

Analog Dialogue

電源設計用の半自動化ツール群、 5つの作業ステップの効率を 大きく高める

著者: Frederik Dostal、

パワー・マネージメント担当 シニア・スタッフ・フィールド・アプリケーション・エンジニア

はじめに

「標準的なアプリケーション」というものは存在しません。どの ようなアプリケーションでも電源の設計は必須であり、その作業 は常に複雑なものになります。そのため、電源の設計の全自動化 はいまだ実現されていません。しかし、包括的な半自動設計ツー ルであれば既に利用できます。本稿では、電源の設計プロセスを 5つのステップとして示します。その上で、各ステップではどの ような半自動設計ツールを利用できるのか詳しく説明します。そ うしたツールは、電源設計の初心者にも熟練者にも大きな価値を もたらします。

【ステップ1】電源のアーキテクチャを決定する

電源のアーキテクチャを適切に構築するのは、電源の出来不出来 を決定づける重要なステップです。ここでのいちばんの問題は、 電源レールの数を増やすにつれて複雑さが増すということです。 この段階で、中間電圧を生成する回路は必要なのか、またその種 の回路をいくつ用意しなければならないのかということを検討し ます。

図1に示したのは、電源の典型的なアーキテクチャの例です。入 力電圧としては、産業用アプリケーションでよく使われる24V が供給されます。この電圧を基に、必要な電流量に対応できる 5V、3.3V、1.8V、1.2V、0.9Vの電圧を生成する必要があります。 では、各電圧の生成方法としてはどのようなものが適切なので しょうか。まず、24Vから5Vへの変換には、スイッチング方式 の降圧コンバータを使用するのが最も理にかなっています。それ では、他の電圧はどのようにして生成するべきなのでしょう。ス イッチング・レギュレータで生成した5Vから3.3Vを生成するの が合理的なのでしょうか。それとも、24Vから直接3.3Vを生成 するべきなのでしょうか。こうした疑問に答えるためには、詳細 な分析を行う必要があります。例えば、電源における重要な特性 としては変換効率が挙げられます。したがって、アーキテクチャ を決定する際には、できるだけ高い効率が得られるようにするこ とが重要です。



図 1. 電源のアーキテクチャ

図1の例では、5Vの中間電圧を使用して3.3Vの電圧を生成して います。つまり、3.3Vの電圧は2つの変換段を通過して生成さ れています。ここで問題になるのは、各変換段の効率には限界が あるということです。例として、各変換段の効率は90%だと仮 定しましょう。すると、2つの変換段を介して3.3Vを生成すると、 効率は81%(0.9×0.9 = 0.81)まで低下してしまいます。果た して、システムではこのような低い効率を許容できるのでしょう か。この疑問に対する答えは、3.3Vの電源で供給しなければな らない電流量に依存します。数mAの電流しか必要なければ、効 率が低くても全く問題はないかもしれません。しかし、多くの電 流が必要である場合には、このような低い効率は許容できないで しょう。システム全体の効率に大きな影響が及び、結果的に重大 な欠点になる可能性があるからです。 ただ、上記の考察だけで一般的な結論を導き出すことはできません。言い換えると、高い供給電圧から1ステップで低い出力電圧を生成するのが常に適切であるとは言えないのです。通常、より高い入力電圧に対応できるレギュレータは高価であるはずです。 また、高い入力電圧に対応できるといっても、出力電圧との差が大きければ効率は低下します。

最適なアーキテクチャを見出すためには、「LTpowerPlanner[®]」 のようなツールを使用するとよいでしょう。同ツールは、ア ナログ・デバイセズが無償で提供している電源用の開発環境 [LTpowerCAD[®]]に含まれています。LTpowerPlannerを使用 すれば、様々なアーキテクチャの評価を迅速かつ容易に行うこと ができます。同ツールはPCにインストールして使用します。

仕様の確定

電源に限った話ではありませんが、設計を行う上では仕様を確定 させることが極めて重要です。どのような開発ステップが必要に なるかは仕様に応じて決まります。特に、電源に対する要件はシ ステムの他の部分の設計が完了するまで不確定であることが少 なくありません。そのため、電源の設計/開発に許される時間は 圧迫されることになります。また、開発後期の段階になって仕様 が変更されることも少なくありません。例えば、最終的なプログ ラミングの段階で、FPGA向けにより多くの電力を供給しなけれ ばならなくなるといったことが起こり得るのです。その場合、電 力を節減するためにDSPの電源電圧を下げるといった対応が図 られることがあります。あるいは、当初の設計ではスイッチング 周波数を1MHzに設定していたのに、信号パスへのカップリング が発覚してスイッチング周波数を変更しなければならなくなると いったことも起こります。このような理由によって、電源のアー キテクチャが変更されたり、回路設計に非常に深刻な影響が及ん だりする可能性があります。

通常、仕様は開発初期の段階で策定されます。その際には、比較 的簡単に変更を受け入れられるように、可能な限りの柔軟性を持 たせておく必要があります。このような考え方を具現化するため には、汎用性の高いICを選択するべきです。これは、開発ツール を用いて作業を進めていれば特に有効な策になります。その場合、 電源に関する再計算を短時間で実施できるからです。このように すれば、仕様の変更をより容易に、より迅速に行うことができま す。

電源の仕様としては、利用可能な電力量、入力電圧、最大入力電 流、生成する電圧/電流の値などが定められます。その他にも、 サイズ、予算(コスト)、放熱方法、EMC(Electromagnetic Compatibility:電磁両立性)に関する要件(伝導性ノイズと放 射性ノイズの両方を含む)、負荷過渡応答、供給電圧の変動量、 安全性などの項目について検討が行われます。

最適化支援ツールとしてのLTpowerPlanner

LTpowerPlannerは、電源システムのアーキテクチャを構築す るために必要なすべての機能を備えています。操作は非常に簡単 で、コンセプト・レベルの検討を迅速に実施できます。

同ツールでは、まず入力電力源について定義します。次に、個々 の負荷、つまりは電力を消費するデバイスを追加します。続い て、個々のDC/DCコンバータを追加します。これにはスイッチ ング・レギュレータまたはLDO(低ドロップアウト)レギュレー タが該当します。また、すべてのコンポーネントには、独自の名 称を割り当てることができます。更に、効率を計算するために、 期待する効率の値を保存します。

LTpowerPlannerを使用すると、2つの大きなメリットが得られ ます。1つは、アーキテクチャに関する単純な計算により、全体 の効率に対して最も有利な変換段の構成を割り出すことができる というものです。



図2. 必要な電圧レールを実現する2種類のアーキテクチャ。 それぞれの効率を計算した結果が示されます。

図2に、必要な電圧レールを実現する2種類のアーキテクチャを 示しました。下側のアーキテクチャ全体の効率は、上側のアー キテクチャ全体の効率よりも若干高くなっています。このよう な結果は、詳細な計算を行わなければ得ることができません。 LTpowerPlannerを使用すれば、このような違いを即座に明らか にすることができます。

LTpowerPlannerが提供するもう1つのメリットは、よく整理された技術ドキュメントが用意されていることです。同ツールのGUI(グラフィカル・ユーザ・インターフェース)を利用すれば、アーキテクチャの整然とした略図を得ることができます。それにより、非常に有益な視覚的補助が得られます。特に、同僚と議論したり開発作業のドキュメント化を行ったりする際には大いに役立ちます。技術ドキュメントは、紙のハード・コピーまたはデータ・ファイルとして保存することが可能です。

【ステップ2】各DC/DCコンバータで使用する ICを選択する

通常、電源回路は多数のディスクリート部品を組み合わせるので はなく、ICを使用して構成します。市場には、様々なスイッチン グ・レギュレータICやリニア・レギュレータICが投入されてい ます。それらの製品は、いずれも何らかの特性に対して最適化さ れているはずです。すべてのICには違いがあり、交換/置き換え が可能なケースはほとんどありません。したがって、ICの選択は 非常に重要なステップになります。ICを選択すると、残りの設計 プロセスにおいて回路の特性は固定された状態になります。後に なって別のICの方が適していることが判明し、そのICに変更す ることになったとします。その場合、新たなICを使用するために、 それまでに行ったのと同じ作業を繰り返すことになります。おそ らく、その作業には多くの時間がかかるでしょう。しかし、設計 ツールを使えばその負荷を容易に軽減することができます。

ICを効率良く選択するためには、ツールをうまく活用することが 非常に重要になります。アナログ・デバイセズの製品を使用する 場合であれば、analog.com/jpで提供されているパラメトリック 検索機能が役に立ちます。また、LTpowerCAD上で製品を検索 することで、更に生産性を高めることができます。

AHEAD OF WHAT'S P	LOG CES				LTpowerCAD Design Copyright 2014, Analog Devices Inc.	Tool v2.7.1 All rights reserved.							ÂR.
Jonverser Specification All V Output Rail 1 Converser Specification All V Votet 10 Converser Specification All V Votet 10 V					Output Rail 1 Options Vout1 1.8 V Burs Load1 1.0 Run Run	Optional Features Synchronous FET Burst Mode Run / Enable			Search		Search Parts		
Min. Input Voltage 3 V					Sync Out Rem	Sync. to External Clock					All Parts Web Search		
Num. of Output Rail Max. Num. Parallel P Find Part # : (###	s One hases 1	Go			□ Parj Pely CC Sch	er Good Monitor -phase / Load Share EMI / Silent Switcher PMBus Interface ted					Always Keep Search I Reset Search Fil	lage Open	
PWM Converte Search For Parts	rs L Search For S	DOs iolutions											
Design Tool	Website	Part #	Topology Clear	Type Clear	O Description	# Output Rails Clear) # Phases Clear	Min. Vin (V)	Max. Vin (V)	Min. Vout (V)	Max. Vout (V)	Max Isw/Phase (A) <u>M</u>
V R	Web	LT8631	Buck	Monolithic	100V, 1A Synchronous Micropower Step-Down Regulator	1	1	3	100	0,8	60	1	100
7	Web	LTC3114-1	Buck-Boost	Monolithic	40V, 1A Synchronous Buck-Boost DC/DC Converter with Programmable Output Current	1	1	2,2	40	1	40	1	1200
7	Web	LT8619	Buck	Monolithic	60V, 1.2A Synchronous Monolithic Buck Regulator with 6µA Quiescent Current	1	1	3	60	0,8	60	1,2	300
7	Web	LT8608	Buck	Monolithic	42V, 1.5A Synchronous Step-Down Regulator with 2.5µA Quiescent Current	1	1	3	42	0,778	40	1,5	200
7	Web	LT8609	Buck	Monolithic	42V, 3A Synchronous Step-Down Regulator with 2.5µA Quiescent Current	1	1	3	42	0,782	40	3	200
7	Web	LT86095	Buck	Monolithic	42V, 2A/3A Peak Synchronous Step-Down Regulator with 2.5µA Quiescent Current	1	1	3	42	0,774	40	3	200
7	Web	LT8609A	Buck	Monolithic	42V, 3A Synchronous Step-Down Regulator with 2.5µA Quiescent Current	1	1	3	42	0,782	40	3	200
7	Web	LT86425	Buck	Monolithic	18V, 10A Sync Step-Down Silent Switcher 2	1	1	2,8	18	0,6	18	10	200
7	Web	LT8648S	Buck	Monolithic	42V, 15A Sync Step-Down Silent Switcher 2	1	1	3	42	0,6	40	15	200
7	Web	LT8705	Buck-Boost	Controller	80V VIN and VOUT Synchronous 4-Switch Buck- Boost DC/DC Controller	1	1	2,8	80	1,3	80	10	100
	Web	LTC3852	Buck	Controller	2.7-5.5Vin, single phase buck controller with integrated 5V Gate Drive	1	1	2,7	38	0,8	5,5	50	250
7	neo												1000

図 3. LTpowerCADの検索ウィンドウ。 適切なスイッチング・レギュレータ IC を検索することができます。

図3に、LTpowerCADの検索ウィンドウを示しました。

検索ツールは、わずか数個の仕様値を入力するだけで使用でき ます。例えば、入力電圧、出力電圧、必要な負荷電流の値を入 力するといった具合です。それらに基づいて、LTpowerCADは 推奨されるソリューションのリストを生成します。条件を追加で 入力すれば、更に検索結果を絞り込むことが可能です。例えば、 [Features]のカテゴリで、イネーブル・ピンやガルバニック絶 縁といった機能について選択を行えば、より適切なDC/DCコン バータにを探し出すことができます。

【ステップ3】個々のDC/DCコンバータの 回路を設計する

次のステップでは回路の設計を行います。具体的には、選択した スイッチング・レギュレータICと組み合わせる外付け受動部品を 決定するといった作業が必要になります。このステップにおいて、 回路の最適化を図ることになります。通常、そのためにはデータ シートを徹底的に読み込み、必要なすべての計算を実施しなけれ ばなりません。ただ、このステップは、包括的な設計ツールであ るLTpowerCADを使用すれば大幅に簡素化できます。しかも、 更なる最適化を図った結果を得ることが可能です。

強力な計算ツールとしてのLTpowerCAD

LTpowerCADは、回路設計の作業を大幅に簡素化するためにア ナログ・デバイセズが開発したツールです。これは、シミュレー ション・ツールというよりも計算ツールと呼ぶ方が適切でしょう。 仕様の値を入力すると、それに基づいて非常に短い時間で最適な 外付け部品が提示されます。また、変換効率を最適化することも 可能です。更に、制御ループの伝達関数を計算することもできま す。そのため、最適な制御帯域幅と安定性を簡単に得ることが可 能です。



電源に関する各種の計算を実施できます。

図4に示したのは、「LTC3310S」を選択した場合に表示される 画面です。このように、LTpowerCADでスイッチング・レギュ レータにを選択すると、メインの画面に必要な外付け部品をすべ て備えた標準的な回路が表示されます。この例の場合、降圧型の スイッチング・レギュレータが構成されています。この回路によ り、最高5MHzのスイッチング周波数で最大10Aの出力電流を 得ることができます。

画面上の黄色のフィールドには、仕様の値または計算の結果得られた値が表示されています。青色のフィールドを使うことで、各種の設定が行えます。

外付け部品の選択

LTpowerCADでは、理想的な値だけを使うのではなく、外付け 部品の詳細なモデルに基づいて計算が行われます。つまり、実 際の回路の動作を確実にシミュレーションすることができます。 LTpowerCADでは、他社製ICのモデルの情報も格納した大規 模なデータベースを使用します。また、コンデンサの等価直列抵 抗(ESR)やコイルのコアにおける損失なども考慮されます。外 付け部品を選択するには、図4の画面上で青色の外付け部品をク リックします。すると、新たにウィンドウが開き、使用できる可 能性のある部品のリストが表示されます。図5のリストはその一 例であり、出力コンデンサとして推奨される製品が一覧表示され ています。この例では、様々なメーカーの88種のコンデンサが ピックアップされています。なお、[Show All]を選択すれば、 4660種以上のコンデンサ製品の中から任意のものを選ぶことが 可能になります。

データベースは継続的に拡張/更新されています。 LTpowerCADはオフライン・ツールなので、その機能を使用す る際にインターネットにアクセスする必要はありません。



図 5. 様々なコンデンサのリスト。 LTC3310Sに付加する出力コンデンサの候補が一覧表示されています。 ただ、アップデート機能を使用することで、スイッチング・レギュ レータICと外付け部品の情報を格納したデータベースを最新の 状態に更新することができます。

変換効率の確認

最適な外付け部品を選択したら、「Loss Estimate & Break Down」ボタンをクリックしてスイッチング・レギュレータの変 換効率を確認します。図6に、変換効率と熱に対する特性変動を 確認するためのページを示しました。ご覧のように、効率と損失 を示す正確な図が表示されます。ハウジングの熱抵抗に基づいて ICの接合温度を計算することも可能です。

回路の応答が満足できるものになったら、次の一連の計算に進み ます。十分な効率が得られない場合には、スイッチング・レギュ レータのスイッチング周波数を変更するか(図6の左側を参照)、 外付けのコイルを別のものに変更するとよいでしょう。そのよう にして、満足できる結果が得られるまで効率を再計算します。

制御帯域幅の最適化、安定性の確認

外付け部品を選択して効率を計算したら、制御ループの最適化を 実施します。制御ループは、回路が確実に安定し、発振や不安定 性が発生しないように構成しなければなりません。同時に、広い 帯域幅に対応できるようにする必要もあります。つまり、入力電 圧の変化、特に負荷過渡応答に対応できるように構成しなければ ならないということです。LTpowerCADでは、安定性に関連し て考慮すべき事柄は「Loop Comp. & Load Transient」タブで 確認することができます。負荷過渡応答に依存した出力電圧のプ ロットやボード線図などが得られるだけでなく、多くの設定オプ ションを適用することが可能です。





図7. LTpowerCADによる制御ループの設定

ここで、非常に重要な機能として「Use Suggested Compensation」を紹介します。これを使用すれば、最適な補償 方法についての検討が行えます。同機能を利用すれば、制御工学 に習熟していなくてもパラメータを調整することができます。図 7に示したLTpowerCADの画面によって制御ループの設定を行 います。

LTpowerCADを使えば、安定性に関する計算を実施できます。 得られた結果は、そのアーキテクチャにおいて非常に重要なポイ ントになります。その計算は周波数領域で実行され、時間領域で のシミュレーションよりもはるかに高速に結果が得られます。そ のため、試行的にパラメータの値を変更することが可能であり、 ボード線図を数秒で更新することができます。時間領域でシミュ レーションを行った場合、結果が出るまでに数分から数時間もか かることがあります。

EMC性能の確認、フィルタの追加

スイッチング・レギュレータの仕様によっては、その入力部/出 力部にフィルタを追加しなければならないことがあります。電源 の開発経験が少ない場合には、この部分が大きな課題になること が少なくないでしょう。例えば、次のような疑問が生じるはずで す。出力の電圧リップルを一定のレベルに抑えるには、フィルタ 部品としてどのようなものを選択する必要があるのでしょうか。 また、入力フィルタは必要なものなのでしょうか。必要であると したら、伝導性エミッションを一定の規格値未満に抑えるために、 そのフィルタをどのように設計する必要があるのでしょうか。い ずれにせよ、スイッチング・レギュレータとフィルタの相互作用 によって、何らかの状況下で動作が不安定になってしまうことも 許されないはずです。



図8に示したのは、LTpowerCADのサブツールの操作画面です。

図8.LTpowerCADのフィルタ設計ツール。このフィルタにより、 スイッチング・レギュレータの入力部における伝導性エミッションの影響を最小限に抑えます。

同サブツールは、EMI(電磁干渉)対策として適用する入力フィ ルタの設計に使用します。このツールには、外付け部品の最適化 を行う際に使用する最初のページからアクセスすることができま す。このツールを使用すると、受動部品を使ったフィルタの設計 が行えます。また、そのフィルタを適用した場合のEMC性能を 表すグラフを確認できます。グラフとしては、入力フィルタを付 加した場合と付加していない場合の伝導性エミッションのプロッ トが得られます。それらのグラフを見れば、CISPR 25、CISPR 22、MIL-STD-461Gなど、様々なEMC規格で定められた規格値 との関係を確認することができます。

入力側の伝導性エミッションに対する応答だけでなく、周波数領 域におけるフィルタの特性やインピーダンスをグラフ表示するこ とも可能です。フィルタについては、全高調波歪みが高くなりす ぎないようにする必要があります。また、フィルタのインピーダ ンスがスイッチング・レギュレータのインピーダンスにマッチす るようにしなければなりません。各グラフは、これらについて確 認する際に役立ちます。インピーダンス・マッチングに問題があ ると、レギュレータとフィルタの間で不安定な状態が生じる可能 性があります。

LTpowerCADを使えば、高度な専門知識がなくても、上記のような詳細な検討が行えます。なお、「Use Suggested Values」 ボタンを使えば、フィルタの設計が自動的に行われます。

LTpowerCADは、スイッチング・レギュレータの出力フィルタ の設計機能も提供しています。この種のフィルタは、出力電圧 のリップルを非常に小さく抑えなければならない場合に使用しま す。出力電圧のパスにフィルタを追加するには、[Loop Comp. & Load Transient] のページでLCフィルタのアイコンをクリッ クします。すると、図9のような新たなウィンドウにフィルタ回 路が表示されます。フィルタのパラメータは、このウィンドウ上 で簡単に選択することができます。追加したフィルタの前または 後ろには、帰還ループを接続できるようになっています。このよ うな手順により、出力電圧について非常に良好なDC精度を実現 しつつ、あらゆる動作モードにおいて安定した応答を得ることが 可能になります。



図9. スイッチング・レギュレータの出力フィルタの設計。 電圧リップルを低減するためのLC フィルタを構築します。

【ステップ4】時間領域で回路シミュレーションを 実施する

LTpowerCADによる設計が完了したら、その回路のシミュレーションを実施します。通常は、時間領域のシミュレーションに よって個々の信号の確認を行うことになるでしょう。また、プリ ント回路基板上における様々な回路との相互作用を確認すること もできます。つまり、寄生素子による効果もシミュレーションに 組み込めるということです。そうすると、シミュレーション時間 は長くなりますが、非常に正確な結果が得られます。

一般に、シミュレーションは、ハードウェアを実装する前に情報 を収集することを目的として実施されます。ただ、回路シミュ レーションについては、その可能性と限界を把握しておくことが 重要です。例えば、シミュレーションだけで最適な回路を見い だすのは難しいことがあります。シミュレーションでは、その実 行中にパラメータの値を変更して再開するといったことが行え ます。しかし、回路設計の専門家でなければ、パラメータの適 切な値を決定して回路の最適化を図るのは容易ではないでしょ う。例えば、回路設計に習熟していない場合、シミュレーション において回路が既に最適な状態に達しているのかどうかがわか らないといったことが起こり得るのです。このような場合には、 LTpowerCADのような計算ツールを利用する方が適しています。

LTspice による電源のシミュレーション

アナログ・デバイセズの「LTspice[®]」は、電気/電子回路向けの 強力なシミュレーション・ツールです。同ツールは、使いやすさ、 広範なユーザ・サポート・ネットワーク、最適化用のオプション、 高精度で信頼性の高いシミュレーション性能といった特徴を備え ています。そのため、世界中のハードウェア開発者に使われてい ます。また、LTspiceは無償のツールであり、PCに簡単にインス トールして使用することができます。

LTspiceは、SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) をベースとしています。SPICEは、カリフォ ルニア大学バークレー校の電気工学/コンピュータ科学部で開 発されたプログラムです。これをベースとする多くの商用ソフト ウェアが提供されています。LTspiceはバークレー版のSPICEに 基づいたものですが、収束性とシミュレーション速度が大幅に 高められています。また、LTspiceには、回路図エディタと波形 ビューワの機能が追加されています。これらの機能は、初心者で も直感的に操作することが可能です。もちろん、経験豊富な技術 者にも多大な柔軟性を提供してくれます。

LTspiceは、シンプルさと使いやすさを提供できるように設計さ れています。analog.com/jpでダウンロードすることが可能で あり、非常に大規模なデータベースと関連づけられています。こ のデータベースには、アナログ・デバイセズのほぼすべての電源 ICと外付け受動部品のシミュレーション・モデルが含まれていま す。先述したように、LTspiceは、PCにインストールすればオフ ラインで動作します。ただ、アップデートを実施することで、ス イッチング・レギュレータと外付け部品の最新のモデルを読み込 むことができます。 シミュレーションを開始するには、analog.com/jpにアクセス し、電源製品の製品フォルダ(例えば、評価用ボード[LT8650S]) でLTspice用の回路データを選択します。通常、その回路デー タは、評価用ボードの回路を対象として作成されています。 analog.com/jpの特定の製品フォルダにおいて、LTspiceに関連 するリンクをダブルクリックすると、PC上でLTspiceが起動し、 回路の情報が表示されます。その情報には、シミュレーションを 実行するために必要なすべての外付け回路と事前の設定が盛り込 まれています。図10で赤色の矢印で示したランナーのアイコン をクリックすると、シミュレーションが実行されます。

LTspiceでは、波形ビューワを使用することにより、回路のすべての電圧と電流を確認することができます。図11に示したシミュレーション結果は、図10の電源回路における入出力電圧を表しています。

SPICEシミュレーションを利用すれば、電源回路の詳細を把握す ることができます。また、ハードウェアを構築する際に予期せぬ 事態が起きないように事前に確認が行えます。加えて、LTspice を使用すれば、回路の変更/最適化を実施することも可能です。 更に、スイッチング・レギュレータとプリント回路基板上の回路 との相互作用をシミュレーションすることもできます。例えば、 複数のスイッチング・レギュレータを同時に動作させた状況のシ ミュレーションを実施することも可能です。そうすれば、シミュ レーション時間は長くなるものの、それらの相互作用について確 認することができます。

LTspiceは、ICの開発者が使用している極めて強力で信頼性の高 いツールです。アナログ・デバイセズの多くのIC製品は、この ツールを使用して開発されています。



図10. LTspiceによるシミュレーションの対象となる回路。 LTC3310Sを使って電源を構成しています。



図 11. 図 10の回路のシミュレーション結果

【ステップ5】ハードウェアのテストを実施する

ここまでに説明したように、自動化ツールは電源の設計において 重要な役割を果たします。次のステップで行うべきことは、ハー ドウェアの基本的な評価です。スイッチング・レギュレータでは、 非常に速いレートで電流のスイッチングが行われます。特にプ リント回路基板のレイアウトに依存する寄生成分の効果により、 電流のスイッチングに伴う電圧オフセットが生じ、放射性エミッ ションが発生します。このような効果も、LTspiceを使用すれば シミュレーションで確認できます。但し、そのためには寄生成分 に関する正確な情報が必要になります。ほとんどの場合、そのよ うな情報を入手することはできません。結果として、多くの仮定 が必要になり、シミュレーション結果の価値が低下してしまいま す。そのような意味からも、現実のハードウェアに対する徹底的 な評価は必須です。

プリント回路基板のレイアウトは、回路の重要な要素

プリント回路基板のレイアウトは回路の構成要素の1つとして知られています。例えば、回路の動作確認を行うために、ブレッドボードでジャンパ線を使用して回路を構成することがあります。しかし、スイッチング・レギュレータについては、そのような回路でテストを実施することに意味はありません。これは非常に重要な事実です。例えば、スイッチング電流のパスに存在する寄生インダクタンスは電圧オフセットの原因になります。そのオフセットが原因でレギュレータは動作しなくなるかもしれません。また、回路によっては、過電圧によって損傷が生じてしまうこともあります。

アナログ・デバイセズは、プリント回路基板のレイアウトを最適 化できるよう支援しています。通常、スイッチング・レギュレー タICのデータシートには、プリント回路基板のレイアウトのリ ファレンスとなる情報が記載されています。ほとんどのアプリ ケーションでは、その推奨レイアウトを使用することができます。

動作温度範囲におけるハードウェアの評価

電源の設計プロセスでは、スイッチング・レギュレータICの動 作温度の全範囲における変換効率がどのようになるかということ が考慮されます。ハードウェアのテストは、想定される限界の温 度を対象として実施することが重要です。スイッチング・レギュ レータICや外付け部品の特性値は、動作温度の範囲内で変化し ます。LTspiceによるシミュレーションでも、そうした温度の影 響を加味するのは難しくありません。しかし、そのようなシミュ レーション結果の価値は使用するパラメータの質に応じて決まり ます。現実的な値のパラメータを使用できる場合には、LTspice においてモンテ・カルロ解析を実行し、必要な結果を得ることが できます。ただ、物理的なテストによってハードウェアを評価す る方がより実用的であることがほとんどです。

EMI/EMC についての検討

システムを構築する場合、最終的にはEMI/EMCのテストに合 格する必要があります。それらのテストは現実のハードウェアを 対象として実施されますが、知見を集める上ではシミュレーショ ン・ツールや計算ツールが非常に役立ちます。ハードウェアのテ ストに先立ち、様々なシナリオで評価を実施することができるか らです。シミュレーションによって正確な結果を得るためには、 通常はモデル化されていない寄生成分を反映させる必要があり ます。そこまではできない場合でも、各種のパラメータに対する 一般的な性能の傾向は見てとれます。また、EMI/EMCのテスト に合格しなかった場合、シミュレーションによって得られたデー タを利用することで、ハードウェアを迅速に修正するために必要 な知見が得られる可能性があります。EMI/EMCのテストには多 くのコストと時間がかかります。それに対し、設計の初期段階で LTspiceやLTpowerCADを利用すれば、実際のテストに先立っ て有意義な結果を得ることができます。それらを利用することに より、電源の設計プロセス全体を効率化し、コストを削減するこ とが可能になります。

まとめ

電源設計用のツールは非常に高機能になりました。現在では、複 雑な要求を満たすために役立つ十分に強力な存在になっていま す。なかでも、LTpowerCADとLTspiceは高い性能を備えるだ けでなく、使いやすいインターフェースも備えています。そのた め、これらのツールは、あらゆる熟練度の設計者に対して大きな メリットをもたらします。設計経験が豊富であるか否かにかかわ らず、これらのツールを使用して日常的に電源の開発に携わるこ とができます。シミュレータがこれほどまでに進化していること に驚かれる方もいるでしょう。適切なツールを使用すれば、信頼 性が高く高機能な電源をより迅速に構築することが可能になりま す。

アナログ・デバイセズが提供する無償の設計ツール 本稿では、以下に示す3つのツールを紹介しました。

- ▶ LTpowerPlanner: 最適化ツール
- ▶ LTpowerCAD:計算ツール
- ▶ LTspice:シミュレーション・ツール

ぜひ、これらのツールをご活用ください。



著者について

Frederik Dostal (frederik.dostal@analog.com) は、アナログ・デバイセズのパワー・マネージメント・ グループ(ミュンヘン)に所属するシニア・スタッフ・フィールド・アプリケーション・エンジニアです。 2009年に入社しました。ドイツのエアランゲン・ニュルンベルク大学でマイクロエレクトロニクスについ て学び、2001年からパワー・マネージメント分野の業務に携わっています。アリゾナ州フェニックスで4年 間にわたってスイッチング電源を担当。それ以外にも、多様なアプリケーション分野の業務に従事してきま した。



アナログ・デバイセズ株式会社

お住いの地域の本社、販売代理店などの情報は、analog. com/jp/contact をご覧ください。

オンラインサポートコミュニティEngineerZoneでは、アナ ログ・デバイセズのエキスパートへの質問、FAQの閲覧がで きます。 ©2021 Analog Devices, Inc. All rights reserved. 本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。 Ahead of What's Possibleはアナログ・デバイセズの商標です。 VISIT ANALOG.COM/JP

AD5502-0-2/21