

USBの基礎知識

桑野 雅彦

USB ターゲットやホスト制御の解説を始める前に、本章で USB のシステム構成について、その概要を解説する。コネクタ形状や USB の実際の信号波形、パケット、各種転送モードについて、物理層側から上位層側へ向かって順に解説する。また、本特集の第2章以降の構成についても説明する。
(編集部)

USB は使い勝手のよいインターフェースとして、広く普及しています。コネクタに電源が供給されているため、消費電力の少ないカード・リーダーなどは AC アダプタが不要で、使いたいときにケーブルを接続して、終わったらケーブルを抜くだけで使えるという特徴があります。

USB のシステム構成

図1に USB のシステム構成を示します。USB はバス・システム全体を一つのホストが管理します。このホストの下に複数のターゲットが接続されます。さらにハブを使うことでポートを増やし、多数のターゲットを接続することができます。ハブはカスケード接続が可能で、最大5段まで接続できます。接続可能なターゲットの台数はハブを含めて最大127台です。

USB ではホストとターゲットという接続関係が決まっているので、ケーブルやコネクタの接続方向を間違えないよ

うに、形状の異なるコネクタが規定されています。図2に USB のコネクタ形状を、図3に USB コネクタのピン配置を示します。USB の仕様では、ケーブル長ではなく負荷容量が規定されていますが、一般には1本のケーブル長は最大5m程度、ハブを介した接続なら全体で30m程度とされています。

USB の信号波形

USB はシリアル通信のバスで、通信速度によって次の3種類のモードに分けられます。通信速度の一番遅い方からロー・スピード(1.5Mbps)、フル・スピード(12Mbps)、ハイ・スピード(480Mbps)と呼びます。

また USB では、情報の符号方式として NRZI を採用しています。NRZI は情報として '0' を送るときに信号の状態を変化させ、'1' を送るときに状態を保持します。そのため、'1'ばかり送ると信号に変化がなくなり、送信側と

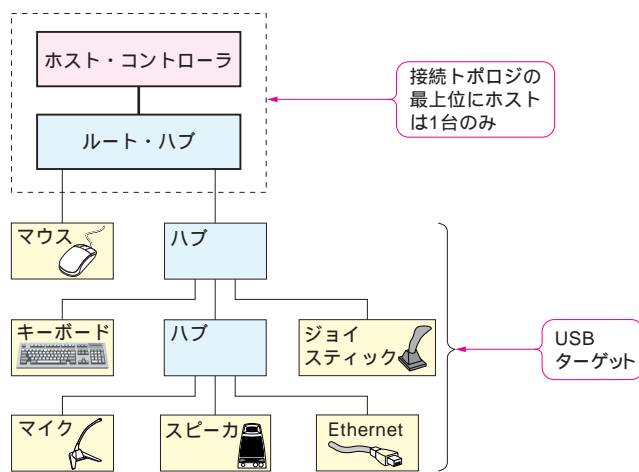


図1 USB システムの構成例

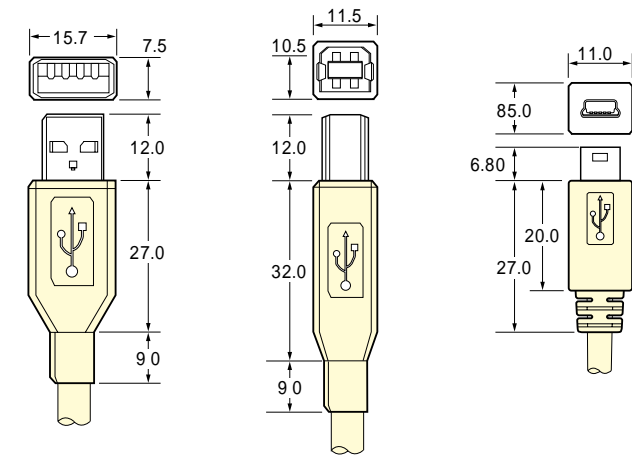
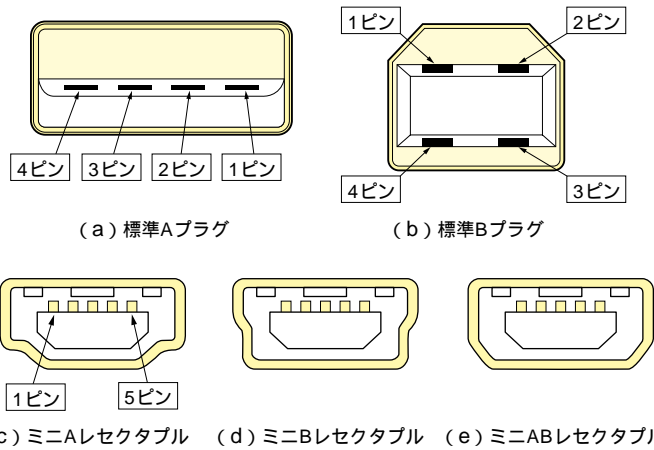


図2 USB コネクタ形状



ピン番号	信号名
1	V_{BUS}
2	- Data(D -)
3	+ Data(D +)
4	GND

(f) A/B プラグ・ピン配置

ピン番号	信号名
1	V_{BUS}
2	- Data(D -)
3	+ Data(D +)
4	ID(NC)
5	GND

(g) ミニ A/B プラグ・ピン配置

図3 USB コネクタのピン配置

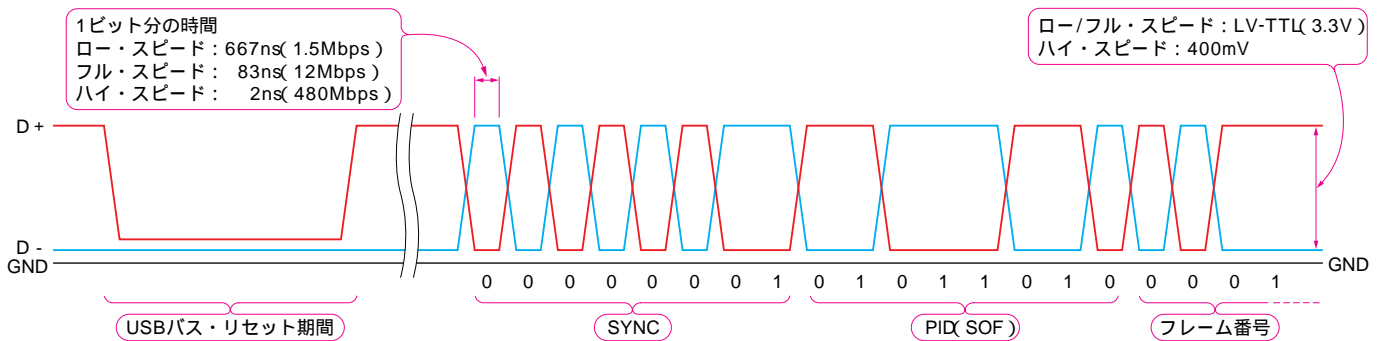


図4 USB ケーブル上を流れる信号波形例

受信側のタイミングがずれてきてしまいます。そこで USB の場合は、'1'を6個連続して送ったら、送信する情報とは関係なく'0'を送信して信号状態を変化させます。これをビット・スタッフィングと呼びます。

図4に、USB ケーブル上を流れる信号波形の例を示します。USBはシリアル通信ですが、D+とD-という二つの信号線を使って、差動で信号を伝送します。また、両方とも“L”レベルであれば、USBバス・リセット状態を示します。

USBの通信速度判定

図5にUSBコネクタ付近の構成を示します。USBホストに何も接続されていない状態では、D+/D-の両方に実装されている15kΩのプルダウン抵抗で両方の信号が“L”レベルとなります。ホストはこの状態で、D+やD-の信号が変化するのを待っています。

この状態でフル/ハイ・スピード機器が接続されると、D+側に実装されている1.5kΩのプルアップ抵抗により、D+が“H”レベルになります。ホストはこれを検出して、フル・スピード機器またはハイ・スピード機器が接続され

たと判定します。

逆にロー・スピード機器が接続された状態は、D-が“H”レベルになることで判定できます。

フル・スピード機器とハイ・スピード機器の判定については、USBリセット期間中にCHIRPハンドシェイクと呼ばれるプロトコルで、お互い(ホストとターゲット)が480Mbpsに対応しているかどうかを確認します。

USBのパケット・フォーマット

USBはシリアル通信なので、ビット列の塊を最小単位としたパケットでやり取りします。また、複数のパケットからなるデータのやり取りをトランザクションと呼びます。さらにフル・スピードでは1ms単位、ハイ・スピードでは125μs単位をフレームと呼びます(図6)。

USBの転送モード

USBには次に示す四つの転送モードが規定されています。

- コントロール転送
- インタラプト転送
- バルク転送
- アイソクロナス転送