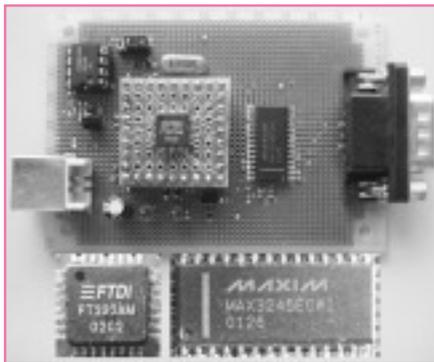


重点企画



レベル・コンバータの性能と
ハンドシェイクの動作を徹底チェック

USB-シリアル変換アダプタの 通信エラーの原因に迫る

木下 隆

Takashi Kinoshita

シリアル・ポートは本来の用途であるモデムとの通信以外に、PCと周辺機器を接続するための手軽なインターフェースとして長年にわたって広く利用されてきました。しかし、現在ではUSBの普及とともに、シリアル・ポートが実装されていないPCが数多く販売されるようになってしまいました。

それを補うために開発されたのがUSB-シリアル変換

アダプタで、多くのメーカから販売されており、シリアル・ポートを手軽に増設できるようになっています。

本稿では、このUSB-シリアル・アダプタについて、ハードウェア面では実際の波形、ソフトウェア面ではハンドシェイクに着目し、通常の使用だけではなく、WindowsのAPIから利用する際の注意点などを明らかにします。

定番 EIA-232 レベル・コンバータの性能チェック

通常、USB-シリアル・アダプタは、図1のように2個のICで構成されています。通信速度の上限はUSB-シリアル・ブリッジ、およびEIA-232レベル・コンバータの仕様のいずれか低い値により制限されます。

しかし、ほとんどのUSB-シリアル・ブリッジは115200 bpsで動作し、さらにその2のべき乗倍の速度(上限921600 bps)に設定することができるので、通信速度の上限はEIA-232レベル・コンバータにより制限されると言えます。

本編では、各種232レベル・コンバータの出力波形を観察することで通信性能を検証します。

シリアル・ポートの基礎知識

シリアル・ポート(EIA-232)は、いくつかの信号線を使って時系列に分割された1ビットのロジック信号を伝達する機能をもっています。データは信号グラ

ウンド(GND)に対して正負のレベルで2値を表します。

EIA-232では3kΩの負荷に対して±5V以上を出力するトランスミッタと、±3Vの振幅からロジックを再生するレシーバが規定されています。

● 試用したIC

5V単一電源で、EIA-232へのレベル変換が簡単にできるICとして広く知られているのが、MAX232に代表されるチャージ・ポンプ方式のレベル・コンバータです。MAX232ファミリのデータシートにある“Industry Standard”が示すとおり、もはやこのICの電気的特性がシリアル・ポートの第二の標準仕様といっても過言ではありません。

写真1に示すのは代表的な232レベル・コンバータ、MAX232CPE(以下MAX232、マキシム)とADM3202AN(以下ADM3202、アナログ・デバイセ

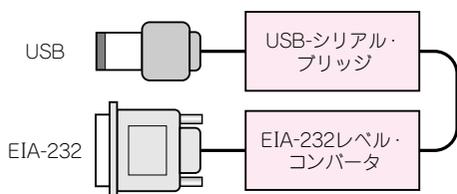


図1 USB-シリアル・アダプタの構成

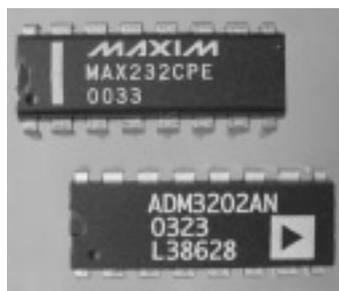


写真1
実験に使用した232
レベル・コンバータ

ズ)です。通信速度はMAX232が**最小値 120 kbps**、**標準値 240 kbps** (負荷 2500 pF + 3 kΩ), ADM3202が**最小値 460 kbps** (負荷 1000 pF + 3 kΩ)となっています。

● **通信速度とパルス周波数**

本編の目的は、信号線の電圧が最速で変化したときの波形をアナログ的に観測し、通信の安定性のある程度推測することにあります。そのためには最高速度となる波形を出力しなければなりません。

図2は、通信速度と最大パルス周波数の関係を示しています。1ビットを半サイクルの時間で伝達するので、**最大パルス周波数は通信速度の半分**になります。

● **観測条件**

シリアル・ポートどうしを接続するケーブルは、ほかのインターフェース・ケーブルと比較すると電気的に粗悪なものばかりです。それは、通信速度が遅い、不平衡、電圧レベルが高い、トランスミッタのドライブ能力が比較的大きい、などの理由によります。ケーブルを通してつないでこそ意味をもつわけですから、波形観測をする場合は、それらを加味した負荷を想定する必要があります。ここでは、次のような条件を設定しました。

1. 通信速度は115.2 kbpsを基本とし、1/2の周波数57.6 kHzの方形波を信号源とする
2. トランスミッタの負荷は3 kΩと1000 pFを並列接続
3. レシーバの出力は無負荷
4. トランスミッタの入力信号レベルは0～+2.4 V、レシーバの入力信号レベルは-3～+3 V
5. 信号源インピーダンスは50 Ω

トランスミッタの性能 (TTL → EIA-232)

図3と図4は各ICのトランスミッタ部の出力波形です。MAX232は負荷によらず低いスルー・レート

を示しますが、ADM3202は容量性の負荷を接続すると大きく変化します。

ADM3202の波形を拡大して読み取ると、コンデンサなしのスルー・レートは67 V/μs、コンデンサ接続時は12 V/μsでした。コンデンサC [μF]、スルー・レートSR [V/μs]、電流I [A]の間には次の関係があります。

$$I [A] = C [\mu F] \times SR [V/\mu s] \dots\dots\dots(1-1)$$

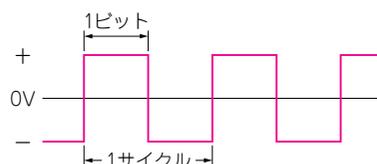
この式から、67 V/μsのスルー・レートを維持するために必要な出力電流は67 mAになります。

ところが、ADM3202の出力抵抗は最小値で300 Ωのため、10 V程度の振幅では最大でも33 mAしか流れません。仮に、エッジ部分で流れる電流が平均的にその半分の16 mAとしてSRを逆算すると16 V/μsとなり、観測値とほぼ一致することがわかります。

図5は、通信速度を460.8 kbpsにしたときのADM3202の出力波形です。抵抗負荷ならばデータシートに書いてある最小値460 kbpsという速度に納得できますが、ケーブルの負荷として十分に考えられる1000 pFのコンデンサを接続した途端に、パルスとは言いがたいほどに変形してしまうことは覚えておく必要があります。

レシーバの性能(TTL ← EIA-232)

レシーバは隣接するICの入力に直接接続されることがほとんどなので、負荷を付けずに観測しました。



$$\text{最大周波数 [Hz]} = \text{通信速度 [bps]} / 2$$

図2 通信速度と最大パルス周波数の関係

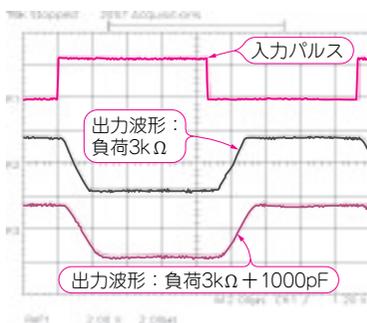


図3 MAX232のトランスミッタ部出力波形(入力パルス: 2 V/div., 出力波形: 10 V/div., 2 μs/div.)

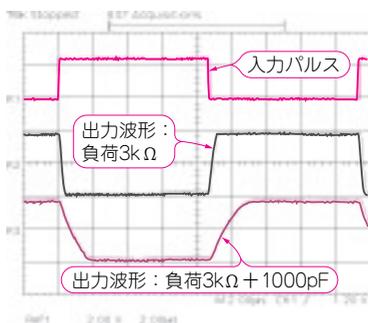


図4 ADM3202のトランスミッタ部出力波形(入力パルス: 2 V/div., 出力波形: 10 V/div., 2 μs/div.)

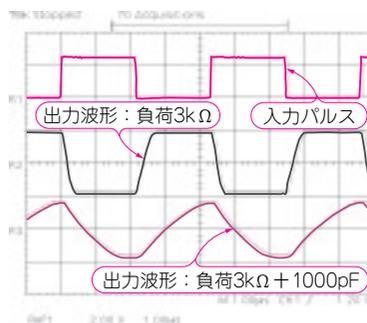


図5 ADM3202 (460.8 kbps) の出力波形 (入力パルス: 2 V/div., 出力波形: 10 V/div., 1 μs/div.)