

高速デジタル・データ伝送入門

第5回 USB2.0に見る差動伝送技術

志田 晟
Akira Shida

■ はじめに

これまで、パソコンと周辺機器間のやり取りにはEIA-232やパラレル・インターフェースが使われてきました。最近ではこれらに代わって、高速なデータ転送が可能なUSB(Universal Serial Bus)インターフェースが主流になっています。

USBの最新規格**USB2.0**では、**最大伝送速度が480 Mbpsのハイスピード・モードも規定され**、さらに高速なデータ転送が可能になりました。シリアルATA(1.5 Gbps)に比べると伝送速度は少し遅いですが、USBにはシリアルATAと同じ差動伝送技術が使われています。

差動伝送は、今後さまざまな周辺機器に応用されていくでしょうから、動作についてよく理解しておく必要があるでしょう。そこで今回は、USB2.0で新たに規定された、伝送速度が480 Mbpsのハイスピード・モードを例に、差動伝送技術の基礎を解説します。

USBの基礎

■ USBの伝送速度

表5-1は、USBのハードウェアに関する主な規格です。USB2.0では、ロースピード・モード、フルスピード・モード、ハイスピード・モードの三つが規定されており、それぞれの伝送速度は大きく異なっていることがわかります。

USBの最初の規格(USB1.0)では、ロースピード・

〈表5-1〉USBのハードウェアに関する主な規格

動作モード	データ・レート [Mbps]	立ち上がり時間 [ns]	振幅 [V]	終端
ロースピード	1.5	73~300	2	なし
フルスピード	12	4~20	2	なし
ハイスピード	480	0.5	0.4	45Ω

モードとフルスピード・モードが規定されましたが、フルスピード・モードでも伝送速度は12 Mbpsで、単純にバイト換算しても1.5 Mバイト/sです。連載第4回(2003年7月号)で紹介した**パラレル・ポートの最新規格よりも遅い**ことがわかります。

■ USB2.0の登場によって周辺機器インターフェースはUSBが主流になる

● USB2.0の最大伝送速度はIEEE1394aを上回る

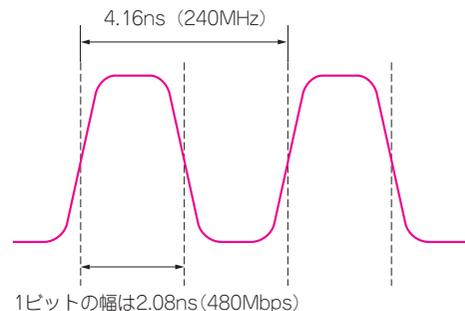
USBと似たような高速シリアル・インターフェースとしては、IEEE1394aがあります。これはデジタル・ビデオ・カメラ(DV)などのインターフェースとして普及しています。USBと同じくシリアルの差動伝送で、伝送速度は400 Mbpsです。一時は、スピードが要求される周辺機器のインターフェースは、IEEE1394aになるといわれていました。

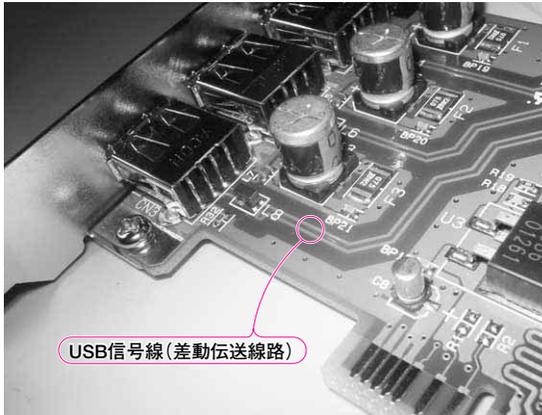
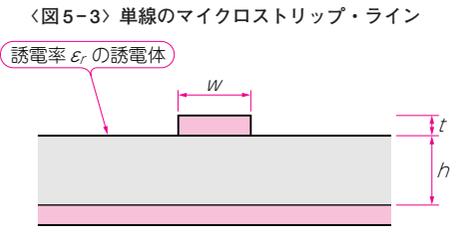
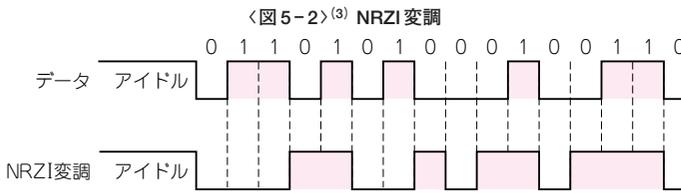
このIEEE1394aに対抗するため、USB2.0ではハイスピード・モードが規定されました。単純に伝送速度を比較すると、USB2.0のハイスピード・モードのほうが80 Mbps速いことがわかります。

● USBではさまざまな転送モードの混在が可能

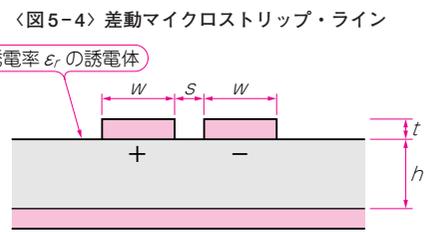
USBでは、**安価なロースピード/フルスピード機器と、高速伝送を行うハイスピード機器を混在させることができます**。バスの最大ケーブル長や最大接続数の規定はありますが、まるで家電製品をコンセントにつ

〈図5-1〉ハイスピード・モードのビット・レートと基本周波数





〈写真5-1〉PCIバス用のUSB2.0インターフェース・カード



〈図5-4〉差動マイクロストリップ・ライン

差動伝送線路の特性インピーダンス

■ USBのプリント・パターンを見てみよう

写真5-1は、PCIバス用のUSB2.0インターフェース・カードです。USBコネクタに向かってペア線が引かれているのがわかります。これがUSBの信号線で、2本1ペアの信号線でデータを送受信します。

なくように、さまざまな機器を簡単に接続できます。このような特徴から、パソコン周辺機器のインターフェースは、USBが当面の主流になるといわれています。

● **USB2.0はUSB1.0の規定を全て網羅している**
 USB2.0はUSB1.0に対する第2版の規格であり、**USB1.0で規定された規格を全て網羅しています**。したがって、480 Mbpsの伝送はあくまでもハイスピード・モードであって、ハイスピード・モードのことをUSB2.0と呼ぶのは適切ではありません。

USB2.0の規格や基本的な動作については、文献(1)や文献(2)を参照してください。

■ ハイスピード・モードの 基本周波数は240 MHz

ハイスピード・モードの伝送速度は480 Mbpsですが、基本周波数は図5-1に示すように240 MHzです。

● **NRZI変調**
 USBはシリアル伝送で、プリンタ・ポートのように同期を取るクロックのようなものはありません。USBの場合、NRZI(Non Return to Zero Inverted)変調という方式でデータが変調されます。

NRZI変調を図5-2に示します。データが1から0に変化するときに出力の状態を反転し、1が続く場合は1のまま、0が続くときは1ビットごとに出力を反転します。

■ マイクロストリップ・ラインの 特性インピーダンス

図5-3に示すような単線マイクロストリップ・ラインの特性インピーダンスは、式(5-1)⁽⁵⁾で表されます。

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{0.475 \epsilon_r + 0.67}} \log_e \left\{ \frac{4h}{0.67(0.8w + t)} \right\} \dots\dots\dots (5-1)$$

ただし、 ϵ_r ：誘電体の誘電率、 h ：誘電体の厚さ [mm]、 w ：プリント・パターンの幅 [mm]、 t ：プリント・パターンの厚さ [mm]

■ 近接したマイクロストリップ・ ラインの差動インピーダンス

● **近接したプリント・パターンの特性インピーダンスは通す信号によって変わる**

USBは差動伝送なので、図5-4に示すように**近接した2本のパターンに、電位が異なる状態(逆相)の信号を通してデータを伝送します**。図5-4では、信号線のプリント・パターンに十と一の印をつけて、逆相であることを示しています。

2本の隣接したパターンの場合、逆相の信号を通すときと同相の信号を通すときには、**線路の形状が同じ**