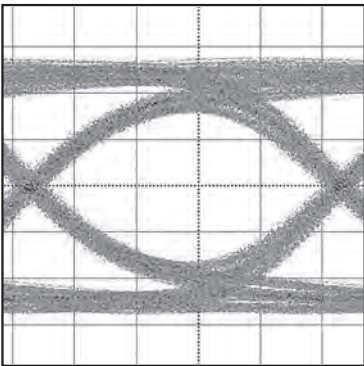


連載



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

# GHz超ハイスピード・ プリント基板設計教科書

**第6回** 配線パターンに生まれるよぶんな寄生成分と  
その対策

石井 聡 Satoru Ishii

ざっくり  
見積もりで  
OK

高速信号を扱うプリント基板では、特性インピーダンスが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ると、信号の反射が減って波形を正しく伝えられます。

基板上に形成する伝送線路には、マイクロストリップ・ライン(Microstrip Line; 以下、MSLと表記する)がよく使われます。ただし配線にMSLを使っても、部品と接続する部分でパターン幅が太くなったり細くなったりすると、信号伝送に問題が生じます。

この対策として、パターン幅が太くなる場合は、当該部分のグラウンドを抜く方法が知られています。これで特性インピーダンスの変化を抑えられます。

グラウンドを抜く手法は、高速アンプ回路で問題になる寄生容量の悪影響を減らすためにも使えます。扱う信号の周波数が高かったり、インピーダンスが高かったりするときは、活用すると便利な方法です。

(編集部)

## 高速な回路で影響度が大きくなる寄生容量・寄生インダクタンスとその軽減対策

### ● チップ部品のパッドによる容量増加と特性インピーダンスの低下

MSLは、単位長あたりの寄生容量(分布容量 $C_D$ [F/m])と寄生インダクタンス(分布インダクタンス $L_D$ [H/m])を、分布定数回路として活用します。つまりMSLの各部分の構造は、目的の特性インピーダンスを実現するための均一な寄生容量と寄生インダクタンス、すなわち「均一な寸法」である必要があります。

MSLの特性インピーダンスは次式で計算できます[参考文献(1)を参照]。

$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{1.41 + \epsilon_r}} \ln \frac{5.98H}{0.8W + T} \dots\dots\dots (1)$$

$\epsilon_r$ は絶縁体の比誘電率(無単位)、 $W$ はMSLのパターン幅(単位は[mil])、 $H$ は絶縁体の厚さ(単位は[mil])、 $T$ はパターンの導体厚(単位は[mil])、ただし、 $0.1 < W/H < 3.0$ の範囲。

なお1 mil=0.001インチ(25.4 $\mu$ m)です。寸法の単位は[mil]としてありますが、式中の分母/分子それぞれが「長さ」であるため、実際の単位系は任意です。

このMSLの特性インピーダンスを計算する式は、パターン幅/絶縁体の厚さ/銅はく厚として短手方向断面の寸法が変数なので、「長手方向で均一な寸法」であることが当然ながら分かります。

▶MSLより幅の広いチップ部品が搭載されると…

しかし現実のプリント基板設計では、MSLの途中にチップ部品のパッドを形成する必要性が生じてきます。これがどのような影響になるか考えてみます。

たとえば、回路出力と後段との接続で、直流をカット(ブロック/AC結合)したいときには、MSL途中にチップ・コンデンサを直列に挿入します(図1)。またアッテネータ回路やバイアス回路、フィルタ回路を、MSL上にチップ部品で形成することもあります。

同図に示したように、チップ・コンデンサのパッドをMSLの途中に形成すると、その部分のパターン幅が広がります<sup>(注1)</sup>。そのため、面積 $S$ 、距離 $d$ の電極の間に比誘電率 $\epsilon_r$ の誘電体が挟まっているコンデンサの容量 $C_p$ を求める式

$$C_p = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d} \dots\dots\dots (2)$$

ただし $\epsilon_0$ は真空の誘電率

からわかるように、MSLで生じる寄生容量が大きくなり、また、長さ $l$ 、幅 $w$ 、高さ $h$ のパターンのインダクタンス $L_p$ を求める式[参考文献(2)参照]

$$L_p = l \times 0.0002 \times \left[ \ln \left( \frac{2l}{w+h} \right) + 0.2235 \left( \frac{w+h}{l} \right) + 0.5 \right] \dots\dots\dots (3)$$

からわかるように、MSLで生じる寄生インダクタンスが小さくなるのがわかります。これだけ見ても、寄生(分布)容量と寄生(分布)インダクタンスから特性インピーダンスを求める式

注1：最近の1005サイズや0603サイズのチップ部品であれば、外形サイズ自体が小さいため、この問題は軽微といえる