

# 480Mbps でデータを転送する USB2.0 のプリント基板設計

— In-System Design社が示す設計ガイドライン

Michael M. Abraham, David Luke

USB2.0の最大データ転送速度は480Mbpsである。従来のUSB1.1と比べて40倍の速さになった。ユーザにとっては利便性が向上したが、USB2.0対応機器の開発者には設計上の新しい課題が出てきている。ここでは、USB2.0規格に準拠するためのプリント基板設計について解説する。なお、米国In-System Design社(現Cypress Semiconductor社)は、世界で最初にUSB2.0対応チップを開発した企業である。(編集部)

最近、電気街などでUSB2.0に対応した機器が見られるようになりました。USB2.0対応の製品が市場に普及しつつあるわけです。USB2.0はUSB1.1と比べてデータ転送速度が40倍も速く、IEEE1394(FireWireやi.Linkとも呼ばれる)との比較では、より速く、安く、さらに製品が開発しやすいという利点があります。今後さらなる需要が見込まれるUSB2.0の市場は、記憶装置(CD-ROM, DVD, MO, ハード・ディスク装置など)が4割程度を占めると予想されています。

## ●従来の40倍の転送速度「ハイスピード・モード」

USB1.1の仕様では、「フルスピード」と「ロースピード」の二つのモードが定義されています。ロースピードの機器は1.5Mbpsの速度でデータ転送を行います。このモードはマウスやキーボードのように帯域をあまり要求しない装置に適しています。フルスピードでは12Mbpsでデータを転送します。このモードは記憶装置やプリンタ、カメラ、スピーカなどの機器で広く使われています。

USB2.0の規格では、480Mbpsの転送速度を持つ「ハイスピード」という新しいモードが定義されました。従来のフルスピードの場合、ハード・ディスク装置などをパ

ソコンにつなぐと、USB自体がネックになってしまいます。USB2.0の規格は、フルスピードよりもさらに40倍も速いハイスピード・モードによって、このような問題を解決します。

USB2.0はUSB1.1と完全な互換性を持っています。ハイスピード対応の周辺機器のコネクタをUSB1.1のホストに差し込むと、ホストとのやりとりはフルスピードになります。また、USB2.0のホストにつなぐと、ハイスピードになります。転送速度が速くなるだけで、機能や使いかたはまったく変わりません。

転送速度を速める一つのコツは信号の電圧にあります。フルスピードとロースピードでは電圧が“L”のときは0V、“H”のときは3.3Vです。これに対して、USB2.0のハイスピードでは電圧が“L”のときは0Vのままですが、“H”のときは400mVというかなり低い電圧になります。この低い電圧(振幅)は周波数の向上に貢献するだけでなく、ノイズを抑える手段にもなります。

## ●設計とロゴ認証はさらに厳しくなった

USBケーブルは、ホスト(ハブ)と周辺機器(スレーブ)を接続するため、五つの電気信号を供給します。それは $V_{BUS}$ 、GND、D+、D-、シールドです。D+とD-は差動型のデータ信号線ですが、完全な差動型ではありません。フルスピードで転送したとき、パケットの最後を示すEOP(end-of-packet)などでは、両方ともLになることもあります。 $V_{BUS}$ は電源ラインであり、最大500mAの電流を電圧+5Vで供給できます。しかし、ホストに許可されるまでは、周辺機器の消費電流を100mA以下に抑えなければなりません。GNDはD+とD-のリファレンス電圧であり、また $V_{BUS}$ に対する接地ラインでも

あります。シールドはケーブルやコネクタの周りにある金属です。これは電磁妨害や静電気放電などによるノイズに対する対策になります。

USB製品のプリント基板やその製品に使われる部品は、USB信号の特性を大きく左右します。特に上記の電気的な接続を正しく行い、D+とD-に適切なターミネーションを施す必要があります。

USB2.0の規格が策定されたころ、USBに対する法的な動きもありました。USBの規格や認定を管理する機関であるUSB-IF (USB Implementers Forum) は法人となり、USBの製品を開発する企業に対する権限がさらに強くなりました。新しいロゴが作成され、USB規格の使用に対するライセンス契約を結ぶことも必要になりました。

多数の会社が販売するホスト、ハブ、周辺機器をつないだ場合に、互いにうまく通信できることを保証するのは以前も難しかったのですが、データ転送速度が40倍になったことでさらに保証が困難になりました。USB規格に準拠し、かつロゴ認定のための評価テストをクリアしなければ、製品を販売する権利が与えられないという条件もライセンス契約に取り入れられました。ロゴ認定の評価テストでは、ある製品が電気的動作や機械的動作、プロトコルについてUSB規格に合っているかどうかを確認します。この評価はUSB-IF主催のCompatibility Workshop (いわゆるプラグ・フェスタ) やUSB-IFから認定を受けた第三者の企業で行われます。

## ●認定評価の内容を把握する

USB規格に準拠する製品を開発する場合、上記の認定評価テストにおいて、どのようなテストが行われるのかを理解することがたいせつです。ここでは、いちばん難しいとされるハイスピード対応製品の認定評価テストについて述べていきます。筆者らの周辺機器分野での開発経験を基に、その設計や評価について説明します。しかし、その原則のほとんどは、ホスト側の設計や評価にも当てはまります。

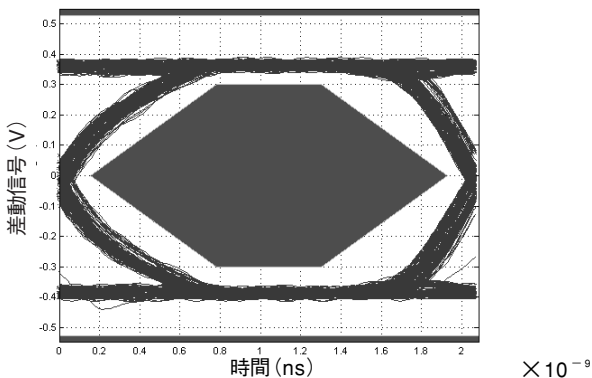
ハイスピード対応の周辺機器は次の点を評価されます。

- 1) ハイスピードとフルスピードの信号特性
- 2) ハイスピード・チャープ
- 3) ハイスピード受信感度
- 4) 信号レベル
- 5) 突入電流などの消費電力特性

特にプリント基板の設計に関わる1)～3)の項目を、以下に説明します。

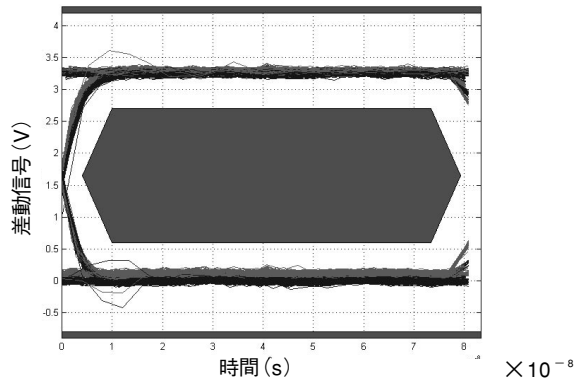
### 1) ハイスピードとフルスピードの信号特性

この項目では、信号線のD+とD-が、規定された時間的特性や電気的特性に合っているかどうかを確認します。この場合、製品をUSB2.0で定められたTest Packetというモードに設定します。このモードでは、製品は決められたパケットを連続的に送信するので、それをオシロスコープで測定し、1ビット分の波形に分割して、その部分を重ね合わせます。この処理の結果は、アイ・パターンと呼ばれ、立ち上がり時間、立ち下がり時間、ジッタ、信号レベルなどの特性を表します(図1、



【図1】ハイスピード・モードの信号測定結果

図に示すハイスピードのアイ・パターンは、10Gサンプル/sのデジタル・オシロスコープで測定したものである。広帯域の差動プローブを用いた。データは、MATLABによって処理した。影の部分(中央の六角形、図の上下の端の部分)は、仕様違反を示す。もし、アイ・パターンの波形が陰の部分を通っていけば、この機器は不良となる。



【図2】フルスピード・モードの信号測定結果

フルスピードのアイ・パターンはデジタル・オシロスコープで測定した。広帯域の一端可動プローブを使用した。USB-IFはMATLAB用テスト・スクリプトを提供している。