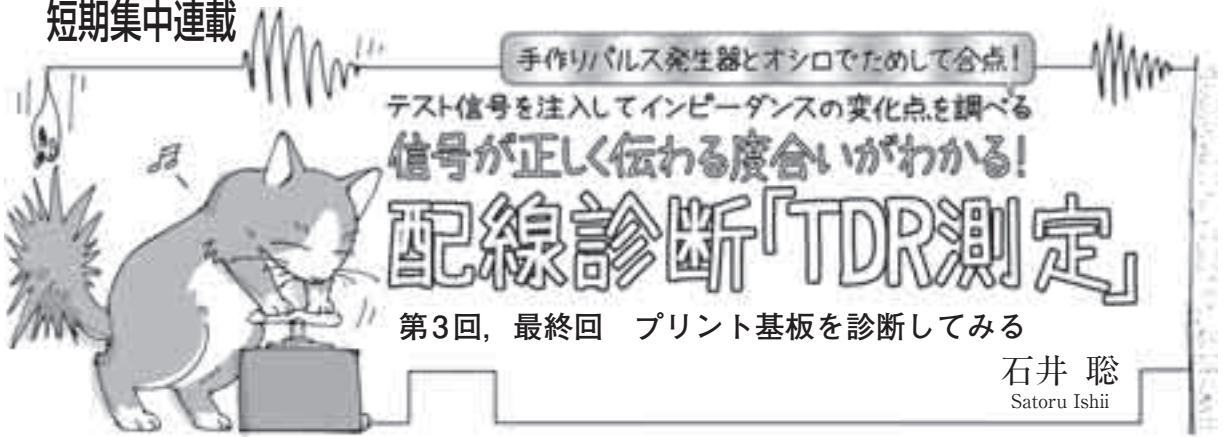


テスト信号を注入してインピーダンスの変化点を調べる
信号が正しく伝わる度合いがわかる!

配線診断「TDR測定」

第3回、最終回 プリント基板を診断してみる

石井 聡
Satoru Ishii



本連載のテーマであるTDR計測は、ケーブルやプリント・パターンなど伝送線路^{注1}の入力端にステップ状波形を加えて、その応答波形から途中にあるインピーダンスの不連続を読み解いてみようという計測方法です。

今回は、TDR計測用高速ステップ波形発生器(第1回で製作。本稿末でも頒布サービスを紹介)を使って、TDR計測が現実のプリント基板のようすを把握するのに有効なことを実験で示します。TDR計測の応用である「伝送線路のインピーダンス変化の計測方法」の基本や、使用した機器の測定限界も理解できます。

これらにより、出力端がどのような回路のときに、どのようなTDR計測波形になるかを理解していきましょう。

基板上で特性インピーダンスが不連続になるようすを把握でき、信号伝送のトラブルも解決できます。

TDR試運転

● 実験に使うプリント基板

図1(a)に示すプリント基板の配線パターンのインピーダンスの不連続点を調べてみましょう。パターン部分の寸法を同図(b)に示します。スルーホールを介して、4層基板の部品面(L1)とはんだ面(L4)にパターンが配線されており、表面層と内層でマイクロストリップ・ラインを形成しています。図1(c)に計測するパターン周辺の回路も示します。

このプリント基板のインピーダンスの不連続をTDR計測で調べてみましょう。

● 実験に必要な測定器

計測には、1GHz帯域のオシロスコープ(TDS784D、テクトロニクス社)と、連載第1回で製作したステップ波形発生器を用います。ステップ波形発生器の立ち

注1:「伝送線路」という用語は、電気信号を伝える、またその物理的長さも動きとして考慮すべき、ケーブルやプリント基板上のパターンのことだが、特に「特性インピーダンスが一定なもの」を主に表す。本稿ではこの定義を用いる。

上がり時間は1ns程度です。オシロスコープは50Ω入力にします。

写真1は、製作した高速ステップ波形発生器とプリント基板の接続部です。接続がいかげんだとインピーダンスが暴れるので、このようにSMAコネクタ付きのセミリジッド・ケーブルできちんと接続します。

● 実験結果

ここで、図1(c)のパターン(伝送線路)先端の負荷条件は、470Ω2個をそれぞれ電源とグラウンドに接続したテブナン終端です。この負荷条件でTDR計測した結果を図2に示します。

横軸は2ns/divとかなり高速で観測しています。時間マーカーは立ち上がり開始点(インピーダンス不連続が検出される最初のタイミング)にセットしています。

インピーダンスの不連続点で、反射が起きていることが分かります。

後ほど、テブナン終端以外の負荷条件でも計測してしながら、詳しく解析します。

● 2ns以下の変化をとらえるにはより高速なステップ波形発生器やオシロが必要

使用した計測系は通常の計測では十分に高速ですが、図2の通り、2ns/divでは波形がだいたい「鈍^{なま}って」しまいます。これが計測限界です。

このような、プリント基板上の短い伝送線路(パ

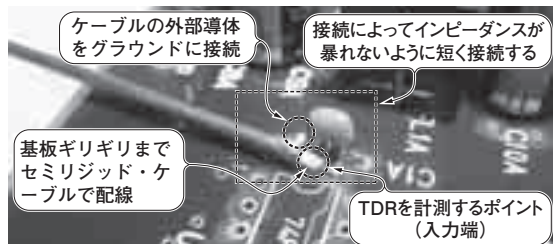


写真1 信号入力部は慎重に

プリント基板ギリギリまでインピーダンスを一定にするためにSMAコネクタ付きのセミリジッド・ケーブルで配線して直か付け