

効率が 95% で低ノイズ動作の 15V、2.5A モノリシック昇降圧 DC/DC コンバータ

Eddy Wells

消費電力の大きいポータブル機器や産業用計測器では、多くの場合、増大し続ける処理能力を満たすために、マルチセル・バッテリーや大容量バッテリーが必要です。電圧範囲が広く高効率の昇降圧 DC/DC コンバータは、バッテリーの稼働時間を長くして複数の入力電源を扱うための理想的な解決策です。LTC3112 は、2.2V ~ 15V の入力に対応する 2.5A の昇降圧コンバータです。入力電圧範囲が広いので、1 本から 3 本までのリチウムイオン電池、鉛蓄電池、スーパーキャパシタ、USB ケーブル、AC アダプタなど、さまざまな電源から、2.5V ~ 14V の範囲の電圧に変換できます。

LTC3112 は、最新世代の昇降圧 PWM 制御方式を特長としており、降圧動作と昇圧動作が切り替わるときに発生するジッタを、最小限に抑えることができます。電流制限、過電圧保護、サーマル・シャットダウン、短絡保護などの保護機能により、過酷な環境で堅牢な動作を実現します。

部品サイズまたは変換効率が重要なアプリケーションでは、LTC3112 のデフォルトのスイッチング周波数である 750kHz を要求に応じて 300kHz ~ 1.5MHz の範囲で同期させることができます。出力電流を制御または測定する必要がある設計では、出力電流モニタ・ピンを使用できます。選択可能な Burst Mode[®] 動作により、装置がスタンバイモードのときの動作寿命が長くなります。

図 1 に示す LTC3112 ベースのコンバータは、12V の出力で 30W の電力を発生できます。ソリューションの占有面積は 200mm² 未満です。同様な電力レベルでは、コントローラ・ベースの昇降圧コンバータや複雑なデュアル・インダクタ SEPIC コンバータでは、このような大きさにおさめることは到底不可能です。主な外付け部品は、入力および出力のフィルタ・コンデンサとパワー・インダクタに限られています。LTC3112 は、熱特性が改善された 4mm × 5mm の 16 ピン DFN パッケージまたは 20 ピン TSSOP パッケージで供給されます。

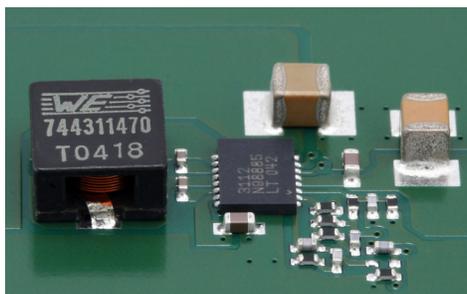


図 1. LTC3112 ベースの 30W ソリューション

複数の入力電源による動作

LTC3112 は動作電圧範囲が広いので、複数の電力源から給電できます。LTC4412 PowerPath コントローラ (TSOT-23 パッケージ) が、2 つの入力電源のうち損失の低い方を選択するアプリケーションを図 2 に示します。LTC4412 は、選択されている P チャネル MOSFET 両端の 20mV の順方向電圧を維持して、損失を最小限に保ちます。この回路では、1 本のリチウムイオン電池と 12V の AC アダプタのうち、電圧の高い方を LTC3112 の入力に接続するよう、LTC4412 が自動的に切り替えます。

2 つの電力源に対する効率カーブを図 3 に示します。いずれの入力の場合も、90% より高いピーク効率が実現されます。標準のスリープ電流が 50μA の Burst Mode 動作 (破線) では、20 倍を超える負荷電流範囲にわたって高い効率を維持しています。

V_{IN} ピンと FB ピンの間に接続されているフィードフォワード回路網 (図 2 の C_{FF}、R_{FF}) により、AC アダプタの電圧が印加された場合のトランジェント応答が改善されます。フィードフォワード回路網の値は、まず、V_{IN} が 3.6V から 12V に遷移したときの COMP ピンでの電圧変化を測定することで選定します。COMP ピンでは 380mV の変化が観測されたので、V_{IN} および R_{FF} の最適値は次のように計算できます。

$$C_{FF} = \frac{V_{COMP}}{V_{IN}} \cdot (C_{FB} + C_P) = 33pF$$

$$R_{FF} = \frac{R_{FB} \cdot C_{FB}}{C_{FF}} = 68k\Omega$$

V_{OUT} のレギュレーションは、出力コンデンサが 47μF (図 4) で負荷が 500mA の場合、15μs の遷移時間中、300mV つまり 6% 以内に維持されます。V_{IN} の立ち下がりエッジは約 10 倍低速なので、さらに小さい過渡変動になります。

図 2 の補償部品を使用した場合の 3.6V 入力、5V 出力の負荷ステップ応答を図 5 に示します。この場合、出力コンデンサが 47μF の V_{OUT} では、250mA から 1A への負荷ステップに対して、わずか 250mV の過渡変動という結果になります。入力電圧と出力電流負荷ステップの両方について、優れた応答を得るために、LTC3112 のループ応答をどのように設定できるかを図 4 および図 5 に示します。

LTC3112 は、最新世代の昇降圧 PWM 制御方式を特長としており、降圧動作と昇圧動作が切り替わるときに発生するジッタを最小限に抑えることができます。

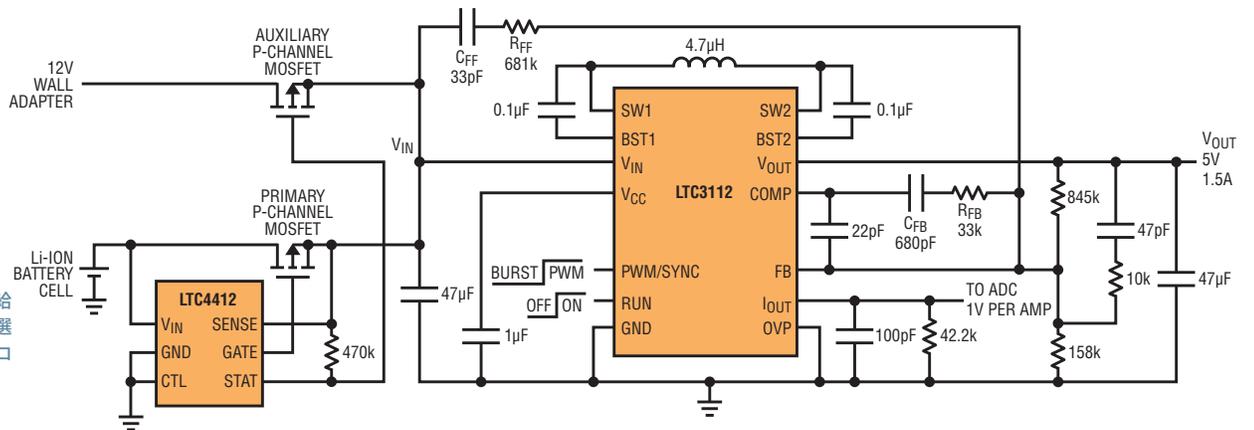


図2. LTC3112コンバータに給電する最も高い電圧の入力を選択するLTC4412 PowerPathコントローラ

5V バックアップ電源

一部のデータベース・システムでは、1次電源が故障した場合、データをバックアップするための時間が必要です。必要なエネルギーを供給するために、多くの場合、スーパーキャパシタが使用されます。LTC3112は入力電圧範囲が広く、降圧と昇圧の両方に対応できるので、図6に示すようなアプリケーションに最適です。

この回路では、1次電源が供給されている間に、合計 22mF のスーパーキャパシタが 15V に充電されます。ESR の小さい電解コンデンサまたはセラミック・コンデンサを並列に接続して、 V_{IN} のリップルを最小限に抑えます。この例では、 V_{CC} ピンが 5V 出力から逆駆動されるので、LTC3112 のゲートドライバーは、15V から 2.2V までの入力電圧で効率的に動作することができます。

入力に供給されるエネルギーは、次式によって得られます。

$$E_{IN} = \frac{1}{2} \cdot C_{IN} \cdot (V_{INITIAL})^2 - (V_{FINAL})^2$$

$$= \frac{22mF}{2} \cdot 15^2 - 2.2^2$$

$$= 2.4J$$

バックアップの結果を図7に示します。 V_{IN} と GND 間の分圧抵抗を介して RUN ピンを駆動することにより、 V_{OUT} をきれいに立ち下げることができます。この例では、250mA の定

図3. 1本のリチウムイオン電池 (3.6V) または ACアダプタ (12V) を入力とする 5V 出力の効率

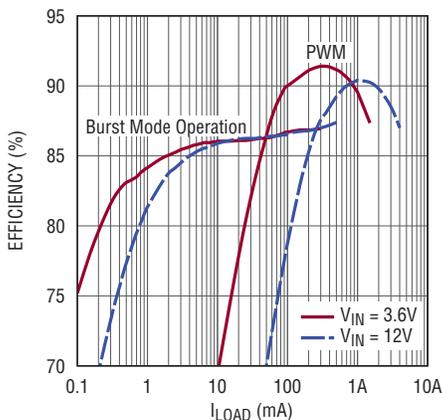


図4. 3.6V から 12V への入力ステップと結果として得られる V_{OUT} トランジェント

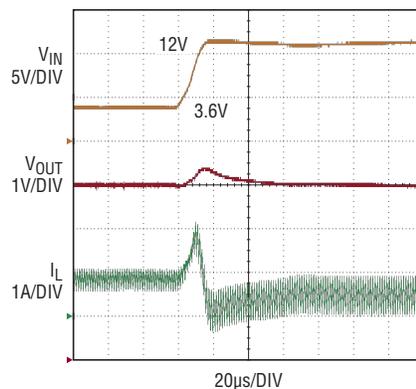
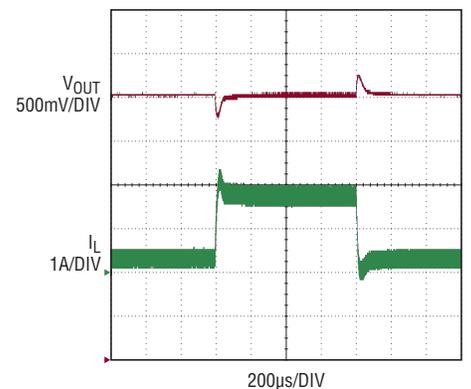


図5. 250mA から 1A への負荷ステップと結果として得られる V_{OUT} トランジェント



LTC3112 は、小型で大電流を供給できるので、処理能力の向上したポータブル機器に最適です。ソリューション・サイズや変換効率は、50mΩ の N チャンネル MOSFET スイッチや熱特性が改善されたパッケージの恩恵を受けています。

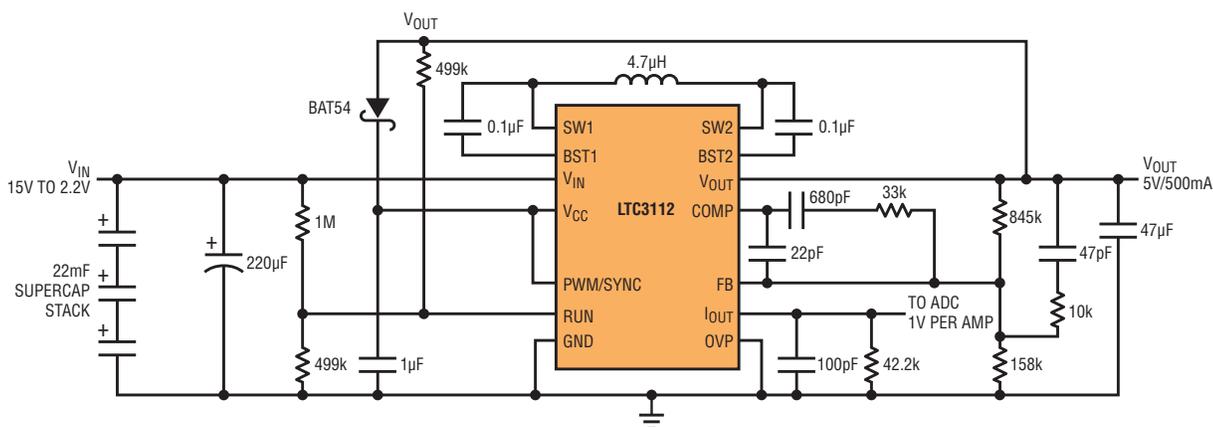


図6. $V_{IN} = 2.2V$ まで動作する 5Vレールのバックアップ電源

電流が負荷として LTC3112 から流れるので、 V_{IN} のコンデンサがレギュレーションを維持できるのは 1.7 秒となり、平均の変換効率は、スーパーキャパシタの損失を含めて 88% になります。

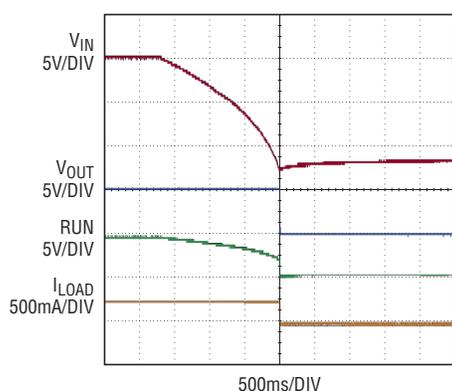
$$E_{OUT} = I_{OUT} \cdot V_{OUT} \cdot t$$

$$= 250mA \cdot 5V \cdot 1.7s$$

$$= 2.1J$$

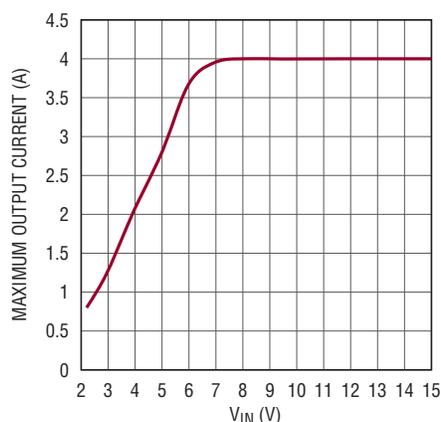
前述の例は、スーパーキャパシタの電圧定格と、バックアップに必要なエネルギーに応じて簡単に調整できます。 I_{OUT} ピン (図 6) を A/D コンバータによってモニタすることにより、

図7. 電源をバックアップ中のスーパーキャパシタの放電性能



バックアップ中の負荷電流を測定できます。設計での重要な検討事項は、昇降圧コンバータの最大出力電流能力です。図 8 に示すように、 $V_{IN} \gg V_{OUT}$ の場合、LTC3112 は最大 4A の負荷電流を供給できます。コンバータが降圧モードから昇圧モードに移行すると、それに応じて最大負荷電流は減少します。

図8. $V_{OUT} = 5V$ で V_{CC} に逆給電した回路での最大出力電流と V_{IN}



まとめ

LTC3112 は、広い入力電圧範囲または出力電圧範囲を必要とするさまざまなアプリケーションで、低ノイズの昇降圧変換を行います。LTC3112 は、小型で大電流を供給できるので、処理能力の向上したポータブル機器に最適です。ソリューション・サイズや変換効率は、50mΩ の N チャンネル MOSFET スイッチや熱特性が改善されたパッケージの恩恵を受けています。稼働時間を長くするため、Burst Mode での低い静止電流により、数桁にわたる負荷電流範囲で高い効率を維持しています。同期したスイッチング周波数、設定可能な出力電圧、負荷電流モニタ、外部ループ補償などの機能により、LTC3112 は、アプリケーションの要求に合わせて調整できます。■