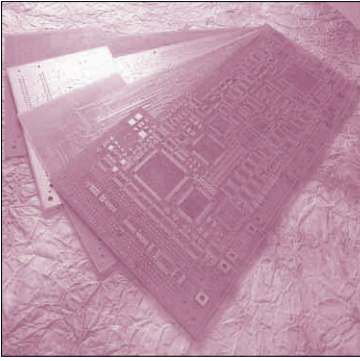




第4章 安全ではかの電子機器に影響しない パワー回路基板を設計する

パワー回路基板設計の 鉄則10か条

浅井 紳哉
Shinya Asai

■ はじめに

パワー回路の基板設計で重要なことは、

- 安全なこと
- ほかの電子機器を妨害しないこと

です。

安全性とは回路が燃えないことや、人が感電しないことです。このように書くと大げさに感じますが、パターン設計を間違えると大事故につながる可能性があります。

また、同一筐体内の電子回路を誤動作させないことは当然ですが、周囲の電子機器を誤動作させないためにも、パターン設計は重要です。

安全性と機器への妨害については、UL規格やEMC規格などで細かく決められています。規格を満足するためには、回路設計と同様に、プリント基板のパターン設計に関する知識と注意が必要です。ノイズなどによる誤動作対策はカット＆トライになる場合も多いのですが、注意してパターン設計を行えば、多くの問題をあらかじめクリアできることが多いと思います。

回路設計者とパターン設計者が異なる場合、回路設計者はパターン設計者に適切な指示を出す必要があります。またパターン設計者は、回路設計者が常識と考えて指示していない項目を読み取れると、作業が円滑に進むと思います。

本稿では、パワー回路基板を設計するうえでのポイントと、それを踏まえた設計例を解説します。

パワー回路基板設計の鉄則10か条

■ 第1条：パターンは引くな！

- パターンを引くのではなく、不要な銅はくを削る
パターン設計のことを「パターンを引く」とよくいいますが、パワー回路基板のパターン設計では、パターンは引きません。回路に加わる電圧によって必要な間隔(ギャップ)を設ける、つまり不要な銅はくを削るという作業が、パワー回路基板のパターン設計です。実際にPCB-CADで設計を行う場合は「パターンを引く」ことになりますが、イメージとして「不要な銅はくを削る」という作業を心がけてください。

● なぜパターンを引かないのか

一言でいえば、パターンのインピーダンスを小さくするためです。不要な銅はくを削るだけの作業によって、パターン幅が太くなるため銅はくの断面積が大きくなり、直流抵抗が小さくなります。

また、パターンで囲まれる面積が小さくなるため、パターンのインダクタンスが小さくなります。したがって、インピーダンスが小さくなります。

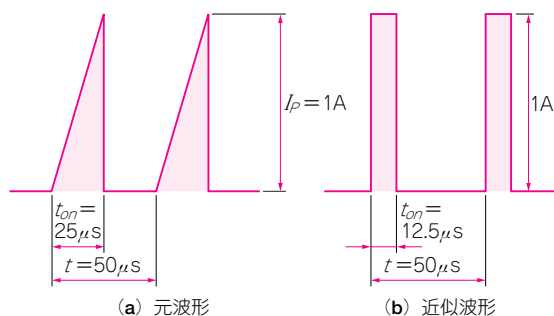
■ 第2条：パターンは太く、 短くを心がけよ！

デジタル回路などの小信号回路と比べると、パワー回路では高電圧・大電流を扱います。そのため、回路電流をよく把握して、パターン幅を決定する必要があります。

Keywords

パワー回路、安全性、UL規格、EMC規格、パターン間隔、ギャップ、インピーダンス、インダクタンス、パターン幅、実効値、電力損失、直流抵抗、耐電圧、電位差、1点接続、リターン電流、分流、許容リプル電流、並列接続、浮遊容量、伝導ノイズ、サミング・ポイント、ガード・リング、発熱、放熱器、フライバック方式、ベタ・パターン。

〈図1〉断続的に流れる電流の例



〈表1〉パターンの温度上昇と許容電流

導体幅 [mm]	許容電流 [A]		
	10℃上昇	20℃上昇	45℃上昇
0.1	0.24	0.7	0.9
0.2	0.8	1.2	1.7
0.5	1.4	2.0	3.0
1.0	2.2	3.0	4.2

● パターン幅は電流の実効値から求める

パターン幅1mmに対する許容電流の目安は1Aといわれています。この目安は、電流変化の少ない直流電源などには適用できます。しかしスイッチング電源など、電流変化とピーク電流が大きい回路にそのまま適用してしまうと、効率低下や誤動作の原因につながることがあります。

スイッチング電源などでは、電流は断続的に流れるため、電流の実効値は平均値に比べて大きくなります。**パターン幅を決める電流は実効値を使います。**例えば、図1のような電流波形の実効値 I_{RMS} [A_{RMS}] は、式(1)から0.5 A_{RMS}と求まり、パターン幅は0.5 mm以上必要となります。

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{I_p^2 \times \frac{t_{on}}{2}}{t}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 I_p ：ピーク電流 [A]、 t_{on} ：ON時間 [s]、 t ：スイッチング周期 [s]

パターン幅を十分に太くできない場合は、銅はくを厚くします。パターン幅1mmに対して許容実効電流1Aという目安は、銅はく厚が35 μmの場合です。パワー回路の銅はく厚は70 μmとする場合が多く、この場合はパターン幅1mmに対する許容実効電流の目安は2 Aとすることができます。

● パターンが太ければ損失は減る

最近のスイッチング電源などでは、効率向上は必要条件になっています。高効率な回路の開発も必要で

〈表2〉⁽¹⁾パターン間ギャップと耐電圧

パターン・ギャップ		耐電圧 [V _{ACPeak} , V _{DCEPeak}]
0.127 mm	50 mil	0～9
0.254 mm	1000 mil	10～30
0.381 mm	150 mil	31～50
0.508 mm	200 mil	51～150
0.762 mm	300 mil	151～300
1.524 mm	600 mil	301～500
0.00305 mm/V		500以上

(a) JIS規格

規格	パターン・ギャップ [mm]	耐電圧 [V]
電気用品安全法* (日本)	2.5	51～150
	3.0	151～300
	5.0	301～440
UL (アメリカ)	1.59	51～125
	2.38	126～250
	12.7	251～440
ヨーロッパ規格 (ドイツ)	2.0	51～130
	3.0	131～250
	4.0	251～440

*注▶旧電気用品取締法

(b) そのほかの規格

が、**パターンで不必要な電力損失が発生したのでは、高効率な回路が無駄になってしまいます。**パターン設計では、効率が低下しないようにパターン幅を決定することが重要です。

パターンによる電力損失は、回路の実効電流とパターンの直流抵抗から計算できます。パターンの直流抵抗 R [Ω] は次式で表されます。

$$R = \rho \frac{\ell}{a} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 ρ ：体積抵抗率[Ω・m]、 ℓ ：パターン長[m]、 a ：断面積[m²]

銅の体積抵抗率は、0℃時で $1.55 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ 、100℃で $2.23 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ ですから、ある温度 T ℃での銅の体積抵抗率 ρ は、次式のようになります。

$$\begin{aligned} \rho &= \{(2.23 - 1.55) \times (T/100) + 1.55\} \times 10^{-8} \\ &= (0.0068 T + 1.55) \times 10^{-8} \quad \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

パターンの直流抵抗は、パターンが太ければ太いほど小さくなります。そこでパワー回路では、必要なパターン間ギャップを確保しつつ、そのほかの部分はパターンとして残るように、パターン以外の銅はくをエッチングで除去して製作します。

このように設計すると、可能な限り太いパターンとなるため、パターンの直流抵抗が小さくなり、回路の効率向上に寄与します。

● パターンの温度上昇

パターンの温度上昇と許容電流を表1に示します。この表は、パターンの温度が10℃および20℃、45℃