

デジタル信号の性質と高速伝送技術

第5回 伝送の高速化で見えてくるさまざまな現象

信号の行き帰りのルートと線路のインピーダンスが波形を変える

志田 晟
Akira Shida

● 通常のロジック回路ではリターン電流は流れない？

高速デジタル回路を構成する基板には、4層以上の多層基板が用いられます。グラウンドのべた層の上を通る信号パターンの場合、信号の流れを直流電流の流れから直感的にイメージしてもあまり問題は生じません。

しかし、図5-1のように電源層の上を信号パターンが通るとき、信号の戻り、いわゆる「リターン電流」と呼ばれる流れはどのようになっているのでしょうか？

通常のデジタル回路では、実は直流的なリターン電流は実質流れないと言えます。リターン電流が実質流れないというのであれば、図5-2のように、べた層の途中に切れ目ができていて、その上を信号パターンが通るときには、この切れ目をまったく無視してもよいのでしょうか？

より安定に動作するデジタル回路基板の設計には、信号の伝わり方、直流成分があるときにはリターン電流がどのように通るかなどについて、そのメカニズム

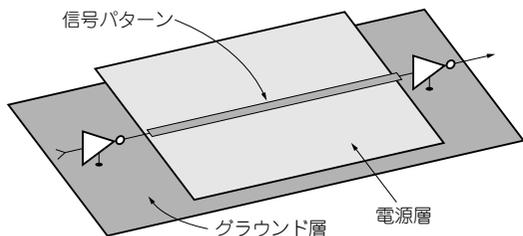


図5-1 電源層の上を通る信号パターン

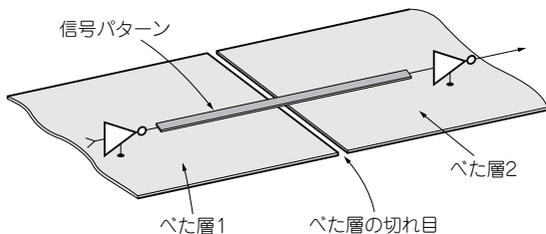


図5-2 べたグラウンド層の切れ目をまたぐ信号パターン

を理解しておく必要があります。

今回は、シングル・エンド伝送について、いくつかのトピックスを取り上げながら、これらのメカニズムについて説明します。

RS-232のリターン経路は つながってればよい

● 広く使われているシングル・エンド方式の通信規格RS-232とその特徴

シングル・エンド方式とは、共通なグラウンドと1本の線当たり一つのデジタル信号を送る方式です。シングル・エンド方式でPCと外部回路間の信号をやり取りする場合、もっともよく使われている方式の一つがシリアル・ポート(COMポート、通信ポート)でしょう。写真5-1はPCのマザーボードに装備されたシリアル・ポートです。

シリアル・ポートはTIA/EIA-232-*というシリアル信号伝送規格をベースにしたものです(*にはアルファベットが入る)。日本ではRS-232-Cと呼ばれることが多いですが、世界的にはCを付けずRS-232と呼ばれていることが多いようです(編注)。232の後に付くアルファベットは、RS-232関連規格の特別な規格を意味します。

RS-232-Cの規格では25ピンのコネクタが規定されており、9ピンのコネクタはRS-232あるいはTIA/EIA-232-EでなくTIA/EIA-574という規格で規定されています。しかし、ピン数以外はRS-232と電気面の仕様が同じため、9ピンも世界的にRS-232と総称で呼ばれています。

RS-232は、行きと帰りの信号線の2本とグラウンドの計3本で簡単に通信が可能です。この3本の場合でも、電気信号がTIA/EIA-232-Eと同じ場合はRS-232と呼んでいます。3本のみで簡単に通信できることも、RS-232が現在でも広く使われている理由の一つと言えるでしょう。

編注：このような事情から、本稿ではRS-232と呼ぶ。

信号の振幅が大きく、信号の立ち上がり時間(スルー・レート)も $30\text{ V}/\mu\text{s}$ 以下と規定されていることから、工場内や産業機械の内部通信などのノイズが多い環境でも誤動作が起りにくい通信として使われています。

RS-232の規格は伝送速度がかなり遅い時代に決められており、最高で10 kbps程度までが想定されていました。規格では、立ち上がり時間があまり速くならないように、最短の時間が決められています(図5-3)。

RS-232の最終規格RS-232-F(1990)では、シールドを含めて信号線とグラウンド間の容量が2500 pF以下とされています。

RS-232では線路の長さは規定されてなく、線路の容量で決まっているわけです⁽¹⁾。通常のケーブルでは、



写真5-1 PCのシリアル・ポート用9ピン・コネクタ

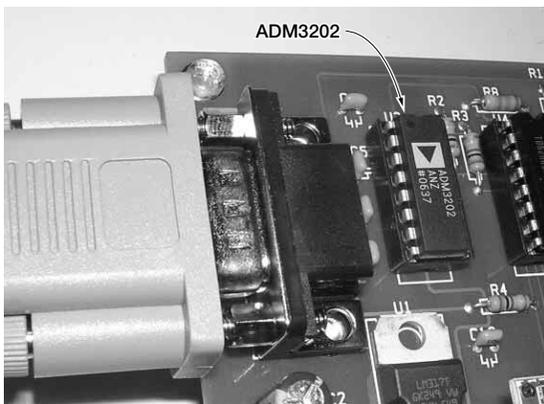


写真5-2 RS-232送受信バッファICの例(ADM3202)

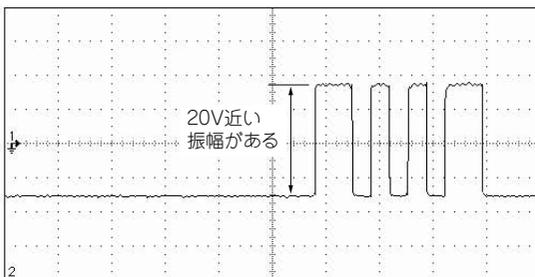


図5-4 RS-232の信号波形(5 V/div, 50 μs/div)

1 m当たりの容量から最大の長さは20 m程度となります。

● RS-232の信号波形を観測

写真5-2は、外部ケーブルに直接つながる送受信部分のICにADM3202(アナログ・デバイセズ)を使用して、RS-232でPCと通信を行うボードの一部です。写真5-3は、RS-232のコネクタ・ピン(RxD, TxD)で信号を見ているようすです。

図5-4は、RS-232の信号をオシロスコープで見たものです。図5-4の縦軸は5 V/divですから、 $-7\text{ V} \sim +9\text{ V}$ と20 V近い振幅があります。通常のデジタル回路の電圧と比べて非常に大きな振幅となっています。

図5-5は、RS-232の波形を、時間軸を500 ns/divに伸ばしてみたものです。図5-6は、時間軸を100 ns/divにさらに伸ばしています。図5-5と図5-6の上の波形は2 mケーブルの送り側(送端)、下の波形は受け側(受端)の波形です。図5-5と図5-6から、2 m程度のケーブルでは線路のどの位置でも波形がほぼ同じに見えます。

線路の途中で波形が異なる分布定数回路でなく、集中定数回路として扱えることがこの波形からも分かります。

このように、RS-232のように遅い信号を扱うデジタル信号伝送では、リターン経路はそれなりにつな

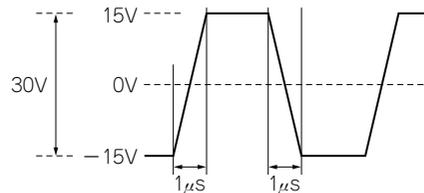


図5-3 RS-232のスルー・レート

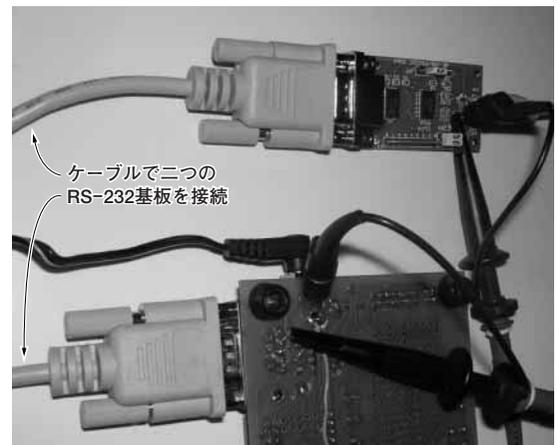


写真5-3 RS-232の信号波形を測定しているようす