

静止電流 2.5 μ A の 65V/8A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2

特長

- ▶ Silent Switcher®2 アーキテクチャ
 - ▶ あらゆる PCB 上で超低 EMI 放射を実現
 - ▶ PCB レイアウト感度の影響を排除
 - ▶ 内蔵バイパス・コンデンサが放射 EMI を低減
 - ▶ 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
 - ▶ 400kHz で最大 94% の効率 (24V_{IN}、5V_{OUT})
 - ▶ 1MHz で最大 93% の効率 (24V_{IN}、5V_{OUT})
- ▶ 広い入力電圧範囲: 3.4V~65V
- ▶ 広い出力電圧範囲: 0.97V~(V_{IN} - 0.5V)
- ▶ 超低静止電流の Burst Mode 動作
 - ▶ I_Q = 2.5 μ A で 12V_{IN} から 3.3V_{OUT} ヘレギュレーション (LT8645SA)
 - ▶ 出力リップル < 10mV_{p-p}
- ▶ 外部補償: 高速過渡応答と電流分担 (LT8646SA)
- ▶ 高 V_{OUT} の安定した動作
 - ▶ 逆方向の大電流にも安全に対応可能
- ▶ 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
- ▶ 出力ソフトスタートおよび出力トラッキング
- ▶ 小型 32 ピン 6mm × 4mm LQFN パッケージ
- ▶ 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

簡略アプリケーション回路図

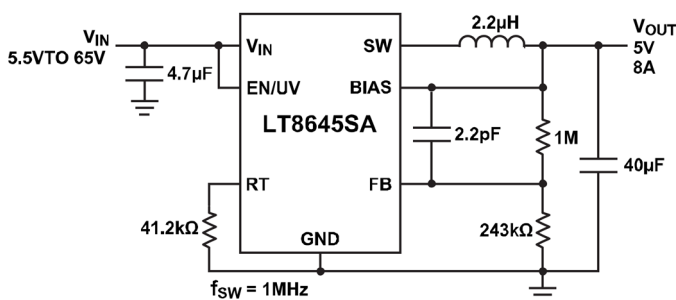


図 1. 5V/8A 降圧コンバータ

概要

LT®8645SA/LT8646SA 同期整流式降圧レギュレータは、第 2 世代の Silent Switcher アーキテクチャを備え、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設計されています。このデバイスは、内部の高速電流ループをすべて最適化し、また、レイアウトに対する敏感さを取り除くことによって公称 EMI 性能を簡単に実現できるようにするために、バイパス・コンデンサを内蔵しています。

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。LT8646SA は、高スイッチング周波数での電流分担と高速過渡応答を可能にする外部補償機能を備えています。

Burst Mode®動作はスタンバイ時の消費電流を極めて低い値に抑え、強制連続モードは全出力負荷範囲を通じて高調波を制御できます。また、スペクトラム拡散動作時には EMI 放射を更に低減できます。

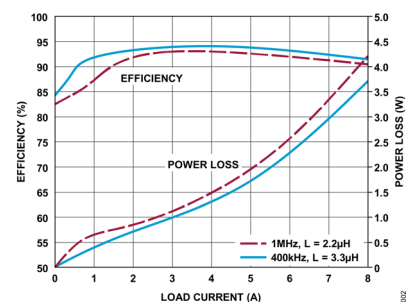


図 2. 24V_{IN}/5V_{OUT} 時の効率

※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。

Rev. 0

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

目次

特長.....	1
アプリケーション.....	1
概要.....	1
簡略アプリケーション回路図.....	1
改訂履歴.....	3
仕様.....	4
絶対最大定格.....	7
熱抵抗.....	7
ピン配置およびピン機能の説明.....	8
代表的な性能特性.....	11
ブロック図.....	20
動作原理.....	21
アプリケーション情報.....	22
低 EMI の PCB レイアウト.....	22
Burst Mode 動作.....	23
強制連続モード (FCM).....	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
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.....	26
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
周波数補償 (LT8646SA のみ).....	30
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.....	31
並列化 (LT8646SA のみ).....	31
短絡保護と逆入力保護.....	31
熱に関する検討事項.....	32
代表的なアプリケーション回路.....	33
関連製品.....	36

外形寸法 37
 オーダー・ガイド 38

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	10/25	初版発行	-

仕様

表 1. 電気的特性

(特に指定のない限り、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ での仕様。代表値は $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ での値。特に指定のない限り、電圧はすべて GND 基準。特に指定のない限り、仕様は動作温度範囲全体に適用されます。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Input Voltage	V_{IN}			3.0	3.4	V
V_{IN} Quiescent Current in Shutdown	$I_{Q(SHDN)}$	$V_{IN} = 12\text{V}, V_{EN/UV} = 0\text{V}, T_A = 25^{\circ}\text{C}$		0.9	3	μA
		$V_{IN} = 12\text{V}, V_{EN/UV} = 0\text{V}$		0.9	10	μA
LT8645SA V_{IN} Quiescent Current in Sleep (Internal Compensation)	I_Q	$V_{IN} = 6\text{V}, V_{EN/UV} = 2\text{V}, V_{FB} > 0.97\text{V}, V_{SYNC} = 0\text{V}, T_A = 25^{\circ}\text{C}$		1.7	4	μA
		$V_{IN} = 6\text{V}, V_{EN/UV} = 2\text{V}, V_{FB} > 0.97\text{V}, V_{SYNC} = 0\text{V}$		1.7	10	μA
LT8646SA V_{IN} Quiescent Current in Sleep (External Compensation)	I_Q	$V_{IN} = 6\text{V}, V_{EN/UV} = 2\text{V}, V_{FB} > 0.97\text{V}, V_{SYNC} = 0\text{V}, V_{BIAS} = 0\text{V}, T_A = 25^{\circ}\text{C}$		230	290	μA
		$V_{IN} = 6\text{V}, V_{EN/UV} = 2\text{V}, V_{FB} > 0.97\text{V}, V_{SYNC} = 0\text{V}, V_{BIAS} = 0\text{V}$		230	340	μA
		$V_{IN} = 6\text{V}, V_{EN/UV} = 2\text{V}, V_{FB} > 0.97\text{V}, V_{SYNC} = 0\text{V}, V_{BIAS} = 5\text{V}, T_A = 25^{\circ}\text{C}$	16		25	μA
LT8646SA BIAS Quiescent Current in Sleep	$I_{Q(BIAS)}$	$V_{EN/UV} = 2\text{V}, V_{FB} > 0.97\text{V}, V_{SYNC} = 0\text{V}, V_{BIAS} = 5\text{V}, T_A = 25^{\circ}\text{C}$		200	260	μA
LT8645SA V_{IN} Current in Regulation	I_{IN}	$V_{OUT} = 0.97\text{V}, V_{IN} = 6\text{V}, I_{LOAD} = 1\text{mA}, V_{SYNC} = 0\text{V}$		250	500	μA
Feedback Reference Voltage	V_{FB}	$V_{IN} = 6\text{V}, T_A = 25^{\circ}\text{C}$	0.964	0.970	0.976	V
		$V_{IN} = 6\text{V}$	0.958	0.970	0.978	V
Feedback Voltage Line Regulation	$\Delta V_{FB(LINE)}$	$V_{IN} = 4.0\text{V to } 42\text{V}$		0.004	0.02	%/V
Feedback Pin Input Current	I_{FB}	$V_{FB} = 1\text{V}, T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-20		20	nA
LT8646SA Error Amp Transconductance	$g_{m(EA)}$	$V_C = 1.25\text{V}$		1.7		mS
LT8646SA Error Amp Gain	A_V			400		V/V
LT8646SA V_C Source Current	I_{VC}	$V_{FB} = 0.77\text{V}, V_C = 1.25\text{V}$		350		μA
LT8646SA V_C Sink Current	I_{VC}	$V_{FB} = 1.17\text{V}, V_C = 1.25\text{V}$		350		μA
LT8646SA V_C Pin to Switch Current Gain	G_M			7		A/V

(特に指定のない限り、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ での仕様。代表値は $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ での値。特に指定のない限り、電圧はすべてGND基準。特に指定のない限り、仕様は動作温度範囲全体に適用されます。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
LT8646S V_C Clamp Voltage	V_{C_MAX}			2.6		V
BIAS Pin Current Consumption	I_{BIAS}	$V_{BIAS} = 3.3\text{V}$, $f_{SW} = 2\text{MHz}$		22		mA
Minimum On-Time	$t_{ON(MIN)}$	$I_{LOAD} = 2\text{A}$, FCM		35	55	ns
Minimum Off-Time	$t_{OFF(MIN)}$			80	110	ns
Oscillator Frequency	f_{SW}	$R_T = 221\text{k}$	180	210	240	kHz
		$R_T = 60.4\text{k}$	665	700	735	kHz
		$R_T = 18.2\text{k}$	1.8	1.95	2.1	MHz
Top Power NMOS On-Resistance	R_{TOP}	$I_{SW} = 1\text{A}$		40		m Ω
Top Power NMOS Current Limit	$I_{PEAK-LIMIT}$		10.5	14	17	A
Bottom Power NMOS On-Resistance	R_{BOT}	$V_{INTVCC} = 3.4\text{V}$, $I_{SW} = 1\text{A}$		25		m Ω
Bottom Power NMOS Current Limit	$I_{VALLEY-LIMIT}$	$V_{INTVCC} = 3.4\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	9	12	15	A
SW Leakage Current	I_{SW-LKG}	$V_{IN} = 65\text{V}$, $V_{SW} = 0\text{V}$, 65V , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-3		3	μA
EN/UV Pin Threshold	V_{EN}	EN/UV Rising	0.95	1.01	1.07	V
EN/UV Pin Hysteresis	V_{EN-HYS}			45		mV
EN/UV Pin Current	I_{EN}	$V_{EN/UV} = 2\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-20		20	nA
PG Upper Threshold Offset from V_{FB}	PGH	V_{FB} Falling	5	7.5	10	%
PG Lower Threshold Offset from V_{FB}	PGL	V_{FB} Rising	-10.5	-8	-5.5	%
PG Hysteresis	PG_{HYS}	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$		0.4		%
PG Leakage	I_{PG-LKG}	$V_{PG} = 3.3\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-40		40	nA
PG Pull-Down Resistance	R_{PG}	$V_{PG} = 0.1\text{V}$		700	2000	Ω
SYNC/MODE Threshold	$V_{SYNC/MODE}$	SYNC/MODE DC and Clock Low Level Voltage	0.7			V
		SYNC/MODE Clock High Level Voltage			1.4	V
		SYNC/MODE DC High Level Voltage	2.2		2.9	V
Spread Spectrum Modulation Frequency Range	Δf_{SSFM}	$R_T = 60.4\text{k}$, $V_{SYNC} = 3.3\text{V}$		24		%

(特に指定のない限り、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ での仕様。代表値は $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ での値。特に指定のない限り、電圧はすべて GND 基準。特に指定のない限り、仕様は動作温度範囲全体に適用されます。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
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	2.7	μA
TR/SS Pull-Down Resistance	R_{SS}	Fault Condition, TR/SS = 0.1V		200		Ω
V_{IN} to Disable Forced Continuous Mode	$V_{\text{IN-OV-FCM}}$	V_{IN} Rising, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	60	63.5		V

LT8645SA/LT8646SA は $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 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場合は動作寿命が低下します。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。

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

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

² θ の値は JEDEC 51-7、51-12 に従って決定されます。熱抵抗の改善についての詳細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。

³ 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 $+150^{\circ}\text{C}$ 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

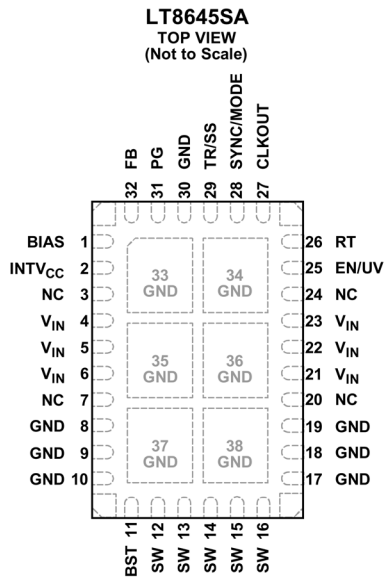
PARAMETER	RATING
V_{IN} , EN/UV	70V
PG	42V
BIAS	25V
FB, TR/SS	4V
SYNC/MODE Voltage	6V
Operating Junction Temperature Range (Note 2)	-40°C to 125°C
Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Maximum Reflow (Package Body) Temperature	260°C

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。

熱抵抗

熱性能は、PCB の設計と動作環境に直接関連しています。PCB の熱設計には細心の注意が必要です。

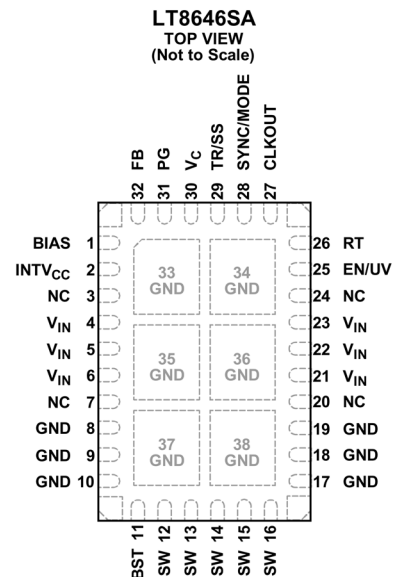
ピン配置およびピン機能の説明



NOTES
 1. EXPOSED PADS (PINS 33-38) ARE GND, SHOULD BE SOLDERED TO PCB
 2. NC = NO CONNECT.

LQFN PACKAGE
 32-LEAD (6mm × 4mm × 0.94mm)
 EVAL BOARD: $\theta_{JA} = 18^{\circ}\text{C/W}$, $\psi_{JT} = 0.5^{\circ}\text{C/W}$,
 $\theta_{JCTOP} = 31.9^{\circ}\text{C/W}$, $\theta_{JC(PAD)} = 4.6^{\circ}\text{C/W}$ (NOTE 2)

003



NOTES
 1. EXPOSED PADS (PINS 33-38) ARE GND, SHOULD BE SOLDERED TO PCB
 2. NC = NO CONNECT.

LQFN PACKAGE
 32-LEAD (6mm × 4mm × 0.94mm)
 EVAL BOARD: $\theta_{JA} = 18^{\circ}\text{C/W}$, $\psi_{JT} = 0.5^{\circ}\text{C/W}$,
 $\theta_{JCTOP} = 31.9^{\circ}\text{C/W}$, $\theta_{JC(PAD)} = 4.6^{\circ}\text{C/W}$ (NOTE 2)

004

図 3. ピン配置

表 3. 端子説明

ピン番号	名称	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。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、出力または 3.3V 以上の外部電源に BIAS を接続する必要があります。
2	INTV _{CC}	内部 3.4V 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には、この電圧から給電されます。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。このピンはフロート状態にしてください。
3, 7, 20, 24	NC	接続なし。このピンは内部回路に接続されておらず、PCB 上の任意の場所（通常はグラウンド）に接続できます。
4-6, 21-23	V_{IN}	V_{IN} ピンは LT8645SA/LT8646SA の内部回路と上側パワー・スイッチに電流を供給します。これらのピンは互いに接続し、4.7 μ F 以上のコンデンサを使って局所的にバイパスする必要があります。入力コンデンサの正端子は V_{IN} ピンにできるだけ近付けて接続し、負端子は GND ピンにできるだけ近付けて接続してください。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。

8-10, 17-19, 33-38	GND	グラウンド。入力コンデンサの負端子は、できるだけ GND ピンに近付けて接続してください。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。良好な熱的性能を実現するには、露出パッドを PCB 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ピン 33~38 を未接続のままにできますが、熱性能は低下します。
11	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。このピンはフロート状態にしてください。
12-16	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 EM 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。
25	EN/UV	LT8645SA/LT8646SA 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 LT8645SA/LT8646SA をシャットダウンさせることができます。
26	RT	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。
27	CLKOUT	強制連続モード (FCM)、スペクトラム拡散モード、および同期モードにおいて、CLKOUT ピンは、スイッチング周波数で位相差 180° の 50% デューティサイクル矩形波を出力します。CLKOUT ピンのロー・レベルはグラウンドで、ハイ・レベルは INTV _{CC} です。Burst Mode 動作時、CLKOUT ピンはローになります。CLKOUT 機能を使わない場合は、このピンをフロート状態にしてください。
28	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の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します。フロート状態では、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強制連続モード (FCM) にするには、このピンを INTV _{CC} (または 3V を超える電圧) に接続してハイにします。4) 同期モード : このピンをクロック信号源で駆動することで、外部周波数に同期させることができます。同期動作中、デバイスは強制連続モード (FCM) で動作します。
29	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。LT8645SA の場合、TR/SS ピンの電圧が 0.97V より低いときは、TR/SS ピンの電圧と等しくなるように FB ピンの電圧が安定化されます。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。LT8646SA の場合、TR/SS ピンの電圧が 1.6V 未満になると、TR/SS ピン電圧に応じて FB ピンの電圧が安定化されます。 代表的な性能特性 のセクションのグラフを参照してください。TR/SS ピンの電圧が 1.6V 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 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、シャットダウン時とフォルト状態時には内部 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。
30, LT8645S A Only	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。また、このピンは内部でグラウンドに接続されており、PCB 上でフロート状態のままにすれば LT8646SA とピン互換にすることができます。

30, LT8646S A Only	V _C	V _C ピンは内部エラー・アンプの出力です。このピンの電圧はピーク・スイッチ電流を制御します。制御ループの補償を行うには、このピンとグラウンドの間に RC 回路を接続します。
31	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にローになります。PG は、V _{IN} が 3.4V より高い場合に有効です。
32	FB	LT8645SA/LT8646SA 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。通常は 1pF~10pF のコンデンサを使用します。
	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

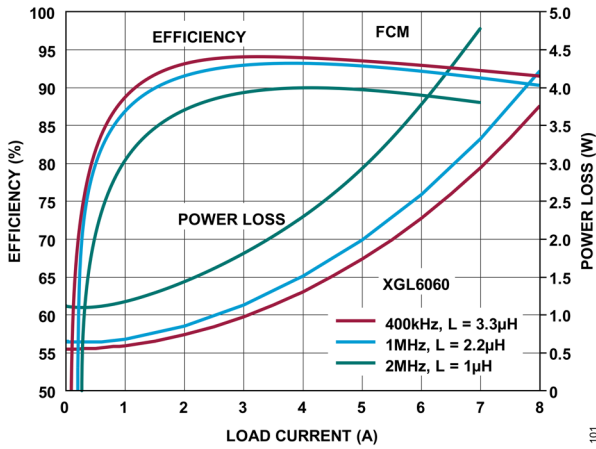


図 3. 24VIN/5VOUT時の効率と周波数の関係

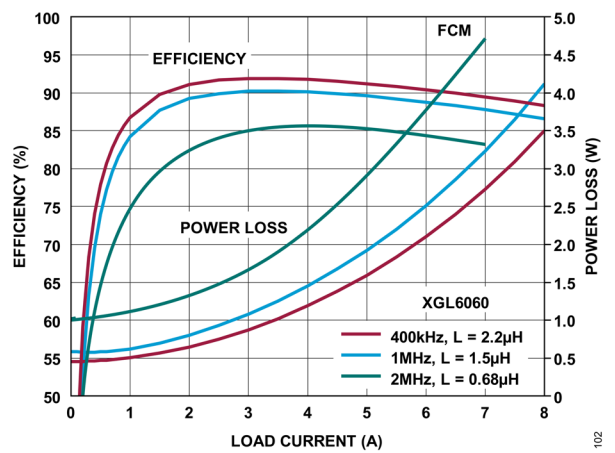


図 4. 24VIN/3.3VOUT時の効率と周波数の関係

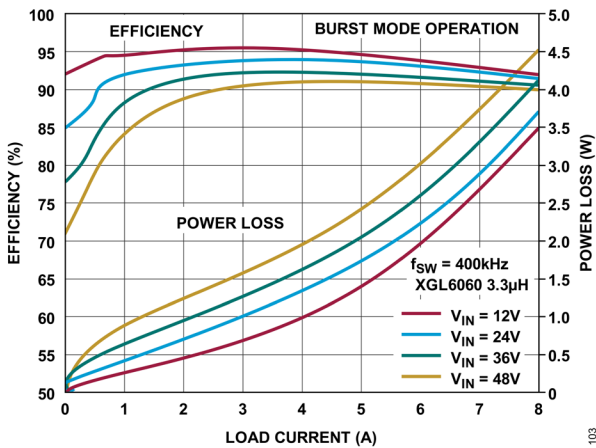


図 5. 5VOUT時の効率

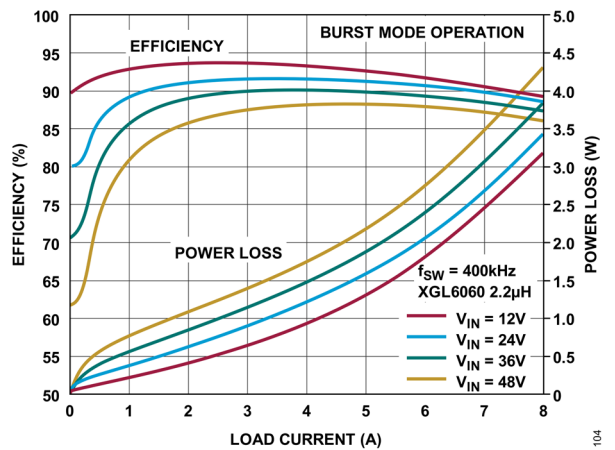


図 6. 3.3VOUT時の効率

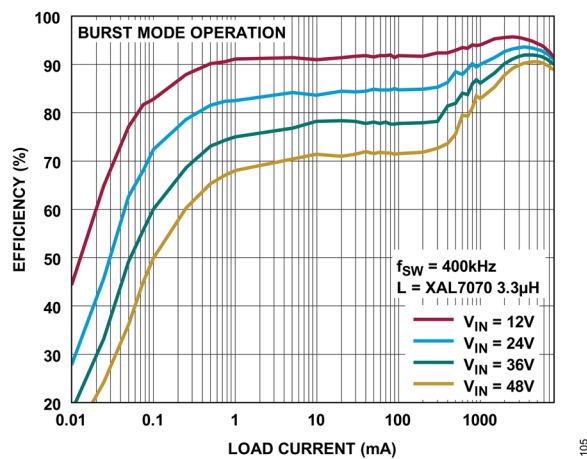


図 7. LT8645SA の低負荷時の効率、5VOUT

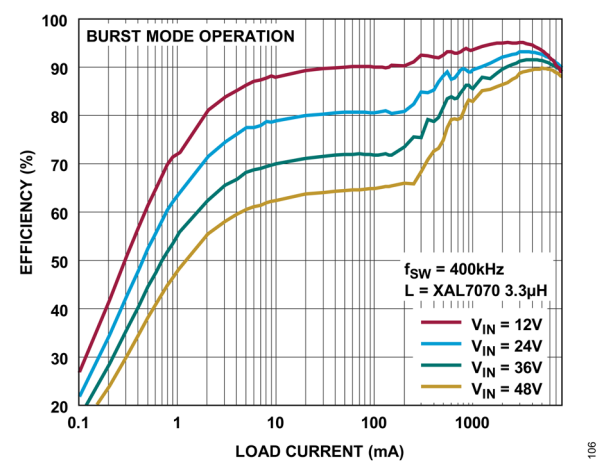


図 8. LT8646SA の低負荷時の効率、5VOUT

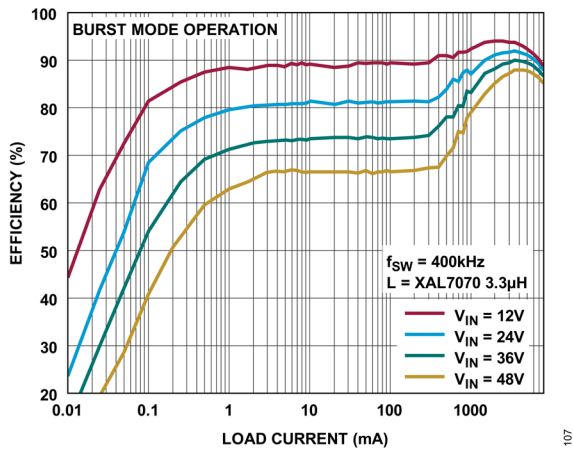


図 9. LT8645SA の低負荷時の効率、3.3V_{OUT}

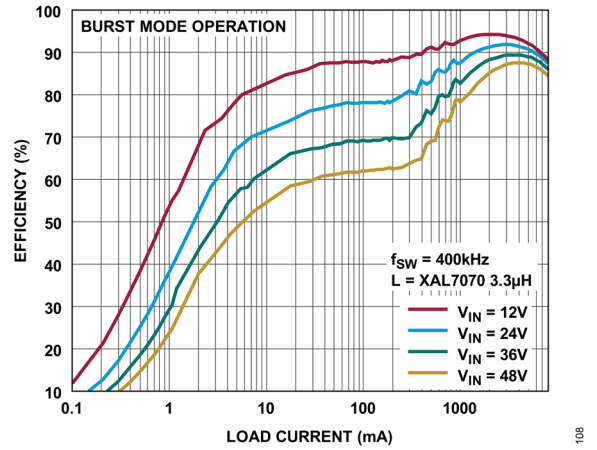


図 10. LT8646SA の低負荷時の効率、3.3V_{OUT}

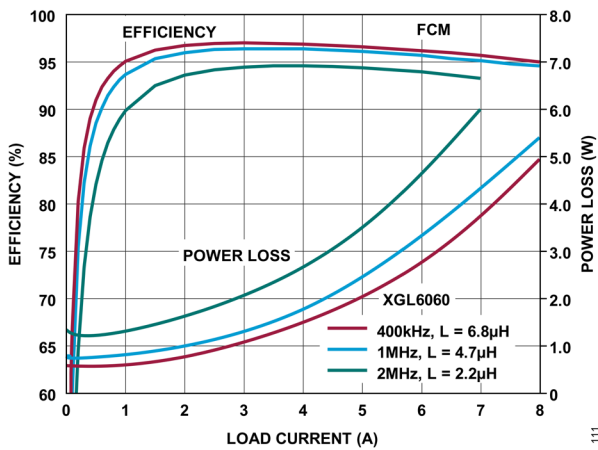


図 11. 24V_{IN}/12V_{OUT} 時の効率と周波数の関係

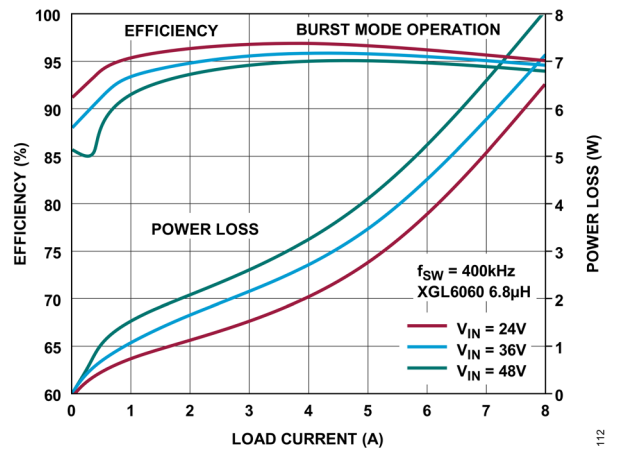


図 12. 12V_{OUT} 時の効率

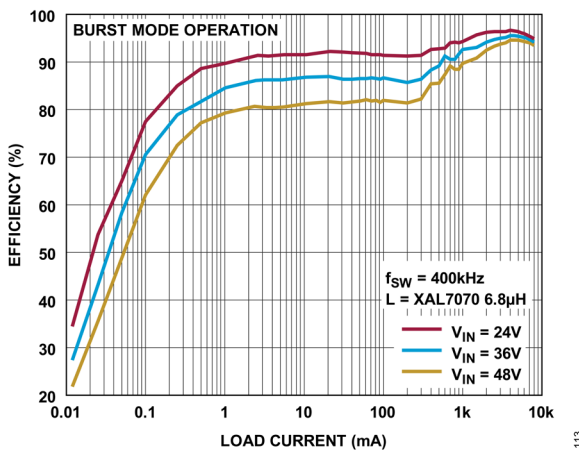


図 13. LT8645SA の低負荷時の効率、12V_{OUT}

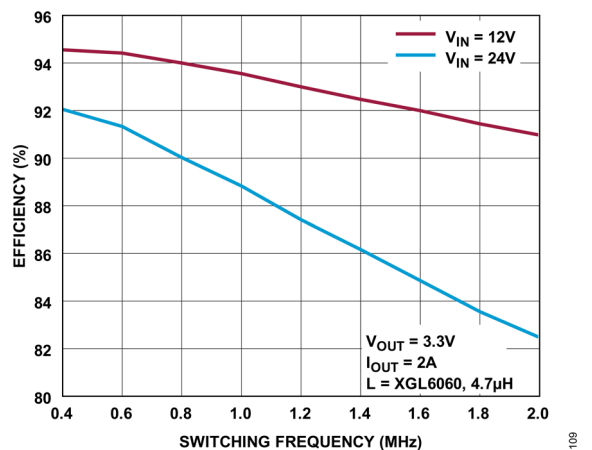


図 14. 効率と周波数の関係

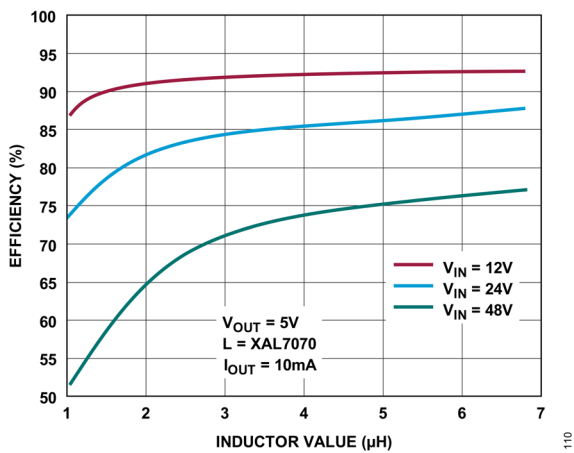


図 15. Burst Mode 動作の効率とインダクタ値の関係 (LT8645SA)

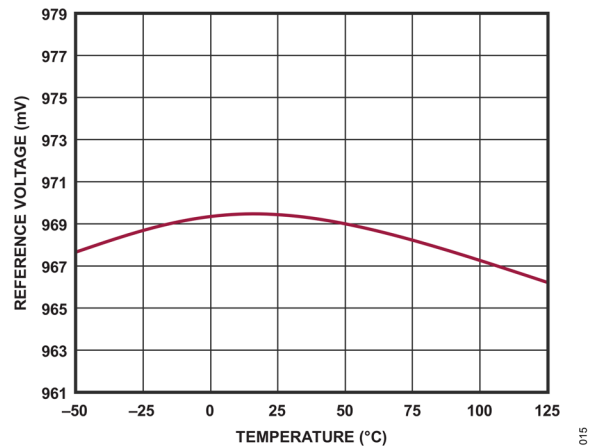


図 16. リファレンス電圧

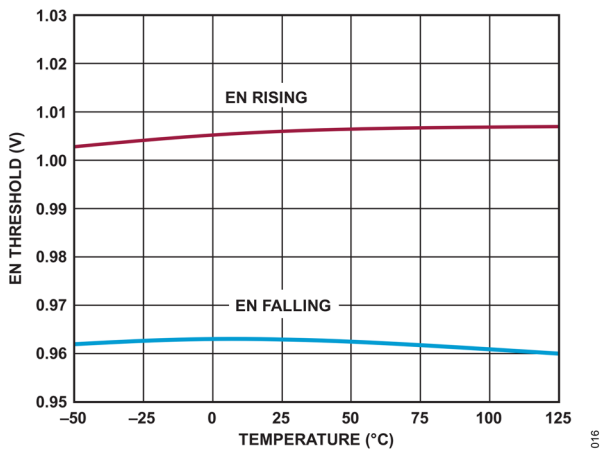


図 17. EN ピン閾値

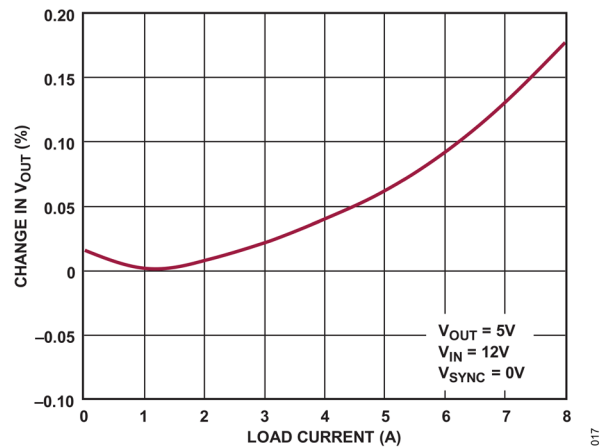


図 18. LT8645SA 負荷レギュレーション

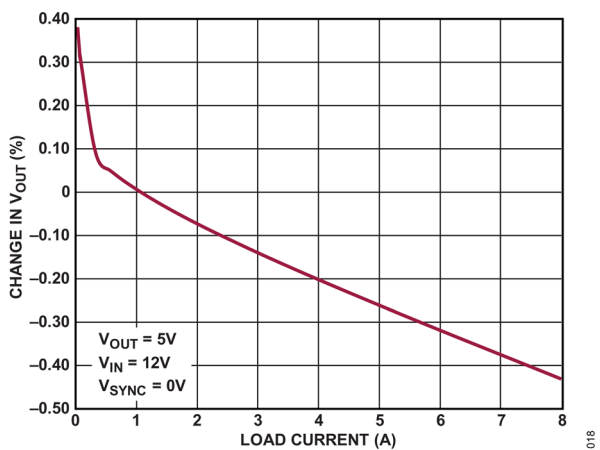


図 19. LT8646SA 負荷レギュレーション

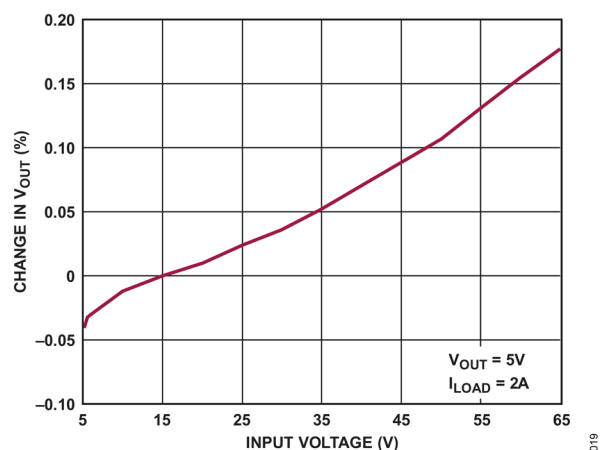


図 20. LT8645SA ライン・レギュレーション

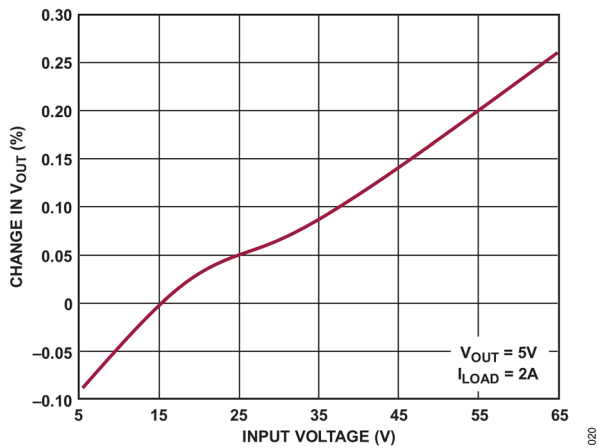


図 21. LT8646SA ライン・レギュレーション

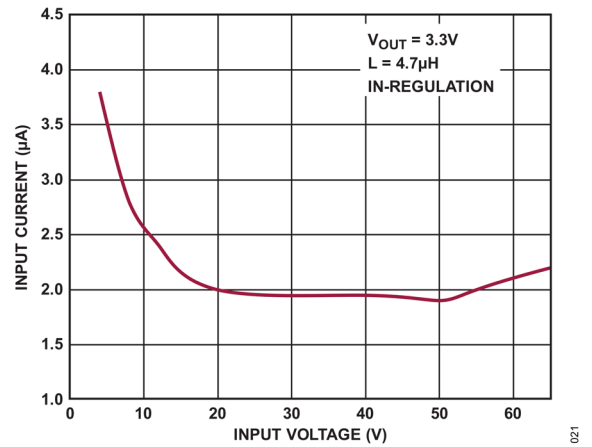


図 22. LT8645SA の無負荷時の電源電流

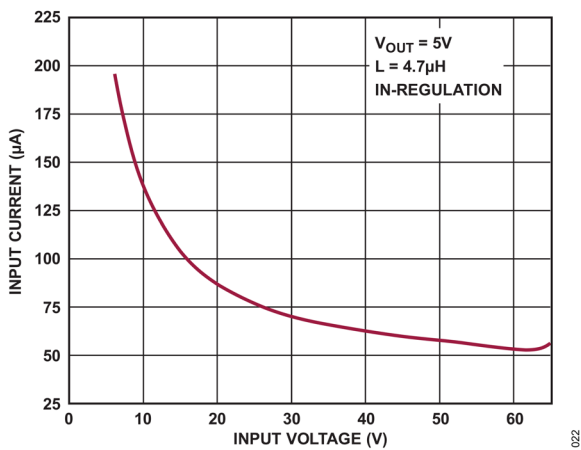


図 23. LT8646SA の無負荷時の電源電流

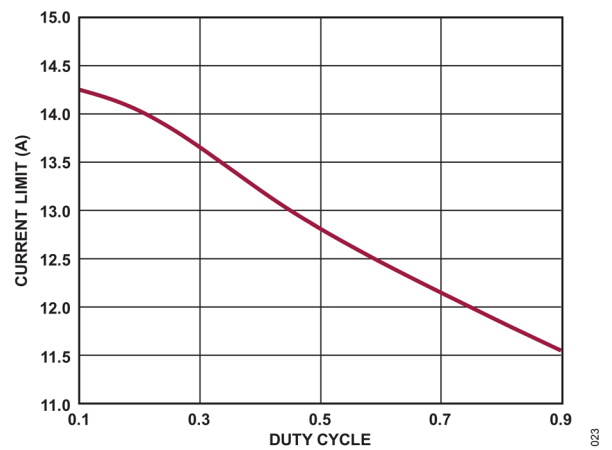


図 24. 上側 FET の電流制限値とデューティサイクルの関係

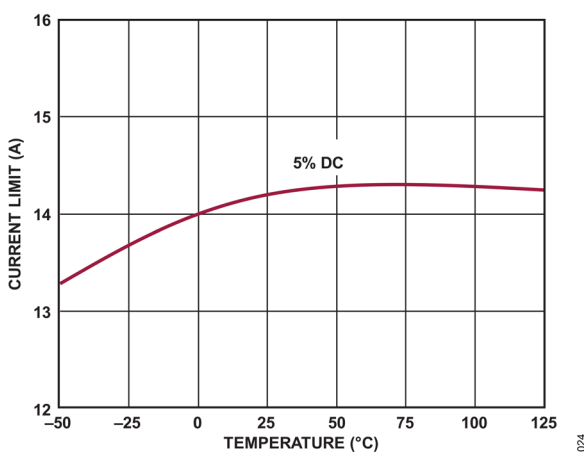


図 25. 上側 FET の電流制限値

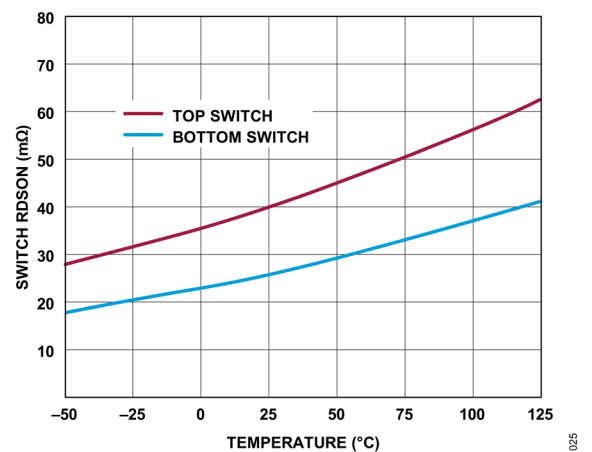


図 26. スイッチの RDSON と温度の関係

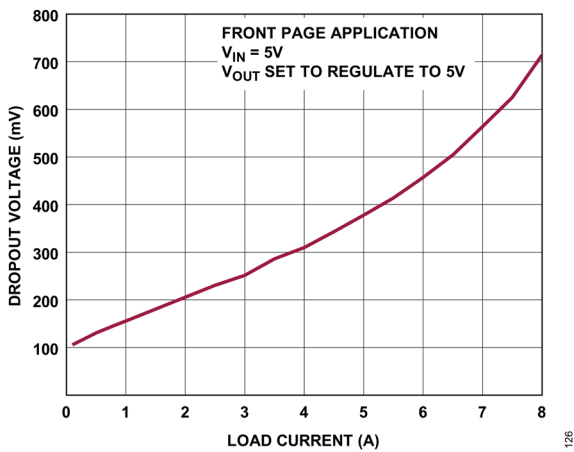


図 27. ドロップアウト電圧

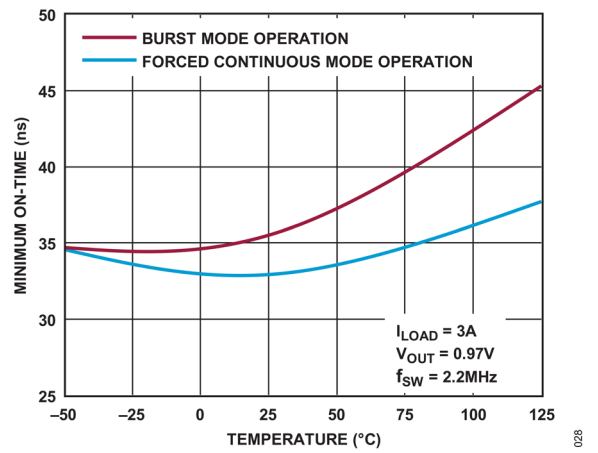


図 28. 最小オン時間

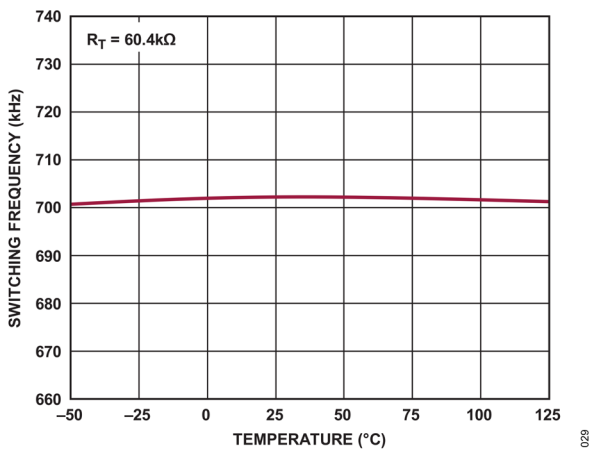


図 29. スwitching周波数

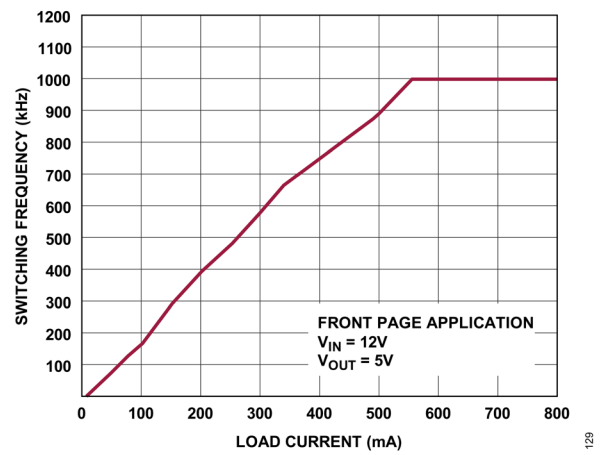


図 30. バースト周波数

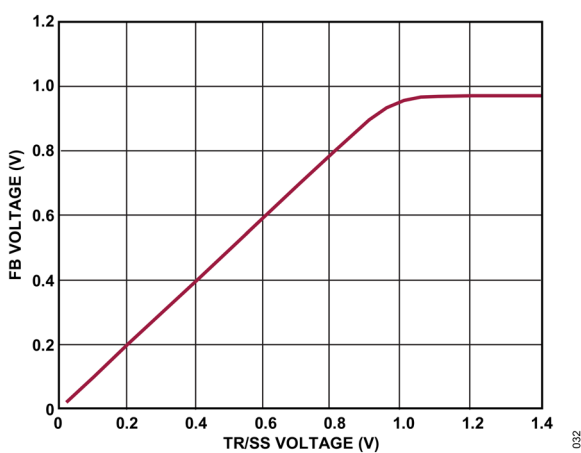


図 31. LT8645SA のソフトスタート・トラッキング

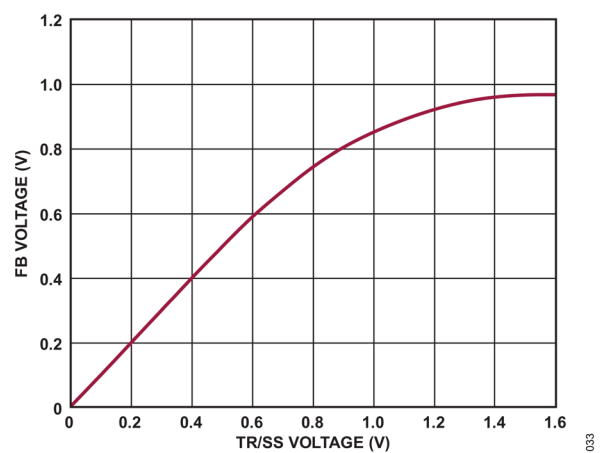


図 32. LT8646SA のソフトスタート・トラッキング

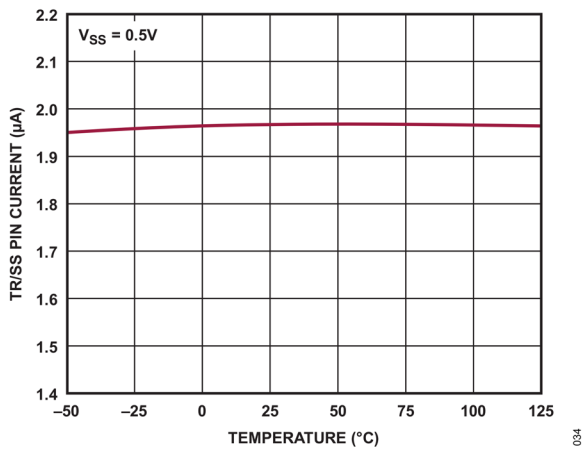


図 33. ソフトスタート電流

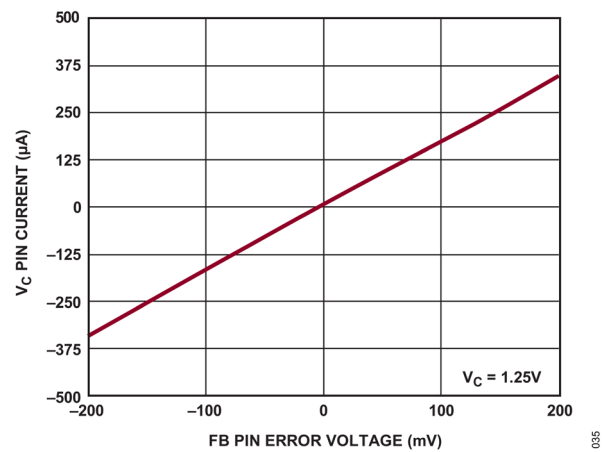


図 34. LT8646SA のエラー・アンプ出力電流

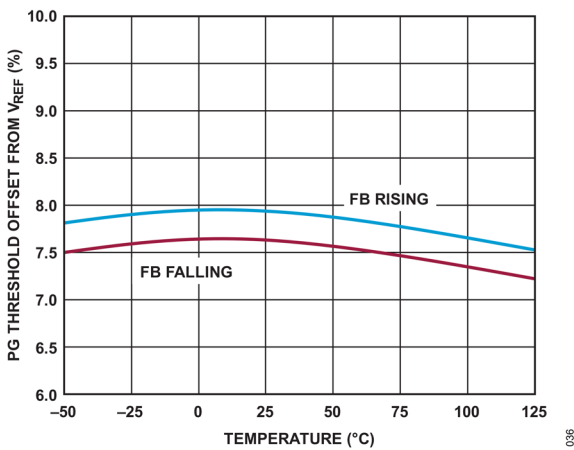


図 35. PG 上限閾値

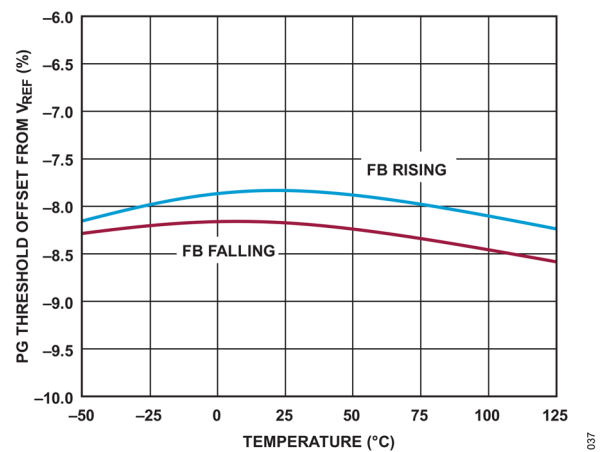


図 36. PG 下限閾値

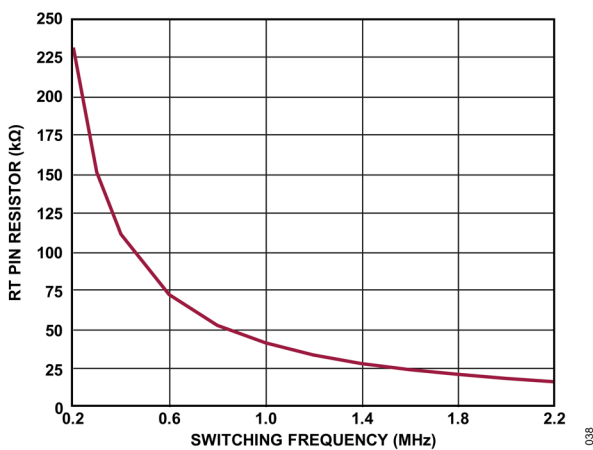


図 37. RT 設定によるスイッチング周波数

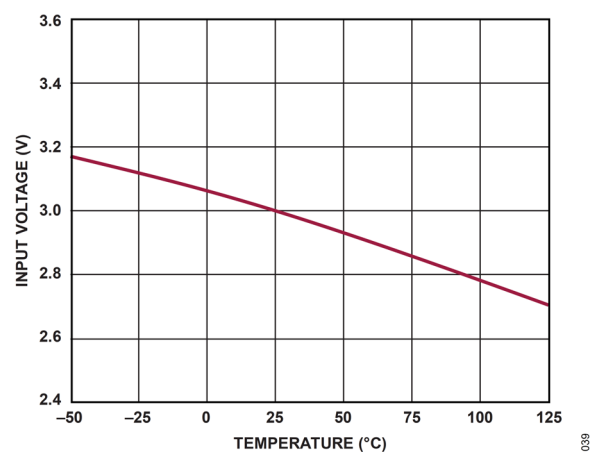


図 38. 最小入力電圧

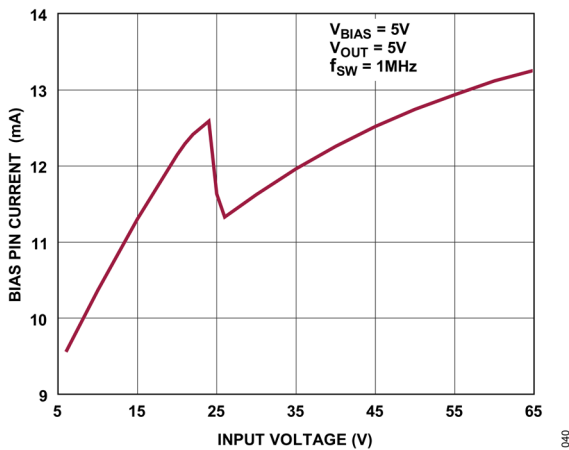


図 39. BIAS ピンの電流

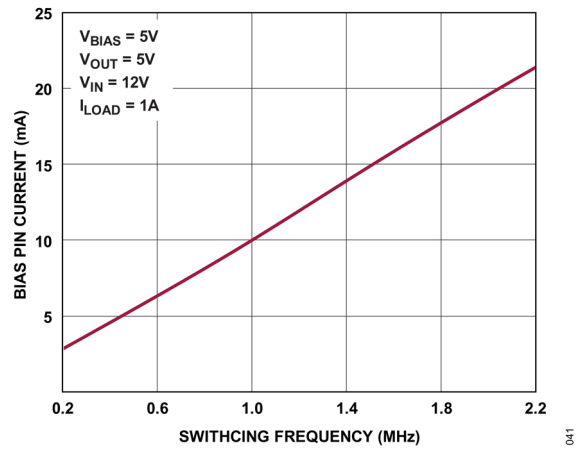


図 40. BIAS ピンの電流

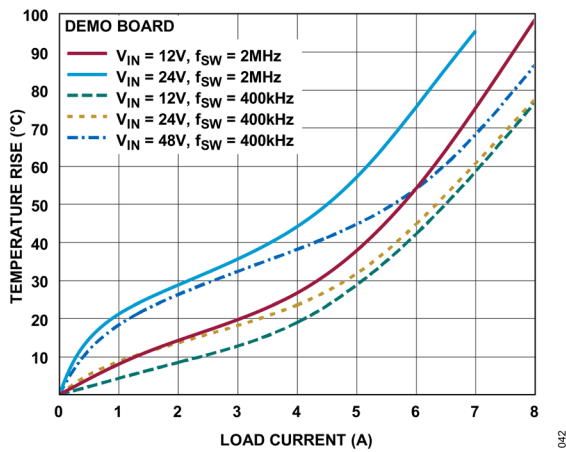


図 41. ケース温度の上昇

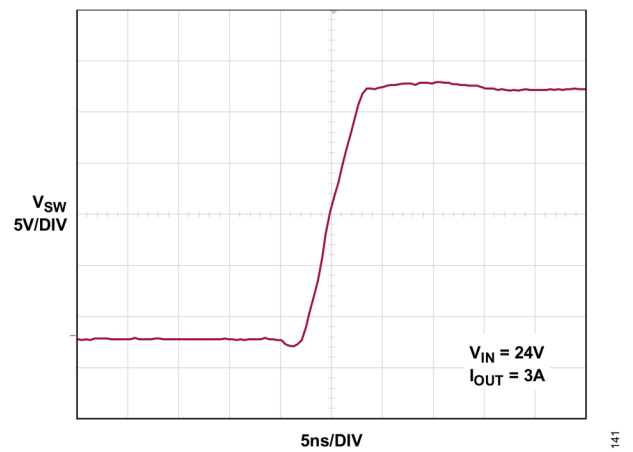


図 42. スイッチの上がりエッジ

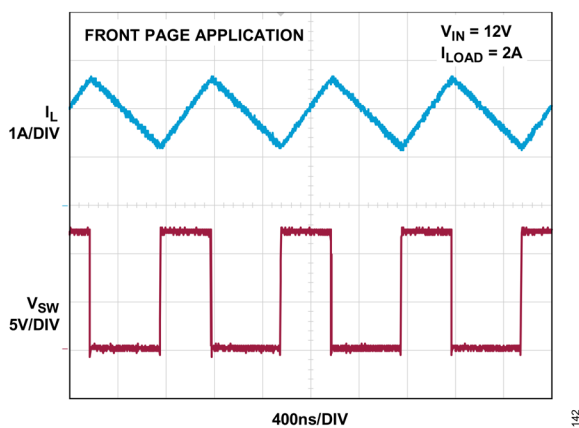


図 43. スイッチング波形、全周波数連続動作時

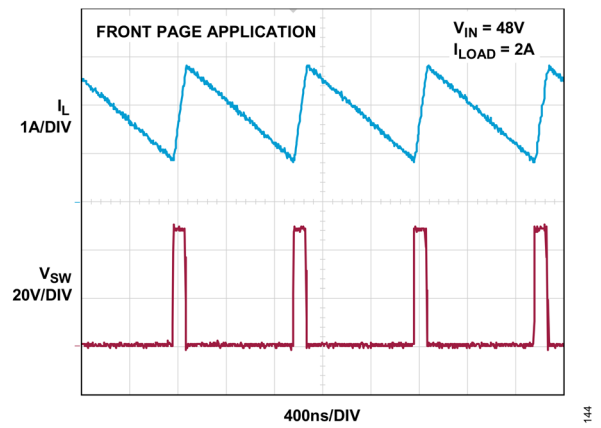


図 44. スイッチング波形、全周波数連続動作時

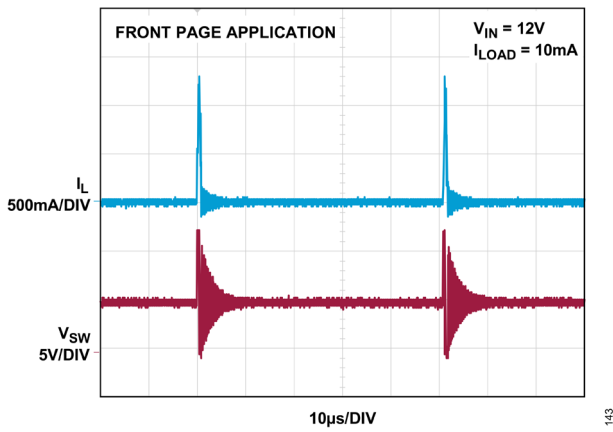


図 45. スイッチング波形、Burst Mode 動作時

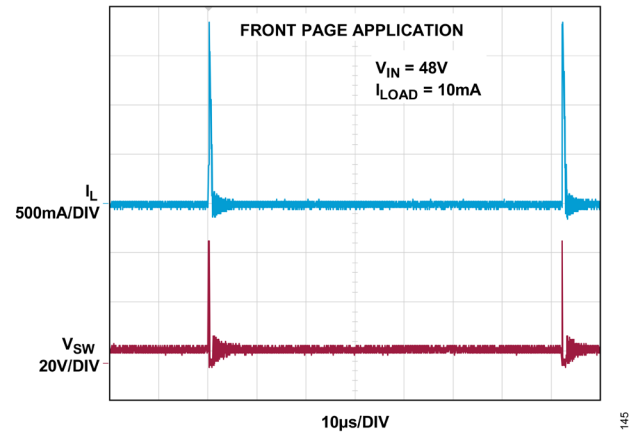


図 46. スイッチング波形、Burst Mode 動作時

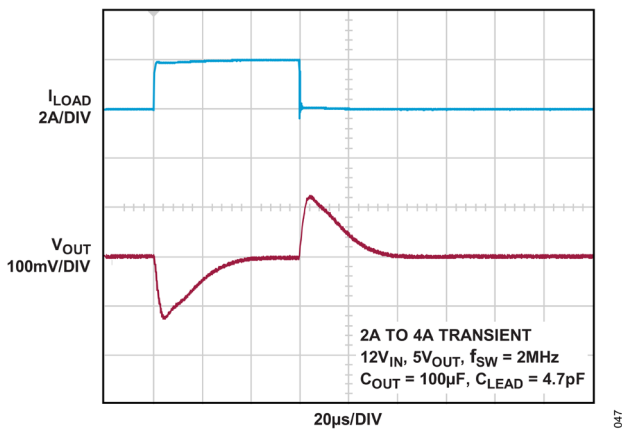


図 47. LT8645SA の過渡応答、内部補償

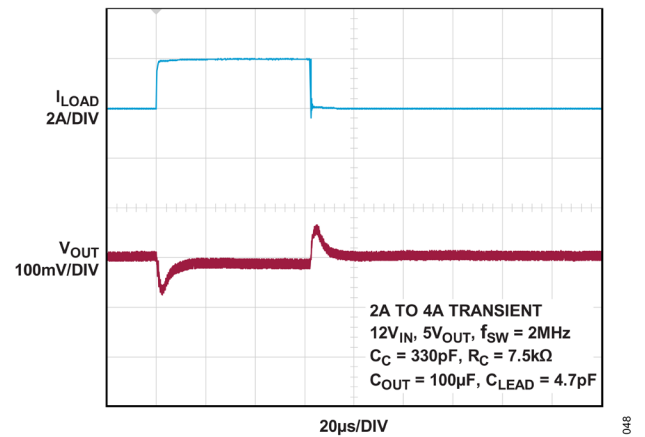


図 48. LT8646SA の過渡応答、外部補償

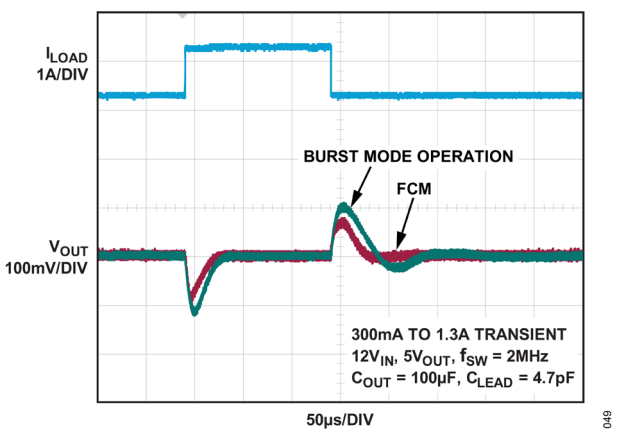


図 49. LT8645SA の過渡応答、300mA~1.3A 負荷ステップ

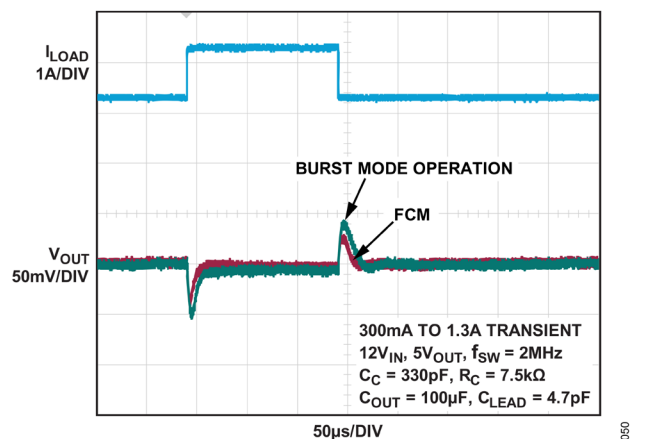


図 50. LT8646SA の過渡応答、300mA~1.3A 負荷ステップ

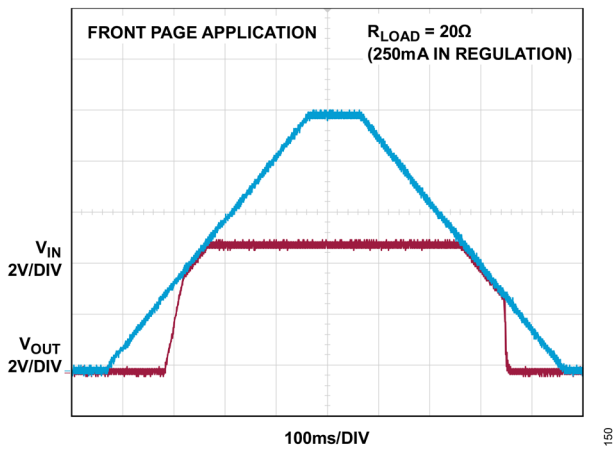


図 51. 起動時のドロップアウト性能

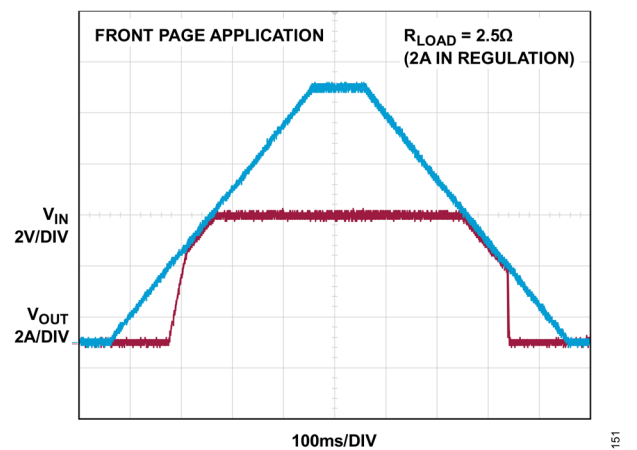


図 52. 起動時のドロップアウト性能

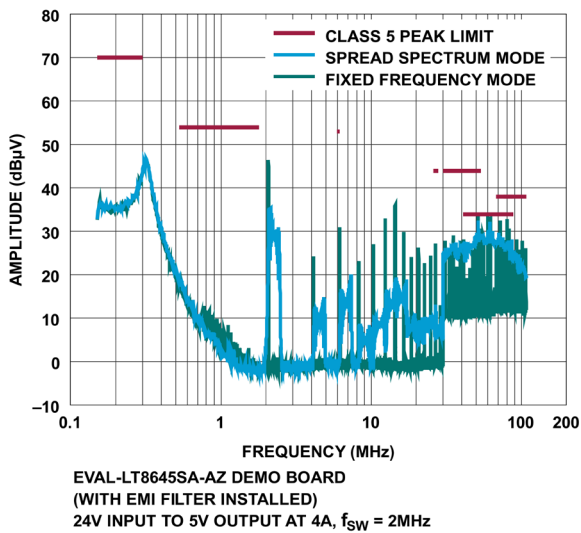


図 53. 伝導 EMI 性能
(CISPR25 伝導妨害波テスト、Class 5 ピーク限界値)

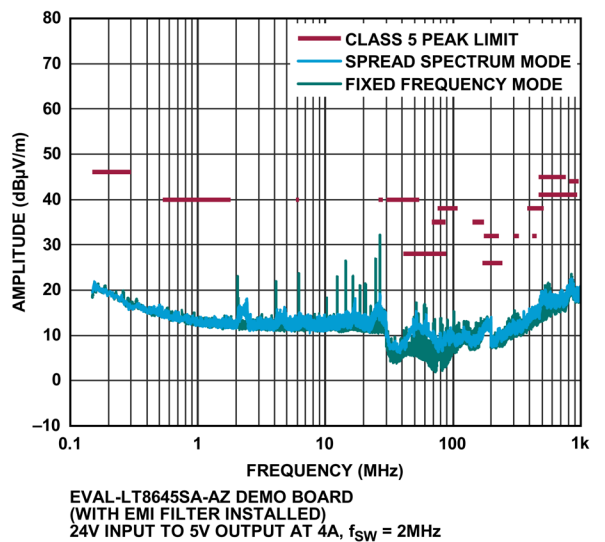


図 54. 放射 EMI 性能
(CISPR25 放射妨害波テスト、Class 5 ピーク限界値)

ブロック図

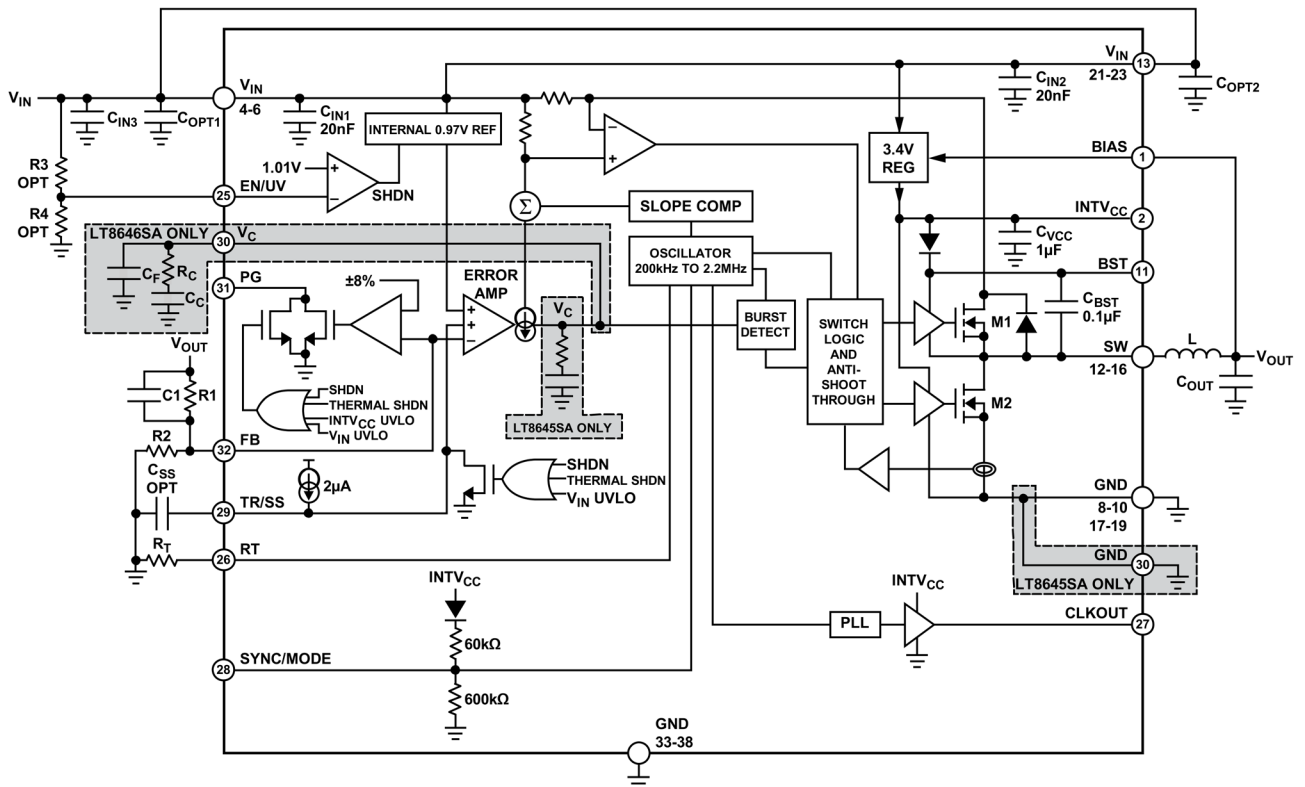


図 55. ブロック図

056

動作原理

LT8645SA/LT8646SA 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するときのピーク・インダクタ電流は、内部の V_C 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 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、帰還電圧はリファレンスと比較して低くなるので、平均インダクタ電流が新たな負荷電流と釣り合うまで、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のスイッチに流れる電流が 12A 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。

LT8645SA/LT8646SA の「S」は、第 2 世代 Silent Switcher 技術が使われていることを表しています。この技術は、高スイッチング周波数で高効率を実現する高速スイッチング・エッジの実現を可能にし、同時に良好な EMI 性能を実現します。これには、 V_{IN} 、BST、INTV_{CC} 用のセラミック・コンデンサをパッケージ内に組み込むことが含まれています（ブロック図を参照）。これらのコンデンサはすべての高速 AC 電流ループを小さく保ち、それによって EMI 性能を改善します。

EN/UV ピンがローになると LT8645SA/LT8646SA はシャットダウンし、入力から供給される電流が約 1 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、LT8645SA/LT8646SA 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され、入力電源電流が 1.7 μ A (LT8645SA) または 230 μ A (LT8646SA、BIAS = 0) に減少します。標準的なアプリケーションの場合、無負荷状態のレギュレーションで消費される入力電源電流は 2.5 μ A (LT8645SA) または 120 μ A (LT8646SA、BIAS = 5V_{OUT}) です。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。

LT8645SA/LT8646SA 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。負のインダクタ電流も許容されます。このモードでは、LT8645SA/LT8646SA 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。

LT8645SA/LT8646SA 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、LT8645SA/LT8646SA 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} (または 3V を超える電圧) 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。LT8645SA/LT8646SA 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。

V_C ピンを使用すれば、事前に設定されたスイッチング周波数に基づいてスイッチング・レギュレータのループ補償を最適化できるので、高速過渡応答に対応することができます。 V_C ピンは電流分担も可能にし、CLKOUT ピンを使用すると他のレギュレータを LT8646SA に同期させることができます。

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。

アプリケーション情報

低 EMI の PCB レイアウト

LT8645SA/LT8646SA は EMI 放射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。LT8645SA/LT8646SA 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、できるだけ LT8645SA/LT8646SA に近付けて取り付けてください。デバイスの両側に 1 つずつコンデンサを取り付けます (C_{OPT1}、C_{OPT2})。値のより大きな (4.7 μ F 以上) 3 個目のコンデンサを、C_{OPT1} または C_{OPT2} 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 56 と図 57 を参照してください。

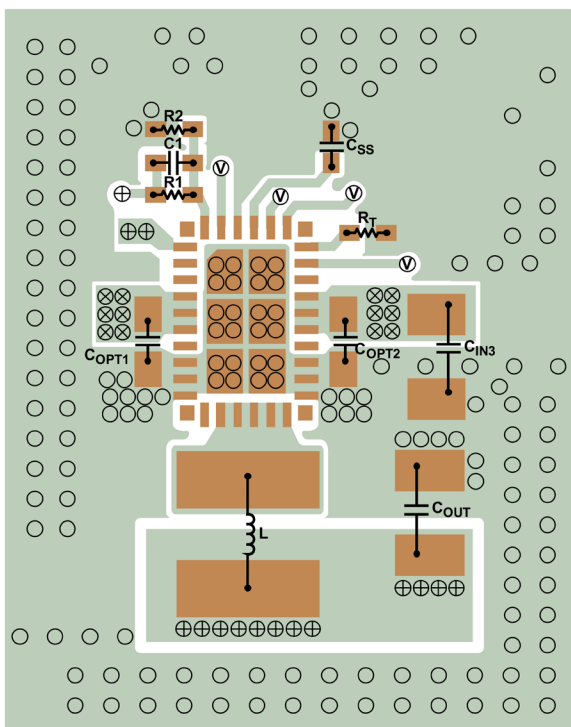


図 56. LT8645SA の推奨 PCB レイアウト

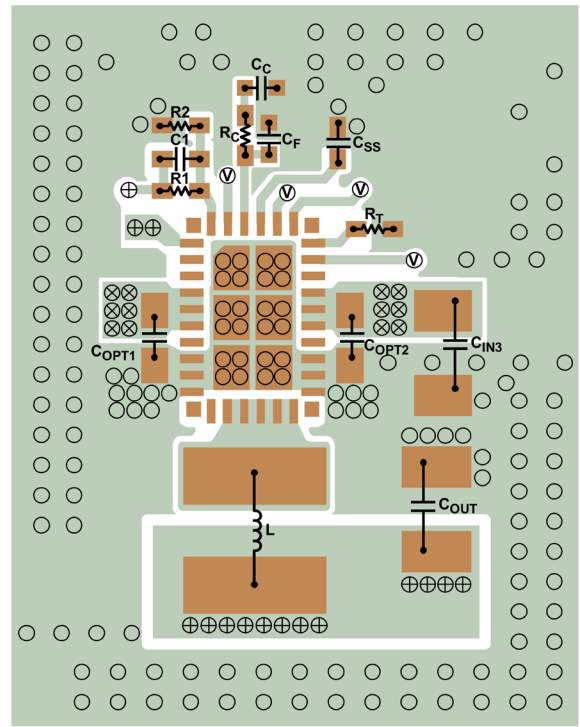


図 57. LT8646SA の推奨 PCB レイアウト

詳細な内容と PCB 設計ファイルについては、LT8645SA/LT8646SA の EVAL-BOARD-LT8645SA ユーザ・ガイドを参照してください。

LT8645SA/LT8646SA の V_{IN} ピンと GND ピン、および入力コンデンサ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_{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、できるだけ小さくする必要があります。0603 や 0805 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。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。

パッケージから周囲への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がったグラウンド・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、LT8645SA/LT8646SA 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、LT8645SA/LT8646SA 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LT8645SA が消費する電流は $1.7\mu\text{A}$ で、LT8646SA の消費する電流は $230\mu\text{A}$ です。

出力負荷が減少するにつれて単一電流パルスの周波数は低下し（図 59 を参照）、LT8645SA/LT8646SA 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限まで延ばすことにより、出力負荷のない場合、標準的なアプリケーションにおける LT8645SA の静止電流は $2.5\mu\text{A}$ に近づきます。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。

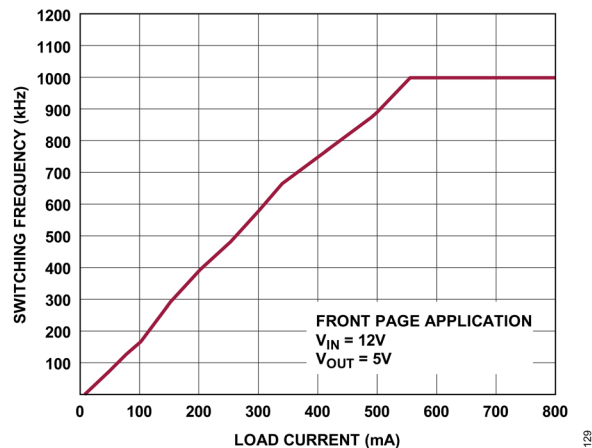


図 58. SW 周波数と負荷の関係（Burst Mode 動作時）

軽負荷時の効率を向上させるには、各パルス間で LT8645SA/LT8646SA がより長くスリープ・モードに止まることできるように、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 ($4.7\mu\text{H}$) 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グラフを参照してください。

Burst Mode 動作時は（図 59 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、それに応じて出力リップルは小さくなります。負荷がゼロから増加するにつれてスイッチング周波数も増加しますが、図 58 に示すように、RT ピンの抵抗で設定されたスイッチング周波数までしか増加しません。

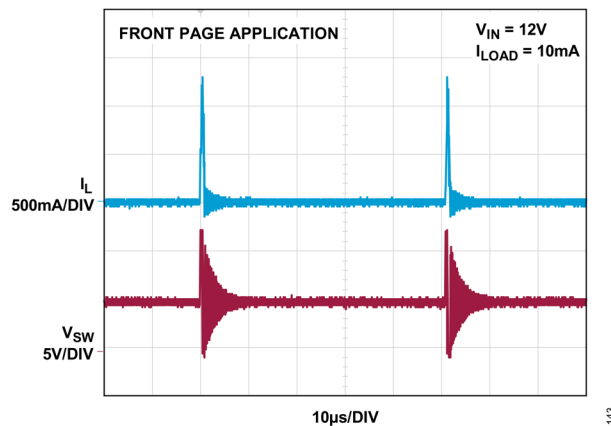


図 59. Burst Mode 動作

LT8645SA/LT8646SA がプログラムされた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・ロー出力のどちらかとすることができます）。

強制連続モード (FCM)

LT8645SA/LT8646SA 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時には、負のインダクタ電流が許容されます。このモードでは、LT8645SA/LT8646SA 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。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。V_{IN} ピンが 63.5V 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 はディスエーブルされます。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 はディスエーブルされます。このような形で FCM がディスエーブルされた場合は、負のインダクタ電流が許容されず、LT8645SA/LT8646SA 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

LT8645SA/LT8646SA は、EMI 放射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イネーブルするには、SYNC/MODE ピンを INTVCC（または 3V を超える電圧）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、LT8645SA/LT8646SA を 2MHz に設定すると、周波数は 2MHz~2.4MHz の範囲を 3kHz 刻みで変化します。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

LT8645SA/LT8646SA 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。

LT8645SA/LT8646SA 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、FCM で動作してレギュレーションを維持します。LT8645SA/LT8646SA は 200kHz~2.2MHz の範囲で同期できます。RT 抵抗は、LT8645SA/LT8646SA 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。次式に従って抵抗値を選択します。

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

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、1%の抵抗を推奨します。

LT8645SA では、入力静止電流を低く抑えて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。この電流は次式で近似できます。

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

ここで、1.7 μ A は LT8645SA 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 の 3.3V アプリケーションの場合、帰還分圧器の電流は 2.3 μ A になります。V_{IN} = 12V で n = 80% の場合は、1.7 μ A の静止電流に 0.8 μ A が加わるため、12V 電源からの無負荷時電流は 2.5 μ A になります。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、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。

スイッチング周波数の設定

LT8645SA/LT8646SA 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 R_T 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 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。

表 4. SW 周波数と RT 値の関係

f _{sw} (MHz)	R _T (k Ω)
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

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インダクタとコンデンサの値を小さくできることで、欠点は効率が低く入力電圧範囲が狭いことです。

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 $V_{SW(BOT)}$ は内蔵スイッチの電圧降下 (最大負荷時にそれぞれ約 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 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 の最大動作定格まで上昇する可能性があります。LT8645SA/LT8646SA 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。

LT8645SA/LT8646SA は約 98% の最大デューティサイクルに対応できるので、 $V_{IN} \sim V_{OUT}$ 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、LT8645SA/LT8646SA はスイッチ・オフ時間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。許容される最大トップ FET オン時間は約 7 μ s で、その後、次の f_{SW} クロックでオフ時間になります。このタイマーによってトップ FET がオフになると、昇圧コンデンサを十分に充電するために、最小オフ時間よりも長いオフ時間 (約 170ns) となります。

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。

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

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 0.3V、約 0.2V)、 f_{SW} は (R_T によって設定された) スwitching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

LT8645SA/LT8646SA 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。LT8645SA/LT8646SA 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。

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

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 (次式) より大きくなければなりません。

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

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、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 0.02 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。

LT8645SA/LT8646SA 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 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 ピークのリップル電流は次式で計算できます。

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

ここで、 f_{SW} は LT8645SA/LT8646SA 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、LT8645SA/LT8646SA 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。

高 V_{IN} (40V 以上) での動作時と、スイッチのオン時間を 100ns 未満とする必要があるような周波数およびデューティサイクルでの動作時には、デューティサイクル・ジッタを防ぐために、 ΔI_L が 1.5A より大きくなるようにインダクタを選択してください。

軽負荷時の効率を向上させるには、各パルス間で LT8645SA/LT8646SA がより長くスリープ・モードに止まることできるように、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 μH) 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の図 15 に示す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、LT8645SA/LT8646SA 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・デバイゼス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 を参照)。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。

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

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、LT8645SA/LT8646SA 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。0.47 μ F の小型セラミック・コンデンサ 2 個 (C_{OPT1} 、 C_{OPT2}) をデバイスの両側の近くに 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、LT8645SA/LT8646SA の両側に配置できます。

3 つめの大きいセラミック・コンデンサ (4.7 μ F 以上) は、 C_{OPT1} または C_{OPT2} 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 の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、更に大きな容量が必要になることがあります。これには性能のさほど高くな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結合して、高品質の (不足減衰の) タンク回路を形成します。LT8645SA/LT8646SA の回路を通電状態の電源に接続すると、入力電圧に公称値の 2 倍のリングングが生じて電圧定格値を超えてしまうおそれがありますが、この状況は簡単に回避できます (アナログ・デバイゼス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、LT8645SA/LT8646SA 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 つ目の役割は、トランジェント負荷を吸収して LT8645SA/LT8646SA 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。妥当な初期値については、[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、低出力リップルで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。使用する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。コンデンサの推奨値については、このデータシートの [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、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、LT8645SA/LT8646SA 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 LT8645SA/LT8646SA 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、LT8645SA/LT8646SA がセラミック・コンデンサを可聴周波数で発振させて、可聴ノイズを発生させることがあります。Burst Mode 時の LT8645SA/LT8646SA 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・キャパシタ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、LT8645SA/LT8646SA 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。LT8645SA/LT8646SA の回路を通電状態の電源に接続すると、入力電圧に公称値の 2 倍のリングングが生じて定格値を超えてしまうおそれがありますが、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）。

イネーブル・ピン

LT8645SA/LT8646SA 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} が目的の電圧より高くなった場合に限り LT8645SA/LT8646SA が出力を安定化するように設定されます（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。この現象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することができます。

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

この場合、LT8645SA/LT8646SA 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 LT8645SA/LT8646SA 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 LT8645SA/LT8646SA の回路に十分な電流を供給します。効率を上げるために、BIAS ピンの電圧が 3.1V 以上の場合は、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 LT8645SA/LT8646SA 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。

周波数補償 (LT8646SA のみ)

ループ補償は安定性とトランジェント性能を決定し、 V_C ピンに接続する部品によって行われます。一般的には、グラウンドに直列に接続したコンデンサ (C_C) と抵抗 (R_C) が使われます。補償回路の設計は少々複雑で、最適値はアプリケーションによって異なります。実用的な方法は、このデータシートの回路の中から目的のアプリケーションに似た回路を探して出発点とし、補償回路を調整して性能を最適化することです。このプロセスには LTspice® または LTpowerCAD によるシミュレーションが役立つ場合があります。次に、負荷電流、入力電圧、温度を含むすべての動作条件について安定性をチェックします。LT1375 のデータシートには、ループ補償に関する詳細な説明が記載されており、トランジェント負荷を使用した安定性のテスト方法も説明されています。

LT8646SA の制御ループの等価回路を図 60 に示します。エラー・アンプは、出力インピーダンスが有限のトランスコンダクタンス・アンプです。変調器、パワー・スイッチ、およびインダクタで構成される電源セクションは、 V_C ピンの電圧に比例した出力電流を生成するトランスコンダクタンス・アンプとしてモデル化されています。出力コンデンサはこの電流を積分し、 V_C ピンのコンデンサ (C_C) はエラー・アンプの出力電流を積分するので、ループには 2 つのポールが生じます。ゼロが必要ですが、これは C_C と直列に接続した抵抗 R_C によって得られます。この簡単なモデルは、インダクタの値が大きすぎず、ループのクロスオーバー周波数がスイッチング周波数よりはるかに低いという条件が満たされている限り、良好に機能します。また、帰還抵抗分圧器に進相コンデンサ (C_{PL}) を並列に接続すれば、過渡応答を改善することができます。このコンデンサは、帰還ノードとグラウンドの間の容量によって生じる寄生ポールを相殺するためにも必要です。

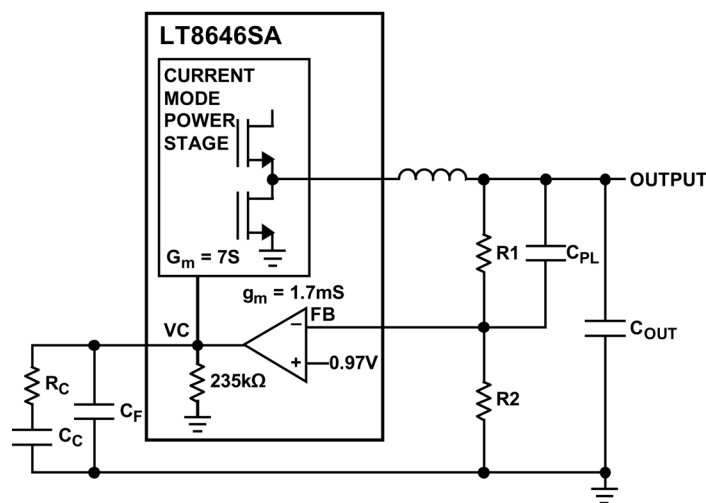


図 60. ループ応答のモデル

出力電圧のトラッキングとソフトスタート

LT8645SA/LT8646SA 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 $2\mu\text{A}$ 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、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。LT8645SA の場合、 $0\text{V} \sim 0.97\text{V}$ の範囲では TR/SS ピンの電圧がエラー・アンプへの内部 0.97V 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 ピンの電圧に安定化されます。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。LT8646SA の場合、 $0\text{V} \sim 1.6\text{V}$ の範囲では TR/SS ピンの電圧がエラー・アンプへの内部 0.97V リファレンス入力をオーバーライドするので、FB ピン電圧は SS ピン電圧の関数として安定化されます。代表的な性能特性のセクションのグラフを参照してください。TR/SS ピンの電圧が 1.6V 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。この機能が必要ない場合は、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、フォルトが発生す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

LT8645SA/LT8646SA の出力電圧がレギュレーション・ポイントの±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 ピンはローになります。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 は、 V_{IN} が 3.4V より高い場合に有効です。

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。

並列化 (LT8646SA のみ)

実現可能な出力電流を増加するため、2 個の LT8646SA を並列にして同じ出力に接続することができます。これを行うには、 V_C ピンと FB ピンを互いに接続し、それぞれの LT8646SA の SW ノードを個々のインダクタを通じて共通の出力に接続します。一方の LT8646SA の CLKOUT ピンを他方の LT8646SA の SYNC/MODE ピンに接続し、両デバイスが同じモードで動作するようにします。FCM モード、スペクトラム拡散モード、同期モードでは、両デバイスが同じ周波数と 180° の位相差で動作します。2 つの LT8646SA を並列に接続して、1 つの出力で最大 16A を供給できるようにしたアプリケーションの例を図 61 に示します。

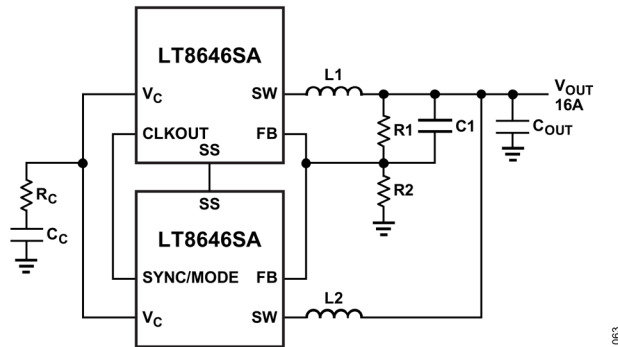
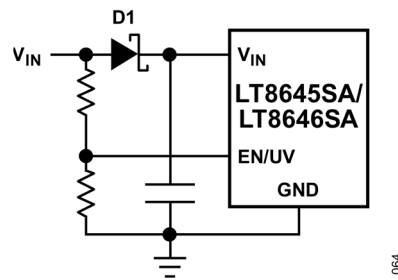


図 61. 2 つの LT8646SA の並列接続

短絡保護と逆入力保護

LT8645SA/LT8646SA は出力短絡に耐えることができます。下側スイッチの電流がモニタされており、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。

LT8645SA/LT8646SA 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。このような状態となる可能性があるのは、バッテリー電源や他の電源が LT8645SA/LT8646SA の出力にダイオード OR 接続されている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、LT8645SA/LT8646SA の内部回路には SW ピンを通じて静止電流が流れます。システムがこの状態で電流流出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 μ 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} ピンを通して、LT8645SA/LT8646SA 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 62 に示すように V_{IN} ピンと EN/UV ピンを接続すれば、LT8645SA/LT8646SA 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。

図 62. 逆 V_{IN} 保護

熱に関する検討事項

周囲温度が高い場合は、PCB のレイアウトに注意を払い、LT8645SA/LT8646SA 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 LT8645SA/LT8646SA 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付くにつれて、最大負荷電流をディレーティングする必要があります。LT8645SA/LT8646SA 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、LT8645SA/LT8646SA 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、LT8645SA/LT8646SA 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 LT8645SA/LT8646SA 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。

LT8645SA/LT8646SA 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 63 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。

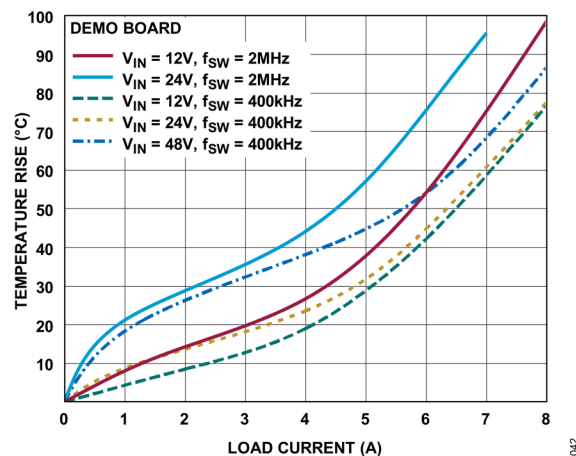


図 63. ケース温度の上昇

LT8645SA/LT8646SA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は LT8645SA/LT8646SA 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グラフを参照してください。

代表的なアプリケーション回路

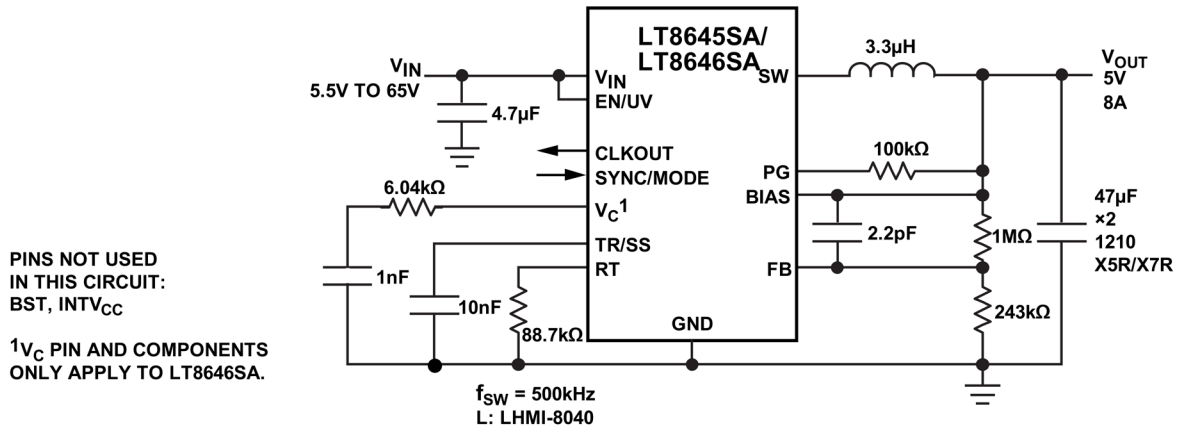


図 64. ソフトスタートおよびパワー・グッド機能を備えた 5V/8A 降圧コンバータ

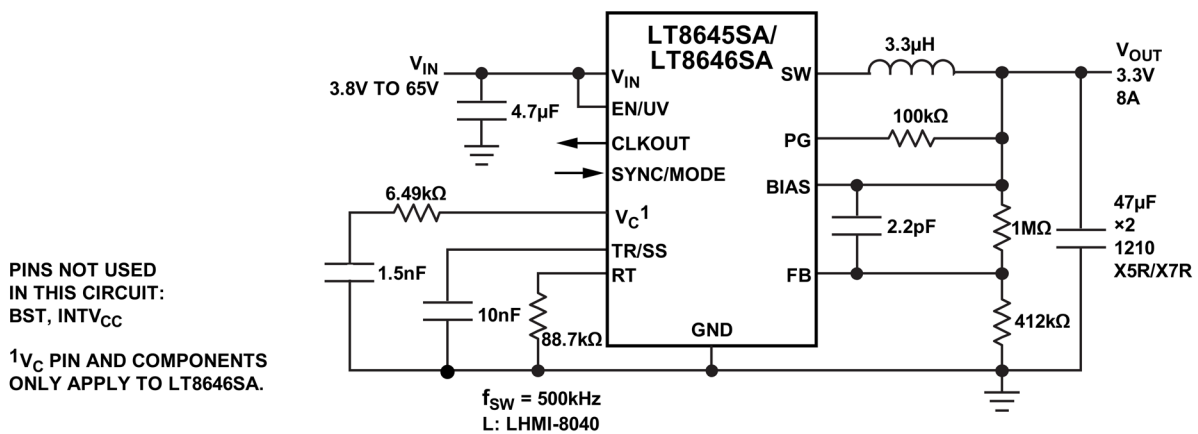


図 65. ソフトスタートおよびパワー・グッド機能を備えた 3.3V/8A 降圧コンバータ

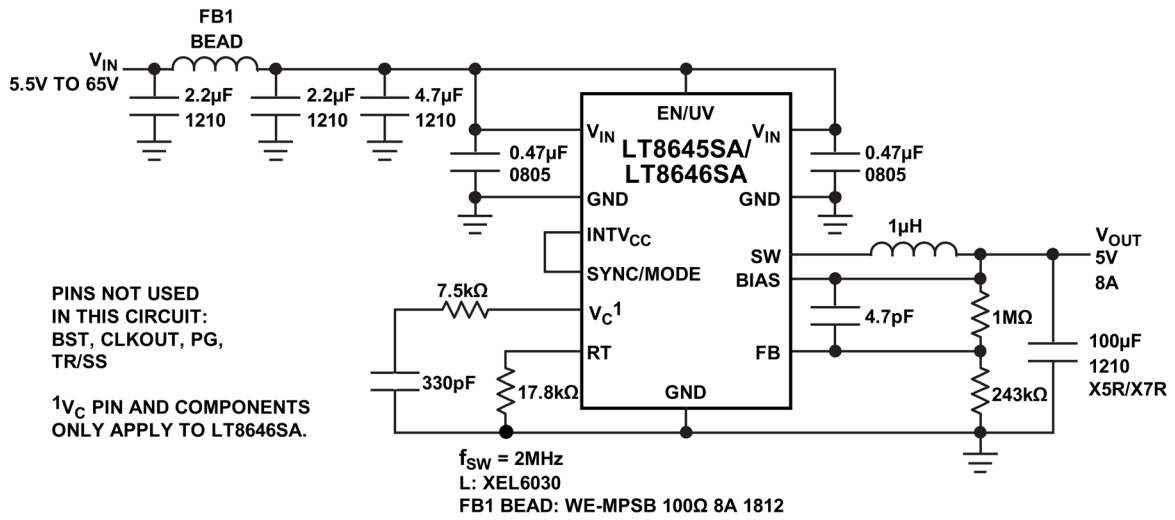


図 66. スペクトラム拡散機能を備えた超低 EMI の 5V/8A 降圧コンバータ

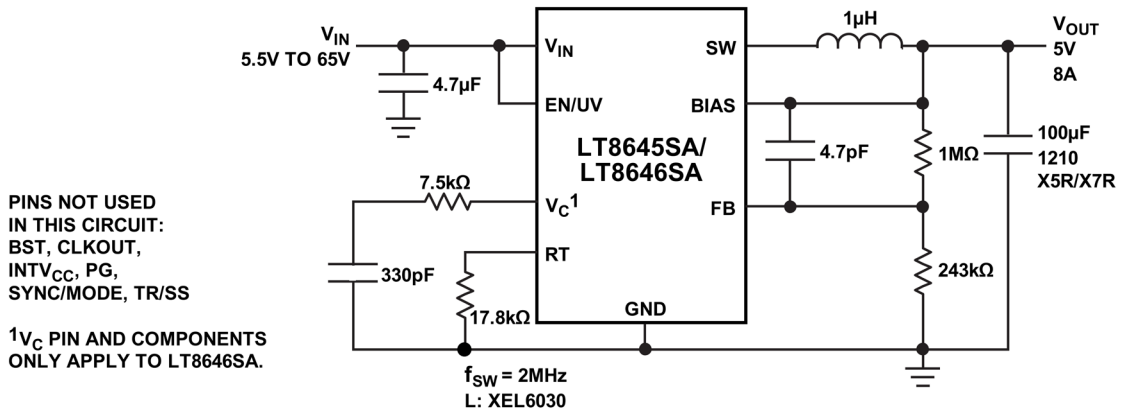


図 67. 2MHz、5V/8A 降圧コンバータ

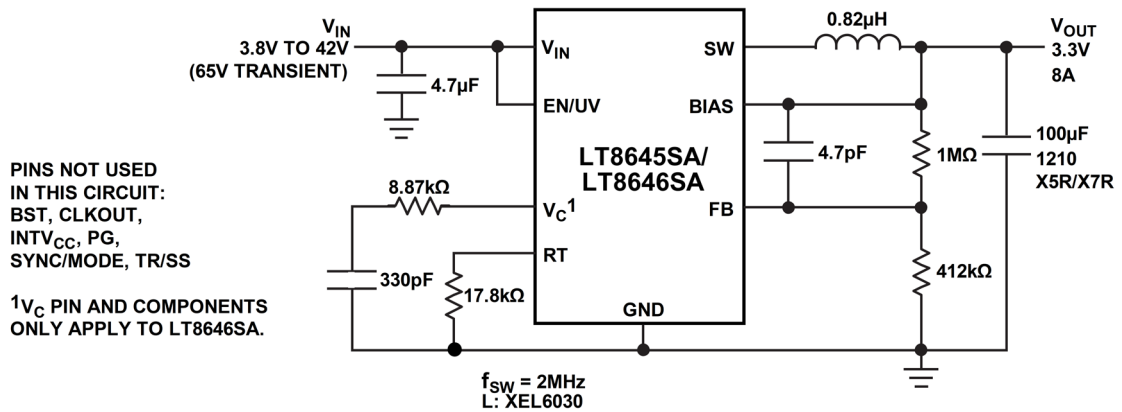
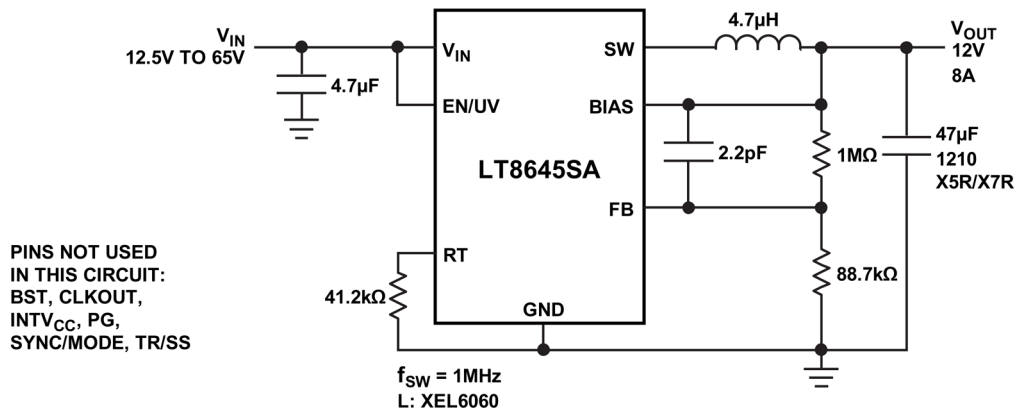
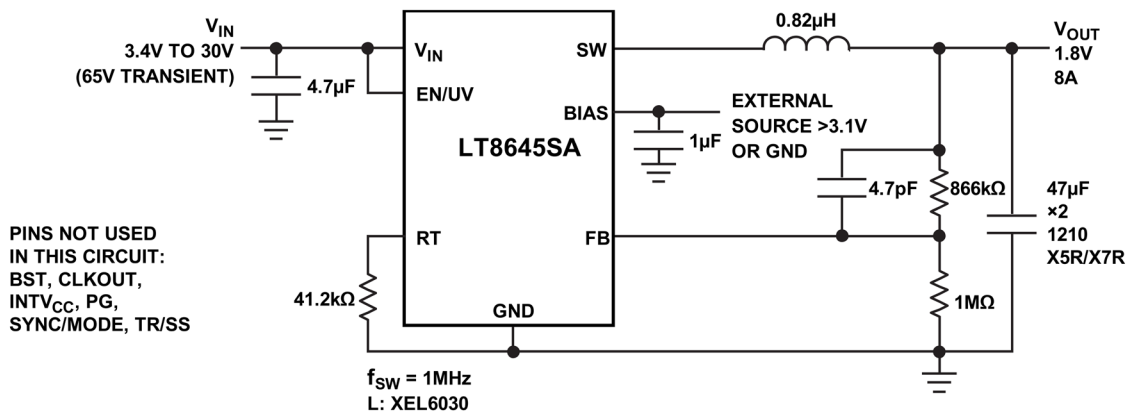


図 68. 2MHz、3.3V/8A 降圧コンバータ



071

図 69. 12V/8A 降圧コンバータ



072

図 70. 1.8V/8A 降圧コンバータ

関連製品

製品番号	説明	注釈
LT8645S/ LT8646S	65V/8A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2、 $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(MIN)} = 3.4\text{V}$ 、 $V_{IN(MAX)} = 65\text{V}$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97\text{V}$ 、 $I_Q = 2.5\mu\text{A}$ 、 $I_{SD} < 1\mu\text{A}$ 、6mm × 4mm LQFN-32
LT8640SA/ LT8643SA	静止電流 $2.5\mu\text{A}$ の 42V/6A 同期整流式降圧 Silent Switcher 2	$V_{IN(MIN)} = 3.4\text{V}$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 42\text{V}$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97\text{V}$ 、 $I_Q = 2.5\mu\text{A}$ 、 $I_{SD} < 1\mu\text{A}$ 、4mm × 4mm LQFN-24
LT8640A	静止電流が $2.5\mu\text{A}$ の 42V、5A/8A ピーク同期整流式降圧 Silent Switcher	$V_{IN(MIN)} = 3.4\text{V}$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42\text{V}$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97\text{V}$ 、 $I_Q = 2.5\mu\text{A}$ 、 $I_{SD} < 1\mu\text{A}$ 、3mm × 4mm QFN-18
LT8641A	静止電流が $2.5\mu\text{A}$ の 65V、3.5A/5A ピーク同期整流式降圧 Silent Switcher	$V_{IN(MIN)} = 3\text{V}$ 、 $V_{IN(MAX)} = 65\text{V}$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.81\text{V}$ 、 $I_Q = 2.5\mu\text{A}$ 、 $I_{SD} < 1\mu\text{A}$ 、3mm × 4mm QFN-18
LT8609/ LT8609A	42V/2A、効率 94%、2.2MHz の同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(MIN)} = 3\text{V}$ 、 $V_{IN(MAX)} = 42\text{V}$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8\text{V}$ 、 $I_Q = 2.5\mu\text{A}$ 、 $I_{SD} < 1\mu\text{A}$ 、MSOP-10E
LT8620	65V/2.5A、効率 94%、2.2MHz の同期整流式 MicroPower 降圧 DC/DC コンバータ、 $I_Q = 2.5\mu\text{A}$	$V_{IN(MIN)} = 3.4\text{V}$ 、 $V_{IN(MAX)} = 65\text{V}$ 、 $V_{OUT(MIN)} = 0.97\text{V}$ 、 $I_Q = 2.5\mu\text{A}$ 、 $I_{SD} < 1\mu\text{A}$ 、MSOP-16E、3mm × 5mm QFN-24

オーダー・ガイド

表 5. オーダー・ガイド

PART NUMBER	TAPE AND REEL	PART MARKING*	FINISH CODE	PAD FINISH	PACKAGE TYPE***	MSL RATING	TEMPERATURE RANGE
LT8645SAAV#PBF	LT8645SAAV#TRPBF	8645SAV	e4	Au (RoHS)	LQFN (Laminate Package with QFN Footprint)	3	-40°C to 125°C
LT8646SAAV#PBF	LT8646SAAV#TRPBF	8646SAV	e4	Au (RoHS)	LQFN (Laminate Package with QFN Footprint)	3	-40°C to 125°C
AUTOMOTIVE PRODUCTS**							
LT8645SAAV#WPBF	LT8645SAAV#WTRPBF	8645SAV	e4	Au (RoHS)	LQFN (Laminate Package with QFN Footprint)	3	-40°C to 125°C
LT8646SAAV#WPBF	LT8646SAAV#WTRPBF	8646SAV	e4	Au (RoHS)	LQFN (Laminate Package with QFN Footprint)	3	-40°C to 125°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。

テープのリール巻き仕様。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。

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。本紙記載の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。

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、2026年3月4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：2026年3月4日

製品名：LT8645SA

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev.0

訂正箇所：25頁、中程「スイッチング周波数の設定」の項、2行目

【誤】

「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。」

【正】

「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 4 に示します。」