

自動Burst Mode動作 マイクロパワー同期整流式昇降圧 DC/DCコンバータ

特長

- 出力電圧を上回る/下回る、または等しい安定化出力電圧
- インダクタ1個のみ、ショットキー・ダイオードは不要
- 手動またはプログラム可能な自動Burst Mode動作
- 平均入力電流制限をプログラム可能
- 1セル・リチウムイオン・バッテリーで最大1.2Aの連続出力電流
- 高効率: 最大95%
- シャットダウン時の出力切断
- 2.4V~5.5Vの入力範囲
- 2.4V~5.25Vの出力範囲
- バーストモード動作時の消費電流: 35 μ A
- プログラム可能な周波数: 300kHz~2MHz
- シャットダウン時の消費電流: < 1 μ A
- 熱特性が改善された小型12ピン (4mm \times 3mm) DFNパッケージ

アプリケーション

- PDA/SMART電話
- ハンドヘルド・コンピュータ
- MP3プレーヤ
- ハンドヘルド機器
- デジタル・カメラ
- ワイヤレス・ヘッドセット
- USB周辺機器

概要

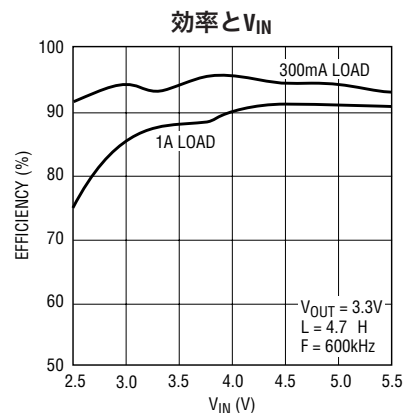
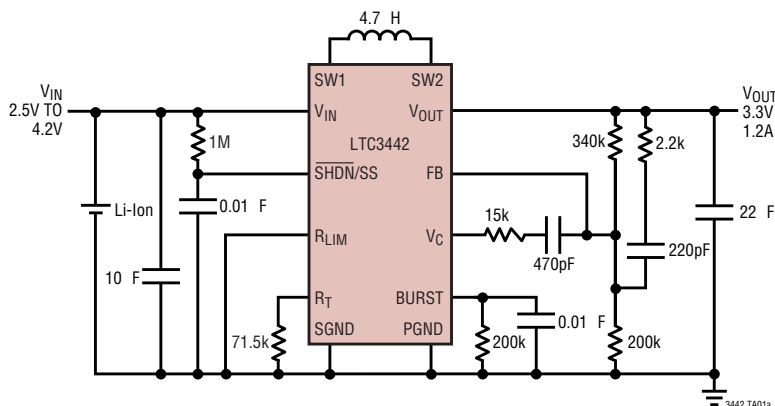
LTC[®]3442は出力電圧を上回るまたは下回る入力電圧でも、また出力電圧と等しい入力電圧でも動作する高効率の固定周波数昇降圧DC/DCコンバータです。このデバイスはすべての動作モードで連続伝達関数方式を採用しているため、出力電圧がバッテリー電圧の範囲内にある1セル・リチウムイオンまたは複数セル・アルカリ・アプリケーションに最適です。

このデバイスは2つの0.10 Ω NチャネルMOSFETスイッチと2つの0.10 Ω Pチャネル・スイッチを内蔵しています。動作周波数と平均入力電流制限はそれぞれ1本の外付け抵抗でプログラム可能です。消費電流はBurst Mode動作時にはわずか35 μ Aで、携帯アプリケーションでバッテリー寿命を最大限に延ばすことができます。自動Burst Modeでは、ユーザがBurst Mode動作の負荷電流をプログラムすることができます。また、ユーザがBurst Mode動作を手動で制御することも可能です。

この他に、1 μ Aのシャットダウン電流、プログラム可能なソフトスタート、ピーク電流制限、サーマル・シャットダウンなどの機能も搭載しています。LTC3442は熱特性が改善された高さの低い(4mm \times 3mm \times 0.75mm) 12ピンDFNパッケージで供給されます。

LT, LTC, LTM, Linear Technology, LinearのロゴおよびBurst Modeはリニアテクノロジー社の登録商標です。ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。6404251, 6166527を含む米国特許によって保護されています。

標準的応用例



3442fb

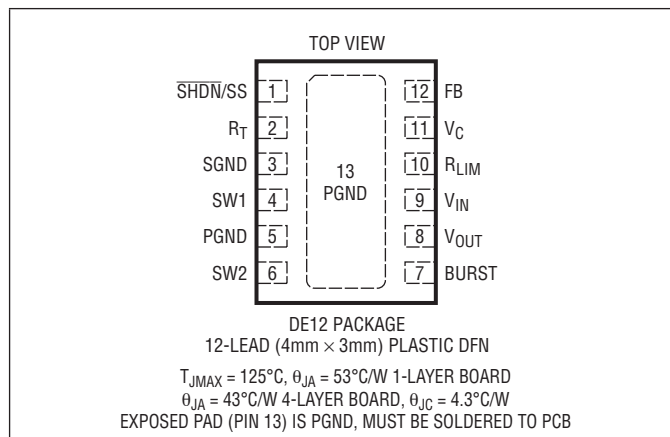
LTC3442

絶対最大定格

(Note 1, 4)

V_{IN} , V_{OUT} 電圧	-0.3~6V
SW1, SW2 電圧	
DC	-0.3~6V
パルス < 100ns	-0.3~7V
SHDN/SS, BURST電圧	-0.3~6V
R_{LIM}	V_{IN}
動作温度範囲 (Note 2)	-40°C~85°C
最大接合部温度 (Note 4)	125°C
保存温度範囲	-65°C~125°C

ピン配置



発注情報

無鉛仕上げ	テープアンドリール	製品マーキング	パッケージ	温度範囲
LTC3442EDE#PBF	LTC3442EDE#TRPBF	3442	12-Lead (4mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。
テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandreeel/> をご覧ください。

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A=25^{\circ}\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = V_{OUT} = 3.6\text{V}$, $R_T = 64.9\text{k}\Omega$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Input Start-Up Voltage		●	2.3	2.4	V	
Output Voltage Adjust Range		●	2.4	5.25	V	
Feedback Voltage		●	1.19	1.22	1.25	V
Feedback Input Current	$V_{FB} = 1.22\text{V}$		1	50	nA	
Quiescent Current – Burst Mode Operation	$V_{FB} = 1.22\text{V}$, BURST = 0V (Note 3)		35	60	μA	
Quiescent Current – Shutdown	SHDN = 0V, $V_{OUT} = 0\text{V}$, Not Including Switch Leakage		0.1	1	μA	
Quiescent Current – Active	BURST = V_{IN} (Note 3)		600	1100	μA	
NMOS Switch Leakage	Switches B and C		0.1	2	μA	
PMOS Switch Leakage	Switches A and D		0.1	3	μA	
NMOS Switch On Resistance	Switches B and C		0.10		Ω	
PMOS Switch On Resistance	Switches A and D		0.10		Ω	
Input Current Limit		●	2	3	A	
Reverse Current Limit			0.5		A	
Burst Mode Operation Current Limit			0.9		A	
Max Duty Cycle	Boost (% Switch C On)	●	70	88	%	
	Buck (% Switch A In)	●	100		%	
Min Duty Cycle		●		0	%	
Frequency Accuracy		●	570	670	770	kHz
Error Amp A_{VOL}			90		dB	
Error Amp Source Current	BURST > 1.25V		11		μA	

3442fb

LTC3442

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = V_{OUT} = 3.6\text{V}$ 、 $R_T = 64.9\text{k}\Omega$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Error Amp Sink Current	BURST > 1.25V		300		μA
Burst Threshold (Falling)			0.88		V
Burst Threshold (Rising)			1.12		V
Burst Current Ratio	Ratio of I_{OUT} to I_{BURST}		20,000		
Input Current Ratio	Ratio of I_{IN} to I_{RLIM} , $I_{IN} = 0.5\text{A}$		70,000		
R_{LIM} Threshold			0.95		V
SHDN/SS Threshold	When IC is Enabled When EA is at Max Boost Duty Cycle	● 0.4	0.7 2.2	1.4 2.4	V V
SHDN/SS Input Current	$V_{SHDN} = 5.5\text{V}$		0.01	1	μA

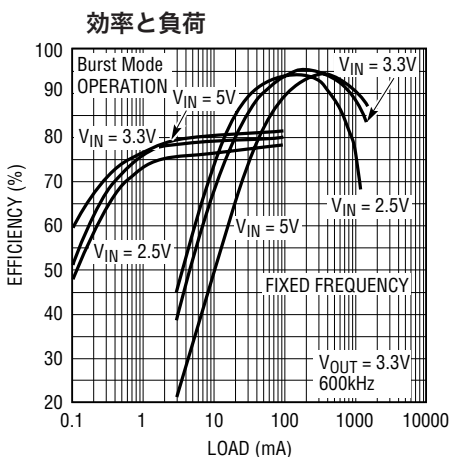
Note 1: 絶対最大定格に記載された値を越すストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すとデバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える可能性がある。

Note 2: LTC3442Eは $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の動作温度範囲での仕様、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。

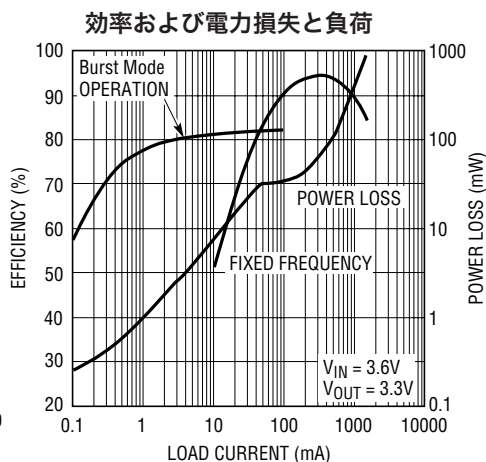
Note 3: 電流測定は出力がスイッチしていないときにおこなわれる。

Note 4: このデバイスは短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能を備えている。この保護機能が動作しているときは、接合部温度が 125°C を超えている。規定された絶対最大動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なうか、またはデバイスに永続的損傷を与える恐れがある。

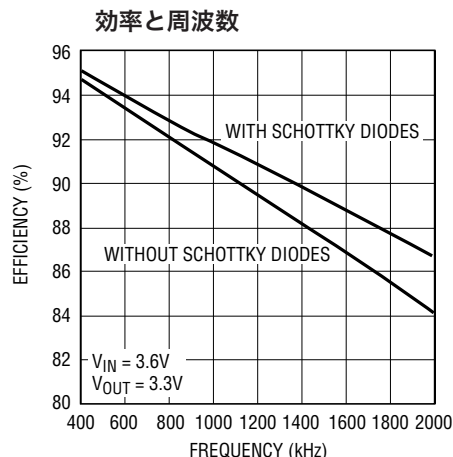
標準的性能特性 (注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$)



3442 G01



3442 G02

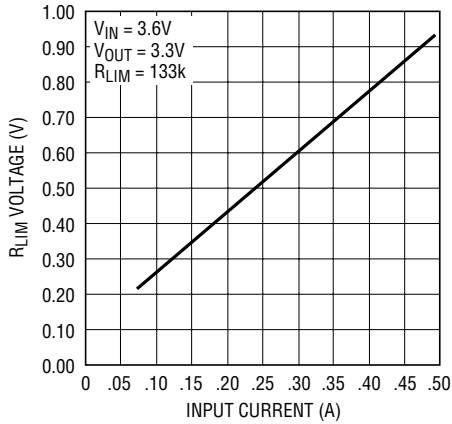


3442 G03

LTC3442

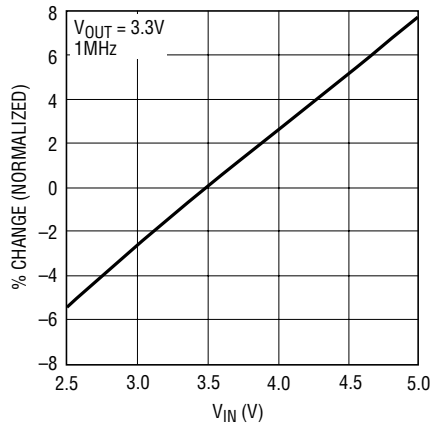
標準的性能特性 (注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$)

入力電流ミラーの直線性



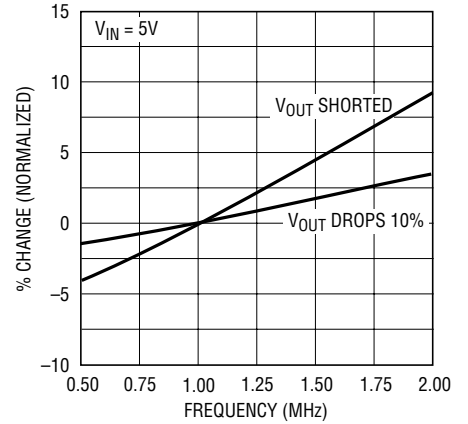
3442 G04

平均入力電流制限と V_{IN} (正規化)



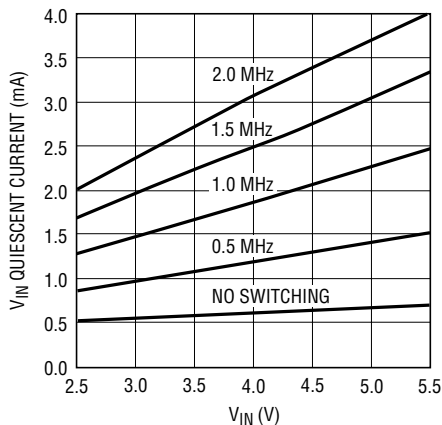
3442 G05

平均入力電流制限と 周波数 (正規化)



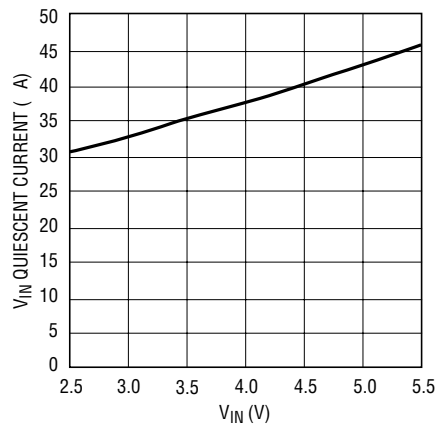
3442 TA01b

消費電流と V_{IN} (固定周波数モード)



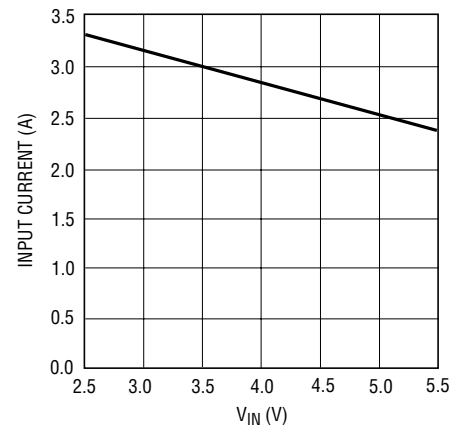
3442 G07

Burst Mode消費電流と V_{IN}



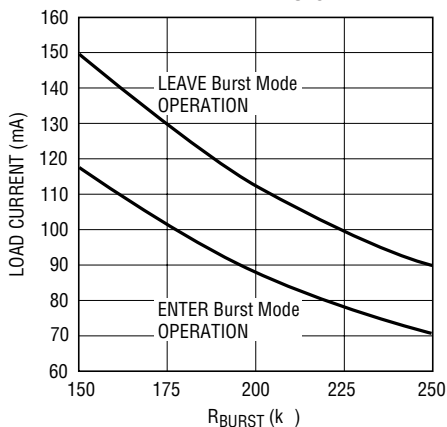
3442 G08

ピーク電流クランプと V_{IN}



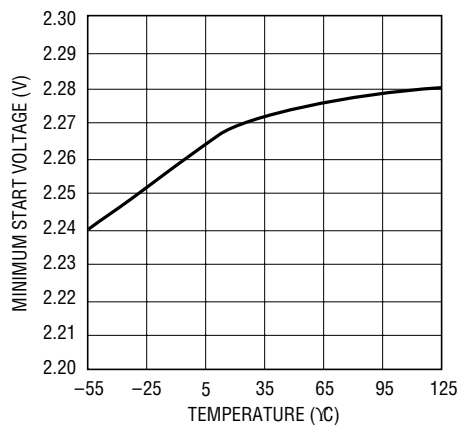
3442 G09

自動Burst Mode スレッシュホルドと R_{BURST}



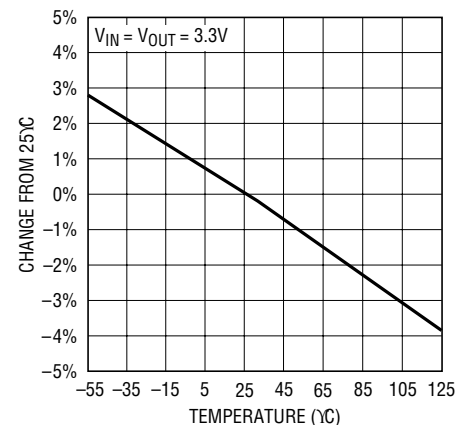
3442 G10

最小起動電圧と温度



3442 G11

平均入力電流制限と 温度 (正規化)



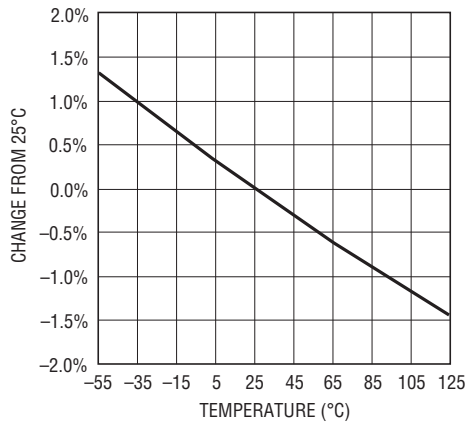
3442 G12

3442fb

LTC3442

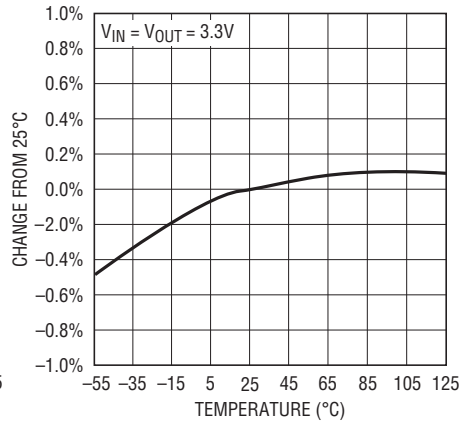
標準的性能特性 (注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$)

周波数変化と温度(正規化)



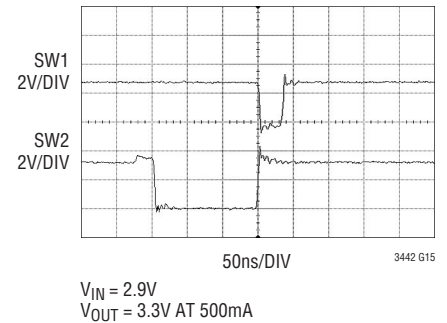
3442 G13

帰還電圧と温度(正規化)



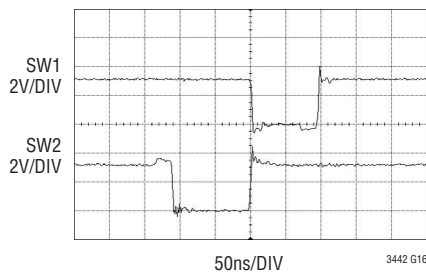
3442 G14

昇圧モードに入る前の
スイッチ・ピン特性



3442 G15

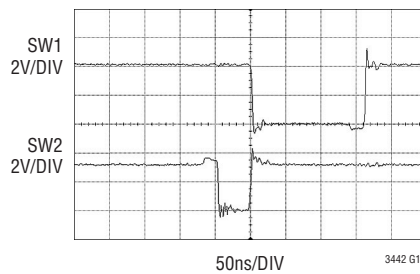
昇降圧モードでの
スイッチ・ピン特性



$V_{IN} = 3.3\text{V}$
 $V_{OUT} = 3.3\text{V AT } 500\text{mA}$

3442 G16

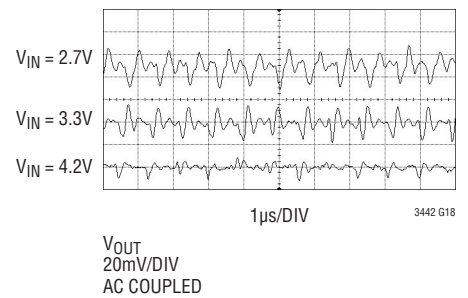
昇降圧モードに入る前の
スイッチ・ピン特性



$V_{IN} = 4.2\text{V}$
 $V_{OUT} = 3.3\text{V AT } 500\text{mA}$

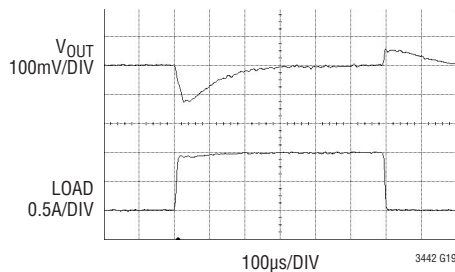
3442 G17

1A負荷での出力のリップル



3442 G18

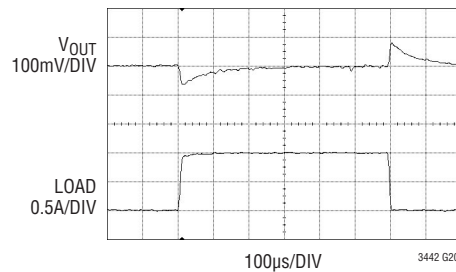
固定周波数モードでの無負荷
から1A負荷での負荷過渡応答



$V_{IN} = 3.6\text{V}$
 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$
 $C_{OUT} = 47\mu\text{F, X5R CERAMIC}$

3442 G19

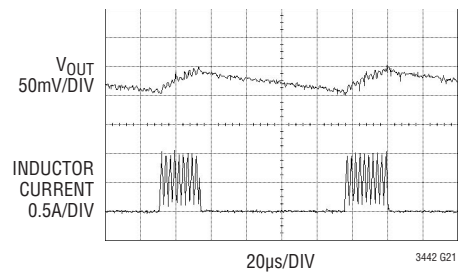
自動Burst Mode動作での無負荷
から1A負荷での負荷過渡応答



$V_{IN} = 3.6\text{V}$
 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$
 $C_{OUT} = 47\mu\text{F, X5R CERAMIC} + 100\mu\text{F}$
LOW ESR TANTALUM

3442 G20

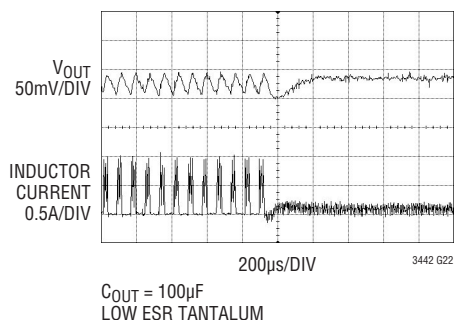
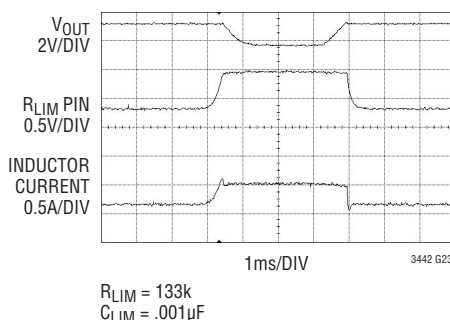
Burst Mode動作



$C_{OUT} = 100\text{F}$
LOW ESR TANTALUM

3442 G21

3442fb

標準的性能特性 (注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$)Burst Mode動作から
固定周波数モードへ遷移平均入力電流制限使用時の
パルス過負荷

ピン機能

SHDN/SS (ピン1): ソフトスタートおよびシャットダウンの組み合わせ。印加される電圧が0.4Vより低いとデバイスをシャットダウンします。デバイスをイネーブルするには1.4V以上の電圧に接続し、また誤差アンプがソフトスタートによってクランプされないようにするには2.4V以上の電圧に接続します。Burst Mode動作のために、このピンを V_{IN} の0.5V以内の範囲に設定しなければなりません。シャットダウンのコマンド信号からこのピンへのRCネットワークにより、 V_C ピンの立上り時間が制限されてソフトスタート機能が実現されます。

R_T (ピン2): 内部発振器の周波数をプログラム。このピンとグランド間に抵抗を配置してください。部品の値を選択するためにアプリケーション情報セクションを参照してください。

SGND (ピン3): デバイスの信号グランド。

SW1 (ピン4): 内部スイッチのAとBが接続されているスイッチ・ピン。インダクタをSW1からSW2に接続します。効率を適度に改善するために、オプションでショットキー・ダイオードをSW1からグランドに接続することができます。EMIを抑えるためにトレース長を短くしてください。

PGND (ピン5、13): 内部NMOSパワー・スイッチの電源グランド。プリント回路基板に電氣的接触と十分な熱的接触の両方を提供するために、露出パッドをプリント回路基板のグランドに半田付けする必要があります。

SW2 (ピン6): 内部スイッチのCとDが接続されているスイッチ・ピン。効率を適度に改善するために、オプションでショットキー・ダイオードをSW2から V_{OUT} に接続することができます。EMIを抑えるためにトレース長を短くしてください。

BURST (ピン7): 自動Burst Mode動作のスレッシュホールドを設定するために使用されます。このピンからグランドへ抵抗とコンデンサを並列に接続してください。部品の値を選択するためにアプリケーション情報セクションを参照してください。手動制御においてはBurst Mode動作に強制するためにピンを接地し、固定周波数モードに強制するために V_{OUT} に接続してください。

V_{OUT} (ピン8): 同期式整流器の出力。フィルタ・コンデンサを V_{OUT} ピンからグランドに配置します。セラミック・バイパス・コンデンサを V_{OUT} ピンとグランド・ピンにできる限り近づけることを推奨します。

V_{IN} (ピン9): 入力供給ピン。デバイス用内部 V_{CC} 。10 μF セラミック・コンデンサを V_{IN} ピンとSGNDピンにできる限り近づけることを推奨します。

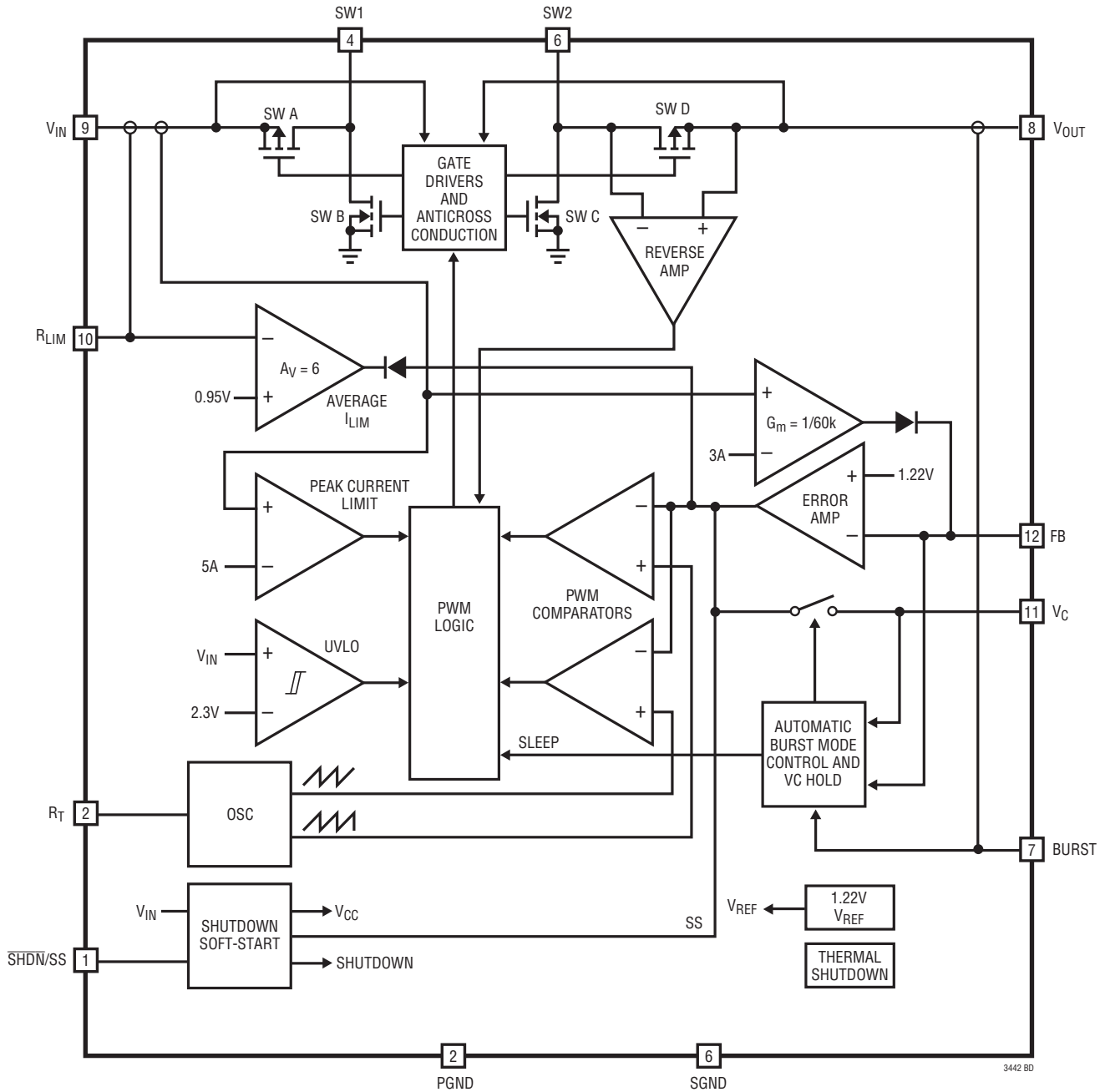
R_{LIM} (ピン10): 平均入力電流制限のスレッシュホールドを設定します。このピンからグランドに抵抗とコンデンサを並列に接続してください。部品の値を選択するためにアプリケーション情報セクションを参照してください。

V_C (ピン11): 誤差アンプ出力。ループを補償するために、周波数補償ネットワークをこのピンからFBの間に接続します。Burst Mode動作中、 V_C をホールド回路に内部で接続します。

FB (ピン12): 帰還ピン。ここに抵抗分割器タップを接続してください。出力電圧は2.4Vから5.25Vまで調整できます。帰還基準電圧は、標準的に1.22Vです。

LTC3442

簡易ブロック図



3442fb

動作

LTC3442は携帯用計測器などのようなアプリケーション向けの高効率で低ノイズの電源を提供します。LTC独自のトポロジーが使われているので、出力スイッチの位相を適切に調整し、出力電圧に比べて高い、低い、または等しい入力電圧を使用できます。V_Cピンに現われる誤差アンプの出力電圧によって、スイッチの出力デューティ・サイクルが決まります。V_Cピンはフィルタのかかった信号なので、スイッチング周波数よりはるかに低い周波数も除去します。R_{DS(ON)}が小さくゲート電荷が少ない同期スイッチにより、高効率の高周波数パルス幅変調制御が実現されます。同期スイッチのDとBのそれぞれの両端にショットキー・ダイオードを接続する必要はありませんが、接続すればブレイク・ビフォア・メイク時間(標準15ns)中の電圧降下が小さくなります。ショットキー・ダイオードを追加すると、ピーク効率が通常1%~2%向上します。Burst Mode動作に入り、デバイスの消費電流が35μAと低くなる軽負荷時に高い効率が得られます。

低ノイズ固定周波数動作

発振器

動作周波数は、R_Tからグラウンドへの外付け抵抗により次式に従ってプログラムされます:

$$f_{(\text{kHz})} = \frac{43,300}{R_T(\text{k}\Omega)}$$

誤差アンプ

誤差アンプは電圧モード増幅器です。ループ補償の部品はこのアンプの周囲に(FBからV_Cへ)配置され、コンバータを安定させます。帯域幅の改善のために、追加のRCフィードフォワード・ネットワークを上側の帰還分割抵抗の両端に置くことができます。SHDN/SSピンの電圧は誤差アンプの出力(V_Cピン)をクランプしてソフト・スタート機能を実現します。

内部の電流制限

LTC3442には、3種類の電流制限回路があります。そのうち2種類は内部に固定のスレッシュホールドを持っていて、V_{IN}と逆比例で変化します。残りの1つは外部でプログラム可能であり、入力電圧では変化しません。

最初の回路は高速ピーク電流制限増幅器であり、電流が5A(標準)を超えると、スイッチAを閉じます。このアンプの出力に対する遅延は標準で50nsです。

2番目のアンプは、ピーク入力電流が標準の3Aを超えると、出力電圧を下げるようにソース電流をFBピンに流し始めます。この方法は入力電流をクランピングする閉ループを提供します。短絡中、または起動中などのようなV_{OUT}がグラウンドに近い状態では、このスレッシュホールドを半分に減らし、フォールドバック機能を提供します。この電流制限機能を最も効果的にするためには、FBからグラウンドに配置するテブナン抵抗は、100kΩより大きくなければなりません。

外部でプログラム可能な電流制限

第3番目の電流制限回路は、R_{LIM}ピンに接続される外付けの抵抗によってプログラムされます。この回路は、スイッチAの入力電流をミラーして作動し、R_{LIM}ピンに外付けされたRCネットワークを用いてそれを平均化し、結果的に得られた電圧を内部リファレンスと比較します。R_{LIM}ピンの電圧が0.95Vを超えると、G_mアンプはV_Cをクランプし、入力電流制御を維持するためにV_{OUT}を低くします。これにより、バスから流れる電流を500mAに制限しなければならぬUSBのようなアプリケーションのために、ユーザは最大平均入力電流をプログラムすることができます。抵抗とコンデンサの値は次式によって決まります:

$$R_{LIM(\text{k}\Omega)} = \frac{70 \cdot \left(0.86 + \frac{(2 \cdot V_{IN} - V_{OUT})}{40} \right)}{I_{IN(\text{AMPS})}}$$

$$C_{LIM(\mu\text{F})} \geq \frac{0.1}{R_{LIM(\text{k}\Omega)}}$$

プログラム可能な電流制限機能は、Burst Mode動作でディスプレイエーブルされます。

動作

逆電流の制限

固定周波数で動作中、LTC3442は強制連続導通モードで動作します。逆電流制限アンプは、出力からのインダクタ電流をスイッチDを通じてモニタします。一旦、負のインダクタ電流が500mA(標準)を超えると、デバイスはスイッチDを切ります。

4スイッチの制御

4つの内部スイッチがインダクタ、 V_{IN} 、 V_{OUT} 、およびGNDにどのように接続されているかを簡略化して図1に示します。LTC3442の動作領域と内部制御電圧 V_{CI} の関係を図2に示します。制御電圧に伴い、デバイスは降圧、昇降圧、または昇圧モードのいずれかで動作します。 V_{CI} 電圧は誤差アンプの出力(V_C ピン)をレベル・シフトした電圧です(図5を参照)。4つのパワー・スイッチは適切に位相が制御されるので、動作モード間の移行は連続して円滑に実行され、ユーザが意識しなくてもよい動きになっています。 V_{IN} が V_{OUT} に近づくと昇降圧領域に達します。そこでは4スイッチ領域の導通時間は通常150nsです。図1と図2を参照しながら、それぞれの動作領域について説明します。

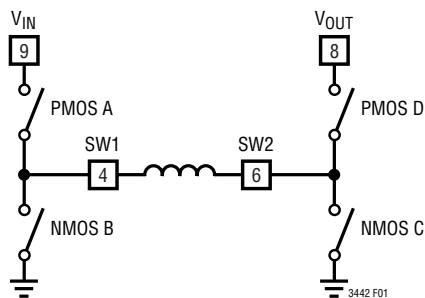


図1. 出力スイッチの簡易図

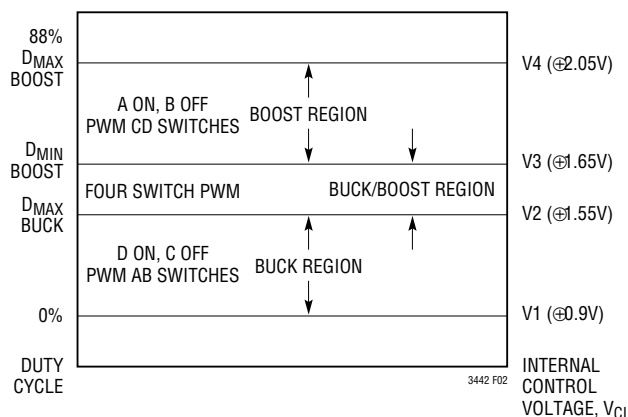


図2. スイッチ制御と内部制御電圧 V_{CI}

降圧領域 ($V_{IN} > V_{OUT}$)

このモードの間、スイッチDは常にオンしており、スイッチCは常にオフの状態です。内部制御電圧 V_{CI} が電圧 V_1 より高いと、出力Aはスイッチ動作を始めます。スイッチAがオフ状態の間、同期スイッチBは残り時間中はターンオンしています。スイッチAとBは、標準的な同期式降圧レギュレータと同様に交互に動作します。制御電圧が上昇するにつれ、降圧モードでのコンバータの最大デューティ・サイクル(次式で得られる)が D_{MAX_BUCK} に達するまでスイッチAのデューティ・サイクルは増加します。

$$D_{MAX_BUCK} = 100 - D_{4SW}\%$$

ここで、 D_{4SW} は4スイッチ領域のデューティ・サイクル(%)です。

$$D_{4SW} = (150\text{ns} \cdot f) \cdot 100\%$$

ここで f は動作周波数 (Hz) です。

この点を超すと「4スイッチ領域」または昇降圧領域に達します。

昇降圧領域、または4スイッチ領域 (V_{IN} が V_{OUT} にほぼ等しい)

内部制御電圧 (V_{CI})が電圧 V_2 を超すと、スイッチ・ペアADはデューティ・サイクル D_{MAX_BUCK} の間オン状態を保ち、スイッチ・ペアACがフェーズインを開始します。スイッチ・ペアACがフェーズインするにつれ、それに応じてスイッチ・ペアBDはフェーズアウトします。 V_{CI} 電圧が電圧 V_3 で昇降圧範囲の端に達すると、スイッチ・ペアACはスイッチ・ペアBDを完全にフェーズアウトして、昇圧フェーズがデューティ・サイクル D_{4SW} で開始されます。4スイッチ領域が始まる入力電圧 (V_{IN})は、以下の式で求められます。

$$V_{IN} = \frac{V_{OUT}}{1 - (150\text{ns} \cdot f)}$$

4スイッチ領域の終点は以下の式で求められます。

$$V_{IN} = V_{OUT}(1 - D) = V_{OUT}(1 - 150\text{ns} \cdot f)V$$

動作

昇圧領域 ($V_{IN} < V_{OUT}$)

このモードの間、スイッチAは常にオンしており、スイッチBは常にオフの状態です。内部制御電圧 V_{CI} が電圧 V_3 より高いと、スイッチ・ペアCDは交互に切り替わり昇圧された出力電圧を提供します。この動作は同期式昇圧レギュレータでは一般的です。コンバータの最大デューティ・サイクルは標準 88% に制限されており、 V_{CI} が V_4 を超えるとこの値に達します。

Burst Mode動作

Burst Mode動作時には、デバイスは出力が安定化されるまでエネルギーを供給し、安定化されたらスリープ・モードに入ります。スリープ・モードでは出力はオフしており、 V_{IN} からのデバイス消費電流はわずか $35\mu A$ です。このモードでは、出力リップル電圧の周波数成分は負荷電流によって変化し、一般にピーク・トゥ・ピークで約2%です。Burst Mode動作のリップルは、もっと大きな静電容量 ($47\mu F$ 以上) を使用することで少し減らすことができます。Burst Mode動作のリップルを減らすには、 V_{OUT} 帰還分割ネットワークの上側の抵抗の両端に小さなフィードフォワード・コンデンサを置くという方法があります(タイプIII補償を参照)。

デバイスが出力にエネルギーを供給している間に、ピーク・スイッチ電流は標準で $900mA$ に等しくなり、インダクタ電流はサイクル毎にゼロ電流で終了します。このモードでの標準最大平均出力電流は以下の式で求められます:

$$I_{OUT(MAX)BURST} \approx \frac{0.2 \cdot V_{IN}}{V_{OUT} + V_{IN}} A$$

バースト・モード動作中のピーク効率、固定周波数での動作中のピーク効率より低いことに注意してください。これは、部品がフルタイムの4スイッチ・モードに入り(出力に供給時)、図3と図4に示されるように、インダクタ電

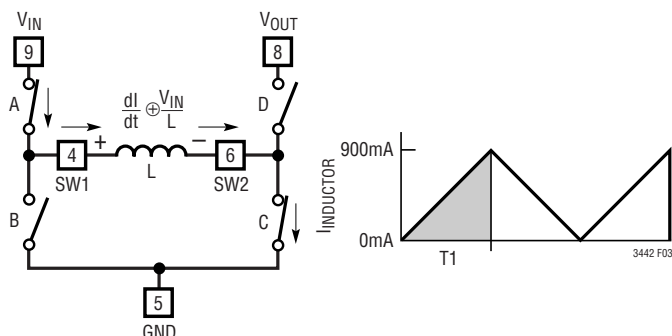


図3. Burst Mode動作時のインダクタ充電サイクル

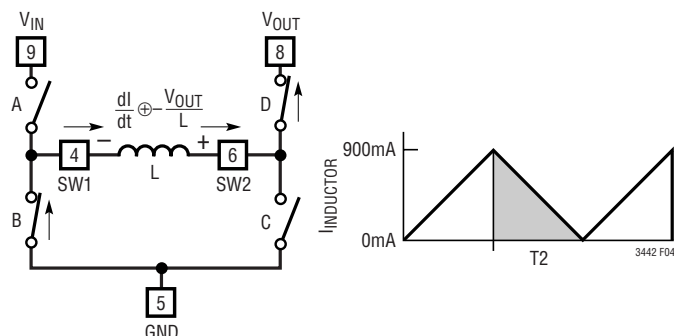


図4. Burst Mode動作時のインダクタ放電サイクル

流が不連続になるためです。Burst Mode動作では制御ループが非直線的であり、制御モードを決定するのに誤差アンプからの制御電圧を利用することができませんので、昇降圧機能を維持するにはフルタイムの4スイッチ・モードが必要です。 $1mA$ 未満での効率は主に消費電流によって決まります。Burst Mode動作の効率は以下の式で求められます:

$$\text{効率} \approx \frac{n \cdot I_{LOAD}}{35\mu A + I_{LOAD}}$$

ここで、 n はBurst Mode動作で標準 82%です。

自動Burst Mode動作制御

Burst Mode動作は単一のピンで自動、または手動で制御することができます。自動モードでは、デバイスは軽負荷でBurst Mode動作に入り、重負荷では固定周波数動作に戻ります。モード遷移の発生時における負荷電流は、次式に従って、BURSTピンとグランド間で一つの外付け抵抗を使用してプログラムされます:

$$\text{Burst Modeに入る時: } I_{BURST} = \frac{17.6}{R_{BURST}}$$

$$\text{Burst Modeを出る時: } I_{BURST} = \frac{22.4}{R_{BURST}}$$

ここで、 R_{BURST} の単位は $k\Omega$ であり、 I_{BURST} 負荷過渡電流の単位はアンペアです。 R_{BURST} には $250k\Omega$ より大きな抵抗値を使わないでください。

動作

自動動作の際、Burst Mode動作に入ったり出たりして発生するBURSTピンのリップルを防止するのに、BURSTピンからグラウンドにフィルタ・コンデンサをさらに接続します。コンデンサの最小値を求める式は次の通りです:

$$C_{\text{BURST(MIN)}} \geq \frac{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{OUT}}}{60,000}$$

ここで、 $C_{\text{BURST(MIN)}}$ と C_{OUT} の単位は μF です。

Burst Mode動作の間、帰還ピンにレギュレーション値から4%以上降下させるような負荷過渡が起きた場合には、デバイスは固定周波数モードへ直ちにスイッチし、内部プルアップが瞬時にBURSTピンに与えられ、BURSTコンデンサを急速に充電します。これは、一旦出力がレギュレーションに到達したとき、デバイスが直ちにBurst Mode動作に再度入ることを防止するためです。

手動Burst Mode動作

Burst Mode動作の手動制御では、BURSTピンに接続されたRCネットワークを取り除くことができます。固定周波数モードを強制するには、BURSTピンを V_{OUT} に接続し、Burst Mode動作を強制するために、BURSTピンを接地します。Burst Mode動作を手動で命令すると、BURSTピンに接続した回路は2mAまでシンクすることができます。大きな動的負荷での最適な過渡応答のために、動作モードをホストにより手動で制御します。負荷が突然増大する前に固定周波数動作を命令することによって、出力電圧降下を最小にすることができます。強制Burst Mode動作(BURSTピンが接地した状態)中に印加される負荷電流が、供給できる電流値を超えると、出力電圧は下がり始め、デバイスはBurst Mode動作から自動的に抜け出し、固定周波数モードに入り、 V_{OUT} を上昇することに注意してください。一旦レギュレーションが達成すると、デバイス

はもう一度Burst Mode動作に入り、そのサイクルを繰り返し、約4%の出力リップルを生じます。Burst Mode動作は、ソフトスタートの間禁止されていることに注意してください。

固定周波数過渡応答に対するBurst Mode動作

Burst Mode動作において、補償ネットワークは使用されず、 V_{C} ピンは誤差アンプから外されます。Burst Mode動作が長期間にわたると、外付け部品において、またはプリント回路基板で漏洩電流が補償コンデンサに充電(または放電)を引き起こし、固定周波数モード動作に戻るとき、負荷電流が等しくても大きな出力過渡電流が生じることがあります。これを防止するために、LTC3442はアクティブ・クランプ回路を内蔵し、Burst Mode動作の間 V_{C} ピンの電圧を最適なレベルで保ちます。これは、固定周波数モード動作に戻るときにどんな出力過渡電流も最小にします。また最適な過渡応答のために、タイプ3補償が制御ループの帯域を広げ、出力LCフィルタの2ポール応答の後でロールオフするために推奨されます(「帰還ループを閉じる」を参照)。

ソフトスタート

ソフトスタート機能はシャットダウンと組み合わせて使用されます。 $\overline{\text{SHDN}}/\text{SS}$ ピンの電圧が標準0.7V以上に達するとデバイスはイネーブルされますが、EAデューティ・サイクルは V_{C} からクランプされます。この機能の詳細なブロック図を図5に示します。 R_{SS} および C_{SS} は、ソフトスタート時には $\overline{\text{SHDN}}/\text{SS}$ ピンにゆっくりランプ電圧を発生します。 V_{C} がクランプされないために、 $\overline{\text{SHDN}}/\text{SS}$ ピンの電圧を2.4Vより上に設定してください。Burst Mode動作を可能にするには、 $\overline{\text{SHDN}}/\text{SS}$ ピンを V_{IN} から0.5Vの範囲に上げる必要があります。

動作

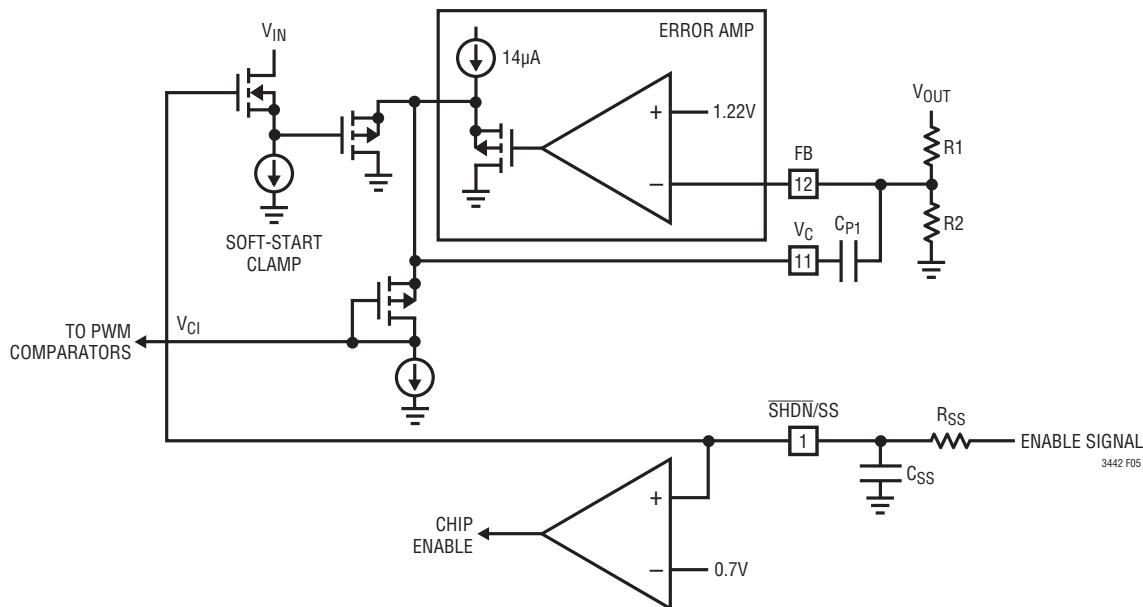


図5. ソフトスタート回路構成

アプリケーション情報

部品の選択

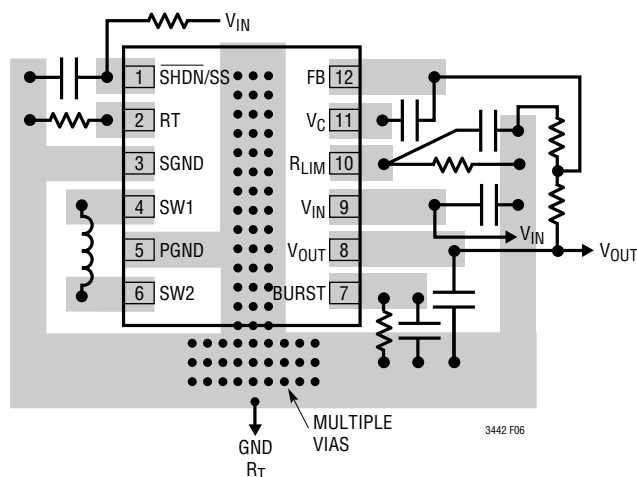


図6. 推奨部品配置。高電流を流すトレースは短く、かつ幅広くする。FBとVcピンのトレース面積を小さくする。バッテリーへのリード線の長さを短くする。VoutとVinのセラミック・コンデンサをデバイスピンに近づけて配置する。

インダクタの選択

LTC3442は高周波数で動作するので、小型表面実装インダクタを使用できます。インダクタ電流リップルは一般に最大インダクタ電流の20%~40%に設定されます。与えられたリップルに対してインダクタンスの項は以下の式で求められます:

$$L_{\text{BOOST}} > \frac{V_{\text{IN(MIN)}} \cdot (V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN(MIN)}})}{f \cdot I_L \cdot V_{\text{OUT}}}$$

$$L_{\text{BUCK}} > \frac{V_{\text{OUT}} \cdot (V_{\text{IN(MAX)}} - V_{\text{OUT}})}{f \cdot I_L \cdot V_{\text{IN(MAX)}}$$

ここで、f = 動作周波数 (Hz)

ΔI_L = 最大許容インダクタ・リップル電流、(A)

$V_{\text{IN(MIN)}}$ = 最小入力電圧 (V)

$V_{\text{IN(MAX)}}$ = 最大入力電圧 (V)

$I_{\text{OUT(MAX)}}$ = 最大出力負荷電流 (A)

アプリケーション情報

高効率を実現するためには、高周波用コア材のフェライト・インダクタを選択し、コア損失を減らします。 I^2R 損失を減らすため、インダクタはESR(等価直列抵抗)が小さく、飽和せずにピーク・インダクタ電流を流すことができるものにします。モールド型チョークコイルやチップ・インダクタのコアは一般に1A～2Aの範囲のピーク・インダクタ電流を担うのに十分ではありません。放射ノイズを抑えるには、シールドされたインダクタを使用します。インダクタの製造元については表1を参照してください。

出力コンデンサの選択

出力フィルタ・コンデンサのバルク値はサイクル毎にコンデンサの充電によって生じるリップルを減らすように設定します。充電による定常リップルは以下の式で求められます:

$$\% \text{ RIPPLE_BOOST} = \frac{I_{\text{OUT(MAX)}} \cdot (V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN(MIN)}}) \cdot 100}{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{OUT}}^2 \cdot f} \%$$

$$\% \text{ RIPPLE_BUCK} = \frac{I_{\text{OUT(MAX)}} \cdot (V_{\text{IN(MAX)}} - V_{\text{OUT}}) \cdot 100}{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{IN(MAX)}} \cdot V_{\text{OUT}} \cdot f} \%$$

ここで、 C_{OUT} = 出力フィルタ・コンデンサ (F)、 f = スイッチング周波数、(Hz)。

出力容量については、コンバータの過渡応答を処理するために通常数倍大きくします。目安として、必要な過渡応答を維持するには、コンバータのユニティゲインの帯域幅に対する動作周波数の比だけ出力容量を前述の計算値から増やす必要があります。

リップルの他の成分は出力コンデンサのESR(等価直列抵抗)によって生じます。出力電圧リップルを下げるには、低ESRのコンデンサを使います。表面実装アプリケーションには、太陽誘電やTDKのセラミック・コンデンサ、AVX TPSシリーズのタンタル・コンデンサ、または三洋電機のPOSCAPを推奨します。製造元の連絡先情報については、表2を参照してください

入力コンデンサの選択

V_{IN} ピンは、コンバータのパワー・ステージに対する電源入力であると同様に、デバイスの電源電圧なので、少なくとも4.7 μF の低ESRバイパス・コンデンサを V_{IN} とSGNDピンに近づけて置くことを推奨します。またコンバータからバッテリーや他の電源に対して、浮遊抵抗を少しでも小さくすることも重要です。

表1. インダクタのベンダー情報

SUPPLIER	PHONE	FAX	WEB SITE
Coilcraft	(847) 639-6400	(847) 639-1469	www.coilcraft.com
CoEv Magnetics	(800) 227-7040	(650) 361-2508	www.circuitprotection.com/magnetics.asp
Murata	(814) 237-1431 (800) 831-9172	(814) 238-0490	www.murata.com
Sumida	USA: (847) 956-0666 Japan: 81(3) 3607-5111	USA: (847) 956-0702 Japan: 81(3) 3607-5144	www.sumida.com
TDK	(847) 803-6100	(847) 803-6296	www.component.tdk.com
TOKO	(847) 297-0070	(847) 699-7864	www.tokoam.com

表2. コンデンサのベンダー情報

SUPPLIER	PHONE	FAX	WEB SITE
AVX	(803) 448-9411	(803) 448-1943	www.avxcorp.com
Murata	(814) 237-1431 (800) 831-9172	(814) 238-0490	www.murata.com
Sanyo	(619) 661-6322	(619) 661-1055	www.sanyovideo.com
Taiyo Yuden	(408) 573-4150	(408) 573-4159	www.t-yuden.com
TDK	(847) 803-6100	(847) 803-6296	www.component.tdk.com

アプリケーション情報

オプションのショットキー・ダイオード

同期スイッチのBとDの両端にショットキー・ダイオードを接続する必要はありませんが($V_{OUT} < 4.3V$)、接続するとブレイク・ビフォア・メイク時間(標準15ns)中の電圧降下が小さくなり、効率が改善されます。MBRM120T3あるいは同等の表面実装型のショットキー・ダイオードを使用してください。通常の整流ダイオードは、回復時間が遅くて効率が低下するので使用しないでください。出力電圧が4.3Vを超えるアプリケーションでは、SW2から V_{OUT} にショットキー・ダイオードが必要です。

出力電圧 < 2.4V

LTC3442は最低0.4Vの出力電圧の降圧コンバータとして動作可能です。ショットキー・ダイオードを使わなくても動作するように、この部品は最小2.4Vで規定されています。同期スイッチDは V_{OUT} から電力を供給され、低い出力電圧では $R_{DS(ON)}$ が増加するので、出力への導通経路を与えるためSW2から V_{OUT} にショットキー・ダイオードが必要です。Burst Mode動作は、標準1.6V以下の出力電圧で禁止されていることに注意してください。

出力電圧 > 4.3V

4.3Vを超える出力電圧にはSW2から V_{OUT} にショットキー・ダイオードが必要です。リード線とトレースの寄生インダクタンスによるSW2のピーク電圧を減らすため、このダイオードはピンにできる限り近づけて配置する必要があります。

入力電圧 > 4.5V

過負荷や短絡を生ずる恐れのある、入力電圧が4.5Vを越すアプリケーションでは、SW1ピンとGNDの間に $2\Omega/1nF$ の直列スナバが必要です。ショットキー・ダイオードもSW1と V_{IN} の間にできる限り近づけて追加します。入力電圧がさらに高い場合、 V_{IN} のバイパスが重要になりますので、セラミック・バイパス・コンデンサもできる限り V_{IN} ピンとSGNDピンに近づける必要があります。

動作周波数の選択

より高い動作周波数の選択すると、さらに小さなインダクタや入力/出力フィルタ・コンデンサを使用することができるので、基板の面積を小さくし、部品の高さを低くで

きます。しかしながら、高い動作周波数を選ぶことで、以下の式で示すように、4スイッチのゲート充電によりデバイスの総消費電流もまた増加します:

$$\text{降圧: } I_q = (0.8 \cdot V_{IN} \cdot f) \text{ mA}$$

$$\text{昇圧: } I_q = [0.4 \cdot (V_{IN} + V_{OUT}) \cdot f] \text{ mA}$$

$$\text{昇降圧: } I_q = [f \cdot (1.2 \cdot V_{IN} + 0.4 \cdot V_{OUT})] \text{ mA}$$

ここで、 f = スイッチング周波数、(MHz)。従って、周波数の選択については、最適な効率と最小のソリューション・サイズとの間で妥協して決定されます。

アプリケーション情報

帰還ループを閉じる

LTC3442には電圧モードのPWM制御が備わっています。出力利得の制御は動作領域(降圧、昇圧、昇降圧)に従って変化しますが、通常は15を超えることはありません。出力フィルタは次式で求められるダブル・ポールの応答特性を示します。

$$f_{\text{FILTER_POLE}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_{OUT}}} \text{ Hz}$$

(降圧モードにおいて)

$$f_{\text{FILTER_POLE}} = \frac{V_{IN}}{2 \cdot V_{OUT} \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_{OUT}}} \text{ Hz}$$

(昇圧モードにおいて)

ここで、 L の単位はヘンリー、 C_{OUT} の単位はファラッド。出力フィルタ・ゼロは以下の式で求められます:

$$f_{\text{FILTER_ZERO}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{ESR} \cdot C_{OUT}} \text{ Hz}$$

ここで、 R_{ESR} は出力コンデンサの等価直列抵抗です。

昇圧モードで面倒なのは右半平面(RHP)のゼロで、次式で求められます:

$$f_{\text{RHPZ}} = \frac{V_{IN}^2}{2 \cdot \pi \cdot I_{OUT} \cdot L \cdot V_{OUT}} \text{ Hz}$$

ループ利得は通常RHPゼロ周波数より前でロールオフします。

アプリケーション情報

簡単なタイプIの補償ネットワークを組み込んでループを安定化することができますが、代償として帯域幅が減少し、過渡応答速度が低下します。適切な位相マージンを確保するには、ループはLCのダブル・ポールより1桁下の周波数でクロスオーバーする必要があります。タイプIの補償を備えた誤差アンプのユニティゲイン周波数は以下の式で求められます：

$$f_{UG} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R1 \cdot C_{P1}} \text{ Hz}$$

図7を参照してください。

ほとんどのアプリケーションでは出力フィルタのコンデンサを小さくできるように過渡応答の改善を必要とします。帯域幅を広げるにはタイプIIIの補償が必要であり、出力フィルタのダブル・ポール応答を補償するには2つのゼロ

が必要で、図8において、ポールとゼロの位置が以下の式で求められます：

$$f_{POLE1} \cong \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 32e^3 \cdot R1 \cdot C_{P1}} \text{ Hz}$$

(これはDCに極めて近い値です。)

$$f_{ZERO1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot C_{P1}} \text{ Hz}$$

$$f_{ZERO2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R1 \cdot C_{Z1}} \text{ Hz}$$

$$f_{POLE2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot C_{P2}} \text{ Hz}$$

ここで、抵抗の単位はオームであり、静電容量の単位はファラッドです。

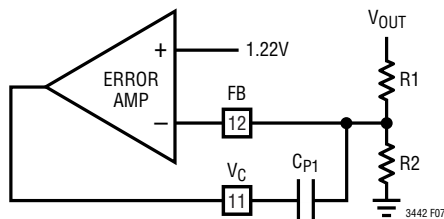


図7. タイプI補償を備えた誤差アンプ

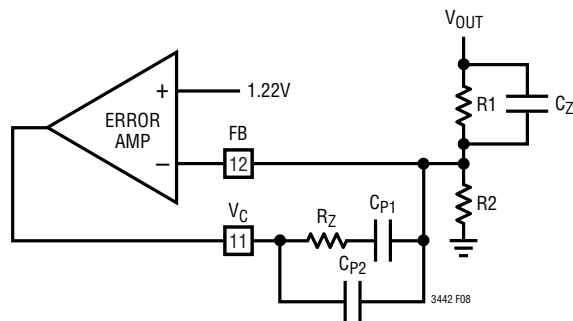
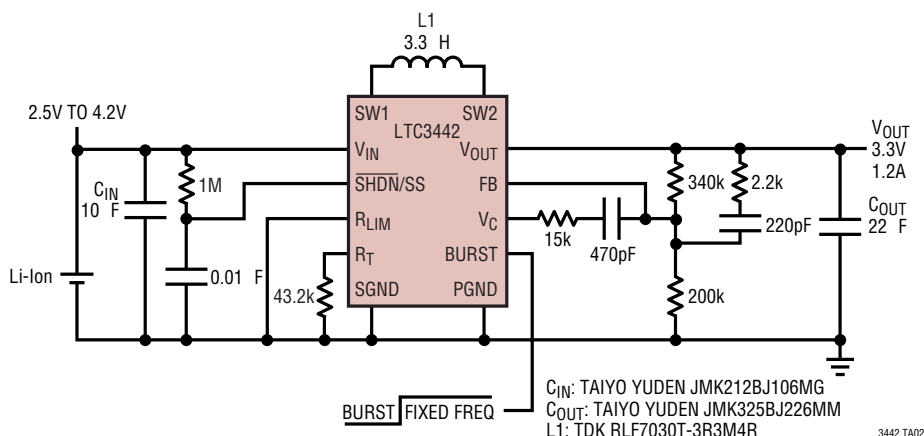


図8. タイプIII補償を備えた誤差アンプ

標準的応用例

手動モード制御機能（およびピーク電流制限のみ）を備えた、1MHz リチウムイオン・バッテリーから3.3V/1.2Aへのコンバータ



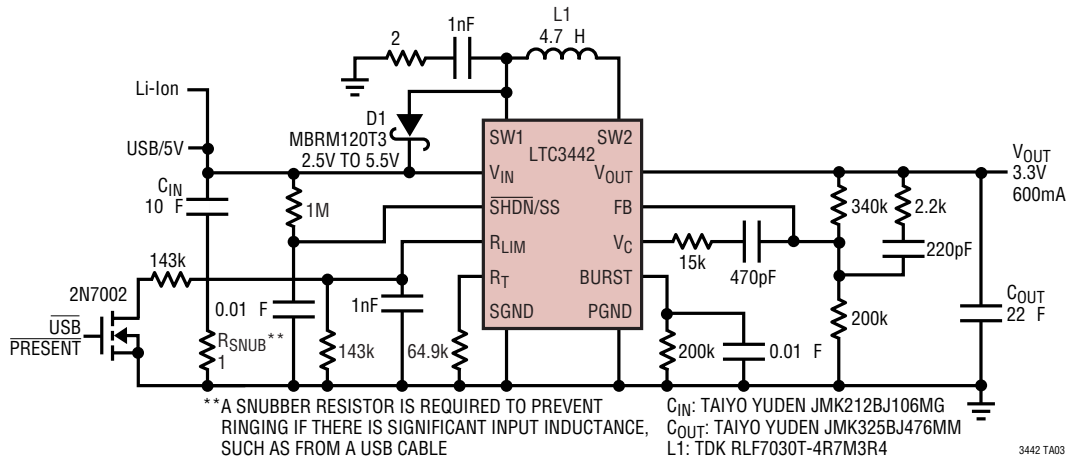
3442 TA02

3442fb

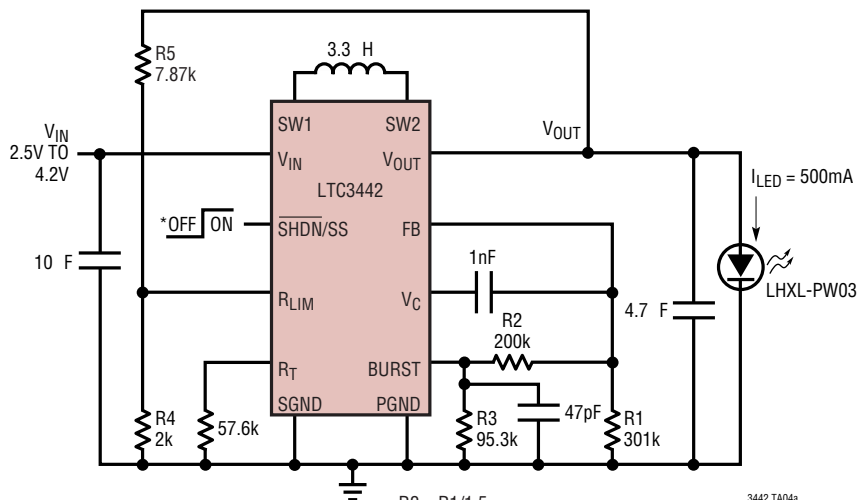
LTC3442

標準的応用例

自動Burst Mode動作とUSB電源装置用平均入力電流制限を備えた、
携帯アプリケーション用マルチ入力の3.3V/600mA昇圧コンバータ



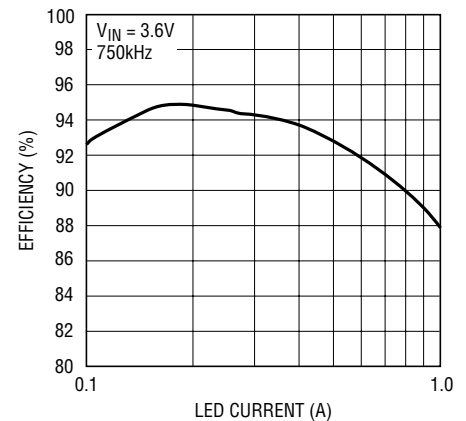
オープンLED保護機能を備えた、
高効率リチウムイオン・バッテリー駆動定電流LEDドライバ



OPEN LED VOLTAGE LIMIT = $(R_4 + R_5) \cdot 0.95 / R_4$

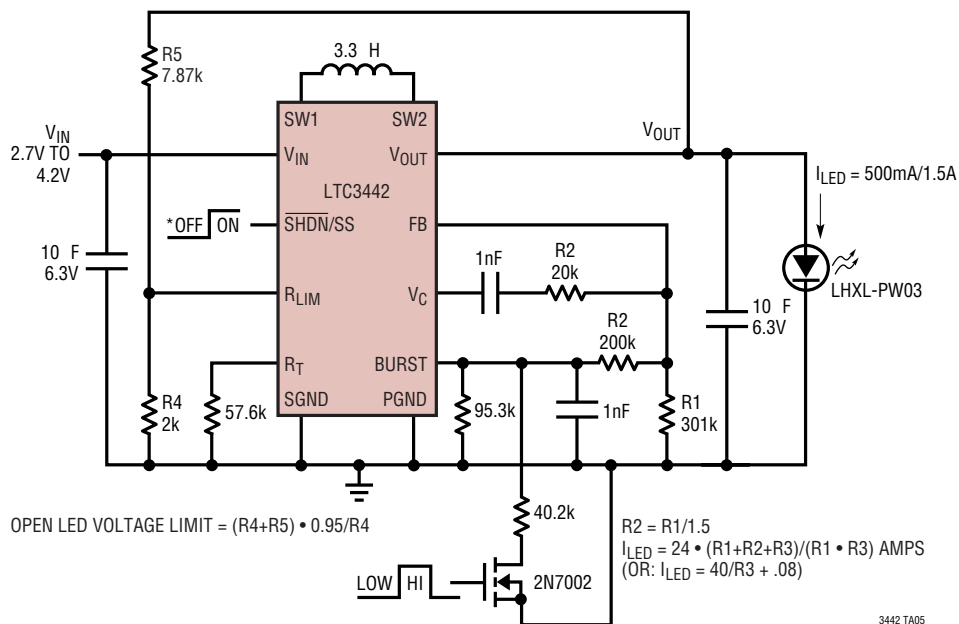
* NOTE: THE SHDN/SS VOLTAGE MUST BE NO MORE THAN 0.5V BELOW V_{IN} WHEN ENABLED.

LEDドライバ効率とLED電流



標準的応用例

パルス・アプリケーション用、低/高電流範囲の高電流LEDドライバ;
LED電流0.5A、1.5Aパルス



* NOTE: THE $\overline{\text{SHDN/SS}}$ VOLTAGE MUST BE NO MORE THAN 0.5V BELOW V_{IN} WHEN ENABLED.

LTC3442

改訂履歴 (改訂履歴はRev Bから開始)

REV	日付	概要	ページ番号
B	5/13	「絶対最大定格」セクションを修正、新しい「発注情報」を追加。 「電気的特性」表とNote 2を修正。 「簡易ブロック図」：1Vから0.95Vに更新。 「動作」セクションの「ソフトスタート」：1Vから0.7Vに更新。	2 2、3 7 12

LTC3442

関連製品

製品番号	説明	注釈
LT [®] 1613	550mA (I _{SW})、1.4MHz、高効率昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 0.9V~10V、V _{OUT(MAX)} = 34V、I _Q = 3mA、I _{SD} < 1μA、ThinSOT TM パッケージ
LT1618	1.5A (I _{SW})、1.25MHz、高効率昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 1.6V~18V、V _{OUT(MAX)} = 35V、I _Q = 1.8mA、I _{SD} < 1μA、MS10パッケージ
LT1930/LT1930A	1A (I _{SW})、1.2MHz/2.2MHz、高効率昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.6V~16V、V _{OUT(MAX)} = 34V、I _Q = 4.2mA/5.5mA、I _{SD} < 1μA、ThinSOTパッケージ
LT1935	2A (I _{SW})、1.2MHz、38V昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.3V~16V、V _{OUT(MAX)} = 38V、I _Q = 3mA、I _{SD} < 1μA、ThinSOTパッケージ
LT1946/LT1946A	1.5A (I _{SW})、1.2MHz/2.7MHz、高効率昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.45V~16V、V _{OUT(MAX)} = 34V、I _Q = 3.2mA、I _{SD} < 1μA、MS8パッケージ
LT1961	1.5A (I _{SW})、1.25MHz、高効率昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 3V~25V、V _{OUT(MAX)} = 35V、I _Q = 0.9mA、I _{SD} = 6μA、MS8Eパッケージ
LTC3400/LTC3400B	600mA (I _{SW})、1.2MHz同期整流式昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 0.85V~5V、V _{OUT(MAX)} = 5V、I _Q = 19μA/300μA、I _{SD} < 1μA、ThinSOTパッケージ
LTC3401/LTC3402	1A/2A (I _{SW})、3MHz同期整流式昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 0.5V~5V、V _{OUT(MAX)} = 6V、I _Q = 38μA、I _{SD} < 1μA、MSパッケージ
LTC3405/LTC3405A	300mA (I _{OUT})、1.5MHz同期整流式降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.7V~6V、V _{OUT(MIN)} = 0.8V、I _Q = 20μA、I _{SD} ≤ 1μA、MS10パッケージ
LTC3406/LTC3406B	600mA (I _{OUT})、1.5MHz同期整流式降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.5V~5.5V、V _{OUT(MIN)} = 0.6V、I _Q = 20μA、I _{SD} ≤ 1μA、ThinSOTパッケージ
LTC3407	600mA (I _{OUT})、1.5MHzデュアル同期整流式降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.5V~5.5V、V _{OUT(MIN)} = 0.6V、I _Q = 40μA、I _{SD} ≤ 1μA、MSパッケージ
LTC3411	1.25A (I _{OUT})、4MHz同期整流式降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.5V~5.5V、V _{OUT(MIN)} = 0.8V、I _Q = 60μA、I _{SD} ≤ 1μA、MSパッケージ
LTC3412	2.5A (I _{OUT})、4MHz同期整流式降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.5V~5.5V、V _{OUT(MIN)} = 0.8V、I _Q = 60μA、I _{SD} ≤ 1μA、TSSOP-16Eパッケージ
LTC3421	3A (I _{SW})、3MHz同期整流式昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 0.5V~4.5V、V _{OUT(MAX)} = 5.25V、I _Q = 12μA、I _{SD} < 1μA、QFNパッケージ
LTC3425	5A (I _{SW})、8MHzマルチフェーズ同期整流式昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 0.5V~4.5V、V _{OUT(MAX)} = 5.25V、I _Q = 12μA、I _{SD} < 1μA、QFNパッケージ
LTC3429	600mA (I _{SW})、500kHz同期整流式昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 0.5V~4.4V、V _{OUT(MIN)} = 5V、I _Q = 20μA、I _{SD} < 1μA、QFNパッケージ
LT3436	3A (I _{SW})、1MHz、34V昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 3V~25V、V _{OUT(MAX)} = 34V、I _Q = 0.9mA、I _{SD} < 6μA、TSSOP-16Eパッケージ
LTC3440	600mA (I _{OUT})、2MHz同期整流式降圧・昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.5V~5.5V、V _{OUT(MIN)} = 5.5V、I _Q = 25μA、I _{SD} < 1μA、MS、DFNパッケージ
LTC3441	600mA (I _{OUT})、2MHz同期整流式降圧・昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.5V~5.5V、V _{OUT(MIN)} = 5.5V、I _Q = 25μA、I _{SD} < 1μA、DFNパッケージ
LTC3443	1.2A (I _{OUT})、600kHz同期整流式降圧・昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.4V~5.5V、V _{OUT(MIN)} = 5.25V、I _Q = 28μA、I _{SD} < 1μA、MSパッケージ
LT3467	1.1A (I _{SW})、1.3MHz高効率昇圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.6V~16V、V _{OUT(MAX)} = 40V、I _Q = 1.2mA、I _{SD} < 1μA、ThinSOTパッケージ

3442fb