



ELSENA

2015年4月 Rev.1

ELSENA,Inc.





PCI-Express ハード IP を使用した DMA の実現 for Cyclone V GT FPGA 開発キット (ソフトウェア編)

<u>目次</u>

1. はじめに	;
1-1. 概要	,
1-2. 対象デバイス・ボード	,
1-3. 環境	,
1-4. 対象デザイン	,
2. ソフトウェアのビルドから実行まで	ŀ
2-1. ハードウェア設定	ł
2-2. 簡易ソフトウェアの展開	ł
2-3. Jungo 社 WinDriver によるドライバの実装	,
2-4. Microsoft Visual Studio 2010 でのビルド	,
2-5. ドライバのインストール	,
2-6. 生成したプログラムの実行	
2-7. 実行結果	
3. まとめ	ŀ
改版履歴	;

1. はじめに

1-1. 概要

今回は、前回記事 "PCI-Express ハード IP を使用した DMA 転送の実現 for Cyclone V GT FPGA 開発キッ ト"の基礎編およびハードウェア編の続編となるソフトウェア編となります。前回は、Qsys システム統合ツールで の PCI-Express ハード IP リファレンス・デザインのハードウェア部分の詳細について触れましたが、今回はソフト ウェア編ということで、前回記事で紹介した Cyclone[®] V GT FPGA のハードウェア・デザインに対して Altera Wiki に掲載されている簡易ソフトウェア・デザインをベースとして Jungo 社 WinDriver™ による簡単なデバイス・ドラ イバ作成の実例と Microsoft[®] Visual Studio 2010 によるビルドの方法について紹介します。この簡易ソフトウェア・ デザインは、Altera Wiki から誰でもダウンロードでき、Windows[®] 環境から Qsys システムで作成された PCI-Express[®] ハードウェアにアクセスするための簡易ソフトウェアです。C++ 言語のソース・コードが公開されて いるため、ユーザはこのデザインを参考にして、ハードウェアの動作検証やオリジナルのソフトウェア作成の参考 にすることができます。

今回のソフトウェア編を通じて、Qsys での PCI-Express ハード IP を使用したデザイン実装のノウハウを理解 し、ユーザ独自のシステム構築の助けになることを目的とします。

1-2. 対象デバイス・ボード

今回対象としたアルテラ社 FPGA デバイスとボードの情報は以下となります。

Cyclone V GT FPGA 開発キット

PCI Express Gen1, Gen2 x1 / x2 / x4 に対応、最大ペイロード・サイズ 512Bytes

https://www.altera.co.jp/products/boards_and_kits/dev-kits/altera/kit-cyclone-v-gt.html

1-3. 環境

PC: ASUS P8Z77-M PRO

チップセット:インテル社製 Z77 Express

OS: Windows 7 64bit

ドライバ: Jungo 社 WinDriver(<u>http://www.jungo.com/</u>) v10.21

ソフトウェア: Microsoft Visual Studio 2010

1-4. 対象デザイン

Altera Wiki の以下の URL よりダウンロードしたアルテラ社 PCI-Express 開発キット簡易検証用のソフトウェ ア・デザイン

http://www.alterawiki.com/uploads/b/b4/Alt_pcie_qsys_simple_sw.zip

2. <u>ソフトウェアのビルドから実行まで</u>

本章では、まず、簡易ソフトウェア・デザインを使用して、実機で動作させるまでの手順について説明します。な お、Jungo 社 WinDriver、Microsoft Visual Studio 2010 は既に正しくターゲット PC にインストールされていることを 前提としています。Jungo 社 WinDriver は、Jungo 社の Web サイトからダウンロード&インストールして、30 日 までは試用期間として使用できます。

2-1. ハードウェア設定

ハードウェア設定については、基礎編の3章のデモンストレーション(1)~(7)と同じですので、詳細については そちらを参照してください。2-3 章で説明する Jungo 社 WinDriver は、ターゲットとなるハードウェアを動的に検出 して必要な情報を収集し、デバイス・ドライバを作成するツールです。したがって、WinDriver 起動の時点でハード ウェアが正しく動作する必要があります。

2-2. 簡易ソフトウェアの展開

Altera Wiki よりダウンロードした簡易ソフトウェア・ファイル alt_pcie_qsys_simple_sw.zip を、適当なフォルダに 解凍します。解凍したファイルを、今回は C:¥work¥alt_pcie_qsys_symple_sw フォルダに格納しました。

🖡 alt_pcie_qsys_simple_sw							
() <) <	🚱 💿 🐌 ・コンピューター ・ローカル ディスク (C:) ・ work ・ alt_pcie_gsys_simple_sw ・ 🔹 🔹 alt_pcie_gsys_simple_s… 👂						
	ブラリに追加 🔻 共有 🔻 スライド ショー	書き込む 新しいフォルダー		= - 🗌 🔞)		
🌟 お気に入り	名前 🔺	更新日時	種類	サイズ			
	👢 alt_pcie_qsys_simple_installation	3/19/2015 4:05 PM	ファイル フォル				
עכע אכ 属	👢 amd64	3/19/2015 4:05 PM	ファイル フォル				
🔍 בטציב –אַי	👢 x86	3/19/2015 4:05 PM	ファイル フォル				
	🚳 alt_pcie_qsys_simple.inf	3/19/2015 4:09 PM	セットアップ情報	5 KB			
💐 ネットワーク	🔅 alt_pcie_qsys_simple.wdp	3/19/2015 4:09 PM	WinDriver Pr	3 KB			
	💐 alt_pcie_qsys_simple_diag.c	3/19/2015 4:09 PM	○言語ソースフ	33 KB			
	👼 alt_pcie_qsys_simple_diag.sln	3/19/2015 3:27 PM	Microsoft Vis	1 KB			
	💀 alt_pcie_qsys_simple_diag.vcxproj	3/19/2015 3:27 PM	VC++ Project	8 KB			
	🔜 alt_pcie_qsys_simple_diag.vcxproj.use r	3/19/2015 3:27 PM	Visual Studio	1 KB			
	alt_pcie_qsys_simple_files.txt	3/19/2015 4:09 PM	テキスト文書	3 KB			
	💐 alt_pcie_qsys_simple_lib.c	3/19/2015 4:09 PM	0言語ソースフ	19 KB			
	🌉 alt_pcie_qsys_simple_lib.h	3/19/2015 4:09 PM	○言語ヘッダフ…	4 KB			
	🎆 altpcie_demo.cpp	3/19/2015 3:27 PM	○言語ソースフ	15 KB			
	🔝 main.cpp	3/19/2015 3:27 PM	C言語ソースフ	32 KB			
14	「個の項目						

図 2-1. 簡易ソフトウェアの解凍

2-3. Jungo 社 WinDriver によるドライバの実装

(1)スタート・メニュー ⇒ 全てのプログラム ⇒ WinDriver ⇒ Driver Wizard を実行し、WinDriver を起動しま す。



図 2-2. Jungo 社 WinDriver の起動

(2) Open an existing project を ク リ ッ ク し 、C:¥work¥alt_pcie_qsys_symple_sw フ ォ ル ダ 内 の alt_pcie_qsys_simple_sw.wdp を選択し、"開く"をクリックします。

noose Your Pr	oject				×
00 🕨 • 🗁	りル ディスク (C:) ▼ work ▼ :	alt_pcie_qsys_simple_sw 🔻	🔹 🛃 🛛 alt_p	ocie_qsys_simple_s	2
整理 ▼ 新しいフ	オルダー			≝ ▼ 🗍	0
☆ お気に入り ごうイブラリ ユンピューター < ネットワーク	alt_pcie_csys_simpl e_installation	amd64	x86	alt_pcie_qsys_sim e,wdp	la
	ファイル名(<u>N</u>): alt	_pcie_qsys_simple.wd	lp ▼ WinDriver P 開<(<u>Q</u>)	roject file (*.wdp ・ キャンセル	•

図 2-3. WinDriver プロジェクトの選択

(3) 以下のようなダイアログ・ボックスが表示された場合には、"Yes"をクリックしてください。



🗷 2-4. DriverWizard

(4) DriverWizard が起動します。ここではアルテラ社のベンダ ID(1172)やデバイス ID(E001)、その他、PCI コ ンフィギュレーション空間のレジスタ値が確認できます。

💮 DriverWizard – Unregistered Copy – alt_pc	ie_qs	ys_simple.wdp					_ 🗆 ×
<u>File T</u> ools View <u>P</u> roject <u>H</u> elp							
Active Projects 8 ×							
Getting Started Altera - Device ID: e001			Cor	inguratio	in Space		
Altera - Device ID: e001 B- Memory		Register	Offset	Size	Access Mode	Data	
BARZ	1	VID	0	16 Bit	Read/Write	1172	
Interrupt	2	DID	2	16 Bit	Read/Write	E001	
Configuration Space	3	CMD	4	16 Bit	Read/Write	6	
	4	STS	6	16 Bit	Read/Write	10	
	5	RID	8	8 Bit	Read/Write	9	
	6	Class Code	9	8 Bit	Read/Write	0	
	7	Sub Class Code	A	8 Bit	Read/Write	0	
	8	Base Class Code	в	8 Bit	Read/Write	FF	
	9	CALN	C	8 Bit	Read/Write	10	<u> </u>
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·							
Information Panel							8×
Log Output Description							

図 2-5. DriverWizard の起動

(5) Generate Code ボタンをクリックします。



図 2-6. Generate Code ボタン

(6) Select Code Generation Option を図のように設定します。IDE to Invoke で "MS Developer Studio .NET" を 選択すると、自動的に Microsoft Visual Studio 用のプロジェクト・ファイルー式を作成してくれます。"OK" ボ タンをクリックします。

Select Code Generation Options In which language do you want your code to be generated?	
JANSIC	_
Generate project makefile for:	
Windows GCC - MinGW and Cygwin (for X86) Windows GCC - MinGW and Cygwin (for x86) MS Developer Studio NET 2003 MS Developer Studio NET 2005 (for X86) MS Developer Studio NET 2005 (for X86) MS Developer Studio NET 2005 (for X86) MS Developer Studio NET 2005 (for Mindows Mobile 5) MS Developer Studio NET 2008 (for AMD64) MS Developer Studio NET 2010 (for X86) MS Developer Studio NET 2010 (for AMD64) MS Developer Studio NET 2010 (for AMD64) Microsoft Platform Builder C++ - for CE Borlad C++ Builder 3 Borlad C++ Builder 4 - 6 Linux Makefile	
IDE to Invoke:	
MS Developer Studio .NET	•
OK Canc	el

🗵 2-7. Select Code Generation Option

(7) Select Additional Option が表示されるので、そのまま "OK"をクリックします。

Windows users must have WDK installed in order to compile.					
Cancel					

🗵 2-8. Select Additional Option

(8) Review Generated Project Files Information が表示されるので、そのまま "OK"をクリックします。すると、作成された Microsoft Visual Studio 用のプロジェクト・ファイルから自動的に Microsoft Visual Studio 2010 が起動します。

😵 Review Generated Project Files Information 💦 📔	? ×
The DriverWizard has created: * A sample diagnostics application for testing the communication with your hardware from the user mode. * Library files, which include API for controling your hardware.	•
C:/work/alt_pcie_qsys_simple_sw/alt_pcie_qsys_simple_files.txt A detailed overview of all the generated files.	
C:/work/alt_pcie_qsys_simple_sw/alt_pcie_qsys_simple_lib.h A library for controlling your hardware through WinDriver.	
C:/work/alt_pcie_qsys_simple_sw/alt_pcie_qsys_simple_lib.c Contains the implementation of the functions used	
accessing each of the resources defined in the	•
OK Cano	el

2-9. Review Generated Project Files Information

(9) Microsoft Visual Studio 2010 が起動したら、WinDriver (DriverWizard) は ×ボタンをクリックしてシャットダウ ンしてください。起動したままだと、後に作成するプログラムを実行する際にリソースの競合が発生してプログ ラムが正しく動作しなくなります。



2-4. Microsoft Visual Studio 2010 でのビルド

WinDriver の手順が完了すると、自動的に Microsoft Visual Studio 2010 が起動します。初めの状態では、 WinDriver が自動生成したファイルが登録されています。このうち、alt_pcie_qsys_simple_diag.c をプロジェクトから 除外し、展開したフォルダにある main.cpp、altpcie_demo.cpp をプロジェクトに追加します。また、これらのファイルは、 C++ 言語で書かれているため、オプション設定を変更して、C++ 言語のコンパイルを有効にする必要があります。



🗵 2-10. Microsoft Visual Studio 2010

 alt_pcie_qsys_simple_diag.c を選択し、右クリックでメニューを表示させます。"プロジェクトからの除外"を左 クリックし、alt_pcie_qsys_simple_diag.c をプロジェクトから除外します。



図 2-11. 不要ファイルの除外

 (2) ソリューション・エクスプローラ上の alt_pcie_qsys_simple.diag を右クリックし、"追加" ⇒ "既存の項目"を左 クリックして、main.cpp と plt_pcie_demo.cpp を選択します。



図 2-12. 既存ファイルの追加

◎ 既存項目の追加 - alt_pcie_qsys_simple_diag						
🧿 🕞 🗸 🔹 ローカル ディスク (C:) 🔹 work マ alt_pcie_qsys_simple_sw マ 🔹 😨 alt_pcie_qsys_simple_s 🙋						
整理 ▼ 新しいフ	オルダー			•	0	
🕶 Microsoft Visu	名前 🔺	日付時刻	種類	サイズ		
👢 Projects	🚳 alt_pcie_qsys_simple.inf	3/19/2015 3:27 P	セットアップ情報	5 KB		
📥 お与に 1 の	🗩 alt_pcie_qsys_simple	3/19/2015 3:27 P	WinDriver Project F	3 KB		
	🛃 alt_pcie_qsys_simple	3/19/2015 4:05 P	C言語ソースファイル	33 KB		
闫 ライブラリ	灵 alt_pcie_qsys_simple	3/19/2015 3:27 P	Microsoft Visual St	1 KB		
	🔊 alt_pcie_qsys_simple	3/19/2015 3:27 P	VC++ Project	8 KB		
אין באניב אין	🚴 alt_pcie_qsys_simple	3/19/2015 3:27 P	Visual Studio Proje	1 KB		
🔃 ネットワーク	alt_pcie_qsys_simple_f	3/23/2015 5:44 P	テキスト文書	3 KB		
	🛐 alt_pcie_qsys_simple_l	3/19/2015 3:27 P	C言語ソースファイル	19 KB		
	顲 alt_pcie_qsys_simple_l	3/19/2015 3:27 P	C言語ヘッダファイル	4 KB		
	🎆 altpcie_demo.cpp	3/19/2015 3:27 P	C言語ソースファイル	15 KB		
	🔝 main.cpp	3/19/2015 3:27 P	O言語ソースファイル	32 KB	•	
	ファイル名(<u>N</u>): "main.c	pp" "altpcie_demo.	 ▼ すべてのファイル 	· (*.*)	•	
			追加(A) -	キャンセル		

図 2-13. 既存ファイルの追加



図 2-14. 除外、追加後の状態

(3) プロジェクト・メニュー ⇒ プロパティをクリックし、alt_pcie_qsys_simple_diag プロパティ・ページを開きます。構成プロパティ ⇒ C/C++ ⇒ 詳細設定 ⇒ コンパイル言語の選択から "C++ コードとしてコンパイル (/TP)"を設定し、"OK"をクリックします。

alt_pcie_qsys_simple_diag プロパテ	ィページ		<u>? ×</u>
構成(C): アクティブ(Debug)		•	構成マネージャー(<u>0</u>)
 □ 共通プロパティ Framework と参照 □ 構成プロパティ 全般 デバッグ VC++ ディレクトリ □ C/C++ 全般 最適化 プリプロセッサ □ - ド*主成 言語 プリコンパイル済みヘッダー 出力ファイル ブラウザー情報 詳細調定 コマンドライン Ξ リンカー Ξ マフェスト ツール XML ドキュメント ジェネレータ・ Ξ ブラウザー情報 	呼び出し規約 コンパイル言語の違択 指定の警告を無効にする 必ず使用するるインクルードファイル 必ず使用する 和sing 指定ファイル インクルードファイルの表示 完全パスの使用 既定ライブジン名の省略 内部コンパイルエラー報告 特定の警告をエラーとして扱う	cdecl (/Gd) C++ コードとしてコンパイル (/TP) (パいえ (パいえ (パいえ (パいえ)次回口グインのためのキュー (/errorRe	v port:queue)
 	コンパイル言語の選択 C および CPP ファイルのコンパイル言語オプショ	ンを選択します。 (/TC、/TP)	
		OK ++>	セル 適用(<u>A</u>)

図 2-15.C++ 言語の有効化

(4)ビルド・メニュー ⇒ ソリューションのビルドを実行します。



図 2-16. ビルドの実行

(5)ビルドが正常に終了すると、図のようなログが表示されます。





(6)実行形式ファイルが生成されていることを確認します。

🖡 Debug						
🚱 🕞 🖳 D.¥work¥alt_pcie_csys_simple_sw¥amd64¥msdev_201 0¥Debug 🔽 妇 Debugの検索 🗾 🔎						
整理 ▼ うイ:	ブラリに追加 🔻 共有 🔻 書き込む 新しいフォル	ダー	···· ··· ··· ··· ··· ··· ···· ··· ···· ····			
☆ お気に入り	名前 🔺	更新日時	種類			
	🔳 alt_pcie_qsys_simple_diag.exe	3/23/2015 6:13 PM	アプリケーション			
ライブラリ	alt_pcie_qsys_simple_diag.exe.embed.manifest	3/23/2015 6:13 PM	MANIFEST ファイル			
🔍 בערב 💫	郭 alt_pcie_qsys_simple_diag.exe.embed.manife	3/23/2015 6:13 PM	Compiled Resource			
	alt_pcie_qsys_simple_diag.exe.intermediate.m	3/23/2015 6:13 PM	MANIFEST ファイル			
🔍 ネットワーク	📄 alt_pcie_qsys_simple_diag.ilk	3/23/2015 6:13 PM	Incremental Linker			
	📄 alt_pcie_qsys_simple_diag.lastbuildstate	3/23/2015 6:13 PM	LASTBUILDSTATE			
	📄 alt_pcie_qsys_simple_diag.log	3/23/2015 6:13 PM	テキスト ドキュメント			
	횥 alt_pcie_qsys_simple_diag.pdb	3/23/2015 6:13 PM	Program Debug Dat			
	🛃 alt_pcie_qsys_simple_diag_manifest.rc	3/23/2015 6:13 PM	Resource Script			
	👔 alt_pcie_qsys_simple_lib.obj	3/23/2015 6:13 PM	Object File			
	👔 altpcie_de mo.o bj	3/23/2015 6:13 PM	Object File			
	📄 cl.command.1.tlog	3/23/2015 6:13 PM	TLOG ファイル			
	CL.read.1.tlog	3/23/2015 6:13 PM	TLOG ファイル			
		· ·				
33	個の項目					

図 2-18. 実行形式ファイルの確認



2-5. ドライバのインストール

次に、ドライバのインストールを行います。WinDriver を実行した時点でプロジェクト・フォルダ内にハードウェア情報を認識した結果として、ドライバ・ファイルー式が生成されています。このドライバ・ファイルを使用して Cyclone V GT 開発キット上のハードウェアに対してドライバをインストールします。

(1)以下のパスにドライバ設定用のファイルが生成されています。

 $C: \verb"work"+alt_pcie_qsys_simple_sw"+alt_pcie_qsys_simple_installation"+redist$

🖡 redist 💶 💷 🗐				
() < () < () < () < () < () < () < () <	alt_poie_qsys_simple_installation 🔻 redist	•	📴 redistの枝	ŧ索 🕗
整理 ▼ うイ:	ブラリに追加 ▼ 共有 ▼ 書き込む	新しいフォルダー	l	= - 🗌 😧
🌟 お気に入り	名前 🔺	種類	サイズ	更新日時
	alt_pcie_qsys_simple.sys	SYS ファイル	261 KB	8/26/2012 7:5
עכע אכ 属	🚳 alt_pcie_qsys_simple_device.inf	セットアップ情報	5 KB	3/23/2015 6:1
🔍 🔍 コンピュータ	alt_pcie_qsys_simple_driver.inf	セットアップ情報	3 KB	3/23/2015 6:1
	🔕 alt_pcie_qsys_simple_install.bat	Windows バッチ ファ…	1 KB	3/23/2015 6:1
🔍 ネットワーク	📓 difxapi.dll	DLL ファイル	514 KB	11/2/2006 2:2
	📓 wdapi1110.dll	DLL ファイル	156 KB	8/26/2012 7:5
	📓 wdapi1110_32.dll	DLL ファイル	108 KB	8/26/2012 7:5
	💽 wdreg.exe	アプリケ ーション	143 KB	8/26/2012 7:5
	💽 wdreg_gui.exe	アプリケ ーション	143 KB	8/26/2012 7:5
	•			Þ
9	個の項目			

図 2-19. ドライバ・ファイルー式



(2)コマンド・プロンプトを管理者権限で実行して、このフォルダ内の altpcie_qsys_simple_install.bat を実行しま

đ	- 0



図 2-20. ドライバのインストール

(3) Windows のセキュリティに関する画面が表示されるので、"このドライバ・ソフトウェアをインストールします" を選択します。



図 2-21. Windows セキュリティ画面

(4)ドライバのインストールは数分かかる場合があります。インストールが完了すると"デバイス マネージャー" は以下のようになっています。Jungo の中に alt_pcie_qsys_simple が追加されたことを確認してください。 WinDriver をインストールしたときに自動的に追加される汎用ドライバなので、ここでは使用しません。"ほか のデバイス"にドライバが割り当てられていない"PCI デバイス"があります。この時点では、まだドライバ の割り当てが正しく行われていません。



図 2-22. デバイス・マネージャー画面

(5) デバイス・マネージャーの"ほかのデバイス"の"PCI デバイス"を右クリックで"ドライバ・ソフトウェアの 更新"を実行します。 (6) "コンピュータを参照してドライバ・ソフトウェアを検索します"を選択します。



図 2-23. ドライバ・ソフトウェアの更新画面

(7)次に、"コンピュータ上のデバイス・ドライバの一覧から選択します"を選択します。

0 P	ライバー ソフトウェアの更新 - PCI デバイス	×
0	◎ ドライバー ソフトウェアの更新 - PCI デバイス	
	コンピューター上のドライバー ソフトウェアを多感します。	
	次の場所でドライバー ソフトウェアを検索します:	
	●照(8)	
	レ サブフォルダーも検索する(I)	
ſ		
	→ コンピューター上のデバイスドライバーの一覧から選択します(1) この一覧には、デジバスとを送けがあるインストールされたドライバー ソフドウェアと、デジイスと同じカテ	
	ゴリにあるすべてのドライバーソフトウェアがあたされます。	
	(Xrv60) 4+2-42	

図 2-24. ドライバ・ソフトウェアの更新画面

(8)Jungo を選択します。

🔋 🕅	ライバー ソフトウェアの更新 - PCI デバイス	×
Θ	🧕 ドライバー ソフトウェアの更新 – PCI デバイス	
	次の一覧からデバイスの種類を選択してください。	
	共通ハードウェアの種類(日):	
	GIDE ATA/ATAPI コントローラー	1
	- IEEE 1284.4 デバイス	
	→ IEEE 1284.4 互換プリンター	
	● IEEE 1394 と SCSI プリンター	
	JTAG cables	4
	💇 Jungo	
	Media Center Extender	
	Network Service	
	■PCMCIA アダプター	
	₩ SBP2 IEEE 1394 デバイス	
	■SD ホスト アダプター	
	Windows SideShow	
	🕼 Windows クラス用の Microsoft 共通コントローラー	
	次へ(N) *	キャンセル

図 2-25. ドライバ・ソフトウェアの更新画面

(9) alt_pcie_qsys_simple を選択します。"次へ"をクリックすると互換性について警告が表示されるので"はい" を選択しインストールを続行します。ドライバが正常にインストールをされたら"閉じる"をクリックします。 alt_pcie_qsys_smiple が表示されない場合は"互換性のあるハードウェアを表示"のチェックを外してください。

U 15	ライバー ソフトウェアの更新 - PCI デバイス	×
Θ	🧕 ドライバー ソフトウェアの更新 – PCI デバイス	
	このハードウェアのためにインストールするデバイス ドライバーを選択してください。 ハードウェア デバイスの製造元とモデルを選択して [次へ] をクリックしてください。インストールするドライバーの ディスクがある場合は、[ディスク使用] をクリックしてください。	
	互換性のあるハードウェアを表示(①) 製造元 Altera Altera Corporation Jungo Jungo Jungo AlterA ALTERA_POLDEV_KIT ▼	
	▲ このドライバーはデジタル署名されていません。 ドライバーの署名が重要な理由	
	次へ(N) キャンセル	

図 2-26. ドライバ・ソフトウェアの更新画面

- (10) ドライバが正常にインストールされると、以下の図のように "ほかのデバイス" にあった "PCI デバイス" がなくなり、alt_pcie_qsys_simple がもう一つ追加されます。
 - DVD/CD-ROM ドライブ
 IDE ATA/ATAPI コントローラー
 Jungo
 IDE ATA/ATAPI コントローラー
 IDE ATA/ATAPI コントローラー
 Jungo
 IDE ATA/ATAPI コントローラー
 IDE ATA/ATAPI コントローラー

図 2-27. デバイス・マネージャー画面

2-6. 生成したプログラムの実行

生成したプログラムは、コマンド・プロンプトから実行できます。コマンド・プロンプトを起動して cd コマンドで実行形式のあるフォルダに移動します。

C:¥> cd "C:¥work¥alt_pcie_qsys_simple_sw¥amd64¥msdev_2010¥Debug"

生成した実行形式ファイルを実行します。

C:\#work\#alt_pcie_qsys_simple_sw\#amd64\#msdev_2010\#Debug>alt_pcie_qsys_simple_diag.exe

📷 選択 管理者: コマンド ブロンブト	_ 🗆 ×
ALT_PCIE_QSYS_SIMPLE diagnostic utility. Application accesses hardware using WinDriver.	<u>^</u>
Found 1 matching device [Vendor ID 0x1172, Device ID 0xE001]:	
 Vendor ID: 0x1172, Device ID: 0xE001 Location: Bus 0x7, Slot 0x0, Function 0x0 Interrupt: IRQ 16 Interrupt Options (supported interrupts): Message-Signaled Interrupt (MSI) Level-Sensitive Interrupt Memory range [BAR 0]: base 0xB0000000, size 0x10000000 Memory range [BAR 2]: base 0xF0000000, size 0x8000000 	
target read example 7000000 : dea172de 7000004 : 9f576bdb 7000008 : 7f66a9a5 700000c : c99a03f 7000010 : 82b1181c	
target write example 7000000 : 0 7000004 : 1 7000008 : 2 700000c : 3 7000010 : 4	
DMA read example DMA read : 456.005632 MByte/sec DMA read : 880.562600 MByte/sec DMA read : 1154.183747 MByte/sec DMA read : 1247.575714 MByte/sec	
DMA write example DMA write : 608.007509 MByte/sec DMA write : 1064.013141 MByte/sec DMA write : 1301.213523 MByte/sec DMA write : 1389.731450 MByte/sec	
C:¥work¥alt_pcie_qsys_simple_sw¥amd64¥msdev_2010¥Debug>_	
	-

図 2-28. 実行結果



2-7. 実行結果

(1) ハードウェア情報を読み出して表示しています。

ALT_PCIE_QSYS_SIMPLE diagnostic utility. Application accesses hardware using WinDriver.
Found 1 matching device [Vendor ID 0x1172, Device ID 0xE001]:
1. Vendor ID: 0x1172, Device ID: 0xE001 Location: Bus 0x7, Slot 0x0, Function 0x0 Interrupt: IRQ 16 Interrupt Options (supported interrupts): Message-Signaled Interrupt (MSI) Level-Sensitive Interrupt Memory range [BAR 0]: base 0xB0000000, size 0x10000000 Memory range [BAR 2]: base 0xF0000000, size 0x8000000

図 2-29. ハードウェア情報の表示

(2)ターゲットのリードとライトを実行しています。ここでは、まず 0x700000 番地から 0x7000010 の値を読み出 し、その後、同じアドレスに 0, 1, 2, 3, 4 をそれぞれ書き込んでいます。ちなみに、ここの 0x7000000 番地は、 FPGA 内部のオンチップ・メモリに該当します。詳細はハードウェア編をご参照ください。

target read example
7000000 : dea172de
7000004 : 9f576bdb
7000008 : 7f66a9a5
700000c : c99a03f
7000010 : 82b1181c
target write example
7000000 : 0
7000004 : 1
7000008 : 2
700000c : 3
7000010 : 4

図 2-30. ターゲット・リード/ライト

(3) DMA リード/ライトをそれぞれ 4 回ずつ実行しています。結果は値でなく、実効転送レートとなっています。ソ ース・コードを見ると、ターゲット・アドレスが 0x7000000 となっているので、PC の共有メモリとオンチップ・メモ リ間で DMA 転送を行っていることがわかります。

結果を見ると、それぞれ転送バイト数が異なります。ソフトウェアのソース・コードを見ると、

- 1回目: 4096Bytes
- 2回目: 16384Bytes
- 3回目: 65536Bytes
- 4 回目 : 262144Bytes
- となっており、転送バイト数が多いほど実効転送レートが向上しているのがわかります。

実効転送レートは以下の式で計算しています。

転送レート (MByte / sec) = 転送バイト数 ÷ 実行時間 (sec) ÷ 1000000

ハードウェアは Gen2 の 4 レーン なので、8b/10b のオーバー・ヘッド分を差し引いたデータ・レートは、 5000Mbps × $8/10 \times 4 \nu$ – 28000Mbps ⇒ 2000Mbyte/sec となります。

従って、262144Byte 転送時のデータ・レートに対する転送効率は以下となります。

リード時 : 1247.575714 MByte/sec ÷ 2000 MByte/sec = 約 63%

ライト時 : 1389.731450 MByte/sec ÷ 2000 MByte/sec = 約 69%

DMA read example
DMA read : 456.005632 MByte/sec
DMA read : 880.562600 MByte/sec
DMA read : 1154.183747 MByte/sec
DMA read : 1247.575714 MByte/sec
DMA write example
DMA write : 608.007509 MByte/sec
DMA write : 1064.013141 MByte/sec
DMA write : 1301.213523 MByte/sec
DMA write : 1389.731450 MByte/sec

図 2-31. DMA リード・ライト



3. <u>まとめ</u>

今回は、"PCI-Express ハード IP を使用した DMA の実現 for Cyclone V GT FPGA 開発キット(ソフトウェア編)" ということで、Cyclone V GT 開発キット・ベースのリファレンス・デザインを用いて、Altera Wiki にある簡易ソフトウェ アのコンパイル、WinDriver のインストール、生成した実行形式ファイルでの動作確認までを紹介しました。

このソフトウェアは、Altera Wiki のホームページから無償でダウンロードできるものです。これはソフトウェアに精 通していないユーザ向けのリファレンスとして提供されています。

そのため、同様の手順で独自に作成した FPGA のハードウェア・デザインの簡単な動作確認を行うことができます。 また、ソフトウェアのソース・コードをカスタマイズすることで、独自デザインの構成に応じた動作確認もできます。



<u> 改版履歴</u>

Revision	年月	概要
1	2015 年 4 月	初版

免責およびご利用上の注意

弊社より資料を入手されましたお客様におかれましては、下記の使用上の注意を一読いただいた上でご使用ください。

- 1. 本資料は非売品です。許可無く転売することや無断複製することを禁じます。
- 2. 本資料は予告なく変更することがあります。
- 本資料の作成には万全を期していますが、万一ご不明な点や誤り、記載漏れなどお気づきの点がありましたら、本資料を入手されました下記代理店までご一報いただければ幸いです。
 株式会社アルティマ ホームページ: http://www.altima.co.jp
 技術情報サイト EDISON: http://www.altima.jp/members/index.cfm
 株式会社エルセナ ホームページ: http://www.elsena.co.jp
 技術情報サイト ETS : http://www.elsena.co.jp/elspear/members/index.cfm
- 本資料で取り扱っている回路、技術、プログラムに関して運用した結果の影響については、責任を負いかねますのであらかじめご了承ください。
- 5. 本資料は製品を利用する際の補助的な資料です。製品をご使用になる際は、各メーカ発行の英語版の資料もあわせてご利用ください。