

## モノリシック4A高電圧 1セル・リチウムイオン・ バッテリー・チャージャ

### 特長

- 広い入力電圧範囲: 最大32V (絶対最大定格: 40V)
- プログラム可能な充電電流: 最大4A
- 充電終了を選択可能: C/10または内部終了タイマ
- 動的な充電レート設定/ソフトスタート
- プログラム可能な入力電流制限
- フロート電圧精度: 0.5%
- 充電電流精度: 7.5%
- C/10検出精度: 4%
- NTC抵抗による温度モニタ
- フロート電圧の97.5%で自動再充電
- フロート電圧の70%未満で自動プリコンディショニング
- 自動リセット付きの不良バッテリー検出
- 平均電流モード、同期整流式スイッチャ
- ユーザーがプログラム可能な周波数
- 高さの低い(0.75mm)5mm×6mmの36ピンQFNパッケージ

### アプリケーション

- 産業用ハンドヘルド計測器
- 12V～24Vの車載機器および重機
- デスクトップ据置型チャージャ
- ノートブック・コンピュータ

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。PowerPathはリニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

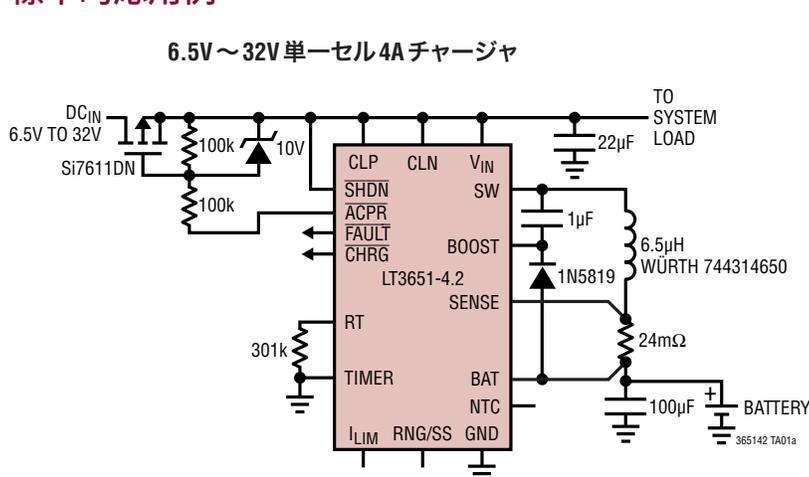
### 概要

LT<sup>®</sup>3651は、最大32Vの入力電圧で動作する4Aの1セル・リチウムイオン/ポリマー・バッテリー・チャージャです。高効率のモノリシック平均電流モード同期整流式スイッチング・レギュレータが定電流/低電圧充電を行い、最大充電電流が設定可能です。バッテリーが挿入されるか、あるいはバッテリー電圧がフロート電圧から2.5%低下すると、充電サイクルが開始されます。充電終了方式は充電電流または内部安全タイマのタイムアウトのいずれかを選択可能です。充電電流が設定された最大電流の10分の1 (C/10) まで減少すると、充電が終了します。タイマによる充電終了は通常は3時間に設定されていますが、ユーザーが設定することも可能です(タイムアウトまではC/10を下回っても充電を継続します)。充電が終了すると、LT3651は消費電流85μAのスタンバイ・モードになります。

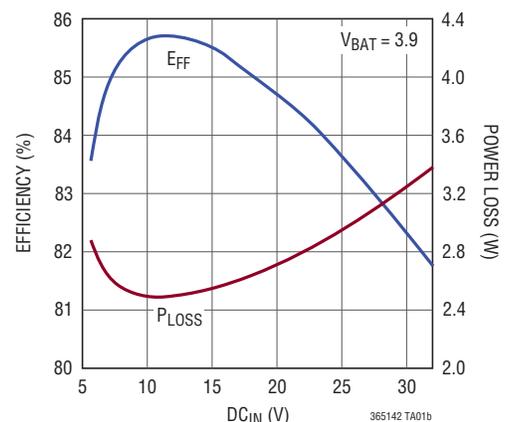
LT3651はいくつかの安全機能を備えています。放電したバッテリーは、小さなトリクル充電電流でプリコンディショニングされ、バッテリーが応答しない場合は、信号を出します。また、サーミスタがバッテリー温度をモニタし、バッテリー温度が範囲を外れると、充電が停止されます。ダイ温度が高くなりすぎると、充電電流が低減されます。また、一定の入力電流を維持して過度の入力負荷を防ぐ場合も、充電電流が低減されます。

LT3651は5mm×6mm 36ピンQFNパッケージで供給されます。

### 標準的応用例



効率、電力損失とV<sub>IN</sub>



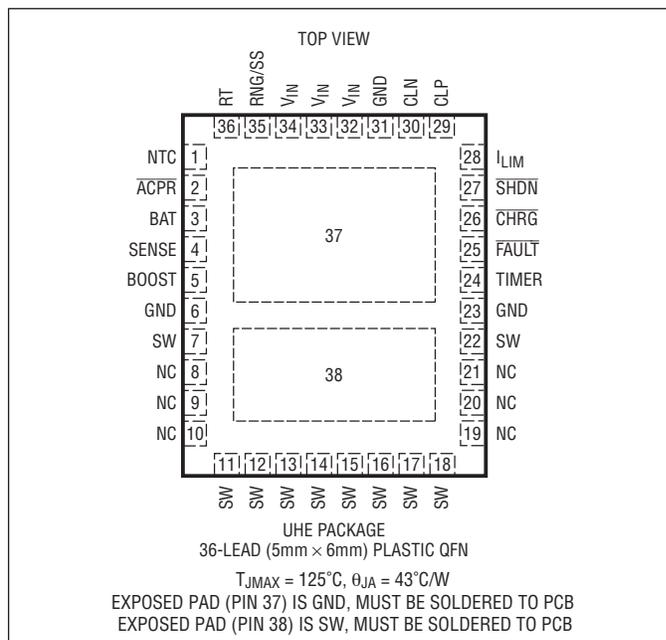
# LT3651-4.1/LT3651-4.2

## 絶対最大定格

(Note 1)

$V_{IN}$ .....	40V
CLN、CLP、SHDN、CHRG、 FAULT、ACPR .....	$V_{IN} + 0.5V$ : 最大 40V
CLP – CLN .....	$\pm 0.5V$
SW .....	40V
SW – $V_{IN}$ .....	4.5V
BOOST .....	SW + 10V: 最大 50V
SENSE、BAT .....	10V
SENSE-BAT .....	-0.5V ~ 0.5V
TIMER、RNG/SS、 $I_{LIM}$ 、NTC、RT .....	2.5V
動作接合部温度範囲 (Note 2、3) .....	-40°C ~ 125°C
保存温度範囲 .....	-65°C ~ 150°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
LT3651EUHE-4.1#PBF	LT3651EUHE-4.1#TRPBF	365141	36-Lead (5mm × 6mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C
LT3651IUHE-4.1#PBF	LT3651IUHE-4.1#TRPBF	365141	36-Lead (5mm × 6mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C
LT3651EUHE-4.2#PBF	LT3651EUHE-4.2#TRPBF	365142	36-Lead (5mm × 6mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C
LT3651IUHE-4.2#PBF	LT3651IUHE-4.2#TRPBF	365142	36-Lead (5mm × 6mm) Plastic QFN	-40°C to 125°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。非標準の鉛仕上げの製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。  
テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値 (Note 2)。 $V_{IN} = 20\text{V}$ 、 $\overline{\text{SHDN}} = 2\text{V}$ 、 $\text{SENSE} = \text{BAT} = V_{\text{BAT(FLT)}}$ 、 $C_{\text{TIMER}} = 0.68\mu\text{F}$ 、 $R_T = 50\text{k}$ 、 $\text{CLP} = \text{CLN} = V_{IN}$ 、 $\text{BOOST} - \text{SW} = 4\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{IN}$ Operating Range		●	6.5		32	V
$V_{IN}$ OVLO Threshold	$V_{IN}$ Rising		32	35	40	V
$V_{IN}$ OVLO Hysteresis				1.1		V
$V_{IN}$ UVLO Threshold	$V_{IN}$ Rising	●		4.6	4.8	V
$V_{IN}$ UVLO Hysteresis				0.2		V
Battery Float Voltage, $V_{\text{BAT(FLT)}}$	LT3651-4.1	●	4.08 4.05	4.1	4.12 4.14	V
	LT3651-4.2	●	4.18 4.16	4.2	4.22 4.24	V
Battery Recharge Voltage Hysteresis	Threshold Voltage Relative to $V_{\text{BAT(FLT)}}$			-105		mV
Battery Precondition Threshold Voltage, $V_{\text{BAT(PRE)}}$	LT3651-4.1 $V_{\text{BAT}}$ Rising LT3651-4.2 $V_{\text{BAT}}$ Rising			2.85 2.9		V V
Battery Precondition Threshold Hysteresis	Threshold Voltage Relative to $V_{\text{BAT(PRE)}}$			70		mV
Operating $V_{IN}$ Supply Current	CC/CV Mode, Top Switch On, $I_{\text{SW}} = 0\text{A}$ Standby Mode Shutdown ( $\overline{\text{SHDN}} = 0\text{V}$ )			8.6 85 17		mA $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
Top Switch On Voltage	$V_{IN} - V_{\text{SW}}$ , $I_{\text{SW}} = 4\text{A}$			480		mV
Bottom Switch On Voltage	$V_{\text{SW}}$ , $I_{\text{SW}} = 4\text{A}$			-140		mV
BOOST Supply Current	Switch High, $I_{\text{SW}} = 0\text{A}$ , $2.5\text{V} < (V_{\text{BOOST}} - V_{\text{SW}}) < 4.5\text{V}$			40		mA
BOOST Switch Drive	$I_{\text{BOOST}}/I_{\text{SW}}$ , $I_{\text{SW}} = 4\text{A}$			25		mA/A
Precondition Current Sense Voltage	$V_{\text{SENSE}} - V_{\text{BAT}}$ , $V_{\text{BAT}} = 2.5\text{V}$			14		mV
Input Current Limit Voltage	$V_{\text{CLP}} - V_{\text{CLN}}$ , $I_{\text{LIM}}$ Open	●	70	95	115	mV
CLP Input Bias Current				120		nA
CLN Input Bias Current				36		$\mu\text{A}$
$I_{\text{LIM}}$ Bias Current		●	43	50	57	$\mu\text{A}$
System Current Limit Programming Gain	$V_{\text{LIM}}/(V_{\text{CLP}} - V_{\text{CLN}})$ , $V_{\text{LIM}} = 0.5\text{V}$			11.5		V/V
Maximum Charge Current Sense Voltage	$V_{\text{SENSE}} - V_{\text{BAT}}$ , $V_{\text{BAT}} = 3.5\text{V}$ , $V_{\text{RNG/SS}} > 1.1\text{V}$	●	88	95	103	mV
C/10 Trigger Sense Voltage	$V_{\text{SENSE}} - V_{\text{BAT}}$	●	4.5	8.6	12.3	mV
BAT Input Bias Current	Charging Terminated			0.1	1	$\mu\text{A}$
SENSE Input Bias Current	Charging Terminated			0.1	1	$\mu\text{A}$
RNG/SS Bias Current		●	44	50	56	$\mu\text{A}$
Charge Current Limit Programming Gain	$V_{\text{RNG/SS}}/(V_{\text{SENSE}} - V_{\text{BAT}})$ , $V_{\text{RNG/SS}} = 0.5\text{V}$	●	8.5	10.8	12.5	V/V
NTC Range Limit (High)	$V_{\text{NTC}}$ Rising	●	1.25	1.36	1.45	V
NTC Range Limit (Low)	$V_{\text{NTC}}$ Falling	●	0.27	0.29	0.31	V
NTC Threshold Hysteresis	% of Threshold			10		%
NTC Disable Impedance	Minimum External Impedance to GND	●	150	470		k $\Omega$
NTC Bias Current	$V_{\text{NTC}} = 0.75\text{V}$	●	46.5	50	53.5	$\mu\text{A}$
Shutdown Threshold	$V_{\overline{\text{SHDN}}}$ Rising	●	1.15	1.20	1.23	V
Shutdown Hysteresis				95		mV
$\overline{\text{SHDN}}$ Input Bias Current				-10		nA
Status Low Voltage	$V_{\text{CHRG}}$ , $V_{\text{FAULT}}$ , $V_{\text{ACPR}}$ , Load = 10mA	●			0.45	V

# LT3651-4.1/LT3651-4.2

**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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値(Notes 2)。 $V_{IN} = 20\text{V}$ 、 $\overline{\text{SHDN}} = 2\text{V}$ 、 $\text{SENSE} = \text{BAT} = V_{\text{BAT(FLT)}}$ 、 $C_{\text{TIMER}} = 0.68\mu\text{F}$ 、 $R_T = 50\text{k}\Omega$ 、 $\text{CLP} = \text{CLN} = V_{IN}$ 、 $\text{BOOST} - \text{SW} = 4\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TIMER Charge/Discharge Current			25		$\mu\text{A}$
TIMER Disable Threshold		● 0.1	0.25		V
Full Charge Cycle Time-Out			3		Hour
Precondition Timeout			22.5		Minute
Timer Accuracy		● -13		13	%
Switcher Operating Frequency, $f_0$	$R_T = 50\text{k}\Omega$ $R_T = 250\text{k}\Omega$		1.1 250		MHz kHz
Minimum SW On-Time, $t_{ON(\text{MIN})}$			150		ns

**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:** LT3651は $T_J$ が $T_A$ に等しいパルス負荷条件でテストされる。LT3651Eは、 $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の接合部温度で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ 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的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT3651Iは $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の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( $T_J$  ( $^\circ\text{C}$ ))は周囲温度( $T_A$  ( $^\circ\text{C}$ ))および電力損失( $P_D$  (W))から次式に従って計算される。

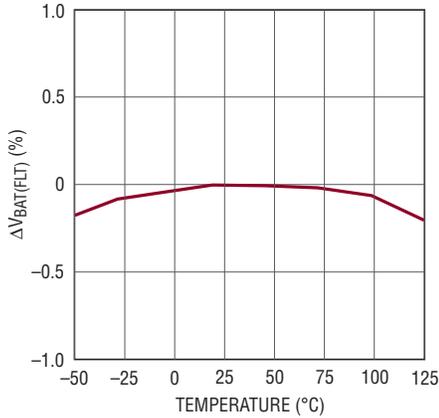
$$T_J = T_A + P_D \cdot \theta_{JA}$$

ここで、 $\theta_{JA}$  ( $^\circ\text{C}/\text{W}$ )はパッケージの熱インピーダンスです。

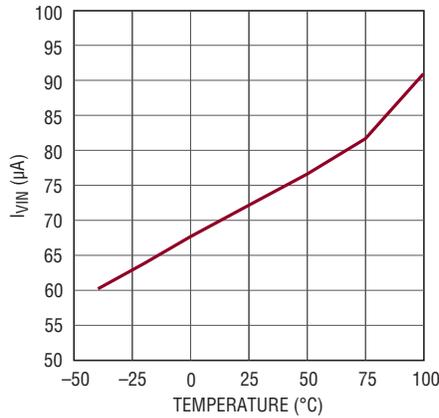
**Note 3:** このデバイスは短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能を備えている。この保護機能が動作しているときは、接合部温度が最大定格を超えている。規定された絶対最大動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なうか、またはデバイスに永続的損傷を与える恐れがある。

標準的性能特性

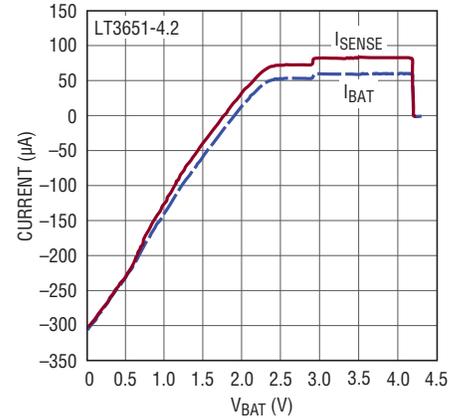
バッテリー・フロート電圧と温度



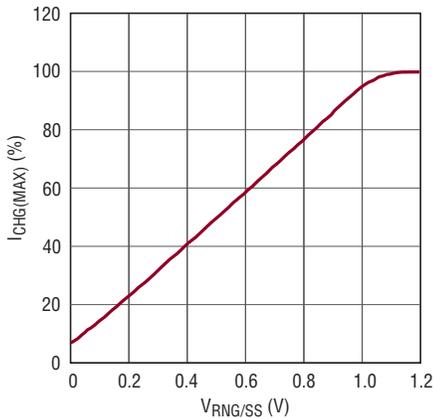
$V_{IN}$  のスタンバイ・モード電流と温度



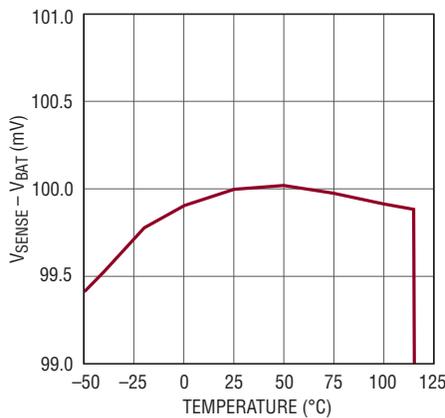
SENSE/BAT ピン電流と BAT 電圧、 $V_{SENSE} = V_{BAT}$



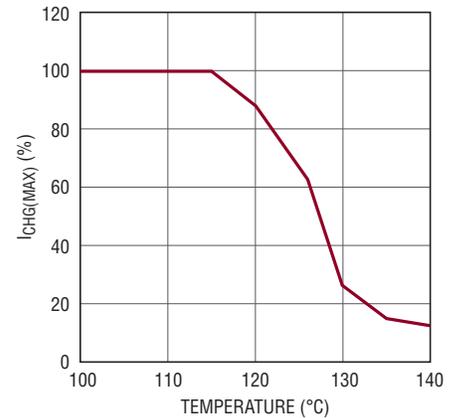
設定された  $I_{CHG(MAX)}$  に対する割合で表した最大充電電流と  $V_{RNG/SS}$



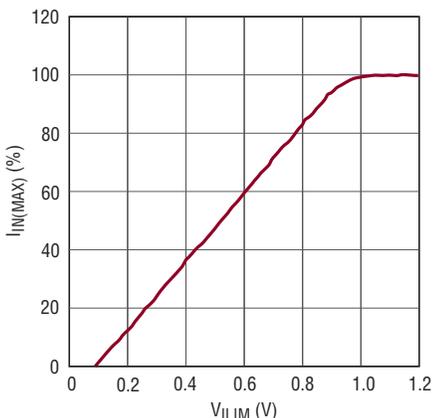
$I_{MAX}$  電流制限 ( $V_{SENSE} - V_{BAT}$ ) と温度



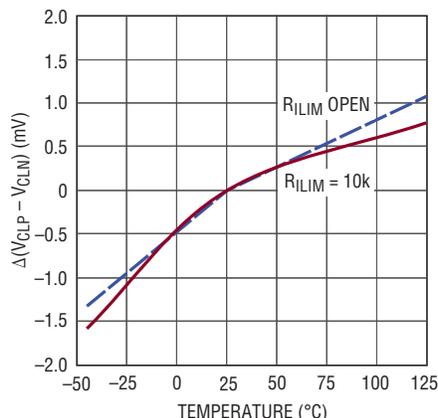
設定された  $I_{CHG(MAX)}$  に対する割合で表したサーマル・フォールドバック充電電流と温度



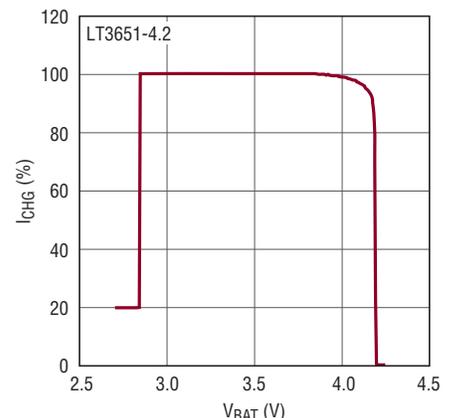
設定された  $I_{IN(MAX)}$  に対する割合で表した最大入力電流と  $V_{ILIM}$



入力電流制限電圧しきい値と温度



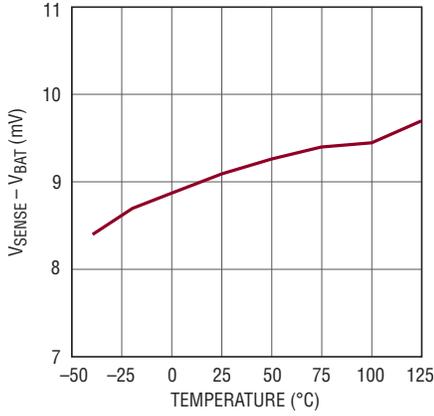
設定された  $I_{CHG(MAX)}$  に対する割合で表した充電電流と  $V_{BAT}$



# LT3651-4.1/LT3651-4.2

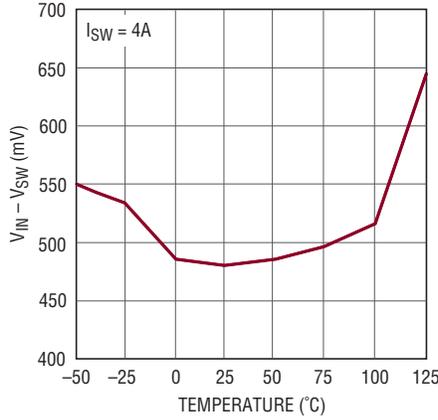
## 標準的性能特性

C/10 スレッシュヨルド ( $V_{SENSE} - V_{BAT}$ ) と温度



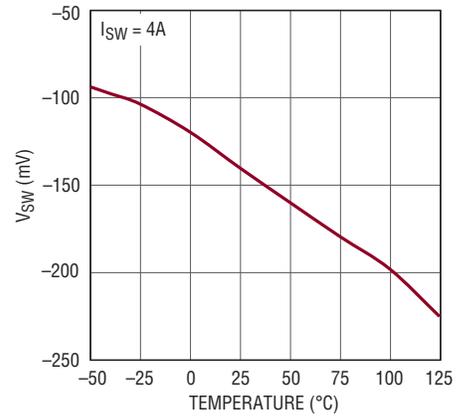
365142 G10

トップサイド・スイッチの  $V_{ON}$  と温度



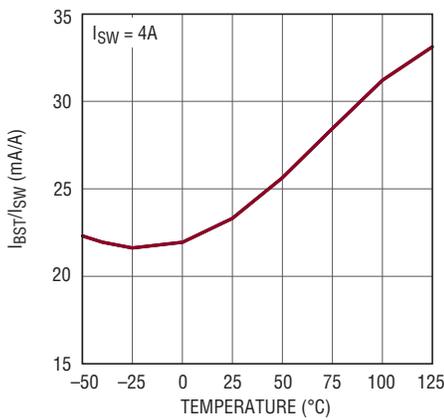
365142 G11

ボトムサイドの  $V_{ON}$  と温度



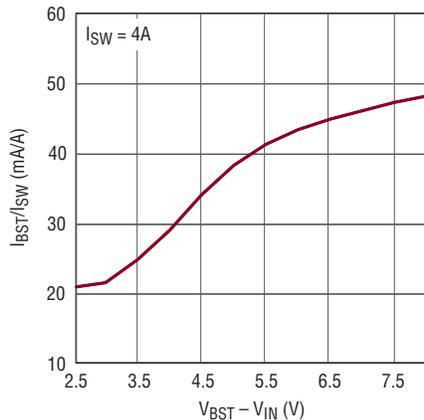
365142 G12

スイッチ駆動 ( $I_{BST}/I_{SW}$ ) と温度



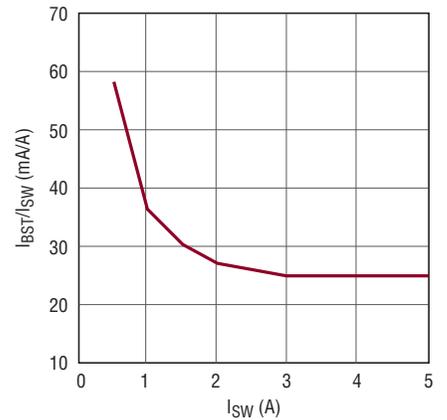
365142 G13

BOOST 駆動と BOOST 電圧



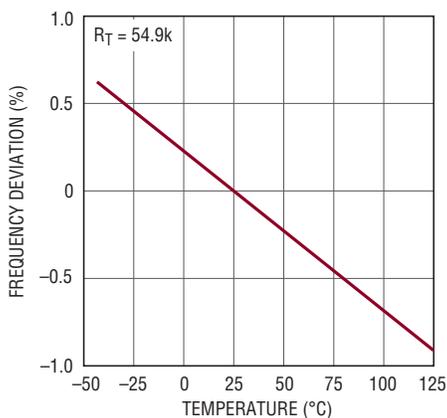
365142 G14

BOOST スイッチ駆動とスイッチ電流



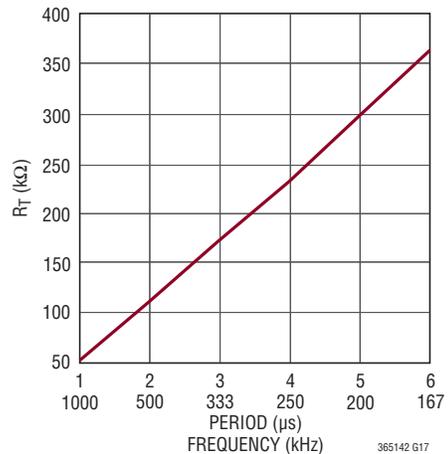
365142 G15

発振器周波数と温度



365142 G16

タイマ抵抗 ( $R_T$ ) と周期/周波数



365142 G17

365142ff

## ピン機能

**NTC (ピン1) :** バッテリ温度モニタ・ピン。このピンは、バッテリー温度のモニタに使用されます。通常は、 $10\text{k}\Omega$ のNTC(負温度係数)サーミスタ(B = 3380)がバッテリーと共に組み込まれて、NTCピンからグラウンドに接続されます。このピンは $50\mu\text{A}$ を抵抗にソースして、サーミスタの両端の電圧をモニタし、この電圧に基づいて充電を安定化します。この機能を望まないなら、NTCピンは未接続のままにします。

**ACPR (ピン2) :** オープンコレクタ AC 存在状態ピン。このピンは、電流をシンクして、 $V_{\text{IN}}$ が有効であり、チャージャがオンであることを示します。通常は、このピンに対してプルアップ抵抗が使用されます。このピンは、ディセーブル時に最大 $V_{\text{IN}}$ までの電圧に引き上げることができ、イネーブル時に最大 $10\text{mA}$ の電流をシンクすることができます。

**BAT (ピン3) :** バッテリ電圧モニタ・ピン。このピンは、バッテリー電圧をモニタします。このピンからバッテリーにケルピン接続し、デカップリング・コンデンサ( $C_{\text{BAT}}$ )をこのピンからグラウンドに接続します。

充電機能はこのピンが最終フロート電圧に到達するように動作します。自動リスタート機能は、BATピンの電圧がそのフロート電圧の2.5%下まで下がると新しい充電サイクルを開始します。充電サイクルが終了すると、BATピンの入力バイアス電流が $0.1\mu\text{A}$ 未満に減少し、チャージャが接続されたままになっている間バッテリーの放電を最小に抑えます。

**SENSE (ピン4) :** 充電電流検出ピン。このピンとBATピンの間に接続された検出抵抗( $R_{\text{SENSE}}$ )によって、充電電流がモニタされます。インダクタ電流が $R_{\text{SENSE}}$ を通してバッテリーに流れます。この抵抗の両端の電圧によって、平均充電電流が設定されます。最大平均充電電流( $I_{\text{MAX}}$ )は、検出抵抗の両端の $95\text{mV}$ に対応します。

**BOOST (ピン5) :** スイッチ駆動用のブートストラップ電源レールこのピンは、ハイサイド・スイッチ・トランジスタの飽和を促進します。 $1\mu\text{F}$ 以上のコンデンサを、BOOSTピンからSWピンに接続します。このピンは、 $2\text{V} \sim 4.5\text{V}$ の範囲で動作し、スイッチが“H”のときにSWピンで参照されます。デカップリング・コンデンサの電圧は、陽極をバッテリー出力電圧または外部ソースに接続し、陰極をBOOSTピンに接続した整流ダイオードを通してリフレッシュされます。

**GND (ピン6、23、31、37) :** グラウンド。これらのピンは、デバイスのグラウンド・ピンです。ピン31とピン37を、一緒に接続する必要があります。ピン6とピン23は、リードフレームを介して露出した裏面のピン37に接続します。良好な熱接続と電気接続を得るために、露出した裏面をPCBに半田付けします。

**SW (ピン7、11～18、22、38) :** スイッチ出力ピン。これらのピンは、チャージャ・スイッチの出力です。このピンとSENSEピンの間にインダクタを接続します。スイッチャが動作すると、インダクタは、ハイサイド・スイッチによって $V_{\text{IN}}$ から充電され、ボトムサイド・スイッチによってGNDに放電されます。良好な熱接続を得るために、露出した裏面のピン38をPCBに半田付けします。

**TIMER (ピン24) :** サイクル終了タイマのプログラミング・ピン。このピンからグラウンドに接続したコンデンサによって、最大充電サイクル終了時間が決まります。最大充電サイクル終了時間は、このコンデンサによって設定されます。3時間の充電サイクルは、 $0.68\mu\text{F}$ のコンデンサによって得られます。このタイマは、バッテリーが最大サイクルの1/8(充電サイクルが3時間の場合は22.5分)以内にプリコンディショニング・スレッシュホールド電圧に達しない場合に発生する不良バッテリー・フォルトの制御も行います。

タイマによる充電終了は、TIMERピンをグラウンドに接続することによってディスエーブルされます。タイマ機能がディスエーブルされていると、充電電流がC/10レート(最大充電レートの約10%)を下回ったときに充電が終了します。

**FAULT (ピン25) :** オープンコレクタ・フォルト状態出力。このピンはバッテリー充電サイクルの間、充電サイクルのフォルト状態を表示します。通常は、このピンに対してプルアップ抵抗が使用されます。この状態ピンは、ディスエーブル時に最大 $V_{\text{IN}}$ までの電圧に引き上げることができ、イネーブル時に最大 $10\text{mA}$ の電流をシンクすることができます。温度フォルトが生じるとこのピンは“L”に引き下げられます。終了するのに内部タイマが使われていると、不良バッテリー・フォルトによってもこのピンは“L”に引き下げられます。フォルト状態が存在しない場合、FAULTピンは高インピーダンスのままです。

## ピン機能

**CHRG (ピン26) :** オープンコレクタ・チャージャ状態出力。このピンは、バッテリーの充電状態を示します。通常は、このピンに対してプルアップ抵抗が使用されます。この状態ピンは、デイスエーブル時に最大  $V_{IN}$  までの電圧に引き上げることができ、イネーブル時に最大 10mA の電流をシンクすることができます。CHRG は、バッテリー充電サイクルの間“L”に引き下げられます。充電サイクルが終了すると、CHRG ピンは高インピーダンスになります。充電終了に内部タイマを使用した場合、このピンは、充電サイクルの間、充電電流が C/10 レート (最大充電レートの約 10%) を下回るまで“L”のままです。このピンは、温度フォルトが発生した場合にも“L”に引き下げられます。

**SHDN (ピン27) :** シャットダウン・ピン。このピンは、高精度 UVLO 機能に使用できます。このピンの電圧が 1.20V のしきい値を超えると、デバイスはイネーブルされます。このピンは、95mV の電圧ヒステリシスを備えています。シャットダウン・モードでは、全ての充電機能がデイスエーブルされます。SHDN ピンが 0.4V より下に引き下げられると、デバイスは低電流シャットダウン・モードに入り、 $V_{IN}$  ピンの電流は 17 $\mu$ A に減少します。SHDN ピンの標準入力バイアス電流は 10nA です。シャットダウン機能を使用しない場合は、このピンを  $V_{IN}$  に接続します。

**ILIM (ピン28) :** 入力電流制限設定。このピンは、システム入力電流制限を設定して動的に調整するために使用でき、ソフトスタート機能を適用するために使用できます。CLP と CLN の間に配置した入力電流検出抵抗の両端の最大電圧を設定することによって、このピンの電圧は、最大入力電流を設定します。

このピンの実効電圧範囲は 0V ~ 1V です。通常は、接地している抵抗 ( $R_{ILIM}$ ) に、このピンから 50 $\mu$ A がソースされます。 $V_{ILIM}$  は、入力電流検出抵抗の両端の最大電圧の約 11 倍を表します。 $R_{ILIM}$  を使用しない場合、デバイスは既定の最大入力電流に設定されます。

コンデンサ ( $C_{ILIM}$ ) を  $ILIM$  からグランドに接続して、入力電流のソフトスタート機能を実装できます。ソフトスタート・コンデンサとプログラミング抵抗を、並列に実装できます。

**CLP/CLN (ピン29/ピン30) :** 正と負のシステム電流制限入力。検出抵抗を入力電源から CLP ピンに接続し、検出抵抗を CLP ピンから CLN ピンに接続し、次に CLN を  $V_{IN}$  に接続することによって、システム電流レベルをモニタします。その後、CLN ピンからシステム負荷を供給できます。LT3651 は、設定された最大システム電流を維持するために必要な最大充電電流をサーボ制御します。システム電流制限は、 $I_{LIM}$  ピンの電圧と入力電流検出抵抗の関数として設定されます。この機能は、CLP、CLN、および  $V_{IN}$  を一緒に短絡することによってデイスエーブルされます。

**$V_{IN}$  (ピン32、33、34) :** チャージャの入力電源。これらのピンは LT3651 に電力を供給します。バッテリーの充電電流は、このピンに流れます。充電終了後、 $I_{VIN}$  は 100 $\mu$ A 未満になります。これらのピンは、一緒に接続します。

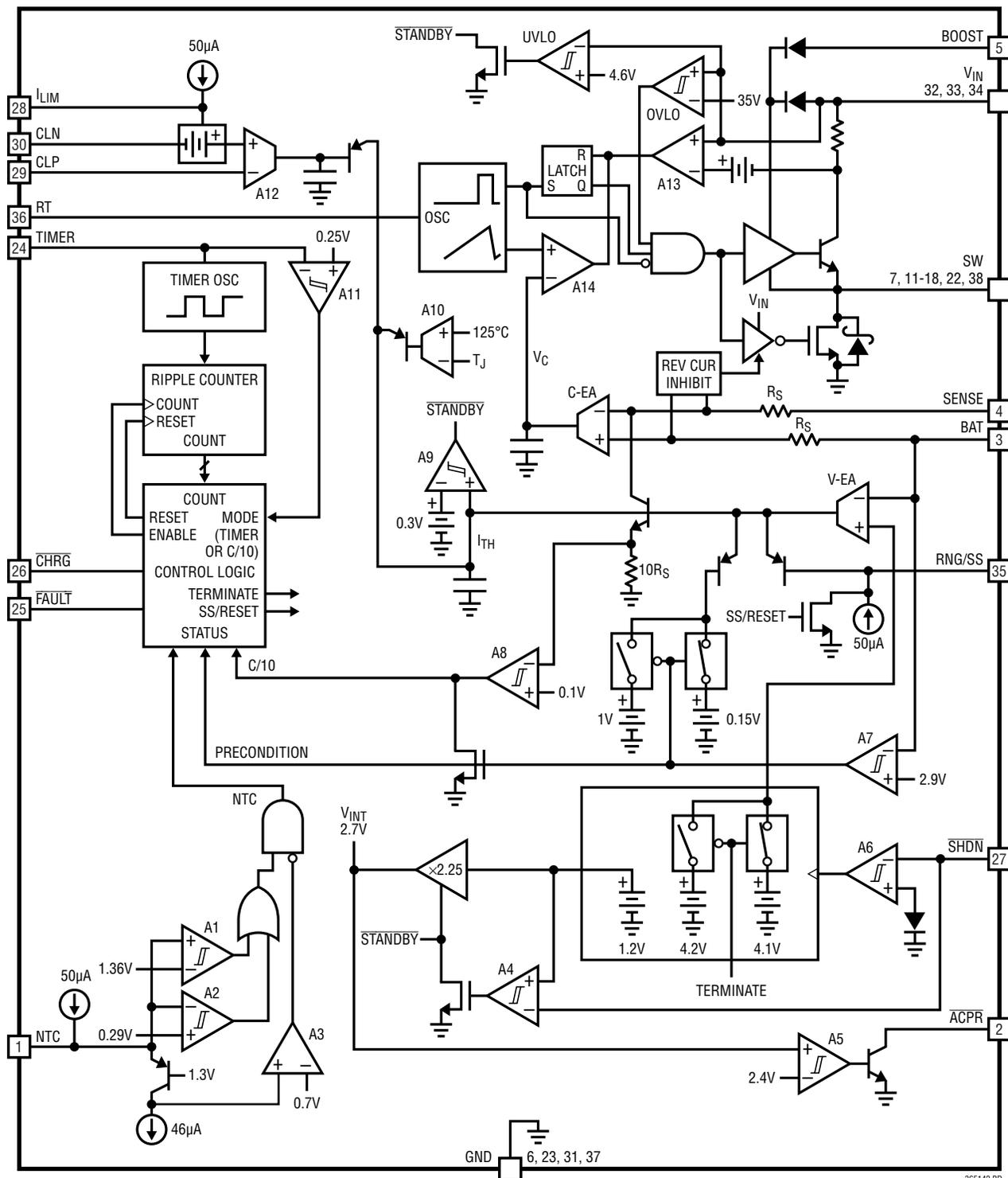
**RNG/SS (ピン35) :** 充電電流範囲およびソフトスタート・ピン。このピンは、最大充電電流を設定して動的に調整するために使用でき、ソフトスタート機能を適用するために使用できます。SENSE と BAT の間に配置した充電電流検出抵抗 ( $R_{SENSE}$ ) の両端の最大電圧を設定することによって、このピンの電圧は、最大充電電流を設定します。

このピンの実効電圧範囲は 0V ~ 1V です。通常は、接地した抵抗 ( $R_{RNG/SS}$ ) に、このピンから 50 $\mu$ A をソースします。 $V_{RNG/SS}$  は、充電電流検出抵抗の両端の最大電圧の約 10 倍を表します。 $R_{RNG/SS}$  を使用しない場合、デバイスは既定の最大充電電流に設定されます。

コンデンサ ( $C_{RNG/SS}$ ) を RNG/SS からグランドに接続することによって、充電電流のソフトスタート機能を実装できます。ソフトスタート・コンデンサとプログラミング抵抗を、並列に実装できます。フォルト状態の間、RNG/SS ピンは“L”に引き下げられ、 $C_{RNG/SS}$  を使用した場合、フォルトから緩やかに回復できます。

**RT (ピン36) :** スイッチャの発振器タイマ設定ピン。このピンからグランドに抵抗を接続することによって、スイッチャの発振器周波数を設定します。通常、この抵抗値は、 $f_{OSC}$  が 1MHz の場合 54.9k です。

ブロック図



$V_{BAT(FLT)}$ : 4.1V FOR LT3651-4.1, 4.2V FOR LT3651-4.2  
 $V_{BAT(FLT)} - V_{RECHRG}$ : 4.0V FOR LT3651-4.1, 4.1V FOR LT3651-4.2  
 $V_{BAT(PRE)}$ : 2.85V FOR LT3651-4.1, 2.9V FOR LT3651-4.2

365142 BD

## 動作

### 概要

LT3651は、幅広い入力電圧(最大32V)と高電流(最大4A)に対応する完全なリチウムイオン・バッテリー・チャージャです。定周波数と平均電流モードの同期整流式ステップダウン・スイッチャ・アーキテクチャにより、高い充電効率を実現します。

このチャージャは、電流のみによる充電終了とタイマ終了の両方を可能とし、定電流、定電圧(CC/CV)での充電を設定および制御可能にするために必要な回路を備えています。低スイッチ・ドロップのためにハイサイド・ドライバにブートストラップ電源を使用し、ローサイド(同期整流式)スイッチにMOSFETを使用するスイッチャによって、高い充電効率を実現します。

最大充電電流は、インダクタと直列に接続した外部検出抵抗によって設定し、RNG/SSピンを通して調整できます。総システム入力電流は、入力検出抵抗でモニタされ、バッテリー充電電流を安定化することによって、一定の入力電流の維持に使用されます。これは、 $I_{LIM}$ ピンを通して調整できます。

バッテリー電圧が低下すると、設定された電流の15%に自動的に充電電流が減少し、安全なバッテリーのプリコンディショニングを提供します。バッテリー電圧がバッテリーのプリコンディショニング・スレッシュホールドを超えて上昇すると、デバイスは、最大充電電流を設定された最大値に自動的に増やします。

充電電流が設定された最大充電電流の1/10に減少したときに、充電を終了することができます(C/10終了)。あるいは、内部のプログラム可能な充電サイクル制御タイマを使用することで、時間に基づいて充電を終了することもできます。タイマ終了を使用した場合、充電はC/10レベルを超えて継続し、バッテリーをトップオフ充電します。通常、充電は開始後3時間で終了します。タイマによる充電終了方式を使用した場合、不良バッテリー検出もサポートされます。最大充電サイクル時間の1/8を超える間、バッテリーがプリコンディショニング・モードになった場合、システム・フォルトが発生します。

充電が終了し、LT3651がアクティブに充電していないと、デバイスは自動的に低電流スタンバイ・モードに入り、電源バイアス電流は100 $\mu$ Aに減少します。バッテリー電圧が最大充電フ

ロート電圧から2.5%下がると、LT3651は自動的に充電サイクルを再開します。また、デバイスは、不良バッテリー・フォルト後、不良バッテリーが取り去られ、別のバッテリーで置き換えられると新しい充電サイクルを自動的に再開します。

充電の完了後、バッテリーに接続されたピンの入力バイアス電流が、最小バッテリー放電に減少します。

LT3651は、バッテリー温度モニタ回路を備えています。バッテリー温度は、バッテリーと共に配置されたNTCサーミスタを使用してモニタされます。バッテリー温度が安全な充電温度範囲0°C~40°Cを外れた場合、充電サイクルが一時停止して、フォルト状態を知らせます。

LT3651は2つのデジタル・オープンコレクタ出力を備えており、チャージャの状態とフォルト状態を知らせます。これらのバイナリコードのピンは、バッテリーの充電、スタンバイ、またはシャットダウンの各モード、バッテリー温度フォルト、および不良バッテリー・フォルトを知らせます。

シャットダウン・ピン( $\overline{SHDN}$ )で抵抗分割器を使用することで、高精度の低電圧ロックアウトが可能になります。デバイスがシャットダウンされると、入力電源電流は17 $\mu$ Aになります。

### 一般的な動作(ブロック図を参照)

LT3651は、平均電流モード制御ループ・アーキテクチャを使用して、平均充電電流を制御します。LT3651は、BATピンを介してチャージャの出力電圧を検出します。この電圧と内部フロート電圧リファレンスとの間の差分が、電圧エラーアンプ(V-EA)によって積分されます。このアンプの出力電圧( $I_{TH}$ )は、SENSEピンとBATピンの間に接続されたインダクタ検出抵抗( $R_{SENSE}$ )の両端の、目的の平均電圧に対応します。 $I_{TH}$ の電圧は、係数10によって分割されて、電流エラーアンプ(C-EA)の入力に対する電圧オフセットを提供します。加えられたこの電圧と電流検出抵抗の電圧との間の差分は、C-EAによって積分されます。その結果得られた電圧( $V_C$ )は、内部で発生するランプに対して比較される電圧を提供し、スイッチ・デューティ・サイクルを生成して、チャージャのスイッチを制御します。

## 動作

$I_{TH}$ のエラー電圧は、インダクタ電流検出抵抗の両端で検出される平均電流に線形に対応します。最大充電電流は、 $I_{TH}$ の最大電圧を1Vにクランプすることによって制御します。これは、最大電流検出電圧( $R_{SENSE}$ の両端の電圧)を95mVに制限し、最大充電電流を設定します。RNG/SSピンと $I_{LIM}$ ピンを通して、最大充電電流を操作できます(RNG/SS:動的充電電流調整、RNG/SS:ソフトスタートと $I_{LIM}$ の制御のセクションを参照)。

BATピン( $V_{BAT}$ )の電圧が $V_{BAT(PRE)}$ を下回ると、A7によってプリコンディショニング・モードが開始されます。プリコンディショニング間隔の間、チャージャは定電流モードで動作を継続しますが、 $I_{TH}$ のクランプが0.15Vに減少して、充電電流が設定された最大値の15%に減少します。

$V_{BAT}$ がフロート電圧( $V_{FLOAT}$ )に近づくに従って、電圧エラーアンプV-EAが $I_{TH}$ を制御し、チャージャが定電圧(CV)モードに遷移します。これが生じると、 $I_{TH}$ の電圧が制限クランプから低下して、充電電流が最大値から減少します。 $I_{TH}$ の電圧が0.1V未満に低下すると、A8がC/10を知らせます。チャージャがC/10で充電終了するように設定されている場合、充電サイクルが終了します。充電サイクルが終了すると、 $\overline{CHRG}$ 状態ピンが高インピーダンスになり、チャージャは低電流スタンバイ・モードに入ります。

LT3651は、設定された時間の経過後に正常に充電サイクルを終了する、内部充電サイクル・タイマを備えています。通常、このタイマは、3時間でサイクルが終了するように設定されますが、適切なタイミング・コンデンサの値( $C_{TIMER}$ )を設定することによって、任意の時間に設定できます。タイマ終了を使用した場合、C/10に達した後も、充電サイクルは終了しません。 $\overline{CHRG}$ 状態ピンは、C/10電流レベルに応答します。そのため、デバイスはバッテリーの最大充電状態を示しますが、チャージャは引き続き低電流をソースします。設定されたサイクル終了の時点で充電サイクルが停止し、デバイスはスタンバイ・モードに入ります。サイクル終了の時点でバッテリーが最大フロート電圧の97.5%以上に達しなかった場合、充電が失敗したと見なされて、別のタイマ・サイクルが開始されます。

タイマ機能を使用すると、不良バッテリー検出も有効になります。バッテリーがプリコンディショニングに応答せず、設定された充電サイクル時間の1/8の経過後に、チャージャがプリコンディショニング・モードのままか、プリコンディショニング・モードに入った場合、フォルト状態に達します。不良バッテリー・フォルトによって充電サイクルが停止し、 $\overline{CHRG}$ 状態ピンが高インピーダンスになり、 $\overline{FAULT}$ ピンが“L”に引き下げられます。

LT3651の充電サイクルが終了すると、C/10の検出またはタイマによるサイクル終了のいずれの場合でも、平均電流モードのアナログ・ループはアクティブのままですが、内部フロート電圧リファレンスは2.5%減少します。正常に充電されたバッテリーの電圧は最大フロート電圧であるため、電圧エラーアンプによって過電圧状態が検出されて、電源レールが低下します。電圧エラーアンプの出力が0.3V未満に低下すると、デバイスがスタンバイ・モードに入り、内部回路の大部分がデイスエーブルされて、 $V_{IN}$ のバイアス電流が100 $\mu$ A未満に減少します。BATピンの電圧が減少したフロート・リファレンス・レベルよりも低下すると、電圧エラーアンプの出力が上昇します。その時点でデバイスがスタンバイ・モードを抜けて、新しい充電サイクルが開始されます。

システム電流制限によって、一定の入力電流を維持するように充電電流を減らすことができます。入力電流は、CLPピンとCLNピンの間に配置された抵抗( $R_{CL}$ )を介して測定されます。この抵抗を通して電力が加えられ、デバイスの $V_{IN}$ と他のシステム負荷の両方の電力供給に使用されます。A12の入力で生成されたオフセットが、しきい値を設定します。このしきい値に達すると $I_{TH}$ が減少し、充電電流が低下するため、最大入力電流が維持されます。

$I_{LIM}$ ピンとグラウンドの間に配置された抵抗( $R_{ILIM}$ )に、 $I_{LIM}$ から50 $\mu$ Aの電流がソースされます。 $I_{LIM}$ の電圧は、 $R_{CL}$ の両端のレギュレーション電圧を決定します。 $I_{LIM}$ の1Vは、 $R_{CL}$ の両端の95mVに対応します。 $I_{LIM}$ ピンは、内部で最大1Vにクランプされます。

ダイの接合部温度が過剰に高くなると、A10によって $I_{TH}$ の減少が開始し、充電電流が減少します。これによって、安全なレベルまで内部の電力損失が減少しますが、充電は継続されます。

## アプリケーション情報

### OSCの周波数

接地した高精度の抵抗によって、LT3651のスイッチャの発振器周波数( $f_{OSC}$ )を設定します。これによってユーザーは、周波数の値を調整できます。通常、この周波数は200kHz～1MHzの範囲内です。電力を考慮すると、特に、チャージャが超高電圧で動作する場合に、より低い周波数での動作が必要になることがあります。システムが必要とする場合、この調整機能によってスイッチング高調波を配置することもできます。

タイミング抵抗( $R_T$ )の値は、次の式によって設定されます。

$$R_T = \frac{54.9}{f_{OSC}(\text{MHz})} (\text{k}\Omega)$$

1MHzで動作する場合、 $R_T$ を54.9kに設定します。

### $V_{IN}$ 入力電源

LT3651は、 $V_{IN}$ ピンを通してチャージャの入力電源から直接バイアスされます。この電源は大きなスイッチ電流を供給するため、 $V_{IN}$ の電圧グリッチを最小に抑えるには、高品質の低ESRデカップリング・コンデンサが必要になります。 $V_{IN}$ のデカップリング・コンデンサ( $C_{VIN}$ )は、チャージャの入力スイッチング・リップル電流をすべて吸収します。このコンデンサのサイズは、次の式を用いて入力リップル電圧より決定します。

$$C_{IN(\text{BULK})} = \frac{I_{MAX} \cdot V_{BAT}}{f_{OSC}(\text{MHz}) \cdot \Delta V_{IN} \cdot V_{IN}} (\mu\text{F})$$

ここで、 $\Delta V_{IN}$ は入力リップル、 $I_{MAX}$ は最大充電電流、 $f$ は発振器周波数です。 $\Delta V_{IN}$ の適切な開始点は、0.1Vです。最悪ケースは、 $V_{BAT}$ が高く、 $V_{IN}$ が最小の状態です。そのため、 $V_{IN(\text{MIN})}$ が8V、 $I_{MAX}$ が4A、発振器周波数が1MHzの場合、次のようになります。

$$C_{IN(\text{BULK})} = \frac{4 \cdot 4.2}{1 \cdot 0.1 \cdot 8} = 21\mu\text{F}$$

コンデンサの定格リップル電流が適切である必要があります。RMSリップル電流 $I_{CVIN(\text{RMS})}$ は、次の式によって近似されます。

$$I_{CVIN(\text{RMS})} \approx I_{\text{CHARGE}(\text{MAX})} \cdot \left( \frac{V_{BAT}}{V_{IN}} \right) \cdot \sqrt{\frac{V_{IN}}{V_{BAT}} - 1}$$

この式は $V_{IN} = 2 \cdot V_{BAT}$ のとき最大値をとり、 $I_{CVIN(\text{RMS})} = I_{\text{CHARGE}(\text{MAX})}/2$ になります。上の例では、2Aのコンデンサの定格RMS電流が必要です。

### BOOST電源

BOOSTブートストラップ電源レールは、内部スイッチを駆動し、ハイサイド・スイッチ・トランジスタの飽和を促進します。通常、BOOST電圧は、1 $\mu\text{F}$ のコンデンサをBOOSTピンからSWピンに接続することによって作成します。BOOSTピンの動作範囲は、SWピンで参照される2V～4.5Vです。

通常、ブースト・コンデンサは、バッテリーまたは外部ソースから接続されたダイオードを介し、ローサイド・スイッチを通して充電されます。このダイオードの平均電流の定格を0.1Aよりも大きくし、その逆電圧の定格を $V_{IN(\text{MAX})}$ よりも大きくします。

入力よりも大きい外部電源を使用できる場合( $V_{\text{BOOST}} - V_{IN} > 2\text{V}$ )、それをブートストラップ・コンデンサとダイオードの代わりに使用できます。

### $V_{IN}$ 、 $V_{\text{BOOST}}$ の始動要件とブロッキング

LT3651は、最大32Vの $V_{IN}$ の範囲で動作します。検出されたバッテリー電圧が4.0V/4.1Vの自動リスタート・フロート電圧を下回り、デバイスがイネーブルされている場合、チャージャは充電サイクルを開始します。

$V_{IN}$ が6.3Vを下回り、BOOSTコンデンサが充電されていない場合、通常、ハイサイド・スイッチには、スイッチングを開始するための十分なヘッド・ルームがありません。通常動作中に充電電流が非常に低くなると、ローサイド・スイッチが非アクティブになって、インダクタに逆電流が発生するのを防ぎます。ただし、 $V_{\text{BOOST}}$ の電圧が低い場合、LT3651は始動を促進するためにスイッチをイネーブルします。これによってBOOSTコンデンサの初期充電が可能になり、ハイサイド・スイッチが飽和して効率的に動作できるようにします。BOOSTコンデンサは、数サイクル後に最大まで充電されます。非常に大きいデューティサイクルで動作する場合、起動時にBOOSTコンデンサの電位の問題が生じることが多いので、 $V_{IN}$ が6.3Vを超えたときにデバイスの $\overline{\text{SHDN}}$ ピンを使ってデバイスの起動をイネーブルすることを強く推奨します。

入力電源の短絡によるバッテリー放電を防ぐためには、標準的応用例に示されているように、ブロッキング・ショットキダイオードまたはFETを入力と直列に接続することが推奨されます。もちろん、ブロッキング・ダイオードやFETに関係する電圧降下をはじめ、入力電流検出抵抗(使用されている場合)、電力経路のIR降下を考慮する必要があります。電圧が低くなると

## アプリケーション情報

デューティサイクルが大きくなるので入力電流が増加します。RNG/SSピンへのソフトスタート・コンデンサの追加は起動時にも有効な場合があります。

### BAT出力デカップリング

LT3651チャージャの出力にデカップリング・コンデンサを接続することを推奨します。バッテリーがチャージャ出力から切断される可能性がある場合、このコンデンサが必要になります。このコンデンサ(C<sub>BAT</sub>)の値は、V<sub>IN</sub>の最小動作電圧と次のように関係しています。

$$C_{BAT} \approx 20\mu F + \left( \frac{350\mu F}{V_{IN(MIN)}} \right)$$

C<sub>BAT</sub>の定格電圧は、バッテリー・フロート電圧以上である必要があります。

### R<sub>SENSE</sub>: 充電電流の設定

4Aの平均電流で充電するようにLT3651チャージャを設定できます(図1を参照)。RNG/SSの最大電圧を制限しない場合、インダクタ検出抵抗(R<sub>SENSE</sub>)の両端の電圧は、次の式のように、最大充電電流で95mVです。

$$R_{SENSE} = \frac{0.095V}{I_{MAX(AVG)}}$$

ここで、I<sub>MAX(AVG)</sub>は最大平均充電電流です。4Aのチャージャの場合、R<sub>SENSE</sub>は24mΩになります。

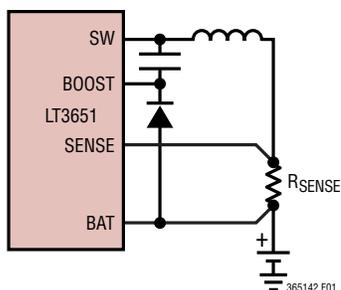


図1. R<sub>SENSE</sub>による最大充電電流の設定

### インダクタの選択

LT3651チャージャでインダクタ値を選択するための主な基準は、スイッチング中に発生するリップル電流です。通常、リップル電流(ΔI<sub>MAX</sub>)は、最大充電電流I<sub>MAX</sub>の25%~35%の範囲内に設定します。通常はこの割合が、リップルによる損失とインダクタ・サイズとの間の適切な妥協点になります。インダクタンスの近似式は次のとおりです。

$$L = \frac{V_{BAT} + V_F}{\Delta I_{MAX} \cdot f_{OSC}(MHz)} \cdot \left( 1 - \frac{V_{BAT} + V_F}{V_{IN} + V_F} \right) (\mu H)$$

V<sub>IN</sub>とV<sub>BAT</sub>が高いときに、リップルが最悪になります。V<sub>F</sub>は、同期整流式スイッチの順電圧です(4Aで約0.14V)。図2に、4Aチャージャの場合のインダクタンスを示します。インダクタの飽和電流は、インダクタの最大ピーク電流以上である必要があります。ピーク電流は、I<sub>MAX</sub> + ΔI<sub>MAX</sub>/2です。

通常、電子部品メーカーは、最大RMS定格と飽和電流定格でインダクタを指定します。ピーク電流以上の飽和電流定格と、I<sub>MAX</sub>を超えるRMS定格を持つインダクタを選択してください。インダクタは、最大ボルト秒の製品要件を満たす必要もあります。この仕様がインダクタのデータ・シートに記載されていない場合、メーカーに問い合わせ、設計が製品の最大ボルト秒を超えていないことを確認してください。最小限必要な製品のボルト秒は、おおよそ次のとおりです。

$$\frac{V_{BAT}}{f_{OSC}(MHz)} \cdot \left( 1 - \frac{V_{BAT}}{V_{IN(MAX)}} \right) (V \cdot \mu s)$$

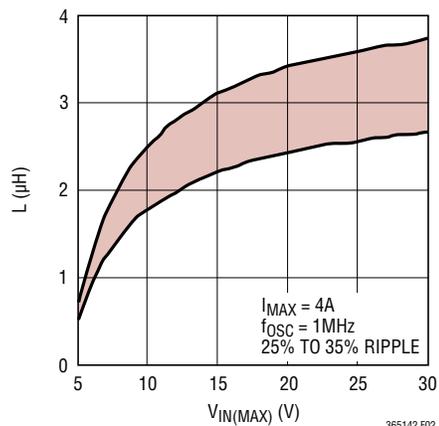


図2. インダクタンス(L)と最大V<sub>IN</sub>

## アプリケーション情報

### システム入力電流制限

LT3651は、電源負荷電流を管理するための、PowerPath™制御機能を備えています。このチャージャは、一定の入力電源負荷を維持するように、システム負荷にตอบสนองしてチャージャの出力電流を調整します。入力電源電流全体が設定された最大値を超えた場合、電源電流を一定に保とうとして充電電流が減少します。この機能が役立つ応用例として、入力電源の電流が制限されている場合が挙げられます。電源の制限を下回るように最大入力電流制限を設定することによって、電源が壊れるのを防ぎます。

図3に示すように、入力電源と、システム負荷およびチャージャの負荷との間に抵抗(R<sub>CL</sub>)を配置します。

LT3651は、I<sub>LIM</sub>ピンから50μAをソースします。そのため、抵抗をグラウンドに接続するだけで、電圧が発生します。I<sub>LIM</sub>ピンの電圧は、入力検出抵抗(R<sub>CL</sub>)の両端の最大電圧の11.5倍に対応します。入力電流制限は、次の式によって定義されます。

$$I_{\text{INPUT(MAX)}} = \frac{V_{\text{ILIM}}}{11.5 \cdot R_{\text{CL}}} = \frac{50\mu\text{A} \cdot R_{\text{ILIM}}}{11.5 \cdot R_{\text{CL}}}$$

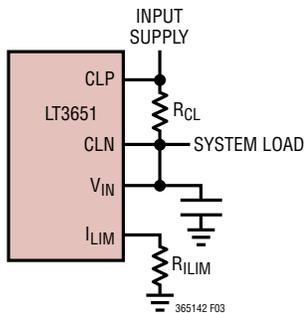


図3. 入力電流制限の設定

I<sub>LIM</sub>の電圧設定範囲は0V～1Vです。この電圧を1Vより高くしても、最大入力電流には影響しません。最大検出電圧の既定値は、95mVです。この値は、R<sub>LIM</sub>が20kよりも大きい場合、またはピンが開放された場合に得られます。

例えば、最大入力電流が2A、最大平均充電電流が4Aのチャージャを設計したいとします。この充電電流は、V<sub>IN</sub>では1A(4Aのデューティ・サイクル倍)で参照されます。I<sub>LIM</sub>の最大範囲を使用した場合、R<sub>CL</sub>の両端の最大電圧は95mVになります。そのため、R<sub>CL</sub>を95mV/2A = 48mΩに設定します。システム負荷が1A(= 2A - 1A)を超えると、総入力電流を2Aに保つように充電電流が減少します。システム負荷が2Aになると、充電電流は0になります。この機能は、充電電流のみを制御します。そのため、システム負荷が最大制限を超えた場合、他の制限が設計されていなければ、充電電流は0Aに減少しますが、入力電流は目的の最大値を超えます。内部のシステム・タイマを使用している場合、入力リミッタによって充電電流が減少したときに、そのタイマは影響を受けません。図4を参照してください。

電圧のオーバーヘッドを減らしたり、効率を良くする必要がある場合、R<sub>CL</sub>の両端の最大電圧を減らします。そのため、例えば10kのR<sub>LIM</sub>によって、R<sub>CL</sub>の最大電圧を43mVに設定します。この低減は、制限の変動をわずかに増加させる代償として得られます。

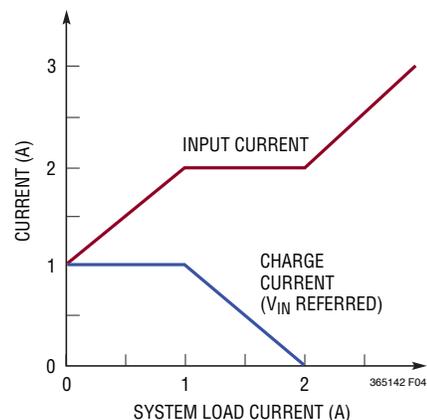


図4. 最大4Aのチャージャの入力電流制限と6Aのシステム電流制限

## アプリケーション情報

なお、LT3651は、入力制限信号を内部で統合します。これによって、通常は十分なフィルタリングが得られ、電流スパイクに対する感度が低下します。最高の精度を得るために、 $R_{CL}$ からCLP、CLNに適切にケルビン接続するよう注意してください。

$I_{LIM}$ ピンを動的に変更することによって、さらに柔軟に制御することができます。別の抵抗値に切り替えることによって、独自の入力制限条件を作成できます。他の選択肢として、 $I_{LIM}$ ピンをサーボ・アンプに接続することもできます。 $I_{RNG/SS}$ を設定する例については、次のセクションの情報を参照してください。

### RNG/SS: 動的電流調整

RNG/SSピンは、最大充電電流を動的に調整する機能を提供します。デバイスは、このピンから $50\mu A$ をソースします。そのため、抵抗をグラウンドに接続することによって電圧が発生します。RNG/SSピンの電圧は、充電電流検出抵抗 $R_{SENSE}$ の両端の最大電圧の約10倍に対応します。充電電流の定義式は次のとおりです。

$$I_{MAX(RNG/SS)} = \frac{V_{RNG/SS}}{10.8 \cdot R_{SENSE}} = \frac{50\mu A \cdot R_{RNG/SS}}{10.8 \cdot R_{SENSE}}$$

ここで、 $I_{MAX(RNG/SS)}$ は最大充電電流です。

RNG/SSの電圧設定範囲は0V～1Vです。電圧を1Vより高くしても、最大充電電流には影響しません。最大検出電圧の既定値は、95mVです。この値は、 $R_{RNG/SS}$ が20kよりも大きい場合、またはピンが開放された場合に得られます。

例えば、最大充電電流を最大値の50%に減らしたいとします。RNG/SSを0.5V (1Vの50%)に設定して、48mVの最大検出電圧を加えます。前述の式より、RNG/SSを0.5Vに設定する場合、10kの抵抗が必要です。充電電流を動的に調整可能にする必要がある場合の1つの方法を、図5に示します。

電流のシンクのみを行えるという条件でアクティブ・サーボを使用して、RNG/SSピンに電圧を加えることもできます。電流をソースするアクティブ回路を使用してRNG/SSピンを駆動することはできません。図6に一例を示します。

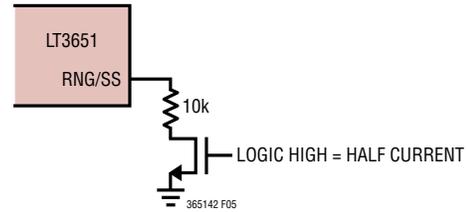


図5. 最大充電電流のデジタル制御のためのRNG/SSピンの使用

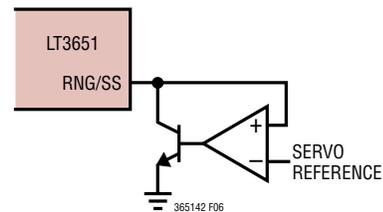


図6. 電流シンク・アクティブ・サーボ・アンプによるRNG/SSピンの駆動

### RNG/SS: ソフトスタート

RNG/SSピンによるソフトスタート機能もサポートされています。RNG/SSピンからソースされる $50\mu A$ によって、RNG/SSピンからグラウンドに接続されたコンデンサ $C_{RNG/SS}$ を線形に充電できます(図7を参照)。最大充電電流は、この電圧に従います。そのため、このコンデンサが0Vから1Vに充電されるに従って、充電電流がゼロから設定された最大値に増加します。 $C_{RNG/SS}$ の値は、最大電流( $t_{SS}$ )に達するために要する時間に基づいて、次の関係式で計算されます。

$$C_{RNG/SS} = 50\mu A \cdot t_{SS}$$

充電が終了すると、内部でRNG/SSピンがグラウンドに引き下げられます。そのため、新しい充電サイクルごとにソフトスタート・サイクルが開始されます。RNG/SSは、不良バッテリー・フォルト状態やNTCフォルト状態の間にもグラウンドに引き下げられません。そのため、これらのフォルトから緩やかに回復できます。

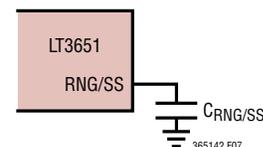


図7. ソフトスタートのためのRNG/SSピンの使用

## アプリケーション情報

### 状態ピン

LT3651は2つのオープンコレクタ出力( $\overline{\text{CHRG}}$ ピンと $\overline{\text{FAULT}}$ ピン)によりチャージャの状態を知らせます。これらのピンには $V_{\text{IN}}$ の電圧を加えることができます。これらのピンは、イネーブル時に最大10mAをシンクできます。

$\overline{\text{CHRG}}$ ピンは、チャージャが $C/10$  (設定された最大充電電流の $1/10$ )よりも大きな電流を供給していることを示します。 $\overline{\text{FAULT}}$ ピンは不良バッテリー・フォルトとNTCフォルトを知らせます。これらのピンは、バイナリコードされており、次の表に従ってステートを知らせます。オンは、ピンが“L”に引き下げられたことを示し、オフはピンが高インピーダンス状態であることを示します。

表1. 状態ピンのステート表

状態ピンのステート		チャージャの状態
CHRG	FAULT	
オフ	オフ	充電停止 – スタンバイまたはシャットダウン・モード
オフ	オン	不良バッテリー・フォルト(プリコンディショニング・タイムアウト/EOC(End of Cycle)不良)
オン	オフ	$C/10$ またはそれより上で正常充電中
オン	オン	NTCフォルト(一時停止)

### C/10による終了

LT3651は、低電流に基づく充電終了方式をサポートします。この方法では、チャージャからの電流出力が最大電流( $R_{\text{SENSE}}$ を使用して設定)の $1/10$ よりも低下したときに、バッテリー充電サイクルが終了します。 $C/10$ スレッシュホールド電流は、 $R_{\text{SENSE}}$ の両端の9mVに対応します。この終了モードはTIMERピンをグラウンドに短絡することにより有効になります。

$C/10$ による終了を使用すると、平均電流レベルが $C/10$ スレッシュホールドより上に留まる限り、LT3651チャージャはバッテリー充電電流をソースします。満充電フロート電圧に達すると充電電流が低下し、 $C/10$ スレッシュホールドに達すると充電が終了し、LT3651はスタンバイ・モードに入ります。 $\overline{\text{CHRG}}$ 状態ピンは充電サイクルに追従し、チャージャがアクティブに充電していないと高インピーダンスになります。

バッテリーの負荷によってであれ、バッテリーの交換によってであれ、 $V_{\text{BAT}}$ が満充電フロート電圧の97.5%未満に低下すると、チャージャは自動的に充電を再開します。

$C/10$ による終了を使用した場合、不良バッテリー検出は行われません。

### タイマによる終了

LT3651はタイマに基づく終了方式をサポートしており、この方式では一定の時間が経過するとバッテリー充電サイクルが終了します。タイマに基づく充電終了はコンデンサ( $C_{\text{TIMER}}$ )がTIMERピンからグラウンドに接続されていると有効になります。タイマの充電サイクル終了( $t_{\text{EOC}}$ )は、次の関係式に従い、 $C_{\text{TIMER}}$ に基づいて発生します。

$$C_{\text{TIMER}} = \frac{t_{\text{EOC}}(\text{Hrs})}{3} \cdot 0.68 (\mu\text{F})$$

この式より、標準的な3時間のタイマによる充電サイクル終了では、0.68 $\mu\text{F}$ のコンデンサを使用します。

$\overline{\text{CHRG}}$ 状態ピンは、どの終了方式が使われているかに関係なく、 $C/10$ レートで充電を知らせます。タイマ終了が使われているとき、チャージャの出力電流が $C/10$ スレッシュホールドを下回るまで、 $\overline{\text{CHRG}}$ 状態ピンは充電サイクルの間“L”に引き下げられます。チャージャはタイマがサイクル終了(EOC)に達するまで引き続きバッテリーをトップオフ充電します。EOCに達すると、LT3651は充電サイクルを終了し、スタンバイ・モードに入ります。

タイマ・サイクルの終点では充電サイクルが問題なく完了したときだけ充電が終了します。バッテリーが満充電フロート電圧の2.5%以内まで充電されると充電サイクルは完了します。EOCで充電サイクルが問題なく完了しないと、タイマ・サイクルはリセットし、新たなフル・タイマ・サイクルの充電が引き続き行われます。

バッテリーの負荷によってであれ、バッテリーの交換によってであれ、 $V_{\text{BAT}}$ が満充電フロート電圧の97.5%未満に低下すると、チャージャは自動的に再充電を開始します。

### プリコンディショニングと不良バッテリー・フォルト

LT3651チャージャは、プリコンディショニング・モードを備えています。このモードでは、充電電流が $R_{\text{SENSE}}$ によって設定された $I_{\text{MAX}}$ の15%に制限されます。プリコンディショニング電流は、 $R_{\text{SENSE}}$ の両端の14mVに対応します。

BATピンの電圧がプリコンディショニング・スレッシュホールド( $V_{\text{BAT}}(\text{PRE})$ )を下回る間、プリコンディショニング・モードが作動します。BAT電圧がプリコンディショニング・スレッシュホールドより上に上昇すると、通常の最大電流充電を開始することができます。LT3651には、モード・グリッチを防ぐために、しきい値の2.5%のヒステリシスが組み込まれています。

## アプリケーション情報

充電終了に内部タイマを使用している場合、不良バッテリー検出が作動します。このフォルト検出機能は不良セルを判別するように設計されています。不良バッテリー・フォルトは、全タイマ・サイクルの1/8 (EOCの1/8)より長い時間、BATの電圧がプリコンディショニング・スレッシュホールドより下に留まるとトリガされます。正常に充電中のバッテリーがEOCの1/8が経過した後、再度プリコンディショニング・モードに入った場合も不良バッテリー・フォルトがトリガされます。

不良バッテリー・フォルトがトリガされると、充電サイクルが一時停止するため、 $\overline{\text{CHRG}}$ 状態ピンが高インピーダンスになります。FAULTピンが“L”に引き下げられて、フォルトの検出を知らせます。このフォルト中にRNG/SSピンも“L”に引き下げられ、ソフトスタート機能を組み込んでいる場合に、緩やかな再始動をもたらします (RNG/SS: ソフトスタートのセクションを参照)。

チャージャの電源または $\overline{\text{SHDN}}$ 機能をサイクルさせると新しい充電サイクルが開始されますが、LT3651チャージャをリセットする必要はありません。不良バッテリー・フォルトが検出された後、BATピンがプリコンディショニング・スレッシュホールド電圧を超えると、新しいタイマ充電サイクルが開始されます。不良バッテリー・フォルト中に、チャージャから1mAがソースされます。障害の発生したバッテリーを取り除くことによって、チャージャの出力電圧が上昇し、充電サイクルのリセットを開始できます。このように不良バッテリーを取り除くことで、LT3651はリセットされます。別のバッテリーをチャージャの出力に接続することにより、新しい充電サイクルが開始されます。

### バッテリー温度フォルト: NTC

NTC (負温度係数) サーミスタをバッテリー・パックに近接させて使うことにより、LT3651はバッテリー温度をモニタすることができます。温度モニタ機能は、10k $\Omega$ 、B = 3380のNTCサーミスタをNTCピンからグランドに接続することによりイネーブルされます。NTCによる温度モニタ機能が不要な場合は、このピンを未接続のままにします。

NTCピンは50 $\mu\text{A}$ をソースし、10k $\Omega$ サーミスタ両端の電圧降下をモニタします。このピンの電圧が1.36V (0 $^{\circ}\text{C}$ に相当)より上または0.29V (40 $^{\circ}\text{C}$ に相当)より下になると、バッテリー温度は範囲から外れ、LT3651はNTCフォルトをトリガします。NTCピンの電圧が0 $^{\circ}\text{C}$ ~40 $^{\circ}\text{C}$ の範囲内の温度に相当するまで、NTCフォルト状態が保たれます。ホット・スレッシュホールドとコールド・スレッシュホールドの両方に、2.5 $^{\circ}\text{C}$ に対応するヒステリシスが組み込まれています。

NTCフォルトの間、充電は停止し、両方の状態ピンが“L”になります。タイマ終了がイネーブルされていると、タイマのカウントが一時停止され、フォルト状態が解消されるまでホールドされます。このフォルト中にRNG/SSピンも“L”に引き下げられ、ソフトスタート機能を組み込んでいる場合に、緩やかな再始動をもたらします (RNG/SS: ソフトスタートのセクションを参照)。

さらに高い動作充電温度が必要な場合は、10kのNTC抵抗に直列抵抗を追加することによって、温度範囲を拡大できます。0.91k (0TC)の抵抗を追加すると、実効温度スレッシュホールドが45 $^{\circ}\text{C}$ に上がります。

### サーマル・フォールドバック

LT3651はサーマル・フォールドバック保護機能を備えており、デバイスの内部接合部温度が125 $^{\circ}\text{C}$ に近づくと、最大充電出力電流を減らします。ほとんどの場合、最大充電電流のわずかな減少で過温度状態が解消するように内部温度がサーボ制御されます。

場合によっては、サーマル・フォールドバック保護機能は充電電流をC/10スレッシュホールドより下に減少させることができます。C/10終了を使うアプリケーションでは(TIMER = 0V)、LT3651は充電を一時停止し、過温度状態が解消するまでスタンバイ・モードに入ります。

### レイアウトに関する検討事項

LT3651のスイッチ・ノードの立ち上がり時間と立下り時間は、通常、変換効率が最大になる10ns未満です。これらの高速なスイッチ時間を実現するには、基板レイアウトに注意してノイズ問題を最小に抑える必要があります。その考え方は、高電流ループ (インダクタの充電/放電パス)の物理面積を小さくして、磁気の放射を最小化するという事です。寄生インダクタンスと寄生抵抗を最小に抑えるために、配線幅を広くして配線長を短くします。容量結合を減らすために、高速スイッチング電圧ノード (SW、BOOST)をシールドします。

スイッチ・ノード (SWピン)の配線をできるだけ短くして、高周波数ノイズを最小に抑える必要があります。V<sub>IN</sub>のコンデンサ (C<sub>IN</sub>)をデバイスの近くに配置して、このスイッチング・ノイズを最小に抑える必要があります。これらのノードへの配線を短く、幅広くして、浮游インダクタンスと浮游抵抗を最小に抑えます。BOOSTのデカップリング・コンデンサをデバイスの近くに配置して、配線インダクタンスからのリングングを最小に抑えます。SENSEとBATと一緒に配線して、それらの配線長を

## アプリケーション情報

できるだけ短くします。これらの信号を、グラウンドとのスイッチング・ノイズからシールドすることを推奨します。バッテリーと検出抵抗にケルビン接続します。

高電流パスと過渡電流をバッテリーのグラウンドから絶縁して、正確な出力電圧リファレンスを確保します。接地面のスイッチ電流を考慮することによって、効果的な接地が得られます。バッテリーのリファレンスが乱れないように部品の位置と向きに注意することで、これらの高電流を効率的に流すことができます。図8に、高電流の高速電流ループを示します。上部のスイッチがイネーブルされると(充電ループ)、スイッチとインダクタを通して、入力バイパス・コンデンサ( $C_{IN}$ )からバッテリーの正端子に電流が流れます。上部のスイッチがディスエーブルされると(放電ループ)、同期整流式スイッチを通して、グラウンドからバッテリーの正端子に電流が流れます。どちらの場合も、これらのスイッチ電流は、出力バイパス・コンデンサ( $C_{BAT}$ )を介してグラウンドに戻ります。

### 電力に関する検討事項

LT3651のパッケージは、PCB上の銅のフットプリントに半田付けされたパッケージの裏面の露出パッドを介して、デバイスから効率的に放熱するように設計されています。このフットプリントをできるだけ大きくして、デバイス・ケースから外気への熱抵抗を減らす必要があります。

LT3651チャージャの電力損失と全体効率を考慮する必要があります。詳細な分析はこのデータ・シートの対象外ですが、一般的なガイドラインは次のとおりです。

電力損失の主な要素は、LT3651スイッチの伝導損失と遷移損失、インダクタと検出抵抗での損失、およびデカップリング・コンデンサのAC損失です。スイッチの伝導損失は固定です。遷移損失は、スイッチャの周波数を変更することによって調整できます。入力電圧が高くなると、遷移損失が増加し、全体効

率が低下します。しかし、遷移損失は、スイッチャの発振器周波数に反比例します。そのため、動作周波数を低くすると、これらの損失が低減します。ただし、通常、動作周波数を低くすると、インダクタのリップル電流を維持するために、より高いインダクタンスが必要になります(反比例)。通常、大きな値のインダクタでは、巻き数が多くなり、配線の直径を物理的に大きくしない限り、ESRが増加します。そのため、効率と基盤サイズの間にはトレードオフがあります。二次的に、インダクタのAC損失は周波数と共に増加し、リップルが小さいほどコンデンサのAC損失は減少します。

以下の単純な経験則では、4Aの充電電流、3.6Vのバッテリー電圧、1MHzの発振器、24mΩの検出抵抗、および3.3μH/20mΩのインダクタを仮定しています。

85%の全体効率で効率が1%向上するという事は、電力損失が0.2W減少することを表しています。これを実現するための1つの方法は、高電流パスの抵抗を減らすことです。4Aで0.2W減らすには、抵抗を12.5mΩ減らす必要があります。これは、インダクタのESRを減らすことによって実行できます。電流の精度がわずかに低下するというトレードオフを伴いますが、( $R_{RNG/SS}$ と共に)検出抵抗を減らすこともできます。高電流の基盤配線の抵抗はすべて、可能な限り低く抑える必要があります。入力電流制限検出抵抗を追加すると、効率が低下します。

チャージャの効率は、他の条件が一定である場合、周波数の増加と共にほぼ線形に低下します。 $V_{IN}$ が15Vの場合、周波数(100kHz~1MHz)が200kHz減るごとに、効率が1%向上します。 $V_{IN}$ が28Vの場合、周波数が100kHz減るごとに、効率が1%向上します。

当然ながら、これらのすべてのことは、実際のチャージャで実験して確認する必要があります。

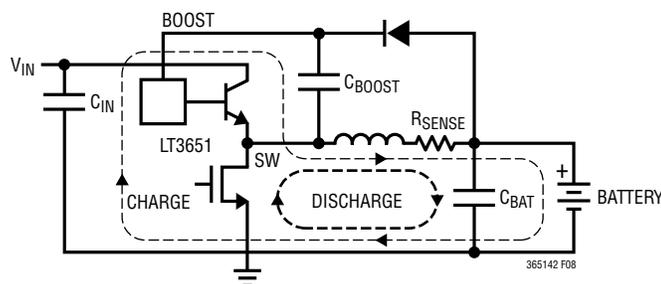
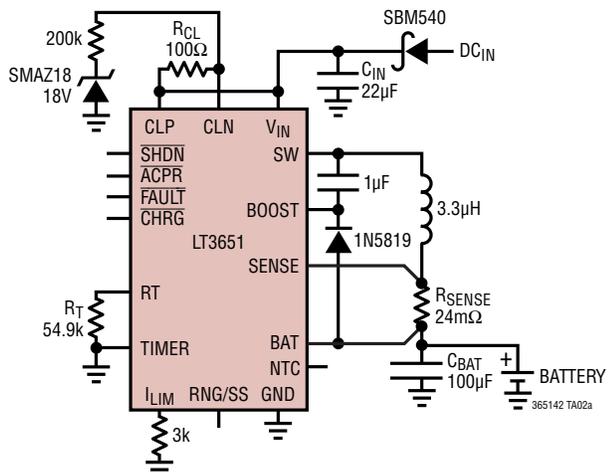


図 8.

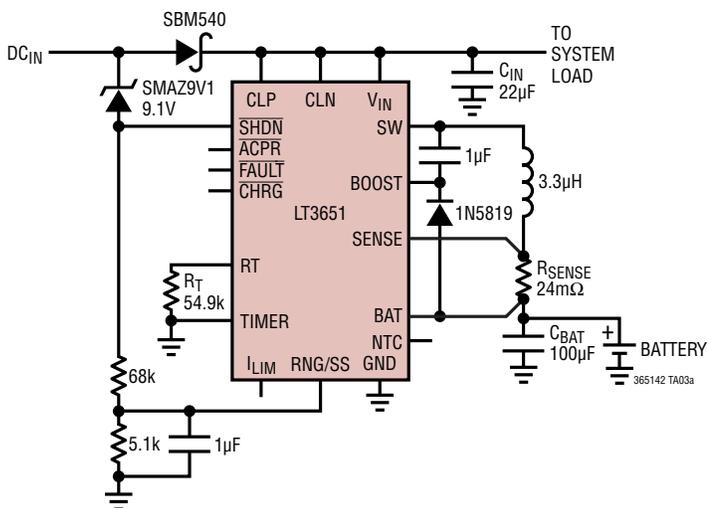
標準的応用例

高電圧電流フォールドバック付き6.5V~32V 4Aチャージャ

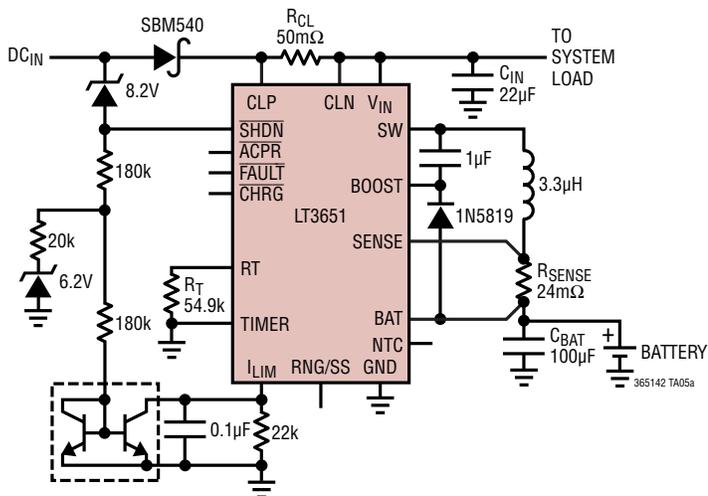


RNG/SSピンを使用した

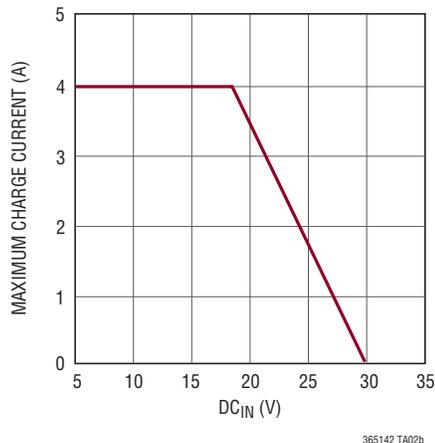
低電圧電流フォールドバック付き12V~32V 4Aチャージャ



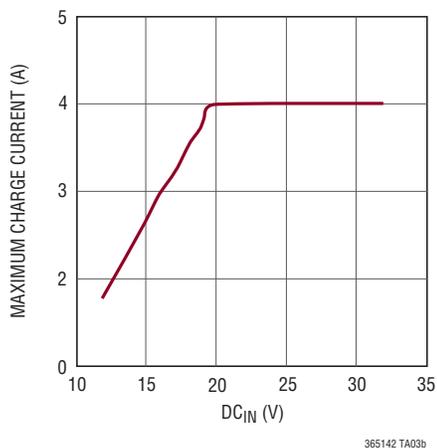
ほぼ一定の入力電力を使用する6.5V~32V 4Aチャージャ



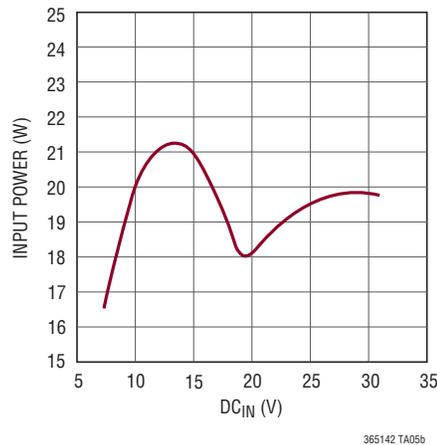
最大充電電流とDC<sub>IN</sub>



最大充電電流とDC<sub>IN</sub>



入力電力とDC<sub>IN</sub>

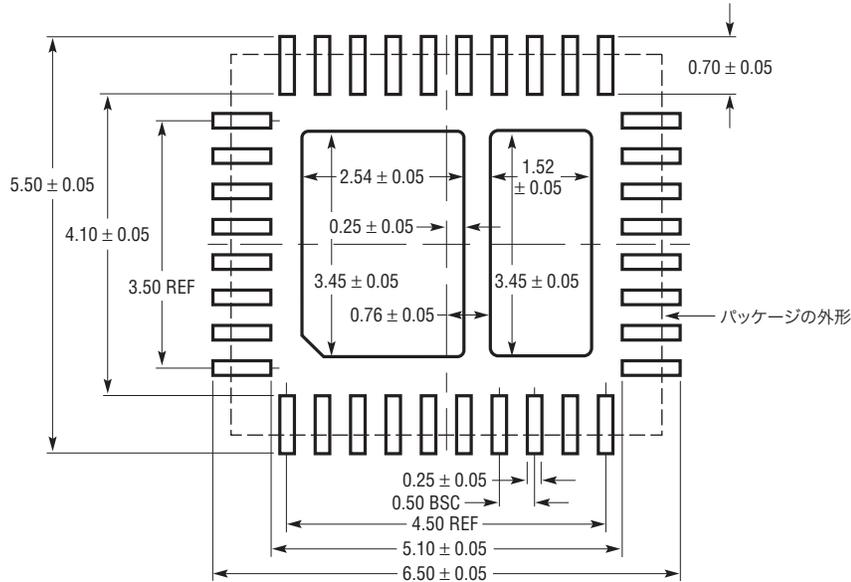


# LT3651-4.1/LT3651-4.2

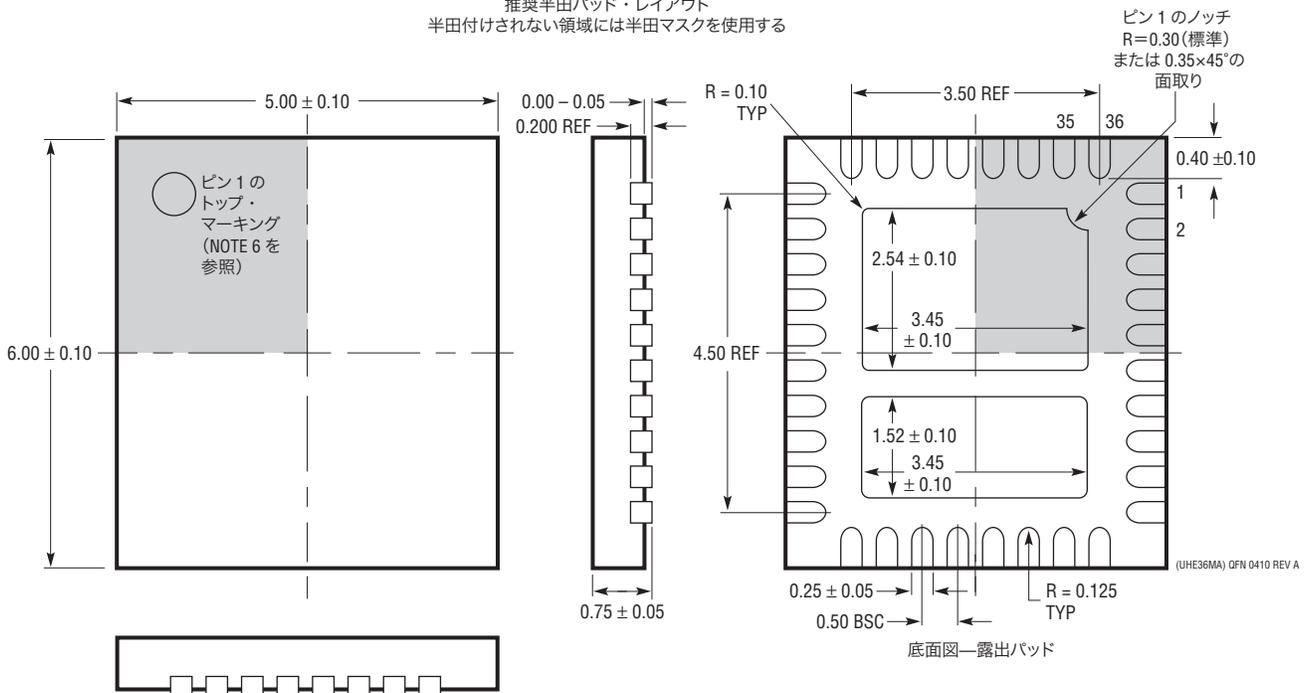
## パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> を参照してください。

**UHE Package**  
**Variation: UHE36MA**  
**36-Lead Plastic QFN (5mm × 6mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1753 Rev A)



推奨半田パッド・レイアウト  
 半田付けされない領域には半田マスクを使用する



**NOTE:**

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 0.20mm を超えないこと
5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン 1 の位置の参考に過ぎない

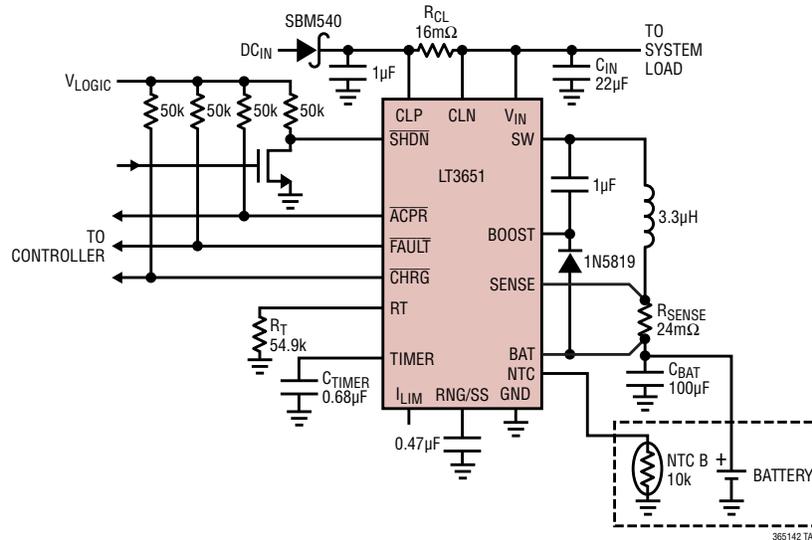
改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	01/11	ピン配置、ピン機能、およびブロック図で、ピン34を $V_{IN}$ に修正した	2、6、7、8
B	03/11	データ・シート全体を修正し、LT3651-4.1を追加した	1～22
C	10/12	バッテリー・フロート電圧の仕様を修正した 図3の電流制限ピンのラベルを明確にした	3 14
D	03/13	入力電圧範囲を明確にした 始動の機能性を明確にした	1、3、10 12
E	04/13	標準的応用例とグラフの $V_{IN}$ を $DC_{IN}$ に変更した 「 $V_{IN}$ 、 $V_{BOOST}$ の始動要件とブロッキング」セクションを修正した 「関連製品」セクションにLTC4000を追加し、LTC4007/8を削除した	1 12、13 22
F	11/13	条件と標準値を変更 Boost (ピン5) セクションで2Vに変更 ブロック図のA11を修正 概要セクションで電源バイアス電流を100 $\mu$ Aに変更 RTの式を修正 RNG/SSセクションを修正 標準的応用例回路図を修正	3 7 9 10 12 15 19、22

# LT3651-4.1/LT3651-4.2

## 標準的応用例

3時間の充電タイムアウト、6.3Aの入力電流制限、10msのソフトスタート、  
およびバッテリー温度モニタを備える6.5V～32V 4Aチャージャ



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1511	定電流/定電圧3Aバッテリー・チャージャ	リチウム、NIMH、およびNiCdバッテリーを高速充電するための高効率の最小外部部品、24ピンSOパッケージ
LT1513	定電流またはプログラム可能電流/定電圧SEPICバッテリー・チャージャ	バッテリー電圧よりも高い、等しい、または低いチャージャ入力電圧が可能、500kHzのスイッチング周波数、DD-PakおよびTO-220パッケージ
LT3650	2Aモノリシック・リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	高効率で入力電圧範囲の広いチャージャ、タイマまたは充電電流による終了、自動再始動、温度モニタ、プログラム可能な充電電流、入力電流制限、12ピンDFNおよびMSOPパッケージ
LT3651-8.2/ LT3651-8.4	モノリシック4A高電圧2セル・リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	スタンドアロン、 $9.0 \leq V_{IN} \leq 32V$ 、絶対最大定格40V、1MHz、プログラム可能な充電電流、タイマまたはC/10による終了、5mm×6mm 36ピンQFNパッケージ
LT3652	パワー・トラッキング2Aバッテリー・チャージャ	(MPPT)ソーラー・アプリケーションでのピーク・パワー・トラッキング向けの入力電源電圧安定化ループ、スタンドアロン、 $4.95V \leq V_{IN} \leq 32V$ (絶対最大定格40V)、1MHz、2Aのプログラム可能な充電電流、タイマまたはC/10による終了、3mm×3mm 12ピンDFNまたは12ピンMSOPパッケージ
LTC4000	バッテリー充電およびパワー・マネージメント用の高電圧高電流コントローラ	DC/DCコンバータと組み合わせて高性能バッテリー・チャージャを実現、広い入力および出力電圧範囲:3V～60V、高精度のプログラム可能なフロート電圧:±0.25%、C/Xまたはタイマによる充電終了をプログラム可能、NTC入力を使用した温度による充電制御、28ピン4mm×5mm QFNまたはSSOPパッケージ
LTC4002	スタンドアロン・リチウムイオン・スイッチモード・バッテリー・チャージャ	1または2セル・リチウムイオン・バッテリー用の完全なチャージャ、内部タイマによる終了、最大4Aの充電電流、8ピンSOおよび10ピンDFNパッケージ
LTC4006	充電終了機能付き、小型、高効率の固定電圧リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	2、3または4セル・リチウムイオン・バッテリー用の完全なチャージャ、ACアダプタ電流制限とサーミスタ・センサ、16ピン細型SSOPパッケージ
LTC4009/LTC4009-1 LTC4009-2	高効率マルチケミストリ・バッテリー・チャージャ	1～4セル・リチウムイオン・バッテリーまたは4～18セル・ニッケル・バッテリー用の完全なチャージャ、最大効率93%、20ピン(4mm×4mm)QFNパッケージ、4.1Vフロート電圧用のLTC4009-1、4.2Vフロート電圧用のLTC4009-2
LTC4012/LTC4012-1/ LTC4012-2/LTC4012-3	4A、高効率、PowerPath制御付きマルチケミストリ・バッテリー・チャージャ	PowerPath制御、定電流/低電圧スイッチング・レギュレータ・チャージャ、抵抗、電圧/電流のプログラミング、ACアダプタ電流制限とサーミスタ・センサおよびインダクタ出力、1～4セル・リチウムイオン・バッテリーまたは最大18セル・ニッケル・バッテリー用、SLAおよびSuperCap互換、4mm×4mm 20ピンQFNパッケージ、4.1Vリチウム・セル用のLTC4012-1、4.2Vリチウム・セル用のLTC4012-2、LTC4012-3には追加GNDピンあり

365142ff