

第4章

インピーダンスが乱れるコネクタ実装部を
75Ωに整合させる

75Ω系ビデオ・インターフェースの設計 [12 Gbps SDI規格編]

業務用放送機器で用いられるSDI(Serial Digital Interface)の規格合致のためのプリント基板のパターン設計と部品選択の方法を紹介します。

業務用放送機器の規格適合のためには、高周波インピーダンス・マッチング技術とシミュレーション手法、実測手法が必要です。従来の高速デジタル伝送にはないリターン・ロス要求があり、これに合致させるために何回も試作を繰り返すなど、開発期間が長期化していました。

SDIは、米国映画テレビ技術者協会、SMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineers)が定めた規格です。よく用いられている規格が、信号伝送速度が約3 Gbpsの3G-SDIと、12 Gbpsの12G-SDIです。これらについて説明していきます。

4-1 3G-SDIへの対応

● **プリント基板の設計に左右されるリターン・ロス**
本稿で扱うのはプリント基板の電気特性に関するものであり、これに左右される3G-SDIの特性値として、リターン・ロスをとりあげます。リターン・ロス(return loss: 反射減衰量)は、Sパラメータの S_{11} が尺度として用いられ、次の式で表せます。

$$S_{11}[\text{dB}] = 20 \log \frac{\text{反射電圧}}{\text{入力電圧}}$$

受動部品では入力よりも反射のほうが小さいのでマイナスの値をとります。マッチングがとれていて反射が小さいほど、 S_{11} は小さくなります。規格では、この S_{11} の最大値が周波数ごとに定められています。

リターン・ロスを少なくする方法

● **3G-SDIの出力回路ではコイルの値を調整できる**
プリント基板の配線がない系について説明します。代表的なSDIの出力側の回路を図1に示します。基板にケーブルを接続するためのBNCコネクタと、直流遮断用のために信号配線に対して直列に接続されるコンデンサは仕様で定められていますが、そのほかは開発者側のオプションです。デバイス出力直近のところに75Ωの並列終端、その先に75Ω抵抗とインダク

タが並列の回路があります。

ここでインダクタの値は変える(調節する)ことができます。コネクタから見た値は75Ωに正規化したミス・チャートにて、5.6 nHのときに最も75Ωに近くなっています(周波数は5 MHz~3 GHz)。これを S_{11} の周波数特性で示したのが図1(c)のグラフです。5.6 nHのときに反射が最も小さくなるのがわかります。つまり、 S_{11} の規格合致のためには、回路や定数の最適化という選択肢もあるということです。

● **プリント基板に特性インピーダンスの不連続点があると信号が反射してリターン・ロス特性が悪くなる**
実際にはプリント基板の配線があるため、この影響を考慮した設計が必要です。配線の影響はおもに2つあり、1つは特性インピーダンス、もう1つは伝搬遅延時間です。

前者の特性インピーダンスについて、信号線のインピーダンスが異なる点で発生する反射という現象は、プリント基板についても同様です。反射係数は次のとおりです。
▶特性インピーダンス Z_{01} の伝送線路と特性インピーダンス Z_{02} の伝送線路との接続点での反射係数

$$\Gamma_1 = \frac{Z_{02} - Z_{01}}{Z_{02} + Z_{01}}$$

【例】 $Z_{01} = 100 \Omega$ 、 $Z_{02} = 50 \Omega$ の場合

$$\Gamma_1 = \frac{50 - 100}{50 + 100} = -\frac{1}{3}$$

Z_{01} からの入力信号が3Vの場合、接続点で $-1/3$ の $-1V$ が反射し、これが入力信号に重畳すると、接続点手前で2Vが観測される

特性インピーダンスの場合は、実数部のみとなり、虚数部はありません。念のため、 Z_{02} がオープンの場合は $Z_{02} = \infty$ で反射係数 $\Gamma_1 = 1$ 、ショートの場合は $Z_{02} = 0$ で $\Gamma_1 = -1$ です。反射係数は、これらの間の値をとります。 $Z_{02} = Z_{01}$ の場合、反射係数 $\Gamma_1 = 0$ です。反射電圧 $V_2 = \Gamma_1 \times$ 入力電圧 V_1 なので、リターン・ロスを少なくするには、特性インピーダンスの不連続ができるだけ生じないようにする必要があります。

● **特性インピーダンスの不連続点の影響はTDRという測定法で実測やシミュレーションが可能**

特性インピーダンスの不連続がどのように表れるの