

静止電流が2.5 μ Aの65V、3.5A/5A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
 - ▶ スペクトラム拡散周波数変調
- ▶ 高周波数で高い効率
 - ▶ 1MHzで最大95%の効率 (12V_{IN}、5V_{OUT})
 - ▶ 2MHzで最大94%の効率 (12V_{IN}、5V_{OUT})
- ▶ 広い入力電圧範囲: 3V~65V
- ▶ 最大連続出力3.5A、ピーク・トランジェント出力5A
- ▶ 超低静止電流のBurst Mode®動作
 - ▶ 2.5 μ AのI_Qで12V_{IN}を3.3V_{OUT}にレギュレーション
 - ▶ 出力リップル: < 10mV_{P-P}
- ▶ 高速最小スイッチオン時間: 35ns
 - ▶ 24V_{IN}システムで真の2MHz動作
- ▶ すべての条件下で低ドロップアウト: 130mV (1A時)
- ▶ 過負荷によるインダクタ飽和時も安全に動作
- ▶ 調整と同期が可能: 200kHz~3MHz
- ▶ 出力ソフトスタートおよび出力トラッキング
- ▶ ハンダ接合の信頼性が向上した小型18ピン3mm × 4mmサイド・ウェットプルQFN
- ▶ オートモーティブ・アプリケーション向けのAEC-Q100に適合

アプリケーション

- ▶ オートモーティブ用および工業用電源
- ▶ 汎用降圧レギュレータ

概要

LT®8641A降圧レギュレータは、EMI放射を最小限に抑えながら最大3MHzの周波数で高い効率を実現するよう設計された、Silent Switcherアーキテクチャを採用しています。3mm × 4mmのサイド・ウェットプルQFNパッケージに組み込まれ、パワー・スイッチと必要なすべての回路を内蔵したモノリシック構造により、PCBフットプリントを最小限に抑えたソリューションを実現します。出力が完全にレギュレーションされた状態で2.5 μ Aという超低静止電流であるため、非常に小さな負荷電流で最高の効率が要求されるアプリケーションにも対応できます。優れた過渡応答を常に維持し、0から最大電流までのどのような負荷に対しても、出力電圧リップルを10mV_{P-P}未満に抑えます。

LT8641Aは、上側スイッチの最小オン時間が35nsという高い速度で、高V_{IN}から低V_{OUT}に高周波数で変換できます。過負荷状態でインダクタが飽和していても安全に動作します。

必須機能はすべて組み込まれ、使いやすくなっています。出力がレギュレーション状態にあるときは、オープンドレインのPGピンから信号が提供されます。SYNC/MODEピンにより、Burst Mode、パルススキッピング、またはスペクトラム拡散の各モードの選択が可能で、外部クロックへの同期にも対応します。ソフトスタートとトラッキング機能には、TR/SSピンを介してアクセスできます。EN/UVピンを使って高精度イネーブル閾値を設定でき、また、RTピンに接続された抵抗でスイッチング周波数をプログラムできます。

本紙記載の登録商標および商標は、全て各社の所有に属します。第8823345号を含む米国特許により保護されています。

簡略アプリケーション回路図

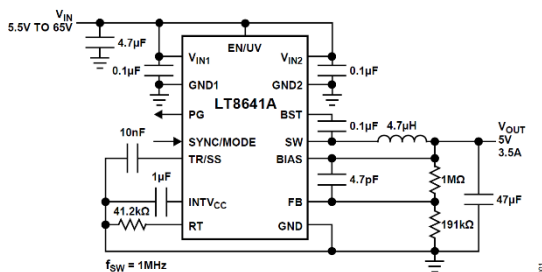


図 1. 5V/3.5A降圧コンバータ

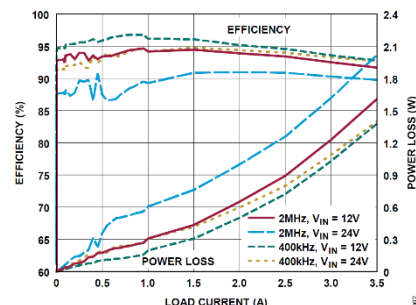


図 2. V_{IN}=12V、V_{OUT}=5V時の効率

※こちらのデータシートには正誤表が付属しています。当該資料の最終ページ以降をご参照ください。

改訂履歴

Nature of Change	Page Number
5/23 – REV 0	

目次

特長.....	1	インダクタの選択と最大出力電流.....	23
アプリケーション.....	1	入力コンデンサ.....	25
概要.....	1	出力コンデンサと出力リップル.....	25
簡略アプリケーション回路図.....	1	セラミック・コンデンサ.....	25
改訂履歴.....	2	イネーブル・ピン.....	26
仕様.....	4	INTV _{CC} レギュレータ.....	26
絶対最大定格.....	5	出力電圧のトラッキングとソフトスタート.....	26
ピン配置およびピン機能の説明.....	7	出力パワー・グッド.....	27
代表的な性能特性.....	10	同期とスペクトラム拡散.....	27
ブロック図.....	17	短絡保護と逆入力保護.....	27
動作原理.....	17	熱に関する検討事項とピーク出力電流.....	28
アプリケーション情報.....	19	代表的なアプリケーション回路.....	30
低EMIのPCBレイアウト.....	19	外形寸法.....	33
超低静止電流の達成.....	20	オーダー・ガイド.....	34
FBの抵抗ネットワーク.....	21	関連部品.....	34
スイッチング周波数の設定.....	22		
動作周波数の選択とトレードオフ.....	23		

仕様

表 1. 電気的特性

(特に指定のない限り、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 。代表値は $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ での値です。特に指定のない限り、電圧はすべてGNDを基準とします。)

パラメータ	記号	条件/コメント	最小値	代表値	最大値	単位
Minimum Input Voltage	V_{IN}		2.6	3.0		V
V_{IN} Quiescent Current in Shutdown	$I_{Q(SHDN)}$	$V_{EN/UV} = 0V$, $V_{IN} = 12V$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	0.75	3		μA
		$V_{EN/UV} = 0V$, $V_{IN} = 12V$	0.75	10		
V_{IN} Quiescent Current in Sleep (Burst Mode)	$I_{Q(BURST)}$	$V_{EN/UV} = 2V$, $V_{FB} > 0.81V$, $V_{SYNC} = 0V$, $V_{IN} = 6V$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	1.7	4		μA
		$V_{EN/UV} = 2V$, $V_{FB} > 0.81V$, $V_{SYNC} = 0V$, $V_{IN} = 6V$	1.7	10		
V_{IN} Quiescent Current in Sleep (Pulse-Skip Mode)	$I_{Q(PSM)}$	$V_{EN/UV} = 2V$, $V_{FB} > 0.81V$, $V_{SYNC} = 2V$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	0.30	0.51		mA
V_{IN} Current in Regulation	I_{IN}	$V_{OUT} = 0.81V$, $V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 1\text{mA}$, $V_{SYNC} = 0V$	200	390		μA
Feedback Reference Voltage	V_{FB}	$V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 0.5A$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	0.804	0.810	0.816	V
		$V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 0.5A$	0.790	0.810	0.822	
Feedback Voltage Line Regulation	$\Delta V_{FB(LINE)}$	$V_{IN} = 4V \sim 42V$	0.004	0.030		%/V
Feedback Pin Input Current	I_{FB}	$V_{FB} = 1V$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-20		20	nA
BIAS Pin Current Consumption	I_{BIAS}	$V_{BIAS} = 3.3V$, $f_{SW} = 2\text{MHz}$	9			mA
Minimum On-Time	$t_{ON(MIN)}$	$SYNC/MODE = 2V$	35	50		ns
Minimum Off-Time	$t_{OFF(MIN)}$	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	80	110		ns
Oscillator Frequency	f_{SW}	$R_T = 221k$	180	210	240	kHz
		$R_T = 60.4k$	665	700	735	
		$R_T = 18.2k$	1.80	1.95	2.10	MHz
Top Power NMOS On-Resistance	R_{TOP}	$I_{SW} = 1A$	105			$\text{m}\Omega$
Top Power NMOS Current Limit	$I_{PEAK-LIMIT}$		6.2	8.2	9.9	A
Bottom Power NMOS On-Resistance	R_{BOT}	$V_{INTVCC} = 3.4V$, $I_{SW} = 1A$	55			$\text{m}\Omega$
Bottom Power NMOS Current Limit	$I_{VALLEY-LIMIT}$	$V_{INTVCC} = 3.4V$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	4.80	5.80	7.25	A
SW Leakage Current	I_{SW-LKG}	$V_{IN} = 42V$, $V_{SW} = 0V$, $42V$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-3		3	μA
EN/UV Pin Threshold	V_{EN}	EN/UV立上がり	0.95	1.01	1.07	V
		EN/UVヒステリシス	45			mV

仕様

表 1. 電気的特性（続き）

（特に指定のない限り、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 。代表値は $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ での値です。特に指定のない限り、電圧はすべてGNDを基準とします。）

パラメータ	記号	条件／コメント	最小値	代表値	最大値	単位
EN/UV Pin Current	I_{EN}	$V_{\text{EN/UV}} = 2\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-20		20	nA
PG Upper Threshold Offset from V_{FB}	PGH	V_{FB} の立下がり	5.00	7.50	10.25	%
PG Lower Threshold Offset from V_{FB}	PGL	V_{FB} の立上がり	-10.75	-8.00	-5.25	%
PG Hysteresis	PG_{HYS}			0.4		%
PG Leakage	$I_{\text{PG-LKG}}$	$V_{\text{PG}} = 3.3\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-40		40	nA
PG Pull-Down Resistance	R_{PG}	$V_{\text{PG}} = 0.1\text{V}$		750	2000	Ω
SYNC/MODE Threshold	$V_{\text{SYNC/MODE}}$	SYNC/MODEピンのDCおよびクロックがロー・レベル電圧	0.7			V
		SYNC/MODEピンのクロックがハイ・レベル電圧			1.5	
		SYNC/MODEピンのDCがハイ・レベル電圧	2.2	2.6	2.9	
Spread Spectrum Modulation Frequency Range	Δf_{SSFM}	$R_T = 60.4\text{k}$, $V_{\text{SYNC}} = 3.3\text{V}$		22		%
Spread Spectrum Modulation Frequency	f_{SSFM}	$V_{\text{SYNC}} = 3.3\text{V}$		2.5		kHz
TR/SS Source Current	I_{SS}		1.3	2.0	2.7	μA
TR/SS Pull-Down Resistance	R_{SS}	フォルト状態、 $\text{TR/SS} = 0.1\text{V}$		220		Ω

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⁽¹⁾

PARAMETER	RATING
V_{IN} , EN/UV	65V
PG	42V
BIAS	25V
FB, TR/SS	4V
SYNC/MODE Voltage	6V
Operating Junction Temperature Range ⁽²⁾⁽⁴⁾ LT8641AR	-40°C to 150°C
Storage Temperature Range	-65°C to 150°C

1 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。

絶対最大定格

- 2 LT8641ARは、-40°C～150°Cの動作ジャンクション温度範囲で仕様規定されています。ジャンクション温度が高いと動作寿命が低下します。動作寿命は125°Cを超えるジャンクション温度ではディレーティングされます。これらの仕様に整合する最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗、およびその他の環境要因と共に、特定の動作条件によって決まります。

ジャンクション温度 (T_J , °C) は、次式を使って周囲温度 (T_A , °C) と消費電力 (PD, ワット) から計算します。

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

ここで、 θ_{JA} (°C/W) はパッケージの熱抵抗です。

- 3 θ の値はJEDEC 51-7、51-12に従って決定されます。熱抵抗の改善と、代表的な動作条件におけるデモ・ボードの実際の温度測定値については、[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。
- 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。

ピン配置およびピン機能の説明

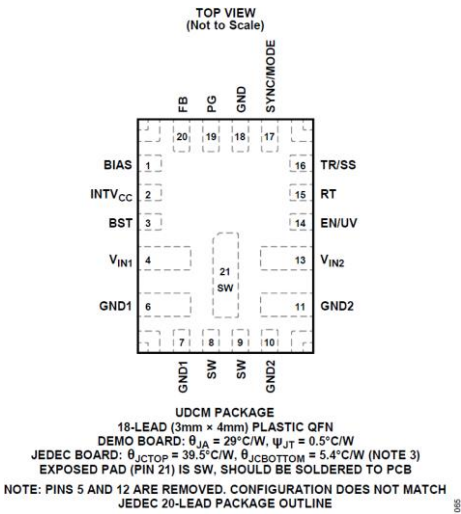


図 3. ピン配置図

表 3. ピン機能の説明

ピン番号	記号	説明
1	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、このピンに1 μ Fの局所的なバイパス・コンデンサを接続してください。使用できる電源がない場合はGNDに接続します。
2	INTV _{CC}	3.4V内部レギュレータのバイパス・ピン。内部パワー・ドライバおよび制御回路への電力は、この電圧から供給されます。INTV _{CC} の最大出力電流は20mAです。外部回路を使ってINTV _{CC} ピンに負荷をかけることはしないでください。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。このピンは、1 μ F以上の低ESRセラミック・コンデンサをICの近くに接続して電源グラウンドとデカップリングします。
3	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。デバイスのできるだけ近くに0.1 μ Fの昇圧コンデンサを配置してください。
4	V_{IN1}	LT8641Aには0.1 μ Fの小さい入力バイパス・コンデンサが2個必要です。 V_{IN1} とGND1の間に0.1 μ Fのコンデンサを1個接続します。もう1つの0.1 μ Fコンデンサは、 V_{IN2} とGND2の間に接続します。これらのコンデンサは、LT8641Aのできるだけ近くに配置します。更に、2.2 μ F以上の大きな3つ目のコンデンサをLT8641Aの近くに配置します。正端子を V_{IN1} と V_{IN2} に、負端子をグラウンドに接続してください。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。

ピン配置およびピン機能の説明

表 3. ピン機能の説明（続き）

ピン番号	記号	説明
6, 7	GND1	パワー・スイッチ・グラウンド。これらのピンは、内部の下側パワー・スイッチのリターン・パスで、一緒に接続する必要があります。入力コンデンサの負端子は、できるだけGND1ピンに近付けて接続してください。また、GND1は必ずグラウンド・プレーンに接続してください。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。
8, 9	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まとめて、インダクタと昇圧コンデンサに接続します。優れた性能と低いEMIを実現するために、プリント回路基板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。
10, 11	GND2	パワー・スイッチ・グラウンド。これらのピンは、内部の下側パワー・スイッチのリターン・パスで、一緒に接続する必要があります。入力コンデンサの負端子は、できるだけGND2ピンに近付けて接続してください。また、GND2は必ずグラウンド・プレーンに接続してください。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。
13	VIN2	LT8641Aには0.1 μ Fの小さい入力バイパス・コンデンサが2個必要です。VIN1とGND1の間に0.1 μ Fのコンデンサを1個接続します。もう1つの0.1 μ Fコンデンサは、VIN2とGND2の間に接続します。これらのコンデンサは、LT8641Aのできるだけ近くに配置します。更に、2.2 μ F以上の大きな3つ目のコンデンサをLT8641Aの近くに配置します。正端子をVIN1とVIN2に、負端子をグラウンドに接続してください。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。
14	EN/UV	LT8641Aはこのピンがローになるとシャットダウンされ、このピンが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。このシャットダウン機能を使わない場合は、VINに接続してください。VINとの間に抵抗分圧器を外付けすれば、VINの閾値をプログラムして、その閾値未満ではLT8641Aをシャットダウンさせることができます。
15	RT	RTピンとグラウンドの間に抵抗を接続して、スイッチング周波数を設定します。
16	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/下降率を制御できます。TR/SSピンの電圧が0.81Vより低くなると、LT8641AはFBピンの電圧をTR/SSピンの電圧と等しくなるようにレギュレーションします。TR/SSピンの電圧が0.81Vより高くなると、トラッキング機能がディスエーブルされ、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INTVCC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電位になります。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必要ない場合は、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。
17	SYNC/MODE	このピンを使用して、次の4種類の動作モードを設定します。1) Burst Mode。低出力負荷でのBurst Mode動作では、このピンを接地します。それにより、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。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。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。内部のプルアップ抵抗とプルダウン抵抗については ブロック図 を参照してください。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INTVCC（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。
18	GND	LT8641Aのグラウンド・ピン。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。

ピン配置およびピン機能の説明

表 3. ピン機能の説明（続き）

ピン番号	記号	説明
19	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±8%以内になるまでローのままです。フォルト状態にはなりません。PGは、EN/UVピンの状態とは無関係に、VINが3Vより高い場合に有効になります。
20	FB	LT8641Aは、FBピンを0.81Vにレギュレーションします。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VOUTの間には進相コンデンサを接続してください。通常は4.7pF～22pFのコンデンサを使用します。
Exposed Pad Pin 21	SW	SWパターンに露出パッドをハンダ付けすれば、良好な熱性能が実現します。製造上の制約によって必要になる場合は、ピン21～22を未接続のままにできますが、熱性能は低下します。
	Corner Pins	これらのピンは物理的な支持のためだけに使われるもので、PCB上の任意の場所（通常はグラウンド）に接続できます。

代表的な性能特性

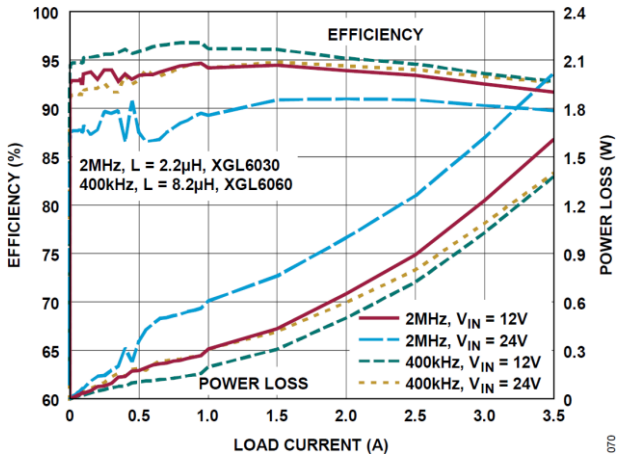


図 4. $V_{IN}=12V$ 、 $V_{OUT}=5V$ 時の効率と周波数の関係

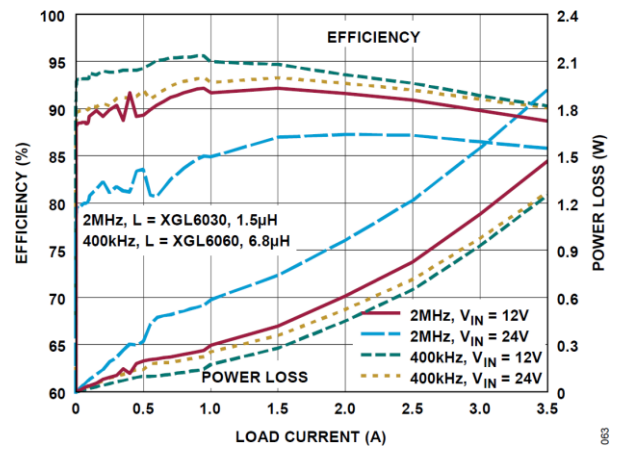


図 5. $V_{IN}=12V$ 、 $V_{OUT}=3.3V$ 時の効率と周波数の関係

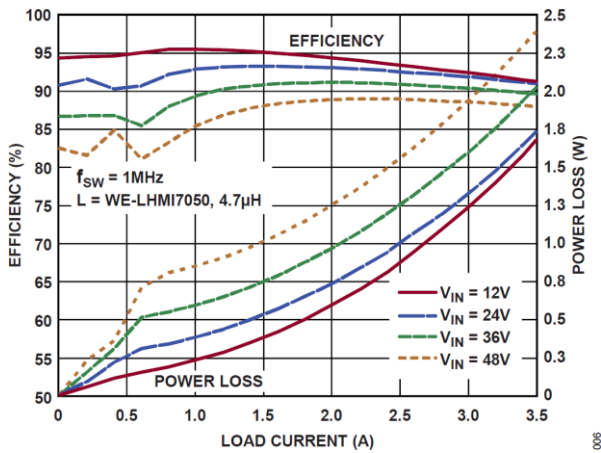


図 6. $V_{OUT}=5V$ 時の効率

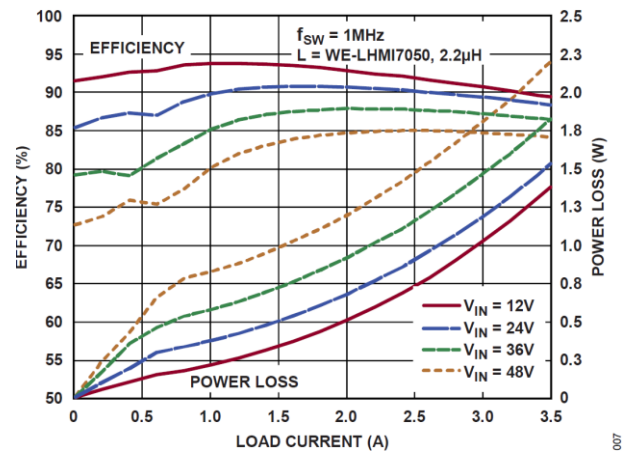


図 7. $V_{OUT}=3.3V$ 時の効率

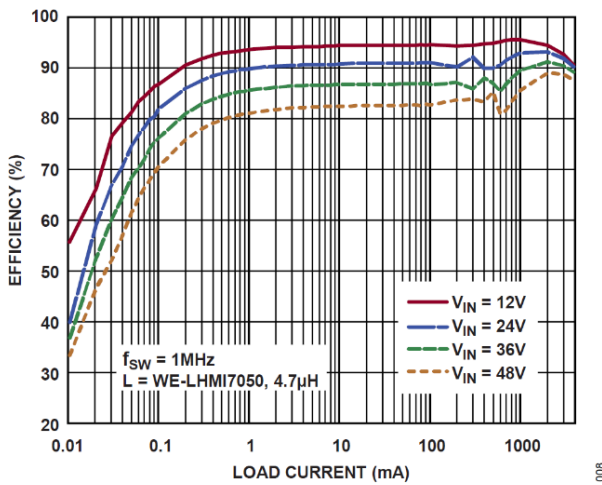


図 8. $V_{OUT}=5V$ 時の効率

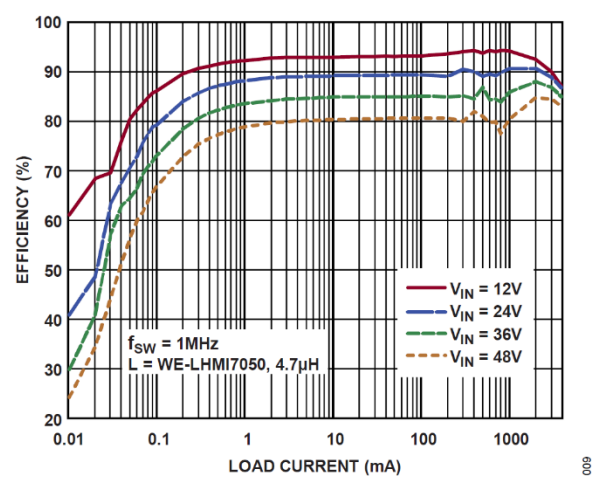


図 9. $V_{OUT}=3.3V$ 時の効率

代表的な性能特性

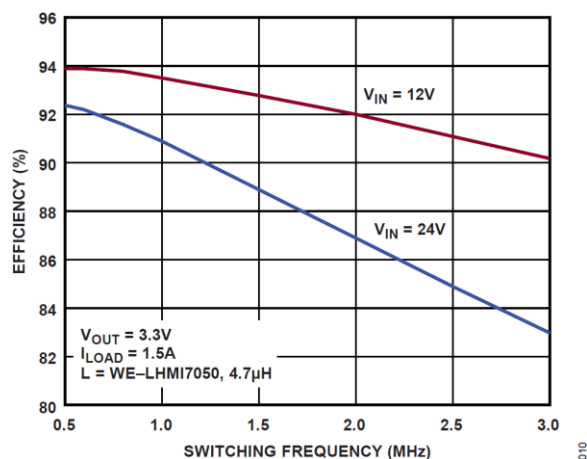


図 10. 効率と周波数の関係

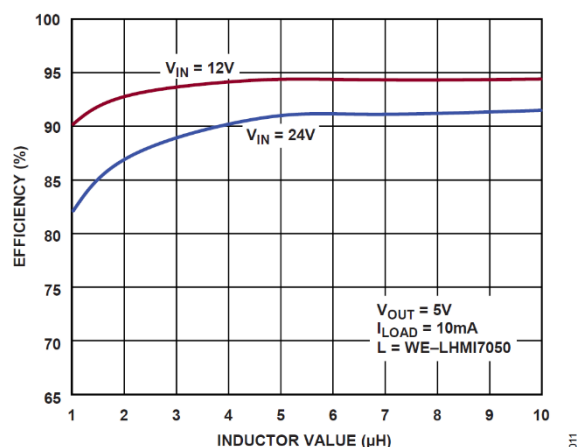


図 11. Burst Mode動作の効率とインダクタ値の関係

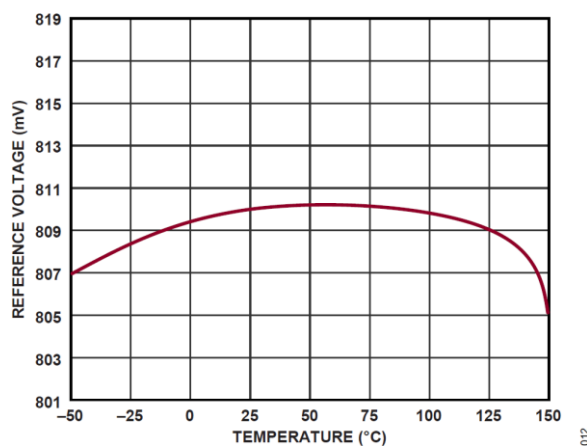


図 12. リファレンス電圧

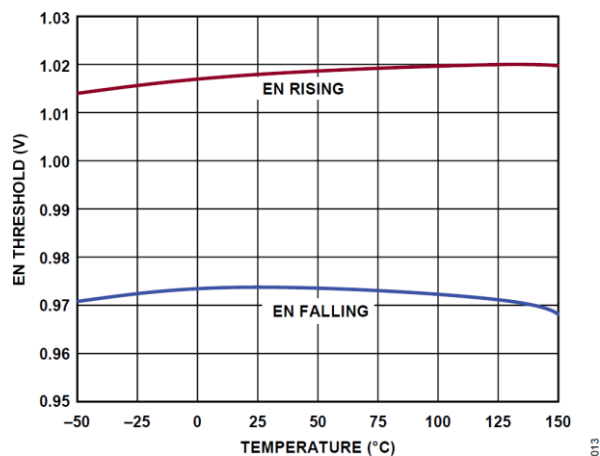


図 13. ENピン閾値

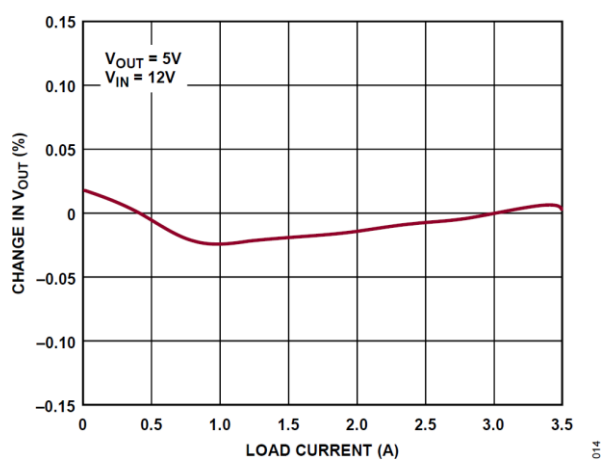


図 14. 負荷レギュレーション

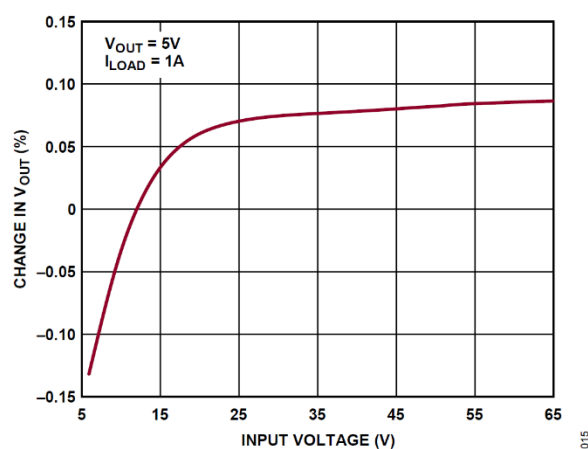


図 15. ライン・レギュレーション

代表的な性能特性

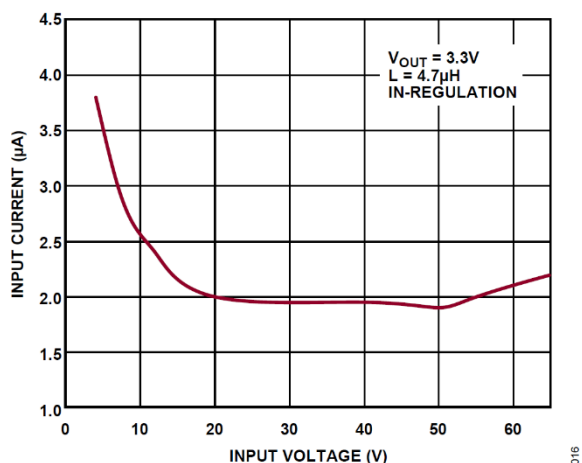


図 16. 無負荷時の電源電流

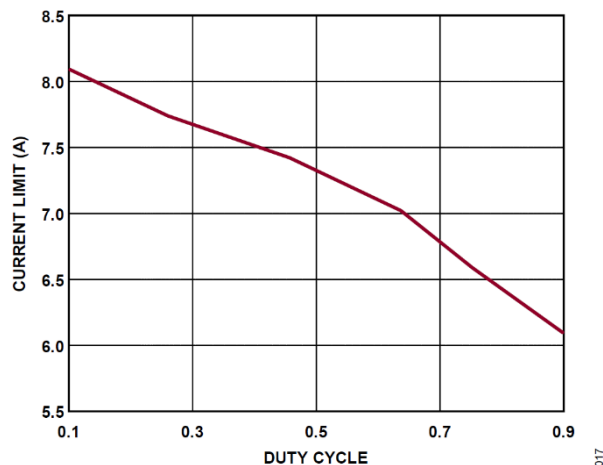


図 17. 上側FET電流制限値とデューティ・サイクルの関係

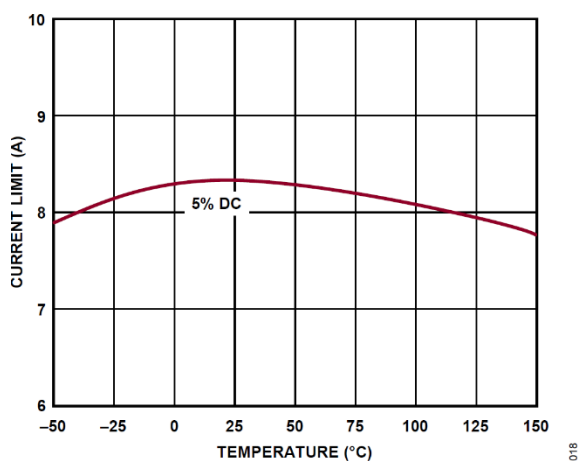


図 18. 上側FETの電流制限値

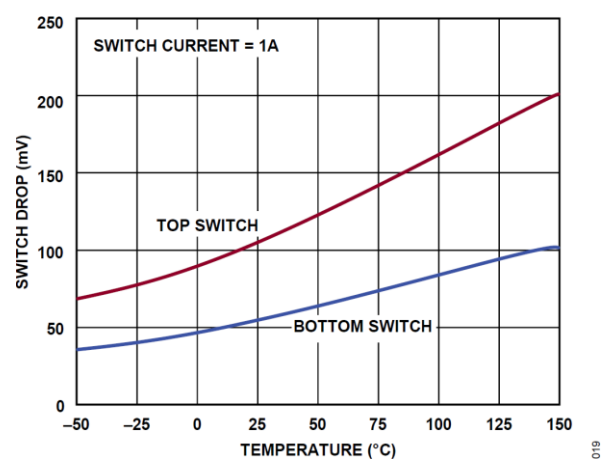


図 19. スイッチの電圧降下

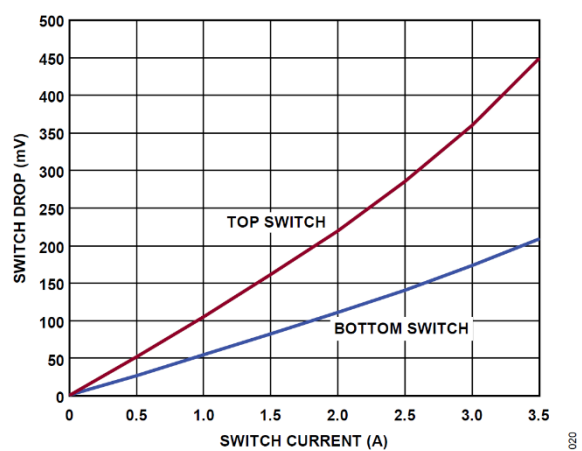


図 20. スイッチの電圧降下

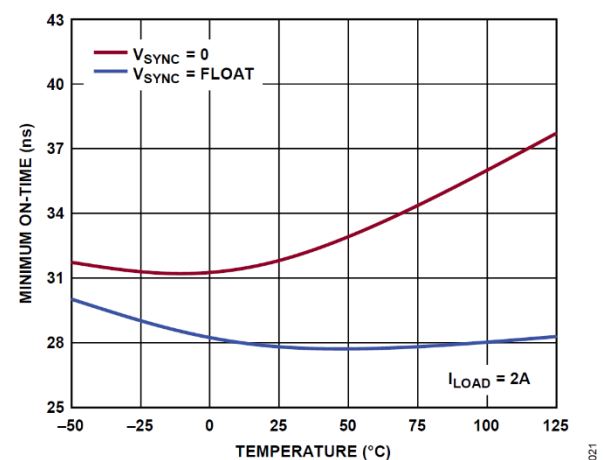


図 21. 最小オン時間

代表的な性能特性

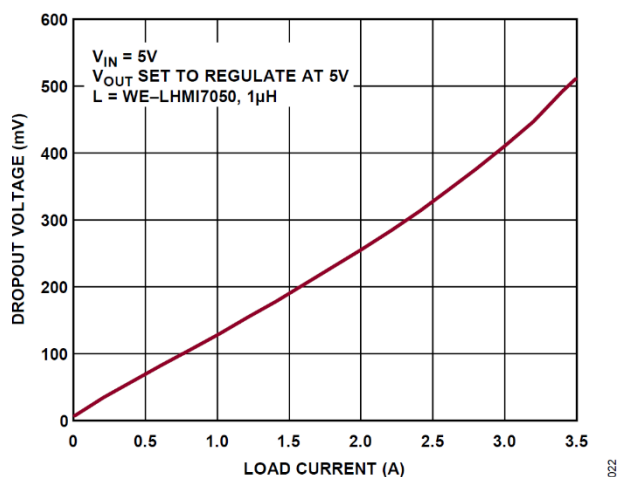


図 22. ドロップアウト電圧

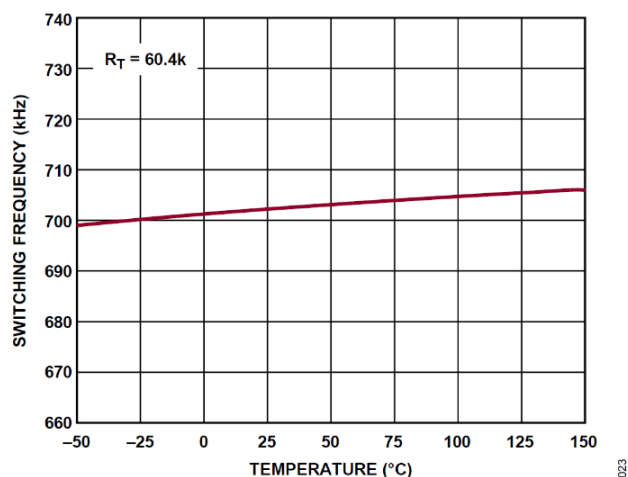


図 23. スイッチング周波数

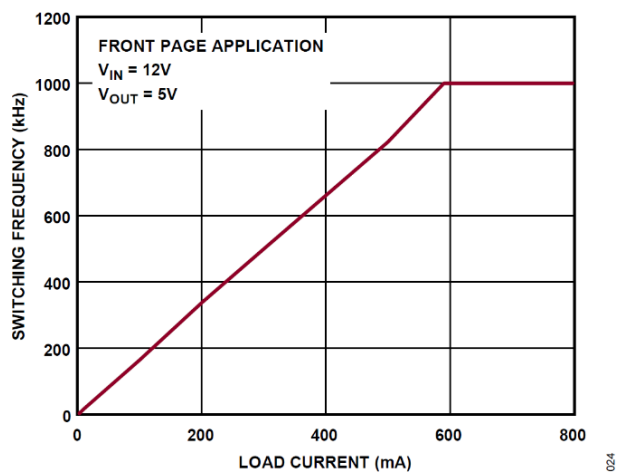


図 24. バースト周波数

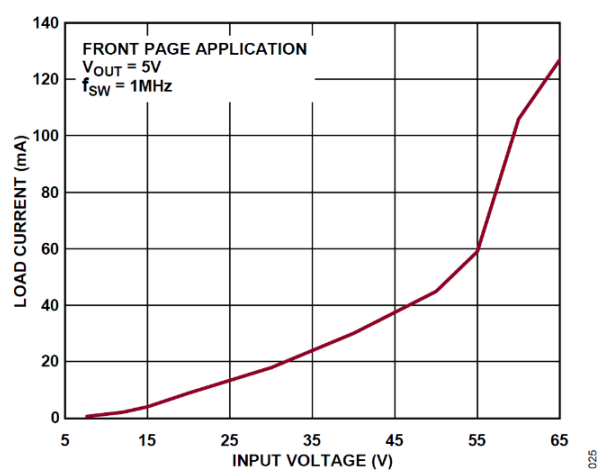
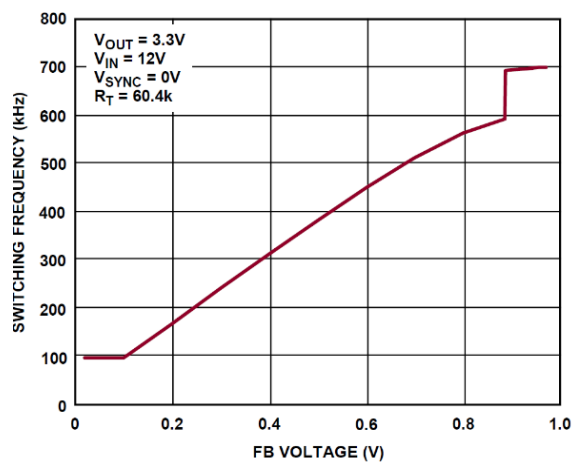
図 25. 最大周波数に達する最小負荷
(パルススキッピング・モード)

図 26. 周波数フォールドバック

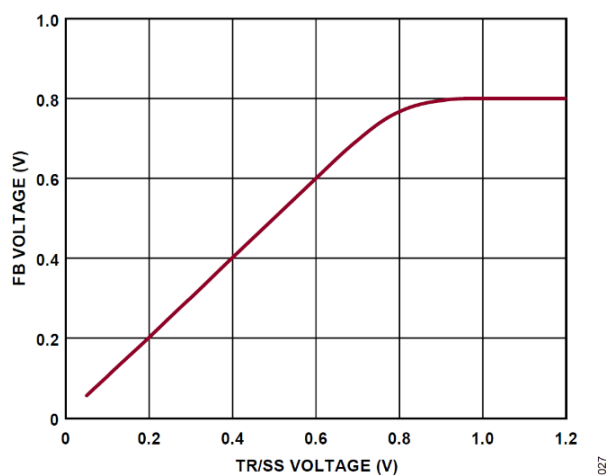


図 27. ソフトスタート・トラッキング

代表的な性能特性

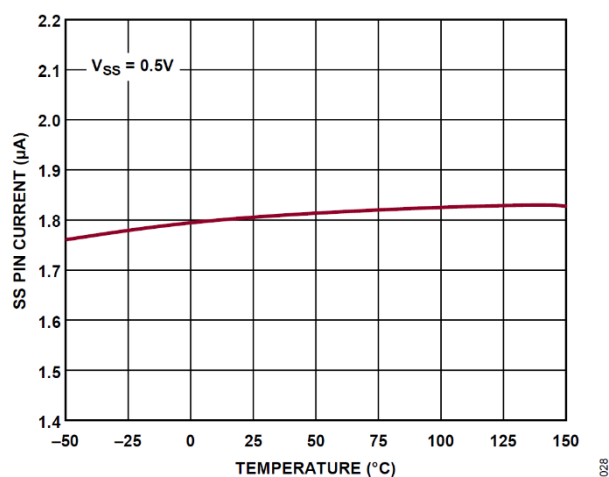


図 28. ソフトスタート電流

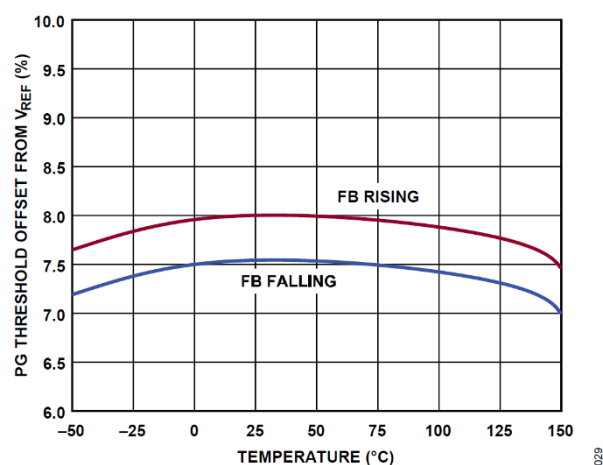


図 29. PG上限閾値

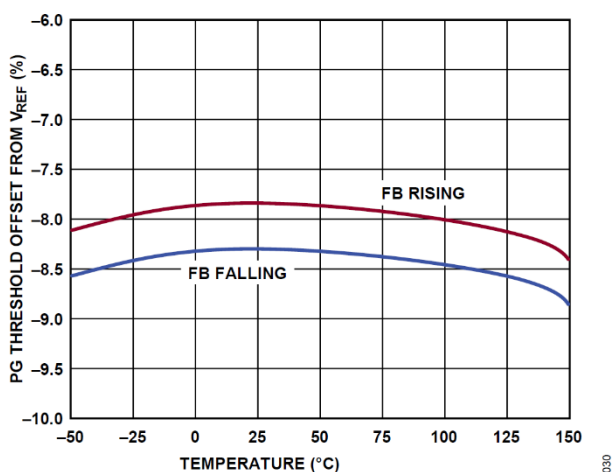


図 30. PG下限閾値

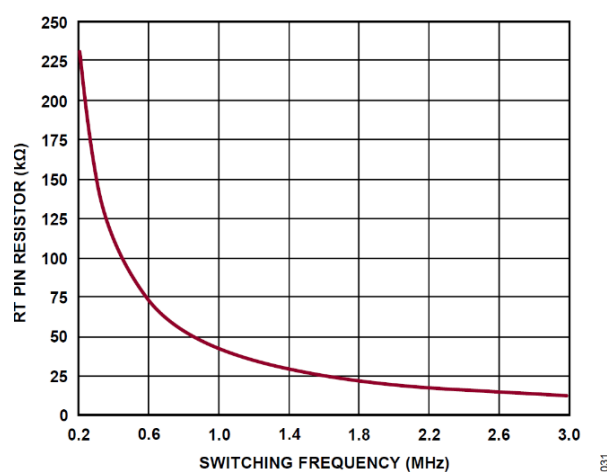


図 31. RT設定によるスイッチング周波数

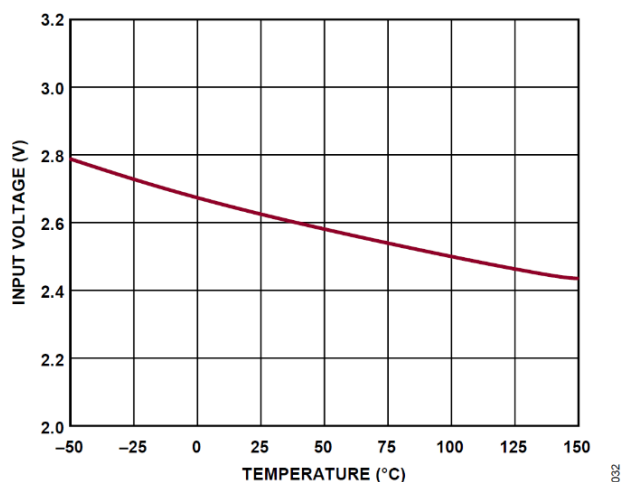
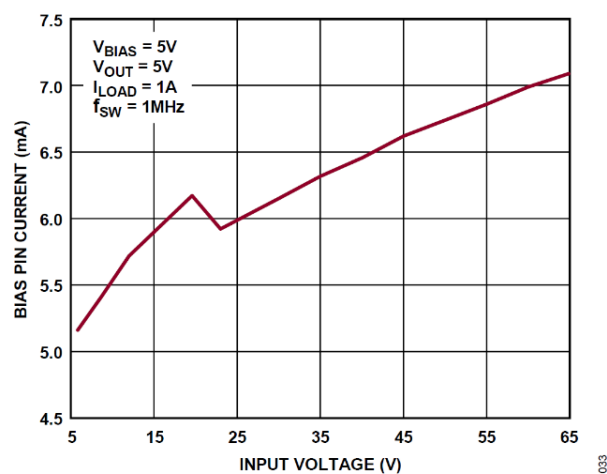
図 32. V_{IN} UVLO

図 33. BIASピンの電流

代表的な性能特性

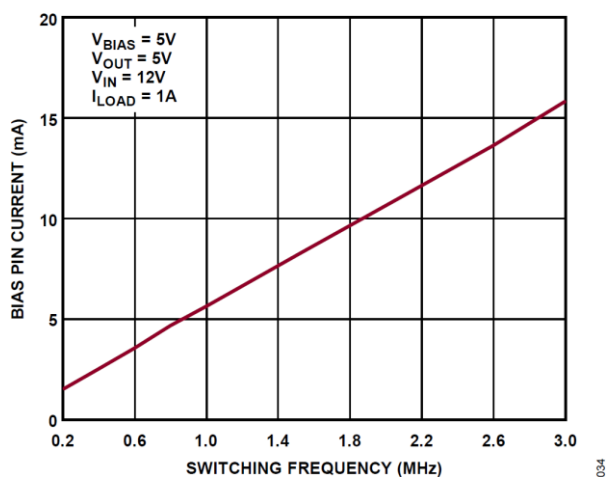


図 34. BIASピンの電流

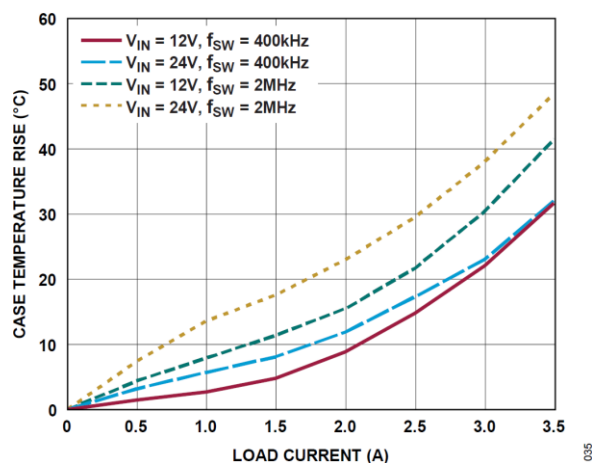


図 35. ケース温度の上昇

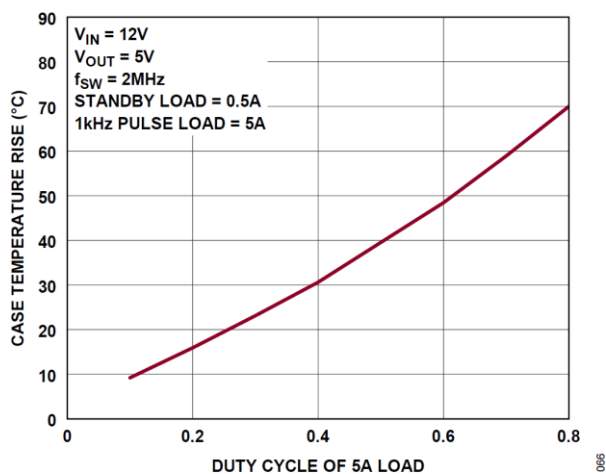


図 36. ケースの温度上昇と5Aパルス負荷の関係

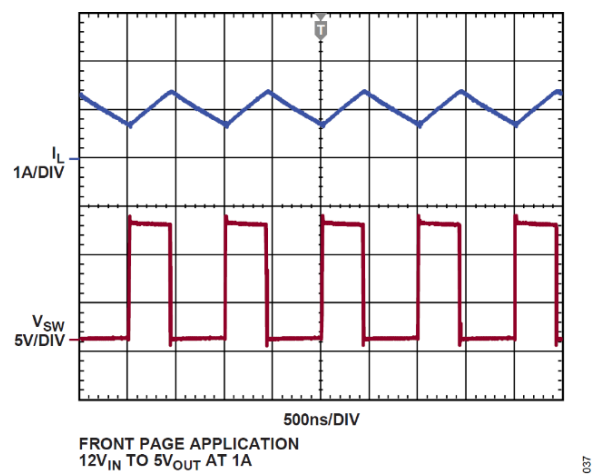


図 37. スイッチング波形、最大周波数での連続動作

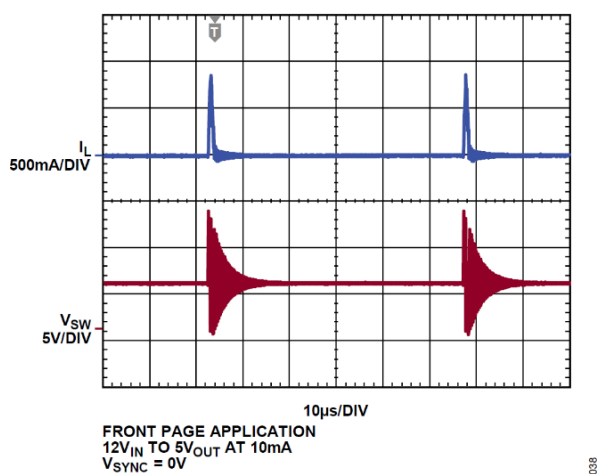


図 38. スイッチング波形、Burst Mode動作時

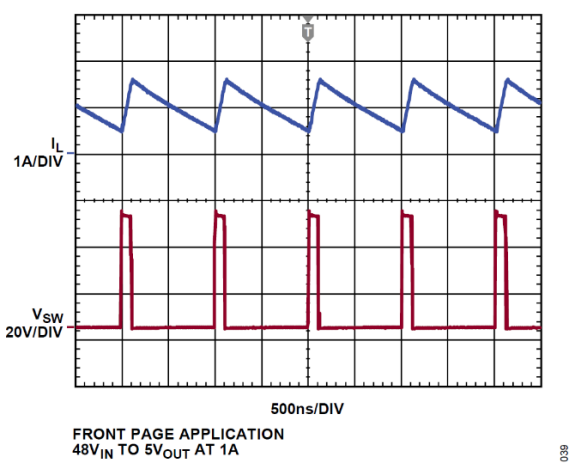
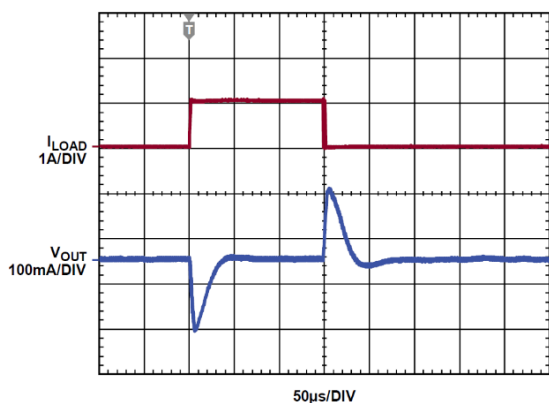


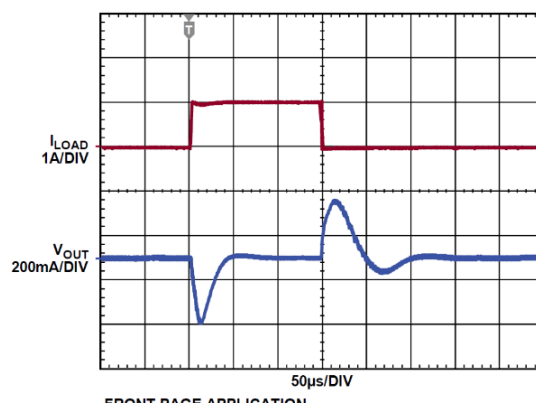
図 39. スイッチング波形

代表的な性能特性



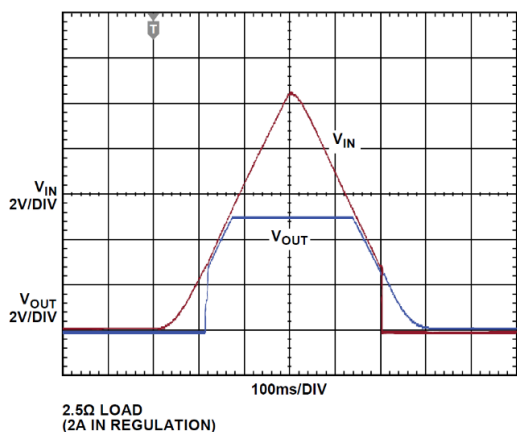
FRONT PAGE APPLICATION
1A TO 2A TRANSIENT
12V_{IN}, 5V_{OUT}
C_{OUT} = 47μF

図 40. 過渡応答：負荷電流が1Aから2Aにステップ状に変化



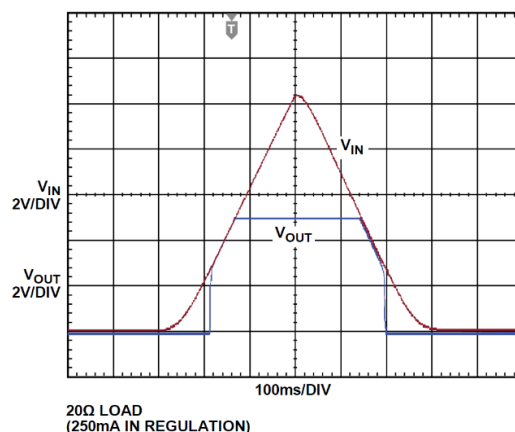
FRONT PAGE APPLICATION
300mA (BURST MODE OPERATION) TO
1.3A TRANSIENT
12V_{IN}, 5V_{OUT}
C_{OUT} = 47μF

図 41. 過渡応答：負荷電流が300mA（Burst Mode動作）から1.3Aにステップ状に変化



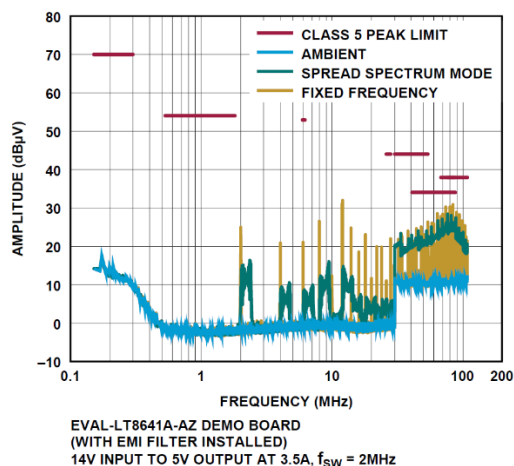
2.5Ω LOAD
(2A IN REGULATION)

図 42. 起動時のドロップアウト性能



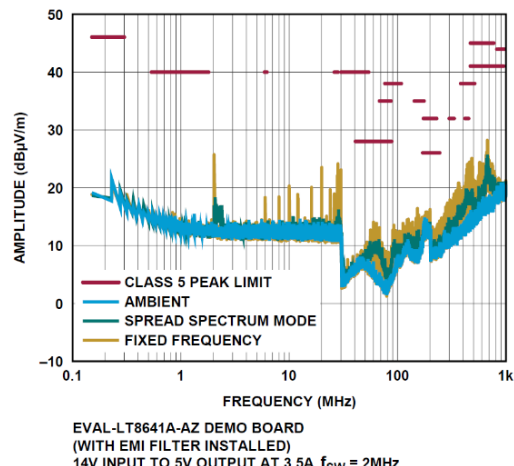
20Ω LOAD
(250mA IN REGULATION)

図 43. 起動時のドロップアウト性能



EVAL-LT8641A-AZ DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
14V INPUT TO 5V OUTPUT AT 3.5A, f_{SW} = 2MHz

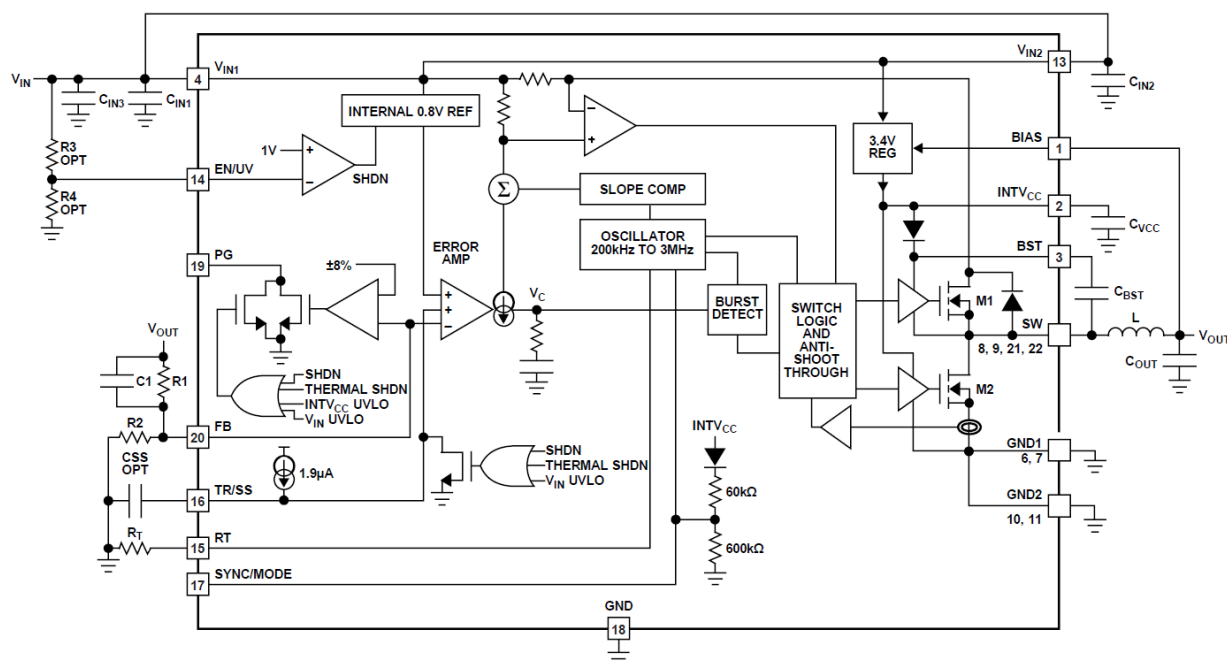
図 44. 伝導EMI性能



EVAL-LT8641A-AZ DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
14V INPUT TO 5V OUTPUT AT 3.5A, f_{SW} = 2MHz

図 45. 放射EMI性能
(CISPR25放射妨害波テスト、Class 5ピーク限界値)

ブロック図



動作原理

LT8641Aは、モノリシック、固定周波数の電流モード降圧DC/DCコンバータです。RTピンの抵抗を使って周波数を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ときのピーク・インダクタ電流は、内部VCノードの電圧によって制御されます。エラー・アンプは、VFBピンの電圧と0.81Vの内部リファレンスを比較することによって、VCノードをサーボ制御します。負荷電流が増加すると、帰還電圧はリファレンスと比較して低くなるので、エラー・アンプによってVCの電圧が上昇し、平均インダクタ電流が新たな負荷電流に釣り合うまで上昇し続けます。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5.8A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、LT8641Aはシャットダウンし、入力から流れ込む電流は0.75 μ 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、LT8641Aは軽負荷状態では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 μ 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 μ Aが消費されます。Burst Mode動作を使用するには、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・パルスは出力をレギュレーションするためにスキップされ、静止電流は数百 μ Aになります。SYNC/MODEピンをハイに接続すると、スペクトラム拡散変調を使用するパルススキッピング・モードにできます。

動作原理

LT8641A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、約+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、LT8641A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。

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3.1V以上の場合は、内部回路への電源電流をBIASピンから供給します。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。LT8641A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±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LT8641A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、インダクタ電流の制御に役立ちます。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時のみになります。

アプリケーション情報

低EMIのPCBレイアウト

LT8641A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。最適な性能を得るには、LT8641A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。

1 μ Fの小型コンデンサ2個を、できるだけLT8641Aに近付けて取り付けてください。一方のコンデンサを $V_{IN1}/GND1$ 、もう一方のコンデンサを $V_{IN2}/GND2$ に接続します。より大きな値の（2.2 μ F以上）3個目のコンデンサを、 V_{IN1} または V_{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46を参照してください。PCBレイアウトに関する詳細とPCB設計ファイルについては、LT8641Aのデモ・ボード・ガイドを参照してください。

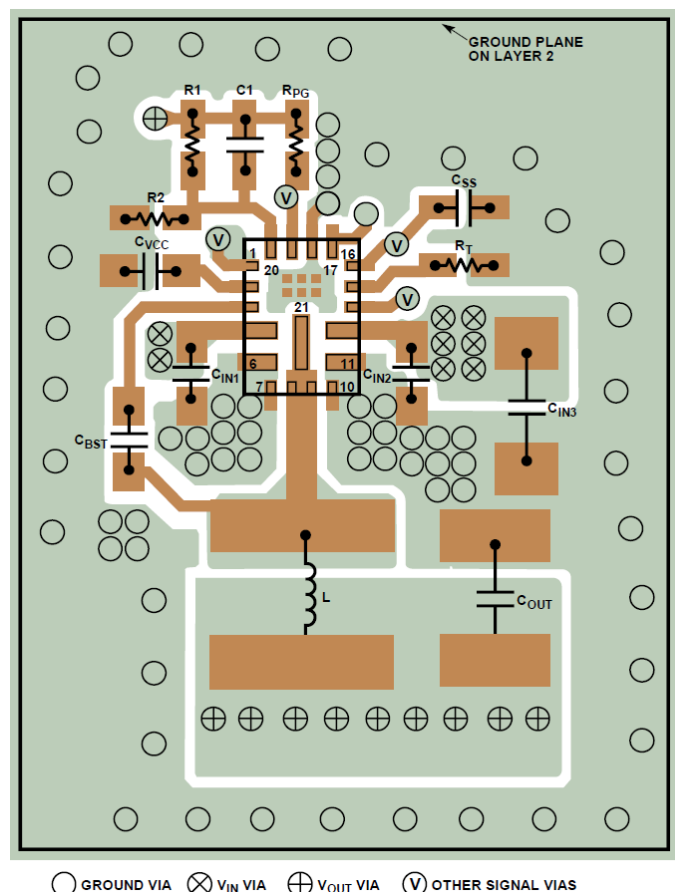


図 46. LT8641Aの推奨PCBレイアウト

LT8641Aの V_{IN1} 、 V_{IN2} 、 $GND1$ 、 $GND2$ の各ピン、および入力コンデンサ（ C_{IN1} 、 C_{IN2} ）には大きいスイッチ電流が流れるので注意が必要です。また、入力コンデンサによって形成されるループは、 $V_{IN1}/2$ ピンと $GND1/2$ ピンに隣接させてコンデンサを置くことにより、できるだけ小さくする必要があります。0603などのケース・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。局所的な切れ目のないグラウンド・プレーンを、表面層に最も近い層にあるアプリケーション回路の下に配置します。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。周囲温度に対する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SWにハンダ付けします。熱抵抗を小さく保つには、 $GND1$ および $GND2$ からのグラウンド・プレーンをできるだけ広くし、回路基板内および底面側の広くなったグラウンド・プレーンにサーマル・ビアを追加します。

アプリケーション情報

超低静止電流の達成

軽負荷時の効率を上げるために、LT8641A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、LT8641A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・モードでLT8641Aが消費する電流は1.7 μ 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47を参照）、LT8641Aがスリープ・モードになっている時間のパーセンテージは増加します。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、出力負荷がない代表的なアプリケーションでは、コンバータの静止電流が2.5 μ 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。

軽負荷時の効率を向上させるには、各パルス間でLT8641Aがより長くスリープ・モードに止まることができるように、Burst Mode動作時の小さい単一パルスで、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。これは値の大きいインダクタ（4.7 μ H）を使用することによって実現できますが、インダクタ選択時のスイッチング周波数とは別に考える必要があります。例えば、スイッチング周波数の高いアプリケーションでは、より低い値のインダクタを使用するのが通常ですが、軽負荷時の効率を上げたい場合は高い値のインダクタを選ぶ必要があります。代表的な性能特性のグラフを参照してください。

Burst Mode動作時は（図48に示すように）上側スイッチの電流制限値が約950mA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、それに応じて出力リップルは小さくなります。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47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。LT8641A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。

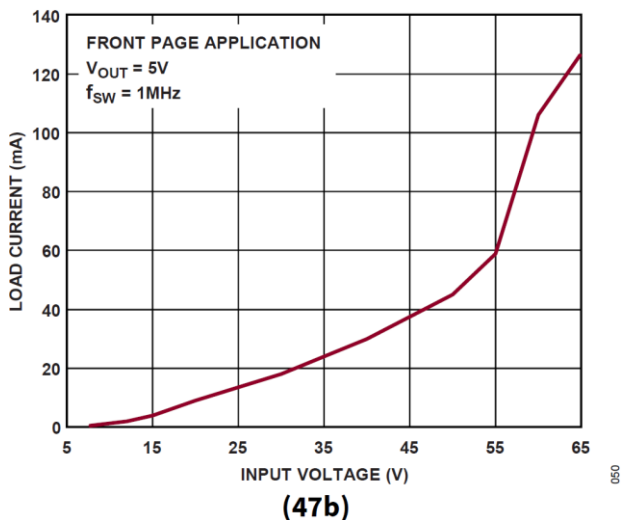
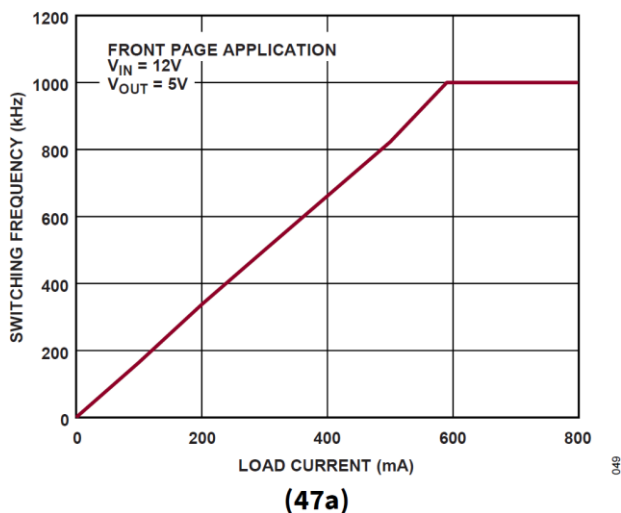


図 47. SW周波数と負荷情報の関係、47aはBurst Mode動作時、47bはパルススキッピング・モード時

アプリケーション情報

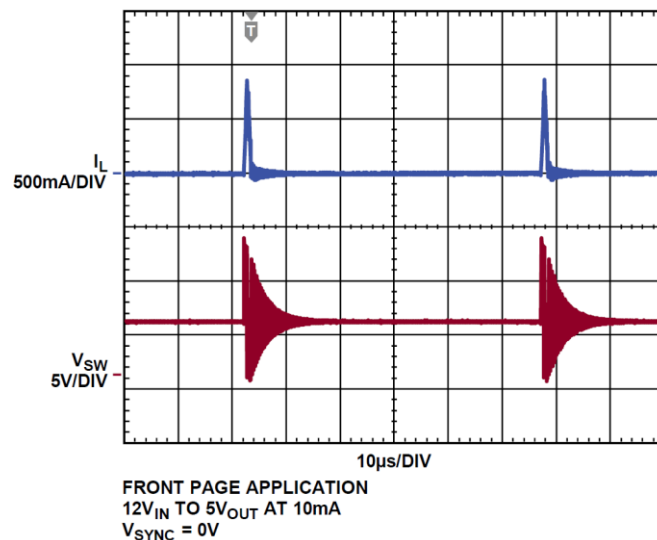


図 48. Burst Mode動作

アプリケーションによっては、LT8641A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つめは、クロックが常時作動していて、すべてのスイッチング・サイクルがこのクロックに同期していることです。このモードでは内部回路のほとんどが常時作動しているため、静止電流が数百μAまで増加します。2つめは、Burst Mode動作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（図47参照）。パルススキッピング・モードをイネーブルするには、SYNC/MODEピンをフローティング状態にします。SYNC/MODEピンにクロックを入力した場合も、LT8641Aはパルススキッピング・モードで動作します。

FBの抵抗ネットワーク

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。式1に従って抵抗値を選択します。

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{OUT}}{0.81V} - 1 \right) \quad (1)$$

式に使用されている記号については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は、1%の抵抗を推奨します。

アプリケーション情報

入力静止電流を低く抑え、良好な軽負荷時効率を得るためには、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。この電流は式2で近似できます。

$$I_Q = 1.7\mu\text{A} + \left(\frac{V_{\text{OUT}}}{R_1 + R_2}\right)\left(\frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}}}\right)\left(\frac{1}{n}\right) \quad (2)$$

ここで1.7μAはLT8641Aの静止電流です。第2項は帰還分圧器に流れる電流で、軽負荷時効率「n」での降圧動作の入力に反映されます。

3.3VのアプリケーションでR1 = 1MかつR2 = 324kのとき、帰還分圧器には2.5μAが流れます。VIN = 12Vでn = 85%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。式2は、無負荷時電流がVINの関数であることを示唆している点に注意してください。このグラフはセクションに示しています。

大きいFB抵抗を使用する場合は、4.7pF～22pFの進相コンデンサをVOUTとFBの間に接続してください。

スイッチング周波数の設定

LT8641A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～3MHzの範囲でスイッチングするように設定できます。目的のスイッチング周波数に必要なRTの値を表4に示します。

目的のスイッチング周波数に必要なRTの抵抗値は次式を使用して計算します。

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

ここでRTはkΩ単位です。また、fswは目的のスイッチング周波数で、単位はMHzです。

表 4. SW周波数とRT値の関係

f _{sw} (MHz)	RT (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
1.8	20.5
2.0	18.2
2.2	15.8
3.0	10.7

アプリケーション情報

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。高周波数動作の利点は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。

所定の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、 $V_{SW(TOP)}$ と $V_{SW(BOT)}$ は内部スイッチの電圧降下（最大負荷時でそれぞれ約0.4Vと約0.2V）、 $t_{ON(MIN)}$ は上側スイッチの最小オン時間です（仕様のセクションを参照）。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 の値に関係なく V_{IN} が65Vの絶対最大定格まで上昇する可能性があります、LT8641A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。

LT8641A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、LT8641A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 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、 $V_{SW(TOP)}$ と $V_{SW(BOT)}$ は内部スイッチの電圧降下（最大負荷時にそれぞれ約0.4V、約0.2V）、 f_{SW} は（ R_T によって設定された）スイッチング周波数、 $t_{OFF(MIN)}$ はスイッチの最小オフ時間です。スイッチング周波数が高くなると、最小入力電圧の値も高くなることに注意してください。入力電圧が最小値未満になると、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

LT8641A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。LT8641A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。

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

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0.15V）、 L はインダクタの値（μH）です。

過熱と効率の低下を回避するには、アプリケーションで予想される最大出力負荷よりも大きいRMS電流定格のインダクタを選択します。更に、（通常は I_{SAT} と表示される）インダクタの飽和電流定格は、負荷電流にインダクタのリプル電流の1/2を加算した値よりも大きくする必要があります。

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

アプリケーション情報

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、 $I_{LOAD(MAX)}$ はそのアプリケーションの最大出力負荷です。

簡単な例として、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 0.04Ω 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。

LT8641A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8.2Aですが、そこから直線的に減少して、 $DC = 0.8$ では6.4A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とする必要があります。この電流値は、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ピークのリップル電流は次式で計算できます。

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

ここで、 f_{SW} はLT8641A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、LT8641A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、インダクタのリップル電流が最大出力電流 ($I_{OUT(MAX)}$) に対して不十分な場合は、インダクタの値を大きくしなければならないことがあります。

軽負荷時の効率を向上させるには、各パルス間でLT8641Aがより長くスリープ・モードに止まることができるように、Burst Mode動作時の小さい単一パルスで、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。これは値の大きいインダクタ (4.7 μ H) を使用することによって実現できますが、インダクタ選択時のスイッチング周波数とは別に考える必要があります。例えば、スイッチング周波数の高いアプリケーションでは、より低い値のインダクタを使用するのが通常ですが、軽負荷時の効率を上げたい場合は大きい値のインダクタを選ぶ必要があります。代表的な性能特性のグラフを参照してください。

特定の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、LT8641Aを大きいリップル電流で動作させることが可能です。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。ただし、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。

$$L_{MIN} = \frac{V_{IN} \times (2 \times DC - 1)}{2.5 \times f_{SW}} \quad (10)$$

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。

アプリケーション情報

入力コンデンサ

最大限の性能を得るには、LT8641A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。0.1 μ Fの小さいセラミック・コンデンサ2個は、1つを V_{IN1} ピンとGND1ピンの間、もう1つを V_{IN2} ピンとGND2ピンの間に接続し、デバイスの近くに配置してください。これらのコンデンサのサイズは0402または0603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0402または0603コンデンサ2個を、LT8641Aの両側にある V_{IN1} ピン/GND1ピンおよび V_{IN2} ピン/GND2ピンの近くに配置します。

3個目の、2.2 μ F以上の大きいセラミック・コンデンサは、 V_{IN1} または V_{IN2} の近くに配置します。詳細については、[低EMIのPCBレイアウト](#)のセクションを参照してください。温度と入力電圧の変動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は、パターンまたはケーブルのインダクタンスと組み合わせ、高品質の（不足減衰の）タンク回路を形成します。LT8641A回路を通电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、LT8641A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（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、LT8641A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。この役割では、出力コンデンサが出力リップルを決定するので、スイッチング周波数でのインピーダンスが小さいことが重要です。2つめの役割は、トランジェントな負荷に対応してLT8641Aの制御ループを安定させるためにエネルギーを保存することです。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。適切な開始値については、[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。

X5RまたはX7Rタイプを用いると、低出力リップルで良好な過渡応答を実現できます。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。出力容量を大きくしても出力電圧リップルを低減できます。値の小さい出力コンデンサを使用するとスペースとコストが節約できますが、トランジェント性能が悪化し、ループ不安定の原因となる可能性があります。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。

コンデンサを選ぶときは、そのデータシートを十分に吟味し、電圧バイアスや温度など関係する動作条件に基づいて、効果的な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、より高い電圧定格のコンデンサが必要です。

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が非常に小さいコンデンサです。ただし、セラミック・コンデンサには圧電特性があるため、LT8641Aに使用すると問題を引き起こすことがあります。Burst Mode動作時のLT8641Aのスイッチング周波数は、負荷電流に依存します。また、負荷が非常に小さい場合は、LT8641Aがセラミック・コンデンサを可聴周波数で発振させて、可聴ノイズを発生することがあります。Burst Mode時のLT8641A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・コンデンサか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、LT8641A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。LT8641Aの回路を通电中の電源に接続すると、入力電圧にリングングが生じ、この電圧が公称値の2倍になってLT8641A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（アプリケーション・ノート88を参照）。

アプリケーション情報

イネーブル・ピン

LT8641A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}が目的の電圧を超えた場合のみ出力をレギュレーションするようにLT8641Aを設定できます（ブロック図を参照）。通常、この閾値V_{IN(EN)}は、入力電源の電流が制限されている場合や、入力電源のソース抵抗が比較的高い場合に使われます。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。これは電源からは負の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、電源の電流が制限されたり、ローにラッチされたりすることがあります。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、V_{IN}がV_{IN(EN)}より高くなるまでLT8641Aはオフのままです。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)}よりわずかに低くなるまでスイッチングは停止しません。

軽負荷電流のBurst Mode動作時には、V_{IN(EN)}抵抗ネットワークを流れる電流がLT8641Aの消費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

内蔵の低ドロップアウト（LDO）レギュレータは、V_{IN}から3.4Vの電源を生成し、ドライバと内部バイアス回路に電力を供給します。INTV_{CC}は、LT8641Aの回路に十分な電流を供給できますが、1μF以上のセラミック・コンデンサを使用してグラウンドにバイパスする必要があります。パワーMOSFETゲート・ドライバが必要とする大きなトランジェント電流を供給するには、良好なバイパスが必要です。効率を向上させるために、BIASピンの電圧が3.1V以上の場合は、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LT8641Aの出力、または3.3V以上の外部電源に接続できます。BIASピンをV_{OUT}以外の電源に接続する場合は、デバイスの近くにセラミック・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}から流れ込む電流を消費します。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。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

LT8641A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。内部の2μA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、入力電源の電流サージを防ぐために出力をソフトスタートさせることができます。ソフトスタートによる電圧上昇時には、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ピンの電圧が0V～0.81Vの範囲では、TR/SSピンの電圧がエラー・アンプへの0.81Vの内部リファレンス入力をオーバーライドするので、FBピンの電圧はTR/SSピンの電圧になるようにレギュレーションされます。TR/SSが0.81Vを超えると、トラッキングはディスエーブルされ、帰還電圧は内部リファレンス電圧にレギュレーションされます。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なプルダウン回路が接続されており、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、フォルト状態が解消されると電圧の上昇を再開します。ソフトスタート・コンデンサをクリアするようなフォルト状態になるのは、EN/UVピンがローに遷移した場合、V_{IN}電圧が低くなりすぎた場合、またはサーマル・シャットダウンが発生した場合です。

アプリケーション情報

出力パワー・グッド

LT8641A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PGピンが高インピーダンスになって、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。

PGピンは以下のフォルト状態でも自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。

同期とスペクトラム拡散

低リップルのBurst Mode動作を選択するには、SYNC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・ロー出力のいずれかでもかまいません）。LT8641Aの発振器を外部周波数に同期させるには、（デューティ・サイクルが20%～80%の）方形波をSYNCピンに接続します。方形波の振幅には、0.4Vより低い谷と1.5Vより高い山（最大6V）が必要です。

LT8641Aは、外部クロックに同期しているときは低出力負荷時にBurst Mode動作に入りませんが、代わりにパルススキップしてレギュレーションを維持します。LT8641Aは200kHz～3MHzの範囲で同期できます。R_T抵抗は、LT8641Aのスイッチング周波数が最小同期入力以下となるように選びます。例えば、同期信号が500kHz以上の場合、500kHzとなるR_Tを選択します。スロープ補償はR_T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。同期周波数によってインダクタ電流波形のスロープが変化するわけではないため、インダクタが、R_Tで設定される周波数での低調波発振を防ぐのに十分な大きさであれば、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。

アプリケーションによっては、LT8641A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つめは、クロックが常時作動していて、すべてのスイッチング・サイクルがこのクロックに同期していることです。2つめは、Burst Mode動作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。これら2つの違いが生じる代償として、静止電流が増加します。パルススキッピング・モードを有効化するには、SYNC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 μ 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については**ブロック図**を参照してください。

LT8641A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、スイッチ周波数を変化させます。変調周波数は約3kHzです。例えば、LT8641A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動作は無効になり、デバイスはパルススキッピング・モードで動作します。

LT8641Aは、SYNC信号にかかわらず、強制連続モードでは動作しません。

短絡保護と逆入力保護

LT8641A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つめ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つめは下側スイッチの電流モニターで、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、LT8641A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のみスイッチング速度を低下させます。

アプリケーション情報

LT8641A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LT8641A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、LT8641A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 μA 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0.75 μA 近くまで減少します。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、LT8641A内部の寄生ボディ・ダイオードに電流が流れ、デバイスを損傷する可能性があります。図49に示すように V_{IN} ピンとEN/UVピンを接続すれば、LT8641Aは入力電圧が加わっているときにのみ動作し、短絡入力や逆入力に対して保護されます。

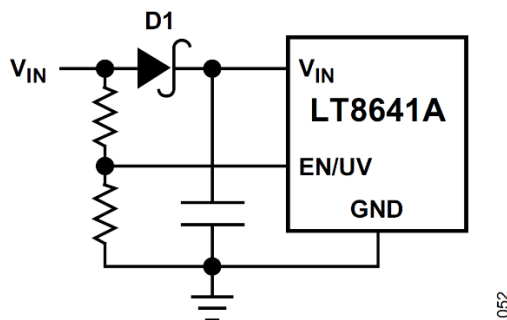


図 49. 逆 V_{IN} 保護

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、LT8641A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します。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LT8641A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、最大負荷電流をディレーティングする必要があります。LT8641A内での消費電力は、効率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、LT8641A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します。

内蔵の過熱保護回路がLT8641A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160°Cに達するとLT8641Aはスイッチング動作を停止し、温度が約1°C低下するまでフォルト状態を示します。

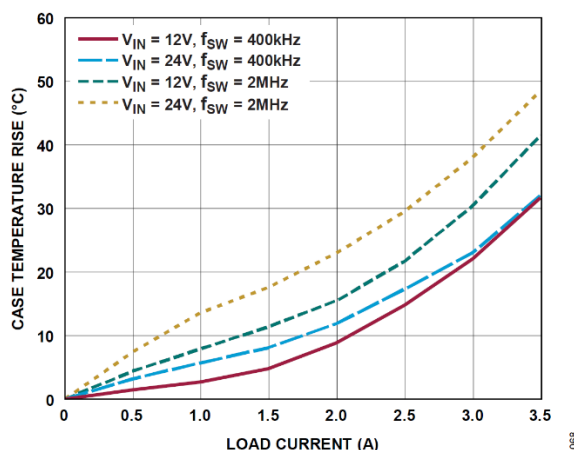


図 50. ケース温度の上昇

アプリケーション情報

LT8641A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50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。

LT8641Aの内部パワー・スイッチは、最大5A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、5Aの負荷を扱うことができるのは短時間に止まります。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5A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51に示します。

LT8641A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。このため、特定のアプリケーションでLT8641Aが供給できるピーク出力電流も制限されます。代表的な性能特性のグラフを参照してください。

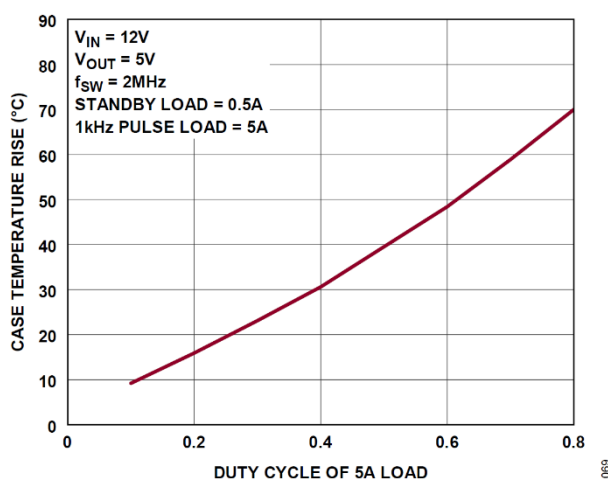


図 51. ケースの温度上昇と5Aパルス負荷の関係

代表的なアプリケーション回路

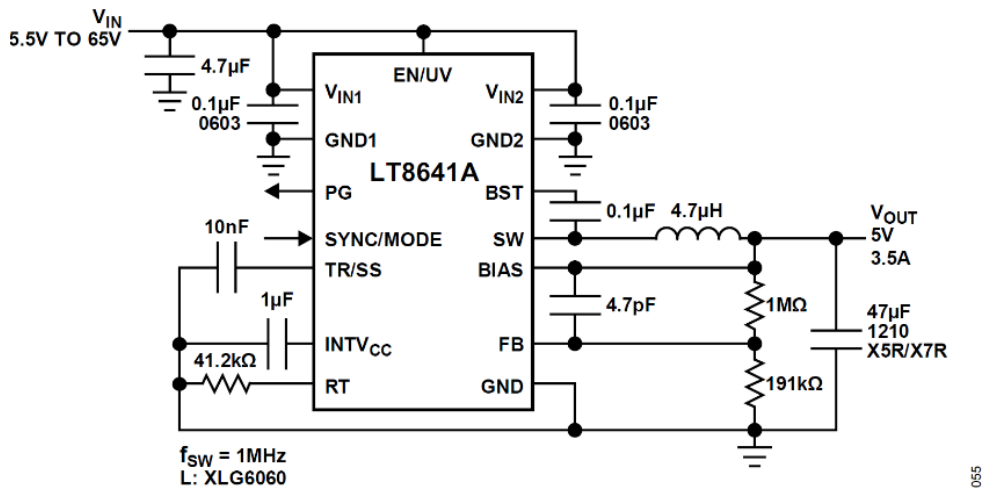


図 52. 5V/3.5A降圧コンバータ

055

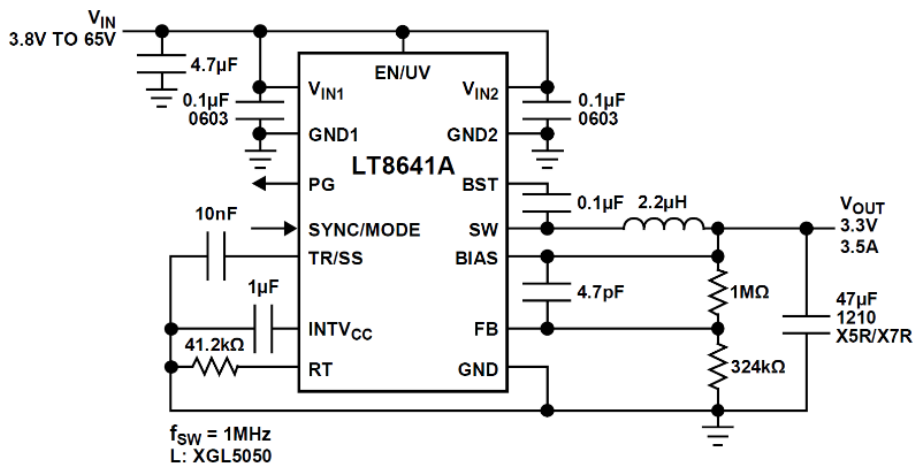


図 53. 3.3V/3.5A降圧コンバータ

056

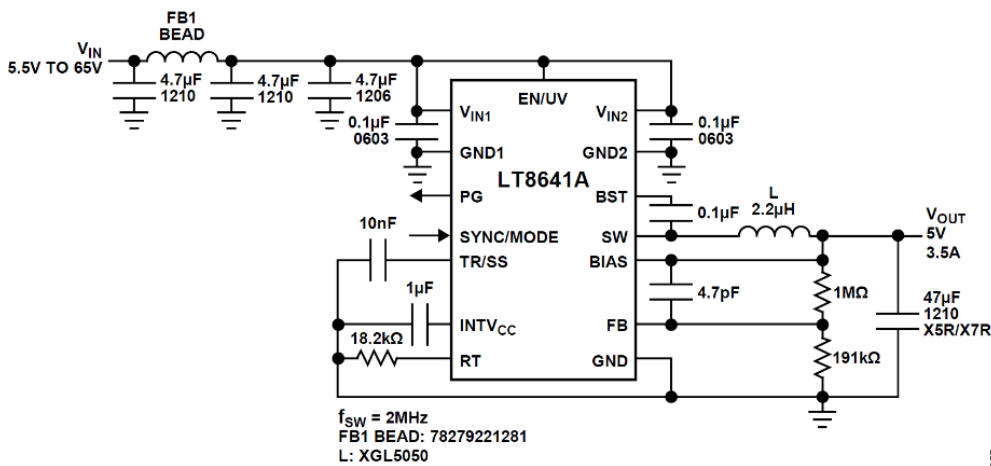


図 54. 超低EMI、5V/3.5A降圧コンバータ

057

代表的なアプリケーション回路

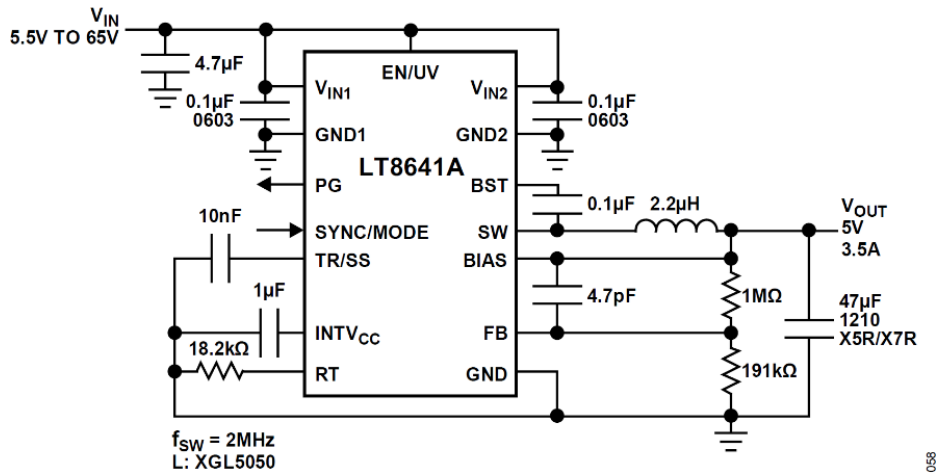


図 55. 2MHz、5V/3.5A降圧コンバータ

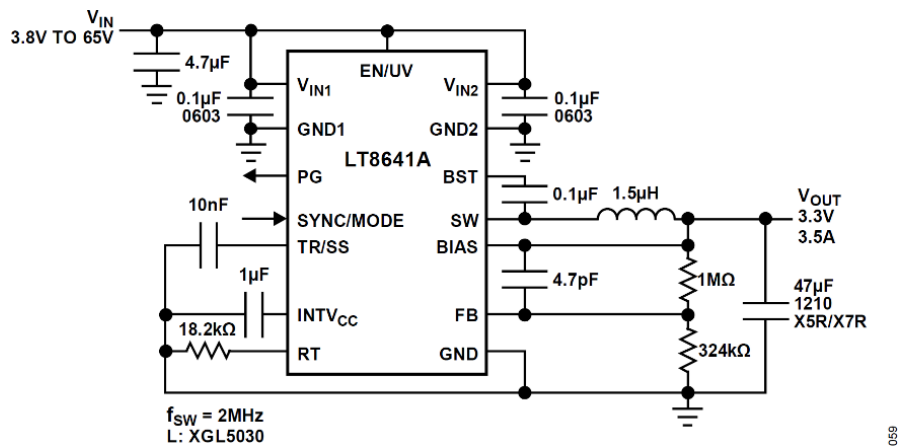


図 56. 2MHz、3.3V/3.5A降圧コンバータ

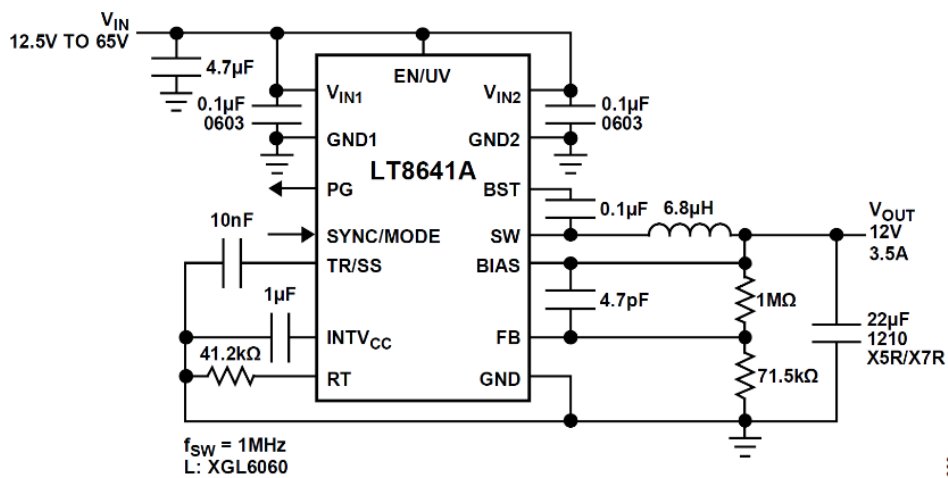


図 57. 12V/3.5A降圧コンバータ

代表的なアプリケーション回路

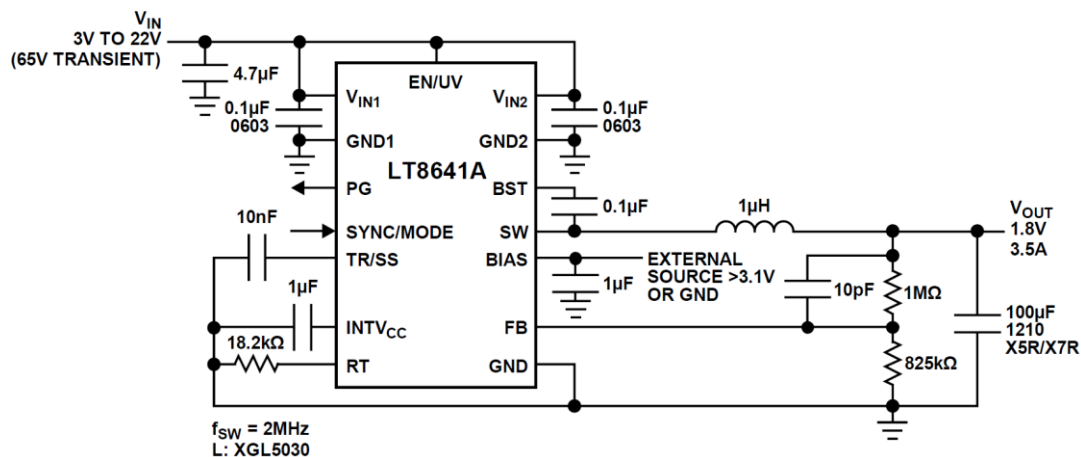


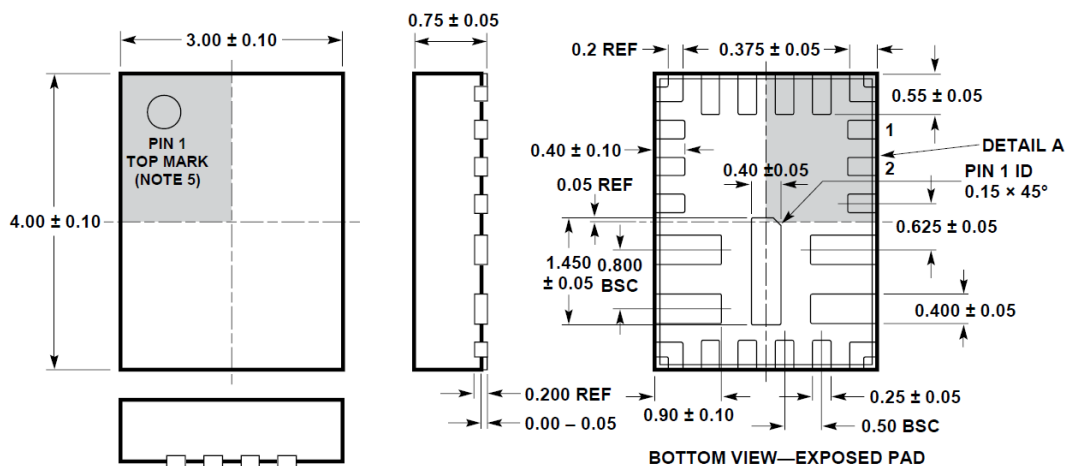
図 58. 2MHz、1.8V/3.5A降圧コンバータ

UDCMパッケージ

20 (18) ピン・プラスチック・サイド・ウェットブルQFN (3mm × 4mm)

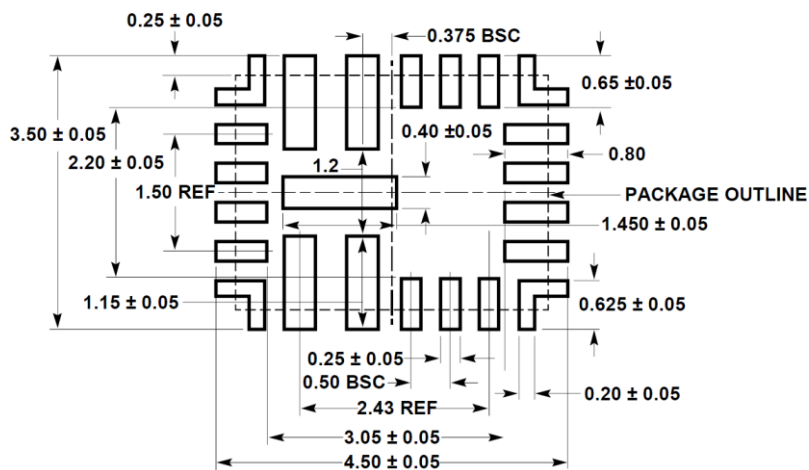
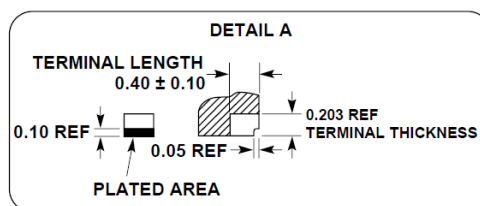
(リファレンス LTC DWG # 05-08-7030 Rev A)

露出パッド・バリエーションAA



NOTE:

1. DRAWING IS NOT A JEDEC PACKAGE OUTLINE
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
5. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS
APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED

図 59. パッケージ図

オーダー・ガイド

表 5. オーダー・ガイド

鉛フリー仕上げ	テープ&リール	製品マーキング*	パッケージの説明	温度
LT8641ARUDCM#PBF	LT8641ARUDCM#TRPBF	LHTC	18ピン (3mm × 4mm) プラスチックQFN	−40°C to 150°C
オートモーティブ製品**				
LT8641ARUDCM#WPBF	LT8641ARUDCM#WTRPBF	LHTC	18ピン (3mm × 4mm) プラスチックQFN	−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。

テープ&リールの仕様。一部のパッケージは指定された販売チャンネルを通じて500個単位のリールで供給され、製品番号末尾に「#TRMPBF」という記号が付いています。

**このデバイスの各バージョンは、オートモーティブ・アプリケーションの品質と信頼性の条件に対応するよう管理された製造工程により提供されています。これらのモデルは「#W」という末尾記号で指定されます。オートモーティブ・アプリケーション向けには、上記のオートモーティブ・グレード製品のみを提供しています。特定製品のオーダー情報や、これらのモデルの具体的な自動車信頼性レポートについては、アナログ・デバイセズの販売代理店にご相談ください。

関連部品

表 6. 関連部品

デバイス	説明	コメント
LT8641	静止電流2.5μAの65V、3.5A同期整流式降圧Silent Switcher	$V_{IN(MIN)} = 3V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 65V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm × 4mm QFN-18
LT8640A	静止電流2.5μAの42V、5A/8Aピーク同期整流式降圧Silent Switcher	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm × 4mm QFN-18
LT8645S/ LT8646S	静止電流2.5μAの65V、8A同期整流式降圧Silent Switcher 2	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 65V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、6mm × 4mm LQFN-32
LT8618	高効率65V/100mA同期整流式降圧レギュレータ	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 65V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.778V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} = 1\mu A$ 、2mm × 2mm LQFN-12、3mm × 2mm DFN-10
LT8620	$I_Q = 2.5\mu A$ の65V、2A、効率94%、2.2MHzの同期整流式MicroPower降圧DC/DCコンバータ	$V_{IN(MIN)} = 3.4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 65V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、MSOP-16E、3mm × 5mm QFN-24
LT8608/ LT8608B	静止電流2.5μAの42V、1.5A同期整流式降圧レギュレータ	$V_{IN(MIN)} = 3.2V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.778V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} = 1\mu A$ 、MSOP-10E、2mm × 2mm DFN-8
LT8609/ LT8609A	$I_Q = 2.5\mu A$ の42V、3A、効率94%、2.2MHzの同期整流式MicroPower降圧DC/DCコンバータ	$V_{IN(MIN)} = 3V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42V$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、MSOP-10E、3mm × 3mm DFN-10



この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。
この正誤表は、2023 年 11 月 20 日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日： 2013 年 11 月 20 日

製品名：LT8641A

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev. 0

訂正箇所：

P.22

英文データシートの上から 9 行目に、this is plotted in the section.と記述があります。
このうち the section は間違いで、正しくは figure 16 となります。

日本語データシートの当該部分は英語の原文に合わせて、「これはセクションにプロットされています」と訳しておりますが、「これは図 16 にプロットされています」と読み替えてください。

P.28

英文データシートの Thermal Consideration and Peak Output Current の下から 2 行目の部分で、the temperature drops about 1°C cooler.と記述があります。このうち 1°C は間違いで、正しくは 10°C となります。

日本語データシートの当該部分は英語の原文に合わせて、「1°C」と訳しておりますが、「10°C」と読み替えてください。

P.35

英文データシート、当該ページ一番下の ALL INFORMATION で始まるコピーライトの説明は、データシートの通常のフォーマットどおり、P.1 のフッタに記載しております。そのため、この最終ページのこの部分は空白となります。