

第2章

まず、“リファレンス・デザイン” より始めよ

USB 2.0機器開発のトラブル・シューティング

掛須利夫

ここでは、高速な標準インターフェース規格に対応した機器を開発する際の回路設計およびプリント基板設計のトラブル対策を紹介する。例としてUSB 2.0のハイスピード・モード対応デバイス・コントローラLSIとそのリファレンス・デザインを用いた設計を取り上げる。特に、初心者が問題を起こしやすい電源回路やリセット回路、信号線とグラウンドの間の引き回しについて説明する。
(編集部)

480Mbpsで動作するUSB 2.0インターフェースの回路設計では、USB 1.1(最大データ転送速度12Mbps)の経験をもとにそのまま生かせるわけではありません。デバイス側のファームウェアなどかなりの部分を流用できますが、高速なデータ転送に対応するためにI/Oインターフェースと制御回路は大幅に変更する必要があります。USB 2.0のインターフェースではインピーダンス整合に注意しなければなりません。また、電源のバイパス・コンデンサ(パスコン)もクロック・リカバリ回路の安定動作を維持するために重要な要素となります。

初めてUSB 2.0ハイスピード・モード対応機器を設計し、かつ納期も迫っているような技術者が、このような問題に煩わされないように、LSIメーカーは開発キットを提供しています。これを利用することによって、高周波設計についてそれほど詳しくない技術者でも製品を完成させることができます。

ここでは、筆者ら(米国Cypress Semiconductor社)が開発したUSB 2.0デバイス・コントローラLSI「EZ-USB FX2(CY7C68013)¹⁾」とその開発環境を例にして、USB 2.0対応機器を設計する際の注意点を説明します。

●デバイス選択と開発環境の構築

筆者らは、FX2(以下、「本USBコントローラLSI」)関連の開発環境として以下の三つを提供しています。

- CY3681：EZ-USB FX2 Development
- CY4603(CYStream)：Streaming Over USB with Isochronous and Bulk Transfers
- CY4611：USB 2.0 USB to ATA Design

いずれもホームページ(<http://www.cypress.com/>)から無償でダウンロードできるようになっています。なお、開発ツール「CY3681」とリファレンス・デザイン「CY4611」は本誌付属のDVD-ROMにも収録されています(ただし、評価ボードは含まれない)。

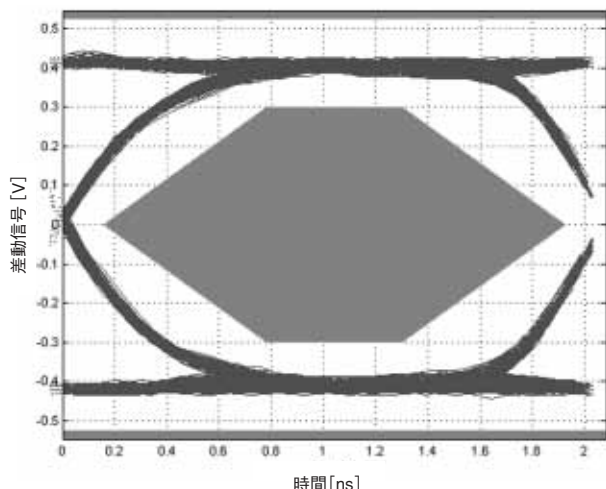
本USBコントローラLSIのCPUコア「8051」用にCコンパイラの評価版も付属しています。ただし、実際の製品開発ではコンパイラ・ベンダである米国Keil Software社の販売代理店からコンパイラを購入しなければならないので、気を付けてください(詳細は各開発環境のマニュアルを参照のこと)。

開発ツール「CY3681」がインストールされると、デフォルトではパソコンのC:\CYPRESS\USBフォルダ内に開発環境やデバイスなどのマニュアル、開発キットの回路図およびプリント基板(PCB)パターン、USB規格を学習するためのトレーニング・コースが自動的に生成されます。フォルダ内にはReadme.txtがあるので、ひととおり読んで内容を把握しておいてください。

1. リファレンス・デザインで設計のコツをつかむ

USB 2.0のハイスピード・モードを実現するための回路

2



【図1】実際のアイ・パターン

高速サンプリングしたデータをMATLABで計算した波形。コモンモード・チョークを使用すると、中央の6角形の部分に波形が触れてしまう可能性がある。

設計をどのように進めればよいかを説明します。ここでは、初めてUSB 2.0対応機器を開発される方が陥りやすい点に焦点を当てて紹介します。

●コモンモード・チョークはできるだけ使わない

まず、プリント基板は4層以上のものを使用します。データ信号線である「D+」と「D-」にはインピーダンス制御、つまり適切な方法で終端する必要があります。また、USB 1.1では一般的だったコモンモード・チョークは、やむをえない場合を除いて使用しません。アイ・パターンを悪化させるため、認証テストを通過できなくなる場合があるからです。

実際のアイ・パターンを図1に示します。波形の振幅および立ち上がり、立ち下がりが中央の6角形のエリア外に

なくてはなりません。信号ラインにLやCが挿入されると、波形が変形して6角形のエリアに触れてしまいます。今まではコモンモード・チョークの使用は絶対禁止とされてきました。最近ではインピーダンス整合と周波数特性を向上させた結果、コモンモード・チョークのアイ・パターンへの影響が低減しており、認証をパスする製品も出始めたようです。

●使用メモリによってリファレンスを変える

本USBコントローラLSIには、56ピン、100ピン、128ピンの3種類のパッケージがあります。リファレンス・デザインは、このうち56ピン・パッケージ(CY4611)と128ピン・パッケージ(CY3681)の二つに対応しています。外部SRAMを使用する場合は128ピンの、内部メモリ(8Kバイト)のみで設計する場合は56ピンの回路を参考にしてください(本誌付属のDVD-ROMに収録されているリファレンス・デザインおよび開発ツールを参照)。

例えば、組み込み用途であればCY4611をベースにして、周辺回路の部分はCY3681を流用します。CY4611は製品使用を意識してリセットICが搭載されています。また、セルフ・パワー^{注1}・デバイスとして使用できるように、USBコネクタの接続検出回路も備えています。しかし、周辺回路としてはATAPIまたはIDEのインターフェース・コネクタのみなので、この部分に関してはCY3681に付属している外部メモリやI²C互換バスで動作する回路を利用すれば

注1: USB機器への電源供給方式として、USBケーブルを介して供給する「バス・パワー」と、ACアダプタや電源コードなどで機器に独立した電源を供給する「セルフ・パワー」の二つがある。



コラム1 ハードとソフト、どちらが重要?



開発を始めようとする技術者からの質問でもっとも多いのは、「サンプルのソフトウェアは提供されているのか?」です。開発中でも「ファームウェアがうまく動作しない」という問い合わせがよくあります。

しかし、このことからUSB 2.0機器の開発において、ソフトウェア(ファームウェア)がハードウェアより重要であると考えるべきではありません。さまざまな不良現象の原因としてハードウェアに由来するものが少なくないからです。

トラブルを解決するために、しばしば「プリント基板のパターンを作り直してください」と依頼をするのですが、スケジュールと費用などの理由で修正できない場合があります。USB 1.1までであればジャンパ線で修正して解決できた問題も、USB 2.0ハイスピード・モード

では480Mbpsのシリアル・ライン、48Mバイト/sのスレーブFIFOインターフェースがあるため、かなり修正が難しくなります。また、高速部分でなくても電源回路やリセット方法などを変更しなければならないときは、基板の再設計が必要になります。

「そんなことはわかっている」と言われるとは思いますが、開発を開始するときに物理的な再設計が必要とならないように、まずハードウェア設計を重要視すべきであると考えます。次に、ターゲット・デバイスのハードウェアの性能からファームウェアの概略を決めます。最後に設計したハードウェアでファームウェアが期待する性能を発揮できるかどうか検証する手順を決めます。