

## 特長

- (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
- 広い入力電圧範囲: 4.95V~34V (絶対最大定格40V)
- プログラム可能な充電レート: 最大2A
- 充電終了をユーザーが選択可能: C/10 または内部終了タイマ
- 最大18Vのフロート電圧を抵抗で設定可能なので、4セル・リチウムイオン/ポリマー、5セルLiFePO<sub>4</sub>、鉛蓄電池などのバッテリーに対応可能
- 並列接続できるので、さらに大きな電流を供給可能
- 1MHzの固定周波数
- フロート電圧リファレンス精度: 0.5%
- 充電電流精度: 5%
- C/10検出精度: 2.5%
- バイナリコード、オープンコレクタの状態出力ピン

## アプリケーション

- ソーラー駆動アプリケーション
- 遠隔監視ステーション
- 携帯ハンドヘルド計測器
- 12V~24Vの車載システム
- 電流が制限されたACアダプタからのバッテリー充電

## 概要

LT<sup>®</sup>3652HVは、4.95V~34Vの入力電圧範囲で動作する完全なモノリシック降圧バッテリー・チャージャです。LT3652HVは定電流/定電圧充電特性を備え、2Aまでの最大充電電流を外部設定可能です。このチャージャは3.3Vのフロート電圧帰還リファレンスを採用しているため、最大18Vまでの任意のバッテリー・フロート電圧を抵抗分割器で設定可能です。

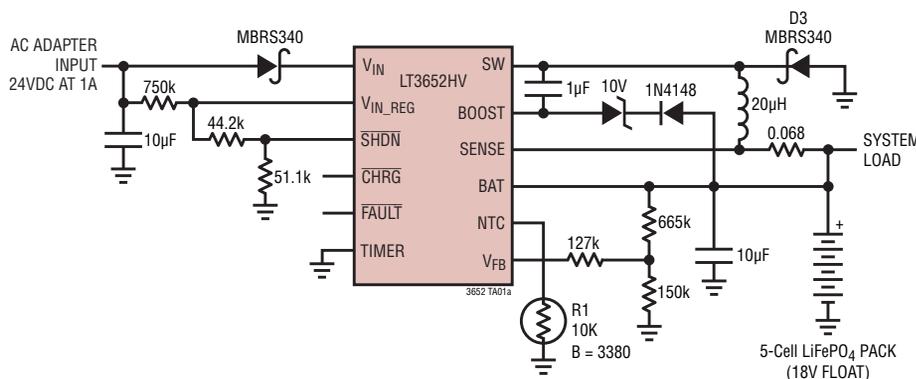
LT3652HVは、入力電圧が(抵抗分割器で設定される)設定レベルを下回ると充電電流を低減する入力電圧安定化ループを採用しています。LT3652HVがソーラーパネルによって給電されている場合、入力安定化ループを使用してパネルをピーク出力電力に保ちます。

LT3652HVは、充電電流が設定された最大値の10分の1 (C/10)を下回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、LT3652HVは低電流(85μA)のスタンバイ・モードになります。また、バッテリー電圧が設定されたフロート電圧を2.5%下回ると、自動再充電機能によって新しい充電サイクルを開始します。さらに、所期の時間が経過した後に充電を終了するために使用されるプログラム可能な安全タイムも搭載しているため、C/10を下回る電流でのトップオフ充電が可能です。

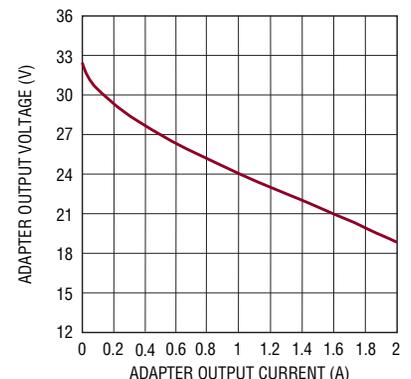
LT、LT、LTC、LTM、Linear Technologyおよびリニアのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。PowerPathはリニアテクノロジー社の商標です。他のすべての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

## 標準的応用例

廉価な24VDC/1Aの安定化されていないACアダプタから給電され、C/10による終了方式を備えた、24V、5セルLiFePO<sub>4</sub>チャージャ(18V/1.5A)。チャージャより下にACアダプタの出力が垂下するのを防ぐため、V<sub>IN\_REG</sub>ループが最大充電電流をサーボ制御する



安定化されていない  
1A/24VDCアダプタの電流/電圧特性



3652 TA01b

3652hvfa

# LT3652HV

## 絶対最大定格

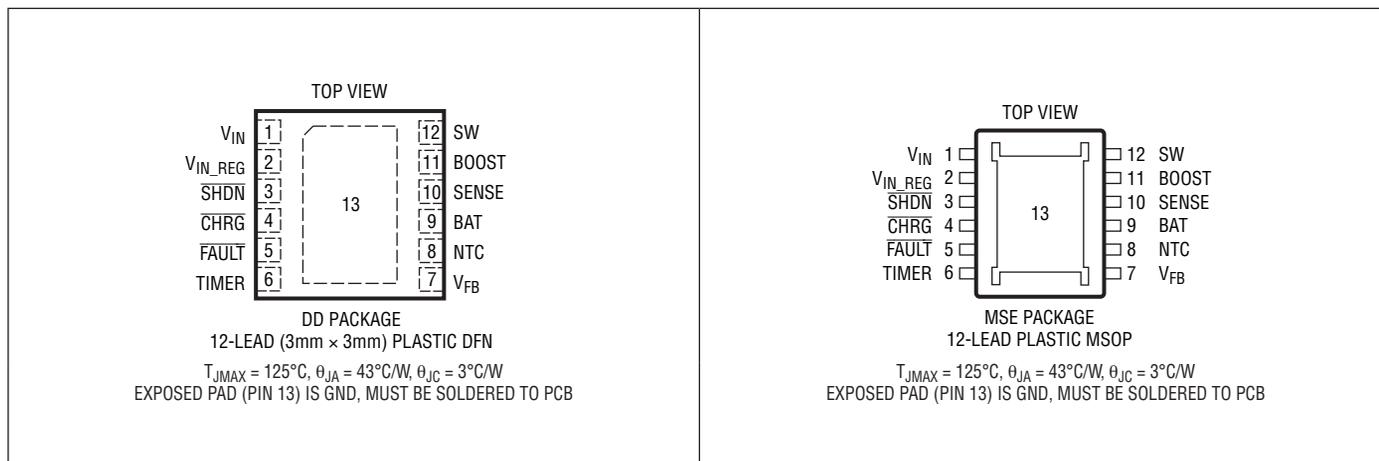
(Note 1)

電圧:

|                                     |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| $V_{IN}$ .....                      | 40V                |
| $V_{IN\_REG}$ 、SHDN、CHRG、FAULT..... | $V_{IN}+0.5V$ 、40V |
| SW.....                             | 40V                |
| SW- $V_{IN}$ .....                  | 4.5V               |
| BOOST.....                          | SW+10V、50V         |
| BAT、SENSE.....                      | 20V                |

|                |             |
|----------------|-------------|
| BAT-SENSE..... | -0.5V~+0.5V |
| NTC、TIMER..... | 2.5V        |
| $V_{FB}$ ..... | 5V          |
| 動作接合部温度範囲      |             |
| (Note 2).....  | -40°C~125°C |
| 保存温度範囲.....    | -65°C~150°C |

## 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           |
|------------------|--------------------|----------|-------------------------------|----------------|
| LT3652HVEDD#PBF  | LT3652HVEDD#TRPBF  | LFRG     | 12-Lead Plastic DFN 3mm × 3mm | -40°C to 125°C |
| LT3652HVIDD#PBF  | LT3652HVIDD#TRPBF  | LFRG     | 12-Lead Plastic DFN 3mm × 3mm | -40°C to 125°C |
| LT3652HVEMSE#PBF | LT3652HVEMSE#TRPBF | 3652HV   | 12-Lead Plastic MSOP          | -40°C to 125°C |
| LT3652HVIMSE#PBF | LT3652HVIMSE#TRPBF | 3652HV   | 12-Lead Plastic MSOP          | -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

●は全動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。 $V_{IN} = 20\text{V}$ 、 $\text{Boost-SW} = 4\text{V}$ 、 $\text{SHDN} = 2\text{V}$ 、 $V_{FB} = 3.3\text{V}$ 、 $C_{\text{TIMER}} = 0.68\mu\text{F}$ 。

| SYMBOL                              | PARAMETER  | CONDITIONS   | MIN | TYP           | MAX            | UNITS          |
|-------------------------------------|--|--|-----|---------------|----------------|----------------|
| $V_{IN}$                            | $V_{IN}$ Operating Range<br>$V_{IN}$ Start Voltage | $V_{BAT} = 4.2$ (Notes 3, 4)<br>$V_{BAT} = 4.2$ (Note 4)                   | ●   | 4.95          | 34             | V              |
|                                     |  |  | ●   | 7.5           |                | V              |
| $V_{IN(\text{OVLO})}$               | OVLO Threshold<br>OVLO Hysteresis                  | $V_{IN}$ Rising  | ●   | 34            | 35<br>1        | V<br>V         |
|                                     |  |  |     |               | 4.6<br>0.2     | 4.95<br>V<br>V |
| $V_{IN(\text{UVLO})}$               | UVLO Threshold<br>UVLO Hysteresis                  | $V_{IN}$ Rising  |     | 4.6<br>0.2    | 4.95<br>V<br>V |                |
| $V_{FB(\text{FLT})}$                | Float Voltage Reference                            | (Note 6)   | ●   | 3.282<br>3.26 | 3.3<br>3.34    | V<br>V         |
|                                     |  |  |     |               |                |                |
| $\Delta V_{\text{RECHARGE}}$        | Recharge Reference Threshold                       | Voltage Relative to $V_{FB(\text{FLT})}$ (Note 6)                          |     | 82.5          |                | mV             |
| $V_{FB(\text{PRE})}$                | Reference Precondition Threshold                   | $V_{FB}$ Rising (Note 6)   |     | 2.3           |                | V              |
| $V_{FB(\text{PREHYST})}$            | Reference Precondition Threshold Hysteresis        | Voltage Relative to $V_{FB(\text{PRE})}$ (Note 6)                          |     | 70            |                | mV             |
| $V_{IN\_REG(\text{TH})}$            | Input Regulation Reference                         | $V_{FB} = 3\text{V}$ ; $V_{\text{SENSE}} - V_{BAT} = 50\text{mV}$          | ●   | 2.65          | 2.7<br>2.75    | V              |
| $I_{IN\_REG}$                       | Input Regulation Reference Bias Current            | $V_{IN\_REG} = V_{IN\_REG(\text{TH})}$                                     | ●   | 35            | 100            | nA             |
| $I_{VIN}$                           | Operating Input Supply Current                     | CC/CV Mode, $I_{SW} = 0$<br>Standby Mode<br>Shutdown ( $\text{SHDN} = 0$ ) | ●   | 2.5           | 3.5            | mA             |
|                                     |  |  |     | 85            |                | $\mu\text{A}$  |
|                                     |  |  |     | 15            |                | $\mu\text{A}$  |
| $I_{\text{BOOST}}$                  | BOOST Supply Current                               | Switch On, $I_{SW} = 0$ ,<br>$2.5 < V_{(\text{BOOST-SW})} < 8.5$           |     | 20            |                | mA             |
| $I_{\text{BOOST}/I_{SW}}$           | BOOST Switch Drive                                 | $I_{SW} = 2\text{A}$   |     | 30            |                | mA/A           |
| $V_{SW(\text{ON})}$                 | Switch-On Voltage Drop                             | $V_{IN} - V_{SW}$ , $I_{SW} = 2\text{A}$                                   |     | 350           |                | mV             |
| $I_{SW(\text{MAX})}$                | Switch Current Limit                               |  | ●   | 2.5           | 3              | A              |
| $V_{\text{SENSE}(\text{PRE})}$      | Precondition Sense Voltage                         | $V_{\text{SENSE}} - V_{BAT}$ ; $V_{FB} = 2\text{V}$                        |     | 15            |                | mV             |
| $V_{\text{SENSE}(\text{DC})}$       | Maximum Sense Voltage                              | $V_{\text{SENSE}} - V_{BAT}$ ; $V_{FB} = 3\text{V}$ (Note 7)               | ●   | 95            | 100<br>105     | mV             |
| $V_{\text{SENSE}(\text{C}/10)}$     | C/10 Trigger Sense Voltage                         | $V_{\text{SENSE}} - V_{BAT}$ , Falling                                     | ●   | 7.5           | 10<br>12.5     | mV             |
| $I_{BAT}$                           | BAT Input Bias Current                             | Charging Terminated  |     | 0.1           | 1              | $\mu\text{A}$  |
| $I_{\text{SENSE}}$                  | SENSE Input Bias Current                           | Charging Terminated  |     | 0.1           | 1              | $\mu\text{A}$  |
| $I_{VFB}$                           | $V_{FB}$ Input Bias Current                        | Charging Terminated  |     | 65            |                | nA             |
| $I_{VFB}$                           | $V_{FB}$ Input Bias Current                        | CV Operation (Note 5)  |     | 110           |                | nA             |
| $V_{\text{NTC}(\text{H})}$          | NTC Range Limit (High)                             | $V_{\text{NTC}}$ Rising  | ●   | 1.25          | 1.36<br>1.45   | V              |
| $V_{\text{NTC}(\text{L})}$          | NTC Range Limit (Low)                              | $V_{\text{NTC}}$ Falling   | ●   | 0.27          | 0.29<br>0.315  | V              |
| $V_{\text{NTC}(\text{HYST})}$       | NTC Threshold Hysteresis                           | % of threshold   |     | 20            |                | %              |
| $R_{\text{NTC}(\text{DIS})}$        | NTC Disable Impedance                              | Impedance to ground  | ●   | 250           | 500            | k $\Omega$     |
| $I_{\text{NTC}}$                    | NTC Bias Current                                   | $V_{\text{NTC}} = 0.8\text{V}$   | ●   | 47.5          | 50<br>52.5     | $\mu\text{A}$  |
| $V_{\text{SHDN}}$                   | Shutdown Threshold                                 | Rising   | ●   | 1.15          | 1.2<br>1.25    | V              |
| $V_{\text{SHDN}(\text{HYST})}$      | Shutdown Hysteresis                                |  |     | 120           |                | mV             |
| $I_{\text{SHDN}}$                   | SHDN Input Bias Current                            |  |     | -10           |                | nA             |
| $V_{\text{CHRG}}, V_{\text{FAULT}}$ | Status Low Voltage                                 | 10mA Load  | ●   |               | 0.4            | V              |
| $I_{\text{TIMER}}$                  | Charge/Discharge Current                           |  |     | 25            |                | $\mu\text{A}$  |
| $V_{\text{TIMER}(\text{DIS})}$      | Timer Disable Threshold                            |  | ●   | 0.1           | 0.25           | V              |

# LT3652HV

## 電気的特性

●は全動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。 $V_{IN} = 20\text{V}$ 、 $\text{Boost-SW} = 4\text{V}$ 、 $\text{SHDN} = 2\text{V}$ 、 $V_{FB} = 3.3\text{V}$ 、 $C_{\text{TIMER}} = 0.68\mu\text{F}$ 。

| SYMBOL             | PARAMETER                 | CONDITIONS           | MIN   | TYP  | MAX | UNITS |
|--------------------|---------------------------|----------------------|-------|------|-----|-------|
| $t_{\text{TIMER}}$ | Full Charge Cycle Timeout |                      |       | 3    |     | hr    |
|                    | Precondition Timeout      |                      |       | 22.5 |     | min   |
|                    | Timer Accuracy            |                      | ● -10 |      | 10  | %     |
| $f_0$              | Operating Frequency       |                      |       | 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:** LT3652HVは $T_J$ が $T_A$ にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされる。LT3652HVE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。LT3652HVIの仕様は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で保証されている。高い接合部温度は動作寿命に悪影響を及ぼす。接合部温度が $125^\circ\text{C}$ を超えると、動作寿命は短くなる。

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

**Note 4:** このパラメータは、 $4.2\text{V}$ 以下に設定された出力バッテリー・フロート電圧に対して有効である。 $V_{IN}$ の動作範囲の最小値は設定された出力バッテリー・フロート電圧の $0.75\text{V}$ 上 ( $V_{\text{BAT (FLT)}} + 0.75\text{V}$ ) である。 $V_{IN}$ の起動電圧は設定された出力バッテリー・フロート電圧の $3.3\text{V}$ 上 ( $V_{\text{BAT (FLT)}} + 3.3\text{V}$ ) である。

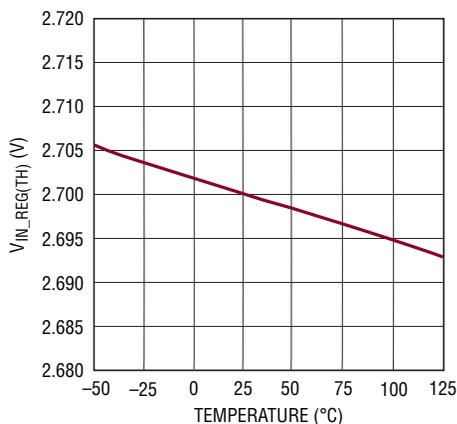
**Note 5:** 出力バッテリー・フロート電圧 ( $V_{\text{BAT (FLT)}}$ ) を設定する抵抗分割器に等価な抵抗 =  $250\text{k}\Omega$ が入力バイアス電流を補償する。

**Note 6:**  $250\text{k}\Omega$ の直列抵抗によって測定された全 $V_{FB}$ 電圧。

**Note 7:** 接合部温度が $125^\circ\text{C}$ に近づくにつれ、 $V_{\text{SENSE (DC)}}$ はサーマル・フォールドバックによって低下する。

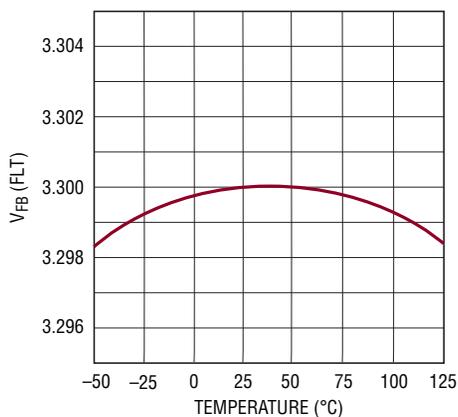
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。

$V_{IN\_REG}$ のスレッシュホールドと温度:  
50%での $I_{CHG}$



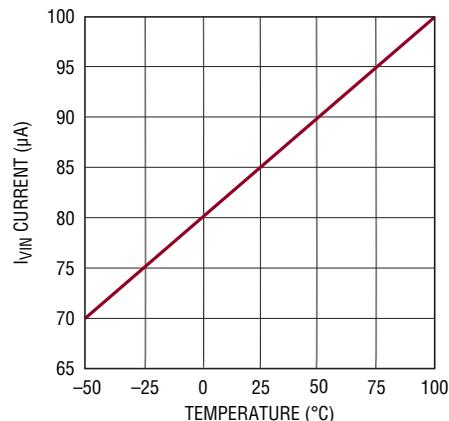
3652 G01

$V_{FB}$ リファレンス電圧と温度



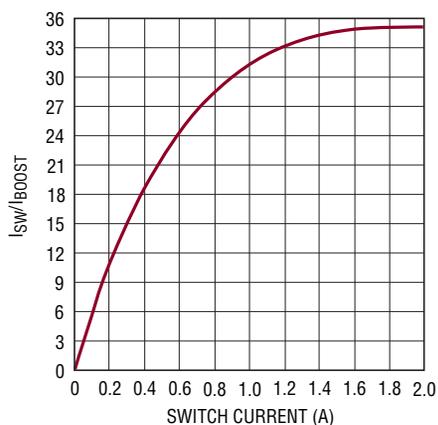
3652 G01a

$V_{IN}$ のスタンバイ・モード電流と温度



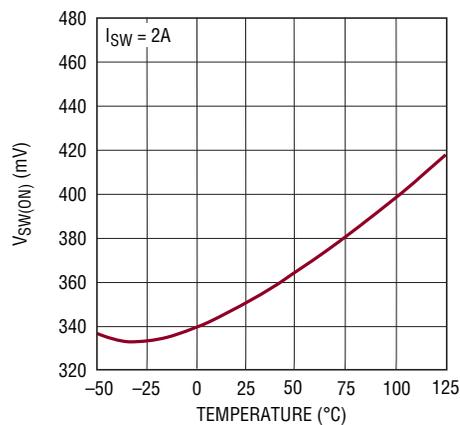
3652 G02

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



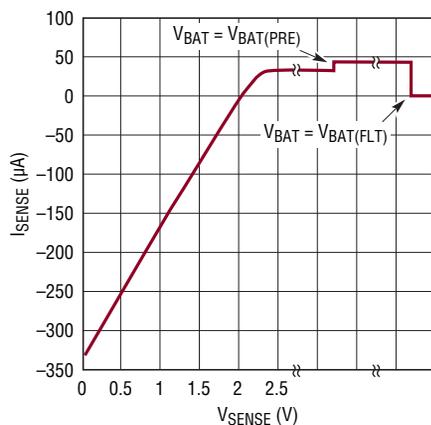
3652 G03

スイッチの順方向電圧降下  
( $V_{IN}-V_{SW}$ )と温度



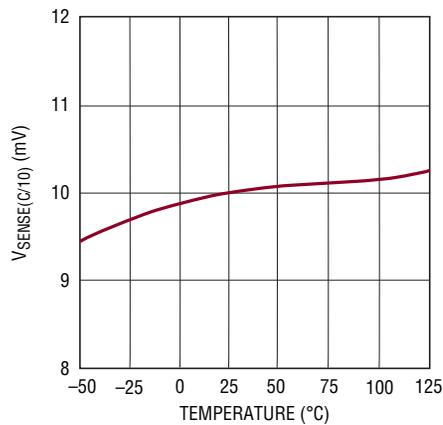
3652 G04

CC/CV充電; SENSEピンの  
バイアス電流と $V_{SENSE}$



3652 G05

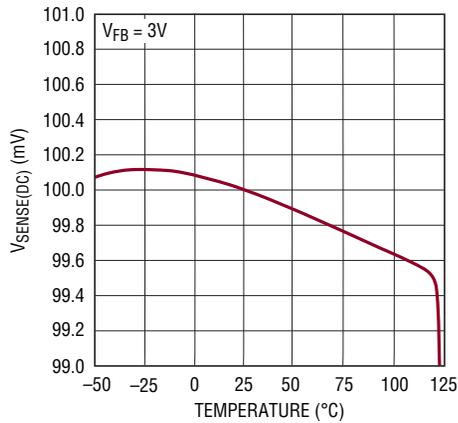
C/10スレッシュホールド  
( $V_{SENSE}-V_{BAT}$ )と温度



3652 G06

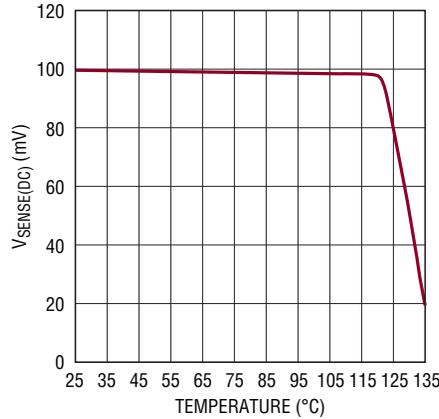
## 標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

最大充電電流  
( $V_{\text{SENSE}} - V_{\text{BAT}}$ )と温度



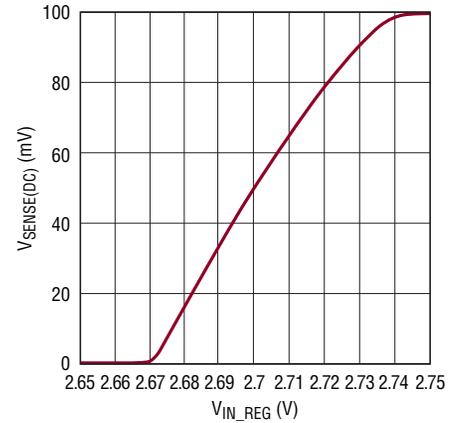
3652 G07

サーマル・フォールドバック  
最大充電電流( $V_{\text{SENSE}} - V_{\text{BAT}}$ )と温度



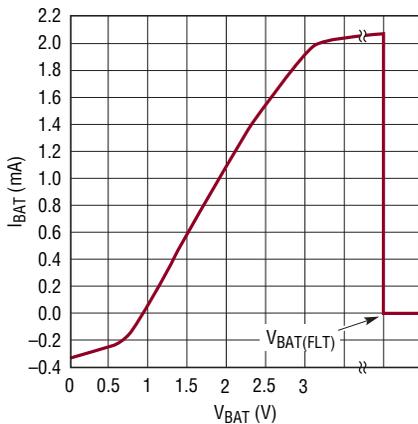
3652 G08

最大充電電流  
( $V_{\text{SENSE}} - V_{\text{BAT}}$ )と $V_{\text{IN\_REG}}$ の電圧



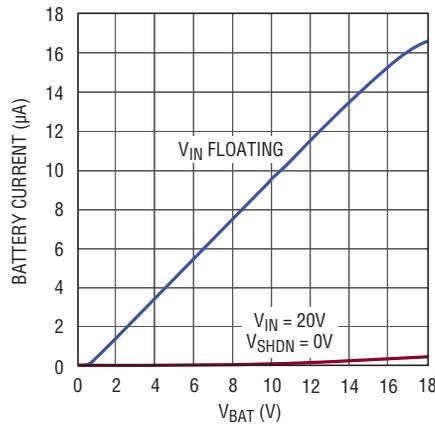
3652 G10

CC/CV充電; BATピンの  
バイアス電流と $V_{\text{BAT}}$



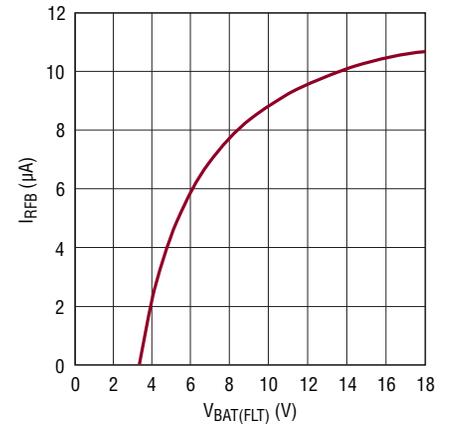
3652 G09

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  
( $I_{\text{BAT}} + I_{\text{SENSE}} + I_{\text{BOOST}} + I_{\text{SW}}$ )



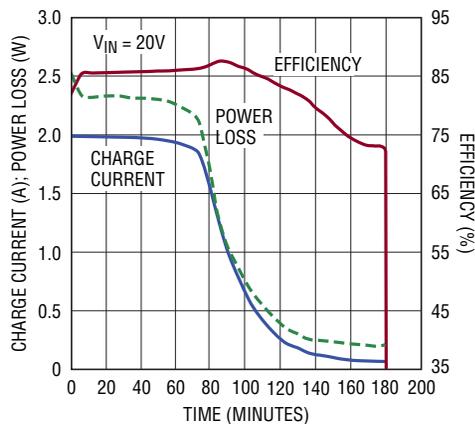
3652 F14

2抵抗ネットワークの  
 $V_{\text{FLOAT}}$ 設定用抵抗の電流と $V_{\text{FLOAT}}$



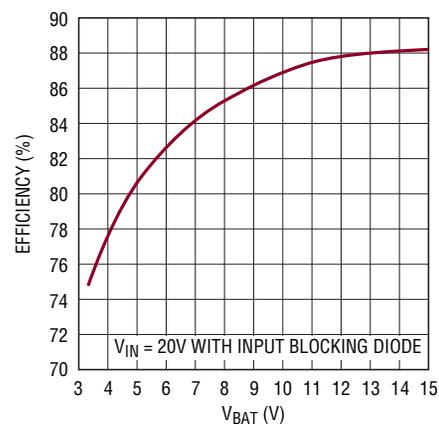
3652 G11

充電電流、効率および電力損失と時間  
( $I_{\text{CHG}}(\text{MAX}) = 2\text{A}$ ;  $V_{\text{FLOAT}} = 8.2\text{V}$ )



3652 G12

チャージャの効率とバッテリー電圧  
( $I_{\text{CHG}} = 2\text{A}$ )



3652 G13

## ピン機能

**V<sub>IN</sub> (ピン1)**: チャージャの入力電源。V<sub>IN</sub>の動作範囲は4.95V～34Vです。確実に起動させるには、V<sub>IN</sub>は設定された出力バッテリー・フロート電圧(V<sub>BAT(FLT)</sub>)より3.3V高くなければなりません。(V<sub>BOOST-V<sub>SW</sub></sub>) ≥ 2Vである限り、(V<sub>IN</sub> - V<sub>BAT(FLT)</sub>) ≥ 0.75Vが最小動作電圧です。充電終了後はI<sub>VIN</sub>は約85μAです。このピンは通常ブロッキング・ダイオードのカソードに接続します。

**V<sub>IN\_REG</sub> (ピン2)**: 入力電圧安定化リファレンス。このピンの電圧が2.7Vより下のとき最大充電電流が減少します。V<sub>IN</sub>からこのピンに抵抗分割器を接続してV<sub>IN</sub>の最小動作電圧を設定することができます。これは一般にソーラーパネルのピーク電力電圧を設定するのに使います。LT3652HVは、V<sub>IN\_REG</sub>の電圧を2.7V以上に保つことにより、設定されたV<sub>IN</sub>動作電圧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。電圧安定化機能を使用しない場合はこのピンをV<sub>IN</sub>に接続します。

**SHDN (ピン3)**: 高精度スレッシュホールドのシャットダウン・ピン。イネーブル・スレッシュホールドは1.2V(立ち上がり)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、すべての充電機能がディスエーブルされます。高精度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>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。このステータス・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、必要な充電電流が設定された最大電流の1/10(C/10)より大きければ、CHRGは“L”に引き下げられます。温度フォールトでもこのピンが“L”に引き下げられます。C/10充電終了後、または、充電終了に内部タイマが使用されていて充電電流がC/10より少ないと、CHRGピンは高インピーダンスのままです。

**FAULT (ピン5)**: 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。このステータス・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、フォールト状態を示します。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。

**TIMER (ピン6)**: サイクル終了タイマの設定ピン。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設定します。

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

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、これによりタイマのサイクル終了(End-of-Cycle: EOC)時間が3時間、前調整の制限時間が22.5分になります。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場合、充電電流がC/10スレッシュホールド、つまりI<sub>CHG(MAX)</sub>/10より小さくなると充電が終了します。

**V<sub>FB</sub> (ピン7)**: バッテリー・フロート電圧帰還リファレンス。充電機能はこのピンの3.3Vの最終フロート電圧を達成するように動作します。出力バッテリー・フロート電圧(V<sub>BAT(FLT)</sub>)は抵抗分割器を使って設定します。V<sub>BAT(FLT)</sub>は最大18Vまで設定することができます。

自動再起動機能は、V<sub>FB</sub>ピンの電圧がフロート電圧リファレンスを2.5%下回ると新しい充電サイクルを開始します。

V<sub>FB</sub>ピンの入力バイアス電流は110nAです。V<sub>FB</sub>ピンにおける等価入力抵抗が250kの抵抗分割器を使うと、入力バイアス電流の誤差が補償されます。

望みのV<sub>BAT(FLT)</sub>を設定するのに必要な抵抗値は以下の式のとおりです。

$$R1 = (V_{BAT(FLT)} \cdot 2.5 \cdot 10^5) / 3.3 \quad (\Omega)$$

$$R2 = (R1 \cdot 2.5 \cdot 10^5) / (R1 - (2.5 \cdot 10^5)) \quad (\Omega)$$

R1はBATからV<sub>FB</sub>に接続し、R2はV<sub>FB</sub>からグラウンドに接続します。

## ピン機能

**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、 $10\text{k}\Omega$ 、 $B = 3380$ のNTCサーミスタをNTCピン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 $50\mu\text{A}$ をソースし、 $10\text{k}\Omega$ 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 $1.36\text{V}$ より上 ( $T < 0^\circ\text{C}$ ) または $0.29\text{V}$ より下 ( $T > 40^\circ\text{C}$ ) になると、充電はディスエーブルされ、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンと $\overline{\text{FAULT}}$ ピンが両方とも“L”に引き下げられます。内部タイマによる充電終了方式が使われていると、タイマは休止し、充電サイクルが一時停止します。NTCの電圧が $0.29\text{V} \sim 1.36\text{V}$ の有効領域内に戻ると、充電が再開されます。各温度スレッシュホールドには約 $5^\circ\text{C}$ の温度ヒステリシスが伴います。グラウンドへのサーミスタの抵抗値が $250\text{k}\Omega$ より小さい間、温度モニタ機能はイネーブルされたままなので、この機能が必要なければNTCピンを未接続のままにします。

**BAT (ピン9):** チャージャ出力モニタ・ピン。 $10\mu\text{F}$ のデカップリング・コンデンサ ( $C_{\text{BAT}}$ ) をグラウンドに接続します。アプリケーションの要件に応じて、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。充電機能は、このピンで設定される出力バッテリ・フロート電圧 ( $V_{\text{BAT(FLT)}}$ ) を達成するように動作します。また、このピンは電流検出電圧のリファレンスです。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 $0.1\mu\text{A}$ 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。インダクタの検出抵抗 ( $R_{\text{SENSE}}$ ) をSENSEピンからBATピンに接続します。この抵抗の両端の電圧が平均充電電流を設定します。最大充電電

流 ( $I_{\text{CHG(MAX)}}$ ) は検出抵抗両端の $100\text{mV}$ に相当します。この抵抗により、 $2\text{A}$ までの最大充電電流を設定することができます。検出抵抗の値は次の関係式のとおりです。

$$R_{\text{SENSE}} = 0.1 / I_{\text{CHG(MAX)}} (\Omega)$$

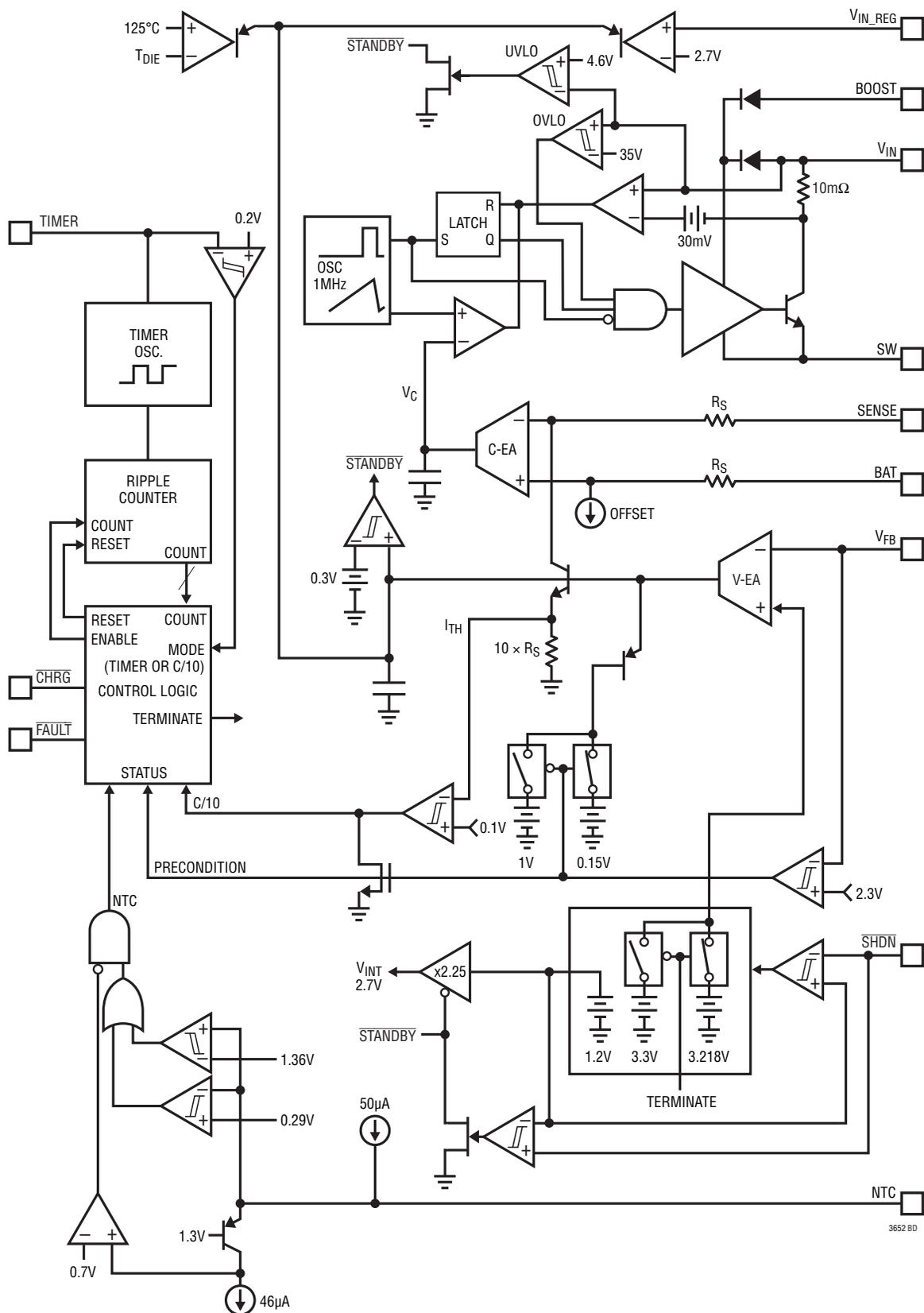
充電サイクルが終了すると、SENSEピンの入力バイアス電流は $0.1\mu\text{A}$ 未満に減少し、チャージャが接続されたままになっている間バッテリの放電を最小限に抑えます。

**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。 $1\mu\text{F}$ 以上のコンデンサをBOOSTピンからSWピンに接続します。このピンの動作範囲はSWピンを基準にして $0\text{V} \sim 8.5\text{V}$ 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介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 $V_{\text{IN}}$ 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 $V_{\text{IN}}$ 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 $0.175\Omega$ です。

**SGND (ピン13):** グラウンド・リファレンスおよびパッケージ裏面の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。

ブロック図



## アプリケーション情報

### 概要

LT3652HVは完全なモノリシック、中電力のマルチケミストリ降圧バッテリー・チャージャです。高入力電圧アプリケーションに対応し、最小限の外付け部品しか必要としない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。

LT3652HVは2Aスイッチを内蔵しており、これをブートストラップされた電源でドライブすることにより、充電サイクル中の効率を最大にします。入力範囲が広いので、最高34Vの入力電圧でのフル充電動作が可能です。高精度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可能で、その場合、入力電源からのバイアス電流はわずか15 $\mu$ Aに減少します。

LT3652HVは、モニタされる入力電圧が設定レベルを下回ると充電電流を低減する入力電圧安定化ループを採用しています。LT3652HVがソーラーパネルによって給電されている場合、入力安定化ループを使用してソーラーパネルをピーク出力電力に保ちます。

検出されたバッテリー電圧が非常に低いと、LT3652HV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(インダクタ電流検出抵抗( $R_{SENSE}$ ))によって設定される)最大値の15%に減少します。バッテリー電圧がフル充電のフロート電圧の70%に達すると、デバイスは自動的に最大充電電流を設定された最大値まで増加させます。

LT3652HVでは充電電流に基づくC/10終了方式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設定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。LT3652HVはタイマに基づく充電終了のために、内部充電サイクル制御タイマも備えています。この内部タイマを使うとき、デバイスはC/10の検出と設定可能な時間的制約を組み合わせます。その間はC/10レベルを下回っても充電サイクルを継続し、バッテリーをトップオフ充電することができます。充電サイクルは一定の時間(標準で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の検知も行い、全充電サイクル時間の1/8が経過してもバッテリーが前調整モードから回復しないと、システム・フォールトをトリガします。

充電が終了すると、LT3652HVは自動的に低電流スタンバイ・モードに入り、電源バイアス電流が85 $\mu$ Aに減少します。LT3652HVはスタンバイの間引き続きバッテリー電圧をモニタし、その電圧がフル充電のフロート電圧から2.5%低下すると自動的に充電サイクルを再スタートします。また、デバイスは、不良バッテリー・フォールトの発生後、不良バッテリーを取り外して別のバッテリーと交換すると、新しい充電サイクルを自動的に開始します。

LT3652HV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ます。バッテリー温度が0 $^{\circ}$ C~40 $^{\circ}$ Cの安全充電範囲から外れると、デバイスは充電を中断し、温度が安全充電範囲に戻るまでフォールト状態を示します。

LT3652HV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ールト状態を知らせます。これらのバイナリコード・ピンは、バッテリーの充電、スタンバイ・モードまたはシャットダウン・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)

LT3652HV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ループ・アーキテクチャを採用しています。LT3652HVは $V_{FB}$ ピンを介した抵抗分割器によってチャージャの出力電圧を検出します。このピンの電圧と3.3Vの内部電圧リファレンスの差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検出抵抗( $R_{SENSE}$ )の両端で検出される平均電流に対応します。この検出抵抗はSENSEピンとBATピンの間に接続します。次いで、 $I_{TH}$ 電圧は1/10に分圧され、電流エラーアンプ(C-EA)の入力に与えられます。この与えられた電圧と電流検出抵抗の電圧との差が積分され、その結果得られる電圧( $V_C$ )が内部で生じる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。この比較出力によりチャージャのスイッチを制御します。

$I_{TH}$ 誤差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を制御することができます。ランプによってこの電圧を1Vに制限し、それが電流検出電圧

## アプリケーション情報

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<sub>SENSE</sub>両端の100mVに相当します。V<sub>IN\_REG</sub>ピンの電圧が2.7V(V<sub>IN\_REG</sub>(TH))を下回るか、またはダイ温度が125°Cに近づくと、I<sub>TH</sub>電圧が引き下げられ、最大充電電流が減少します。

V<sub>FB</sub>ピンの電圧が2.3V(V<sub>FB</sub>(PRE))より下だと、LT3652HVは前調整モードを起動します。前調整期間の間、チャージャは引き続き定電流モードで動作しますが、最大充電電流はR<sub>SENSE</sub>によって設定される最大値の15%に減少します。

チャージャの出力電圧がフロート電圧に近づくと、つまり、V<sub>FB</sub>ピンの電圧が3.3V(V<sub>FB</sub>(FLT))に近づくと、チャージャは定電圧(CV)モードに移行し、充電電流が最大値から減少します。こうなると、I<sub>TH</sub>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されます。デバイスはI<sub>TH</sub>電圧が減少していくのをモニタし、I<sub>TH</sub> = 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による終了に設定されていると、このスレッシュホールドを使って充電サイクルを終了します。充電サイクルが終了すると、CHRGステータス・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。

LT3652HVは、設定された時間が経過すると問題のない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時間でサイクル終了(EOC)に達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<sub>TIMER</sub>)を設定することにより、任意の時間に設定することができます。タイマによる終了方式を使うと、C/10に達しても充電サイクルは終了しません。CHRGステータス・ピンはC/10の電流レベルに反応するので、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、設定された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供給し続けます。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、バッテリーが最大フロート電圧の少なくとも97.5%に達していないと、充電は失敗したとみなされ、LT3652HVは充電を最初からやり直し、新たな全タイマ・サイクルの間充電を継続します。

タイマによる終了を使用すると、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反応せず、設定された充電サイクル時間の1/8が経過してもチャージャが前調整モードに留まると(または入ると)成立します。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、CHRGステータス・ピンが高インピーダンスになり、FAULTピンが“L”に引き下げられます。

C/10が検出されるか、またはタイマがEOCに到達することによりLT3652HVが充電サイクルを終了しても、平均電流モードのアナログ・ループは引き続き有効ですが、内部のフロート電圧リファレンスは2.5%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、電圧エラーアンプは過電圧状態を検出し、I<sub>TH</sub>は“L”に引き下げられます。電圧エラーアンプの出力が0.3Vより低くなると、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<sub>IN</sub>のバイアス電流は85μAに減少します。V<sub>FB</sub>ピンの電圧が低下したフロート電圧のリファレンス・レベルより低くなると、電圧エラーアンプの出力が上昇し、デバイスはスタンバイ・モードから復帰して新しい充電サイクルが開始されます。

### V<sub>IN</sub>入力電源

LT3652HVはチャージャの入力電源からV<sub>IN</sub>ピンに接続した逆電流防止素子を介してバイアスされます。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に高品質の低ESRデカップリング・コンデンサを使用することを推奨します。チャージャのすべての入力スイッチング・リップル電流をV<sub>IN</sub>のデカップリング・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</sub>(RMS))は次のとおりです。

$$I_{CVIN}(RMS) \cong I_{CHG}(MAX) \cdot (V_{BAT}/V_{IN}) \cdot ([V_{IN}/V_{BAT}] - 1)^{1/2},$$

ここで、I<sub>CHG</sub>(MAX)は最大平均充電電流(100mV/R<sub>SENSE</sub>)です。上の関係式はV<sub>IN</sub> = 2 • V<sub>BAT</sub>で最大値を取ります。ここで、

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

½ • I<sub>CHG</sub>(MAX)の簡単なワーストケースが一般に設計に使われます。

# LT3652HV

## アプリケーション情報

バルク容量は望みの入力リップル電圧 ( $\Delta V_{IN}$ ) に依存するので、次の関係式に従います。

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

0.1Vを超える入力リップル電圧は推奨しません。ほとんどのチャージャ・アプリケーションには通常10 $\mu$ Fが適しています。

### 充電電流の設定

LT3652HVのチャージャは最大2Aの平均電流で充電するように構成することができます。最大充電電流を設定するには、望みの最大平均電流がインダクタの検出抵抗 ( $R_{SENSE}$ ) を流れるとき100mVの電圧降下を生じるようにその検出抵抗を選択します。つまり、次のようにします。

$$R_{SENSE} = 0.1 / I_{CHG(MAX)}$$

ここで、 $I_{CHG(MAX)}$  は最大平均充電電流です。たとえば、2Aチャージャでは0.05 $\Omega$ の検出抵抗が使われます。

### BOOST電源

BOOSTのブートストラップされた電源レールは内部スイッチをドライブし、スイッチ・トランジスタを飽和させます。BOOSTピンの動作範囲はSWピンを基準にして0V~8.5Vです。1 $\mu$ F以上のコンデンサをBOOSTピンからSWピンに接続します。

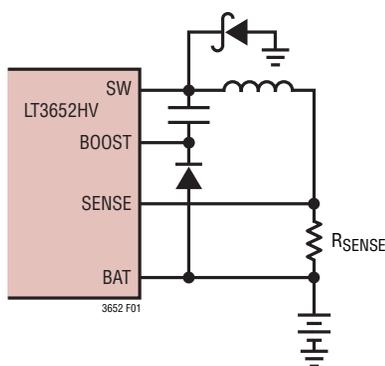


図1.  $R_{SENSE}$ を使った最大充電電流の設定

デカップリング・コンデンサの電圧はダイオードを介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 $V_{IN(MAX)}$ より大きいものにします。

バッテリーからの整流ダイオードを使って8.4Vより高いバッテリー・フロート電圧でデカップリング・コンデンサをリフレッシュするには、100mAを上回るツェナー・ダイオードを整流ダイオードに直列に接続して、BOOSTピンの動作電圧範囲を超えるのを防ぎます。

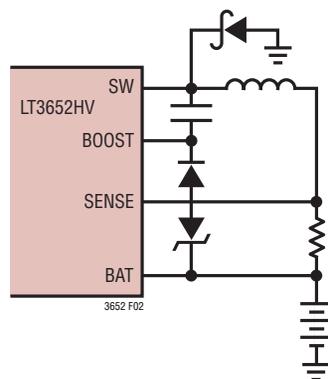


図2. BOOSTピンのリフレッシュ電圧を下げるツェナー・ダイオード

### $V_{IN}/BOOST$ の起動要件

LT3652HVは4.95V~34Vの $V_{IN}$ 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、内部スイッチが確実に動作するには  $(V_{IN} - V_{SW}) \geq 3.3V$  である必要があります。BOOST電源を利用でき、 $(V_{BOOST} - V_{SW}) > 2V$  であれば、この要件は存在しません。

LT3652HV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 $V_{BAT(FLT)}$ になることがあります。このため、確実に起動するには、 $V_{IN}$ 電源は $V_{BAT(FLT)}$ より少なくとも3.3V高くなければなりません。スイッチングが開始され、BOOST電源のコンデンサが  $(V_{BOOST} - V_{SW}) > 2V$  となるように充電されれば、 $V_{IN}$ の要件はもはや適用されません。

## アプリケーション情報

$V_{IN}$ 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、 $V_{IN}$ の起動要件を取り除くことができます。

### $V_{BAT}$ 出力のデカップリング

LT3652HVチャージャの出力には、BATピンからグランドに接続されたバイパス・コンデンサ ( $C_{BAT}$ ) が必要です。すべてのアプリケーションに10 $\mu$ Fのセラミック・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が目で見えて分かるように、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LT3652HVチャージャの出力で動作させることが望ましい場合は、バイパス容量を追加する必要があります。このタイプのアプリケーションでは、出力バルク容量を追加しないと過度のリップルや低振幅の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、10 $\mu$ Fのセラミック・バイパス・コンデンサに並列に、100 $\mu$ F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でチャージャに接続されているシステムでも必要な場合があります。 $C_{BAT}$ 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。

### インダクタの選択

LT3652HV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。インダクタの値(L)は、望みのリップル電流量( $\Delta I_{MAX}$ )が与えられれば、次の関係式を使って近似することができます。

$$L = (10 R_{SENSE} / \Delta I_{MAX}) \cdot V_{BAT(FLT)} \cdot [1 - (V_{BAT(FLT)} / V_{IN(MAX)})] \quad (\mu H)$$

上記の関係式では、 $\Delta I_{MAX}$ は正規化されたリップル電流、 $V_{IN(MAX)}$ は最大動作電圧、 $V_F$ は整流ショットキ・ダイオードの順方向電圧です。リップル電流は一般に $I_{CHG(MAX)}$ の25%~

35%の範囲内に設定されるので、 $0.25 < \Delta I_{MAX} < 0.35$ 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。

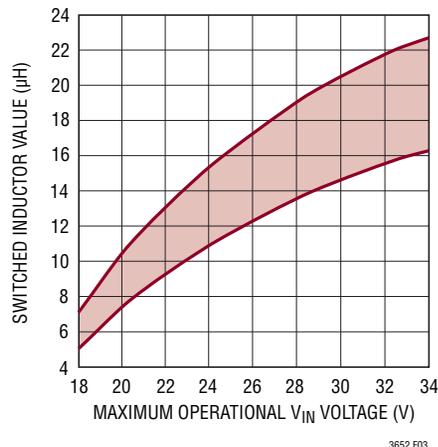


図3. 14.4V/1.5Aのスイッチングに使うインダクタの値

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  $(1 + \Delta I_{MAX}/2) \cdot I_{CHG(MAX)}$  以上、RMS定格が  $I_{CHG(MAX)}$  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。

$$V_{BAT(FLT)} \cdot (1 - V_{BAT(FLT)} / V_{IN(MAX)}) \quad (V \cdot \mu S)$$

### 整流器の選択

LT3652HVのバッテリー・チャージャ内のSWからGNDへの整流ダイオードは、メイン・パワースイッチがディスエーブルされ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。順方向電圧が低いほど電力損失が減り、効率が改善されるので、ショットキ・ダイオードが必要です。整流ダイオードは、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。

## アプリケーション情報

最小限必要とされるダイオードの平均電流定格 ( $I_{DIODE(MAX)}$ ) は、最大出力電流 ( $I_{CHG(MAX)}$ )、最大動作  $V_{IN}$ 、および前調整スレッシュホールド ( $V_{BAT(PRE)}$ ) つまり  $0.7 \cdot V_{BAT(FLT)}$  での出力を使って計算します。

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

たとえば、入力電圧が最大25Vの7.2V/2Aチャージャの整流ダイオードは次の条件を満たす必要があります。

$$I_{DIODE(MAX)} > 2 \cdot (25 - 0.7[7.2]) / 25, \text{つまり}$$

$$I_{DIODE(MAX)} > 1.6A$$

### バッテリー・フロート電圧の設定

出力バッテリー・フロート電圧 ( $V_{BAT(FLT)}$ ) はBATピンから  $V_{FB}$  に抵抗分割器を接続して設定します。 $V_{BAT(FLT)}$  は最大18Vまで設定することができます。

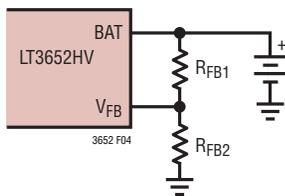


図4. フロート電圧を設定するBATから  $V_{FB}$  の帰還抵抗

$V_{FB}$ ピンにおける等価入力抵抗が250kの抵抗分割器を使って、入力バイアス電流の誤差を補償します。望みの  $V_{BAT(FLT)}$  を設定するのに必要な抵抗値は以下の式のとおりです。

$$R_{FB1} = (V_{BAT(FLT)} \cdot 2.5 \cdot 10^5) / 3.3 \quad (\Omega)$$

$$R_{FB2} = (R1 \cdot (2.5 \cdot 10^5)) / (R1 - (2.5 \cdot 10^5)) \quad (\Omega)$$

充電機能は  $V_{FB}$ ピンが3.3Vの最終フロート電圧に到達するように動作します。自動再起動機能は、 $V_{FB}$ ピンの電圧がそのフロート電圧を2.5%下回ると新しい充電サイクルを開始します。

バッテリー電圧が  $V_{BAT(FLT)}$  を設定する抵抗分割器の両端に加わるので、この分圧器には次のレートでバッテリーから少量の電流 ( $I_{RFB}$ ) が流れます。

$$I_{RFB} = 3.3 / R_{FB2}$$

値の大きな精密抵抗は入手困難なことがあるので、 $V_{BAT(FLT)}$  が低いアプリケーションでは、値の小さな帰還抵抗を追加の抵抗 ( $R_{FB3}$ ) と共に使って必要な250k等価抵抗を実現するのが望ましいかもしれません。その結果得られる (図5に示されているような) 3抵抗ネットワークは、帰還分圧器を流れる電流を増加させますが、部品選択を容易にし、出力電圧精度を上げることができます。

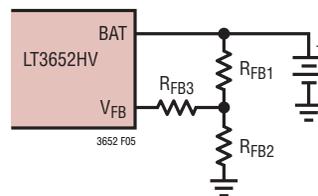


図5. 部品の選択を容易にすることができる3抵抗帰還ネットワーク

3抵抗ネットワークでは、 $R_{FB1}$  と  $R_{FB2}$  は次の関係式のようにになります。

$$R_{FB2} / R_{FB1} = 3.3 / (V_{BAT(FLT)} - 3.3)$$

例:

$V_{BAT(FLT)} = 3.6V$  の場合:

$$R_{FB2} / R_{FB1} = 3.3 / (3.6 - 3.3) = 11.$$

分圧器の電流 ( $I_{RFB}$ ) = 10  $\mu A$  に設定すると、以下ようになります。

$$R_{FB2} = 3.3 / 10 \mu A$$

$$R_{FB2} = 330k$$

$R_{FB1}$  の値を求めると次のようになります。

$$R_{FB1} = 330k / 11$$

$$R_{FB1} = 30k$$

分圧器の等価抵抗は次のようになります。

$$R_{FB1} || R_{FB2} = 27.5k$$

## アプリケーション情報

V<sub>FB</sub>ピンの250k等価抵抗を満たすには次のようにします。

$$R_{FB3} = 250k - 27.5k$$

$$R_{FB3} = 223k$$

V<sub>FB</sub>ピンは比較的高インピーダンスのノードなので、このピンの浮遊容量を最小に抑える必要があります。外部信号をピンに結合して望ましくない出力過渡やリップルを生じさせる恐れのある浮遊容量に特に注意を払います。寄生容量の影響は、一般に小さな値(20pF~50pF)のフィードフォワード・コンデンサをBATピンからV<sub>FB</sub>ピンに追加することによって減らすことができます。

基板組立時に特に注意が必要です。微量の基板汚染により出力電圧が大きく変動することがあります。組立後、基板を適切な方法で洗浄して基板の汚染を防ぎます。リーク電流が生じにくい半田フラックスを使用することを推奨します。

### 入力電源電圧の安定化

LT3652HVは電圧モニタ・ピンを備えており、最小動作電圧を設定することができます。抵抗分割器をV<sub>IN</sub>からV<sub>IN\_REG</sub>ピンに接続すると、最小入力電源電圧を設定することができ、この値は一般にソーラーパネルのピーク電力電圧を設定するのに使われます。V<sub>IN\_REG</sub>ピンの電圧が2.7Vのレギュレーション・スレッシュホールドを下回ると最大充電電流が減少します。

LT3652HVチャージャの要件を満たすのに十分な電力を入力電源が供給できないと、電源電圧が低下します。したがって、抵抗分割器によって電源をモニタすることにより、望みの最小電圧がV<sub>IN\_REG</sub>の2.7Vに対応するように最小動作電源電圧を設定することができます。LT3652HVは最大出力充電電流をサーボ制御して、V<sub>IN\_REG</sub>の電圧を2.7V以上に維持します。

望みの最小電圧を設定するには、図6に示されているように、抵抗分割器を接続します。望みの最小電圧(V<sub>IN(MIN)</sub>)を得るためのR<sub>IN1</sub>/R<sub>IN2</sub>の比は次のとおりです。

$$R_{IN1}/R_{IN2} = (V_{IN(MIN)}/2.7) - 1$$

電圧レギュレーション機能を使用しない場合はV<sub>IN\_REG</sub>ピンをV<sub>IN</sub>に接続します。

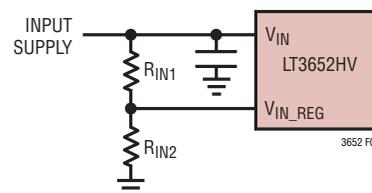


図6. 最小V<sub>IN</sub>を設定する抵抗分割器

### MPPT温度補償

標準的ソーラーパネルは直列接続された多数のセルで構成され、各セルのp-n接合は順方向にバイアスされます。ソーラーセルの開放回路電圧(V<sub>OC</sub>)の温度係数自体は普通のp-nダイオードの温度係数に似ており、約-2mV/°Cです。単結晶ソーラーパネルのピーク電力点電圧(V<sub>MP</sub>)はV<sub>OC</sub>より一定の電圧だけ低い電圧として近似できるので、ピーク電力点電圧の温度係数はV<sub>OC</sub>の温度係数に似ています。

パネル・メーカーは一般にV<sub>OC</sub>、V<sub>MP</sub>、およびV<sub>OC</sub>の温度係数の25°Cでの値を規定しているので、標準的パネルのV<sub>MP</sub>の温度係数を決めるのは簡単です。

LT3652HVはV<sub>IN</sub>入力レギュレーション電圧を設定するために帰還ネットワークを採用しています。ネットワークの操作により、ピーク電力トラッキング(MPPT)アプリケーションの様々な温度補償方式を効率よく実装することができます。標準的

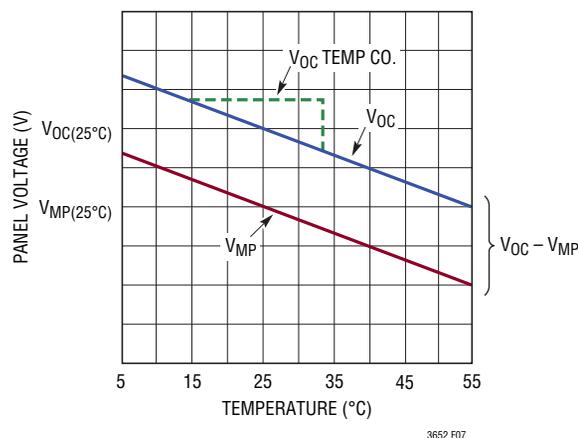


図7. ソーラーパネルの出力電圧の温度特性

## アプリケーション情報

ソーラーパネルの $V_{MP}$ 電圧の温度特性は高い線形性を示すので、その特性をトラッキングする簡単なソリューションを、LM234 3端子温度センサを使って実装することができます。これにより、簡単に設定できる線形温度依存特性が生じます。

図8に示されている回路では、次のようになります。

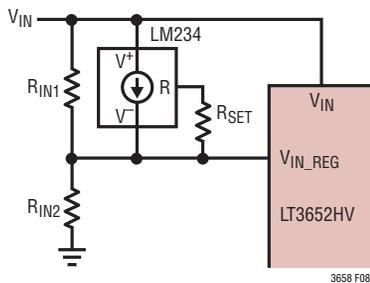


図8. MPPT温度補償ネットワーク

$$R_{IN1} = -R_{SET} \cdot (TC \cdot 4405), \text{ および}$$

$$R_{IN2} = R_{IN1} / (\{ [V_{MP}(25^\circ\text{C}) + R_{IN1} \cdot (0.0674/R_{SET})] / V_{IN\_REG} \} - 1)$$

ここで、 $TC =$  温度係数 ( $V/^\circ\text{C}$ )、  
 $V_{MP}(25^\circ\text{C}) =$  最大電力電圧 ( $25^\circ\text{C}$ ) です。

たとえば、以下のように特性が規定された一般的な36セルのソーラーパネルを仮定します。

$$\text{開放回路電圧 (} V_{OC} \text{)} = 21.7\text{V}$$

$$\text{最大電力電圧 (} V_{MP} \text{)} = 17.6\text{V}$$

$$\text{開放回路電圧 (} V_{OC} \text{) の温度係数} = -78\text{mV}^\circ\text{C}$$

$V_{MP}$ の温度係数は $V_{OC}$ の温度係数に似ているので、 $V_{OC}$ の $-78\text{mV}^\circ\text{C}$ の規定温度係数( $TC$ )と $17.6\text{V}$ の規定ピーク電力電圧( $V_{MP}(25^\circ\text{C})$ )を式に代入して、図8の温度補償ネットワークに適した抵抗値を計算することができます。 $R_{SET}$ が $1000\Omega$ のとき、次のようになります。

$$R_{SET} = 1\text{k}$$

$$R_{IN1} = -1\text{k} \cdot (-0.078 \cdot 4405) = 344\text{k}$$

$$R_{IN2} = 344\text{k} / (\{ [17.6 + 344\text{k} \cdot (0.0674/1\text{k})] / 2.7 \} - 1) = 24.4\text{k}$$

## バッテリー電圧の温度補償

バッテリー・ケミストリによっては、温度によって充電電圧要件が変化します。鉛蓄電池は特に温度変化に伴って充電電圧要件が大きく変化します。たとえば、大型鉛蓄電池のメーカーは $25^\circ\text{C}$ で $2.25\text{V/セル}$ のフロート充電を推奨しています。ただし、このバッテリー・フロート電圧の温度係数は一般にセル当たり $-3.3\text{mV}^\circ\text{C}$ と規定されています。

前に概説したMPPTの温度補正と同様に、LM234を出力帰還ネットワークに組み込むことにより、バッテリー充電電圧の線形温度補償を実装することができます。

たとえば、6セル鉛蓄電池のフロート充電電圧は一般に $25^\circ\text{C}$ で $2.25\text{V/セル}$ (つまり $13.5\text{V}$ )に規定されており、セル当たりの温度係数は $-3.3\text{mV}^\circ\text{C}$ (つまり $-19.8\text{mV}^\circ\text{C}$ )です。図9に示されている帰還ネットワークで、望みの温度係数( $TC$ )と $25^\circ\text{C}$ の

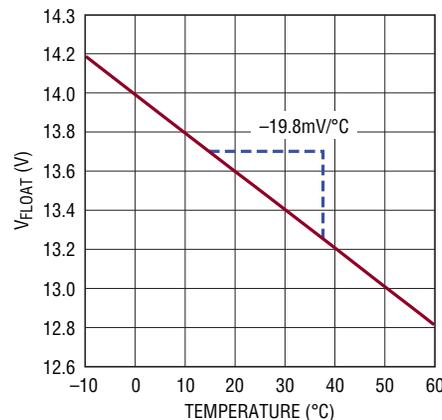
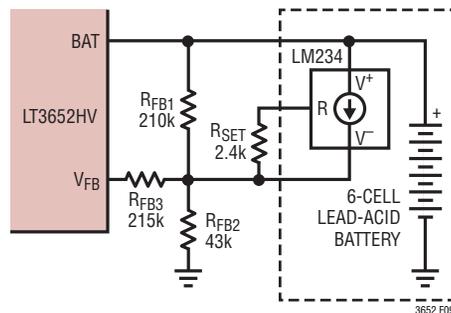


図9. 帰還ネットワークにLM234を使った鉛蓄電池の6セル・フロート充電電圧の温度特性は $-19.8\text{mV}^\circ\text{C}$

## アプリケーション情報

規定フロート電圧 ( $V_{\text{FLOAT}}(25^\circ\text{C})$ ) を使い、 $R_{\text{SET}}$  の値に手頃な 2.4k を使うと、必要な抵抗値は以下の関係式のようになります。

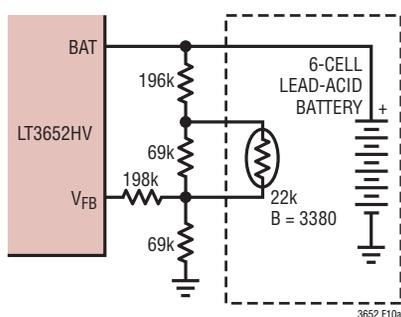
$$R_{\text{FB1}} = -R_{\text{SET}} \cdot (TC \cdot 4405) \\ = -2.4\text{k} \cdot (-0.0198 \cdot 4405) = \mathbf{210\text{k}}$$

$$R_{\text{FB2}} = R_{\text{FB1}} / (\{[V_{\text{FLOAT}}(25^\circ\text{C}) + R_{\text{FB1}} \cdot (0.0674 / R_{\text{SET}})] / V_{\text{FB}}\} - 1) \\ = 210\text{k} / (\{[13.5 + 210\text{k} \cdot (0.0674 / 2.4\text{k})] / 3.3\} - 1) \\ = \mathbf{43\text{k}}$$

$$R_{\text{FB3}} = 250\text{k} - R_{\text{FB1}} \parallel R_{\text{FB2}} \\ = 250\text{k} - 210\text{k} \parallel 43\text{k} = \mathbf{215\text{k}}$$

(「バッテリー・フロート電圧の設定」のセクションを参照)

図9の回路はセル当たり標準  $-3.3\text{mV}/^\circ\text{C}$  の鉛蓄電池の仕様に伴う線形温度特性を示しますが、理論的フロート充電電圧特性はわずかに非線形です。この非線形特性は関係式  $V_{\text{FLOAT}}(1\text{-CELL}) = 4 \times 10^{-5}(T^2) - 6 \times 10^{-3}(T) + 2.375$  (最小 2.18V) のようになります。ここで、 $T$  = 温度 ( $^\circ\text{C}$ ) です。図10に示されているように、サーミスタをベースにしたネットワークを使って、妥当な動作範囲にわたる非線形の理想温度特性を近似することができます。



## ステータス・ピン

LT3652HV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  $C/10$  (つまり設定された最大充電電流の  $1/10$ ) より大きなレートで電流を供給しているかを示します。 $\overline{\text{FAULT}}$ 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。

| ステータス・ピンの状態 |       | チャージャの状態  |
|-------------|-------|---|
| CHRG        | FAULT |   |
| OFF         | OFF   | 充電しない (スタンバイまたはシャットダウン・モード)                     |
| OFF         | ON    | 不良バッテリー・フォールト (前調整タイムアウト/EOC (End of Cycle) 不良) |
| ON          | OFF   | $C/10$ またはそれより大きいレートで正常充電中                      |
| ON          | ON    | NTCフォールト (一時停止)                                 |

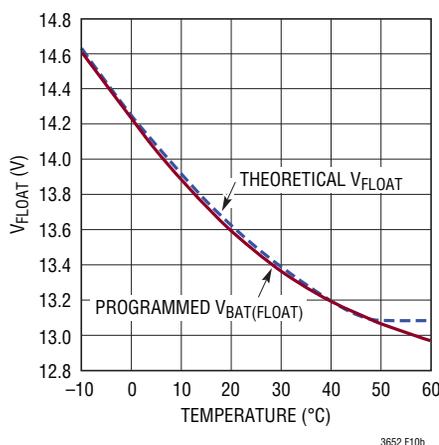


図10. 6セル・チャージャの鉛蓄電池の理想的なフロート充電電圧にほぼ一致するように  $V_{\text{FLOAT}}$  を設定するサーミスタ・ベースの温度補償ネットワーク

## アプリケーション情報

C/10による終了方式に設定されているLT3652HVチャージャからバッテリーが取り外されると、終了と再充電が交互に繰り返され、約100mVの鋸波がチャージャの出力に現れます。この周期現象により、 $\overline{\text{CHRG}}$ 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点滅し、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。この点滅パターンの周波数は出力容量に依存します。

### C/10による終了

LT3652HV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 $R_{\text{SENSE}}$ によって設定された最大電流の1/10より小さくな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による終了を使うと、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、LT3652HVチャージャはバッテリー充電電流を供給します。フル充電の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、LT3652HVはスタンバイ・モードに入ります。 $\overline{\text{CHRG}}$ ステータス・ピンは充電サイクルの状態を示し、チャージャがアクティブに充電していないときは高インピーダンスです。

原因がバッテリーの負荷であるかバッテリーの交換であるかに関わらず、 $V_{\text{BAT}}$ がフル充電のフロート電圧の97.5%より低くなると、チャージャは自動的に再起動し、充電を開始します。

C/10による終了が使われている場合は、不良バッテリー検出は行われません。

### タイマによる終了

LT3652HV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。タイマによる終了は、コンデンサ( $C_{\text{TIMER}}$ )をTIMERピンからグラウンドに接続すると有効になります。タイマ・サイクルのEOC( $T_{\text{EOC}}$ )は、次の関係式に従って $C_{\text{TIMER}}$ に基づいて設定されます。

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

タイマのEOCは一般に3時間に設定され、それには0.68 $\mu\text{F}$ のコンデンサが必要です。

$\overline{\text{CHRG}}$ ステータス・ピンは、どの終了方式が使われているかに関係なく、C/10のレートで充電状態を継続的に知らせます。タイマによる終了が使われているときは、チャージャの出力電流がC/10スレッシュホールドより低くなるまで、 $\overline{\text{CHRG}}$ ステータス・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のトップオフ充電を行います。EOCに達すると、LT3652HV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に問題がないときだけ充電が終了します。問題のない充電サイクルとは、バッテリーがフル充電のフロート電圧から2.5%以内の電圧まで充電されたサイクルのことです。EOCで充電サイクルに問題があれば、タイマ・サイクルはリセットし、新たな全タイマ・サイクルの充電が引き続き行われます。

原因がバッテリーの負荷であるかバッテリーの交換であるかに関わらず、 $V_{\text{BAT}}$ がフル充電のフロート電圧の97.5%より低くなると、チャージャは自動的に再起動し、充電を開始します。

### 前調整と不良バッテリー・フォールト

LT3652HVには前調整モードがあり、このモードでは充電電流が( $R_{\text{SENSE}}$ によって設定される) $I_{\text{CHG}}(\text{MAX})$ の15%に制限されます。前調整電流は $R_{\text{SENSE}}$ 両端の15mVに相当します。

$V_{\text{FB}}$ ピンの電圧が前調整スレッシュホールド(2.3V、つまり $0.7 \cdot V_{\text{BAT}}(\text{FLT})$ )を下回ると、前調整モードが作動します。 $V_{\text{FB}}$ の電圧が前調整スレッシュホールドを超えると、通常の最大電流充電を開始することができます。LT3652HVにはモード・グリッチを防ぐために70mVのスレッシュホールド・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

内部タイマが終了に使われていると、不良バッテリー検出が作動します。C/10による終了が使われている場合は、不良バッテリー検出は行われません。不良バッテリー・フォールトは、全タイマ・サイクルの1/8 (EOCの1/8)より長い時間、V<sub>FB</sub>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。EOCの1/8が経過した後、正常に充電中のバッテリーが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、CHRGステータス・ピンが高インピーダンスになります。FAULTピンは、フォールトの検出を知らせるために“L”に引き下げられます。

チャージャの再起動やSHDN機能を実行した後、新しい充電サイクルが開始されますが、LT3652HV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、V<sub>FB</sub>ピンが前調整スレッシュホールド電圧を超えると、新しいタイマ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。したがって、不良バッテリーを取り外すと、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LT3652HV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。

### バッテリー温度のモニタとフォールト

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、LT3652HV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、10kΩ、B = 3380のNTCサーミスタをNTCピンからグラウンドに接続してイネーブルします。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50μAをソースして10kΩサーミスタの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に相当)より上または0.29V(40°Cに相当)より下になると、バッテリー温度は有効範囲外となり、LT3652HV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。

さらに高い温度で充電したい場合、10kの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、実効上限温度が45°Cに上がります。

NTCフォールトの間、充電は停止し、両方のステータス・ピンが“L”になります。タイマによる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。

### サーマル・フォールドバック

LT3652HV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、チャージャの最大出力電流がわずかに減少しただけ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によりチャージャの電流がC/10スレッシュホールドより下に減少することがあります。C/10による終了を使うアプリケーションでは(TIMER = 0V)、LT3652HV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

変換効率を最大化するため、LT3652HVのスイッチ・ノードの立ち上がり時間と立ち下がり時間は標準10ns未満です。高周波ノイズを最小に抑えるために、スイッチ・ノード(SWピン)のトレースをできるだけ短くします。このスイッチング・ノイズを最小に抑えるには、入力コンデンサ(C<sub>IN</sub>)をデバイスの近くに配置します。これらのノードのトレースを短く、幅を広くすると、誘導性のリンギングによる電圧ストレスを防ぐのにも役立ちます。誘導性のリンギングを最小に抑えるには、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ます。SENSEとBATのトレースは一緒に配線し、これらおよびV<sub>FB</sub>のトレースをできるだけ短くします。グラウンド・プレーン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。

## アプリケーション情報

高電流経路とその過渡現象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の経路を効果的に定めることができます。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11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極端子に流れます。スイッチがディスエーブル

されると(ループ#2)、バッテリーの正極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・ダイオード( $D_F$ )を通過して供給されます。どちらの場合も、これらのスイッチ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。

LT3652HV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。

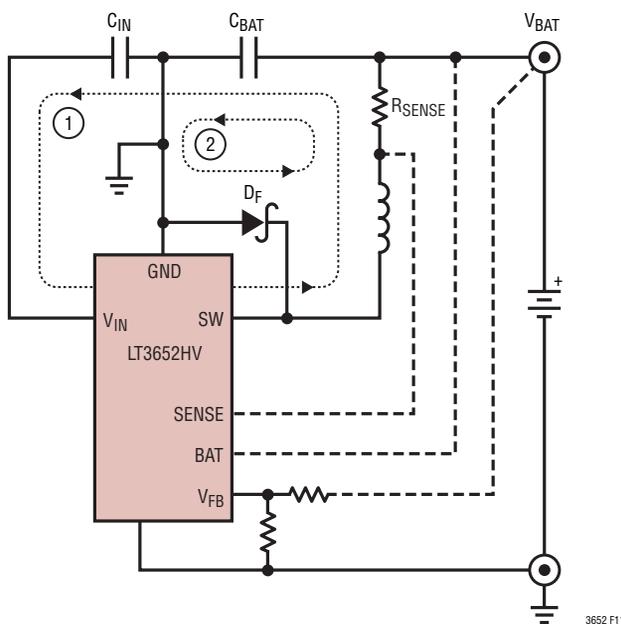
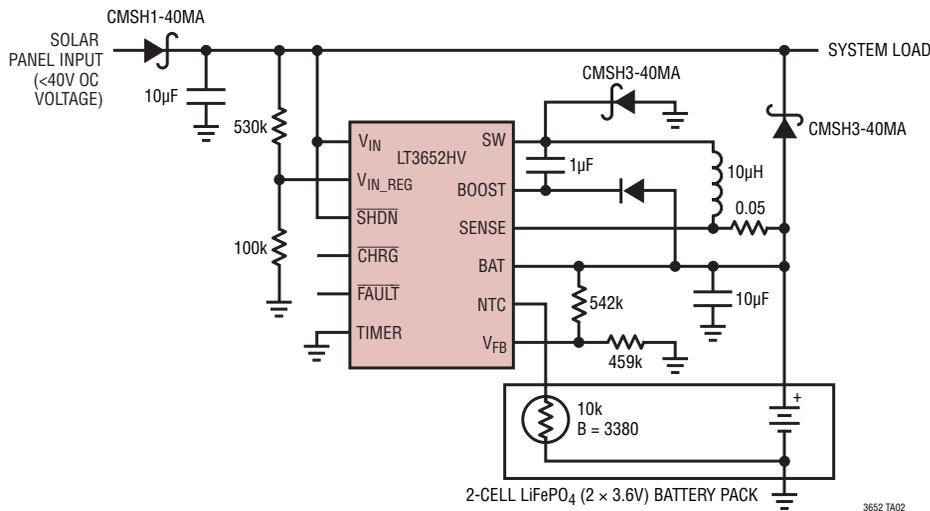


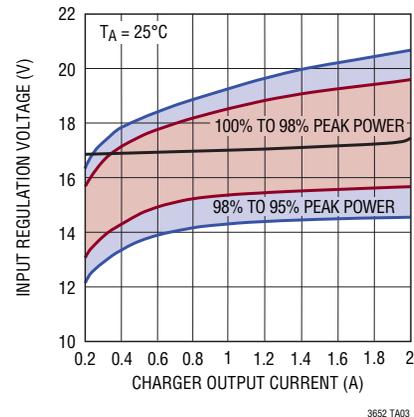
図11. 部品の向きにより高電流経路を敏感なノードから隔離する

標準的応用例

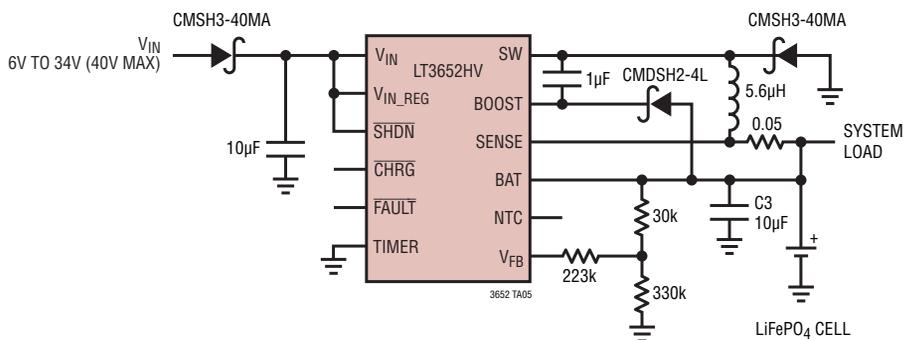
7.2V LiFePO<sub>4</sub>バッテリーと17Vのピーク電カトラッキングを備えた  
2Aソーラーパネル・パワーマネージャ



ソーラーパネル向けの入力電圧レギュレーション。98%を超えたレベルで最大電力ポイントをトラッキング



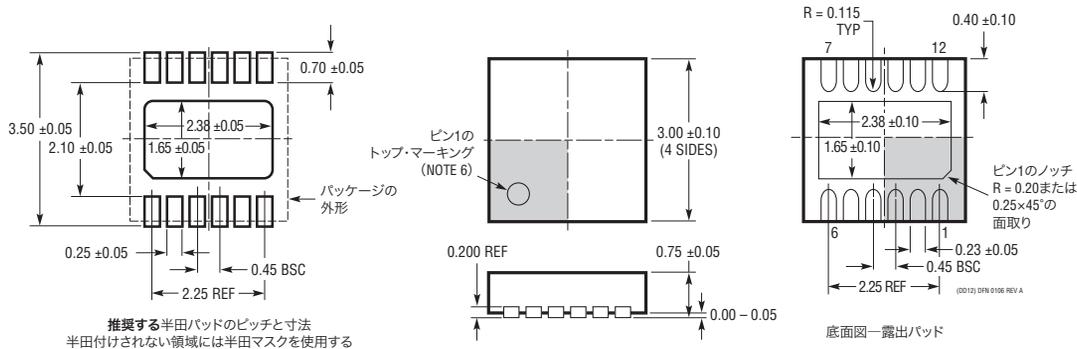
C/10による終了方式を使用する基本的2A 1セルLiFePO<sub>4</sub>チャージャ (3.6Vのフロート電圧)



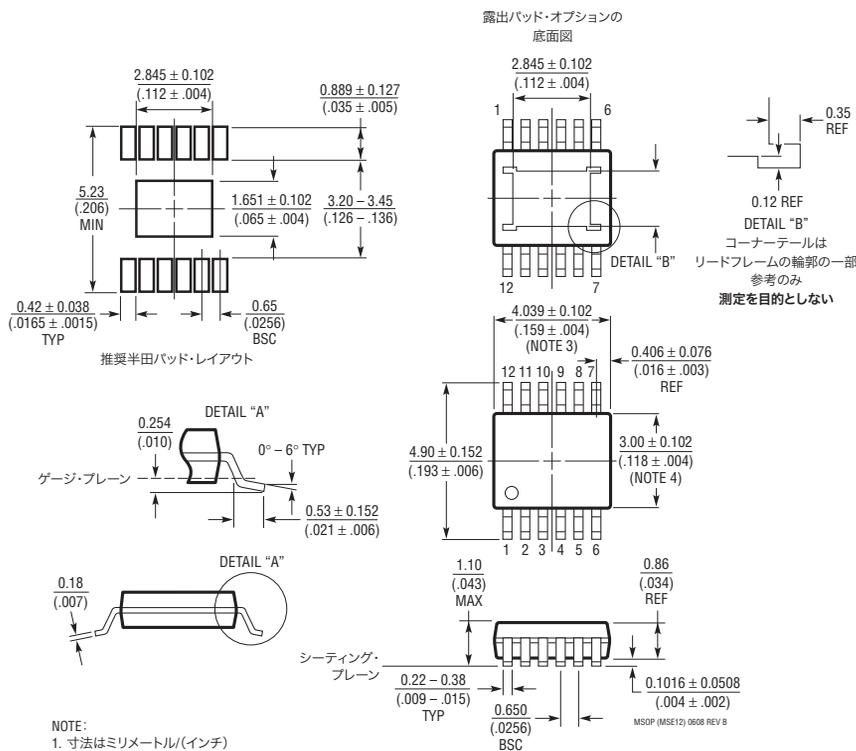
## パッケージ

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)



### 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)



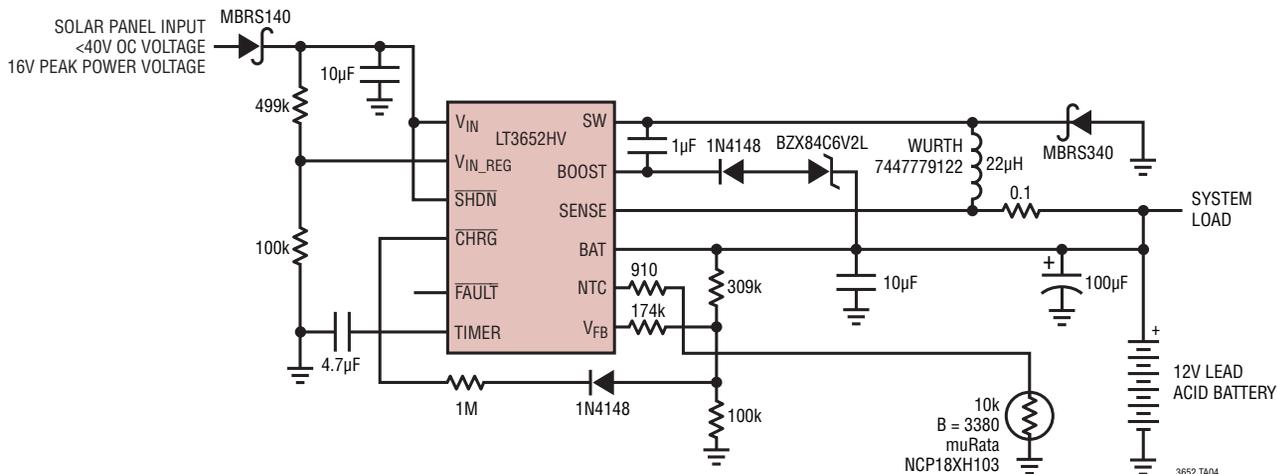
## 改訂履歴

| REV | 日付   | 概要                   | ページ番号 |
|-----|------|----------------------|-------|
| A   | 1/13 | バッテリー・バイアス電流のグラフを追加。 | 6     |

# LT3652HV

## 標準的応用例

1Aソーラーパネルから給電される3段階12V鉛蓄電池高速/フロート・チャージャ; 最大14.4VまでCC/CV特性で高速充電する1Aチャージャ; 充電電流が0.1Aまで下がるとチャージャは13.5Vのフロート充電モードに切り替わる; バッテリ電圧が13.2Vを下回るとチャージャは14.4Vの高速充電モードを再度開始し、バッテリ電圧が10Vを下回ると0.15Aでトリクル充電を行う; 0°C~45°Cのバッテリ温度充電範囲



## 関連製品

| 製品番号  | 説明   | 注釈   |
|---|--|--|
| LT3650-4.1/<br>LT3650-4.2                         | モノリシック2Aスイッチ・モード1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、 $4.75V \leq V_{IN} \leq 32V$ (絶対最大定格40V)、1MHz、プログラム可能な充電電流:2A、タイマまたはC/10による終了機能、少数の小型外部部品、3mm×3mm DFN12パッケージ、4.1Vフロート電圧バッテリーにはLT3650-4.1、4.2Vフロート電圧バッテリーにはLT3650-4.2  |
| LT3650-8.2/<br>LT3650-8.4                         | モノリシック2Aスイッチ・モード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、 $9V \leq V_{IN} \leq 32V$ (絶対最大定格40V)、1MHz、プログラム可能な充電電流:2A、タイマまたはC/10による終了機能、少数の小型外部部品、3mm×3mm DFN-12パッケージ、2×4.1Vフロート電圧バッテリーにはLT3650-8.2、2×4.2Vフロート電圧バッテリーにはLT3650-8.4  |
| LTC4001/<br>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、 $4 \leq V_{IN} \leq 5.5V$ (絶対最大定格6V、過渡7V)、1.5MHz、同期整流の効率:>90%、調節可能なタイマによる終了機能、少数の小型外部部品、4mm×4mm QFN-16パッケージ、4.1Vフロート電圧バッテリーにはLTC4001-1  |
| LTC4002   | スイッチ・モードのリチウムイオン・バッテリー・チャージャ                       | スタンドアロン、 $4.7V \leq V_{IN} \leq 24V$ 、500kHz周波数、3時間の充電終了   |
| 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、終了機能およびサーミスタ・センサ付き | 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、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  |
| LTC4008   | 4A、高効率、マルチケミストリ (汎用) 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・センサとインジケータ出力  |
| LTC4009/<br>LTC4009-1/<br>LTC4009-2               | 4A、高効率、マルチケミストリ (汎用) 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×4mm QFN-20パッケージ、4.1VのLiセルにはLTC4009-1バージョン、4.2VのLiセルにはLTC4009-2バージョン                                 |
| LTC4012/<br>LTC4012-1/<br>LTC4012-2/<br>LTC4012-3 | PowerPath™制御付き、4A、高効率、マルチケミストリ (汎用) バッテリ・チャージャ     | PowerPath制御、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、最多18セルのNi、SLAおよびスーパーキャパシタに適合、4mm×4mm QFN-20パッケージ、4.1VのLiセルにはLTC4012-1バージョン、4.2VのLiセルにはLTC4012-2バージョン、LTC4012-3には追加のGNDピン |

3652hva