

FPGA とプロセッサの組み合わせにより  
MicroAutoBox の柔軟性がさらに向上

# Flexible Logic





dSPACE MicroAutoBox II は強力なプロセッサを備えたラピッドコントロールプロトタイピング (RCP) システムであり、モデルベース設計や新しいコントローラコンセプトのテストに最適なプラットフォームです。プロジェクトに特別な I/O が要求される場合には、プロセッサを補完し、性能と柔軟性を向上させる FPGA を利用できます。

dSPACE MicroAutoBox II に代表される RCP システムは、迅速なモデルベース設計や新しいコントローラコンセプトのテストにおいて確固たる地位を築いています。簡単なボタン操作だけでコントローラモデルをこのリアルタイムハードウェアに実装することができます。また、モデルパラメータを実行時に変更し、信号を簡単に取得することができます。これらのシステムに搭載された強力なプロセッサは、大量の処理を伴う演算負荷の高いコントローラモデルや入出力計算でも非常に短いサイクルタイム内で実行でき、開発者に最大限の自由度を提供します。それでも、アプリケーションによっては入出力の演算負荷が大きすぎて、モデルの計算に使用できる処理能力が制限される場合があります。このような問題は、多くの場合プリ/ポストプロセスデータ処理が大規模である場合、高速性を求められる場合、あるいは並列に処理を行わなければならないような場

合に顕著となります。このような場合には、適切なデバイスに I/O 処理をまかせて、プロセッサの負荷を軽くすることが効果的です。このようなタスクに最適なのが、高速並列処理を可能にするハードウェアアーキテクチャを備えた FPGA です。FPGA のもう 1 つの利点は、新しい I/O 機能の追加と既存の I/O 機能の変更を可能にする適応性の高さと柔軟なプログラマビリティです。以下に、具体的な課題とそれに対するソリューションの詳細を、実際の例を用いて説明します。

#### FPGA による高速で複雑なデータプリプロセス処理

周波数が高く、非常に高速な I/O アクセスと複雑なデータプリプロセス処理またはハイパス/ローパスフィルタリング処理や計測値の高速フーリエ変換などの解析が必要な場合は、これらのタスクを FPGA 上で実行すると効果的です。これ

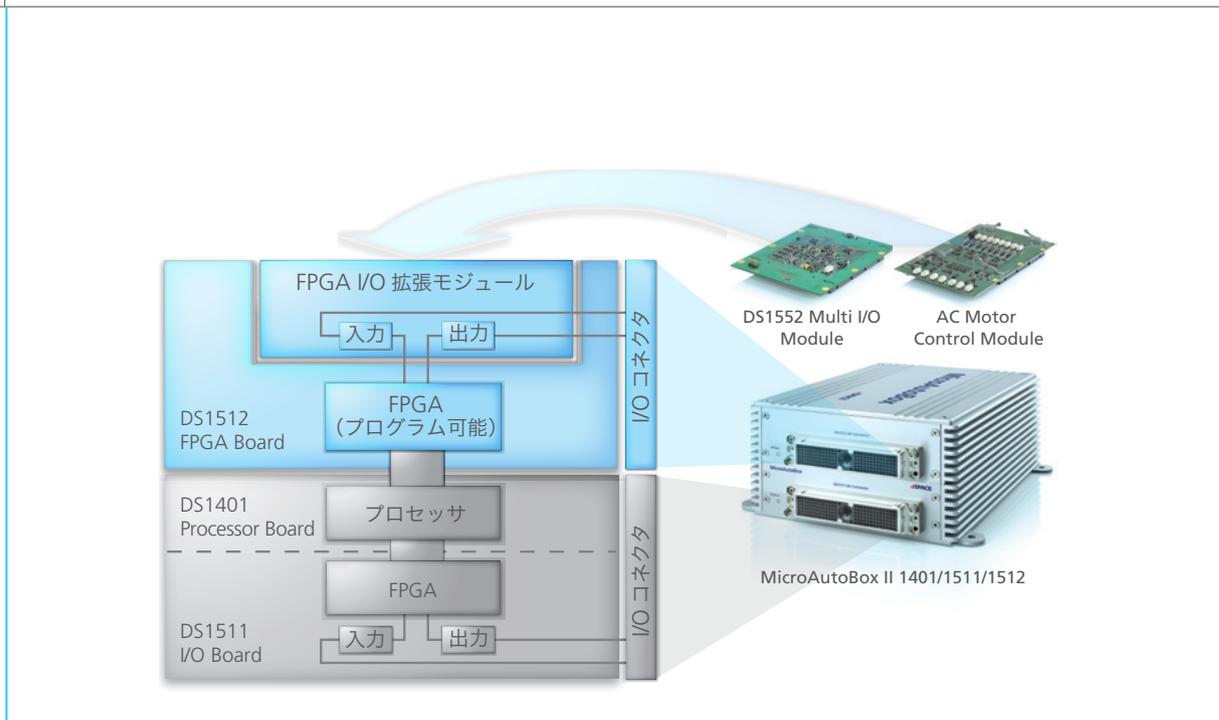


図 1 : ユーザプログラマブル FPGA および I/O モジュール用スロットを備えた MicroAutoBox II バージョン 1401/1511/1512

によりプロセッサにかかる負荷を軽減でき、コントローラの実際の計算処理のために、処理能力を利用できます。FPGA は、複数の I/O チャンネルでシグナルコンディショニングを実行し、並列かつ全く相互に依存しない形で複数の単一機能を実行することができます。これにより計算時間が短縮され、確実度の高いリアルタイム動作が実現できます。I/O チャンネルの数もレイテンシを増加させることなく拡張することが可能です。これらの特性によ

り、FPGA に内部制御ループを実装した高速カスケード接続コントローラを設計することができます。FPGA を使用すれば、10  $\mu$ s のサイクルタイムつまりは 100 KHz 以上のサンプリングレートを容易に達成することができます。

#### I/O 機能の柔軟な変更

RCP システムは多数の異なる I/O 機能をサポートしていますが、それでもアプリケーションによっては特定のインターフェースを

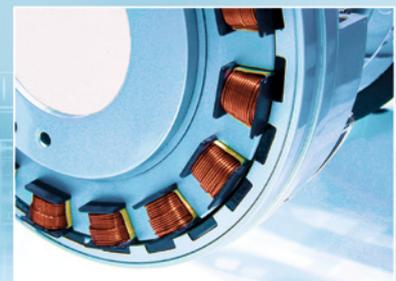
使用できない場合があります。これには、さまざまな理由が考えられます。たとえば、インターフェースが非常に特殊である。仕様が一般公開されていない。RCP システム購入時には必要性が知られていなかったなどの理由が挙げられます。したがって、必要ときにいつでも I/O 機能を追加または変更できる機能は非常に有用です。FPGA によってほとんどあらゆるデジタル回路を実装できるため、必要とされる I/O 要件を実現できる高い柔軟性を持ちます。また、



■ FPGA の採用によりプロセッサとは独立して大量のデータを高速かつ低レイテンシで解析できるため、車両の燃料消費と排出ガスを削減する革新的な燃



焼プロセスの開発が可能となります。また、FPGA は多数の並列制御および計測チャンネルを同期的に処理できるため、電気自動車およびハイブリッド



ライブの実装においてモーターやコンバータを制御するためによく使用されています。

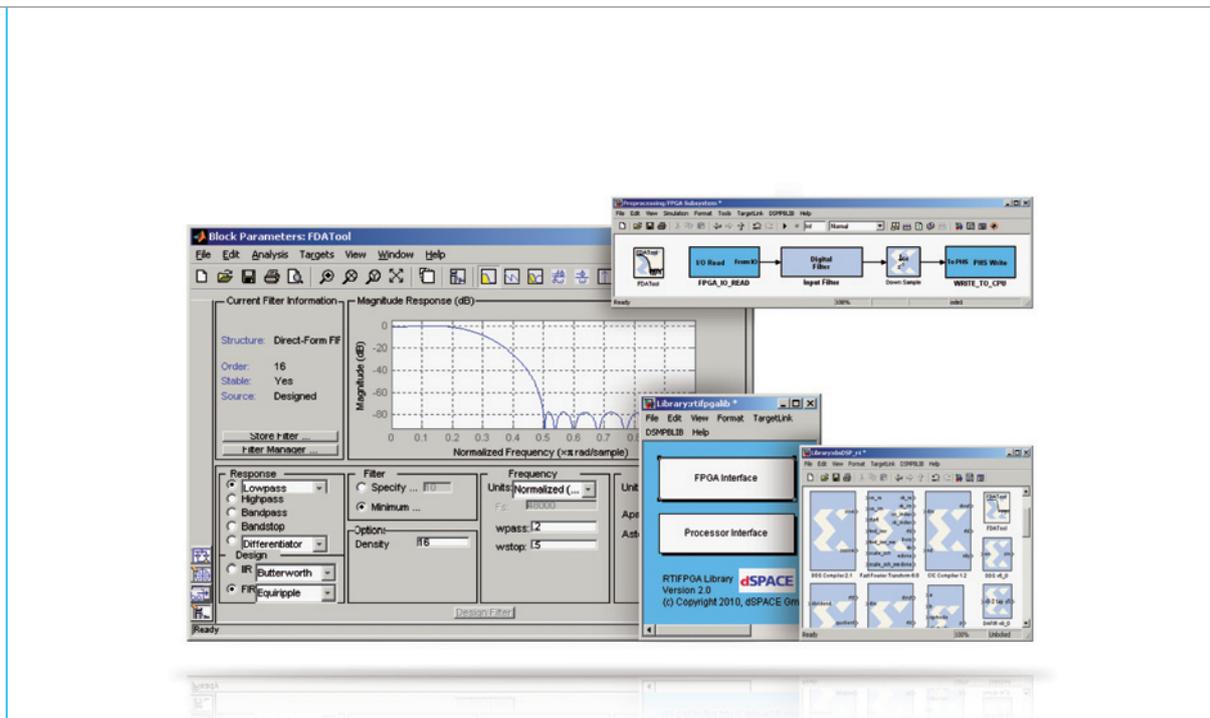


図 2 : Xilinx® System Generator で設計し、dSPACE FPGA Programming Blockset を使用して MicroAutoBox II に実装されたローパスフィルタのモデル – FPGA を使用したモデルベースのシグナルコンディショニングの例

ASIC などのハードワイヤードインターフェイスコンポーネントとは異なり、いつでも変更することができます。たとえば、ユーザは必要に応じて異なるベンダーのセンサを接続するために異なるシリアルプロトコルを自由に実装することができます。

#### モデルベース開発による FPGA プログラミングの単純化

従来、FPGA は VHDL や Verilog などのテキストベースのハードウェア記述言語で

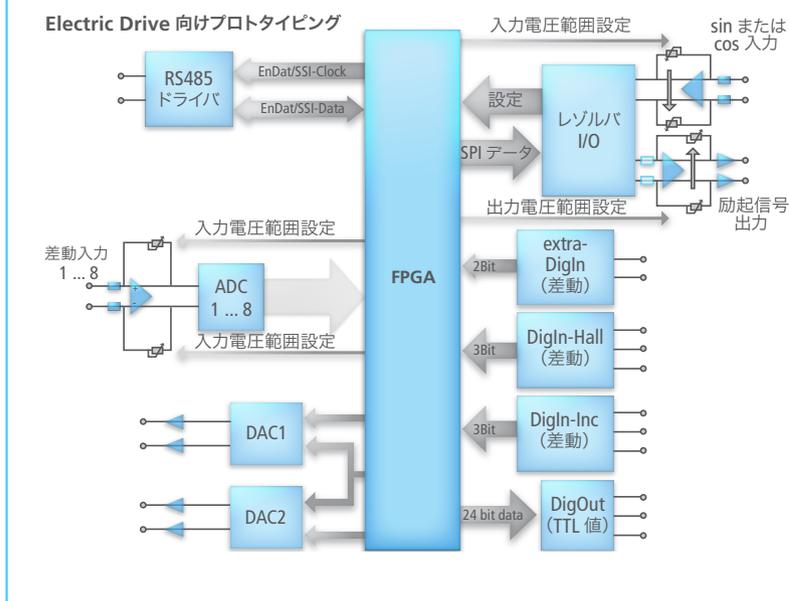
プログラミングされていました。これらの言語は、FPGA のすべてのリソースへのアクセスを提供するため、細部に至るまで機能を最適化することが可能ですが、専門知識がなければ使えないというデメリットがあります。モデルベース開発手法を活用することにより、十分な VHDL のスキルや、FPGA についての深い知識や経験がなくても、迅速に開発をスタートすることができます。Xilinx® System Generator Blockset を使用することにより、

MATLAB®/Simulink® で機能をモデリングし、途中の手作業なしで直接、FPGA 上に実装することができます。このように、慣れ親しんだ開発環境で作業を続けながら、機能設計に完全に集中することができます。このブロックセットは開発者に便利なツール（デジタルフィルタ設計ツールなど）を提供し、既存の VHDL または Verilog ソースコードのモデルへの統合を可能にします（図 2）。



■ FPGA のアーキテクチャは、マルチチャンネルフィルタリングや周波数解析などの高速並列データ処理に最適です。たとえば、機械工学、鉄道技術、自動車、航

空機で使用される高品質のアクティブ制御またはノイズ低減および健全性/使用状況モニタリングシステム (HUMS) 用のシステムで使用されます。



## AC モーター制御ソリューション

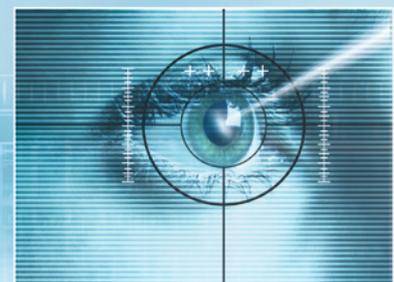
Electric Drive 制御の直接的なプロトタイプングは、MicroAutoBox II 対応の AC Motor Control (ACMC) Solution によりサポートされます。このソリューションでは、パワーステージとローター角取得を制御するための標準的なインターフェースを備えた FPGA ベースの拡張モジュールを使用します。また、ユーザが迅速かつ容易に Electric Drive のプロトタイプング作業を開始するためのハードウェアおよびソフトウェアコンポーネント (ACMC モジュール、RTI ACMC Blockset、Simulink デモモデル) を含む完全なパッケージとして提供されます。

### FPGA を搭載した MicroAutoBox II

以上のすべてのメリットを考えれば、dSPACE が最新世代の MicroAutoBox II で FPGA を体系的に採用する理由は明らかです。dSPACE MicroAutoBox II の DS1401/1511/1512 バージョンは、ユーザプログラマブル FPGA の柔軟性を開発者に提供します (図 1)。このバージョンには、VHDL または Xilinx® System Generator を使用して自由にプログラミングできる Xilinx® Spartan-6

ベースの FPGA ボードが搭載されています。FPGA は、I/O 処理のレイテンシをできるだけ抑えるために、高速並列 I/O バス経路でプロセッサに接続され、I/O コンバータとの直接インターフェースを備えています。柔軟性を実現するため、I/O コンバータ自体は FPGA ボードに搭載できる別の I/O モジュール上にあり、各用途に応じて交換することができます。また dSPACE では、さまざまな用途をできるだけ数多くサポートするために多数の高

速で強力な I/O コンバータと各種シリアルインターフェースを備えた汎用 I/O モジュール「DS1552 Multi-I/O Module」を提供しています。このモジュールは、dSPACE RTI FPGA Programming Blockset を使用して Simulink モデルベース開発環境に統合されます (図 2)。この汎用的な FPGA ボードは、アプリケーション固有の I/O 拡張機能の基盤も提供します。DS1553 AC Motor Control Module (ACMC) は、モーター制御の



■ FPGA は、非常に高速で非常に正確な位置決めタスクや特にスティフネス (stiffness) の高い制御を実現する場合に非常に動的にカスケード接続

されたコントローラを実装するために使用されます。オートメーション技術、メディカルエンジニアリング、ロボット工学などの分野で使用されています。

FPGA は複数の機能を並列して実行できるため、非常に大規模な多軸システムも非常に低いレイテンシで信頼性の高い制御が実現されます。

## dSPACE MicroAutoBox II に対応した I/O 拡張モジュール

	DS1552 Multi-I/O Module	AC モーター 制御ソリュー ション	ユーザ固有の ハードウェア モジュール
CPU の モデルベース開発	✓	✓	🔧
FPGA の モデルベース開発	✓		🔧
FPGA の VHDL ベース開発	✓		🔧

- ✓ = 既成の製品またはソリューションとして販売されています。  
🔧 = dSPACE エンジニアリングサービスによりご要望に応じて開発します。お問い合わせください。

ための専用ソリューションを提供します。また、このモジュールには各種のロータリー角取得用センサ（ホールセンサ、エンコーダ、レゾルバ、EnDat、SSI などのインターフェース）や、パワーステージに対応するための多数の専用インターフェースが含

まれています。このモジュールを利用するために基本的な整流方法（矩形波および正弦波整流）と PWM 同期計測および制御チャンネルを実装するために使用可能な Simulink 用の I/O ブロックセットが準備されています。特殊なコンバータや I/O

機能の追加サポートが必要な場合は、ユーザ固有のソリューションを開発することができます。モジュラー型の設計のため、MicroAutoBox II はこれらの機能を容易に統合することができます。■

## On land, at sea, and in the air – FPGA モジュールの搭載により、 MicroAutoBox II の適用シナリオは無限に広がります。



- FPGA は高精度の信号を同期的に生成および計測できるため、テストベンチや工業オートメーションでも使用できます。遷移帯域が狭い、高次のデジタル

フィルタを FPGA に直接実装できるため、ノイズの多い環境でも容易に使用することができます。

### まとめ

RCPシステムに対する要件は、それぞれのアプリケーションで異なります。MicroAutoBox II は dSPACE の非常に柔軟で汎用的なソリューションであり、FPGA を使用して、アプリケーション固有の機能を追加または拡張することができます。グラフィカルプログラミングは、ユーザが特定の要件に合わせて開発システムを調整するためのシンプルで便利な方法です。FPGA 拡張モジュールを備えた MicroAutoBox II は、非常に幅広い用途に対応した理想的なプロトタイプリングソリューションです。

RTI FPGA Programming Blockset はヨーロッパおよびアジア以外での使用に制限があります。詳細については、dSPACE までお問い合わせください。