



WP410 (v1.0) 2011 年 11 月 16 日

産業機器アプリケーションでの FPGA の活用

著者 : Yvonne Lin

ファクトリ オートメーションの革新を受けて、生産性の向上、総保有コスト (TCO) の削減、そして安全性の改善に対する要求が高まり続けています。この結果として、産業用アプリケーションで求められるデータ帯域幅とシステム レベル性能も一層高くなっています。このホワイト ペーパーでは、設計者を取り巻くトレンドと課題について解説し、**FPGA** を活用したソリューションによって、これらの厳しい設計目標をどのように達成できるかについて説明します。

業界をリードする産業向けソリューション

ザイリンクス FPGA は、低コスト/低消費電力なデバイスから多機能/高性能なデバイスまで幅広く提供されており、I/O を拡張するだけのシンプルなものから、複雑な演算やシステム統合を必要とするものまで、さまざまなデザインを実現できます。並列処理性能と産業用のリアルタイム アプリケーションに対応できる性能を備えた FPGA は、タイミングおよび性能に対する重要な要件を満たし、より高度なシステム統合や開発コストの削減を可能にします。

表 1：各種ザイリンクス製品の特長

デバイス ファミリ	プロセス ノード	機能	産業用アプリケーションの例
Spartan-6 FPGA	45nm	低コスト、多数の I/O	産業用ネットワーク、モーター制御
Artix-7 FPGA	28nm	低コスト、統一アーキテクチャ、ADC 機能	モーター制御、I/O モジュール
Kintex-7 FPGA	28nm	最もバランスのとれた価格対性能	高い演算性能、DSP、広帯域幅が要求されるアプリケーション (ビデオ、データ処理、伝送システムなど)
Zynq-7000 EPP	28nm	プロセッサと FPGA、ADC 機能	ビデオ監視、マシンビジョン、モーション制御プラットフォーム

現在、世界中の産業用エコシステムで Spartan[®]-6 FPGA (45nm) が使用されています。ザイリンクスは、Artix[™]-7、Kintex[™]-7、Virtex[®]-7 FPGA、ならびに Zynq[™]-7000 エクステンシブル プロセッシング プラットフォーム (EPP) を含む 28nm 世代のすべてのデバイスで統一されたアーキテクチャを採用しました。このため、Spartan-6 FPGA をターゲットにしたデザイン向けに開発された既存のオートメーション/モニタリング IP をベースに設計しながら、インプリメンテーションや機能のスケールアップやスケールダウンが容易です。プロトコルや規格の変化が激しい産業用ネットワークおよび画像処理などの分野では、ASIC や ASSP などの固定されたロジック チップよりもプログラマブルな FPGA を使用した方が製品の市場投入までの時間が短縮され、市場での展開期間が長期化されるという利点があります。

FPGA は産業用ネットワーク用のサードパーティ IP の容易な統合、従来のバスのサポート、イーサネット ベース プロトコルへの移行に加え、1 つのデバイスで複数のプロトコルをサポートできるため、より高度なコネクティビティの統合が可能です。モーター制御では、スピード、トルク、加速度を精密に制御することで消費電力が抑えられる上、効率の向上によってより小型で安価なモーターの使用が可能になるため、総保有コスト (TCO) が削減されます。

FPGA は、特にマシンビジョン、産業用ネットワーク、モーター制御、ビデオ監視のニーズに応える強力なソリューションを提供します。FPGA の柔軟性を活かすことにより、たとえばイメージセンサーのインターフェイスや画像処理の要件が変更になっても迅速に対応できるほか、市場要件に合わせた解析機能のアップグレードや、製品の市場展開後に新しい機能やファンクションを追加することが可能です。

FPGA の利点

産業用ネットワーク

ファクトリ エコシステムは統合が進んでおり、プログラマブル ロジック コントローラー (PLC)、I/O モジュール、モーター、センサーなどさまざまなアプリケーションをつなぐインターフェイスが必要です。産業用ネットワーク プロトコルはモジュール間のシームレスな通信を可能にし、同じプロトコルに準拠したコンポーネントであればメーカーを問わずプラグ アンド プレイで使用できます。

ファクトリ内の通信は、デバイス、プロセス、イーサネットの 3 つのレベルに分類できます。

1. デバイス レベルの通信とはモーター ドライブとそのセンサー間の通信などで、ほかの 2 つのレベルよりも短い応答時間が要求されます。
2. プロセス レベルの通信とはピア ツー ピア方式で PLC 間をつなぐ中間レベルの通信で、デバイス レベルの通信に次いで短い応答時間が要求されます。
3. イーサネット レベルの通信はファクトリの複数の拠点間で行われる最も高レベルの通信で、ほかの 2 つよりも広帯域かつ長距離の通信が要求されます。

これまでのフィールド バスでは、RS-232、RS-485 を使用して DeviceNet、CANopen、Profibus などのプロトコルによる通信が行われていました。しかし企業向けアーキテクチャでのイーサネットの採用が定着するにつれ、多数のリアルタイム イーサネット プロトコルが産業市場に導入されるようになり、信頼性や安全性の懸念を克服した確実な通信を実現しています。性能が向上し、ケーブル コストも大幅に削減できることから、フィールド バス通信の多くがイーサネット ベースへと移行しています。2014 年には、イーサネット ベースのノード数が従来のプロトコルを上回ると予想されています。

表 2 は、産業用の一般的なイーサネット プロトコルについてファクトリ オートメーション分野での主な推進企業と採用地域をまとめたものです。

表 2：一般的な産業用イーサネット プロトコル

イーサネット プロトコル	EtherCAT	Ethernet POWERLINK	Profinet RT	SERCOS III	Ethernet/IP	MECHATR- OLINK III	CC-Link IE
主な推進企業	Beckhoff	B&R Automation	Siemens	Bosch	Rockwell Automation	安川電機	三菱電機
シリアル フィールド バス	CANopen	CANopen	Profibus	SERCOS I/II	DeviceNet/ ControlNet	MECHATR- OLINK II	CC-Link
主な使用地域	ヨーロッパ、 アジア	ヨーロッパ、 米国	ヨーロッパ、 米国	ヨーロッパ、 アジア	北米	日本	日本
必要なもの	カスタム MAC + スタック	カスタム MAC + スタック	イーサネット MAC + 専用スタック	専用 MAC + スタック	イーサネット MAC + TCP/IP スタック	カスタム MAC + スタック	カスタム MAC + スタック
パートナー	Beckhoff	B&R、Avnet	Softing	Automata	PORT	TED	TED

産業用途で必要とされるリアルタイム性、低レイテンシ、確定性という条件を満たすため、これらイーサネット プロトコルの多くは専用のイーサネット MAC (Media Access Control) を使用しています。これは、ハードウェア アクセラレーションおよび特別なデータ パッケージングによってエンコードとデコードを高速化するという手法で実現しています。このため、実装にハード化された ASIC と FPGA のいずれを使用するかを選ぶことができます。ただし Powerlink や SERCOS III など一部のプロトコルは ASIC では提供されていないため、FPGA が唯一のソリューションとなります。

このようにリアルタイムイーサネットプロトコルが台頭する一方、既存のファクトリフロアシステムでは従来のバスのサポートにもニーズがあります。Spartan-6 デバイスでは、イーサネットから RS-232、RS-485、CAN へのブリッジが容易です。また、Spartan-6 FPGA は ASIC や ASSP よりも多くの I/O を使用できるため、1 つのデバイスで複数のプロトコルをサポートして異なる規格にスケラブルに対応させることができます。産業用イーサネットを使用したデバイス間通信は、Spartan-6 FPGA または 28nm の 7 シリーズ FPGA のいずれでも実装できます。

産業用モーター制御

産業用アプリケーションで使用されるモーターは至るところにあり、産業市場における消費電力の 66% 以上を占めています。電力コストの増加やファクトリオートメーションが進むのに伴い、モーター効率が重要視されるようになりました。効率を最大限に高めるには、モーター制御機器でモーターの電流値と電圧値を読み取り、計算によって求めた誤差と補正值を使用して一連の算術演算を実行する必要があります。この出力がインバーターへのコマンドとなります。これらすべての処理は、モーターのフィードバック読み取り値が有効なうちに適時に完了する必要があります。ループ時間が短いほど、変化に対するモーターの応答が敏速になり、リップルおよび発熱が少なくなります。これを実現するのが、高い精度と効率を備えたモーター駆動システムです。

磁界方向制御 (Field Oriented Control, FOC) などの高度なアルゴリズムを利用すれば優れた効率および性能が得られますが、高速な演算性能と並列処理性能が必要となり、従来の DSP や MCU ではこれらの要件を満たすことができません。FPGA は、高性能、システムコンポーネントの高集積化によるコスト削減、ソリューションの堅牢性、DSP 機能、ソリューションのカスタマイズ性など多くの点で従来のプロセッシングデバイスを上回る利点を提供します。

Spartan-6 デバイスを利用したモーター制御ソリューションはアルゴリズムをハードウェアに直接実装でき、高レベルの機能はソフトコアの MicroBlaze™ プロセッサで処理します。システムにとって重要な情報の処理や、PID コントローラー、クランク/パーク変換、空間ベクトル PWM など高い演算性能を必要とする機能は、オンチップの DSP および FPGA ロジックで実行します。28nm アーキテクチャの 7 シリーズ FPGA には、最大 1MSPS で動作する ADC を 2 つ備えた XADC (Xilinx Analog-to-Digital Converter) ブロックが搭載されています。XADC ブロックは、バス電圧および電流について読み取ったアナログ値を FPGA で処理できるようにデジタル変換するため、全体的な部品点数が削減されます。このブロックにより、メインプロセッサの負荷を軽減する自律モニタリングソリューションが構築できます。システムプロセッサの負荷の軽減は、リアルタイム制御が必要なアプリケーションでは非常に重要であると同時に、単にシステム全体のコストを削減するためにも使用できます。自律モニタリングソリューションとメインプロセッサを組み合わせた場合、高性能なシステムプロセスへ拡張するよりも高いコスト効率が可能になります。

自律プロセッシングサブシステムの利点を示す例として、XADC、ソフトコア MicroBlaze™ マイクロプロセッサ、DSP ブロック、サポートされるロジック機能 (パルス幅変調 (PWM)、カウンタータイマー、およびシリアル通信チャンネルなど) で構成される高性能モーターコントローラーがあります。

中央制御プロセッサがシンプルなアプリケーションプログラミングインターフェイス (API) を使用して高レベルのコマンドを発行し、自律サブシステムの構成と制御を行います。このサブシステムは、中央マイクロプロセッサから独立してモーター機能を制御し、必要に応じてステータスをレポートしたり割り込みを発行したりします。自律型ソリューションによってモーター制御動作を切り離すことで、このソリューションをカプセル化し、システム全体の設計、テスト、管理を容易にします。これは、コストの削減および全体的なシステムレベル向上にもつながります。

マシン ビジョン

マシン ビジョンは、品質管理および組立品追跡のために、ファクトリ オートメーションでの製造ラインの検査に利用されます。このほか、ロボットの視覚システムとしても広く使用されています。マシン ビジョンは、画像取得、処理、圧縮、送信の4つの要素で構成されます。これらマシン ビジョンの要素はすべて1個のFPGA または Zynq EPP で実現できます。

画像取得については、マシン ビジョンは組み立てラインでの検査と選別に使用されるため、高い分解能とフレーム レートを備えたセンサーが必要です。FPGA とセンサーを LVDS 信号で接続するには、Spartan-6 FPGA のように多数の I/O と標準規格をサポートした FPGA を使用するのが一般的です。データ処理については、高速な生産ラインで欠陥や異常を検出する必要があるため、高いデータ処理性能が要求されます。データ帯域幅に制約のあるアプリケーションでは、元のデータをそのまま送信するのではなく、圧縮が必要になることがあります。マシン ビジョンの残るもう1つの要素が、送信システムです。

進化を続けるファクト エコシステムの例にもれず、デジタル インターフェイスも急速な変化を続けています。現在は IEEE Std1394 や一部のアナログ システムが市場で普及していますが、5年後にはカメラ インターフェイスの60%以上に Camera Link および GigE Vision が使用されると予想されています。Camera Link では26ピンコネクタが必要ですが、GigE Vision はこうした制約もなく拡張でき、標準のTCP/IP プロトコルが動作するPCに容易に接続できます。このため、ファクトリで低コストのギガビット イーサネット MAC を使用したネットワーク経由のデータ統合が容易に実現できます。

1,000Mb/s の帯域幅を備えた GigE Vision は、最長100メートルのケーブルを使用して大容量の非圧縮画像を100MB/s の速度でリアルタイムに転送でき、高性能マシン ビジョンの事実上の標準として普及しつつあります。Spartan-6 および7シリーズ FPGA には、データを GigE Vision に準拠したデータ パケットにして転送できるカメラ インターフェイスが標準で搭載されています。入力センサーは、きわめて高い解像度とフレーム レートを備えた特殊なものが使用されます。これらのセンサーは民生用のビデオ/イメージ処理機器では使用されないため、対応する ASIC や ASSP デバイスはほぼ皆無です。FPGA なら、スピード、コスト、分解能の条件を満たした効果的な実装が可能です。このキャプチャ機能は現在1Gb イーサネットに対応していますが、システムの進展に合わせて10Gb イーサネットへとシームレスに移行できます。

FPGA はビジョン センサーと電源、SerDes、フィールドバスを接続するブリッジとしての役割を果たし、最大100fpsのHD画質をサポートします。

ビデオ監視システム

IP (Internet Protocol) ベースの高解像度ビデオ カメラは飛躍的な成長を遂げており、2014年には年間出荷台数が4000万台に達すると予想されています。現在は、短い開発サイクルが求められ、放送業界および民生機器の分野での需要が大きいため、ASIC や ASSP ベースのビデオ ソリューションが多く存在します。しかし、FPGA を使用することで特殊なセンサーやカスタム IP/画像処理機能を柔軟に実装できるため、より強力な製品差別化が可能です。同じ機能を1個のASIC に実装するとコスト効率が悪く、ASSP ベースのデザインでは実装そのものが不可能な場合もあります。このようなアプリケーションとしては、複数のセンサーを使用したドーム カメラ、HD (高精細度) カメラ、ナイトビジョン カメラなどがあります。こうした複雑なソリューションを FPGA に実装することで、製品の高い処理性能が得られ、製品の差別化を図ることができます。

初期のビデオ監視システムでは、キャプチャしたイメージの保存や処理に関して、カメラ ノード側で実行する処理は非常に限られていました。しかし現在はネットワーク エッジで実行するデータ処理が増え、カメラ内部の電子回路自体の高性能化と多機能化が要求されています。リアルタイムにデータをキャプチャし、解析した後にデータを圧縮して送信するといった高性能カメラでは、これは特に重要です。たとえば、顔認識やナンバー プレート追跡など、現在実用化されているさまざまなビデオ監視アプリケーションで使用されている最先端のシステムでは欠かすことができません。産業用ネットワーク同様、ビデオ監視システムでも従来の規格 (この場合は同軸ケーブル) から Cat-5 イーサネット ケーブルへの移行が進んでいます。同軸ケーブルは帯域幅に限界があり、最新の IP センサーの高い解像度をサポートできません。FPGA を利用すれば、1080p ビデオを60fps の速度で転送可能な IP 監視カメラも実現できます。

この実装では、FPGA を既存システムのコンパニオン デバイスとして使用します。これにより HD 画像処理のパイプラインが追加され、既存のシステム プロセッサの機能強化、メインのシステム プロセッサの負荷軽減や最新のセンサーに適合できるといった利点が生じます。さらに、カスタムのワイド ダイナミック レンジ (WDR) 圧縮アルゴリズムを追加してさらなる製品差別化を図ることも可能です。

Spartan-6 FPGA で今すぐ開発を開始

実績ある 45nm アーキテクチャで製造および実装された Spartan-6 FPGA は、ザイリンクスの産業機器向けターゲット デザイン プラットフォームとして提供されているザイリンクス インダストリアル イーサネット キットおよびインダストリアル ビデオ キットと組み合わせた形で、数多くの産業用ソリューションを提供します。Spartan-6 デバイスと Artix-7 FPGA のアーキテクチャはその基盤が共通しているため、現在 Spartan-6 デバイスを使用して開発、テストされている IP は将来、Artix-7 デバイスを使用して構築されたシステムに移行して使用できます。

Avnet 社 Spartan-6 FPGA 産業用イーサネット キット

Spartan-6 FPGA 産業用イーサネット キットは、コネクティビティ、モーター制御、エンベデッド プロセッシングの最先端アプリケーションの短期間でのプロトタイプングと開発をサポートする包括的なデザイン環境です。このキットには、複数の産業用リアルタイム イーサネット プロトコルと従来のシリアル コネクティビティ規格をサポートするメザニン カードが含まれています。Spartan-6 FPGA 産業用イーサネット キットは OEM メーカーおよびエンジニアがすぐに使用できるように設計されており、より高い信頼性を備えたデザインを少ないリソースで短期間のうちに製品化できます。

Avnet 社 Spartan-6 FPGA 産業用ビデオ プロセッシング キット

Spartan-6 FPGA 産業用ビデオ プロセッシング キットは、高解像度のビデオ会議、ビデオ監視、マシンビジョン システムの短期間でのプロトタイプングと合理的な開発をサポートする包括的なデザイン環境です。産業用画像処理機向けに設計されたこのキットを活用すると、変化する画像処理やインターフェイスの要件に対応しながら、より高い画像解像度をサポートしたカメラや画像処理アプリケーションを開発できます。

今後のファクトリ エコシステム向けに 28nm デバイスで開発

ザイリンクス 7シリーズ FPGA は、TSMC 社の 28nm High-k メタルゲート (HKMG)、HPL (High-Performance、Low Power) プロセス テクノロジーを採用し、これまでにない低消費電力、高性能、集積度を実現しています。アーキテクチャが統一された FPGA 業界初のシリコンとなる 7シリーズは、圧倒的なスケーラビリティを実現しており、次世代システムに向けた包括的なプラットフォーム基盤となります。

ファクトリ フロア向けアジャイル ミックスド シグナル

28nm の 7シリーズ ファミリで新しく導入されたアジャイル ミックスド シグナル (AMS) は、産業分野の幅広いアプリケーションに数多くの利点をもたらす汎用のアナログ インターフェイスです。このアナログ サブシステムには 2つの独立した 1MSPS (毎秒 1 メガサンプル) の 12 ビット アナログ/デジタル コンバーター (ADC) と 17 チャンネル アナログ マルチプレクサー フロントエンドが含まれます。FPGA ロジックに AMS を密接に統合することによって、ザイリンクスは業界で最も柔軟性に優れたアナログ サブシステムを実現しました。

個々のアナログ ハウスキーピング デバイスの代用

AMS 機能は、次に示すシステム レベルのハウスキーピング機能を実行する個々のアナログ回路の代替に最適です。

- 電力の監視と管理
- スーパーバイザー、電圧モニター、シーケンサー
- 熱管理
- システム監視/制御
- シングル チャンネル/マルチ チャンネル ADC
- タッチ センサー

多数のハウスキーピング機能が、複数のアナログ ミックスド シグナル ベンダーから小中規模の統合デバイスとして提供されています。これらのデバイスには何百通りもの設定があり、さまざまな組み合わせやニーズに対応しています。産業用システム向け AMS の利点の詳細は、次のウェブ ページをご覧ください。

<http://japan.xilinx.com/products/technology/agile-mixed-signal/>

抵抗検知：ヒューマン インターフェイス デバイス

システム レベルの統合のほかに、高性能 FPGA ロジックにはタッチスクリーン処理アルゴリズムを微調整できるという利点があります。これは、ほとんどのスタンドアロン タッチスクリーン デバイスでの処理性能を大きく上回る性能です。この処理性能の強化に伴い、アプリケーション ニーズやタッチスクリーン材料の特性に合った高性能ヒューマンマシン インターフェイスが可能になります。

高可用性システム

通信システムは可用性の高い (99.999% の確率) 規格にも対応する必要があります。こうした厳しい要件を満たすため、システムにハードウェア冗長性を採用し、電圧ドリフトや温度超過などの潜在的なエラーを早期に特定するためのシステム監視機能を搭載しています。

産業用のプロセス制御

産業用プロセス制御は、特定プロセスの出力を指定範囲内に維持するために使用されます。たとえば、蒸留プロセスでは狭い範囲内の特定の値で液体温度を維持させる必要があります。これらのプロセスを管理するために、産業分野ではプログラマブル ロジック コントローラー (PLC) が使用されることが多く、アナログ センサーの出力をデジタル値に変換し、そのデータを解析してユーザー定義のプログラムに基づく情報に従って対応しています。

Artix-7 および Kintex-7 FPGA はこれらを実現する理想的な PLC コンポーネントです。最大 17 個のアナログ入力を備える XADC ブロックは、1 つのデバイスで複数のセンサーを監視できます。FPGA ロジックは、データ監視用の強力な演算機能を提供し、フィルタリング、しきい値比較、制御を容易に実行できます。PLC 設計者は、柔軟で高性能な DSP 機能、マイクロコントローラー、ロジック ファンクション、そしてそして 1 秒間に何百万ものデータ サンプルを処理できるデータ処理機能 (最高性能のマイクロプロセッサを超えるものもある) を統合できます。

産業用システムの安全性 : IEC 61508

安全システムは、一般的な製造環境で常に重要な要素であり、製造装置の状態や動作を監視し、仕様範囲外の値を示した場合にプロセスを停止させます。診断やテストなどの安全機能が付いた高性能センサーやアクチュエーターが市場に参入しています。通常、このような高性能センサーは、1 つのアナログ センサーまたは複数のセンサーをデジタル制御ロジックに統合し、最大限の安全性を確保するために個々の制御システムを常時監視します。

IEC61508 は、電気、電子、およびプログラマブルな電子部品から成るシステムの機能安全規格です。基本的に、機能安全システムは、問題が引き起こされる可能性を検知して適切な是正または防止措置を実行します。危険な状況の検知は制御下システムの機能であり、アナログ センサーなどのさまざまなソースからのデータを監視し、特定仕様があらかじめ指定した耐性範囲外で動作した場合に反応するよう設計することが有用です。通常、このような安全機能は、アナログおよびデジタルのコンポーネントやサブシステムの組み合わせで実装されます。

ザイリンクスは、産業分野の安全性ニーズに対応した FPGA と関連 IP を数多く提供しています。詳細は、次のページをご覧ください。

<http://japan.xilinx.com/applications/industrial/index.htm>

産業用アプリケーション向けザイリンクス FPGA デバイス ファミリ

ザイリンクスは、産業用アプリケーションに最適な FPGA および EPP を幅広く提供しています。詳細は、次のウェブ ページをご覧ください。

<http://japan.xilinx.com/products/silicon-devices/fpga/index.htm>

<http://japan.xilinx.com/products/silicon-devices/epp/zynq-7000/index.htm>

まとめ

21世紀を迎えてますます進展著しいファクトリフロアのニーズを満たした産業用アプリケーションを開発する上で、FPGAは理想的な選択肢です。Spartan-6および7シリーズFPGAは、柔軟性、コスト競争力、導入の容易さ、従来システムとの統合など、ファクトリオートメーションや制御システム向けソリューションとして数多くの利点を備えています。ザイリンクスの産業向けFPGAソリューションの詳細は、次のウェブページを参照してください。

<http://japan.xilinx.com/applications/industrial/index.htm>

改訂履歴

次の表に、この文書の改訂履歴を示します。

日付	バージョン	内容
2011年11月16日	1.0	初版リリース

Notice of Disclaimer

The information disclosed to you hereunder (the “Materials”) is provided solely for the selection and use of Xilinx products. To the maximum extent permitted by applicable law: (1) Materials are made available “AS IS” and with all faults, Xilinx hereby DISCLAIMS ALL WARRANTIES AND CONDITIONS, EXPRESS, IMPLIED, OR STATUTORY, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, NON-INFRINGEMENT, OR FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE; and (2) Xilinx shall not be liable (whether in contract or tort, including negligence, or under any other theory of liability) for any loss or damage of any kind or nature related to, arising under, or in connection with, the Materials (including your use of the Materials), including for any direct, indirect, special, incidental, or consequential loss or damage (including loss of data, profits, goodwill, or any type of loss or damage suffered as a result of any action brought by a third party) even if such damage or loss was reasonably foreseeable or Xilinx had been advised of the possibility of the same. Xilinx assumes no obligation to correct any errors contained in the Materials or to notify you of updates to the Materials or to product specifications. You may not reproduce, modify, distribute, or publicly display the Materials without prior written consent. Certain products are subject to the terms and conditions of the Limited Warranties which can be viewed at <http://www.xilinx.com/warranty.htm>; IP cores may be subject to warranty and support terms contained in a license issued to you by Xilinx. Xilinx products are not designed or intended to be fail-safe or for use in any application requiring fail-safe performance; you assume sole risk and liability for use of Xilinx products in Critical Applications:
<http://www.xilinx.com/warranty.htm#critapps>.

本資料は英語版 (v1.0) を翻訳したもので、内容に相違が生じる場合には原文を優先します。

資料によっては英語版の更新に対応していないものがあります。

日本語版は参考用としてご使用の上、最新情報につきましては、必ず最新英語版をご参照ください。

この資料に関するフィードバックおよびリンクなどの問題につきましては、

jpn_trans_feedback@xilinx.com までお知らせください。いただきましたご意見を参考に早急に対応させていただきます。なお、このメールアドレスへのお問い合わせは受け付けておりません。あらかじめご了承ください。