

ICチップ用バイパスコンデンサの個数は重要な問題か？

Ghery Pettit
Pettit EMC Consulting LLC

はじめに

設計時、どうやってバイパスコンデンサのサイズを決めているだろうか？ 特定のICチップをバイパスするために複数のコンデンサが必要か？ 特定の使用目的で複数のコンデンサの容量値は重要か？ 異なる容量のコンデンサを2個、並列に入れるという迷信を信じているだろうか？ この問題を読者に考えてもらおうとした一例が本稿である。

1. コンデンサは純粋なコンデンサなのか？

大学で「電気回路の基礎」の授業を履修すると、回路素子のさまざまな種類について、それがまるで完全無欠な素子であるかのように教授が説明したことだろう。抵抗素子には電気抵抗だけしかない。誘導素子にはインダクタンスのみしかない。そして、コンデンサにあるのはキャパシタンスのみである。教授はたぶん「周辺の影響は無視するように云々」と学生に言ったことだろう。これが正しいと信じ続けているエンジニアが多いことにEMCエンジニアやテクニシャンはおおいに感謝している。というのも、この誤解のおかげで彼らの雇用は確保されているからである。

純粋なコンデンサという概念は便利なツールだが、実際の回路の中では抵抗やインダクタンスも伴っている。抵抗は回路基板が超電導体でないという事実由来、インダクタンスは回路が有限の長さや範囲を持っているという事実由来である。本稿では、抵抗を無視できると見なす（誤解もあるだろうが）ことにする。ゼロではないが、公式にはゼロに十分に近いからである。しかし、インダクタンスは重要である。

ゼロではない小さなインダクタンスが回路内にある場合、コンデンサを設置どおりに、コンデンサと小さな値のインダクタンスの直列回路としてモデル化できる。

コンデンサとインダクタ両方のインピーダンスの値は、デバイスの値と周波数に依存している。印刷回路基板 (PWB) 上のバイパスコンデンサは、この例では 3 nH とみなすのが一般的なもので、このインピーダンスは、

$$Z_L(f) = 2 \pi f L$$

そしてコンデンサのインピーダンスは、

$$Z_C(f) = 1/2 \pi f C$$

直列LC回路を見ると、全体のインピーダンスは $2 \pi f L + 1/2 \pi f C$ である。

全体のインピーダンスがゼロ（実際の回路には存在する小さな抵抗値は無視する）になる自己共振周波数は、

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

自己共振周波数より低い周波数では、回路は容量性になり、それより高い周波数では誘導性になる。

2. 事例

これは周波数の関数として、どのように見えるだろうか？ 0.1 μ F のコンデンサに 3 nH のインダクタンスが直列に接続された 1 MHz ~ 5 GHz のインピーダンスを見てみよう（図1）。

この LC 回路の自己共振周波数は 10 MHz よりわずかに低いので、放射エミッション用の効果的なバイパスを探している場合、30 MHz は回路の自己共振周波数を超えていて、このコンデンサの容量は大きすぎると思うかもしれない。例えば 470 pF など容量の小さいコンデンサを見てみよう。この回路のインピーダンスは、どのように見えるだろうか？（図2）自己共振周波数は 100 MHz よりわずかに上へ移動し、少し良くなった。では容量がさらに1桁小さい 47 pF はどう

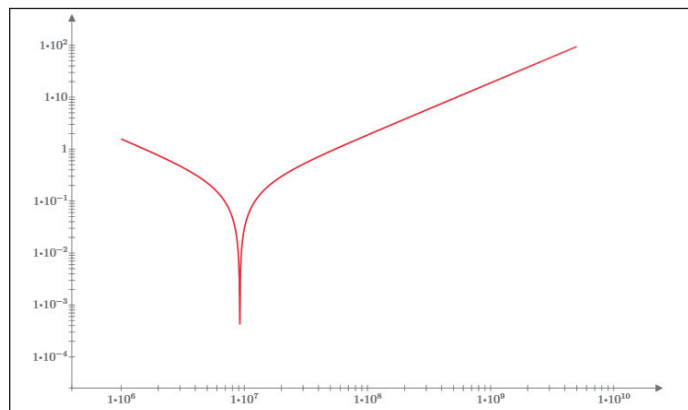


図1. 0.1 μ F のコンデンサに 3 nH を直列接続したときの周波数対インピーダンス特性