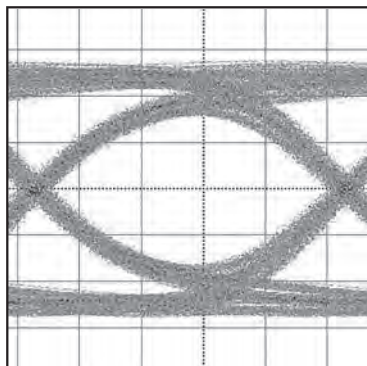


連載



抵抗性/容量性/誘導性…3つの基本要素をイメージする力を身に着け高速・高性能回路を攻略

ざっくり見積もりでOK

GHz超ハイスピード・プリント基板設計教科書

第12回 差動信号伝送(2) グラウンド不連続があったときの信号への影響とノイズ発生のようす

石井 聡 Satoru Ishii

高速信号を扱うプリント基板では、特性インピーダンス一定の伝送線路になるようパターンを設計し、送端・受端のインピーダンスを伝送線路の特性インピーダンスに合わせて、信号の反射が減って、波形を正しく伝えられます。

基板上で構成できる伝送線路としては、表層基板と内層のグラウンド・プレーンを使うマイクロストリップ・ライン(MicroStrip Line, 以下MSL)が定番です。さらに差動信号伝送方式にすることで、ノイズを受けにくく、かつ、ノイズを出しにくくなります。

シングルエンドMSLでは、伝送線路の途中においてグラウンドが連続していないと、本来の伝送線路としての機能を発揮できず、信号が乱れます。ところが差動信号伝送(差動MSL)にすることで、グラウンドに不連続があっても信号の品質を比較的正しく保てます。限界もありますが、差動信号伝送を使うことの効果について、実測で確認してみます。 **〈編集部〉**

差動信号伝送と差動モード信号源／同相モード成分のモデル化

● 差動MSLは2つの独立したシングルエンドMSLでモデル化できる

連載のここまでの説明で、

- 差動信号伝送は、ひとつの信号情報の伝送を、プラスとマイナスの逆極性の2信号でおこなう
- 差動信号となる振幅が等しい逆極性の2信号を「一对の差動モード信号 V_{D+} 、 V_{D-} 」と定義する(注1)
- 差動信号 V_{diff} 自体は、一对の差動モード信号間の引き算($V_{diff} = V_{D+} - V_{D-}$)
- 差動MSLのパターン間に、同極性かつ同じ大きさで加わる電圧が同相モード成分 V_C
- 差動信号の終端には、差動MSLのパターン間に、その差動MSLの差動インピーダンス Z_{d0} と同じ大

きさの抵抗($R_L = Z_{d0}$)を接続(差動終端)すればよい。じつはこれだけでは、差動信号伝送線路つまり差動MSLや差動終端抵抗の詳細な考え方は、未だ明確になっていません。そこでここでは、

- 一对の差動モード信号 V_{D+} 、 V_{D-} が伝送される差動MSLを
- 2つの独立したシングルエンドMSLとしてモデル化し
- 差動モード信号が伝送されるようすを考える
- 同相モード成分もこのモデル化の中であわせて考えていく

▶ 2つの独立したシングルエンドMSLに分解する

図1は、差動終端抵抗 R_L も含めて、いちばん単純に、差動MSLの差動ペアを2本のMSLでモデル化したものです。一对の差動モード信号源 V_{D+} 、 V_{D-} が、信号源抵抗 R_S を経由して、特性インピーダンス Z_0 をもつ2本のシングルエンドMSLと接続された形に分解してモデル化できます。このモデルで整合終端した場合、

- 差動終端抵抗 R_L は差動インピーダンス Z_{d0} と等しく、
- それぞれのシングルエンドMSLの特性インピーダンス Z_0 の大きさは差動インピーダンス Z_{d0} の $1/2(Z_0 = Z_{d0}/2[\Omega])$

になります。「基本的には」このように考えることができます。

▶ 「1/2」というのは単純に「1/2」ではない。この「1/2」という考え方はもう少し複雑で、

- 差動MSLのパターン相互が容量的/誘導的に結合するため
- 差動モード信号に対する、それぞれのシングルエンドMSLの特性インピーダンス Z_0 は差動MSLの差動インピーダンス Z_{d0} の「ぴったり $1/2(Z_0 = Z_{d0}/2)$ 」にはならない
- 同相モード成分に対する、差動MSLの特性インピーダンス(同相インピーダンス Z_{c0})もそれぞれのシングルエンドMSLの特性インピーダンス Z_0 の「ぴったり $1/2(Z_{c0} = Z_0/2)$ 」にならない

注1:「差動モード信号」は本連載で用いる用語として定義したものの、一般的な「差動モード」という用語とは若干意味合いが異なるので注意