

アプリケーションノート158

2015年9月

# LTpowerCAD 設計ツールを使用して5つの簡単な手順で 電源パラメータを設計

Henry Zhang

### はじめに

システム・ボード上の電源の数はますます増えています。先 進の電源ソリューションには、ソリューションのサイズ、効 率、熱性能およびトランジェント性能が全て重要です。そ のため、市販の電源ブリックを使用するよりも、特定のアプ リケーション向けにカスタマイズされたオンボード電源ソ リューションを設計するほうが、効率と費用対効果が高く なります。システム開発者にとって、スイッチング・モード電 源の設計と最適化は、よくある必要な作業になりつつありま す。残念なことに、この作業はしばしば時間がかかり、技術 的にも簡単ではありません。

設計作業を簡素化し、設計品質と生産性を向上させるため に、リニアテクノロジーのパワー・アプリケーションの専門家 は電源設計および最適化ツールとしてLTpowerCAD<sup>™</sup>プロ グラムを開発しました。このPCベースのプログラムは、www. linear-tech.co.jp/LTpowercadから無償でダウンロードでき ます。この記事では、スイッチング・モード電源の主要なパラ メータの「紙上設計」をわずか数ステップの簡単な手順で 実行し、満足のいく結果を得る方法について説明します。

#### 「紙上設計」は難しく、時間がかかる

オンボード電源の設計と最適化は、従来の「紙上設計」の 手法では難しく、時間がかかることがあります。電源仕様の 定義後、技術者はまずコンバータの構成を選択する必要が あります(降圧アプリケーションには降圧コンバータ、昇圧ア プリケーションには昇圧コンバータなど)。次に、過去の経 験またはWeb検索ツールに基づいて、パワー・マネージメン トICを選択します。その後、自分の知識またはベンダのデー タシートの情報に基づいて、パワー部品の値を計算します。 次に、数千にも及ぶデバイスの中から、インダクタ、コンデン サ、MOSFETなどのパワー部品を選択します。次の手順で は、部品の熱ストレスを許容範囲内に抑えながら、電源効 率と電力損失を推定します。これで終わりではありません。 ループ補償の設計も難しい作業です。これには、複雑な回 路モデリングを行い、ICのデータシートに記載されていない パラメータ値を計算する必要があります。最後に回路図が 作成され、プロトタイプの基板が製造に回されます。ここで 技術者はボードの電源を投入し、出力の変動や過熱がない ことを確認します。経験の乏しい電源設計者にとって、この 設計プロセスは非常に難しく感じられるでしょう。経験豊富 な電源設計者にとっても、従来の「紙上設計」と試行錯誤に 基づく手法は、時間がかかって難しい上に、精度が低く、最 適な結果が得られません。これには数時間、数日、あるいは 更に長い時間がかかります。

#### LTpowerCAD 設計ツールによる設計作業の簡素化

LTpowerCAD 設計ツールは、ユーザーの時間と労力の削 減、そして高品質の設計ソリューションの実現を目標として、 リニアテクノロジーのパワー・アプリケーションの専門家に よって開発されました。この設計ツールを使えば、体系的 で簡単な方法に従って、次のように5つの簡単な手順で電 源の主要なパラメータを設計できます。(1) 電源仕様を入力 し、ソリューションを選択する。(2) 自動警告に従って電力段 部品を最適化する。(3) 電源効率と電力損失を最適化する。 (4) ループ補償を設計し、負荷トランジェントを最適化する。 (5) サマリ・レポートとBOMおよびPCB サイズの推定値を生 成する。図1に、LTpowerCAD 設計ツールを使用した設計フ ローを示します。

LTpowerCADソリューション・ライブラリには、リニアテク/ ロジーのデモボードやデータシート回路など、既存の設計 例が多数あります。ユーザーはこのツールを使用して自作の デザインを保存し、独自のソリューション・ライブラリを作成 することもできます。技術者はこれらのソリューションを将 来の電源設計の出発点として手早く利用できます。その上、 LTpowerCADデザインはLTspice<sup>®</sup>シミュレーション回路とし てエクスポート可能であり、タイム・ドメインの電源波形とト ランジェント性能をチェックできます。

<sup>↓</sup>プ、LT、LTC、LTM、LTspice、Linear Technology および Linear のロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。LTpowerCAD はリニアテクノロジー社の商標です。その他全ての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

# アプリケーションノート158



図1. LTpowerCAD 設計ツールを使用して5つの簡単な手順で電源パラメータを設計

これらの強力なツールを使用すると、システム開発者は高品 質の電源回路設計を(数時間や数日ではなく)数分間で完 了し、満足のいく結果を得ることができます。最初のプロトタ イプまでの時間は大幅に短縮されます。

## LTpowerCADの設計手順と設計例

詳細な設計手順とLTpowerCADの設計例を見てみましょう。例として、入力電圧10.8V~13.2V(12V±10%)、出力電 圧1.0V、最大出力電流20Aのオンボード電源を設計する場 合を考えます。これは標準的な同期整流式の降圧コンバー タです。

### 手順#1-パワー製品ソリューションの検索

最初の手順では、ソリューション構築の基盤となる主要 なパワーICまたはマイクロモジュールを検索します。ICま たはマイクロモジュールの選択は、過去の経験に基づい て行うか、LTpowerCADのソリューション検索ページか ら行います。図2に示すように、ユーザーはLTpowerCAD の検索ページで電源仕様を入力してオプション機能を 選択し、[Search]ソフトキーをクリックします。その後、 LTpowerCADツールが表示するリストの中から希望の部品 を選択します。



図2. 設計手順1-電源ソリューションの検索



図2では、プログラムが表示したICソリューション・リスト の左端に赤い「LT」マークまたは緑の「Excel」マークがあり ます。赤いLTのマークは、その部品にLTpowerCAD設計 ツールを利用できるという意味です。緑の「Excel」マークは、 Microsoft Excelスプレッドシート・ベースの設計ツールが利 用できるという意味です。両方のマークがグレーになってい る場合は、その部品にはまだ設計ツールを利用できないと いう意味です。

この例では、この12V<sub>IN</sub>、1V/20A出力電源用にLTC3833電 流モード降圧コントローラが選択されています。赤い「LT」 マークをクリックすると、この部品に対応する設計ツールが 開きます。

#### 手順#2-電力段の設計

2番目の手順は、パワー・インダクタ、入力および出力コンデンサ、電流検出部品、パワーMOSFETなどの電力段部品の 設計と選択です。電源を設計する場合、通常はスイッチング 周波数(fsw)から始めて、次にパワー・インダクタを選択し、 その後で入力および出力コンデンサを選択します。パワー MOSFETは手順3で選択/最適化できます。

設計ツールが開かれると(図3を参照)、メイン回路図ページが表示され、主要な部品の設計パラメータ値が示されます。このページでは、設計値は2種類の背景色のセル(テキスト・ボックス)に表示されます。黄色は、セル内の値が設計 仕様に基づくものか、またはLTpowerCADツールによって計 算/推奨されたことを示します。ユーザーはこれらの値を直 接編集することはできません。青は、セル内の値がユーザー の設計上の選択であることを示します。ユーザーはこれらの 値にアクセスして直接編集できます。



図3. 設計手順2-回路図と主要なパラメータの値を表示する[Power Stage Design]ページ



# アプリケーションノート158

インダクタのリップル電流などの主要な回路パラメータについて、LTpowerCADツールは各部品の内部制限値を定めています。図4に示すように、ユーザーの設計値が制限に違反した場合、LTpowerCADツールは自動警告を発し、弱い「ソフト」警告としてオレンジ色のセル、または強い「ハード」警告として赤いセルを表示して、値をチェックしてデザインを調整するようにユーザーに促します。内部制限/警告の値は、関連製品のアプリケーションの専門家が設定した推奨値です。これはアナログのソリューションであるため、ユーザーが 警告について理解し、選択した設計値に自信がある限り、警告が表示されたデザインをそのまま実装しても問題がない場合もあることに注意する必要があります。

このLTpowerCADの回路図ページでは、マウスをクリックす るだけで、内蔵のライブラリからインダクタ、コンデンサおよ びFETなどの全てのパワー部品を選択できます。この記事の 執筆時点で、多くの有名ベンダ製の部品が5000点以上登 録されており、多くの部品が頻繁に追加されています。ユー ザーは、新しい部品の主要なパラメータを入力して、ローカ ルPC上に独自の部品ライブラリを作成することもできます。

この例では、12V<sub>IN</sub>から1V/20Aへの降圧電源のスイッチ ング周波数は500kHzに設定されています。したがって、 DC IO(max)でピーク・トゥ・ピークのインダクタ電流リップ ルが40%になるインダクタの値は0.23µHと計算されます。 0.22µH/1.1mΩのインダクタがインダクタ・ライブラリから 選択されています。この例では、インダクタの巻線 DC 抵抗 (DCR)が電流検出に使用されます。電流検出網の値は、 適切な電流検出信号と電流制限の設定についてチェックす る必要があります。AC電流検出信号が弱すぎてS/N比の 問題が生じそうな場合や、電流制限のレベルが目標値より も低い場合、LTpowerCADツールは警告を表示します。入 カコンデンサは、最小の導通損失でRMS 電流定格を満た すものを選択する必要があります。出力コンデンサは、出力 電圧リップルと過渡オーバーシュート/アンダーシュートが最 小限に抑えられるものを選択します。これらの部品は、後で ループ補償および負荷トランジェント設計段階で最終的に 決定されます。パワー MOSFETは、次の手順で電源効率と 電力損失を推定し、最適化する際に選択します。



図4. 自動警告による適切な設計値への誘導



#### 手順#3-電源効率と損失の最適化

[Loss Estimation and Breakdown]タブをクリックして次の 手順に進み、電源効率と電力損失を最適化します。図5に 示すように、ユーザーがMOSFETを選択して[Update]ソフ トキーをクリックすると、所与の入力電圧での電源効率お よび電力損失と負荷電流の関係を示すプロットが描かれま す。入力電圧はV<sub>IN</sub>のスライド・バーで変更できます。電力損 失の詳細な内訳を示す円グラフに基づいて、ユーザーは設 計パラメータと部品についてより良く理解して調整すること ができ、損失を最小限に抑えて全体的な効率を最適化でき ます。 LTpowerCADの損失推定機能は、多数の部品モデルおよ び式に基づいています。この損失には、パワーMOSFET、イ ンダクタ、コンデンサおよびICゲート・ドライバからの損失 が含まれます。しかし、リアルタイムの結果を得るために、デ バイスの損失モデルとして、複雑な物理モデルの代わりに 簡略化された動作モデルが使用されます。なお、インダクタ のAC損失はまだLTpowerCAD内でモデル化されていませ んが、ユーザーにはその値を入力することができます。その 結果、効率の推定値が実際のハードウェア効率よりも数% 高くなることがあります。そうであっても、このツールが提供 する高速なリアルタイム推定値は、特にインダクタとパワー MOSFETについて、ユーザーがさまざまな設計上の選択肢 を比較検討する際に非常に役に立ちます。



図5. 設計手順3-効率と電力損失の最適化



## 手順#4-帰還ループの設計とトランジェントの最適化

次の手順では、電圧帰還ループを設計し、良好な安定性 マージンを確保しながら負荷トランジェント性能を最適化し ます。これは電源設計で最も難しい作業の1つと考えられて います。LTpowerCAD設計ツールを使えば、この作業を簡単 に実行できます。

図6に、ループおよびトランジェント設計ページを示します。 ループ利得ボード線図はリアルタイムで調整することがで き、補償R/C値を調整することにより、希望のループ帯域幅 と位相余裕を得ることができます。ループ設計の詳しい概 念については、参考資料[2]で説明しています。スイッチング・ モードのパワー・コンバータの場合、通常はクロスオーバ周 波数で45°以上~60°の位相余裕と、電源スイッチング周波数 (fsw)の2分の1で少なくとも8dBの利得減衰が推奨されま す。このページには複数のタブがあり、その1つは電源出力イ ンピーダンスのプロットで、ループ設計の詳細をユーザーに 示します。負荷トランジェントのプロットは、ユーザー定義の 負荷ステップ・サイズと電流スルーレートの関係を示します。 ユーザーは特定のデザインについて「プロットを凍結」し、最 適な結果が得られるまで、設計値または部品の選択を変更 してデザインを比較できます。 所与の負荷トランジェント条件(負荷電流ステップ・サイズ およびスルーレート)とVourのオーバーシュート/アンダー シュート目標制限値に基づいてループを調整し、ループ帯 域幅、安定性、トランジェント性能をチェックできます。それ でもトランジェント性能が目標を満たさない場合は、(バル クおよびセラミック・コンデンサを含む)出力コンデンサを 増やし、設計目標を満たすまでループを再調整できます。 LTpowerCADの負荷トランジェントのプロットは小信号モデ ルから得られるため、非常に高速ですが、1次近似にすぎま せん。そのため、十分な(20%~30%の)トランジェント設計 マージンを残す必要があります。

ループ設計の精度を保証するために、全てのLTpowerCAD 設計ツールは、ツールのリリース前に、弊社の技術者のルー プ測定によってリニアテクノロジーの標準デモボード上でベ ンチ検証されています。ただし、ユーザーのデザイン内での 結果は、コンデンサの不正確なESR 値など、部品の寄生値 のばらつきによる影響を受けることがあります。したがって、 ユーザーは最終設計をプロトタイプ・テストで検証する必要 があります。





### 手順 #5 – サマリとBOM およびサイズ

最後の手順では、ユーザーはサマリ・ページを表示します。 このページは、デザインの性能サマリと、パワー部品の簡潔 な部品表(BOM)、部品の合計実装面積のおおよその推定 値を示します。サマリ・レポートは印刷も可能です。

#### (オプション)手順 #6 – LTspice シミュレーションへの エクスポート

このオプションの手順では、LTpowerCADデザインを LTspiceシミュレーション・ファイルにエクスポートできます。 これにより、リアルタイム・シミュレーションを実行して電源 の定常状態の詳細とトランジェント波形および性能をチェッ クできます。これを行うには、LTpowerCADの回路図ページ で[LTspice]ソフトキーをクリックし、LTpowerCAD内の主 な設計パラメータをLTspiceシミュレーション回路にエクス ポートします。



図7. 設計手順5-サマリ、BOM、デザインのサイズ



図8. オプション手順6-LTspiceシミュレーション回路へのエクスポート



AN158-7



図9. 既存のソリューション・ライブラリは将来の設計の出発点として利用可能

# デザイン・ソリューション・ライブラリ

LTpowerCADデザイン・ソリューション・ライブラリは、ユー ザーが素早く最終設計に到達し、満足のいく結果が得られ るように支援する重要な機能です。図9に示すように、メイン 回路図ページ上で[Solution Library]ソフトキーをクリック すると、特定のリニアテクノロジー製品の既存のデザインが 多数見つかります。これらのデザインは、リニアテクノロジー の標準デモボード、データシート回路、リファレンス・デザイ ンです。これらのデザインの多くはラボでテストおよび検証 済みであり、ユーザーはいずれかの実証された既存設計例 を選んで新しいデザインを開始できます。更に、ユーザーは 自作のデザインを保存し、将来使用するためのユーザー・ソ リューション・ライブラリを作成できます。

## [Sync Release]による高いセキュリティでの更新

LTpowerCAD II設計ツールはMicrosoft Windows PCベース のプログラムです。ユーザーはこのプログラムをダウンロード し、ローカル PC にインストールできます。LTpowerCADは、 Web ベースの設計ツールのようにインターネット/コンピュー タ・リソースの共有やデータ・セキュリティの問題に制約され ることなく、高性能なローカル PC の全機能とリソースを利 用できます。LTpowerCADのインストール後、ユーザーはプ ログラムを実行するためにインターネットに接続する必要は ありません。ただし、ユーザーはLTpowerCADのスタート・ ページにある[SYNC RELEASE]キーを定期的にクリックし て、新しいツールや新機能などのプログラムの更新をチェッ クできます(新たにLTpowerCADをインストールする必要は ありません)。

## まとめ

LTpowerCAD 設計ツールは、新しい電源の主要なパラメー タを5つの簡単な手順で設計できる、使いやすい強力な 手段を提供します。このツールの標準およびユーザー・ソ リューション・ライブラリから、設計者は多数の既存デザイ ンを利用できます。設計結果は、詳細な性能評価のための LTspiceシミュレーション用に簡単にエクスポートできます。 この記事で詳しく説明していない特長もたくさんあります。 [3] 要約すると、LTpowerCAD設計ツールを使用すれば、シ ステム開発者は最小限の労力と時間で新しいソリューショ ンを素早く設計し、満足のいく結果を得ることができます。

## 参考資料

- [1] H. Zhang、『Basic Concepts of Linear Regulator and Switching Mode Power Supplies』、リニアテクノロジーの アプリケーション・ノート(AN140)
- [2] H. Zhang、『Modeling and Loop Compensation Design of Switching Mode Power Supplies』、リニアテクノロジーの アプリケーション・ノート(AN149)
- [3] LTpowerCADブログ (www.linear-tech.co.jp/LTpowerCAD)