



第3章 多電源システムから 高速デジタル回路まで

電源とグラウンドの 配線テクニック

月元 誠士
Seishi Tsukimoto

問題なく動くプリント基板と誤動作を起こすプリント基板を比べると、電源、グラウンド配線の違いはほんの少ししかないかもしれません。しかし、そのわずかな違いが非常に重要な意味をもっており、意図的に作られているはずで

す。回路の誤動作をできるだけなくすためには、電源やグラウンドのどんな点に注意を払いどのように配線するべきでしょうか。電源やグラウンド配線の役割を理解するとともに、**配線を通る電流のようすを想像すると、良い配線が見えてきます。**

電源とグラウンド配線の役割

プリント基板での電源配線とグラウンド配線の機能をおさらいしてみましょう。電源配線とグラウンド配線の機能は大きく分けて次のものがあります。

① 電力の供給

電力の供給は回路を動作させるための基本機能です。線がつながっていれば良いと思われるかもしれませんが、ここにはもっとも重要な解決すべき課題を含んでいます。それは、配線に電流が流れるときに発生する電圧降下です。

② 基準の電位を与える

基準電位として使う場合は、基本的に、配線に電流を流さないか、流しても小さい電流にとどめるのが理想です。基準電位ですから、意図しない電圧変動が発生しないように注意します。

③ 電力やノイズの伝達

電源やグラウンド配線で伝達される交流成分の多く

はノイズです。電源、グラウンド・パターンは、プリント基板のあちこちへ配線されるので、電力を伝達するだけでなく、ノイズを伝播する経路にもなってしまいます。

そのほかの機能として次のようなものがありますが、ここでの解説は省略します。

- ④ ノイズやクロストークを防ぐ静電シールド
- ⑤ 信号線のインピーダンス整合(ストリップ・ラインやマイクロストリップ・ラインの形成に使用)
- ⑥ ベタ面積を利用した発熱部品の放熱

これらの機能はふつう、配線一つごとに分けられるものではなく、複合して働いています。

配線に電流が流れるときの 基板のふるまい

配線に電流が流れると必ず電圧降下が発生します。プリント基板上の配線はたとえベタ配線でも電流が流れていれば電位差があります。

● 配線に電流が流れると電圧降下が生じる

電源、グラウンド配線に電流を流したときのふるまいを図1の回路で考えてみます。プリント基板パターンの抵抗は、

$$r = \rho B/s$$

ただし、 ρ ：常温での銅の抵抗 (1.72×10^{-8}) [$\Omega \text{ m}$]、 B ：パターン長 [m]、 s ：パターン断面積 [m^2]

と表すことができ、この回路に電流 $I = 1 \text{ A}$ が流れる際に発生する、配線での電圧降下 ΔV は、

$$\begin{aligned} \Delta V &= Ir = 1 \times (1.72 \times 10^{-8} \times 0.01 / (0.001 \times 18 \times 10^{-6})) \times 2 \\ &= 0.019 \text{ V} \end{aligned}$$

Keywords

配線インピーダンス、パターン・インピーダンス、電位のあばれ、バイパス・コンデンサ、突入電流、集中給電、分散給電、POL、リップル電流、リニア・レギュレータ、リターン電流、1点接地、高周波電源ノイズ、ベタグラウンド、グラウンド浮き

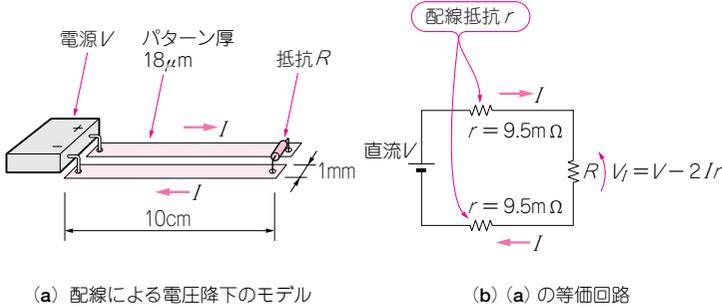


図1 電源、グラウンド配線に電流を流したときの挙動を考えるためのモデル

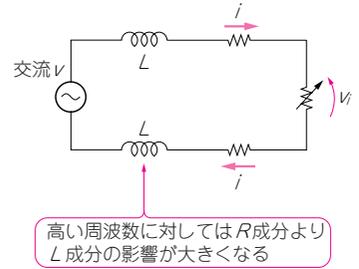


図3 電源周波数が高くなると図1(b)の等価回路はこんなふうになる

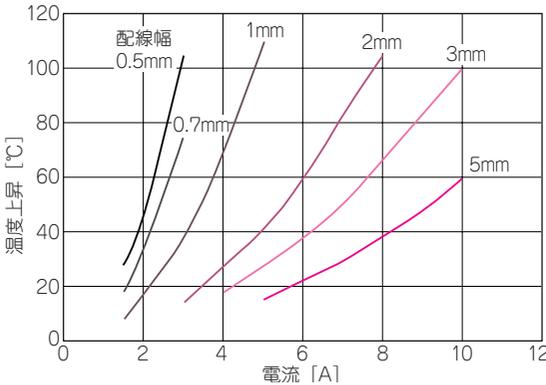


図2 配線厚さ18μmの配線に電流を流したときの温度上昇

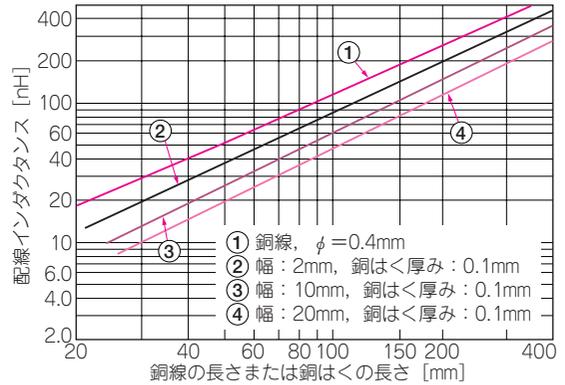


図4⁽¹⁾ 銅はくの長さ配線インダクタンスの関係

となります。この電位差が大きくなると、回路の誤動作の原因になります。

● 電流が流れると配線の温度が上昇する

配線に電流を流すと、配線抵抗によって配線自体の温度が上昇します。図2は配線厚さ18μmの配線に電流を流したときの温度上昇を、配線幅ごとに示したものです。一般的にいわれる「電流1A当たりの配線幅は1mm」という基準は、配線の温度上昇を数℃程度に抑えることを意味します。

● 電流の周波数が高くなるほど配線の電圧降下も大きくなる

流れる電流に交流分を含む場合、つまり、デバイスの消費電流が変動する場合、配線のインダクタンス成分の影響が出てきます(図3)。図4から、例えば幅2mm、厚さ0.1mm、長さ100mmの配線インダクタンスDは83nHなので、この配線にもし周波数成分f=1MHzの電流を流そうとすると、配線インピーダンスE[Ω]は、

$$E = 2\pi fD = 2\pi \times 1 \times 10^6 \times 83 \times 10^{-9} = 0.52\Omega$$

となります。

流れる電流が変動するときの配線インダクタンスによる電圧降下ΔV(図5)は、例えば、0.1μsで100mA

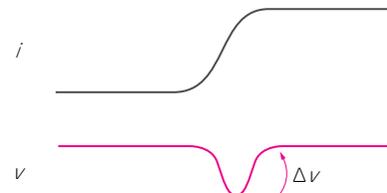


図5 配線インダクタンスがあると配線の電流が変動したとき電圧降下が生じる

の変動があった場合、

$$\begin{aligned} \Delta V &= (D\Delta I/t) \times 2 \\ &= (83 \times 10^{-9} \times 0.1/0.1 \times 10^{-6}) \times 2 \\ &= 166 \text{ mV} \end{aligned}$$

になります。2を乗じる理由は、電圧降下はグラウンド配線にも生じるからです。デバイスが動作するとき配線に電流が流れると、電源配線、グラウンド配線双方に電圧降下が発生します。このように、電流の流れる配線の電位は「あばれる」ことに注意する必要があります。

配線抵抗も配線インダクタンスも、パターン幅がたいほど小さくすることができるので、配線インピーダンスによる電圧降下を減らすには、流す電流が大きいほど、周波数成分が高いほど、配線幅を広くする必要があります。