

出力切断機能付き 1.5A、3MHz同期整流式 昇圧DC/DCコンバータ

特長

- リチウムイオン電池から5Vのアプリケーションで700mAの連続/1Aのパルス出力電流
- 同期整流: 最大96%の効率
- 真の出力切断
- 突入電流制限
- 調整可能な自動Burst Mode[®]動作
- 100kHz~3MHzの低ノイズ、固定周波数動作
- 0.5V~4.5Vの入力範囲
- 2.25V~5.25Vの可変出力電圧
- 1Vでの起動を保証
- プログラム可能なソフトスタート
- 同期可能な発振器
- 低消費電流: 25μA
- 1μA以下のシャットダウン電流
- アンチリングング制御
- 熱特性が改善された小型 (3mm×3mm×0.75mm) 10ピンDFNパッケージ

アプリケーション

- ワイヤレス・ハンドセット
- ハンドヘルド・コンピュータ
- GPSレシーバ
- MP3プレーヤ

概要

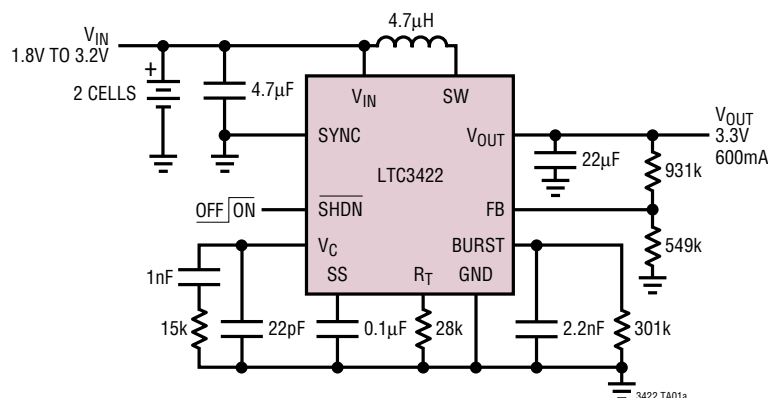
LTC[®]3422は、高効率、電流モード、固定周波数の昇圧DC/DCコンバータで、真の出力切断機能と突入電流制限機能を備えています。このデバイスは1Vの入力電圧での起動が保証されています。また、0.20ΩのNチャネルMOSFETスイッチと0.24ΩのPチャネルMOSFET同期整流器を内蔵しています。外付けの小型受動素子を使用して、出力電圧、スイッチング周波数、ソフトスタート時間、Burst Modeスレッシュホールド、ループ補償を容易にプログラム可能です。

消費電流はBurst Mode動作時わずか25μA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。発振器周波数は3MHzまでプログラム可能ですが、SYNCピンに与えられる外部クロックに同期させることもできます。

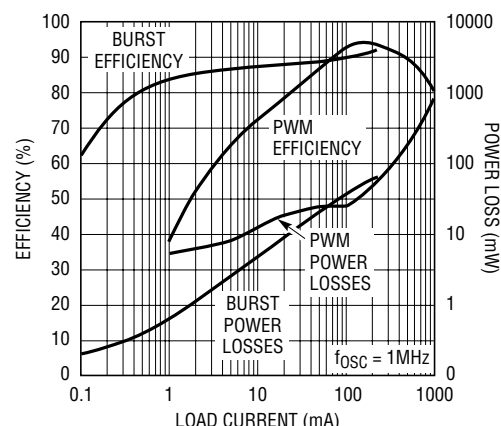
この他に、1μAシャットダウン、短絡保護、アンチリングング制御、サーマルシャットダウン、電流制限などの機能を搭載しています。LTC3422は(3mm×3mm×0.75mm)10ピンDFNパッケージで供給されます。

LT、**LT**、**LTC**および**LTM**はリニアテクノロジー社の登録商標です。
Burst Modeはリニアテクノロジー社の登録商標です。
他のすべての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

標準的応用例



2.4Vから3.3Vの効率と電力損失



3422 TA01b

3422fa

LTC3422

絶対最大定格

(Note 1)

V_{IN} , V_{OUT} , SYNCの電圧..... $-0.3V \sim 6V$

FB, SS, BURST, SHDNの電圧..... $-0.3V \sim 6V$

SW電圧

DC..... $-0.3V \sim 6V$

パルス < 100ns..... $-0.3V \sim 7V$

動作温度範囲

(Note 2, 5)..... $-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$

保存温度範囲..... $-65^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$

パッケージ/発注情報

<p>TOP VIEW</p> <p>DD PACKAGE 10-LEAD (3mm × 3mm) PLASTIC DFN $T_{JMAX} = 125^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 43^{\circ}C/W$ EXPOSED PAD (PIN 11) IS GND, MUST BE SOLDERED TO PCB</p>	
ORDER PART NUMBER	DD PART MARKING
LTC3422EDD	LBRN
<p>Order Options Tape and Reel: Add #TR Lead Free: Add #PBF Lead Free Tape and Reel: Add #TRPBF Lead Free Part Marking: http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/</p>	

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。

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 $T_A = 25^{\circ}C$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = 1.2V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $R_T = 28k\Omega$ 。(Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum V_{IN} Start-Up Voltage	$I_{LOAD} < 1mA$		0.88	1	V
Minimum V_{IN} Operating Voltage	(Note 3)	●		0.5	V
Output Voltage Adjust Range		2.25		5.25	V
		● 2.40		5.25	V
Feedback Voltage		● 1.192	1.216	1.240	V
Feedback Input Current	$V_{FB} = 1.216V$		1	50	nA
Quiescent Current—Burst Mode Operation	$V_C = 0V$ (Note 4)		25	42	μA
Quiescent Current—Shutdown	$SHDN = 0V$, $V_{OUT} = 0V$		0.1	1	μA
Quiescent Current—Active	$V_C = 0V$ (Note 4)		0.75	1.1	mA
NMOS Switch Leakage			0.1	5	μA
PMOS Switch Leakage	$V_{OUT} = 2V$		0.1	10	μA
NMOS Switch On Resistance	$V_{OUT} = 3.3V$		0.20		Ω
PMOS Switch On Resistance	$V_{OUT} = 3.3V$		0.24		Ω
NMOS Current Limit—Steady State	Duty Cycle Not to Exceed 5% $V_{OUT} = 500mV$, $V_{IN} = 2.5V$	● 1.5			A
NMOS Current Limit—Pulsed		2	2.5		A
NMOS Current Limit—Short Circuit			0.75	1.5	A
NMOS Burst Current Limit			600		mA
Maximum Duty Cycle		● 84	91		%
Minimum Duty Cycle		●		0	%
Frequency		● 0.85	1	1.15	MHz
SYNC Input High		● 2.2			V
SYNC Input Low		●		0.8	V
SYNC Input Current			0.01	1	μA

3422fa

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、 $V_{IN} = 1.2\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ 、 $R_T = 28\text{k}$ 。(Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SHDN Input High	$V_{OUT} = 0\text{V}$ (Turn-On Threshold, Initial Start-Up)	1			V
	$V_{OUT} > 2.4\text{V}$ (Stay-On Threshold)	0.65			V
SHDN Input Low	Turn-Off Threshold			0.25	V
SHDN Input Current	$V_{SHDN} = 3.3\text{V}$	●	0.01	1	μA
Error Amp Transconductance			50		μS
Soft-Start Current Source	$V_{SS} = 1\text{V}$	-5	-2.4	-1.2	μA
BURST Threshold Voltage	Falling Edge, Sensed at the BURST Pin	0.79	0.88	0.97	V

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超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: LTC3422E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。 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ の動作周囲温度範囲での仕様は設計、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。

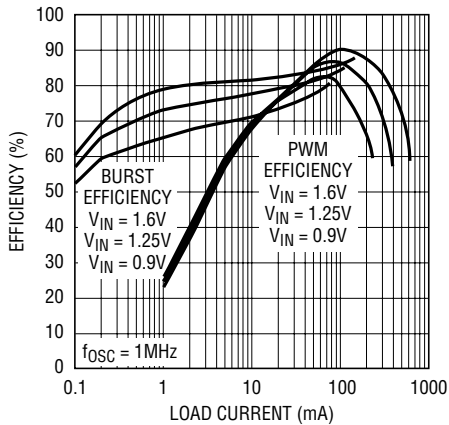
Note 3: V_{OUT} が2.4Vを超えると、LTC3422は V_{IN} 電源に依存しない。

Note 4: 電源電流は出力にブートストラップされるので、 V_{OUT} ピンに流れ込む電流が測定される。電流は $(V_{OUT}/V_{IN}) \cdot \text{効率}$ だけ入力電源に反射する。出力はスイッチングしていない。

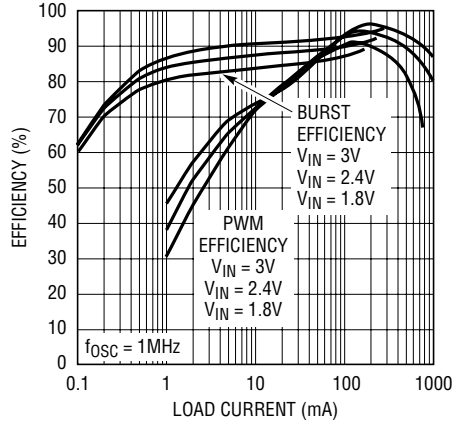
Note 5: このデバイスには短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能が備わっている。過熱保護機能がアクティブなとき接合部温度は 125°C を超える。規定された最高動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なうおそれがある。

標準的性能特性 (別途規定されない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$)

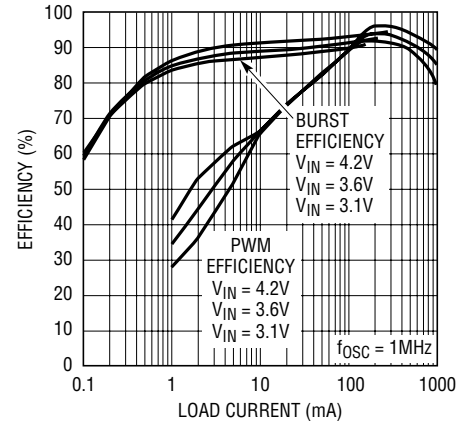
1セルから3.3Vの効率



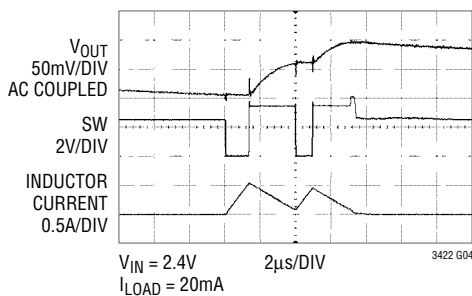
2セルから3.3Vの効率



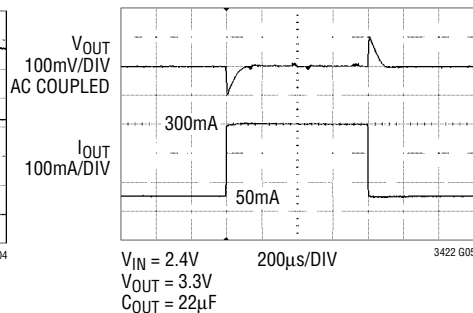
リチウムイオン電池から5Vの効率



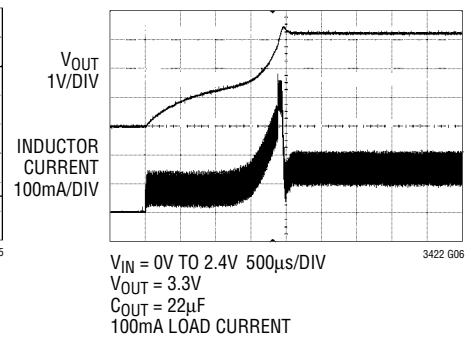
Burst Mode動作



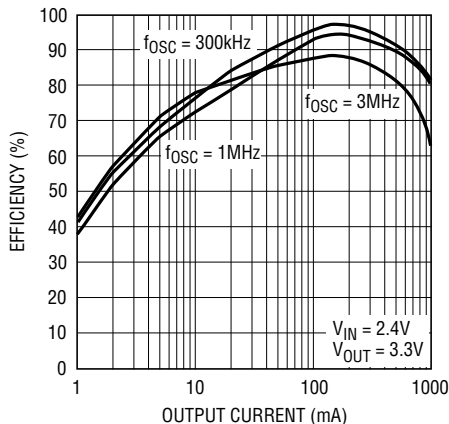
負荷過渡応答



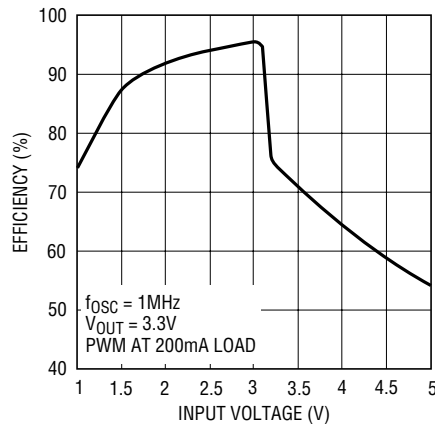
突入電流の制御



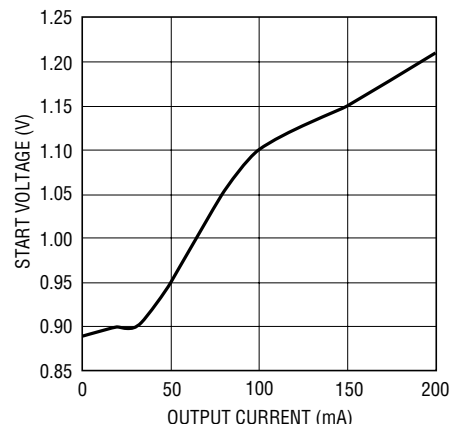
効率と周波数

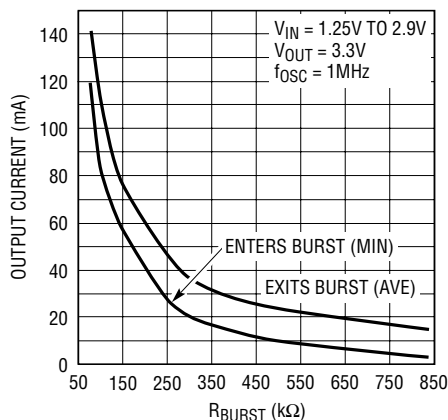


効率とVIN

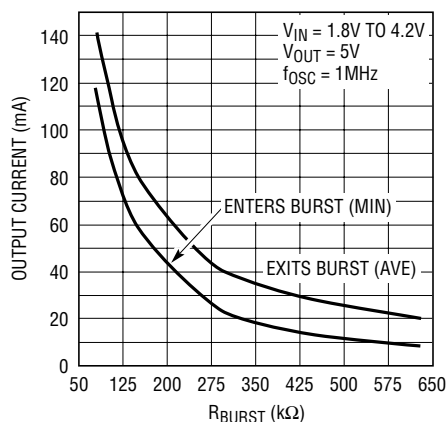


起動電圧と出力電流



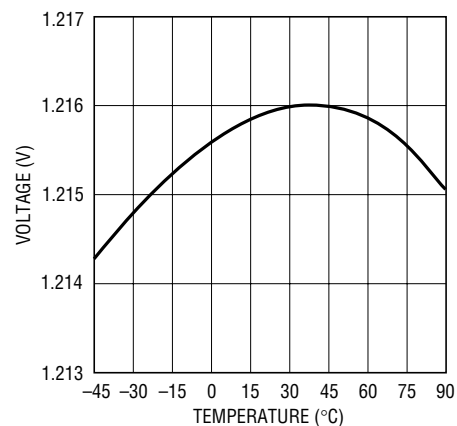
標準的性能特性 (別途規定されない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$)Burst Mode出力電流スレッシュヨ
ドと R_{BURST} (3.3V出力)

3422 G10

Burst Mode出力電流スレッシュヨ
ドと R_{BURST} (5V出力)

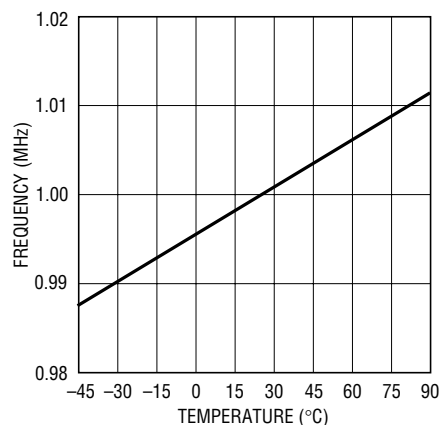
3422 G11

FB電圧と温度



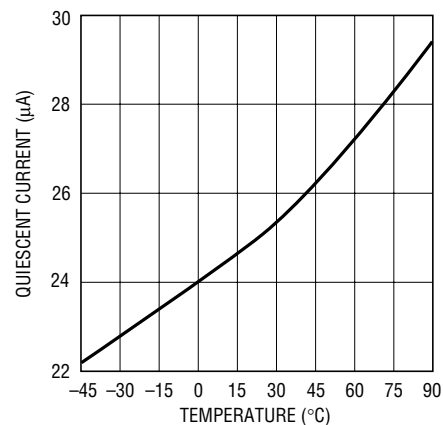
3422 G12

周波数と温度 (約1MHzに正規化)



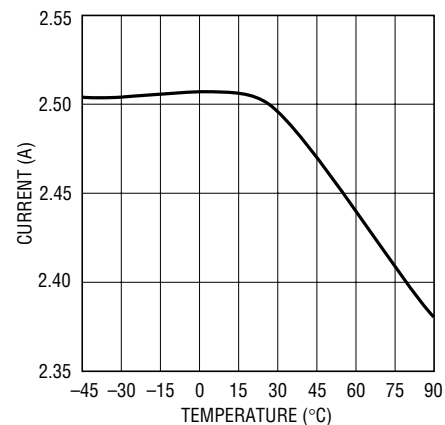
3422 G13

Burst Modeの消費電流と温度

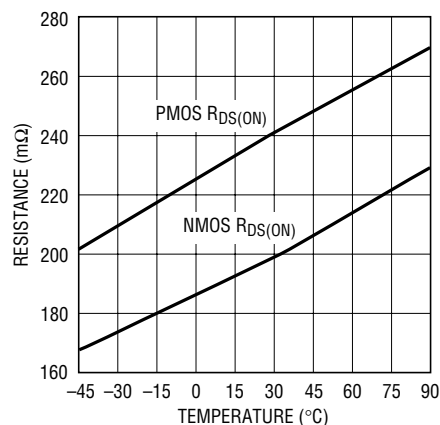


3422 G14

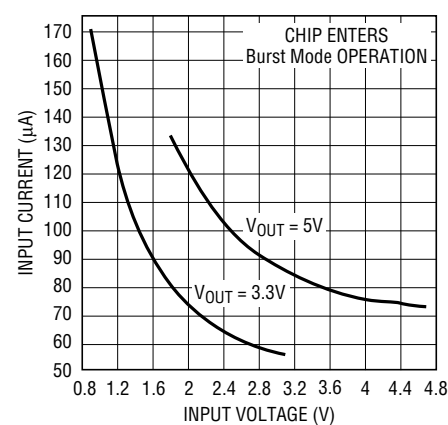
電流制限と温度



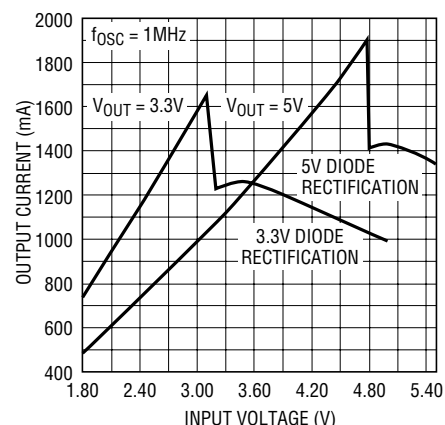
3422 G15

 $R_{DS(ON)}$ と温度

3422 G16

無負荷時入力電流と V_{IN} 

3422 G17

最大出力電流と V_{IN} 

3422 G18

3422fa

ピン機能

SW (ピン1): インダクタへ接続するためのスイッチ・ピン。SWとインダクタの間のトレース長を最小に抑えます。不連続インダクタ電流の場合、制御されたインピーダンスが内部でSWから V_{IN} に接続されて高周波数のリングングを除去し、EMI放射を減らします。

V_{IN} (ピン2): 入力電源電圧。 V_{IN} を入力電源に接続し、4.7 μ F以上のセラミック・コンデンサを使って、できるだけ V_{IN} の近くでデカップリングします。

BURST (ピン3): Burst Modeスレッシュホールドの調節。自動Burst Mode動作: BURSTからグラウンドに接続した抵抗/コンデンサの組合せにより、自動Burst Mode動作から出るときの平均負荷電流が次式に従ってプログラムされます。

$$R_B = \frac{12}{I_{EXITBURST}}$$

ここで、 R_B は $k\Omega$ 、 $I_{EXITBURST}$ はアンペアです。

$$C_B \geq \frac{C_{OUT} \cdot V_{OUT}}{64,000}$$

ここで、 $C_{B(MIN)}$ と C_{OUT} の単位は μ Fです。

「標準的性能特性」の「Burst Mode出力電流スレッシュホールドと R_{BURST} 」の曲線を参照してください。

Burst Mode動作時、ピーク・インダクタ電流は約600mAになり、サイクル毎にゼロに戻ることに注意してください。Burst Mode動作時、周波数が変化し、軽負荷時の効率が大幅に向上します。LTC3422は V_{OUT} が約2.2Vを超えるまではBurst Mode動作に入ることを許しません。

外部操作によるBurst Mode動作の実行: BURSTを接地してBurst Mode動作を強制するか、または V_{OUT} に接続して固定周波数PWMモードを強制します。BURSTを V_{OUT} より上に引き上げてはならないことに注意してください。

SS (ピン4): ソフトスタート。次式に従ってソフトスタート時間を設定するために、コンデンサをSSからグラウンドに接続します。

$$t(ms) = C_{SS}(\mu F) \cdot 320$$

公称ソフトスタート充電電流は2.4 μ Aです。SSのアクティブな範囲は0.8V~1.6Vです。

\overline{SHDN} (ピン5): シャットダウン入力。 \overline{SHDN} が250mVより低いとLTC3422をシャットダウンします。 \overline{SHDN} に1V以上与えるとLTC3422をイネーブルします。 V_{OUT} が2.2Vを超えるとこのピンにヒステリシスが与えられるので(ピンから500nAが流れ出します)、バッテリーが500mVに低下しても論理“H”で動作することができます。

FB (ピン6): 誤差アンプへの帰還入力。 V_{OUT} からグラウンドに接続した抵抗分割器のタップをここに接続します。出力電圧は次式に従って2.25V~5.25Vの範囲で調節できます。

$$V_{OUT} = 1.216 \cdot \frac{R1 + R2}{R2}$$

V_C (ピン7): 誤差アンプの出力。ループ補償のため、周波数補償ネットワークを V_C からグラウンドに接続します。ガイドラインとして「帰還ループを閉じる」のセクションを参照してください。

R_T (ピン8): 周波数調節入力。次式に従って発振周波数をプログラムするために抵抗をグラウンドに接続します。

$$f_{osc} = \frac{28}{R_T}$$

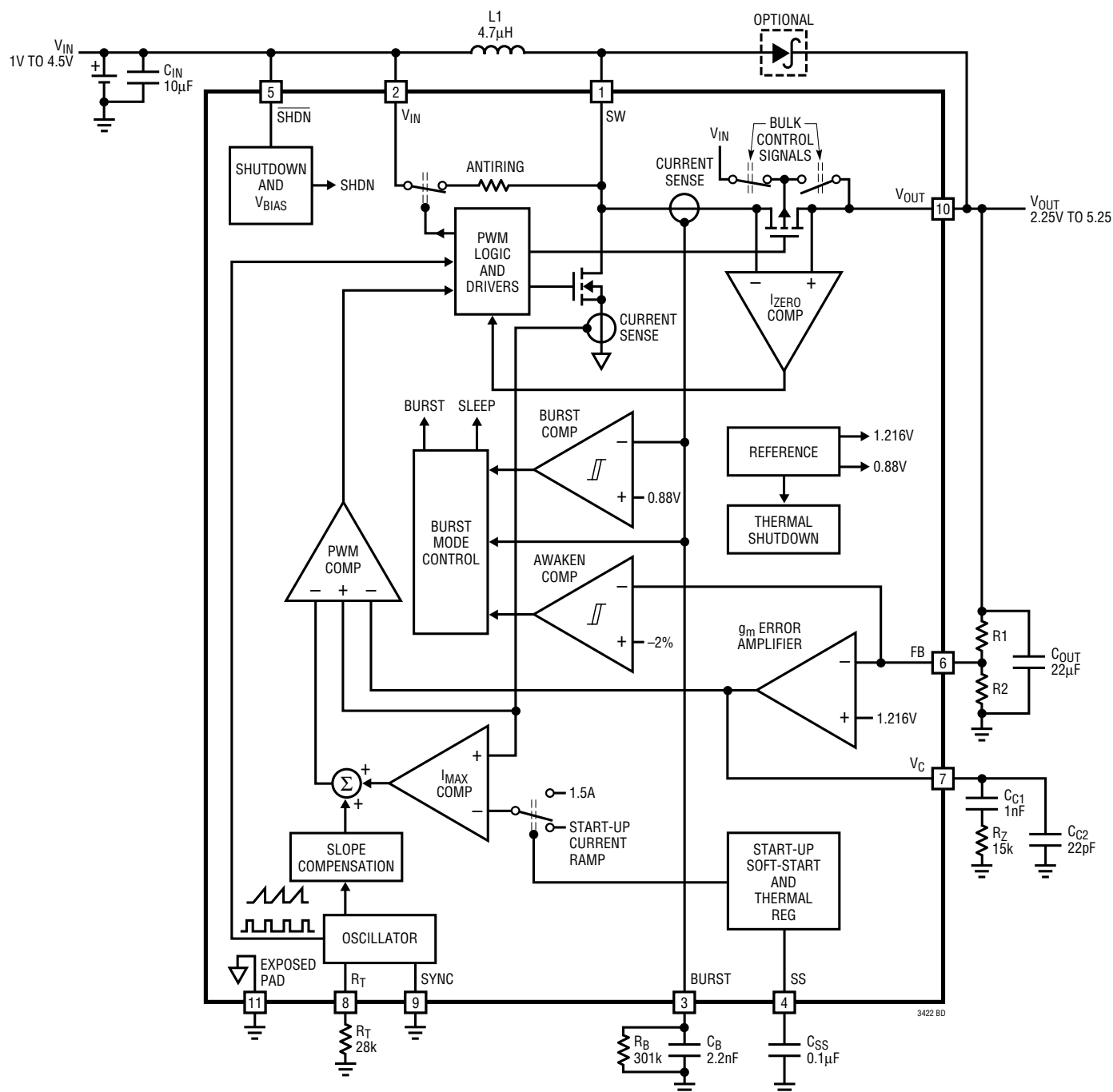
ここで、 f_{osc} はMHz、 R_T は $k\Omega$ です。

SYNC (ピン9): 発振器の同期入力。内部発振器の同期をとるには、100ns~2 μ sのクロック・パルス幅が必要です。使わない場合、SYNCは接地します。

V_{OUT} (ピン10): 同期整流器の出力とLTC3422のブートストラップされた電源。少なくとも10 μ Fのセラミック・コンデンサが必要で、できるだけ V_{OUT} と電源グラウンド・プレーンに近づけて配置します。

露出パッド (ピン11): 信号とLTC3422の電源のグラウンド。このピンは、電氣的接続と定格熱性能を与えるため、PCBのグラウンド・プレーンに半田付けする必要があります。

ブロック図



動作

低電圧での起動

LTC3422は、標準0.88Vの入力電圧で起動するように設計されている独立した起動発振器を備えています。起動時、ソフトスタートがランプするにつれてピーク電流リミッ

トが徐々に増加します。起動時、スイッチング周波数も内部で制御されます。このデバイスは、負荷がいくら存在する状態で起動可能です(「起動電圧と出力電流」のグラフを参照)。

動作

通常スイッチング・モードの他に、起動時のソフトスタートと突入電流制限が備わっています。同じソフトスタート・コンデンサが各動作モードで使われます。

V_{IN} または V_{OUT} が2.25Vを超えるとLTC3422は通常の動作モードに移行します。出力電圧が入力を0.3V(標準)だけ超えるとLTC3422は V_{IN} ではなく V_{OUT} から自己給電します。この時点で内部回路は V_{IN} 入力電圧に依存しなくなるため、大容量入力コンデンサは不要です。入力電圧がわずかに0.5Vにまで下がっても回路動作に影響を与えることはありません。アプリケーションを制限する要素としては、低い電圧で出力に十分なエネルギーを供給する電源の有無と、標準で91%にクランプされる最大デューティ・サイクルがあります。

低ノイズ固定周波数動作

シャットダウン

\overline{SHDN} を0.25Vより下に引き下げるとデバイスがシャットダウンし、最初1Vより上に引き上げるとアクティブになります。 V_{OUT} が2.2V(標準)を超えるとこのピンにヒステリシスが与えられるので、0.65Vまで下がってもロジック“H”の状態を維持することができます。 \overline{SHDN} は、絶対最大定格より下に制限されているかぎり、 V_{IN} または V_{OUT} より上にドライブできることに注意してください。

ソフトスタート

ソフトスタート時間は外部コンデンサをSSからグラウンドに接続してプログラムします。内部電流源がこのコンデンサを公称2.4 μ Aで充電します。SSのランプしていく電圧は(コンデンサの電圧が1.6Vを超えるまで)徐々に増加するピーク電流リミットを支配します。その後は、内部で設定されたピーク電流が維持されます。コマンドによるシャットダウンまたはサーマル・シャットダウンが起きると、SSに接続されたコンデンサはグラウンドまで自動的に放電します。Burst Mode動作はソフトスタートのあいだ禁じられていることに注意してください。

$$t \text{ (ms)} = C_{SS} \text{ (}\mu\text{F)} \cdot 320$$

発振器

動作周波数は R_T ピンからグラウンドに接続された抵抗によって設定されます。LTC3422には精密タイミング・コンデンサが内蔵されています。発振器はSYNCに与えられ

る外部クロックに同期させることができます。発振器を同期させるときは、自走周波数を望みの同期周波数より少なくとも20%低い周波数に設定する必要があります。

$$f_{osc} = \frac{28}{R_T}$$

ここで、 f_{osc} はMHz、 R_T はk Ω です。

電流検出

無損失電流センスにより、ピーク電流信号を電圧に変換して、内部スロープ補償に加算します。この加算された信号が誤差アンプ出力と比較され、PWMのためのピーク電流制御コマンドを出力します。LTC3422は入力と出力の電圧に適應するスロープ補償を内蔵しています。したがって、このコンバータは安定性を得るのに適当な量のスロープ補償を与えますが、コンバータ内で位相マージンが失われるほど過度な補償は与えません。

誤差アンプ

誤差アンプはトランスコンダクタンス・アンプで、その正入力には内部で1.216Vのリファレンスに接続されており、負入力にはFBに接続されています。 V_C からグラウンドに簡単な補償ネットワークが配置されています。大信号過渡応答を改善するため、内部クランプにより、誤差アンプの最小出力電圧と最大出力電圧が制限されます。

電流制限

電流制限スレッショルドに達すると、電流制限回路は内部NチャネルMOSFETスイッチをシャットオフします。Burst Mode動作では、電流制限は約600mAまで減少します。

ゼロ電流アンプ

ゼロ電流アンプは出力へ流れるインダクタ電流をモニタし、インダクタ電流が50mA(標準)より下に下がると同期整流器をシャットオフして、負のインダクタ電流が流れるのを防止します。

アンチリングング制御

アンチリングング制御回路は不連続導通モードの間インダクタの両端に抵抗を接続して、SWのリングングを減衰させます。

動作

LC_{SW}のリンギング(L = インダクタ、C_{SW} = SWの容量)は低エネルギーですが、EMI放射を生じることがあります。

Burst Mode動作

Burst Mode動作は、自動的に、またはユーザーが制御することができます。自動動作では、LTC3422は軽負荷で自動的にBurst Mode動作に移行し、負荷が重くなると固定周波数のPWMモードに戻ります。ユーザーは、そこでモードの遷移が生じる平均負荷電流を、BURSTからGNDに接続した1個の抵抗を使ってプログラムすることができます。

オン時間はインダクタ電流が固定された600mAのピーク電流に達するのに要する時間によって決まり、オフ時間はインダクタ電流がゼロに戻るのに要する時間によって決まりますので、発振器はBurst Mode動作の間シャットダウンされます。

Burst Mode動作時にはLTC3422は出力が安定化されるまでエネルギーを出力に供給し、安定化されたらスリープ・ステートに入ります。スリープ・ステートではスイッチはオフしており、LTC3422はわずか25μAの電流しか消費しません。このモードでは、出力リップル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2%です。このため、スイッチング損失と消費電流損失が最小に抑えられ、非常に軽い負荷での効率が最大化されます。Burst Mode動作のリップルは、出力容量を増やすことにより(47μF以上)、わずかに減らすことができます。この追加の容量は、もし低ESRセラミック・コンデンサも使われているなら、低ESRタイプである必要はありません。Burst Mode動作のリップルを減らす別の方法として、V_{OUT}帰還分割器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(10pF~100pF)を接続します。

Burst Mode動作では、補償ネットワークは使われず、V_Cは誤差アンプから切り離されます。Burst Mode動作が長く続くと、外部部品やPCボードのリーク電流によって補償コンデンサが充電(または放電)することがあり、その結果、固定周波数モードの動作に戻るとき、同じ負荷電流であつても大きな出力過渡が生じることがあります。これを防ぐため、LTC3422にはアクティブ・クランプ回路が内蔵されており、Burst Mode動作の間、V_Cの電圧を最適電圧

に保ちます。これにより、固定周波数モード動作に戻るとき、どんな出力過渡でも最小に抑えます。

Burst Mode動作の自動制御

自動動作では、RCネットワークをBURSTからグランドに接続します。抵抗の値により、Burst Mode動作に入るとき、またそこから出るときの平均負荷電流(I_{BURST})が制御されます(モード間の発振を防ぐためにヒステリシスが与えられています)。BURSTに接続するコンデンサのための計算式は、BURSTのリップルにより、デバイスがモードの遷移が生じる電流のところでBurst Mode動作に入ったり出たりして発振するのを防ぐための最小値を与えます。BURSTの抵抗のために与えられている式は、そこで自動Burst Mode動作が終わる標準平均負荷電流を与えます。

$$R_B = \frac{12}{I_{EXITBURST}}$$

ここで、R_BはkΩ、I_{EXITBURST}はアンペアです。

$$C_B \geq \frac{C_{OUT} \cdot V_{OUT}}{64,000}$$

ここで、C_{B(MIN)}とC_{OUT}の単位はμFです。

「標準的性能特性」の「Burst Mode出力電流スレッシュホールドとR_{BURST}」の曲線を参照してください。

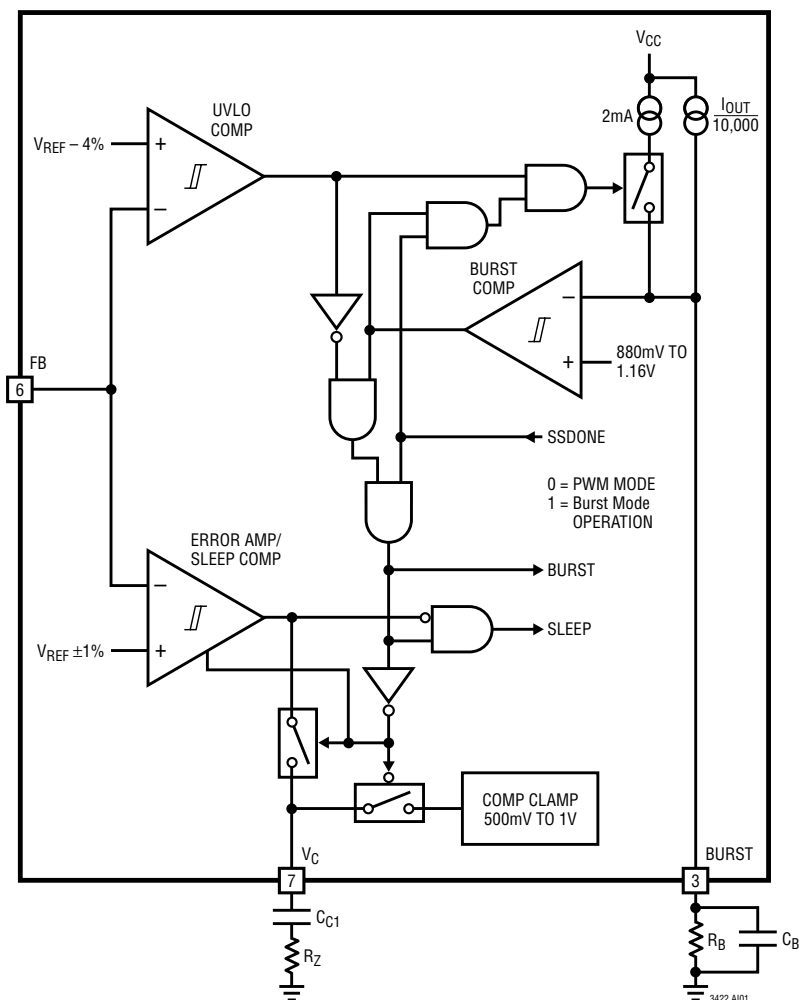
Burst Mode動作時に負荷トランジェントによりFBがレギュレーション値から4%以上低下すると、LTC3422は直ちに固定周波数動作に切り替わり、内部プルアップが短時間BURSTに与えられ、BURSTコンデンサを急速に充電します。これにより、出力が安定化されると直ちにLTC3422がBurst Mode動作に再度移行するのを防ぎます。

外部操作によるBurst Mode動作

大きな動的負荷に対して最適過渡応答を得るには、動作モードをホスト・プロセッサによって外部から制御します。負荷が突如増加する前に固定周波数PWM動作を強制することにより、出力電圧の垂下を最小に抑えることができます。Burst Mode動作を外部から制御する場合、BURSTに接続したRCネットワークを省くことができます。固定周波数のPWMモードを強制するには、BURSTをV_{OUT}に接続します。Burst Mode動作を強制するには、BURSTを接地します。

動作

自動Burst Mode制御回路の簡略回路図



Burst Mode動作を外部から操作する場合、BURSTに接続される回路は最大4mAをシンクできなければなりません。ソフトスタートの間はBurst Mode動作が禁じられることに注意してください。

V_{IN} が $V_{OUT} - 300mV$ を超えると、デバイスはBurst Mode動作から抜け出し、同期整流器がデイスエーブルされます。

強制Burst Mode動作時(BURSTは接地)の負荷電流が供給可能な電流を超えると、出力電圧が垂下し始め、LTC3422は自動的にBurst Mode動作から抜け出して固定周波数モードに移行し、V_{OUT}が上昇することに注意してください。安定化が達成されると、(ユーザーがBURSTを接地す

ることにより依然Burst Mode動作を強制しているので) LTC3422は再度Burst Mode動作に移行し、このサイクルが繰り返され、約4%の出力リップルが生じます。Burst Mode動作で供給可能な最大平均電流は次式で与えられます。

$$I_{OUT(MAX)} = \frac{275 \cdot V_{IN}}{V_{OUT}} \text{ in mA}$$

出力切断と突入電流制限

LTC3422は内蔵PチャネルMOSFET整流器のボディ・ダイオードの導通を抑止して真の出力切斷ができるように設計されています。これにより、入力ソースから電流を流さずに、 V_{OUT} をシャットダウンの間ゼロボルトにすることができます。

動作

また、ターンオン時に突入電流を制限することができるので、入力電源から見たサージ電流を最小に抑えます。出力切断の利点を得るには、SWピンとV_{OUT}の間に外付けのショットキー・ダイオードを接続してはならないことに注意してください。

LTC3422は起動時に最大負荷電流能力を減少させることなく突入電流制限を与えることにも注意してください。LTC3422の内部で設定されるピーク電流コマンドは、ソフトスタートの間、公称最大レベルに達するまで徐々に増加することが許されています。

アプリケーション情報

注記: 基板のレイアウトは浮遊インダクタンスによるSWの電圧オーバーシュートを最小に抑えるのに非常に重要です。出力フィルタのコンデンサはできるだけV_{OUT}に近づけ、ESR/ESLが非常に小さいセラミック・コンデンサを使い、良好なグランド・プレーンに接続します。

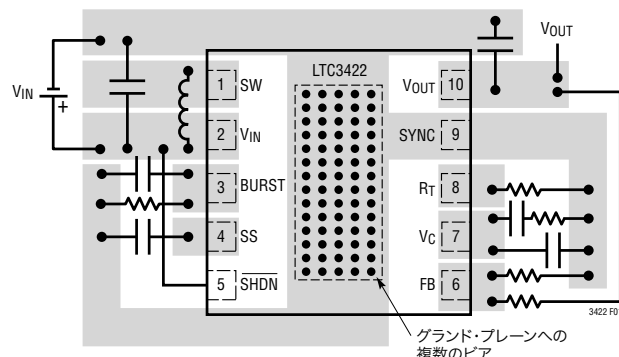


図1. 推奨部品配置。高電流を流すトレースは直接接続にする (GND、SW、V_{IN}、V_{OUT})。FBとV_Cのトレース面積を小さくする。バッテリーへのリード線の長さを短くする。V_{IN}とV_{OUT}のセラミック・コンデンサをLTC3422のピンにできるだけ近づけて配置する

部品の選択

インダクタの選択

LTC3422は高い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。最小インダクタンス値は動作周波数に比例し、次式のように制限されます。

$$L > \frac{3}{f} \text{ and } L > \frac{V_{IN(MIN)} \cdot (V_{OUT(MAX)} - V_{IN(MIN)})}{f \cdot \text{Ripple} \cdot V_{OUT(MAX)}}$$

ここで、

f = 動作周波数(MHz)

リップル = 許容インダクタ電流リップル(アンペア、ピーク・トゥ・ピーク)

V_{IN(MIN)} = 最小入力電圧

V_{OUT(MAX)} = 最大出力電圧

インダクタ電流リップルは一般に最大インダクタ電流(I_P)の20%~40%に設定されます。

高効率を実現するには、フェライトなどの高周波用コア材のインダクタを選択して、コア損失を減らします。I²R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2A~3A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、トロイド、また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、コンデンサの製造元については表2を参照してください。

表1. インダクタの製造元

SUPPLIER	PHONE	FAX	WEB SITE
Coilcraft	(847) 639-6400	(847) 639-1469	www.coilcraft.com
CoEv Magnetics	(800) 277-7040	(650) 361-2508	www.circuitprotection.com/magnetics.asp
Murata	USA: (814) 237-1431 (800) 831-9172	USA: (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) 669-7864	www.toko.com
Würth	(201) 785-8800	(201) 785-8810	www.we-online.com

アプリケーション情報

出力コンデンサの選択

出力電圧リップルには2つの成分があります。コンデンサのバルク値はサイクルごと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。充電による最大リップルは次式で与えられます。

$$V_{R(BULK)} = \frac{I_P \cdot V_{IN}}{C_{OUT} \cdot V_{OUT} \cdot f}$$

ここで、 I_P = ピーク・インダクタ電流。

ほとんどの電力コンバータでは、ESR (等価直列抵抗) が通常、リップルの最も支配的な要因です。コンデンサのESRによるリップルは、単純に次式で与えられます。

$$V_{RCESR} = I_P \cdot C_{ESR}$$

ここで、 C_{ESR} はコンデンサの等価直列抵抗です。

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。ほとんどのアプリケーションには、村田製作所または太陽誘電のX5Rセラミック・コンデンサを推奨します。

入力コンデンサの選択

入力フィルタのコンデンサは入力ソースから流れるピーク電流を減らし、入力スイッチング・ノイズを減らします。LTC3422は一度出力が安定化されると0.5V以下の電圧で動作可能なので、入力コンデンサに対する要求が緩和されます。ほとんどのアプリケーションでは、1アンペアのピーク入力電流当たり1 μ Fを推奨します。太陽誘電はESRが非常に小さなセラミック・コンデンサ、たとえば0603ケースの1 μ F (JMK107BJ105MA) を提供しています。

表2. コンデンサの製造元

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

動作周波数の選択

コンバータの動作周波数の選択においては、スペクトル・ノイズを許容できない敏感な周波数帯域など、いくつか

の検討事項があります。別の検討事項はコンバータの物理的なサイズです。動作周波数が高くなるにつれ、インダクタおよびフィルタ・コンデンサの値とサイズが小さくなります。ゲート電荷によるスイッチング損失は周波数に比例して増加するので、効率がトレードオフの対象になります。たとえば図2 (2.4Vから3.3Vのコンバータ) の場合、100mAでの効率、2MHzでは300kHzに比べて9%低くなっています。

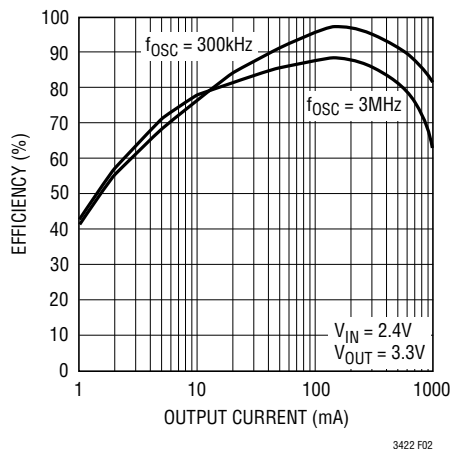


図2. 2.4Vから3.3Vの効率と動作周波数

最後の検討事項は、アプリケーションが「パルス・スキップ」を許容できるかどうかということです。このモードでは、コンバータの最小オン時間がデューティ・サイクルをサポートできないため、コンバータのリップルが増加し、出力リップルに低周波成分が生じます。物理的なサイズが重要な多くのアプリケーションでは、コンバータをこのモードで動作させることは可能です。このモードに入らないほうが望ましいアプリケーションでは、最大動作周波数は次式で与えられます。

$$f_{MAX_NOSKIP} = \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{V_{OUT} \cdot t_{ON(MIN)}} \text{ Hz}$$

ここで、 $t_{ON(MIN)}$ = 最小オン時間 = 120nsです。

熱に関する検討事項

LTC3422が可能な電力を供給するには、パッケージ内部で発生した熱を放散するのに十分な熱経路を与えることが不可欠です。これはLTC3422の底部の大きな熱パッドの利点を利用して実現することができます。

アプリケーション情報

プリント回路基板のビアを多数使って、できるだけ面積の大きな銅プレーンにLTC3422の熱を逃がすことを推奨します。接合部温度が高くなり過ぎると、ピーク電流リミットが自動的に減少します。接合部温度が上昇し続けるとLTC3422はサーマル・シャットダウンし、内部温度が下がるまでスイッチングが完全に停止します。

V_{IN} > V_{OUT}で動作

LTC3422は入力電圧が出力電圧より高くても電圧レギュレーションを維持します。これは同期PチャネルMOSFETのスイッチングを停止し、V_{IN}を静的にそのゲートに加えて実現されます。これにより、電流が出力に流れているあいだインダクタのボルト秒が反転します。このモードではLTC3422内の電力消費が増えますので、許容接合部温度を維持するため、最大出力電流が次の値に制限されます。

$$I_{OUT(MAX)} = \frac{125 - T_A}{43 \cdot ((V_{IN} + 1.5) - V_{OUT})}$$

ここで、T_Aは周囲温度です。

たとえば、V_{IN} = 4.5V、V_{OUT} = 3.3V、T_A = 85°Cのとき、最大出力電流は345mAです。

短絡

LTC3422の出力切断機能は、内部で設定された最大電流リミットを維持しながら、出力の短絡を許容します。ただし、LTC3422は過度な過負荷や短絡から保護するための電流制限フォールドバックやサーマル・シャットダウンなどの機能も内蔵しています。長時間の短絡のあいだ、V_{OUT}が約666mVより下に下がると、電流制限は0.75A(標準)にフォールドバックします。この0.75Aの電流制限は、V_{OUT}が約800mVを超えるまで有効に保たれます。V_{OUT}がそこを超えると定常状態の電流制限に戻ります。

帰還ループを閉じる

LTC3422は内部の適応型スロープ補償付き電流モード制御を使用しています。電流モード制御によって、電圧モード・コントローラで見られるインダクタと出力コンデン

サによる2次フィルタが不要になるので、単一ポール・フィルタ応答に簡単化されます。変調器制御から出力へのDC利得と誤差アンプの開ループ利得の積がシステムのDC利得を与えます。

$$G_{DC} = G_{CONTROL_OUTPUT} \cdot G_{EA} \cdot \frac{V_{REF}}{V_{OUT}}$$

$$G_{CONTROL_OUTPUT} = \frac{2 \cdot V_{IN}}{I_{OUT}}; G_{EA} \approx 2000$$

出力フィルタのポールは、次式で与えられます。

$$f_{FILTER_POLE} = \frac{I_{OUT}}{\pi \cdot V_{OUT} \cdot C_{OUT}}$$

ここで、C_{OUT}は出力フィルタ・コンデンサです。

出力フィルタのゼロは次式で与えられます。

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

ここで、R_{ESR}はコンデンサの等価直列抵抗です。

昇圧レギュレータ・トポロジーの厄介な点は、右半平面(RHP)のゼロで、次式で与えられます。

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

負荷が重い場合、比較的低い周波数でこの位相遅れを伴う利得の増加が起きることがあります。ループ利得は一般にRHPのゼロの周波数より前でロールオフします。

標準的な誤差アンプの補償を図3に示します。このループのダイナミック特性の式は、次のとおりです。

$$f_{POLE1} \approx \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 20e6 \cdot C_{C1}} \text{ これはきわめてDCに近い値です。}$$

$$f_{ZERO1} \approx \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot C_{C1}}$$

$$f_{POLE2} \approx \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot C_{C2}}$$

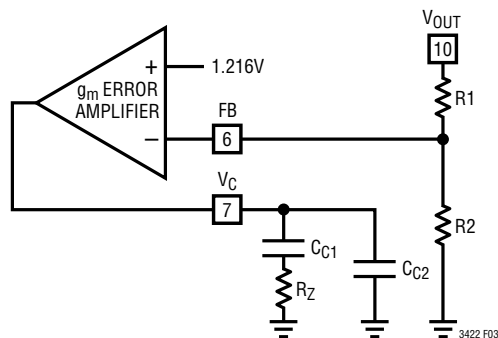
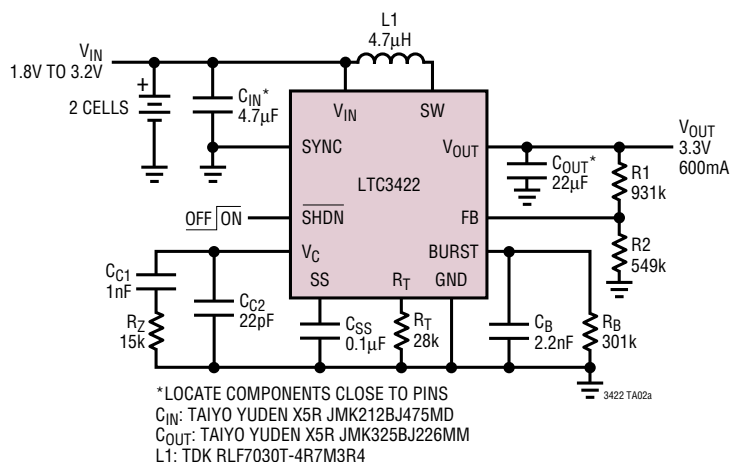


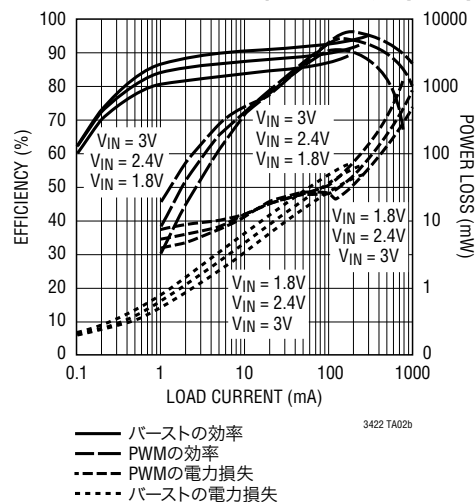
図3. 標準的誤差アンプの補償

標準的応用例

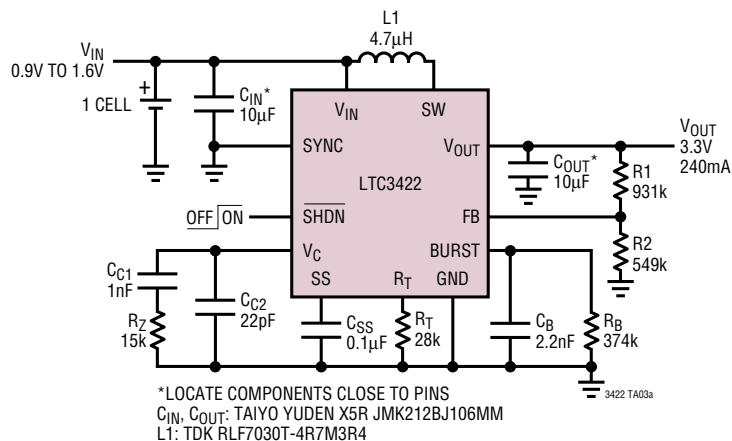
2セルから3.3V/600mAのアプリケーション



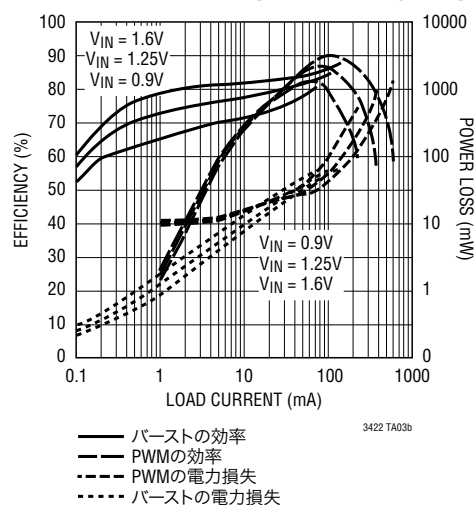
2セルから3.3Vの効率と電力損失 (1MHz)



1セルから3.3V/240mAのアプリケーション

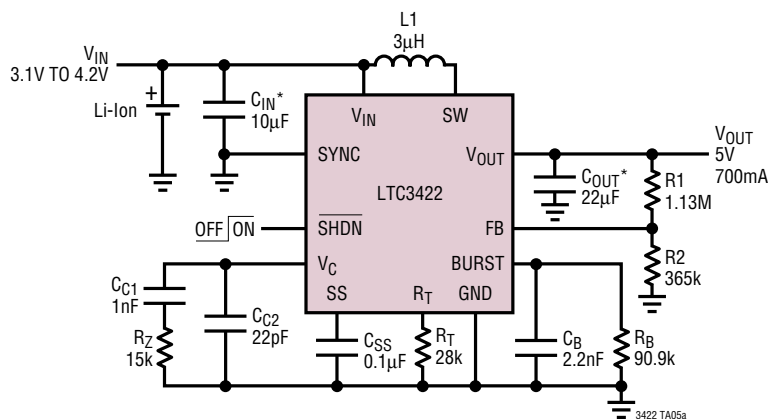


1セルから3.3Vの効率と電力損失 (1MHz)



標準的応用例

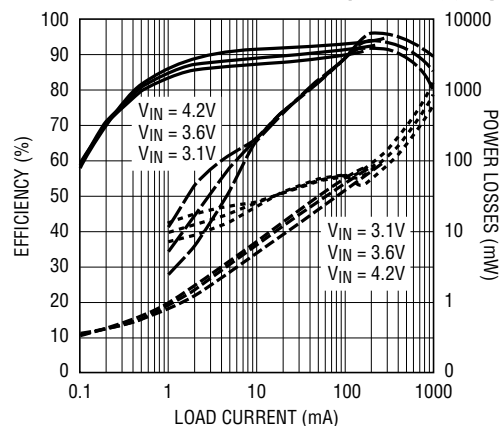
リチウムイオン電池から5V/700mAのアプリケーション



*LOCATE COMPONENTS CLOSE TO PINS
 C_{IN} : TAIYO YUDEN X5R JMK212BJ106MM
 C_{OUT} : TAIYO YUDEN X5R JMK325BJ226MM

L1: SUMIDA CDRH6D28-3R0

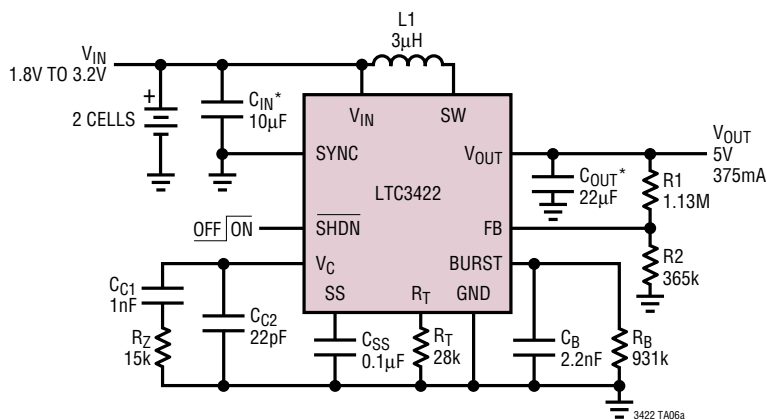
リチウムイオン電池から5Vの効率と電力損失(1MHz)



— バーストの効率
 --- PWMの効率
 バーストの電力損失
 - . - . - PWMの電力損失

3422 TA05b

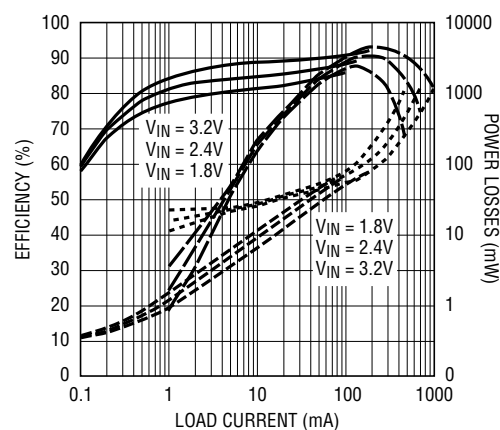
2セルから5V/375mAのアプリケーション



*LOCATE COMPONENTS CLOSE TO PINS
 C_{IN} : TAIYO YUDEN JMK212BJ106MM
 C_{OUT} : TAIYO YUDEN JMK325BJ226MM

L1: SUMIDA CDRH6D28-3R0

2セルから5Vの効率と電力損失(1MHz)

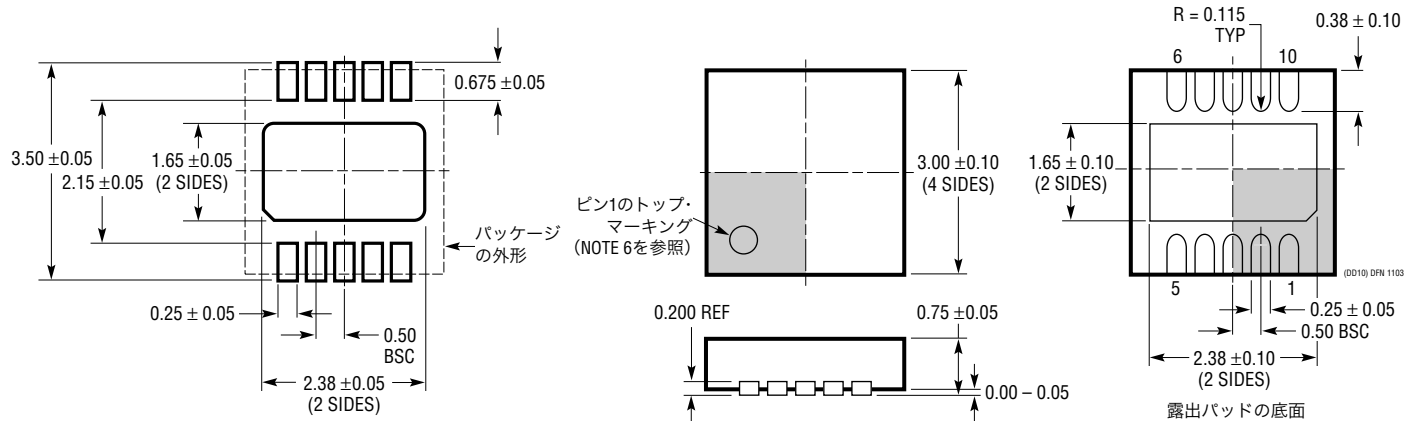


— バーストの効率
 --- PWMの効率
 バーストの電力損失
 - . - . - PWMの電力損失

3422 TA06b

パッケージ寸法

DDパッケージ
10ピン・プラスチックDFN (3mm×3mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1699)



推奨する半田パッドのピッチと寸法

注記:

- 図はJEDECパッケージ・アウトラインMO-229のバリエーション(WEED-2)になる予定。
バリエーションの指定の現状についてはLTCのWebサイトのデータシートを参照
- 図は実寸とは異なる
- すべての寸法はミリメートル
- パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない。
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
- 露出パッドは半田メッキとする
- 網掛けの部分はパッケージのトップとボトムのピン1の位置の参考に過ぎない

関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3400/LTC3400B	600mA (I_{SW})、1.2MHz、同期式昇圧DC/DCコンバータ	92%の効率、 V_{IN} : 0.85V~5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5V、 I_Q = 19 μ A/300 μ A、 I_{SD} < 1 μ A、ThinSOT™
LTC3401	1A (I_{SW})、3MHz、同期式昇圧DC/DCコンバータ	97%の効率、 V_{IN} : 0.5V~5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.5V、 I_Q = 38 μ A、 I_{SD} < 1 μ A、MS10
LTC3402	2A (I_{SW})、3MHz、同期式昇圧DC/DCコンバータ	97%の効率、 V_{IN} : 0.5V~5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.5V、 I_Q = 38 μ A、 I_{SD} < 1 μ A、MS10
LTC3421	3A (I_{SW})、3MHz、同期式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断付き	95%の効率、 V_{IN} : 0.5V~4.5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V、 I_Q = 12 μ A、 I_{SD} < 1 μ A、QFN24
LTC3423/LTC3424	1A/2A (I_{SW})、3MHz、同期式昇圧DC/DCコンバータ	95%の効率、 V_{IN} : 0.5V~5.5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.5V、 I_Q = 38 μ A、 I_{SD} < 1 μ A、MSOP10
LTC3425	5A (I_{SW})、8MHz、(低リップル)、4フェーズ同期式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断付き	95%の効率、 V_{IN} : 0.5V~4.5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V、 I_Q = 12 μ A、 I_{SD} < 1 μ A、QFN32
LTC3426	2A (I_{SW})、1.2MHz昇圧DC/DCコンバータ	92%の効率、 V_{IN} : 1.6V~4.3V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5V、 I_{SD} < 1 μ A、SOT-23
LTC3428	500mA (I_{SW})、1.25MHz/2.5MHz、同期式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断付き	92%の効率、 V_{IN} : 1.8V~5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V、 I_{SD} < 1 μ A、2mm×2mm DFN
LTC3429	600mA (I_{SW})、500kHz、同期式昇圧DC/DCコンバータ、出力切断とソフトスタート機能付き	96%の効率、 V_{IN} : 0.5V~4.4V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5V、 I_Q = 20 μ A/300 μ A、 I_{SD} < 1 μ A、ThinSOT
LTC3525-3.3/ LTC3525-5	400mA (I_{SW})、同期式昇圧DC/DCコンバータ、(SC70)パッケージ	94%の効率、 V_{IN} : 0.8V~4.5V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V、 I_Q = 7 μ A、 I_{SD} < 1 μ A、SC70

ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。

3422fa