

其の7

アクロバット空中結合！ 「寄生相互インダクタ」を探し出せ

● クロストークの原因はほかにも！ その名も「寄生相互インダクタンス」

其の5では単一のプリント・パターンで生じるインダクタンス(自己インダクタンス)について解説しました。しかし、プリント基板上で生じる、誘導性の寄生成分による影響は、「回路内の電流の流れを抑制する」だけではありません。

2つのプリント・パターン(導体)どうしが、磁氣的に相互作用することで回路間が結合してしまう、「相互インダクタンス」という別の重要な要素があります。

これにより、プリント基板上に回路設計者が想定しない寄生成分である、相互インダクタンス(以降「寄生相互インダクタンス」と呼ぶ)が生じます。

寄生相互インダクタンスにより、回路図やネットワークでの結線情報では接続されていない2つのプリント・パターン/回路間が迷結合(想定外の結合)し、クロストークが生じます。クロストーク(漏話)とは、迷結合により生じるノイズのことです。

本稿では、寄生相互インダクタンスのしくみについて解説します。

寄生相互インダクタンスの影響

■ クロストーク電圧の見積もり方

● クロストーク電圧は周波数、寄生相互インダクタンス、プリント・パターンに流れる電流に比例する

寄生相互インダクタンスで生じる、クロストークの例を図1に示します。プリント・パターン(A)に交流の正弦波電流 I [A]が流れると、もう一つの四角いループ状のプリント・パターン(B)にクロストークとなる電圧 V_{MP} [V]が生じます。 V_{MP} は次式で求められます。

$$V_{MP} = 2\pi f M_P I \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 f : 波数[Hz]、 M_P : 寄生相互インダクタンス[H]

式(1)からクロストークとなる電圧は、周波数と寄生相互インダクタンスに比例することがわかります。高周波信号や高速にエッジが変化するデジタル信号な

どで、寄生相互インダクタンスの影響、つまりクロストークが大きくなります。電流 I を源としてクロストークが生じることもわかります。

● 信号線に流れる電流(磁束)が大きく、変化量が高速で、ループ状プリント・パターンの面積が広いとき、クロストークが大きくなる

寄生相互インダクタンス M_P を、実際の複雑なプリント・パターン形状をもつプリント基板で、精密に計算することは困難です。プリント・パターン形状ごとも、いろいろなケースが考えられます。プリント・パターンが単純なループ状になっておらず、ドライバICとレシーバICの間を結線している場合や、ベタ・グラウンドの配置によっても条件が複雑に異なってきます。

そのため厳密に値を求めることは(とくにプリント基板設計に必要な情報としては)、ほとんどの場合で意味がありません。

図2に示すシンプルなプリント・パターン寸法を用いて、寄生相互インダクタンスにより生じるクロストーク電圧 V_{MP} の大きさを確認し、基板設計での基本的な回避方法を“Rule of thumb”で理解してみよう。

後述する内容が難しいと思う人は、上記の物理則だけおぼえ、本稿最後の一番基本的な寄生相互インダクタンスの低減方法を讀んだうえで、其の8に進んでください。

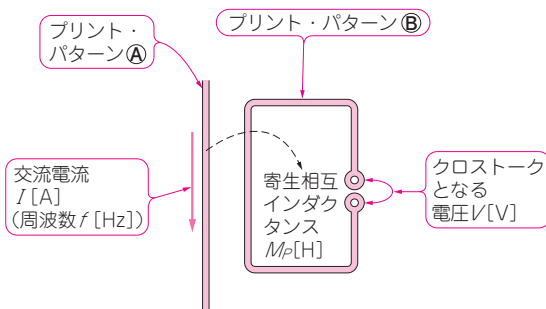


図1 寄生相互インダクタンスもクロストークの原因だ
プリント・パターン(A)に交流の正弦波電流が流れると、ループ状パターン(B)にクロストークが発生する

【セミナー案内】アナログ基礎講座 これからはじめるOPアンプ回路【講師による実験付き】
——若いエンジニアに向けたOPアンプ回路の基礎を徹底的に学ぶ講座
【講師】 浜田 智氏【会場】 大阪・NLCセントラルビル 3F セミナールーム、6/22(金)
19,000円(税込) http://seminar.cqpub.co.jp/