

第2章

高速差動伝送の極意

PCI Express のパターン設計と計測技術に学ぶ



志田 晟

2.5Gbps という非常に高速な信号伝送を行う PCI Express (Gen1) などの高速差動伝送は、最近かなり一般化してきました。ここでは一般的な高速差動シリアル信号の計測や回路設計に必要な技術を解説します。伝送速度 2.5Gbps の第 1 世代の PCI Express 信号のパターン設計の要点を取り上げます。

(筆者)

1. 高速シリアル信号を体感しよう！

● PC のメイン・ボードは高速インターフェースが満載

写真1は、2007年に発売されたパソコンのメイン・ボードの一例です。aで示した五つのコネクタはPCI Express バスの拡張基板用コネクタです。短く3個見えるコネクタは1レーン(x1)、長いものは16レーン(x16)、一番右は4レーン(x4)です。一方、写真1のbで示した2個のコネクタ

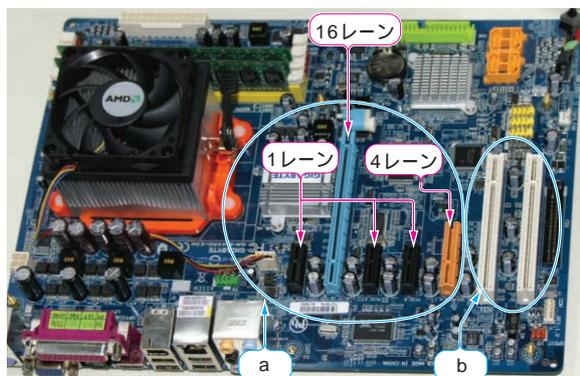


写真1 パソコンのメイン・ボード上のPCI Express コネクタ
aがPCI Express コネクタ、bがPCIバス・コネクタ

は従来バスであるPCIの拡張コネクタです。PCI Expressは、1レーンだけで従来のPCIバス並みのデータ転送量があります。

図1はPCI Expressの1レーン分の簡単なブロック図です。送受信それぞれ差動の1対の線路で1レーンが構成されています。

そのほかにもこのメイン・ボードにはUSB(480Mbps)、Serial ATA(3Gbps)、HDMI(High-definition Multimedia Interface)など、高速シリアル伝送のいろいろなインターフェースも備えています。パラレル伝送ではDDR2メモリを搭載しています。写真2(a)はHDMIのコネクタを、写真2(b)はSerial ATA(3Gbps)のコネクタとケーブルを示します。

図2(a)はメイン・ボード上を流れるPCIのクロック波形とPCI Expressの信号波形、図2(b)はPCI Express信号の拡大波形です。PCI ExpressがPCIよりも随分高速になったことが分かると思います。

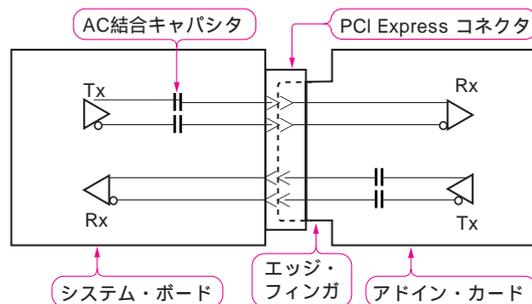
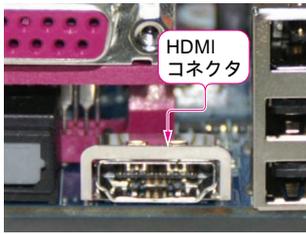


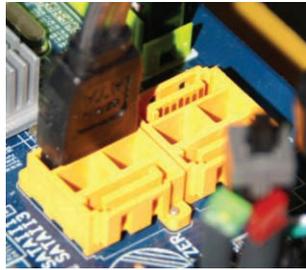
図1 PCI Express の1レーン
差動の送受信で構成。電源などは省略している。

KeyWord

差動信号、シングルエンド信号、PCI Express、Gen1、CBB、Serial ATA、HDMI、HyperTransport、ディエンファシス



(a) HDMI コネクタ

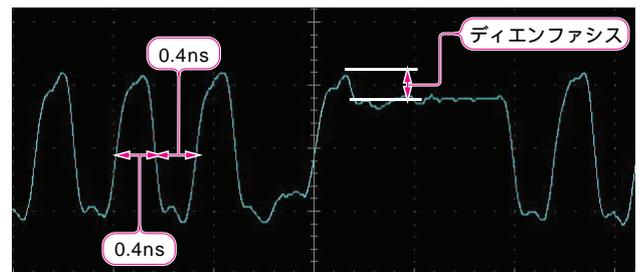


(b) シリアルATA-2のコネクタとケーブル

写真2 パソコン用メイン・ボード上のコネクタ



(a) PCIのクロックとPCI Express信号



(b) PCI Express信号の拡大

図2 PCI Expressの信号波形

(a)の上の波形がPCIのバス・クロック, 下がPCI Expressの信号波形. PCIのクロック周期は約30ns(33MHz)と読み取れる. (b)は0.4nsで1ビットを送っている. PCI Expressの伝送速度は, $1/(0.4 \times 10^{-9}) = 2.5 \times 10^9 = 2.5\text{Gbps}$ と分かる.

また写真3には, PCI Expressの16レーンを使用したグラフィックス・カードの例を示します.

データ・レートと周波数は意味が異なるので注意が必要です(図3).

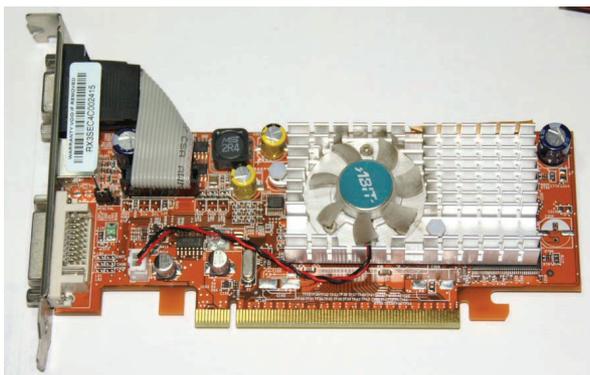
● PCのメイン・ボードにプローブをあててみよう!

メイン・ボード上のほかの高速信号の波形を見てみましょう. まずHDMI信号です. HDMIは最近, 地上デジタル放送のハイビジョン表示機器などに使われているデジタルのビデオ信号とオーディオ信号の伝送規格です. 信号伝送方式はパソコンの液晶モニタなどに画像を伝送する規格であるDVI(Digital Visual Interface)と同じTMDS(Transition Minimized Differential Signaling)という方式が使われています. PCI Express, LVDS, TMDSの基本回路は図4のような差があります.

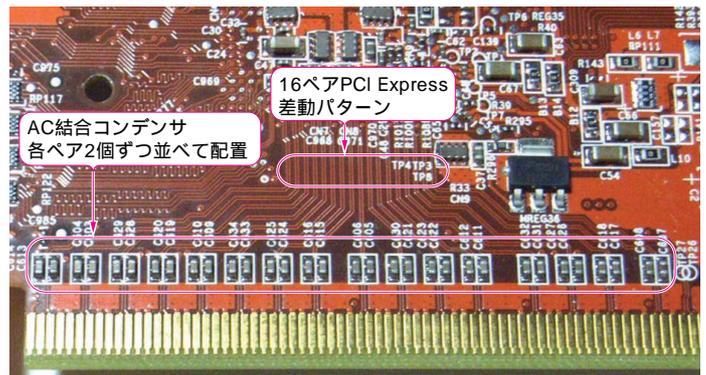
図5(a)はメイン・ボード上のPCIバスとHDMI信号を同時に見たもので, 図5(b)はHDMI信号の拡大波形です. それぞれ設定が違うので, 伝送速度が異なります. 図5(a)

を見ると, HDMI信号の中心電圧は約2Vです. これは線路の終端側で電源(3.3V)につながる終端抵抗でプルアップされているためです. また図6は, 同じメイン・ボード上のSerial ATA信号の波形(3Gbps)です.

このメイン・ボードは米国AMD(Advanced Micro



(a) グラフィックス・カード



(b) PCI Express 16レーンの信号パターン

写真3 PCI Express グラフィックス・カードの外観

PCI Expressの16レーンは4Gバイト/sでデータを送れる. 高速グラフィックス・カードはPCI Expressの16レーンを用いることが普通になってきている. 中央部分に16対のパターンが上下に走っていることが分かる.

Pro
1
2
3
4
5
App 1
App 2