

電流制限付き理想ダイオードと V/I モニタを備えた リニア・スーパーキャパシタ・チャージャ

特長

- V_{IN} から V_{OUT} への $50m\Omega$ 理想ダイオード
- スマート充電電流プロファイルにより、突入電流を制限
- セル・バランスを内蔵 (外付け抵抗不要)
- プログラム可能な出力電圧 (LDO モード)
- V_{IN} から V_{OUT} へ流れる電流の制限値をプログラム可能
- V_{IN} から V_{OUT} へ流れる電流を PROG ピンを介して連続的にモニタ
- 低消費電流: $20\mu A$
- V_{IN} パワーフェイル、PGOOD インジケータ
- 2.45V または 2.7V のセル保護シャント (スーパーキャパシタの最大トップオフ電圧: 4.9V または 5.4V)
- 3A のピーク電流制限、熱制限
- 小さいアプリケーション回路、 $3mm \times 3mm \times 0.75mm$ DFN パッケージと 12ピン MSOP パッケージ

アプリケーション

- 高ピーク電力のバッテリー/USB 駆動機器
- 産業用 PDA
- 携帯計測器/監視装置
- 電力メータ、スーパーキャパシタ・バックアップ回路
- PC カード/USB モデム

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology および Linear のロゴは、リニアテクノロジー社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

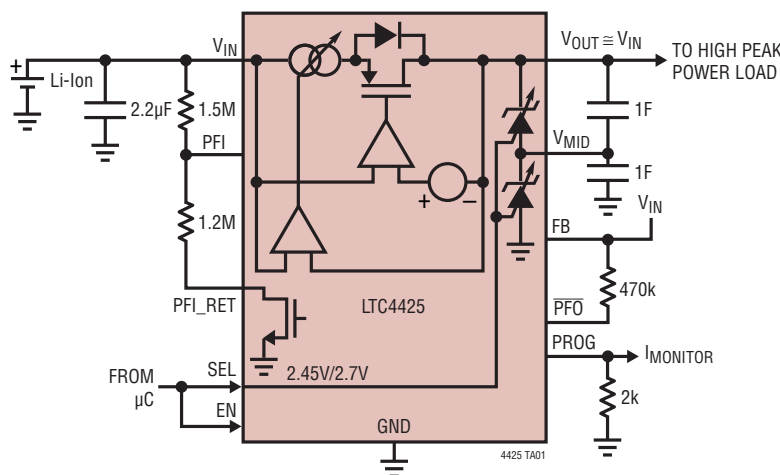
概要

LTC®4425 は、リチウムイオン/リチウムポリマー・バッテリー、USB ポート、または 2.7V ~ 5.5V の電流制限がある電源から 2セル・スーパーキャパシタ・スタックを充電する、定電流/定電圧リニア・チャージャです。このデバイスはオン抵抗が $50m\Omega$ と極めて小さい理想ダイオードとして動作するので、ピーク電力の大きいアプリケーションや平均電力の小さいアプリケーションに適しています。LTC4425 は、LDO モードでは出力キャパシタを外部設定した出力電圧まで固定充電電流で充電します。通常モードでは出力キャパシタを V_{IN} まで充電し、スマート充電電流プロファイルで V_{IN} と V_{OUT} 間の電位差が 250mV 未満になるまで突入電流を制限します。また、LTC4425 は出力電圧を 4.9V または 5.4V にクランプするように設定できます。

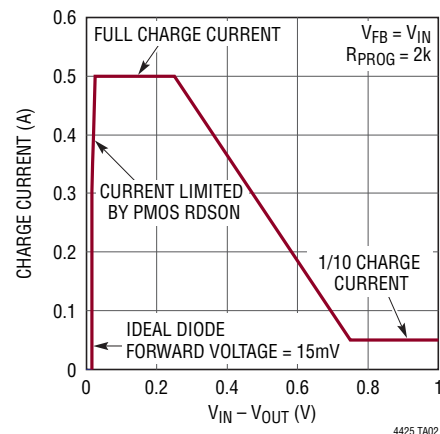
充電電流 (V_{OUT} の電流制限値) は PROG と GND の間に抵抗を接続することによって設定可能です。PROG ピンの電圧は V_{IN} から V_{OUT} へ流れる電流を表しているため、電流をモニタできます。また、内部のアクティブ・バランス回路により、各スーパーキャパシタ・セルの電圧を均等に保ち、各セルのピーク電圧をピンで選択可能な最大値にクランプします。LTC4425 は $20\mu A$ という非常に低い消費電流で動作し (シャットダウン電流は $3\mu A$ 未満)、高さの低い 12ピン $3mm \times 3mm$ DFN パッケージまたは 12ピン MSOP パッケージで供給されます。

標準的応用例

リチウムイオン電源から 2セル直列スーパーキャパシタを充電



充電電流と V_{IN} - V_{OUT} 間の電圧差



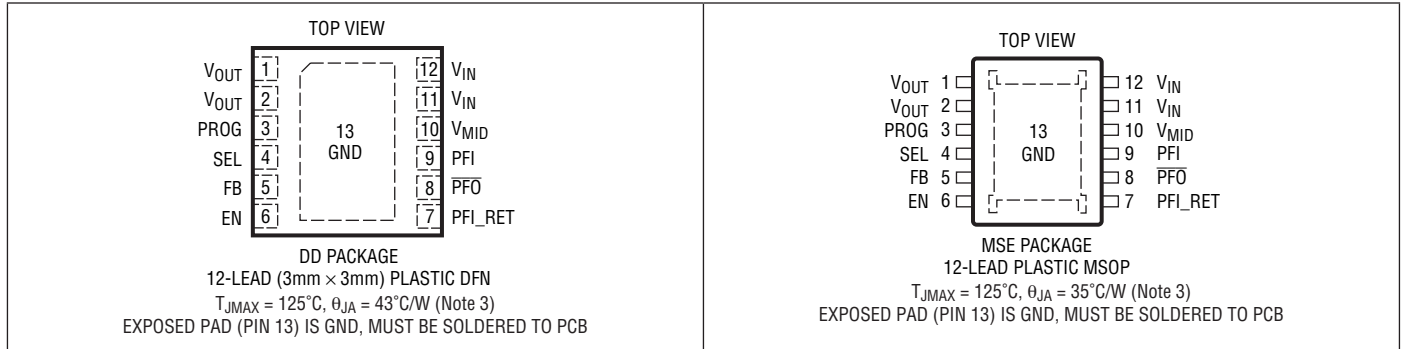
LTC4425

絶対最大定格 (Note 1, 2)

V_{IN} 、 V_{OUT} 、 V_{MID} 、FB、PFI_RET、 \overline{PFO} の電圧 $-0.3V \sim 6V$
 EN 、SEL、PFIの電圧..... $-0.3V \sim \text{最大}(V_{IN}、V_{OUT}) + 0.3V$
 動作接合部温度..... $-40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$

保存温度範囲..... $-65^{\circ}C \sim 150^{\circ}C$
 リード温度、MSOPのみ(半田付け、10秒) $300^{\circ}C$

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
LTC4425EDD#PBF	LTC4425EDD#TRPBF	LFMQ	12-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LTC4425IDD#PBF	LTC4425IDD#TRPBF	LFMQ	12-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LTC4425EMSE#PBF	LTC4425EMSE#TRPBF	4425	12-Lead Plastic MSOP	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LTC4425IMSE#PBF	LTC4425IMSE#TRPBF	4425	12-Lead Plastic MSOP	$-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$

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。* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。

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/tapeandree/> をご覧ください。

電気的特性 ●は全動作接合部温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 3.8\text{V}$ での値。(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IN}	Operating Supply Range		● 2.7		5.5	V
$I_{Q(IN)}$	Quiescent Current from V_{IN}	$V_{IN} = V_{OUT}$		20		μA
$I_{Q(OUT)}$	Quiescent Current from V_{OUT}	$V_{IN} = V_{OUT}$		3		μA
I_{SD}	Quiescent Current in Shutdown	$EN = 0$			3	μA

理想ダイオード

V_{FWD}	Forward Voltage			15		mV
R_{FWD}	Open Loop Forward On-Resistance			50		$\text{m}\Omega$

スーパーキャパシタ・チャージャ

V_{FB}	Feedback Voltage		● 1.18	1.2	1.22	V	
I_{FB}	Feedback Pin Input Leakage				100	nA	
I_{CHG}	Charge Current in LDO Mode (FB = 0V)	$R_{PROG} = 0.5\text{k}$		2		A	
		$R_{PROG} = 5\text{k}$		0.2		A	
	Charge Current in Normal Mode (FB = V_{IN})	$R_{PROG} = 0.5\text{k}$, $V_{IN} - V_{OUT} < 250\text{mV}$			2		A
$R_{PROG} = 0.5\text{k}$, $V_{IN} - V_{OUT} > 750\text{mV}$				0.2		A	
$R_{PROG} = 5\text{k}$, $V_{IN} - V_{OUT} < 250\text{mV}$				200		mA	
	$R_{PROG} = 5\text{k}$, $V_{IN} - V_{OUT} > 750\text{mV}$			20		mA	
V_{PROG}	PROG Pin Servo Voltage in LDO Mode	$FB < 1.2\text{V}$		1.00		V	
h_{PROG}	Ratio of Charge Current to PROG Pin Current			1000		mA/mA	
V_{PROG}	PROG Pin Servo Voltage in Normal Mode (FB = V_{IN})	$V_{IN} - V_{OUT} < 250\text{mV}$		1.00		V	
		$V_{IN} - V_{OUT} > 750\text{mV}$		0.1		V	
I_{SC}	Charger Short-Circuit Current Limit	PROG Pin Shorted to GND, FB = 0		2	3	4	A
t_{SS}	Charger Soft Start Time	FB = 0		1.5		ms	
T_{LIM}	Junction Temperature in Constant Temperature Mode (Note 5)	$V_{OUT} = 0$, FB = 0, $R_{PROG} = 0.5\text{k}$		105		$^\circ\text{C}$	

電圧クランプ

V_{CLAMP}	Maximum Voltage Across the Top Capacitor	$V_{SEL} = \text{Lo}$	●	2.45	2.5	V
		$V_{SEL} = \text{Hi}$	●	2.7	2.75	V
V_{CLAMP}	Maximum Voltage Across the Bottom Capacitor	$V_{SEL} = \text{Lo}$	●	2.45	2.5	V
		$V_{SEL} = \text{Hi}$	●	2.7	2.75	V
V_{RIP}	V_{OUT} Clamp Hysteresis	If Either Capacitor Reaches Clamp Voltage i.e. $V_{OUT} < V_{IN}$		50		mV
$I_{SH(TOP)}$	Top Shunt Current	$R_{PROG} = 1\text{k}$, $(V_{OUT} - V_{MID}) > V_{CLAMP}$		160		mA
$I_{SH(BOT)}$	Bottom Shunt Current	$R_{PROG} = 1\text{k}$, $V_{MID} > V_{CLAMP}$		140		mA

LTC4425

電気的特性 ●は全動作接合部温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 3.8\text{V}$ での値。(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
リーク・バランス							
V_{MID}	V_{MID} Output Voltage	$V_{OUT} = 3.6\text{V}$	1.76	1.8	1.84	V	
	V_{MID} Maximum Current Sourcing Capability	$V_{MID} < V_{OUT}/2$, $V_{MID} < V_{CLAMP}$		0.7		mA	
	V_{MID} Maximum Current Sinking Capability	$V_{MID} > V_{OUT}/2$, $V_{MID} < V_{CLAMP}$		1.2		mA	
PF\bar{O}, PFI_RET, PFI							
	Output Low Voltage (PF \bar{O} , PFI_RET)	$I_{PIN} = 5\text{mA}$		65		mV	
	Pin Leakage Current (PF \bar{O} , PFI_RET)	$V_{PIN} = 5\text{V}$, $EN = 0$			1	μA	
	FB Threshold Voltage for Power Good (Rising)	LDO Mode	●	1.09	1.11	1.13	V
	Input-to-Output Differential for Power Good (Rising)	Normal Mode		265		mV	
V_{PFI}	PFI Threshold (Falling)		●	1.18	1.2	1.22	V
	PFI Hysteresis			10		mV	
I_{PFI}	PFI Pin Input Leakage				100	nA	
	Power Good Timer Delay			200		ms	
ロジック入力 (EN, SEL)							
V_{IL}	Logic Low Input Voltage		●		0.4	V	
V_{IH}	Logic High Input Voltage		●	1.2		V	
I_{IH}	Input Current High	EN, SEL Pins at 5.5V		-1	1	μA	
I_{IL}	Input Current Low	EN, SEL Pins at GND		-1	1	μA	

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超える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恐れがある。

Note 2: このデバイスの電流制限機能は、短期的または断続的なフォルト状態からデバイスを保護することを目的としている。規定された最大定格ピン電流を超えた動作が継続すると、デバイスの劣化または故障が生じる恐れがある。

Note 3: パッケージの露出した裏面をPC基板のグラウンド・プレーンに半田付けしないと、熱抵抗がDDパッケージでは 43°C/W よりもはるかに大きくなり、MSEパッケージでは 35°C/W より大きくなる。

Note 4: LTC4425E (Eグレード)は $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の接合部温度範囲で仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部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。LTC4425I (Iグレード)は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で動作することが保証されている。接合部温度 T_J は周囲温度 T_A および電力損失 P_D から次式に従って計算される。

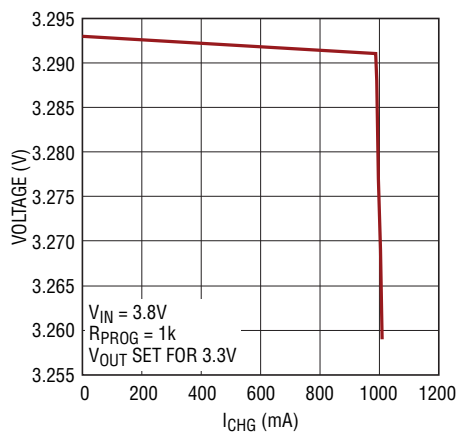
$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA} \text{ } ^\circ\text{C/W}).$$

最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗および他の環境要因と関連した特定の動作条件によって決まることに注意。

Note 5: 接合部温度が 105°C に近づくにつれ、 V_{IN} から V_{OUT} への充電電流はサーマル・フォールドバックによって減少する。

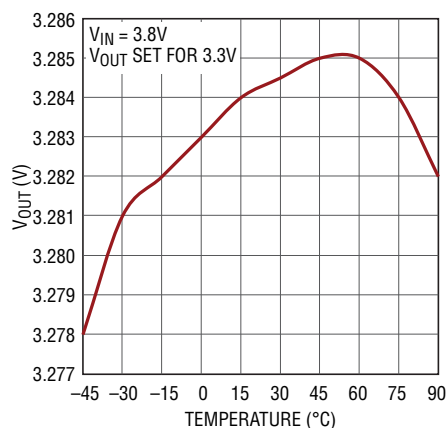
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

LDOのレギュレーション電圧と
充電電流



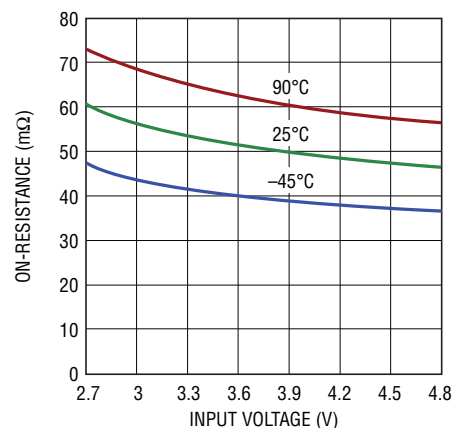
4425 G01

LDOのレギュレーション電圧と
温度



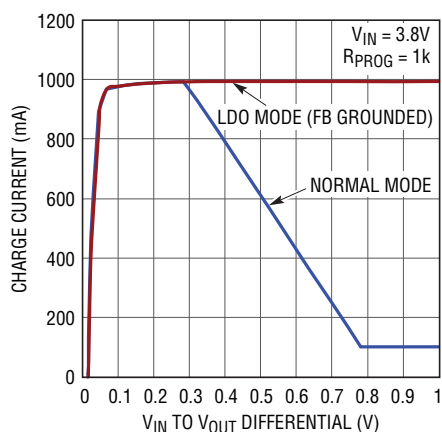
4425 G02

チャージャFETのオン抵抗と
電源電圧



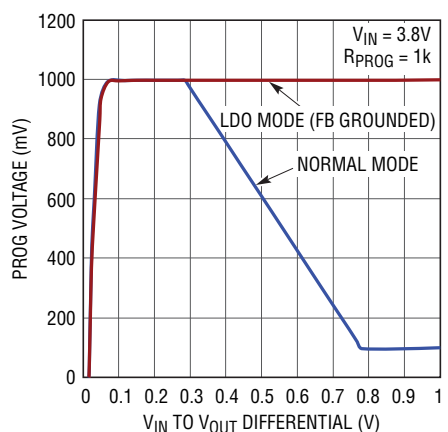
4425 G03

充電電流と $V_{IN}-V_{OUT}$ 間の電圧差



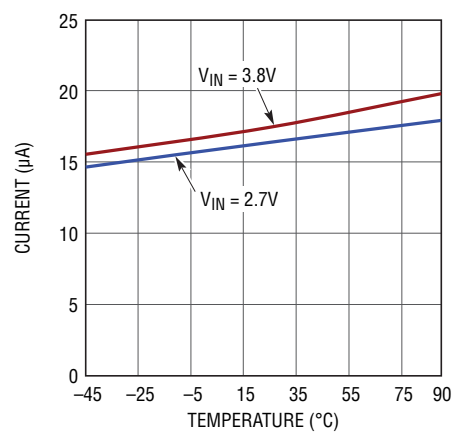
4425 G04

PROGピンの電圧と $V_{IN}-V_{OUT}$ 間の
電圧差



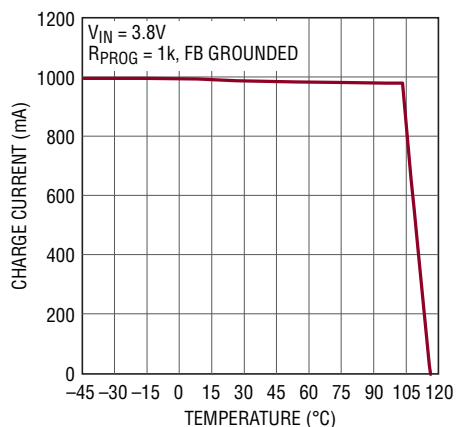
4425 G05

V_{IN} の静止電流と温度 ($V_{IN} \geq V_{OUT}$)



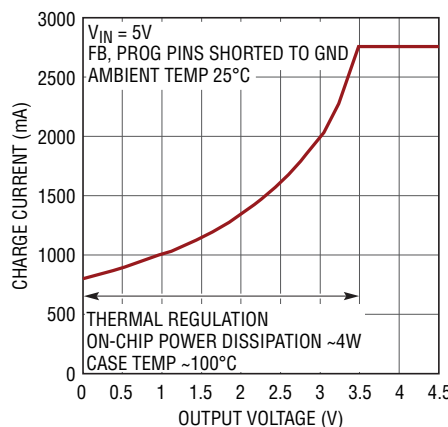
4425 G06

充電電流と接合部温度



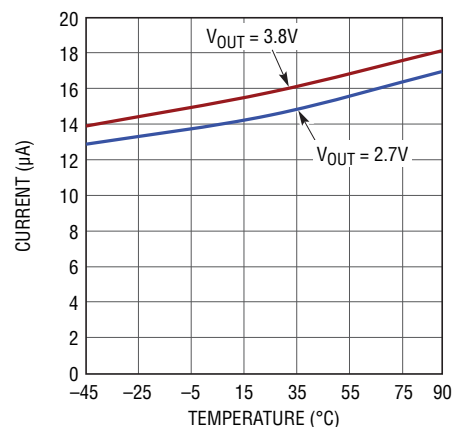
4425 G07

充電電流と温度レギュレーション時
の V_{OUT}



4425 G08

V_{OUT} の静止電流と温度
($V_{IN} < V_{OUT}$)

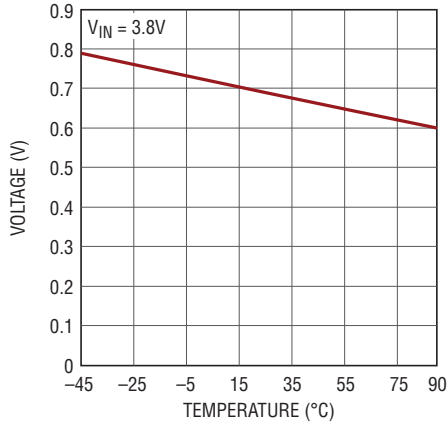


4425 G09

LTC4425

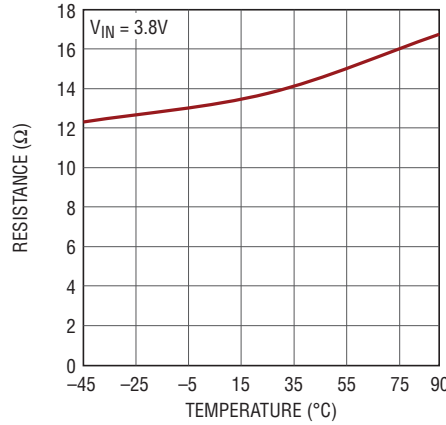
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

ロジック入力 (EN および SEL) のしきい値電圧と温度



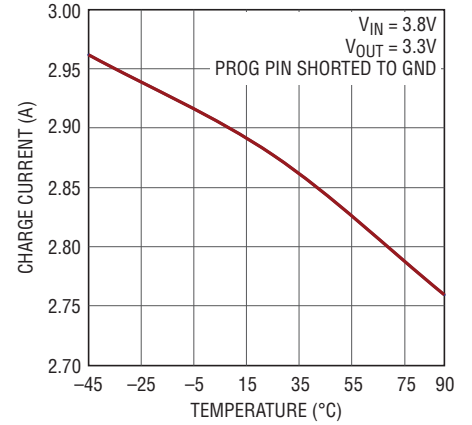
4425 G10

オープンドレイン出力 (PFI_RET および PFO) の FET のオン抵抗と温度



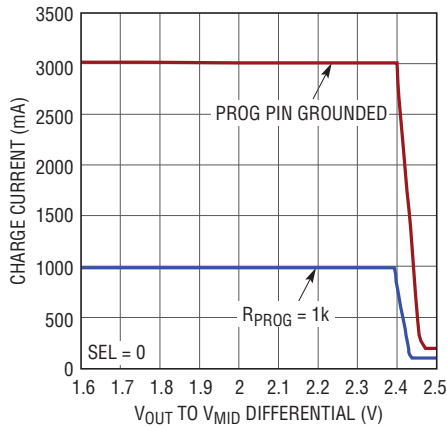
4425 G11

PROG ピンの短絡充電電流と温度



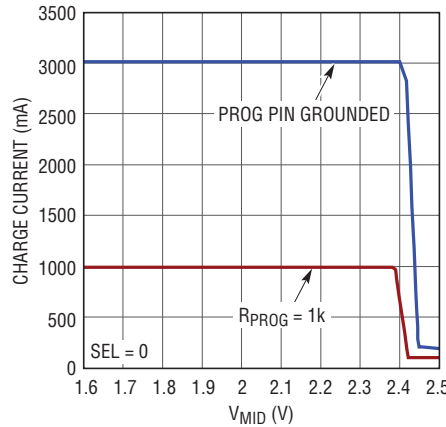
4425 G011a

充電電流とトップ・キャパシタ (VOUT-VMID 間) 両端の電圧



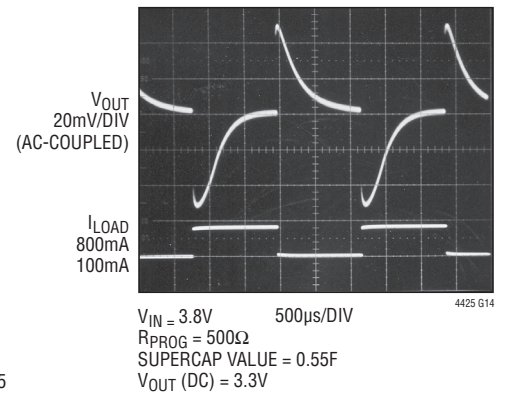
4425 G12

充電電流とボトム・キャパシタ (VMID) 両端の電圧



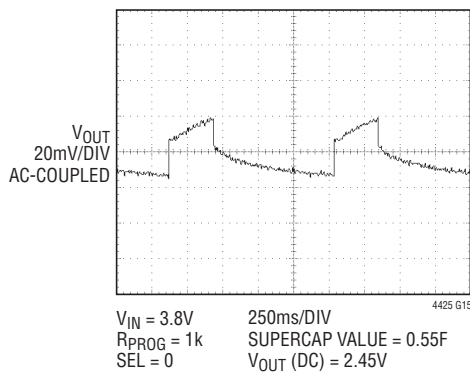
4425 G13

出力電圧トランジェントのステップ応答波形 (LDO モード)



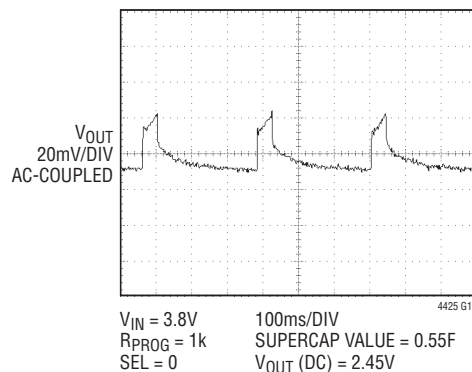
4425 G14

VMID を GND に短絡したときの出力電圧波形



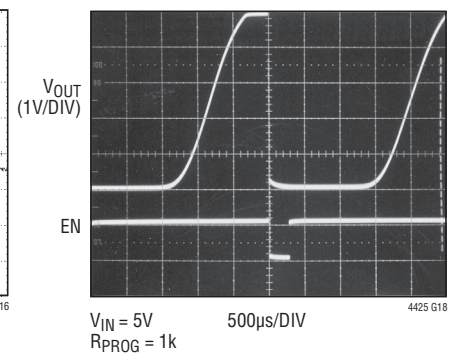
4425 G15

VMID を VOUT に短絡したときの出力電圧波形



4425 G16

PROG ピンのソフトスタート波形 (通常モード)



4425 G18

ピン機能

V_{OUT} (ピン1, 2) : チャージャの出力ピン。通常、2セル・スーパーキャパシタ・スタックの上側に接続します。

PROG (ピン3) : 充電電流設定および充電電流モニタ用ピン。PROGからグランドに接続された抵抗により、充電電流が設定されます。LDOモードでは、このピンは常に1Vにサーボ制御されます。ただし、充電電流プロファイルがオンすると、このピンは入力-出力間の電圧差に応じて1V~0.1Vの間の電圧にサーボ制御されます。すべての場合、このピンの電圧は常に実際の充電電流を表します。

SEL (ピン4) : 2つの可能なクランプ電圧(V_{CLAMP})のうちの1つを選択するロジック入力。このピンがロジック“L”の場合、スタックのどちらのスーパーキャパシタ両端の最大電圧も2.45Vになります。このピンがロジック“H”の場合には2.7Vになります。このピンはフロート状態にしないでください。

FB (ピン5) : LDOモードでは、 V_{OUT} からFBピンを介して接続された抵抗分割器によって出力電圧が設定されます。このモードでは、このピンの電圧は常に1.2Vの内部リファレンス電圧にサーボ制御されます。FBピンが V_{IN} にプルアップされると、LDOモードはディスエーブルされ、充電電流プロファイル・モードがオンします。FBピンをGNDに短絡すると、充電電流プロファイル・モードはオフします。このピンはフロート状態にしないでください。

EN (ピン6) : チャージャをイネーブルするためのデジタル入力。このピンがロジック“H”の場合、デバイスはイネーブルされ、アイドル状態のときに入力または出力からの静止電流はわずか20 μ Aです。このピンがロジック“L”の場合には、デバイスはシャットダウン・モードになり静止電流は3 μ A未満です。このピンはフロート状態にしないでください。

PFI_RET (ピン7) : このピンは、入力パワーフェイル・コンパレータ用の外付け抵抗分割器の下側に接続します。シャットダウン・モードでは、内部スイッチがこの経路を開放して、抵抗分割器によって流れる電流を低減します。

PFO (ピン8) : パワーフェイル・コンパレータのオープンドレイン出力。以下の条件のうちの少なくとも1つが当てはまる場合、このピンはロジック“L”に駆動されます。(1) V_{IN} がPFIを介した外付け分割器によって設定される値より低い、(2) V_{OUT} がLDOモードの最終設定値の7.5%以内に達していない、(3) V_{OUT} が充電電流プロファイル・モードの V_{IN} の250mV以内でない。少なくとも200msの間これらすべての条件に当てはまらないと、このピンは高インピーダンスになってパワーグッド状態を知らせます。

PFI (ピン9) : パワーフェイル・コンパレータの入力。入力電圧(この値を下回るとPFOピンがパワーフェイル状態を知らせる)は、PFOピンを V_{IN} とPFI_RETピンの間の外付け抵抗分割器に接続することによって設定できます。

V_{MID} (ピン10) : 2セル・スーパーキャパシタ・スタックの中間点に接続します。内部のリーク・バランスング・アンプがこのピンを V_{OUT} のちょうど半分の電圧に駆動します。

V_{IN} (ピン11, 12) : 入力電源ピン。通常、リチウムイオン/リチウムポリマー・バッテリーやUSBポートなどのDC電源に接続します。このピンは低ESRセラミック・コンデンサでバイパスします。

GND (露出パッド・ピン13) : GND。露出パッドは、デバイスの直下に配置した複数のビアを使って、プリント回路基板の第2層の連続したグランド・プレーンに接続し、最適な熱伝導を達成します。

ブロック図

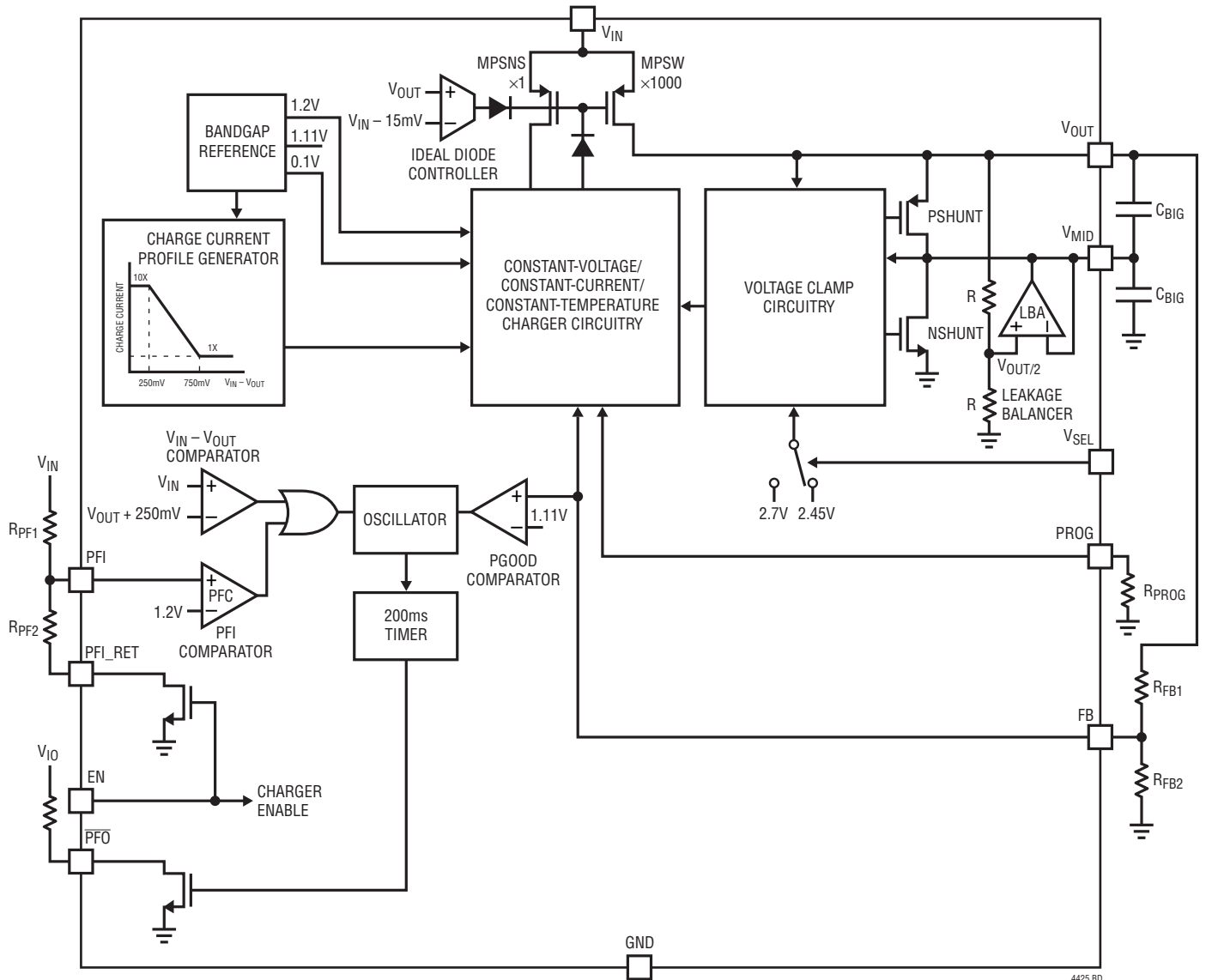


図1.LTC4425のブロック図

動作

LTC4425は、定電流、定電圧、および定温度アーキテクチャを採用して2セル直列スーパーキャパシタ・スタックを充電するリニア・チャージャです。このデバイスには、充電電流プロファイル・モード(通常モードとも呼ばれる)とLDOモードの2つの動作モードがあります。LDOモードでは、LTC4425はスタックの上側を外部設定される出力電圧まで固定充電電流で充電します。また、この電流も外部設定可能です。充電電流プロファイル・モードでは、LTC4425はスタックの上側を入力-出力間差動電圧によって変わる充電電流で入力電圧 V_{IN} まで充電します。

LDOモード

LDOモードでは、出力電圧 V_{OUT} はFBピンを経由した R_{FB1} と R_{FB2} からなる外付け抵抗分割器ネットワークによって設定され、充電電流はPROGピンを経由した外付け抵抗 R_{PROG} によって設定されます。図1に示す「ブロック図」を参照してください。チャージャの制御回路は定電流アンプと定電圧アンプで構成されます。デバイスが放電したスーパーキャパシタ・スタックを充電するようにイネーブルされると、最初に定電流アンプが制御状態になり、PROGピンの電圧を1Vにサーボ制御します。PROG抵抗を流れる電流が約1000倍(検出MOSFET(MPSNS)とパワーMOSFET(MPSW)の比)になり、スーパーキャパシタ・スタックを充電します。出力電圧 V_{OUT} が設定値に近づくと、定電圧アンプが制御を引き継ぎ、必要に応じて充電電流を減らしてFBピンの電圧を1.2Vの内部リファレンス電圧に等しい値に保ちます。PROGピンの電流は常に充電電流の約1/1000なので、定電圧アンプが制御状態のときでも、PROGピンの電圧は引き続き実際の充電電流の目安になります。

充電電流プロファイル・モード(通常モード)

FBピンを入力電圧 V_{IN} に短絡すると、LTC4425は充電電流プロファイル・モードになります。この動作モードでは、定電圧アンプが内部でデイスエーブルされますが、充電電流は外付けの R_{PROG} 抵抗によって引き続き設定されます。このチャージャは、入力-出力間電圧差($V_{IN}-V_{OUT}$)が750mVを上回ると、設定された充電電流の1/10を供給し、デバイス内部の

電力損失を制限します。 V_{OUT} が V_{IN} の250mV以内または V_{IN} に近い場合、この差動電圧が750mVから低下するにつれ、充電電流は最大設定値までリニアに増加します。 V_{OUT} がさらに上昇すると、チャージャFET両端の電圧が低くなりすぎて最大充電電流をサポートできなくなります。したがって、充電電流は徐々に減少し、チャージャFETはトライオード(抵抗性)領域の動作になります(図2を参照)。設定充電電流が2AでのチャージャFETの $R_{DS(ON)}$ は約50m Ω なので、 V_{OUT} が V_{IN} の約100mV以内の場合、FETは抵抗性(トライオード)領域になって充電電流は減少し始めます。

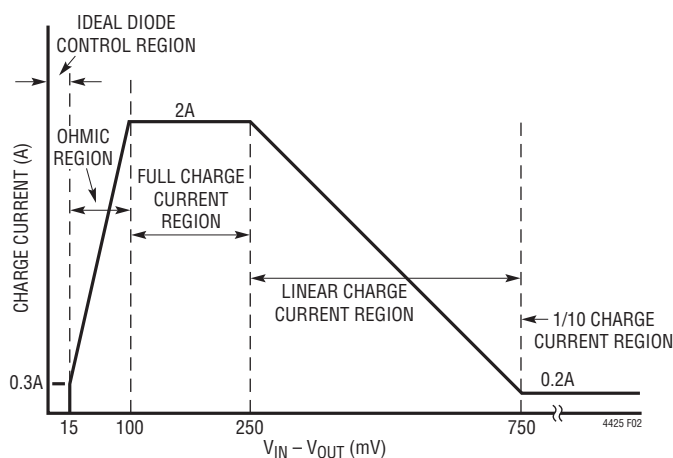


図2. 充電電流プロファイルの異なる領域

理想ダイオード・コントローラ

入力-出力間電圧差が15mVに近づくと、理想ダイオード・コントローラが定電流アンプから制御を引き継ぎ、チャージャFETのゲートを必要なだけプルアップすることにより、充電電流を減らしてFET両端の15mVの差分を維持します(図2を参照)。したがって、 V_{OUT} は V_{IN} より15mV低い電圧までしか充電できません。 V_{IN} が突然 V_{OUT} を下回ると、コントローラは短時間でFETをオフし、スーパーキャパシタから電源に逆流する電荷による充電損失を防止します。

動作

温度レギュレーション

どちらのモードも、内部電力損失によってダイ温度が 105°C に近づき始めると、温度レギュレータが充電電流を低減することによってダイ温度を約 105°C に制限します。温度レギュレーション状態でも、PROGピンは引き続き充電電流の目安になります。温度レギュレーションによってLTC4425は過度の温度から保護されるので、ユーザーはLTC4425や外付け部品を損傷することなく、所定の回路基板の電力処理能力の限界を押し上げることができます。この機能の別の利点として、ワーストケースの条件ではチャージャが自動的に充電電流を減らすという保証があるので、特定のアプリケーションに対して充電電流を(ワーストケースではなく)標準的周囲温度に従って設定することができます。

電圧クランプ回路

LTC4425には、スタックのどちらのスーパーキャパシタ両端の電圧も V_{CLAMP} の最大許容電圧に制限する回路が備わっています。SELピンによって選択可能な V_{CLAMP} に対して、2.45V または 2.7V の2つのプリセット電圧があります。SELピンは、2.45V の低い方の V_{CLAMP} 電圧に対してロジック“L”に設定し、2.7V の高い方の V_{CLAMP} 電圧に対してロジック“H”に設定します。ボトム・キャパシタ両端の電圧(つまり、 V_{MID} ピンの電圧)が最初に V_{CLAMP} に達すると、NMOS シャント・トランジスタがオンして、ボトム・キャパシタからGNDに電荷を流出し始めます。同様に、トップ・キャパシタ両端の電圧 V_{TOP} が最初に V_{CLAMP} 電圧に達すると、PMOS シャント・トランジスタがオンして、トップ・キャパシタからボトム・キャパシタに電荷を流出し始めます。

どちらのスーパーキャパシタ両端の電圧が V_{CLAMP} の 50mV 以内に達しても、トランスコンダクタンス・アンプが充電電流をリニアに低減し始めます。どちらかのシャント・デバイスがオンになるまでには、充電電流は設定値の 1/10 まで減少し、シャント・デバイスがオンである限りこの減少したレベルに保たれます。これは、シャント・デバイスが過度の熱によって損傷するのを防ぐためです。シャント・デバイスを制御するコンパレータには 50mV のヒステリシスがあります。つまり、どちらかのキャパシタ両端の電圧が 50mV だけ低下すると、シャント・デバイスがオフし、チャージャFETのゲートを制御する他のアンプによって制限される場合を除き、最大充電電流での通常充電が再開されます。両方のキャパシタが最大許容電圧 V_{CLAMP}

を超えると、メイン・チャージャFETが完全にオフし、両方のシャント・デバイスがオンします。両方のシャント・デバイスは実際に、チャージャFETを流れる電流より多くの電流を確実にシャントする電流ミラーになります。

リーク・バランス回路

LTC4425は、中間点(つまり、 V_{MID} ピンの電圧)を出力電圧 V_{OUT} のちょうど半分にサーボ制御するリーク・バランス・アンプ(LBA)を内蔵しています。ただし、このアンプのソース機能とシンク機能は約 1mA と非常に限られています。このアンプはリーク電流によるスーパーキャパシタのわずかな不整合に対応するように設計されたものであり、欠陥による大きな不整合を補正するには設計されていません。入力が存在する限り、このバランスだけがアクティブ状態です。内部バランスにより、外付けバランス抵抗が不要になります。

短絡電流制限

PROGピンがGNDに短絡すると、LTC4425はPROGピンの電流を約 3mA に制限することにより、最大充電電流を約 3A に制限します。短絡状態の間、スーパーキャパシタのうちの1つが最大許容電圧 V_{CLAMP} の 50mV 以内に近づくと、電流制限フォールドバック回路が短絡電流の制限値を最大値の約 1/10(つまり、約 300mA)に低減します。

電源状態モニタ

LTC4425は、入力パワーフェイル・コンパレータ(PFC)を備えており、PFIピンを介して入力電圧 V_{IN} をモニタします。いつでも、 V_{IN} が外部設定可能な特定のしきい値を下回ると、オープンドレイン出力 PFO を“L”に引き下げることによって低電圧状態を知らせます。この低電圧しきい値は、 V_{IN} ピンと PFI_{RET} ピンの間に外付け抵抗分割器ネットワーク (R_{PF1} と R_{PF2} で構成される)を接続することによって設定されます。デバイスがイネーブルされると、低 $R_{\text{DS(ON)}}$ (約 13Ω) の内部プルダウン・トランジスタが R_{PF2} の下側を引き下げます。つまり、 PFI_{RET} ピンがGNDに接続されて分割器ネットワークが完結します。デバイスがデイスエーブルされると、このトランジスタは R_{PF2} をGNDから開放するので、分割器ネットワークによって流れる電流が節約されます。パワーフェイル・コンパレータにはフィルタが内蔵されており、 $10\mu\text{s}$ 未満の電源トランジェント・グリッチのをすべて除去します。

動作

出力状態モニタ

LTC4425にはコンパレータが内蔵されており、出力電圧 V_{OUT} を常にモニタします。いつでも、 V_{OUT} が、LDOモード時に最終設定値の7.5%を下回るかまたは充電電流プロファイル・モード時に入力電圧 V_{IN} を250mV以上下回ると、コンパレータは同じオープンドレイン出力の \overline{PFO} を“L”に引き下げることによってパワーフェイル状態を知らせます。入力電圧と出力電圧の両方が少なくとも200msの間良好の場合、 \overline{PFO} ピンは高インピーダンスになるので、抵抗で任意の外部電源にプルアップしてパワーグッド状態を知らせることができます。通常モードでは、 \overline{PFO} が“H”になるまでは負荷が設定充電電流の1/10を超えないようにします。

V_{OUT} が V_{IN} より高いときの動作

ENピンが“H”に引き上げられ、 V_{IN} が V_{OUT} を下回るかまたはフロート状態の場合、電圧クランプ回路を含むほとんどの回路が動作状態を保っており、デバイスには出力のキャパシタから約20 μ Aが流れます。ただし、この状態では内部リーク・バランスはオフしています。

シャットダウン・モード

LTC4425は、ENピンを“L”に引き下げることによってシャットダウンさせることができます。シャットダウン・モードでは、動作状態の回路はほとんどなく、電源が接続されていない場合、電源や出力コンデンサからデバイスに流れる電流は3 μ A未満です。

充電電流のソフト・スタート

LTC4425はソフトスタート回路を備えており、充電サイクル開始時の突入電流を最小限に抑えます。充電サイクルが開始されると、充電電流は約1msの時間をかけてゼロからフルスケールまで次第に増加します。このソフトスタートはPROGピンの電圧を監視することによってモニタすることができます。このため、起動時にトランジェント電流による電源への負荷が軽減されます。

サーマル・シャットダウン

LTC4425には、サーマル・レギュレータに加えてサーマル・シャットダウン回路が備わっています。何らかの理由でダイ温度が160°Cを超えると、デバイス全体がシャットダウンします。温度が約14°C下がって約146°Cになると、デバイスは通常動作を再開します。

アプリケーション情報

出力電圧の設定

LDOモードでは、LTC4425の出力電圧は次式のように、V_{OUT}ピンからFBピンを経由してGNDに接続した抵抗分割器を使用することにより、2.7VとV_{IN}の間の任意の電圧に設定できます。

$$V_{OUT} = V_{FB} \cdot (1 + R_{FB1}/R_{FB2})$$

ここで、V_{FB}は1.2Vです。図3を参照してください。

R_{FB}の標準値は40k～1Mの範囲です。抵抗を小さくしすぎると静止電流が大きくなる一方で、抵抗を大きくしすぎるとFBピンの容量と組み合わせられ、追加のポールが形成されてループが不安定になる可能性があります。

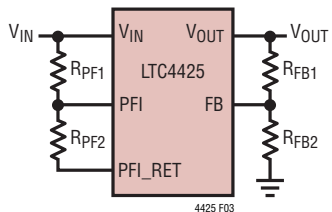


図3. パワーフェイル・コンパレータの出力電圧と入力しきい値の設定

パワーフェイル状態インジケータの入力電圧しきい値の設定

入力電圧(この値を下回るとパワーフェイル状態ピンPFOがパワーフェイル状態を示す)は次式のように、VINピンからPFIピンを経由してPFI_RETピンに接続した抵抗分割器を使用することによって設定できます。

$$V_{IN, PFO} = V_{PFI} \cdot (1 + R_{PF1}/R_{PF2})$$

ここで、V_{PFI}は1.2Vです。図3を参照してください。

R_{PF}の標準値は40k～1Mの範囲です。シャットダウン・モードでは、PFI_RETピンによってこの分割器ネットワークがグラウンドから切り離され、ネットワークによって流れる静止電流が節約されます。

充電電流の設定

LTC4425の充電電流は、PROGピンからグラウンドに接続された1本の抵抗を使って設定されます。V_{OUT}ピンからの充電電

流はPROGピンからの電流の1000倍です。設定抵抗と充電電流は以下の式を使って計算します。

$$R_{PROG} = 1000 \cdot (1V/I_{CHRG}), I_{CHRG} = 1000 \cdot (1V/R_{PROG})$$

ここで、I_{CHRG}はV_{OUT}ピンからの充電電流です。V_{OUT}ピンからの充電電流は、PROGピンの電圧をモニタして、次式を使用することによっていつでも求められます。

$$I_{CHRG} = 1000 \cdot (V_{PROG}/R_{PROG})$$

安定性に関する検討事項

LDOモードの場合、LTC4425スーパーキャパシタ・チャージャは、定電圧と定電流の基本的な2つの制御ループを持ちます。定電圧ループは、0.2F以上のスーパーキャパシタに接続すると安定します。ただし、スーパーキャパシタから切り離すと、電圧ループを安定させるため、500Ωの抵抗と直列接続した少なくとも10μFの容量が必要になります。

定電流モードでは、V_{OUT}ピンの電圧ではなくPROGピンの電圧が帰還ループを構成します。このピンの容量によって追加のポールが生じるため、PROGピンの容量を最小に保つ必要があります。PROGピンに追加の容量がない場合、最大100kまでの設定抵抗でチャージャは安定します。ただし、このノードに追加の容量がある場合、設定抵抗の最大許容値は小さくなります。PROGピンのポール周波数は100kHzより高く保ちます。したがって、PROGピンに容量C_{PROG}が付加される場合、次式を使ってR_{PROG}の最大抵抗値を計算します。

$$R_{PROG} \leq 1/(2\pi \cdot 100kHz \cdot C_{PROG})$$

基板レイアウトに関する検討事項

あらゆる条件において最大負荷電流を供給できるようにするためには、LTC4425の2つのパッケージ裏面の露出した金属パッドのPC基板のグラウンドへの適切な熱的接触が不可欠です。2500mm²の1オンス両面銅箔基板に正しく半田付けすると、DFNパッケージの熱抵抗は約43°C/Wになります。パッケージ裏面の露出パッドと銅箔基板間の熱的接触が良くなると、43°C/Wよりはるかに大きな熱抵抗になります。

アプリケーション情報

サーマル・レギュレータによる充電電流の低減

内部電力損失によって生じる過度の発熱に対してデバイスを保護するため、LTC4425は、自動的に充電電流を低減して105°Cの最大ダイ温度を維持するサーマル・レギュレータを備えています。静止電流を無視すると、電力損失は次式で概算できます。

$$P_D = (V_{IN} - V_{OUT}) \cdot I_{CHRG}$$

θ_{JA} を熱抵抗とし、 T_A を周囲温度とすると、ダイ温度は次のように計算できます。

$$T_{DIE} = T_A + P_D \cdot \theta_{JA}$$

デバイスが温度レギュレーション状態の場合、ダイ温度は105°Cで、所定の V_{IN} と V_{OUT} での充電電流は次式によって求めることができます。

$$I_{CHRG} = \frac{105 - T_A}{(V_{IN} - V_{OUT}) \cdot \theta_{JA}}$$

たとえば、DFNパッケージのLTC4425をLDOモードで使って、25°Cの室温で5V電源から放電しきったスーパーキャパシタ・スタック($V_{OUT} = 0V$)を充電する場合、最初の充電電流はほぼ次の値に制限されます。

$$I_{CHRG} = \frac{105^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}}{(5 - 0)V \cdot 43^\circ\text{C}/\text{W}} = \frac{80^\circ\text{C}}{215^\circ\text{C}/\text{A}} = 372\text{mA}$$

出力電圧が上昇するにつれ、定電流ループが制御されている限り、充電電流はPROGピンの抵抗によって設定される最大充電電流まで徐々に増加します。LTC4425が2Aの充電電流になるように設定されている場合、デバイスが最大充電電流を供給する出力電圧は次式によって求めることができます。

$$V_{OUT} = V_{IN} - \frac{105 - T_A}{I_{CHRG} \cdot \theta_{JA}}$$

最大充電電流を求めるのに前の例を使用する場合、出力電圧は少なくとも以下の値まで上昇する必要があります。

$$V_{OUT} = 5V - \frac{(105 - 25)^\circ\text{C}}{2A \cdot 43^\circ\text{C}/\text{W}} = 5V - \frac{80^\circ\text{C}}{86^\circ\text{C}/\text{V}} = 4.07V$$

FBピンをGNDに短絡することによって充電電流プロファイルがオフし、温度レギュレーションによって充電電流が制限されているときの充電電流と出力電圧のグラフを図4に示します。

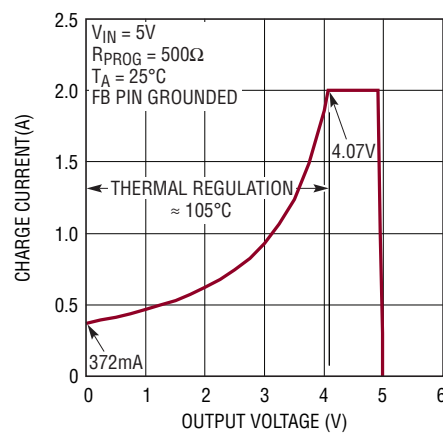


図4. 温度レギュレーション(LDOモード)時の充電電流と出力電圧

1個のスーパーキャパシタの充電

LTC4425は、図5に示すように、100 μF の最小容量の2個の整合した直列接続セラミック・コンデンサをスーパーキャパシタと並列接続することにより、1個のスーパーキャパシタの充電に使用することもできます。スーパーキャパシタのメーカーの詳細については表1を参照してください。

表1. スーパーキャパシタのメーカー

CAP-XX	www.cap-xx.com
NESS CAP	www.nesscap.com
Maxwell	www.maxwell.com
Bussmann	www.cooperbussmann.com
AVX	www.avx.com
Illinois Capacitor	www.illcap.com
Tecate Group	www.tecategroup.com

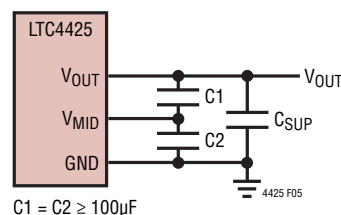
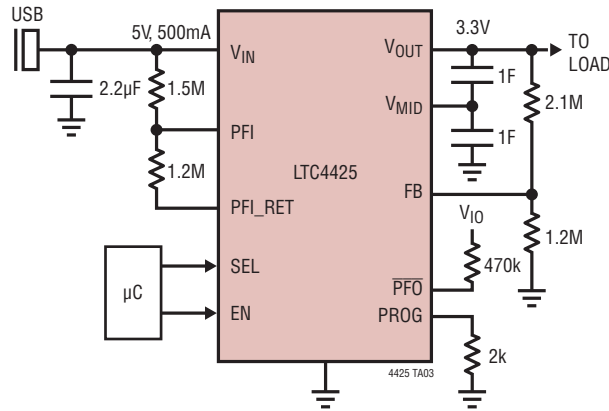


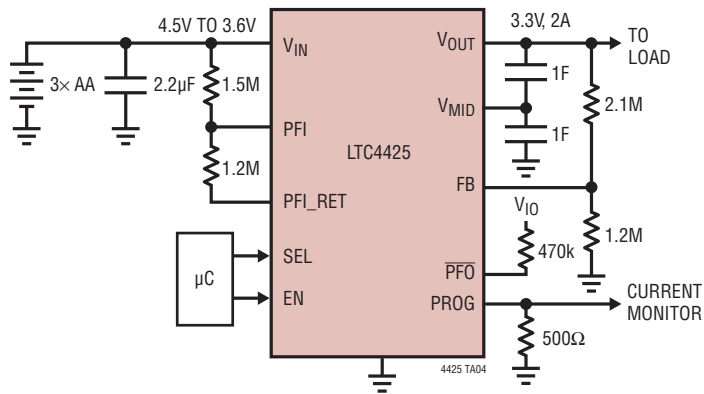
図5.1個のスーパーキャパシタの充電

標準的応用例

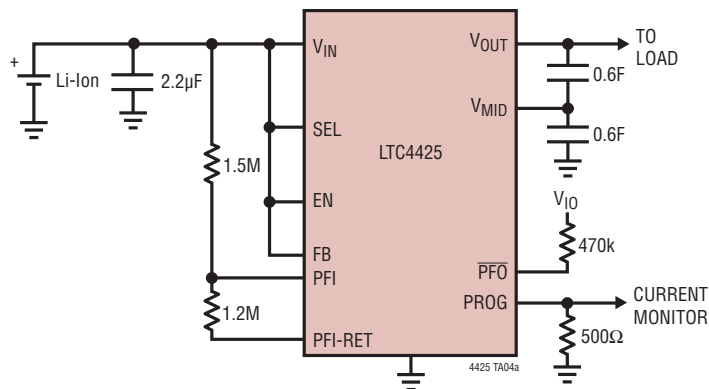
USBからの3.3V高ピーク電力充電



3個のAAアルカリ電池からの3.3V高ピーク電力充電

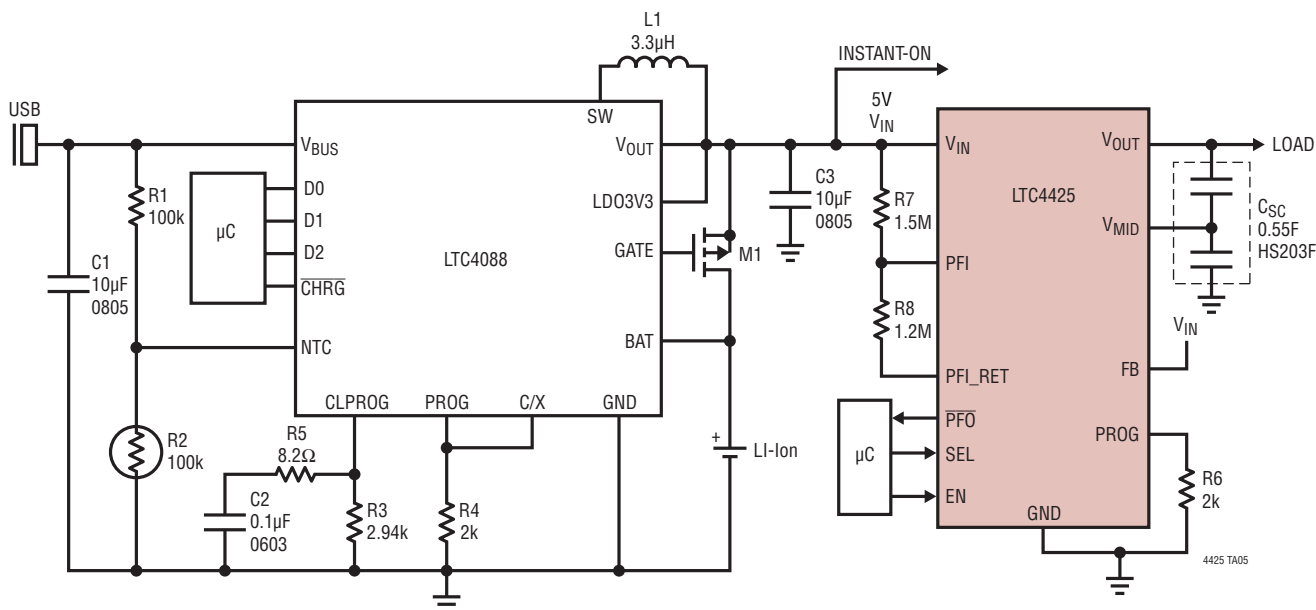


リチウムイオン高ピーク電力バッテリー・バッファ



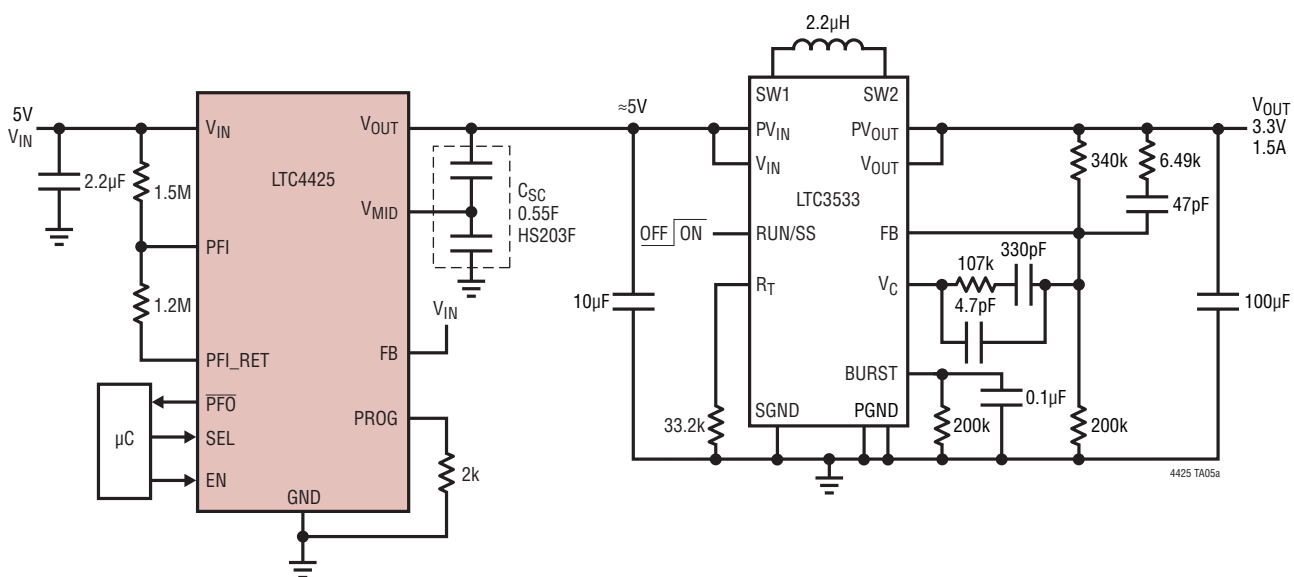
標準的応用例

Power Path 制御を使った大電流の USB 充電



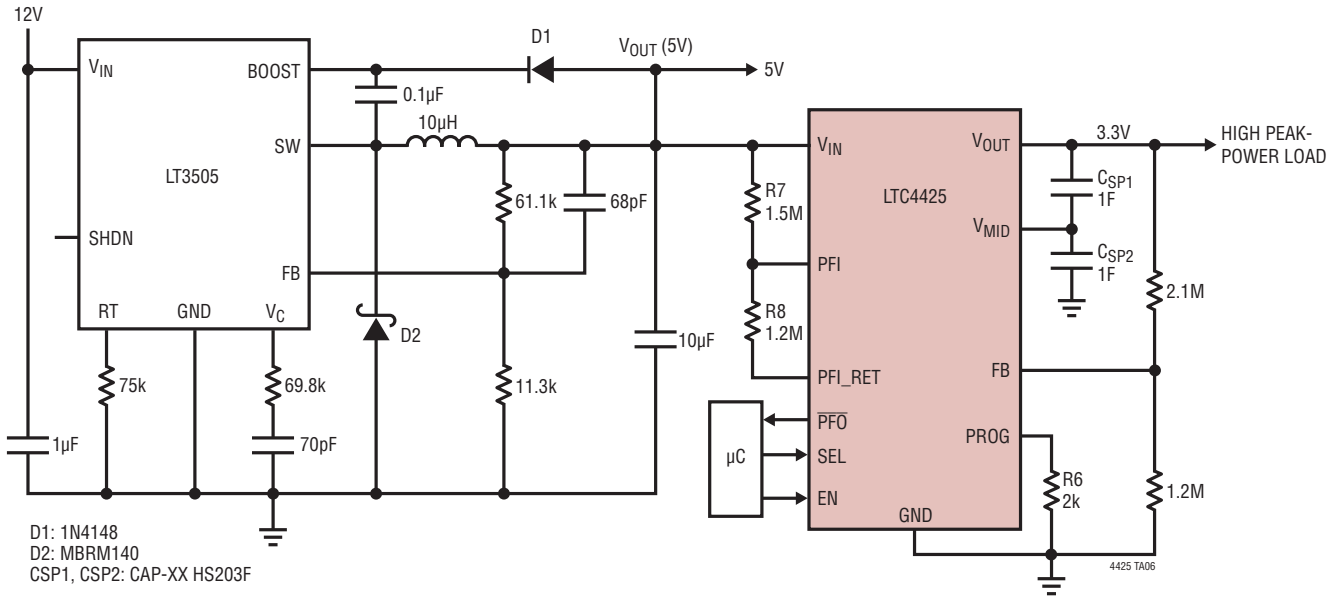
- L1: COILCRAFT LPS4018-332MLC
- M1: SILICONIX Si2333
- R2: VISHAY-DALE NTHS0603N011-N1003F
- C1, C3: MURATA GRM21BR61A106KE19
- C2: MURATA GRM188R71C104KA01
- C5C: CAP-XX HS203F

3.3Vピーク電力/バックアップ電源

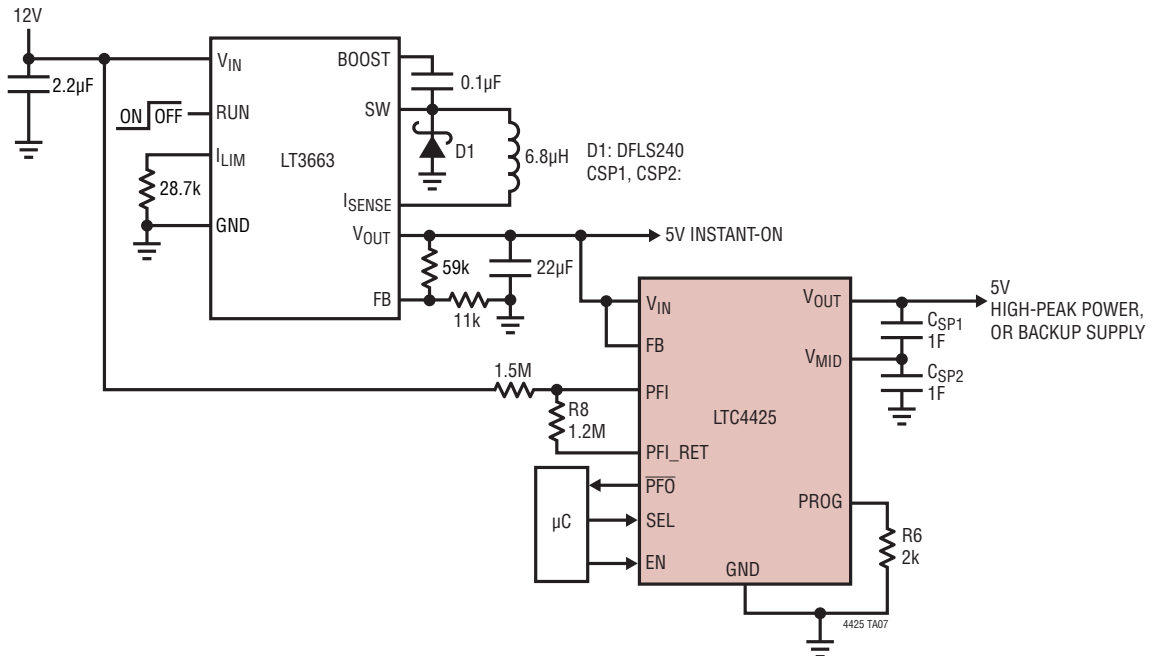


標準的応用例

12Vから5V/3.3Vの高ピーク電源

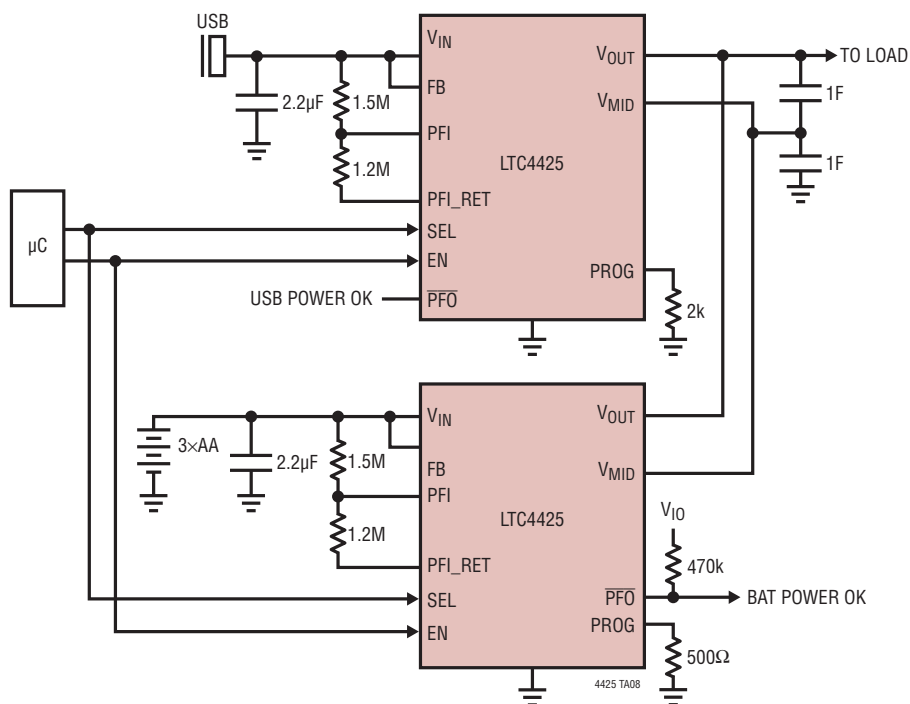


12V入力5V出力、入力電圧モニタ付き



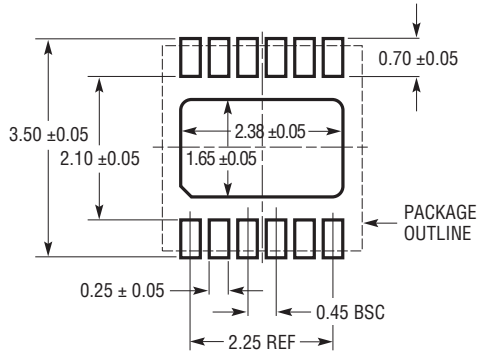
標準的応用例

高ピーク電力冗長バッテリー電源

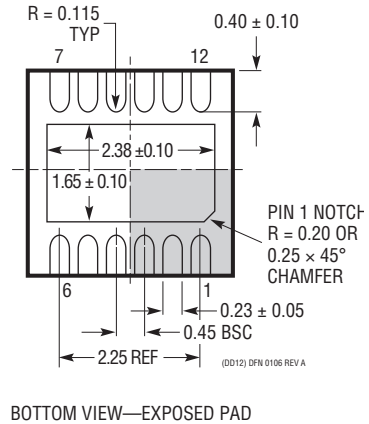
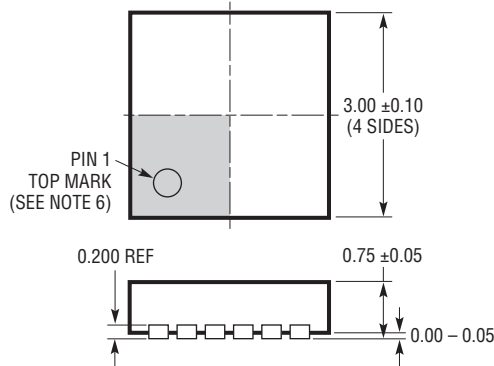


パッケージ

DD パッケージ 12ピン・プラスチック DFN (3mm×3mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1725 Rev A)



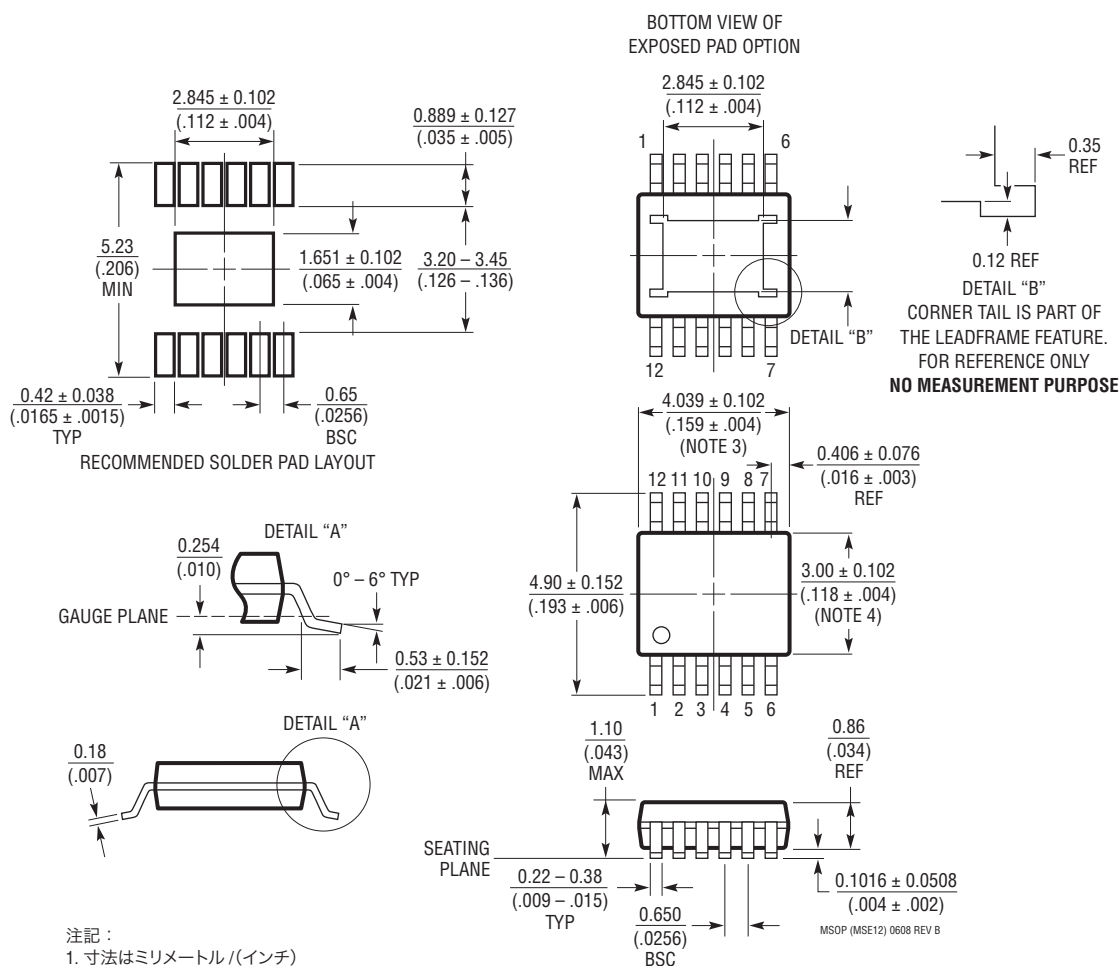
RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS
APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED



- 注記:
1. 図は JEDEC のパッケージ外形ではない
 2. 図は実寸とは異なる
 3. 全ての寸法はミリメートル
 4. 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
 5. 露出パッドおよびタイバーは半田メッキとする
 6. 灰色の部分はパッケージのトップとボトムのパイン 1 の位置の参考に過ぎない

パッケージ

MSE パッケージ
 12ピン・プラスチックMSOP、露出ダイ・パッド
 (Reference LTC DWG # 05-08-1666 Rev B)

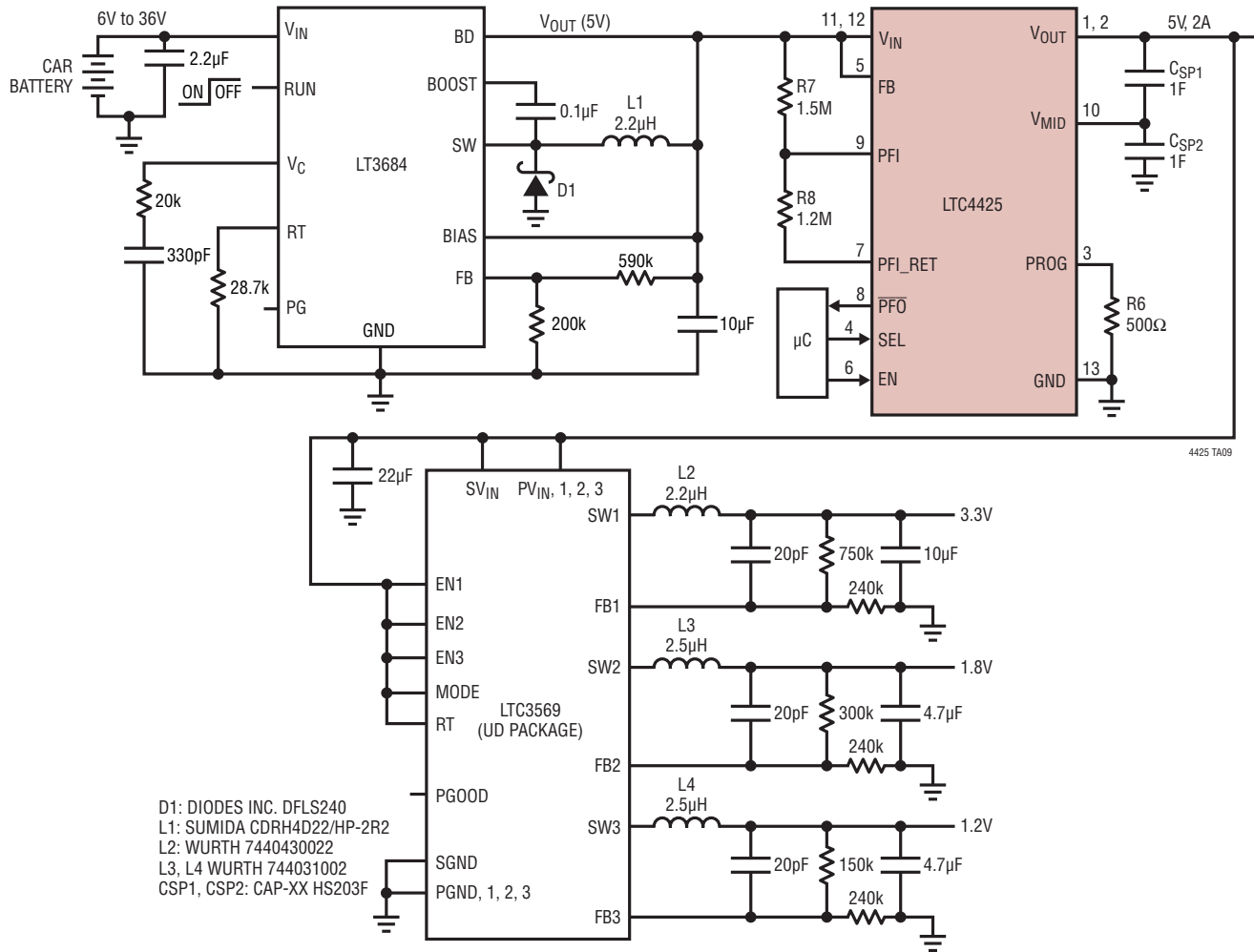


注記:

1. 寸法はミリメートル/(インチ)
2. 図は実寸とは異なる
3. 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 0.152mm ($0.006''$) を超えないこと
4. 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 0.152mm ($0.006''$) を超えないこと
5. リードの平坦度(整形後のリードの底面)は最大 0.102mm ($0.004''$) であること

標準的応用例

車載バックアップ・コントローラ



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3225-1 LTC3225	150mA スーパーキャパシタ・チャージャ	直列に接続された2個のスーパーキャパシタを固定出力電圧 (4.8V/5V/3Vを選択可能)に充電するように設計された、プログラム可能なスーパーキャパシタ・チャージャ
LT3485-0/LT3485-1/ LT3485-2/LT3485-3	1.4A/0.7A/1A/2A フォトフラッシュ・コンデンサ・チャージャ、出力電圧モニタおよび IGBT 付き	V _{IN} : 1.8V ~ 10V、充電時間: LT3485-0の場合 3.7秒 (0V から 320V、100µF、V _{IN} = 3.6V)、I _{SD} < 1µA、3mm×3mm 10ピン DFN パッケージ
LT3750	コンデンサ充電コントローラ	あらゆるサイズのコンデンサを充電、10ピン MS パッケージ
LT3751	レギュレーション付きのコンデンサ・コントローラ	あらゆるサイズのコンデンサを充電、4mm×5mm QFN-20 パッケージ