

ソーラーパワー向けパワー・トラッキング2Aバッテリー・チャージャ

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~32V(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14.4Vのフロート電圧を抵抗で設定可能なので、リチウムイオン/ポリマー、LiFePO₄、SLAなどのバッテリーに対応可能
- バッテリー電圧が4.2V以下の場合、V_{IN}のブロッキング・ダイオードが不要
- 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
- 3mm×3mm DFN12またはMSOP-12パッケージ

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
- LiFePO₄(リン酸鉄リチウム)アプリケーション
- 携帯ハンドヘルド計測器
- 12V~24V車載システム

概要

LT[®]3652は4.95V~32V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。LT3652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14.4V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。

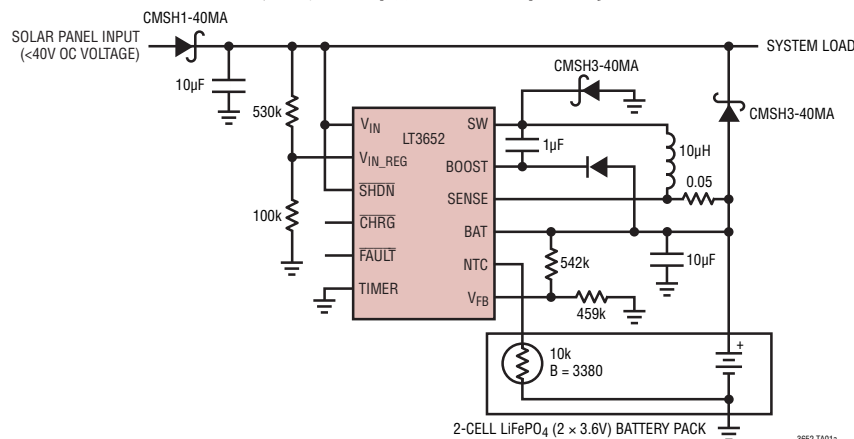
LT3652は、入力電圧が(抵抗分割器で設定される)設定レベルを下回ると充電電流を低減する入力電圧安定化ループを採用しています。LT3652がソーラーパネルによって給電されている場合、入力安定化ループを使用してパネルをピーク出力電力に保ちます。

LT3652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、LT3652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マ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。

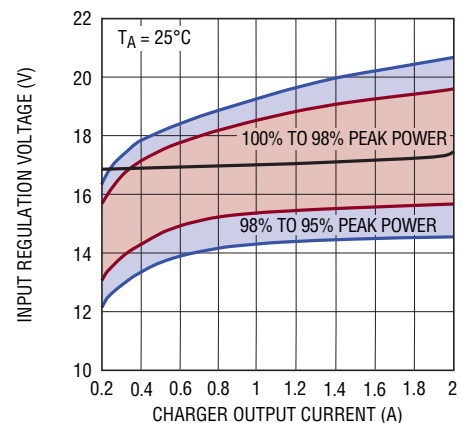
LT、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリアテクノロジ社登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

7.2V LiFePO₄バッテリーおよび17Wピーク・パワー・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



98%を超える最大電力点を追従するソーラーパネル入力電圧レギュレーション



LT3652

絶対最大定格

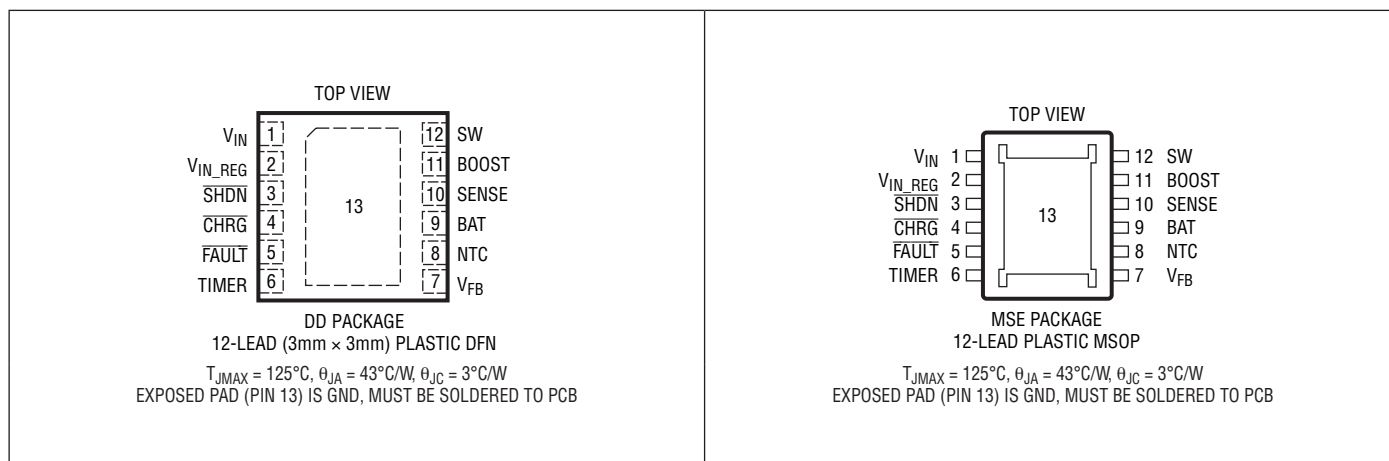
(Note 1)

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.....	15V

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
LT3652EDD#PBF	LT3652EDD#TRPBF	LFHT	12-Lead Plastic DFN 3mm × 3mm	-40°C to 125°C
LT3652IDD#PBF	LT3652IDD#TRPBF	LFHT	12-Lead Plastic DFN 3mm × 3mm	-40°C to 125°C
LT3652EMSE#PBF	LT3652EMSE#TRPBF	3652	12-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT3652IMSE#PBF	LT3652IMSE#TRPBF	3652	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。 $V_{IN} = 20\text{V}$ 、 $\text{Boost-SW} = 4\text{V}$ 、 $\text{SHDN} = 2\text{V}$ 、 $V_{FB} = 3.3\text{V}$ 、 $C_{\text{TIMER}} = 0.68\mu\text{F}$ での値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{IN}	V_{IN} Operating Range V_{IN} Start Voltage	$V_{BAT} = 4.2$ (Notes 3, 4) $V_{BAT} = 4.2$ (Note 4)	●	4.95	32	V	
			●	7.5		V	
$V_{IN(OVLO)}$	OVLO Threshold OVLO Hysteresis	V_{IN} Rising	●	32	35 1	V V	
					4.6 0.2	4.95 V	
$V_{IN(UVLO)}$	UVLO Threshold UVLO Hysteresis	V_{IN} Rising			4.6 0.2	V V	
						4.95 V	
$V_{FB(FLT)}$	Float Voltage Reference	(Note 6)	●	3.282 3.26	3.3 3.34	V V	
$\Delta V_{\text{RECHARGE}}$	Recharge Reference Threshold	Voltage Relative to $V_{FB(FLT)}$ (Note 6)		82.5		mV	
$V_{FB(PRE)}$	Reference Precondition Threshold	V_{FB} Rising (Note 6)		2.3		V	
$V_{FB(PREHYST)}$	Reference Precondition Threshold Hysteresis	Voltage Relative to $V_{FB(PRE)}$ (Note 6)		70		mV	
$V_{IN_REG(TH)}$	Input Regulation Reference	$V_{FB} = 3\text{V}$; $V_{\text{SENSE}} - V_{BAT} = 50\text{mV}$	●	2.65	2.7	2.75	V
I_{IN_REG}	Input Regulation Reference Bias Current	$V_{IN_REG} = V_{IN_REG(TH)}$	●		35	100	nA
I_{VIN}	Operating Input Supply Current	CC/CV Mode, $I_{SW} = 0$ Standby Mode Shutdown ($\text{SHDN} = 0$)	●		2.5	3.5	mA
					85		μA
					15		μA
I_{BOOST}	BOOST Supply Current	Switch On, $I_{SW} = 0$, $2.5 < V_{(\text{BOOST-SW})} < 8.5$		20		mA	
$I_{\text{BOOST}/I_{SW}}$	BOOST Switch Drive	$I_{SW} = 2\text{A}$		30		mA/A	
$V_{\text{SW(ON)}}$	Switch-On Voltage Drop	$V_{IN} - V_{\text{SW}}$, $I_{SW} = 2\text{A}$		350		mV	
$I_{\text{SW(MAX)}}$	Switch Current Limit		●	2.5	3	A	
$V_{\text{SENSE(PRE)}}$	Precondition Sense Voltage	$V_{\text{SENSE}} - V_{BAT}$; $V_{FB} = 2\text{V}$		15		mV	
$V_{\text{SENSE(DC)}}$	Maximum Sense Voltage	$V_{\text{SENSE}} - V_{BAT}$; $V_{FB} = 3\text{V}$ (Note 7)	●	95	100	105	mV
$V_{\text{SENSE(C/10)}}$	C/10 Trigger Sense Voltage	$V_{\text{SENSE}} - V_{BAT}$, Falling	●	7.5	10	12.5	mV
I_{BAT}	BAT Input Bias Current	Charging Terminated		0.1	1	μA	
I_{SENSE}	SENSE Input Bias Current	Charging Terminated		0.1	1	μA	
I_{REVERSE}	Charger Reverse Current $I_{BAT} + I_{\text{SENSE}} + I_{SW}$	$V_{IN} = 0$; $V_{BAT} = V_{\text{SENSE}} = V_{\text{SW}} = 4.2\text{V}$		1		μA	
I_{VFB}	V_{FB} Input Bias Current	Charging Terminated		65		nA	
I_{VFB}	V_{FB} Input Bias Current	CV Operation (Note 5)		110		nA	
$V_{\text{NTC(H)}}$	NTC Range Limit (High)	V_{NTC} Rising	●	1.25	1.36	1.45	V
$V_{\text{NTC(L)}}$	NTC Range Limit (Low)	V_{NTC} Falling	●	0.27	0.29	0.315	V
$V_{\text{NTC(HYST)}}$	NTC Threshold Hysteresis	% of threshold		20		%	
$R_{\text{NTC(DIS)}}$	NTC Disable Impedance	Impedance to ground	●	250	500		k Ω
I_{NTC}	NTC Bias Current	$V_{\text{NTC}} = 0.8\text{V}$	●	47.5	50	52.5	μA
V_{SHDN}	Shutdown Threshold	Rising	●	1.15	1.2	1.25	V
$V_{\text{SHDN(HYST)}}$	Shutdown Hysteresis			120		mV	
I_{SHDN}	SHDN Input Bias Current			-10		nA	
$V_{\text{CHRG}}, V_{\text{FAULT}}$	Status Low Voltage	10mA Load	●		0.4	V	
I_{TIMER}	Charge/Discharge Current			25		μA	
$V_{\text{TIMER(DIS)}}$	Timer Disable Threshold		●	0.1	0.25	V	

LT3652

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
t_{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: LT3652EDDは $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ 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。LT3652IDDの仕様は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部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、 4.2V 以下のプログラム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プログラムされた出力バッテリー・フロート電圧の 0.75V 上 ($V_{\text{BAT (FLT)}} + 0.75\text{V}$) である。 V_{IN} の起動電圧はプログラムされた出力バッテリー・フロート電圧の 3.3V 上 ($V_{\text{BAT (FLT)}} + 3.3\text{V}$) である。

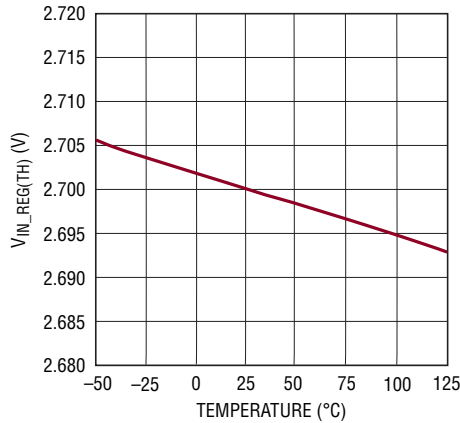
Note 5: 出力バッテリー・フロート電圧 ($V_{\text{BAT (FLT)}}$) のプログラミング抵抗分割器に等価な抵抗 = 250k が入力バイアス電流を補償する。

Note 6: 250k 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°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減少する。

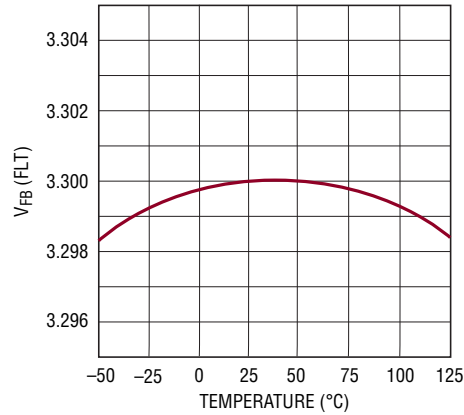
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。

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



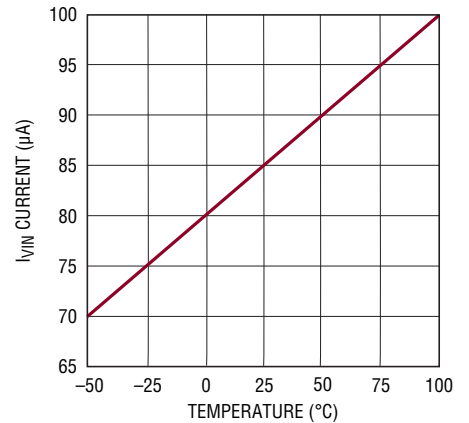
3652 G01

V_{FB} リファレンス電圧と温度



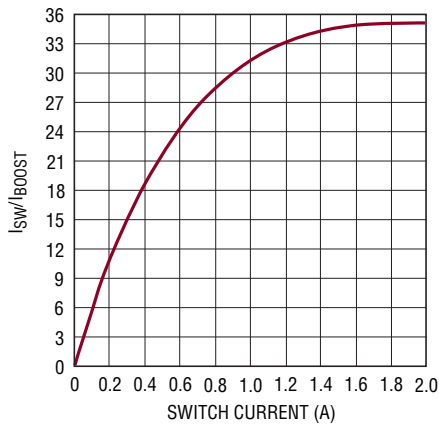
3652 G01a

V_{IN} のスタンバイ・モード電流と温度



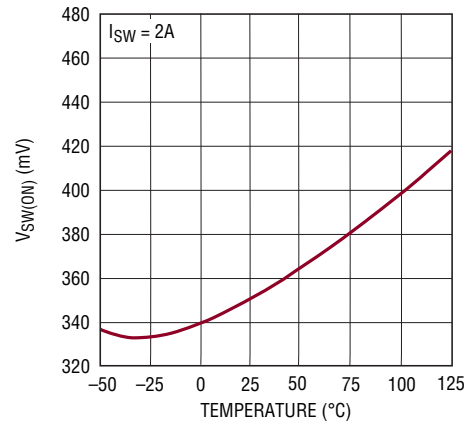
3652 G02

スイッチ・ドライブ (I_{SW}/I_{BOOST})と
スイッチ電流



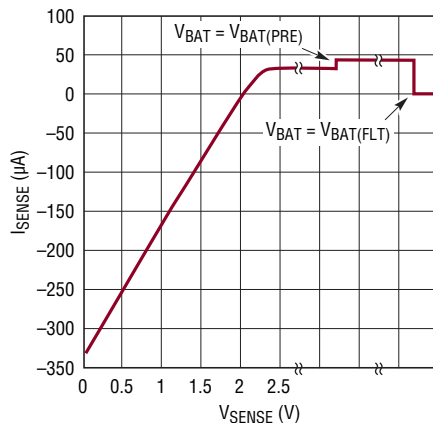
3652 G03

スイッチの順方向電圧降下
($V_{IN}-V_{SW}$)と温度



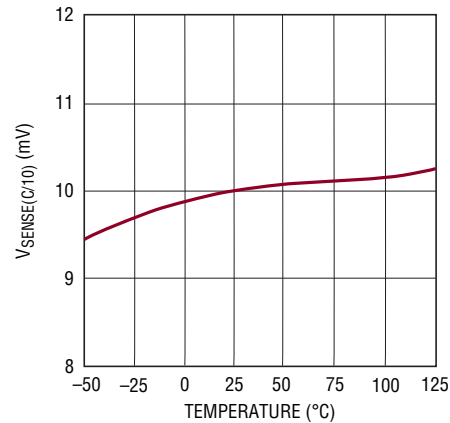
3652 G04

CC/CV充電; SENSEピンの
バイアス電流と V_{SENSE}



3652 G05

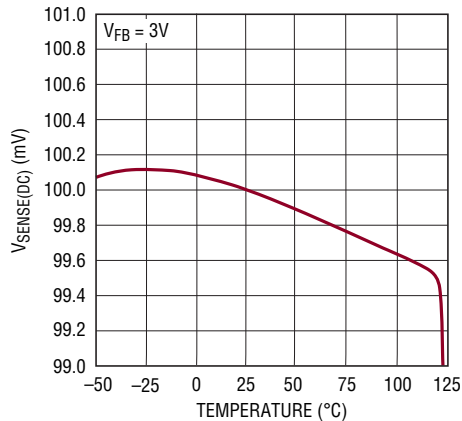
C/10スレッシュホールド
($V_{SENSE}-V_{BAT}$)と温度



3652 G06

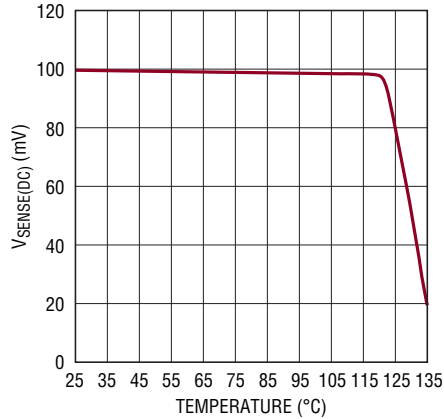
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

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



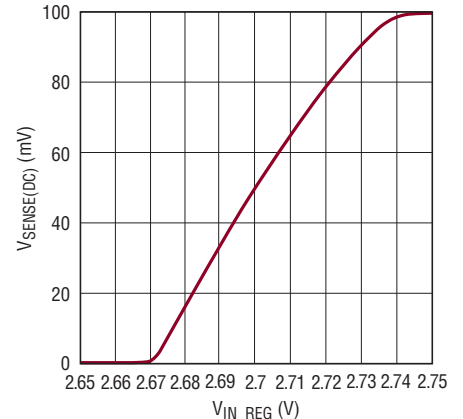
3652 G07

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



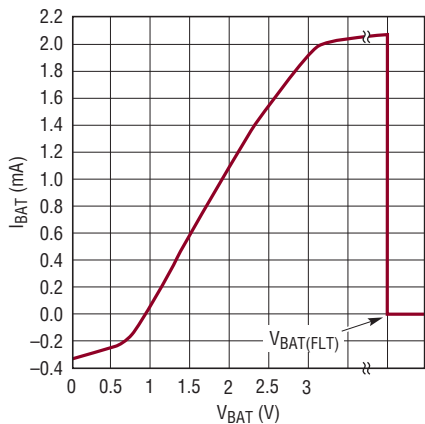
3652 G08

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



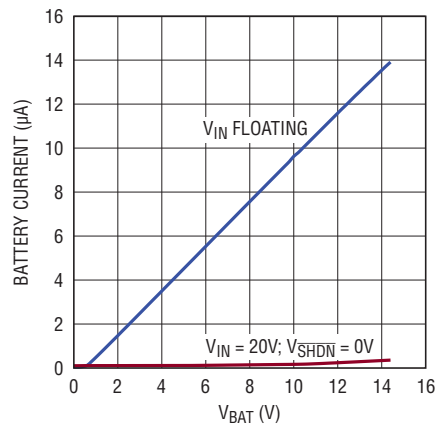
3652 G09

CC/CV充電; BATピンの
バイアス電流と V_{BAT}



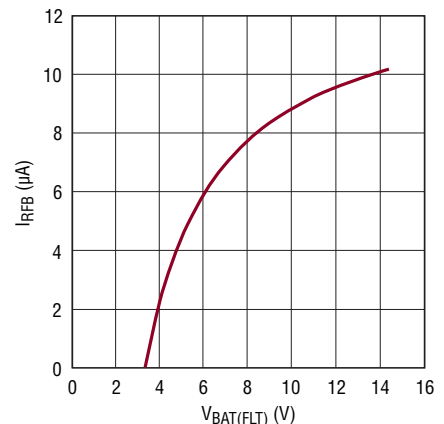
3652 G10

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



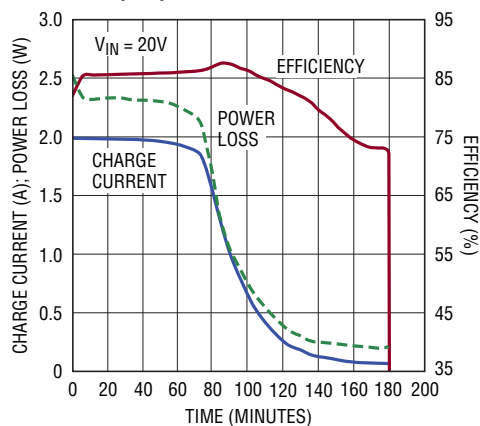
3652 G11

2抵抗ネットワークの V_{FLOAT}
プログラム抵抗の電流と V_{FLOAT}



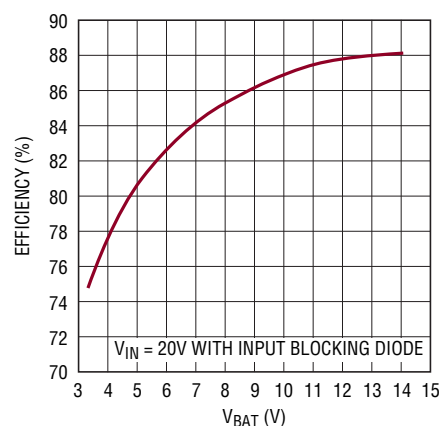
3652 G11

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

3652fd

ピン機能

V_{IN} (ピン1): チャージャの入力電源。V_{IN}の動作範囲は4.95V～32Vです。確実に起動させるには、V_{IN}はプログラムされた出力バッテリー・フロート電圧(V_{BAT(FLT)})より3.3V高くなければなりません。(V_{BOOST}-V_{SW}) ≥ 2Vである限り、(V_{IN}-V_{BAT(FLT)}) ≥ 0.75Vが最小動作電圧です。充電終了後はI_{VIN}は約85μAです。

V_{IN_REG} (ピン2): 入力電圧安定化リファレンス。このピンが2.7Vより下のとき最大充電電流が減少します。V_{IN}からこのピンに抵抗分割器を接続してV_{IN}の最小動作電圧をプログラム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プログラムするのに使います。LT3652は、V_{IN_REG}の電圧を2.7V以上に保つことにより、プログラムされた動作V_{IN}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_{IN}に接続します。

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1.2V(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、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_{IN}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_{IN}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_{IN}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、必要な充電電流がプログラムされた最大電流の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。この状態ピンはディスエーブルされると最大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。

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_{EOC}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場合、充電電流がC/10スレッシュホールド、つまりI_{CHG(MAX)}/10より小さくなると充電が終了します。

V_{FB} (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_{BAT(FLT)})は抵抗分割器を使ってプログラムします。V_{BAT(FLT)}は最大14.4Vまでプログラムすることができます。

自動再起動機能は、V_{FB}ピンの電圧がフロート電圧リファレンスより2.5%下まで下がると新しい充電サイクルを開始します。

V_{FB}ピンの入力バイアス電流は110nAです。V_{FB}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_{BAT(FLT)}をプログラムするのに必要な抵抗値は以下の式に従います。

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

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

R1はBATからV_{FB}に接続し、R2はV_{FB}からグラウンドに接続します。

ピン機能

NTC (ピン8) : バッテリー温度モニタ・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からグラ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 1.36V より上 ($T < 0^\circ\text{C}$) または 0.29V 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。TCの電圧が $0.29\text{V} \sim 1.36\text{V}$ 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) : チャージャ出力モニタ・ピン。最小 $10\mu\text{F}$ のデカップリング・コンデンサ (C_{BAT}) をグランドに接続します。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。充電機能はこのピンのプログラムされた出力バッテリー・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。インダクタのセンス抵抗 (R_{SENSE}) をSENSEピンから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。最大充電電流 ($I_{\text{CHG(MAX)}}$) 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。

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

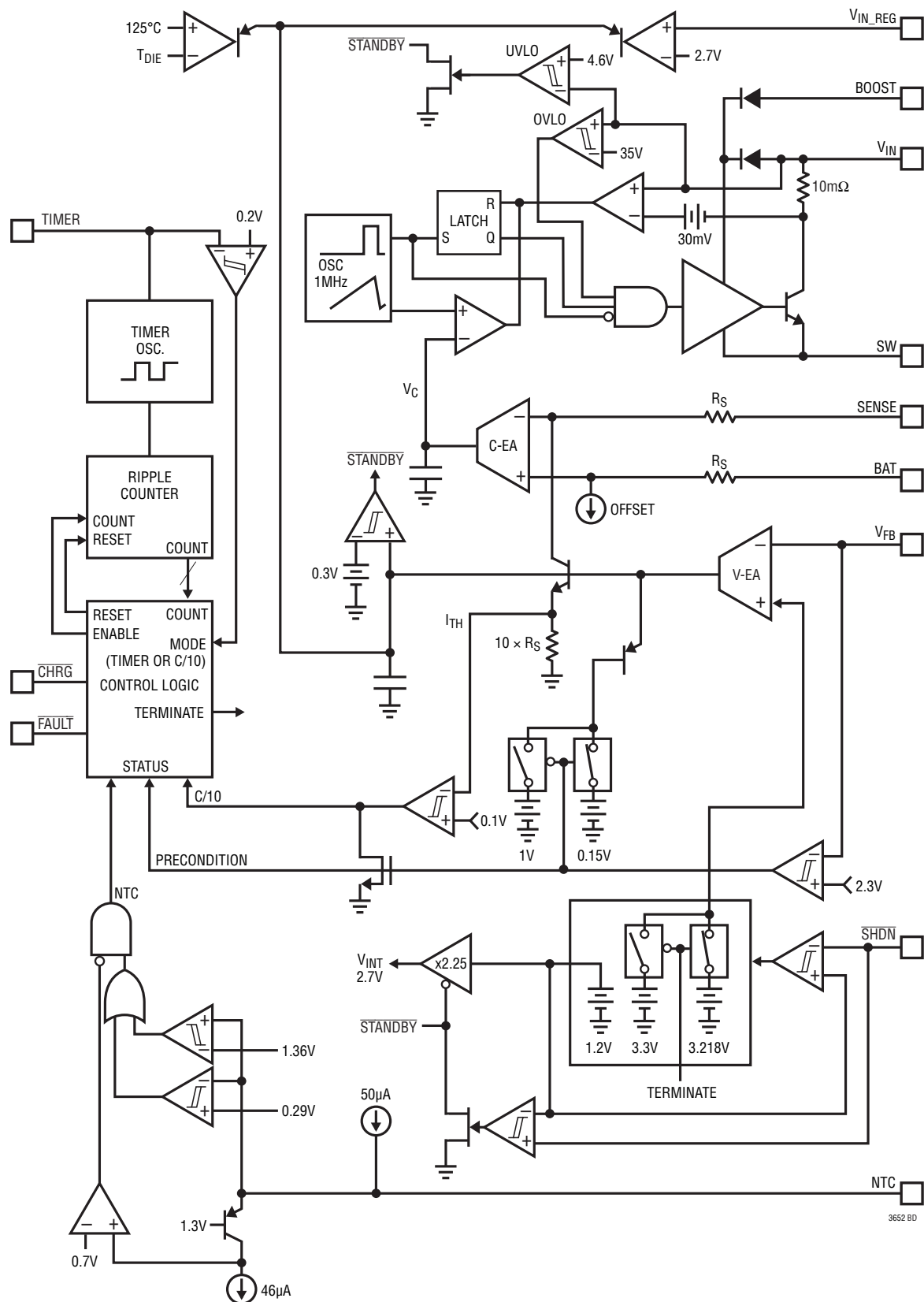
充電サイクルが終了すると、SENSEピンの入力バイアス電流は $0.1\mu\text{A}$ 未満に減少し、チャージャが接続されたままになっている間バッテリーの放電を最小に抑えます。

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。 $1\mu\text{F}$ 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_{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_{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 0.175Ω です。

SGND (ピン13) : グランド・リファレンスおよび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

LT3652は完全なモノリシック、中電力、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向けで、最少の外部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。

LT3652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、最高32Vの電圧からフル充電動作が可能で、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 μ Aに減少します。

LT3652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。LT3652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、LT3652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。バッテリー電圧が満充電フロート電圧の70%に達すると、デバイスは自動的に最大充電電流をプログラムされた最大値に増加させます。

LT3652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。LT3652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。この方式では、C/10レベルを下回った後も充電サイクルを継続可能で、バッテリーをトップオフ状態にします。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が必要な状態から回復しないと、システム・フォールトをトリガします。

充電が終了すると、LT3652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 μ Aに減少します。デバイスはスタンバイの間引き続きバッテリー電圧をモニタし、その電圧が満充電フロート電圧から2.5%低下すると、LT3652は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。

LT3652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°C~40°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知らせます。

LT3652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)

LT3652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・アーキテクチャを使っています。LT3652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。このピンと内部3.3V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。

アプリケーション情報

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。 V_{IN_REG} ピンの電圧が2.7V($V_{IN_REG}(TH)$)を下回るか、またはダイ温度が125°Cに近づくと、 I_{TH} 電圧が引き下げられ、この最大充電電流を減らします。

V_{FB} ピンの電圧が2.3V($V_{FB}(PRE)$)より下だと、LT3652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。

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_{FB} ピンの電圧が3.3V($V_{FB}(FLT)$)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_{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されます。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、 \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。

LT3652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、任意の時間に設定することができます。タイマによる終了を使うと、C/10が達成されて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、LT3652は最初からやり直し、全タイマ時間が経過するまで引き続き充電を行いません。

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よっても通常の充電が可能な状態まで回復せず、そのためプログラム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)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、LT3652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、 I_{TH} が“L”に引き下げられます。電圧誤差アンプの出力が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イスエーブルされ、 V_{IN} バイアス電流は85 μ Aに減少します。 V_{FB} ピンの電圧が減少したフロート・リファレンス・レベルより低くなると、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。

V_{IN} 入力電源

LT3652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ので、 V_{IN} 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_{IN} デカップリング・コンデン

アプリケーション情報

サ (C_{VIN}) 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 ($I_{C_{VIN}(RMS)}$) は次のとおりです。

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

ここで、 $I_{CHG(MAX)}$ は最大平均充電電流 ($100mV/R_{SENSE}$) です。上の関係式は $V_{IN} = 2 \cdot V_{BAT}$ で最大値を取ります。ここで、

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

の簡単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_{IN}) の関数であり、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・アプリケーションで10 μ Fが一般に適切です。

充電電流のプログラミング

LT3652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電流センス抵抗 (R_{SENSE}) を流れるとき100mVの電圧降下を生じるようにそのセンス抵抗を選択します。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 Ω のセンス抵抗が使われます。

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 μ F以上のコンデンサをBOOSTピンからSWピンに接続します。

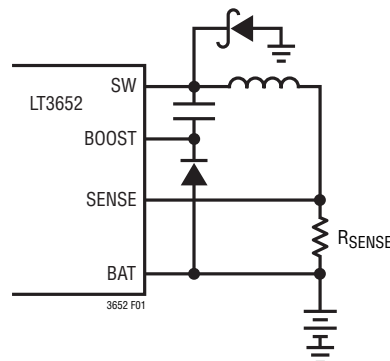


図1. R_{SENSE} を使った最大充電電流のプログラミング

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 $V_{IN(MAX)}$ 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。

アプリケーション情報

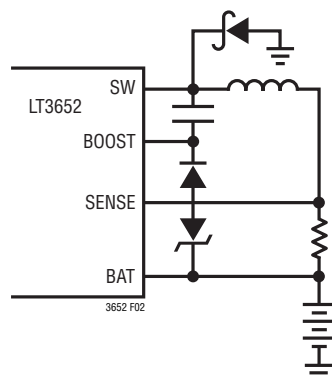


図2. BOOSTピンのリフレッシュ電圧を下げるツェナー・ダイオード

V_{IN}/BOOSTの起動要件

LT3652は4.95V～32V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、内部スイッチが動作するには(V_{IN}-V_{SW}) > 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。

LT3652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、起動を確実にするには、V_{IN}電源はV_{BAT(FLT)}より少なくとも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充電されて(V_{BOOST}-V_{SW}) > 2Vとなれば、V_{IN}の要件はもはや適用されません。

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

LT3652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_{BAT})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が目で見分けるように、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LT3652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。このタイプのアプリケーションでは、追加の出力バルク容量がないと過度のリ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、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で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_{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

LT3652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。望みのリプル電流(ΔI_{MAX})に対するインダクタの値(L)は次の関係式を使って近似することができます。

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

上の関係式では、ΔI_{MAX}は正規化されたリプル電流、V_{IN(MAX)}は最大動作電圧、V_Fは整流ショットキー・ダイオードの順方向電圧です。リプル電流は一般にI_{CHG(MAX)}の25%～35%の範囲内に設定されるので、0.25 < ΔI_{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。

アプリケーション情報

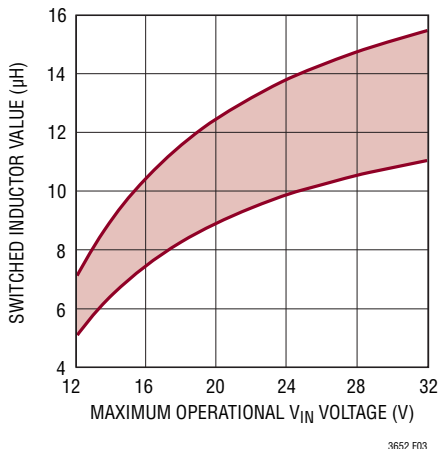


図3. 7.2V/2Aアプリケーションのスイッチングに使うインダクタの値

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

LT3652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。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、ショットキー・ダイオードが必要です。整流ダイオードは、最大VIN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。

最小限必要とされる平均ダイオード電流定格 ($I_{DIODE(MAX)}$) は、最大出力電流 ($I_{CHG(MAX)}$)、最大動作VIN、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・フロート電圧のプログラミング

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プログラムします。 $V_{BAT(FLT)}$ は最大14.4Vまでプログラムすることができます。

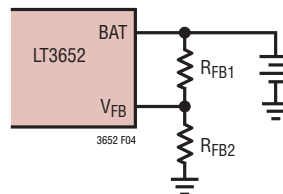


図4. フロート電圧をプログラムするBATからVFBの帰還抵抗

アプリケーション情報

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)}をプログラムするのに必要な抵抗値は以下の式に従います。

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

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

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より2.5%下まで下が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)}プログラミング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、追加抵抗(R_{FB3})とともに値の小さな帰還抵抗を使って必要な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。

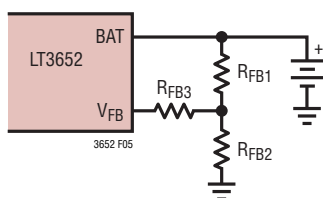


図5. 部品の選択を容易にすることができる
3抵抗帰還ネットワーク

3抵抗ネットワークでは、R_{FB1}とR_{FB2}は次の関係式に従います。

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

例:

V_{BAT(FLT)} = 3.6Vでは、次のようになります。

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

分圧器電流(I_{RFB}) = 10μAに設定すると、以下のようになります。

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

$$R_{FB2} = 330k$$

R_{FB1}について解く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。

$$R_{FB1} \parallel R_{FB2} = 27.5k$$

V_{FB}ピンの250k等価抵抗を満たすには次のようになります。

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

$$R_{FB3} = 223k$$

V_{FB}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おそ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_{FB}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。微量の基板汚染が出力電圧の大きなシフトを生じることがあります。組立後の適切な基板洗浄方法を実施して基板の汚染を防ぎます。リークを生じにくい半田フラックスを推奨します。

アプリケーション情報

入力電源電圧の安定化

LT3652は電圧モニタ・ピンを備えており、最小動作電圧をプログラムすることができます。抵抗分割器を V_{IN} から V_{IN_REG} ピンに接続すると、最小入力電源電圧をプログラムすることができます。一般にソーラーパネルのピーク電力電圧をプログラムするのに使われます。 V_{IN_REG} ピンが2.7Vの安定化スレッシュホールドより下になると最大充電電流が減少します。

LT3652の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_{IN_REG} の2.7Vに対応するように最小動作電源電圧をプログラムすることができます。LT3652は最大出力充電電流をサーボ制御して、 V_{IN_REG} の電圧を2.7V以上に維持します。

望みの最小電圧のプログラミングは、図6に示されているように、抵抗分割器を接続することにより実現されます。望みの最小電圧($V_{IN(MIN)}$)のための R_{IN1}/R_{IN2} の比は次のとおりです。

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

電圧安定化機能を使用しない場合は V_{IN_REG} ピンを V_{IN} に接続します。

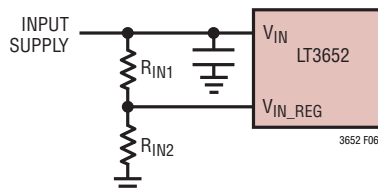


図6. 最小 V_{IN} を設定する抵抗分割器

MPPT温度補償

標準的ソーラーパネルは多数の直列接続されたセルで構成され、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_{OC})の温度係数自体は普通のp-nダイオードに似ており、約 $-2mV/^\circ C$ です。単結晶ソーラーパネルのピーク電力点電圧(V_{MP})は V_{OC} より一定の電圧だけ低い電圧として近似できるので、ピーク電力点の温度係数は V_{OC} の温度係数に似ています。

パネル・メーカーは一般に V_{OC} 、 V_{MP} および V_{OC} の温度係数の $25^\circ C$ の値を規定しているので、標準的パネルの V_{MP} の温度係数の決定は簡単です。

LT3652は V_{IN} 入力の安定化電圧をプログラムするの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多種の温度補償方式を効率よく実装することができます。標準的ソーラーパネルの V_{MP} 電圧の温度特性は高度にリニアなので、そ

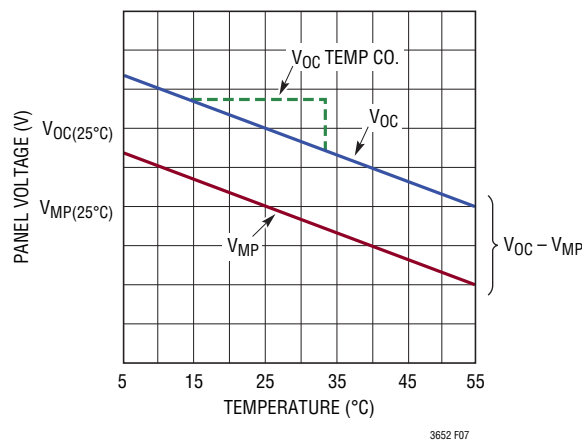


図7. ソーラーパネルの出力電圧の温度特性

アプリケーション情報

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。これは簡単にプログラム可能なリニアな温度依存特性を生じます。

図8に示されている回路では、

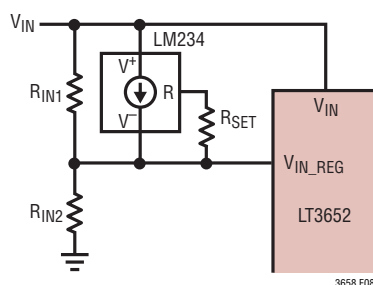


図8. MPPT温度補償ネットワーク

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

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

ここで、TC = 温度係数 (V/°C)、

$V_{MP}(25^\circ\text{C})$ = 最大電力電圧 (25°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17.6V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の適切な抵抗値を計算することができます。 R_{SET} が1000Ω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、大型鉛蓄電池メーカーは25°Cで2.25V/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・フロート電圧の規定温度係数は一般にセル当たり $-3.3\text{mV}/^\circ\text{C}$ です。

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リニアな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°Cで2.25V/セル (つまり13.5V) に規定されており、セル当りの温度係数は $-3.3\text{mV}/^\circ\text{C}$ (つまり $-19.8\text{mV}/^\circ\text{C}$) です。図9に示され

アプリケーション情報

ている帰還ネットワークを使い、望みの温度係数(TC)と25°Cの規定フロート電圧(V_{FLOAT}(25°C))で、R_{SET}の手頃な値の2.4kを使うと、必要な抵抗値は以下のようになります。

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

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

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

(「バッテリー・フロート電圧のプログラミング」のセクションを参照)

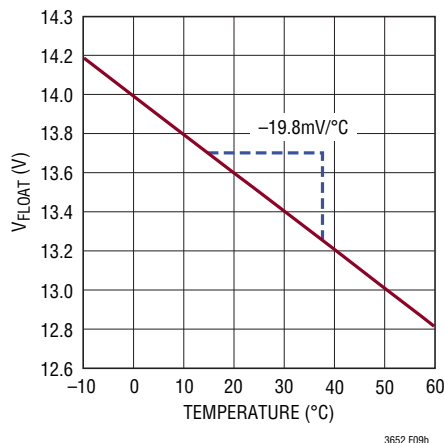
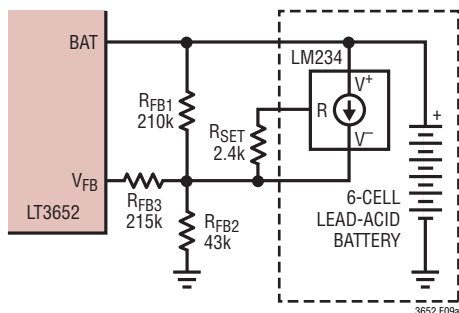


図9. 帰還ネットワークにLM234を使った鉛蓄電池の6セル・フロート充電電圧の温度特性は-19.8mV/°C

図9の回路は標準-3.3mV/セルの鉛蓄電池の仕様に従うリニアな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V_{FLOAT}(1-CELL) = 4 × 10⁻⁵(T²) - 6 × 10⁻³(T) + 2.375(最小2.18V)に従います。ここで、T = 温度(°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。

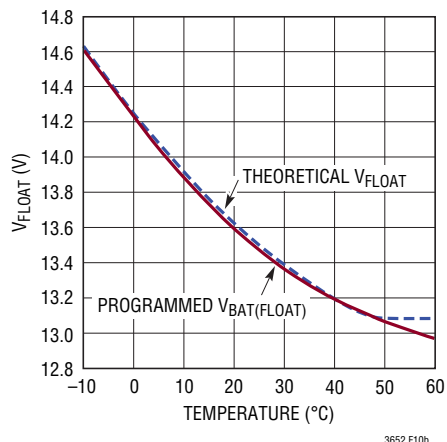
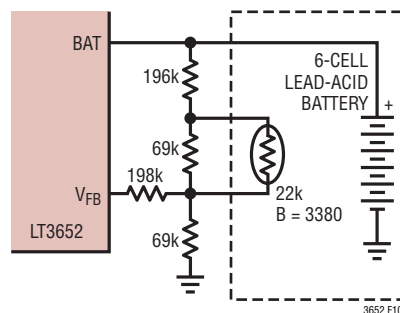


図10. 6セル・チャージャのV_{FLOAT}をプログラムして理想鉛蓄電池フロート充電電圧に近づけるサーミスタをベースにした温度補償ネットワーク

アプリケーション情報

状態ピン

LT3652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_{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(つまりプログラムされた最大充電電流の1/10)より大きな電流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。

状態ピンの状態		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)
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またはそれより上で正常充電中
ON	ON	NTCフォールト(一時停止)

C/10による終了に設定されているLT3652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。この点滅の周波数は出力容量に依存します。

C/10による終了

LT3652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_{SENSE} によってプログラムされた最大電流の1/10より低くなるとバッテリー充電サイクルが終了します。C/10スレッショルド電流は R_{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スレッショルドより上に留まる限り、LT3652チャージャはバッテリー充電電流を供給します。満充電フロート電圧に達すると充電電流が低下し、C/10スレッショルドに達すると充電が終了し、LT3652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を監視し、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_{BAT} が最大充電フロート電圧の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

LT3652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_{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_{EOC})は、次の関係式に従って C_{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 μF のコンデンサが必要です。

$\overline{\text{CHRG}}$ 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を基準にして充電状態を知らせます。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スレッショルドより低くなるまで、 $\overline{\text{CHRG}}$ 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トップオフします。EOCに達すると、LT3652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。問題なく完了した充電サイクルとは、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

アプリケーション情報

たサイクルのことで、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_{BAT} が満充電フロート電圧の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

LT3652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 $I_{CHG}(MAX)$ 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。

V_{FB} ピンの電圧が前調整スレッシュホールド(2.3V、つまり $0.7 \cdot V_{BAT}(FLT)$)より下だと、前調整モードが作動します。 V_{FB} 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。LT3652は70mV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。C/10による終了が使われると、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_{FB} 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を正常に通過した後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、 \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。

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、LT3652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_{FB} 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LT3652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、LT3652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 Ω 、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。温度モニタ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 μ Aをソースし、10k Ω 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、バッテリー温度は範囲から外れ、LT3652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。

もっと高い温度でも充電したい場合、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、実効ホット温度が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。

サーマル・フォールドバック

LT3652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。

アプリケーション情報

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の電流をC/10スレッシュドより下に減少させることができます。C/10による終了を使うアプリケーションでは(TIMER = 0V)、LT3652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、LT3652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。スイッチ・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、誘導性のリンギ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、誘導性リンギ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、これらおよびV_{FB}のトレースをできるだけ短くします。グランド・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。

高電流経路とその過渡現象をバッテリーのグランドから隔離し、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。スイッチがデイ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、これらのスイッチ電流は出力のバイパス・コンデンサ(C_{BAT})を通過してグランドに戻ります。

LT3652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。

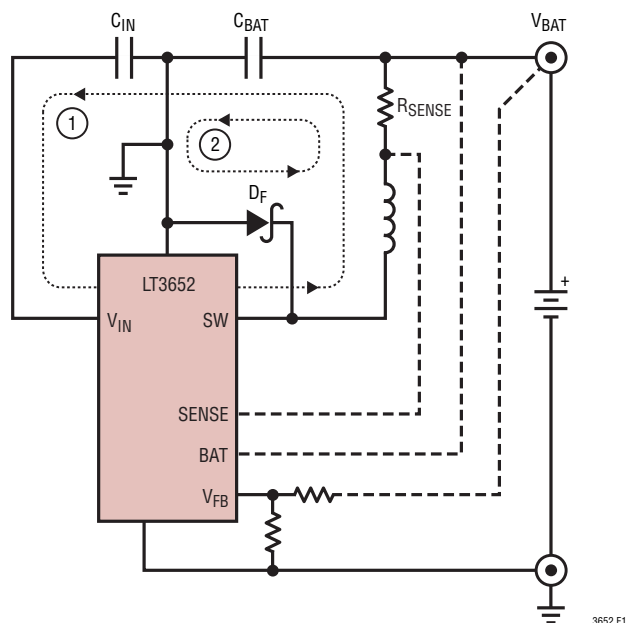
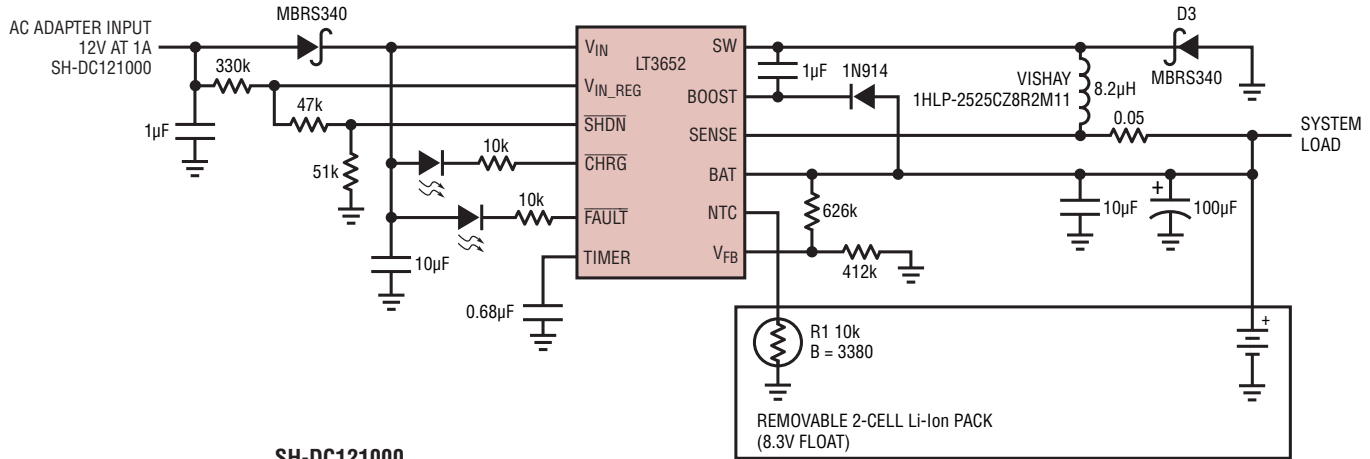


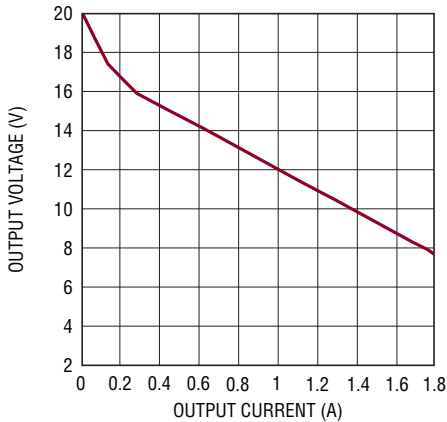
図11. 部品の向きにより高電流経路を敏感なノードから隔離する

標準的応用例

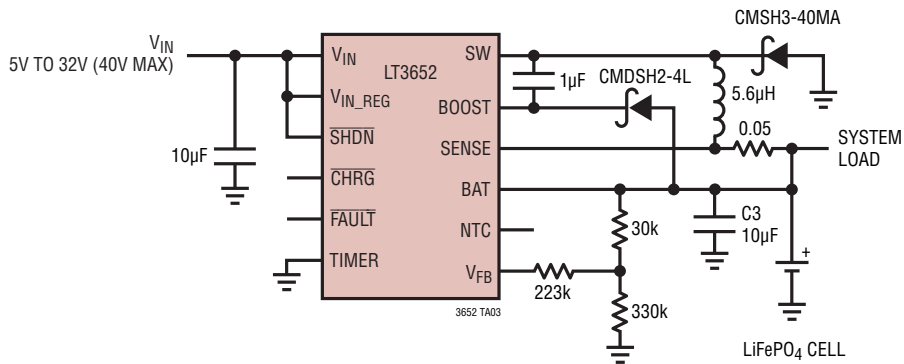
廉価な12V/1Aの安定化されていないACアダプタから給電される、3時間タイマ終了機能付き
2セル・リチウムイオン・チャージャ (8.3V/2A) ; V_{IN_REG} ループが最大充電電流を
サーボ制御して、ACアダプタの出力が12Vより下に垂下するのを防ぐ



SH-DC121000
ACアダプタのV/I特性



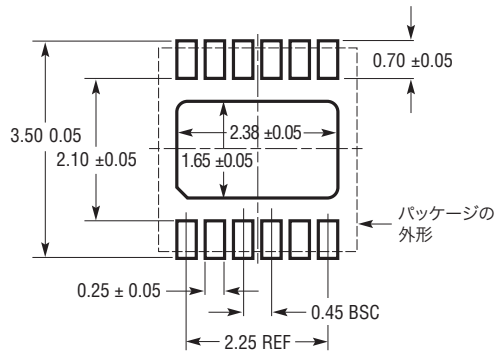
C/10による終了機能付きの基本的2A 1セルLiFePO₄チャージャ (3.6Vのフロート電圧)



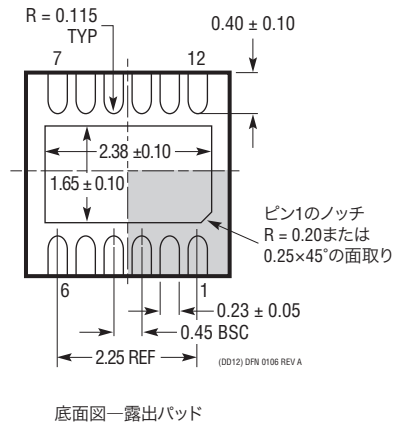
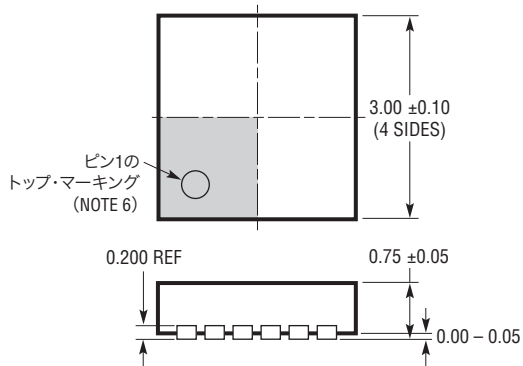
パッケージ

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)



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

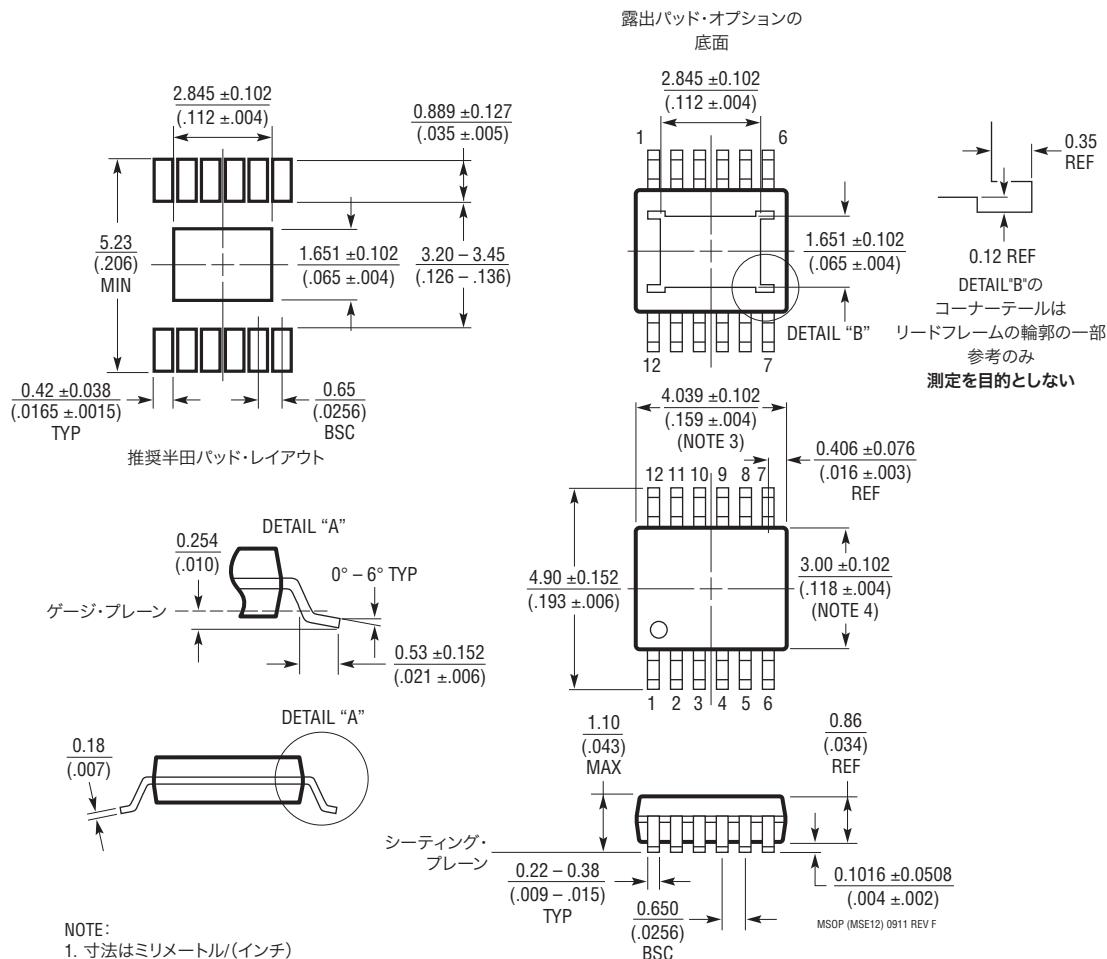


- NOTE:
1. 図はJEDECのパッケージ外形ではない
 2. 図は実寸とは異なる
 3. 全ての寸法はミリメートル
 4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
 5. 露出パッドおよびタイバーは半田メッキとする
 6. 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン1の位置の参考に過ぎない

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)



改訂履歴 (Rev Bよりスタート)

REV	日付	概要	ページ番号
B	2/10	MSOP-12パッケージを追加	1、2、24
C	5/10	SHDNピンのラベルを修正	3、4
D	12/12	ニッケル電池の充電機能に関する記述を削除。 新しいバッテリー・バイアス電流のグラフを追加。	1 6

