

# DESIGN NOTES

## 電源電流がわずか10 $\mu$ Aの1.4MHzスイッチング・レギュレータ

デザインノート 256

Jaime Tseng

### はじめに

バッテリー駆動機器の設計で、高いスイッチング周波数と低い消費電流はもはや相反する要求ではありません。リニアテクノロジー社のLTC<sup>®</sup>3404は、無負荷で(バースト・モード<sup>™</sup>動作を使って)電源電流を10 $\mu$ Aしか消費しない、1.4MHzで動作する業界初の降圧スイッチング・レギュレータです。このみごとに離れ業により、3桁にわたって変化する出力負荷電流で90%を超す効率を実現することができ、しかも小型の外部部品を使用することができます。チップに内蔵されたメイン・スイッチと同期スイッチにより、完全な高効率(最大95%)降圧レギュレータを構成するのにごく少数の外部部品しか必要としません。小型外部部品とLTC3404のMSOPパッケージにより、実装面積を極小化することができ、最近の携帯用アプリケーションの省スペースの要求を満たします。

### LTC3404の特長


LTC3404は、低ノイズで高速過渡応答を実現する固定周波数の電流モード・アーキテクチャを内蔵しています。LTC3404は、入力電源電圧範囲が2.65V~6Vで、低損失100%のデューティ・サイクルが可能なので、中程度の電流(最大600mA)のバッテリー駆動機器に最適です。

きわめて広範囲の出力負荷電流にわたって高効率を維持するには、SYNC/MODEピンをロジック・レベルの信号で"H"にドライブするか、あるいはこのピンを $V_{IN}$ に接続して、バースト・モード動作を選択することができます。ノ

イズを下げるには、SYNC/MODEピンをロジック・レベル信号で"L"にドライブするか、あるいはこのピンをグランドへ接続して、パルス・スキップ・モードを選択することができます。この場合、低負荷電流でも最少出力リップルとともに固定周波数動作が維持されます。負荷電流がさらに低くなると、最終的にサイクル・スキッピングが生じ、レギュレーションを維持します。このモードでは、負荷が非常に軽いと効率が下がりますが、出力負荷が50mAを越すとバースト・モード動作と同程度になります。スイッチング周波数に敏感なアプリケーションでは、外部クロック信号をSYNC/MODEピンへ与えることにより、LTC3404を1MHz~1.7MHzの周波数に外部同期させることができます。同期している間、バースト・モード動作は禁止され、パルス・スキッピング・モードが選択されます。

### 3.1V/600mA降圧レギュレータ

Li-Ion1セル、あるいは3~4セルのNiCdあるいはNiMHバッテリー入力に適した標準的アプリケーションを図1に示します。このアプリケーションで使われる部品の値が小さいことに注目してください。これはLTC3404のスイッチング周波数が高いため可能となりました。さらに、LTC3404には内部同期スイッチがあるため、SWピンに普通見られるショットキ・ダイオードが図1にはありません。このレギュレータは12mm $\times$ 8mm(96mm<sup>2</sup>)のボード面積しか占めません。

 LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。Burst Modeはリニアテクノロジー社の商標です。

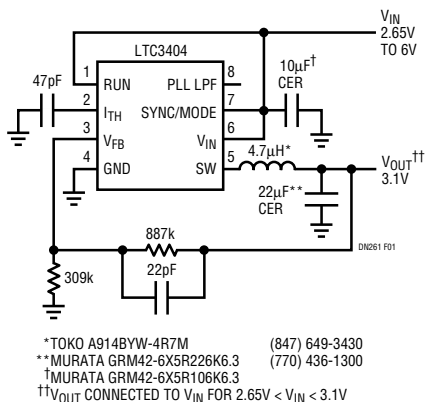


図1. 3.1V/600mA降圧レギュレータ

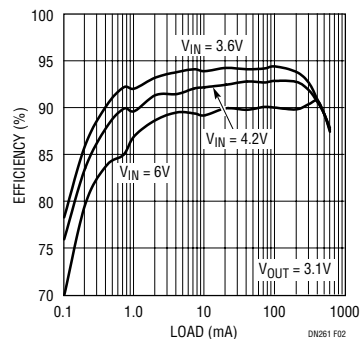


図2. 図1の回路の効率と負荷電流  
(バースト・モード動作をイネーブル)

3つの異なる入力電圧に対する効率を図2に示します。3.6V入力での効率は3桁にまたがる出力電流範囲で90%を超えます。LTC3404の消費電流はきわめて低いので、100 $\mu$ Aほどの小さな負荷まで高い効率が維持されます。消費電流は非常に低いとはいえ、過渡性能は犠牲にされません。革新的回路により、誤差アンプは(無負荷時には10 $\mu$ Aより少ない電流で動作しながら)負荷の変化に素早く応答できます。図3のオシロスコープ写真は、600mAの負荷ステップを加えたときの、このデバイスの優れた過渡性能を示しています。負荷ステップにより、バースト・モード動作が連続スイッチング動作へ強制的に切り換えられると、インダクタ電流リップルがいかに減少するかに注目してください。最大出力負荷では、メイン・スイッチのIR電圧降下に起因するデューティ・サイクルの増加により、インダクタ電流リップルは最低となります。

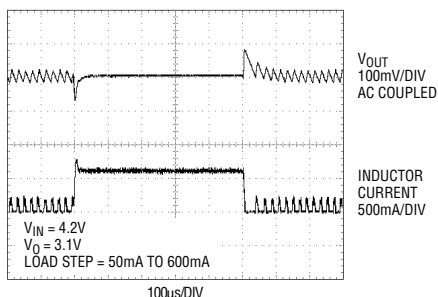


図3. 図1の回路の負荷ステップ応答

#### 外部同期した3.1V/600mA降圧レギュレータ

低スイッチング周波数ノイズのアプリケーションを図4に示します。LTC3404は外部クロック信号に同期し、そのため、バースト・モード動作は自動的にディスエーブルされます。このため、低い負荷電流でも固定周波数動作となり、リップル電圧が減少します。

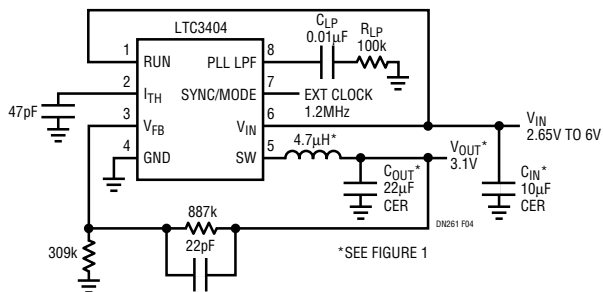


図4. 外部同期した3.1V/600mA降圧レギュレータ

#### データシートのダウンロード

<http://www.linear-tech.co.jp/ds/j3404f.html>

このモードでは、図5に示されているように、軽負荷での効率は低くなります。ただし、出力負荷が50mAを超すと、効率はバースト・モード動作の場合と同程度になります。

LTC3404は内部フェーズロック・ループを使って外部信号に同期します。電圧制御発振器と位相検出器でフェーズロック・ループが構成されています。フィルタ部品の $C_{LP}$ と $R_{LP}$ が位相検出器からの電流パルスを平滑化して、安定した入力を電圧制御発振器へ与えます。これらの部品により、どれだけ速くループがロックするか決まります。図4に示されている部品を使うと、ループは約100 $\mu$ sでロックします。外部クロックへ同期しないとき、VCOへの内部接続は切り離され、ノイズが内部発振器の周波数を変化させるのを防ぎます。図6のオシロスコープ写真は、600mAの負荷ステップに対する過渡性能を示しています。

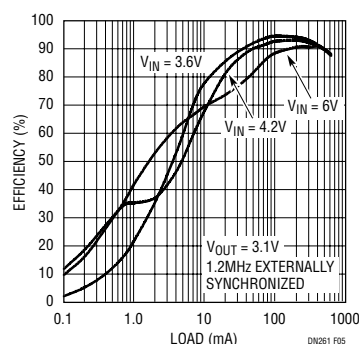


図5. 図4の回路の効率と負荷電流  
(バースト・モード動作はディスエーブル)

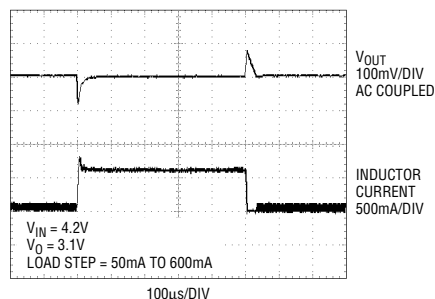


図6. 図4の回路の負荷ステップ応答。

#### まとめ

LTC3404は高いスイッチング周波数と低い消費電流が両立することを実証しており、それによって、バッテリー駆動機器の設計の新しい可能性を開きます。

お問い合わせは当社または下記代理店まで (50音順)

東京エレクトロデバイス株式会社  
〒224-0045 横浜市都築区東方町1  
TEL(045)474-5114 FAX(045)474-5624

株式会社トーマンエレクトロニクス  
〒108-8510 東京都港区港南1-8-27  
TEL(03)5462-9615 FAX(03)5462-9695

株式会社マクニカ  
〒226-8505 横浜市緑区白山1-22-2  
TEL(045)939-6104 FAX(045)939-6105

#### リニアテクノロジー株式会社

102-0094 東京都千代田区紀尾井町3-6 秀和紀尾井町パークビル8F  
TEL(03)5226-7291 FAX(03)5226-0268  
<http://www.linear-tech.co.jp>

dn256f 0501 34K • PRINTED IN JAPAN

  
© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2000