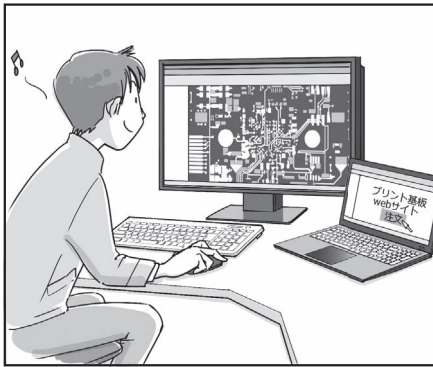


連載



理解が近道！ 信号設計から電源ノイズまで

回路動作から設計する プリント基板入門

第6回 配線インピーダンスと配線遅延

柿本 哲也 Tetsuya Kakimoto

連載ではまずここまで、信号を励振するLSIについて解説してきました。今回からは、励振する先となる配線について解説していきます。

信号設計(信号シミュレーション)する際、配線について考えることは、主にインピーダンスと配線遅延です。その考え方や理屈について、設計で使える最低レベルからはじめ、それ以上のところまで解説していきます。

信号の伝搬遅延(伝搬速度)についても、あわせて解説します。配線遅延(伝搬遅延)と配線インピーダンスは、どちらか片方だけを語るようなものではないので、一緒に解説します。

先にネタをばらしておくと、配線インピーダンスと配線遅延は、まったく関係がありません。これを言いたいがために、あえて続けて解説します。

配線インピーダンスとは何か

● 基板配線におけるインピーダンスとは

(配線の)インピーダンスは、回路設計者においては当たり前のはずの重要な言葉であり概念です。

しかし長いこと回路設計に携わっている人でもおかしな認識や間違った認識の人を見かけます。Googleで「インピーダンス」を検索してトップに出てくるWebページにすらかおかしな記述があるように、ネット上にもおかしな情報があふれています。そういう私自身、偉そうに語れるほどわかっているかは疑問ですが、間違ったイメージを修正する助けくらいにはなる

と思います。

ここでは「配線インピーダンス」という単語を使っていますが、学術的には「特性インピーダンス」というほうが正しいかと思います。しかし、なじみのない人にも抵抗がないようにと考えると、ここではあえて、配線インピーダンスという単語を使います。

● インピーダンスは切り口だけの情報

図1に、いわゆる伝送線路と呼ばれるものの回路イメージを示します。紙のように薄く切ったたくあんをイメージすればよいでしょうか。その薄い1枚の切り口の形がインピーダンスです。

▶伝送線路の教科書的な回路で考えてみる
もう少し回路的な理屈を考えてみます。

伝送線路の教科書では、配線インピーダンスの導出は、図2のような等価回路から説明されています。途中の面倒な式は省き、最終的な式だけ書きます。

$$Z = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \dots\dots\dots (1)$$

▶見落とされがちな仮定…十分短い

たいていはここでちょっとした仮定というか、条件がつかます。式(1)で、十分短い距離ではRとGはとも小さく無視でき(図3)、それらをゼロと仮定すれば最終的に式(2)になる、という感じです。

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} \dots\dots\dots (2)$$

▶インピーダンスには長さの概念が存在しない
このときの仮定「十分短い距離で」がポイントです。

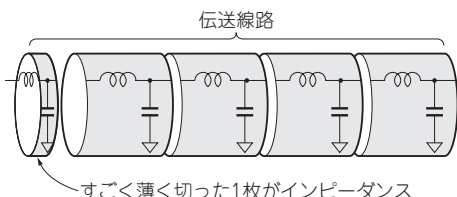
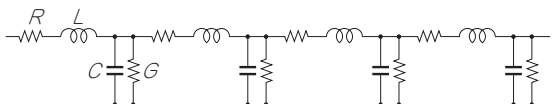


図1 伝送線路と等価とされる回路のイメージ
梯子(ラダー)状の分布定数で考える



$$Z = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \dots\dots (1)$$

※ R, L, C, Gは全て単位長さ当たりのもの
※単位長さは扱う波長に対して十分小さい

図2 教科書的なインピーダンス導出の等価回路