

静止電流 2.5 μ A の 65V、7A/8A ピーク同期整流式降圧 Silent Switcher

特長

- ▶ **Silent Switcher[®]**アーキテクチャ
 - ▶ 超低 EMI 放射
 - ▶ オプションのスペクトラム拡散変調
- ▶ 高周波数で高い効率
 - ▶ 1MHz、12V_{IN}~5V_{OUT} で最大 95%の効率
 - ▶ 2MHz、12V_{IN}~5V_{OUT} で最大 94%の効率
- ▶ 広い入力電圧範囲：3.4V~65V
- ▶ 最大連続出力 7A、ピーク・トランジェント出力 8A
- ▶ 超低静止電流の Burst Mode[®]動作
 - ▶ 2.5 μ A の I_Q で 12V_{IN} から 3.3V_{OUT} へ安定化
 - ▶ 出力リップル < 10mV_{P-P}
- ▶ 高速最小スイッチ・オン時間：40ns
- ▶ すべての条件下で低ドロップアウト：60mV（1A 時）
- ▶ 調整と同期が可能な範囲：200kHz~2.2MHz
- ▶ ピーク電流モードの動作
- ▶ 出力ソフトスタートおよび出力トラッキング
- ▶ 小型の 27 端子、6mm × 3mm、フリップチップ 2 クワッド・フラット・ノーリード（FC2QFN）パッケージ

概要

LT[®]8647 同期整流式降圧レギュレータは、Silent Switcher（サイレント・スイッチャ）アーキテクチャを採用しており、電磁干渉（EMI）放射を最小限に抑えながら高スイッチング周波数で高い効率を実現するように設計されています。この性能により、LT8647 はノイズに敏感なアプリケーションおよび環境に最適なデバイスとなっています。

高速でクリーンな上にオーバーシュートの小さいスイッチング・エッジにより、高スイッチング周波数でも高効率の動作が可能です。また、40ns という極めて低い最小オン時間のピーク電流モード制御により、高スイッチング周波数でも高い降圧比を実現します。

Burst Mode 動作ではスタンバイ時の消費電流を極めて低く抑えることができ、パルススキッピング・モードでは低出力負荷時に最大スイッチング周波数で動作が可能です。また、スペクトラム拡散動作では EMI 放射を更に低減できます。

アプリケーション

- ▶ 工業用電源
- ▶ 汎用降圧

代表的なアプリケーション

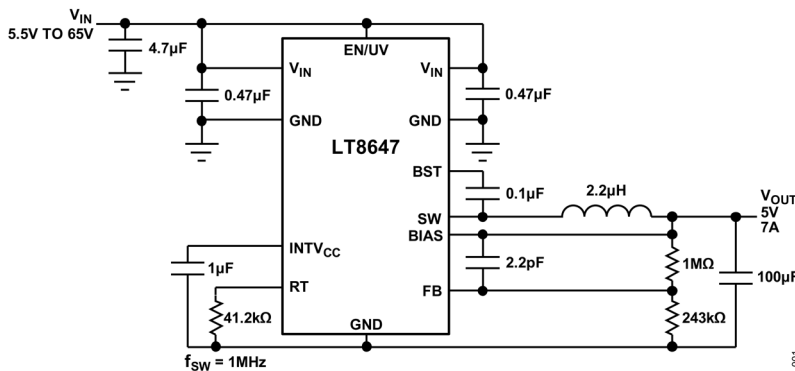


図 1. 5V/7A 降圧コンバータ

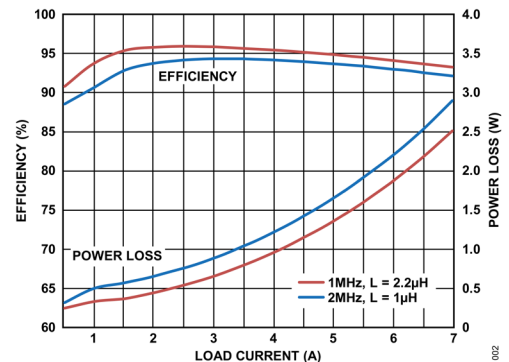


図 2. 12V_{IN}/5V_{OUT} 時の効率と周波数の関係

目次

| | |
|-----------------------------------|----|
| 特長 | 1 |
| 概要 | 1 |
| アプリケーション | 1 |
| 代表的なアプリケーション | 1 |
| 改訂履歴 | 3 |
| 仕様 | 4 |
| 絶対最大定格 | 6 |
| 静電放電 (ESD) | 6 |
| ESD 定格 | 6 |
| ESD に関する注意 | 6 |
| パッケージ情報 | 7 |
| ピン配置およびピン機能の説明 | 9 |
| 端子説明 | 9 |
| ブロック図 | 12 |
| 代表的な性能特性 | 13 |
| 動作原理 | 21 |
| アプリケーション情報 | 22 |
| 低 EMI のプリント回路基板 (PCB) レイアウト | 22 |
| Burst Mode 動作 | 23 |
| パルススキッピング・モード | 24 |
| スペクトラム拡散モード | 24 |
| 同期 | 24 |
| FB 抵抗ネットワーク | 25 |
| 高 V_{OUT} に関する考慮事項 | 25 |
| スイッチング周波数の設定 | 25 |
| 動作周波数の選択とトレードオフ | 26 |
| インダクタの選択と最大出力電流 | 27 |
| 入力コンデンサ | 28 |
| 出力コンデンサと出力リップル | 28 |
| セラミック・コンデンサ | 29 |
| イネーブル・ピン | 29 |
| INTV _{CC} レギュレータ | 29 |
| 出力電圧のトラッキングとソフトスタート | 30 |
| 出力パワー・グッド | 30 |

| | |
|------------------------|----|
| 短絡保護と逆入力保護 | 30 |
| 熱に関する検討事項とピーク出力電流..... | 31 |
| 代表的なアプリケーション回路 | 33 |
| オーダー・ガイド..... | 36 |

改訂履歴

| 版数 | 改訂日 | 説明 | 改訂ページ |
|----|------|---------------------------------|-------|
| 0 | 7/25 | 初版発行 | – |
| A | 8/25 | 代表的な性能特性のセクションの図 23 および図 24 を更新 | 16 |

仕様

表 1. 電気的特性

(特に指定のない限り、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 。)

| PARAMETER | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|--|---|-------|-------|-------|---------------|
| Minimum Input Voltage | | | 3.0 | 3.4 | V |
| V_{IN} Quiescent Current in Shutdown | $V_{EN/UV} = 0V, T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 0.9 | 3 | μA |
| | $V_{EN/UV} = 0V$ | | 0.9 | 20 | μA |
| V_{IN} Quiescent Current in Sleep | $V_{EN/UV} = 2V, V_{FB} > 0.97V, V_{SYNC} = 0V, T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 1.7 | 4 | μA |
| | $V_{EN/UV} = 2V, V_{FB} > 0.97V, V_{SYNC} = 0V$ | | 1.7 | 20 | μA |
| V_{IN} Quiescent Current when Active | $V_{EN/UV} = 2V, V_{FB} > 0.97V, V_{SYNC} = 2V, R_T = 60.4\text{k}\Omega, V_{BIAS} = 0V, T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 0.4 | 0.6 | mA |
| V_{IN} Current in Regulation | $V_{OUT} = 0.97V, V_{IN} = 6V, I_{LOAD} = 1\text{mA}, V_{SYNC} = 0V, T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 200 | 300 | μA |
| Feedback Reference Voltage | $V_{IN} = 6V, T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | 0.964 | 0.970 | 0.976 | V |
| | $V_{IN} = 6V$ | 0.956 | 0.970 | 0.982 | V |
| Feedback Voltage Line Regulation | $V_{IN} = 4V \text{ to } 42V$ | | 0.004 | 0.025 | %/V |
| Feedback Pin Input Current | $V_{FB} = 1V, T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | -20 | | 20 | nA |
| BIAS Pin Current Consumption | $V_{BIAS} = 3.3V, f_{SW} = 2\text{MHz}, T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 22 | | mA |
| Minimum On-Time ² | $I_{LOAD} = 3A, SYNC = 0V$ | | 40 | 65 | ns |
| | $I_{LOAD} = 3A, SYNC = 2V$ | | 35 | 65 | ns |
| Minimum Off-Time | $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 80 | 110 | ns |
| Oscillator Frequency | $R_T = 221\text{k}\Omega$ | 180 | 210 | 240 | kHz |
| | $R_T = 60.4\text{k}\Omega$ | 665 | 700 | 735 | kHz |
| | $R_T = 18.2\text{k}\Omega$ | 1.8 | 1.95 | 2.1 | MHz |
| Top Power N-Channel Metal-Oxide-Semiconductor (NMOS) On-Resistance | $I_{SW} = 1A, T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 36 | | m Ω |
| Top Power NMOS Current Limit | | 10.5 | 14 | 17.5 | A |
| Bottom Power NMOS On-Resistance | $V_{INTVCC} = 3.4V, I_{SW} = 1A, T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 25 | | m Ω |
| Bottom Power NMOS Current Limit | $V_{INTVCC} = 3.4V, T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | 7.5 | 11 | 14 | A |
| SW Leakage Current | $V_{IN} = 42V, V_{SW} = 0V, 42V, T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | -1.5 | | 1.5 | μA |
| EN/UV Pin Threshold | EN/UV Rising | 0.95 | 1.01 | 1.07 | V |
| EN/UV Pin Hysteresis | $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 45 | | mV |

(特に指定のない限り、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 。)

| PARAMETER | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|--|--|-------|------|------|---------------|
| EN/UV Pin Current | $V_{\text{EN/UV}} = 2\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | -20 | | 20 | nA |
| PG Upper Threshold Offset from V_{FB} | V_{FB} Falling | 5 | 7.5 | 10 | % |
| PG Lower Threshold Offset from V_{FB} | V_{FB} Rising | -10.5 | -8 | -5.5 | % |
| PG Hysteresis | $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 0.4 | | % |
| PG Leakage Current | $V_{\text{PG}} = 3.3\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | -40 | | 40 | nA |
| PG Pull-Down Resistance | $V_{\text{PG}} = 0.1\text{V}$ | | 750 | 2000 | Ω |
| SYNC/MODE Threshold | SYNC/MODE DC and Clock Low-Level Voltage | 0.7 | 0.9 | | V |
| | SYNC/MODE Clock High-Level Voltage | | 1.2 | 1.4 | V |
| | SYNC/MODE DC High-Level Voltage | 2.2 | 2.55 | 2.9 | V |
| Spread Spectrum Modulation Frequency Range | $R_T = 60.4\text{k}\Omega$, $V_{\text{SYNC}} = 3.3\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 24 | | % |
| Spread Spectrum Modulation Frequency | $V_{\text{SYNC}} = 3.3\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 2.5 | | kHz |
| TR/SS Source Current | | 1.2 | 2 | 2.8 | μA |
| TR/SS Pull-Down Resistance | Fault Condition, $\text{TR/SS} = 0.1\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | | 220 | | Ω |

¹ $-40^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ の動作ジャンクション温度範囲における仕様は、設計、特性評価、および統計的プロセス制御との関連付けによって裏付けられています。

² 設計と特性評価により性能は確保されていますが、製品テストは行われていません。

³ ジャンクション温度が高い場合は動作寿命が低下します。この動作寿命の低下はジャンクション温度が 125°C を超えると始まります。ジャンクション温度 (T_J , $^{\circ}\text{C}$) は、次式を使って周囲温度 (T_A , $^{\circ}\text{C}$) と消費電力 (PD , ワット) から計算します。

$$T_J = T_A + \text{PD} \times \theta_{JA}$$

ここで、 θ_{JA} ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$) はパッケージの熱抵抗です。

⁴ この IC は、過負荷状態からデバイスを保護することを目的とした過熱保護機能を備えています。過熱保護機能が作動した場合、ジャンクション温度は 150°C を超えています。仕様規定された最大動作ジャンクション温度を超えてデバイスを連続動作させると、寿命が短くなります。

絶対最大定格

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

表 2. 絶対最大定格

| PARAMETER | RATING |
|---|--|
| V_{IN} , SW, EN/UV | 65v |
| PG | 42v |
| BIAS | 25v |
| FB, TR/SS | 4v |
| BST-SW | 7v |
| RT, SYNC/MODE | 6v |
| LT8647R | -40°C to 150°C |
| Storage Temperature Range | -65°C to 150°C |
| Maximum Reflow (Package Body) Temperature | 260°C |

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。これらはストレス定格のみを定めたものであり、この仕様の動作のセクションに記載する規定値以上でデバイスが正常に動作することを示唆するものではありません。デバイスを長時間にわたり絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性に影響を与えることがあります。

静電放電 (ESD)

以下の ESD 情報は、ESD に敏感なデバイスを、ESD から保護された環境で取り扱う場合にのみ適用されます。人体モデル (HBM) は ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 に、チャージ・デバイス・モデル (CDM) は ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 に準拠しています。

ESD 定格

表 3. LT8647 の ESD 定格

| ESD MODEL | WITHSTAND THRESHOLD (V) |
|-----------|-------------------------|
| HBM | ± 2500 |
| CDM | ± 1250 |

ESD に関する注意



ESD (静電放電) の影響を受けやすいデバイスです。

電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術である ESD 保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESD に対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

パッケージ情報

表 4. EVAL-LT8647-AZ での熱抵抗

| Thermal Resistance, Four-Layer Board | |
|---|----------|
| Junction-to-Ambient (θ_{JA}) | 26°C/W |
| Junction-to-Case (θ_{JCTop}) | 20.2°C/W |
| Junction-to-Case Thermal Resistance (Ψ_{JT}) | 0.3°C/W |

表 5. JEDEC 基板での熱抵抗

| Thermal Resistance, Four-Layer Board ¹ | |
|---|----------|
| Junction-to-Ambient (θ_{JA}) | 30.6°C/W |
| Junction-to-Case (θ_{JCTop}) | 20.2°C/W |
| Junction-to-Case Thermal Resistance (Ψ_{JT}) | 0.2°C/W |

¹ パッケージの熱抵抗は、JEDEC 仕様書 JESD51-7 に記載されている方法で、4 層基板を用いて求めたものです。

最新のパッケージ外形情報およびランド・パターン（フットプリント）については、[パッケージ索引](#)を参照してください。パッケージ・コードの「+」、「#」、「-」は、RoHS ステータスのみを示しています。パッケージ図面には異なるサフィックスが表示されている場合がありますが、図面は RoHS ステータスに関係なくパッケージに固有のものです。

パッケージの熱抵抗は、評価キットの 4 層基板を用いて求めています。パッケージの熱に関する考慮事項の詳細については、[IC パッケージの熱特性評価](#)を参照してください。

TOP VIEW

PIN 1 INDICATOR AREA

3.00 ± 0.10

6.00 ± 0.10

SIDE VIEW

0.75 ± 0.05

SEATING PLANE

0.05 MAX
 0.02 NOM
COPLANARITY
 0.08

BOTTOM VIEW

PIN 1 INDICATOR C 0.20

0.36 ± 0.10

0.50 REF

0.25 REF

0.50 BSC

0.75 ± 0.10

0.82 ± 0.10

1.25 ± 0.10

0.125 REF

0.425 REF

0.45 ± 0.10

0.37 REF

0.75 REF

0.25 REF

0.20 REF

0.25 ± 0.05
(27 x)

3.40 ± 0.10

FOR PROPER CONNECTION OF THE EXPOSED PAD, REFER TO THE PIN CONFIGURATION AND FUNCTION DESCRIPTIONS SECTION OF THIS DATA SHEET.

3.50 ± 0.05

0.625 ± 0.05

PACKAGE OUTLINE

0.425 REF

0.50 BSC

0.36 ± 0.10

0.50 REF

0.75 ± 0.10

1.07 ± 0.10

1.25 ± 0.10

0.425 REF

0.75 REF

0.25 REF

0.20 REF

0.70 ± 0.05

0.25 ± 0.05

6.50 ± 0.05

3.40 ± 0.10

ピン配置およびピン機能の説明

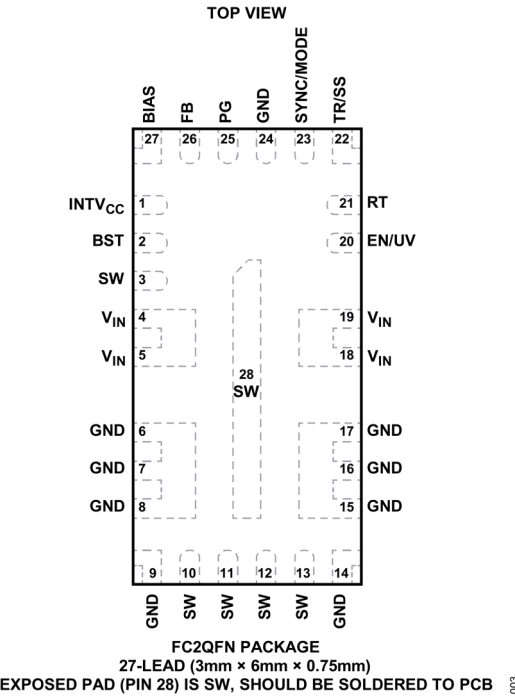


図 3. ピン配置

端子説明

表 6. 端子説明

| 端子 | 名称 | 機能 | タイプ |
|--------------|--------------------|--|----------------------------------|
| 1 | INTV _{CC} | 内部 3.4V レギュレータのバイパス・ピン。この電圧は、内部の電源ドライバや制御回路に電力を供給します。INTV _{CC} の最大出力電流は 25mA です。INTV _{CC} ピンには外部回路から負荷をかけないでください。BIAS > 3.1V の場合、INTV _{CC} の電流は BIAS から供給され、そうでない場合は V _{IN} から供給されます。BIAS が 3.0V~3.6V の場合、INTV _{CC} ピンの電圧は 2.8V~3.4V の範囲で変化します。このピンとグラウンドの間には、1μF 以上の低 ESR セラミック・コンデンサを IC の近くで接続します。 | Analog Output Internal supply |
| 2 | BST | このピンは、入力電圧より高い駆動電圧を上側パワー・スイッチに供給するために使用します。0.1μF の昇圧コンデンサをデバイスのできるだけ近くに配置してください。 | Analog Output |
| 3 | SW | SW ピンは内蔵パワー・スイッチの出力です。このピンを用いて昇圧コンデンサを BST と SW の間に接続します。 | Analog Output |
| 4, 5, 18, 19 | V _{IN} | V _{IN} ピンは LT8647 の内部回路と内蔵の上側パワー・スイッチに電流を供給します。LT8647 では、複数の V _{IN} バイパス・コンデンサを使用する必要があります。0.47μF の小型コンデンサ 2 個を LT8647 の両側に 1 個ずつ、デバイスのできるだけ近くに配置します (C _{IN1} 、C _{IN2})。値の大きな (4.7μF 以上) 3 個目のコンデンサを、C _{IN1} または C _{IN2} の近くに置いてください。レイアウト例については、 アプリケーション情報 のセクションを参照してください。 | Analog Input |

| 端子 | 名称 | 機能 | タイプ |
|--|-----------|--|---------------|
| – | NC | ハーフエッチング済み。 | |
| 6, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17 | GND | グラウンド。入力コンデンサの負端子を GND ピンのできるだけ近くに配置してください。レイアウト例については、 アプリケーション情報のセクション を参照してください。 | Analog Input |
| 10, 11, 12, 13, Exposed Pad (Pin 28) | SW | SW ピンは内蔵パワー・スイッチの出力です。これらのピンは互いに接続してインダクタに接続します。優れた性能と低 EMI を実現するために、プリント回路基板 (PCB) 上ではこのノードの面積をできるだけ小さくしてください。良好な熱的性能を実現するには、露出パッドを SW にハンダ付けする必要があります。製造上の制約によって必要になる場合は、露出パッドを無接続のままにできますが、熱性能は低下します。 | Analog Output |
| 20 | EN/UV | LT8647 はこのピンがローになるとシャットダウンされ、ハイになるとアクティブになります。閾値電圧にはヒステリシスがあります。上昇時は 1.01V、下降時は 0.965V です。シャットダウン機能を使わない場合は、 V_{IN} に接続してください。 V_{IN} との間に抵抗分圧器を外付けすれば、 V_{IN} の閾値をプログラムして、その閾値未満では LT8647 をシャットダウンさせることができます。 | Analog Input |
| 21 | RT | RT ピンとグラウンドの間に抵抗を接続すると、スイッチング周波数を設定できます。 | Digital Input |
| 22 | TR/SS | 出力トラッキングおよびソフトスタート・ピン。このピンを使用すると、起動時に出力電圧の上昇率を制御できます。TR/SS ピンの電圧が 0.97V より低いときは、FB ピンの電圧を TR/SS ピンの電圧と等しくなるように安定化させます。TR/SS ピンの電圧が 0.97V より高くなると、トラッキング機能が無効化され、内部リファレンスによってエラー・アンプの制御が再開されます。このピンには $INTV_{CC}$ から 2 μ A の内部プルアップ電流が流れるので、コンデンサを使って出力電圧のスルー・レートを設定できます。このピンは、シャットダウン時およびフォルト状態時には内蔵の 200 Ω MOSFET によってグラウンドにプルダウンされます。低インピーダンス出力で駆動する場合は、直列抵抗を使用してください。トラッキング機能が不要な場合は、このピンをフローティング状態のままにしておくことができます。 | Analog Input |
| 23 | SYNC/MODE | このピンを使用すると、次の 4 種類の動作モードが設定できます。 1) Burst Mode : 低出力負荷での Burst Mode 動作の場合は、このピンをグラウンドに接続します。これにより、超低静止電流が実現できます。 2) パルススキッピング・モード : このモードでは、パルススキッピングが発生する前、低出力負荷になるまで最大周波数での動作が可能です。このピンをフローティング状態にすると、パルススキッピング・モードに設定されます。フローティング状態では、ピンのリーク電流を 1 μ A 未満にする必要があります。 3) スペクトラム拡散モード : スペクトラム拡散変調を使用するパルススキッピング・モードにするには、このピンを $INTV_{CC}$ (約 3.4V) または 3V~4V の外部電源に接続してハイにします。 4) 同期モード : 外部周波数に同期させるには、このピンをクロック信号源で駆動します。同期中、デバイスはパルススキッピング・モードで動作します。 | Digital Input |

| 端子 | 名称 | 機能 | タイプ |
|----|------|--|---------------------------------|
| 24 | GND | グラウンド。このピンはシステムのグラウンドおよびグラウンド・プレーンに接続します。 | |
| 25 | PG | PG ピンは内部コンパレータのオープン・ドレイン出力です。PG は、FB ピンが最終レギュレーション電圧の $\pm 8\%$ 以内になり、かつフォルト状態がなくなるまでは、ローを保ちます。PG は、EN/UV が 1V 未満になった場合、INTV _{CC} が低くなりすぎた場合、V _{IN} が低くなりすぎた場合、あるいはサーマル・シャットダウンが発生した場合もローになります。V _{IN} が 3.4V より高い場合は PG が有効です。 | Digital Output |
| 26 | FB | LT8647 は、FB ピンを 0.97V に安定化します。帰還抵抗分圧器のタップをこのピンに接続してください。また、FB ピンと V _{OUT} の間には進相コンデンサを接続してください。通常、このコンデンサの範囲は 1pF~10pF です。 | Analog Input |
| 27 | BIAS | BIAS を 3.1V を超える電圧に接続すると、内部レギュレータへの電流は V _{IN} ではなく BIAS から供給されます。出力電圧が 3.3V~25V の場合は、このピンを V _{OUT} に接続する必要があります。このピンを V _{OUT} 以外の電源に接続する場合は、このピンの近くに 1 μ F のバイパス・コンデンサを配置してください。使用できる電源がない場合は GND に接続します。ただし、特に高入力アプリケーションや高周波数アプリケーションでは、BIAS を出力または 3.3V 以上の外部電源に接続する必要があります。 | Analog Input Internal supply |

ブロック図

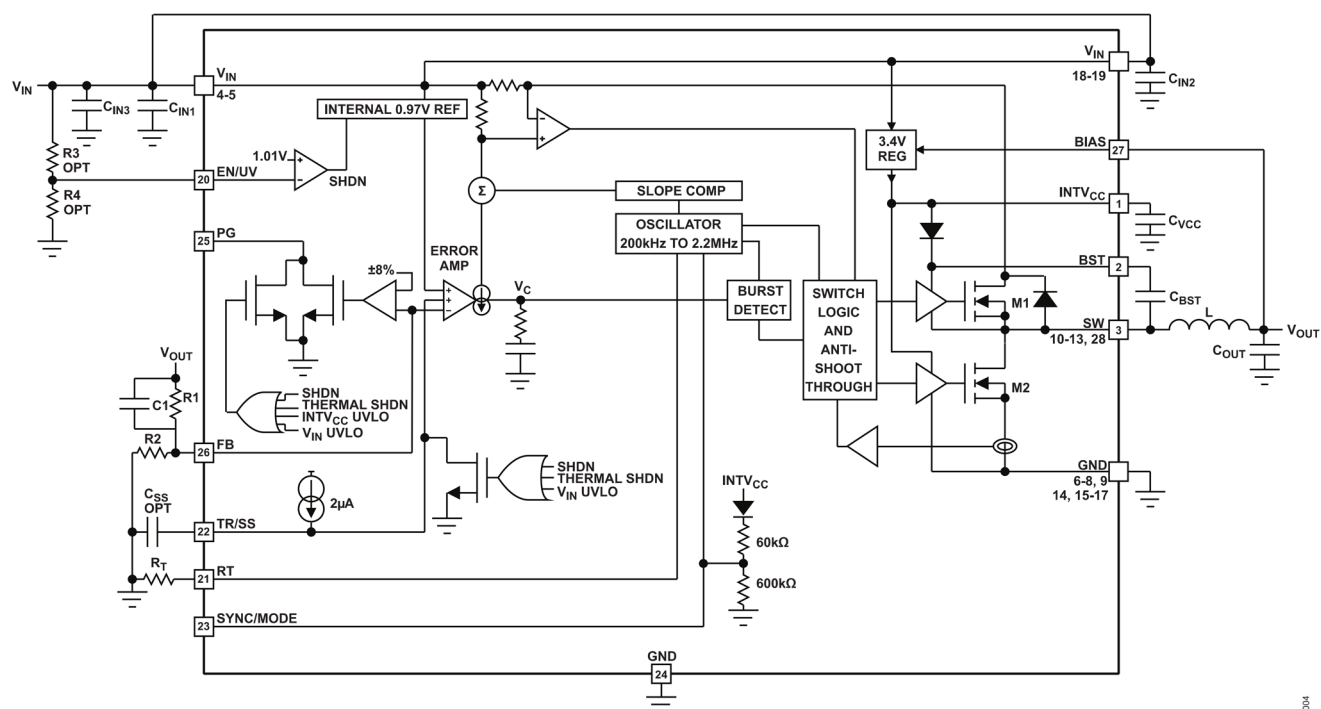


図 4. LT8647 のブロック図

代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

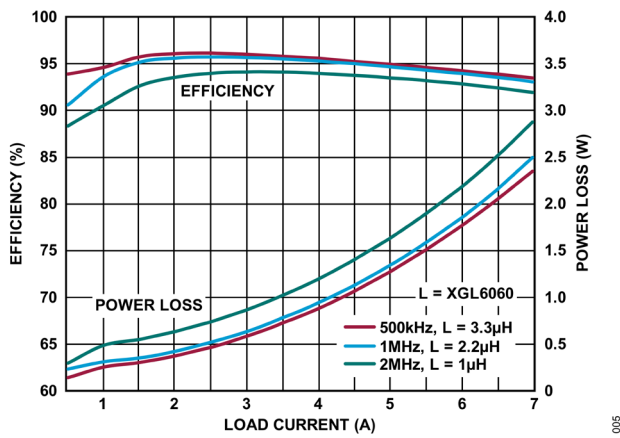


図 5. $12V_{IN}/5V_{OUT}$ 時の効率と周波数の関係

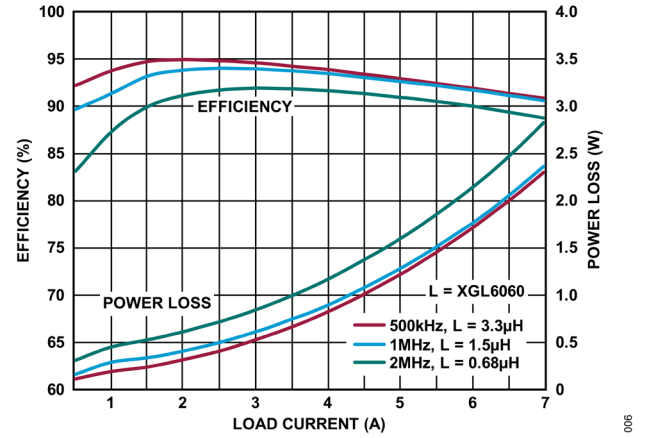


図 6. $12V_{IN}/3.3V_{OUT}$ 時の効率と周波数の関係

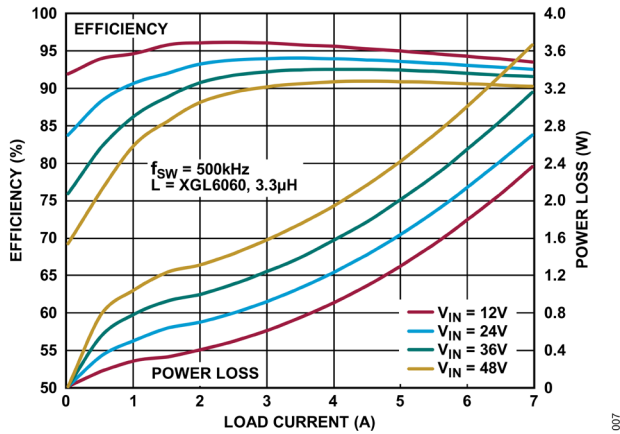


図 7. 効率、 $5V_{OUT}$

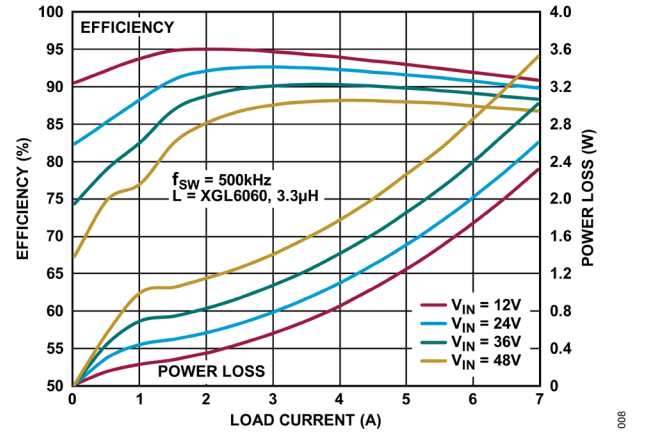


図 8. 効率、 $3.3V_{OUT}$

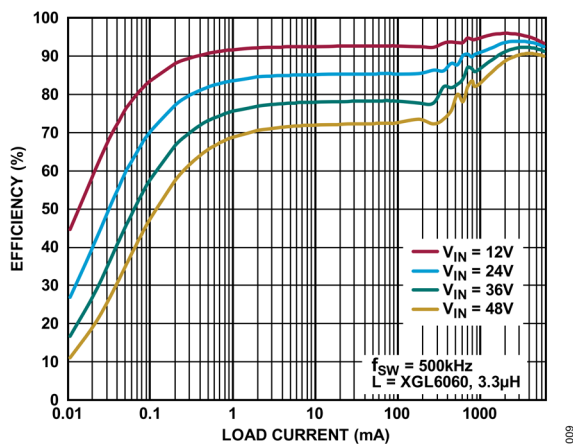


図 9. 低負荷時の効率、 $5V_{OUT}$

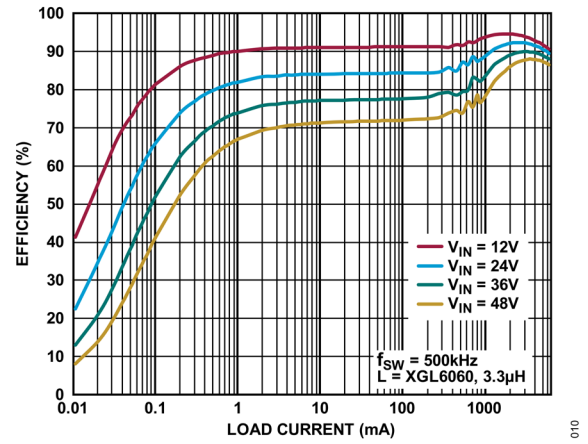


図 10. 低負荷時の効率、 $3.3V_{OUT}$

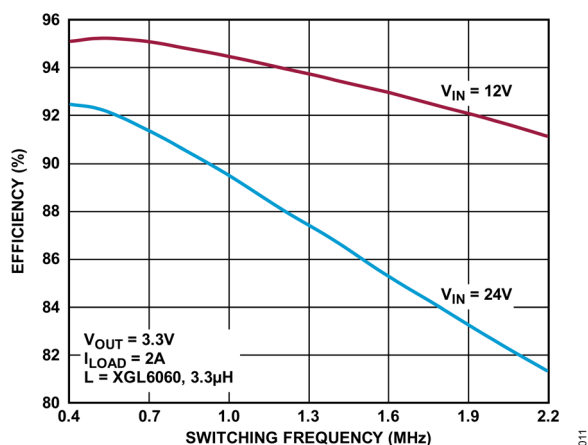


図 11. 効率と周波数の関係

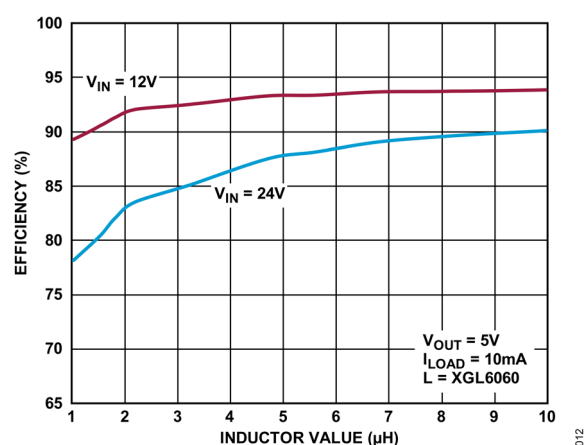


図 12. Burst Mode 動作の効率とインダクタ値の関係

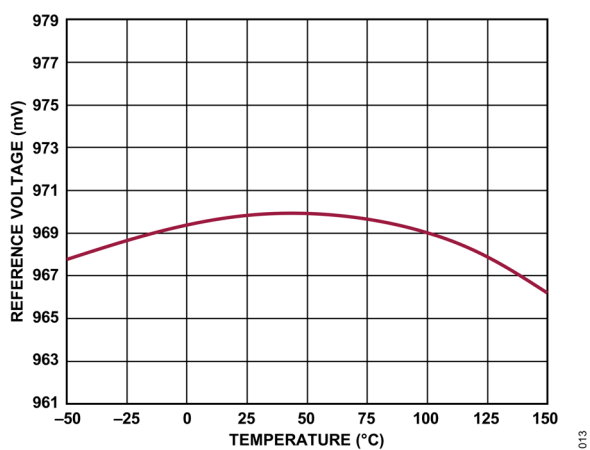


図 13. リファレンス電圧

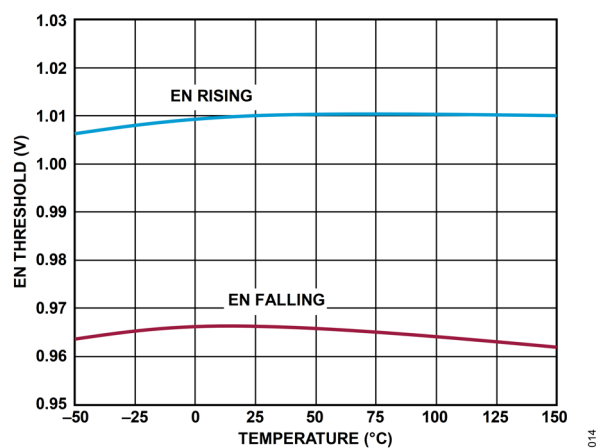


図 14. EN ピン閾値

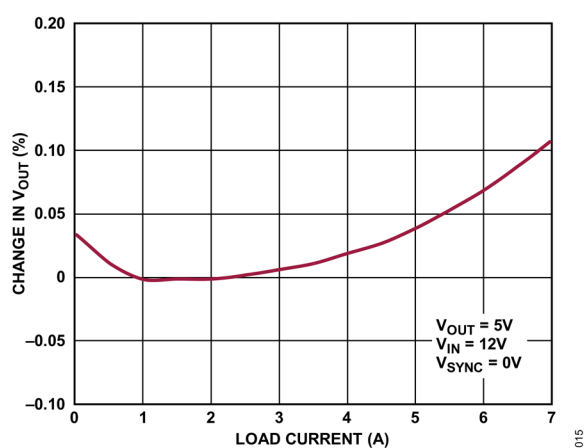


図 15. 負荷レギュレーション

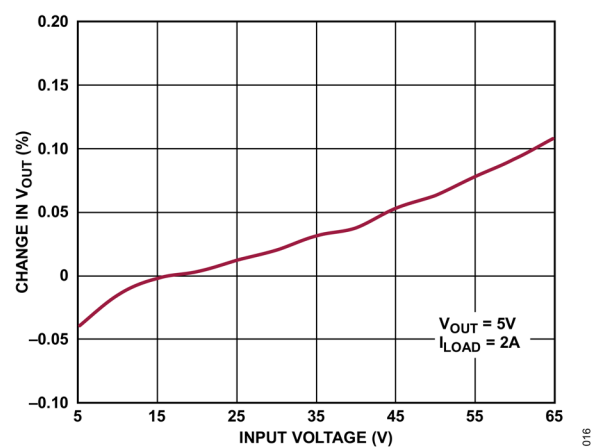


図 16. ライン・レギュレーション

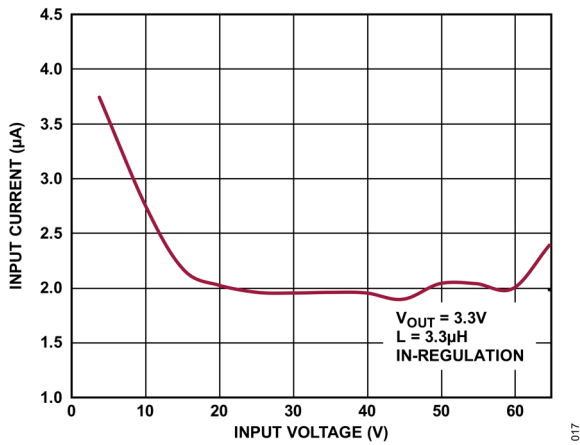


図 17. 無負荷時の電源電流

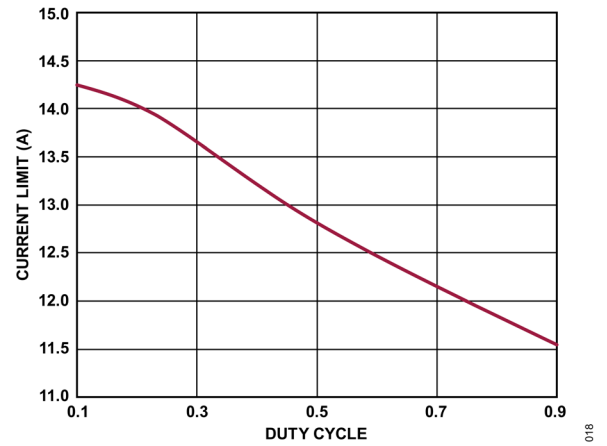


図 18. 上側 FET 電流制限値とデューティサイクルの関係

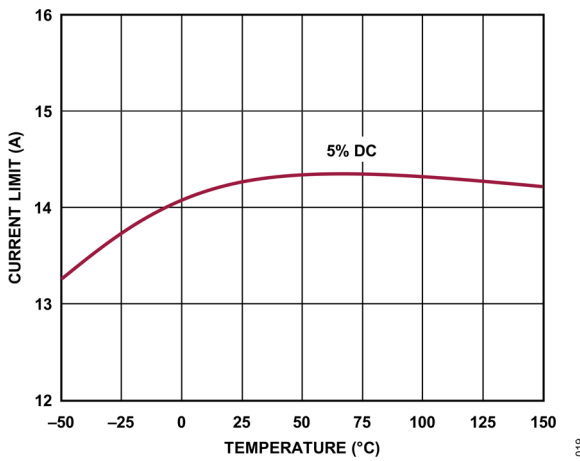


図 19. 上側 FET の電流制限値

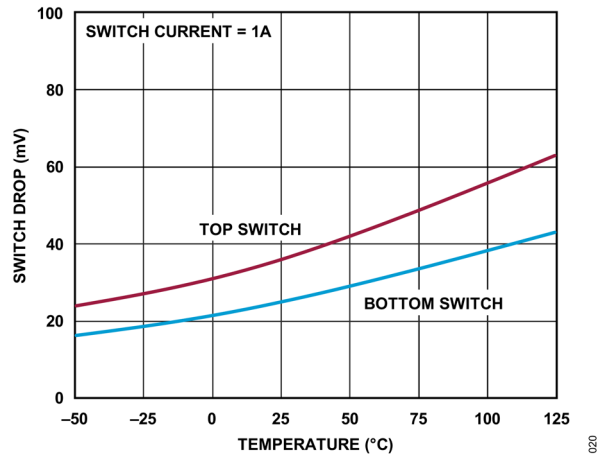


図 20. スイッチの電圧降下と温度の関係

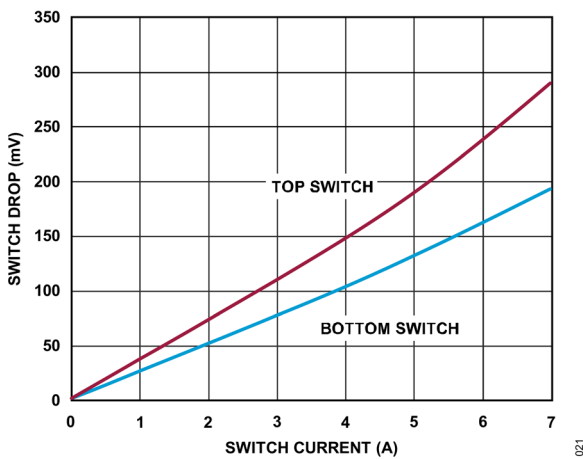


図 21. スイッチの電圧降下とスイッチ電流の関係

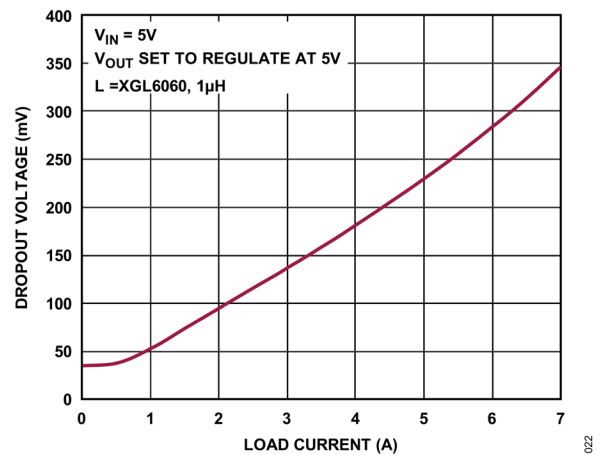


図 22. ドロップアウト電圧

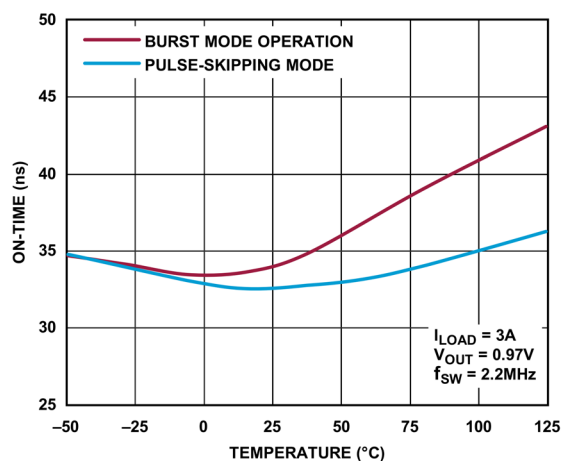


図 23. 最小オン時間

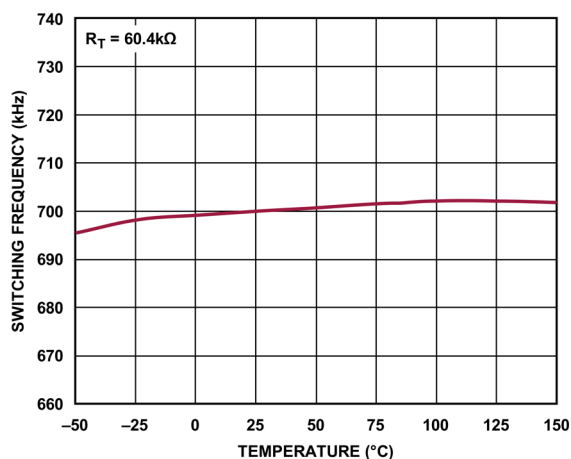


図 24. スイッチング周波数

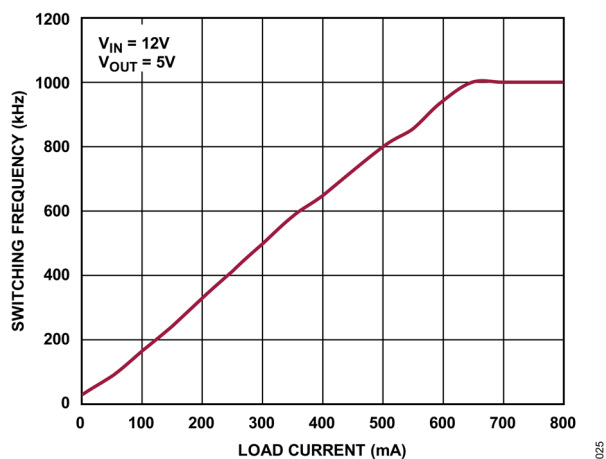


図 25. バースト周波数、代表的なアプリケーションを参照

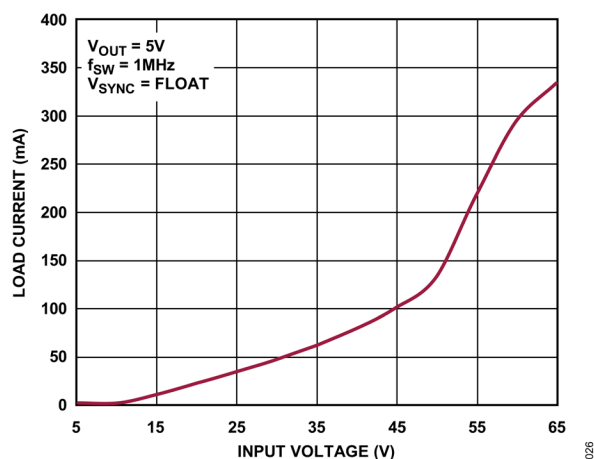


図 26. 最大周波数に達する最小負荷
(パルススキッピング・モード)、
代表的なアプリケーションを参照

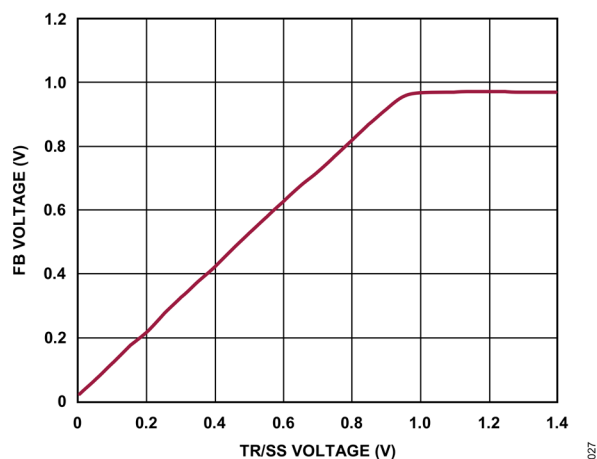


図 27. ソフトスタート・トラッキング

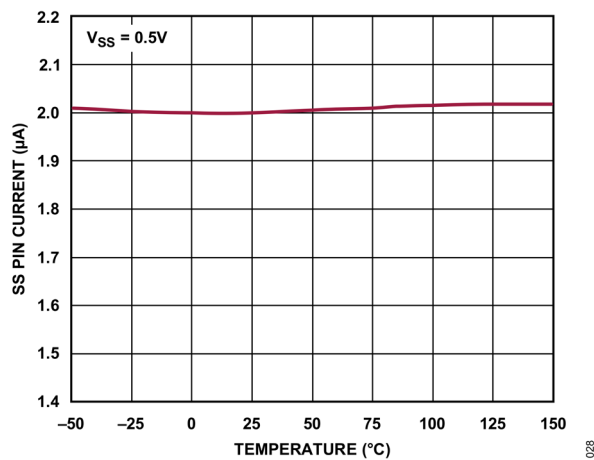


図 28. ソフトスタート電流

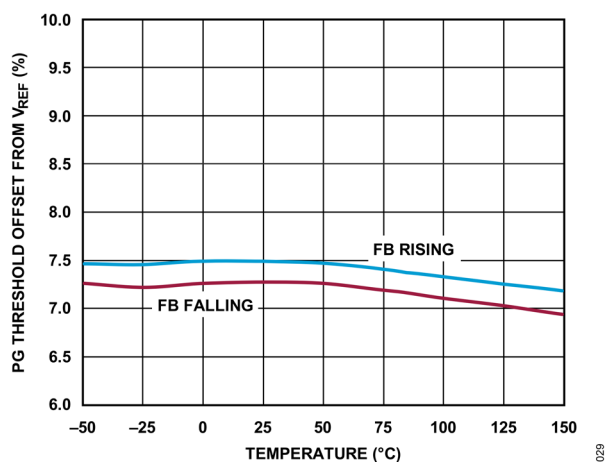


図 29. PG 上限閾値

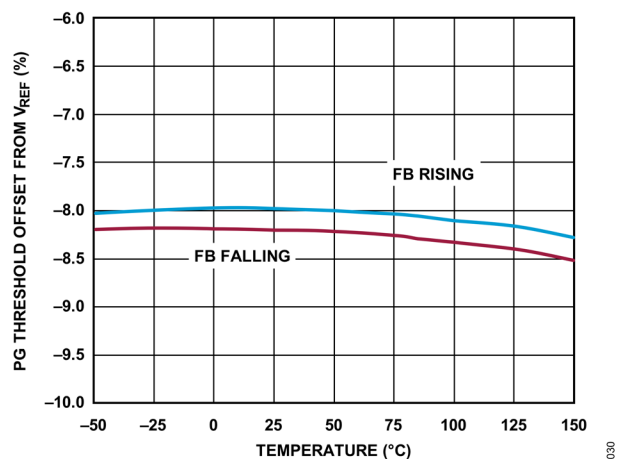


図 30. PG 下限閾値

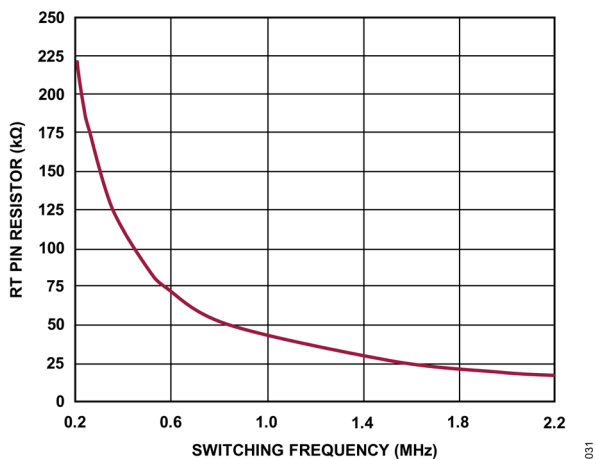


図 31. RT 設定によるスイッチング周波数

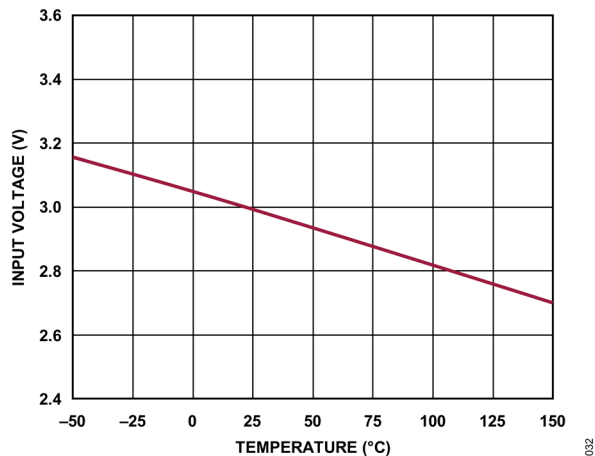


図 32. 最低入力電圧

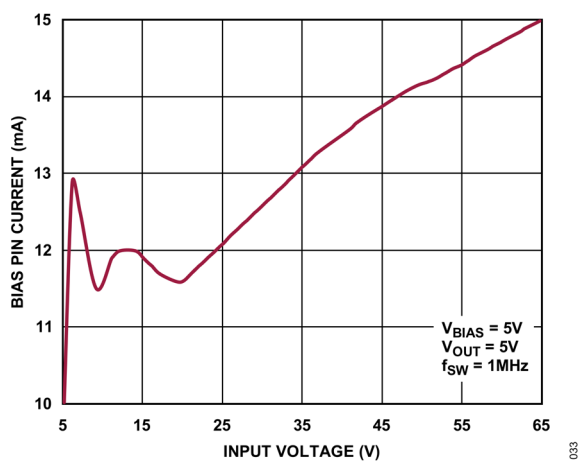


図 33. BIAS ピンの電流

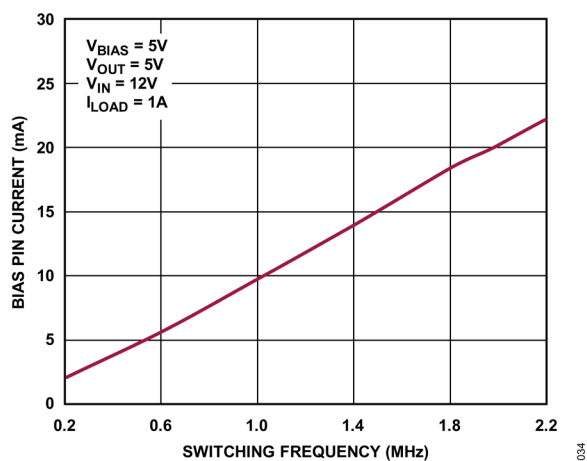


図 34. BIAS ピンの電流

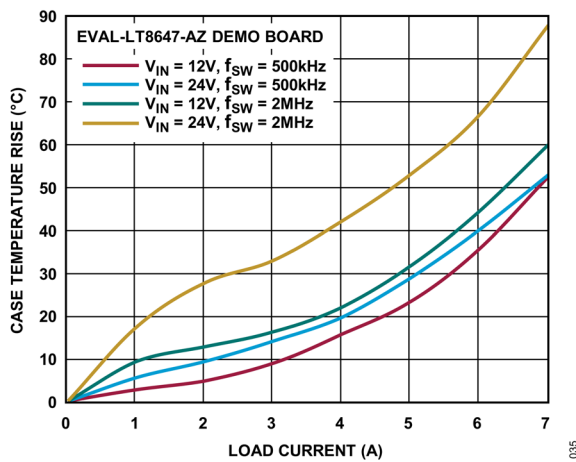


図 35. ケース温度の上昇
(EVAL-LT8647-AZ 評価用ボードを参照)

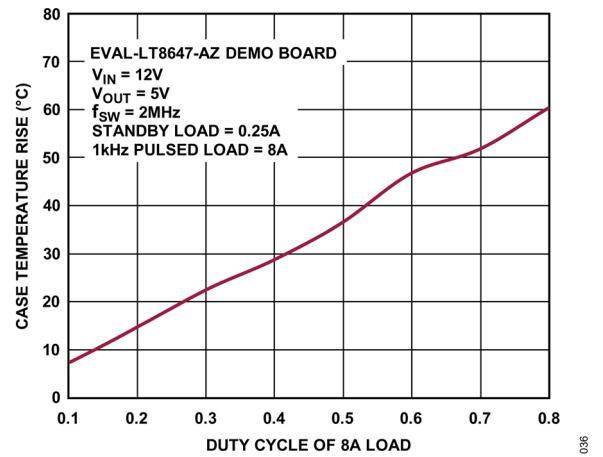


図 36. ケース温度の上昇と 8A のパルス負荷の関係
(EVAL-LT8647-AZ 評価用ボードを参照)

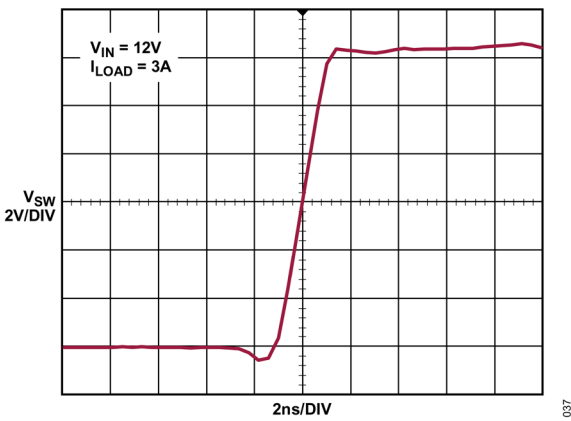


図 37. スイッチの立上がりエッジ

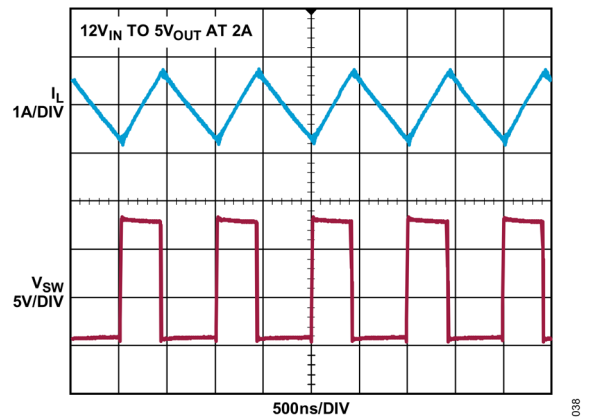


図 38. スイッチング波形、最大周波数での連続動作時
(代表的なアプリケーションを参照)

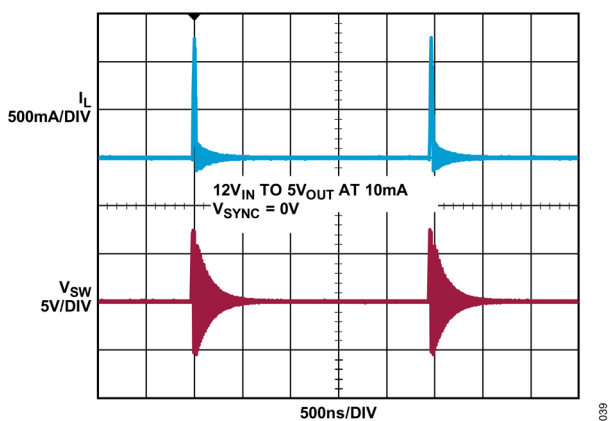


図 39. スイッチング波形、Burst Mode 動作時
(代表的なアプリケーションを参照)

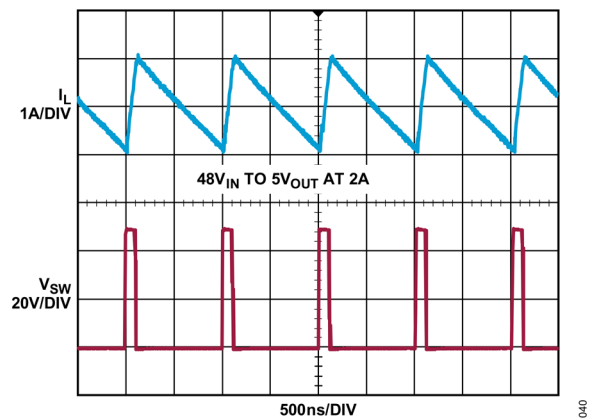


図 40. スイッチング波形 (代表的なアプリケーションを参照)

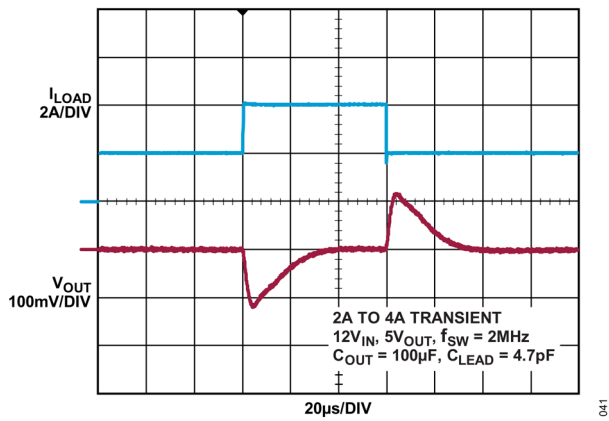


図 41. 過渡応答、内部補償

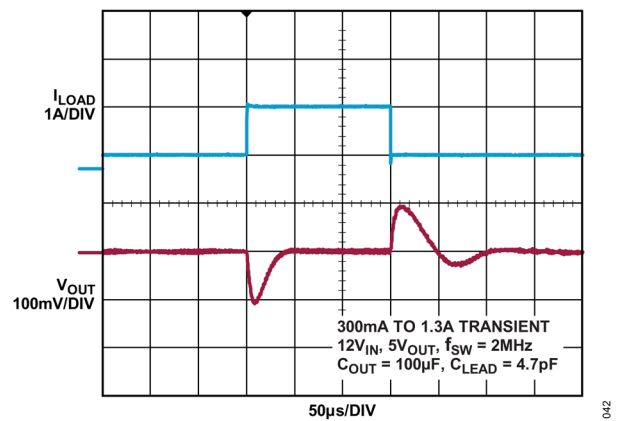


図 42. 過渡応答：300mA（Burst Mode 動作）から 1.3A へのトランジェント

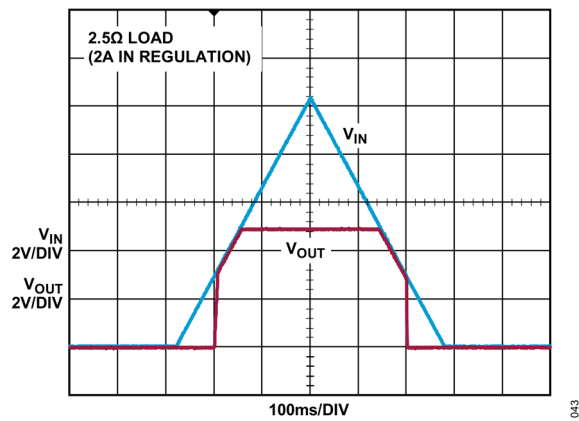


図 43. 起動時のドロップアウト性能

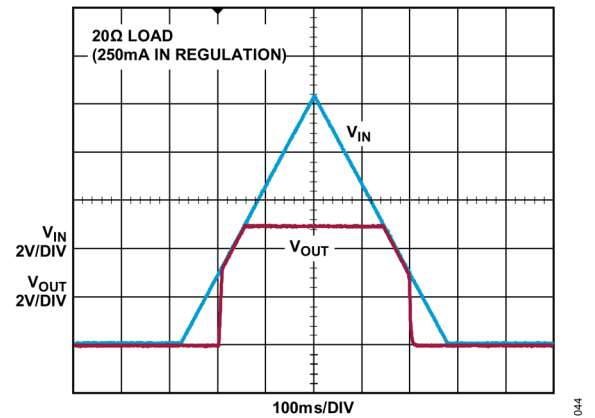


図 44. 起動時のドロップアウト性能

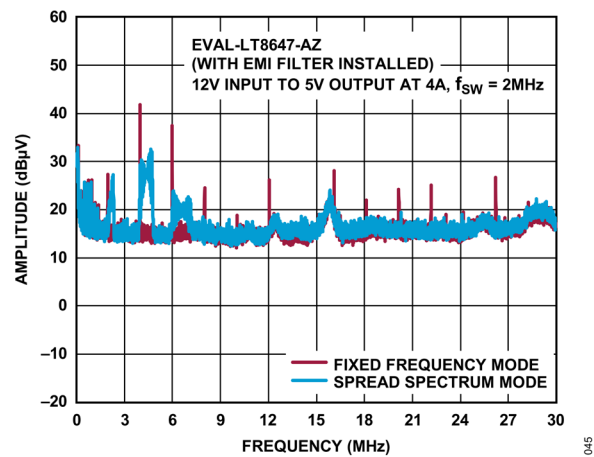


図 45. 伝導 EMI 性能（EVAL-LT8647-AZ 評価用ボードを参照）

放射 EMI 性能
(Class B 限界値での CISPR32 放射妨害波テスト) (EVAL-LT8647-AZ 評価用ボードを参照)

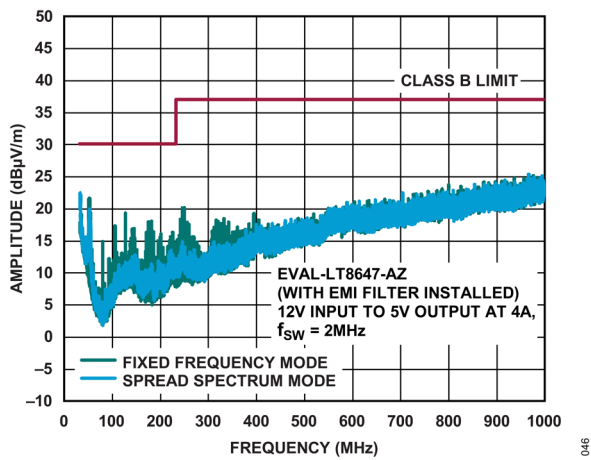


図 46. EMI フィルタ使用時の放射 EMI 性能

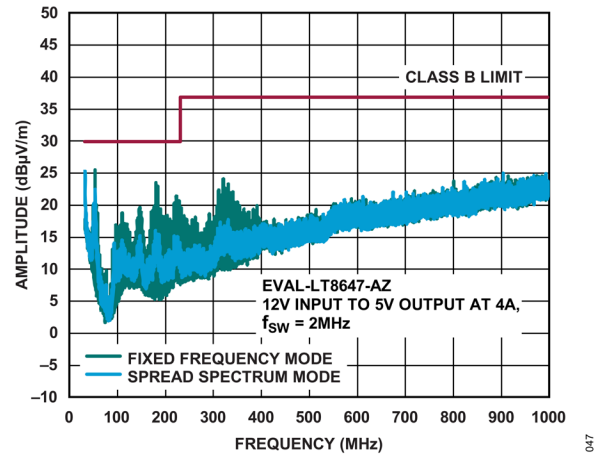


図 47. EMI フィルタ不使用時の放射 EMI 性能

動作原理

LT8647 は、モノリシックの固定周波数電流モード降圧 DC/DC コンバータです。RT ピンの抵抗を用いて周波数設定された発振器が、各クロック・サイクルの開始時点で内蔵の上側パワー・スイッチをオンにします。インダクタを流れる電流は上側スイッチの電流コンパレータがトリップするまで増加し、トリップすると上側パワー・スイッチがオフになります。上側スイッチがオフになるピーク・インダクタ電流は、内部 V_C ノードの電圧が制御します。エラー・アンプは、FB ピンの電圧と 0.97V 内部リファレンスを比較することによって V_C ノードをサーボ制御します。負荷電流が増加するとリファレンスに比べて帰還電圧が低下し、平均インダクタ電流が新しい負荷電流に見合った値となるまでエラー・アンプが V_C 電圧を上昇させます。上側パワー・スイッチがオフになると、次のクロック・サイクルが始まるまで、またはインダクタ電流がゼロに低下するまで、同期パワー・スイッチがオンになります。過負荷状態となって下側スイッチに流れる電流が 11A を超えると、スイッチ電流が安全なレベルに戻るまで次のクロック・サイクルの開始が遅延されます。

EN/UV ピンがローになると LT8647 はシャットダウンし、入力から供給される電流が約 $1\mu\text{A}$ になります。EN/UV ピンが 1.01V を超えると、スイッチング・レギュレータがアクティブになります。

軽負荷時の効率を最適化するため、LT8647 は軽負荷状態での動作時には **Burst Mode** で動作します。バーストとバーストの間では、出力スイッチの制御に関連するすべての回路がシャットダウンし、入力電源電流が $1.7\mu\text{A}$ に減少します。代表的なアプリケーションでは、無負荷でのレギュレーションの場合、入力電源から $2.5\mu\text{A}$ が消費されます。**Burst Mode** 動作を有効化するには、SYNC/MODE ピンをローに接続します。このピンをフローティング状態にすると、パルススキッピング・モードを使用できます。SYNC/MODE ピンにクロックを入力すると、デバイスは外部クロック周波数に同期してパルススキッピング・モードで動作します。パルススキッピング・モードでは発振器が連続的に動作し、正の SW 遷移がクロックに同期されます。軽負荷時、スイッチ・パルスは出力を安定化するためにスキップされ、静止電流は数百 μA になります。

LT8647 は、EMI を改善するためにスペクトラム拡散モードで動作させることができます。この機能は、+20%の三角波周波数変調によってクロックを変化させるものです。例えば、LT8647 の周波数を 2MHz でスイッチングするように設定した場合、スペクトラム拡散モードでは 2MHz~2.4MHz の範囲で発振器が変調されます。パルススキッピング・モードでスペクトラム拡散変調を有効化するには、SYNC/MODE ピンを INTV_{CC} (約 3.4V) または 3V~4V の外部電源に接続してハイにする必要があります。

すべての負荷に対する効率を改善するために、バイアス電圧が 3.3V 以上の場合は、内部回路への電源電流を BIAS ピンから供給できます。そうでない場合は、内部回路には V_{IN} から電流が流れ込みます。LT8647 の出力を 3.3V~25V に設定する場合は、BIAS ピンを V_{OUT} に接続してください。

出力電圧の変動幅が設定値の $\pm 8\%$ (代表値) を超える場合や、フォルト状態が存在する場合は、FB ピン電圧をモニタするコンパレータが PG ピンをローにします。

FB ピンの電圧が低い場合は、発振器が LT8647 の動作周波数を下げます。この周波数フォールドバック機能は、起動時や過電流状態時に出力電圧が設定値より低くなった場合に、インダクタ電流を制御する助けとなります。SYNC/MODE ピンにクロックを入力した場合、SYNC/MODE ピンをフローティング状態にした場合、または DC ハイに保持した場合は、周波数フォールドバック機能が無効化され、スイッチング周波数が低下するのは過電流状態のときのみになります。

アプリケーション情報

低 EMI のプリント回路基板 (PCB) レイアウト

LT8647 は EMI の放出を最小限に抑えながら、高周波数でのスイッチング時に最大限の効率が得られるよう特別に設計されています。LT8647 の性能を最大限に引き出すには、複数の V_{IN} バイパス・コンデンサを使用する必要があります。

0.47 μ F の小型コンデンサ 2 個を LT8647 の両側に 1 個ずつ、デバイスのできるだけ近くに配置できます (C_{IN1} 、 C_{IN2})。値のより大きな (4.7 μ F 以上) 3 個目のコンデンサを、 C_{IN1} または C_{IN2} の近くに置いてください。

推奨 PCB レイアウトについては図 48 を参照してください。

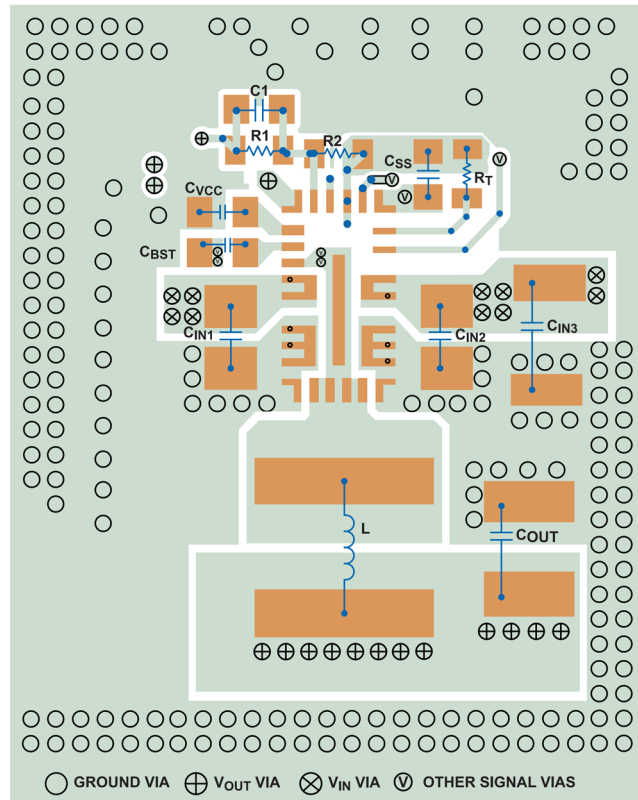


図 48. LT8647 の推奨 PCB レイアウト

詳細および PCB 設計ファイルについては、[EVAL-LT8647-AZ](#) を参照してください。

注：LT8647 の V_{IN} ピンおよび GND ピンと入力コンデンサには大きなスイッチ電流が流れます。また、入力コンデンサによって形成されるループは、 V_{IN} ピンと GND ピンに隣接させてコンデンサを置くことにより、最小限に抑える必要があります。0603 や 0805 といったケース・サイズの小さいコンデンサは寄生インダクタンスが小さいので、この用途に最適です。

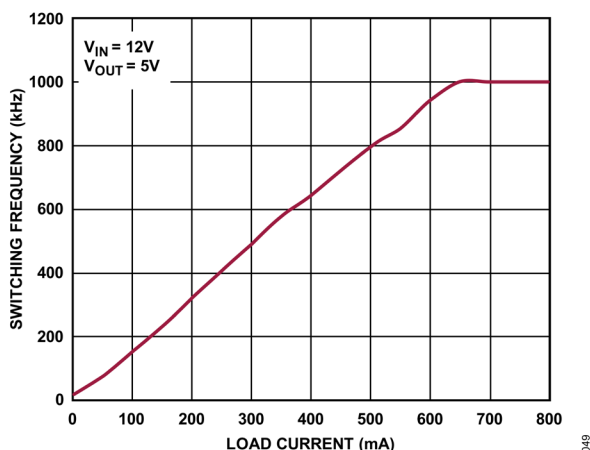
入力コンデンサは、インダクタや出力コンデンサと共に回路基板の同じ側に配置し、その接続も同じ層上で行います。表面層に最も近い層のアプリケーション回路の下には、グラウンド・プレーンを局所的に切れ目なく配置します。SW ノードと BOOST ノードは、できるだけ小さくする必要があります。最後に、FB ノードと RT ノードを小さくしておくことで、グラウンド・パターンがそれらのノードをシールドして、SW ノードと BOOST ノードからの影響を受けないようにします。

熱抵抗を減らすために、パッケージ底面にある露出パッドを PCB にハンダ付けする必要があります。熱抵抗を小さく保つには、GND ピンからのグラウンド・プレーンをできるだけ広くして、回路基板内と底面側の広くなった電源グラウンド・プレーンにサーマル・ビアを追加します。

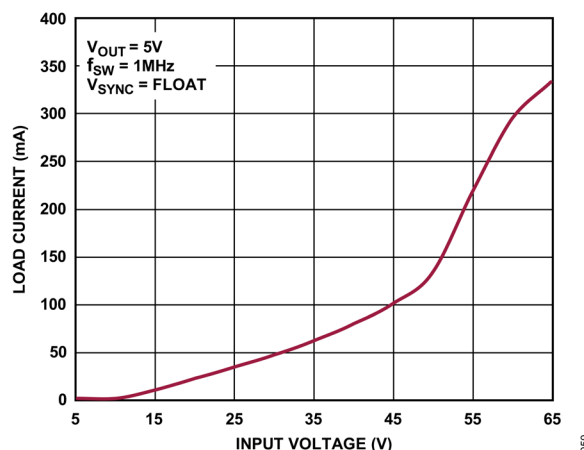
Burst Mode 動作

軽負荷時の効率を上げるために、LT8647は低リップルの Burst Mode で動作します。このモードは、入力静止電流と出力電圧リップルを最小限に抑えながら、出力コンデンサに必要な出力電圧まで充電した状態に保ちます。Burst Mode 動作では、LT8647は単一の小電流パルスを出力コンデンサに供給し、それに続くスリープ期間には出力コンデンサから出力電力が供給されます。スリープ・モードの間に LT8647 が消費する電流は $1.7\mu\text{A}$ です。

出力負荷が減少するにつれ、単一電流パルスの周波数は低下し（図 49(a)を参照）、LT8647 がスリープ・モードになっている時間の割合は増加します。この結果、軽負荷時の効率は標準的なコンバータよりはるかに高くなります。パルスの間隔を最大にすると、代表的なアプリケーションでは、出力負荷がない場合、LT8647 の静止電流が $2.5\mu\text{A}$ に近付きます。したがって、軽負荷時の静止電流性能を最適化するには、負荷電流として出力に現れる帰還抵抗分圧器の電流を最小限に抑える必要があります。



(a) バースト周波数



(b) 最大周波数に達する最小負荷（パルススキッピング・モード）

図 49. SW 周波数と負荷の関係を示す情報、(2a)は Burst Mode 動作時、(2b)はパルススキッピング・モード時
詳細については、[代表的なアプリケーション](#)を参照してください。

軽負荷時の効率を向上させるには、各パルス間で LT8647 がより長い時間スリープ・モードに留まることができるように、Burst Mode 動作時の小さい単発パルスの間により多くのエネルギーを出力に供給する必要があります。これは使用するインダクタの値を大きくすることによって実現できますが、インダクタを選択する場合は、スイッチング周波数と分けて考える必要があります。例えば、通常、高スイッチング周波数アプリケーションには値の低いインダクタが用いられます。軽負荷時の高効率が必要な場合は、より大きなインダクタ値を選択する必要があります。[代表的な性能特性](#)のセクションの図 12 を参照してください。

Burst Mode 動作時は（図 50 に示すように）上側スイッチの電流制限値が約 1.25A なので、出力電圧リップルは小さくなります。出力容量を大きくすると、それに比例して出力リップルが小さくなります。負荷がゼロから徐々に増加するにつれ、スイッチング周波数も増加しますが、図 49(a)に示すように、RT ピンの抵抗によって設定された値が上限値となります。

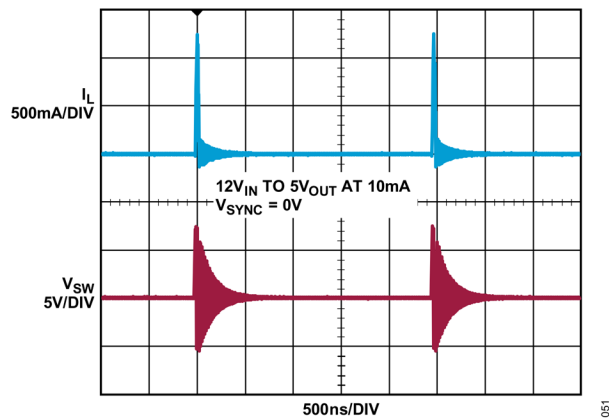


図 50. Burst Mode 動作（詳細については[代表的なアプリケーション](#)を参照）

LT8647 が設定周波数に達するときの出力負荷は、入力電圧、出力電圧、およびインダクタの選択によって変わります。低リップルの Burst Mode 動作を選択するには、SYNC/MODE ピンを 0.4V 未満の電圧に接続します（グラウンドまたはロジック・ロー出力のどちらかとすることができます）。

パルススキッピング・モード

アプリケーションによっては、LT8647 がパルススキッピング・モードで動作することが望ましいことがあります。Burst Mode 動作とは大きく異なる点が 2 つあるからです。1 つ目は、クロックが常時動作していて、すべてのスイッチング・サイクルがクロックに同期される点です。このモードでは内部回路のほとんどが常時動作しているため、静止電流が数百 μA まで増加します。2 つ目は、[図 49\(b\)](#)に示すように、Burst Mode 動作の場合よりも軽い出力負荷で最大スイッチング周波数に達することです。パルススキッピング・モードを有効化するには、SYNC/MODE ピンをフローティング状態にします。このピンのリーク電流は $1\mu\text{A}$ 未満とする必要があります。内部プルアップ抵抗とプルダウン抵抗の詳細については[図 4（ブロック図）](#)を参照してください。

スペクトラム拡散モード

LT8647 は、EMI の放出を更に減らすためにスペクトラム拡散動作をサポートしています。スペクトラム拡散動作を有効化するには、SYNC/MODE ピンを INTV_{CC} （約 3.4V）または 3V~4V の外部電源に接続してハイにします。このモードでは三角波周波数変調を使用し、RT によって設定された値から、その値より約 20%高い値までの範囲で、スイッチング周波数を変化させます。変調周波数は約 3kHz です。例えば、LT8647 を 2MHz に設定すると、周波数は 2MHz~2.4MHz の範囲を 3kHz のレートで変化します。スペクトラム拡散動作を選択すると Burst Mode 動作は無効化され、デバイスはパルススキッピング・モードで動作します。

同期

LT8647 の発振器を外部周波数に同期させるには、SYNC/MODE ピンに矩形波を接続します。この矩形波は、最小オン時間とオフ時間が 50ns で、振幅の谷が 0.4V 未満、山が 1.5V を超える（最大 6V）ものとする必要があります。

LT8647 は、外部クロックに同期しているときは低出力負荷で Burst Mode 動作に入りませんが、代わりにパルスをスキップしてレギュレーションを維持します。LT8647 は 200kHz~2.2MHz の範囲で同期できます。RT 抵抗は、LT8647 のスイッチング周波数が同期入力周波数の最小値以下となるように選ぶ必要があります。例えば、同期信号が 500kHz 以上になる場合は、スイッチング周波数が 500kHz となるように RT を選択します。スロープ補償は RT の値によって設定されますが、低調波発振を防ぐのに必要な最小スロープ補償は、インダクタのサイズ、入力電圧、および出力電圧によって決まります。同期周波数はインダクタ電流波形のスロープを変えないので、インダクタの大きさが RT で設定される周波数での低調波発振を防ぐのに十分なものであれば、スロープ補償は全同期周波数に対して十分なものとなります。

FB 抵抗ネットワーク

出力電圧は、出力と FB ピンの間にある抵抗分圧器でプログラムされます。抵抗値は以下の式に従って選択します。

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{OUT}}{0.97V} - 1 \right) \quad (1)$$

リファレンス記号については、[図 4 \(ブロック図\)](#) を参照してください。出力電圧の精度を確保するために、1%の抵抗を推奨します。

入力静止電流を低く抑え、良好な軽負荷時効率を得る必要がある場合は、FB 抵抗分圧器に大きい抵抗値を使用してください。分圧器に流れる電流は負荷電流として働き、コンバータへの無負荷時入力電流を増大させます。この値は次式で概算されます。

$$I_Q = 1.7\mu A + \left(\frac{V_{OUT}}{R1+R2} \right) \left(\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \left(\frac{1}{n} \right) \quad (2)$$

ここで、1.7μA は LT8647 の静止電流であり、2 番目の項は軽負荷時効率 n での降圧動作の入力に反映される帰還分圧器の電流です。R1 = 1MΩ および R2 = 412kΩ での 3.3V アプリケーションの場合、帰還分圧器の電流は 2.3μA になります。V_{IN} = 12V で n = 80% の場合は、1.7μA の静止電流に 0.8μA が加わるため、12V 電源からの無負荷時電流は 2.5μA になります。なお、この式は、無負荷時電流が V_{IN} の関数であることを示唆しています。[代表的な性能特性](#) のセクションの [図 17](#) を参照してください。

大きい FB 抵抗を使用する場合は、1pF ~ 10pF の進相コンデンサを V_{OUT} と FB の間に接続してください。

高 V_{OUT} に関する考慮事項

出力電圧が 10V より高いアプリケーションでは、詳細については、アプリケーション・ノート AN-2582 の逆電流に関する考慮事項のセクションを参照してください。

スイッチング周波数の設定

LT8647 は固定周波数の PWM アーキテクチャを採用しており、RT ピンとグラウンドの間に抵抗を接続することによって、200kHz ~ 2.2MHz の範囲でスイッチング周波数を設定できます。目的のスイッチング周波数を得るために必要な R_T の値を [表 7](#) に示します。

表 7. SW 周波数と R_T 値の関係

| f _{sw} (MHz) | R _T (kΩ) |
|-----------------------|---------------------|
| 0.2 | 232 |
| 0.3 | 150 |
| 0.4 | 110 |
| 0.5 | 88.7 |
| 0.6 | 71.5 |
| 0.7 | 60.4 |
| 0.8 | 52.3 |
| 1.0 | 41.2 |
| 1.2 | 33.2 |
| 1.4 | 28.0 |
| 1.6 | 23.7 |

| f_{sw} (MHz) | R_T (k Ω) |
|----------------|---------------------|
| 1.8 | 20.5 |
| 2.0 | 17.8 |
| 2.2 | 15.8 |

目的のスイッチング周波数を得るために必要な R_T 抵抗の値は、次式を使って計算できます。

$$R_T = \frac{46.5}{f_{sw}} - 5.2 \quad (3)$$

ここで R_T の単位は k Ω です。また、 f_{sw} は目的のスイッチング周波数で単位は MHz です。

動作周波数の選択とトレードオフ

動作周波数の選択は、効率、部品サイズ、および入力電圧範囲のトレードオフになります。高周波数動作の長所は使用するインダクタとコンデンサの値を小さくできることで、短所は効率が低く入力電圧範囲が狭いことです。

与えられたアプリケーションの最大スイッチング周波数 ($f_{sw(MAX)}$) は次式で計算できます。

$$f_{sw(MAX)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{t_{ON(MIN)}(V_{IN} - V_{SW(TOP)} + V_{SW(BOT)})} \quad (4)$$

ここで、 V_{IN} は入力電圧（代表値）、 V_{OUT} は出力電圧、 $V_{SW(TOP)}$ および $V_{SW(BOT)}$ は内蔵スイッチの電圧降下（最大負荷時でそれぞれ約 0.3V と約 0.2V）、 $t_{ON(MIN)}$ は上側スイッチの最小オン時間です（表 1（電気的特性の表）を参照）。この式から、高い V_{IN}/V_{OUT} 比に対応するためには、スイッチング周波数を下げる必要があることが分かります。

トランジェント動作では、 R_T の値によらず V_{IN} が絶対最大定格である 65V に達する可能性があります。しかし、LT8647 は必要に応じてスイッチング周波数を下げてインダクタ電流の制御を維持し、安全な動作を確保します。

LT8647 は約 99% の最大デューティサイクルに対応でき、 $V_{IN} \sim V_{OUT}$ 間のドロップアウト電圧は上側スイッチの $R_{DS(ON)}$ によって制限されます。このモードでは、LT8647 はスイッチ・サイクルをスキップするので、スイッチング周波数は R_T ピンで設定した周波数より低くなります。

V_{IN}/V_{OUT} 比が低いときに、設定されたスイッチング周波数からの偏差を許容できないアプリケーションの場合は、次式を使用してスイッチング周波数を設定します。

$$V_{IN(MIN)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{1 - f_{sw} \times t_{OFF(MIN)}} - V_{SW(BOT)} + V_{SW(TOP)} \quad (5)$$

ここで、 $V_{IN(MIN)}$ はスキップされたサイクルがない場合の最小入力電圧、 V_{OUT} は出力電圧、 $V_{SW(TOP)}$ および $V_{SW(BOT)}$ は内部スイッチの電圧降下（最大負荷時にそれぞれ約 0.3V、約 0.2V）、 f_{sw} は (R_T によって設定された) スwitchング周波数、 $t_{OFF(MIN)}$ は最小スイッチ・オフ時間です。スイッチング周波数が高くなると、最低入力電圧の値も高くなることに注意してください。入力電圧がこの電圧未満になると、デューティサイクルを上げるためにサイクル数が減少します。

インダクタの選択と最大出力電流

LT8647 は、アプリケーションの出力負荷条件に基づいてインダクタを選択できるようにすることで、ソリューション・サイズを最小限に抑えるように設計されています。LT8647 は、高速ピーク電流モード・アーキテクチャの採用により、過負荷時や短絡時にインダクタが飽和した状態になっても安全な動作を確保できます。

最初に選択するインダクタの値としては、次の値が適切です。

$$L = \left(\frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{f_{SW}} \right) \times 0.4 \quad (6)$$

ここで、 f_{SW} はスイッチング周波数 (MHz)、 V_{OUT} は出力電圧、 $V_{SW(BOT)}$ は下側スイッチの電圧降下 (約 0.2V)、 L はインダクタの値 (μH) です。

過熱や効率低下を防ぐために、インダクタは、その実効電流定格値がアプリケーションの予想最大出力負荷より大きいものを選ぶ必要があります。更に、インダクタの飽和電流定格 (通常は I_{SAT} と表示) は、負荷電流にインダクタのリップル電流の 1/2 を加算した値よりも大きくする必要があります。

$$I_{L(PEAK)} = I_{LOAD(MAX)} + \frac{1}{2} \Delta I_L \quad (7)$$

ここで、 ΔI_L は式 9 で計算されるインダクタのリップル電流、 $I_{LOAD(MAX)}$ は与えられたアプリケーションの最大出力負荷です。

簡単な例を挙げると、2A の出力を必要とするアプリケーションでは、実効電流定格値が 2A より大きく、 I_{SAT} が 3A より大きいインダクタを使用します。過負荷状態または短絡状態が長時間に及ぶ場合は、インダクタの過熱を防ぐために、インダクタの実効電流定格の要求値が大きくなります。高い効率を保つには、直列抵抗 (DCR) を 0.02Ω より小さくし、コア材を高周波アプリケーション向けのものにする必要があります。

LT8647 は、スイッチとシステムを過負荷によるフォルトから保護するために、ピーク・スイッチ電流を制限します。上側スイッチの電流制限値 (I_{LIM}) は低デューティサイクルでは 14A ですが、そこから直線的に減少して、DC=0.9 では 11.5A になります。したがって、インダクタの値は目的の最大出力電流 ($I_{OUT(MAX)}$) を供給するのに十分な大きさにする必要があります。この電流は、スイッチ電流制限値 (I_{LIM}) とリップル電流の関数です。

$$I_{OUT(MAX)} = I_{LIM} - \frac{\Delta I_L}{2} \quad (8)$$

インダクタのピーク to ピーク・リップル電流は、次式を使って計算できます。

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{L \times f_{SW}} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \right) \quad (9)$$

ここで、 f_{SW} は LT8647 のスイッチング周波数、 L はインダクタの値です。したがって、LT8647 が供給できる最大出力電流は、スイッチ電流制限値、インダクタの値、および入力電圧と出力電圧に依存します。目的のアプリケーションで使用するスイッチング周波数と最大入力電圧が決まっている場合で、リップル電流が最大出力電流 ($I_{OUT(MAX)}$) を制限している場合は、インダクタの値を大きくしなければなりません。

高 V_{IN} (40V 以上) でかつ、100ns 未満のスイッチ・オン時間を必要とする周波数およびデューティサイクルで動作させる場合、デューティサイクルのジッタを防ぐために ΔI_L が 1.5A より大きいインダクタを選択してください。

与えられたアプリケーションに最適なインダクタは、この設計ガイドに示すものと異なる場合があります。インダクタの値が大きければ最大負荷電流は増加し、出力電圧リップルは減少します。必要な負荷電流が小さいアプリケーションではインダクタの値を小さくすることができ、LT8647 はより大きなリップル電流で動作できます。したがって、物理的に小さいインダクタを使用するか DCR の小さいものを使用して、効率を高めることができます。

インダクタンスが小さいと不連続モード動作になることがあり、最大負荷電流が更に減少するので注意が必要です。

最大出力電流と不連続動作の詳細については、アナログ・デバイセズのアプリケーション・ノート 44 を参照してください。

デューティサイクルが 50% を超える場合 ($V_{OUT}/V_{IN} > 0.5$) は、低調波発振を防ぐためにインダクタンスを最小限に抑える必要があります (式 10 参照)。詳細についてはアナログ・デバイセズのアプリケーション・ノート 19 を参照してください。

$$L_{MIN} = \frac{V_{IN}(2 \times DC - 1)}{3 \times f_{SW}} \quad (10)$$

ここで、DC はデューティサイクル比 (V_{OUT}/V_{IN})、 f_{SW} はスイッチング周波数です。

入力コンデンサ

最大限の性能を得るには、LT8647 の V_{IN} を、少なくとも 3 個のセラミック・コンデンサでバイパスする必要があります。値が $0.47\mu F$ の小型セラミック・コンデンサ 2 個 (C_{IN1} 、 C_{IN2}) をデバイスの近くに両側に 1 個ずつ配置してください。これらのコンデンサのサイズは 0603 または 0805 とします。2 個の直列入力コンデンサが必要なオートモーティブ・アプリケーションの場合は、小型の 0603 または 0805 コンデンサ 2 個を、LT8647 の両側に配置できます。

3 個目の、 $4.7\mu F$ 以上の大きいセラミック・コンデンサを、 C_{IN1} または C_{IN2} の近くに配置します。詳細については、[低 EMI のプリント回路基板 \(PCB\) レイアウト](#) のセクションを参照してください。広い範囲の温度と入力電圧に対して最高性能を発揮するために、X7R または X5R コンデンサを推奨します。

スイッチング周波数が低いほど、より大きな入力容量が必要になることに注意してください。入力電源のインピーダンスが高い場合、あるいは長い配線やケーブルによって大きなインダクタンスが存在する場合は、更に大きい容量が必要になることがあります。これには性能の低い電解コンデンサを使用できます。

セラミック入力コンデンサにパターンまたはケーブルのインダクタンスが組み合わさることにより、高品質の (不足減衰の) タンク回路が構成されます。LT8647 回路を通電状態の電源に接続すると、入力電圧が公称値の 2 倍まで上昇して、LT8647 の定格電圧を超えるおそれがありますが、この状況は簡単に回避できます (詳細については、アナログ・デバイセズのアプリケーション・ノート 88 を参照)。

出力コンデンサと出力リップル

出力コンデンサには 2 つの重要な役割があります。まず、インダクタと併用して、LT8647 によって生成される矩形波をフィルタ処理することで DC 出力を発生させます。この動作によって出力リップルが決まるので、スイッチング周波数におけるインピーダンスを小さくすることが重要です。2 つめの役割は、トランジェントな負荷に対応して LT8647 の制御ループを安定させるためにエネルギーを蓄えることです。セラミック・コンデンサは、等価直列抵抗 (ESR) が非常に低く、最高のリップル性能を提供します。推奨する開始値については、[代表的なアプリケーション回路](#) のセクションを参照してください。

コンデンサは X5R または X7R タイプを使用してください。これらのコンデンサは、低出力リップルと良好な過渡応答を実現します。トランジェント性能は、出力コンデンサの値を大きくし、 V_{OUT} と FB の間にフィードフォワード・コンデンサを追加することで改善できます。また、出力容量を大きくすると、出力電圧リップルが小さくなります。出力コンデンサの値が小さいほどスペースとコストを節約できますが、トランジェント性能が悪化するのでループが不安定になるおそれがあります。推奨するコンデンサ値については、[代表的なアプリケーション回路](#) のセクションを参照してください。

コンデンサを選ぶ場合は、そのコンデンサのデータシートを十分に吟味し、電圧バイアスや温度を含む関係する動作条件に基づいて実効容量を計算する必要があります。物理的に大きいコンデンサや、電圧定格の高いコンデンサが必要になる場合があります。

セラミック・コンデンサ

セラミック・コンデンサは小型、堅牢で、ESR が非常に小さいキャパシタです。ただし、セラミック・コンデンサには圧電特性があるため、LT8647 に使用すると問題を引き起こすことがあります。Burst Mode 動作の場合、LT8647 のスイッチング周波数は負荷電流に依存します。負荷が非常に軽い場合、LT8647 はセラミック・コンデンサをオーディオ周波数で励起し、可聴ノイズを発生する可能性があります。Burst Mode 時の LT8647 は低い電流制限値で動作するので、通常は非常に静かでノイズが気になることはありませんが、これが許容できない場合は、出力に高性能のタンタル・コンデンサまたは電解コンデンサを使用してください。低ノイズのセラミック・コンデンサを使用することもできます。

セラミック・コンデンサに関する最後の注意点は、LT8647 の最大入力電圧定格に関することです。既に述べたように、セラミック入力コンデンサはパターンやケーブルのインダクタンスと結合して、高品質の（不足減衰の）タンク回路を形成します。LT8647 の回路を通电中の電源に接続すると、入力電圧にリンギングが生じ、この電圧が公称値の2倍になって LT8647 の電圧定格を超えるおそれがあります。この状況は簡単に回避できます（詳細については、アナログ・デバイセズのアプリケーション・ノート 88 を参照）。

イネーブル・ピン

LT8647 は EN ピンがローになるとシャットダウンされ、ハイになるとアクティブになります。EN コンパレータの立上がり閾値は 1.01V で、ヒステリシスは 45mV です。シャットダウン機能を使わない場合は、EN ピンを V_{IN} に接続できます。もしくは、シャットダウン制御が必要な場合はロジック・レベルに接続することも可能です。

V_{IN} と EN の間に抵抗分圧器を追加すると、 V_{IN} が所定の電圧を超えた場合のみ出力を安定化するように LT8647 を設定できます。詳細については、図 4（ブロック図）を参照してください。通常、この閾値 $V_{IN(EN)}$ は、入力電源が電流制限されているか、入力電源のソース抵抗が比較的高い場合に使用されます。スイッチング・レギュレータは電源から一定の電力を引き出すため、電源電圧が低下するにつれて電源電流が増加します。この現象は電源に対する負性抵抗負荷のように見えるため、電源電圧が低い条件下では、電源が電流制限されるか、ローにラッチされる可能性があります。 $V_{IN(EN)}$ 閾値は、この問題が生じる可能性があるような電源電圧でレギュレータが動作するのを防ぎます。この閾値は、次式を満足するように $R3$ と $R4$ の値を設定することにより調整できます。

$$V_{IN(EN)} = \left(\frac{R3}{R4} + 1 \right) \times 1.01V \quad (11)$$

この場合、LT8647 は V_{IN} が $V_{IN(EN)}$ を超えるまでオフのままです。コンパレータにはヒステリシスがあるため、入力が $V_{IN(EN)}$ をわずかに下回るまでスイッチングは止まりません。

軽負荷電流の Burst Mode 動作時には、 $V_{IN(EN)}$ 抵抗回路を流れる電流が LT8647 の消費する電源電流を簡単に超えてしまう可能性があるため、 $V_{IN(EN)}$ の抵抗を大きくして、軽負荷時の効率への影響を最小限に抑える必要があります。

INTV_{CC} レギュレータ

内部の低ドロップアウト（LDO）レギュレータは、ドライバと内部バイアス回路に電力を供給する 3.4V 電源を V_{IN} から生成します。このレギュレータは、1μF 以上のセラミック・コンデンサを使ってグラウンドにバイパスする必要があります。INTV_{CC} は LT8647 の回路に十分な電流を供給できます。効率を向上させるために、BIAS ピンの電圧が 3.1V 以上の場合、内部の LDO には BIAS ピンから電流を供給することもできます。通常、BIAS ピンは LT8647 の出力、または 3.3V 以上の外部電源に接続できます。BIAS を V_{OUT} 以外の電源に接続する場合は、ローカル・セラミック・コンデンサを接続してバイパスするようにしてください。BIAS ピンの電圧が 3.0V 未満の場合、内蔵 LDO は V_{IN} から流れる電流を消費します。入力電圧もスイッチング周波数も高く、 V_{IN} からの電流が内蔵 LDO に流れ込むアプリケーションでは、LDO での消費電力が大きいのでダイ温度が上昇します。注：INTV_{CC} ピンには外部負荷を接続しないでください。

出力電圧のトラッキングとソフトスタート

LT8647 では、TR/SS ピンによって出力電圧の上昇率を設定できます。2 μ A の内蔵電流源により、TR/SS ピンの電圧は INTV_{CC} に引き上げられます。コンデンサを TR/SS ピンに外付けすると、出力をソフトスタートさせ、入力電源の電流サージを防ぐことができます。ソフトスタートによる電圧上昇時に、出力電圧は TR/SS ピンの電圧に比例して追従します。

出力トラッキング・アプリケーションでは、別の電圧源によって TR/SS ピンを外部から駆動できます。TR/SS の電圧が 0V~0.97V の範囲では、TR/SS の電圧がエラー・アンプへの 0.97V の内部リファレンス入力をオーバーライドします。そのため、FB ピンの電圧は TR/SS ピンの電圧になるように安定化されます。TR/SS が 0.97V を超えるとトラッキングは無効化され、帰還電圧は内部リファレンス電圧に安定化されます。この機能が必要な場合は、TR/SS ピンをフローティング状態のままにしておくことができます。

TR/SS ピンにはアクティブ・プルダウン回路が接続されています。この回路は、フォルト状態になると外付けのソフトスタート・コンデンサを放電し、フォルトが解消されると電圧の上昇を再開します。このようにソフトスタート・コンデンサを放電させるフォルト状態には、EN/UV ピンのローへの遷移、V_{IN} 電圧の過大な低下、またはサーマル・シャットダウンがあります。

出力パワー・グッド

LT8647 の出力電圧がレギュレーション・ポイントの $\pm 8\%$ の枠内にある場合、出力電圧は正常な状態にあると見なされ、オープン・ドレインの PG ピンは高インピーダンスになり、通常は外付け抵抗によりハイにプルアップされます。そうでない場合は、内部のプルダウン・デバイスにより、PG ピンがローになります。グリッチの発生を防ぐため、上側と下側の閾値には共に 0.4% のヒステリシスが含まれています。V_{IN} が 3.4V より高い場合は PG が有効です。

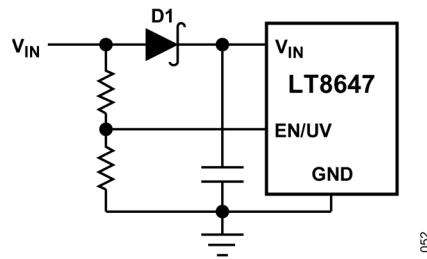
PG ピンは以下のフォルト状態でも能動的にローになります。すなわち、EN/UV ピンが 1V 未満になった場合、INTV_{CC} が低くなりすぎた場合、V_{IN} が低くなりすぎた場合、あるいはサーマル・シャットダウンが発生した場合です。

短絡保護と逆入力保護

LT8647 は出力短絡に耐えることができます。出力短絡や出力電圧低下時の保護には複数の機能が使われています。1 つ目はスイッチング周波数のフォールドバックで、この機能は、出力が設定値より低くなった場合にインダクタ電流制御を維持するために使われます。2 つ目は下側スイッチの電流モニタで、インダクタ電流が安全なレベルを超えた場合は、インダクタ電流が安全なレベルに減少するまで上側スイッチのスイッチングが遅延されます。

周波数フォールドバック動作は SYNC ピンの状態に依存します。SYNC ピンがローの場合、出力電圧が設定レベルより低くなると、スイッチング周波数が低下します。SYNC ピンをクロック信号源に接続するか、フローティング状態にするか、またはハイに接続すると、LT8647 は設定周波数を維持してフォールドバックを行わず、インダクタ電流が安全なレベルを超えた場合にはスイッチング速度を低下させるのみです。

LT8647 への入力がない場合に出力が高い電圧に保たれるシステムでは、考慮すべき状況がもう 1 つあります。この状況が発生する可能性があるのは、バッテリー充電アプリケーションやバッテリー・バックアップ・システムなど、バッテリーや他の電源が LT8647 の出力とダイオード OR 接続されている場合です。V_{IN} ピンをフローティング状態にできる場合に、(ロジック信号によって、あるいは V_{IN} に接続することによって) EN ピンがハイに保持されていると、LT8647 の内部回路には SW ピンを通じて静止電流が流れます。この状態でシステムが数 μ A に耐えられる場合は許容できます。EN ピンを接地している場合、SW ピンの電流は約 1 μ A に減少します。しかし、出力を高い値に保持した状態で V_{IN} ピンを接地すると、EN ピンの状態に関係なく、出力から SW ピンと V_{IN} ピンを通して、LT8647 内部の寄生ボディ・ダイオードに電流が流れる可能性があります。図 51 に示すように V_{IN} ピンと EN/UV ピンを接続すれば、LT8647 は入力電圧が加わっているときのみ動作し、短絡や逆入力に対して保護されるようになります。

図 51. 逆 V_{IN} 保護

熱に関する検討事項とピーク出力電流

周囲温度が高い場合は、PCB のレイアウトに注意を払い、LT8647 が十分放熱できるようにします。パッケージ底面にあるグラウンド・ピンは、グラウンド・プレーンにハンダ付けする必要があります。このグラウンド・プレーンは、その下にある広い銅層にサーマル・ビアで接続してください。これらの層は LT8647 が発生する熱を拡散します。ビアを追加すれば、熱抵抗を更に小さくすることができます。周囲温度が最大ジャンクション温度の定格値に近づくにつれて、最大負荷電流をデレーティングする必要があります。LT8647 内での消費電力は、効率の測定値から合計電力損失を計算して、そこからインダクタ損失を減じることによって予測できます。ダイ温度は、LT8647 の消費電力に、ジャンクションから周囲への熱抵抗を乗じることによって計算できます。

内蔵の過熱保護機能が、LT8647 のジャンクション温度をモニタします。ジャンクション温度が約 180°C に達すると LT8647 はスイッチング動作を停止し、温度が約 10°C 低下するまでフォルト状態を示します。

LT8647 の温度上昇が最も大きくなるのは、高負荷、高 V_{IN} 、高スイッチング周波数の状態で動作させた場合です。与えられたアプリケーションにおけるケース温度が高すぎる場合は、 V_{IN} 、スイッチング周波数、負荷電流のいずれかを減らせば、温度を許容可能なレベルまで下げることができます。図 52 の例は、 V_{IN} 、スイッチング周波数または負荷電流を減らすことでケース温度の上昇をどのように管理できるかを示しています。

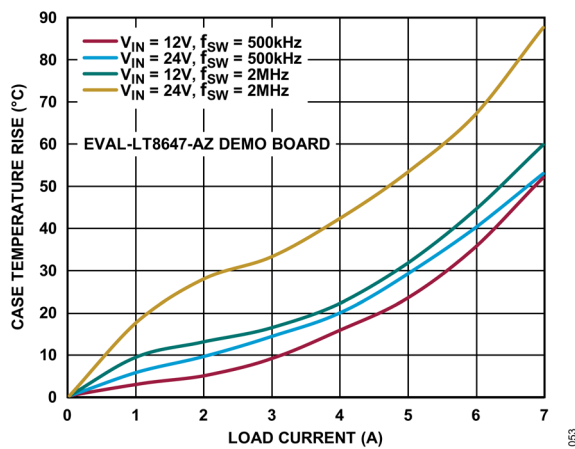


図 52. ケース温度の上昇
(EVAL-LT8647-AZ 評価用ボードを参照)

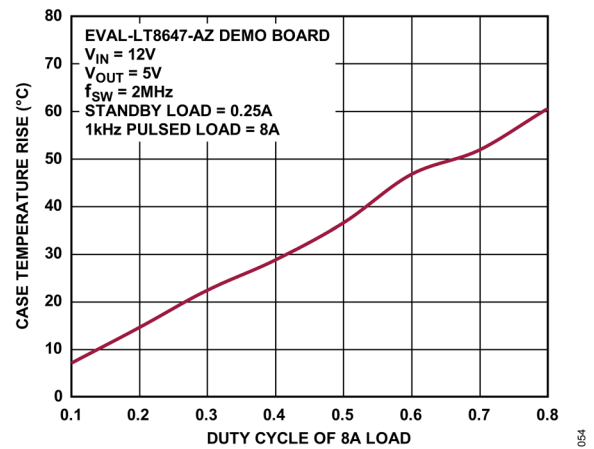


図 53. ケース温度の上昇と 8A のパルス負荷の関係
(EVAL-LT8647-AZ 評価用ボードを参照)

LT8647 の内部パワー・スイッチは、最大 8A のピーク出力電流を安全に供給できます。ただし、熱的な制約のため、8A の負荷を扱うことができるのは短時間に限られます。この時間は、ケース温度が最大ジャンクション定格値に近づく際の温度上昇率によって決まります。1kHz パルスの 8A 負荷とした場合のデューティサイクルによるケース温度上昇値の変化の例を、[図 53](#) に示します。

LT8647 の上側スイッチ電流制限は、スロープ補償のために、デューティサイクルが高くなるにつれて減少します。このことによっても、特定のアプリケーションで LT8647 が供給できる出力電流が制限されます。[代表的な性能特性](#)のセクションの[図 18](#)を参照してください。

代表的なアプリケーション回路

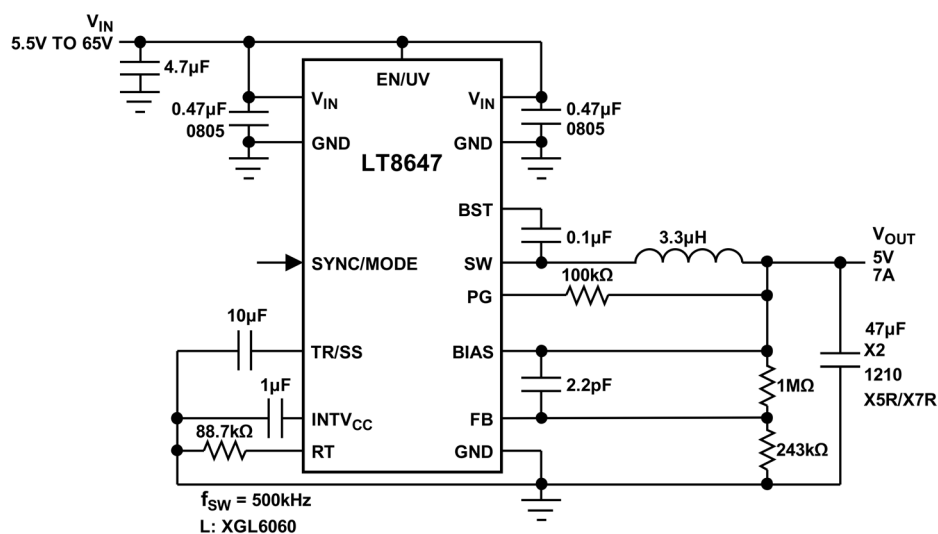


図 54. ソフトスタートおよびパワー・グッド機能を備えた 5V/7A 降圧コンバータ

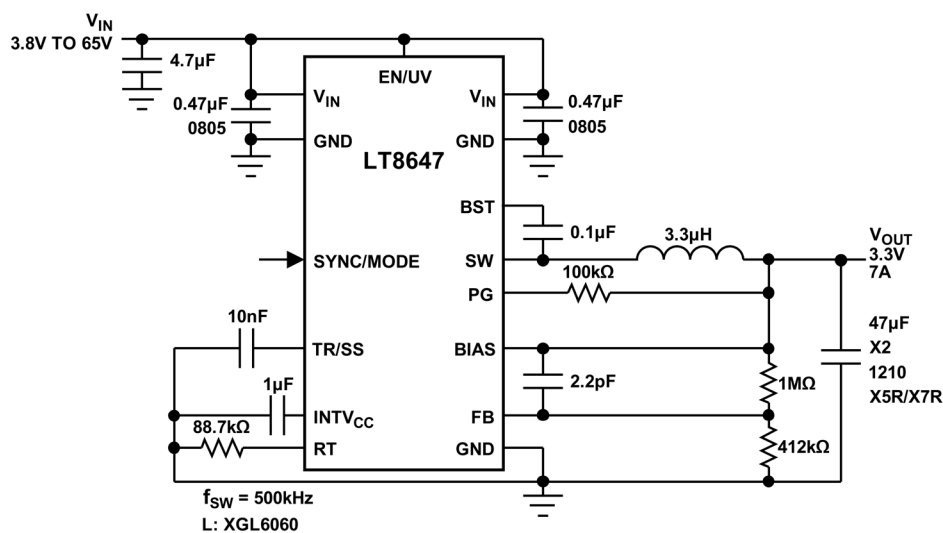
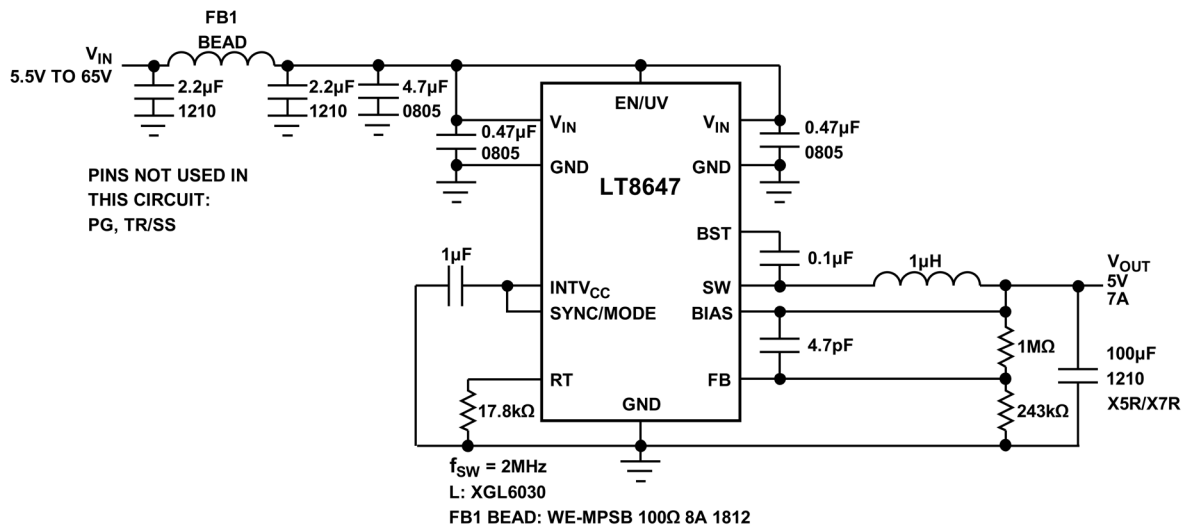
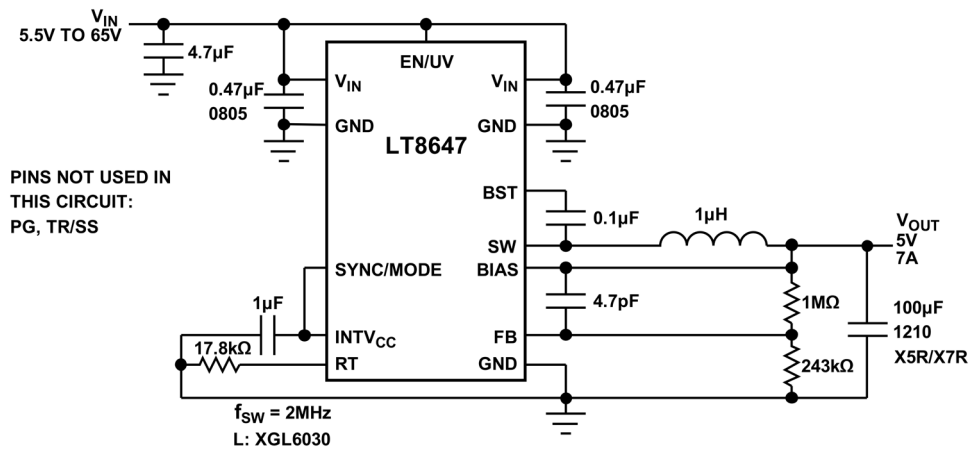


図 55. ソフトスタートおよびパワー・グッド機能を備えた 3.3V/7A 降圧コンバータ



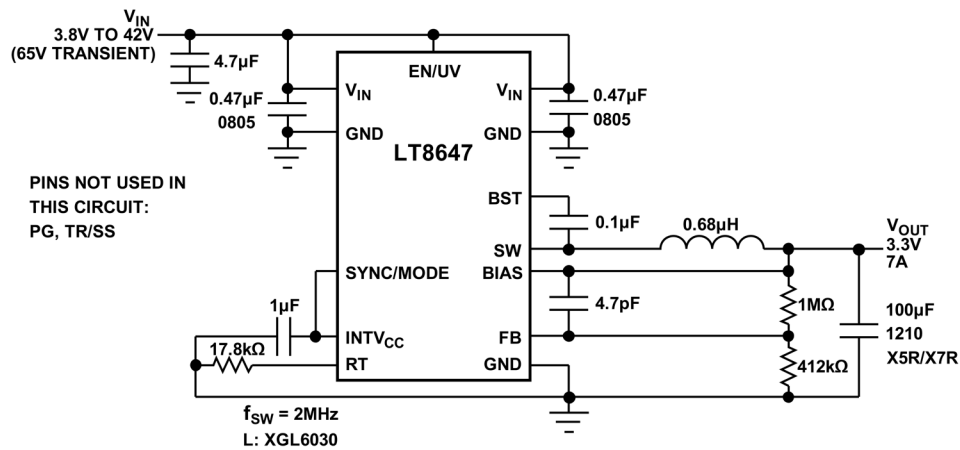
057

図 56. スペクトラム拡散機能を備えた超低 EMI の 5V/7A 降圧コンバータ



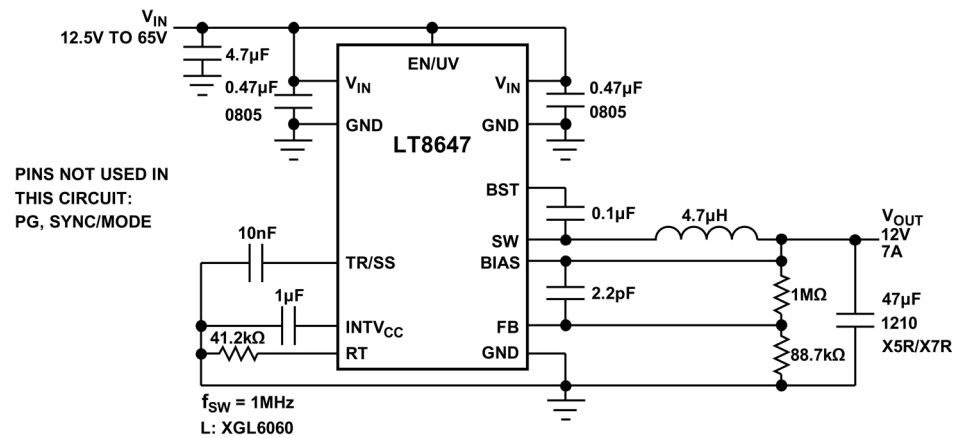
058

図 57. スペクトラム拡散機能を備えた 2MHz、5V/7A 降圧コンバータ



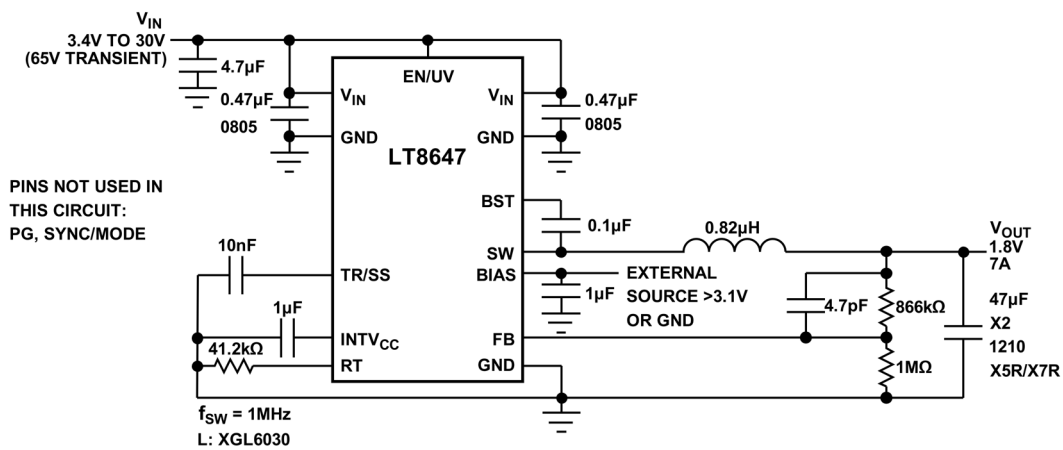
059

図 58. スペクトラム拡散機能を備えた 2MHz、3.3V/7A 降圧コンバータ



060

図 59. 12V/7A 降圧コンバータ



061

図 60. 1.8V/7A 降圧コンバータ

オーダー・ガイド

表 8. オーダー・ガイド

| PART NUMBER | PART MARKING* | PACKAGE DESCRIPTION | TEMPERATURE RANGE |
|---------------|---------------|------------------------------------|-------------------|
| LT8647RCPZ-RL | 8647 | 27-Lead (3mm x 6mm) FC2QFN Package | -40°C to 150°C |

更に広い動作温度範囲仕様のデバイスについては、弊社または弊社代理店までお問い合わせください。

*温度グレードは出荷容器のラベルに表示されています。

ここに含まれるすべての情報は、現状のまま提供されるものであり、アナログ・デバイセズはそれに関するいかなる種類の保証または表明も行いません。アナログ・デバイセズは、その情報の利用に関して、また利用によって生じる第三者の特許またはその他の権利の侵害に関して、一切の責任を負いません。仕様は予告なく変更されることがあります。明示か黙示かを問わず、アナログ・デバイセズ製品またはサービスが使用される組み合わせ、機械、またはプロセスに関するアナログ・デバイセズの特許権、著作権、マスクワーク権、またはその他のアナログ・デバイセズの知的財産権に基づくライセンスは付与されません。商標および登録商標は、各社の所有に属します。ここに記載されているすべてのアナログ・デバイセズ製品の提供は、販売状況および在庫状況に依存します。

