

単一セル・マイクロパワー 600kHz PWM DC/DCコンバータ

特長

- 小容量セラミック・コンデンサを使用
- 50 μ Aの消費電流(LT1307)
- 1mAの消費電流(LT1307B)
- 最小1Vの V_{IN} で動作
- 600kHzの固定周波数動作
- 全負荷でスタート
- 低シャットダウン電流: 3 μ A
- バッテリ電圧低下検知器
- 単一セルから3.3V@75mAを供給
- 軽負荷時の自動バースト・モード™動作(LT1307)
- 軽負荷時でもスイッチングを継続(LT1307B)
- 低 V_{CESAT} のスイッチ: 500mA時に295mV

アプリケーション


- ページャ
- コードレス電話
- GPSレシーバ
- バッテリ・バックアップ
- ポータブル電子機器
- 糖度計
- 診断用医療機器

概要

LT®1307/LT1307Bはマイクロパワー固定周波数DC/DCコンバータで、最小1Vの入力電圧で動作します。単一セル電源から真の電流モードPWM性能を実現した業界初のデバイスで、軽負荷時に省電力バースト・モード動作への自動移行機能を備えています。100 μ A~100mAの広い負荷範囲で、高効率が維持されます。LT1307Bは軽負荷時にバースト・モード動作に移行しないので効率は低下しますが、低周波数出力リップルが除去されます。このデバイスは、200mVリファレンス付きバッテリ電圧低下検知器を内蔵し、シャットダウン時の消費電流は5 μ A以下です。LT1307の無負荷時消費電流は50 μ Aで、内部NPNパワースイッチは500mAの電流を扱い電圧降下は295mVです。

単一セル・アプリケーションでLT1307/LT1307Bを使用する場合、競合デバイスとは異なり大容量の電解コンデンサは必要ありません。高周波数(600kHz)スイッチングのため、小型表面実装インダクタとともに、小型表面実装多層セラミック(MLC)コンデンサを使用できます。このデバイスは10 μ Fの出力容量で動作し、入力にはわずか1 μ Fのバイパス・コンデンサしか必要ありません。

LT1307/LT1307Bは8ピンMSOP、PDIP、およびSOパッケージで供給されます。

 LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。バースト・モードはリニアテクノロジー社の商標です。

標準的応用例

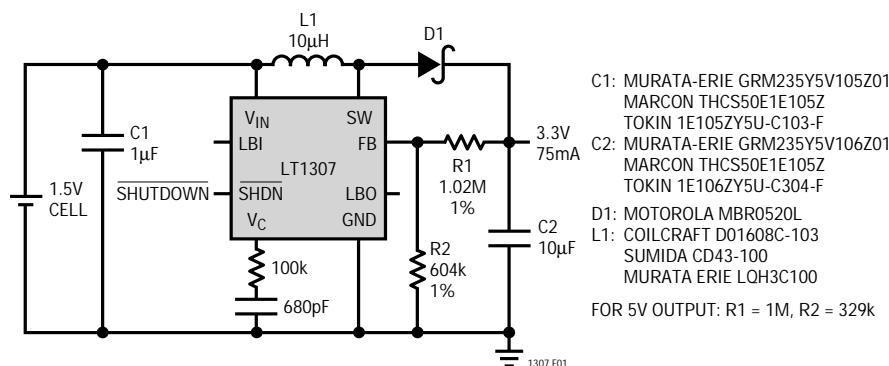
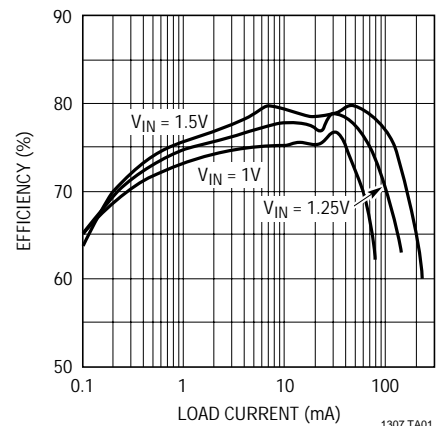


図1. 単一セルから3.3Vの昇圧コンバータ

単一セルから3.3Vコンバータの効率



絶対最大定格

V_{IN} 、 \overline{SHDN} 、LBO電圧	12V	接合部温度	125
SW電圧	30V	動作温度範囲	
FB電圧	$V_{IN} + 1V$	コマーシャル(Note 1).....	- 20 ~ 70
V_C 電圧	2V	インダストリアル	- 40 ~ 85
LBI電圧	$0V \leq V_{LBI} \leq 1V$	保存温度範囲	- 65 ~ 150
FBピンに流入する電流	$\pm 1mA$	リード温度(半田付け、10秒).....	300

パッケージ/発注情報

<p>MS8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC MSOP $T_{JMAX} = 125^{\circ}C, \theta_{JA} = 160^{\circ}C/W$</p>	ORDER PART NUMBER	<p>N8 PACKAGE 8-LEAD PDIP S8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC SO $T_{JMAX} = 125^{\circ}C, \theta_{JA} = 100^{\circ}C/W$ (N8) $T_{JMAX} = 125^{\circ}C, \theta_{JA} = 120^{\circ}C/W$ (S8)</p>	ORDER PART NUMBER
	LT1307CMS8 LT1307BCMS8		LT1307CN8 LT1307CS8 LT1307IS8 LT1307BCS8 LT1307BIS8
	MS8 PART MARKING		S8 PART MARKING
	BU BF		1307 1307I 1307B 1307BI

4

ミリタリ・グレードに関してはお問い合わせください。

電気的特性

注記がない限り、コマーシャル・グレード0 ~ 70、 $V_{IN} = 1.1V$ 、 $V_{\overline{SHDN}} = V_{IN}$ 、 $T_A = 25$ 、LT1307/1307B

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
I_Q	Quiescent Current	Not Switching (LT1307)	●	50	90	μA	
		Not Switching (LT1307B)	●	1.0	1.5	mA	
		$V_{\overline{SHDN}} = 0V$	●	1	3	μA	
V_{FB}	Feedback Voltage		●	1.20	1.22	1.24	V
I_B	FB Pin Bias Current (Note 2)	$V_{FB} = V_{REF}$	●	27	60	nA	
		$1V \leq V_{IN} \leq 2V$ (25°C, 0°C)		0.6	1.1	%/V	
		$1V \leq V_{IN} \leq 2V$ (70°C)			1.5	%/V	
	Reference Line Regulation	$2V \leq V_{IN} \leq 5V$	●	0.3	0.8	%/V	
	Minimum Input Voltage			0.92	1	V	
	Input Voltage Range		●	1	5	V	
g_m	Error Amp Transconductance	$\Delta I = 5\mu A$	●	25	35	65	$\mu mhos$
A_V	Error Amp Voltage Gain	25°C, 0°C		35	100	V/V	
		70°C		30		V/V	
f_{OSC}	Switching Frequency		●	550	600	750	kHz

LT1307/LT1307B

電気的特性

注記がない限り、コマーシャル・グレード0 ~70、 $V_{IN} = 1.1V$ 、 $V_{SHDN} = V_{IN}$ 、 $T_A = 25$

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
	Maximum Duty Cycle	25°C, 0°C 70°C	80 76	84		% %	
	Switch Current Limit (Note 3)	DC = 40% DC = 75%	●	0.6 0.5	1.25	A A	
	Switch V_{CESAT}	$I_{SW} = 500mA$ (25°C, 0°C) $I_{SW} = 500mA$ (70°C)		295	350 400	mV mV	
	Burst Mode Operation Switch Current Limit (LT1307 Only)	L = 10μH L = 22μH		100 50		mA mA	
	Shutdown Pin Current	$V_{SHDN} = V_{IN}$ $V_{SHDN} = 0V$	● ●	2.5 -1.5	4.0 -2.5	μA μA	
	LBI Threshold Voltage		●	190	200	210	mV
	LBO Output Low	$I_{SINK} = 10μA$	●	0.1	0.25	V	
	LBO Leakage Current	$V_{LBI} = 250mV$, $V_{LBO} = 5V$	●	0.01	0.1	μA	
	LBI Input Bias Current (Note 4)	$V_{LBI} = 150mV$	●	5	25	nA	
	Low-Battery Detector Gain	1MΩ Load (25°C, 0°C) 1MΩ Load (70°C)		1000 500	3000	V/V V/V	
	Switch Leakage Current	$V_{SW} = 5V$	●	0.01	3	μA	
	Reverse Battery Current	(Note 5)		750		mA	

注記がない限り、コマーシャル・グレード $T_A = -20$ 、 $V_{IN} = 1.1V$ 、 $V_{SHDN} = V_{IN}$ (Note 1)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
I_Q	Quiescent Current	$V_{FB} = 1.3V$, Not Switching (LT1307) $V_{FB} = 1.3V$, Not Switching (LT1307B) $V_{SHDN} = 0V$		50 1.1 1	100 1.6 3	μA mA μA
V_{FB}	Feedback Voltage		1.195	1.22	1.245	V
g_m	Error Amp Transconductance	$\Delta I = 5μA$	25	35	65	μmhos
A_V	Error Amp Voltage Gain		35	100		V/V
f_{OSC}	Switching Frequency		500	600	750	kHz
	Maximum Duty Cycle		80	84		%
	Switch V_{CESAT}	$I_{SW} = 500mA$, $V_{IN} = 1.2V$		250	350	mV
	Shutdown Pin Current	$V_{SHDN} = V_{IN}$ $V_{SHDN} = 0V$		2.5 -1.5	4.0 -2.5	μA μA
	LBI Threshold Voltage		186	200	210	mV

電気的特性

注記がない限り、インダストリアル・グレード - 40 ~ 85、 $V_{IN} = 1.1V$ 、 $V_{SHDN} = V_{IN}$ 、LT1307/LT1307B

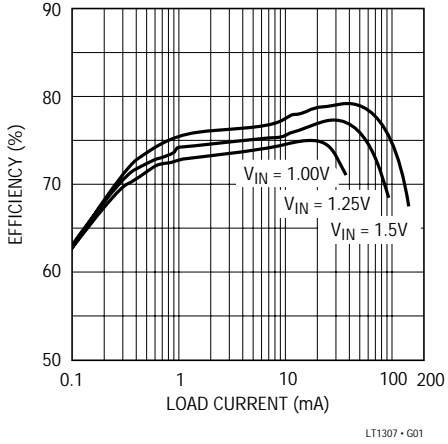
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
I_Q	Quiescent Current	$V_{FB} = 1.3V$, Not Switching (LT1307)	●	50	100	μA	
		$V_{FB} = 1.3V$, Not Switching (LT1307B)	●	1	1.8	$m A$	
		$V_{SHDN} = 0V$	●	1	3	μA	
V_{FB}	Feedback Voltage		●	1.195	1.22	1.245	V
I_B	FB Pin Bias Current (Note 2)	$V_{FB} = V_{REF}$	●	10	27	100	nA
	Reference Line Regulation	$1V \leq V_{IN} \leq 2V$ (-40°C) $1V \leq V_{IN} \leq 2V$ (85°C) $2V \leq V_{IN} \leq 5V$	●		0.6	1.1	%/V
					0.3	0.8	%/V
	Minimum Input Voltage	-40°C 85°C		1.1 0.8	1.2 1.0	V V	
	Input Voltage Range		●			5	V
g_m	Error Amp Transconductance	$\Delta I = 5\mu A$	●	25	35	65	$\mu mhos$
A_V	Error Amp Voltage Gain	-40°C		35			V/V
		85°C		30			V/V
f_{OSC}	Switching Frequency		●	500	600	750	kHz
	Maximum Duty Cycle	-40°C 85°C		80 75	84 80		% %
	Switch Current Limit (Note 3)	DC = 40% DC = 75%	●		0.6 0.5	1.25	A A
	Switch V_{CESAT}	$I_{SW} = 500mA$, $V_{IN} = 1.2V$ (-40°C) $I_{SW} = 500mA$ (85°C)			250 330	350 400	mV mV
	Burst Mode Operation Switch Current Limit (LT1307 Only)	L = 10 μH			100		$m A$
		L = 22 μH			50		$m A$
	Shutdown Pin Current	$V_{SHDN} = V_{IN}$ $V_{SHDN} = 0V$	● ●		2.5 -1.5	4.0 -2.5	μA μA
		LBI Threshold Voltage		●	186	200	210
	LBO Output Low	$I_{SINK} = 10\mu A$	●		0.1	0.25	V
	LBO Leakage Current	$V_{LBI} = 250mV$, $V_{LBO} = 5V$	●		0.1	0.3	μA
	LBI Input Bias Current (Note 4)	$V_{LBI} = 150mV$	●		5	30	nA
	Low-Battery Detector Gain	1M Ω Load (-40°C)		1000	6000		V/V
		1M Ω Load (85°C)		400			V/V
	Switch Leakage Current	$V_{SW} = 5V$	●		0.01	3	μA

は全動作温度範囲の規格値を意味する。
 Note 1: コマーシャル(C)グレード・デバイスの規格値は、-20 で保証されているがテストされていない。MS8パッケージのデバイスは、コマーシャル温度範囲仕様に適合するように設計されているが、-20 または0 ではテストされていない。

Note 2: FBピンに流入するバイアス電流。
 Note 3: スイッチ電流制限は設計およびスタティック試験との相関、または設計かスタティック試験との相関で保証されている。デューティ・サイクルは、ランプ・ジェネレータにより電流制限に影響を与える。
 Note 4: LBIピンから流出するバイアス電流。
 Note 5: LT1307は、 V_{IN} とSWが接地されているときに、GNDピンに1.6Vを連続して印加しても耐えることができる。

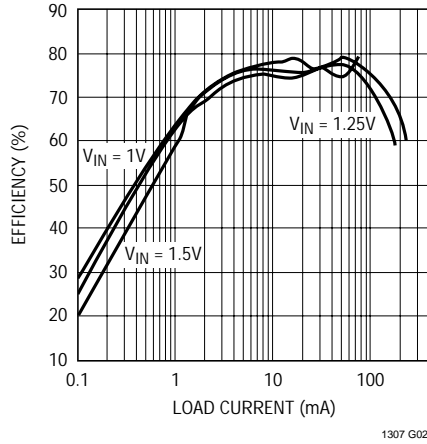
標準的性能特性

図1の回路(LT1307)の5V出力効率



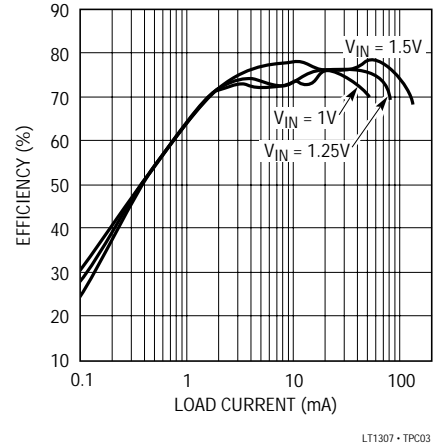
LT1307 - G01

図1の回路(LT1307B)の3.3V出力効率



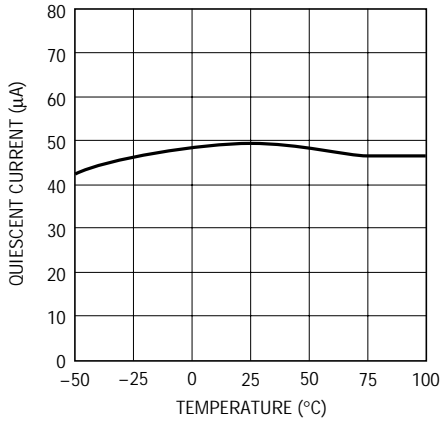
1307 G02

図1の回路(LT1307B)の5V出力効率



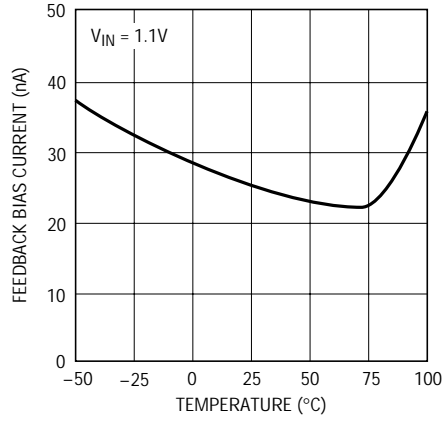
LT1307 - TPC03

消費電流と温度



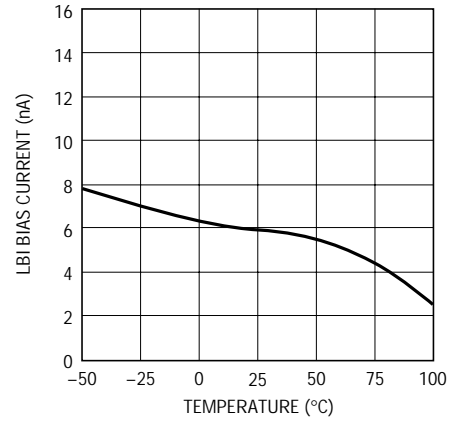
LT1307 - TPC04

帰還バイアス電流と温度



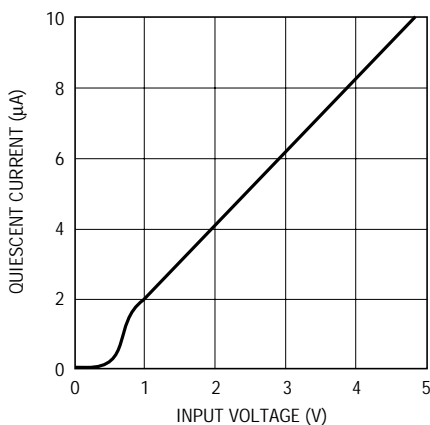
LT1307 - TPC05

LBIバイアス電流と温度



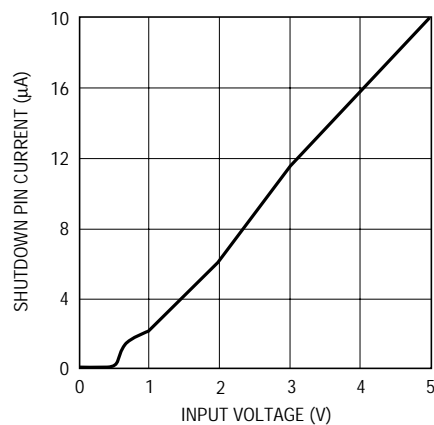
LT1307 - TPC06

シャットダウン時消費電流



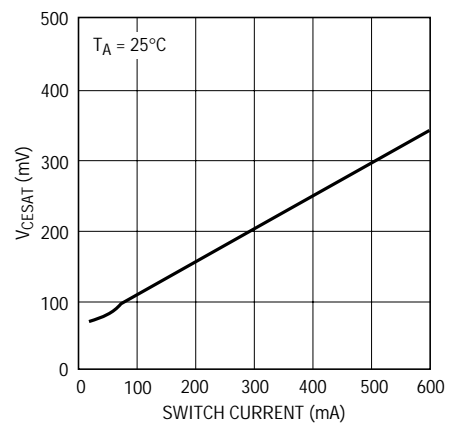
LT1307 - TPC07

シャットダウン・ピン・バイアス電流と入力電圧



LT1307 - TPC08

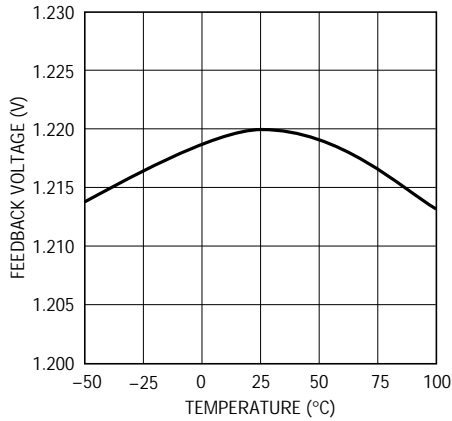
スイッチV_{CESAT}と電流



LT1307 - TPC09

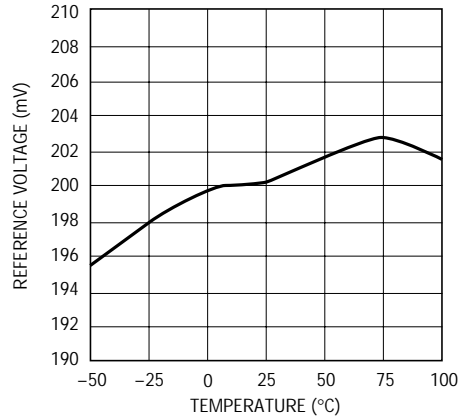
標準的性能特性

掃還電圧と温度



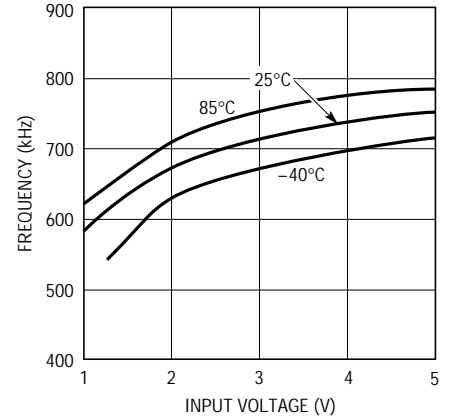
LT1307 • TPC10

LBIリファレンスと温度



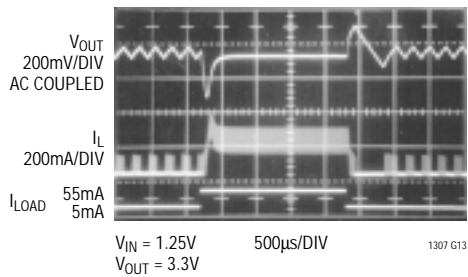
LT1307 • TPC11

発振器周波数と入力電圧

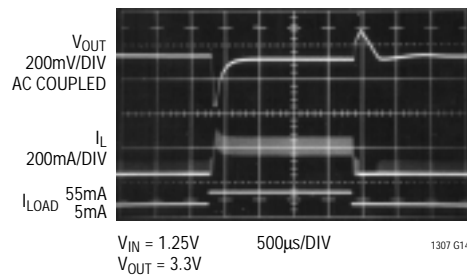


LT1307 • TPC12

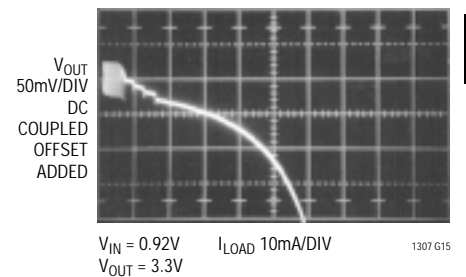
過渡応答 (LT1307)



過渡応答 (LT1307B)

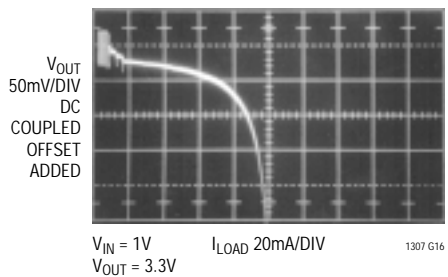


ロードレギュレーション (LT1307)

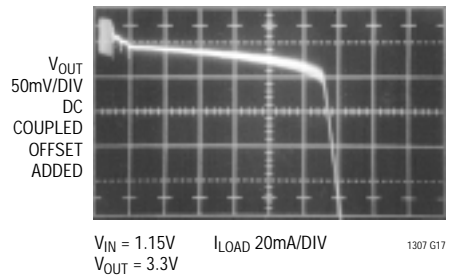


4

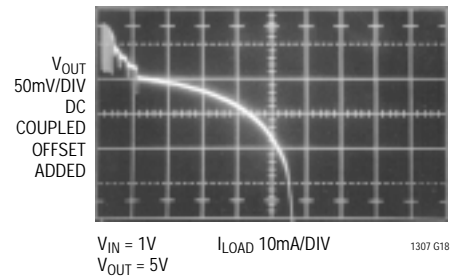
ロードレギュレーション (LT1307)



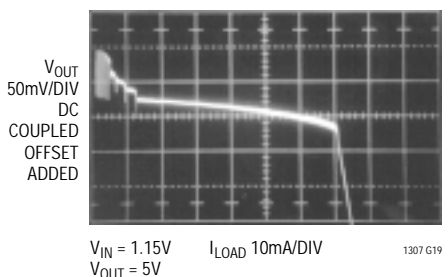
ロードレギュレーション (LT1307)



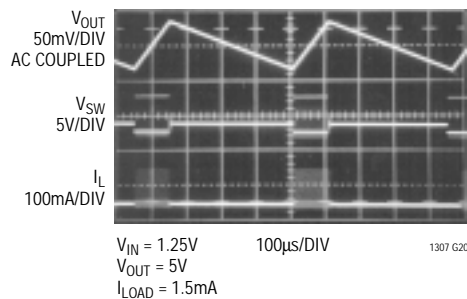
ロードレギュレーション (LT1307)



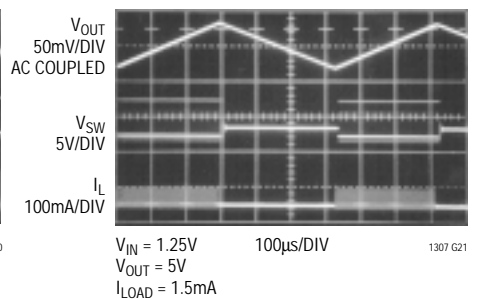
ロードレギュレーション (LT1307)



回路動作、L = 10µH (LT1307)



回路動作、L = 22µH (LT1307)



ピン機能

V_C (ピン1): 誤差アンプの補償ピンです。このピンからグラウンドに直列RCを接続します。標準値は100k と 680pFです。 V_C のトレース面積を最小にしてください。

FB (ピン2): 帰還ピン。リファレンス電圧は1.22Vです。ここに抵抗分割器のタップを接続します。FBのトレース面積を最小にしてください。次式に従って V_{OUT} を設定します： $V_{OUT} = 1.22V(1 + R1/R2)$

SHDN (ピン3): シャットダウン。このピンを接地すると、スイッチャがオフになります。スイッチャをイネーブルするには、 V_{IN} (またはより高い電圧)に接続しなければなりません。SHDNピンをフロートさせないでください。

GND (ピン4): グラウンド。ローカル・グラウンド・プレーンに直接接続してください。

SW (ピン5): スイッチ・ピン。このピンにはインダクタ/ダイオードを接続します。EMIを低減するために、このピンのトレース面積を小さくしてください。

V_{IN} (ピン6): 電源ピン。このピンの近くに、1 μ Fのセラミック・バイパス・コンデンサを直接接地してください。

LBI (ピン7): 低バッテリー電圧検出器入力。200mVリファレンス。LBIの電圧は、グラウンドと700mVの間になければなりません。

LBO (ピン8): 低バッテリー電圧検出器出力。オープン・コレクタは、10 μ Aの電流をシンクできます。1M Ω プルアップを推奨します。

ブロック図

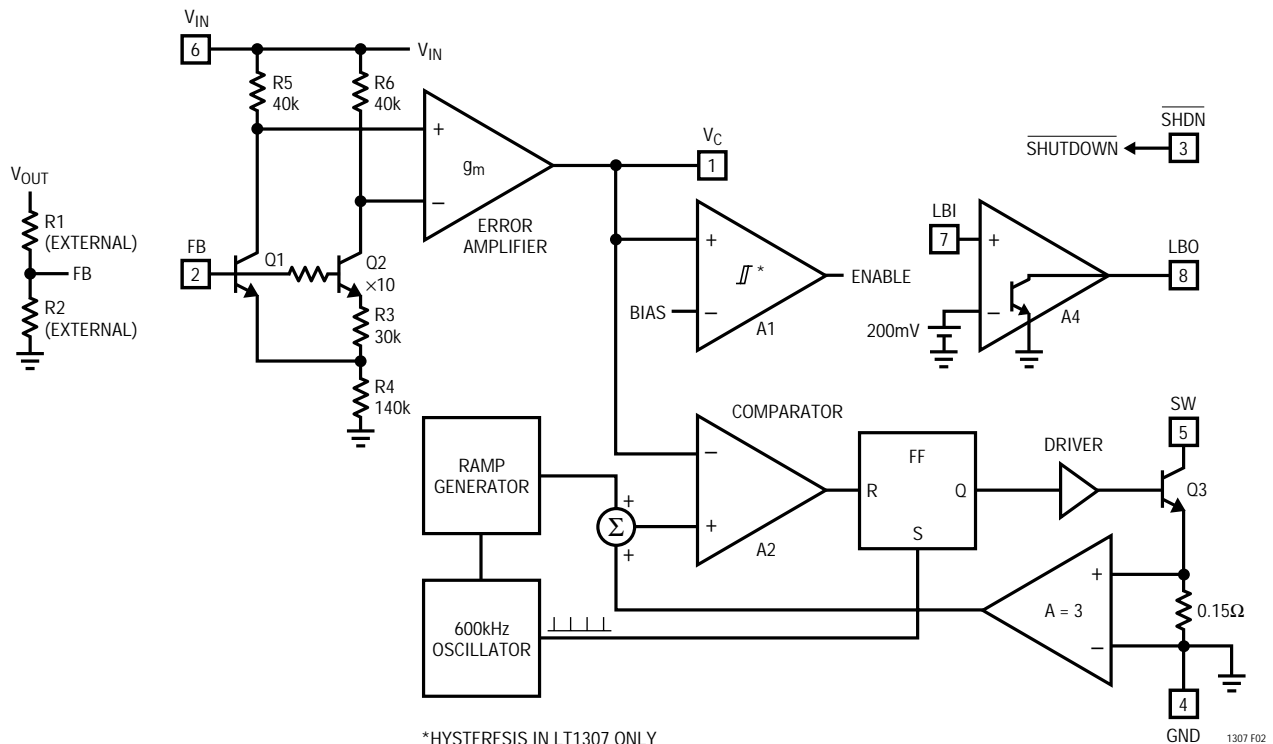


図2. LT1307/LT1307Bブロック図

アプリケーション情報

動作

LT1307は、電流モード固定周波数PWMアーキテクチャを採用し、バースト・モード・マイクロパワー動作が可能で、軽負荷時にも高い効率を維持します。図2のブロック図を参照すれば、LT1307の動作を最も良く理解することができます。Q1およびQ2はバンドギャップ・リファレンス・コアを形成し、ループはコンバータ出力周辺で閉じられます。 V_{IN} が1Vの場合、1.22V帰還電圧とR5およびR6の両端に生じる80mVの電圧低下によって、Q1とQ2のベース・コレクタ接合部が300mVに順バイアスされます。この電圧降下はどちらかのトランジスタを飽和させるほど大きくはないため、FBは V_{IN} より高い電圧になる可能性があります。負荷が接続されていない場合、FBは1.22Vよりわずかに上昇し、 V_{α} 誤差アンプの出力は低下します。 V_C がヒステリシスを持つコンパレータA1のバイアス電圧に達すると、A1の出力が“L”になり、入力段、誤差アンプ、バッテリー電圧低下検知器を除く、すべての回路をターンオフします。この状態での全消費電流は50 μ Aです。出力負荷がFB電圧を低下させるため、A1の出力が“H”になってICの残りの部分をイネーブルします。A1の出力が“H”になった後、スイッチ電流は当初は約100mAに制限されます。負荷が軽い場合、出力電圧（そしてFB電圧）は、A1の出力が“L”になるまで上昇し、LT1307の残りの部分をターンオフします。低周波数リップル電圧が出力に現れます。リップル周波数は、負荷電流と出力容量によって決まります。このバースト・モード動作は出力を安定化させ、ICに流れ込む平均電流を低減するため、100 μ A以下の負荷電流でも高効率を達成します。

出力負荷が十分に増加すると、A1の出力は“H”になったままで連続動作を実行します。LT1307が連続動作を行っているとき、ピーク・スイッチ電流は V_C によって制御され、出力電圧を安定化します。スイッチは各スイッチ・サイクルの始めでターンオンします。スイッチ電流を表す信号とランプ・ジェネレータ（50%を超えるデューティ係数での低調波発振を防止するために導入）の合計が V_C 信号より大きい場合、コンパレータA2が状態を変化させて、フリップフロップをリセットしスイッチをターンオンします。スイッチ電流が増加すると出力電圧も上昇します。抵抗分割器によって減衰した出力がFBピンに現れ、ループ全体を閉じます。 V_C ピンとグラウンド間に接続した外部直列RCネットワークによって周波数補償が行われます。バッテリー電圧低下検知器A4のオープン・コレクタ出力(LBO)は、LBIピン電圧が200mV以下に低下すると“L”にプルダウンされます。A4にはヒステリシスがないため、一部のアプリケーションではアンプとして使用できま

す。SHDNピンを“L”にすると、全デバイスがディスエーブルされます。コンバータをイネーブルするには、SHDNが V_{IN} またはそれ以上の電圧でなければなりません。

LT1307Bは、LT1307とは異なり、コンパレータA1にヒステリシスがありません。また、100mA未満のインダクタ電流でスイッチングが可能のように、A1のバイアス・ポイントがLT1307より低く設定されています。A1にヒステリシスがないので、軽負荷時でもバースト・モード動作に切り換わることなく、一定の周波数でスイッチングを続けます。この結果、効率は低下しますが低周波数出力電圧リップルが除去されます。

この2つのデバイスの違いは図3と4に明確に示されています。図3の上の2つの線は、図1に示す部品を使用して、5V出力に設定されたLT1307/LT1307B回路のトレースを示したものです。入力電圧は1.25Vです。負荷電流はどちらの回路でも1mAから41mAまでステップされます。トレースAでは低周波数バースト・モード動作での電圧リップルが見られますが、トレースBでは見られません。

4

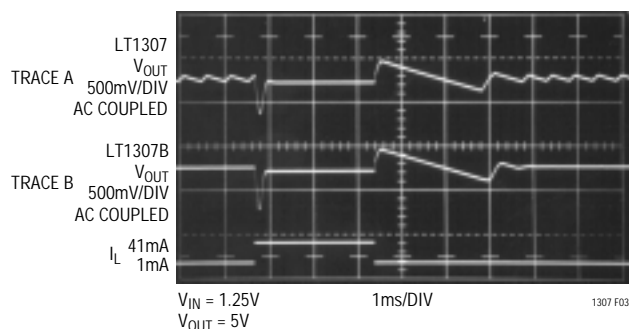


図3. LT1307ではバースト・モード動作時に1mA負荷でリップルが現れるが、LT1307Bでは現れない。

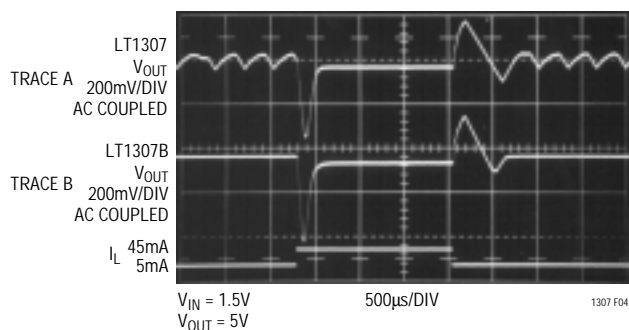


図4. 高負荷で1.5V電源の場合、LT1307ではバースト・モード動作時に5mA負荷でリップルが現れるがLT1307Bでは現れない。

アプリケーション情報

同様に、1.5V入力で、負荷電流が5mAから45mAまでステップされる2つの回路を図4に示します。

LT1307Bは、クリーンで低いリップル出力が必要な低電流アプリケーションでも使用できます。図5に100 μ Hのインダクタ値を使用した場合の単一セルから3.3Vコンバータの過渡応答を示します。このように大きなインダクタンスを使用すると、リップル電流が最小になり、スキッピング・サイクルなしでLT1307Bを安定化できます。負荷電流は5mAから10mAまでステップされるので、出力電圧はクリーンに応答します。 V_C ピンのループ補償がより控え目(Cを増加、Rを減少)になっていることに注意してください。

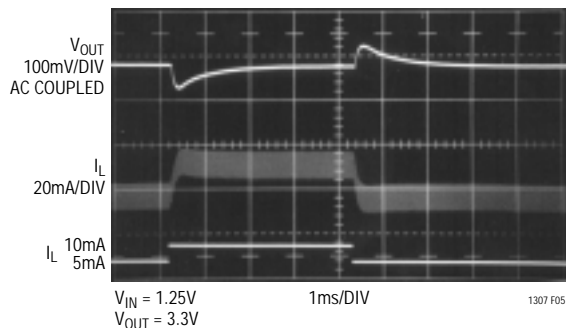


図5. $R_C = 36k$ 、 $C_C = 20nF$ 、 $C_{OUT} = 10\mu F$ でLを100 μ Hに増加し、5mA~10mAの軽負荷時にLT1307Bの低ノイズ・パフォーマンスを実現可能

軽負荷では、LT1307Bが交互サイクルのスキップを開始します。これが発生する負荷ポイントは、インダクタ値を高くすれば低減できます。ただし、出力リップルは、LT1307の出力リップルより大幅に低い状態が続きます。さらに、LT1307Bを強制的にマイクロパワー・モードにすることができます。マイクロパワー・モードでは、外部から V_C を0.3V以下にプルダウンすると、 I_Q が1mAから50 μ Aに減少します。

DC/DCコンバータのノイズの考慮事項

スイッチング・レギュレータのノイズは、多くの通信システムで重要な問題です。LT1307は全負荷レベルで、ノイズ・エネルギーを影響されやすい1455kHz帯から排除するように設計されており、無負荷時にはわずか60 μ W~100 μ Wの電力しか消費しません。軽負荷レベルではデバイスがバースト・モードになるため、出力に低周波数リップルが現れます。図6に、図1の回路の出力から出たスペクトル・ノイズを1kHz~1MHzの帯域幅で詳細に示します。コンバータは1.25V入力から5mA負荷を供給します。5.1kHz

でのバースト・モードの基本波とその高調波は、このデバイスの575kHzスイッチング周波数(標準スイッチング周波数は600kHz)と同様にきわめて明確です。しかし、455kHzには大きなエネルギーが存在しないことに注意してください。図7のプロットは周波数スパンを、中心周波数を455kHzとする255kHzから655kHzに狭めてあります。バースト・モード低周波数リップルによって、575kHzスイッチング基本波の周辺にサイドバンドが形成されます。これらのサイドバンドは455kHzでは信号振幅が低く、-55dBmV_{RMS}が測定されました。負荷電流がさらに低下すると、バースト・モード周波数も減少します。このため、スイッチング周波数周辺のサイドバンドの間隔が互いに

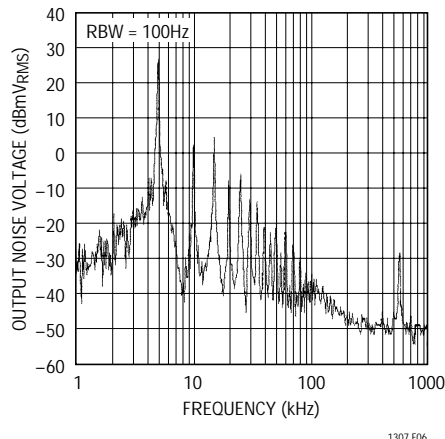


図6. 5mA負荷を供給する3.3Vコンバータのスペクトル・ノイズ・プロット。5.1kHzでのバースト・モードの基本波は、23dBmV_{RMS}または14mV_{RMS}

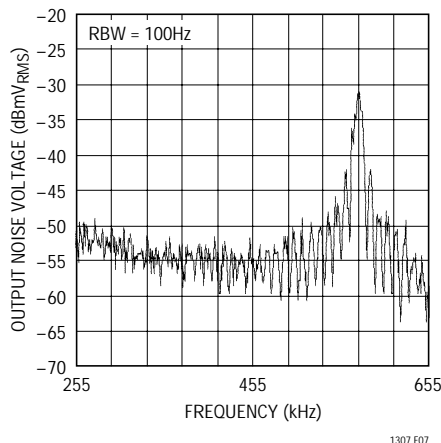


図7. 中心周波数を455kHzとするスパン。455kHzでは-55dBmV_{RMS}(1.8 μ V_{RMS})を示す。バースト・モードにより、575kHzスイッチング周波数基本波の周辺にサイドバンド5.1kHzが形成される。

アプリケーション情報

密になり、スペクトル・エネルギーは455kHzからさらに遠ざかります。図8に、負荷電流が20mAまで増加した場合のコンバータのノイズ・スペクトルを示します。LT1307はバースト・モード動作から抜け出して、低周波数リップルを除去します。スペクトル・エネルギーはスイッチング基本波とその高調波にのみ現れます。ノイズ電圧はスイッチング周波数575kHzで - 5dBmV_{RMS}、つまり560μV_{RMS}で測定され、この範囲における他のすべての周波数で - 60dBmV_{RMS}以下となっています。LT1307はバースト・モードと固定周波数動作を組み合わせることによって、ノイズを455kHzから遠ざけています。

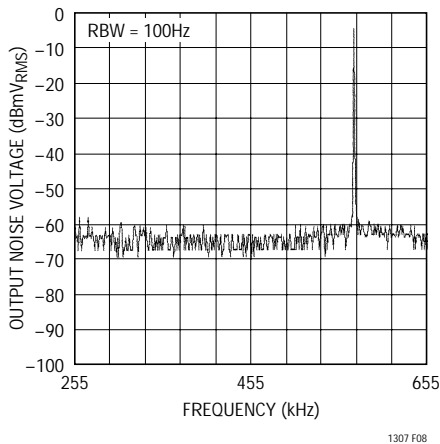


図8. 20mAを供給するコンバータでは低周波数サイドバンドが消失。ノイズは575kHzスイッチング周波数においてのみ現れる。

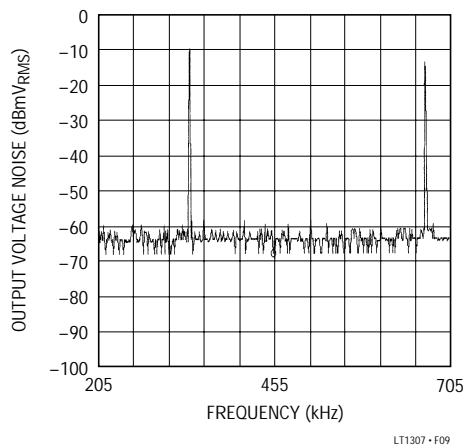


図9. 5mA負荷のLT1307Bでは、スイッチング周波数周辺で可聴周波数成分またはサイドバンドは現れない。333kHz基本波振幅は、 - 10dBmVまたは316μV_{RMS}

図6の低周波数ノイズを除去するために、LT1307をLT1307Bに置き換えることができます。図9に、5mA負荷でLT1307Bを使用する図1の回路の出力におけるスペクトル・ノイズを詳細に示します。交互パルス・スキッピングにより333kHzでスペクトル・エネルギーが現れますが、バースト・モード動作のスペクトル成分はすべて消失しています。交互パルス・スキッピングは、インダクタンスを大きくすると除去できます。

周波数補償

入力および出力電圧、トポロジー、コンデンサ値とESR、およびインダクタンスがさまざまで、単純な公式では定数できないため、周波数補償回路網に適したRCを得る方法は、概して実験的で反復的な作業になります。一例として、50mAを供給する1.25Vから3.3Vの昇圧コンバータを検討してみましょう。最適な補償を決定するために、回路を構築しその回路に過渡負荷を適用します。図10にセットアップを示します。

4

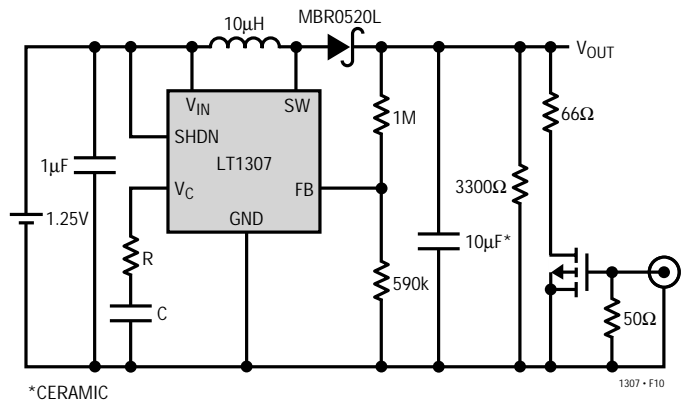


図10. シミュレート負荷付きのブースト・コンバータ

図11aに、補償部品がない場合の過渡応答の詳細を示します。1mA負荷では出力リップル電圧が低くなりますが、誤差アンプが広帯域で動作できるので、50mAでは過剰なリップルが見られます。明らかに、何らかのループ安定化ネットワークが必要です。100k/22nFの直列RCをV_Cピンに接続すると、図11bに示す応答が得られます。出力は約7msから8msの間でセトリングします。この値は許容範囲内ですが、さらに改善することができます。Cを2nFまで低減すると、図11cに示す応答が得られます。明らかに応答速度が向上していることが分かります。

アプリケーション情報

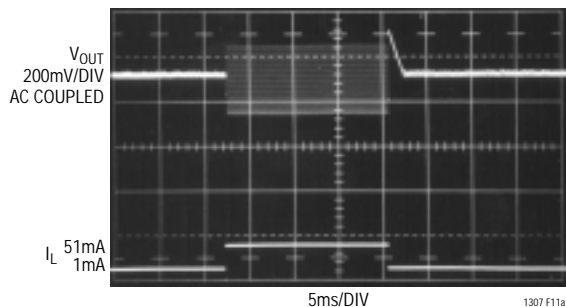


図11a. V_C ピンが接続されていない場合。出力リップル電圧は負荷状態で $300\text{mV}_{\text{P-P}}$ 。

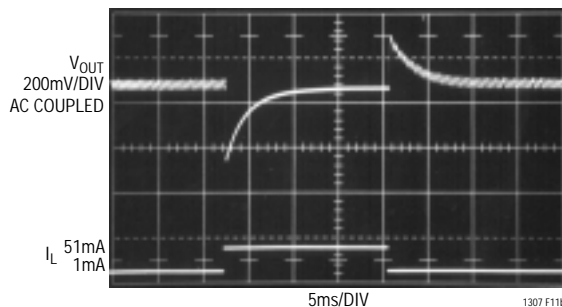


図11b. $100\text{k}/22\text{nF}$ 直列RCを V_C ピンに接続すると、過減衰した安定応答が得られる。

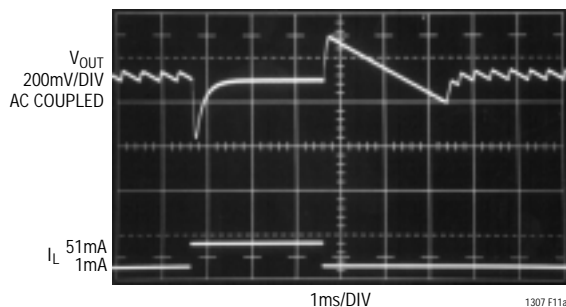


図11c. Cを 2nF まで減少させると応答速度が向上するが、過減衰状態のままである。

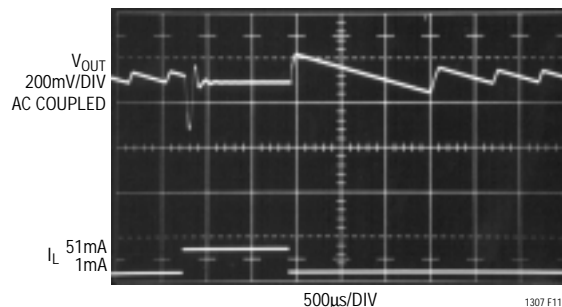


図11d. $100\text{k}/200\text{pF}$ の直列RCを接続すると不足減衰が見られる。

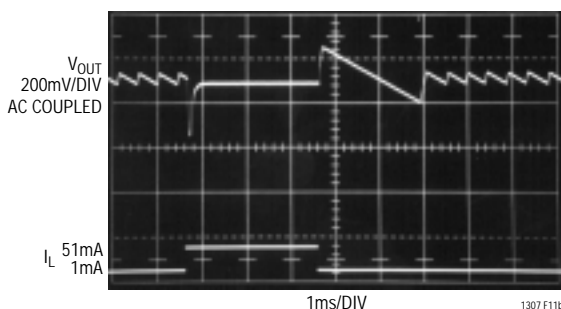


図11e. $100\text{k}/680\text{pF}$ RCにより、リングングなしでセトリング・タイムを最適化。

さらに、 $100\text{k}/200\text{pF}$ の直列RCを接続すると、図11dの応答では不足減衰が見られます。この場合、セトリング・タイムは約 $300\mu\text{s}$ です。Cを 680pF まで増加すると、図11eに示す応答が得られます。この応答では、オーバーシュートまたは不足減衰なしで、セトリング・タイムが最小になります。

2セル入力を使用するコンバータでは、さらに多くの出

力容量が必要です。追加された容量によって出力ポールが移動するので、ループ発振を防止するために、 V_C ピン・ネットワークにCを追加する必要があります。

図11a～eではすべて、Rが 100k に設定されていることに注意してください。Rの使用可能な値は $10\text{k} \sim 500\text{k}$ の範囲ですが、試行錯誤した結果、 100k が使用されています。

アプリケーション情報

レイアウトのヒント

LT1307は電流を高速で切り替えるため、十分な性能を発揮させるにはレイアウトに細心の注意を払う必要があります。レイアウトが不適切な場合は、公表された性能を得ることができません。図12に推奨部品配置を示します。PCレイアウトではこれを遵守しなければなりません。また、スイッチング・ループのダイレクト・パスに注意が必要です。入力コンデンサ C_{IN} をICパッケージの近く(5mm以下)に配置してください。 C_{IN} と V_{IN} 間に10mmほどの短いワイヤまたはPCトレースを置いて、安定化不能や発振などの問題が発生します。バッテリーから回路に低インダクタンス・パスがある場合、必要な入力容量は $1\mu\text{F}$ のセラミック・バイパス・コンデンサだけです。バッテリー自体がデバイスが適切に動作するために必要な容量を提供します。バッテリーが回路からある程度離れている場合は、入力コンデンサを追加しなければならないことがあります。これらのケースでは、 $100\mu\text{F}$ のアルミニウム電解ユニットが効果的に働きます。このコンデンサは低ESRである必要はありません。

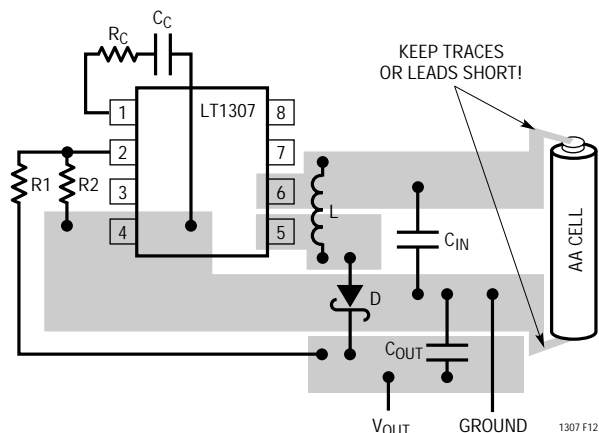


図12. 推奨部品配置。高電流を流すトレースは直線にする。FBピンと V_C ピンのトレース面積を小さくする。バッテリーへのリード線の長さはできる限り短くする。

ラボ電源での動作

ラボ電源を使用する場合、回路を電源に接続するリードは、LT1307のスイッチング周波数で大きなインダクタンスを持つ可能性があります。前述の状況と同様に、入力のACインピーダンスを十分低くするために、場合によっては電解コンデンサが必要です。別の解決法としては、リードを使用しないで回路を直接、電源端子に取り付けることです。したがって、電源の出力容量はLT1307回路が要求する大容量を提供します。

部品の選択

インダクタ

LT1307に適したインダクタは、3つの特質を備えている必要があります。まず、600kHzでのコア損失が低くなければなりません。ほとんどのフェライト・コア・ユニットの損失は、このスイッチング周波数で許容されるものです。安価な鉄粉コアは、コア損失によって600kHzで効率が大幅に低下するため不適当です。次に、インダクタは飽和することなく500mAの電流を処理できなければなりません。これによって、ユニットの物理的サイズに下限が設定されます。モールド型コアやチップ・インダクタは、一般に500mAの電流をサポートするのに十分なコアを持っていないため、このアプリケーションには適しません。最後に、インダクタは効率を損う I^2R 損失を回避するために、低DCR(銅ワイヤ抵抗)でなければなりません。リニアテクノロジーでは、LT1307に適した数種類のインダクタを確認しています。このリストに記載した部品は一例にすぎません。使用に適した部品を供給する磁気部品メーカーは多数あります。表1にメーカー何社かの部品を掲載します。

表1. LT1317に適したインダクタ

PART	VALUE	MAX DCR	MFR	HEIGHT (mm)	COMMENT
LQH3C100	$10\mu\text{H}$	0.57	Murata-Erie	2.0	Smallest Size
DO1608-103	$10\mu\text{H}$	0.16	Coilcraft	3.0	
CD43-100	$10\mu\text{H}$	0.18	Sumida	3.2	
CD54-100	$10\mu\text{H}$	0.10	Sumida	4.5	Best Efficiency
CTX32CT-100	$10\mu\text{H}$	0.50	Coiltronics	2.2	1210 Footprint

コンデンサ

単一セル・アプリケーションでは、一般に1個の $10\mu\text{F}$ セラミック出力コンデンサしか必要ありません。バースト・モードでのリップル電圧は、出力容量を増やせば低減できます。2セルおよび3セル・アプリケーションの場合は、 $10\mu\text{F}$ 以上が必要です。標準的な2セルから5Vのアプリケーションでは、 $47\mu\text{F} \sim 100\mu\text{F}$ の低ESRタンタル・コンデンサが効果的です。AVXTPSシリーズ(100%サージ・テスト済み)またはSprague(Spragueに問い合せてください)594Dシリーズは、いずれも優れた低ESRコンデンサです。また、低コスト(高ESRともいえる)電解コンデンサ(タンタルまたはアルミニウム)と並列に $10\mu\text{F}$ のセラミックを接続して代用することもできます。小型サイズが重要でないスルーホール・アプリケーションでは、

アプリケーション情報

パナソニックHFQシリーズのアルミニウム電解コンデンサが優れた性能を発揮することが分っています。

表2. メーカーの電話番号

VENDOR	COMPONENTS	TELEPHONE
Coilcraft	Inductors	(708) 639-6400
Marcon	Capacitors	(708) 913-9980
Murata-Erie	Inductors, Capacitors	(404) 436-1300
Sumida	Inductors	(847) 956-0666
Tokin	Capacitors	(408) 432-8020
AVX	Capacitors	(207) 282-5111
Sprague	Capacitors	(603) 224-1961
Coiltronics	Inductors	(407) 241-7876

ダイオード

このデータシートの大部分のアプリケーション回路では、モトローラのMBR0520L表面実装ショットキ・ダイオードを指定しています。この0.5A、低ドロップアウト・ダイオードは、LT1307に使用するのに適しています。低電流アプリケーションでは1N4148を使用できます。ただし、順方向電圧降下が大きいため効率は低下します。この影響は低出力電圧時に特に顕著です。LCDバイアス・ジェネレータなど高電圧出力アプリケーションの場合、余分な電圧低下は出力電圧に対してわずかな割合にしかならないため、効率低下はわずかです。どこに使用しても1N4148の低コストは魅力的です。スルーホール・アプリケーションでは、1N5818が広く使用でき最良の選択です。

シャットダウン・ピン

LT1307にはシャットダウン・ピン($\overline{\text{SHDN}}$)があり、デバイスをシャットダウンするにはグラウンドに接続し、動作させるには V_{IN} 以上の電圧に接続します。シャットダウン回路を図13に示します。

$\overline{\text{SHDN}}$ をフロートさせると、 $V_{IN} > 2V_{BE}$ で起動電流(Q2)とシャットダウン電流(Q3)がターンオンすることに注意してください。LT1307はこの状況では何をすべきかわからず、動作が異常になります。 $\overline{\text{SHDN}}$ 電圧が V_{IN} より高くても許容されます。これによって、始動時にQ3のベース・エミッタ接合部が逆バイアスされることはほとんどありません。

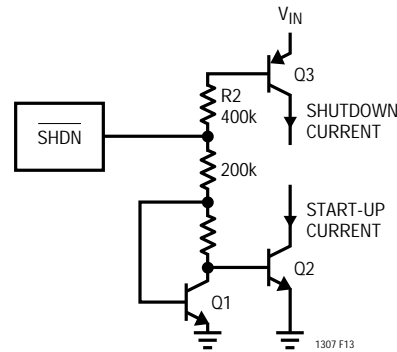


図13. シャットダウン回路

バッテリー電圧低下検知器

LT1307のバッテリー電圧低下検知器は単純なPNP入力利得段で、オープン・コレクタNPN出力を備えています。利得段の負入力は内部で $200\text{mV} \pm 5\%$ リファレンスに接続されています。正入力はLBIピンです。バッテリー電圧低下検知器として構成することは簡単です。図14に接続の詳細を示します。R1およびR2は、LBIピンのバイアス電流が大きな誤差を生じないように低い値にする必要があります。R2は 100k で十分です。 200mV リファレンスには、図15に示す方法で利用することもできます。

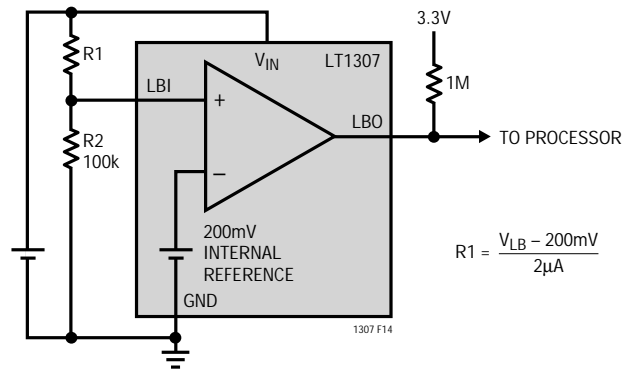


図14. バッテリー電圧低下検知器のトリップ点の設定

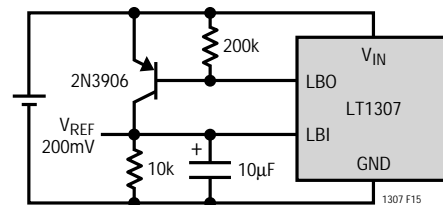


図15. 200mV リファレンスへの利用

アプリケーション情報

バッテリー逆接続の考慮事項

LT1307は接合絶縁バイポーラ・プロセス上に形成され、p型基板がLT1307のGNDピンに接続されています。図16に示すように、SWピンと V_{IN} ピンには通常逆バイアスされている基板ダイオードが接続されています。バッテリーの極性が逆転すると、図17のようにこれらのダイオードが導通します。AAまたはAAAセルを1個接続すると、数百mAの電流が回路を流れます。LT1307は損傷することなく、この電流に耐えることができます。実験室のテ

ストでは、LT1307は1個のAAアルカリ・セルの寿命時間の間逆極性に耐えた後、機能低下もなく動作しました。

2セルまたは3セル電源を使用するときは、図18に示すように外部保護ダイオードを使用してください。バッテリー極性が逆になると1N4001が導通して、LT1307両端の逆電圧をダイオード1個分の電圧低下に制限します。この構成ではセルのエネルギーはすぐに枯渇しますが、それでもLT1307の過大な消費電力や潜在的損傷を防止することはできません。

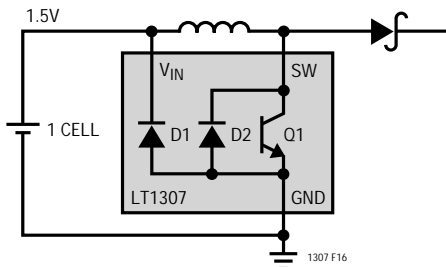


図16. LT1307の内部基板ダイオードD1およびD2。通常動作では、ダイオードは逆バイアスされている。

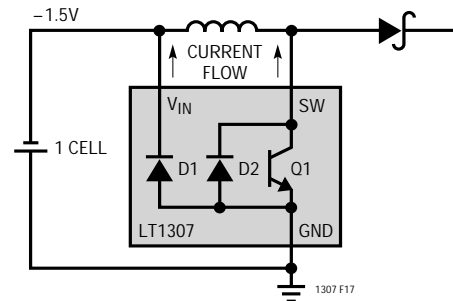


図17. セルが逆転すると、D1とD2を通して電流が流れる。

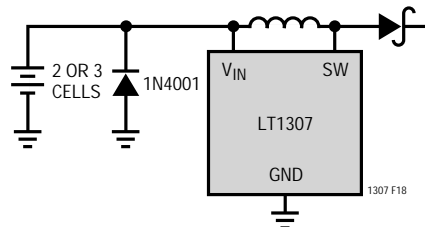
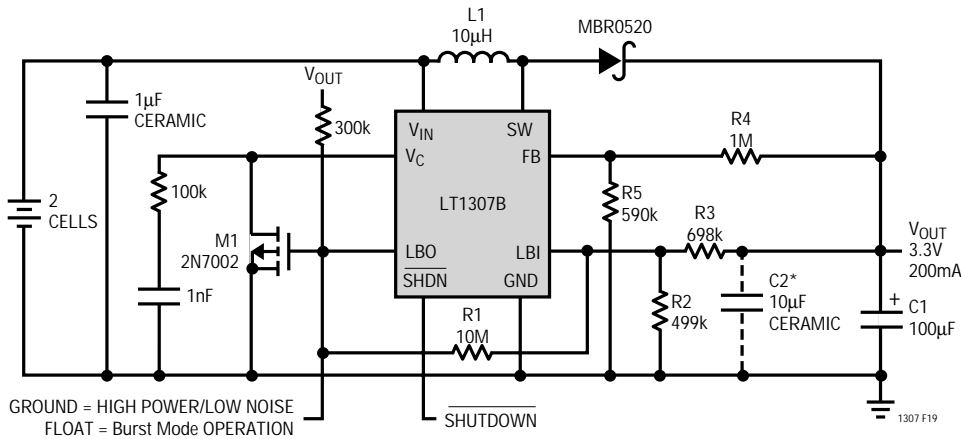


図18. 2セルまたは3セル・バッテリー使用時に、1N4001ダイオードによってLT1307の過大な電力消費を防止。

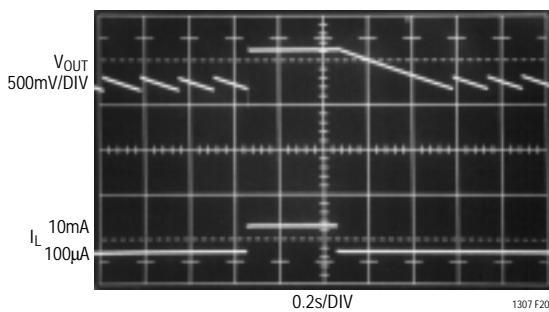
標準的応用例

外部制御のバースト・モード動作

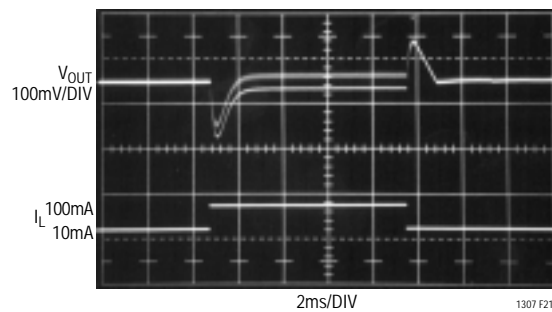


この回路では、外部制御を追加することにより、バースト・モード動作と固定スイッチング・モードの間での負荷ベースの切替えに関する制限を解決できます。外部オープンドレイン信号によってM1のゲートが接地された場合、コンバータは固定スイッチング・モードで通常どおり動作し3.3Vを供給します。出力ノイズは低くなりますが、LT1307Bの電源電流が1mAなので、1mA以下の負荷では十分な効率が得られません。M1のゲートをフロー

トさせることができる場合は、バッテリー電圧低下検出器がV_Cピンをドライブします。出力電圧が3V以下になるまで、M1のゲートがV_{OUT}になるようにして、R3とR2で出力を3Vに設定します。R1によりヒステリシスを追加すると、出力に低周波数バースト・モード動作リップル電圧が発生します。V_CピンをV_{BE}以下にプルダウンすると、LT1307Bの消費電流が60μAまで減少するので、100μAレンジの負荷で十分な効率が得られます。



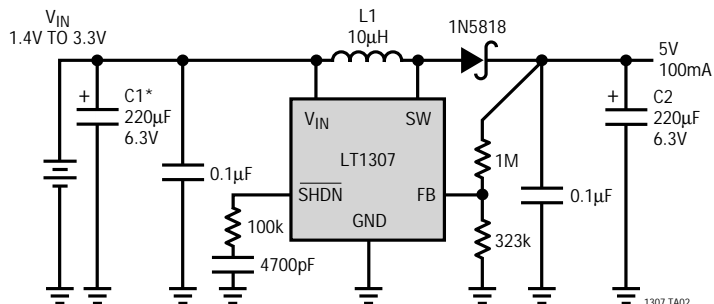
上の写真はこの回路を2つのモード間で切り替えたときの出力電圧の詳細を示したものです。負荷電流は、バースト・モード動作では100μA、固定スイッチング・モードでは10mAです。



上の写真は10mAから100mAに負荷がステップされた固定スイッチング・モードでの過渡応答を示したものです。100μFのタンタル・コンデンサと並列に10μFのセラミック・コンデンサを追加すれば、スイッチング周波数の出力リップルを大幅に低減できます。

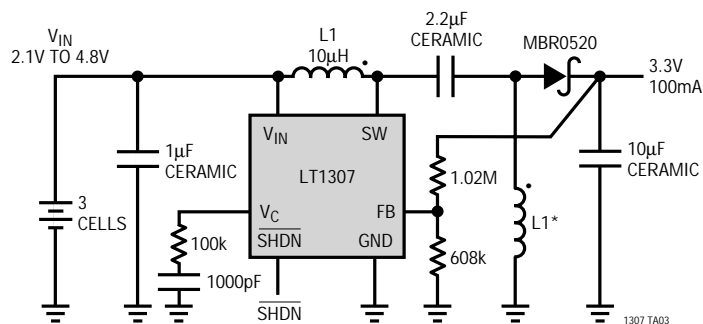
標準的応用例

低コストの2セルから5Vの変換



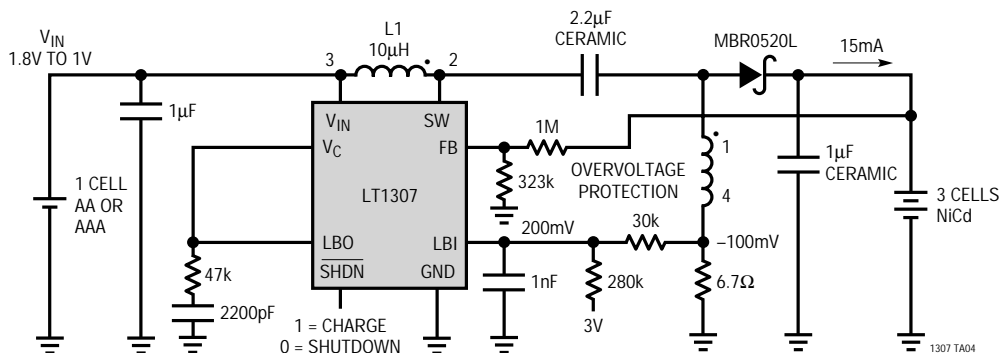
C1, C2: PANASONIC ECA0JFQ221
(DIGI-KEY P5604-ND)
L1: SUMIDA CD43-100

昇圧/降圧コンバータ



L1: COILTRONICS CTX10-1 OR 2 MURATA ERIE LQH3C100
EFFICIENCY ≈ 70% TO 73%

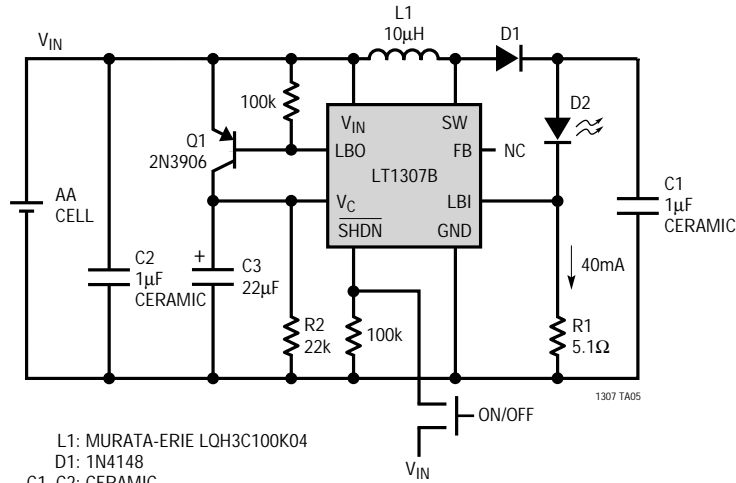
受信返信ページ用の過電圧保護機能付き定電流
NiCdバッテリー・チャージャ



L1: COILTRONICS CTX10-1

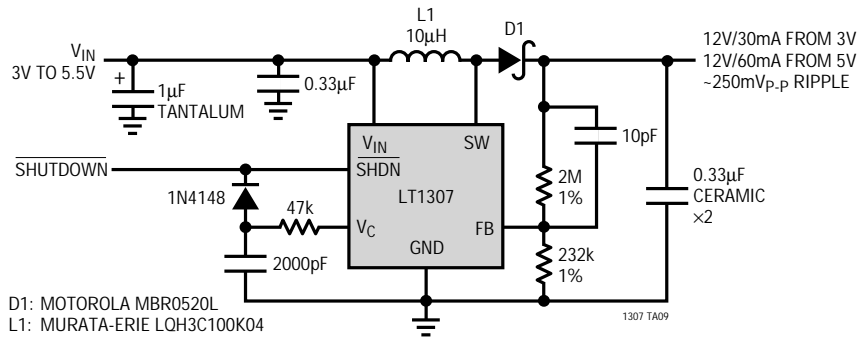
標準的応用例

単一セル電源の定電流LEDドライバ



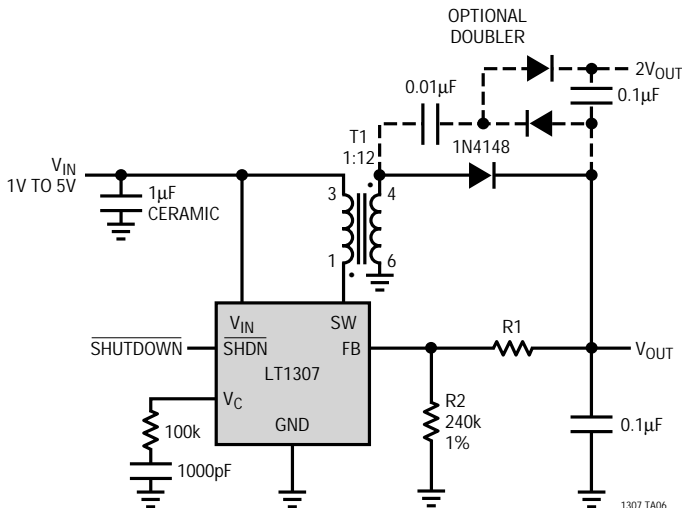
- L1: MURATA-ERIE LQH3C100K04
- D1: 1N4148
- C1, C2: CERAMIC
- D2, D3: LUMEX SSL-X100133SRC/4 "MEGA-BRITE" RED LED
OR PANASONIC LNG992CF9 HIGH BRIGHTNESS BLUE LED

フラッシュ・メモリVPP電源



- D1: MOTOROLA MBR0520L
- L1: MURATA-ERIE LQH3C100K04

高電圧フライバック・コンバータ



T1: DALE LPE3325-A190, n = 12 (605) 665-9301

$$V_{OUT} = 1.22V \left(1 + \frac{R1}{R2} \right)$$

MAXIMUM DUTY CYCLE: ≈80%

$$\text{FOR FLYBACK, } V_{OUT} = \frac{DC}{1-DC} n(V_{IN} - V_{SW})$$

$$\text{FOR } 1V_{IN}, \text{ MAXIMUM } V_{OUT} = \frac{0.8}{1-0.8} 12(1-0.2) \approx 37V$$

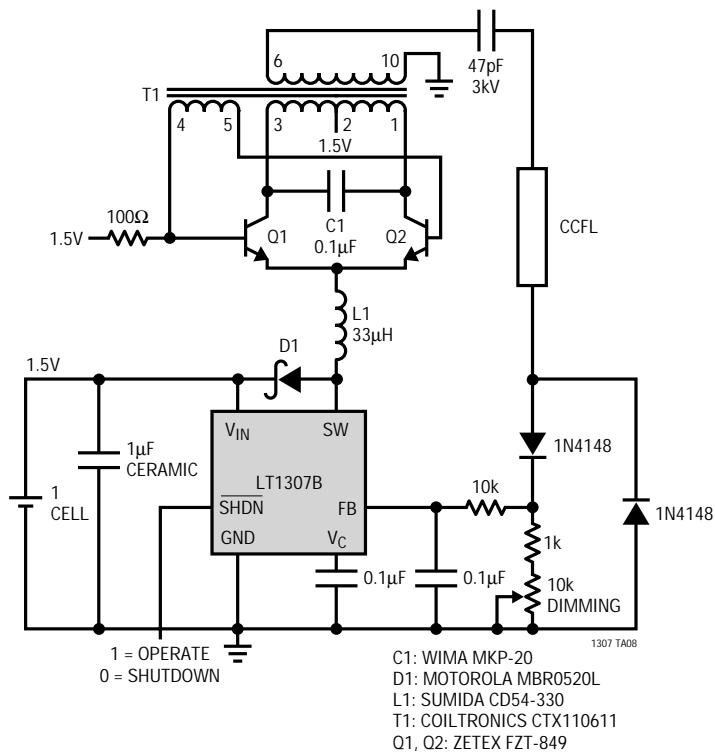
FOR 2V_{IN}, MAXIMUM V_{OUT} ≈ 85V.

HIGHER VOLTAGES ACHIEVED WITH CAPACITIVE DOUBLER OR TRIPLER

NO SNUBBER REQUIRED WITH SPECIFIED TRANSFORMER AND V_{IN} < 5V

標準の応用例

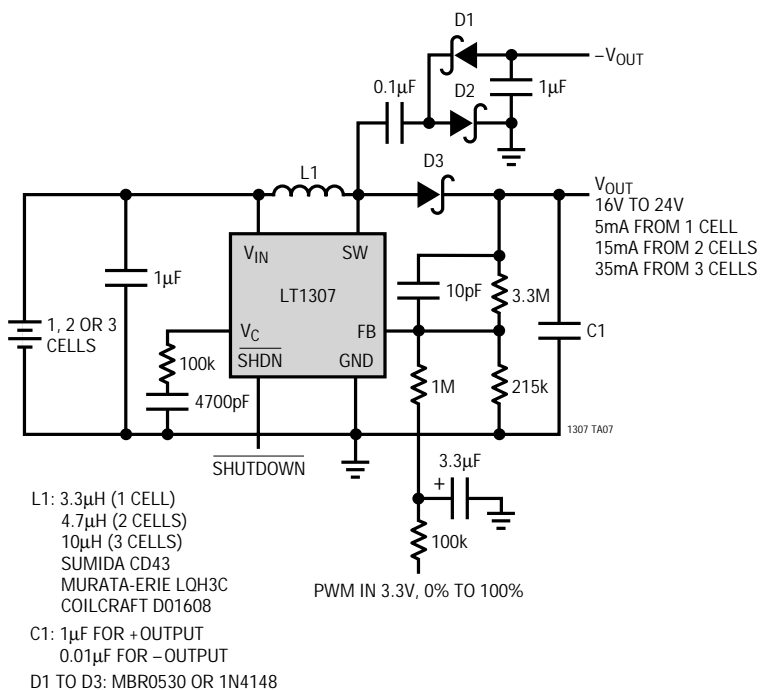
単一セルCCFL電源



4

標準的応用例

LCDバイアス発生器



関連製品

PART NUMBER	DESCRIPTION	COMMENTS
LTC [®] 1163	Triple High Side Driver for 2-Cell Inputs	1.8V Minimum Input, Drives N-Channel MOSFETs
LTC1174	Micropower Step-Down DC/DC Converter	94% Efficiency, 130μA I _Q , 9V to 5V at 300mA
LT1302	High Output Current Micropower DC/DC Converter	5V/600mA from 2V, 2A Internal Switch, 200μA I _Q
LT1304	2-Cell Micropower DC/DC Converter	Low-Battery Detector Active in Shutdown
LTC1440/1/2	Ultralow Power Single/Dual Comparators with Reference	2.8μA I _Q , Adjustable Hysteresis
LTC1516	2-Cell to 5V Regulated Charge Pump	12μA I _Q , No Inductors, 5V at 50mA from 3V Input
LT1521	Micropower Low Dropout Linear Regulator	500mV Dropout, 300mA Current, 12μA I _Q