

Xcell journal

SOLUTIONS FOR A PROGRAMMABLE WORLD

エンベデッド プロセッサ ソリューション 特集号

COVER

民生用電子機器と車載用電子
機器の革新を考える

Virtex-5 FXT デバイスで
エンベデッド処理に革新を
もたらす

INSIDE

高速ブロードキャスト ビデオ
コネクティビティ
ソリューション

マルチプロセッサ SoC の
デザイン



36V 高電圧ファミリ

LTM8020

I_{OUT} **200mA**
 V_{IN} **4~36V**
 V_{OUT} **1.25~5V**
 短絡保護機能
 6.25×6.25×2.32mm

LTM8021

I_{OUT} **500mA**
 V_{IN} **3.6~36V**
 V_{OUT} **0.8~5V**
 短絡保護機能
 6.25×11.25×2.8mm

LTM8022

I_{OUT} **1A**
 V_{IN} **3.6~36V**
 V_{OUT} **0.8~10V**
 短絡保護機能
 9×11.25×2.8mm

LTM8023

I_{OUT} **2A**
 V_{IN} **3.6~36V**
 V_{OUT} **0.8~10V**
 短絡保護機能
 9×11.25×2.8mm



低電圧ファミリ

LTM4604

I_{OUT} **4A**
 V_{IN} **2.375~5.5V**
 V_{OUT} **0.8~5V**
 トラック機能
 9×15×2.3mm

LTM4608

I_{OUT} **8A**
 V_{IN} **2.375~5.5V**
 V_{OUT} **0.6~5V**
 PLL機能
 トラック機能
 マージン機能
 9×15×2.8mm

昇降圧型ファミリ

LTM4605

I_{OUT} **5A (12A 降圧モード時)**
 V_{IN} **4.5~20V**
 V_{OUT} **0.8~16V**
 PLL機能
 パワーグッド出力
 15×15×2.8mm

LTM4607

I_{OUT} **5A (10A 降圧モード時)**
 V_{IN} **4.5~36V**
 V_{OUT} **0.8~24V**
 PLL機能
 パワーグッド出力
 15×15×2.8mm



LTM4602

I_{OUT} **6A**
 V_{IN} **4.5~28V**
 V_{OUT} **0.6~5V**
 ピーク電流: 8A
 15×15×2.8mm

LTM4603

I_{OUT} **6A**
 V_{IN} **4.5~28V**
 V_{OUT} **0.6~5V**
 PLL機能
 トラック機能
 マージン機能
 リモートセンス機能
 15×15×2.8mm

LTM4603-1

I_{OUT} **6A**
 V_{IN} **4.5~20V**
 V_{OUT} **0.6~5V**
 PLL機能
 トラック機能
 マージン機能
 15×15×2.8mm

LTM4600

I_{OUT} **10A**
 V_{IN} **4.5~28V**
 V_{OUT} **0.6~5V**
 ピーク電流: 14A
 15×15×2.8mm

LTM4601

I_{OUT} **12A**
 V_{IN} **4.5~28V**
 V_{OUT} **0.6~5V**
 PLL機能
 トラック機能
 マージン機能
 リモートセンス機能
 15×15×2.8mm

LTM4601-1

I_{OUT} **12A**
 V_{IN} **4.5~20V**
 V_{OUT} **0.6~5V**
 PLL機能
 トラック機能
 マージン機能
 15×15×2.8mm

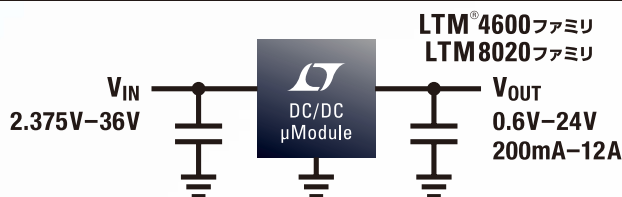
回路の実装面積 **50% 削減**

電源の設計時間 **大幅短縮**

しかも高信頼性 **IC と同等**

実現したのは、**μModule**TM

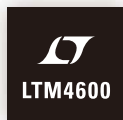
インスタント 200mA~12A 電源 [マイクロ・モジュール]



高性能アナログICメーカーならではのノウハウと共に、DC/DCコントローラも、MOSFETも、インダクタさえも、小型パッケージに収容した簡単・すぐに使えるインスタント電源「μModule」。発売以来、電源回路の実装面積と設計工数を大幅に削減するメリットが評価され、採用実績が急増しています。そして、「さらに高電圧の入力にも対応したモジュールを」という要求に応じて、今度は3.6V~36Vワイドレンジ入力のLTM8020ファミリもリリース。ラインナップも、ますます充実しています。

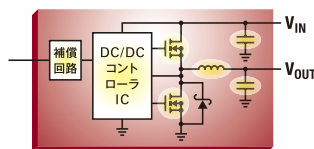
特長 1 実装面積半減

- 個別部品で構成した同等性能のDC/DC回路に比べ、実装面積を約50%削減 [LTM4600]
- RoHS準拠の100%表面実装、軽量LGAパッケージ
0.25g [LTM8020]
1.7g [LTM4600]



特長 2 簡単、すぐに使える、しかも高性能

- 設計不要
- 外付けは入出力コンデンサと抵抗1個
- インダクタ、パワー MOSFET、DC/DCコントローラ、補償回路を内蔵
- パワー MOSFETも自社開発するなど、各内蔵部品は最適化され、卓越した高性能を実現



特長 3 ヒートシンク不要

- わずか15°C/Wの優れた熱特性
- 複数のμModuleを並列接続し、最大48A出力



μModuleの
技術資料へアクセス!

www.linear-news.jp/LTM



評価ポ一ド

お問い合わせは、
下記販売代理店まで

リニアテクノロジー国内ニュースサイト
www.linear-news.jp

△、LT、LTC、LTMは、リニアテクノロジー社の登録商標です。μModule、LINEAR EXPRESSは、リニアテクノロジー社の商標です。他の商標はそれぞれが所有するものです。

オンラインストア リニアエクスプレス

LINEAR EXPRESSTM

☎ 0120-7291-22

東京エレクトロデバイス株式会社

本社 TEL 045-474-5114

大阪 06-6399-1511 名古屋 052-562-0825
東京 03-3251-0083 北関東 048-600-3880
水戸 029-227-6552 立川 042-548-0255
横浜 045-474-7023 松本 0263-36-8112
福岡 092-474-4121 仙台 022-212-2746

株式会社 トーメン エレクトロニクス

本社 TEL 03-5462-9615

大阪 06-6447-9644 名古屋 052-582-1591
福岡 092-713-7779 宇都宮 028-625-8331
松本 0263-34-6131 北関東 048-521-9011
仙台 022-221-8061 浜松 053-452-8147
立川 042-548-9871

東京電子販売株式会社

本社 TEL 03-5350-6711

株式会社 三共社
本社 TEL 03-5298-6201

伊藤電機株式会社

本社 TEL 052-935-1746

株式会社 信和電業社
本社 TEL 06-6943-5131

Xcell journal

発行人 Forrest Couch
forrest.couch@xilinx.com

編集 Charmaine Cooper Hussain

アートディレクター Scott Blair

デザイン/制作 Teje, Gelwicks & Associates

テクニカル
コーディネーター Kevin Kitagawa
Kevin Tanaka
Tamara Snowden
Silvia Gianelli
Larry Caputo
Jay Gould

日本語版統括 澤田 修
osamu.sawada@xilinx.com

制作進行 竹腰 美優紀
miyuki.takegoshi@xilinx.com

制作・広告・印刷 有限会社エイ・シー・シー

Xcell
PUBLICATIONS
japan.xilinx.com/xcell/

Xcell Journal 日本語版 63・64 合併号

2008 年 8 月 12 日発行

Xilinx, Inc.
2100 Logic Drive
San Jose, CA 95124-3400

ザイリンクス株式会社
〒141-0032
東京都品川区大崎 1-2-2
アートヴィレッジ大崎セントラルタワー 4F

© 2008 Xilinx, Inc. All Right Reserved.

XILINX や、Xcell のロゴ、その他本書に記載の商標は、米国およびその他の各国の Xilinx 社の登録商標です。PowerPC は、米国またはその他の国における IBM 社の商標です。ほかすべての名前は、各社の登録商標または商標です。

本書は、米国 Xilinx, Inc. が発行する英文季刊誌を、ザイリンクス株式会社が日本語に翻訳して発行したものです。

米国 Xilinx, Inc. および Xilinx, Inc. 株式会社は、本書に記載されたデータの使用に起因する第三者の特許権、他の権利、損害における一切の責任を負いません。

本書の一部または全部の無断転載、複写は、著作権法に基づき固く禁じます。

Printed in Japan

統合システム プラットフォーム： エンベデッド アプリケーションにおける FPGA 革新の第二の波

FPGA は、デザインをテストするプロトタイプとしての役割を長い間歩んできました。現在では、その役割のみならず、日々我々の生活を改善する多くの革新的製品に採用され、欠くことのできないデバイスとなっています。FPGA は市場からのさまざまな厳しい要求に応え、何よりもその柔軟性において高い評価を受けてきました。デバイス本来が持つプログラマビリティ性は、製品開発者にとっては保険証書のようなものであり、迅速かつ効率的に市場のニーズを取り込み、展開の早い市場において常に製品を最新の状態で維持できます。

Xcell Journal に掲載している多くの記事が示すように、FPGA はもはや単一機能のデバイスではありません。このプログラマブル デバイスは、システム オン チップ (SoC) とエンベデッド システム デザインなどの高集積デバイス分野で理想的なプラットフォームとして注目を集めています。

ザイリンクスは、2008 年 4 月に究極のシステム統合プラットフォームとして Virtex™-5 FXT FPGA を発表しました。Virtex-5 FXT デバイスは 65nm FPGA である Virtex-5 ファミリの第 4 世代のプラットフォームとして、非常に高性能なエンベデッド処理やデジタル信号処理、コネクティビティの各機能をその高い柔軟性と組み合わせでワンチップに集積したことにより、トータル システムコストや消費電力の削減、そしてボードの実装面積の低減を実現します。

本号について

Xcell Journal 日本語版 63・64 合併号では、Virtex-5 FXT プラットフォームがエンベデッド開発者に与える重要性を、カバー記事の 1 つとして紹介しています。同記事では、エンベデッド PowerPC® 440 プロセッサ ブロックや高速 RocketIO™ シリアル トランシーバ、および XtremeDSP™ 処理機能を備えた業界初の FPGA を解説します。このデバイスは最適化されたシステム統合プラットフォームを提供し、広範なアプリケーションにおける音声やビデオ、データ送信、そしてバンド幅要件を満たしています。適用可能なアプリケーションとしては、有線/無線通信、オーディオ/ビデオのブロードキャスト機器、航空宇宙、産業生産システムなど、多くが挙げられます。本号では、宇宙空間から地上における科学的革新やオートモーティブ革新までの幅広い各種 FPGA ベースのエンベデッド システム アプリケーションの「舞台裏」を紹介します。

また、いかにザイリンクスのエンベデッド処理ソリューションに改善が施され、直感的なハードウェアおよびソフトウェア ツールによって使い勝手が大幅に簡易化されているかを解説します。ザイリンクスのエンベデッド ソリューションの利点を最大限に引き出す上で重要な役割を果たすサードパーティのエンベデッド技術およびサービス プロバイダが提供する最新ソリューションも紹介します。

加えて、昨今著しい革新を見せ「コンピュータ トランスポートーション」化しているオートモーティブ市場に向けてザイリンクスが提供するソリューション、XA (Xilinx Automotive) 製品ファミリが、先端エレクトロニクス モジュールやシステムにいかに最適なソリューションを提供するかを紹介いたします。

さらにザイリンクスは、低コストの量産アプリケーション市場において急速な変化を続けるコンシューマ製品要件に応えるソリューションとして、アプリケーション セグメントに最適化した PLD 製品を提供します。コンシューマ製品のなかでもハンドセット向けに提供しているソリューションを紹介いたします。



Forrest Couch

Forrest Couch
発行人



澤田 修

澤田 修
日本語版統括

VIEWPOINTS

ザイリンクス新社長兼 CEO 就任4

FEATURES

Cover

民生用電子機器と車載用電子機器の革新を考える6

Virtex-5 FXT デバイスでエンベデッド処理に革新をもたらす8

Portable Handsets

CPLD でプロセッサの消費電力を低減する14

CPLD で複数の SD デバイスをサポート19

Audio/Video

高速ブロードキャスト ビデオ コネクティビティ ソリューション.....22

Embedded Applications

宇宙船画像処理の高性能化を実現する FPGA コプロセッサの開発26

System Development

マルチプロセッサ SoC のデザイン32

ザイリンクス XtremeDSP ビデオ スタータ キット により
FPGA 上でのビデオ開発を加速35

Platforms, Processors, & Tools

MicroBlaze v7 が MMU (メモリ管理ユニット) を装備40

FPGA エンベデッド プロセッサによるデバッグ システム.....46

INFORMATION

ザイリンクス トレーニング スケジュール38

ザイリンクス ウェブ セミナ51

ザイリンクス イベント カレンダー52

広告索引

リニアテクノロジー株式会社表2-1

有限会社ヒューマンデータ.....5

アルデック・ジャパン株式会社31

株式会社ミッシュインターナショナル39

株式会社コンピューテックス50

日本イヴ株式会社.....表3

COVER STORY

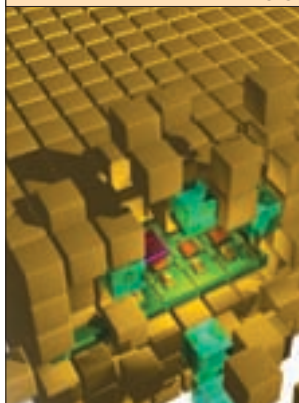


民生用電子機器と 車載用電子機器の 革新を考える

ザイリンクスは民生用電子機器や車載用電子機器向けに、温度や品質、信頼性に対する各要件を満たしたシリコン、開発ツール、IPコア、ミドルウェア、およびデザインサービスなどをトータルに提供

6

COVER STORY



Virtex-5 FXT デ バイスでエンベ デッド処理に革 新をもたらす

内蔵 PowerPC 440 プロセッサ ブロックを利用して性能とスループットを最大化

8

AUDIO/VIDEO



高速ブロードキ ャスト ビデオ コ ネクティビティ ソリューション

ザイリンクス Spartan-3E と Spartan-3A FPGA、NS 社の Smart SERDES、およびザイリンクス プロトコル スタックにより、SD や HD、3G-SDI 向けマルチレート ブロードキャストの課題に費用対効果が高く柔軟性の高いアプローチを提供

22

SYSTEM DEVELOPMENT



マルチプロセッサ SoC のデザイン

ザイリンクスのEDKツールとIPコアで、複数プロセッサのSoCをデザインをすることにより、アプリケーションの縮小が可能

32

Xcell Journalのご送付先住所等の変更は：
<http://japan.xilinx.com/xcell/henko/>
Xcell Journalの新規定期購読のお申込みは：
<http://japan.xilinx.com/xcell/toroku/>

Xilinx Welcomes New President & CEO ザイリンクス新社長兼 CEO 就任

Wim Roelandts、業界のベテラン Moshe Gavrielov にトーチを託す



2008 年 1 月 7 日、ザイリンクスは新社長兼 CEO に Moshe Gavrielov を任命しました。彼はこの業界で最も尊敬されている CEO の一人である Wim Roelandts の重責を引き継ぐこと

になります。Roelandts は取締役会長にとどまり、Gavrielov は Xilinx® の 24 年の歴史で第 3 代目の CEO となります。本号の View from the Top では、Moshe がザイリンクスに対する彼の構想と、今後この会社をどのように牽引していくかを語ります。

世界で最も尊敬されている半導体企業の一社の牽引を引き受けることは、非常に名誉あることで胸の高まりを覚えます。ザイリンクスの非常にエキサイティングな時期に経営に参加できたと感じています。我々は、ザイリンクス技術の利点をさまざまな企業や幅広いアプリケーションに広める大いなる機会を手に入れています。

FPGA は広範囲の設計者にますます大きな影響をおよぼしつつあります。設計者にとって将来の変化に備える最良の方法がオプションで武装することだということは、よく知られた事実です。FPGA は常に、そのハードウェアのプログラマビリティ性により、さまざまなオプションを提供してきました。ザイリンクスは、Time-to-Market の短縮を提供する究極のソリューション プロバイダです。それは、シリコンと柔軟性に限ったことではありません。これは IP コアに関しても同様です。今日のザイリンクスは、私がかつて直面したケースによく似たある移行過程にあります。それは、単な

るゲートのサプライヤからゲートに取り込む IP コアのサプライヤおよびサポーターへ変わることです。しかし、フィールドで IP コア全体をサポートするのは、簡単なことではありません。

ザイリンクスがユーザーにより良いサービスを提供して売上を伸ばし、市場シェアを拡大するには、3 つの機会があると考えています。まず、弊社の基礎を成すシリコン機能の拡張ペースを維持することです。次に、拡大する広範なアプリケーションに対して IP コア製品の拡充を続けて行くことです。そして最後に、開発ツールに投資を続け、既存および新しいユーザーのますます拡大する特別なコミュニティのニーズに応えることです。

ザイリンクスは、完璧なソリューション サプライヤになるためのステージに既に立っています。あとは、そこへたどり着くための方法を模索すればよいのです。世界中のユーザーから学び、彼らの問題点を我々の問題として認識した上で、親切そして適切な対応をとることが重要です。そして、彼らの問題点が解消できるソリューションを提供していく必要があります。

DSP とエンベデッドについて

私がザイリンクスに入社したとき、ザイリンクスはすでに DSP やエンベデッド市場に目を向けていました。三年前、ザイリンクスは新しい事業部門の創設を発表しました。それは、以前 ASIC や ASSP がほぼ

支配していた数十億米ドルに上る AVB（オーディオ、ビデオ、ブロードキャスト）や、産業機器、航空宇宙／防衛、医療、自動車、民生電子機器に代表されるパーティカル マーケット向けに、ザイリンクス FPGA を参入させ拡大するのが目的でした。

FPGA は、高性能 DSP およびエンベデッド アプリケーション向けに、市場価値の非常に高い提案や大きな技術的優位性を提供しています。ザイリンクスにとって、DSP およびエンベデッド プロセッサはまったく新しい市場機会でした。設計者が重要なファンクションを 1 個の FPGA に統合すると、トータル システム コストや消費電力の低減を実現し、さらにコンポーネント数を減らすことで基板スペースを削減することも可能になります。これは簡単なことではありません。ソリューション全体を提供するプロバイダになるべきだという意見に話を戻しますが、すべての設計者、特に DSP やエンベデッド分野の設計者は、単に ASIC や ASSP から FPGA へ移行しただけに止まるのではなく、定評を得るまでのレベルを望んでいるのです。

ザイリンクスは、IP コアやソフトウェア ツール、デザイン手法を含むすべての必要なツールを提供していかなければなりません。それによって、設計者は FPGA の高性能と柔軟性の高い機能を楽しむことができます。可能な限りの高機能をごく簡単な手法で提供しなければなりません。私は、その目的を達成することを個人的にも非常に楽しみにしています。🌈

FPGA/CPLD 評価ボード

全100種類以上をラインナップ

RoHS指令対応品

<原寸大>



Virtex-5 LXT
FBGA665 ブレッドボード
XCM-107シリーズ

XC5VLX30T-1FFG665Cまたは
XC5VLX50T-1FFG665Cを搭載。

ハーフ
カードサイズ



RoHS指令
対応品

開発中

NEW

ハーフカードサイズ、セミカードサイズの 小型モジュールも充実。

ボードサンプル進呈中
(数量限定)

- FPGAの動作に必要な最低限の機能を搭載。単一電源ですぐに活用できます
- XCMシリーズはそれぞれ外形やコネクタ位置が同一で置き換えが可能です
- 回路図、マニュアルは購入前でも自由に参照できます
- 豊富な納入実績で安心してお使いいただけます
- 基本的に即納体制で最短翌日からご活用いただけます
- スピードグレード変更などのカスタマイズもご相談ください



Spartan-3ブレッドボード
XCM-301

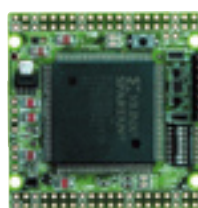
XC3S200-4VQ100Cを搭載。

セミ
カードサイズ



RoHS指令
対応品

¥14,000 (税込14,700)



Spartan-3E
SP3E 208pinブレッドボード
XCM-302

XC3S250E-4PQG208Cまたは
XC3S500E-4PQG208Cを搭載。

セミ
カードサイズ



RoHS指令
対応品

¥29,000 (税込30,450) ~



Spartan-3AN
SP3AN 144pinブレッドボード
XCM-303

XC3S50AN-4TQG144Cを搭載。

セミ
カードサイズ



RoHS指令
対応品

¥19,000 (税込19,950)



Spartan-3ブレッドボード
XCM-101

XC3S200-4PQG208Cまたは
XC3S400-4PQG208Cを搭載。

ハーフ
カードサイズ

¥21,000 (税込22,050) ~



Spartan-3ブレッドボード
XCM-102

XC3S1000-4FG456Cまたは
XC3S1500-4FG456Cまたは
XC3S2000-4FG456Cを搭載。

ハーフ
カードサイズ

¥51,000 (税込53,550) ~



Virtex-II Proブレッドボード
XCM-104

PowerPCハードプロセッサ内蔵
FPGA XC2VP7-5FG456Cを搭載。

ハーフ
カードサイズ

¥59,500 (税込62,475)



Virtex-4 FBGA668ブレッドボード
XCM-105

XC4VLXの668ピンBGA
チップ搭載。

ハーフ
カードサイズ

¥91,000 (税込95,550) ~



Spartan-3ブレッドボード
XCM-001

XC3S200-4PQG208Cまたは
XC3S400-4PQG208Cを搭載。

¥19,000 (税込19,950) ~



XC9500CPLDブレッドボード
XCM-002

XC95144-15PQ160Cまたは
XC95216-15PQ160Cを搭載。

¥14,000 (税込14,700) ~



Virtex-II Proブレッドボード
XCM-003

Virtex-II Proを搭載した
ブレッドボード。

¥65,000 (税込68,250)



Spartan-IIブレッドボード
XCM-004

Spartan-II (208pin)を
搭載したブレッドボード。

¥23,000 (税込24,150) ~



Spartan-3ブレッドボード
XCM-005

XC3S1000-4FG456Cまたは
XC3S1500-4FG456Cまたは
XC3S2000-4FG456Cを搭載。

¥64,000 (税込67,200) ~



CoolRunner
XPLA3ブレッドボード
XCM-007

XCR3128XL-10TQ144Cまたは
XCR3256XL-12TQ144Cを搭載。

¥12,600 (税込13,230) ~



Spartan-3ブレッドボード
XCM-008

XC3S50-4TQ144Cまたは
XC3S200-4TQ144Cまたは
XC3S400-4TQ144Cを搭載。

¥14,000 (税込14,700) ~



Virtex-4
FBGA668ブレッドボード
XCM-009

高性能FPGAである
Virtex-4を搭載。

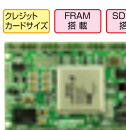
¥79,000 (税込82,950) ~



Spartan-3Eブレッドボード
XCM-010

XC3S1600E-4FGG320C
を搭載したブレッドボード。

¥59,000 (税込61,950)



Virtex-5 FBGA676
ブレッドボード
XCM-011シリーズ

XC5VLX50-1FFG676Cまたは
XC5VLX30-1FFG676Cを搭載。

¥120,000 (税込126,000) ~



CoolRunner-II
XC2C256 ブレッドボード
XCM-012

XC2C256-7PQG208Cを
搭載したブレッドボード。

¥15,000 (税込15,750)



ダウンロードケーブル
XC3

FPGAのコンフィギュレーション
またはCPLDのISP用のダウン
ロードケーブル

¥11,500 (税込12,075)

教育用ボード

そのほか各種評価ボードの情報は、<http://hdl.co.jp>へ



FPGAトレーナ
EDX-001

USBケーブルでコンフィギュレーション可能な学習専用ボード。プラスチェックケース、ACアダプタ対応。

¥48,000 (税込50,400)



XILINX対応FPGAトレーナ
EDX-002

USBケーブルのみで動作、コンフィギュレーション可能な学習専用ボード。

¥14,800 (税込15,540)



XILINX対応FPGAトレーナ
EDX-004

USBインターフェースをもつPCに接続し、コンフィギュレーションできる学習用ボード。

¥14,800 (税込15,540)



XILINX対応FPGAトレーナ
EDX-005

USBインターフェースをもつPCに接続し、コンフィギュレーションできる教育用ボード。

¥39,900 (税込41,895)

- EDXシリーズはUSBから電源をとり、USBからコンフィギュレーションすることができます。
- 手軽にVHDLやVerilogの学習を行うことができます。
- EDX-001はプラスチックケースに実装し、学校などでのご利用に最適です。

★ご注文は直販またはXILINX社代理店まで

※仕様等の詳しい製品情報はホームページをご覧ください。

<http://www.hdl.co.jp>

E-mail: s2@hdl.co.jp

At the Heart of Consumer and Automotive Innovation

民生用電子機器と車載用電子機器の革新を考える

ザイリンクスは民生用電子機器や車載用電子機器向けに、温度や品質、信頼性に対する各要件を満たしたシリコン、開発ツール、IPコア、ミドルウェア、およびデザイン サービスなどをトータルに提供

Kevin M. Kitagawa

Director, Worldwide Marketing, High-Volume Products

Xilinx, Inc.

kevin.kitagawa@xilinx.com

世の中がますますデジタルに移行するにつれ、利用者はいつでもどこでも、オーディオやビデオ、データなどのコンテンツを楽しみたいと思っています。より良い品質でしかも廉価な有線・無線のインフラが利用可能となった今日、このインフラを利用して消費者がより楽しめるコンテンツを配信することが可能になり、機器メーカーはその楽しみを高める新しい革新的な機能を提案できるよう、常に新しい挑戦に取り組んでいます。

たとえば、デジタル音楽プレイヤーやHDTV デジタル ディスプレイ、車載用電子機器、携帯電話、ブロードバンド インターネット アクセスなどは、家や自動車の中、あるいは車で移動中にもコンテンツにアクセスして楽しむことができます。多くの場合、どんな革新的機能が市場に受け入れられるかを予測して製品決定を行うのは、非常にリスクが高いため、機器メーカーは直接利用者のフィードバックを早い時期から製品開発に取り込み、成功を確実なものにしようとします。これには迅速な製品開発が必要で、その結果、革新的な製品をいち早

く市場に投入できるようになります。

ASIC 開発は、各プロセス ジオメトリが縮小するにつれ初期コストが指数関数的に上昇されることから、多くのアプリケーションでこの方法は魅力のないものになってきています。また、ASSP では、ユーザーのニーズを全て満たすことは通常できないので、シリコン メーカーは最も多くのユーザーが要求する機能をあらかじめインプリメントする必要があります。

今後この革新の中心となって行くのは Xilinx® の FPGA および CPLD です。これらは、高い柔軟性に加え、低コストソリューションが提供可能なことから、デジタルディスプレイやセットトップ ボックス、車載後部座席エンターテインメント システム、スマートフォン、ビデオ機器など、量産製品の特定アプリケーションの要件を満たします。

民生電子機器でのザイリンクス

民生用電子機器メーカーは、自社製品を競合他社製品と差別化する必要があります。

競争の厳しい市場で一步先を歩み続けるには、最新技術と革新的機能をできるだけ早く消費者に提供することが必要不可欠です。製品のライフ サイクルの後半で、メーカーは製品コストを下げることに注力し、より安価でより多くの機能を利用者に提供する努力を続けます。

たとえば、HDTV デジタル ディスプレイのメーカーは、完全な TV 画像を提供できるようある欠陥に対処した画質の改善に取り組みながら、新しいフラットパネル技術やインターフェイス標準への対応に直面する





テムから、夜景システム、レーンはみ出し警報システムなど新しいドライバ支援技術までが含まれます。

ザイリンクス オートモーティブ (XA) ファミリは、車載用電子機器市場に FPGA と CPLD のスケーラビリティと柔軟性を提供します。これにより主要自動車メーカは革新的な機能を考案できるようになります。また、プラットフォーム開発機能が、細分化されたアプリケーションの分野にも利用可能となり、コストの低減化が図れます。

LCD/TFT ディスプレイやマルチプル ネットワーキング プロトコル、ビデオ、グラフィックスの使用が増えるにつれ、ザイリンクス XA ソリューションは開発から生産までのサイクルを加速し、また柔軟性の高いカスタマイズを可能にします。自動車メーカは、ザイリンクス XA プログラマブルロジックを使用することで、次の電子機器の再設計を待つことなく、FPGA 内の構成を変えるだけで、新しい機能の追加や、既存機能の改良、あるいはインターフェイスの変更が可能です。また、FPGA を使用することにより、デザイナーは、アプリケーションアーキテクチャ全体を見直して、ニーズに基づいたシステムの構築を、半導体ハードウェアで現在何が利用可能なのかを考えることなく行うことができます。

結論

ザイリンクスの量産向け製品である Spartan FPGA や CoolRunner™-II CPLD、XA 製品ファミリは、開発に伴うリスクを最小化できるプログラマブルロジックの柔軟性を備えているため、メーカはさらに革新的な製品をいち早く市場に投入できるようになります。

ザイリンクスは、最先端技術の採用とサプライヤからのコスト削減により、低価格化を実現し、量産への採用が増大しています。ザイリンクスの FPGA および CPLD は、より低い価格設定から始まっており、民生用電子機器や車載用電子機器などの量産アプリケーションでも、量産時に ASIC や ASSP への移行が不要で、しかもユーザーの要望に沿ったカスタマイズが可能です。



高画質化アルゴリズムを使用すれば、これらの変化に対応するのは容易です。また、同じハードウェア デザインを製品の全ファミリに利用することも可能です。Spartan FPGA は、ほとんどの差動 I/O インターフェイスをサポートしているので、新しいパネル インターフェイスに直接インターフェイスするのが容易です。Spartan FPGA はこれらの利点により、多くの民生電子機器で採用されています。

車載電子機器でのザイリンクス

OEM 自動車メーカは、より多くの電子機器を自社自動車に搭載していくことで、他社製品との差別化を図る傾向にあります。一言で電子機器システムという幅広いのですが、これには、ドライバの情報システムや後部座席のエンターテインメント シス

ことがあります。異なるモデルで使用されているパネルは、仕様が異なったり、あるいはまったく別のサプライヤのパネルであったりすることが多いのです。

FPGA のプログラマビリティを利用し、Spartan® FPGA にインプリメントされた

Embedded Processing Innovations
with Virtex-5 FXT Devices

Virtex-5 FXT デバイスで エンベデッド処理に革新をもたらす

内蔵 PowerPC 440 プロセッサ ブロックを利用して
性能とスループットを最大化

Craig Abramson
Product Marketing Manager
Xilinx, Inc.
craig.abramson@xilinx.com

Dan Isaacs
Director of Embedded Processor Marketing
Xilinx, Inc.
dan.isaacs@xilinx.com

Ahmad Ansari
Principal Engineer
Xilinx, Inc.
ahmad.ansari@xilinx.com

ザイリンクス Virtex®-5 FXT FPGA を採用することにより、エンベデッド システム デザインにおける市場優位性を持つ可能性ができました。これまで、エンベデッド システムを短期間で開発しその有効性を確認する必要性は、エンベデッド システム デザイン以外の分野では必ずしも明確ではありませんでした。

ソフトウェアとハードウェアを組み合わせ、これをシステム レベルでできるだけ短期間に実証することは、業界の常識となっています。より緊密に連携された柔軟性の高いスケーラブルなソリューションを提供することにより、ハードウェアとソフトウェアの SoC デザインの多くの課題に対処可能となります。

FPGA は、デザイナーがエンベデッド デザインを開発し、プロトタイプ作成後にテストするまでの作業時間を大幅に短縮します。PowerPC® プロセッサを内蔵した第 3 世代の Virtex-5 FXT FPGA プラットフォームは、新たにエンベデッド ブロックを追加しており、より厳しいデザイン要件にも対応可能で、デザインの迅速かつ容易な完成に寄与します。

本稿では、PowerPC 440 プロセッサブロックとシステム インターコネクタがもたらすエンベデッド処理における革新について詳しく説明します。Virtex-5 FXT FPGA プロセッサブロックは、インテグレーションによる簡略化にフォーカスしています。

これによって、開発とテストが簡易化されます。Virtex-5 FXT デバイス PowerPC

440 プロセッサは、ソフトウェア開発者がシステムを迅速に立ち上げ、ハードウェアにおける実際の開発を早期にスタートできるようにすることを最大限に支援するソリューションです。

インテグレーションによる簡略化

鍵はインテグレーションにあります。ザイリンクスは、少ない FPGA ロジックの使用量で高性能処理システムを構築し、かつ多種多様なトポロジーを実現しています。FPGA ベースのインプリメンテーションには元々柔軟性という利点がありますが、さらに、ハード化や、特に外部メモリへのアクセスの最速化を実現する統合されたインターコネクタ アーキテクチャによる新しい利点も享受できます。

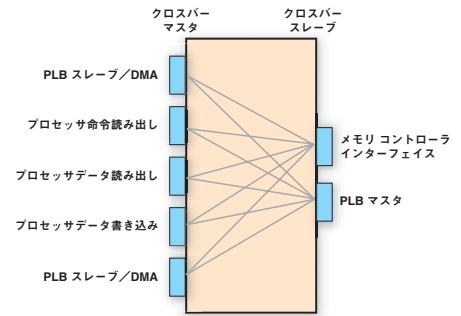
その結果より広範な高性能処理アーキテクチャをより短期間で開発できるエンベデッド ブロックが作成できます。

PowerPC プロセッサには一般的に 3 つのインターフェイスがあります。それは、命令の読み出し、データの読み出し、データの書き込みです。PowerPC 405 内蔵の Virtex の旧世代デバイスのアーキテクチャでは、これらのプロセッサ バスは FPGA ファブリックに接続されていました。この回路のタイミング クロージャ要件は、デザインによりバスに加えられる負荷の数と種類により変化します。

PowerPC 440 内蔵の Virtex-5 FXT FPGA では、これらのバスはハード化されて新しい構造に直接接続されています。この構造は、統合された 5 X 2 クロスバー スイッチで、一般的にはクロスバーと呼ばれています。このハード化されたインターコネクタは、Virtex-5 FXT デバイスのエンベデッド プロセッサ ブロックにおいてアーキテクチャが強化されている他の部分と接続された際に、FPGA のロジック リソースを使わずに固定されたタイミングで、かなりの高性能を実現します。この結果、システムの全体コストが低減され、より緊密に統合化されたプロセッサ システムが常の開発できます。

プロセッサ バスは、5 X 2 クロスバー上の 5 つの「クロスバー マスタ」ポートのうち

図1 - クロスバー



3 つのみを使用します (図 1 参照)。クロスバーには 2 つのマスタ ポートが残っていますが、それは、実際のアプリケーションでは、メモリやペリフェラルへのアクセスはプロセッサ以外も必要になることが多いためです。これらの「クロスバー マスタ」ポートは、プロセッサ ローカル バス (PLB) スレーブ インターフェイスと 2 チャンネルのスクーター/ギャザー ダイレクト メモリ アクセス (DMA) で構成されています。

クロスバーの「スレーブ」側は 2 つのポートで構成されています。1 つのポートは専用のメモリ コントローラ インターフェイスで、ソフト メモリ コントローラに対して高スループットの一般的なインターフェイスを提供します。

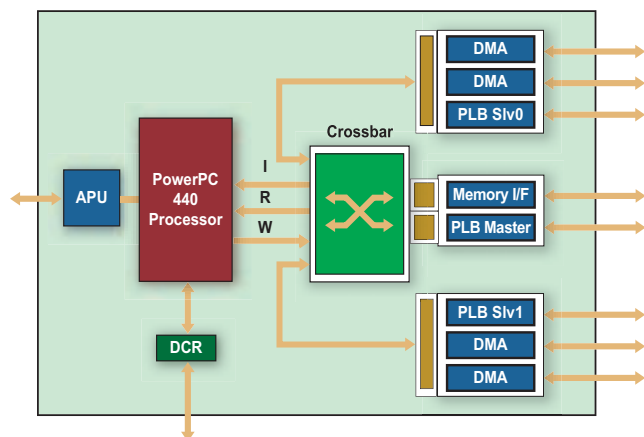
より高性能なプロセッサ

エンベデッド プロセッサ ブロックにこれらの機能をすべて追加したとしても、それを利用する強力なプロセッサがなければ、さほど効果は期待できません。Virtex-5 FXT FPGA は、FPGA に PowerPC 440 クラスのプロセッサを内蔵した最初のデバイスです。

PowerPC 440 は、PowerPC 405 (Virtex ファミリの旧世代デバイスに内蔵) に比較すると、いくつかの分野で大幅な性能改善が行われています。

まず、PowerPC 440 を最速スピードグレードの FPGA 内で使用すると、550 MHz でクロッキングができます。PowerPC 405 の最高スピードは 450MHz ですが、これはほぼ 20% の性能改善に相当します。加えて、I (命令) とD

図2 - PowerPC 440 エンベデッド プロセッサ ブロック



(データ)のキャッシュサイズが2倍になっており、命令のパイプラインが5ステージから7ステージに増え、さらに実行ユニットは順不同の2つの命令をパラレルに実行できます。

その結果、今日のエンベデッドプロセッサが抱える多くの課題に対応できる十分な性能のプロセッサが作成できます。

表1は、PowerPC 405からPowerPC 440への移行に伴う利点を示します。

図2は、PowerPC 440のエンベデッドブロックを示します。

高スループットスイッチマトリックス

5×2クロスバーは、ただ大きいだけではありません。5つのクロスバーマスタから2つのクロスバースレーブへの非ブロッキングパイプラインアクセスが可能です(図1参照)。クロスバー上の異なるエージェント間で、平行転送が同時に行えます。

図に示すように、クロスバーに向かうバスを「クロスバーマスタ」と呼び、クロスバーから出てくるバスを「クロスバースレーブ」と呼びます。これらのインターフェイスは高度にパイプライン化されているため、多数の処理を同時に進行させることができます。

実際には、最大で4つの同時処理が可能です。各クロスバースレーブ(メモリコントローラとPLBマスタ)に2つずつ処理できます。さらに、各クロスバーマスタ(3つのプロセッサPLBインターフェイスと2

つのPLBスレーブインターフェイス)は、同一のスレーブに対して、4つの読み出し処理と4つの書き込み処理をパイプライン化できます。

クロスバーのこの他重要な機能として、メモリマッピングが高度にプログラマブルできます。全体のシステムが、4GBのメモリ空間を利用できると仮定します。メモリコントローラインターフェイスとPLBマスタの両方は、いずれのクロスバーマスタのメモリ空間にも異なるメモリウィンドウをマッピングできます。これらのメモリ空間は、実行時のプロセッサでFPGAのビッ

トストリームを介してプログラムするか、あるいはFPGAの外外部ロジックでデバイスコントローラレジスタ(DCR)バスと呼ばれるクロスバーのサイドバンドバスを使ってプログラムします。

統合PLBインターフェイス

前述のとおり、クロスバーに接続されている多くのバスは、プロセッサローカルバスで、PLBとも呼ばれます。

PLBは、IBM社によって定義された標準CoreConnectバスの一つです。PLBの早期バージョン(バージョン3.4)は、Virtex-II ProとVirtex-4 FX FPGA内蔵PowerPC 405の標準バスの1つとして使われていましたが、新しいPowerPC 440エンベデッドプロセッサブロックでも使用されています。

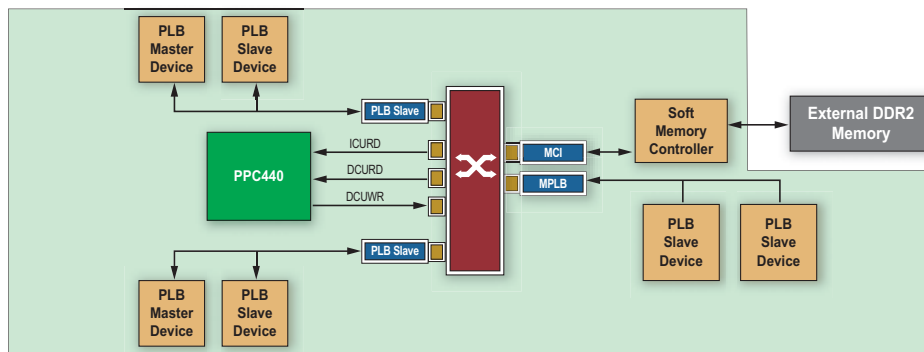
PowerPC 440エンベデッドプロセッサブロックでは、PLBはプロセッサの内部キャッシュをクロスポイントの入力側に接続します。接続するバスは次のとおりです。

- ・ICURD: 命令キャッシュユニット読み出し
- ・DCURD: データキャッシュユニット読み出し

表1 - PowerPC 内蔵 Virtex のプロセッサ機能比較

	PPC405 (Virtex-4 FX FPGA)	PPC440 (Virtex-5 FXT FPGA)	PowerPC 440 の利点
アーキテクチャ	32ビット命令、 32ビットアドレス、 64ビットデータ	32ビット命令、 36ビットアドレス、 128ビットデータ、 Book E 準拠	より多い物理メモリ にアクセス、 より高速なデータ移動
パイプライン	シングル命令/サイクル、 5ステージパイプライン、 順序通り実行	2命令/サイクル 7ステージパイプライン、 順不同で実行	より効率的な 命令実行
キャッシュ - I/D	16K/16K、2-way セット アソシエーティブ 非ロック	32K/32K、64-way セットアソシエーティブ、 ロック	メモリアクセスの 待ち時間が短い
MMU	ページサイズ: 1KB~16MB	ページサイズ: 1KB~256MB	ページ交換が少なくて済む
DMPS 評価	700 DMIPS 以上	1000 DMIPS 以上	より良いベンチマーク による高性能化

図3 - PLB マスタとスレーブ



・DCUWR: データ キャッシュ ユニット書き込み

Virtex-5 FXT デバイスで使用されている PLB はバージョン 4.6 (PLB46) です。PLB46 のバス アーキテクチャは、従来なかった高性能な新しい機能を備えています。事実、PLB34 は 64 ビットで、PLB46 は 128 ビットであるためこれは明白です。バスに接続された IP コアのビット数がそれより少ない場合でも心配することはありません。バスは、32 ビット処理と 64 ビット処理を適応させるのに必要なバス サイズの分割をダイナミックに実行します。

ただし、PLB46 バージョンは IBM 社が定義した PLB46 を、ザイリンクスがインプリメントする際、FPGA リソースをできるだけ利用できるように最適化されているということに注意する必要があります。

PLB46 は、実際には PLB のすべてのバージョンで、マスタとスレーブの概念を持っています。これをクロスバー マスタおよびクロスバー スレーブと混同しないよう注意が必要です (図 1 を参照)。前述のとおり、クロスバーには 2 つの PLB スレーブポート インターフェイスがありますが、これはクロスバー マスタです。これらのスレーブポートは FPGA ファブリックに接続されます。

プロセッサ システムでは、多くの場合、プロセッサが外部メモリやオンチップ パリフェラルにアクセスする以外に別のものを許可する必要があります。PLB スレーブインターフェイスは、それらを許可する役割を担います。FPGA ロジックで構築されて、PLB スレーブポートに接続されている

PLB マスタ (図 3 参照) は、クロスバーを介して MCI か MPLB のいずれかにアクセスできます。

同様に、PLB マスタ (クロスバー スレーブの一つ) の機能には、PLB を I/O デバイスとソフト パリフェラルに接続する機能が必要になります。PLB マスタはクロスバー スレーブですから、クロスバー マスタポートに接続されるものすべてにアクセスすることになります。

各 PLB スレーブ バスに接続された PLB マスタは、4 つを超えて存在できないことに注意してください。4 つ以上のマスタを必要とするシステムは稀ですが、その場合は、エンベデッド開発キット (EDK) により提供されている PLB/PLB ブリッジ IP コアを常に使用できます。(http://japan.xilinx.com/support/documentation/ipembed/process_coreconnect_plbbusstruct.htm を参照してください)。

図 3 は簡略化したシステム ダイアグラムで、PLB パリフェラルをクロスバー マスタポートとクロスバー スレーブポートへ接続する方法を示します。1 つの PLB 上に複数のマスタがある場合には、バスに対する IP コアでアービトレーションを取り扱う必要があることに注意してください。個別のアービターは必要ありません。

最適化 DMA エンジン

その他に 4 つのクロスバー マスタがあります。それは 4 つの DMA チャンネルです。各 DMA チャンネルは、32 ビット送信インターフェイスと 32 ビット受信インターフェイスを個別に持っています。図 4 に示す

ように、それは PLB スレーブ インターフェイスとクロスバー アービトレーションを共有します。

DMA ポートはすべて同時に動作できます。各 DMA ポートは専用の FIFO を持っているため、一つの DMA がデータを累積している間に、他の DMA がクロスバーを介してデータを送り込むことができます。各 DMA チャンネルは、プロセッサ クロックとは非同期で動作します。

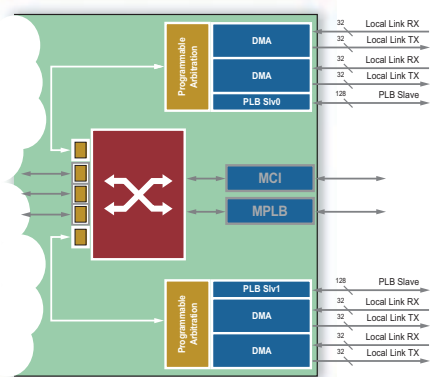
DMA チャンネルへのインターフェイスは、LocalLink と呼ばれるインターフェイスを介して行われます。ザイリンクスは、多くの IP コアブロックに LocalLink を使用しています。LocalLink は、ポイントツーポイントのインターフェイスで、外部デバイスにパケットを送信したり、外部デバイスからパケットを受信したりします。

LocalLink インターフェイスを使用している最も注目すべきプロセッサ IP コアは、ハード エンベデッド トライモード Ethernet メディア アクセス コントローラ (TEMAC) ブロックです。TEMAC はラッパを持っているため、PowerPC 440 DMA と直接通信できます。

クロスバーを通るすべてのデータ パスは 128 ビットで、DMA チャンネルから来る LocalLink インターフェイスと DMA チャンネルへ向かう LocalLink インターフェイスはすべて 32 ビットです。すなわち、DMA コントローラとクロスバーの間には、データを再調整する内蔵ロジックが存在します。

PowerPC 440 エンベデッド ブロック

図4 - PLB スレーブ バスと DMA チャンネルはクロスバー アービトレーションを共有



はスループットと性能を最大化するため、スキャター／ギャザー DMA を採用しています。ザイリンクスはこの機能の使用をできる限り容易化するため、各種 IP コアと IP コアが提供するエンベデッドブロックに対してラッパを提供しています。

PowerPC 440 を特定して向かう第 1 のターゲットは、エンベデッド TEMAC ブロック用ソフトラッパです。このラッパを、PowerPC 440 エンベデッドブロック内の DMA エンジンの機能と組み合わせて使用すると、PowerPC 440 DMA チャンネルに直接接続された高性能 TEMAC で処理システムを容易に構築できます。図 5 は、DMA と PLB の両ペリフェラルがクロスバーマスタとクロスバースレーブの各ポートに接続される方法を示します。

DMA チャンネルはデスクリプタで制御され、メモリの小さなブロックは DMA 動作を開始する前に PowerPC 440 プロセッサによってセットアップされます。デスクリプタは、転送するデータの量とシステムメモリ内でのそのデータの配置先を制御します。

必要に応じて、複数のデスクリプタを一緒につなぎ合わせることが可能です。これによって、DMA チャンネルを制御するコマンドシーケンスを効率的に生成できます。DMA コントローラの詳細は、「Embedded Processor Block in Virtex-5 FPGA (英語

版)」(http://japan.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug200pdf) をご覧ください。

高性能専用メモリ インターフェイス

新しいプロセッサブロックの紹介の最後に、専用のメモリコントローラインターフェイスを示します。このインターフェイスは、外部メモリに対して専用リンクを提供することを目的としていますが、ある特定メーカーのメモリ接続のみに限定されてはいません。

現時点で、このメモリコントローラインターフェイスは、スタンドアローンの DDR2 コントローラと MPMC4 コントローラをサポートしていますが、それらはすべて Xilinx Platform Studio および EDK 10.1 を介して利用できます。このインターフェイスには高い柔軟性があるため、今後もほぼすべてのメーカーで製造されたメモリに接続できます。

このメモリコントローラインターフェイスは合理化されており、アドレス／データ／制御信号で構成されています。128 ビット、64 ビット、32 ビット、16 ビットのメモリでもサポートできるようにプログラムが可能です。ビット幅とバーストの再編成を行うため、DMA が 1 つのサイズの

パケットをバースト転送している際、メモリコントローラはメモリへのバンド幅が最大になるようにパケットデータをバッファリングして再編成します。バーストサイズは 1、2、4、あるいは 8 のいずれかににプログラム可能で、メモリコントローラインターフェイスは、アドレスを自動的に調整して各種のバースト幅に対応します。

ソフトメモリコントローラのハンドシェーク用信号の多くは、メモリコントローラに代わってこのインターフェイスで生成されます。これらの信号は前もって提供され、ソフトメモリコントローラがスロットル信号を生成してメモリインターフェイスに戻せるようにします。メモリコントローラインターフェイスは、ソフトメモリコントローラに代わって、前もってバンクと欠損行を検出するようにプログラムが可能で、検出した内容をソフトメモリコントローラに送信してバンクや欠損行を予想できるようにします。これらの機能をすべて一つにまとめると、メモリのスループットを最大化するソリューションが得られます。

システムのチューニング

ある状況下では、PLB や DMA インターフェイスが正確で正しいソリューションではない場合もあるでしょう。たとえば、実行に多くのサイクルが必要で、システムのバンド幅に影響を与えるソフトウェアアルゴリズムが存在したと仮定します。そのアルゴリズムはハードウェアでインプリメントする必要があり、そのハードウェアを接続するインターフェイスが、補助的処理ユニット、すなわち APU インターフェイスです。

PowerPC 440 には、プロセッサの実行ユニットに緊密に接続された第 2 世代の APU インターフェイスがあります。このインターフェイスは 16 個のユーザ定義命令 (UDI) で制御されます。APU インターフェイスのデータパスは 128 ビットです。

APU インターフェイスは、浮動小数点ユニット (FPU) に接続する目的でに使用するのが一般的でしょう。FPU は IEEE754 に準拠しており、PowerPC 440 に対するシングル精度と倍精度の両方をサポートして

図5 - PLB と DMA の両ペリフェラルを搭載したシステム例

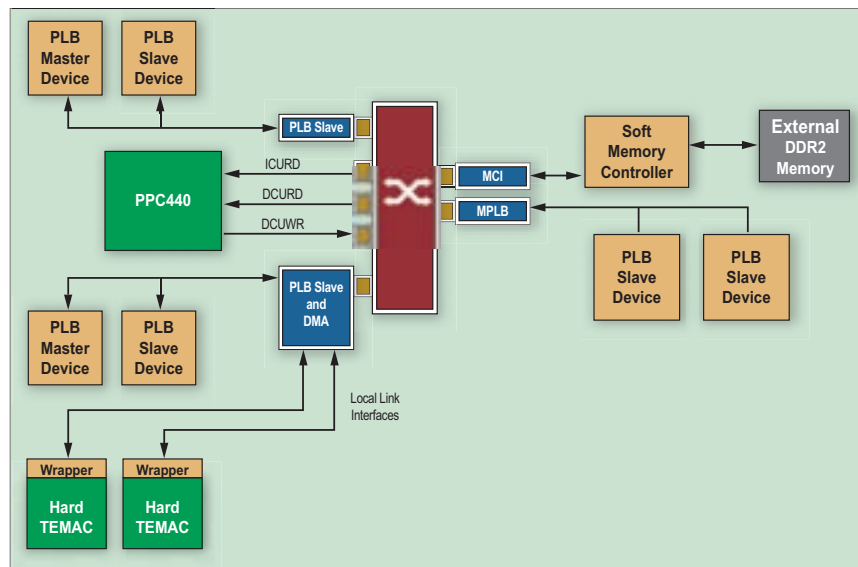
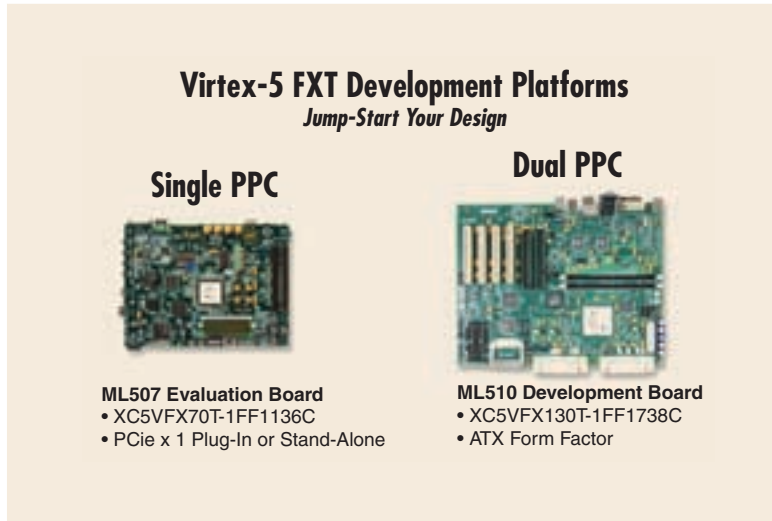


図6 - ザイリンクス ML507 評価ボードと ML510 開発ボード



います。

FPU は FPGA のソフト ロジック ファブリックにインプリメントできます。ソフト ロジックへのインプリメンテーションは、最大でハード エンベデッド プロセッサの半分の周波数で動作します。

APU インターフェイスの他の使用方法として、ハードウェア アルゴリズムの加速用とブロック RAM への高バンド幅リンクの代替が考えられます。

エンベデッド ブロックの コンフィギュレーション

PowerPC 440 ブロックを FPGA に集積する際、プロセッサ ブロックは複数の方法でコンフィギュレーションができます。ほぼすべてのインターフェイスはプログラマブルです。

たとえば、Xilinx Platform Studio 開発環境で処理システムを構築し、そのためのビット ストリームを生成するには、処理システムの仕様のすべてがそのビット ストリーム内に置かれます。このように、FPGA がスタートアップすると、プロセッサが起動して実行を開始します。

ここで、処理システムが起動して実行している間に DMA チャンネルの一つを変更したい場合を仮定します。それは、DCR インターフェイスを介して行うことができます。DMA 動作のすべての側面を制御する DCR

レジスタが存在するのです。

実際に、エンベデッド ブロックの他のサブシステムすべてへの DCR アクセスが存在します。サブシステムとしては、PLB やクロスバー、メモリ コントローラ インターフェイス、APU コントローラが挙げられます。詳細は図 2 を参照してください。

すべてを一緒にまとめる

この革新技術は、ザイリンクスがアーキテクチャ上の強化策のすべてを利用できる包括的なインフラを提供することで実現しています。PowerPC 440 ブロック内蔵の Virtex-5 FXT FPGA は、ザイリンクスの 8 年にもおよぶエンベデッド処理の経験に基づいてハード プロセッサを搭載した第 3 世代 FPGA へ引き継がれています。

ザイリンクスは、エンベデッド開発キット (EDK) にアップデートを加え改善を繰り返し、賞も受賞しています。EDK には、Platform Studio とハードウェア デザイン用の包括的な IP コア ライブラリが含まれています。また、Platform Studio SDK は、エンベデッド ソフトウェア エンジニアの多くに使いやすいソフトウェア開発環境を提供します。

ザイリンクスは、Virtex-5 FXT デバイスファミリの発表により、WindRiver Systems 社や VxWorks 社、Green Hills Integrity 社を代表とする業界最先端のオペ

レーティング システムをサポートするプロバイダとのサードパーティ アライアンス関係をさらに強化していきます。

Linux のサポートは、LinuxWorks 社や Monta Vista 社、Wind River Systems 社によって行われます。また、ザイリンクスはオープンソース Linux の重要性を認めており、それらへの対応も進める考えです。

ザイリンクスとパートナー企業は、多種多様のボードも共同開発しています。Virtex-5 FXT デバイス向けにも複数のボードが開発されています。図 6 に示すように、XC5VFX70T を搭載した ML507、XC5VFX130T を搭載した ML510 です。ML507 評価プラットフォームは、ハードウェアとソフトウェア両方の迅速な開発を実現します。複数のプロセッサやマザーボードタイプのプラットフォームが必要な場合は、デュアル プロセッサ XC5VFX130T を搭載した ML510 が理想的です。

結 論

データのスループットを最適化した高性能処理ソリューションは、全世界のエンベデッド設計者が待ち望んでいるものです。これには、最新のワイヤレス ベース ステーションの中心でクリティカルなアルゴリズムを実行したり、ビデオ スイッチを介して高バンド幅データをスイッチングしたり、コプロセッサ アクセラレーションを使うガイドシステムのための先進信号処理を実行したり、あるいは複雑な制御とシステム管理タスクを扱ったりする場合などが挙げられます。

Virtex-5 FXT エンベデッド プロセッサ ブロックは、複数ポートの非ブロッキング統合プロセッサ インターコネクトや、高性能統合 DMA と共に、エンベデッド デザインの重要なエレメントに集中できるソリューションを提供します。

これらのエンベデッド機能は数多くの使い方が考えられます。Virtex-5 FXT FPGA エンベデッド処理ソリューションは、高性能で高スループットな SoC デザインに高度に統合されたプラットフォームを提供します。●●●



Decrease Processor Power Consumption Using a CPLD

CPLD でプロセッサの消費電力を低減する

CPLD によりシステム マイクロプロセッサへの演算荷重を低減させ、
プロセッサをより長くパワー セーブ モードにすることにより、
大幅な消費電力の削減を実現

Mark Ng

Applications Engineer

Xilinx, Inc.

mark.ng@xilinx.com

今日の携帯電子機器の設計にあたり最も重要なファクタの一つは、システム全体の消費電力を低減することです。機器ユーザーの期待にこたえるには、携帯デバイスの長いバッテリー寿命と高性能化が必要です。10mW 程度の消費電力でも、携帯システム デザインとメーカにとっては大きな意味を持ちます。

今日のデザイナーはシステム全体の消費電力を大幅に低減できるよう、次に示すデザイン手法を使用しています。

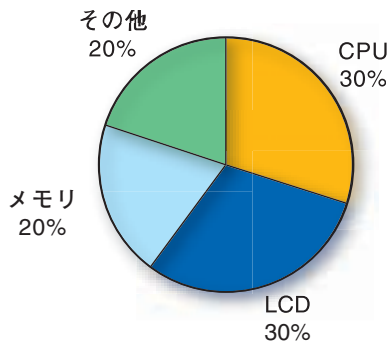
- ・動作電圧を下げる
- ・システムと CPU のクロック周波数を最適化する
- ・パワー アップ シーケンス時に、多くの電流を消費するスパイクを除去する
- ・システムのバッテリー動作を効率よく管理する
- ・システム デバイスの動作モードを効率よく管理する
- ・バスの動作を極力減らす
- ・バスの容量負荷を減らす
- ・スイッチング ノイズを減らす

これらは、アプリケーションにおける消費電力の低減を実現するためのデザイン手法のほんの一部です。

ここに示される最も重要な消費電力設計は、システム内デバイスの動作モードを管理する機能です。今日、多くのメーカは、デバイスをノーマル動作から一時停止させるパワー セーブ モード機能のデバイスを提供しています。これらのデバイスには、ある特定の時間デバイスがアクティブでないときは、パワー ダウンするか非動作状態に移行するオプションがあります。この機能は、今日のマイクロプロセッサやマイクロコントローラの多くで使用されています。これにより、基板上の電力を多く消費するデバイス、たとえばプロセッサの動作モードを管理することにより、システム全体の消費電力を大幅に低減することができます。

消費電力を低減するには、デバイスの動

図1 - Web Pad の消費電力



作モードを正しく管理することだけでなく、デバイスが動作できるモードをうまく利用してシステムをデザインする必要があります。マイクロプロセッサの演算負荷を低減すれば、プロセッサはより長い時間低消費電力状態に保持されます。システム電力を低減する一つの方法として、CPLD のような低消費電力プログラマブル ロジック デバイスを使い、これらの演算負荷を開放することが挙げられます。本稿では、この可能性について解説し、あわせてプロセッサが低消費電力状態に長く保持される動作の種類について述べます。

マイクロプロセッサの動作モード

ある携帯アプリケーションでは、システム消費電力全体の 30% を CPU が占めます。図 1 は、Web Pad アプリケーション上の各システム コンポーネントの典型的な消費電力を示します。

ノーマル動作時のマイクロプロセッサの消費電力は 720 μ W~1W です。マイクロプロセッサの動作モードはパーツごとに

異なり、メーカによっても違いはありますが、ノーマル、実行、スリープ、一時停止、スタンバイ、停止、アイドルなどが挙げられます。動作モードによって消費電力は異なり、モード間の差異は 230mW にもなります。ある低消費電力マイクロプロセッサのノーマル動作時の消費電力が 250mW と少ないものもあります。

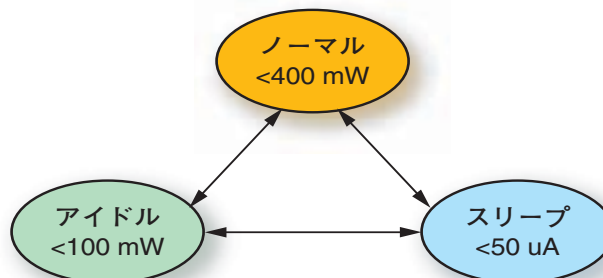
例

ここに掲げるマイクロプロセッサ リファレンスは、動作モードにより消費電力がどのように異なるかを例証しています。消費電力を決定する標準的な方法は存在せず、本稿に掲載したデータはメーカが提供しているものに基づいているため、参考にとどめてください。(詳しくは本稿後述の『参考』をご覧ください。)

マイクロプロセッサの動作モードでの消費電力の違いを、例で示します。図 2 は、インテル社製 StrongARM SA-1110 マイクロプロセッサの動作モードを示しています。図 2 に示した消費電力の数値は、公称外部電源電圧 3.3V、内部電源電圧 1.8V の条件下で 206MHz 動作時の数値です。

StrongARM プロセッサの動作モードには、ノーマル、アイドル、スリープがあります。ノーマル動作では、CPU はフル稼働状態で、デバイスにはフルに電力が供給され、アクティブ クロックを受信している状態です。アイドル モードでは、CPU と他のコンポーネントに電力は供給されていますが、CPU へのすべてのクロックは停止され、ペリフェラル デバイスへのクロックだけがアクティブになっています。スリ

図2 - インテル社製 StrongARM SA-1110 の消費電力



ープモードでは、CPU と他のペリフェラルコンポーネントへの電力はすべてデバイス内で遮断されています。スリープモードでは、リアルタイムクロックや割り込みコントローラ、パワーマネージャ、汎用 I/O を除くすべてのファンクションは無効にされています。

動作モードの制御

パワーセーブモードのあるマイクロプロセッサは、オンボードの電源管理コントローラを備えています。動作モードを利用すれば、オペレーティングシステムやソフトウェアアプリケーションが CPU を一時停止させることが可能です。マイクロプロセッサは、一連の命令を実行した後にパワーセーブ状態に入ります。パワーダウンモードに入っても、マイクロプロセッサのコンポーネントの一部にはシステムの割り込みに応答できます。

たとえば、StrongARM SA-1110 プロセッサのアイドルモードではかなりの電力が低減されますが、LCD やメモリ、I/O コントローラのようなモジュールには電力が供給された状態になっています。CPU に対するクロックが停止されていても、ペリフェラルモジュールはまだアクティブになっています。アイドルモードでもかなりの

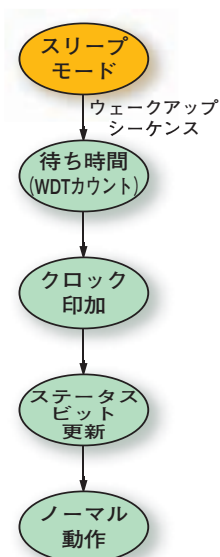
電力を消費し、100mW のオーダーです。プロセッサをスリープモードにすると、割り込みとウェイクアップ信号要求に応答するモジュールだけに電源が供給されてアクティブになります。スリープモードで消費される電力はアイドルモードのときよりずっと少なく、消費電流は100 μ A[m1] 以下となります。

プロセッサがパワーダウンモードからノーマル動作に戻ると、イベントが1つ発生します。次に挙げるイベントがプロセッサをウェイクアップしますが、それはプロセッサのメーカや型番、および現在の動作モードによって異なります。

- ・ハードウェアリセット
- ・システム割り込み
- ・汎用 I/O 割り込み
- ・リアルタイムクロック割り込み
- ・OS タイマ割り込み
- ・ペリフェラル割り込み
- ・外部ウェイクアップ信号

ウェイクアップイベントがイネーブルされたことを認識したら、マイクロプロセッサはパワーダウン状態からウェイクアップするための一連のステップを開始します。図3は、プロセッサがパワーダウンモードからウェイクアップするときの一般的なフローを示します。

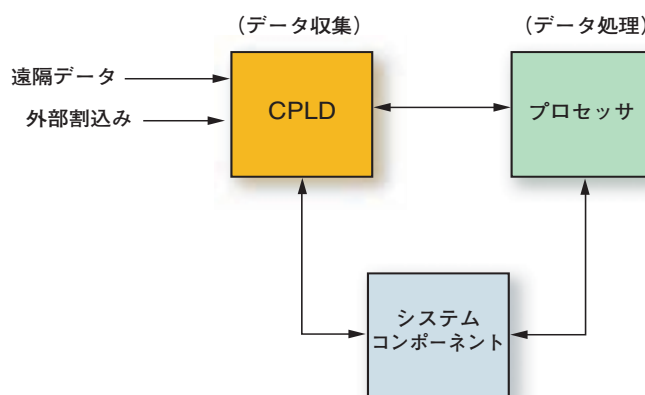
図3 - ウェイクアップシーケンス



CPLDデザイン

マイクロプロセッサが特定の時間アイドル状態にあると、動作モードに入ります。

図4 - システムブロックダイアグラム



マイクロプロセッサが許可されている割り込みを受け取ると、プロセッサはその割り込み要求に応答します。プロセッサが割り込みに応答しているときは、実行モード、すなわちノーマルモードで動作します。プロセッサに対する割り込み数を減らすと、プロセッサがパワーセーブ状態におかれる時間が増えます。マイクロプロセッサに実行すべき命令がなければ、パワーセーブモードが永遠に保持されるというわけです。システムの割り込みに応答しこれを扱える外部デバイスを挿入すると、プロセッサに要求されている演算を減らすことができます。マイクロプロセッサをできるだけ長くパワーダウンモードに保持できれば、大幅な消費電力の削減が実現できます。

低消費電力のプログラマブルロジックデバイスを利用してマイクロプロセッサを補完すれば、システム電力を低減でき、バッテリーの長寿命化が可能です。業界最新のCPLD製品は、高性能と低消費電力の両方を同時に提供しています。典型的な低消費電力CPLDのスタンバイ電流は100 μ A以下です。図4は、受信したシステム割り込みにインターフェイスするリプログラマブルCPLDの使い方を示します。外部のデータ収集デバイスを利用してマイクロプロセッサに求められる割り込み要求を開放できれば、システム全体の電力は低減されず。

システム割り込み

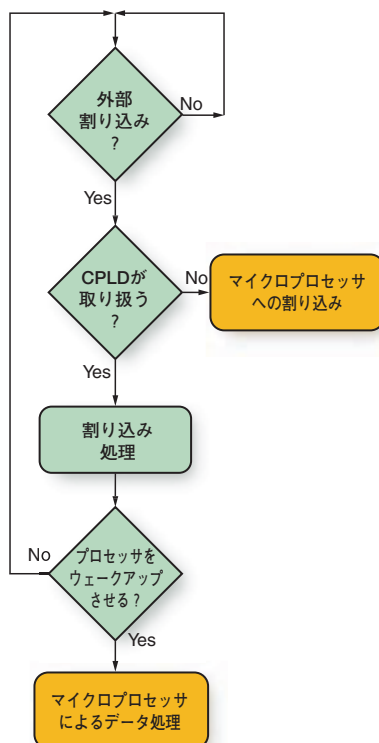
プロセッサの最終アプリケーションが何

かによりませんが、さまざまな外部デバイスがプロセッサに割り込みを送信します。割り込みには、データ収集要求とデータ処理要求の両方が含まれます。マイクロプロセッサに対するデータ処理割り込みを分離すれば、データ収集割り込みは外部 CPLD でサービスできることになります。CPLD を利用してデータ収集割り込みを取り扱えば、マイクロプロセッサに対する割り込み要求を開放することになり電力を低減できます。

データ収集割り込みが CPLD に対してあるかどうかの判断は、最終アプリケーションに依存します。しかし、ペリフェラルデバイスや受信データへの応答を要求する受信データは、データ収集割り込み要求に分類されます。データ収集割り込みには次のものがあります。

- ・メモリ アクセス割り込み
- ・PC や UART、SPI、ISA などの通信インターフェイス
- ・汎用 I/O 割り込み
- ・LCD インターフェイス割り込み

図5 - CPLD フロー ダイアグラム



これは、CPLD で処理できる割り込みのリストのすべてではありませんが、システム デザインのスタート ポイントを提供します。

動作フロー

図 5 は、CPLD デザインの主な動作フローを示します。CPLD が有効な外部割り込みを認識すると、割り込みを処理する必要があるかどうかを判断することになります。CPLD が割り込みを処理すると、プロセッサに対する割り込みをアサートすることができ、何らかのデータ処理要求が必要であることを伝えます。CPLD がこの割り込みを処理できない場合は、この割り込みはプロセッサに渡されます。CPLD はプロセッサの動作状態もモニタしています。

CPLDの機能

低消費電力 CPLD のデザインは、割り込みインターフェイスと割り込み要求を取り扱うコントローラや、割り込みを処理する機能、プロセッサ インターフェイスで構成されます。次に、下記に挙げる CPLD の主なファンクションを個々に解説します。

- ・システム デバイス用の割り込みインターフェイス
- ・割り込みコントローラ
- ・割り込み処理用ペリフェラル デバイスとのインターフェイス
- ・マイクロプロセッサ割り込みインターフェイス
- ・マイクロプロセッサ動作モード インターフェイス

割り込みインターフェイス

CPLD の割り込みインターフェイスは、以前はマイクロプロセッサにより認識されていたすべての外部デバイスの割り込み要求を受け取ります。割り込みインターフェイスは、CPLD がその割り込み要求を処理することが可能かどうかを判断します。CPLD は、データの受信とストレージ機能を要求するデータ収集割り込みを取り扱います。CPLD がこの割り込みを処理できな

いときは、この割り込みをマイクロプロセッサに渡します。

CPLD の割り込みインターフェイスは、すべての割り込みソースに対するマスキング機能と割り込みソースを判断する機能を提供しています。プログラマブル ロジックはトリガー モードを変更する柔軟性を提供し、このトリガー モードの変更には、ハイレベルまたはロー レベルの変更、立ち下がりエッジまたは立ち上がりエッジの変更が含まれます。CPLD の割り込み制御レジスタは、マイクロプロセッサ内部のレジスタに類似しています。

割り込みコントローラ

CPLD の割り込みコントローラは、システム マイクロプロセッサ内の機能をエミュレートします。割り込みコントローラは、どのデバイスからデータ収集割り込みが受信されたのかを判断し、その割り込みの処理を開始します。CPLD は、CPLD が処理しなければマイクロプロセッサに送信されてしまうようなデータ収集の割り込み要求のみを処理します。

割り込みコントローラは要求の処理に必要な操作を開始します。この例として、CPLD が遠隔デバイスからデータを受信するアプリケーションが挙げられます。デバイスはこれから送るデータをメモリに書き込むように要求します。CPLD の割り込みコントローラは、有効な割り込みを認識し、メモリ インターフェイスを起動してデータを読み取ります。

ペリフェラル デバイスインターフェイス

CPLD は割り込み要求を処理するシステム デバイスへのインターフェイスを提供しています。必要とされるデバイス インターフェイスは、最終アプリケーションによって決定されます。外部デバイスが CPLD に割り込みをかけて、メモリ コンポーネントにデータを読み書きする場合、CPLD デザインにはその特定メモリへのインターフェイスが必要になります。必要とされるインターフェイスの種類は、メモリ インターフェイスから LCD インターフェイスまでに

及び、またその範囲は PCI、UART、SPI、および ISA などの通信インターフェイスまでを含みます。

マイクロプロセッサ割り込み インターフェイス

CPLD は、プロセッサのサービスを要求する外部デバイスと同様に、マイクロプロセッサに割り込みを掛ける機能を持っています。データ収集動作が完了すると、CPLD はマイクロプロセッサに割り込みをかける必要があります。デザインは、CPLD からの割り込み要求にプライオリティ レベルを設定することが可能です。また、CPLD からの割り込みを受信した際にプロセッサをパワー ダウン状態からウェークアップめさ

せるかどうかを選択することも可能です。

マイクロプロセッサ動作モード インターフェイス

システム マイクロプロセッサによって、CPLD がプロセッサの動作状態を認識できる場合があります。あるマイクロプロセッサは、現在の動作モードを示す外部ピンを提供しているものもあります。また、CPLD とマイクロプロセッサのデザインによっては、CPLD がプロセッサの現在の動作状態を認識し、プロセッサに対して待機割り込みの実行を希望する内容の割り込みをアサートするかどうかを判断することができます。たとえば、CPLD がプライオリティの低い割り込みを受信しても、プロセッサを低消費電力状態からウェークアップさせる必要がないと判断した場合、CPLD はペンディング割り込みを表示するレジスタを生成することができます。その後、プロセッサがウェークアップした際、割り込みペンディング レジスタはマイクロプロセッサによって読み出されて処理されることになります。

利 点

図 6 と 7 は、最先端の低消費電力

図6 - スタンドアローン プロセッサの消費電力

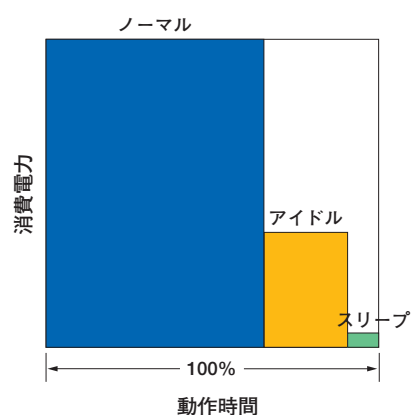
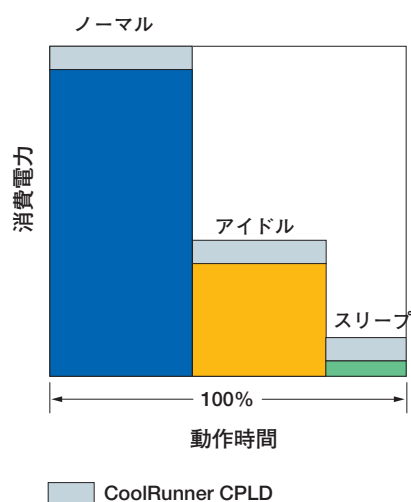


図7 - プロセッサとCoolRunner-II CPLDの消費電力



参考文献

インテル社『Intel StrongARM SA-1110 Microprocessor Developer's Manual』(2000 年 6 月)

モトローラ セミコンダクタ社 アプリケーション ノート『DragonBall Power Management』(1998 年)

ナショナル セミコンダクタ社『Geode GX1 Processor Series Low Power Integrated x86 Solution』(2000 年 10 月)

Turley Jim 著『Microprocessors for Consumer Electronics, PDAs, and Communications』

『Microprocessor Report』(1999 年 9 月)

『EDN Access. 27th Annual Microprocessor/Controller Report』(2000 年 9 月)

CPLD を使用した典型的なバッテリー駆動デバイスで実現できる低消費電力 (図 7) に対して、スタンドアローン マイクロプロセッサのデザインによる消費電力 (図 6) を示します。CPLD に必要な電力は、マイクロプロセッサを長時間低消費電力モードに保持した際に得られる電力低減と比較すると、ごく僅かなものです。典型的な低消費電力 CPLD のスタンバイ電流は 100 μ A です。動作時の消費電力はアプリケーションとクロック周波数に依存します。16 ビットカウンタがいっぱいに配置された 64 マクロセルの CPLD を 50MHz のクロックで動作させると、ICC は約 10mA となります。実際に実現できる消費電力の量は、マイクロプロセッサの種類と CPLD のデザインを含むシステム全体のデザインに依存します。

CPLD を使うと電力が低減されるだけでなく、割り込み応答時間も短縮されます。ペリフェラル デバイスは、マイクロプロセッサがパワー セーブ状態からウェークアップするための時間を待つ必要はありません。この他電力を低減できる例を次に示します。

- ・プロセッサへの割り込み数を減らす
- ・長時間にわたりプロセッサのウェークアップ サイクル数を減らす
- ・スループットに影響を与えない範囲でクロック周波数を下げる
- ・データ処理動作ではプロセッサを低い周波数で動作させる
- ・データ収集動作では CPLD を高い周波数で動作させる

結 論

消費電力が問題となるアプリケーションをデザインする際は、電力管理用ソフトウェアの使用に加え、ハードウェアのデザイン手法も利用する必要があります。マイクロプロセッサを長時間低消費電力動作状態に保持できるよう低消費電力 CPLD でデザインすれば、システム消費電力の大幅な削減につながります。今日の市場で入手可能な最新 CPLD では、最終アプリケーションに対して、低消費電力と高速処理の柔軟な組み合わせが選択できます。

Supporting Multiple SD Devices with CPLDs

CPLD で複数の SD デバイスをサポート

CPLD を使用して SD マルチプレクサを生成



Mark Ng
Staff Applications Engineer, CPLD Applications
Engineering Xilinx, Inc.
mark.ng@xilinx.com

単一システムに複数の Secure Digital (SD) デバイスを追加したいという要望がますます高まっています。しかし、Intel 社製 PXA270 や、TI 社製 OMAP、あるいは Qualcomm 社製 MSM プロセッサなどほとんどのデバイス/プロセッサは、1 個の SD インターフェイスしか提供していません。CPLD として知られている Complex Programmable Logic Device を使用すると、ホスト デバイスが SD デバイスをいくつでもサポートできるようになります。本稿では、スケーラブルで双方向

自動検出機能付きマルチプレクサ ベース デザインの詳細を説明します。

図 1 は、本来 1 個の SD インターフェイスしか持たないホスト デバイスに対して、複数の SD ポートを組み入れることができる CPLD 使用モデルを示します。CPLD は、ホスト コントローラと SD デバイスの間に配置されます。CPLD は双方向性のマルチプレクシングの機能を果たし、ホストが選択した任意の SD デバイスと通信を行えるようになります。もっと重要なこととして、このデザインには方向を制御するピンがありません。これは CPLD がデータの流れる方向を自動的に検出することを意味しています。

このインプリメンテーションは柔軟性に富みスケーラブルなため、SD ポート数を希望に応じて増減することもできます。また、定義された SD カードのモードや SPI、1 ビット、あるいは 4 ビットの各データモードのいずれかをサポートします。

この種のアプリケーションに CPLD を使用する主な目的は、ホスト コントローラに SD ポートを追加することですが、二次的な利点として、ホストと SD カード間での電圧レベルの変換とロジックの分離が行えます。図 1 は、ホストが 1.8V で SD デバイスが 3.3V の場合を示します。業界の最新 CPLD では、スタンバイ電流は無視できるほど少なく、また動作時も超低消費電力を保ちます。従って、システムの電力にそれほどの影響を与えることはありません。

SDA 仕様に準拠

SDA (Secure Digital Association) の仕様では、1 本の SD バスがサポートできるのは SD デバイス 1 個です。クロックピンは共有できますが、DAT[3:0] と CMD ラインはすべての SD デバイスにユニーク

図1 - CoolRunner-II CPLD を使用して追加の SD ポートを提供

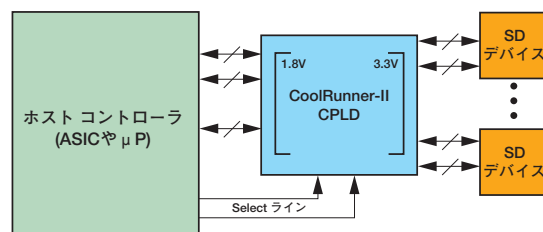
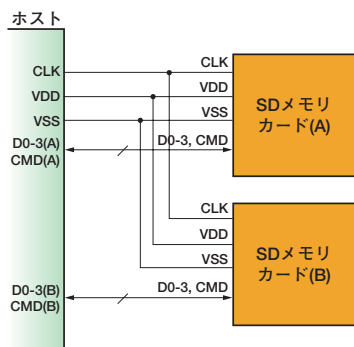


図2 - SD システム バスのトポロジ



なものでなければなりません。詳しくは図2をご覧ください。

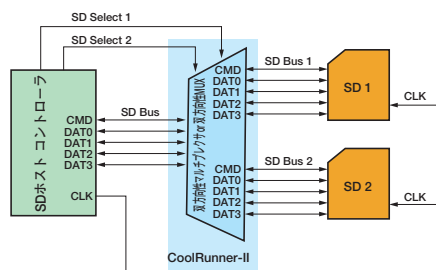
図2のリファレンス デザインは SDA 仕様に完全に準拠しています。次のセクションで、シングル バスのコントローラで複数の SD デバイスをサポートしている場合、どのようにして前述の要件を満たすかを説明します。

CPLD デザイン

2つのSDデバイスが同じSDホストインターフェイスを共有するこのデザインの、典型的な使用例を示すブロック ダイアグラムを図3に示します。概念的には、このデザインは双方向性マルチプレクサの形態を有し、そのようなものとして使用されます。ホスト デバイスは Select 信号で CPLD を制御しますが、そこでどの SD と通信するかを伝達します。SD デバイスが選択されると、CPLD 内のロジックは自動的にデータの方向を検出し、それによって（ホストからSDカードへ、あるいはSDカードからホストへのいずれか）データが流れるようにします。このデザインでは、方向制御ピンは必要がないため使い易くなっています。

ホストは各 SD デバイ스에個別にアクセスできるため、マルチプレクサが適切に切り替えることにより他の SD の状態に影響を与えることはありません。CPLD は、ホストや SD がデータを駆動していないときは、システムをデフォルトの弱いプルアップしたハイ インピーダンス状態にします。この回路の主な目的はホストに追加の SD 機能を提供することですが、この回路は電圧レベル変換やロジックの分離にも使うこ

図3 - ブロック レベル ダイアグラム：双方向性マルチプレクサ



とができます。

インプリメンテーションの詳細

図4は、1:2 双方向性マルチプレクサ デザインの実際のロジック回路を示しますが、これは VHDL を用いて記述することができます。初期条件、すなわちアイドル状態では、ホストおよび SD カードは弱いプルアップのハイ インピーダンスである必要があります。したがって、図4の回路は CPLD の出力バッファが 3 ステートになるようデザインされており、それによって外部プルアップ抵抗が有効に動作します。レジスタ A (A_REG) およびレジスタ B (B_REG) は共に、パワーアップ時にロジック '0' に初期化されるようにデザインされています。

SD カードは CPLD への Select 入力を介して選択されます。Select がロジック '0' のときは SD1 が選択され、Select がロジック '1' のときは SD2 が選択されます。この回路の説明を簡易化するため、ホストを SD1 のみ選択して通信を行うものと仮定します。

このデザインの自動方向制御機能は次のようにしてインプリメントされます。処理は、ホストと SD1 デバイスの両方が Low のときに開始されます。たとえば、ホストが SD1 デバイスにデータを送信する場合、ホストは A 側を Low に駆動することから始めます。Low に駆動すると、回路のロジックが Low に変化するエッジを検出して B 出力バッファをイネーブルすることで応答しますが、A 出力バッファはディスエーブルのままに保ちます。厳密には、A が Low に駆動されたときに、立ち上がりエッジが A_REG のクロック入力に送信されます。ク

ロッキングの後、A_REG の Q 出力はロジック '1' になるため、B_REG はクロックを受け取ることができなくなります。A_REG がクロッキングされてトリガされると同時に、A が Low になったときにゲート B1 はロジック '1' を出力します。これが B 出力バッファをイネーブルし、最終的に、A に続いて B も Low に駆動されます。

逆に、それが Low から High に駆動されると、ゲート B1 は Low を出力して B 出力バッファを 3 ステートにします。これにより、B は外部プルアップ抵抗によって High に強制されます。A 側と B 側の両方が High になると、A_REG と B_REG は '0' にリセットされます。このプロセスが無限に繰り返されます。SD1 がデータを駆動してホストに送ろうと試みると、逆のことが起こります。また、ホストが SD2 デバイスとの通信を望む場合は、回路への Select 入力がロジック '1' に設定され、イベントのシーケンスは上記と類似のものとなります。

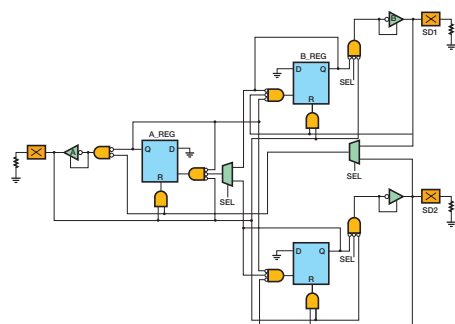
デザインの検証

シミュレーションの結果

この回路の機能シミュレーションとタイミング シミュレーションを、ModelSim を使って実行しました。テスト用のスティミュラスはリファレンス デザインに含まれています。図5にシミュレーションの結果の一部を示します。

図5では、Select 入力は Low に保持されています。白の破線は Week 1 状態、す

図4 - 2つのDSデバイス用のSDマルチプレクサ回路



なわちブルアップ状態を意味しています。最初の処理で、ホストはデータを駆動して SD1 へ送ろうと試み、SD1 もそれに従います。その直後に、SD1 デバイスがデータを駆動してホストへ送ろうと試み、ホストはそれに従います。Select 入力を Low に駆動すると類似のイベントが起こります。ホストはデータを駆動して SD2 デバイスへ送り、それから SD2 デバイスがデータを駆動してホストへ送ります。

ハードウェアの結果

ザイリンクスは SD マルチプレクサのデモ ボードを作成し、このボードを使ってこの双方向性マルチプレクシング デザインを検証しました。図 6 にそのデモ ボードを示します。このボードの中心に CoolRunner™-II XC2C32A CPLD が実装されています。2 個の SD カード ソケットがボードの上部エッジに沿って配置されています。ボードの最も下の部分は、SD カードの物理的寸法を模倣するようにデザインされています。図 7 は、デモボードを USB SD カード リーダに差し込んだ様子を示します。期待通り、XC2C32A によって PC は第 1 と第 2 の SD カードと完璧に通信することができました。

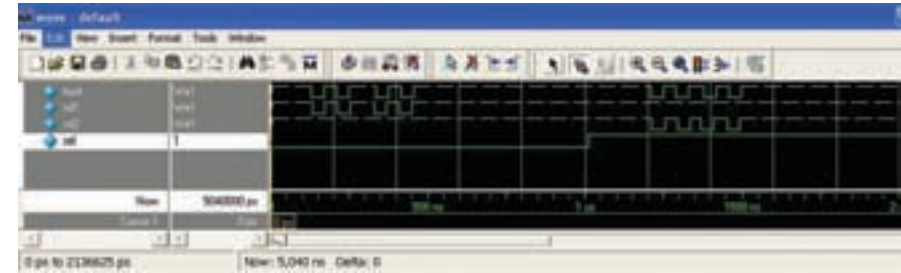
デバイスの利用率

表 1 は、各種のインプリメンテーションに対するデバイスの利用率を示します。SDA 仕様のところで述べたように、SD カード用に 3 つの信号モードが定義されています。それは、SPI モード、1 ビット SD データ転送モード、および 4 ビット SD データ転送モードです。このデザインは、どのモードにも容易に適合することができます。このデザインでは、SD 拡張ポートをいくつでも対応できますが、デフォルトの VHDL コードでは 2 ポートに設定してあります。

電圧と電流の考察

SDA 仕様には、SD カードに対する厳密な電圧と電流の要件が含まれています。プログラマブル ロジック デバイスは、超低消

図5 - シミュレーションの結果



費電力で I/O バンキングのような機能を備えているため、このアプリケーションには理想的といえます。I/O は、1.5V や 1.8V、2.5V、3.3V にコンフィギュレーションできるため、どの SD デバイスにもインターフェイスできます。CPLD にも I/O バンクが備わっているため、プロセッサと SD カードの間で電圧変換機能を果たすことができます。

最新の CPLD はそもそもが非常に低消費電力で、スタンバイ動作の消費電流では 15 μ A と小さくなっています。そのため、低消費電力 CPLD をシステムに追加しても、消費電流への影響は最小限に抑えられます。

VHDL ダウンロード

これらのデザインは、VHDL ファイルをザイリンクスの Web サイトより入手してコンパイルおよびシミュレーションすることが可能です。詳細は http://japan.xilinx.com/products/silicon_solutions/cplds/resources/coolvhdlq.htm をご覧ください。

結 論

SD デバイスの人気が高まるにつれ、ホストコントローラでの 1 個以上の SD デバ

図6 - ザイリンクス SD マルチプレクサデモ ボード

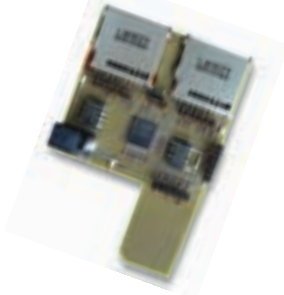


図7 - USB SD カード リーダに差し込んだザイリンクス デモ ボード



イスのサポートの必要性も増えることになるでしょう。この記事では、目前の問題に対する検証済みのソリューションを提供しています。このソリューションにより、1 個のシステム内に 2 個あるいはそれ以上の SD デバイスをインプリメントする柔軟性が提供されます。🌈

表1 - 各種のインプリメーションに対するデバイスの利用率

SD 拡張ポートの数	デバイス	マクロセルの利用率 (SPI あるいは 1 ビット データ モード)	マクロセルの利用率 (4 ビット データ 転送 モード)
1	XC2C32A	13 マクロセル数	19 マクロセル数
2	XC2C32A	21 マクロセル数	30 マクロセル数
3	XC2C64A	27 マクロセル数	39 マクロセル数



A High-Speed Broadcast Video Connectivity Solution

高速ブロードキャスト ビデオ コネクティビティ ソリューション

ザイリンクス Spartan-3E と Spartan-3A FPGA、NS 社の Smart SERDES、およびザイリンクス プロトコル スタックにより、SD や HD、3G-SDI 向けマルチレート ブロードキャストの課題に費用対効果が高く柔軟性の高いアプローチを提供

Bob Feng
Spartan Applications Engineer
Xilinx, Inc.
bob.feng@xilinx.com

Mark Sauerwald
SDI Applications Engineer
National Semiconductor
mark.sauerwald@nsc.com

今日の高速ビデオ アプリケーションの設計者は、デジタル IP コアとアナログ物理インターフェイスの両方をデザインする際にかなりの困難に直面しています。デジタルおよびアナログ コンポーネントにはそれぞれ異なった要件が求められる場合があります。1 個の ASSP チップで両方をサポートするには、ソリューションの品質と費用対効果の点で妥協せざるを得ない場合があります。複数の標準規格に合わせるために、無駄な領域が少なく高い柔軟性を維持した、正確な IP コアと物理インター

フェイスのソリューションを探すのは非常に困難です。

ザイリンクスと National Semiconductor 社（以下 NS 社）が共同で開発した新しいチップ セットは、デジタル世界とアナログ世界のベストを組み合わせ、高度に統合化されたソリューションを提供しています。プロトコル スタックも含んでいるこのソリューションは、Spartan®-3E および Spartan-3A FPGA で実現されています。アナログの部分は、NS 社の SDI 製品ファミリで実現されており、信号品質に優れまたジッタも非常に少なくなっています。業務用のオーディオ/ビデオ/ブロードキャスト (AVB) システムの開発者は、これらソリューションを使用することで、フロントエンドのインターフェイス コネクティビティの設計に手をとれることなく、彼らが専門とするビデオコンテンツ処理の機能性や IP コアの開発に専念することができます。

SDI ビデオ標準

シリアル デジタル インターフェイスの SDI [SMPTE-259M] はブロードキャスト業界の標準で、圧縮されていない標準品位 (SD) ビデオ信号を 1 本の同軸ケーブルで送信するのに、今日広く使われています。SDI は、定義上、データ レート 270Mbps をサポートし、480i のスクリーン フォーマットを 60Hz でカバーします (480i60)。

高品位 (HD) SDI の HD-SDI [SMPTE-

表1 - FPGA デザインの周波数領域

	ソフトSERDES	ピクセル処理
SD-SDI	27 MHz	27 MHz
HD-SDI	148.5 MHz	74.25 MHz
3G-SDI	297 MHz	148.5 MHz

292M]、は最大ビット レート 1.485 Gbps を誇り、720p60 や 1080i60 の高品位フォーマットをサポートしています。

3 ギガビット SDI の 3G-SDI [SMPTE-424M] は、さらにシリアル デジタルのスループットを 2.97Gbps まで広げ、これは最も高いスクリーン解像度、1080p60 に対応しています。

NS 社の SDI

NS 社は、SDI アプリケーションと関連ビデオ クロック (タイミング) 用に物理層送信をサポートする製品ポートフォリオを提供しています。NS 社の Smart SERDES は、SDI シリアライザとデシリアライザの新しいファミリで、スピードグレード オプションとしては、270Mbps の SD SMPTE 259M、1.485Gbps の

HD SMPTE 292M、および 2.97Gbps の新しい 3Gbps 標準 (3G-SDI) SMPTE 424M をサポートしています (表 2)。

NS 社の LMH0340 と LMH0341 は業界最先端のアナログ性能として以下を提供しています。

- ・ HD と 3Gbps レートで典型的値 50ps の超低出力ジッタ (図 1)
- ・ 最小 0.6 UI の優れた入力ジッタトレランス (図 2)
- ・ シリアル クロック リファレンスとデータ リカバリに統合された高精度 PLL
- ・ LMH0340 トランスミッタ内の統合されたケーブル ドライバ
- ・ 統合されたシリアル リクロックド ループスルーとドライバ
- ・ 低消費電力
- ・ TX : 420mW
- ・ RX : 590mW
- ・ 外部 VCO やクロック クリーニングが不要

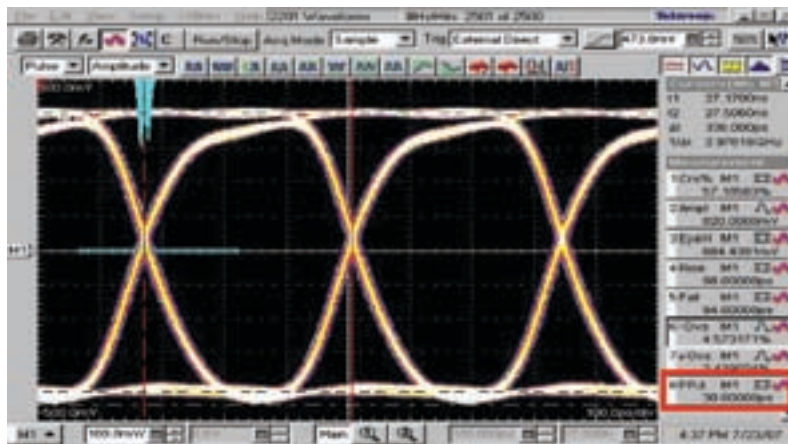
NS 社の Smart SERDES ファミリは、最先端のアナログ性能に加え、PHY (シリアライザあるいはデシリアライザ) とホスト FPGA 間の従来のパラレル バスを、20 ビット シングルエンド インターフェイスから 5 チャンネル低電圧差動信号 (LVDS) インターフェイスに減らしています。この革新的な狭い差動バスは EMI を低減しており、また、インターフェイス上のトレースの本数を削減し、ホスト FPGA での使用ピンを減らすことでボード レイアウトを簡素化しています。さらに、NS 社のディスクリートのシリアライザとデシリアライザは、外部 VCO やジッタ低減用 PLL を必要としません (図 3)。

NS 社およびザイリンクス Spartan が統合ソリューションにより、業務用のビデオ アプリケーション用の SD や HD、3Gbps データ レートをサポートするハイエンド AVB 市場において、低コストでの FPGA の導入を可能にしています。

ビデオ アプリケーションで使用される Spartan の機能

Spartan-3E と Spartan-3A FPGA フ

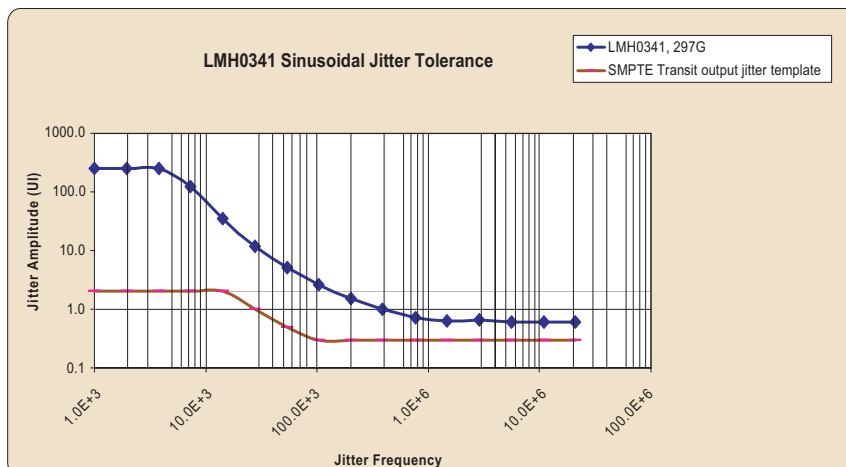
図1 - LMH0340 による 3Gbps 出力の整合ジッタ : 30ps



Equipment: Tektronix CSA8000 sampling scope with 20-GHz sampling heads.

Input Signal: PRBS 2¹⁵ -1
Data Rate: 2.97 Gbps

図2 - LMH0341 の最小入力ジッタ トランス : 0.6UI



Data Rate: 2.97 Gbps
Equipment: Agilent J-BERT



図3 - SDI 部品点数の削減

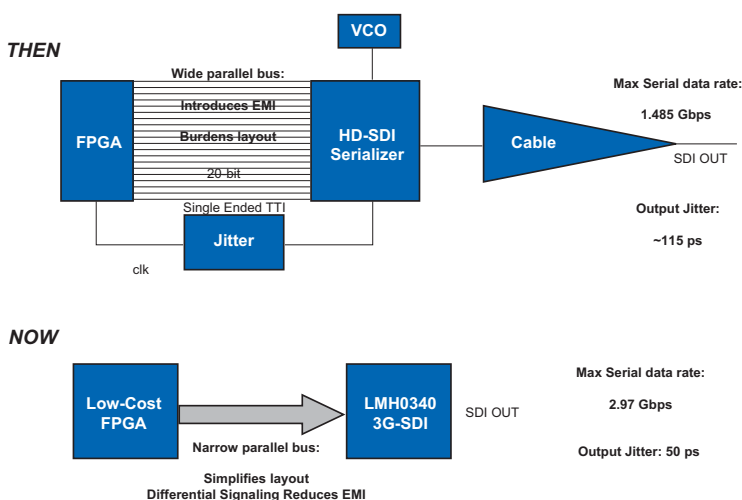
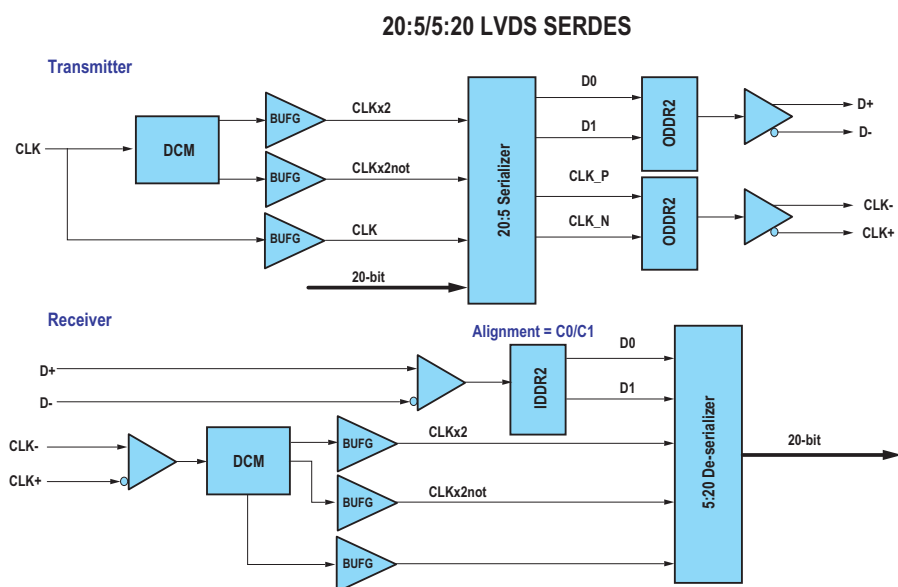


図4 - Spartan-3E FPGA 内の基本的なソフト SERDES の構成概念



ファミリは、高性能、高集積度（ロジックとI/O）、高い柔軟性、およびスケラビリティなどを提供しており、ビデオアプリケーションで求められるさまざまな要求に応えます。Spartan FPGA が提供するユニークで費用対効果の高い機能は次のとおりです。

- ・ システムゲート数 50,000～1,600,000
- ・ 動作スピード 666Mbps 以上で、チップ

ブ ツー チップ間の直接通信用レシーバ側の内部ターミネーションを持つLVDS 差動 I/O

- ・ 動作スピード 300MHz 以上で、実質バンド幅を 600Mbps 以上に増大するダブルデータレート (DDR) I/O レジスタ
- ・ 動作スピード 200MHz 以上で、FIFO とデータのバッファリングに使用可能な 18Kb デュアルポートブロック RAM

- ・ 高速デジタル信号処理用の動作スピードが 200MHz 以上の専用 18 X 18 の乗算器
- ・ デジタル クロック マネージャ (DCM)
- ・ クロックのスキュー除去
- ・ 周波数合成
- ・ 高分解能のフェーズ シフト機能
- ・ 広い周波数レンジ (5MHz～300MHz 以上)
- ・ フルにプログラミングが可能なため開発やフィールドでデザインの変更が容易、またシングル ソリューションで複数の標準をサポート
- ・ ソフトウェアと IP コアを使い、ビデオアプリケーションの重要な機能を迅速にインプリメント
- ・ デザイン例やリファレンス ボードを使って迅速なスタートが可能

FPGA を使用すれば、業界標準に準拠した製品開発ができ、また競合他社との差別化を図ることができます。このような差別化は、ASSP ソリューションでは実現が困難で、ASIC では非常に高額になります。プログラマブル ソリューションの柔軟性により製品の Time-to-Market が短縮され、また、フィールドでのアップデートが可能になるため、製品を市場に長くとどめることができます。送信スキームや MPEG プロフィール、ディスプレイ フォーマット、カラー訂正などのデザインには、標準（およびバージョン）が無数に存在するため、柔軟性が必要となります。

インターコネクトソフト SERDES とプロトコル スタック

NS 社の Smart SERDES やイコライザ、ケーブルドライバは SDI 物理インターフェイスを管理していますが、FPGA はプロトコル スタックですべてのデジタル ファンクションをサポートするという必要不可欠の役割を担っています。それには次のようなものが含まれます。

- ・ 20:5/5:20 LVDS ソフト シリアルライゼーションとデシリアルライゼーション (SERDES)
- ・ SMPTE ス克蘭プリング/デスクラ



ンプリング

- ・ビデオのフレーマー／デフレーマー
- ・CRC とライン番号挿入
- ・ラスタライゼーション
- ・ANC 挿入
- ・ビデオ標準の検出とフライホイール

FPGA のデザインは、表 1 に示すような「ソフトSERDES」と「ピクセル処理」で、実質的には 2 つの周波数領域に分けられます。ソフト SERDES で使用されるクロック周波数は DDR 手法を利用しているため、一般的にシリアルライゼーションビット レートの半分ですみます。一方、ピクセル処理のクロック周波数は、関連するビデオ送信フォーマットによって決定されます。すなわち、720p60 に対しては 74.24MHz、1080p60 に対しては 148.5MHz です。

タイミング クロージャの課題は、主にソフト SERDES 側に生じます。それは、差動チャンネル全体で 594Mbps を実現しようとした場合 297MHz の動作が必要になるためです。ザイリンクスの Spartan アプリケーション チームは、2007 年 5 月からβバージョンでこのソフト SERDES リファレンス デザインを提供してきました。以来ザイリンクスおよび NS 社は、広範なテストを実施してきました。3 つのデータ レートはすべて、ザイリンクスが開発した BERT テストスイートに合格しました。図 4 は基本的な SERDES の構成概念を示します。

ザイリンクスには、Virtex® ファミリー FPGA で SDI インターフェイスをサポートしてきた長い歴史があります。ザイリンクスのアプリケーション ガイド「放送業界用オーディオ／ビデオ接続ソリューション

(XAPP514)」は、ビデオ コネクティブ IP コアとリファレンス デザインに関するもので、プロトコル スタックに関する詳細を、SDI や HD-SDI、DVB-ASI、SDTV/HDTB テスト パターン生成から、エンベデッド オーディオにいたるまで、説明しています。ザイリンクスおよび NS 社は、これらの価値あるリファレンス デザインを Spartan-3E と Spartan-3A FPGA に移植しようと積極的に作業を進めています。

ターゲットアプリケーション

ザイリンクスの低コストソリューション、Spartan-3 ジェネレーション FPGA は、広範囲の民生および業務用のビデオアプリケーションに採用されてきました。代表的なものとして、Spartan-3E FPGA を使用した JVC 社の業務用ブロードキャスト HDV カメラ／レコーダがあります。デジタル ロジック用の Spartan FPGA とアナログ インターフェイス用の NS 社の Smart SERDES の組み合わせは、業務用のビデオやブロードキャスト、デジタル シネマなどのハイエンド アプリケーションに新しい可能性の道を開きます。適用可能な製品としては、高品位ビデオ カメラやデジタル ビデオ レコーダ、ビデオ エディタ、ディスプレイ モニタなどが挙げられます。

結 論

ザイリンクス Spartan-3E と Spartan-3A FPGA の機能は、NS 社の実証済み SD/HD/3G-SDI Smart SERDES および XAPP514 リファレンス IP コアと組み合わせることで、ブロードキャスト ビデオ アプリケーションのデータ スループットへ高まる要求に対して費用対効果の高いソリューションを提供します。ハードウェア ソリューションはすべて現在利用可能です。また、ザイリンクスの販売代理店である アヴネット 社では 2008 年の第二四半期に SDI 評価キットを提供する予定です。

表2 - National Semiconductor 社の Smart SERDES ファミリー

製品番号	詳細	最大データレート	サポートされているデータレート	サポートされている SMPTE標準
LMH0340	シリアルライザとドライバ	3G	2.97G 1.485G 270M	424M 292M 259M
LMH0341	リクロッキング デシリアルライザ	3G	2.97G 1.485G 270M	424M 292M 259M
LMH0040	シリアルライザとドライバ	HD	1.485G 270M	292M 259M
LMH0041	リクロッキング デシリアルライザ	HD	1.485G 270M	292M 259M
LMH0050	シリアルライザ	HD	1.485G 270M	292M 259M
LMH0051	デシリアルライザ	HD	1.485G 270M	292M 259M
LMH0070	シリアルライザとドライバ	SD	270M	259M
LMH0071	リクロッキング デシリアルライザ	SD	270M	259M



Developing FPGA Coprocessors for Performance-Accelerated Spacecraft Image Processing

宇宙船画像処理の高性能化を実現する FPGA コプロセッサの開発

C-to-FPGA デザイン手法で宇宙ベースの画像処理アプリケーションの開発を加速

Paula J. Pingree
Senior Engineer
Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology
paula.j.pingree@jpl.nasa.gov

Lucas J. Scharenbroich
Staff Engineer
Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology
lucas.j.scharenbroich@jpl.nasa.gov

Thomas A. Werne
Associate Engineer
Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology
thomas.a.werne@jpl.nasa.gov

David Pellerin
CTO
Impulse Accelerated Technologies
david.pellerin@impulsec.com

画像データをオンボードで高速かつ正確に分類することは、現代衛星画像処理においてクリティカルな課題です。地球科学やその他アプリケーションにおいては、空間をベースにしたスマートな観測機器は、インテリジェントな機械学習アルゴリズムと自立計器を利用して、洪水や火山噴火、海面の氷崩落などの自然現象を検出して特定します。

米航空宇宙局 (NASA) のジェット推進研究所 (JPL) は、サポート ベクタ マシン (SVM) 分類アルゴリズムを開発しました。このアルゴリズムは宇宙船から優先度の高い画像データを特定して地上にダウンリンクするために使用されます。また、船内でのデータ解析にも使われ、ダイナミックな出来事への迅速な対応を可能にします (図1)。これらのオンボード分類器は、地上にダウンロードするデータ量の削減を支援し、計測器の科学的価値を大幅に増やします。

SVM 分類アルゴリズムは今日既に使用されており、RAD6000 や Mongoose V プロセッサのような計算用プラットフォームを使用しています。これらの従来型プロセッサの計算能力には限界があり、またアクティブなストレージ機能が極端に制限されているため、もはや最先端のものとはいえません。そのため、オンボード分類は、全計測データのサブセットにのみ実行できる最も簡単なファンクションだけに限定されてきました。たとえば、EO (Earth Observing : 地球観測) -1 衛星に搭載されている Hyperion 計測器の場合、242 バンドのうち 11 にのみ適用されています。

FPGA コプロセッサは、これらのアルゴリズムにとって理想的です。FPGA は、現在使用されている従来型処理プラットフォームと比較した場合、オンボード分類の性能と精度において大幅な改善を実現します。

FPGA の SVM アルゴリズムに対する効果を評価するため、Hyperion 計測器用に開発された従来型 SWIL (snow-water-ice-land : 雪-水-氷-陸) 分類器を、ザイリンクス Virtex[®]-4 FX60 FPGA にインプリメントしました。また、アプリケーションをより迅速に開発できるよう、Impulse Accelerated Technologies 社の Impulse C-to-FPGA コンパイラ ツールを利用しました。このツールは、高度にパラレルなハードウェア アルゴリズムとアプリケーションの迅速な開発をサポートします。

本稿では、Hyperion リニア SVM を Virtex-4 FX60 FPGA にインプリメントした手法に加え、より高いデータバンドとより精緻な SVM カーネルを使用して行った実験について説明します。これらの実験により、FPGA エンベデッド アルゴリズムを

使用することで、より効率的、かつ、高性能のオンボード分類器を実現できることが示されました。

FPGA でオンボード計算

空間をベースとした先進の科学的エンジニアリング アプリケーションにとって、オンボード計算処理はかなりのボトルネックになっています。現在利用できる宇宙船向けのプロセッサは、消費電力が高く高価で、追加のインターフェイス ボードが必要になったり、計算能力に制限があったりします。

ザイリンクス Virtex-4 FX デバイスのような最近のハイブリッド FPGA は、リコンフィギュラブルなハードウェア リソースを利用できるという特性を活かしつつ、さまざまなソフトウェア アプリケーションのエンベデッド プロセッサでの実行を、すべて

図1 - NASA はスマート観測機器を使用して地表画像データを分類し、ダウンロードするデータ量を低減 (NASA 提供画像)

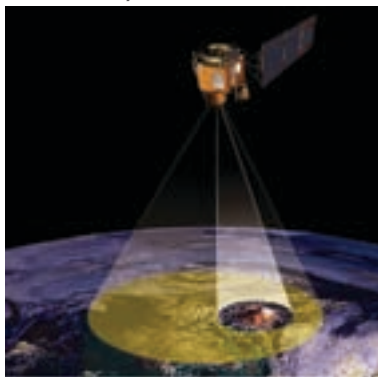
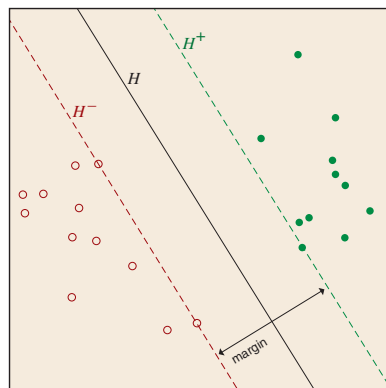


図2 - SVM を使用して分離超平面を計算 : 円形のデータ ポイントはマージン上に横たわるサポート ベクタ



シングル チップで提供しています。この緊密に結合されたシングル チップのハードウェア/ソフトウェア システムは、汎用シングルボード コンピュータ (SBC) と比較して、より低い電力とより低いコストでの実現が可能です。FPGA プラットフォームは、放射線対策をした SBC よりも飛躍的に性能が優れており、スマート観測機器にまったく新しいアーキテクチャを導入できます。

FPGA による加速化の可能性を評価する目的で特定のスマート観測機器の概念を検証するため、ザイリンクスの ML410 評価用プラットフォームを使用しました。ザイリンクス ML410 評価ボードは、2 個のエンベデッド PowerPC[®] 405 プロセッサと豊富な FPGA ロジックを搭載した Virtex-4 FX60 FPGA を装備しています。

この検証には、SVM 分類アルゴリズムを使用しました。この種のアルゴリズムは、一般的な機械学習や分類タスク、オンボード遠隔検知などの広範なアプリケーションの礎を築いてきました。SVM は、2 つのラベル付けされたクラス間の分離超平面を、それぞれのクラスのもっとも近いデータとの距離が最大になるように計算する最大マージンの分類器です (図2)。SVM 分類器はこのような最大化マージン超平面を選択することで、他のリニア分類手法よりも新しいデータをより一般化できます。

SVM をトレーニングする目的は、トレーニング データ x_i とテスト ベクタ t 間の重み付けされたドット積の総和の符号が新しいデータ ベクタのクラスを正確に予測できる加重を突き止めることです。

SVM はまた、カーネル トリックとして知られている、純粋にリニアな分類器からノンリニアな分類器に拡張する手法に対応しています。この手法は、トレーニングとテストのアルゴリズムをドット積で公式化し、その後、引数のあるノンリニアなファンクションに通した新しいドット積を表すカーネル ファンクションで置き換えます。このカーネル ファンクションは、オリジナルの低次元空間からの項を使用して、高次元 (あるいは無限次元も可能) のドット積をノンリニアな空間で計算することが可能です。

SVM はオンボードの自立アプリケーションに非常に適しています。それは、アル

ゴリズムのトレーニング ステージでの計算量とテスト ステージでの計算量の非対象性という SVM の特性によります。新しいデータ ポイントを分類するのに必要な計算量は、トレーニングをする際の計算量よりも数桁少なくなりますが、これは、SVM をトレーニングするプロセスが 二次の最適化問題を解く必要があるためです。

SVM のトレーニングには $O(n^3)$ オペレーションが必要で、ここでの n はトレーニング例の数を示します。これとは対照的に、トレーニングされた SVM で新しいベクタをテストするには、 $O(n)$ オペレーションだけが必要です。SVM 最適化問題のある特定の構造を利用した高速トレーニング アルゴリズムは存在しますが、それでもトレーニングは計算上の主なボトルネックになっています。

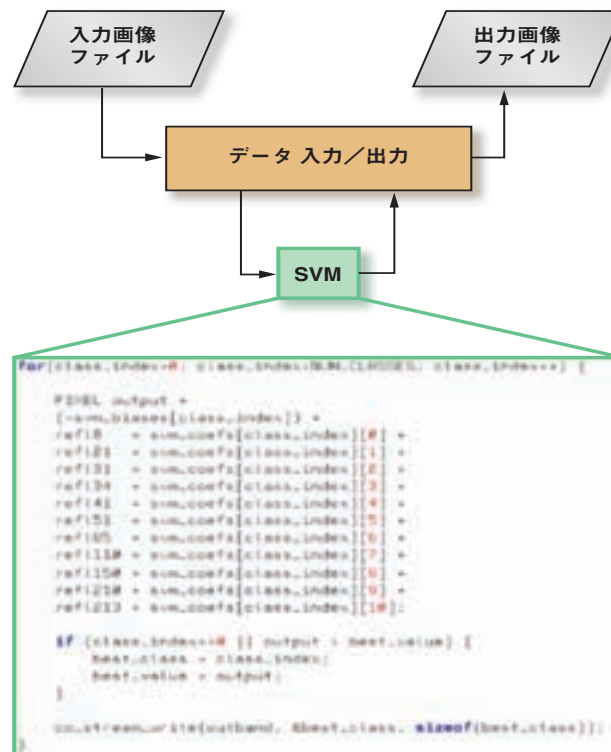
SVM をトレーニングした後は、多くの加重、 w_i はゼロになります。これは、これらの項を分類公式内で無視してよいことを意味します。ゼロでない加重を持つ入力ベクタはサポート ベクタと呼ばれます。利用可能な CPU リソースの量に厳しい制限があるため、サポート ベクタの数を減らすことが、宇宙船のオンボードで SVM 分類器を展開させる成功の鍵となります。

これまで展開されてきた分類器は、このような縮小セット手法を使用してきましたが、それでも利用できる分類特性のサブセットしか操作できないという制限があります。このようなボトルネックを取り除くことが、オンボード自立ツールとしての SVM の可能性を完全に実現することになるのです。

問題点の分割

エンベデッド プロセッサを搭載した FPGA を使用して高性能を達成しようとした場合、ソフトウェアとハードウェア間でアルゴリズムの効率的な分割が重要となります。FPGA ベースの SVM を開発するにあたり、以前はソフトウェアだけで行われていたアルゴリズムを FPGA ハードウェアファブリックにインプリメントして、FPGA の高速パラレル処理能力を利用しました。画像ファイル入力と分類ファイル出

図3 - SVM アルゴリズム用のソフトウェア／ハードウェアの分割



力は、ML410 ボードに搭載されている CompactFlash カードを使用してエンベデッド PowerPC プロセッサ内で管理されています。

このインプリメンテーションでは、ザイリンクス EDK ツールを使用して、アプリケーションのソフトウェア側を C 言語でコーディングし、コンパイルしてエンベデッド PowerPC 405 プロセッサに渡されます。エンベデッドソフトウェアアプリケーションは、857,856 ピクセルで構成される入力画像ファイルを読み出します。画像ファイルは ML410 ボードにインストールされた CompactFlash カードから読み出されます。

ソフトウェア側のアプリケーションは、画像データを SVM に流します。この SVM も C 言語で書かれており、FPGA ハードウェアへインプリするよう Impulse C-to-FPGA コンパイラを使用してコンパイルされます。SVM ハードウェア処理は、画像に対して必要な SVM 操作を行い、その結果を PowerPC 405 プロセッサに戻します。その後プロセッサは、ピクセル分類（たとえば、雪、水、氷、陸地、雲、あるい

は分類不可など）を CompactFlash カード上の出力ファイルに書き込みます（図 3）。

PowerPC はソフトウェア部分のタスクを実行し、SVM ハードウェア モジュールにデータを送り、そのモジュールからデータを収集します。PowerPC は MicroBlaze™ プロセッサの 3 倍のクロック周波数での動作が可能なため、MicroBlaze プロセッサのかわりに PowerPC を選択しました。また、MicroBlaze プロセッサは貴重な FPGA ファブリックを使ってインスタンス化されるのに対し、PowerPC はファブリックの外部に存在します。

ボード上のメモリとしては最大の 256MB DIMM をプログラムのメインメモリとして使用しました。オンチップ ペリフェラル バス (OPB) と比較した場合、プロセッサ ローカル バス (PLB) は高速バスであるため、メモリと SVM コア ペリフェラル間のデータ転送が高速に行えます。DIMM には大きすぎる入力と出力のデータファイルは 16GB CompactFlash カードが保持します。UART は出力のデバッグに使われました。OPB は低速バスなので、プ

ロセッサと SystemACE™ インターフェイス コントローラおよび UART ペリフェラル間のデフォルト インターフェイスとしての役割を担っています。

Impulse ツールは、このような分割されたソフトウェア／ハードウェア アプリケーションをサポートするために、プロセス ツー プロセス通信手法をインプリメントできる C と互換性のあるファンクションのライブラリを含んでいます。これらの手法には、ストリーミングやメモリ共有、メッセージの伝達などが含まれます。このアプリケーションでは、Impulse C のストリーミングプログラミング モデルが明白な選択肢となりました。

Impulse C のストリーミング アプリケーションでは、ハードウェアとソフトウェアの各プロセス間の通信は主に、直接ハードウェアでインプリメントされたバッファ データ ストリームを介して行われます。このデータのバッファリングにより、比較的抽象化レベルの高いパラレル アプリケーションを書くことが可能になります。この際、バッファリングをしない場合に通常必要とされるサイクルごとの同期は不要です。

図 4 は、ザイリンクス Virtex-4 FX60 FPGA をターゲットとして使用する際の、C からハードウェアにコンパイルするためのデザイン フローを示しています。

アプリケーションのソフトウェア側では(この場合 PowerPC 405 プロセッサは、ハードウェア レベルのテストに使用されず)、Impulse C ファンクションを使用して、データ ストリームをオープン／クローズし、ストリーム上のデータの読み書きを行い、必要に応じてステータス メッセージを送ったり結果をポーリングしたりします。Virtex-4 FX の場合、ストリームの読み書きは、PLB あるいは補助的ペリフェラルユニット (APU) インターフェイスのいずれかを利用する操作として指定できます。

パラレル FPGA ハードウェアの生成

このアプリケーションのハードウェア部分を生成するのに、Impulse C コンパイラを使用して、ザイリンクス EDK ツールで

使用できる合成可能な HDL ファイルを生成しました。Impulse コンパイラは、HDL ファイルの生成に加えて、EDK ツールが必要とするPLB や APU バス インターフェイスを含むファイルも生成します。Impulse C コンパイラは、C ステートメントのスケジューリングやループのパイプライン化など、各種の下位レベルの最適化を行い、アプリケーション開発者に大幅な時間の節約をもたらします。

Impulse C コンパイラはこれらの最適化を実行し、VHDL や Verilog 形式でハードウェアを生成します。このハードウェアは、ザイリンクス ISE® ソフトウェアや Platform Studio などの FPGA ツールを使って合成できます。プロセッサ側では、コンパイラがエンベデッド PowerPC プロセッサで使用するランタイム ライブラリを生成します。

アルゴリズムの立証

ソフトウェア／ハードウェアを組み合わせたアプリケーションの出力は、画像中の各ピクセルの結果として得られたクラスを示す整数のコラムで構成されたファイルです。実験の結果を立証しその結果を見るために、MATLAB を使用して整数値のコラムを再フォーマットし、オリジナルのピクセル類似次元の画像にしました。各クラスには任意の色が割り当てられ、各クラスに属するピクセルの数を平面に表しました。そうすることで、各クラスに所属するピクセルのパーセンテージを容易に計算でき、また、分類されたピクセルの結果ファイルはカラー画像で視覚化されます。

この立証には、このプロジェクトの 2 つの目標を満たす必要がありました。最初に、ソフトウェアのみの従来型バージョンの SVM から得られたピクセル分類結果と、ハードウェアを生成してインプリメントされた SVM から得られたピクセル分類結果の両方を立証する必要がありました。これは、ハードウェアである FPGA で行われた整数と浮動小数点の計算結果が、現在使用されているソフトウェアで計算されたものと、一定の許容範囲内で同じ結果であったことを立証するために必要でした。

この検証で得られたピクセル分類のパーセンテージ結果を、現在飛行中の EO-1 衛星で使われている SVM によって報告されたものと比較することから立証プロセスを開始しました。分類パーセンテージは、特に雪と水のクラスで、良く一致しました。

この作業では、画像の視覚化も重要でした。この視覚化の結果得られたものは、EO-1 からの結果とすばらしく良く一致しました (図 5)。

画像の定性的な比較に加えて、従来アルゴリズムの結果と我々の分類との間で、ピクセルごとの比較を実行しました。ピクセルごとに分類を比較した結果、我々が得たピクセル分類の結果の 76.8% が Autonomous Sciencecraft Experiment (ASE) からのものと一致しました。残りの不一致の部分は、SVM のトレーニング データ セットの違いによって引き起こされたものと推測されましたが、念のためハードウェア インプリメンテーションをピクセルバイピクセルベースで検証することにしました。

アルゴリズムを完全に立証するのに、同じ入力データを使用した際の、ソフトウェア インプリメンテーションの出力と、Impulse C コンパイラでハードウェアにイ

図4 - C コードから FPGA エンベデッド アプリケーションへのデザイン フロー

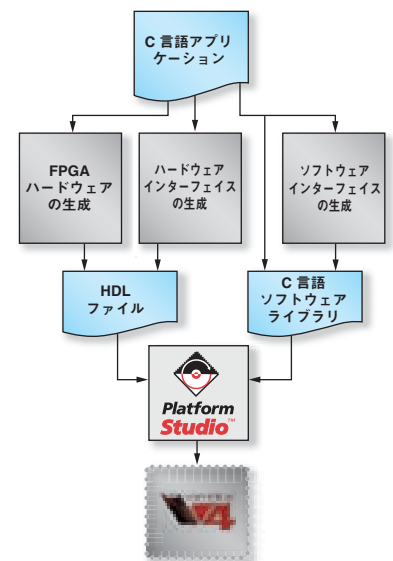
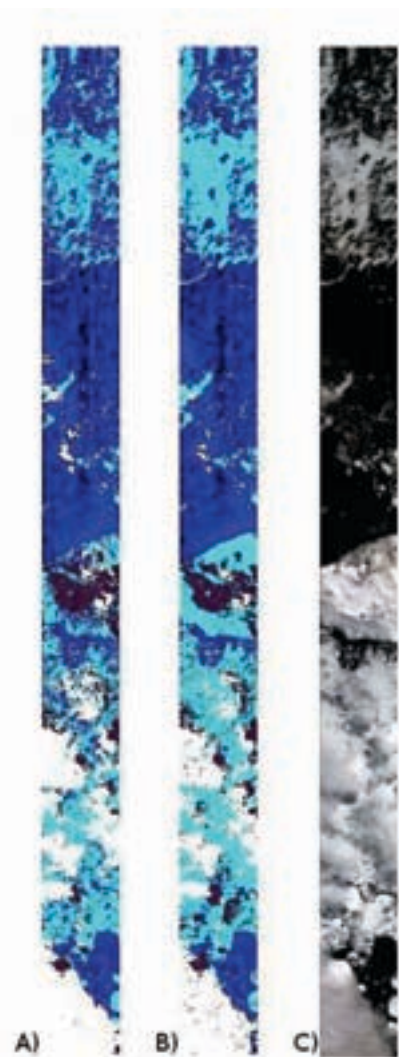


図5 - 結果の比較

- a) 従来型 11 バンド SVM インプリメンテーション
- b) FPGA 加速化インプリメンテーション
- c) オリジナルのハイパースペクトル画像



[カラーコード、青 = 水、青緑 = 氷、濃い紫 = 雪、薄紫 = 分類不可]

ンプリメントした場合の出力とを比較しました。この 2 つのインプリメンテーションは、ピクセル バイ ピクセル ベースで等価な分類を生成しました。我々の結果が従来型 ASE の結果と良く一致したこと、ソフトウェア プラットフォームからの独立した結果を考慮して、我々のインプリメンテーションは正当なものであったといえるでしょう。これらすべての立証は、C 言語と MATLAB プログラミング手法の組み合わせ

せで行われ、ハードウェア デザイン手法やハードウェア記述言語の必要はありませんでした。

アルゴリズムの拡張

Hyperion のためにデザインされた従来型 SVM のインプリメンテーションに成功した後、C 言語アルゴリズムに 2 つの拡張を行いました。それは、同じリニア カーネル SVM でバンド数を大幅に増加させたこと、ノンリニア カーネルの新しい SVM を生成したこと。拡張されたリニア カーネル SVM に対して、画像で利用できる 242 のバンドの中から任意に 30 バンドを選択しました。ノンリニア カーネル SVM に対しては、従来型 SVM と同じ 11 バンドを使用しましたが、カーネルは変更されたものを使用しました。オリジナルの従来型 SVM に対するトレーニング データがなかったため、それと比較できる新しい SVM を生成できませんでした。そこで、新しいトレーニング データを使用して 2 つの新しい SVM を生成することにしました。また、従来型 SVM と比較するために、新しい 11 バンドのリニア カーネル SVM も生成しました。

C からハードウェアへ変換するコンパイラを使用することで、これらの代替インプリメンテーションをすばやく実験し、精度と性能を比較することができました。これらの SVM のハードウェア インプリメンテーションはアルゴリズムのソフトウェア シミュレーションと非常によく一致する結果を生成し、システム全体の性能の大幅な向上が実証されました。

ザイリンクスの合成ツールを使用して、これら SVM の各 FPGA ファブリックの利用パーセンテージを確認することもできました。

結 論

エンベデッド プロセッサを搭載した FPGA は、従来のプロセッサでは不可能であった性能と効率性において実証レベルに達しています。SVM アルゴリズムのハードウェアによる加速化は、将来の科学的ミッションにおいて、オンボード データ処理が大幅に改善されることを約束してくれます。

Virtex-4 FX60 デバイスなどのエンベデッド FPGA を使用すれば、ますます進んだ SVM を「成長の余地を残しながら」オンボードのリソースだけでインプリメントすることが可能です。我々の得た結果は、Virtex-4 FX-60 FPGA で利用できる DSP ブロックとスライスの 1/3 を使うだけで、最も高度な SVM 拡張、すなわち多項式カーネルでさえ実現が可能であることを実証しています。

ソフトウェアからハードウェアへの変換用デザイン ツールは、これらの SVM アルゴリズムをすばやくプロトタイピングして開発する上で重要な役割を果たしました。Impulse C ツールにより、アプリケーションの複雑性を容易に管理でき、また代替インプリメンテーションの実験も行うことができました。テストとアルゴリズムの立証には、ザイリンクス ML410 ボードを使用したことによって、優れた費用対効果の高い開発ターゲットが得られました。

表1 - FPGA ベース SVM アルゴリズムのデバイスの利用率

FPGA リソース	V4FX60 での総数	リニア (11 バンド)	リニア (30 バンド)	(2,1) 多項式
スライス数	25,280	1,151 (4%)	2,253 (8%)	2,082 (8%)
スライスフリップフロップ数	50,560	1,290 (2%)	1,337 (2%)	2,519 (4%)
4 入力 LUT 数	50,560	1,838 (3%)	3,110 (6%)	3,287 (6%)
FIFO16/RAMB16 数	232	2 (1%)	2 (1%)	5 (2%)
DSP48 数	128	4 (3%)	4 (3%)	12 (9%)

FPGA Designs Made Easy



Active-HDL

Active-HDLは、高速シミュレーションエンジン、グラフィカルデザインエントリ、ドキュメント作成支援機能を搭載し、大規模かつ複雑化するFPGA の設計生産性を大幅に向上します。

特 長

■ 高速シミュレーションエンジン

- Windows ベース業界最高水準のパフォーマンス
- VHDL/Verilog/SystemVerilog/SystemC/EDIF 混在
- 豊富なHDLデバッグ機能

■ グラフィカル・デザイン・エントリ

- ブロックダイアグラム、ステートマシンエディタ
- HDLからブロック図、ステート図生成
- 波形ファイルからのテストベンチ生成

■ コードカバレッジ

■ MATLAB/Simulink 協調検証

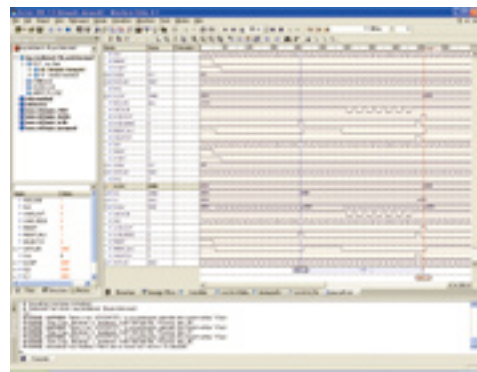
■ SWIFTインターフェース

■ EDK、SOPC Builder、CoreConsoleサポート

■ マルチFPGAベンダサポート

詳細情報はこちらから

<http://www.aldec.co.jp/products/active-hdl/>



アルデック・ジャパン株式会社

東京都新宿区新宿1-8-4 JESCO新宿御苑ビル7F

TEL: 03-5312-1791 FAX: 03-5312-1795 Email: info@aldec.co.jp

<http://www.aldec.co.jp>



Designing Multiprocessor SoCs

マルチプロセッサ SoC の デザイン

ザイリンクスの EDK ツールと IP コアを使用して複数プロセッサを搭載した SoC をデザインすることによりアプリケーションに拡張性を持たせる

Vasanth Asokan
Staff Software Engineer
Xilinx, Inc.
vasanth.asokan@xilinx.com

エンベデッド処理への要求が急速に高まるにつれ、システム設計者は、複雑性とシングル プロセッサシステムの限界という2つの課題に直面していますが、この問題の解決策として、マルチプロセッサ デザインに注目が集まっています。

新世代 FPGA は、ロジックの高集積度と高性能ハードウェア ブロックに加えて、チップ マルチ処理 (CMP) ソリューションを可能にします。このソリューションをいち早く調査してデザインを生成する手法を開発することが求められます。

ザイリンクス エンベデッド開発キット (EDK) ツールと IP コアは、価格と性能目標を満たす、独自かつ精巧にカスタマイズされたマルチ処理ソリューションを FPGA で設計する柔軟性を提供します。本稿では、PowerPC® および MicroBlaze™ をベースにしたザイリンクスが提供するマルチ処理ソリューションを紹介します。

シナリオ

マルチプロセッサでシステムをデザイン

するポイントは、高性能と機能の分割を行うことです。一般的に、マルチ処理が有効となる共通のシナリオがいくつか考えられ

ます。

・複数の独立した機能 : 複数の独立した処理タスクで構成されているデザインの場合

合、各々に処理タスク専用の独立した処理モジュールを生成し、各処理モジュールに独自のプロセッサとペリフェラルのセットを割り当てます。

・制御とデータの荷重軽減：リアルタイムタスク（計算指向あるいはデータ指向）と非リアルタイムタスクの異なるセットが存在して、シングルプロセッサベースのソリューションでは応答不能状態を引き起こす場合、リアルタイムタスクをタイミングよく処理する専用のスレーブプロセッサを割り当てます。これにより、マスタプロセッサは他の通常タスクを処理し、ホストシステムへのインターフェイスの役割を担います。同時にマスタプロセッサは、スレーブプロセッサをモニタして制御します。スレーブプロセッサは特定の機能やインターフェイスを搭載している場合もあります。このシナリオの例としては、ネットワークの荷重軽減やメディア処理、セキュリティアルゴリズムなどが挙げられます。

・インターフェイス処理：複数のインターフェイスのブリッジやスイッチとして動作するシステムで、各インターフェイスでのデータ処理用にスレーブプロセッサを専用で使用し、1個または複数のマスタプロセッサにはもっと高度なブリッジングやスイッチングタスクを制御させます。

・ストリーム処理：ストリーム指向の計算を扱うには、複数のプロセッサがパイプラインのようにデータストリームに作用するようアレンジします。マルチプロセッサパイプラインの各々同等のステージでは、計算の1部を処理して次のプロセッサに受け渡します。これはシステムのスループットを向上させる効果的な方法です。

・信頼性と冗長性：処理システムを複数回複製することで、信頼性と冗長性を向上します。

・対称処理：従来の対称処理（SMP）は効果的なソリューションで、プロセッサを追加することで明確に処理の種類を分割できないアプリケーションの性能を向上します。SMPが可能なOSレイヤは、パラレルタスクを管理し、それらのタスク

を自動的にスケジューリングして複数のプロセッサにデータを渡します。SMP使用モデルは、SMPをインプリメントする際に必要となるキャッシュコヒーレンスを持っていないため、ザイリンクスのプロセッサには適しません。

SMPシナリオを除くその他すべてのシナリオは、EDKツールを使用してザイリンクスのFPGA上に実現できます。ザイリンクス処理ソリューションのユニークな機能はその柔軟性にあり、各処理用のサブシステムがアプリケーションの要求を満足できるカスタマイズが可能です。たとえば、すべてのプロセッサがキャッシュメモリや浮動小数点ユニットを必要としているわけではありません。特定のプロセッサに特定の機能を割り振ることで、すべてのデザイン目標を満たし、状況に合ったソリューションが生成できます。

簡単でスケーラブルなシステムアーキテクチャ

お分かりのように、マルチプロセッサシステムには、数多くのモデルが使用可能です。また、システムアーキテクチャにも、非常に多くの可能性があります。使用ケー

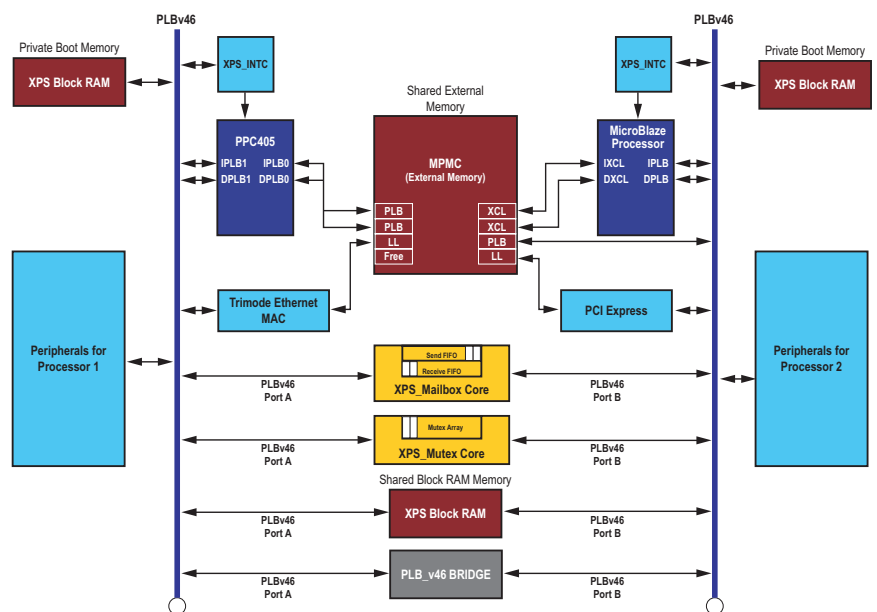
スをクリーンでスケーラブルなトポロジに限定しても、アーキテクチャには非常に難しい面があるので、多くのニーズに合った基本的なアーキテクチャを定義するのが良いでしょう。

図1は、デュアルコアアーキテクチャを示します。このアーキテクチャは簡単でスケーラブルなマルチプロセッサシステムを定義し、この定義から始めてデザインの制約と課題を満たす派生的トポロジが生成できます。次にこのアーキテクチャの鍵となる概念を示します。

・このアーキテクチャは、完全に独立した2つのシングル処理システムを単純に拡張しており、通信用コンポーネントにより2つのシステムが一緒にリンクされ形成されています。

・共有できるコンポーネントは、事実上すべてマルチ（あるいはデュアル）ポートです。これらのコンポーネントはマルチポートの性質があるため、各プロセッサのシステムバスは、静的負荷と動的負荷の両方の観点で、他から独立させることができます。各々の処理用サブシステムを分離することにより、他のプロセッサやペリフェラルが、別のプロセッサで処理が行われていてもシステムバスから締め出されないようにできます。すべてのマ

図1 - デュアルプロセッサアーキテクチャ



ルチポート ペリフェラルは、各種ポートへのアクセスを内部で調停します。

- ・ 鍵となる共有ペリフェラルは、マルチポートメモリコントローラ(MPMC)です。MPMC は、異なるポートのインターフェイスを介して外部メモリへのアクセスを提供します。複数のプロセッサは、独立したポートを介して MPMC に接続されます。このトポロジーでは、PowerPC および MicroBlaze の両プロセッサは、最小の待ち時間と高バンド幅を維持しながら、外部メモリに同時にアクセスできます。現在 MPMC は最大で 8 ポート提供しているので、3 個から 4 個のプロセッサを 1 個のシングル外部メモリに接続できます。
- ・ このアーキテクチャは、プロセッサ間で内部ブロック RAM メモリを共有することも示しています。オンチップ ブロック RAM を共有すると、キロバイト単位 of データをプロセッサ間で非常に高速にて受け渡しが可能となります。ブロック RAM へのアクセスは決定論的(次のステップが常に 1 つに決まる)にもできます。アプリケーションによっては、これが重要な要件となっています。
- ・ 共有メモリとは別に、2 個のコア XPS Mailbox と XPS Mutex があります。これらは簡単な形式のプロセッサ間の通信を提供します。XPS Mailbox コアは、2 個のプロセッサの間に、同期と非同期を問わず待ち時間の少ない FIFO スタイルのメッセージを受け渡しするインターフェイスを提供します。これを使用して、メッセージを直接受け渡すか、共有メモリに格納されているメッセージポイントを受け渡します。XPS Mutex コアは、2 個のプロセッサ上のソフトウェア間で、共有リソース(オンチップやオフチップでも可)へのアクセスを調停するのに使用できます。この 2 個のコアを一緒に使用すると、各プロセッサ上に協調ソフトウェア プログラムを構築できます。
- ・ あるシステムでは、マルチポートではないペリフェラル(UART、SPI や I²C など)を共有したい場合があります。その場合、ペリフェラルに接続していないバスからペリフェラルに接続しているバスへ、

システムバスブリッジを提供する必要があります。図 1 は、2 個のプロセッサ間で UART を共有するバスブリッジの使用法を示しています。

- ・ 図 1 では、各プロセッサのある特定の特性を例証するために、PowerPC 405 プロセッサを一番目に、MicroBlaze プロセッサを二番目にしていますが、ほんのわずかな調整で、どのプロセッサでも同等に置き換えることができます。このようにして、このアーキテクチャはプロセッサ間でシームレスに移行できます。

図 1 は、推奨できるマルチ処理用アーキテクチャの全体像を示していますが、制約によってはこのアーキテクチャを変更する必要がありますが生じる場合もあります。たとえば、ロジックエリアとリソースの利用が主要な問題となるシステムでは、すべてのプロセッサを同一のシステムバスに接続することが可能です。これにより、決定論的ではなく、実行時にバスへの負荷も増えますが、新しいシステムバスの除去に加え、IP コア上にマルチポートを作成不要なことからエリアの節約もできます。

他の派生的アーキテクチャも可能です。たとえば、高性能プロセッサを分離した別のシステムバスに接続し、複数の低性能プロセッサを共有システムバスに接続することもできます。処理用サブシステムをマルチレベルのブリッジを介してお互いに接続することで、階層的トポロジーを生成することも可能です。EDK が提供している各種ツールと IP コアを使用すれば、この基本トポロジーに変更を加え、所望するニーズに正確にマッチしたデザインが作成できます。

他の考察

マルチ処理アーキテクチャに関しては、その他の考察が必要である場合も考えられます。たとえば、2 個のプロセッサ間で競合しないように、メモリマップを定義する必要がありますが生じる場合があります。EDK の自動アドレス生成ツールでは、このタスクを、ただボタンを押すだけのよう簡単に実現します。

ネットワークのクロッキングやリセット

についても考慮が必要でしょう。すべてのプロセッサに同じレート of クロックを与えることも可能ですし、各々のプロセッサに異なるクロック レートを与えることもできます。また、各種の異なるレベルでのリセットを定義できます。たとえば、プロセッサだけのリセット、プロセッササブシステムのリセット、システムのリセットなどです。プロセッサは個々に独立したデバッグポートに接続し、プロセッサごとに分けてデバッグする必要があるでしょう。

ハードウェアだけでなく、複数のソフトウェアシステムが協調して動作するようなデザインを設計する場合もあるかもしれません。これには共有メモリの使用、メッセージの受け渡し、バリアやランデブといった共通の同期用概念が含まれ、これらをうまく取り入れることで、システムは予測可能で同期の取れた動作をさせることが可能です。多くの市販ソフトウェアが利用できますが、それらを使用すれば、高レベルの通信パラダイムが得られます。

結論

このように、ザイリンクスのプロセッサを使用することでマルチプロセッサシステムを効率よく、また容易に実現します。マルチプロセッサシステムの可能性についての詳細は、ホワイトペーパー(英語版) http://japan.xilinx.com/support/documentation/white_papers/wp262.pdf をご覧ください。

また、リファレンスデザインを解説しているザイリンクスのアプリケーションノート「Dual Processor Reference Design Suite(英語版)」(XAPP996) http://japan.xilinx.com/support/documentation/application_notes/xapp996.pdf もご覧ください。

今後も EDK 開発ツールは、自動化されたマルチプロセッサデザイン生成や協調デバッグに対するサポートなど、新しい機能を将来提供していく予定です。また、PowerPC 440 プロセッサ搭載のザイリンクス Virtex[®]-5 FXT プラットフォームは、超高性能マルチプロセッサシステムに対し限らない可能性を切り開いていきます。

Accelerating Video Development on FPGAs Using the Xilinx XtremeDSP Video Starter Kit

ザイリンクス XtremeDSP ビデオ スタータ キット により FPGA 上でのビデオ開発を加速

VHDL や Verilog の知識を必要としない、プロセッサに最適で高画質結果を生成するビデオ開発手法の試み

Tom Hill
Sr. Marketing Manager, DSP
Xilinx, Inc.
tom.hill@xilinx.com

ビデオ開発市場の、基本ビデオ処理からより複雑にインテグレーションされた処理ソリューションへの移行は、次世代ビデオ圧縮標準と共に、単独の DSP では処理できないビデオ パフォーマンスのシステムを要求しています。Xilinx® Spartan®-3A DSP などの FPGA は、費用対効果が重視される軍事産業や自動車、医療、民生機器、産業機器、セキュリティなどの各アプリケーションに対して、30 ドル以下で

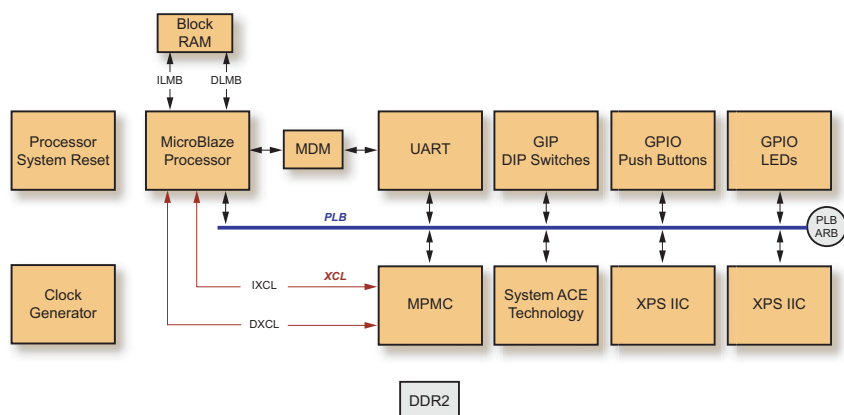
20GMAC 以上の DSP 性能を提供することにより、このギャップを埋めています。FPGA はビデオに対して、完全なエンド ツー エンドのソリューションを提供するため、独自のロジックやエンベデッド処理機能、OS サポート、ドライバを提供しています。

ビデオ アプリケーションで FPGA の採用が妨げられている理由は、FPGA の性能利点について設計者の理解が不足しているためではなく、デザイン フローの経験を欠いているためです。これは特に、C 言語でのプログラミングに慣れている従来の DSP プログラム開発者にいえることです。

デバイスの柔軟性を利用して、特定アプリケーション用に最適化したハードウェアアーキテクチャをコンフィギュレーションすることにより、FPGA の性能の向上を達成できます。この柔軟性により、開発工程に自由度が増し、複雑なデザイン開発も可能になります。

XtremeDSP™ ビデオ スタータ キット (VSK) は、使い易いデザイン環境を提供します。このキットは、アプリケーション例、および、ザイリンクスの標準ツールフローのフル サポートを提供しており、デザイン工程の加速化を支援すると共に、最終製品における他社製品との差別化を可能にします。

図 1 - 基本プラットフォームのブロック図



XtremeDSP VSK - Spartan-3A DSP 版

XtremeDSP ビデオ スタータ キット Spartan-3A DSP 版は、Spartan-3A DSP 3400A 開発プラットフォームや FMC ビデオ ドーターカード、VGA カメラで構成されているビデオ開発プラットフォームです。

Spartan-3A DSP 3400A 開発プラットフォーム (個別で購入可能) は Spartan-3A DSP XC3SD3400A デバイスを中心に構築されています。このデバイスは、126 個のエンベデッド DSP ブロックを提供しており、これらはコプロセッシングと高性能ビデオ処理システムをインプリメントするのに使われます。

FMC ビデオ ドーターカードは、次に挙げる追加のインターフェイスを含むことにより、Spartan-3A DSP 3400A 開発プラットフォームのビデオ I/O 機能を拡張しています。

- ・ DVI-I 入力、デジタルとアナログ双方
- ・ コンボジット入力と出力
- ・ S-ビデオ入力と出力
- ・ 2 つのカメラ入力

ビデオ開発ツール

RTL の知識や、ザイリンクスのエンベデッド開発キット (EDK) および System Generator for DSP の経験がなくても、VSK でビデオ アプリケーションを生成す

ることが可能です。EDK は、エンベデッド プログラマブル システムをデザインするための包括的なソリューションで、Platform Studio ツールスイートやエンベデッド IP コア、MicroBlaze™ エンベデッド プロセッサを含んでいます。

System Generator for DSP は、ザイリンクス用に最適化された 100 個以上の DSP ビルディング ブロックからなる Simulink ブロックセットを提供することにより、MathWorks 社の Simulink/MATLAB モデリング環境を使った FPGA のデザイン設計を可能にします。

基本プラットフォームを使ったビデオ アプリケーションの開発

基本プラットフォームと呼ばれるエンベデッド システムは、VSK を使ってビデオ アプリケーションを開発できるフレームワークを提供します。この基本プラットフォームは、ザイリンクス Platform Studio のベース システム ビルダ (BSB) で生成されたエンベデッド システムで、MicroBlaze エンベデッド プロセッサを含んでいます。

このフレームワークを使用すると、新しいデザインを一から設計することも可能で、また、プロセッサ ベースのシステムで開発された既存アプリケーションから移行して設計することも容易にできます。外部プロセッサ用に生成した C コードは、最小の労力で MicroBlaze プロセッサ用に再コンパイルすることが可能です。一度移植すると、高性能ビデオ チェーンは、ソフトウェアから FPGA ファブリックに移動できます。

この移動を容易に行うために、VSK には Platform Studio を使うことで基本システムに簡単に追加可能なカスタム パリフェラルの IP コア ライブラリが含まれています。このライブラリを使用して、ビデ

表 1 - VSK リファレンス デザインの概要

リファレンス デザイン	機能の詳細
DVI バス スルー	<ul style="list-style-type: none"> ● 入力ポートからビデオ ストリームを捕捉 ● ビデオ ストリームにリアルタイム画像処理を実行 ● 処理ビデオの表示
DVI フレーム バッファ	<ul style="list-style-type: none"> ● DVI ソースからビデオ ストリームを捕捉 ● ビデオ ストリームを外部メモリにバッファリング ● バッファリングされたビデオの表示 ● メモリバンド幅の利用データをレポート
カメラ フレーム バッファ	<ul style="list-style-type: none"> ● カメラからビデオ ストリームを捕捉 ● ビデオ ストリームに画像処理を実行 ● ビデオ ストリームを外部メモリにバッファリング ● 処理されたビデオを異なるレートで表示 ● マイクロプロセッサを使った、ビデオ パイプラインの各種側面のコンフィギュレーション

図 2 - ビデオ パイプライン搭載の基本システム

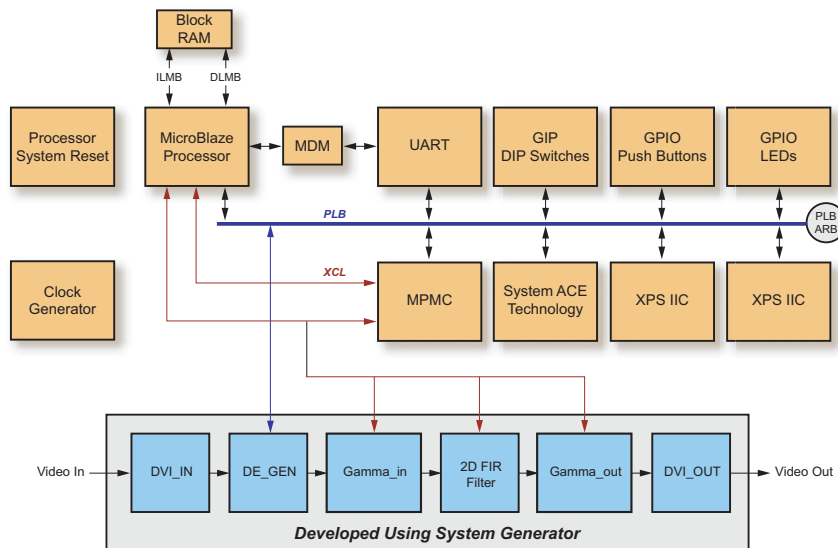
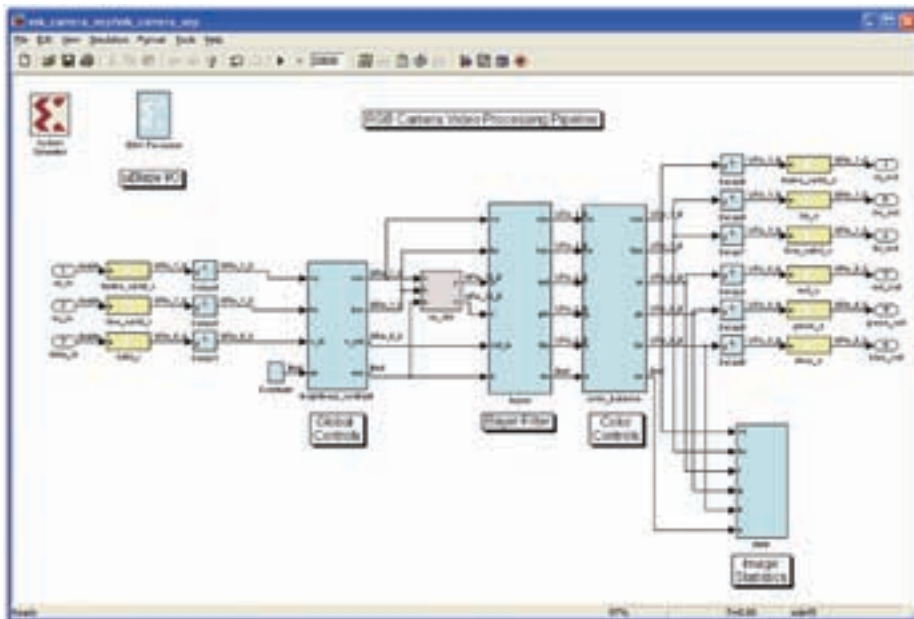


図 3 - カメラ ビデオ処理パイプラインのためのSystem Generator for DSP ダイアグラム



オ インターフェイスへの接続やデータ フレームの管理、そしてメモリや基本的なビデオ処理へのアクセスが行えます。同梱されているカスタム ペリフェラルは次のとおりです。

- ・ DVI 入力
- ・ DVI 出力
- ・ カメラ
- ・ ビデオ フレーム バッファ コントローラ

(VFBC)
・ ビデオ処理パイプライン

ザイリンクス VFBC はリアルタイム オペレーションを実現する際に2 次元データのハードウェア制御が必要となるビデオアプリケーションに理想的です。この典型例としては、ビデオ監視やビデオ会議、ビデオ ブロードキャストなどに使われてい

る、動き検出やビデオ スケーリング、オンスクリーン ディスプレイ、ビデオ捕捉などが挙げられます。

VSK リファレンス デザインで開発をすばやく開始

VSK は、ザイリンクス FPGA 上で動作するビデオ アプリケーションの開発を即開始できるよう、3 つのリファレンス デザインを提供しています。各リファレンス デザインは基本プラットフォーム上に構築され、VSK IP コアのライブラリからのカスタム ペリフェラルを使用します。表 1 は、各リファレンス デザインとそのビデオ処理機能およびコネクティビティ機能を示します。これらのリファレンス デザインは、開発をスムーズに進めるための開始点となることを目的としています。図 2 は、DVI バス スルーのリファレンス デザインが基本システム内でインターフェイスする様子を示します。

モデル ベース デザインを使ってビデオ アプリケーションを設計

FPGA 上のビデオ アプリケーションの開発を加速するには、プロセッサ上のソフトウェアで実行している性能に大きな影響を与えるオペレーションをハードウェアへ移動する必要があります。VSK は多様なハードウェア設計をサポートします。VSK は、VHDL/Verilog を使う強力なハードウェア デザイン バックグラウンドを利用するフローや、ハードウェアのデザイン経験が皆無に近いエンジニア用に C 言語、MATLAB、および Simulink を含むより抽象的なモデリング環境を利用したフローを提供しています。

MathWorks 社の Simulink はモデルベースのデザイン環境で、これを使ってビデオ システムのアルゴリズム モデルを開発できます。MathWorks 社は、Simulink 用にビデオや画像用のブロックセットをオプションで提供しています。これはビデオ用ビルディング ブロックの豊富なセットを提供し、ストリーミング ビデオの処理やモデル内の各ステップでの結

果の視覚化を容易にしています。

まず、浮動小数点データ タイプおよび高画質な動画や画像用の各ブロックを使ってビデオ処理アルゴリズム自身を抽象的にモデル化し、複雑性やシステム コスト、性能に関連したトレードオフを考慮してこのアルゴリズムを修正します。

System Generator for DSP は、ザイリンクスのデバイスに最適化された豊富な DSP ビルディング ブロックを提供することで、Simulink を使ったザイリンクス FPGA のデザインを可能にしました。System Generator for DSP で設計された DSP デザインは、Platform Studio 用にカスタム ペリフェラルに変換され、プロセッサ ローカル バスあるいは Fast Simplex Link バスを使って基本システムに接続されます。

図 3 に System Generator を使い生成了カメラ ビデオ処理パイプラインの

例を示します。これは、VSK と共に出荷されるカメラ フレーム バッファのリファレンス デザインに含まれています。

System Generator for DSP は、Spartan-3A DSP 3400A 開発プラットフォームの HiL (Hardware-in-the-loop) システム協調シミュレーションをサポートしています。このプラットフォームを使って、Simulink のシミュレーション性能を最大で 1,000 倍加速することができます。これにより、ビデオ アルゴリズムの開発と、MathWorks 社のデータ収集ツールボックスを介して Simulink に読み込まれるリアルタイム ビデオ ストリームのデバッグを可能にします。

結 論

XtremeDSP ビデオ スタータ キット-Spartan-3A DSP 版は、1,600 ドル以

下で完全なビデオ開発ソリューションを提供し、開発コストを低く抑えます。このキットに含まれる DSP やエンベデッド デザイン ツールにより、RTL デザインの経験がなくても、FPGA でのビデオ システムの迅速な開発が可能となります。

Virtex-5 SXT デバイスや Virtex-4 SX デバイス、Spartan-3A DSP のような DSP 用に最適化された FPGA プラットフォームは、高性能ビデオや画像処理アプリケーションに求められるコストと性能要求の両方を満たす最適なソリューションを提供します。このアプリケーションには、セキュリティやブロードキャスト、産業機器、民生機器、医療、自動車に向けたアプリケーションがあり、これにより製品開発を早め、製品が早期に陳腐化するのを防いでいます。

詳細は、http://japan.xilinx.com/s3adsp_vsk をご覧ください。

ザイリンクス トレーニング スケジュール

[8~9月]

10 月以降のトレーニング スケジュールは Web サイトでご確認ください。

ザイリンクスでは、大規模、高速 FPGA を対象にした FPGA 設計のための各種トレーニングを各地で開催しております。是非ご利用ください。

コース名	日 程	主 催	開 催 地
ISE デザイン入力	9 月 2 日 (火)	ザイリンクス	東京会場
FPGA 設計導入	9 月 3 日 (水)	ザイリンクス	東京会場
FPGA 設計実践	8 月 6 日 (水) ~ 7 日 (木)	ザイリンクス	東京会場
	9 月 20 日 (水) ~ 21 日 (木)	ザイリンクス	東京会場
	10 日 (水) ~ 11 日 (木)	ザイリンクス	東京会場
	25 日 (木) ~ 26 日 (金)	ザイリンクス	東京会場
アドバンスド FPGA 設計	8 月 28 日 (木) ~ 29 日 (金)	ザイリンクス	東京会場
	9 月 4 日 (木) ~ 5 日 (金)	菱洋エレクトロ	大阪会場
	30 日 (火) ~ 10 月 1 日 (水)	ザイリンクス	東京会場
Virtex-5 LX および LXT デザイン	9 月 5 日 (金)	ザイリンクス	東京会場
エンベデッド システム開発	8 月 7 日 (木) ~ 8 日 (金)	ザイリンクス	東京会場
	9 月 11 日 (木) ~ 12 日 (金)	ザイリンクス	東京会場
	18 日 (木) ~ 19 日 (金)	ザイリンクス	東京会場
アドバンスド エンベデッド システム開発	8 月 21 日 (木) ~ 22 日 (金)	ザイリンクス	東京会場
	9 月 25 日 (木) ~ 26 日 (金)	ザイリンクス	東京会場
System Generator for DSP を使用した DSP デザイン	8 月 19 日 (火) ~ 20 日 (水)	ザイリンクス	東京会場
	9 月 16 日 (火) ~ 17 日 (水)	ザイリンクス	東京会場
MGT シリアル I/O デザイン	8 月 5 日 (火) ~ 6 日 (水)	ザイリンクス	東京会場
	9 月 2 日 (火) ~ 3 日 (水)	ザイリンクス	東京会場
PCI Express システム NEW	9 月 9 日 (火) ~ 10 日 (水)	ザイリンクス	東京会場

*すべてのトレーニングは、ザイリンクス認定インストラクターによるオフィシャルトレーニングです。

*日程および会場は、都合により変更となる場合がございます。最新情報はザイリンクス トレーニング Web サイトをご覧ください。

詳細とご登録はこちらから ▶▶ <http://japan.xilinx.com/support/education-home.htm>

ザイリンクス販売代理店オリジナル トレーニング

販売代理店各社のオリジナル トレーニングの内容およびスケジュールは、各社の Web サイトをご覧ください。

東京エレクトロ デバイス	http://ppg.teldevice.co.jp/
アウネット ジャパン	http://www.avnet.co.jp/services/Training/index.asp
新光商事	https://xilinx.shinko-sj.co.jp/training/index.html
菱洋エレクトロ	http://www.ryoyo.co.jp/xilinx/
PALTEK	http://www.paltek.co.jp/seminar/index.htm

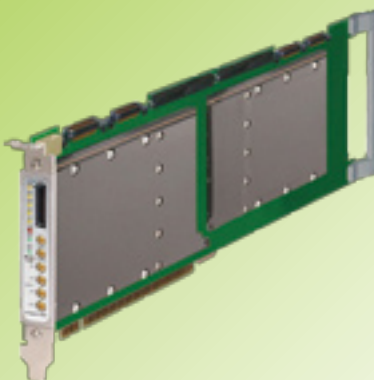
**レーダ
無線**

高速信号処理に最適!!

**4ch 200MHz 16bit AD 搭載
Virtex-5 FPGA ボード**



**Model 7150
(PMC)**



**Model 7750
(PCI Express)**



**Model 7650
(PCI)**

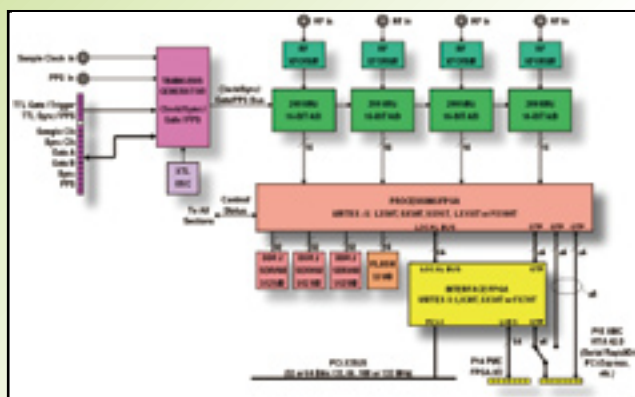


**Model 7350
(3U cPCI)**



**Model 7250
(6U cPCI)**

Model7x50は通信システムのHF帯やIF帯の信号処理に適した4chの高速AD搭載FPGAボードです。その特徴はハイパフォーマンスなシステムの要求に応えるため、4ch 200MHz 16bit AD を搭載し、更にデータ処理用と I/O 制御用に 2 個 Virtex-5 FPGA を搭載しています。ボードは、PCI ExpressをはじめPCI、CompactPCI、PMC/XMCの各種と、複数枚のボードにClockを供給するための Clock Synthesizer ボードもございます。



Model7150 ブロック図

【特徴】

- 4ch 200MHz 16bit AD
- 1.5GB まで DDR2SDRAM 搭載可能
- Xilinx Virtex-5 FPGA を 2 個搭載
- 200MHz で 2.56 秒のデータキャプチャが可能
- 複数枚のボード間同期を可能とするLVDS clock / sync バス
- カスタムIOのためFPGAと 32PairのLVDS接続
- VITA42.0 対応 XMC インターフェースを用意
- PCI Express をはじめ、PCI/CompactPCI/PMC ボードを用意
- FPGA 開発のための Design Kit を用意
- VxWork / Linux / Windows をサポート

■■■■ ソフトウェア開発者に朗報 !!!

MATLAB/Simulink を使ったアルゴリズムの開発・検証や VHDL コードの自動生成等に連動した専用アダプテーションキットにも対応予定

■■ DDC の IP コアインストール製品も用意 !!!

256 チャンネル DDC
各バンクのDecimationレンジを128~1024、64ステップ
32 チャンネル DDC
各バンクのDecimationレンジを16~8192、8ステップ
2or4 チャンネル DDC
各バンクのDecimationレンジを2~256、1ステップ

受託開発コーナー

弊社ではハード & ソフトの受託開発も承っています。是非ご利用下さい。

(お問合わせは)
sales@mish.co.jp
http://www.mish.co.jp/



MISH
INTERNATIONAL

株式会社ミツシュインターナショナル
TEL 042-538-7650 FAX 042-534-1610
〒190-0004 東京都立川市柏町4-56-1



MicroBlaze v7 Gets an MMU

MicroBlaze v7 が MMU (メモリ管理ユニット) を装備

メモリ マネージャが本格的な Linux をザイリンクス プロセッサ コアに導入

Tom R. Halfhill

Senior Analyst

In-Stat/Microprocessor Report

thalfhill@reedbusiness.com

ザイリンクスは、MicroBlaze™ エンベデッド プロセッサ コアを再びアップグレードしました。今回のアップグレードでは、仮想メモリをサポートする高度なオペレーティング システム (OS) を 32 ビット プロセッサで実行可能にする、オプションのメモリ管理ユニット (MMU) を新たに追加しています。設計者は、よりシンプルなメモリ保護ユニット (MPU) に変えたり、あるいは統轄的なメモリ管理を省略することも可能です。

Linuxworks 社の BlueCat Linux は、MicroBlaze v7 で初めて搭載された本格的なオペレーティング システムです。それまでは、シンプルなエンベデッド用オペレーティング システムのみ使用可能で、仮想メモリやメモリ保護はサポートしていませんでした。MicroBlaze v7 はオプションで MMU や MPU を使用でき、厳重なセキュリティと信頼性が必要とされる広範なエンベデッド アプリケーションに最適です。

MicroBlaze v7 では、その他の改善も行われています。高速浮動小数点の性能向上と、コプロセッサやカスタム ロジックでより良い I/O 性能が得られるインストラクションを提供します。また、CoreConnect インターフェイスを最新の CoreConnect Processor Local Bus (PLB) v4.6 にアップグレードし、オンチップ ペリフェラルへの高速リンクを提供

します。

これらの改善により、MicroBlaze は競合他社のプロセッサ コアに対し、大きなアドバンテージを提供します。Altera 社の Nios II や ARM 社の最新プロセッサ製品 Cortex-M1 は、MMU や MPU を持っていない。MicroBlaze v7 は、現在 495 ドルで販売されている開発キットの一部として入手可能です。(さらに 100 ドルの追加で、ザイリンクス Spartan®-3E FPGA を搭載した開発ボードも購入できます。) 開発キットの価格には、MicroBlaze v7 のライセンス料も含まれているため、そのプロセッサをザイリンクスのチップ内で展開する際、ロイヤリティを支払う必要がありません。

堅牢なメモリ管理

ザイリンクスは、このソフト プロセッサ MicroBlaze を 2001 年に発表して以来常に改善を重ねてきました。2005 年には、オプションで FPU の提供を開始しました。さらに、2006 年は、インストラクション パイプラインを増やすことで、より高速なクロック スピードの実現を可能にし、2007 年の初めには、いくつかのマイナーな改善を加えた MicroBlaze v6 をリリースしました。そして MicroBlaze v7 では、メジャーリーグ級のメモリ管理機能を導入しました。これにより MicroBlaze は、より広範囲のエンベデッド アプリケーションに適用可能になりました。

MicroBlaze は、MMU によって Linux 2.6 カーネルをベースにした本格的なオペレーティング システムを実行できます。まだ公表はされていませんが、将来的には Microsoft 社の Windows CE を実行できるようになる可能性もあります。仮想メモリをサポートするプロセッサは、強力なオペレーティング システムや、より大きなアプリケーション プログラム、複数プログラムを、セキュリティや信頼性を損なわないようメモリの衝突を避けて実行することができます。加えて、仮想メモリを使用するとシステムに必要な実際の物理メモリが少なくなるため、その結果、コストおよび消費電力を低減できます。小型のエンベデッド システムでの、従来では大きなシステムに限定されていた重要度の高いアプリケーションの採用が進み、高度なメモリ管理はますます必需品となりつつあります。

もちろん、多くのエンベデッド システムは常に高レベルのメモリ管理を必要としているわけではないので、MicroBlaze MMU はオプションとなっています。これは MicroBlaze でザイリンクスの開発ツールを使ってプロセッサを合成する際の 1 つのコンフィギュレーション オプションです。もう 1 つのオプションは MPU で、これをインプリメントすると、仮想メモリやアドレス変換を行うことなくメモリの保護が行えます。MPU は、他のプログラムによる偶発的あるいは悪意ある進入を防ぐため、プログラムのメモリ領域の遮蔽が必要であるエンベデッド システムにとって

表 1 - MicroBlaze v7 の 3 種類のメモリ管理オプションに必要なサイズ：各オプションには、追加でFPGA 内のルックアップ テーブル (LUT) が必要となり、プロセッサコアが大きくなります。(フルにコンフィギュレーションされたコアでは約 3,000 個の LUT が必要です。) ザイリンクス Virtex-5 と Spartan-3 FPGA ではこれらのオプションのサイズが少し異なっていますが、これは LUT の構造の相違によることに注意してください。Virtex-5 の LUT は 6 入力ですが、Spartan-3 の LUT は 4 入力です。

メモリ マネージャの種類	LUT 数 (Virtex-5)	LUT 数 (Spartan-3)
メモリ マネージメント ユニット (MMU)	910	1,100
メモリ保護ユニット(MPU)	560	670
特権モードのみ	34	38

最適です。さらにもう 1 つのオプションとして、メモリ保護や仮想メモリとは関係なく、特権モードを実行する機能をインプリメンテーションすることが可能です。特権モードでは、オペレーティング システムや特権を与えられたアプリケーションプログラムだけが、システムの安全性にかかわる重要な命令を実行できます。

表 1 は、MMU や MPU、特権実行などの各オプションの使用が、合成されたプロセッサのサイズに与える影響を、FPGA のプログラマブル ロジック ファブリックにインプリメントする際に増加するルックアップ テーブル (LUT) 数で測定したものを示します。特権モードのみをインプリメントする際は少しの LUT で済むため、ほとんど問題はありません。他のオプションについては、事前の考慮が必要です。特に、約 1,000 個の LUT が必要になる MMU では、フルにコンフィギュレーションされた MicroBlaze v7 コアのほぼ 1/3 を使用します。(それだけの規模のデザインを考慮する場合でも、MicroBlaze v7 開発ボードに搭載された Spartan-3E 1600E チップは約 33,000 個の LUT を持っており、購入数にもよりますが 10 ～15 ドルで入手可能です。)

フル装備の MMU は、仮想メモリと物理メモリのアドレスを変換するテーブルのサブセットを格納する変換索引バッファ (TLB) を必要とするなどの理由により、最も大きいメモリ管理オプションです。MicroBlaze v7 は 64 エントリの統一された TLB を持っています。これには、インストラクション メモリ ページとデータ

メモリ ページのためのシャドウ エントリがあり、ソフトウェア管理のバッファを補完します。シャドウの数は、ユーザーがコンフィギュレーションできます。インストラクションおよびデータは、共に 1、2、4、または 8 エントリです。(デフォルトのコンフィギュレーションは、インストラクションには 2 シャドウ、データには 4 シャドウです。) プロセッサはこのシャドウを自動的に管理し、TLB がスラッシュすることを防いでいます。メモリ ページのサイズは 1KB～16MB の範囲で、サイズの混在も可能です。MicroBlaze v7 は 32 ビットのアドレスが有効なため、最大 4GB のフラット メモリにアドレスできます。

MicroBlaze の MMU は、IBM PowerPC® 405 プロセッサに搭載の MMU にならって作られました。それは偶然ではありません。Virtex® FPGA の一部のファミリはハードウェア プロセッサコアとして PowerPC 405 を搭載していますが、これはファブリック内に合成された MicroBlaze プロセッサよりもかなり高速に動作します。MicroBlaze v7 に類似の MMU を搭載したことによりいくつかの利点を提供します。まず、仮想メモリオペレーティング システムを PowerPC Architecture から MicroBlaze へ容易に移植できます。次に、共有メモリ コンフィギュレーションでの、一つまたは複数の MicroBlaze コアを PowerPC 405 と一対にしたマルチコア デザインの生成を容易に実現します。さらに MicroBlaze v7 は、IBM との契約によって、将来発表さ

れる新しい PowerPC コアをザイリンクス FPGA に搭載する準備があります^(*)。

高速 CoreConnect バス

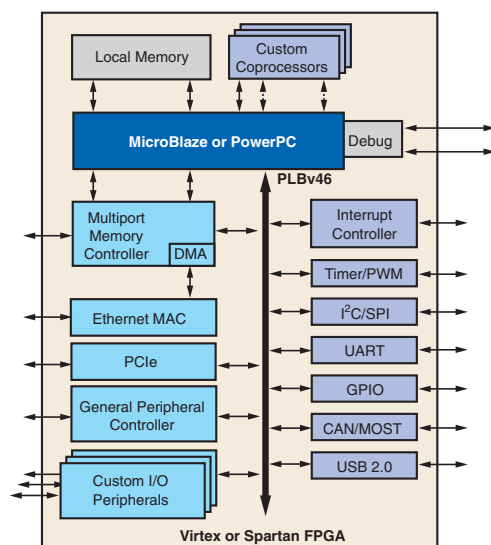
CoreConnect は、IBM が 1999 年に自社の PowerPC Architecture プロセッサ用に開発して発表した、SoC 用のオンチップ バスです。IBM はこのバスを主に Power Architecture プロセッサ用に生成しましたが、これは特定の CPU アーキテクチャに限らず、合成可能な知的設計資産 (IP コア) として使用する目的で誰でも自由にライセンス契約ができます。ソフト IP コアベンダは過去 8 年以上にわたって、CoreConnect と互換性があるライセンス契約が可能なペリフェラル コアを数多く製造してきました。CoreConnect より広くサポートされているオンチップバスは、ARM 社の AMBA のみです。

CoreConnect は高効率化の実現のため、低速ペリフェラルと高速ペリフェラルを分離し、ブリッジで連結されたそれぞれのバスに接続しています。これまで MicroBlaze は、32 ビット幅のデータバスの低速オンチップ ペリフェラル バス (OPB) のみをサポートしてきました。MicroBlaze v7 は下位互換のため、OPB もサポートしていますが、高速プロセッサローカル バス (PLB) のサポートを追加しました。PLB データバスは、合成の際、32、64、または 128 の各ビット幅にコンフィギュレーションできます。バスのバンド幅は、データバスの幅と FPGA のクロック周波数に依存します。Virtex-5 デバイスのうち最速なものは最大動作周波数が 550MHz で、このとき 128 ビット PLB の理論上の最大バンド幅は、8.8MB/秒となります。

PLB は CPU に直接接続され、いくつかのオンチップ ペリフェラルにより共有されるマルチドロップ バスを提供します。これは、Fast Simplex Link (FSL) と呼ばれるザイリンクス独自のインターフェイスを補完します。FSL は、直接のポイント ツー ポイント インターフェイスで、マルチドロップ バスではありません。FSL は共有バスよりも高速ですが、I/O インタ

^{*}注：2008 年 4 月 1 日に発表された Virtex-5 FXT ファミリには PowerPC 440 が搭載されています。

図 1 - SoC ブロック ダイアグラムの例：このパケット プロセッサは、クリティカルなデータパスに対してはザイリンクスの Fast Simplex Link (FSL) を使用し、他のオンチップペリフェラルに対しては IBM 社の共有 CoreConnect プロセッサローカルバス (PLB) を使用しています。MicroBlaze v7 は CoreConnect PLB をサポートする最初のコアのバージョンです。以前の MicroBlaze コアは、低速の CoreConnect オンチップペリフェラルバス (OPB) のみをサポートしてきました。マルチポートメモリコントローラは、ビルトインDMA 機能を備えたザイリンクス独自の IP コアで、DDR1 と DDR2 の SDRAM と互換性があります。



ーフェイスあたりに必要なロジックゲートが増加します。SoC デザインでは、1 個または複数の FSL を CoreConnect PLB と組み合わせて複数の異なる目的に使用できるため、設計者には選択肢の幅が広がります。

図 1 は、ザイリンクス FPGA に、MicroBlaze/PowerPC 405 プロセッサコアを使用して、インプリメントした SoC の例を示します。この TCP/IP パケットプロセッサの例では、イーサネットコントローラや外部メモリコントローラ、および CPU とのリンクが最もクリティカルなデータパスとなります。これらのデータパスはビット幅が 32~128 の FSL です。あまりクリティカルでないコンポーネントは、CoreConnect PLB を共有しています。ザイリンクスの開発ツールは、特定の目的用に FSL を自動でコンフィギュレーションしますが、設計者がマニュアルでインターフェイスをコンフィギュレーションすることも可能です。

ザイリンクスは IBM 社の協力を受け、標準 CoreConnect IP コアに多少の変更を加えています。その変更は、特にゲート数の大きなチップに信号を配線する場合、FPGA のプログラマブルロジックゲートが ASIC のスタンダードセルほど効率的ではないために必要となります。データパスやクロックツリーは FPGA 内でより広範になる傾向にあり、タイミングクロー

ジャを困難にします。多くのペリフェラルをチップ全体に広がる共有バス上に配置するような複雑なデザインでは、もっと事態は厳しくなります。そこでザイリンクスは、PLB をより同期させ、また、予測できないデータバーストを排除するよう変更しました。ザイリンクスはこれらの比較的主眼的な変更により、タイミングの問題が発生することなく、10~20 個のペリフェラルの CoreConnect PLB への接続を可能にしました。

さらに、PLB に変更を加え、PLB が Virtex-5 FPGA 内のハードウェアトランシーバと、より効率的に動作できるようにしました。これらのトランシーバは、PCI Express エンドポイントやトライモードイーサネットメディアアクセスコントローラ (TEMAC) で、ファブリック内に合成された等価なソフト IP コアコントローラよりもはるかに高い性能を提供します。PCI Express エンドポイントは完全にバッファリングされ、1、2、4、または 8 レーンをサポートしています。TEMAC トランシーバは、10Mb/秒や、100Mb/秒、さらにギガビットのイーサネットレーンをサポートします。ザイリンクスのベンチマークテストによると、MicroBlaze v7 と TEMAC をベースにしたパケットプロセッサは、750Mb/秒のスループットを達成しました。これは、トランシーバの論理上の最大バンド幅である 75% にも

及ぶ数値です。

AMBA は、CoreConnect に比べてより広範囲をサポートしていますが、MicroBlaze には後者の標準がより適合します。Virtex ファミリー FPGA に搭載された PowerPC 405 プロセッサは CoreConnect を使用しているため、PowerPC 405 と MicroBlaze コアを使用して非対称マルチプロセッサシステムを容易に生成できます。サードパーティベンダ提供の多くのペリフェラル IP コアは、通常シンプルなバスケットアダプタを追加することで、AMBA と CoreConnect のいずれも使用可能です。

新しいインストラクションにより性能が向上

ザイリンクスは、11 個の新しいインストラクションを MicroBlaze v7 に追加しました。浮動小数点操作用に 3 個、FSL 用に 8 個です。新しい浮動小数点のインストラクションは理解しやすくなっています。1 個の FSQRT インストラクションは 32 ビット浮動小数点値の平方根を、27 または 29 クロックサイクルで計算します。サイクル数は、MicroBlaze プロセッサのパイプラインが 3 ステージと 5 ステージのどちらにコンフィギュレーションされているかによって決定します (パイプラインが深いほど高速になります)。FSQRT を使用せずに、同じ操作をソフトウェアライブラリに対するファンクションコールで行うと 500 サイクルかかります。

残り 2 個の新しい浮動小数点用インストラクションは、整数を浮動小数点に変換、もしくはその逆を行います。FLT インストラクションは 32 ビットの整数を 32 ビットの浮動小数点に、パイプラインの深さにより 4 クロックか 6 クロックで変換します。ソフトウェアファンクションで行う場合、330 サイクルかかります。逆に、FINT インストラクションは 32 ビットの浮動小数点を 32 ビットの整数に、パイプラインの深さにより 5 クロックか 7 クロックで変換します。ソフトウェアのファンクションコールでは 88 サイクル必

表 2 - MicroBlaze v6 と MicroBlaze v7 の性能比較：この比較はパケット プロセッサ デザインに基づき、新しい MicroBlaze コアとその旧バージョンを比較しています。アップグレードされたデザインは 3 倍以上速くなっています。しかし、ザイリンクスは、TCP/IP スタック、メモリ コントローラやイーサネット コントローラなどの条件も変えているため、多少曖昧な比較になっています。特にネットワーク インターフェイスは、ソフト IP コア高速イーサネット MAC (100Mb/秒) からハードワイヤ接続されたギガビット イーサネット トライモード MAC (10-100-1,000Mb/秒) に大幅に変更されています。

Feature	MicroBlaze v6 エンベデッド開発キット 9.1	MicroBlaze v7 エンベデッド開発キット 9.2
TCP/IP スタック	LwIP	Treck
オンチップ インターコネクト	CoreConnect オンチップ ペリフェラル バス (OPB)	CoreConnect プロセッサ ローカル バス (PLB v4.6)
外部 メモリ コントローラ	ザイリンクス MCH_OPB_DDR	ザイリンクス マルチポート ザイリンクス マルチポート
イーサネット MAC	高速イーサネット (10-100 Mb/s)	ギガビット イーサネット トライモード MAC (10-100-1,000 Mb/s)
ザイリンクス FPGA	Virtex-5 LX	Virtex-5 LXT
パケット転送のスループット	約 70 Mb/秒	250 Mb/秒以上

要です。

8 個の新しいインストラクションは、コプロセッサが FSL を介して MicroBlaze コアに接続されている際の I/O 性能を改善します。これらのインストラクションは PUT および GET オペレーションの形式をとり、プログラムはコプロセッサ I/O をブロッキングまたはノンブロッキング操作として管理します。ブロッキングの場合、CPU はコプロセッサの要求を終えるまで、他のオペレーションの処理を停止します。ノンブロッキングでは、コプロセッサの要求が FIFO バッファに入る間、CPU は他のオペレーションの処理を続けます。バッファがフルになるまでは、CPU はブロックされません。設計者はコプロセッサのニーズに応じて、バッファのサイズをコンフィギュレーションできます。

さらに、MicroBlaze v7 は、従来の 2 倍の FSL インターフェイスに対応しており (16 対 8)、また、プログラムが、ランタイム時にコプロセッサを個々の FSL に動的に割り当てることができます。以前はコプロセッサの FSL への割り当ては、ソフトウェアでハードコード化されていたため、変更の都度ソフトウェアを再コンパイルする必要がありました。MicroBlaze v7

では、FSL への割り当てを動的に変更できるため、変化する状況や作業負荷に順応するソフトウェアを用意することができます。たとえば、コプロセッサに搭載されているカスタム ハードウェアや実行すべきタスクに応じてランタイム時に適切なコプロセッサを選択するような、あらかじめコンパイルされたソフトウェア ライブラリを作成することができます。マルチメディア アクセラレーション ライブラリを、高速フーリエ変換 (FFT) や有限インパルス応答 (FIR) フィルタの処理に特化しているコプロセッサ上で実行することができます。

表 2 は、パケット プロセッサのデザインを MicroBlaze v6 から v7 に移植した場合の結果を示します。スループットは、70Mb/秒から 250Mb/秒と 3 倍以上に改善されました。ザイリンクスで実施したこの比較では、項目ごとに切り離してデザイン変更による効果を検証したわけではないため、それぞれ効果の度合いに差があることに注意してください。特に、イーサネット コントローラでは、アップグレード後のデザインでは非常に高速化されています。それでも、この比較によってどのようなことが可能であるかが理解できます。システムの理論上の最大バンド幅を増やすこ

とは、必ずしもより高いスループットを保証するわけではありません。MicroBlaze v7 の機能の一つとして、Virtex-5 LXT チップ内にハードワイヤ接続された TEMAC に対して、より適切な CoreConnect をサポートします。

新規参入者 ARM

MicroBlaze v7 は、ザイリンクスが 2007 年に発表した 2 つめのバージョンのプロセッサで、2006 年から数えると 3 度目となります。度重なるアップグレードでしたが、プロセッサとしては大きく改善されました。改善のペースを速めた理由として、競合他社の新規参入製品である ARM 社の Cortex-M 1 が発表されました。

Cortex-M1 は、FPGA 向けの ARM 社の最初のプロセッサ コアで、プログラマブル ロジック ファブリックに最適化されています。ARM 社は以前から、ライセンス取得者に FPGA 上でのデザイン テストを認めていましたが、最終デザインのチップとしての供給は行っていませんでした。ARM 社のこの経営方針の変更は、ASIC のデザインおよび製造コストが上がってきていることや、ザイリンクスの MicroBlaze や Altera 社の Nios II コアに人気が出てきたことによって加速したようです。(ザイリンクスおよび Altera 社はそれぞれ各社のプロセッサのライセンスを数万件販売しています。) Cortex-M1 は新しく開発された主要製品で、競合関係を一変させるものでした。

最初に Cortex-M1 のサポートを表明したのは Actel 社で、Altera 社やザイリンクスに比べ規模の小さい FPGA ベンダです。Actel 社は、ARM のライセンス購入やチップに関して ARM へのロイヤリティをユーザーに要求せずに、Cortex-M1 FPGA を販売できるよう、ARM 社と特別な契約を結びました。この契約により、ARM ベースのデザインを展開するコストは劇的に縮小しました。ザイリンクスは同様の契約を発表してはいませんが、MPR 社は将来的にその可能性があるかとみています。Cortex-M1 と MicroBlaze プロセッサは ARM 社とザイリンクスのライバル関係を



表 3 - ザイリンクス MicroBlaze v7、MicroBlaze v6、Altera 社 Nios II、および ARM 社 Cortex-M1 の各プロセッサ コアの性能比較：
 すべて 32 ビットのエンベデッド プロセッサで、FPGA で合成できるように最適化されています。Altera 社の Nios II には設計者が自分でカスタマイズできる 3 つの基本コンフィギュレーションがあります。MicroBlaze v7 と v6 の鍵となる差異は赤色のテキストでハイライト表示しています。新しく MMU/MPU を導入したことで、MicroBlaze v7 は Nios II に対し重要な優位点を得ています。Cortex-M1 はこの比較ではその良さが見えませんが、一般的によく知られた CPU アーキテクチャであることがその埋め合わせになっています。(FSL はザイリンクスの Fast Simplex Link です。Avalon-MM は Altera 社のメモリ ツーマップインターフェイスです。)

機能	Xilinx MicroBlaze v7.0	Xilinx MicroBlaze v6.0	Altera Nios II/f	Altera Nios II/s	Altera Nios II/e	ARM Cortex-M1
アーキテクチャ	MicroBlaze	MicroBlaze	Nios II	Nios II	Nios II	ARMv6-M
主なFPGA ターゲット	Virtex-5 Spartan-3	Virtex-5 Spartan-3	Stratix, Cyclone, HardCopy	Stratix, Cyclone, HardCopy	Stratix, Cyclone, HardCopy	Fusion, ProASIC-3, Stratix, Virtex-4/5 Cyclone, Spartan
コンフィギュレーションISA	—	—	有	有	有	—
パイプラインの深さ	3 あるいは 5 ステージ	3 あるいは 5 ステージ	6 ステージ	5 ステージ	1 ステージ*	3 ステージ
I(命令) キャッシュ	0~64K	0~64K	0~64K	0~64K	—	—
D(データ) キャッシュ	0~64K	0~64K	0~64K	0~64K	—	—
ローカル メモリ	256K のメモリが 0 あるいは 2	256K のメモリが 0 あるいは 2	コンフィギャブル メモリが0~8	コンフィギャブル メモリが0~4	—	1~1,024K のメモリ が 0 あるいは 2
32 ビット乗算器	オプション	オプション	オプション	オプション	—	有, 2 オプション
32 ビット除算器	オプション	オプション	オプション	オプション	—	—
バレル シフター	オプション	オプション	オプション	オプション	—	有
FPU	オプション 32 ビット (新インストラクション)	オプション 32 ビット	オプション 32 ビット	オプション 32 ビット	オプション 32 ビット	—
ブランチ予測	—	—	ダイナミック	スタティック	—	—
Priv. レベル	1 または 2	1	2	2	2	1
コプロセッサ インターフェイス	FSL (新インストラクション)	FSL	Avalon-MM	Avalon-MM	Avalon-MM	AMBA-Lite
オンチップ インターコネクト	CoreConnect PLB v4.6	CoreConnect OPB	Avalon-MM	Avalon-MM	Avalon-MM	AMBA-Lite
メモリ管理	オプション MPU あるいは MMU	—	—	—	—	—
変換索引 バッファ (TLB)	オプション 8-entry I + D 64-entry 統合	—	—	—	—	—
コア周波数 (最大)	220MHz **	220MHz **	205MHz	165MHz	200MHz	最高 72MHz*** 最高170MHz****
内部性能 (最大)	240 DMIP	240 DMIP	225 DMIP	127 DMIP	31 DMIP	0.8 DMIP/MHz
FP 性能 (最大)	50 MFLOPS	50 MFLOPS	適用外	適用外	適用外	適用外
FPGA ロジック セル数	980~3,000	960~1,700	1,800	1,150	600	3入力 LUT タイル 4,300以上 (4入力 LUT セル最高1,900)
発表時期	2007 年 11 月	2007 年 5 月	2004 年	2004 年	2004 年	2007 年第 4 四半期
価格	495ドル	495ドル	495ドル	495ドル	495ドル	100,000ドル以下(ARM) 無償(Actel)

* Nios II/e は 6 ステージのパイプラインを持っていますが、1 ステージであるかのように動作します。

** 最大クロック スピードは、最高速のザイリンクス Virtex-5 FPGA での合成を想定しています。

*** Actel 社の ProASIC3 や Fusion FPGA で合成した場合の概算値です。

**** ザイリンクス Virtex-5 FPGA で合成した場合の概算値です。

象徴しているようにも見えますが、彼らの関係は競合というよりもむしろ協調的といえます。ARM 社は、MicroBlaze がザイリンクス FPGA の売上を伸ばすために開発された目玉商品であることを理解しています。MicroBlaze v7 のライセンス契約料はわずか 495 ドルで、ライセンス料ではなくチップの販売金額で実際の売上を上げたい考えです。ユーザーが Cortex-M1 を搭載するために FPGA を購入するようになれば、ザイリンクスにとっても喜ばしいことです。

とはいえ、ARM 社とザイリンクスが協調関係になれば、MicroBlaze v7 は Cortex-M1 より格段の性能を誇ることが分かります。発売されたばかりの ARM 社のプロセッサでは、ザイリンクスの目玉商品とは比較になりません。それは MicroBlaze v7 が低い価格設定にもかかわらず、Cortex-M1 にはない非常に豊富な機能を提供するためです。たとえば、オプションの FPU や MMU/MPU、32 ビット除算器やインストラクション/データ用キャッシュなどが挙げられます。加えて、MicroBlaze の動作クロック周波数が Cortex-M1 よりも高いという点も挙げられます。ARM 社の最大のセールスポイントは、Cortex-M1 が ARM 社の製品であるということです。ARM 社のアーキテクチャは業界標準に近く、非常に多くのペリフェラル IP コアや開発ツール、ソフトウェアにサポートされています。

表 3 が示すように、Altera 社の Nios II は 2004 年以来大幅なアップグレードがありませんが、MicroBlaze に最も近い性能が確認されています。MicroBlaze v7 は、オプションの MMU/MPU を追加したことで、Nios II に対して最初の大きなアドバンテージを得ました。しかしながら Altera 社も 1 つのアドバンテージを保持しています。それは、ユーザー コンフィギュラブルなインストラクション セットアーキテクチャです。Nios II は、カスタム インストラクションを作成して特定アプリケーションの実行速度を加速することにより、性能を劇的に改善します。MicroBlaze は、プログラマブル ロジック ファブリック内にコプロセッサをイン

プリメントすることで、同様の結果を得ることが可能です。(本記事が出版された 2007 年 11 月 13 日と期を同じにして、Altera 社は Synopsys 社と提携すると発表しました。この提携により Nios II ベースのデザインを FPGA からスタンダードセルの ASIC に移行するのが容易になります。MPR 社は、将来この進展状況を報告しようと計画しています。)

これらプロセッサ間の価格ギャップは、縮小しつつあります。Cortex-M1 より以前は、FPGA ベンダのプロセッサ コアのライセンス費用と ARM 社のライセンス費用では、4 桁の開きがありました。MicroBlaze や Nios II は約 500 ドルであるのに対して、ARM コアは数百万ドルでした。ARM 社は、長年の習慣としてライセンス契約料の公示を行ってきませんでしたが、Cortex-M1 のライセンス契約料は、(詳細はまだベールに包まれているが) 契約料を 100,000 ドル以下にすると発表しており、これは大きな価格破壊になることが予想されます。上述したように、Actel 社は ARM のライセンス契約料を全く取らずに、Cortex-M1 があらかじめコンフィギュレーションされた FPGA を販売します。Altera 社とザイリンクスは、FPGA への搭載が準備できているプロセッサを実質的に安く提供しているため、ARM 社は Cortex-M1 に競争力をつけるため自社のライセンス契約モデルを変更する必要があったのです。

FPGA 向け CPU の将来性

FPGA の価格が下がり ASIC のコストが上昇してきた今日、プログラマブル ロジックに SoC を展開することはますます魅力的です。MPR 社が以前に指摘したように、FPGA のインプリメンテーションによる量産は、ASIC のインプリメンテーションによる量産に比較して、さらに経済的となり FPGA に有利な傾向が続いています。また、その傾向を変えるものはいまだどこにも見当たりません。そのような理由から、MicroBlaze (と Nios II) の将来は光り輝いているといえます。

しかし、設計者が FPGA へのインプリ

メントに選択可能な CPU アーキテクチャには、この傾向を変え得る可能性があります。現在のところ、MicroBlaze と Nios II は、それぞれの FPGA ベンダから実質無償でライセンスを提供されていることから、最も好まれる選択肢でした。しかし、ARM 社の Cortex-M1 は、業界で最も人気のある 32 ビットのエンベデッド プロセッサ アーキテクチャを使用したオプションにより、この流れを変えつつあります。今後、他のエンベデッド プロセッサ アーキテクチャも、この騒動に加わる可能性があります。現在のところ、ARC 社、MIPS Technologies 社や Tensilica 社は、デザインの FPGA への展開をライセンス契約者に禁じているわけではありませんが、それらのプロセッサはプログラマブル ロジックに対して最適化されていないことから、その展開の推進もしていません。

もし他の CPU アーキテクチャが、適正な価格で FPGA 内に利用できるようになれば、FPGA ベンダ自身の CPU アーキテクチャがそれほど魅力的ではなくなるときが来るかもしれません。Altera 社とザイリンクスは、ARM 社がこれから売り上げるであろう CPU ライセンスを優に超える数を販売してきました。しかしこれらのライセンス契約の多くは、量産の意図のない学生や駆け出しの設計者によって購入されています。FPGA ベースの SoC を量産しようと考えている企業は、もっと広くサポートされている CPU アーキテクチャを検討するかもしれません。そして、MicroBlaze と Nios II は、マイクロプロセッサ史上に名を残すとしても脚注扱いで終わるかもしれません。

そうなったとしても、Altera 社とザイリンクスのプロセッサは、その目的は遂行するでしょう。両社は、FPGA を積極的に販売すると同時に、FPGA ベースの SoC 市場に種をまく努力をおしまず、FPGA 特定のプロセッサが持つべき機能とその最適化を模索し続けるでしょう。MicroBlaze と Nios II がこの先どれだけ長く繁栄するかは別として、それぞれのベンダにとって賢い投資であることは間違いないでしょう。 🌈



Debugging Systems with FPGA Embedded Processors

FPGA エンベデッド プロセッサ用デバッグ システム

使い易く最先端機能を提供し、
デバッグの効率化を図る F-Sight

Jorge Carrillo
Staff Software Engineer
Xilinx, Inc.
jorge.carrillo@xilinx.com

今西 宏次
製品開発部
株式会社コンピューテックス
ima@computex.co.jp

Raj Nagarajan
Senior Software Engineer
Xilinx, Inc.
raj.nagarajan@xilinx.com

西口 信博
製品開発部
株式会社コンピューテックス
nishi@computex.co.jp

鈴木 綾子
製品開発部
株式会社コンピューテックス
suzuki@computex.co.jp

ますます多くの FPGA デザインが、PowerPC® やザイリンクス MicroBlaze™ などプロセッサを搭載するようになりました。これらのプロセッサは、VHDL や Verilog のようなハードウェア記述言語ではなく、むしろ C のようなソフトウェア言語で記述するほうが容易な制御タスクを扱います。

エンベデッド システムのデザインは、開発期間の大部分をデバッグ作業にあてるケースがほとんどでしょう。そのため、問題点を発見しそれを解決する作業時間をいかに低減できるかが重要となります。問題に直面した際は、問題点の迅速な特定を含め、それら作業に適切なツールを使用することが重要になってきます。

コンピュテックス社の F-Sight は、ハードウェアとソフトウェア双方のデバッグ機能を提供する統合デバッグです。F-Sight は、FPGA 内部プロセッサの完全なソフトウェア デバッグを行い、また、FPGA ハードウェア信号の観測も可能です。本稿では、F-Sight がいかにデバッグ効率の改善に役立つかを紹介します。

デバッグの使用

ザイリンクスは、コンピュテックス社のデバッグで利用できる機能を、FPGA 内部のエンベデッド プロセッサにも使用できるようにしました。MicroBlaze プロセッサについては、MicroBlaze デバッグ モジュール (MDM) によりプロセッサの実行を制御し、デバッグを行います。また、ザイリンクス MicroBlaze トレース コア (XMTC) を使用して、プロセッサのプログラム実行履歴であるトレース データの取得が容易行えます。

FPGA デバイスのピン数には制限があることから、ピンに出力する信号数を減らすことは重要です。プロセッサ トレースを行うには CPU の全バス信号が必要ですが、XMTC はその使用量を 10% までに圧縮したコアを提供します。

デバッグがトレース データを取得できるようにするには、MDM コアと XMTC コアをそれぞれ MicroBlaze プロセッサのデバッグ インターフェイスとトレース インター

フェイスに接続する必要があります。圧縮されたトレース信号を取り出して FPGA のピンに出力すると、F-Sight がデータを収集できるようになります。FPGA をインプリメントした後、F-Sight をターゲット ボードの Mictor コネクタに接続します。Mictor コネクタを搭載していないザイリンクス製の ML400 シリーズや ML500 シリーズ、あるいは Spartan®-3E/3A/3AN FPGA ボードを使用している場合でも、コンピュテックス社の F-Sight 変換アダプタを使用すれば、F-Sight のプロセッサ トレース機能を利用できます。図 1 は、F-Sight 変換アダプタを使用して、F-Sight が Spartan-3 ボードに接続されている様子を示しています。

プロセッサ トレースの使用

プロセッサ トレースは、プロセッサを停止させることなくプログラムの実行履歴を取得します。そのため、長い周期にわたってプログラムの流れを解析してコード内の問題点を特定できますが、その際プロセッサのすべての実行状態に影響を与えることはありません。コンピュテックス社の F-Sight はプロセッサ トレース機能を提供し

ていますが、これは他の異なる状況下においても、非常に使い勝手の良い機能であることが証明されています。

常に「例外」を出しているプログラムを想像してください。例外は、プログラムのどこにでも発生しますが、課題は、その例外がなぜどこで発生したかを見つけることです。F-Sight では、例外が発生する開始場所か例外ベクタにブレークポイントを設定でき、プログラムはそのブレークポイントに到達すると停止します。プログラムが停止すると、F-Sight によって収集された実行履歴を見ることができます。それは、例外ハンドラに入る前に実行された命令を表示します。

エンベデッド システムでは、スタックのオーバーフローも共通の問題点です。突然、プログラムが適切でないとと思われる場所から実行を開始する可能性があります。スタックはオーバーフローが原因で壊れてしまうでしょう。この問題が発生している疑いがある場合は、トレース データの取得を開始あるいは停止させるためのトリガを設定します。スタック ポインタとスタックの上限を比較できるトリガ条件を設定すれば、その条件が起ったときにプログラムは停止します。そうすることにより、スタック

図 1 - Spartan-3 ボードに接続された F-Sight



図 2 - F-Sight のプロービング



のオーバーフローとそれが起こった場所を容易に特定できます。

リアルタイム システムでは、プログラムの実行に影響を与えるという理由で、デバッグを行うためにプロセッサを停止できない場合があります。また、非常に稀ではありますが、プログラムの実行を長時間観測する必要があるケースもあります。F-Sight を使用すれば、複雑なトリガ条件を設定してトレース データを取得できるため、後でこのデータを解析して問題点をデバッグすることが可能です。

内部信号のプロービング

一般的に FPGA をデバッグするには、デザインをシミュレーションすることから始めます。シミュレータでは、デザインを設計した結果のエラーは発見できても、仕様上のエラーは発見できません。また、シミュレーションですべてのテストをパスしたデザインが、FPGA にインプリメントすると最終的には動作しないことも多々あります。このような場合、ロジック アナライザを使って実際のターゲット システムをデバッグするのが一般的です。

エンベデッド システムをデバッグする場合、数本の信号をテスト ピンに出力して観測するケースが多いでしょう。しかし、数本の信号をテスト ピンに出力するという簡

単な変更を、FPGA の合成およびインプリメンテーション ツールに通すにはかなりの時間が必要です。回路の規模とコンピュータの性能に依存しますが、1 日に数回しか波形パターンを観測できないこともあるでしょう。加えて、配置／配線を変更したことによるタイミング問題のリスクに陥る場合もあるでしょう。

コンピュータックス社の F-Sight には、「プロービング」と呼ばれる非常に使い勝手の良い機能があります。この機能を使ってデザインを変更すれば、再合成せず、またインプリメンテーション ツールの手を借りることもなく、FPGA の内部信号をピンに

取り出すことができます。HDL のソースを表示している画面で、FPGA の内部信号を選択するだけでよいのです (図 2)。設計者に代わってテスト ピンに適切な配線を追加するなど、後はすべて F-Sight が自動的に実行してくれます。これは、ザイリンクス ISE® ソフトウェア ツールに含まれている FPGA エディタを利用することで実現しています。この「プロービング」機能により、デバッグに費やしたい時間を、ロジックの合成や配置／配線を短期間で行うことにより、波形パターンの観察にもっと時間を使えるようになります。

協調デバッグ

システムが正常に動作していないときにできる唯一のことは、実際に起こっているイベントに基づいて問題の原因を探ることです。イベントの追跡は、あるときはハードウェアから、またあるときはソフトウェアから始めたほうが容易です。たとえば、ハードウェアでイベントの追跡を始めた場合に信号に異常が認められると、その信号をトリガに設定し、またソフトウェアで例外ハンドラが呼び出されると、例外ハンドリング ルーチンにブレークポイントを設定してユーザー プログラムを実行します。イベントの発生プロセスは F-Sight のトレース用バッファに取り込まれます。

ここで問題なのは、せっかく履歴を取得しても、ハードウェアとソフトウェアの相

図 3 - F-Sight の協調デバッグ



関係性が分からなければ原因の特定には時間がかかります。コンピュータックス社は、F-Sight でハードウェア（アナライザ）とソフトウェア（トレース）の履歴を同期させることができる協調デバッグ機能をインプリメントしました。この機能により、アナライザの表示画面で波形をスクロールさせると、波形の移動にあわせてプログラム実行履歴とソースコード表示が追従してスクロールするので、イベントが発生時の波形とプログラムの動作を同じ時間軸で確認することが可能です（図 3）。このように協調デバッグ機能は、ハードウェアとソフトウェアの両面から協調したデバッグが可能であるため、原因の早期発見に威力を発揮します。

フラッシュメモリのデバッグ

FPGA の内部メモリは、一般的にエンベ

デッド プロセッサのプログラムを格納することも可能ですが、プログラムの規模があまりにも大きくなると、内部メモリの容量が足りなくなる場合があります。その対策の一つとして、外部 NOR フラッシュメモリを使って、そこにユーザープログラムを格納します。

外部 NOR フラッシュメモリに書き込む機能を装備していないデバッグもありますが、F-Sight では、内部メモリに配置されたプログラムをデバッグするのとまったく同じように、フラッシュメモリに配置されたプログラムを完全にデバッグできます。たとえば、ユーザープログラムをダウンロードしたり、メモリの一部を変更したり、あるいはフラッシュメモリ内にソフトウェアのブレークポイントを設定したりすることも可能です。

F-Sight では、フラッシュメモリを、

1,000 種類以上のオプションの中から選択できます。現在使用しているフラッシュメモリがオプションのリストにない場合でも、グラフィカル ユーザー インターフェイス（GUI）を使い、手動で容易に追加できます。

結 論

FPGA エンベデッド プロセッサ用のデバッグ システムは、時間を浪費するようなタスクであってはなりません。問題に遭遇したときに、その問題を効率よく対処できる適切なツールを使用する必要があります。そうすれば、設計者は限りある時間を有効に利用して開発に集中できます。F-Sight は、すでに多くの方に評価されたデバッグ効率を改善する優れたツールです。 ●●●

GET ON TARGET



パートナーの皆様御社の製品・サービスを Xcell journal 誌上でPRしてみませんか？

Xcell Journal は、プログラマブル ロジック ユーザーへ、ザイリンクス製品／ツールの最新情報をはじめ、システム／アプリケーションの解説、サービス／サポート情報、サードパーティ各社のツール情報などをお届けしています。

現在では日本各地の7,000名を超える幅広い分野のエンジニアの皆様にご愛読いただいております、ザイリンクスが主催・参加するイベントでも広く配布しています。

貴社製品／ソリューションのプロモーションに非常に効果的なメディアです。

広告掲載に関するお問い合わせ先

Xcell Journal 日本語版への広告出向に関するお問い合わせは
e-mail にてご連絡下さい。

有限会社 エイ・シー・シー

sohyama@jcom.home.ne.jp



F-Sight Xstick

エフサイト・スティック

FPGA
CPU
エミュレータ

ザイリンクス製 ソフトコアプロセッサ MicroBlaze 専用

おいしいとこだけ いただきました♡

マルチ機能を誇るF-Sightから
ニーズの高い『おいしい』機能を抽出することで
シンプルな操作感とリーズナブルな価格を実現!
より多くの皆様に本格的デバッグ環境を
ご提供いたします。

- ソフトコア・プロセッサ MicroBlaze 専用
- CPU プログラムのGo/Break/Step 実行制御
- フラッシュメモリ・エリアでのデバッグOK(フラッシュメモリをサポート)
- アナライザで観測する信号を簡単に端子に引き出せるブローピング機能
- USB2.0 電源レス(Vbus)対応
- ロジック・アナライザ機能
- コンピューテックス製品共通のオペレーション 操作性抜群のデバッグソフト「CSIDE」装備



対応デバイス

Virtex-II / II Pro / Virtex-4 / Virtex-5
Spartan-3 / 3E / 3A / 3AN / 3A DSP

製品価格

155,400円 税込
(税抜/148,000円)

ライセンス費
サポート費込み

NEW

F-Sight Xstick
バンドル版

さらにおいしいロープライスな評価版(ボード限定)

F-Sight Xstick + ザイリンクス製 Spartan-3ファミリースターターキット

- コンピューテックス製デバッグソフトCSIDEを標準装備!
- 購入したその日からMicroBlazeの評価とデバッグを体験!

おいしいとこだけじゃなく全部いただきたいという方へ

F-Sight

手のひらサイズに一台三役マルチ機能搭載!

- CPUエミュレーション
- 高速コンフィギュレーション
- ロジック・アナライザ

CPUデバッグ
FPGAデバッグ
同時進行



Computex 株式会社 コンピューテックス
<http://www.computex.co.jp>

〒101-0047 東京都千代田区内神田二丁目15-2 内神田DNKビル7F
TEL 03-3253-2901 FAX 03-3253-2902 E-mail sales@computex.co.jp

記載の会社名および商品・製品名は各社の商標または登録商標です。

コンピューテックス

検索

※詳しくは、弊社ホームページをご覧ください。



ニーズに合わせたプログラムを各種取り揃えて好評配信中!!

FPGA を 導入したい!

FPGA をこれから始める方にFPGA の全体概要を解説した入門編と、ものづくりにチャレンジする経営者、技術管理者の方へなぜ今FPGA /CPLD なのかをご説明します。

▶ 30 分でわかる! FPGA 入門

▶ 15分で判る! FPGA 採用理由

ザイリンクス FPGA を もっと使いこなしたい!

通信、ストレージ、プロ仕様ビデオカメラ、測定機器、CT-スキャン、MRI、航空宇宙などに最適な「PowerPC® 440 プロセッサと 6.5 Gbps 高速シリアルトランシーバを搭載した」Virtex®-5 FXT プラットフォーム FPGA を紹介

▶ PowerPC® 440 / 6.5G トランシーバ搭載 FPGA



高速メモリインターフェイスを実現するための FPGA のキーテクノロジーと、DDR、SDRAM I/F の実現方法を説明します。

▶ 高速メモリ インターフェイス
ソリューションと設計手法

PCI Express® の概要から、Virtex-5/Spartan-3 FPGA を活用した PCI Express の実現方法を説明します。

▶ ザイリンクス
PCI Express ソリューション

FPGA をさらに効率 よく設計したい!

「PinAhead」は FPGA の I/O ピンの配置プランを支援する機能で、これによりパッケージ毎のピンアウト図やピンアウト表が不要になり、I/O の配置を簡単にします。ザイリンクスデバイスを設計するためのソフトウェア「ISE® Design Suite」「PlanAhead™ デザイン解析ツール」に追加された新機能です。

▶ PlanAhead で I/O ピン プランニング

高性能信号処理アプリ を実現したい!

高性能 DSP アプリケーションの開発に最適なザイリンクスの XtremeDSP™ ソリューションをご紹介します。

▶ ザイリンクス XtremeDSP ソリューション

量産で PLD を 使いたい!

Spartan®-3E や CoolRunner™-II CPLD が量産用デバイスに求められる 低コスト化や低消費電力化にどんな点で貢献できるかを解説します。

▶ CoolRunner-II CPLD を使用して
システムの消費電力を低減

▶ ローコスト Spartan-3E FPGA
コンフィギュレーション オプション

採用例を知りたい!

高性能と低消費電力を誇る CoolRunner-II CPLD を活用した応用例をご紹介します。

▶ ザイリンクス CPLD 応用事例

組み込みシステムに 挑戦したい!

FPGA による組み込みシステムの 開発手法について解説します。

▶ FPGA を用いた プロセッサ設計の特徴と手法

セミナー内容の詳細／ご視聴は今すぐこちらから >>> <http://japan.xilinx.com/webseminar/>



ザイリンクス イベント カレンダー

9~11月

ザイリンクスは、年間を通じて多数のトレードショーやイベントに参加しています。これらのイベントは、ザイリンクスのシリコンやソフトウェアの専門家がお客様からの質問にお答えしたり、最新製品やザイリンクスのカスタマのサクセスストーリーをご紹介します機会です。

ザイリンクス出展イベント

9月5日(金)

EDA Tech Forum 2008

ザイリンクスが講演を行います。

◇主 催：メンター・グラフィックス・ジャパン株式会社

◇会 場：東京カンファレンスセンター・品川

◇URL：<http://www.edatechforum.jp/>

10月17日(金)

Ansoft社技術セミナー

ザイリンクスが展示を行います。

◇主 催：アンソフト・ジャパン株式会社

◇会 場：セルリアンタワー東急ホテル

11月19日(水)~21日(金)

Inter BEE (国際放送機器展) 2008

ザイリンクスが展示を行います。

◇主 催：社団法人電子情報技術産業協会

◇会 場：幕張メッセ

◇URL：<http://www.inter-bee.com/>

ザイリンクス販売代理店開催 ・出展イベント

2008年9月9日(火)

東京FPGAカンファレンス

東京エレクトロニクスデバイスが展示を行います。

◇主 催：特定非営利活動法人 FPGA コンソーシアム

◇開催地：秋葉原

◇URL：<http://www.fpga.or.jp/event.html>

2008年9月19日(金)

北陸FPGAカンファレンス

東京エレクトロニクスデバイスが展示を行います。

◇主 催：特定非営利活動法人 FPGA コンソーシアム

◇開催地：金沢

◇URL：<http://www.fpga.or.jp/event.html>

2008年10月10日(金)

東北FPGAカンファレンス

東京エレクトロニクスデバイスが展示を行います。

◇主 催：特定非営利活動法人 FPGA コンソーシアム

◇開催地：仙台

◇URL：<http://www.fpga.or.jp/event.html>

2008年10月24日(金)

中部FPGAカンファレンス

東京エレクトロニクスデバイスが展示を行います。

◇主 催：特定非営利活動法人 FPGA コンソーシアム

◇開催地：名古屋

◇URL：<http://www.fpga.or.jp/event.html>

2008年11月7日(金)

関西FPGAカンファレンス

東京エレクトロニクスデバイスが展示を行います。

◇主 催：特定非営利活動法人 FPGA コンソーシアム

◇開催地：大阪

◇URL：<http://www.fpga.or.jp/event.html>

2008年12月5日(金)

九州FPGAカンファレンス

東京エレクトロニクスデバイスが展示を行います。

◇主 催：特定非営利活動法人 FPGA コンソーシアム

◇開催地：博多

◇URL：<http://www.fpga.or.jp/event.html>

2008年11月19日(水)~11月21日(金)

Embedded Technology (組込み総合技術展) 2008

東京エレクトロニクスデバイスが展示を行います。

◇主 催：社団法人組込みシステム技術協会 (JASA)

◇開催地：横浜

◇URL：<http://www.jasa.or.jp/et/>

※ザイリンクスおよびザイリンクス販売代理店のイベント情報に関する最新情報は、各社のWebサイトをご覧ください。

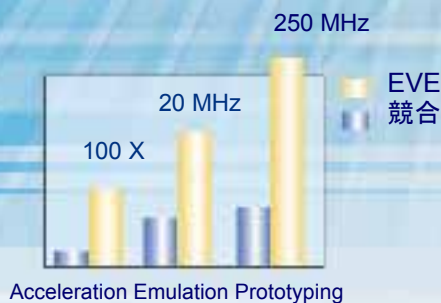
Break The Billion Cycle barrier

THE FASTEST VERIFICATION

ZeBu: EVEによる効果的な検証環境

ZeBuはアクセラレーション、エミュレーション、プロトタイピングといった設計者が必要とする全てのハードウェア・ベースの高速化を最も低い運用コストで提供します。唯一、EVEのチームだけがこれらすべてを同時に実現できます。デザインに潜む「悪霊」を取り除き、検証における生産性を向上させます。

エミュレーション・スピードは最大20MHz、プロトタイプにおいては最大250MHzが可能で、テーブルアウト前におけるハードウェアの検証と完全なるソフトウェアの精査を行えます。高速なセットアップ、実行、洗練されたデバッグによる最も高速な精査が可能です。他のすべての伝統的な検証手法に比べ、収益までにかかる時間を最大で6ヶ月早めることができます。



前人未到の壁を突き破るために不可欠な
検証プロダクトをもつただ一つのチーム、
それがEVE-TEAMです。



ZeBu-XXL



ZeBu-Personal



ZeBu-UF



ZeBu-AX



THE FASTEST VERIFICATION

日本イヴ株式会社

〒222-0033神奈川県横浜市港北区新横浜2-7-17 KAKIYA ビル4F

TEL : 045-470-7811 FAX:045-473-7814

js@eve-team.com

<http://www.eve-japan.co.jp>

簡単にデザイン、 完璧にデザイン、 今すぐデザイン。



Virtex®-5 ファミリ： 究極のシステム統合プラットフォーム

- システム パフォーマンスを向上
- システムのトータル コストを削減
- 設計が容易

Virtex-5ファミリは、高性能が求められるアプリケーション設計に最適なシステム統合プラットフォームを提供します。ロジック、シリアル コネクティビティ、DSP、そして内蔵された PowerPC® 440プロセッサ ブロックを使用して行うエンベデッド処理にそれぞれ最適化された4種類のプラットフォームから選択でき、柔軟性と高性能を兼ね備えた画期的なFPGAファミリです。また、エンジニアによる世界最高レベルのアプリケーション サポートも提供しています。

最新の65nmテクノロジーを採用したFPGAで、最適なデザイン ソリューション スイートを提供するのは、Virtex-5ファミリだけです。

今すぐ Virtex-5 で設計してみましょう！

デザイン設計ツールの ISE® Design Suite 10.1の 60 日間無償の評価版を提供しています。

詳細は ▶▶▶ <http://japan.xilinx.com/ise>



japan.xilinx.com/virtex5

ザイリンクス株式会社

製品のお問い合わせは下記の販売代理店へどうぞ

■アヴネット ジャパン(株)	TEL (03) 5978-8201	EVAL-KITS-JP@avnet.com
■新光商事(株)	TEL (03) 6361-8087	X-Pro@shinko-sj.co.jp
■東京エレクトロン デバイス(株)	TEL (045) 474-7089	x2web@teldevice.co.jp
■(株)PALTEK	TEL (045) 477-2005	info_pal@paltek.co.jp
■菱洋エレクトロ(株)	TEL (03) 3546-5011	xilinx_sales@ryoyo.co.jp

©2008 Xilinx, Inc. All rights reserved. ザイリンクスの名称およびロゴ、その他記載のブランド名は米国およびその他の各国のザイリンクス社の登録商標または商標です。PowerPCはIBM社の登録商標で、IBM社の許諾を受けて使用されています。その他すべての名称は、それぞれの所有者に帰属します。