

低ノイズ、安定化 チャージ・ポンプDC/DCコンバータ

特長

- 低ノイズ固定周波数動作
- 出力電流：100mA
- 8ピンMSOP(LTC3200)および薄型(1mm)6ピンThinSOT™(LTC3200-5)パッケージで供給
- スイッチング周波数：2MHz
- 固定5V ± 4%出力(LTC3200-5)または可変出力
- V_{IN} 範囲：2.7V ~ 4.5V
- 自動ソフトスタートによる突入電流の低減
- インダクタ不要
- シャットダウン時： $I_{CC} < 1\mu A$

アプリケーション

- 白色LEDのバックライト
- Li-Ionバッテリーのバックアップ電源
- ローカル3Vから5Vへの変換
- スマート・カード・リーダー
- PCMCIA用ローカル5V電源

概要

LTC®3200/LTC3200-5は、低ノイズ、固定周波数スイッチト・キャパシタ電圧ダブルです。2.7V ~ 4.5Vの入力から、最大100mAの出力電流で安定化出力電圧を供給します。外付け部品点数が少ないので(フライング・コンデンサ1個と、 V_{IN} と V_{OUT} に小型バイパス・コンデンサ2個) LTC3200/LTC3200-5は小型のバッテリー駆動アプリケーションに最適です。

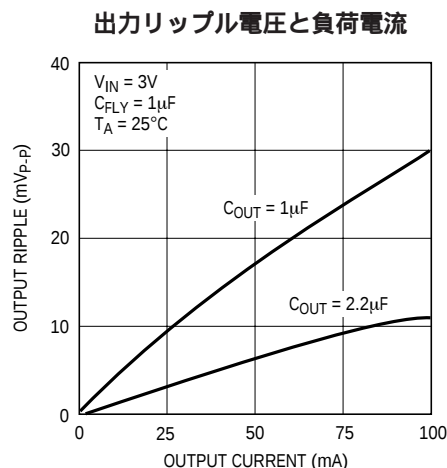
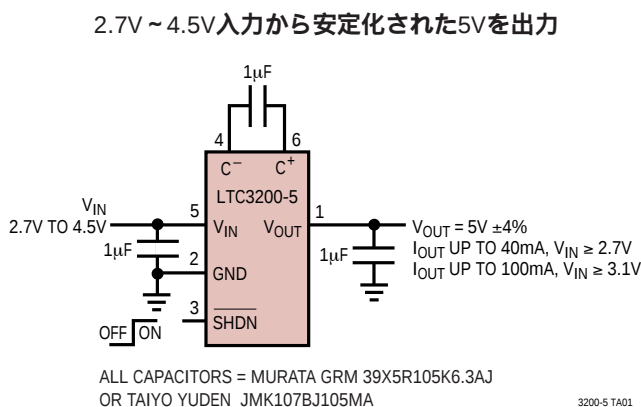
新しいチャージ・ポンプ・アーキテクチャにより、ゼロ負荷まで固定スイッチング周波数を維持し、出力と入力の方のリップルを減らします。LTC3200/LTC3200-5はサーマル・シャットダウン機能を備えているので、 V_{OUT} からGNDへの連続短絡に耐えることができます。内蔵ソフトスタート回路により、起動時の過度の突入電流を防ぎます。

スイッチング周波数が高いので、小型のセラミック・コンデンサを使用することができます。低電流シャットダウン機能により、負荷を V_{IN} から切り離して、消費電流を1 μA 以下へ下げます。

LTC3200は8ピンMSOPパッケージで供給され、LTC3200-5は6ピンThinSOTパッケージで供給されます。

LT、LTC、LT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。

標準的応用例



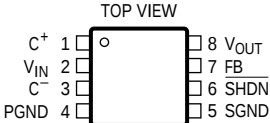
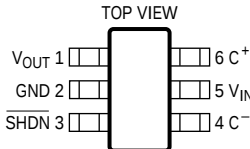
LTC3200/LTC3200-5

絶対最大定格 (Note 1)

$V_{IN} \sim \text{GND}$ - 0.3V ~ 6V
 $V_{OUT} \sim \text{GND}$ - 0.3V ~ 5.5V
 $V_{FB}, \text{SHDN} \sim \text{GND}$ - 0.3V ~ ($V_{IN} + 0.3\text{V}$)
 $I_{OUT}(\text{Note 2})$ 150mA

V_{OUT} 短絡時間 無期限
 動作温度範囲 (Note 3) - 40 ~ 85
 保存温度範囲 - 65 ~ 150
 リード温度 (半田付け、10秒) 300

パッケージ/発注情報

 MS8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC MSOP $T_{JMAX} = 150^{\circ}\text{C}$, $\theta_{JA} = 200^{\circ}\text{C/W}$	ORDER PART NUMBER	 S6 PACKAGE 6-LEAD PLASTIC SOT-23 $T_{JMAX} = 150^{\circ}\text{C}$, $\theta_{JA} = 230^{\circ}\text{C/W}$	ORDER PART NUMBER
	LTC3200EMS8		LTC3200ES6-5
	MS8 PART MARKING		S6 PART MARKING
	LTNV		LTSH

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 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ での値。別途規定されない限り、 $V_{IN} = 3.6\text{V}$ 、 $C_{FLY} = 1\mu\text{F}$ 、 $C_{IN} = 1\mu\text{F}$ 、 $C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IN}	Input Voltage		● 2.7		4.5	V
V_{OUT}	Output Voltage	$2.7\text{V} \leq V_{IN} \leq 4.5\text{V}$, $I_{OUT} \leq 40\text{mA}$	● 4.8	5	5.2	V
		$3.1\text{V} \leq V_{IN} \leq 4.5\text{V}$, $I_{OUT} \leq 100\text{mA}$	● 4.8	5	5.2	V
I_{CC}	Operating Supply Current	$I_{OUT} = 0\text{mA}$, $\text{SHDN} = V_{IN}$	●	3.5	8	mA
I_{SHDN}	Shutdown Current	$\text{SHDN} = 0\text{V}$, $V_{OUT} = 0\text{V}$	●		1	μA
V_{FB}	FB Voltage (LTC3200)		● 1.217	1.268	1.319	V
I_{FB}	FB Input Current (LTC3200)	$V_{FB} = 1.4\text{V}$	● -50		50	nA
V_R	Output Ripple (LTC3200-5)	$V_{IN} = 3\text{V}$, $I_{OUT} = 100\text{mA}$		30		mV _{p-p}
η	Efficiency (LTC3200-5)	$V_{IN} = 3\text{V}$, $I_{OUT} = 50\text{mA}$		80		%
F_{OSC}	Switching Frequency		1	2		MHz
V_{IH}	SHDN Input Threshold		● 1.3			V
V_{IL}	SHDN Input Threshold		●		0.4	V
I_{IH}	SHDN Input Current	$\text{SHDN} = V_{IN}$	● -1		1	μA
I_{IL}	SHDN Input Current	$\text{SHDN} = 0\text{V}$	● -1		1	μA
t_{ON}	V_{OUT} Turn-On Time	$V_{IN} = 3\text{V}$, $I_{OUT} = 0\text{mA}$, 10% to 90%		0.8		ms
R_{OL}	Open-Loop Output Resistance	$V_{IN} = 3\text{V}$, $I_{OUT} = 100\text{mA}$, $V_{FB} = 0\text{V}$ (Note 4)		9.2		Ω

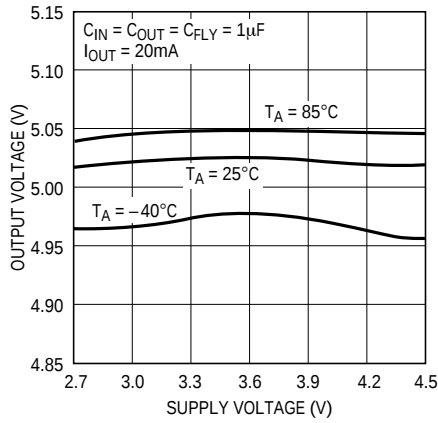
Note 1: 絶対最大定格はそれを超えるとデバイスの寿命に影響を及ぼす値。
 Note 2: 長期電流密度制限に基づく。

Note 3: LTC3200/LTC3200-5は、0 ~ 70 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 ~ 85 の動作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 4: $R_{OL} \equiv (2 V_{IN} - V_{OUT})/I_{OUT}$

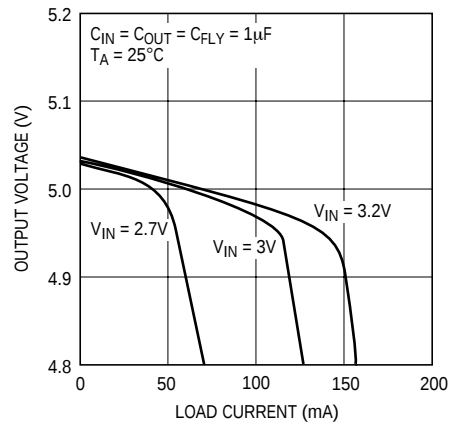
標準的性能特性 (LTC3200-5)

出力電圧と電源電圧



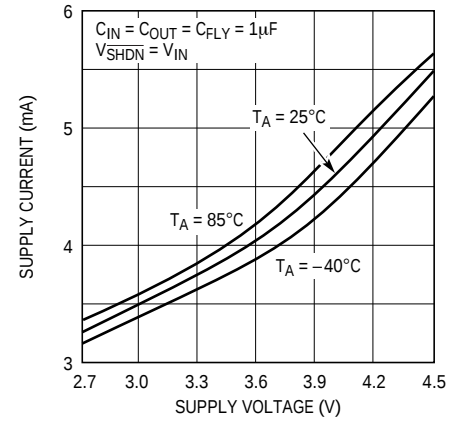
3200 F01

出力電圧と負荷電流



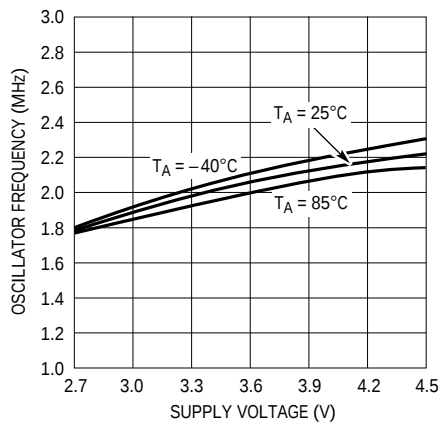
3200 G02

無負荷電源電流と電源電圧

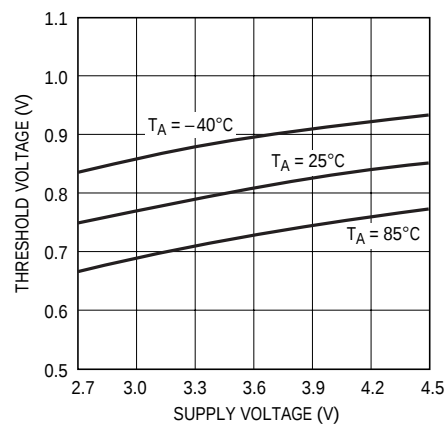


3200 G03

発振器周波数と電源電圧

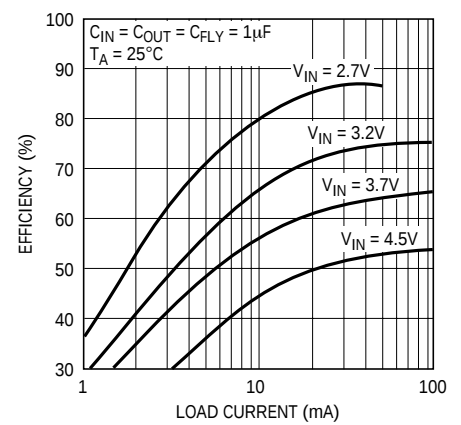


3200 G04

 V_{SHDN} スレッシュホールド電圧と電源電圧

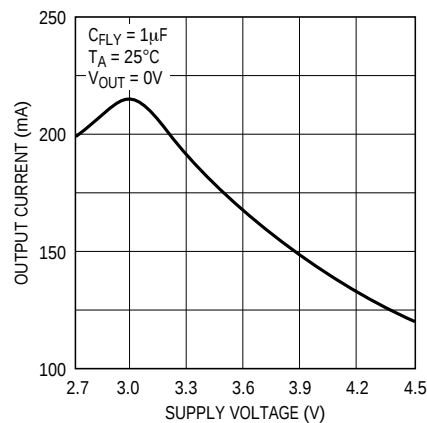
3200 G05

効率と負荷電流



3200 G06

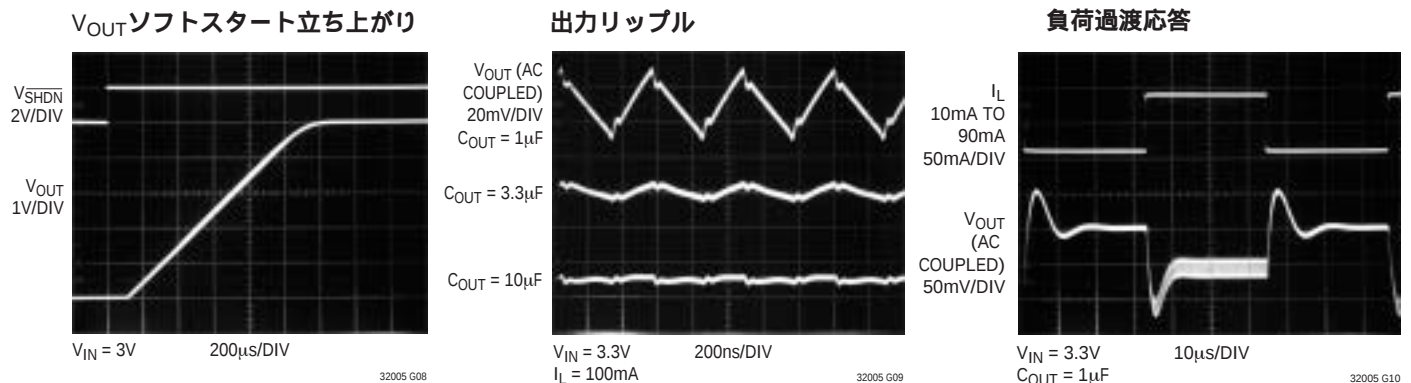
短絡電流と電源電圧



3200 G07

LTC3200/LTC3200-5

標準的性能特性 (LTC3200-5) $T_A = 25$



ピン機能 LTC3200/LTC3200-5

C^+ (ピン1/6) : フライイング・コンデンサの正端子。

V_{IN} (ピン2/5) : 入力電源電圧。 V_{IN} は $1\mu F \sim 4.7\mu F$ の低ESRセラミック・コンデンサを使ってグラウンドへバイパスします。

C^- (ピン3/4) : フライイング・コンデンサの負端子。

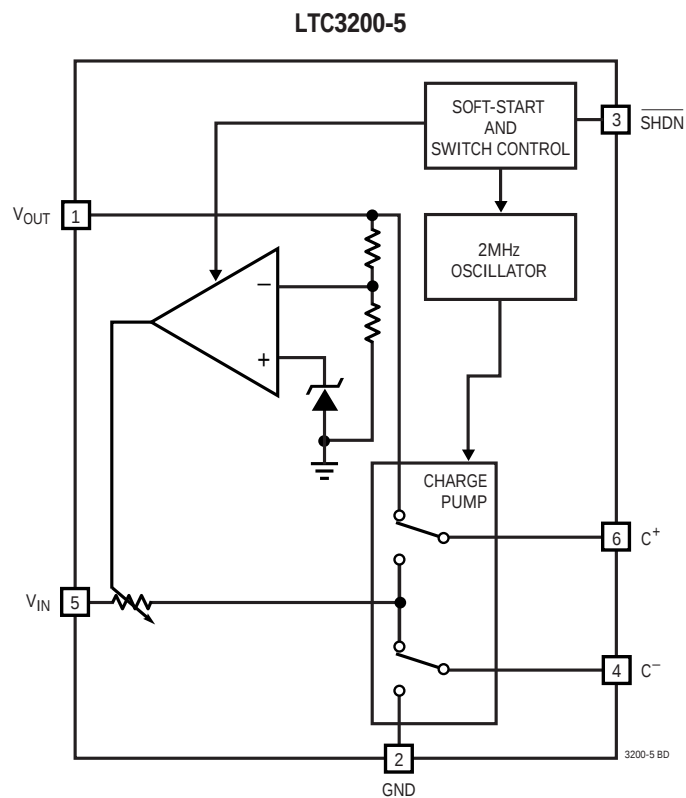
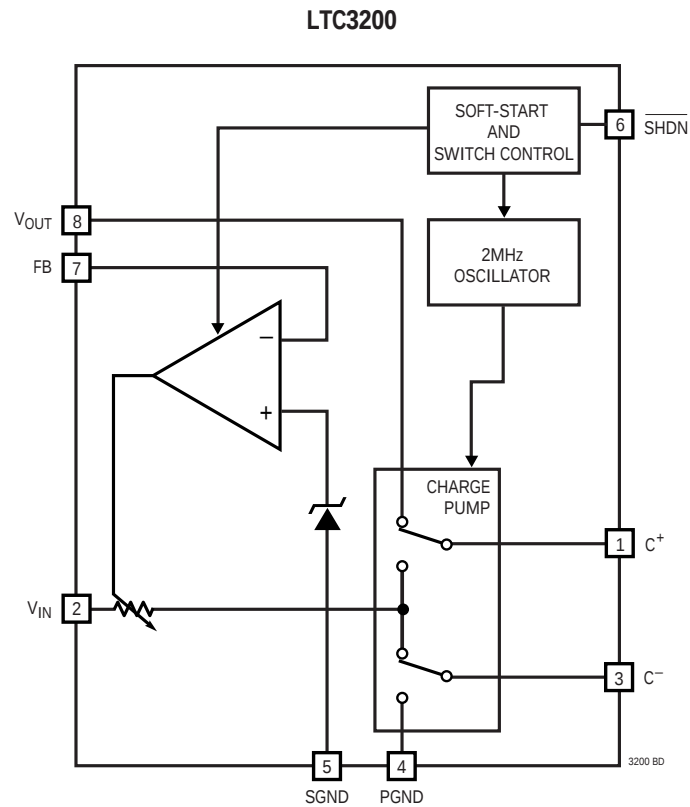
GND (ピン4、5/2) : グラウンド。最適動作のため、グラウンド・プレーンへ接続します。

$\overline{SHDN}$ (ピン6/3) : アクティブ“L”のシャットダウン入力。 $\overline{SHDN}$ を“L”にすると、LTC3200/LTC3200-5はディスエーブルされます。 $\overline{SHDN}$ をフロートさせてはいけません。

FB (ピン7) : (LTC3200のみ) 帰還入力ピン。出力分割器は V_{OUT} からFBへ接続して出力電圧をプログラミングします。

V_{OUT} (ピン8/1) : 安定化された出力電圧。最高の性能を得るため、 V_{OUT} は $1\mu F \sim 4.7\mu F$ の低ESRセラミック・コンデンサを使って、できるだけピンの近くでバイパスします。

簡略ブロック図



LTC3200/LTC3200-5

動作

動作(簡略ブロック図を参照)

LTC3200/LTC3200-5はスイッチト・キャパシタ・チャージ・ポンプを使って、 V_{IN} を安定化された出力電圧へ昇圧します。内部抵抗分割器(LTC3200-5)によって出力電圧を検出し、誤差信号に基づいてチャージ・ポンプの出力電流を変調して安定化を達成します。2フェーズの非重複クロックによってチャージ・ポンプのスイッチを起動します。フライング・コンデンサはクロックの第1フェーズに V_{IN} から充電されます。クロックの第2フェーズでは、 V_{IN} に直列に重ねられて V_{OUT} へ接続されます。このフライング・コンデンサの充放電が2MHz(標準)の自走周波数で繰り返されます。

シャットダウン・モードではすべての回路が停止し、LTC3200/LTC3200-5には V_{IN} 電源から漏れ電流だけが流れます。さらに、 V_{OUT} が V_{IN} から切り離されます。 $\overline{SHDN}$ ピンはスレッシュホールド電圧が約0.8VのCMOS入力です。 $\overline{SHDN}$ ピンがロジック“L”のとき、LTC3200/LTC3200-5はシャットダウン状態になります。 $\overline{SHDN}$ ピンは高インピーダンスのCMOS入力なので、決してフロートさせてはいけません。このピンを確定した状態に保つには、有効なロジック・レベルで常にドライブする必要があります。

短絡・熱保護回路

LTC3200/LTC3200-5には過温度保護機能とともに短絡電流制限が内蔵されています。短絡状態のあいだ、自動的に出力電流を約225mAへ制限します。高温で、あるいは入力電圧が高くて過度に自己発熱し、接合部温度が約160 を超えると、内蔵サーマル・シャットダウン回路がチャージ・ポンプをシャットダウンします。接合部温度が約155 まで下がると、チャージ・ポンプを再度イネーブルします。LTC3200/LTC3200-5は V_{OUT} の短絡状態が解消するまで、ラッチアップを起こしたり損傷を受けたりすることなしに、サーマル・シャットダウン状態に入ったり、抜け出したり無期限に繰り返します。

シャットダウン電流

出力電圧が入力電圧より高くなることがあるので、内部ロジックを制御するための特殊な回路が必要です。LTC3200がシャットダウン状態のとき、検出口ロジックには5 μ Aの入力電流が流れます。ただし、この電流は出力電圧(V_{OUT})が0Vでは流れなくなります。シャットダウ

ン時に可変LTC3200の V_{OUT} が確実に0Vになるようにするには、ブリード抵抗を V_{OUT} からGNDへ接続することができます。通常10k ~ 100kを許容できます。

ソフトスタート

LTC3200/LTC3200-5はソフトスタート回路を内蔵しており、起動時に過度の電流が V_{IN} に流れるのを防ぎます。ソフトスタート時間は予め約1msにプログラミングされているので、起動電流は主に出力コンデンサに依存します。起動入力電流は次式を使って計算することができます。

$$I_{STARTUP} = 2C_{OUT} \frac{V_{OUT}}{1ms}$$

たとえば、2.2 μ Fの出力コンデンサを使うと、LTC3200-5の起動入力電流は約22mAになります。出力コンデンサが10 μ Fだと、起動入力電流は約100mAになります。

LTC3200の出力電圧のプログラミング(FBピン)

LTC3200-5バージョンは出力電圧をプログラミングするための抵抗分割器を内蔵していますが、プログラミング可能なLTC3200は外部抵抗分割器によって任意の電圧へ設定することができます。倍電圧チャージ・ポンプを採用しているので、利用可能な入力電圧の2倍より大きな出力電圧を達成することはできません。必要な電圧分割器の接続法を図1に示します。

電圧分割器の比は次式で与えられます。

$$\frac{R1}{R2} = \frac{V_{OUT}}{1.268V} - 1$$

全電圧分割器抵抗の標準的値は数k Ω ~ 1M Ω の範囲にすることができます。

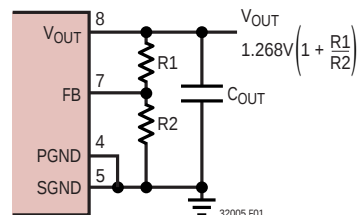


図1. 可変LTC3200のプログラミング

動作

利用可能な最大出力電流

可変LTC3200の場合、利用可能な最大出力電流および電圧は実効閉ループ出力抵抗 R_{OL} および実効出力電圧 $2V_{IN}$ (最小)から計算することができます。

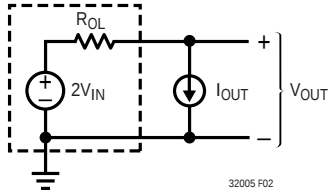


図2．等価閉ループ回路

図2から、利用可能な電流は次式で与えられます。

$$I_{OUT} = \frac{2V_{IN} - V_{OUT}}{R_{OL}}$$

温度の関数としての標準的 R_{OL} 値を図3に示します。

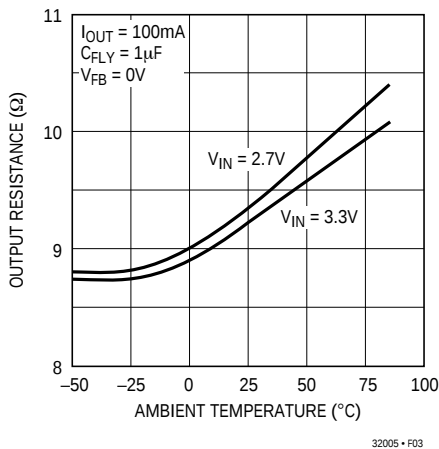


図3．標準的 R_{OL} と温度

V_{IN} 、 V_{OUT} コンデンサの選択

LTC3200/LTC3200-5とともに使われるコンデンサの種類と値により、レギュレータ制御ループの安定性、出力リップル、チャージ・ポンプの強度、および最小起動時間などのいくつかの重要パラメータが決定されます。

ノイズやリップルを減らすには、 C_{IN} と C_{OUT} の両方に低ESR($< 0.1\Omega$)セラミック・コンデンサを使用することを

推奨します。これらのコンデンサは $0.47\mu F$ 以上にする必要があります。タンタル・コンデンサとアルミ・コンデンサはESRが高いので推奨できません。

与えられた負荷に対する出力リップルの大きさは、 C_{OUT} の値によって決まります。 C_{OUT} のサイズを大きくすると、最小ターンオン時間が長くなり、起動電流が増える代りに、出力リップルが小さくなります。ピーク・ツー・ピーク出力リップルはおおよそ次式で与えられます。

$$V_{RIPPLE-P} \cong \frac{I_{OUT}}{2f_{OSC} \cdot C_{OUT}}$$

ここで、 f_{OSC} はLTC3200/LTC3200-5の発振周波数(標準2MHz)で、 C_{OUT} は電荷保存用出力コンデンサです。

出力コンデンサの種類と値の両方がLTC3200/LTC3200-5の安定性に大きく影響することがあります。ブロック図に示されているように、LTC3200/LTC3200-5はリニア制御ループを使ってチャージ・ポンプの強度を調節し、出力に必要な電流とつり合わせます。このループの誤差信号は電荷保存用出力コンデンサに直接保存されます。この電荷保存用コンデンサは制御ループの支配的ポールを形成するのにも寄与します。LTC3200-5のリングングや不安定性を防ぐには、出力コンデンサがすべての状態で少なくとも $0.47\mu F$ の容量を保つことが重要です。可変LTC3200では、相互利得係数を考慮して、出力コンデンサは少なくとも $0.47\mu F \times 5V/V_{OUT}$ あることが必要です。

同様に、出力コンデンサのESRが大きすぎると、LTC3200/LTC3200-5のループ安定性を低下させる傾向があります。LTC3200-5の閉ループ出力抵抗は 0.5Ω になるように設計されています。負荷電流が100mA変化すると、出力電圧は約50mVだけ変化します。出力コンデンサのESRが 0.3Ω 以上あると、閉ループ周波数応答は単純な1ポールの場合のようにローloffしなくなり、負荷過渡応答が劣化して不安定になることがあります。セラミック・コンデンサのESR特性は通常非常に優れているので、基板を密にレイアウトすれば安定性と過渡性能が非常によくなります。

C_{OUT} の値により出力リップルの大きさが支配されるのと同様、 C_{IN} の値により入力ピン(V_{IN})に現れるリップルの大きさが決定されます。

動作

チャージ・ポンプが入力充電フェーズあるいは出力充電フェーズのどちらにあってもLTC3200/LTC3200-5への入力電流は比較的一定ですが、クロックの非重複期間中はゼロに下がります。非重複時間は短いので(約25ns)、これらの欠けた部分(ノッチ)は入力電源ラインをわずかに乱すだけです。タンタルのようなESRが大きいコンデンサでは、入力電流変化とESRの積による入力ノイズが大きくなることに注意してください。したがって、セラミック・コンデンサはESR特性が並外れて優れているので重ねて推奨します。

図4に示されているように、非常に小さな直列インダクタを通してLTC3200/LTC3200-5に電力を供給することにより、入力ノイズをさらに減らすことができます。10nHのインダクタは高速電流ノッチを除去して、ほぼ一定の電流負荷を入力電源へ与えます。コストを下げるため、約1cm(0.4インチ)のPC基板のトレースを使って、10nHのインダクタをPC基板上に作ることができます。

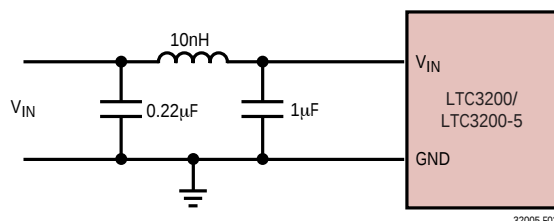


図4. 10nHのインダクタを使った
入力ノイズのさらなる低減

フライング・コンデンサの選択

注意：フライング・コンデンサの電圧はLTC3200/LTC3200-5の起動時に反転することがあるので、フライング・コンデンサにはタンタルあるいはアルミのような有極性コンデンサは決して使わないでください。フライング・コンデンサには必ず低ESRセラミック・コンデンサを使ってください。

フライング・コンデンサはチャージ・ポンプの強度を決定します。定格出力電流を達成するために、フライング・コンデンサには少なくとも0.68µFの容量が必要です。

負荷が非常に軽いアプリケーションでは、スペースやコストを節約するため、フライング・コンデンサを小さくすることができます。倍電圧チャージ・ポンプの最小出力抵抗の理論値は次式で与えられます。

$$R_{OL(MIN)} = \frac{2V_{IN} - V_{OUT}}{I_{OUT}} \approx \frac{1}{f_{OSC}C_{FLY}}$$

ここで、 f_{OSC} はスイッチング周波数(2MHz標準)で、 C_{FLY} はフライング・コンデンサの値です。スイッチ抵抗がさらに加わるため、チャージ・ポンプは理論上の限界よりも通常弱くなりますが、負荷が非常に軽いアプリケーションでは、最初にコンデンサ値を決定するときのガイドラインとして上式を使うことができます。

セラミック・コンデンサ

セラミック・コンデンサは材質が異なると高温や高電圧では異なった率で容量を失います。たとえば、X5RあるいはX7Rの素材で作られたコンデンサでは-40 ~ 85の範囲で容量がほぼ保たれますが、Z5UあるいはY5Vタイプのコンデンサでは同じ範囲で容量がかなり失われます。Z5UおよびY5Vのコンデンサは電圧係数も非常に劣り、定格電圧が印加されると60%以上の容量を失うことがあります。したがって、異なったコンデンサを比較するとき、規定容量値を検討するより、与えられたケース寸法に対して得られる容量を比較する方が多くの場合適切です。たとえば、定格電圧および定格温度の全条件にわたって、0603ケースに入った、1µF、10VのY5Vセラミック・コンデンサは、同じケースで供給される0.22µF、10VのX7Rよりも大きな容量を与えるとは限りません。実際、LTC3200/LTC3200-5のほとんどのアプリケーションでは、これらのコンデンサはほぼ等しいとみなすことができます。必要な容量を全温度および全電圧にわたって確保するにはどんな値のコンデンサが必要かを決定するには、コンデンサの製造元のデータシートを調べる必要があります。

セラミック・コンデンサの製造元とその連絡先を下に示します。

AVX	www.avxcorp.com
Kemet	www.kemet.com
Murata	www.murata.com
Taiyo Yuden	www.t-yuden.com
Vishay	www.vishay.com

動作

電力効率

LTC3200/LTC3200-5の電力効率(η)は実効入力電圧が実際の入力電圧の2倍あるリニア・レギュレータの電力効率に似ています。こうなるのは、倍電圧チャージ・ポンプの入力電流は出力電流の約2倍だからです。理想的な安定化電圧ダブラでは、電力効率は次式で与えられます。

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{V_{OUT} \cdot I_{OUT}}{V_{IN} \cdot 2I_{OUT}} = \frac{V_{OUT}}{2V_{IN}}$$

中程度の出力電力から高い出力電力にかけては、LTC3200/LTC3200-5のスイッチング損失と消費電流は無視できるので、上式は有効です。たとえば、 $V_{IN} = 3V$ 、 $I_{OUT} = 50mA$ で V_{OUT} を $5V$ に安定化しているとき測定された効率は80%で、これは理論計算値83.3%に近い値です。

$V_{IN} > 5V$ での動作

$5V$ をいくらか超えた入力電圧でもLTC3200/LTC3200-5は引き続き動作します。ただし、固定周波数なので、内部スイッチングによる電荷がいくらか V_{OUT} に結合して、非常に軽い負荷では出力電圧がわずかに上昇します。高い V_{IN} にともなう出力過電圧の問題を避けるため、 $1mA$ ほどの適度の待機時負荷電流にすると、LTC3200/LTC3200-5が非常によいライン・レギュレーションを保つのに役立つでしょう。これは V_{OUT} からGNDへ接続した $5k$ の抵抗で実現できます。

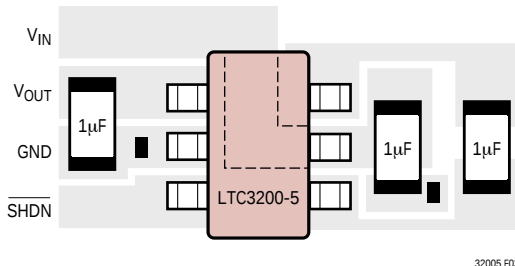


図5．推奨レイアウト

レイアウトの検討事項

LTC3200/LTC3200-5によって高いスイッチング周波数と大きな過渡電流が生じるので、基板レイアウトには注意が必要です。本格的グラウンド・プレーンを与え、すべてのコンデンサへの配線を短くすれば、性能が向上し、あらゆる条件で優れたレギュレーションが得られます。LTC3200-5のレイアウトの一例を図5に示します。

熱管理

入力電圧が高く、出力電流が最大の場合、LTC3200/LTC3200-5の電力消費がかなり大きくなることがあります。接合部温度が約 $160^\circ C$ を超えると、サーマル・シャットダウン回路が自動的に出力を停止します。最大接合部温度を下げるには、PC基板への十分な熱接続をおこなってください。GNDピン(LTC3200ではピン4/5、LTC3200-5ではピン2)をグラウンド・プレーンへ接続し、全面切れ目のないグラウンド・プレーンをPC基板の2層にわたってデバイスの下に確保すると、パッケージとPC基板の熱抵抗を大きく減らすことができます。

高温における電力のディレーティング

高電力アプリケーションで過温度状態を防ぐために、図6を使って、周囲温度と電力消費の最大限度の組合せを決定します。

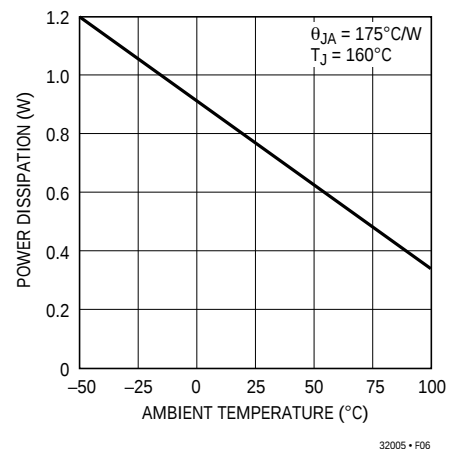


図6．最大電力消費と周囲温度

LTC3200/LTC3200-5

動作

LTC3200/LTC3200-5で消費される電力は、与えられた周囲温度に対して、示されている線より常に下にくる必要があります。LTC3200/LTC3200-5で消費される電力は次式で与えられます。

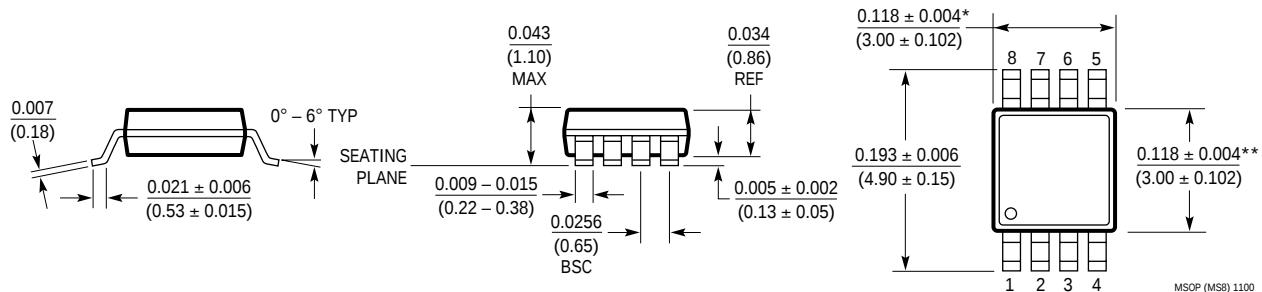
$$P_D \equiv (2V_{IN} - V_{OUT})I_{OUT}$$

このデレーティング曲線は、6ピンThinSOTのLTC3200-5と8ピンMSOPの可変LTC3200の両方に対して175 mWの

最大熱抵抗 θ_{JA} を仮定しており、これは全面切れ目のないグラウンド・プレーンを備え、LTC3200/LTC3200-5のグラウンド・ピンへの接続が十分なプリント基板レイアウトによって達成できます。この曲線の外側で動作させると、接合部温度が160 °Cを超え、そのためサーマル・シャットダウン回路が起動するおそれがあります。

パッケージ寸法

MS8パッケージ
8ピン・プラスチックMSOP
(LTC DWG # 05-08-1660)

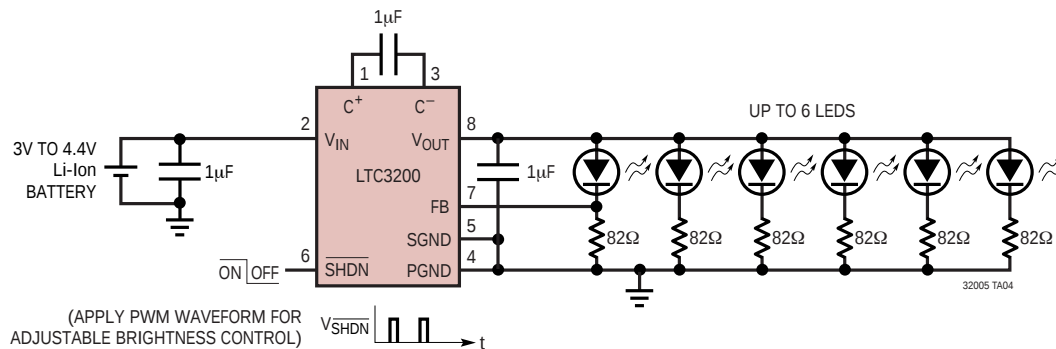


- * 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない。モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで0.006 (0.152mm) を超えないこと。
- ** 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない。リード間のバリまたは突出部は、各サイドで0.006 (0.152mm) を超えないこと。

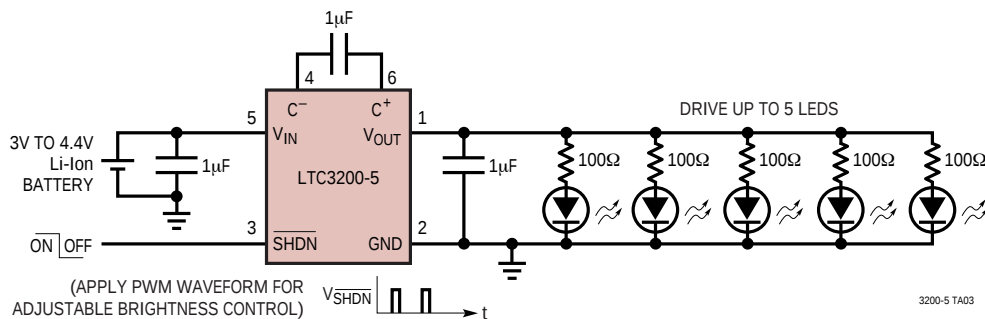
LTC3200/LTC3200-5

標準的応用例

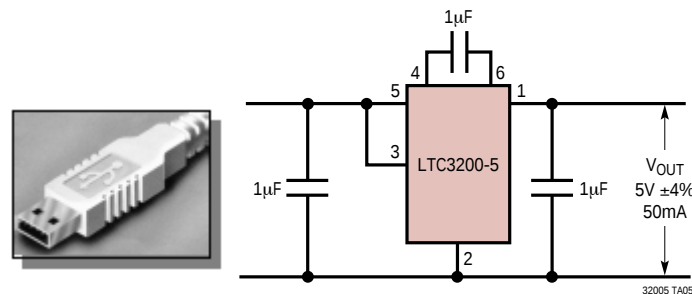
LED電流制御付き白色あるいは青色LEDドライバ



リチウムイオン・バッテリーを使った5V白色あるいは青色LEDドライバ



安定化5V電源へのUSBポート



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC1682/-3.3/-5	低ノイズLDO付き倍電圧チャージ・ポンプ	MS8およびSO-8パッケージ; $I_{OUT} = 80\text{mA}$; 出力ノイズ = $60\mu\text{V}_{RMS}$
LTC1751/-3.3/-5	倍電圧チャージ・ポンプ	100mAで $V_{OUT} = 5\text{V}$; 80mAで $V_{OUT} = 3.3\text{V}$; 可変; MSOPパッケージ
LTC1754-3.3/-5	シャットダウン機能付き倍電圧チャージ・ポンプ	ThinSOTパッケージ; $I_Q = 13\mu\text{A}$; $I_{OUT} = 50\text{mA}$
LTC1928-5	低ノイズLDO付き倍電圧チャージ・ポンプ	ThinSOT 出力ノイズ = $90\mu\text{V}_{RMS}$; $V_{OUT} = 5\text{V}$; $V_{IN} = 2.7\text{V} \sim 4\text{V}$