

作ればわかるPCI Express

第1回 PCI Expressの基礎知識

内藤 竜治

新連載『徹底解説 作ればわかるPCI Express』を開始する。単なるPCI Expressのプロトコル解説記事ではなく、実際にPCI Express対応のアドイン・カード(拡張ボード)を設計することを念頭に置いた、作りながらプロトコルを理解するという実践的な内容を予定している。第1回の今回は、PCI Expressの基礎知識について解説する。(編集部)

●連載を始めるにあたって

いよいよPCI Expressが本格的な普及期に入ってきました。そろそろPCI Express対応の組み込み機器を開発したいと考えている方も多いのではないのでしょうか。

PCI Express機器を作るとはいつても、何からどう手を付ければよいのかわからないという方も多いでしょう。ここ数年、PCI Express関連のセミナーが頻繁に開催されてるようになってきたので、まずは聞きに行ってみたという人も多いのではないかと思います。

しかし、そのようなセミナーは、PCI Expressのプロトコルを処理するためのIPコアを作る方法については教えてくれません。市販のIPコアをFPGAに実装する話や、ハード・マクロ内蔵のFPGAを用いてPCI Expressを実装する話が多く、物足りない思いをして帰ってきたという人も少なくないはずで。

また、書籍や雑誌などでPCI Expressの解説を目にすることも多くなってきました。しかし、自分でIPコアを作

るための十分な情報があるとは思えません。セミナーと同様に、市販のコアやハード・マクロを内蔵したFPGAを使ったり、基板設計の注意点などがメインで、プロトコルについてはほとんど紹介されていないように思えます。特に、多くの読者が本当に知りたいと思われる「IPコアの自作方法」については、皆無であったように思います。

PCI Expressというのは、極めて高度で難解なロジックを組んでいるわけでも、関係者以外には秘密の暗号回路が入っているわけでもありません。われわれが普段使っているようなFPGAで十分に実現可能なものです。仕様を理解して、時間をかけてコツコツ作れば、誰でもFPGAに実装することができる、普通の論理回路なのです。恐れる必要は全くありません。

本連載では、PCI Expressの膨大な仕様を少しずつひも解きながら、それを処理するFPGAのロジックを一から作り上げていきたいと思ひます。誰もが気軽にPCI Express対応機器を作れるようにするための、役に立つ解説書とな

表1
PCIとPCI Express
の特徴

	PCI/PCI-X	PCI Express
トポロジ	バス型	ポイント・ツー・ポイント型
プロトコル	多数の制御信号を用いる	パケット処理
伝送方式	パラレル(32/64ビット)、シングルエンド信号	シリアル、差動信号
伝送速度	33MHz~1066MHz	2.5Gbps(1レーン当たり)
高速化の方法	バス幅を広げる、 クロック速度を上げる、 DDRやQDRを採用する、など	レーンを増やす (×1, ×2, ×4, ×8, ×12, ×16, ×32) 伝送速度を上げる[Gen2(5Gbps), Gen3(8Gbps)]
エラー・ チェック方法	<ul style="list-style-type: none"> ●パリティ・エラーの検出(PCI) ●ECCチェックの検出(PCI-X) ●検出したエラーの処理方法については規格では定めていない 	<ul style="list-style-type: none"> ●2段階のCRCチェック ●無効なシンボルのチェック ●パケットの形式チェック ●自動的な再送 ●エラー・レポート
通信の品質	システムの設計者による	<ul style="list-style-type: none"> ●フロー・コントロールによって自動的に速度を制限 ●QoS(Quality of Service)によって重要な通信の品質を確保
耐故障性	1本でも信号が切れたら全く通信できない	一部のレーンが故障しても残ったレーンを用いて動作できる

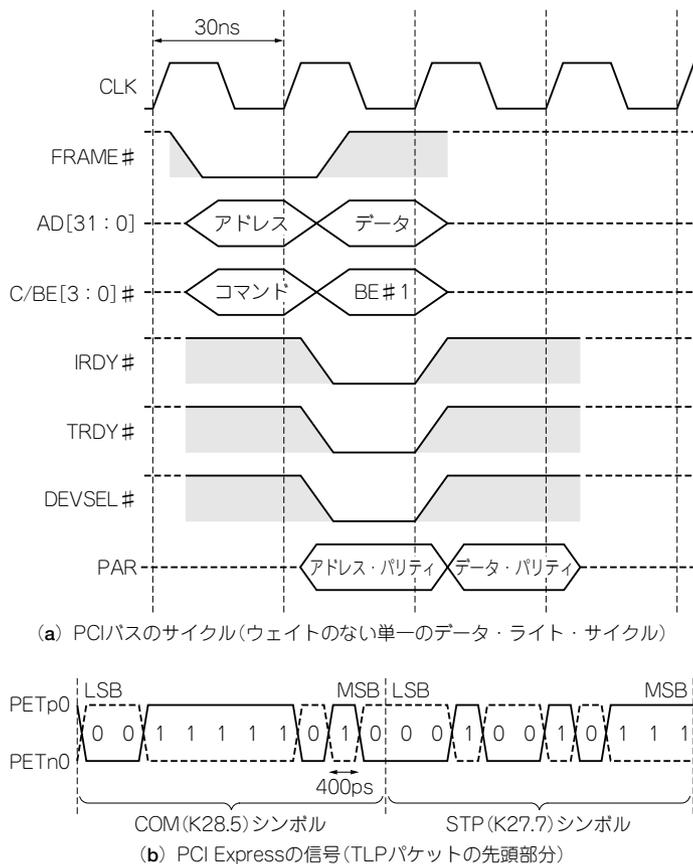
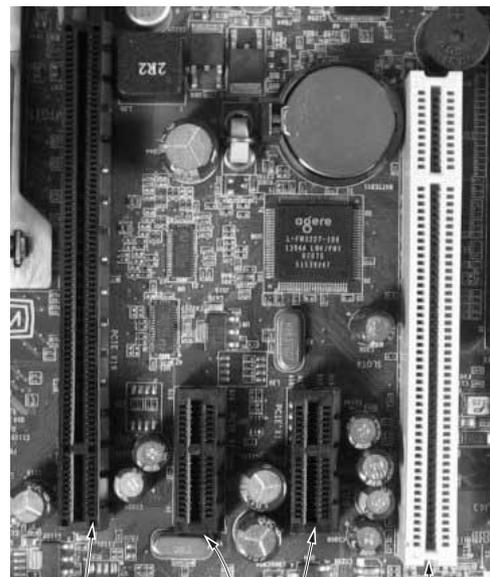
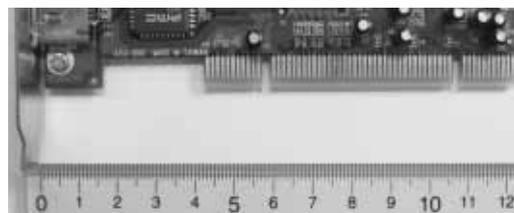


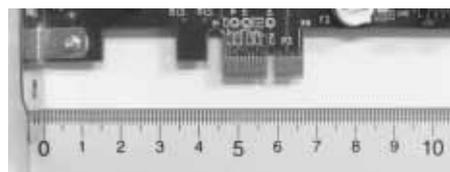
図1 PCIとPCI Expressのバス・サイクル



PCI Express x16 PCI Express x1 PCI
(a) PCIとPCI Expressを備えたマザーボードのコネクタ



(b) PCIアドイン・カードの端子部分



(c) PCI Expressアドイン・カードの端子部分(×1)

写真1 PCIとPCI Expressのコネクタ

れば嬉しい限りです。

1. 似て非なるPCIとPCI Express

PCIとPCI Expressは名前は似ていますが、実は全く異なる規格のバスです。双方の主な特徴を表1に示します。

写真1(a)は、PCI Expressを備えたマザーボードのコネクタ部分で、(b)と(c)はアドイン・カード(拡張カード)の形状です。このように、コネクタの形状も信号の本数も異なります。

信号を波形的に見ても、従来のPCIは図1(a)のようにAD信号やDEVSELなど、非常に多くの信号を用いてデータ転送を行っているのに対して、PCI Expressは図1(b)のように送信と受信の2対の差動信号だけで通信を行い、送受信のチャネルは独立して動作します。このように、ハードウェア的にもコネクタの形状や信号の意味が全く異なります。

これだけの違いがあるにも関わらず、ソフトウェア的には互換性を持っています。そのため、CPUからはPCIと同じ方法でアクセスすることができ、コンフィグレーション空間も0~255バイト目までは互換性を持っています。

このため、ソフトウェア(多くのデバイス・ドライバでさえも)は、アドイン・カードがPCI上にあるかPCI Express上にあるかを区別する必要はありません。PCI Expressのうたい文句のとおり、「従来の資産を活かせる」わけです。