

手作りパルス発生器とオシロでためして合点!

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1回 原理とパルス発生治具の製作

石井 聡
Satoru Ishii



● 連載の狙い…伝送線路のようすを簡単に調べられるTDR計測の原理や実際の測定方法を学ぶ

プリント基板の配線パターンや同軸ケーブルなどの伝送線路^{注1}のようすを簡単に推定できる計測方法に、Time Domain Reflectometry計測法(以降、TDR計測)があります。伝送線路のインピーダンス特性やインピーダンス不整合、途中や出力端にある抵抗/容量/インダクタンス成分などを、完全に精度よくとはいえないまでも、計測(配線診断)することができます。

本連載では、このTDRの原理や測定回路の製作、実際の測定方法などを紹介していきます。

超高速TDR計測を例としてはいませんが、ここで示す考え方は、高速デジタル信号の伝送品質劣化問題の解決にもそのまま応用できます。

お金のかからない伝送線路の診断術「TDR」

● その1: 高価な測定器はいらない! 配線パターンのようすをオシロスコープで調べられる

プリント基板の配線パターン(伝送線路でもある)で信号を正しく伝送するために、特性インピーダンスや電気的な不連続、負荷IC端の入力インピーダンスなどを調べたいことがあります(図1)。

通常このような測定を行うためには、ネットワーク・アナライザ(ネットアナ)が必要です。しかしこの計測器は高価であり、使う機会も少なく、かつ使い方も難しいなど、ハードルが低くありません。

しかし「それほど精度よく計測できなくても、だいたいの特性が分かればいい」ということがほとんどでしょう。それをいつものオシロスコープを使って「時間軸で等価的に計測できる」としたら、とても便利な

注1:「伝送線路」とは、電気信号を伝える、その物理的長さも考慮すべき、ケーブルやプリント基板の配線パターンのこと。本稿では、その中でも特に以降で示す「特性インピーダンスが一定なもの」と定義する。

ことですね。それを実現できるのがTDR計測なのです。

● その2: デジタル信号伝送がうまくいかないときの原因が究明できる

デジタル回路では、後述するような「やまびこ」や「エコー」現象がプリント基板上の信号で生じています(これらの現象も本連載では例を示してみる)。

例えば図2のような異常信号が発生することがあります。このときの配線パターン上におけるデジタル信号の振る舞いとTDR計測はどちらも同じ原理です。

TDR計測で行うことと、デジタル信号を正しく伝送することは同じ技術です。TDR計測の知識があればデジタル信号伝送で問題が発生したときに、原因を見極めることができます。

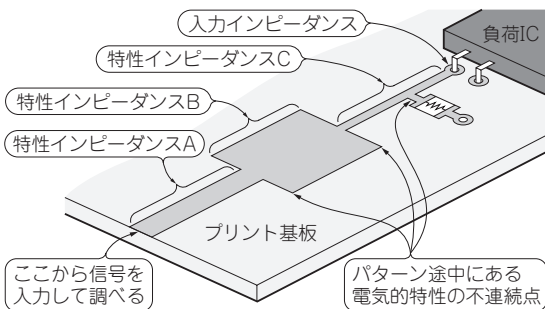


図1 配線パターン全体の形状による特性インピーダンスの変化のようすを知りたいけどどうしたらいい?

配線パターンの特性インピーダンスや電気的な不連続、負荷ICの入力インピーダンスなどを測りたい

本来なら破線の高さまでだが大きく複雑に変動している

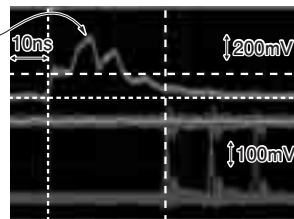


図2 TDR計測するとプリント基板上で起きている異常信号(信号の暴れ)の原因を見つけ出せる

LVDS信号で生じた反射による信号の暴れの様子