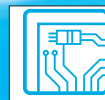


高速差動信号計測の 極意



ボードの記事



ビギナーズ

志田 晟

GHzを超える高速差動シリアル伝送は、最近かなり一般化してきた。本稿では一般的な高速差動シリアル信号の計測に必要な技術を解説する。また規格に適合した設計や評価を行うには、規格推進団体などから仕様や試験方法などを入手して実施する必要がある。例として伝送速度 2.5 Gbps の PCI Express 信号の評価方法の要点を取り上げる。(筆者)

1 プローブによるデジタル信号観測 波形の違い

論理回路設計者が回路の動作をチェックする際には、まずロジック・アナライザ(ロジアナ)を使うことを考えるのではないのでしょうか。しかし数百 Mbps の信号が通っている IC ピンやパターンにロジアナ用のプローブやクリップを

つなぐと、波形が乱れるのが普通です。

数十 MHz の波形を見る場合は、一般にパッシブ・プローブと呼ばれるプローブを使用します(写真1)。パッシブ・プローブは、コンデンサと抵抗に線路を組み合わせた受動回路で構成されます。

図1は約 1ns のパルス幅をもつパルス波形です。50 Ω のパルス発生器からパルスを出力し、写真2のようなオシロスコプの 50 Ω 入力に同軸ケーブルを直接つないで測定しました。この方法だと、プローブによって信号が乱れることを避けられます。

図2はパルス出力を 50 Ω で終端した基板の信号パターンに通し、写真1のパッシブ・プローブでパターンの途中の波形を見たものです。リングングと呼ばれる波形の乱れが発生しています¹⁾。



写真1 500MHz 帯域パッシブ・プローブの例
パッシブ・プローブでは実質最大となる 500MHz の周波数帯域に対応する。

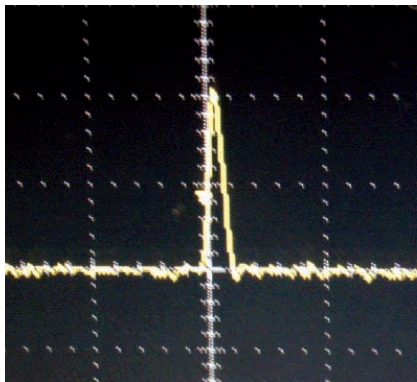


図1 パルス出力波形

オシロスコープ 50 Ω 入力にパルス発生器出力を直接して計測。横軸は 10ns/div, 縦軸は 1V/div。

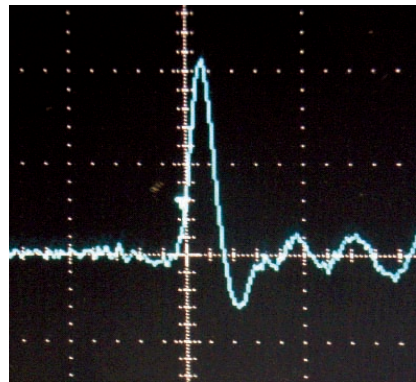


図2 500MHz パッシブ・プローブ使用時の波形

横軸は 10ns/div, 縦軸は 1V/div。

Keyword

差動信号, シングルエンド信号, PCI Express, Gen1, CBB, パッシブ・プローブ, ディエンファシス, アクティブ・プローブ, FET プローブ



写真2 オシロスコープの50Ω入力同軸ケーブルをつないでいる様子。

写真3のようにパッシブ・プローブの先にロジアナで使われるクリップをつないで計測した波形を図3に示します。波形の乱れはそれほど大きくないに見えますが、波形のなまりが大きくなっています。条件によっては信号の半分程度のリングングが何度も現れることもあります。

写真4はパッシブ・プローブの先に短いグラウンド・クリップをつないだ様子を示します。高速信号用のプローブは同軸状になっており、グラウンドが先端近くまできています。この同軸の外部導体に短いグラウンド・クリップをつけて接続します。図4は写真4の状態で見えたもので、リングングが小さくなっていることがわかります。

図5は、後述のアクティブ・プローブと呼ばれるタイプのプローブを使って波形を計測しました。元の波形(図1)にかなり近い波形となっています。

なお、アクティブ・プローブであっても信号のすぐそばにグラウンドがないと正しい波形を計測できません。波形チェックが必要な回路ではあらかじめ観測点のすぐそばにグラウンド・ビアを配置しておくといでしょう。

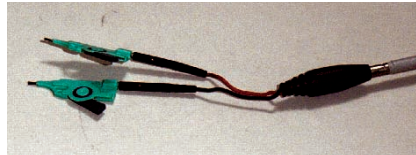


写真3 パッシブ・プローブにICクリップを使用した様子



写真4 パッシブ・プローブに高速信号用グラウンド・クリップを装着した様子

2 高速差動信号波形を計測するポイント

ここでは1Gbpsを超える高速差動信号を観測する際に必要な共通知識について説明します。写真5は、PCI Expressの適合試験用の治具(CBB: Compliance Base Board)を使って、GHzを超えるアドイン・カード(拡張ボード)の出力波形を見ているところです。

● プローブのインピーダンスと帯域を理解する

プローブをオシロスコープに接続するコネクタの入力インピーダンスは約1MΩが普通です。入力インピーダンスを1MΩと50Ωとに切り替えられるタイプもあります。

PCI Expressの波形を見るためには6GHz以上の帯域が必要です。高速信号向けのオシロスコープの入力インピーダンスは、通常50Ωのみです。50Ωの入力に1MΩの受動プローブをつないでもうまく波形を見られません。

写真6は高速信号向けオシロスコープの入力部に表示された最大印加電圧の注意書きです。高速オシロスコープでは通常5V程度までなので、機器の仕様を確認してから信号をつなぐようにします。

オシロスコープのプローブには前述したようにパッシブ

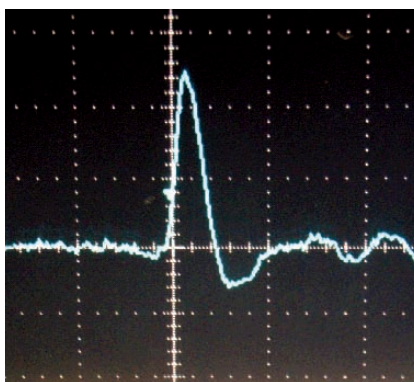


図3 パッシブ・プローブとICクリップを使用したときの波形
横軸は10ns/div, 縦軸は1V/div。

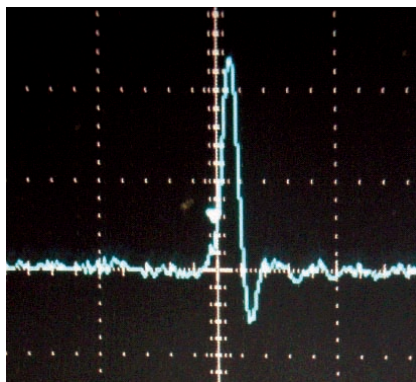


図4 グラウンド・クリップを使って計測した波形
横軸は10ns/div, 縦軸は1V/div。グラウンド線のインダクタンスによる影響が減り、より正しい波形に近づく。

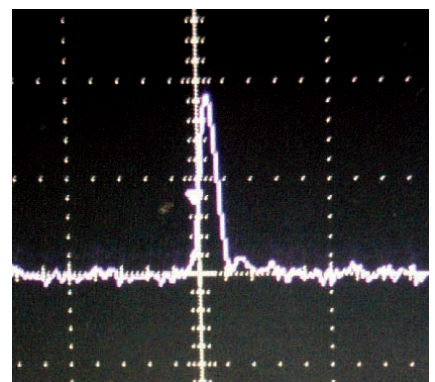


図5 アクティブ・プローブ使用時の波形