

静止電流が2.5μAの 42V、5A/8A ピーク同期整流式降圧 Silent Switcher

特長

- Silent Switcher® (サイレント・スイッチャ)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96%の効率(12VIN、5VOUT)
 - 2MHzで最大95%の効率(12VIN、5VOUT)
- 広い入力電圧範囲:3.4V~42V
- 最大連続出力5A、ピーク・トランジェント出力8A
- 超低静止電流のBurst Mode®動作
 - Iq = 2.5μAで12VINから3.3VOUTへのレギュレーション
 - 出力リップル < 10mVp-p
- 高速最小スイッチオン時間:30ns
- すべての条件下で低ドロップアウト:100mV(1A時)
- 3.3Vの固定出力で使用可能
- 強制連続モード
- 逆方向の大電流にも安全に対応可能
- 調整と同期が可能:200kHz~3MHz
- 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
- ハンダ接合の信頼性が向上した小型18ピン3mm × 4mm 側面ハンダ付け可能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

概要

LT®8640A同期整流式レギュレータは、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に設計された、Silent Switcherアーキテクチャを採用しています。出力が完全にレギュレーションされた状態で2.5μAという超低静止電流であるため、微小負荷電流で最高の効率が要求されるアプリケーションが実現できます。

LT8640Aは、トップ・スイッチの最小オン時間が30nsという高い速度で、高いVINから低いVOUTに変換できます。SYNC/MODEピンにより、Burst Mode動作、スペクトラム拡散モード、外部クロックへの同期、強制連続モードの選択が可能です。

	PACKAGE	SYNC/MODE #0	Vc COMP	150°C GRADE	INTERNAL CAPS	OUTPUT (PEAK)
LT8640A	QFN	FCM	Internal	Yes	No	5A (8A)
LT8640	QFN	Pulse-Skipping	Internal	Yes	No	5A (7A)
LT8640-1	QFN	FCM	Internal	Yes	No	5A (7A)
LT8640S	LQFN	FCM	Internal	No	Yes	6A (7A)
LT8643S	LQFN	FCM	External	No	Yes	6A (7A)
LT8640S-2	LQFN	FCM	Internal	Yes	No	6A (7A)
LT8643S-2	LQFN	FCM	External	Yes	No	6A (7A)

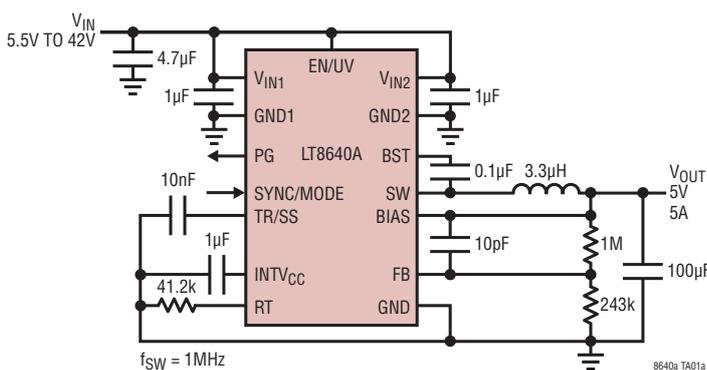
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。第8823345号を含む米国特許により保護されています。

アプリケーション

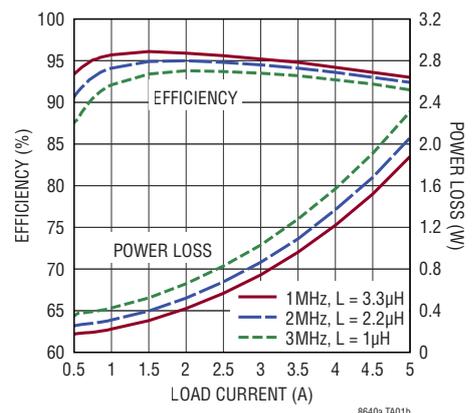
- オートモーティブ用および工業用電源
- 汎用降圧

標準的応用例

5V/5A降圧コンバータ



12VIN/5VOUTの効率



LT8640A

絶対最大定格

(Note 1)

V_{IN} , EN/UV, PG.....	42V
BIAS	25V
FB, TR/SS.....	4V
SYNC/MODE、 V_{OUT} 電圧	6V

動作ジャンクション温度範囲 (Note 2)

LT8640AJ	-40°C~150°C
保管温度範囲	-65~150°C

ピン配置

<p>LT8640A</p> <p style="text-align: center;">TOP VIEW</p> <p style="text-align: center;">UDCM PACKAGE 18-LEAD (3mm × 4mm) PLASTIC QFN</p> <p>DEMO BOARD: $\theta_{JA} = 29^{\circ}\text{C/W}$, $\psi_{JT} = 0.5^{\circ}\text{C/W}$ JEDEC BOARD: $\theta_{JcTop} = 39.5^{\circ}\text{C/W}$, $\theta_{JcBottom} = 5.4^{\circ}\text{C/W}$ (Note 3) EXPOSED PAD (PIN 21) IS SW, SHOULD BE SOLDERED TO PCB NOTE: PINS 5 AND 12 ARE REMOVED. CONFIGURATION DOES NOT MATCH JEDEC 20-LEAD PACKAGE OUTLINE</p>	<p>LT8640A-3.3</p> <p style="text-align: center;">TOP VIEW</p> <p style="text-align: center;">UDCM PACKAGE 18-LEAD (3mm × 4mm) PLASTIC QFN</p> <p>DEMO BOARD: $\theta_{JA} = 29^{\circ}\text{C/W}$, $\psi_{JT} = 0.5^{\circ}\text{C/W}$ JEDEC BOARD: $\theta_{JcTop} = 39.5^{\circ}\text{C/W}$, $\theta_{JcBottom} = 5.4^{\circ}\text{C/W}$ (Note 3) EXPOSED PAD (PIN 21) IS SW, SHOULD BE SOLDERED TO PCB NOTE: PINS 5 AND 12 ARE REMOVED. CONFIGURATION DOES NOT MATCH JEDEC 20-LEAD PACKAGE OUTLINE</p>
---	---

発注情報

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	温度範囲
LT8640AJUDCM#PBF	LT8640AJUDCM#TRPBF	LHMK	18ピン(3mm×4mm)プラスチック側面ハンダ付け可能QFN	-40°C~150°C
LT8640AJUDCM-3.3#PBF	LT8640AJUDCM-3.3#TRPBF	LHQQ	18ピン(3mm×4mm)プラスチック側面ハンダ付け可能QFN	-40°C~150°C
A オートモーティブ製品**				
LT8640AJUDCM#WPBF	LT8640AJUDCM#WTRPBF	LHMK	18ピン(3mm×4mm)プラスチック側面ハンダ付け可能QFN	-40°C~150°C
LT8640AJUDCM-3.3#WPBF	LT8640AJUDCM-3.3#WTRPBF	LHQQ	18ピン(3mm×4mm)プラスチック側面ハンダ付け可能QFN	-40°C~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」というサフィックスで指定されます。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とこれらのモデル固有のオートモーティブ信頼性レポートについては、最寄りのアナログ・デバイスまでお問い合わせください。

電気的特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Input Voltage		●		2.9	3.4	V
V_{IN} Quiescent Current In Shutdown	$V_{EN/UV} = 0V, V_{IN} = 12V$	●		0.75 0.75	3 10	μA μA
V_{IN} Quiescent Current In Sleep	$V_{EN/UV} = 2V, \text{Not Switching}, V_{SYNC} = 0V, V_{IN} = 6V$	●		1.7 1.7	4 10	μA μA
LT8640A Feedback Reference Voltage	$V_{IN} = 6V, I_{LOAD} = 0.5A$ $V_{IN} = 6V, I_{LOAD} = 0.5A$	●	0.964 0.958	0.970 0.970	0.976 0.982	V V
LT8640A-3.3 Output Reference Voltage	$V_{IN} = 6V, I_{LOAD} = 0.5A$ $V_{IN} = 6V, I_{LOAD} = 0.5A$	●	3.28 3.25	3.3 3.3	3.32 3.35	V V
Reference Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4.0V \text{ to } 36V$	●		0.004	0.02	%/V
LT8640A Feedback Pin Input Current	$V_{FB} = 1V$		-20		20	nA
BIAS Pin Current Consumption	$V_{BIAS} = 3.3V, f_{SW} = 2\text{MHz}$			11		mA
Minimum On-Time	$I_{LOAD} = 1.5A, SYNC = 0V$ $I_{LOAD} = 1.5A, SYNC = 2V$	● ●		35 30	50 50	ns ns
Minimum Off-Time				80	110	ns
Oscillator Frequency	$R_T = 221k$ $R_T = 60.4k$ $R_T = 18.2k$	● ● ●	180 665 1.8	210 700 1.95	240 735 2.1	kHz kHz MHz
Top Power NMOS On-Resistance	$I_{SW} = 1A$			67		m Ω
Top Power NMOS Current Limit		●	9	12	15	A
Bottom Power NMOS On-Resistance	$V_{INTVCC} = 3.4V, I_{SW} = 1A$			28		m Ω
SW Leakage Current	$V_{IN} = 42V, V_{SW} = 0V, 42V$		-3		3	μA
EN/UV Pin Threshold	EN/UV Rising	●	0.94	1.0	1.06	V
EN/UV Pin Hysteresis				40		mV
EN/UV Pin Current	$V_{EN/UV} = 2V$		-20		20	nA
PG Upper Threshold Offset from V_{FB} or V_{OUT}	V_{FB} or V_{OUT} Falling	●	5	7.5	10.25	%
PG Lower Threshold Offset from V_{FB} or V_{OUT}	V_{FB} or V_{OUT} Rising	●	-10.75	-8	-5.25	%
PG Hysteresis				0.3		%
PG Leakage	$V_{PG} = 3.3V$		-40		40	nA
PG Pull-Down Resistance	$V_{PG} = 0.1V$	●		700	2000	Ω
SYNC/MODE Threshold	SYNC/MODE DC and Clock Low Level Voltage SYNC/MODE Clock High Level Voltage SYNC/MODE DC High Level Voltage	● ● ●	0.7 2.2	 	 1.5 2.9	V V V

電気的特性

- は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Spread Spectrum Modulation Frequency Range	$R_T = 60.4\text{k}$, $V_{\text{SYNC}} = 3.3\text{V}$		22		%
Spread Spectrum Modulation Frequency	$V_{\text{SYNC}} = 3.3\text{V}$		3		kHz
TR/SS Source Current		● 1.2	1.9	2.6	μA
TR/SS Pull-Down Resistance	Fault Condition, TR/SS = 0.1V		200		Ω
V_{IN} to Disable Forced Continuous Mode	V_{IN} Rising	35	37	39	V

Note 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。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。

Note 2: LT8640AJは -40°C ~ 150°C の全動作ジャンクション温度範囲での動作が確保されています。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。このような寿命の低下は 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(P_D , ワット)から計算します。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$$

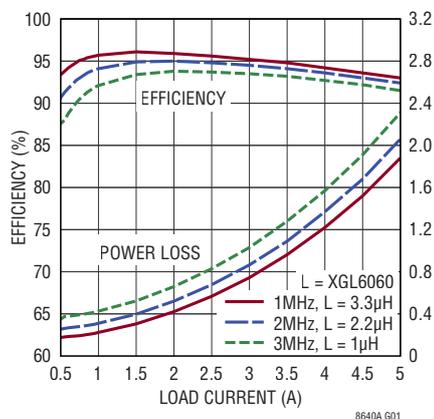
ここで、 θ_{JA} ($^\circ\text{C}/\text{W}$)はパッケージの熱抵抗です。

Note 3: JEDECボードの θ 値は、JESD51の条件に従って定められます。デモ・ボードの θ 値は、デモ・ボードを使用して求められます。熱抵抗の改善と、代表的な動作条件下におけるデモ・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。

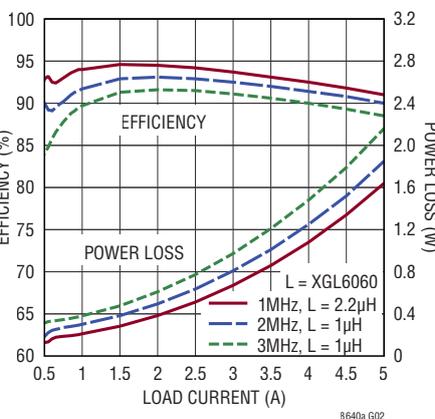
Note 4: このICは、過負荷状態時にデバイスを保護するための過熱保護機能を備えています。過熱保護機能が作動した場合、ジャンクション温度は 150°C を超えています。仕様規定された最大動作ジャンクション温度を超えてデバイスを連続動作させると、寿命が短くなります。

代表的な性能特性

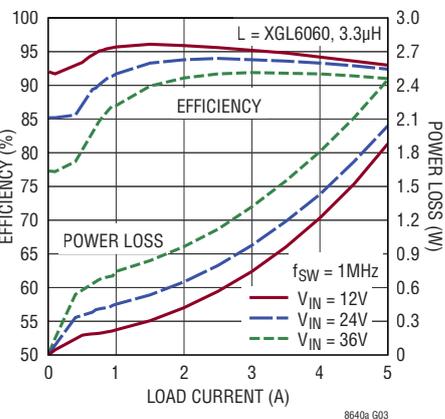
効率と周波数の関係
12VIN、5VOUT



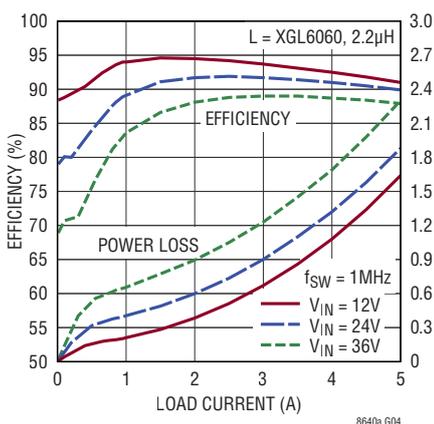
効率と周波数の関係
12VIN、3.3VOUT



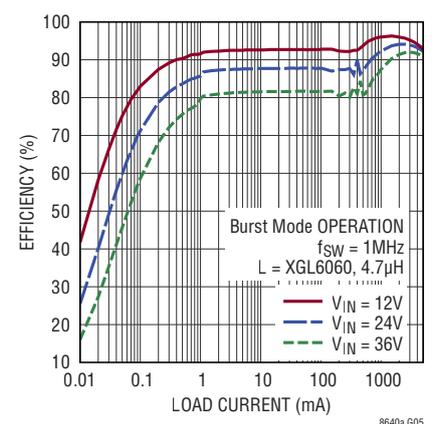
効率、5VOUT時



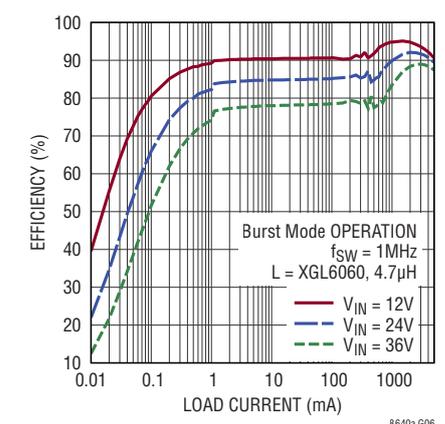
効率、3.3VOUT時



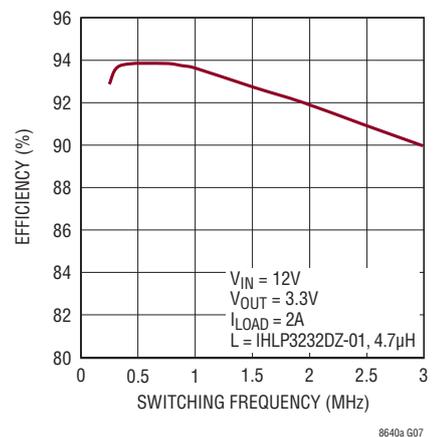
低負荷時の効率、5VOUT



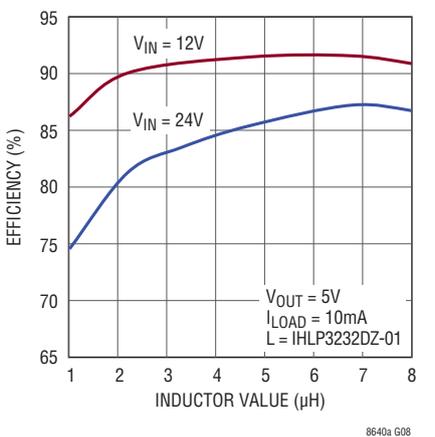
低負荷時の効率、3.3VOUT



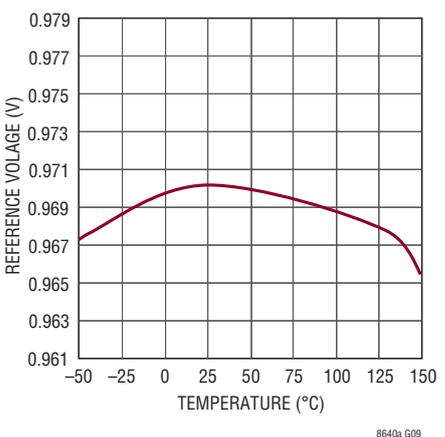
効率と周波数の関係



Burst Modeの動作効率と
インダクタ値の関係

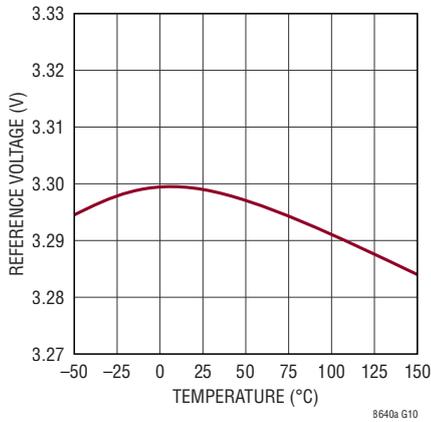


LT8640A 帰還リファレンス電圧

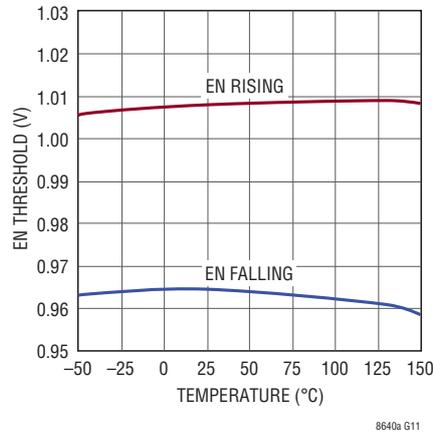


代表的な性能特性

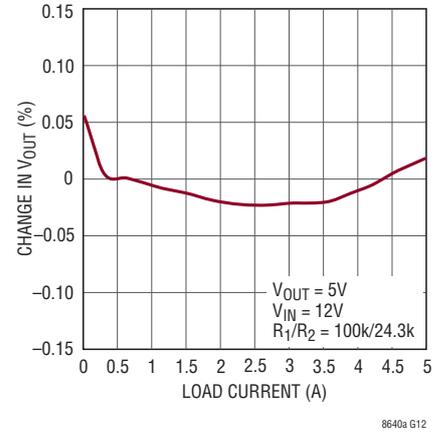
LT8640A-3.3出力
リファレンス電圧



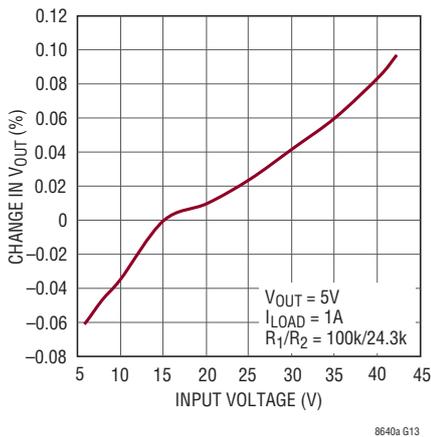
ENピン閾値



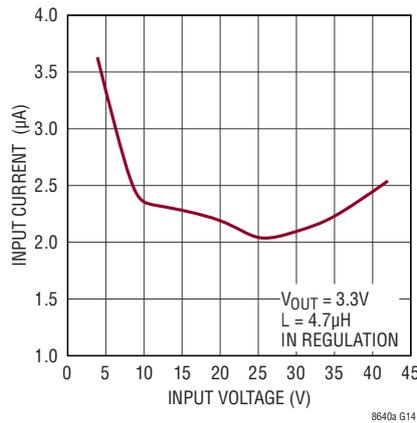
負荷レギュレーション



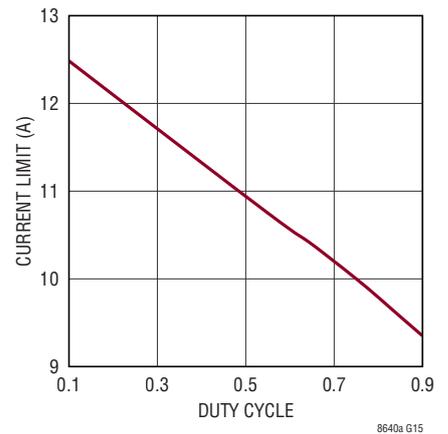
ラインレギュレーション



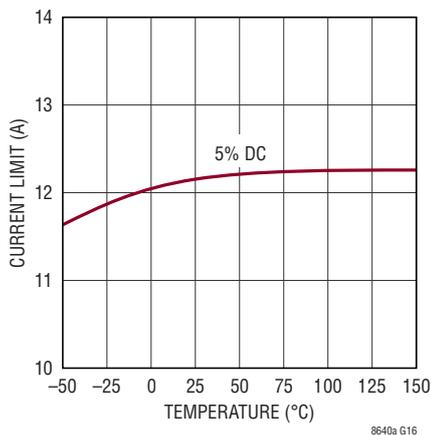
LT8640Aの無負荷時の電源電流



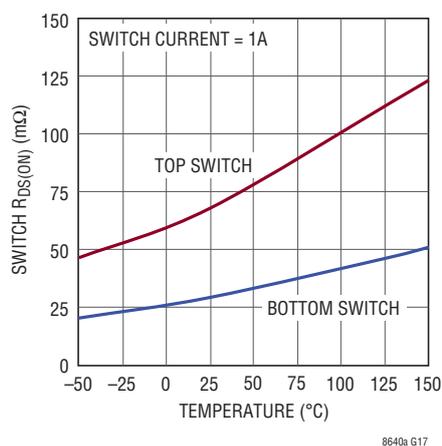
上側FET電流制限値とデューティ・
サイクルの関係



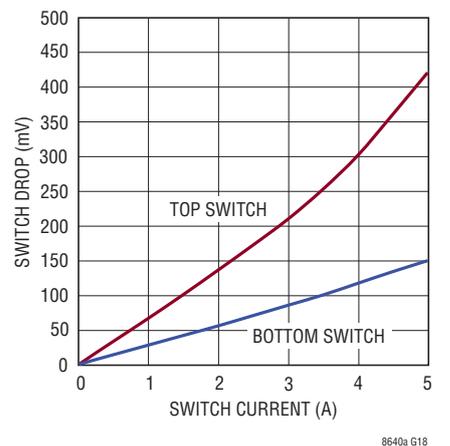
上側FETの電流制限値



スイッチのR_{DS(ON)}と温度の関係

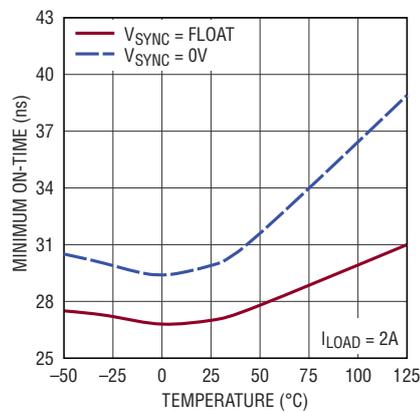


スイッチの電圧降下と
スイッチ電流の関係

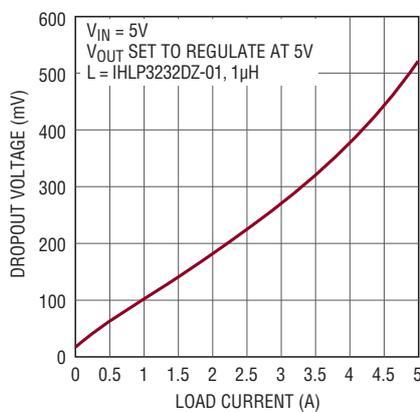


代表的な性能特性

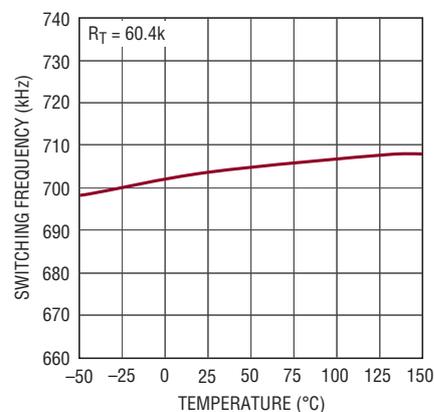
最小オン時間



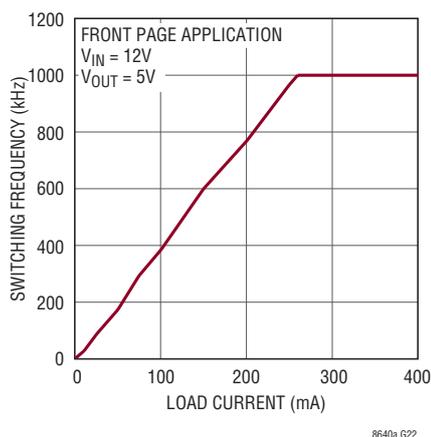
ドロップアウト電圧



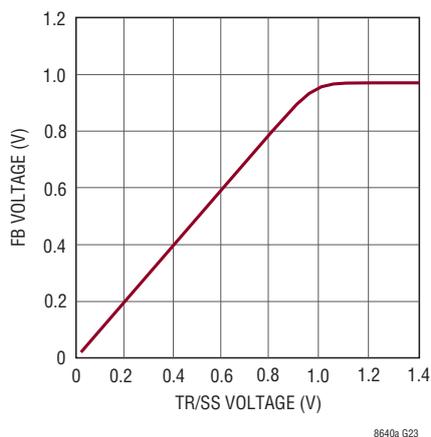
スイッチング周波数



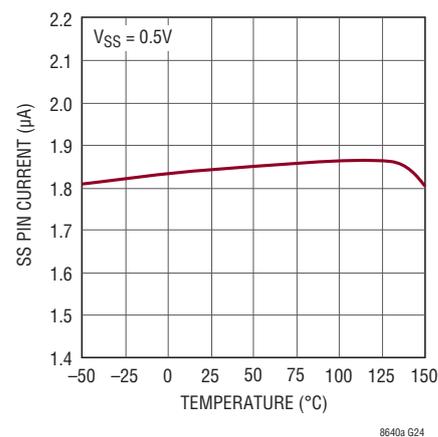
バースト周波数



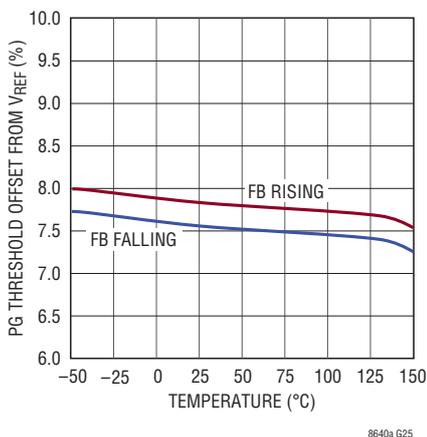
ソフトスタート・トラッキング



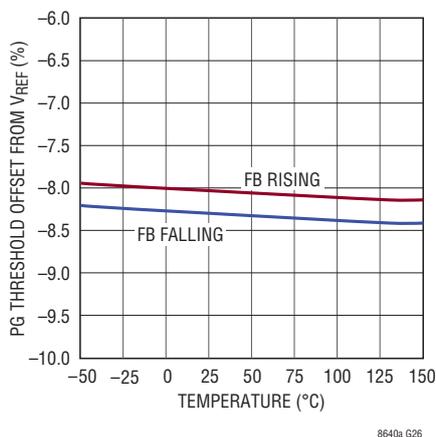
ソフトスタート電流



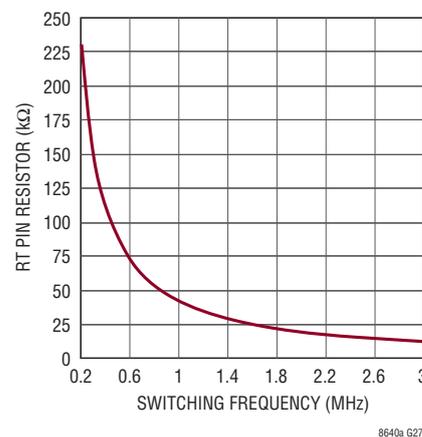
PG 閾値、V_REF 上側



PG 閾値、V_REF 下側

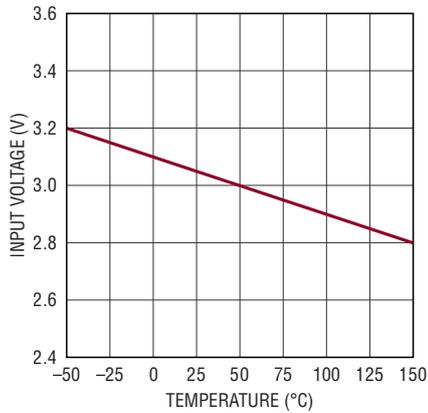


RT 設定によるスイッチング周波数

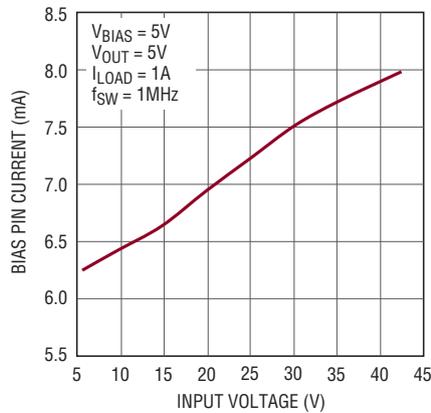


代表的な性能特性

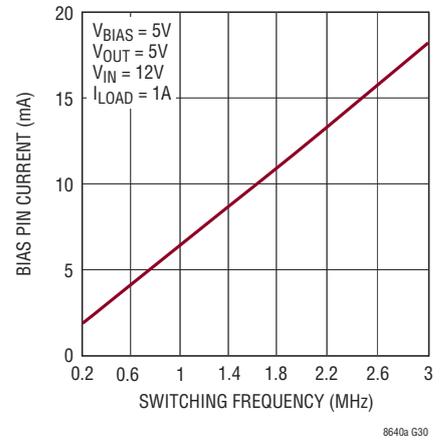
最小入力電圧



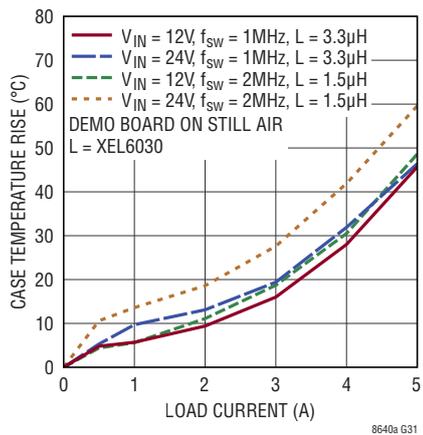
BIASピンの電流



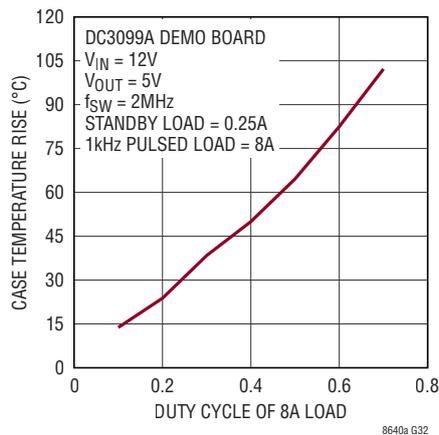
BIASピンの電流



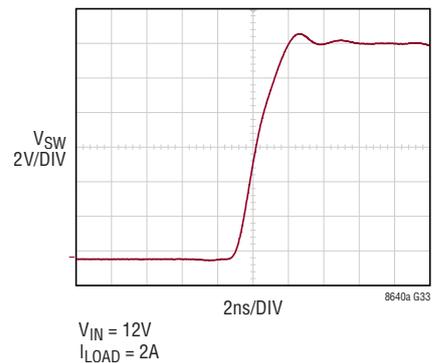
ケース温度の上昇



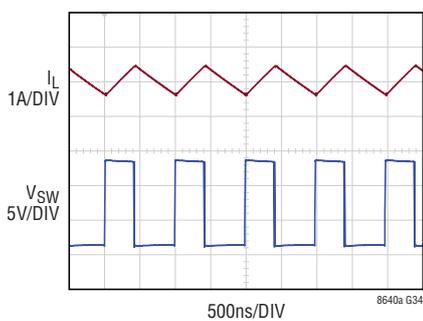
ケースの温度上昇と
8Aパルス負荷の関係



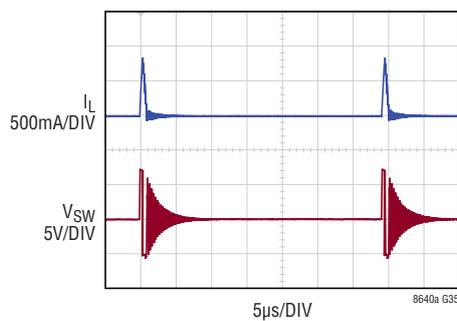
スイッチング時の立上がりエッジ



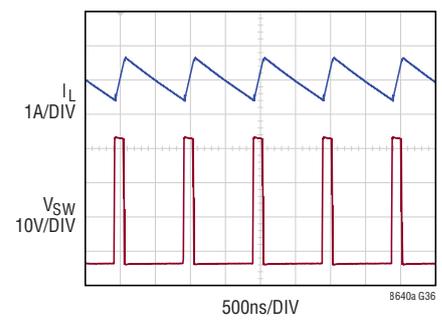
スイッチング波形、
全周波数連続動作時



スイッチング波形、
Burst Mode 動作時

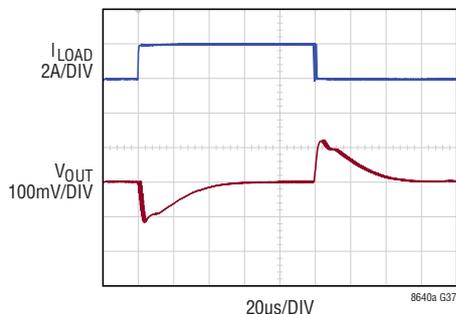


スイッチング波形



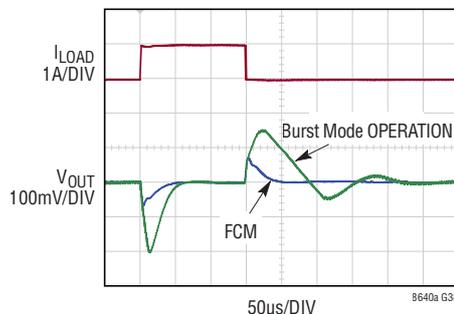
代表的な性能特性

過渡応答: 負荷電流を2Aから4Aにステップ状に変化



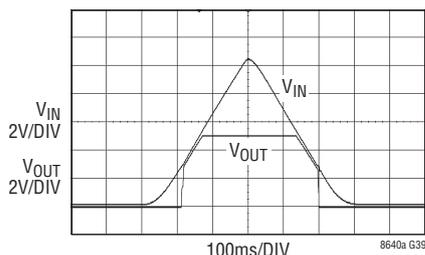
FRONT PAGE APPLICATION
2A TO 4A TRANSIENT
12V_{IN}, 5V_{OUT}, f_{SW} = 2MHz
C_{OUT} = 100µF, C_{LEAD} = 10pF

過渡応答: 負荷電流を100mAから1.1Aにステップ状に変化



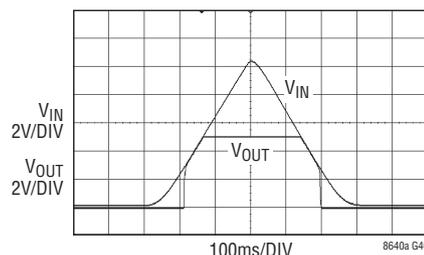
FRONT PAGE APPLICATION
100mA TO 1.1A TRANSIENT
12V_{IN}, 5V_{OUT}, f_{SW} = 1MHz
C_{OUT} = 100µF

起動時のドロップアウト性能



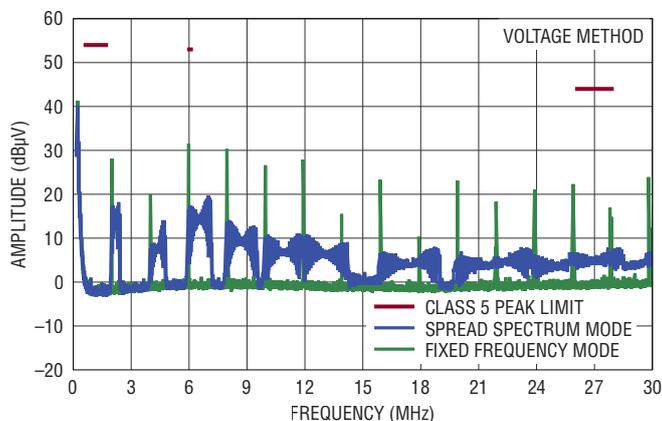
2.5Ω LOAD
(2A IN REGULATION)

起動時のドロップアウト性能



20Ω LOAD
(250mA IN REGULATION)

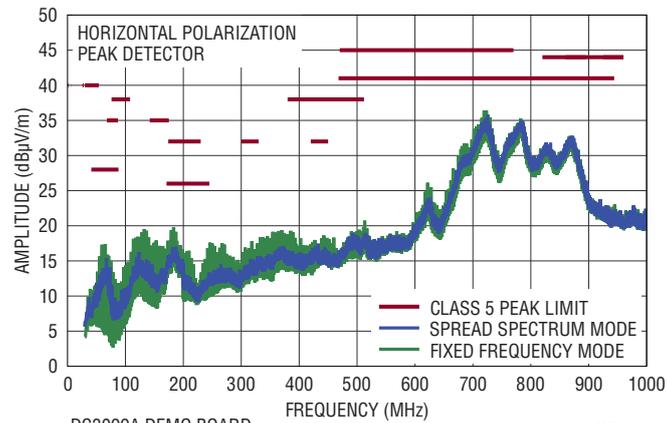
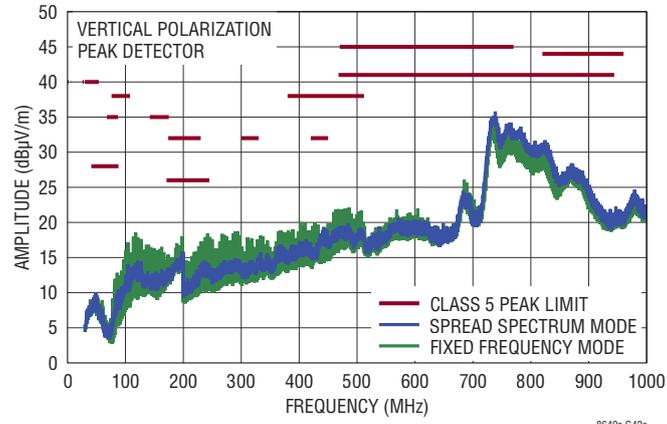
伝導 EMI 性能 (CISPR25 伝導妨害波テスト、Class 5 ピーク限界値)



DC3099A DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
12V INPUT TO 5V OUTPUT AT 5A, f_{SW} = 2MHz

代表的な性能特性

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



DC3099A DEMO BOARD
(WITH EMI FILTER INSTALLED)
12V INPUT TO 5V OUTPUT AT 5A, $f_{SW} = 2\text{MHz}$

ピン機能

BIAS (ピン1) : 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。

INTV_{CC} (ピン2) : 3.4V内部レギュレータのバイパス・ピン。内部のパワー・ドライバと制御回路は、この電圧を電力源としています。INTV_{CC}の最大出力電流は20mAです。INTV_{CC}ピンには外部回路からの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。

BST (ピン3) : 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。

V_{IN1} (ピン4) : LT8640Aには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。1つの1 μ Fコンデンサは、 V_{IN1} とGND1の間に接続します。もう1つの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できるだけLT8640Aの近くに配置する必要があります。更に、2.2 μ F以上の大きなコンデンサをLT8640A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。

GND1 (6, 7) : 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・パスであり、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。

SW (ピン8, 9) : 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。

GND2 (10, 11) : 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。

V_{IN2} (ピン13) : LT8640Aには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。1つの1 μ Fコンデンサは、 V_{IN1} とGND1の間に接続します。もう1つの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できるだけLT8640Aの近くに配置する必要があります。更に、2.2 μ F以上の大きなコンデンサをLT8640A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。

EN/UV (ピン14) : LT8640A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1.00V、下降時は0.96Vです。この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LT8640Aをシャットダウンさせることができます。

RT (ピン15) : RT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。

TR/SS (ピン16) : 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0.97Vより低くなると、LT8640A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。LT8640A-3.3の固定出力電圧オプションでは、出力電圧は内部帰還抵抗分圧器によって設定された3.3/0.97の係数に基づいてTR/SSピンの電圧をトラッキングします。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デイスエーブルされ、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INTV_{CC}から1.9 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、このピンをフロート状態のままにしておくことができます。

SYNC/MODE (ピン17) : このピンは次の4種類の動作モードを設定します。(1) Burst Mode動作。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) 強制連続モード(FCM)。このモードでは、広い負荷範囲にわたって高速過渡応答が得られると共に、最大周波数での動作が可能になります。FCMモードにするには、このピンをフロート状態に

ピン機能

します。フロート状態では、ピンのリーク電流を $1\mu\text{A}$ 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強制連続モードにするには、このピンを INTV_{CC} (約 3.4V)または $3\text{V}\sim 4\text{V}$ 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、デバイスは強制連続モードで動作します。

GND(ピン18) : LT8640A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。

PG(ピン19) : PGピンは、内蔵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

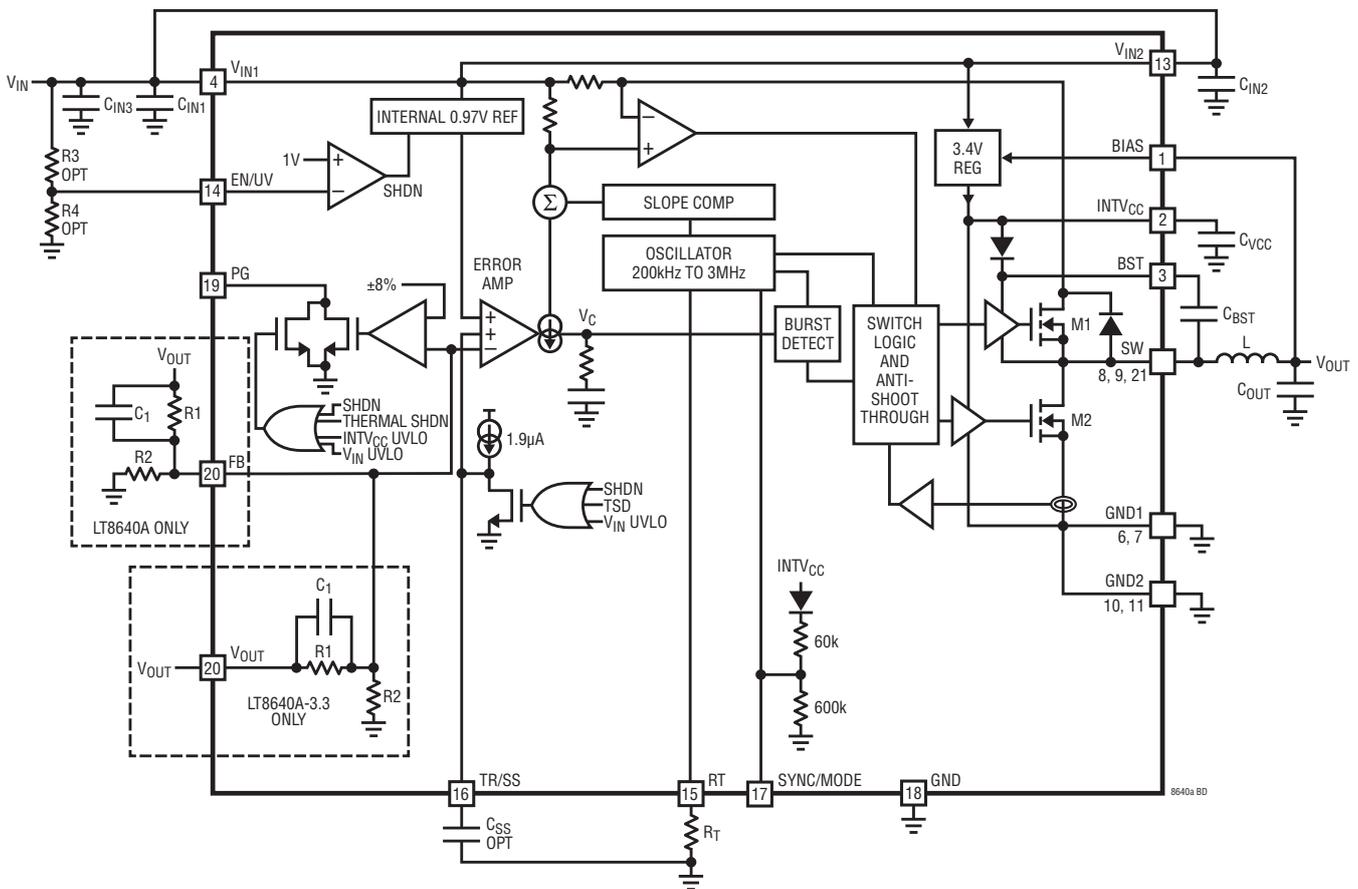
ません。PGは、EN/UVピンの状態とは無関係に、 V_{IN} が 3.4V より高い場合に有効になります。

FB(ピン20、LT8640Aのみ) : LT8640Aは、FBピンを 0.970V 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 V_{OUT} の間には進相コンデンサを接続してください。通常は $4.7\text{pF}\sim 22\text{pF}$ のコンデンサを使用します。

V_{OUT} (ピン20、LT8640A-3.3のみ) : LT8640A-3.3は、 V_{OUT} ピンを 3.3V にレギュレーションします。このピンは、固定出力を設定する $11.33\text{M}\Omega$ の内部帰還抵抗に接続します。

SW(露出パッド・ピン21) : 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。製造の制約上やむを得ない場合はピン21を未接続のままにできますが、熱性能は低下します。

ブロック図



動作

LT8640A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、V_{FB}ピンの電圧と0.97V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リファレンス基準の帰還電圧が減少し、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VC電圧を上げます。LT8640A-3.3の固定出力部は、V_{OUT}ピンと内部の抵抗分圧器を使用して内部FBノードを生成します。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のスイッチに流れる電流が9A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、LT8640Aはシャットダウンされ、入力から流れ込む電流は1 μ Aになります。EN/UVピンが1V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、LT8640A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。フロート状態にすると、強制連続モード(FCM)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FCMで動作します。

LT8640Aを強制連続モード(FCM)で動作させると、広い負荷範囲にわたって高速過渡応答を得ることができます。また、最大周波数での動作が可能です。FCM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せん。負のインダクタ電流も許容されます。このモードでは、LT8640Aが出力から電流をシンクしてその電荷を入力に戻せるので、負荷ステップ過渡応答が改善されます。

LT8640A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、LT8640A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。強制連続モードでスペクトラム拡散変調をイネーブルするには、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3.1V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。LT8640A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ピンの電圧がローの場合、またはLT8640A-3.3の固定電圧オプション時のV_{OUT}ピンの電圧がローの場合は、発振器がLT8640A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ピンをフロート状態にした場合、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

LT8640A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。LT8640A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。

1 μ Fの小型コンデンサ2個を、できるだけLT8640Aに近付けて取り付けてください。1つのコンデンサは $V_{IN1}/GND1$ に接続し、もう一方のコンデンサは $V_{IN2}/GND2$ 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1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、LT8640Aのデモ・ボード・ガイドを参照してください。

LT8640A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てください。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。パッケージから周囲への熱抵抗を減らすためには、パツ

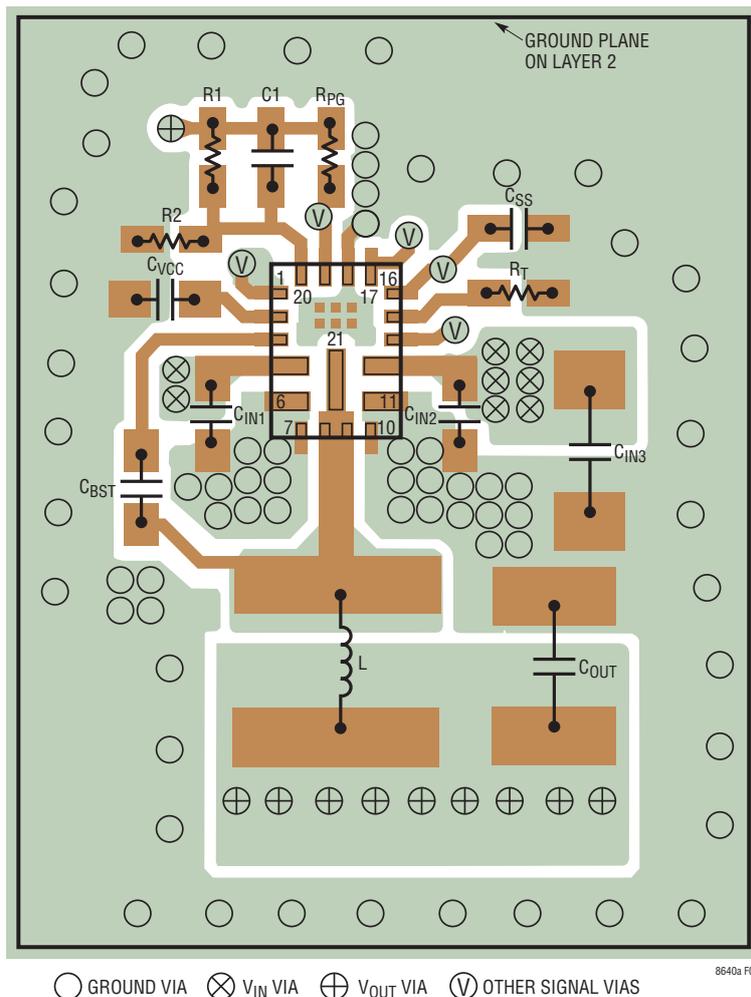


図1. LT8640Aの推奨PCBレイアウト

アプリケーション情報

ケース底面にある露出パッドをSW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、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が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、LT8640A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、出力コンデンサを必要出力電圧まで充電した状態に保ちます。Burst Mode動作では、LT8640Aは単一の小電流パルスを出力コンデンサに送り、その後はスリープ期間とします。スリープ期間内の電力は出力コンデンサから供給されます。スリープ・モード時にLT8640Aが消費する電流は1.7 μ Aです。

出力負荷が低下するにつれて単一電流パルスの周波数も減少し(図2参照)、LT8640A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に近づきます。したがって、軽負荷時の静止電流の性能を最適化するには、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。この電流が負荷電流として出力に現れるためです。

軽負荷時の効率を向上させるには、各パルス間でLT8640A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、このインダクタを選択するときは、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、スイッチング周波数の高いアプリケーションでは、普通、より低い値のインダクタを使用し

ますが、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セクションに示すグラフを参照してください。

Burst Mode動作時は(図3に示すように)上側スイッチの電流制限値が約900mA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。負荷がゼロからランプ・アップするときはスイッチング周波数も増加しますが、図2に示すように、RTピンの抵抗によってプログラムされた値が上限値となります。

LT8640Aが設定周波数に達する出力負荷は、入力電圧、出力電圧およびインダクタの選択に基づいて変化します。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・ローのどちらかとすることができます)。

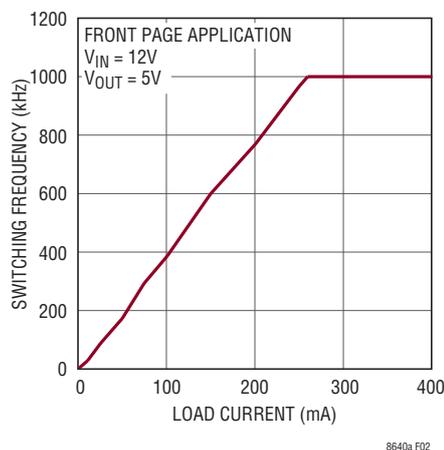


図2. SW周波数と負荷の関係(Burst Mode動作時)

アプリケーション情報

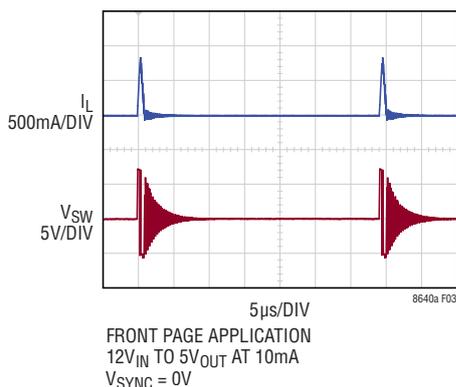


図3. Burst Mode 動作

強制連続モード

LT8640A を強制連続モード (FCM) で動作させると、広い負荷範囲にわたって高速過渡応答を得ることができます。また、最大周波数での動作が可能です。FCM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。軽負荷時や大きなトランジェント状態では、負のインダクタ電流が許容されます。このモードでは、LT8640Aが出力から電流をシンクしてその電荷を入力に戻せるので、負荷ステップ過渡応答が改善されます (図4参照)。軽負荷時にはFCM動作の方がBurst Mode動作より効率が低下しますが、スイッチング高調波が信号帯域内に入らないようにする必要のあるアプリケーションには、FCMの方が適している場合があります。出力に電流をシンクさせる必要がある場合はFCMを使用してください。FCMをイネーブルするには、SYNC/MODEピンをフロート状態にします。このピンのリーク電流は1µA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。

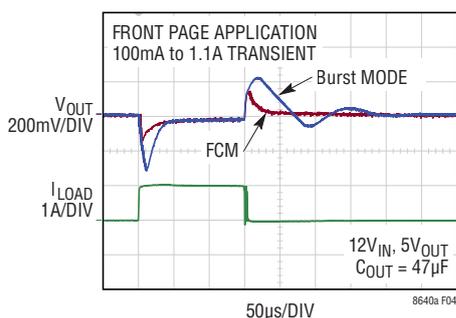


図4. 強制連続モード使用時と未使用時の負荷ステップ過渡応答

V_{IN}ピンが37Vより高い場合、またはFBピンが帰還リファレンス電圧より8%高い電圧に保持されている場合、FCMは無効化されます。また、ソフトスタート時も、ソフトスタート・コンデンサが完全に充電されるまでFCMは無効化されます。このような形でFCMが無効化された場合は、負のインダクタ電流が許容されず、LT8640Aはパルススキッピング・モードで動作します。

スペクトラム拡散モード

LT8640A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によってプログラムされた値から、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、LT8640A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動作がディスエーブルされ、デバイスは強制連続モードで動作します。

同期

LT8640A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。

LT8640Aは、外部クロックに同期しているときは低出力負荷でもBurst Mode動作にならず、強制連続モードで動作してレギュレーションを維持します。LT8640Aは200kHz~3MHzの範囲で同期できます。RT抵抗は、LT8640A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

アプリケーション情報

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。

FB 抵抗回路

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んでください。

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{OUT}}{0.970V} - 1 \right) \quad (1)$$

式に使わ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。

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。この電流は式2で近似できます。

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

ここで、1.7μAはLT8640Aの静止電流で、2番目の項は軽負荷時効率nでの降圧動作の入力を反映した帰還分圧器の電流です。R1 = 1MおよびR2 = 412k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。VIN = 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。この式は、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。このグラフは代表的な性能特性のセクションにあります。

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。

LT8640Aの固定出力バージョンには、帰還抵抗ネットワークと進相コンデンサが集積化されています。このレギュレーションを行うためにFBピンはVOUTに置き換わっています。VOUTピンは、インダクタと出力コンデンサに直結できます。LT8640A-3.3は3.3Vにレギュレーションし、VOUTピンとグラウンドの間にある内部帰還分圧器の合計抵抗値は11.33MΩです。

スイッチング周波数の設定

LT8640A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を得るために必要なRTの値を表1に示します。

目的のスイッチング周波数を得るために必要なRT抵抗の値は、式3を使って計算できます。

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

ここでRTの単位はkΩ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1. SW周波数とRT値の関係

fsw (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	17.8
2.2	15.8
3.0	10.7

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すが、効率が低く、入力電圧範囲が狭いという欠点があります。

アプリケーション情報

アプリケーションの最高スイッチング周波数 ($f_{SW(MAX)}$) は、式4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 $V_{SW(BOT)}$ は内蔵スイッチの電圧降下 (最大負荷時でそれぞれ約 0.4V と約 0.15V)、 $t_{ON(MIN)}$ は上側スイッチの最小オン時間です (電気的特性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 42V の絶対最大定格まで上昇する可能性があります。LT8640A 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。なお、FCM動作では、 V_{IN} が式4で許容される値より大きい場合に、 V_{OUT} が最大 8% 増加する可能性があることに注意してください。

LT8640A 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、LT8640A 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。上側スイッチの最大オン時間は約 14 μ s です。

V_{IN}/V_{OUT} 比が低い場合に設定スイッチング周波数からの偏差を許容できないようなアプリケーションでは、式5を使ってスイッチング周波数を設定します：

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

ここで、 $V_{IN(MIN)}$ はサイクルをスキップし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 (最大負荷時でそれぞれ約 0.4V と約 0.15V)、 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

LT8640A 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。LT8640A 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することができます。

最初に選択するインダクタ値として妥当な値は、式6で得られます。

$$L = \left(\frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{f_{SW}} \right) \cdot 0.7 \quad (6)$$

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 (μ H) 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値 (通常は I_{SAT} で表します) は、負荷電流にインダクタ・リップル電流の 1/2 を加えた値より大きくなければなりません。(式7)。

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

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、 $I_{LOAD(MAX)}$ はその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、3A 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 3A より大きく、 I_{SAT} が 4A 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 0.02 Ω 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。

LT8640A は、スイッチとシステムを過負荷による故障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 12A ですが、そこから直線的に減少して、DC = 0.8 では 9.5A 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とする必要

アプリケーション情報

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 (式8)。

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

インダクタのピーク to ピーク・リップル電流は式9を使って計算できます。

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

ここで、 f_{SW} は LT8640A 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、LT8640A 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りません。

軽負荷時の効率を向上させるには、各パルス間で LT8640A 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、このインダクタを選択するときは、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、スイッチング周波数の高いアプリケーションでは、普通、より低い値のインダクタを使用しますが、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セクションに示すグラフを参照してください。

目標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、LT8640A 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。

$$L_{MIN} = \frac{V_{IN}(2 \cdot DC - 1)}{4 \cdot f_{SW}} \quad (10)$$

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、LT8640A 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。1 μ F の小さいセラミック・コンデンサ 2 個は、デバイスの近く (1 つは $V_{IN1}/GND1$ ピン、もう 1 つは $V_{IN2}/GND2$ ピン) 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車載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、LT8640A の両側にある $V_{IN1}/GND1$ ピンおよび $V_{IN2}/GND2$ ピンの近くに配置できます。

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。これには比較的 low performance の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ると、高品質の (不足減衰の) タンク回路を形成します。LT8640A 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、LT8640A の定格電圧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、インダクタと共に、LT8640A によって生成される矩形波をフィルタに通して DC 出力を発生させます。この操作は出力リップル

アプリケーション情報

を決定するので、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を吸収してLT8640A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、[標準的応用例](#)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。出力容量を大きくしても、出力電圧リップルは小さくなります。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を節約できますが、トランジェント性能が悪化し、ループが不安定になるおそれがあります。コンデンサの推奨値については、このデータシートの[標準的応用例](#)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、関係する電圧バイアスと温度での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、LT8640A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LT8640A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、LT8640A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LT8640A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、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、LT8640A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(減衰しにくい)タンク回路を形成します。LT8640Aの回路を通電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LT8640A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(アナログ・デバイスのアプリケーション・ノートAN-88を参照)。

イネーブル・ピン

LT8640A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1.0Vで、ヒステリシスは40mV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レギュレーションするようにLT8640A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、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取り出すので、電源電圧が低下すると電源電流が増大します。これは電源からすると負の抵抗負荷のように見え、低電源電圧条件下では、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、[式 11](#)の条件を満たすようにR3とR4の値を設定することによって調整できます。

$$V_{IN(EN)} = \left(\frac{R3}{R4} + 1 \right) \cdot 1.0V \quad (11)$$

ここで、LT8640Aは V_{IN} が $V_{IN(EN)}$ より大きくなるまでオフのままになります。コンパレータにはヒステリシスがあるので、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、 $V_{IN(EN)}$ 抵抗回路を流れる電流がLT8640A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、LT8640Aの回路に十分な電流を供給できますが、1 μ F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・ドライバに必要な高過渡電流を供給するには、良好なバ

アプリケーション情報

イパスが不可欠です。効率を上げるために、BIASピンの電圧が3.1V以上の場合、内蔵LDOによってBIASピンから電流を流すこともできます。通常、BIASピンはLT8640Aの出力に接続できますが、3.3V以上の外部電源に接続することもできます。BIASピンを 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。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

LT8640Aでは、TR/SSピンを使って出力電圧の上昇率を設定することができます。1.9 μ Aの内部電流源により、TR/SSピンの電圧はINTV_{CC}に引き上げられます。TR/SSピンにコンデンサを外付けすると出力のソフトスタートがイネーブされ、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トラッキングします。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することができます。TR/SSピンの電圧が0V~0.97Vの範囲では、TR/SSピンの電圧がエラー・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。LT8640A-3.3の固定出力電圧オプションでは、出力電圧は内部帰還抵抗分圧器によって設定された3.3/0.97の係数に基づいてTR/SSピンの電圧をトラッキングします。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なるように調整されます。この機能が不要な場合は、TR/SSピンをフロート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、故障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、故障状態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障害状態には、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

LT8640A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。それ以外の場合、内部プルダウン・デバイスによってPGピンがローにプルダウンされます。グリッチの発生を防ぐため、上側と下側の閾値には共に0.3%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アクティブにローになります。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

LT8640A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。

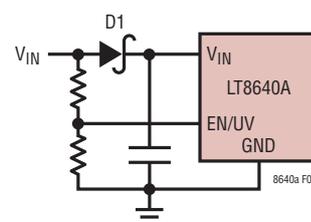


図5. 逆 V_{IN} 保護

2つめ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、フロート状態にするか、またはハイに接続すると、LT8640A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。

LT8640A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LT8640Aの出力とダイオードOR接続されている場合です。 V_{IN} ピンをフロート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、LT8640Aの内部回路にはSWピ

アプリケーション情報

ンを通じて静止電流が流れます。システムがこの状態で数 μA の電流を許容できる場合は、このことが問題になることはありません。ENピンを接地している場合、SWピンの電流は $1\mu\text{A}$ 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} ピンを通過して、LT8640A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5に示すように V_{IN} ピンとEN/UVピンを接続すれば、LT8640Aは入力電圧が加わっているときのみ動作し、短絡入力や逆入力に対して保護されます。

熱に関する検討事項とピーク出力電流

周囲温度が高いときにLT8640Aの良好なヒート・シンクを実現するには、PCBのレイアウトに注意する必要があります。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LT8640Aが発生する熱を拡散します。ビアを追加すれば、更に熱抵抗を小さくすることができます。最大負荷電流は、周囲温度が最大ジャンクション温度定格値に近づくに従ってデレーティングする必要があります。LT8640A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、LT8640A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せん。

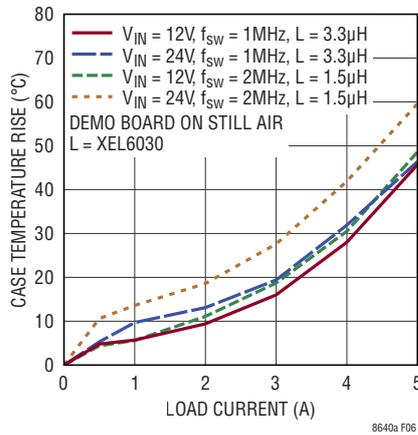


図6. ケース温度の上昇

内蔵の過熱保護機能がLT8640A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 170°C に達するとLT8640Aはスイッチング動作を停止し、温度が約 10°C 低下するまで障害状態を示します。

LT8640A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。目的のアプリケーションにとって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6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。

LT8640A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7に示します。

LT8640A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LT8640A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セクションに示すグラフを参照してください。

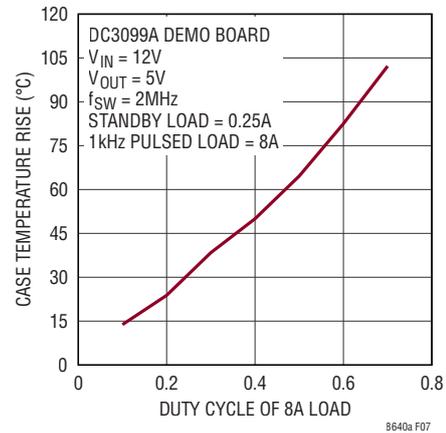
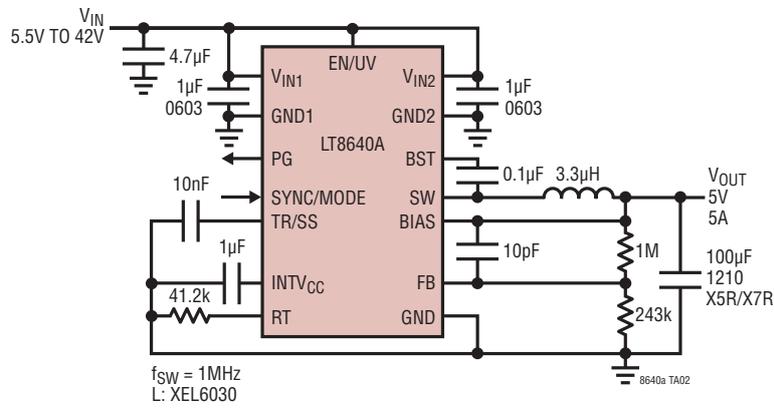


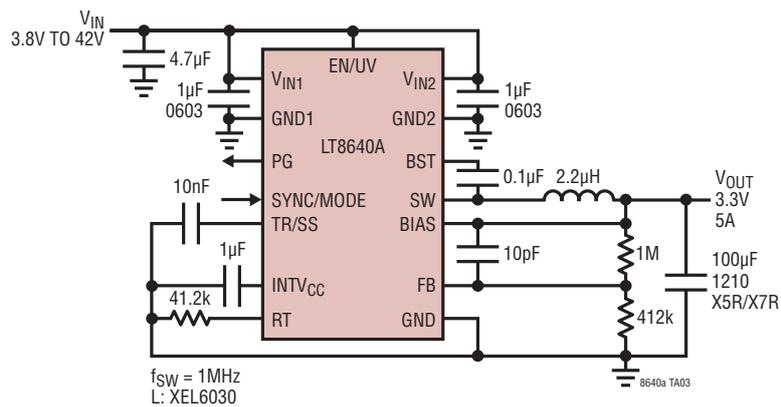
図7. ケースの温度上昇と8Aパルス負荷の関係

標準的応用例

1MHz、5V/5A 降圧コンバータ

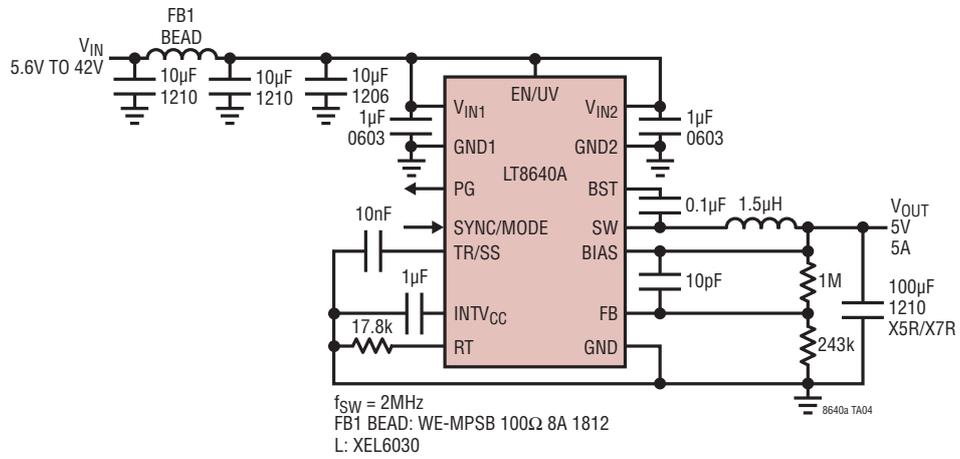


1MHz、3.3V/5A 降圧コンバータ

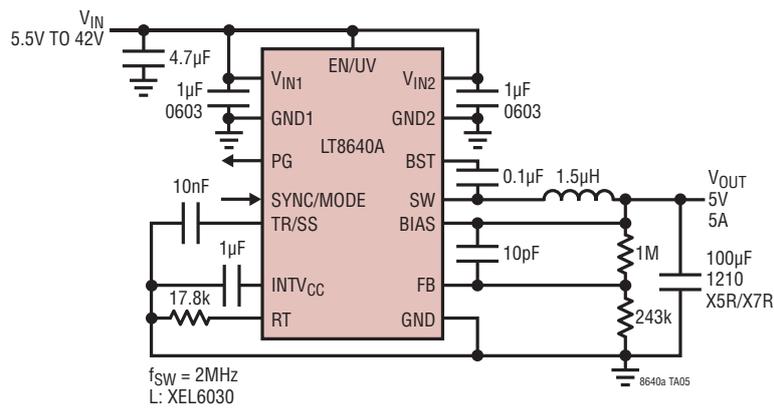


標準的応用例

超低EMI、5V/5A 降圧コンバータ

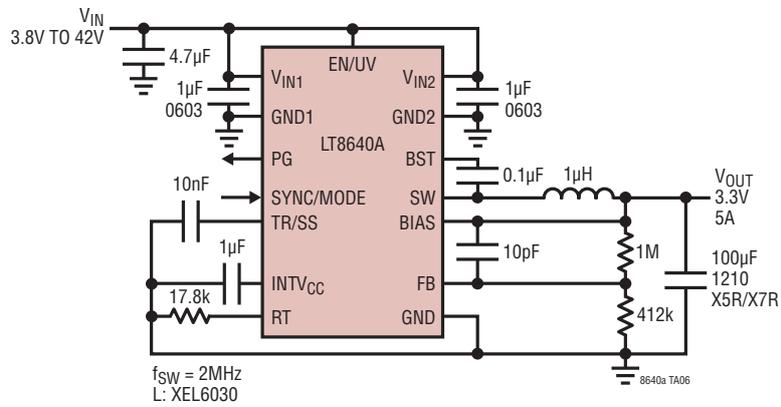


2MHz、5V/5A 降圧コンバータ

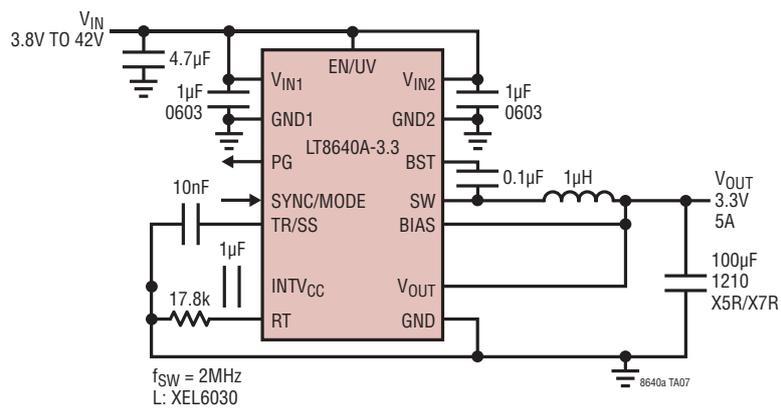


標準的応用例

2MHz、3.3V/5A 降圧コンバータ

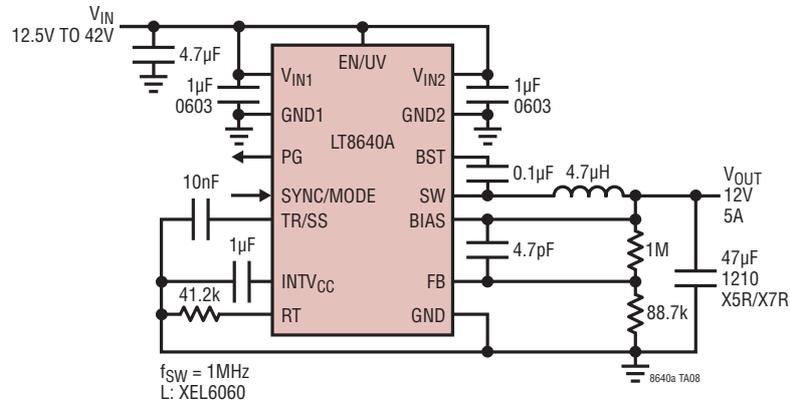


LT8640A-3.3を使用した2MHz、3.3V/5A 降圧コンバータ



標準的応用例

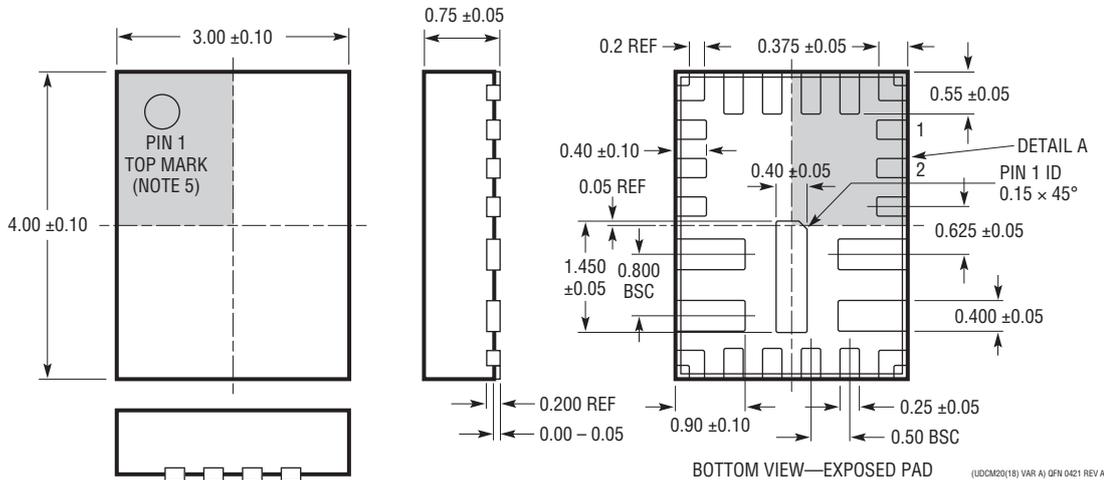
12V/5A 降圧コンバータ



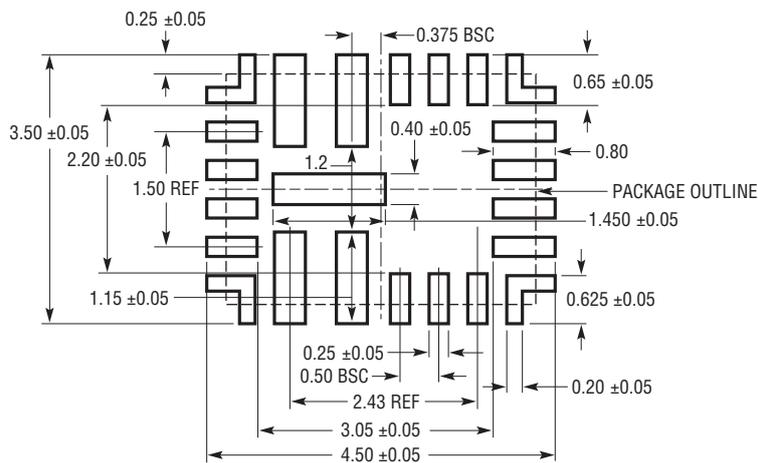
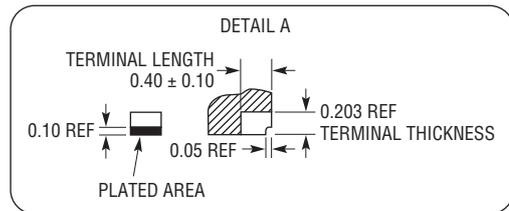
パッケージの説明

UDCM Package
20(18)-Lead Plastic Side Wettable QFN (3mm × 4mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-7030 Rev A)

Exposed Pad Variation AA



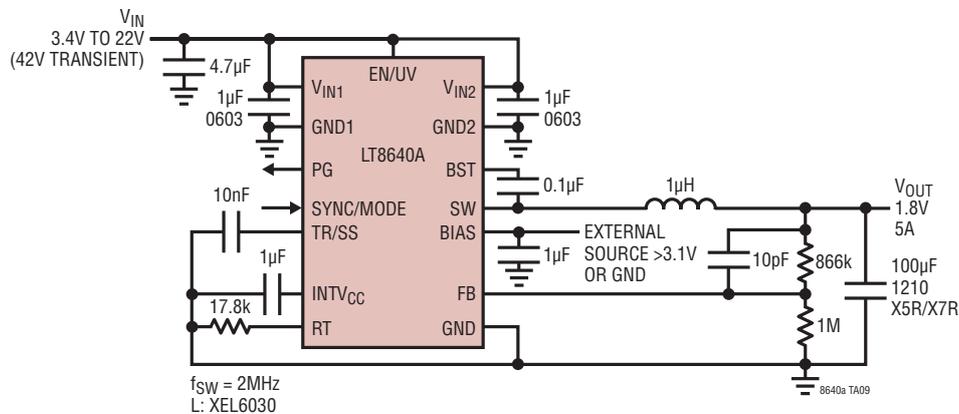
- NOTE:
1. DRAWING IS NOT A JEDEC PACKAGE OUTLINE
 2. DRAWING NOT TO SCALE
 3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
 5. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION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



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

標準的応用例

2MHz、1.8V/5A 降圧コンバータ



関連製品

製品番号	概要	注釈
LT8636	42V、5A/7A ピーク同期整流式降圧 Silent Switcher, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(\text{MIN})} = 3.4\text{V}$, $V_{IN(\text{MAX})} = 42\text{V}$, $V_{OUT(\text{MIN})} = 0.97\text{V}$, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$, $I_{SD} < 1\mu\text{A}$, 4mm × 3mm LQFN-20
LT8638S	42V、10A/12A ピーク同期整流式降圧 Silent Switcher 2	$V_{IN} : 2.8\text{V} \sim 42\text{V}$, $V_{IN(\text{MIN})} = 0.6\text{V}$, $I_Q = 90\mu\text{A}$, $I_{SD} = 6\mu\text{A}$, 5mm × 4mm LQFN-28
LT8648S	42V、15A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2	$V_{IN} : 3\text{V} \sim 42\text{V}$, $V_{IN(\text{MIN})} = 0.6\text{V}$, $I_Q = 100\mu\text{A}$, $I_{SD} = 6\mu\text{A}$, 7mm × 4mm LQFN-36
LT8640S/ LT8643S	42V、6A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(\text{MIN})} = 3.4\text{V}$, $V_{IN(\text{MAX})} = 42\text{V}$, $V_{OUT(\text{MIN})} = 0.97\text{V}$, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$, $I_{SD} < 1\mu\text{A}$, 4mm × 4mm LQFN-24
LT8640/ LT8640-1	42V、5A、効率96%、3MHz同期整流式MicroPower降圧DC/DCコンバータ, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(\text{MIN})} = 3.4\text{V}$, $V_{IN(\text{MAX})} = 42\text{V}$, $V_{OUT(\text{MIN})} = 0.97\text{V}$, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$, $I_{SD} < 1\mu\text{A}$, 3mm × 4mm QFN-18
LT8645S/ LT8646S	65V、8A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(\text{MIN})} = 3.4\text{V}$, $V_{IN(\text{MAX})} = 65\text{V}$, $V_{OUT(\text{MIN})} = 0.97\text{V}$, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$, $I_{SD} < 1\mu\text{A}$, 4mm × 6mm LQFN-32
LT8641	65V、3.5A、効率95%、3MHz同期整流式MicroPower降圧DC/DCコンバータ, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(\text{MIN})} = 3\text{V}$, $V_{IN(\text{MAX})} = 65\text{V}$, $V_{OUT(\text{MIN})} = 0.81\text{V}$, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$, $I_{SD} < 1\mu\text{A}$, 3mm × 4mm QFN-18
LT8609/ LT8609A	42V、2A、効率94%、2.2MHz同期整流式MicroPower降圧DC/DCコンバータ, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(\text{MIN})} = 3\text{V}$, $V_{IN(\text{MAX})} = 42\text{V}$, $V_{OUT(\text{MIN})} = 0.8\text{V}$, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$, $I_{SD} < 1\mu\text{A}$, MSOP-10E
LT8610A/ LT8610AB	42V、3.5A、効率96%、2.2MHz同期整流式MicroPower降圧DC/DCコンバータ, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(\text{MIN})} = 3.4\text{V}$, $V_{IN(\text{MAX})} = 42\text{V}$, $V_{OUT(\text{MIN})} = 0.97\text{V}$, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$, $I_{SD} < 1\mu\text{A}$, MSOP-16E
LT8610AC	42V、3.5A、効率96%、2.2MHz同期整流式MicroPower降圧DC/DCコンバータ, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(\text{MIN})} = 3\text{V}$, $V_{IN(\text{MAX})} = 42\text{V}$, $V_{OUT(\text{MIN})} = 0.8\text{V}$, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$, $I_{SD} < 1\mu\text{A}$, MSOP-16E
LT8620	65V、2.5A、効率94%、2.2MHz同期整流式MicroPower降圧DC/DCコンバータ, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(\text{MIN})} = 3.4\text{V}$, $V_{IN(\text{MAX})} = 65\text{V}$, $V_{OUT(\text{MIN})} = 0.97\text{V}$, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$, $I_{SD} < 1\mu\text{A}$, MSOP-16E, 3mm × 5mm QFN-24
LT8614	42V、4A、効率96%、2.2MHz同期整流式 Silent Switcher降圧DC/DCコンバータ, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(\text{MIN})} = 3.4\text{V}$, $V_{IN(\text{MAX})} = 42\text{V}$, $V_{OUT(\text{MIN})} = 0.97\text{V}$, $I_Q = 2.5\mu\text{A}$, $I_{SD} < 1\mu\text{A}$, 3mm × 4mm QFN-18