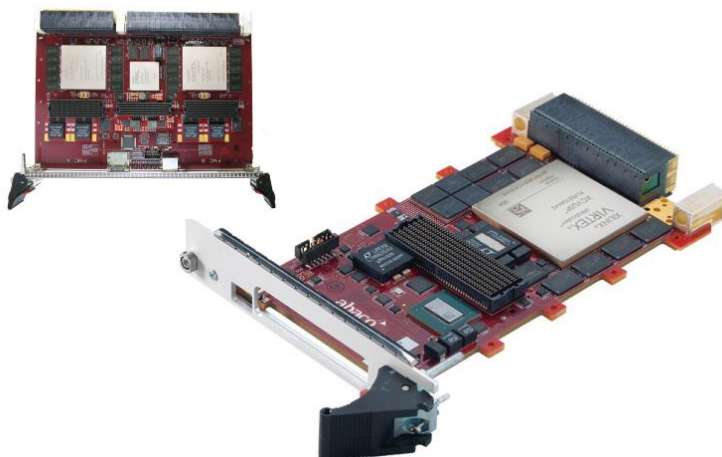


Figure 5 6U および 3U VPX FPGA キャリアボードはアプリケーションの柔軟性を提供します



Figure 6 Abaco Systems の ADC / DAC FMC モジュールの一部

キャリアボードベースの RF アプリケーション構成は、ADC/DAC FMC で完了します。設計者は膨大な範囲の Abaco

社 FMC から選択できます。これらの FMC は、1~8 チャンネルをサポートし、データ解像度は 8~16 ビット、データレートは 125~6400 Msps です。LVDS および JESD204B インターフェイスがサポートされています。これらの FMC は、組み込み EW にモジュール性、柔軟性、および高性能 I/O を提供します。

### まとめ：

電子戦（EW）の課題と重要性は拡大し続けており、アプリケーションの要件は難易度を高めています。幸いなことに、組み込みの RF テクノロジは、広く世界的なエレクトロニクス市場によって推進されている商用シリコン性能の飛躍を活用することにより、アプリケーション要件に対応します。RFSoc テクノロジーは最新の商用 RF ブレークスルーであり、特にスペースに制約のあるプラットフォーム内で、複数のチャンネルにわたるパフォーマンスを必要とする多くの EW アプリケーションに顕著な利点を提供します。Abaco 社の VP430 は、まったく新しいザイリンクス ZU27DR RF システムオンチップ（RFSoc）テクノロジーを搭載した最初の 3U VPX COTS ソリューションです。ただし、すべてのアプリケーション設計は、RF パフォーマンスパラメータだけでなく、フォームファクターの考慮事項やレガシーシステムとの互換性などの要件に基づいて、個別にアプローチする必要があります。Abaco 社は、設計チームと連携して、利用可能な幅広い選択肢から最適化された組み込み RF ソリューションを選択する独自の立場にあるため、設計上の決定はテクノロジーのボトルネックではなく、アプリケーションの要件によって決まります。



### 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。