

## 特長

- 広い入力電圧範囲: 4.75V~32V(絶対最大定格40V)
- プログラム可能な充電電流: 最大2A
- 充電終了をユーザが選択可能: 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・ピン
- プログラム可能な入力電流制限
- $V_{IN}$ のブロッキング・ダイオードが不要
- 1MHzの固定周波数
- 平均電流モード制御
- フロート電圧精度: 0.5%
- 充電電流精度: 5%
- C/10検出精度: 2.5%
- NTC抵抗温度モニタ
- フロート電圧の97.5%での自動再充電
- フロート電圧の70%未満での自動前処理
- 自動リセット付き不良バッテリー検出
- バイナリコード、オープンコレクタの状態出力ピン
- 3mm×3mm DFN-12パッケージまたはMSOP-12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


## 概要

LT<sup>®</sup>3650は、4.75V~32Vの入力電圧範囲(起動電圧は最小7.5V)で動作する、完全なモノリシック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。このデバイスは定電流/定電圧充電特性を備え、外付け電流センス抵抗を使用して最大2Aまでの充電電流を設定可能です。前処理機能により、低電圧バッテリーをトリクル充電します。バッテリーが前処理に 응답しない場合は、不良バッテリー検出を知らせる信号を出力し、充電を一時停止します。

LT3650は、充電電流がC/10(つまり、設定された最大電流の10分の1)まで減少すると充電を終了するように設定できます。充電が終了すると、LT3650は低電流(85 $\mu$ A)のスタンバイ・モードになります。バッテリー電圧がフロート電圧から2.5%低下するか、あるいは新しいバッテリーが充電システムに挿入されると、自動リスタート機能によって新しい充電サイクルが開始されます。

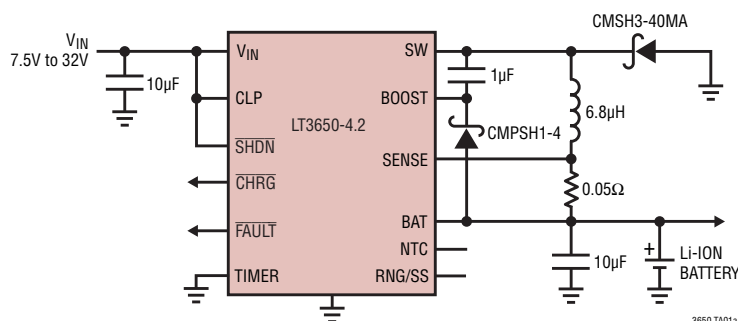
LT3650はユーザ設定可能な安全タイマ(通常は3時間のフルサイクル時間に設定)を内蔵しています。所期の時間に達するまではC/10を下回っても充電を継続できる、時間ベースの終了方式が望ましい場合は、この内部タイマを使用するように設定できます。

LT3650は高さの低い(0.75mm)3mm×3mm 12ピンDFNパッケージと12ピンMSOP-12パッケージで供給されます。

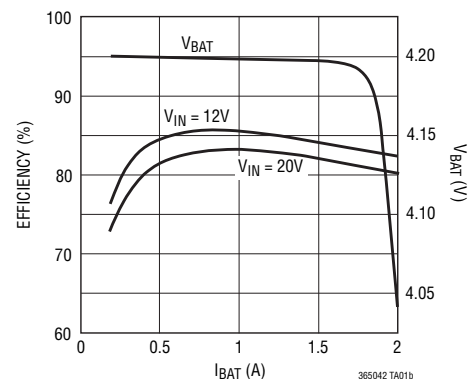
、LT、LTC、LTM、Linear Technology、PowerPathおよびリニアのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

## 標準的応用例

7.5V~32Vの1セル・リチウムイオン2Aチャージャ



$V_{BAT}$ および効率と $I_{BAT}$



# LT3650-4.1/LT3650-4.2

## 絶対最大定格 (Note 1)

$V_{IN}$ .....	40V	SENSE-BAT .....	-0.5V~0.5V
$\overline{SHDN}$ , $\overline{CHRG}$ , $\overline{FAULT}$ .....	$V_{IN}+0.5V$ , 40V	TIMER, RNG/SS, NTC .....	2.5V
CLP .....	$V_{IN}\pm 0.5V$ , 40V	動作接合部温度範囲 (Note 2) .....	-40°C~125°C
SW .....	40V	保存温度範囲 .....	-65°C~150°C
SW- $V_{IN}$ .....	4.5V	リード温度 (半田付け, 10秒)	
BOOST .....	SW+10V, 50V	MSE .....	300°C
SENSE, BAT .....	10V		

## ピン配置



## 発注情報

鉛フリー仕様	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
LT3650EDD-4.1#PBF	LT3650EDD-4.1#TRPBF	LFGQ	12-Lead Plastic DFN (3mm x 3mm)	-40°C to 85°C
LT3650IDD-4.1#PBF	LT3650IDD-4.1#TRPBF	LFGQ	12-Lead Plastic DFN (3mm x 3mm)	-40°C to 85°C
LT3650EDD-4.2#PBF	LT3650EDD-4.2#TRPBF	LDDS	12-Lead Plastic DFN (3mm x 3mm)	-40°C to 85°C
LT3650IDD-4.2#PBF	LT3650IDD-4.2#TRPBF	LDDS	12-Lead Plastic DFN (3mm x 3mm)	-40°C to 85°C
LT3650EMSE-4.1#PBF	LT3650EMSE-4.1#TRPBF	365041	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 85°C
LT3650IMSE-4.1#PBF	LT3650IMSE-4.1#TRPBF	365041	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 85°C
LT3650EMSE-4.2#PBF	LT3650EMSE-4.2#TRPBF	365042	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 85°C
LT3650IMSE-4.2#PBF	LT3650IMSE-4.2#TRPBF	365042	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 85°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。非標準の鉛ベース仕様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。

鉛フリー仕様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

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $V_{IN} = 20V$ 、 $BOOST-SW = 4V$ 、 $\overline{SHDN} = 2V$ 、 $SENSE = BAT = V_{BAT(FLT)}$ 、 $C_{TIMER} = 0.68\mu F$ での値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>LT3650</b>						
$V_{IN}$	$V_{IN}$ Operating Range $V_{IN}$ Start Voltage	(Note 3)	● ●	4.75	32 7.5	V V
$V_{IN(OVLO)}$	OVLO Threshold OVLO Hysteresis	$V_{IN}$ Rising	●	32 35 1	40	V V
$V_{IN(UVLO)}$	UVLO Threshold UVLO Hysteresis	$V_{IN}$ Rising	●	4.6 0.2	4.75	V V
$V_{BAT(FLT)}$	Battery Float Voltage	LT3650-4.1	●	4.08 4.06	4.1 4.12 4.14	V V
		LT3650-4.2	●	4.18 4.16	4.2 4.22 4.24	V V
$\Delta V_{RECHRG}$	Recharge Battery Threshold	Threshold Voltage Relative to $V_{BAT(FLT)}$		-100		mV
$V_{BAT(PRE)}$	Battery Precondition Threshold Voltage	$V_{BAT}$ Rising		2.9		V
$V_{BAT(PREHYST)}$	Battery Precondition Threshold Hysteresis			90		mV
$I_{VIN}$	Operating Input Supply Current	CC/CV Mode, $I_{SW} = 0$ Standby Mode Shutdown ( $\overline{SHDN} = 0$ )	●	2.5 85 15	3.5	mA $\mu A$ $\mu A$
$I_{BOOST}$	BOOST Supply Current	Switch-On, $I_{SW} = 0$ $2.5V < V_{(BOOST-SW)} < 4.5V$		20		mA
$I_{BOOST}/I_{SW}$	BOOST Switch Drive	$I_{SW} = 2A$		30		mA/A
$V_{SW(ON)}$	Switch-On Voltage Drop	$V_{IN} - V_{SW}$ , $I_{SW} = 2A$		350		mV
$I_{SW(MAX)}$	Switch Current Limit		●	2.5		A
$V_{SENSE(PRE)}$	Precondition Current Sense Voltage	$V_{SENSE} - V_{BAT}$ $V_{BAT} = 2.5$		15		mV
$V_{CLP(DC)}$	CLP Threshold Voltage	$V_{CLP} - V_{IN}$ ; $V_{SENSE} - V_{BAT} = 50mV$	●	37.5	50 62.5	mV
$I_{CLP}$	CLP Input Bias Current			200		nA
$V_{SENSE(DC)}$	Maximum Current Sense Voltage	$V_{SENSE} - V_{BAT}$ ; $V_{BAT} = 3.5V$ , $V_{RNG/SS} = 1.2V$	●	95	100 105	mV
$V_{SENSE(C/10)}$	C/10 Trigger Sense Voltage		●	7.5	10 12.5	mV
$I_{BAT}$	BAT Input Bias Current	Charging Terminated	●	0.1	1	$\mu A$
$I_{SENSE}$	SENSE Input Bias Current	Charging Terminated	●	0.1	1	$\mu A$
$I_{REVERSE}$	Charger Reverse Current: $I_{BAT} + I_{SENSE} + I_{SW}$	$V_{IN} = 0V$ ; $BAT = SENSE = SW = V_{BAT(FLT)}$		1		$\mu A$
$V_{NTC(H)}$	NTC Range Limit (High)	$V_{NTC}$ Rising	●	1.25	1.36 1.45	V
$V_{NTC(L)}$	NTC Range Limit (Low)	$V_{NTC}$ Falling	●	0.27	0.29 0.315	V
$V_{NTC(HYST)}$	NTC Threshold Hysteresis	% of Threshold		20		%
$R_{NTC(DIS)}$	NTC Disable Impedance	Minimum External Impedance to GND	●	250	500	k $\Omega$
$I_{NTC}$	NTC Bias Current	$V_{NTC} = 0.8V$	●	47.5	50 52.5	$\mu A$
$I_{RNG/SS}$	$I_{RNG/SS}$ Bias Current		●	45	50 55	$\mu A$
$V_{RNG/SS}/V_{SENSE}$	Current Limit Programming: $V_{RNG/SS}/V_{SENSE(MAX)}$	$V_{RNG/SS} = 0.5$	●	8.5	10 11.5	V/V
$V_{SHDN}$	Shutdown Threshold	Rising	●	1.17	1.20 1.23	V
$V_{SHDN(HYST)}$	Shutdown Hysteresis			120		mV
$I_{SHDN}$	$\overline{SHDN}$ Input Bias Current			-10		nA

# LT3650-4.1 / LT3650-4.2

## 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 $V_{IN} = 20V$ 、 $BOOST-SW = 4V$ 、 $\overline{SHDN} = 2V$ 、 $SENSE = BAT = V_{BAT(FLT)}$ 、 $C_{TIMER} = 0.68\mu F$ での値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$V_{CHRG}$ , $V_{FAULT}$	Status Low Voltage	10mA Load	●		0.4	V	
$I_{TIMER}$	Charge/Discharge Current			25		$\mu A$	
$V_{TIMER(DIS)}$	Timer Disable Threshold		●	0.1	0.25	V	
$t_{TIMER}$	Full Charge Cycle Timeout			3		hr	
	Precondition Timeout			22.5		min	
	Timer Accuracy		●	-10	10	%	
$f_0$	Operating Frequency		●	0.9	1	1.1	MHz
DC	Duty Cycle Range	Continuous Operation	●	15	90	%	

**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可能性がある。

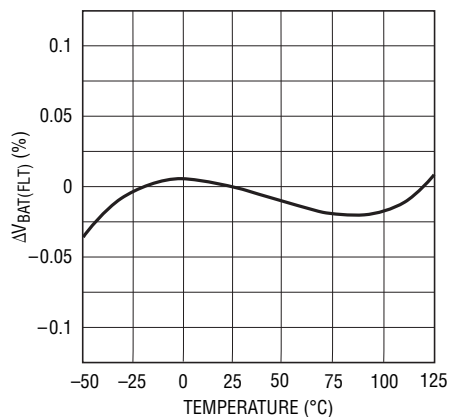
**Note 2:** LT3650Eは $0^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$ の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$ の動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コント

ロールとの相関で確認されている。LT3650Iの仕様は $-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$ の全温度範囲で保証されている。接合部温度が高いと動作寿命が短くなる。

**Note 3:** 起動スレッシュホールドより下の $V_{IN}$ 電圧は( $V_{BOOST} - V_{SW}$ ) > 2Vの場合だけサポートされる。

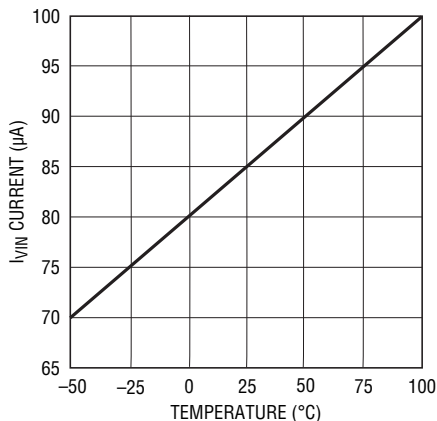
## 標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^{\circ}C$ 。

バッテリー・フロート電圧と温度



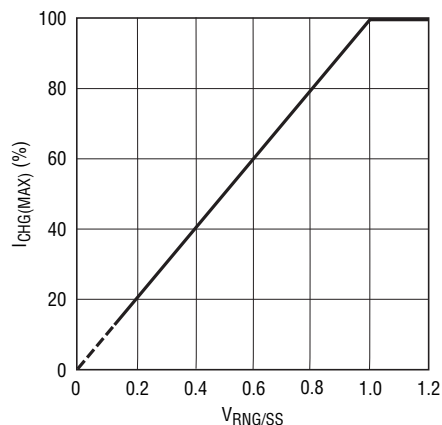
3650 G01

$V_{IN}$ のスタンバイ・モード電流と温度



365042 G02

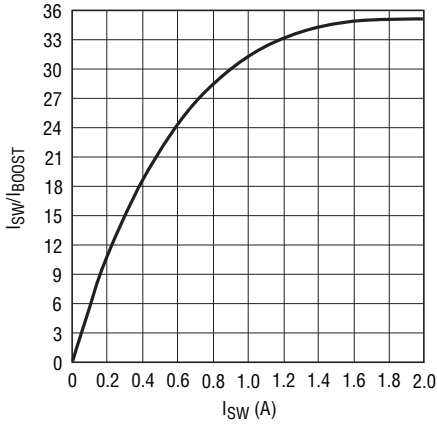
最大充電電流と $I_{RNG/SS}$ の電圧 ( $I_{CHG(MAX)}$ はプログラムされた $I_{MAX}$ のパーセンテージとして表示)



365042 G03

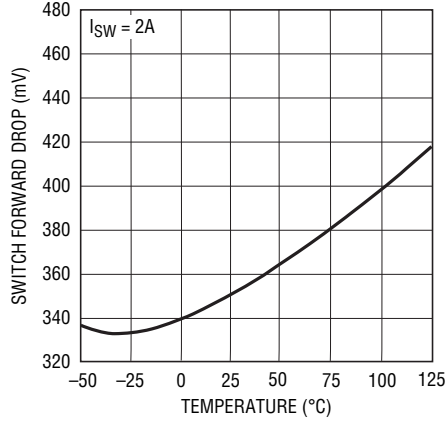
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

スイッチ・ドライブ ( $I_{SW}/I_{BOOST}$ ) と  $I_{SW}$



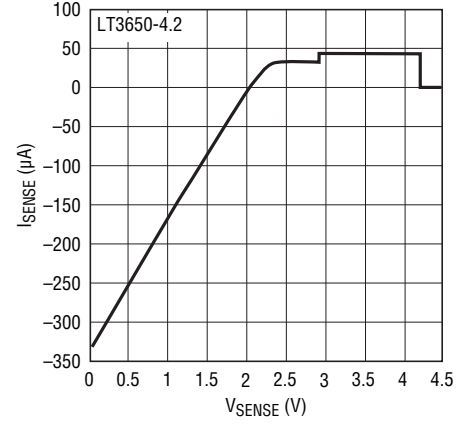
365042 G04

スイッチの順方向電圧降下 ( $V_{IN}-V_{SW}$ ) と温度



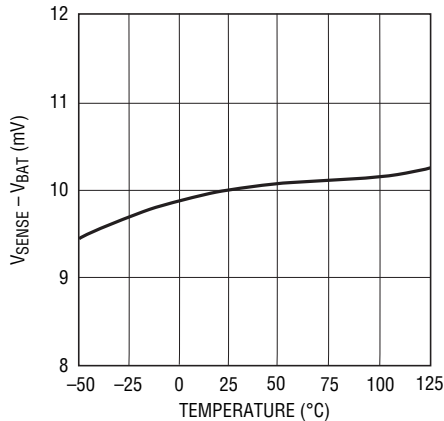
365042 G05

CC/CV充電; SENSEピンのバイアス電流と  $V_{SENSE}$



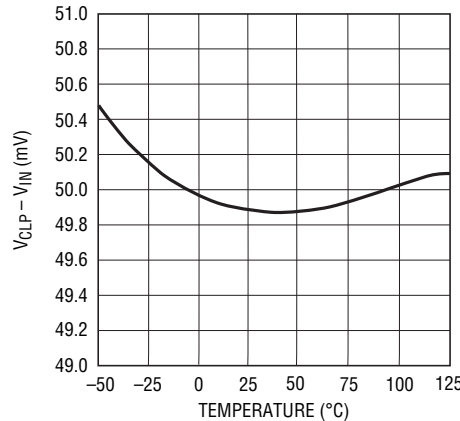
365042 G06

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



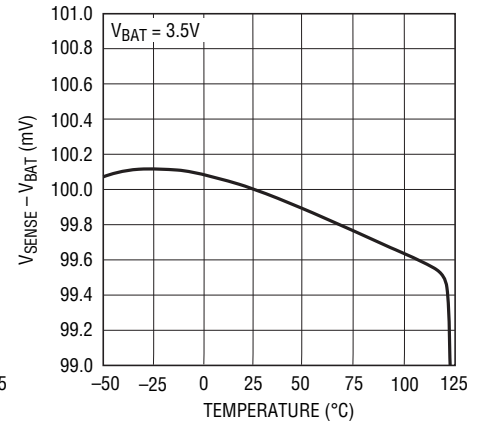
365042 G07

CLP入力制限スレッシュヨルド ( $V_{CLP}-V_{IN}$ ) と温度 (50%の  $I_{CHG}$ )



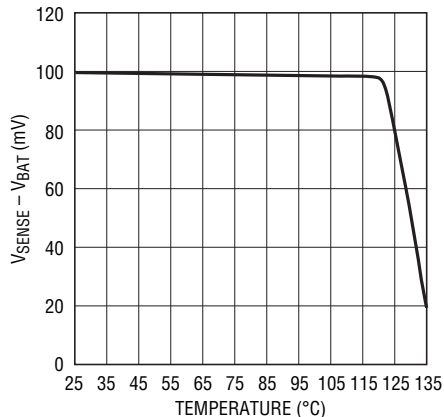
365042 G08

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



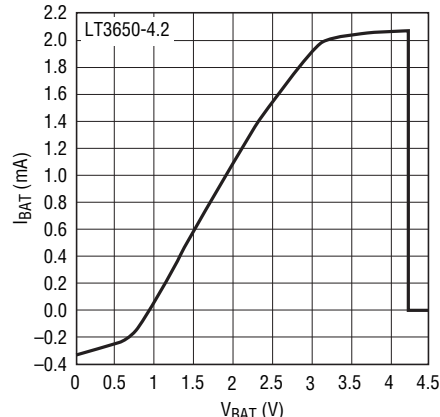
365042 G09

サーマル・フォールドバック- $I_{MAX}$ 電流制限 ( $V_{SENSE}-V_{BAT}$ ) と温度



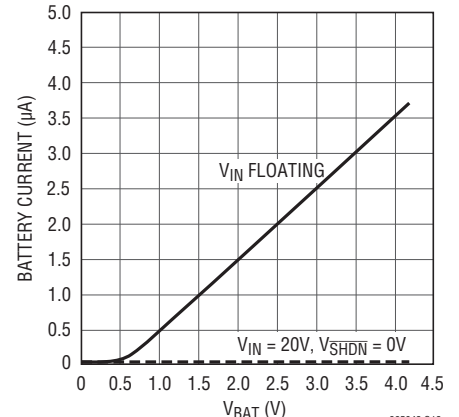
365042 G10

CC/CV充電; BATピンのバイアス電流と  $V_{BAT}$



365042 G11

チャージャがディスエーブル時のバッテリー・バイアス電流 ( $I_{BAT}+I_{SENSE}+I_{BOOST}+I_{SW}$ )



365042 G12

36504142fc

## ピン機能

**V<sub>IN</sub> (ピン1):** 充電入力電源。V<sub>IN</sub>ピンの動作範囲は4.75V～32Vです。スタートアップにはV<sub>IN</sub> ≥ 7.5Vまたは(V<sub>BOOST</sub> - V<sub>SW</sub>) > 2Vであることが必要です。充電終了後はI<sub>VIN</sub> = 85μAです。

**CLP (ピン2):** システム電流制限入力。システムの電流レベルは、入力電源をCLPピンに接続し、センス抵抗をCLPピンからV<sub>IN</sub>ピンに接続することによりモニタすることができます。追加のシステム負荷はV<sub>IN</sub>ピンの接続から引き出され、V<sub>CLP</sub> - V<sub>VIN</sub> = +50mVのとき最大システム負荷が達成されます。LT3650はプログラムされた最大システム電流を維持するのに必要な最大充電電流をサーボ制御します。この機能を望まなければ、CLPピンをV<sub>IN</sub>ピンに接続します(「アプリケーション情報」のセクションを参照)。

**SHDN (ピン3):** 精密スレッシュホールド・シャットダウン・ピン。イネーブル・スレッシュホールドは1.225V(立上り)で、120mVの入力ヒステリシスがあります。シャットダウン・モードでは、全ての充電機能がディスエーブルされます。精密スレッシュホールドなので、SHDNピンを使ってUVLO機能を組み込むことができます。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<sub>IN</sub>ピンの電流は15μA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望まなければ、このピンをV<sub>IN</sub>に接続します。

**CHRG (ピン4):** オープンコレクタのチャージャ状態出力。一般に抵抗を通してリファレンス電圧に引き上げられます。この状態ピンはディスエーブルされると最大V<sub>IN</sub>までの電圧に引き上げることができ、イネーブルされると最大10mAの電流をシンクすることができます。バッテリー充電サイクルの間、CHRGは“L”になります。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。終了するのに内部タイマが使われると、ピンは充電サイクルの間、充電電流がC/10のレート(つまりI<sub>CHG(MAX)</sub>/10)より下に下がるまで“L”に留まります。温度フォールトによっても、このピンは“L”に引き下げられます(「アプリケーション情報」のセクションを参照)。

**FAULT (ピン5):** オープンコレクタのフォールト状態出力。一般に抵抗を通してリファレンス電圧に引き上げられます。この状態ピンはディスエーブルされると最大V<sub>IN</sub>までの電圧に引き上げることができ、イネーブルされると最大10mAの電流をシンクすることができます。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ールト状態を表示します。温度フォー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ると、不良バッテリー・フォールトによっても

このピンは“L”に引き下げられます。フォールト状態が存在しないと、FAULTピンは高インピーダンスのままです(「アプリケーション情報」のセクションを参照)。

**TIMER (ピン6):** サイクル終了タイマのプログラミング・ピン。タイマに基づく充電終了を望むなら、コンデンサをこのピンからグラウンドに接続します。フル充電のサイクル終了時間(単位は時間)は、このコンデンサを使って、次式に従ってプログラムします。

$$t_{EOC} = C_{TIMER} \cdot 4.4 \cdot 10^6$$

t<sub>EOC</sub>の1/8以内にバッテリーが前調整スレッシュホールド電圧に達しないと、不良バッテリー・フォールトが発生します。この制限時間は次のようになります。

$$t_{PRE} = C_{TIMER} \cdot 5.5 \cdot 10^5$$

一般に0.68μFコンデンサが使われ、これは3時間のタイマEOCおよび22.5分の前調整リミット時間を発生します。タイマに基づく充電終了を望まないなら、TIMERピンをグラウンドに接続するとタイマ機能が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、つまりI<sub>CHG(MAX)</sub>/10より下に下がったとき充電が終了します。

**RNG/SS (ピン7):** 充電電流のプログラミング・ピン。このピンは最大充電電流の動的な調節を可能にし、ソフトスタート機能を採用するのに使われます。このピンの電圧を設定することにより、インダクタ電流センス抵抗両端の望みの最大電圧(V<sub>SENSE</sub> - V<sub>BAT</sub>)が0.1 • V<sub>RNG/SS</sub>になるように、最大充電電流が調節されるので、最大充電電流は次の値に減少します。

$$V_{RNG/SS} \cdot I_{CHG(MAX)}$$

このピンの実効範囲は0V～1Vです。このピンから50μAがソースされるので、次式のように、抵抗両端の電圧降下が望みのプログラミング電圧に等しくなるような抵抗(R<sub>RNG/SS</sub>)をRNG/SSからグラウンドに接続することによって、最大充電電流をプログラムすることができます。

$$V_{RNG/SS} = 50\mu A \cdot R_{RNG/SS}$$

コンデンサを1V(最大充電電流)に充電するのに要する時間が望みのソフトスタート時間(t<sub>SS</sub>)になるようなコンデンサ(C<sub>RNG/SS</sub>)をRNG/SSからグラウンドに接続することにより、ソフトスタート機能を実現することができます。R<sub>RNG/SS</sub>がない場合、このコンデンサの値は次の関係に従います。

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

## ピン機能

RNG/SSピンはフォールト状態の間“L”に引き下げられるので、ソフトスタート機能が実装されていると、フォールトからスムーズに回復することができます。ソフトスタート・コンデンサとプログラミング抵抗の両方とも並列に実装することができます。V<sub>RNG/SS</sub>が0.1Vより低い間、全てのC/10モニタ機能がデイスエーブルされて、長いソフトスタート時間に適応します。

充電電流をデイスエーブルしたり、最大充電電流を動的にサーボ制御したりするため、アクティブ・デバイスを使い、ブルダウン・トランジスタを用いてRNG/SS電圧を操作することもできます。低インピーダンスのプルアップ能力のあるアクティブ・デバイスによるRNG/SSピンの操作は許されません（「アプリケーション情報」のセクションを参照）。

**NTC (ピン8) :** バッテリ温度モニタ・ピン。このピンはNTC（負温度係数）サーミスタ温度モニタ回路への入力です。この機能は、10kΩ、B = 3380のNTCサーミスタをNTCからグラウンドに接続してイネーブルします。このピンは50μAをソースし、10kΩサーミスタ両端の電圧をモニタします。このピンの電圧が1.36Vより上（T < 0°C）または0.29Vより下（T > 40°C）になると、充電はデイスエーブルされ、CHRGピンとFAULTピンが両方とも“L”に引き下げられます。内部タイマによる終了が使われていると、タイマは休止し、充電サイクルは一時停止します。NTCの電圧が0.29V～1.36Vのアクティブ領域内に戻ると、充電が再開されます。各温度スレッシュホールドに関連した約5°Cの温度ヒステリシスがあります。グラウンドへのサーミスタ抵抗が250kΩより下の間、温度モニタ機能はイネーブルされたままなので、この機能を望まなければ、NTCピンを未接続のままにします。

**BAT (ピン9) :** バッテリ電圧モニタ・ピン。10μFのデカップリング・コンデンサ（C<sub>BAT</sub>）をこのピンからグラウンドに接続します。アプリケーションの要件に依存して、もっと大きな値のデカップリング・コンデンサが必要になることがあります（「アプリケーション情報」のセクションを参照）。充電機能はこのピンの最終フロート電圧を達成するように動作します。自動再起スタート機能は、BATピンの電圧がこのフロート電圧より2.5%下に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は<0.1μA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10) :** 充電電流検出ピン。インダクタ・センス抵抗（R<sub>SENSE</sub>）の電位の高い方の端子をSENSEピンに接続し、他の端子をBATピンに接続します。この抵抗両端の電圧が平均充電電流を設定します。最大平均充電電流（I<sub>MAX</sub>）はセンス抵抗両端の100mVに相当します。この抵抗は2Aまでの最大充電電流をプログラムするように設定することができます。センス抵抗値は次の関係に従います。

$$R_{\text{SENSE}} = \frac{0.1\text{V}}{I_{\text{MAX}}}$$

充電サイクルが終了すると、SENSEピンの入力バイアス電流は<0.1μA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。

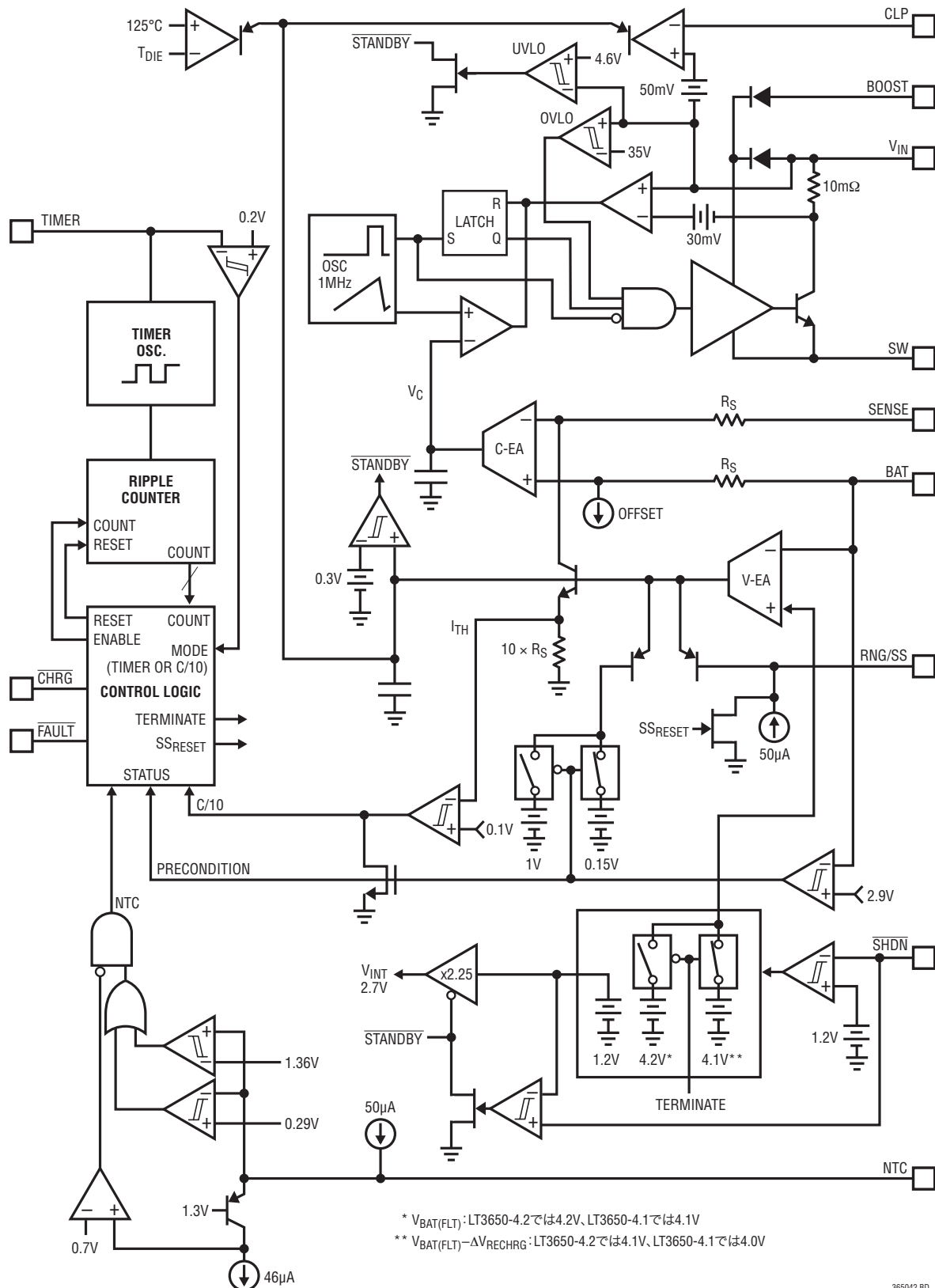
**BOOST (ピン11) :** スイッチ・ドライブのためのブートストラップされた電源レール。このピンはスイッチ・トランジスタを飽和させるのを助けます。1μF以上のコンデンサをBOOSTピンからSWピンに接続します。このピンの動作範囲はSWピンを基準にして0V～4.5Vです。デカップリング・コンデンサの電圧は整流ダイオードを通してリフレッシュされます。ダイオードのアノードはバッテリーの出力電圧または外部ソースのどちらかに接続し、カソードはBOOSTピンに接続します。

**SW (ピン12) :** スイッチ出力ピン。このピンはチャージャのスイッチの出力で、スイッチ・トランジスタのエミッタに接続されています。イネーブルされると、スイッチはSWピンをV<sub>IN</sub>電源に短絡します。このスイッチのドライブ回路はBOOST電源ピンを使ってV<sub>IN</sub>電源より上にブートストラップされるので、スイッチを飽和させることができ、効率を最大にします。昇圧されたスイッチの実効オン抵抗は0.175Ωです。

**SGND (ピン13) :** グラウンド・リファレンスおよび裏面露出リードフレームの熱接続。露出リードフレームはPCBのグラウンド・プレーンに半田付けします。

# LT3650-4.1 / LT3650-4.2

## ブロック図



365042 BD

36504142fc



## 動作

### 概要

LT3650は完全なモノリシック、中電力、リチウムイオン・バッテリー・チャージャです。高入力電圧アプリケーション向けで、最少の外部部品でソリューションを提供します。このデバイスは1MHz固定周波数の平均電流モード降圧アーキテクチャを採用しています。内部反転電圧保護により、ブロッキング・ダイオードなしで直接入力電源に接続することができます。

LT3650は2Aスイッチを内蔵しており、これはブートストラップされた電源でドライブされ、充電サイクルの間効率を最大にします。入力範囲が広いので、 $5V \pm 5\%$ ～32Vのフル充電動作が可能です。精密スレッシュホールドのシャットダウン・ピンにより、簡単な抵抗分割器を使ったUVLO機能を組み込むことができます。デバイスは低電流シャットダウン・モードにすることもでき、その場合、入力電源バイアスはわずか $15\mu A$ に減少します。

LT3650は充電電流制御のいくつかの自由度を備えています。全体の最大充電電流は外部インダクタ電流センス抵抗を使って設定されます。最大充電電流プログラミング・ピンにより、バッテリー充電電流を動的に操作することができます。LT3650はシステムの入力電源電流リミットの制御機能も備えており、バッテリー充電電流をサーボ制御して、システムの全体的負荷要件に適合させます。

検出されたバッテリー電圧が非常に低いと、LT3650は自動的にバッテリー前調整モードに入ります。このモードでは、充電電流は(インダクタ・センス抵抗( $R_{SENSE}$ ))によって設定される)プログラムされた最大値の15%に減少します。バッテリー電圧が内部設定された2.9Vの前調整スレッシュホールドより上に上昇すると、デバイスは自動的に最大充電電流をプログラムされた最大値に増加させます。

LT3650はC/10終了方式に基づく充電電流を使うことができます。この方式では、バッテリー充電電流がプログラムされた最大充電電流の1/10に下がると充電サイクルが終了します。LT3650はタイマに基づく終了のための内部充電サイクル制御タイマも備えています。内部タイマを使うとき、デバイスはC/10検出をプログラム可能な時定数と組み合わせます。その間、充電サイクルはC/10レベルを超えて継続可能で、バッテリーを「満

充電」します。充電サイクルは一定の時間(一般に3時間)が経過すると終了します。タイマに基づく方式が使われる場合、デバイスは不良バッテリー検知もサポートし、プログラムされた全充電サイクル時間の1/8を超えてバッテリーが前調整モードに留まると、システム・フォールトがトリガされます。

充電が終了し、LT3650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 $85\mu A$ 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、LT3650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・フォールト後、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開始します。

LT3650はバッテリー温度モニタ回路を備えています。この機能は充電サイクルの間サーミスタを使ってバッテリー温度をモニタし、バッテリー温度が安全充電範囲から外れると充電を中断し、フォールト状態を知らせます。

LT3650は2つのデジタル・オープンコレクタ出力を備えており、チャージャの状態を与え、フォー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ールト、および不良バッテリー・フォールトを知らせます。

### 一般動作(ブロック図を参照)

LT3650は、平均充電電流を直接サーボ制御するように、平均電流モード制御アーキテクチャを使っています。LT3650はBATピンを介してチャージャの出力電圧を検出します。このピンと内部フロート電圧リファレンスの差が電圧誤差アンプ(V-EA)によって積分されます。このアンプはその出力( $I_{TH}$ )に誤差電圧を発生しますが、この電圧はインダクタ電流センス抵抗( $R_{SENSE}$ )両端で検出される平均電流に対応します。このセンス抵抗はSENSEピンとBATピンの間に接続されます。次いで、 $I_{TH}$ 電圧は1/10に分圧され、電流誤差アンプ(C-EA)の入力に与えられます。この与えられた電圧と電流センス抵抗の電圧との差が積分され、その結果得られる電圧( $V_C$ )が、内部で発生させたランプと比較されるスレッシュホールドとして使われます。この比較の出力がチャージャのスイッチを制御します。

## 動作

$I_{TH}$  誤差電圧はインダクタ電流センス抵抗両端で検出される平均電流にリニアに対応するので、 $I_{TH}$  の実効電圧範囲を制限することにより最大充電電流制御が可能になります。クランプによってこの電圧を1Vに制限することにより、電流検出電圧を100mVに制限します。これにより、最大充電電流（つまり、チャージャが定電流（CC）モードで動作しているとき供給される電流）が設定されます。これは $R_{SENSE}$  両端の100mVに相当します。この最大充電電流レベルはRNG/SSピンを通して操作することもできます（「RNG/SS: 動的充電電流調節」および「RNG/SS: ソフトスタート」のセクションを参照）。

BATピンの電圧が $V_{BAT(PRE)}$ より下だと、LT3650は前調整モードを起動します。前調整期間の間、チャージャは定電流モードで動作しますが、最大充電電流は $R_{SENSE}$ によって設定される最大値の15%に減少します。

BATピンのチャージャ出力電圧がフロート電圧（ $V_{BAT(FLT)}$ ）に近づくと、チャージャは定電圧（CV）モードに移行し、チャージャ電流は最大値から減少します。こうなると、 $I_{TH}$ 電圧はクランプ・リミットから下がり、もっと低い電圧にサーボ制御します。デバイスは $I_{TH}$ 電圧が減少していくのをモニタし、 $I_{TH} = 0.1V$ になるとC/10充電電流が検出されます。チャージャがC/10終了に構成設定されていると、このスレッシュホールドを使ってチャージャ・サイクルを終了します。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・モードになります。

LT3650は、プログラムされた時間が経過すると充電サイクルを終了する充電サイクル・タイマを内蔵しています。このタイマは標準3時間でエンド・オブ・サイクル（EOC）を達成するようにプログラムされますが、適当なタイミング・コンデンサの値（ $C_{TIMER}$ ）を設定することにより、任意の時間に構成設定す

ることができます。タイマによる終了を使うと、充電サイクルはC/10が達成された後も終了しません。 $\overline{CHRG}$ 状態ピンはC/10電流レベルにตอบสนองするので、デバイスはフル充電されたバッテリー状態を表示しますが、プログラムされたEOC時間が経過するまでチャージャはバッテリーに低電流をソースし続けます。EOC時間が経過した時点で充電サイクルが終了します。充電サイクルが終了するEOCで、バッテリーが少なくとも最大フロート電圧の97.5%に達していないと、充電は失敗したと見なされます。LT3650は再スタートし、もう一度フル・タイマ・サイクルの期間充電が続けられます。

タイマ機能を利用すると、不良バッテリー検出もイネーブルされます。このフォールト状態は、バッテリーが前調整にตอบสนองせず、プログラムされた充電サイクル時間の1/8が経過した後チャージャが前調整モードに留まると（または入ると）有効になります。不良バッテリー・フォールトにより、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”になります。

C/10検出によってであろうが、タイマのEOCへの到達によってであろうが、LT3650が充電サイクルを終了すると、平均電流モードのアナログ・ループはアクティブなままに留まりますが、内部フロート電圧リファレンスは2.5%だけ下がります。充電が完了したバッテリーの電圧は最大フロート電圧なので、電圧誤差アンプは過電圧状態を検出し、低くなります。電圧誤差アンプの出力が0.3Vより下に下がると、デバイスはスタンバイ・モードに入り、内部回路のほとんどがディスエーブルされ、 $V_{IN}$  バイアス電流は85 $\mu A$ 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・レベルより下に下がると、電圧誤差アンプの出力が上昇し、デバイスはスタンバイ・モードから抜け出し、新しい充電サイクルが開始されます。

## アプリケーション情報

### V<sub>IN</sub>入力電源

LT3650はV<sub>IN</sub>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ので、V<sub>IN</sub>の電圧グリッチを最小に抑えるため、高品質の低ESRデカップリング・コンデンサを推奨します。チャージャの全ての入力スイッチング・リップル電流をV<sub>IN</sub>デカップリング・コンデンサ(C<sub>VIN</sub>)が吸収するので、そのリップル電流定格は十分大きくなければなりません。RMSリップル電流(I<sub>CVIN(RMS)</sub>)は次のとおりです。

$$I_{CVIN(RMS)} \sim I_{CHG(MAX)} \cdot \left( \frac{V_{BAT}}{V_{IN}} \right) \cdot \left( \left[ \frac{V_{IN}}{V_{BAT}} \right] - 1 \right)^{\frac{1}{2}}$$

これはV<sub>IN</sub> = 2 • V<sub>BAT</sub>で最大値を取ります。ここで、

$$I_{CVIN(RMS)} = I_{CHG(MAX)}/2$$

1/2 • I<sub>CHG(MAX)</sub>の単純なワーストケースが一般に設計に使われます。

バルク・コンデンサは望みの入力リップル電圧(ΔV<sub>IN</sub>)の関数であり、次の関係に従います。

$$C_{IN(BULK)} = I_{MAX} \cdot \left( \frac{V_{BAT} / V_{IN}}{\Delta V_{IN}} \right) (\mu F)$$

10μFはほとんどのチャージャ・アプリケーションに対して一般に適切です。

### BOOST電源

BOOSTブートストラップ電源は内部スイッチをドライブし、スイッチ・トランジスタの飽和を助けます。BOOSTピンの動作範囲はSWピンを基準にして0V~4.5Vです。1μF以上のコンデンサをBOOSTピンからSWピンに接続します。

デカップリング・コンデンサの電圧はダイオードを通してリフレッシュされます。ダイオードのアノードはバッテリーの出力電圧または外部ソースのどちらかに接続し、カソードはBOOSTピンに接続します。ダイオードは平均電流定格が0.1Aより大きく、逆電圧定格がV<sub>IN(MAX)</sub>より大きいものにします。

### V<sub>IN</sub>/BOOSTの起動要件

LT3650は4.75V~32VのV<sub>IN</sub>範囲で動作しますが、チャージャに採用されている非同期降圧スイッチャ・トポロジーの性質により、起動電圧要件が存在します。利用できるBOOST電源がなければ、内部スイッチが動作するには(V<sub>IN</sub>-V<sub>SW</sub>) > 3Vである必要があります。BOOST電源を利用でき、(V<sub>BOOST</sub>-V<sub>SW</sub>) > 2Vであれば、この要件は存在しません。

LT3650チャージャがスイッチングしていないとき、SWピンはバッテリーと同電位であり、最大でV<sub>BAT(FLT)</sub>になることがあります。信頼できる起動を実現するには、V<sub>IN</sub>電源はSWピンより少なくとも3V高くなければなりません。V<sub>IN</sub>の最小起動規定値は7.5V以上であり、この要件を満たすのに十分なマージンを与えます。スイッチングが開始されると、BOOST電源のコンデンサが充電されて(V<sub>BOOST</sub>-V<sub>SW</sub>) > 2Vとなるので、V<sub>IN</sub>の要件はもはや適用されません。

V<sub>IN</sub>が低いアプリケーションでは、起動のためにBOOST電源を外部から与えて、V<sub>IN</sub>の起動要件を取り除くことができます。

### V<sub>BAT</sub>出力のデカップリング

LT3650チャージャの出力には、BATピンからグラウンドに接続されたバイパス・コンデンサ(C<sub>BAT</sub>)が必要です。全てのアプリケーションに10μFセラミック・コンデンサが必要です。バッテリーをチャージャの出力から切断できるシステムでは、バッテリーが存在しない状態の視覚的表示のために、バイパス容量を追加するのが望ましいでしょう(「状態ピン」のセクションを参照)。

バッテリーが切断されているときシステム負荷をLT3650チャージャの出力から動作させるのを望むなら、追加のバイパス容量が必要です。チャージャがDC/DCコンバータとして使われるこのタイプのアプリケーションでは、出力にバルク容量を追加しないと過度のリップルや低振幅発振が生じることがあります。これらのアプリケーションでは、10μFのセラミック・バイパス・コンデンサに並列に、100μFの低ESR非セラミック・コンデンサ(三洋電機のOS-CONやPOSCAPのようなチップ・タンタル・コンデンサまたは有機半導体コンデンサ)をBATからグラウンドに接続します。この追加のバイパス容量は、バッテリーが長いワイヤを通してチャージャに接続されているシステムでも必要とされることがあります。C<sub>BAT</sub>の電圧定格はバッテリーのフロート電圧を満たしているかそれを超えている必要があります。

## アプリケーション情報

### R<sub>SENSE</sub>: 充電電流のプログラミング

LT3650チャージャは最大2Aの平均電流で充電するように構成設定することができます。最大充電電流は、インダクタ・センス抵抗を通る望みの最大平均電流が100mVの電圧降下を生じるようにそのセンス抵抗を選択することにより設定されます。つまり、次のようになります。

$$R_{SENSE} = \frac{0.1}{I_{MAX(AVG)}}$$

ここで、I<sub>MAX(AVG)</sub>は最大平均充電電流です。たとえば、2Aチャージャでは、0.05Ωのセンス抵抗が使われます。

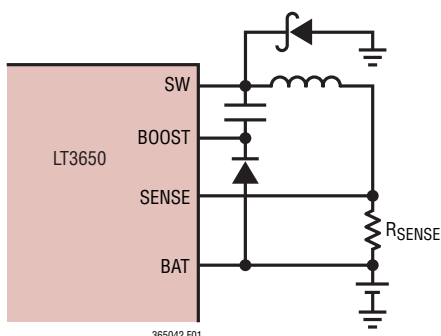


図1. R<sub>SENSE</sub>を使った最大充電電流のプログラミング

### インダクタの選択

LT3650チャージャのインダクタの値の主要な選択基準は、そのインダクタに生じるリップル電流です。インダクタンス値が決まったら、インダクタの飽和電流はインダクタ内の最大ピーク電流以上なければなりません。望みのリップル電流(ΔI<sub>MAX</sub>)に対するインダクタの値(L)は次の関係を使って近似することができます。

$$L = \left( \frac{10}{\Delta I_{MAX}} \right) \cdot R_{SENSE} \cdot (V_{BAT} + V_F) \cdot \left( 1 - \left[ \frac{V_{BAT} + V_F}{V_{IN(MAX)} + V_F} \right] \right) (\mu H)$$

ここでは、ΔI<sub>MAX</sub>は正規化されたリップル電流、V<sub>IN(MAX)</sub>は最大動作電圧、V<sub>F</sub>は整流ショットキー・ダイオードの順方向電圧です。リップル電流は一般にI<sub>MAX</sub>の25%~35%の範囲内に設定されるので、0.25 < ΔI<sub>MAX</sub> < 0.35に設定することによってインダクタ値を決めることができます。

磁気部品メーカーは一般に最大RMS電流定格と飽和電流定格によってインダクタの仕様を定めます。飽和電流定格が(1+ΔI<sub>MAX</sub>/2)・I<sub>MAX</sub>を超え、RMS定格がI<sub>MAX</sub>を超えるインダクタを選択します。インダクタは最大電圧時間積の要件も満たす必要があります。この仕様がインダクタのデータシートに含まれていなければ、ベンダーに問い合わせ、設計が最大電圧時間積を超えないことを確認してください。必要な最小電圧時間積は次のとおりです。

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

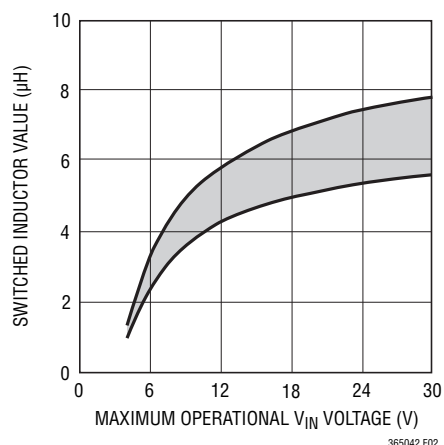


図2. 2Aチャージャでスイッチングされるインダクタの値 (R<sub>SENSE</sub> = 0.05Ω) 25%~35% I<sub>MAX</sub>リップル電流

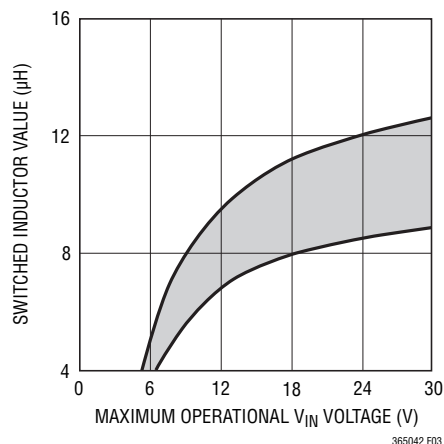


図3. 1.3Aチャージャでスイッチングされるインダクタの値 (R<sub>SENSE</sub> = 0.075Ω) 25%~35% I<sub>MAX</sub>リップル電流

## アプリケーション情報

### 整流器の選択

LT3650バッテリー・チャージャ内の整流器ダイオードは、メイン・パワースイッチがオフしているときインダクタ電流の経路を与えます。この整流器は、順方向電圧、逆電圧および最大電流に基づいて選択します。ショットキー・ダイオードは順方向電圧が低く、電力損失が最小で、最高の効率を与えるので必要です。整流器ダイオードは、最大 $V_{IN}$ 電圧より大きい逆電圧に耐える定格のものでなければなりません。

最小平均ダイオード電流定格 ( $I_{DIODE(MAX)}$ ) は、最大出力電流 ( $I_{MAX}$ )、最大動作 $V_{IN}$ 、および前調整スレッシュホールド ( $V_{BAT(PRE)}$ )での出力を使って計算します。

$$I_{DIODE(MAX)} > \frac{I_{MAX} \cdot (V_{IN(MAX)} - V_{BAT(PRE)})}{V_{IN(MAX)}} \quad (A)$$

たとえば、入力電圧が最大20Vの4.2V/1.5Aチャージャの整流器ダイオードは次の条件を満たす必要があります。

$$I_{DIODE(MAX)} > \frac{1.5 \cdot (20 - 2.9)}{20}, \text{つまり}$$

$$I_{DIODE(MAX)} > 1.3A$$

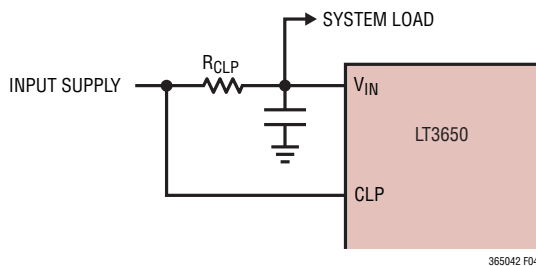


図4. 入力消費電流リミットを設定する $R_{CLP}$

### CLP: システム電流制限

LT3650はPowerPath™制御機能を備えており、複数の負荷システムをサポートします。全体の入力消費電流がプログラムされた最大値を超えると、チャージャはシステム負荷に応じて出力電流を調節します。

最大入力消費電流は、センス抵抗 ( $R_{CLP}$ ) を通る望みの最大電流が50mVの電圧降下を生じるようにそのセンス抵抗を選択することにより設定されます。つまり、次のようになります。

$$R_{CLP} = \frac{0.05}{I_{MAX(IN)}}$$

ここで、 $I_{MAX(IN)}$ は最大入力電流です。たとえば、1.5Aのシステム・リミットでは、33mΩのセンス抵抗を使います。

LT3650はCLP信号を内部で積分するので、ほとんどの場合、外部フィルタ素子を必要とすることなく平均電流制限を行います。

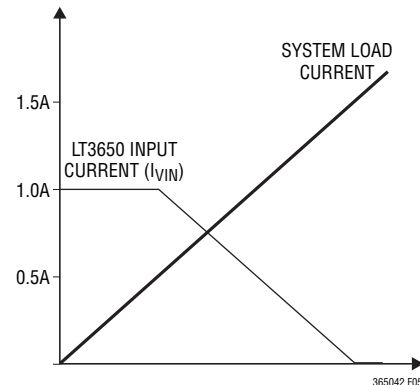


図5. CLPリミット: 1.5Aリミットでのチャージャ電流とシステムの負荷電流

## アプリケーション情報

### RNG/SS: 動的充電電流調整

LT3650を使うと、ユーザーはRNG/SSピンを介して最大充電電流を動的に調整することができます。RNG/SSピンの電圧はセンス抵抗 ( $R_{SENSE}$ ) 両端の最大電圧の10倍に相当します。既定の最大検出電圧は100mVなので、最大充電電流は次のように表すことができます。

$$I_{MAX}(RNG/SS) = I_{MAX} \cdot V_{RNG/SS}$$

ここで、 $I_{MAX}(RNG/SS)$ は、 $V_{RNG/SS}$ が0V~1Vであれば最大充電電流です。1Vより高い電圧は最大充電電流に影響を与えません。

LT3650は、次の関係に従って適当な値の抵抗を単に接続することにより電流制御電圧が設定できるように、RNG/SSピンから50μAをソースします。

$$R_{RNG/SS} = \frac{V_{RNG/SS}}{50\mu A}$$

たとえば、最大充電電流を元の値の50%に減らすには(これは50mVの最大検出電圧に相当します)、RNG/SSを0.5Vに設定します。

$$R_{RNG/SS} = \frac{0.5V}{50\mu A} = 10k\Omega$$

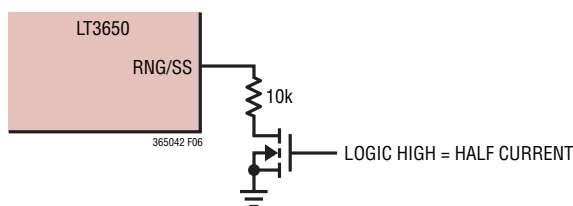


図6. 最大充電電流のデジタル制御に使われるRNG/SSピン

たとえば、この機能を使って、低い充電電流レベルに切り替えることができます。アクティブ・サーボを使って(それが電流をシンクするだけであれば)RNG/SSピンに電圧を強制することもできます。電流をソースするアクティブ回路はRNG/SSピンをドライブするのに使えません。プルアップ抵抗は使えますが、このピンの2.5Vの絶対最大電圧を超えないように十分注意する必要があります。

### RNG/SS: ソフトスタート

ソフトスタート機能もRNG/SSピンによってサポートされます。50μAがRNG/SSピンからソースされるので、RNG/SSピンからグラウンドにコンデンサ ( $C_{RNS/SS}$ ) を接続するとリニアな電圧ランプが生じます。最大充電電流はこの電圧に従います。したがって、コンデンサが0Vから1Vに充電するにつれ、充電電流はゼロからプログラムされた最大値まで増加します。 $C_{RNG/SS}$ の値は、最大電流 ( $t_{SS}$ ) までの望みの時間に基づいて、次の関係に従って計算します。

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

充電が終了するとRNG/SSピンは内部でグラウンドに引き下げられるので、新しい充電サイクルは毎回ソフトスタート・サイクルで開始されます。RNG/SSは不良バッテリー状態およびNTCフォールト状態の間にもグラウンドに引き下げられるので、これらのフォールトからスムーズに回復することができます。

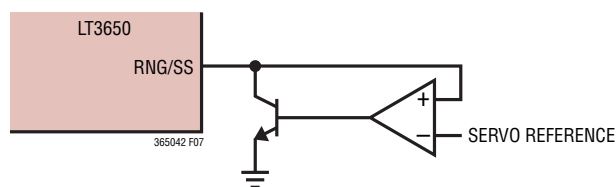


図7. 電流をシンクするアクティブ・サーボ・アンプによるRNG/SSピンのドライブ

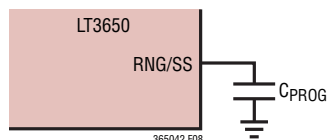


図8. RNG/SSピンを使ったソフトスタート

## アプリケーション情報

### 状態ピン

LT3650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。これらのピンは最大 $V_{\text{IN}}$ の電圧を受け入れることができ、イネーブルされると最大10mAをシンクすることができます。

$\overline{\text{CHRG}}$ ピンは、チャージャがC/10より大きな電流を供給しているか、またはプログラムされた最大充電電流の1/10を供給しているかを表示します。 $\overline{\text{FAULT}}$ ピンは不良バッテリー・フォールトとNTCフォールトを知らせます。これらのピンはバイナリコードであり、下の表に従って信号を出します。この表で、Onはピンが“L”に引き下げられることを表し、Offはピンが高インピーダンスであることを表しています。

表1. 状態ピンの状態

状態ピンの状態		チャージャの状態
$\overline{\text{CHRG}}$	$\overline{\text{FAULT}}$	
Off	Off	充電しない(スタンバイまたはシャットダウン)
Off	On	不良バッテリー・フォールト (前調整タイムアウト/EOC不良)
On	Off	C/10またはそれより上で正常充電中
On	On	NTCフォールト(一時停止)

C/10終了に構成設定されているLT3650チャージャからバッテリーが取り外されると、終了と再充電の間の巡回現象により、約100mVの鋸波がチャージャの出力に現れます。この巡回現象により、 $\overline{\text{CHRG}}$ 出力にパルスが生じます。このピンにLEDが接続されていると明滅し、バッテリーが装着されていないことをユーザーに知らせます。この明滅の周波数は出力容量に依存します。

### C/10終了

LT3650は低電流に基づく終了方式をサポートしています。この方式では、チャージャからの出力電流が $R_{\text{SENSE}}$ によってプログラムされた最大電流の1/10より下に下がると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 $R_{\text{SENSE}}$ 両端の10mVに相当します。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終了を使うと、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、LT3650チャージャはバッテリー充電電流をソースします。最大充電フロート電圧が達成されると充電電

流が低下し、C/10スレッシュホールドに達するとチャージャが終了し、LT3650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、 $V_{\text{BAT}}$ が最大充電フロート電圧の97.5%より下に下がると、チャージャは自動的に再起動し、充電を開始します。

C/10終了が使われると、不良バッテリー検出は行われません。

### タイマによる終了

LT3650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・サイクルのEOC( $t_{\text{EOC}}$ )は、次の関係に従って $C_{\text{TIMER}}$ に基づいて生じます。

$$C_{\text{TIMER}} = t_{\text{EOC}} \cdot 2.27 \cdot 10^{-7} (\text{時間})$$

タイマのEOCは一般に3時間に設定され、0.68 $\mu\text{F}$ のコンデンサを必要とします。

$\overline{\text{CHRG}}$ 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、チャージャの出力電流がC/10スレッシュホールドより下に下がるまで、 $\overline{\text{CHRG}}$ 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EOCに達するまで引き続きバッテリーを「満充電」します。EOCに達すると、LT3650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・サイクルの終点での終了は充電サイクルが問題なく完了したときだけ起きます。バッテリーが最大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成功します。EOCで充電サイクルが成功しないと、タイマ・サイクルはリセットし、新たなフル・タイマ・サイクルの充電が継続します。

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、 $V_{\text{BAT}}$ が最大充電フロート電圧の97.5%より下に下がると、チャージャは自動的に再起動し、充電を開始します。

## アプリケーション情報

### 前調整と不良バッテリー・フォールト

LT3650チャージャには前調整モードがあり、このモードでは充電電流が( $R_{SENSE}$ によって設定される)プログラムされた $I_{MAX}$ の15%に制限されます。前調整電流は $R_{SENSE}$ 両端の15mVに相当します。

BATピンの電圧が前調整スレッシュホールド( $V_{BAT(PRE)}$ )より下だと、LT3650は前調整モードを有効にします。BAT電圧が前調整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。LT3650は3%のスレッシュホールド・ヒステリシスを組み込んでおり、モード・グリッチを防ぎます。

内部タイマが終了に使われると、不良バッテリー検出が有効になります。このフォールト検出機能は故障した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・フォールトは、全タイム・サイクルの1/8 (EOCの1/8)より長い時間、BATの電圧が前調整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が経過した後に再度前調整モードに入った場合も不良バッテリー・フォールトがトリガされます。

不良バッテリー・フォールトがトリガされると、充電サイクルが一時停止されるので、 $\overline{CHRG}$ 状態ピンが高インピーダンスになります。 $\overline{FAULT}$ ピンが“L”になり、フォールトの検出を知らせます。RNG/SSピンもこのフォールトの間“L”になり、ソフトスタート機能が組み込まれている場合、スムーズな再起動に備えます(「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 $\overline{SHDN}$ 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、LT3650チャージャはリセットする必要がありません。不良バッテリー・フォールトが検出された後、BATピンが前調整スレッシュホールド電圧を超えると、新しいタイム充電サイクルが開始されます。不良バッテリー・フォールトの間、チャージャから0.5mAがソースされます。不良バッテリーを取り去ると、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することができます。このように、不良バッテリーを取り外すとLT3650がリセットされるので、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ールト: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、LT3650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からグランドに接続してイネーブルします。NTC機能を望まないなら、このピンは未接続のままにします。

NTCピンは50 $\mu$ 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°C)を上回るか0.29V(40°C)を下回ると、バッテリー温度は範囲から外れ、LT3650はNTCフォールトをトリガします。NTCピンの電圧が0°C~40°Cの範囲内の温度に相当するまで、NTCフォールト状態が保たれます。高温と低温の両方のスレッシュホールドとも5°Cに相当するヒステリシスを備えています。

もっと高い動作充電温度を望むなら、10k NTC抵抗に直列抵抗を追加して温度範囲を拡大することができます。0.91k抵抗を追加すると、実効温度スレッシュホールドが45°Cに上がります。

NTCフォールトの間、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、フォールト状態が解消されるまでホールドされます。RNG/SSピンもこのフォールトの間“L”になり、ソフトスタート機能が組み込まれている場合、スムーズな再起動に備えます(「RNG/SS:ソフトスタート」のセクションを参照)。

### サーマル・フォールドバック

LT3650はサーマル・フォールドバック保護機能を備えており、デバイスの接合部温度が125°Cに近づくとチャージャの最大出力電流が減少します。ほとんどの場合、最大チャージャ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チャージャ電流を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)、LT3650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。



## アプリケーション情報

### レイアウトに関する検討事項

変換効率を最大化するため、LT3650のスイッチ・ノードの立上り時間と立下り時間は標準10ns未満です。スイッチングされるノード(SWピン)のトレースはできるだけ短くして、高周波ノイズを最小に抑えます。入力コンデンサ( $C_{IN}$ )をデバイスの近くに配置し、このスイッチング・ノイズを最小に抑えます。これらのノードのトレースを短く、幅を広くすると、誘導性のリングングによる電圧ストレスを防ぐのに役立ちます。BOOSTのデカップリング・コンデンサもデバイスの近くに配置し、誘導性リングングを最小に抑えます。SENSEとBATのトレースは一緒に配線し、できるだけ短くします。グラウンドを使ってこれらの信号をスイッチング・ノイズからシールドすることを推奨します。

高電流経路とトランジェントをバッテリーのグラウンドから隔離し、正確な出力電圧リファレンスを確保します。グラウンド・プレーン内のスイッチング電流を検討することにより、効果的な接地を実現することができ、注意深く部品の配置と向きを決めるこ

とにより、バッテリーのリファレンスが乱されないようにこれらの高電流を効果的に操作することができます。部品配置を利用してグラウンド電流を制御する効果的な接地方式を図9に示します。スイッチがイネーブルされると(ループ#1)、電流は入力バイパス・コンデンサ( $C_{IN}$ )からスイッチとインダクタを通過してバッテリーの正端子に流れます。スイッチがディスエーブルされると(ループ#2)、バッテリーの正端子への電流はグラウンドからフリーホイール・ショットキー・ダイオード( $D_F$ )を通過して供給されます。両方の場合とも、これらのスイッチング電流は出力のバイパス・コンデンサ( $C_{BAT}$ )を通過してグラウンドに戻ります。

LT3650のパッケージは、パッケージの裏側の露出パッドを通してデバイスの熱を効率的に取り去るように設計されています。露出パッドはPCB上の銅フットプリントに半田付けします。このフットプリントはできるだけ大きくして、デバイスのケースから周囲の空気までの熱抵抗を減らします。

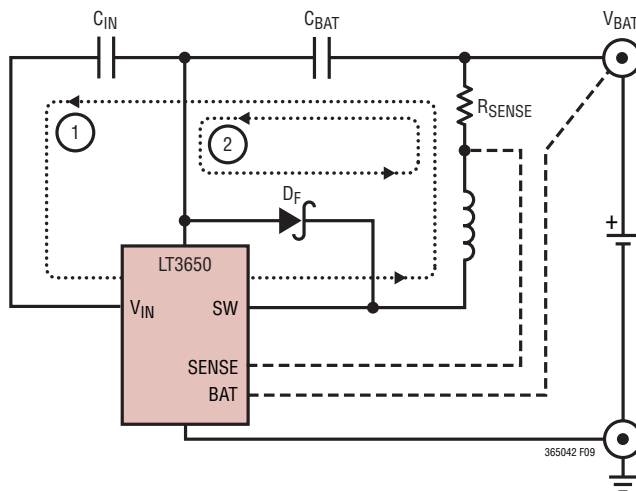
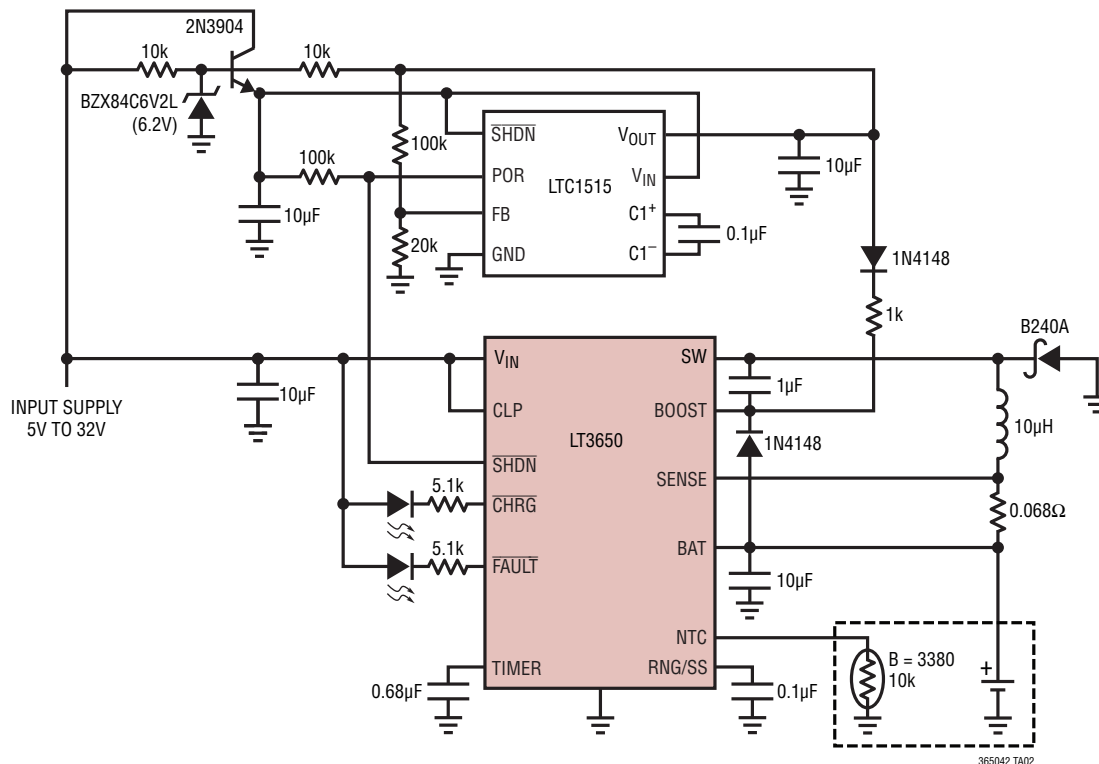


図9. 敏感なノードから高電流経路を遠ざける部品の向き

# LT3650-4.1 / LT3650-4.2

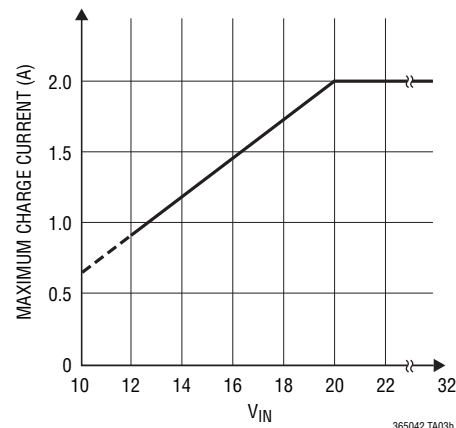
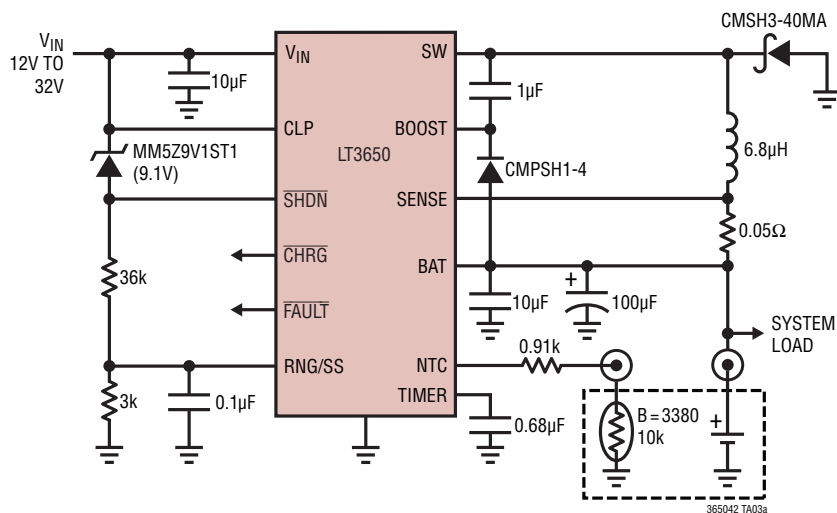
## 標準的応用例

3時間のEOC終了を使う5V~32V入力1.5Aチャージャ。LTC1515は昇圧起動要件を与える。状態ピンにはLEDインジケータを使用



3時間のEOC終了および交換用バッテリー・パックを使う12V~32V入力の2Aチャージャ。12V <math>V\_{IN}</math> <math>< 20V</math>ならばRNG/SSピンを使って最大充電電流を減らす; 入力UVLO = 10V。NTCの範囲は+45°Cに拡張されている。バッテリーが接続されていないとチャージャは最大充電電流まで負荷に供給することができる。

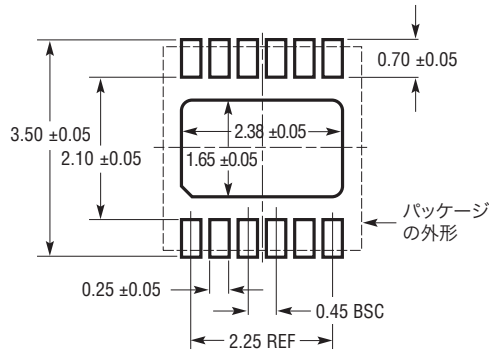
RNG/SSピンのフォールドバック:  
 $I_{CHG(MAX)}$ と $V_{IN}$



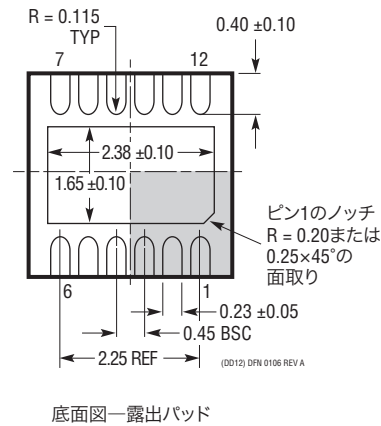
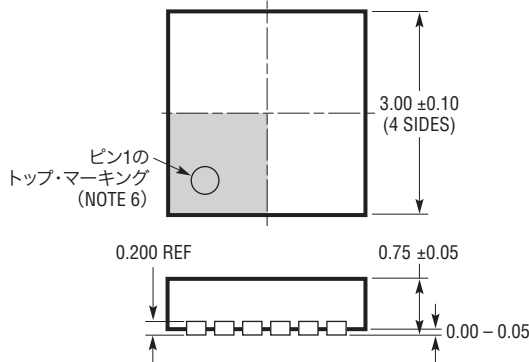
パッケージ

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

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)



推奨する半田パッドのピッチと寸法  
半田付けされない領域には半田マスクを使用する



NOTE:

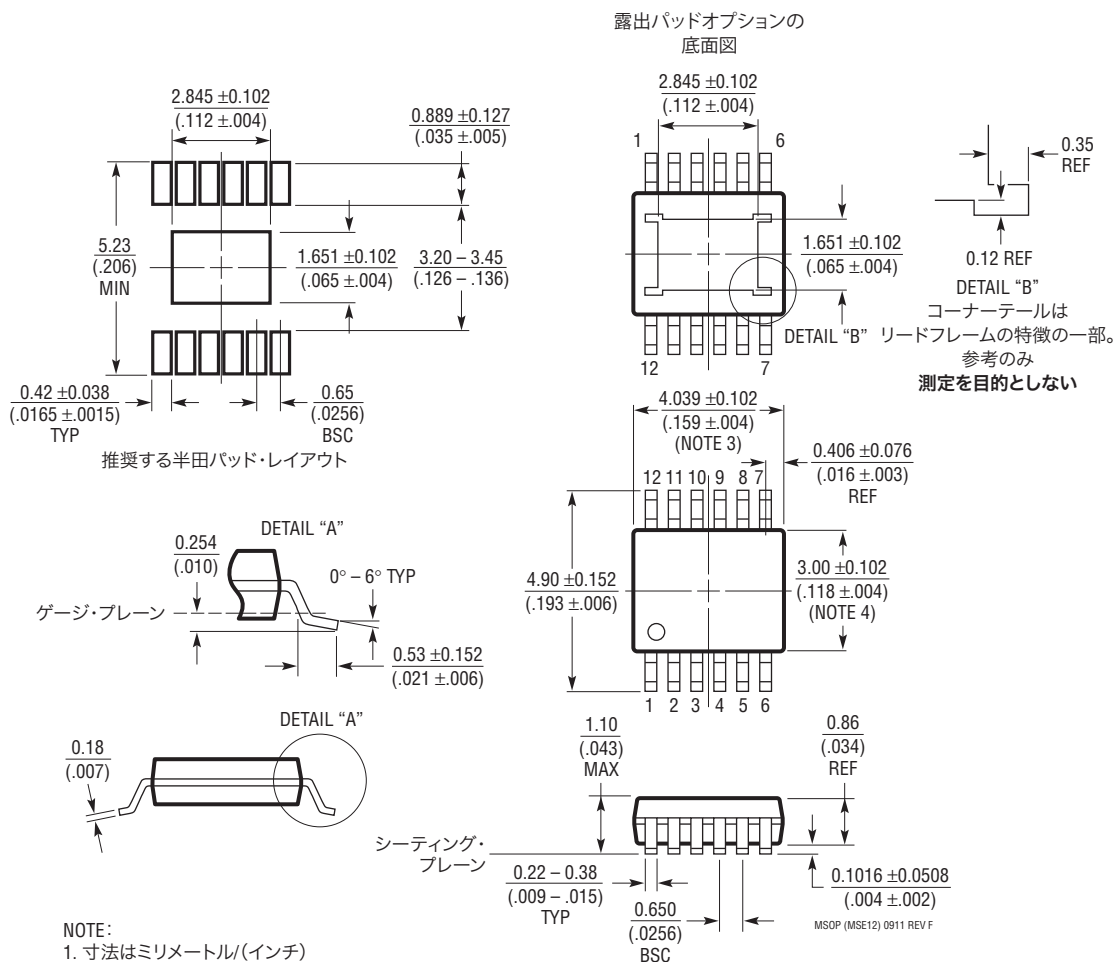
1. 図はJEDECのパッケージ外形ではない
2. 図は実寸とは異なる
3. 全ての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない。  
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
5. 露出パッドおよびタイバーは半田メッキとする
6. 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン1の位置の参考に過ぎない

# LT3650-4.1/LT3650-4.2

## 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/> をご覧ください。

### 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 F)



#### NOTE:

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は含まない。  
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（成形後のリードの底面）は最大0.102mm (0.004")であること
6. 露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない  
露出パッドのモールドのバリは各サイドで0.254mm (0.010")を超えないこと

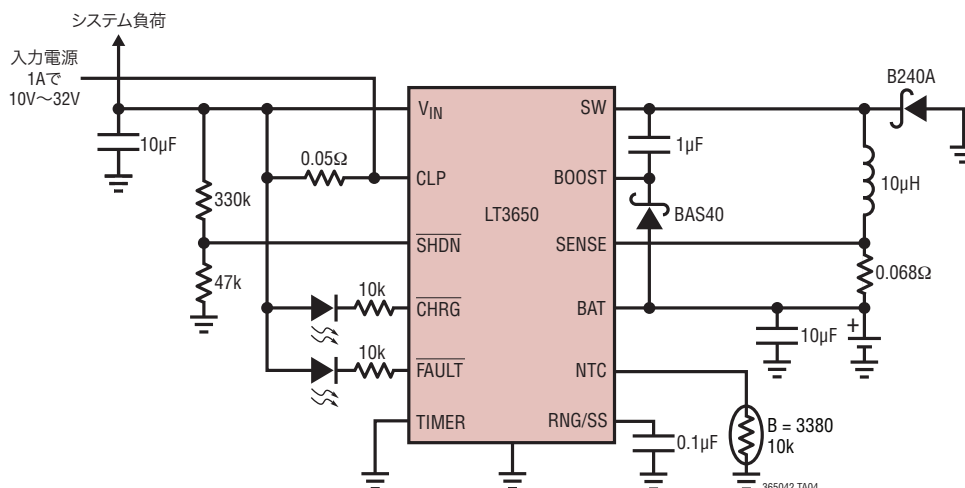
**改訂履歴** (改訂履歴はRev Cから開始)

REV	日付	概要	ページ番号
C	12/12	新しいバッテリー・バイアス電流のグラフを追加。	5

# LT3650-4.1/LT3650-4.2

## 標準的応用例

C/10終了および1A入力電源制限を使う10V~32V入力1.5Aチャージャ。  
状態ピンにはLEDインジケータを使用



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1511	3A定電流/定電圧バッテリー・チャージャ	高効率、最小の外付け部品点数でリチウム、NIMHおよびNiCdバッテリーを高速充電、24ピンSOパッケージ
LT1513	SEPIC定電流またはプログラム可能な電流/定電圧のバッテリー・チャージャ	チャージャの入力電圧はバッテリー電圧より高くても、等しくても、低くても可、500kHzスイッチング周波数、DD-PakおよびTO-220パッケージ
LT1571	1.5Aスイッチング・チャージャ	1セルまたは2セルのリチウムイオン、500kHzまたは200kHzのスイッチング周波数、終了フラグ、16ピンおよび28ピンSSOPパッケージ
LT1769	2Aスイッチング・チャージャ	定電流/定電圧スイッチング・レギュレータ、入力電流制限により充電電流を最大化、20ピンTSSOPおよび28ピンSSOPパッケージ
LT3650-8.2/ LT3650-8.4	モノリシック2Aスイッチ・モード 非同期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、 $9V \leq V_{IN} \leq 32V$ (絶対最大40V)、1MHz、プログラム可能充電電流: 2A、 タイマまたはC/10終了、小型で少数の外部部品、 $2 \times 4.1V$ フロート電圧バッテリーには LT3650-8.2、 $2 \times 4.2V$ フロート電圧バッテリーにはLT3650-8.4、3mm $\times$ 3mm DFN-12 パッケージ
LTC4001/ LTC4001-1	モノリシック2Aスイッチ・モード 同期整流式リチウムイオン・バッテリー・ チャージャ	スタンドアロン、 $4 \leq V_{IN} \leq 5.5V$ (絶対最大6V、過渡7V)、1.5MHz、 同期整流器の効率: 90%、調節可能なタイマによる終了、小型で少数の外部部品、 4.1Vフロート電圧バッテリーにはLTC4001-1、4mm $\times$ 4mm QFN-16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セルまたは2セルのリチウムイオン・バッテリー用の完全なチャージャ、 内蔵タイマによる終了、最大4Aの充電電流、10ピンDFNおよびSO-8パッケージ
LTC4006	小型、高効率、固定電圧、リチウムイオン・ バッテリー・チャージャ、終了機能付き	2セル、3セルまたは4セルのリチウムイオン・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
LTC4007	高効率、プログラム可能な電圧の バッテリー・チャージャ、終了機能付き	3セルまたは4セルのリチウムイオン・バッテリー用の完全なチャージャ、 ACアダプタ電流制限、サーミスタ・センサおよびインジケータ出力、24ピンSSOPパッケージ
LTC4008	4A、高効率、マルチケミストリの バッテリー・チャージャ	2セル~6セルのリチウムイオン・バッテリーまたは4セル~18セルのニッケル・バッテリー用の 完全なチャージャ、最大96%の効率、20ピンSSOPパッケージ
LTC4009/ LTC4009-1/ LTC4009-2	4A、高効率、マルチケミストリの バッテリー・チャージャ	定電流/定電圧スイッチング・レギュレータ・チャージャ、抵抗による電圧/電流 プログラミング、ACアダプタ電流制限およびサーミスタ・センサおよびインジケータ出力、 1セル~4セルのLi、最大18セルのNi、SLAおよびスーパーキャパシタに適合、 4mm $\times$ 4mm QFN-20パッケージ、4.1Vフロート電圧のリチウムイオン用LTC4009-1 バージョン、4.2Vフロート電圧のリチウムイオン・セル用LTC4009-2バージョン。

36504142fc