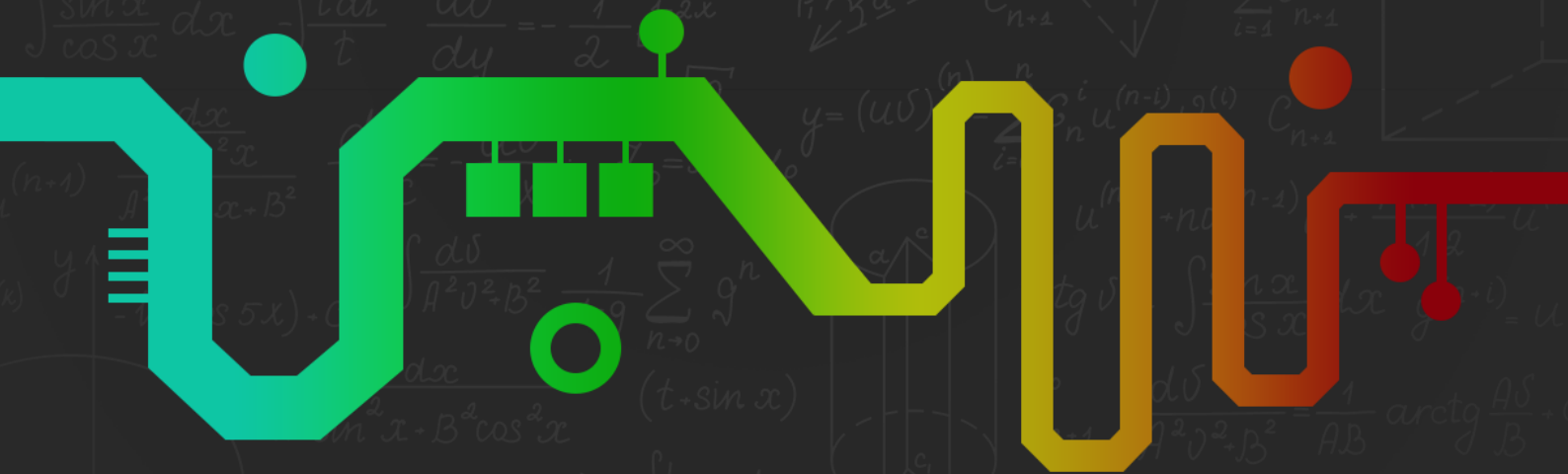


PCB設計者のためのPDNの基本

多くの設計では、
PCB電力分配ネットワークは大して複雑ではない



Jeff Loyer

シグナル/パワー インテグリティ製品マネージャー

PCB設計者のためのPDNの基本

多くの設計では、PCB電力分配ネットワークは大して複雑ではない



はじめに

PCB設計者が「PDN」や「電力分配ネットワーク」という言葉を聞くと、ボード線図やら、呪術的なテクニックやら、何か不可解で恐ろしいものを思い浮かべるかもしれません。実際には、PDN性能を左右するPCB設計の側面の多くは単純であり、それと同様に、PDNの目標は単純です。本稿では、一般的なPDN設計のさまざまな側面と、PCB設計者がそれをコントロールする方法について解説します。

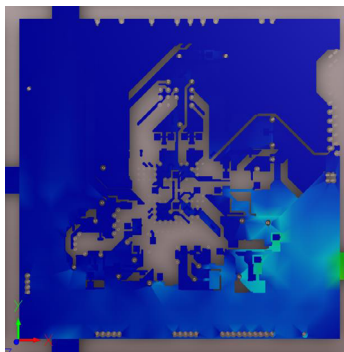
全体的な目標: すべての負荷に十分な電流と電圧を供給する

電力分配ネットワーク(PDN)の基本的な目標は、非常に単純です。つまり、**すべての負荷に、それぞれが動作要件を満たすのに十分な電流と電圧を供給すること**です。PDNの全体的な設計(電圧レギュレータ、オンダイ型デカップリング、パッケージング、コンポーネントの実装など)は、特別な訓練と経験を要する非常に難易度の高い技術ですが、PCBのPDN性能の最適化は、それほど複雑ではありません。PCB設計者ができることは限られているからです。本稿では、作成したPCBデザインがすべての負荷に十分な電流と電圧を確実に供給できるようにするために留意すべきPCBレイアウトのポイントを説明します。

要件1: ソースと負荷の間に十分なメタルが存在する

ソースと対応する負荷の間に十分なメタル(通常、銅箔)を確保することは、PDN設計の要です。幸いなことに、その方法については、手ごろな価格で入手できるIPC-2152が分かりやすいガイドラインを提供してくれます。IPC-2152の仕様によって、最大推定電流と許容温度上昇が与えられたときの、電源シェイブに必要な最小幅が分かります。しかし、残念ながら、IPC-2152のみを使用して設計すると、設計の問題に気づかないまま、オーバースペックなPCBを設計してしまうことになります。IPC-2152には、次のような制約があります。

- 1. IPC-2152の推奨値は非常に保守的です。**IPC-2152の推奨値は温度のワーストケース シナリオ(隣接する銅箔がない2層基板)によるデータを使用して計算されており、また、ユーザーは通常、最も保守的な想定をします(許容最小温度上昇など)。IPC-2152のみを使用した設計では、電源シェイブが必要よりもかなり大きくなる可能性があります。
- 2. IPC-2152の推奨ビアは保守的です。**このことは、ある電源レール用のビアが、その上層および下層の電源シェイブを貫通することがあるため、特に問題になります。そのため、ビアの数とサイズを最適化しなければなりません。IPC-2152のみを使用した設計では、ビアのサイズが必要以上に大きくなり、ビアの数も多くなる可能性があります。
- 3. IPC-2152は最も単純な設計にしか適用できません。**IPC-2152では、ソースから負荷へのメタル幅が一定であり、ビアによる貫通や、コンポーネントや他のシェイブによる細りがないことが想定されています。電源シェイブの不完全さにどう対処すべきかについてのガイドラインは提供されていません。
- 4. IPC-2152は関連する電源レールの配置のヒントを与えてくれません。**電圧レギュレータは、関連するさまざまな電源シェイブについて特定の要件(入力から出力へ、帰還を含む場合もある)を持つことが多くあります。



保守的な銅箔領域

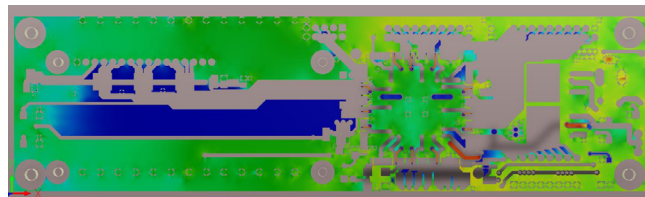
設計者は、電源(およびGND)レールのサイズと形状、すなわち「PI-DC」または「IR降下」の最適化のためのより良いツールを求めています。設計環境にこの機能を統合したものがAltiumのPDN Analyzerで、可能な限り簡単にPDN要件を満たすことができます。IPC-2152頼りの場合と比較して、PDN Analyzerで各電源レールを解析することで、IPC-2152が対応できない次のような側面も含めて、適切なメタル量を特定できます。

- ソースと負荷の間の距離
- ソースと負荷の間で許容される電圧降下
- コネクタピン間で許容される電流量

PCB設計者のためのPDNの基本

多くの設計では、PCB電力分配ネットワークは大して複雑ではない

- ビアやコネクタによるグランドプレーンの貫通や細りの補償
- 電源シェイブまたはGNDシェイブの中で電流の流れない部分（EMI障害や過剰なクロストークなどの問題の原因となる）
- 電源シェイブとGNDシェイブの効率



半島状および浮島状の銅箔を青色で表示して設計

PDN Analyzerを使用すると、ソースと負荷の間のメタルの設計を最適化することで、PDN設計の最も基本的な側面を素早く簡単に満たすことができます。

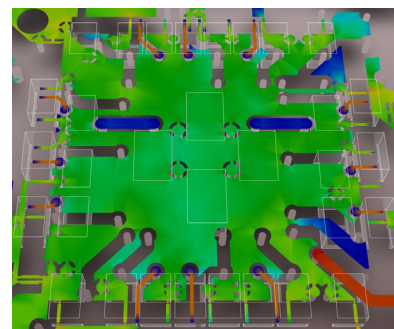
要件2: コンデンサのサイズ、値、数、および配置

PCB設計者がコントロールできる次の設計の側面はコンデンサの最適化です。コンデンサの最適化には、PI-DCの側面に比べて直感的ではない周波数依存の特性が絡むため、一見手強い問題のように思えます。しかし、幸いなことに、コンデンサの効率に影響するパラメータのうち、PCB設計者がコントロールできるものは限られているため、その複雑性は限定されます。そのパラメータは以下のとおりです。

- コンデンサの選択(サイズ、値、数)
- コンデンサの配置
- レイヤー スタックアップ

最後の2つはPCB設計者が最もコントロールできる部分で、これらを最適化するには、次のような特定のガイドラインに従う必要があります (Bogatin, 2011)。

- 負荷のパッケージの周囲にコンデンサを分散して配置する
- コンデンサを近づけて配置する
- 電源レールの電源プレーンとGNDプレーンをできるだけ基板の表面近くに配置する
- 電源プレーンとGNDプレーン 間の誘電体層の厚さをできるだけ薄くする
- 近接するコンデンサ ビアの極性を互い違いにする

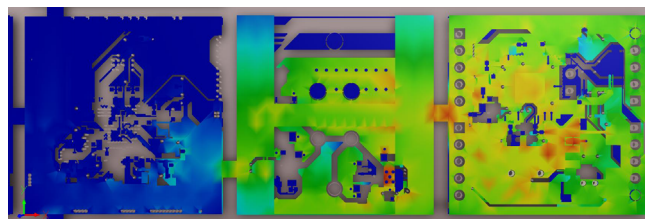


負荷パッケージの周囲にコンデンサを配置

Rolf Ostergaard (www.pdntool.com)、Altera (の「PDNツール」)など、コンデンサの最適化を支援するために利用できる無償のツールもあります。

設計の複雑性に関する注記

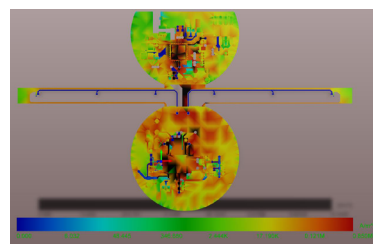
本稿では説明しませんが、もっと高度な電力供給システムも存在します。たとえば、インダクタ、帰還ループなどの追加要件を持つモーター コントローラなどです。そのようなケースでは、多くのPCB設計者が使用できるものよりも複雑な解析ツールやガイドラインが必要になります。



複雑なリジッドフレックス設計の電流密度プロット

まとめ

それぞれのソースと負荷の能力と要件に合ったPDNソリューションをシステム全体について設計するというのは、非常に難易度が高い技術です。しかし、PDN Analyzerを使用することで、PCB設計者は、電源シェイブとGNDシェイブを簡単に最適化して、最も少ない面積とコンポーネントを使って、設計の信頼性を向上できます。



リジッドフレックス設計の電流密度