

LM2717



Literature Number: JAJA407

POWER | designer

Expert tips, tricks, and techniques for powerful designs

No. 114

特集記事1-7

最大2A出力 降圧型DC/DC
コンバータ2

大電力出力 電力モード
降圧レギュレータ4

最大出力1A 高性能 降圧型
DC/DCコンバータ6

電源回路設計ツール8

スイッチング電源のための最良のレイアウト方法

— Haachitaba Mweene, Applications Manager

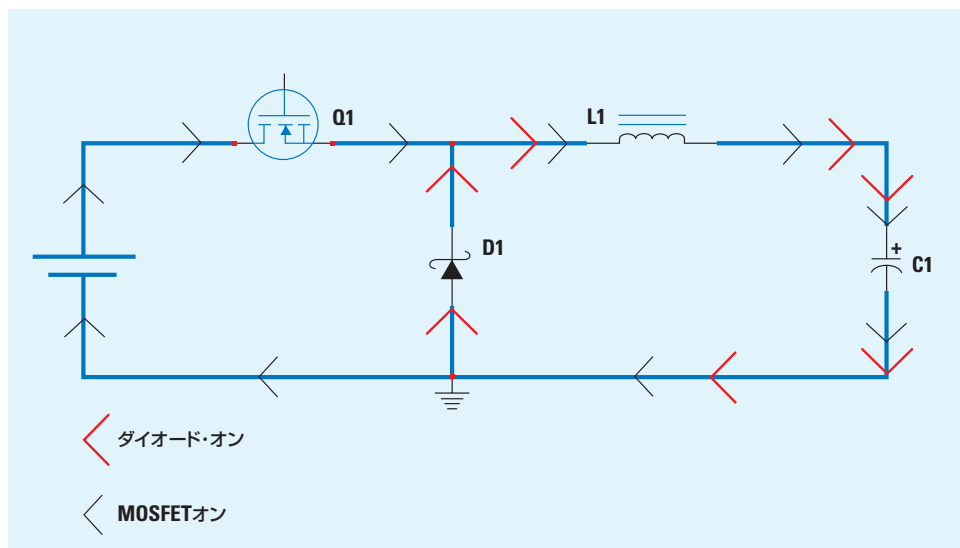


Figure 1. di/dt値の高いループ

代表的な電源回路は、スイッチング電圧および電流と振幅を扱うパワー・コンポーネントとローレベルのアナログ信号を扱う小信号コンポーネントから構成され、これらはすべて密に接近した形で配置されます。電源ボードのレイアウトを行う際は、高出力の信号が低出力の信号に干渉し性能悪化を招かないように、コンポーネントの配置とルーティングを考慮する必要があります。レイアウトがよくなると、不必要な電圧や電流スパイクが発生し、電源のDC電圧にノイズを生じるだけでなく、付近の機器類にEMI（電磁波障害）を引き起こす恐れがあります。このため、電源の最適な性能を得るには適切なレイアウト技術が不可欠です。本稿ではその中で最も重要なテクニックについて説明します。

パワー・コンポーネントの配置

電源の回路図をPCB（プリント回路基板）編集環境にインポートした後で、多くのディスクリット・コンポーネントを基板上のどこに配置し、どのようにルーティングするかを決めるというやり方は混乱を招く恐れがあります。

次号予告

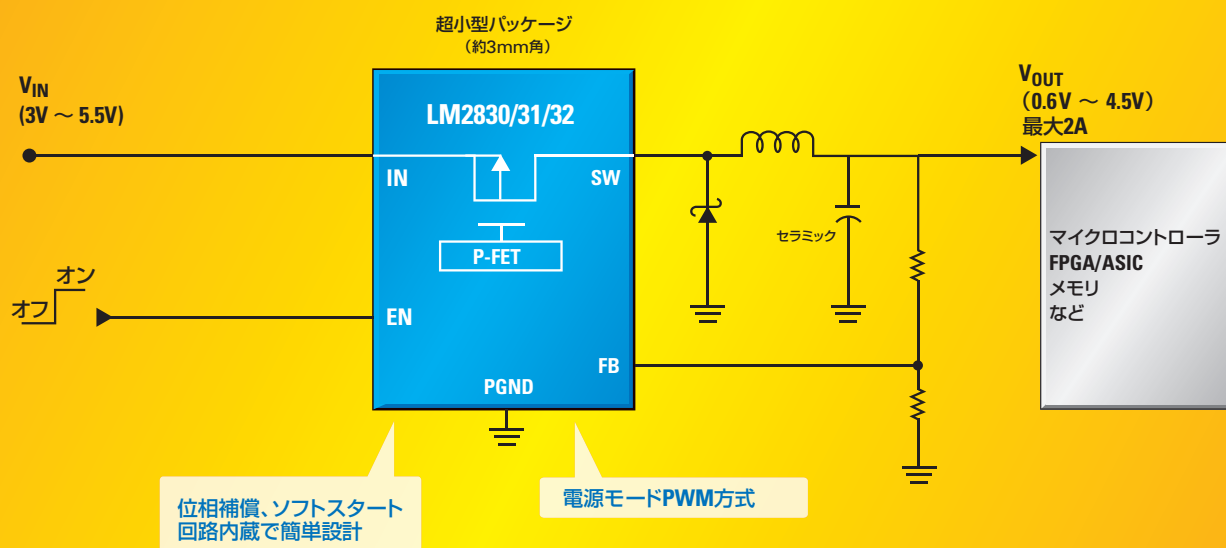
シングルチップFPGA
電源ソリューション

 **National**
Semiconductor
The Sight & Sound of Information

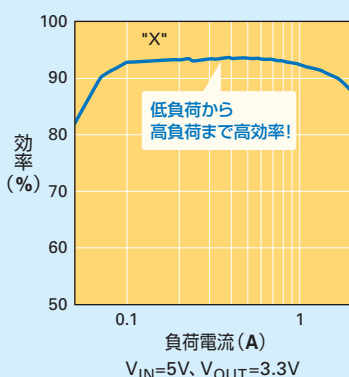
超小型・高効率 最大2A出力 降圧型DC/DCコンバータ

LM2830/31/32はスイッチング周波数の高速化により周辺部品を小型化し、実装面積の最小化を可能にします。

システム電源構成



LM2832X (1.6MHz) 効率対負荷電流



製品名	I_{OUT}	V_{IN}	V_{OUT}	パッケージ
LM2830X/Z	1A	3.0 ~ 5.5V	0.6 ~ 4.5V	SOT23-5, LLP-6
LM2831X/Y/Z	1.5A	3.0 ~ 5.5V	0.6 ~ 4.5V	SOT23-5, LLP-6
LM2832X/Y/Z	2A	3.0 ~ 5.5V	0.6 ~ 4.5V	eMSOP-8, LLP-6

※スイッチング周波数： X=1.6MHz、Y=550kHz、Z=3MHz

FPGA、ASICなどのコア電源、I/O電源、ローカル3.3V、5V電源を利用した降圧レギュレータ、USB駆動機器、HDDのコア電源、セットトップ・ボックス、DSLモデムなどに最適です。

無償サンプルやデータシートなどの情報は、ナショナルのサイトをご覧ください

www.national.com/pf/LM/LM2830.html

www.national.com/pf/LM/LM2831.html

www.national.com/pf/LM/LM2832.html

スイッチング電源のためのレイアウト方法

大抵の電源は、4層ないしそれ以上の銅箔層を持つ多層基板上に作られます。基板面積の大半を占めるのは、入力コンデンサ、MOSFET、電流センス抵抗またはトランス、整流器、インダクタ、出力コンデンサなどのパワー・コンポーネントです。これらのコンポーネントには大電流が流れるので、接続するにはパターンを太くする必要があります。このレイアウトは真っ先に行わなければなりません。

最初に、大きい値のスイッチング電流が循環する di/dt 値の高いループを見極めてから、それをできるだけタイトかつコンパクトにする必要があります。これは好ましくない電圧ノイズの発生につながる浮遊インダクタンスを最小限に抑えるためです。Figure 1にそうした電流ループの表し方を示します。この図で、小さい黒い矢印はMOSFETがオンの時に電流がどのように循環するかを表し、大きい赤い矢印はダイオードがオンの時の電流ループを示しています。黒い矢印または赤い矢印のどちらか（両方ともではありません）を持つパスはすべて di/dt 値が高いパスです。

各ソース電流とそのリターンパスは上下に重なり合うか、または隣り合うようにします。これは、それらが形づくるループ領域を最小限に抑えて電磁干渉の発生を減らすためです。入力は、入力コンデンサの直近でスイッチング回路に流れ込むようにします。同様に、負荷電流は出力コンデンサの直近から出力するようにします。

各回路ノードのサイズは、ノードを通る電流の大きさと性質に合わせなければなりません。スイッチ・ノード（多くのトポロジにおいて、MOSFET、整流器およびインダクタが交わる接点）など、 di/dt 値が高い高インピーダンス・ノードについては、そこを通る電流にとって十分な大きさを持たせつつも、できるだけサイズを小さくします。高インピーダンス・ノードのサイズを最小限にすることで、EMIの発生領域も最小限に抑えられます。グラウンドや出力など、低インピーダンスの静的ノードについてはサイズをできるだけ大きくします。

銅箔層の厚さ

パワー・コンポーネント間の電流を運ぶパターンは十分な幅を持たせる必要があります。

ある一定の電流を1A～20Aの電流範囲にわたって精度を保ちながら流すために必要な最小パターン幅は次の近似式で求められます：

$$T = \frac{2}{CuWt} (-1.31 + 5.813I + 1.548I^2 - 0.052I^3)$$

T = パターン幅（単位：mil=ミル：1000分の1インチ）、 I = 電流（同A=アンペア）、 $CuWt$ = 銅箔の重量（同oz=オンス）です。この式では電流によってパターンの温度が10℃上昇すると仮定しています。

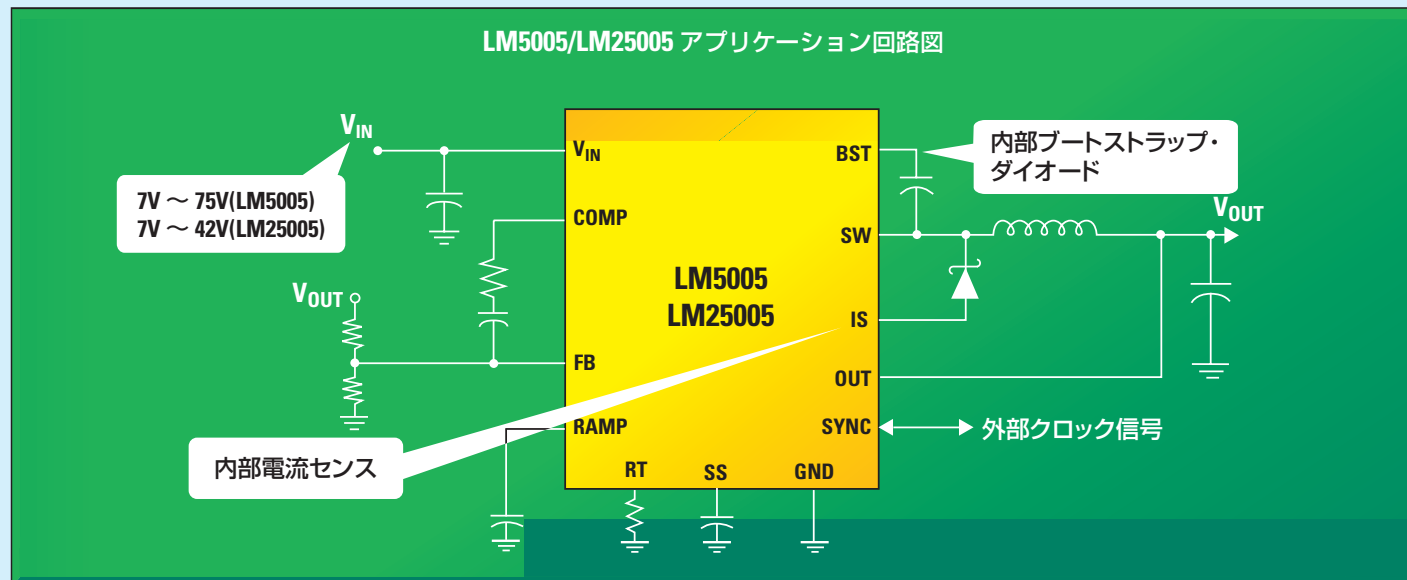
この式で最小パターン幅を計算すると、 $I = 1A$ 、 $CuWt = 1\text{ oz}$ の場合は12 mil、 $I = 5A$ 、 $CuWt = 1/2\text{ oz}$ の場合は240 mil、電流20A、銅箔重量1/2 ozの場合は1275 milとなります。特にスイッチング電流が流れる箇所で余裕がある場合は、パターン幅を増やします。設計目標としては、 $CuWt = 1\text{ oz}$ の場合は1A当たり30 mil、 $CuWt = 1/2\text{ oz}$ の場合は同60 milを目指します。大電流パスの接続には太いパターンを使用してください。電流が10Aを超える場合は、各層のパターンをビアに接続したものを使ってください。

アナログ・コンポーネントの配置

アナログ制御コンポーネントのルーティングは最後に行うべきです。アナログ・コンポーネントはあまりスペースをとらず、細いパターンで十分だからです。アナログ・コンポーネントを配置する方法の1つに、機能別のサブグループをつくり、サブグループ同士をルーティングするというやり方があります。たとえば、電源の帰還補償回路ネットワークを構成する全コンポーネントは、1つのサブグループにまとめられます。PWMコントローラのバイパス・コンデンサ、ソフトスタート・コンデンサおよび周波数設定抵抗は、別のサブグループを形成します。通常、これらのサブグループはPWMコントローラ（または別のIC）と接続します。各サブグループは、接続されるICのピンのできるだけ近くに配置し、かつできるだけまっすぐにルーティングします。

最大75Vで同期運転可能な 大電流出力対応の電流モード降圧レギュレータIC

LM5005/LM25005は高耐圧デバイスが必要なFA機器、アミューズメント機器、カーアクセサリ、通信インフラなどに最適な小型・高耐圧レギュレータICです。



小型パッケージと外付け部品の削減により電源占有面積を削減！

- TSSOP-20 (6.5×6.4mm) のパッケージにブートストラップ・ダイオードや電流センス抵抗等を内蔵し、設計の簡易化、電源占有面積の最小化に寄与します。

スイッチング周波数調整可能 (50kHz~500kHz)

- 外付け抵抗1本で、スイッチング周波数を任意に設定できます。スイッチング周波数を高速化し、周辺回路部品の小型・低コスト化も可能。

複数の電源ICとの同期運転が可能

- SYNCピンに入力される外部クロック信号に同期し動作可能。

エミュレーテッド電流モードPWM (特許取得済) 方式採用

- スwitchング・ノイズのない電流波形を使用することで正確な電流検出を行い、従来の電流モード方式に比べてさらなる高速応答が可能。

LM5005/LM25005の特長

- 入力電圧範囲： 7V~75V (LM5005)
7V~42V (LM25005)
- リファレンス電圧： 1.225V
- 出力電流： 2.5A
- 出力電圧精度： ±1.5%
- パッケージ： TSSOP-20EP (Exposed Pad)

保護機能ほか

- サイクル・バイ・サイクルの過電流制限
- サーマル・シャットダウン
- ソフトスタート機能
- 外部信号によるリモート・シャットダウン

無償サンプルやデータシートなどの情報は、ナショナルのサイトをご覧ください

www.national.com/pf/LM/LM5005.html

www.national.com/pf/LM/LM25005.html

スイッチング電源のためのレイアウト方法

特にデカップリング・コンデンサはピンに直接に接続する必要があります。電氣的につながっているとの理由で、ICのピンから離れたグラウンド・プレーンや電力プレーンに接続するのは避けてください。

MOSFET、整流器、電解コンデンサ、インダクタ、コネクタなど回路内の大きいコンポーネントはすべてリフロー・ハンダ付けの時に外れて落ちないように、基板の表側に配置します。基板の裏側には小さいコンポーネントだけを配置するようにします。小さいコンポーネントは、ハンダ付けする前に表面張力によって基板上のハンダ付け用フラックスに付着することができます。

グラウンド

コントロールICの周辺部の回路のルーティングを行う際は、スイッチング電流用のアナログ小信号グラウンドとパワー・グラウンドは分離しなければなりません。制御回路はローカルなグラウンド・アイランド（島）上に分離して配置することをお勧めします。そうすれば制御回路はシステムの他の部分と、ただ一点で、それともなるべく入力コンデンサの付近で接続できます。これでアナログ・グラウンドを静的に保つことができます。これらのコンポーネントの全部または一部にとってグラウンド・アイランド作りが無理な場合は、各コンポーネントのグラウンド・ピン同士を1本のデジチーチェーンとして接続することが可能ですが、グラウンド・ピンのメイン・グラウンドとの接続はやはり一点で行わなければなりません。

高インピーダンス・ノードと低インピーダンス・ノードの両方にまたがるコンポーネントは、高インピーダンス・ノードの近くに配置しなければなりません。たとえば、出力電圧設定抵抗は、出力やグラウンドとの接続部分では低インピーダンスですが、エラー・アンプの入力との接続箇所では高インピーダンスになります。出力電圧設定抵抗は、できるだけエラー・アンプの近くに配置してください。最善の負荷レギュレーションを作り上げるには、負荷電流を通さない別のパターンを使って、1つの抵抗を直接電源の負荷端子に直接に接続し、それから他の抵抗の裏面側をチップのアナログ・グラウンドに直接に接続させる必要があります。

アナログ信号とスイッチング信号の分離

パワー・インダクタ/トランス、MOSFETおよび整流器はローレベルのアナログ信号が流れるパターンや回路から離して配置する必要があります。これは、アナログ回路が拾うノイズの量を最小限に抑えるためです。スペース上の制約からパワー・スイッチング・コンポーネントとアナログ・コンポーネントを分離できない場合は、それらを多層基板の反対側に配置し、内部銅グラウンド・プレーンによってこの2組のコンポーネントの間をシールドします。このグラウンド・プレーンは残りの回路とは相互間に殆ど、あるいは全く電流が流れない形で接続しなければなりません。これによりグラウンド・プレーンは電氣的に静的な状態を保ちます。これにより、グラウンド・プレーンは低ノイズのリファレンス・ノードになったとみなされます。大電流のスイッチング電流はすべて最上層のパターン上を流れるようにします。

4層の基板の場合、層のスタックアップ（層構成）は次のように行います。パワー・コンポーネントは大電流のスイッチング電流が流れる銅体部と同様、すべて最上層に配置する必要があります。最上層には小信号コンポーネントも配置します。第2層は大電流が流れない静的なグラウンド・プレーンとします。第3層と最下層は電力パターンと信号パターンを混合して置けますが、最下層に置くのは小さい部品だけにします。放熱特性を高めるため、4層すべてにおいてできるだけ多くの基板面積に銅が行き渡るようにしなければなりません。

ビア

大電流パスはすべて最上層に持ってくるのが望ましいのですが、基板サイズ、ルーティング、コンポーネント配置上などの制約から常に可能とは限りません。そんな時に基板上のコンポーネント間を流れる電流を増やすには、ビアを用いて層間接続を行い、各層の配置関係は平行にする必要があります。異なる層に配置された大電流パス同士を接続するには、さまざまなビアを用います。マイクロビアは各ビアを通る電流が1Aになるよう設計します。直径が14 milないしそれ以上のビアの場合、各ビアの通電量は最大2Aまでとします。直径が40 milないしそれ以上のビアの場合は同5A以下とします。放熱特性を良くするため、各ビアにはハンダが行き渡った形にしなければならず、ビア間には電流が流れる方向に銅の細い通路を設ける必要があります。

最大出力1A、超小型パッケージに収納した 高性能 降圧型DC/DCコンバータ

LM2734/36は大電流スイッチングが必要なアプリケーションに最適な最大3MHzの
スイッチング周波数と高い電力密度を備えた製品です。

ワイドレンジ入力 (3V~20V) および
ワイドレンジ出力 (0.8V~18V) が可能

- ACアダプタ入力 (16V、19V等) とバッテリーを併用する
ようなポータブル機器、また12V、5V、3.3Vバス電圧を
使用しているロジック回路にも最適
- 最低出力電圧が0.8V (LM2734) なので将来の低電圧駆動
LSIにも対応

小型 (SOT-23 : 約3mm角) & 薄型 (高さ1mm) で
1A出力が可能

- 従来の同期整流同等品4.4mm×5mm (TSSOP-16) に対し、
2.9mm×2.8mm (SOT-23) と占有面積で63%のスペース
削減 (当社製品比) を実現

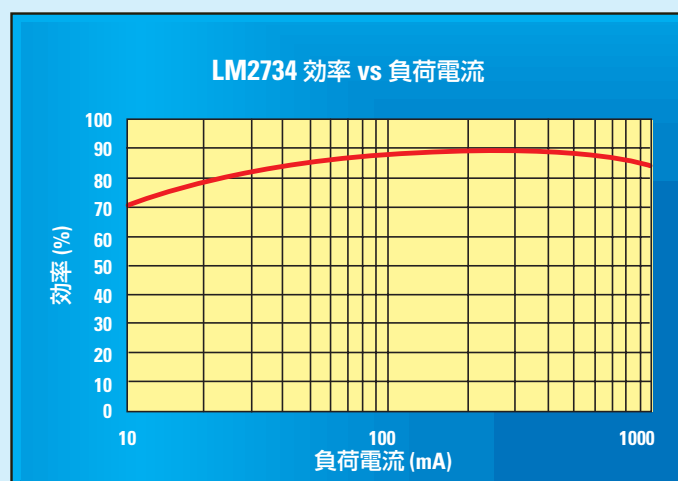
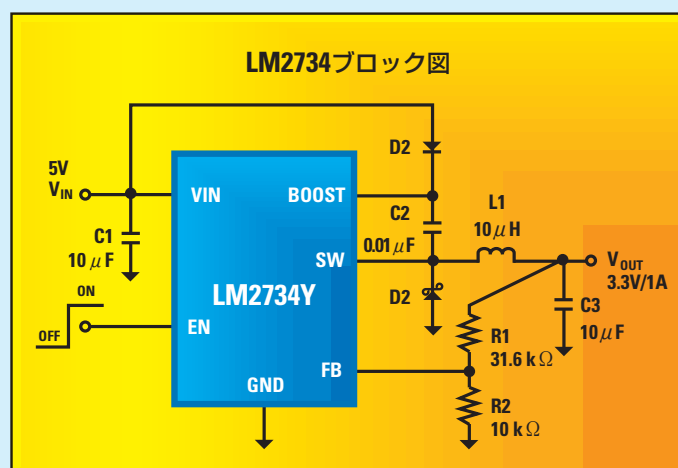
高周波スイッチング品を用意し、外付け部品の
小型化が可能、さらにセラミック・コンデンサ対応
で小型化のトータル・ソリューションを提供

- PWMの発振周波数が550kHz、1.6MHz、3MHzの3種類を
ラインナップ、様々なアプリケーションで最適な選択
が可能、さらに高周波スイッチング品では出力L、Cの
小型化が可能で、PCBスペースおよびコスト削減を実現

電流モード制御により高速応答を実現、また各種
保護機能とシーケンス制御機能を装備

- 電流制限・過熱/過電圧/低入力電圧保護・ソフトスタート
を装備、また他の電源とのシーケンス制御で使用する
電源ON/OFF用イネーブル (EN) ピンも装備

ACアダプタで動作する各種デジタル家電やバッテリー駆動
のポータブル機器、さらには12V等から各種低電圧を生成
しているロジック回路の大電流スイッチングに最適です。



特長	LM2734	LM2736
入力電圧範囲	3.0V ~ 20V	3.0V ~ 18V
出力電流	1A	750 mA
出力電圧	0.8V ~ 18V	1.25V ~ 16V
内部基準電圧	0.8V, 2%	1.25V, 2%
スイッチング周波数	550 kHz / 1.6 MHz / 3 MHz	

無償サンプルやデータシートなどの情報は、ナショナルのサイトをご覧ください

www.national.com/pf/LM/LM2734.html

www.national.com/pf/LM/LM2736.html

スイッチング電源のためのレイアウト方法

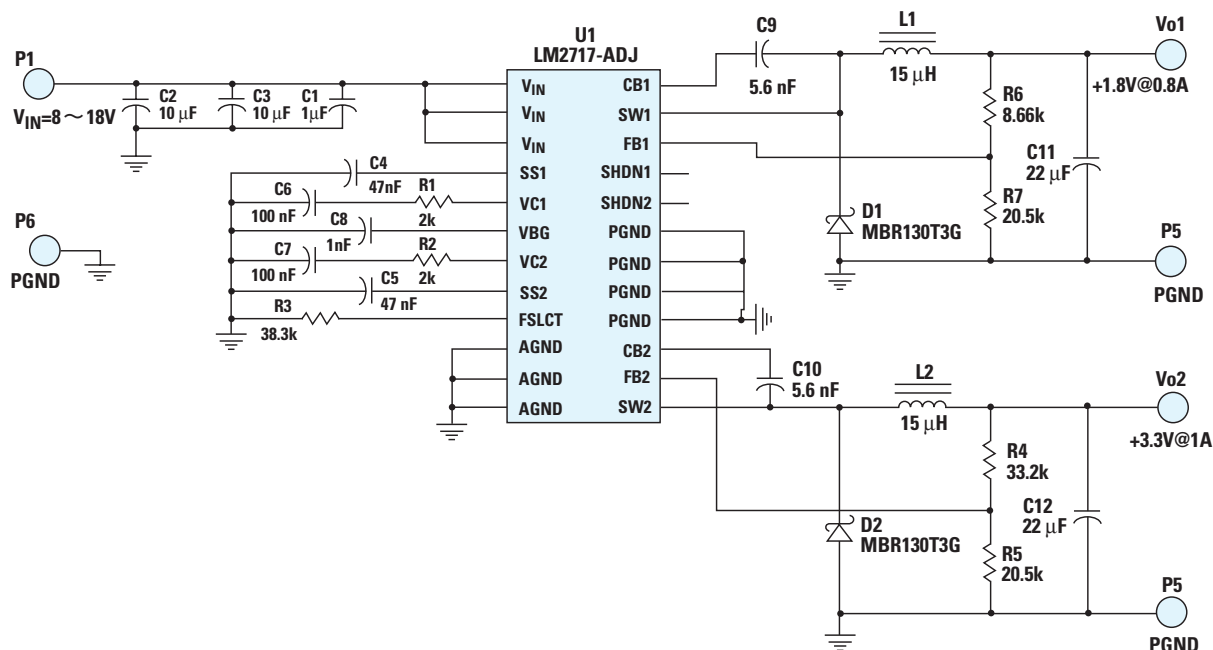


Figure 2. LM2717を用いたデュアル降圧型コンバータの回路図

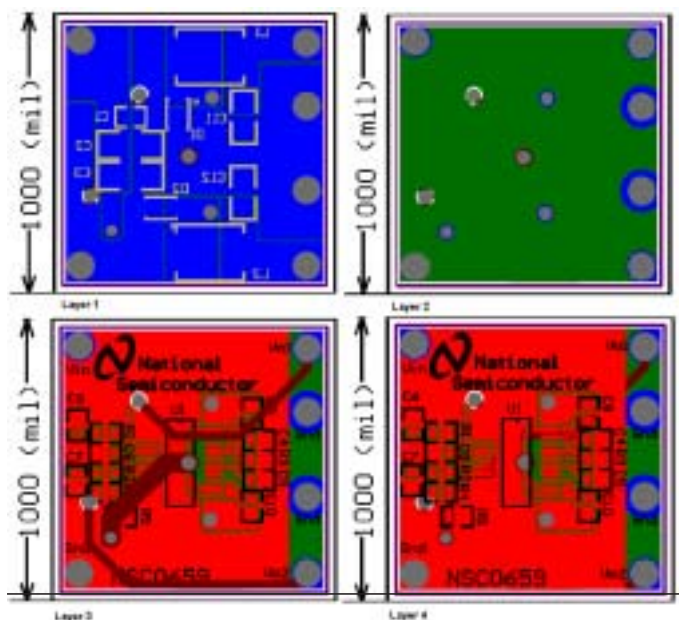


Figure 3. : Figure 2の降圧型コンバータ回路図に従ってレイアウトされた4層基板の設計例

レイアウト例

LM2717をベースにしたデュアル降圧型コンバータの回路図をFigure2に示します。Figure 3は本稿で推奨するレイアウト方法を採用したこの回路のPCBです。第1層にはすべてのパワー部分と大電流を流すための広い銅箔エリアが配置されています。第2層はグラウンド・プレーンで、これは入力部から近い一点の箇所では他の回路部分と接続されているためグラウンド・プレーンには電流は流れません。

第3層と最下層には信号パターンと電力パターンが配置されています。最下層に配置したのはすべて小さいコンポーネントです。使用しないすべての基板領域には銅箔を行き渡らせています。推奨レイアウトに関する詳細は、ナショナルのウェブサイトから下記の参考資料をご覧ください。■

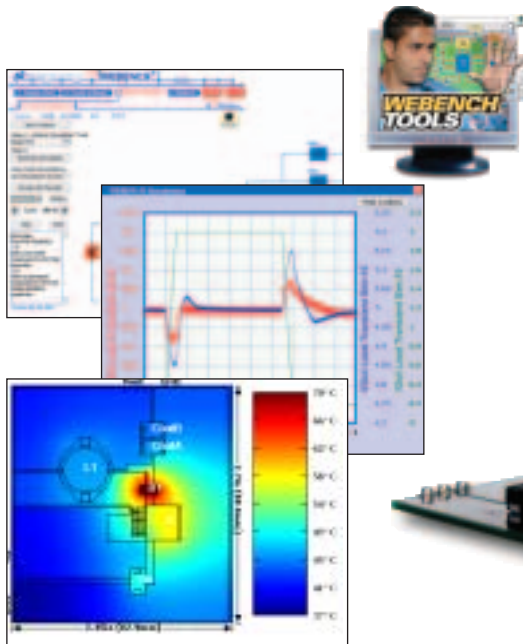
参考資料：アプリケーション・ノート

- 1 AN-1229 SIMPLE SWITCHER®PCBレイアウト・ガイドライン
- 2 AN-1149 スイッチング電源のレイアウト・ガイドライン

電源回路設計ツール

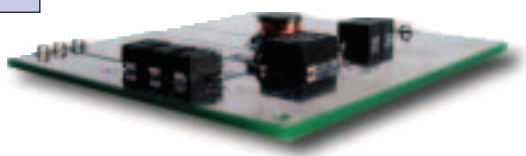
WEBENCH®オンライン設計支援ツール

回路設計からプロトタイプ入手までがオンラインで完了。
設計時間を大幅に短縮できます。



1. 選ぶ
2. 設計する
3. 電源回路を分析する
 - －電気特性シミュレーション
 - －熱特性シミュレーション
4. 製作する
 - －カスタム・プロトタイプを注文

webench.national.com/jpn



News@National

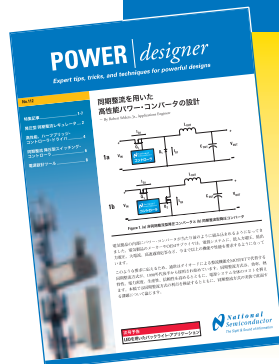
新製品、設計ツール、プレスリリース、新着資料など回路設計に役立つ最新情報を満載して日本語でお届けする月間Eメール・ニュースレターです。ユーザー登録の際に「お好みの言語」で Japaneseを選択してください。

www.national.com/JPN/newsletter

ナショナルの
パワー製品サイト:
power.national.com/jpn

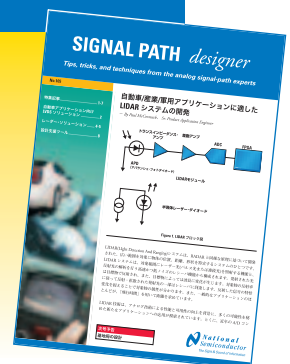
お問い合わせ:
JPN.Feedback@nsc.com

どの号もお見逃しなく！



Power Designerのバックナンバーは
ナショナルのサイトでご覧いただけます。
power.national.com/jpndesigner

Signal Path Designerもオンラインで
提供しています。ぜひお読みください。
signalpath.national.com/jpndesigner



ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取り引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定されうる危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしておりません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは是認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。

3. 防湿梱包

- 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。

4. 機械的衝撃

- 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

5. 熱衝撃

- はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）

6. 汚染

- はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
- はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上