

HLS (高位合成)ツールを使って Microchip 社製 FPGA によるモータ制御アプリケーションの生産性を向上させる方法

SmartHLS™により開発期間を最大で 1/5 に短縮

先進モータ制御アプリケーションの動向

今日のモータ制御アプリケーションは、確定的な動作を提供する多軸および多機能ソリューションを要求します。自動化された大型の産業用製造ユニット内で作業をループで実行するロボットや、外科手術を支援するロボットは、全ての軸方向で精密かつ決定論的な制御を必要とします。同様に、ハイエンドの産業用ドローンは安定した姿勢制御と高い機械的信頼性を要求し、これには DSP の高速演算能力が必要です。心臓のポンプ機能を補助する人工心臓等の埋め込み型医療機器の場合、一切の不具合は許されないため、高精度かつ決定論的である事に加えて堅牢性と信頼性が必須の要件です。宇宙船では姿勢制御、展開機構、運動およびスロットバルブ制御を含む重要機能にモータが使われます。航空機では、主に離陸後および着陸前の低速飛行時の燃料効率を維持するために、動翼アクチュエータが使われます。これらのアプリケーションは高真空、放射線、動作環境の変化等に曝される厳しい条件での長期動作寿命、高信頼性、セキュリティを要求します。

システムコストの削減は常に要求される永遠の課題であり、1つのプロセッサコアによって各種デジタル周辺装置を統合可能な単一ネットワーク/マルチプロトコルハードウェアの構築が求められます。

モータ制御回路における FPGA の優位性

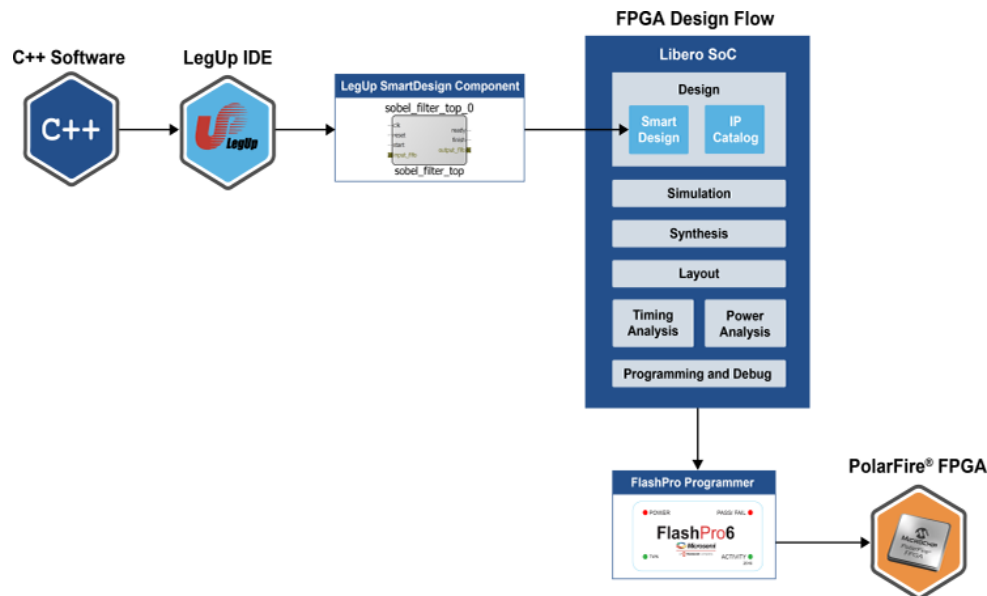
FPGA は ASIC に対して多くの面で優れていますが、最も顕著な優位性はフィールドでの設定変更が可能でありながら、決定論的かつ並列演算能力を有する事です。FPGA を使う事で、複数のシステム実装とリビジョンをサポートする複雑なロジック機能を実装できます。

Microchip 社の FPGA は、瞬時起動を可能とする不揮発性フラッシュベースのメモリ技術を採用している点で他社製品とは異なります。この技術により、他社製 FPGA に比べて 30~50% も低消費電力です。これらのデバイスは放射線耐性を有し、各種のユニークなセキュリティ機能(過剰生産およびクローニング防止、設計 IP 保護、信頼の起点、セキュアデータ通信、アンチタンパー能力等)を提供します。特に最新モータ制御アプリケーションにおいては、弊社製 FPGA が提供する低消費電力、低ジッタ、低レイテンシ、高精度、決定論的動作、拡張性が複雑な問題を解決するために大きく役立ちます。

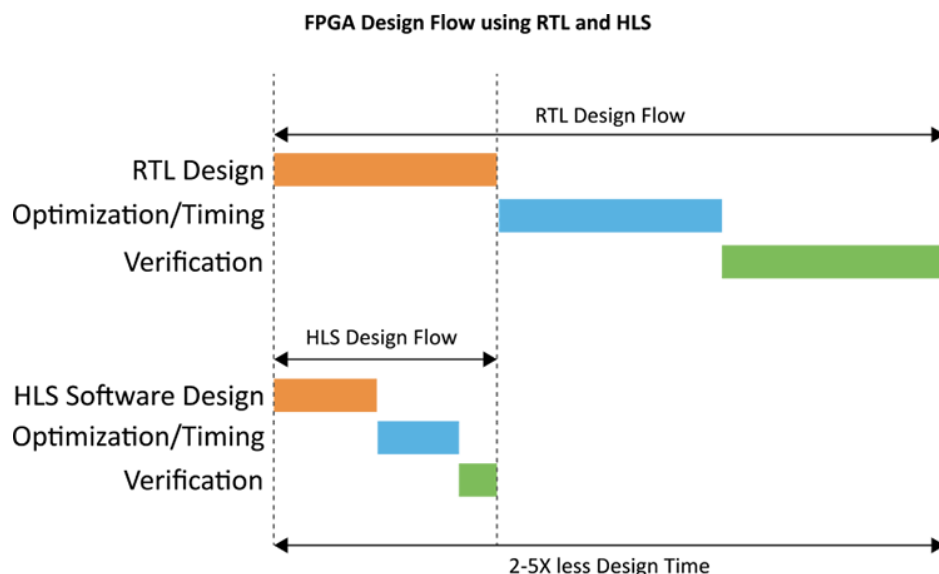
SmartHLS による生産性の向上

Verilog/VHDL を使って FPGA 向けにハードウェアベースのモータコントローラを最初から新規設計すると、開発に時間がかかる可能性があります。C/C++ で設計された既存のモータコントローラが利用できる場合、理想的なソリューションは、既存の C++ ソフトウェアコードを Microchip PolarFire® FPGA 向けのハードウェア実装に自動的に変換する事です。これは、SmartHLS™ (スマート HLS (高位合成)ツール)と統合開発環境を使って、C++ ソフトウェアを Microchip 社製 FPGA 向けのハードウェアブロックへコンパイルする

事により、容易に実現します。HLS により C++コードから Verilog を生成できます。通常、HLS を使って等価ハードウェア IP コードへ変換するトップレベル C++関数を指定し、その関数内でアルゴリズムを記述します。次に HLS プラグマと C++ HLS ライブラリを使って標準ハードウェア インターフェイス(AXI、AXI-stream 等)またはメモリ インターフェイスを記述します。HLS の大きな利点は、RTL (Register Transfer Level)設計に対して C++コードで大幅な抽象化が可能である事と、生産性の向上(ハードウェア設計/検証の時間短縮)が得られる事です。HLS ではパイプライン レジスタを簡単に追加/削除できるため、目標周波数を達成可能なアーキテクチャを容易に探索できます。



弊社のあるお客様は、SmartHLS を使って厳しい制約の下に先進モータ制御回路を弊社の FPGA へと移植しました。このお客様の最重要目標は、3 μ s 未満の決定論的レイテンシを達成する事でした。このレイテンシは、8 個のモータの各エンコーダセンサ信号を受信してから FPGA モータ制御コアが全てのモータの電流出力を更新するまでのフィードバックに要する時間です。また、外部 I/O 要件(DDR、PCIe)を満たすために、200 MHz 以上のクロック周波数で動作する事も目標とされました。さらに、回路を十分な余裕を持って PolarFire MPF500 に収める事も求められました。



最終的に、お客様は設計目標を達成する事ができ、プロジェクトは大成功だったとの事です。この回路では、サイクル レイテンシの 50%削減と目標クロック周波数(200 MHz)の達成が確認されました。モータ コントローラの最終的な決定論的レイテンシも約 2 μ s まですで半減しました。また、モータ コントローラの面積は 300K LE PolarFire FPGA の内部に収まるまで縮小されました。

オリジナルの C++モータ コントローラとの比較実験では、FPGA ベース モータ コントローラによって速度が 2.5~6 倍向上した事が示されました(さらに、これはマイクロコントローラの制御ジッタとリアルタイム オペレーティング システムにも依存します)。

SmartHLS の詳細は[こちら](#)をご覧ください。

弊社のモータ制御ソリューションの詳細は[こちら](#)をご覧ください。

弊社のウェビナー「How Microchip FPGAs Can Improve Productivity in Motor Control Applications Using C++ With HLS」もご覧ください。[こちら](#)からご登録ください。

Apurva Peri, Jan 11, 2022