

サーマル・レギュレーション付き モノリシック・リニア・リチウムイオン・ バッテリー・チャージャ

特長

- 1セル・リチウムイオン・バッテリー用の完全なリニア・チャージャ
- サーマル・レギュレーションにより、過熱の恐れなく最大充電レートを実現*
- 外付けのMOSFET、センス抵抗、ブロッキング・ダイオード不要
- 最大1.5Aの充電電流
- 1%精度のプリセット充電電圧
- 7%精度のプログラム可能な充電電流
- プログラム可能な充電終了タイマ
- 熱特性が改善された小型10ピンMSOPパッケージ
- バッテリ残量計に有用な充電電流モニタ*
- C/10充電電流検出力
- 自動再充電
- サーミスタ入力により、温度規定充電が可能
- ACアダプタ検出口ジック出力
- ピンで選択可能な4.1Vまたは4.2Vの出力電圧

アプリケーション

- 携帯電話
- ハンドヘルド・コンピュータ
- デジタル・スチール・カメラ
- 充電ドックおよび据置き型チャージャ

概要

LTC[®]1733は、パワーMOSFETを搭載した、リチウムイオン・バッテリー用スタンドアロン定電流/定電圧リニア・チャージャです。内蔵のサーマル・フィードバックによって充電電流を安定化し、高電力動作時や高周囲温度条件下でチップの温度を制限します。このような機能により、ユーザはLTC1733やハンドヘルド機器に損傷を与えることなく、高い充電電流をプログラム可能です。

内部MOSFETアーキテクチャにより、外付けの電流センス抵抗やブロッキング・ダイオードが不要です。充電電流と充電時間は1個の抵抗とコンデンサでそれぞれ外部設定できます。入力電源(ACアダプタ)を取り外すと、LTC1733は自動的に低電流のスリープ・モードになり、バッテリー流出電流は5 μ A以下に低減されます。

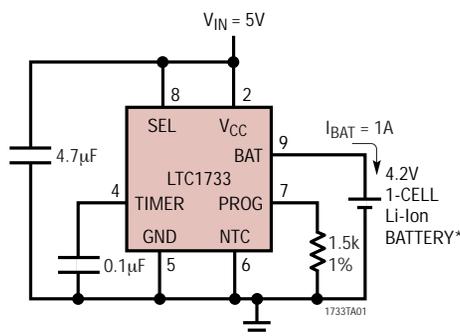
LTC1733はNTC温度検知、C/10検出回路、AC検出口ジック、4.1V/4.2Vピン選択、バッテリー低下時の充電調節(トリクル充電)などの機能も搭載しています。

LTC1733は熱特性が改善された10ピンMSOPパッケージで供給されます。

、LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。
*特許出願中。

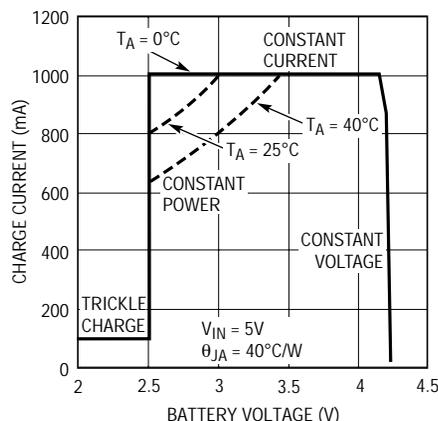
標準的応用例

スタンドアロン式リチウムイオン・バッテリー・チャージャ



*バッテリーのピンの長さによっては、出力コンデンサが必要になることがあります。

充電電流とバッテリー電圧



1733 TA01D

1733f

LTC1733

絶対最大定格

(Note 1)

入力電源電圧 (V_{CC})	7V
BAT	7V
NTC、SEL、TIMER、PROG	- 0.3V ~ ($V_{CC} + 0.3V$)
CHRG、FAULT、ACPR	- 0.3V ~ 7V
BAT短絡時間	連続
BAT電流 (Note 2)	1.6A
PROG電流 (Note 2)	1.6mA
接合部温度	125
動作温度範囲 (Note 3)	- 40 ~ 85
保存温度範囲	- 65 ~ 150
リード温度 (半田付け、10秒)	300

パッケージ/発注情報

<p>MSE EXPOSED PAD PACKAGE 10-LEAD PLASTIC MSOP</p> <p>$T_{JMAX} = 125^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 40^{\circ}C/W$ (Note 4) EXPOSED PAD IS GROUND. (MUST BE SOLDERED TO PCB FOR MAXIMUM HEAT TRANSFER).</p>	ORDER PART NUMBER
	LTC1733EMSE
	MSE PART MARKING
	LTLX

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。

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 $T_A = 25$ での値。 $V_{CC} = 5V$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{CC}	V_{CC} Supply Voltage		● 4.5		6.5	V	
I_{CC}	V_{CC} Supply Current	Charger On; Current Mode; $R_{PROG} = 30k$ (Note 5)	●	1	3	mA	
		Shutdown Mode; $V_{PROG} = 3V$	●	0.9	2	mA	
V_{BAT}	V_{BAT} Regulated Output Voltage	SEL = 0V	● 4.059	4.1	4.141	V	
		SEL = V_{CC}	● 4.158	4.2	4.242	V	
I_{BAT}	Battery Pin Current	$R_{PROG} = 3k$; Current Mode	●	465	500	535	mA
		$R_{PROG} = 1k$; Current Mode		1.395	1.5	1.605	A
		Shutdown Mode; $V_{PROG} = 3V$			±1	±5	μA
		Sleep Mode $V_{CC} < V_{BAT}$ or $V_{CC} < (V_{UV} - \Delta V_{UV})$			±1	±5	μA
I_{TRIKL}	Trickle Charge Current	$V_{BAT} < 2V$; $R_{PROG} = 3k$	●	35	50	65	mA
V_{TRIKL}	Trickle Charge Trip Threshold	V_{BAT} Rising		2.48		V	
ΔV_{TRIKL}	Trickle Charge Trip Hysteresis			100		mV	
V_{UV}	V_{CC} Undervoltage Lockout Voltage	V_{CC} Rising	●	4.2	4.5	V	
ΔV_{UV}	V_{CC} Undervoltage Lockout Hysteresis			150		mV	
V_{MSD}	Manual Shutdown Threshold Voltage	PROG Pin Voltage Rising		2.15		V	
$V_{MSD-HYS}$	Manual Shutdown Hysteresis Voltage			100		mV	
V_{ASD}	Automatic Shutdown Threshold Voltage	$(V_{CC} - V_{BAT})$ Voltage Falling		30		mV	
		$(V_{CC} - V_{BAT})$ Voltage Rising		60		mV	

電気的特性 $T_A = 25$ 。注記がない限り、 $V_{CC} = 5V$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{PROG}	PROG Pin Voltage	$R_{PROG} = 3k$, $I_{PROG} = 500\mu A$; Current Mode		1.5		V
$I_{\overline{CHRG}}$	\overline{CHRG} Pin Weak Pulldown Current	$V_{\overline{CHRG}} = 1V$		25		μA
$V_{\overline{CHRG}}$	\overline{CHRG} Pin Output Low Voltage	$I_{\overline{CHRG}} = 5mA$		0.35		V
$V_{\overline{ACPR}}$	\overline{ACPR} Pin Output Low Voltage	$I_{\overline{ACPR}} = 5mA$		0.35		V
$V_{\overline{FAULT}}$	\overline{FAULT} Pin Output Low Voltage	$I_{\overline{FAULT}} = 5mA$		0.35		V
$I_{C/10}$	End of Charge Indication Current Level	$R_{PROG} = 3k$	35	50	65	mA
t_{TIMER}	TIMER Accuracy	$C_{TIMER} = 0.1\mu F$		± 10		%
V_{RECHRG}	Recharge Battery Voltage Threshold	Battery Voltage Falling, SEL = 0V Battery Voltage Falling, SEL = 5V		3.9 4.0		V V
$V_{NTC-HOT}$	NTC Pin Hot Threshold Voltage	V_{NTC} Falling		2.5		V
$V_{HOT-HYS}$	NTC Pin Hot Hysteresis Voltage			70		mV
$V_{NTC-COLD}$	NTC Pin Cold Threshold Voltage	V_{NTC} Rising		4.375		V
$V_{COLD-HYS}$	NTC Pin Cold Hysteresis Voltage			70		mV
$V_{NTC-DIS}$	NTC Pin Disable Threshold Voltage	V_{NTC} Rising		100		mV
$V_{DIS-HYS}$	NTC Pin Disable Hysteresis Voltage			10		mV
V_{SEL-IL}	SEL Pin Threshold Input Low		0.3			V
V_{SEL-IH}	SEL Pin Threshold Input High				1	V
T_{LIM}	Junction Temperature in Constant-Temperature Mode			105		$^{\circ}C$
R_{ON}	Power MOSFET "ON" Resistance			375		$m\Omega$

Note1: 絶対最大定格はそれを超えるとデバイスの寿命に影響を及ぼす値。

Note2: 1.6Aの絶対最大BAT電流定格は設計および電流密度の計算によって保証されている。絶対最大PROG電流定格はBAT電流定格の1/1000になることが設計によって保証されている。

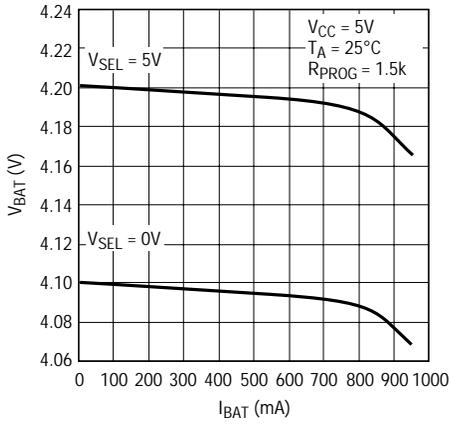
Note3: LTC1733Eは、0 ~ 70 の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。-40 ~ 85 の動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。

Note4: パッケージの露出した背面をPCボードに半田付けしないと、熱抵抗が 40 $^{\circ}C/W$ よりもはるかに大きくなる。

Note5: 電源電流にはPROGピンの電流が含まれるが、BATピンを通してバッテリーに供給される電流は含まれない。

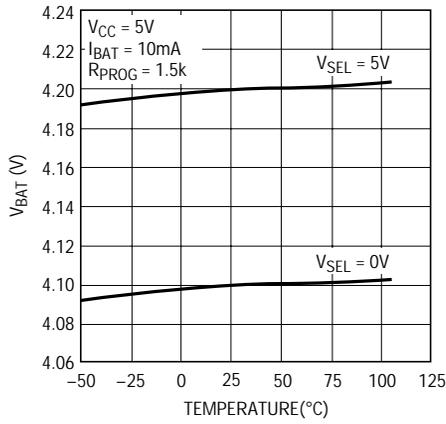
標準的性能特性

バッテリー安定化電圧とバッテリー充電電流



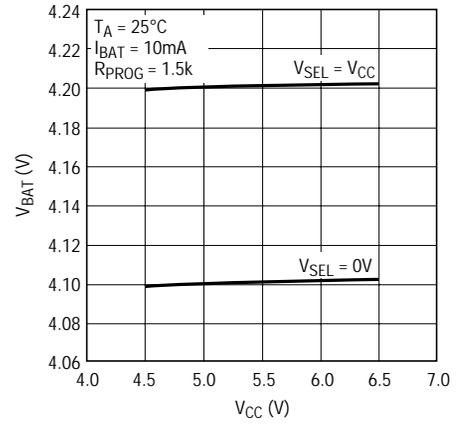
1733 G01

バッテリー安定化電圧と温度



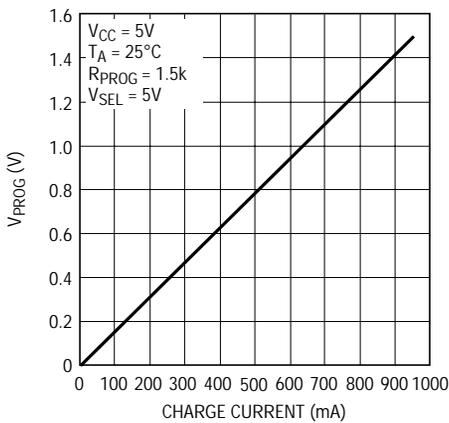
1733 G02

バッテリー安定化電圧とVCC



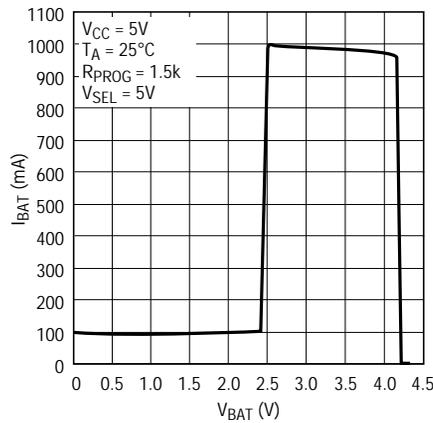
1733 G03

PROGピン電圧と充電電流



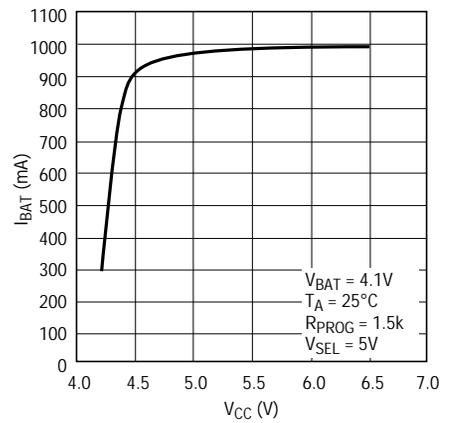
1733 G04

充電電流とバッテリー電圧



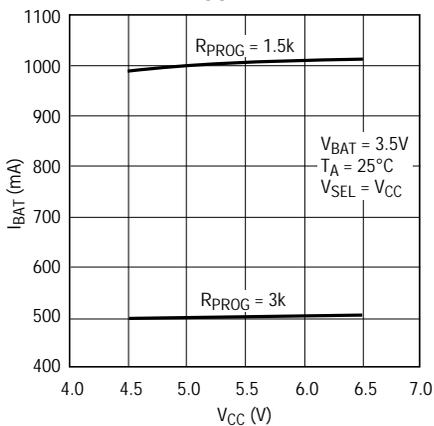
1733 G05

充電電流と入力電圧



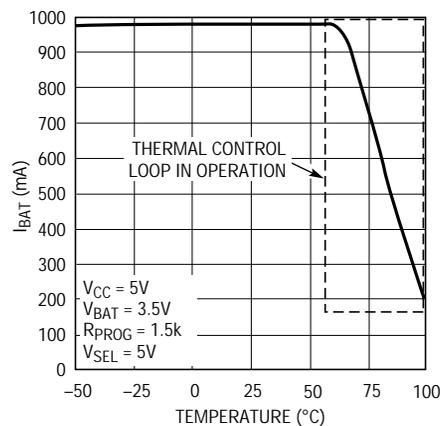
1733 G06

充電電流とVCC



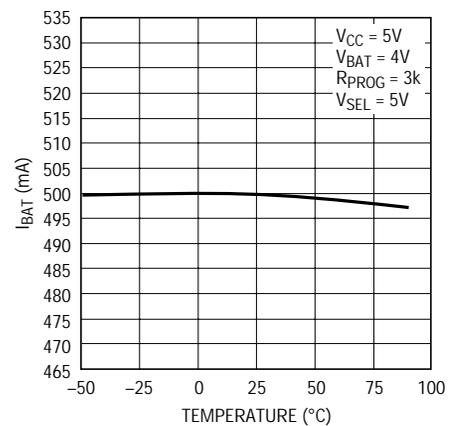
1733 G07

充電電流と温度(サーマル・レギュレーション付き)



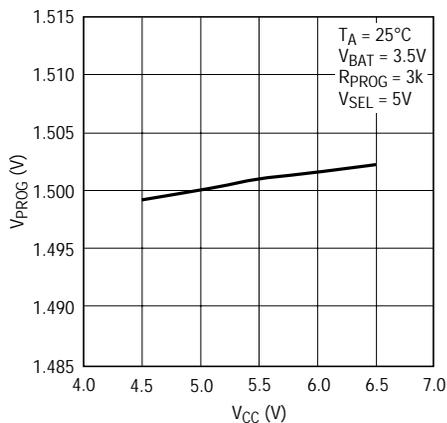
1733 G08

充電電流と温度

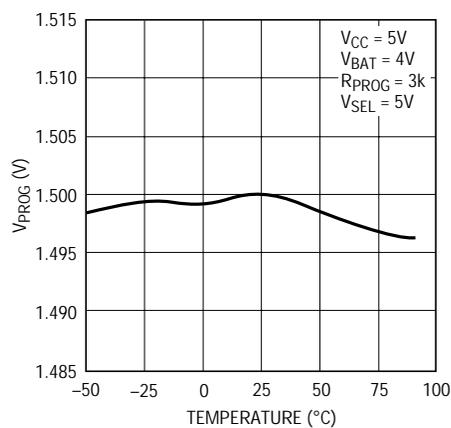


1733 G09

標準的性能特性

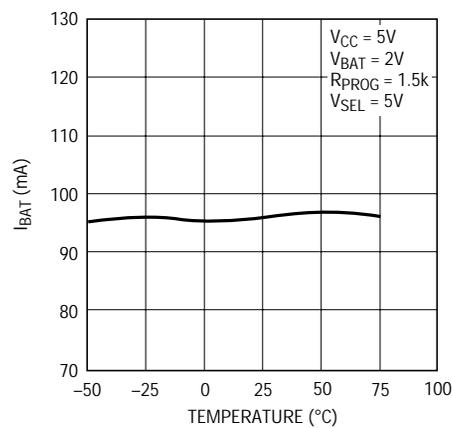
PROGピン電圧と V_{CC}
定電流モード

1733 G10

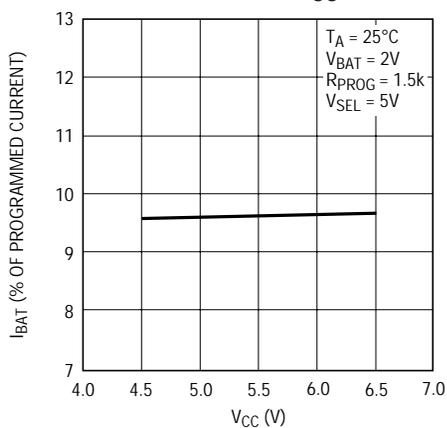
PROGピン電圧と温度
定電流モード

1733 G11

トリクル充電電流と温度

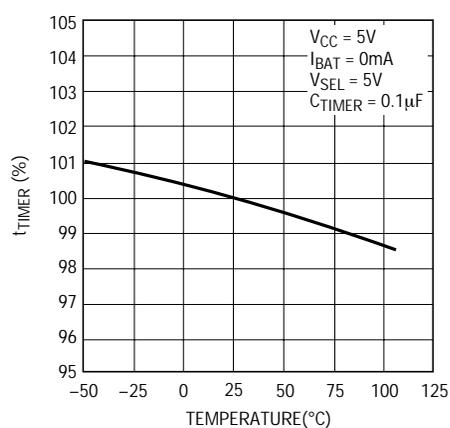


1733 G12

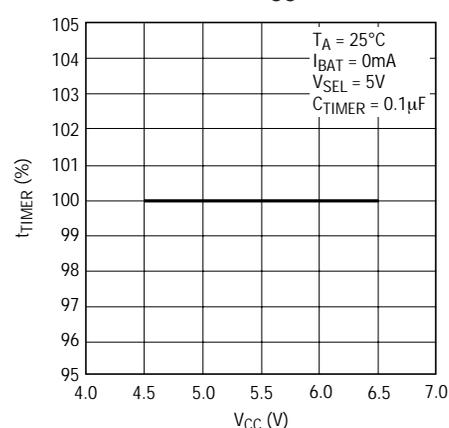
トリクル充電電流と V_{CC} 

1733 G13

タイマの精度と温度



1733 G14

タイマの精度と V_{CC} 

1733 G15

ピン機能

CHRG: オープンドレインの充電状態出力。バッテリーの充電中、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンは内部NチャンネルMOSFETによって“L”に引き下げられます。充電電流がフルスケール電流の10%まで低下すると、NチャンネルMOSFETがラッチオフし、25 μA の電流源が $\overline{\text{CHRG}}$ ピンからグランドに接続されます。C/10ラッチを解除するには、PROGピンを2.15Vのシャットダウン・スレッシュホールドより上に短時間引き上げるか、 V_{CC} をトグルします。タイマがタイムアウトするか入力電源が遮断されるとこの電流源は切り離され、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンはハイ・インピーダンス状態に強制されます。

V_{CC} : 正入力電源電圧。 V_{CC} が $V_{\text{BAT}} + 30\text{mV}$ 以内になると、低電圧ロックアウトより低くなると、LTC1733はスリープ・モードに入り、 I_{BAT} は5 μA 以下に減少します。 V_{CC} は4.5V ~ 6.5Vの範囲の値をとることができます。少なくとも4.7 μF のセラミック・コンデンサを使ってグランドへバイパスします。

FAULT: オープンドレインのフォールト状態出力。 $\overline{\text{FAULT}}$ オープンドレイン・ロジック信号は、チャージャがトリクル充電状態でタイムアウト(全時間の1/4)になったか、またはNTCコンパレータが範囲外のバッテリー温度状態を示していることを示します。 V_{BAT} が2.48Vより低いときはトリクル充電が起動して充電電流がプログラムされた値の1/10に低下し、タイマ時間は1/4に減少します。この1/4のタイマ時間が経過したとき V_{BAT} が依然として2.48Vより小さいならトリクル充電は停止し、 $\overline{\text{FAULT}}$ ピンがグランドにラッチします。フォールトを解除するには、 V_{CC} をトグルして、PROGピンを2.15Vのシャットダウン・スレッシュホールドより上に短時間引き上げるか、BATピンを2.48Vよりも上に引き上げます。NTCコンパレータが範囲外のバッテリー温度の状態を示すと、温度が許容範囲に戻るまで $\overline{\text{FAULT}}$ ピンはグランドに引き下げられます。

TIMER: タイマ・コンデンサ。タイマ時間はコンデンサ C_{TIMER} をグランドに接続して設定します。タイマ時間は次のとおりです。

$$\text{Time (Hours)} = (C_{\text{TIMER}} \cdot 3 \text{ hr}) / (0.1 \mu\text{F})$$

内部タイマ機能を無効にするには、TIMERピンをグランドに短絡します。

GND: グランド。パッケージ背面の露出したパッドグランドに接続します。

NTC: NTC(負の温度係数)サーミスタ温度監視回路への入力。このピンはグランドに接続した外部10k Ω サーミスタと V_{CC} に接続した1%抵抗を使ってバッテリー・バックの温度を検知し、温度範囲を外れると充電を停止します。このピンの電圧が高温で $(0.5) \cdot (V_{\text{CC}})$ より低くなるか、あるいは低温で $(0.875) \cdot (V_{\text{CC}})$ を超えると、充電は中絶され、内部のタイマは途中で停止します。 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンの出力状態はこのホールド状態の影響を受けません。 $\overline{\text{FAULT}}$ ピンはグランドに引き下げられますが、ラッチされません。温度が許容範囲に戻ると、充電を再開し、 $\overline{\text{FAULT}}$ ピンは解除されます。NTC機能を無効にするにはNTCピンをグランドに接続します。

PROG: 充電電流プログラム、シャットダウン入力および充電電流監視用ピン。充電電流をプログラムするには抵抗を R_{PROG} からグランドに接続します。定電流モードでは、LTC1733はPROGピンの電圧を1.5Vにサーボ制御します。すべてのモードで、PROGピンの電圧を使って以下のように充電電流を測定することができます。

$$I_{\text{CHG}} = (V_{\text{PROG}} / R_{\text{PROG}}) \cdot 1000.$$

ICを強制的にシャットダウンするには、PROGピンを2.15Vのシャットダウン・スレッシュホールド電圧より上に引き上げます(注記: フロート状態にした場合は引き上げられません)。

SEL: 4.1V/4.2Vバッテリー選択入力。このピンをグランドに接続すると、バッテリー・フロート電圧を4.1Vに設定し、 V_{CC} に接続すると4.2Vに設定します。

BAT: 充電電流出力。バッテリーが外されているときのリップル電圧を抑えるには、少なくとも1 μF のバイパス・コンデンサと直列1 Ω 抵抗が必要です。精密内部抵抗分割器によって、このピンの最終フロート電位が設定されます。内部抵抗分割器はスリープ・モードとシャットダウン・モードでは切り離されています。

ACPR: オープンドレインの電源状態出力。 V_{CC} が低電圧ロックアウト・スレッシュホールドよりも高く、 V_{BAT} を少なくとも30mV超えていると、 $\overline{\text{ACPR}}$ ピンはグランドに引き下げられます。そうでなければ、このピンはハイ・インピーダンス状態に強制されます。

簡略ブロック図

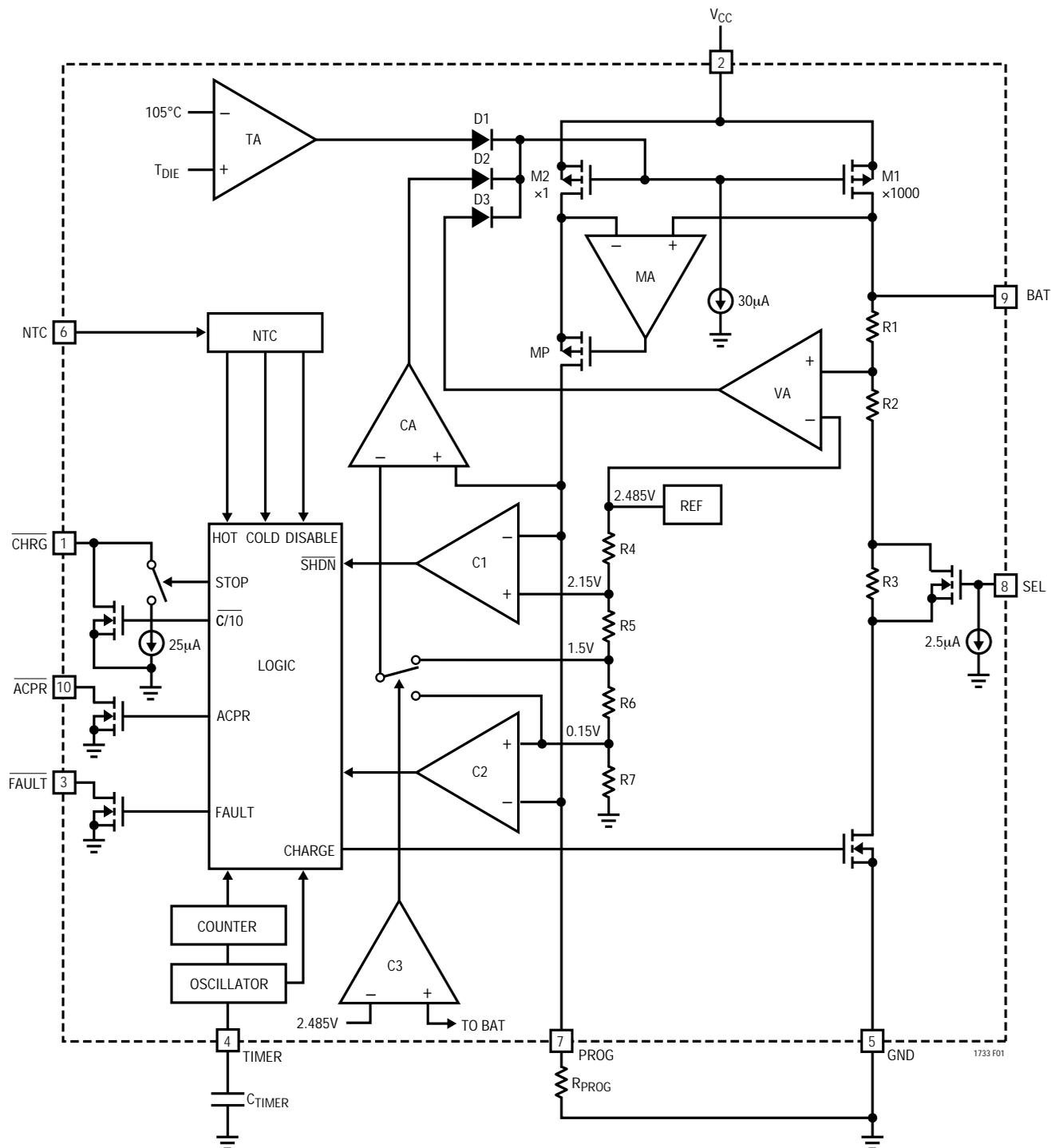


図1 .

動作

LTC1733はリニア・バッテリー・チャージャで、主に1セル・リチウムイオン・バッテリーの充電用に設計されています。このチャージャは内部にPチャンネル・パワーMOSFETを備えており、定電流/定電圧充電アルゴリズムを使い、充電終了の電流とタイマをプログラムすることができます。充電電流は1.5Aまでプログラム可能で、最終フロート電圧精度は $\pm 1\%$ です。ブロッキング・ダイオードやセンス抵抗は不要なので、基本充電回路の外付け部品点数は3個に減少します。 $\overline{\text{CHRG}}$ 、 $\overline{\text{ACPR}}$ 、および $\overline{\text{FAULT}}$ の各オープンドレイン状態出力は常時LTC1733の状態に関する情報を与えます。NTCサーミスタ入力により、バッテリーの温度にしたがって充電条件を選択することができます。

内部サーマル・リミットにより、ダイ温度が約105の予め設定された値を超えようとするするとプログラムされた充電電流が減少します。この機能により、LTC1733は過度の温度上昇から保護されるので、LTC1733や外付け部品を損傷するおそれなしに、特定の回路基板の電力処理能力の限界を広げることができます。LTC1733のサーマル・リミットの別の利点として、ワーストケースの条件ではチャージャが自動的に電流を減らすという保証があるので、特定のアプリケーションに対して充電電流を(ワーストケースではなく)標準的の周囲温度にしたがって設定することができます。

充電サイクルは、 V_{CC} ピンの電圧がUVLOレベルを超え、プログラム抵抗がPROGピンからグラウンドに接続されると開始されます。充電サイクルの開始時にバッテリーの電圧が2.48Vより低いと、チャージャはトリクル充電モードになり、充電するのに安全なレベルまでセル電圧を引き上げます。BATピンの電圧が2.48Vを超すと、チャージャは高速充電の定電流モードになります。定電流モードでは、充電電流は R_{PROG} によって設定されず。

バッテリーが最終フロート電圧に近づくと、LTC1733は定電圧モードに切り替わり、充電電流が減少し始めます。電流がフルスケール充電電流の10%に減少すると、内部コンパレータが $\overline{\text{CHRG}}$ ピンのMOSFETをラッチオフし、微少電流源をグラウンドに接続して充電終了状態に近づいた(C/10)ことを示します。C/10ラッチを解除するには、PROGピンを2.15Vのシャットダウン・スレッシュホールドより上に短時間引き上げるか、 V_{CC} を短時間切り離して再度接続します。

TIMERピンの外部コンデンサにより、全充電時間が設定されます。この時間が経過すると充電サイクルが終了し、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンはハイ・インピーダンス状態になります。充電サイクルを再開するには、単に入力電圧を取り去り、再度印加するか、PROGピンを2.15Vのシャットダウン・スレッシュホールドより上に引き上げます(注記: PROGピンを単にフロートさせるだけでは充電サイクルは再開しません)。

リチウムイオン・バッテリーや正確な最終フロート電位を必要とする類似のバッテリーの場合、内部基準電圧アンプおよび抵抗分割器により、 $\pm 1\%$ (最大)の精度の安定化が得られます。

入力電圧が印加されていないと、チャージャはスリープ・モードになり、バッテリー流出電流 I_{BAT} は5 μA 以下に減少します。これにより、バッテリーの電流流出が大幅に減少し、待機時間が増加します。チャージャをシャットダウンする($I_{\text{CC}} = 0.9\text{mA}$)には、PROGピンを2.15Vより上に強制します。

アプリケーション情報

低電圧ロックアウト(UVLO)

内部低電圧ロックアウト回路は入力電圧を監視し、 V_{CC} が低電圧ロックアウト・スレッシュホールドを超すまでチャージャをシャットダウン・モードに保ちます。UVLO回路には150mVのヒステリシスが組み込まれています。さらに、パワーMOSFETの逆電流に対する保護のため、UVLO回路は、 V_{CC} がバッテリー電圧 + 30mV以内にあるとき、チャージャをシャットダウン・モードに保ちます。UVLOコンパレータがトリップすると、チャージャは V_{CC} がバッテリー電圧よりも60mV高くなるまでシャットダウン状態に留まります。

トリクル充電と欠陥のあるバッテリーの検知

充電サイクルの開始時にバッテリーの電圧が2.48Vより低いと、チャージャはトリクル充電になり、充電電流をフルスケール電流の10%に下げます。低バッテリー電圧が全充電時間の1/4の間続くと、バッテリーには欠陥があるとみなされ、充電サイクルは終了し、 \overline{CHRG} ピンの出力はハイ・インピーダンス状態になり、 \overline{FAULT} ピンは'L'にラッチします。フォールトを解除するには、 V_{CC} をトグルするか、PROGピンを2.15Vより上に短時間引き上げるか、あるいはBATピンの電圧を2.48Vよりも上に短時間引き上げます。

シャットダウン

LTC1733をシャットダウン($I_{CC} = 0.9\text{mA}$)するには、PROGピンを2.15Vのシャットダウン・スレッシュホールド電圧より上に引き上げます。シャットダウン時、内部リニア・レギュレータはターンオフされ、内部タイマはリセットされます。

再充電

LTC1733は、バッテリー電圧が4.05V (SEL = 5V)または3.95V (SEL = 0V)を超えて充電されている前提において、バッテリーを再充電する機能を備えています。これらのスレッシュホールドをいったん超した後、バッテリーの負荷または自己放電によりバッテリー電圧が4V (SEL = 5V)または3.9V (SEL = 0V)より低くなると、新しい充電サイクルが開始されます。再充電回路はBATピンの電圧を数ミリ秒積分して、過渡現象が充電サイクルを再起動するのを防ぎます。

トリクル充電で、プログラムされた時間の1/4のあいだバッテリー電圧が2.48Vを超えないと、バッテリーに欠陥のある可能性があり、充電サイクルは停止します。さら

に、再充電コンパレータが無効になります。入力電圧がトグルされるか、PROGピンが2.15Vのシャットダウン・スレッシュホールドより上に引き上げられるか、あるいはBATピンが2.48Vのトリクル充電スレッシュホールドよりも上に引き上げられないかぎり、新しい充電サイクルは開始されません。

充電電流のプログラミング

バッテリー充電電流の式は次のとおりです(図1参照)。

$$\begin{aligned} I_{\text{CHG}} &= (I_{\text{PROG}}) \cdot 1000 \\ &= (1.5\text{V} / R_{\text{PROG}}) \cdot 1000 \text{ or} \end{aligned}$$

$$R_{\text{PROG}} = 1500 / I_{\text{CHG}}$$

ここで、 R_{PROG} はPROGピンからグランドまでの全抵抗です。トリクル充電条件では、この電流はフルスケール値の10%に減少します。

たとえば、500mAの充電電流が必要な場合、次のように計算します。

$$R_{\text{PROG}} = 1500 / 0.5\text{A} = 3\text{k}\Omega$$

温度と時間に対する最高の安定性を得るには、1%金属膜抵抗を推奨します。

チャージャが定温度モードまたは定電圧モードのとき、バッテリー電流をモニタするには、以下のようにPROG電圧を測定します。

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

タイマのプログラミング

充電サイクルを終了するのにプログラム可能なタイマが使われています。タイマ時間はTIMERピンに接続した外部コンデンサでプログラムします。全充電時間は次のとおりです。

$$\text{Time (Hours)} = (3 \text{ Hours}) \cdot (C_{\text{TIMER}} / 0.1\mu\text{F}) \text{ or}$$

$$C_{\text{TIMER}} = 0.1\mu\text{F} \cdot \text{Time (Hours)} / 3 \text{ (Hours)}$$

低電圧ロックアウト・スレッシュホールド・レベルより大きな入力電圧が印加され、プログラム抵抗がグランドに接続されるとタイマが始動します。タイムアウトになると充電電流が停止し、 \overline{CHRG} 出力がハイ・インピーダンス状態になって充電が停止したことを示します。TIMERピンをグランドに短絡すると、タイマ機能が無効になります。

1733f

アプリケーション情報

オープンレインの状態出力

LTC1733にはオープンレインの状態出力が3つ備わっています。 $\overline{\text{ACPR}}$ 、 $\overline{\text{CHRG}}$ および $\overline{\text{FAULT}}$ です。 $\overline{\text{ACPR}}$ は低電圧ロックアウト・スレッシュホールドより大きな入力電圧が印加されると“L”に引き下げられ、電源が取り外されると($V_{\text{IN}} < V_{\text{UV}}$)ハイ・インピーダンスになります。 $\overline{\text{CHRG}}$ と $\overline{\text{FAULT}}$ は一緒になって充電サイクルの状態を示します。表1は $\overline{\text{CHRG}}$ 出力と $\overline{\text{FAULT}}$ 出力が示す充電サイクルの状態を説明しています。

表1.

$\overline{\text{FAULT}}$	$\overline{\text{CHRG}}$	説明
High	Low	充電サイクルが開始され、C/10には達していないで、充電が正常に進行している。
Low	Low	充電サイクルが開始され、C/10には達していないが、NTCの温度範囲を外れたため充電電流とタイマが停止した。
High	25 μA pulldown	C/10に達して充電が正常に進行している。
Low	25 μA pulldown	C/10に達したが、NTCの温度範囲を外れたため充電電流とタイマが停止した。
High	High	正常なタイムアウト(充電が終了した)。
Low	High	$\overline{\text{FAULT}}$ が“L”になり、同時に $\overline{\text{CHRG}}$ がハイ・インピーダンスになった場合、LTC1733は欠陥セルのためタイムアウトした(プログラムされた充電時間の1/4経過後 $V_{\text{BAT}} < 2.48\text{V}$)。 $\overline{\text{CHRG}}$ が最初にハイ・インピーダンスになった場合、LTC1733は正常にタイムアウトした(充電が終了した)が、NTCは温度範囲外の状態を示している。

$\overline{\text{CHRG}}$ 状態出力ピン

充電サイクルが開始すると、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンはLEDをドライブできる内部NチャンネルMOSFETによってグラウンドに引き下げられます。充電電流がフルスケール電流の10%(C/10)まで低下すると、NチャンネルMOSFETがラッチオフし、グラウンドに接続された微小25 μA 電流源が $\overline{\text{CHRG}}$ ピンに接続されます。タイムアウトになると、このピンはハイ・インピーダンス状態になります。マイクロプロセッサは、値の異なる2つのプルアップ抵抗を使用して、このピンから3つの状態(充電、C/10、およびタイムアウト)を検知することができます。図2を参照してください。

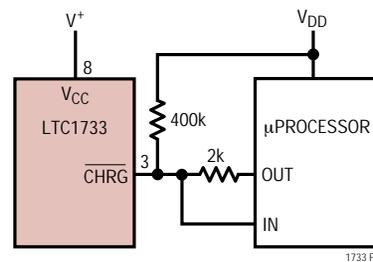


図2. マイクロプロセッサとのインタフェース

LTC1733が充電モードのとき、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンは内部NチャンネルMOSFETによって“L”に引き下げられます。このモードを検知するには、デジタル出力ピン(OUT)を“H”に強制して、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンの電圧を測定します。NチャンネルMOSFETは、2kのプルアップ抵抗が付いていてもこのピンを“L”に引き下げます。充電電流がフルスケール電流の10%(C/10)まで低下すると、NチャンネルMOSFETがターンオフし、25 μA 電流源が $\overline{\text{CHRG}}$ ピンに接続されます。すると、INピンは2kのプルアップ抵抗によって“H”に引き上げられます。OUTピンをハイ・インピーダンスに強制すると、電流源が400k抵抗を通してこのピンを“L”に引き下げます。内部タイマがタイムアウトすると、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンはハイ・インピーダンス状態になり、400k抵抗がこのピンを“H”に引き上げ、充電が終了したことを示します。

NTCサーミスタ

バッテリー温度は負温度係数(NTC)サーミスタをバッテリー・パックの近くに配置して測定します。NTC回路を図3に示します。この機能を利用するには、10k NTCサーミスタをNTCピンとグラウンドの間に接続し、抵抗(R_{HOT})をNTCピンから V_{CC} に接続します。 R_{HOT} は、選択したNTCサーミスタの50 Ω の値(この値はVishay NTHS0603N02N1002Jサーミスタの場合4.1kです)に等しい値の1%抵抗にします。NTCサーミスタの抵抗値が50 Ω の値である4.1kより小さくなると、LTC1733はホールド・モードになります。ホールド・モードでは、タイマの進行を止め、サーミスタが有効温度に戻ったことを示すまでは充電サイクルを中断します。温度が下がるにつれ、NTCサーミスタの抵抗値は上がります。

アプリケーション情報

LTC1733はNTCサーミスタの値が R_{HOT} の値の7倍に増加するとホールド・モードになるように設計されています。Vishay NTHS0603N02N1002Jサーミスタの場合、この値は28.2kで、これは約0に相当します。高温コンパレータと低温コンパレータはそれぞれ約2のヒステリシスをもっており、トリップ点の近くでの発振を防ぎます。NTC機能を無効にするにはNTCピンをグランドに接続します。

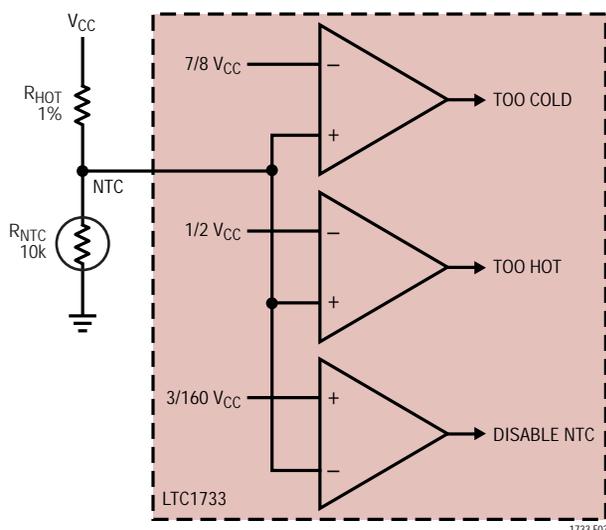


図3 .

サーミスタ

LTC1733のNTCトリップ点は、抵抗-温度特性がVishay Daleの「R-T曲線2」に従うサーミスタに適合するように設計されています。Vishay NTHS0603N02N1002Jはこのようなサーミスタの例です。ただし、Vishay Daleは多種のサイズで「R-T曲線2」特性に従う多くのサーミスタ製品を用意しています。さらに、 R_{COLD} と R_{HOT} の比が約7.0のどのサーミスタも問題なく動作します（Vishay DaleのR-T曲線2は $2.816/0.4086 = 6.9$ の R_{COLD} と R_{HOT} の比を示します）。

NTCのレイアウトの検討事項

NTCサーミスタがLTC1733に熱的に接触しないようにすることが重要です。LTC1733パッケージは50のトリップ点を超える温度に達することがあるので、NTC機能がヒステリシスによる発振を起こし、バッテリー温度ではなくパッケージ温度に従って充電電流をオン・オフする可

能性があります。この問題を取り除くには、NTCサーミスタをLTC1733ではなくバッテリーに熱的にカップリングします。

さらに、標準的ケルビン測定法を使って V_{CC} を R_{HOT} に接続することが不可欠です。 V_{CC} はLTC1733への高電流経路なので、 V_{CC} 入力ピンと R_{HOT} の上端間の電圧降下を最小にすることが不可欠です。

NTCトリップ点の誤差

R_{HOT} に1%抵抗を使った場合、50のトリップ点の誤差は主にNTCサーミスタの許容差によって決まります。標準的10k NTCサーミスタの許容差は $\pm 10\%$ です。50のサーミスタの温度係数を調べると、許容誤差は摂氏温度で計算できます。50の温度係数が $-3.3\%/^{\circ}\text{C}$ のVishay NTHS0603N02N1002Jサーミスタについて検討します。許容差を温度係数で割ると、 $\pm 10\%/(-3.3\%/^{\circ}\text{C}) = \pm 3$ となり、高温トリップ点の温度誤差が得られます。

低温トリップ点の場合はいくらか複雑です。その誤差が、NTCサーミスタの許容差と、0でのサーミスタの値と50での値の比が7から1に変化する程度に依存するからです。したがって、低温トリップ点誤差は、許容差TOL、サーミスタの0での温度係数 $TC(\%/^{\circ}\text{C})$ 、0でのサーミスタの値 R_{COLD} 、および50でのサーミスタの値 R_{HOT} を使って計算することができます。計算式は次のとおりです。

$$\text{Temperature Error } (^{\circ}\text{C}) = \frac{\left(\frac{1 + \text{TOL}}{7} \cdot \frac{R_{COLD}}{R_{HOT}} - 1 \right) \cdot 100}{TC}$$

たとえば、許容差が $\pm 10\%$ 、TCが $-4.5\%/^{\circ}\text{C}$ 、さらに R_{COLD}/R_{HOT} が6.89のVishay NTHS0603N02N1002Jサーミスタの低温トリップ点誤差は次のようになります。

$$\begin{aligned} \text{Temperature Error } (^{\circ}\text{C}) &= \frac{\left(\frac{1 \pm 0.10}{7} \cdot 6.89 - 1 \right) \cdot 100}{-4.5} \\ &= -1.8^{\circ}\text{C}, +2.5^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

アプリケーション情報

許容差が ±10%より小さなサーミスタを使う場合、トリップ点誤差は、LTC1733の内部コンパレータの入力オフセット電圧や大きな充電電流に起因する内部電圧降下の影響などの、サーミスタの許容差以外の誤差に依存し始めます。

定電流/定電圧/定温度

LTC1733では固有のアーキテクチャが使われており、定電流、定電圧、さらに定温度の方式でバッテリーを充電します。LTC1733の簡略ブロック図を図1に示します。示されている3つのアンプ帰還ループにより、定電流CA、定電圧VA、および定温度TAの各モードが制御されます。1対の電流源M1とM2 (M1は内部Pチャンネル・パワーMOSFETであることに注意してください) の出力インピーダンスを増加させるために、4番目のアンプ帰還ループMAが使われています。これにより、M1のドレイン電流はM2のドレイン電流より正確に1000倍大きくなります。

CA、TA、およびVAの各アンプが3つの別々の帰還ループ内で使われ、それぞれ定電流、定温度、あるいは定電圧の各モードにチャージャを強制します。ダイオードD1、D2、およびD3は、充電電流を最も大きく減らそうとしているループに優先権を与えます。他の2つのアンプの出力は「L」に飽和して、対応するループをシステムから実効的に取り除きます。定電流モードでは、CAはPROGピンの電圧が正確に1.50V (またはトリクル充電モードでは0.15V) になるようにサーボ制御します。TAは定温度モードでダイの温度を約105 °Cに制限し、PROGピンの電圧は「充電電流のプログラミング」のところで説明されているように充電電流を示します。VAはその反転入力定電圧モードで正確に2.485Vにサーボ制御し、R1とR2で形成される内部抵抗分割器はバッテリー電圧を4.1Vまたは4.2Vのどちらかに保ちます。この場合も、PROGピンの電圧は充電電流を示します。

標準的動作では、充電サイクルは定電流モードで開始され、バッテリーに供給される電流は $1500V/R_{PROG}$ に等しくなります。LTC1733の電流消費により接合部温度が105 °Cに近づくと、アンプ (TA) は充電電流を減らし始め、

ダイ温度を約105 °Cに制限します。バッテリー電圧が上昇するにつれ、LTC1733は定電流モードに戻るか、あるいは定温度モードから直接定電圧モードに入ります。モードには関係なく、PROGピンの電圧はバッテリーに供給中の電流に比例します。

消費電力

サーマル・フィードバックの保護機能によりLTC1733が充電電流を減少させる条件は、このICで消費される電力を考慮して概算することができます。高充電電流の場合、LTC1733の消費電力は次のように概算されます。

$$P_D = (V_{CC} - V_{BAT}) \cdot I_{BAT}$$

ここで、 P_D は消費電力、 V_{CC} は入力電源電圧、 V_{BAT} はバッテリー電圧、さらに I_{BAT} はバッテリー充電電流です。ワーストケースの電力消費のシナリオを検討する必要はありません。LTC1733は自動的に充電電流を減らしてダイ温度を約105 °Cに保つからです。ただし、IC保護のためにサーマル・フィードバックが開始されるおおよその周囲温度は次式で与えられます。

$$T_A = 105^\circ\text{C} - P_D \theta_{JA}$$

$$T_A = 105^\circ\text{C} - (V_{CC} - V_{BAT}) \cdot I_{BAT} \cdot \theta_{JA}$$

例：5VのACアダプタで動作しているLTC1733が3.75Vのリチウムイオン・バッテリーに1.2Aを供給している場合を考えます。LTC1733が1.2Aの充電電流を減らし始める周囲温度はおおよそ次のとおりです。

$$T_A = 105^\circ\text{C} - (5\text{V} - 3.75\text{V}) \cdot 1.2\text{A} \cdot 40^\circ\text{C}/\text{W}$$

$$T_A = 105^\circ\text{C} - 1.5\text{W} \cdot 40^\circ\text{C}/\text{W} = 105^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C} = 45^\circ\text{C}$$

LTC1733は45 °Cを超えても使えますが、充電電流は1.2A以下に減少します。特定の周囲温度でのおおよその充電電流は次のように概算できます。

$$I_{BAT} = \frac{105^\circ\text{C} - T_A}{(V_{CC} - V_{BAT}) \cdot \theta_{JA}}$$

55 °Cでの上例について考えてみましょう。充電電流はおおよそ次のように減少します。

アプリケーション情報

$$I_{BAT} = \frac{105^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C}}{(5\text{V} - 3.75\text{V}) \cdot 40^{\circ}\text{C}/\text{W}} = \frac{50^{\circ}\text{C}}{50^{\circ}\text{C}/\text{A}} = 1\text{A}$$

さらに、「充電電流のプログラミング」のセクションで説明されているように、PROGピンの電圧は充電電流に比例して変化します。

LTC1733のアプリケーションはワーストケースの条件に対して設計する必要がないことに注意することが重要です。このICは接合部の温度が約105 に達すると電力消費を自動的に減らすからです。詳細については、デザインノート283を参照してください。

基板レイアウトの検討事項

すべての条件で最大充電電流の供給を可能にするには、LTC1733のパッケージの背面の露出したパッドを基板に半田付けすることが不可欠です。2500mm²の1オンス両面銅基板に正しく半田付けすると、LTC1733の熱抵抗は約40 /Wになります。パッケージの背面の露出したパッドと銅基板間の熱接触が良くないと、40 /Wよりはるかに大きな熱抵抗になります。一例として、正しく半田付けされたLTC1733は、室温で5V電源から1250mAを越す電流をバッテリーに供給することができます。背面の熱接続がなされていないと、この値は500mA以下に下がることがあります。

V_{CC}バイパス・コンデンサ

入力バイパスには多種のコンデンサを使用できます。ただし、多層セラミック・コンデンサを使うときは注意が必要です。セラミック・コンデンサの種類によっては自己共振特性や高いQ特性により、(チャージャの入力を通電中の電源に接続する場合など)始動条件によっては高電圧の過渡現象が生じることがあります。詳細については、アプリケーション・ノート88を参照してください。

安定性

定電圧モードの帰還ループはバッテリーが接続されているときは補償なしでも安定しています。バッテリーが外されているときのリップル電圧を抑えるには、BATピンに1μFのバイパス・コンデンサと直列1 抵抗をGNDに接続することを推奨します。

定電流モードでは、バッテリーではなくPROGピンが帰還ループを構成します。定電流モードの安定性はPROGピンのインピーダンスの影響を受けます。PROGピンに余分の容量がなければ、プログラム抵抗の50kの値で安定性に問題はありません。ただし、このノードの容量が増えると、最大許容プログラム抵抗が減少します。PROGピンのポール周波数は500kHzより高くします。したがって、PROGピンに容量Cが付加される場合、次式を使ってR_{PROG}の最大抵抗値を計算します。

$$R_{PROG} < 1/(6.283 \cdot 500\text{E}3 \cdot C)$$

ユーザーは、瞬時バッテリー電流ではなく、平均バッテリー電流に関心をもつことでしょう。たとえば、低電流モードで動作しているスイッチング電源がバッテリーに並列に接続されている場合、瞬時電流パルスよりBATピンから引き出される平均電流に一般には関心があります。このような場合、図4に示されているように、PROGピンに簡単なRCフィルタを使って平均バッテリー電流を測定します。PROGピンとフィルタ・コンデンサおよびモニタ回路との間に10kの抵抗を追加して、安定性を確保します。

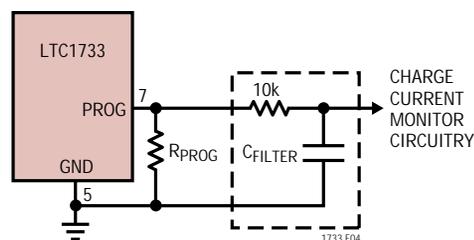
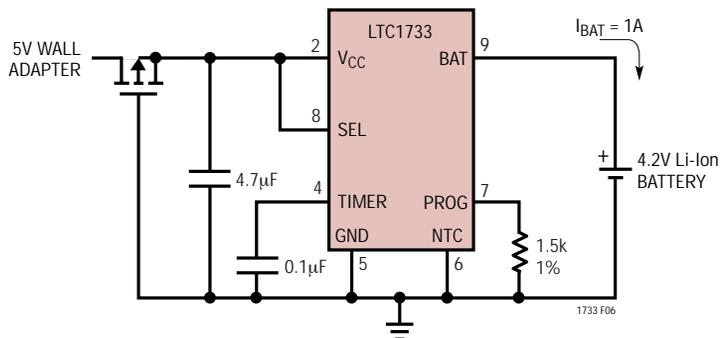


図4 . PROGピンの容量性負荷とフィルタ回路の分離

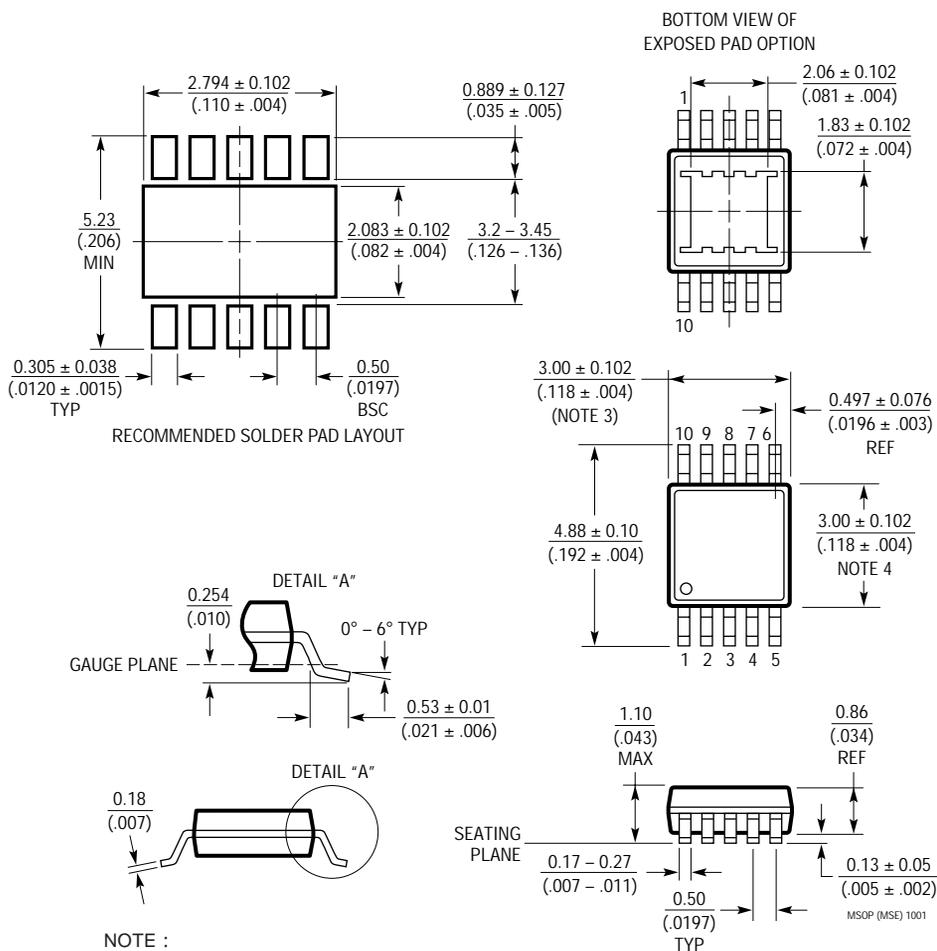
標準的応用例

逆極性入力保護機能を備えた基本的リチウムイオン・バッテリー・チャージャ



パッケージ寸法

MSEパッケージ
10ピン・プラスチックMSOP
(Reference LTC DWG # 05-08-1663)

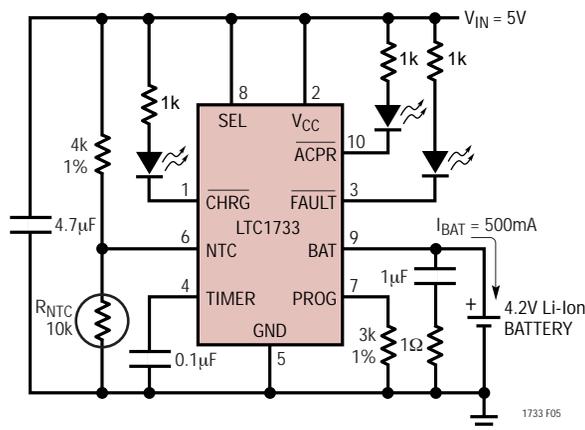


NOTE :

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を含まない。モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで 0.152mm ($0.006''$)を超えないこと
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない。リード間のバリまたは突出部は、各サイドで 0.152mm ($0.006''$)を超えないこと
5. リードの平坦度(整形後のリードの底面)は最大 0.102mm ($.004''$)であること

標準的応用例

全機能を備えた1セル・リチウムイオン・チャージャ



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1571	200kHz/500kHzスイッチング・バッテリー・チャージャ	充電電流:最大1.5A;プリセット・バッテリー電圧と可変バッテリー電圧
LTC1729	リチウムイオン・バッテリー・チャージャ終了コントローラ	時間終了または充電電流終了、前処理、8ピンMSOP
LTC1730	リチウムイオン・バッテリー・パルス・チャージャ	ブロッキング・ダイオードは不要、電流制限による最大の安全性
LTC1731	リチウムイオン・リニア・バッテリー・チャージャ・コントローラ	簡単なチャージャで、外部FETを使用、プリセット電圧、C/10チャージャ検知、およびプログラム可能なタイマを搭載
LTC1732	リチウムイオン・リニア・バッテリー・チャージャ・コントローラ	簡単なチャージャで、外部FETを使用、プリセット電圧、C/10チャージャ検知、およびプログラム可能なタイマを搭載、入力パワーグッド表示
LTC1734	ThinSOTのリチウムイオン・リニア・バッテリー・チャージャ	簡単なThinSOTチャージャ、ブロッキング・ダイオード不要、センス抵抗不要
LTC1998	リチウムイオン低バッテリー・ディテクタ	精度:1%、消費電流:2.5µA、SOT-23
LTC4050	リチウムイオン・リニア・バッテリー・チャージャ・コントローラ	簡単なチャージャで、外部FETを使用、プリセット電圧、C/10チャージャ検知、およびプログラム可能なタイマを搭載、入力パワーグッド表示、サーミスタ・インタフェース