

前回の連載で、アドイン・カード上のデータをCPUのソフトウェアから普通に読み出したところ、その転送速度は約8Mバイト/秒と遅く惨憺たる結果だった。この速度を改善するにはDMAを実装するほかない。そこで今回は、FPGAにDMA機能を実装し、前回作成した汎用PCI Expressデバイス・ドライバをDMAに対応させる。(筆者)

1. DMA についての基礎知識

● DMA とは何か

DMA (Direct Memory Access) とは、周辺装置がメモリ・バスを操作してメイン・メモリに直接アクセスすることをいいます(図1)。DMAには大量のデータを転送する高速なもの、非同期の低速データを扱うものがあります。ここでの目的はアドイン・カード上のデータを高速に読み出すことなので、高速な方のDMAを扱います。

また、PCI Expressのルート・コンプレックス(チップ・セットに内蔵されている)は、メイン・メモリへのアクセスも担うので、厳密に言えばDMAを行うのはアドイン・カードではなくルート・コンプレックスになります。PCI ExpressのエンドポイントはTLP(Transaction Layer Packet)を発行しているだけであって、CPUに対してDMAを実行しているわけではありません。

しかし、一般的には、アドイン・カード上に置かれたDMAコントローラから要求を発行してメイン・メモリとアドイン・カードとの間で直接データ転送を行うことをDMAと呼んでいます。PCIのカードでは、バス・マスタがバースト転送を発生させてメイン・メモリにアクセスすることをDMAと呼んでいましたが、そのPCI Express版と考えればよいでしょう。

● バス・マスタ DMA とシステム DMA

Windowsには、バス・マスタDMAとシステムDMAという概念があります。システムDMAというのは、マザーボード上に搭載されている共有のDMAコントローラを使って行うものです。これは本連載では扱いません。

バス・マスタDMAというのは、アドイン・カード上に置かれたDMAコントローラがメイン・メモリと通信する

ものです。DMAコントローラはアドイン・カードの設計者が設計するもので、その仕様はカードごとに異なります。本連載ではこちらのDMAを扱います。

● DMA のやり方

PCI ExpressにおけるDMAは、ハードウェア的には難しいものではありません。エンドポイントの側からメモリ・リード・リクエストやメモリ・ライト・リクエストを発行して、パソコンのメイン・メモリ上のデータを読み出したり、データを書き込んだりするだけのことです。したがって、メイン・メモリ上の物理アドレスと長さを正しく指定したTLPを発行すれば、自由にパソコンの中のメモリを読み書きできてしまうはずです。

それでは、ここで使う物理アドレスと長さはどうやって調べればよいのでしょうか？ここが、DMAを行うためのデバイス・ドライバのややこしいところであり、Windowsの提供するしくみの素晴らしいところでもあります。

本章ではこのしくみについて詳しく見ていくことにします。

2. ハードウェアの実装

● TLP 送信ステートマシンの改良

DMAのハードウェアは驚くほど簡単です。連載第10回

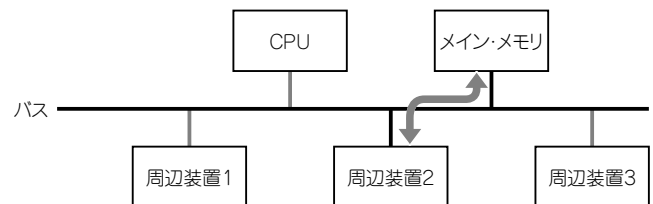


図1 DMAとは

DMAは周辺装置がバスを操作してメイン・メモリに直接アクセスすることをいう。DMAの実行中は、CPUがバスを開放する。この図は簡略化しているが、実際のパソコンのバスはもっと複雑である。