

低静止電流の60V、 250mA リニア・チャージャ

特長

- 広い入力電圧範囲: 2.7V ~ 60V
- 調整可能なバッテリー電圧: 1.2V ~ 60V
- 調整可能な充電電流: 10mA ~ 250mA
- 充電中の静止電流が少ない: $I_{IN} = 4\mu A$
- シャットダウン時または充電後のバッテリー放電がきわめて少ない: $I_{BAT} < 0.01\mu A$
- 自動再充電
- 入力電圧レギュレーションにより高インピーダンス信号源に対応
- 温度レギュレーションにより過熱させずに出力電流を最大化
- $\pm 0.5\%$ 精度の定電圧帰還
- NTCサーミスタ入力により、温度制限充電が可能
- 調整可能な安全タイマ
- 充電状態の表示
- 熱特性が改善された 10ピン (3mm×3mm) DFN パッケージ

アプリケーション

- 組み込みの自動車用製品および産業用製品
- 他のバッテリーからのバックアップ・バッテリー充電
- 環境発電用チャージャ
- 薄膜バッテリー製品

概要

LTC[®]4079は、最大60Vのリチウムイオン/ポリマー、鉛蓄電池、NiMHバッテリー・スタックなど、ほとんどの種類のバッテリーに対応する低静止電流、高電圧のリニア・チャージャです。最大充電電流は、外付け抵抗により10mA ~ 250mAの範囲で調整できます。バッテリーの充電電圧は外付けの抵抗分割器を使用して設定します。

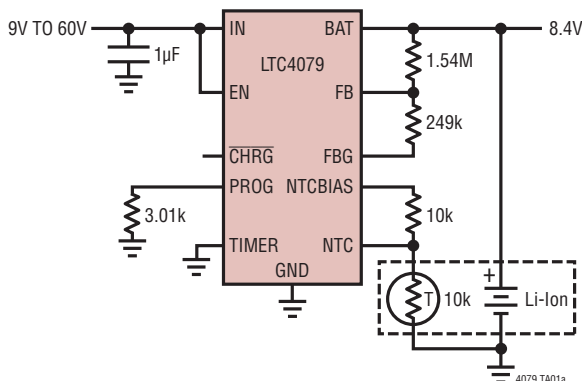
パワー・デバイス、電流検出回路、逆電流保護回路を一体化することにより、LTC4079を使用する総合的な充電ソリューションでは、外付け部品がほとんど必要ありません。温度レギュレーション回路により、過熱のリスクを負わずに規定の制限値までの最大充電電流を保証できます。充電はC/10検出または可変タイマにより終了することができます。

入力電圧が調整可能なレベルまたはバッテリー電圧まで低下すると、入力電圧レギュレーション回路によって充電電流が減少するので、環境発電アプリケーションに最適です。その他の機能として、温度制限充電、不良バッテリー検出、スタンバイ時にサンプリングされた帰還信号の使用によりバッテリーの放電を無視できる自動再充電、オープンドレインのCHRG状態出力などがあります。このデバイスは、熱特性が改善された小型10ピン (3mm×3mm) DFNパッケージで供給されます。

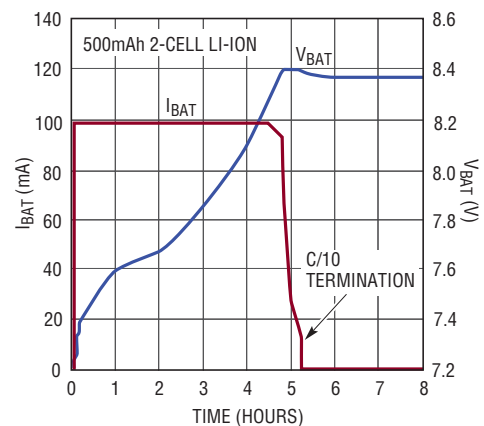
LT、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴは、リニアテクノロジー社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

バックアップ・バッテリーの充電



リチウムイオン・バッテリーの充電サイクル



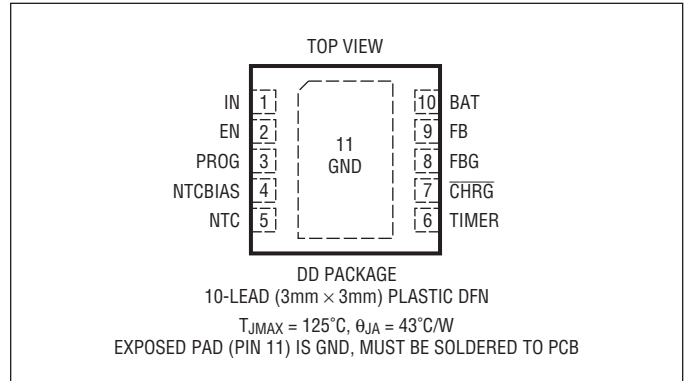
LTC4079

絶対最大定格

(Note 1, 2)

IN、BAT、EN、 $\overline{\text{CHRG}}$ 、FB、FBG の電圧	-0.3V ~ 62V
PROG、TIMER の電圧	3V
BAT の電流	-400mA
PROG の電流	-1.6mA
FBG の電流	2mA
$\overline{\text{CHRG}}$ の電流	2mA
動作接合部温度範囲 (Note 3, 5)	-40°C ~ 125°C
保存温度範囲	-65°C ~ 150°C

ピン配置



発注情報

無鉛仕上げ	テープ・アンド・リール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LTC4079EDD#PBF	LTC4079EDD#TRPBF	LG NQ	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC4079IDD#PBF	LTC4079IDD#TRPBF	LG NQ	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-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。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。
テープ・アンド・リールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/> をご覧ください。

電気的特性

●は規定動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2, 3)。
 注記がない限り、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 7.4\text{V}$ 、 $V_{FB} = 1.057\text{V}$ 、 $V_{EN} = 12\text{V}$ 、 $R_{PROG} = 3\text{k}$ (充電電流 100mA)。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{IN}	Operating Supply Voltage		● 2.7		60	V	
V_{BAT}	Battery Voltage Range		●		60	V	
V_{UVLO}	V_{IN} Undervoltage Lockout	V_{IN} Rising Hysteresis	●	2.55 140	2.7	V mV	
V_{DUVLO}	Differential Undervoltage Lockout	V_{IN} - V_{BAT} Rising Hysteresis	●	-20 15 80	50	mV mV	
V_{DVREG}	Differential Voltage Regulation	Minimum V_{IN} - V_{BAT} for Charge Current	●	120	160	200	mV
$I_{Q(IN)}$	Input Supply Quiescent Current	Charging (Note 4) Charging Terminated ($V_{FB} = 1.210\text{V}$) Shutdown ($EN = 0$)	● ●	4 2 0.2	9 4 0.6	μA μA μA	
$I_{Q(BAT)}$	Battery Drain Current	Charging Terminated ($V_{FB} = 1.210\text{V}$) Shutdown ($EN = 0$) $V_{IN} = 0$ or IN open		0.01 0.00 0.05	0.2 0.2 0.2	μA μA μA	

充電機能

$V_{FB(CHG)}$	Feedback Pin Regulation Voltage in Constant-Voltage Charge Mode		●	1.165 1.156	1.170 1.170	1.175 1.184	V V
	PROG Pin Regulated Voltage	Constant-Current Mode			1.190		V
	Ratio of BAT Current to PROG Pin Current				250		mA/mA
I_{CHG}	Battery Charge Current in Constant-Current Mode (Note 5)	$R_{PROG} = 1.2\text{k}$ $R_{PROG} = 3\text{k}$ $R_{PROG} = 30\text{k}$	● ● ●	236 93 8.5	248 99 10	260 105 11.5	mA mA mA
$I_{TERMINATE}$	Charging Termination Threshold	$R_{PROG} = 1.2\text{k}$ $R_{PROG} = 3\text{k}$ $R_{PROG} = 30\text{k}$	● ● ●	22 8.2 0.7	25 10 1	28 11.8 1.3	mA mA mA
$t_{TERMINATE}$	Deglintch Filter on C/10 Charge Termination	I_{CHG} Drops Below Termination Threshold		5	9	13	ms
t_{TIMER}	Safety Timer Accuracy			-10		10	%
V_{RECHRG}	Recharge Threshold Voltage of FB Pin	Relative to $V_{FB(CHG)}$ with V_{FB} Falling		96.9	97.6	98.3	%
$V_{FB(LOWBAT)}$	Low Battery Threshold	V_{FB} for Low Battery Detection	●	0.780	0.800	0.820	V
	Low Battery Time Out (Percentage of Safety Timer)	Charging with $V_{FB} < V_{FB(LOWBAT)}$			18		%
R_{ON}	Resistance of the Charge Path				5		Ω
I_{FB}	Feedback Pin Leakage	$V_{FB} = 1.170\text{V}$ (in Regulation) $V_{FB} = 8.4\text{V}$ (in Shutdown)	● ●		0.1 0.1	20 100	nA nA
I_{FBG}	Feedback Ground Pin Leakage	$V_{FBG} = 8.4\text{V}$, $EN = 0$	●		0.1	100	nA
R_{FBG}	Switch Resistance from FBG Pin to GND				160		Ω
	Die Temperature (T_J) at Thermal Regulation				118		$^\circ\text{C}$

LTC4079

電気的特性

●は規定動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2、3)。
注記がない限り、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 7.4\text{V}$ 、 $V_{FB} = 1.057\text{V}$ 、 $V_{EN} = 12\text{V}$ 、 $R_{PROG} = 3\text{k}$ (充電電流 100mA)。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
NTC 温度モニタ							
V_{COLD}	Low Temp. Fault NTC Threshold Voltage	$V_{NTC}/V_{NTCBIAS}$	●	72.3	73.8	75.3	%
V_{HOT}	High Temp. Fault NTC Threshold Voltage	$V_{NTC}/V_{NTCBIAS}$	●	35.6	36.6	37.6	%
$V_{NTC(DIS)}$	NTC Disable Voltage Threshold	V_{NTC}	●	60	80	100	mV
	Pulsed NTCBIAS Voltage	20k from NTCBIAS to Ground			4		V
	NTCBIAS Period				3		Sec
	NTCBIAS Pulse Width				210		μs
	NTC Input Leakage Current	$V_{NTC} = V_{NTCBIAS}$	●		0.1	100	nA
イネーブル入力 (EN)							
$V_{EN(SD)}$	Shutdown Threshold	V_{EN} Falling Hysteresis	●	0.400	0.750 55	1.100	V mV
$V_{EN(REG)}$	Enable Pin Regulation Voltage	Minimum V_{EN} for Charge Current	●	1.170	1.190	1.210	V
	Enable Pin Leakage Current When Pulled High	$V_{EN} = 60\text{V}$	●		0	20	nA
状態出力 (CHRG)							
	Output Low Voltage	1mA Into the Open-Drain Output	●		0.16	0.4	V
	Output Leakage Current	$V_{CHRG} = 60\text{V}$, $V_{EN} = 0\text{V}$	●		0.1	100	nA

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

Note 2: 注記がない限り、ピンに流れ込む電流は正で、ピンから流れ出す電流は負である。

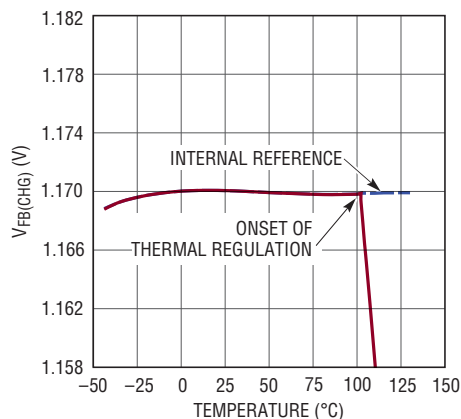
Note 3: LTC4079 は T_J が T_A にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされる。LTC4079E は、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の接合部温度で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LTC4079I は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で動作することが保証されている。これらの仕様と合致する最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱インピーダンスおよび他の環境要因と関連した特定の動作条件によって決まることに注意。

Note 4: BAT ピンの充電電流、PROG ピンと帰還抵抗分割器の電流は電源の静止電流から除外される。

Note 5: 接合部温度が T_{LIM} (118°C) より高くなると、充電電流は温度レギュレーションにより減少する。

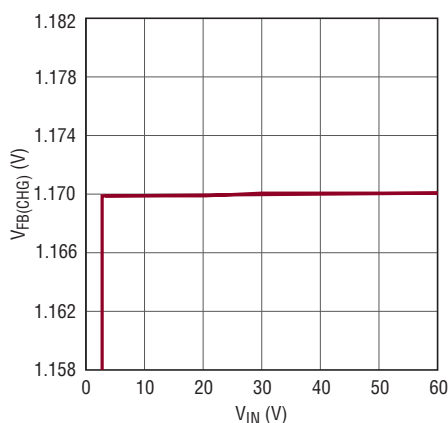
標準的性能特性 注記がない限り、 $V_{IN} = 12V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

安定化された帰還電圧と温度



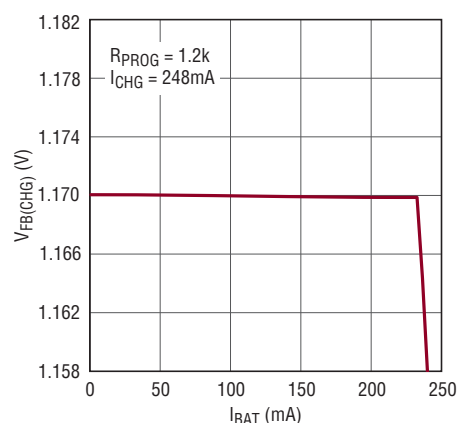
4079 G01

安定化帰還電圧と V_{IN}



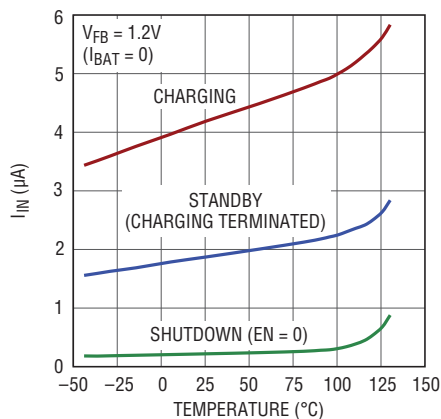
4079 G02

安定化帰還電圧の 負荷レギュレーション



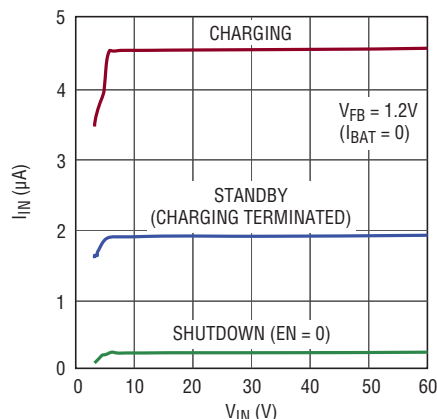
4079 G03

入力電源の静止電流と温度



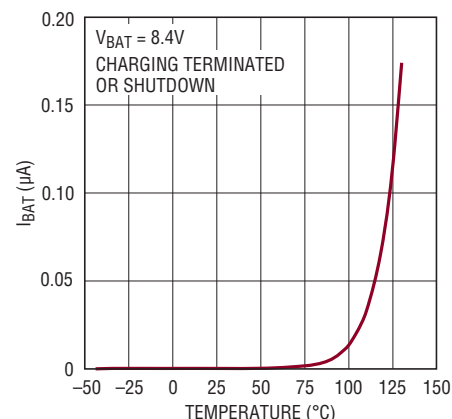
4079 G04

入力電源の静止電流と電源電圧



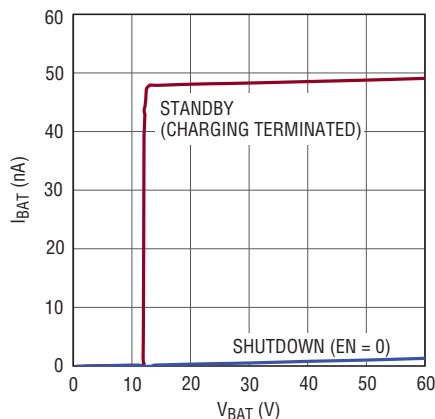
4079 G05

バッテリーの静止電流と温度



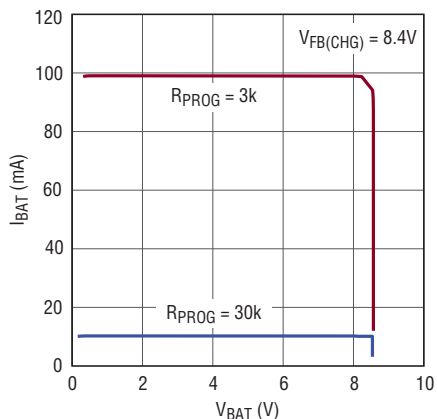
4079 G06

バッテリー静止電流とバッテリー電圧



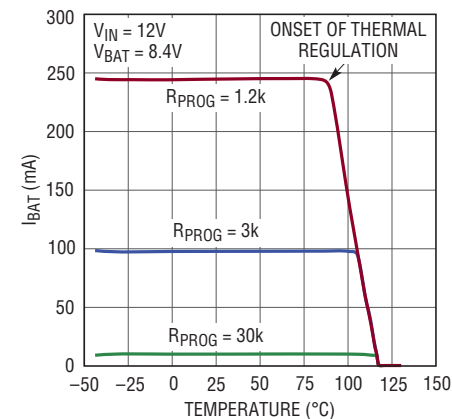
4079 G07

バッテリー充電電流とバッテリー電圧



4079 G08

バッテリー充電電流と温度

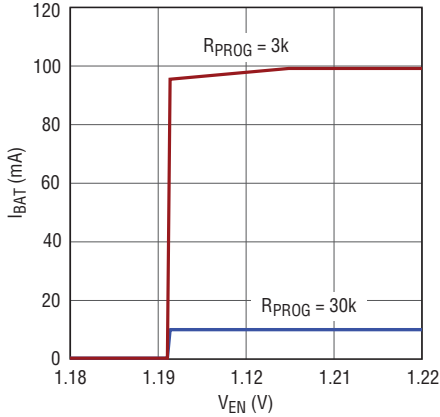


4079 G09

LTC4079

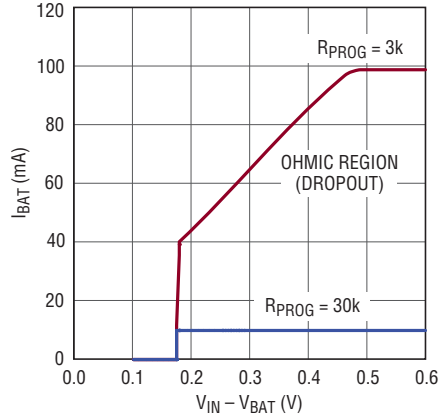
標準的性能特性 注記がない限り、 $V_{IN} = 12V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

バッテリー充電電流と V_{EN}



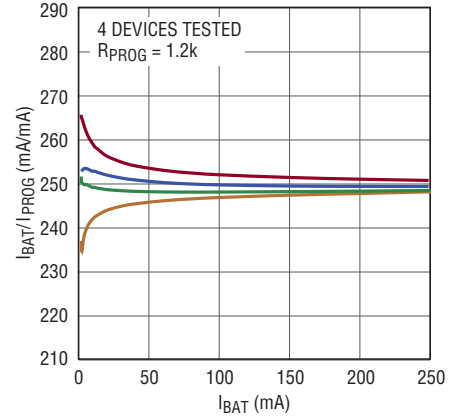
4079 G10

バッテリー充電電流と $V_{IN} - V_{BAT}$



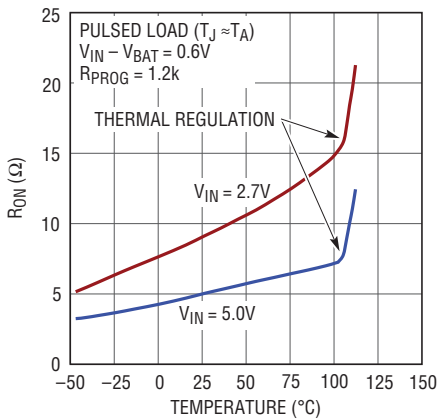
4079 G11

I_{BAT}/I_{PROG} 比と I_{BAT}



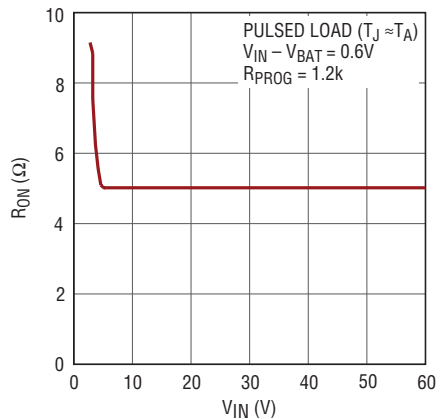
4079 G12

充電経路のドロップアウト抵抗と温度



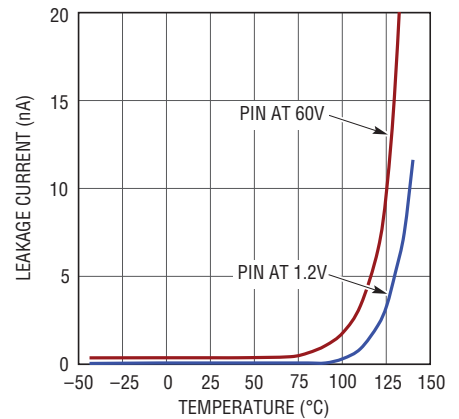
4079 G13

充電経路のドロップアウト抵抗と V_{IN}



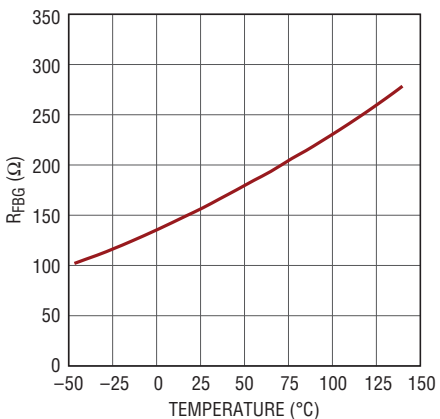
4079 G14

ENピン-FBピン間の漏れ電流と温度



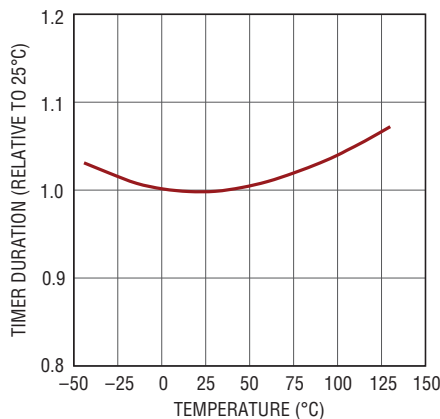
4079 G15

FBG-GND間のスイッチ抵抗と温度



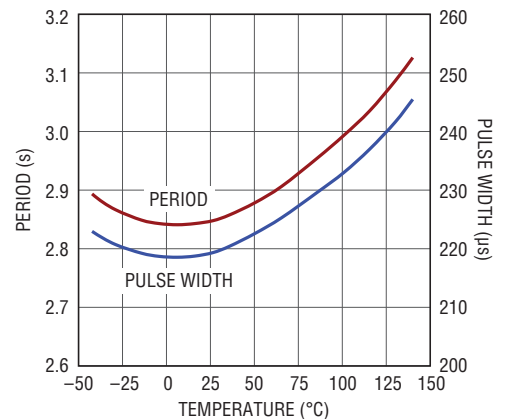
4079 G16

正規化されたタイマ時間と温度



4079 G17

NTCBIASの周期およびパルス幅と温度



4079 G18

ピン機能

IN (ピン1) : 入力電源ピン。この入力ピンは、バッテリー・チャージャに電力を供給する役割を果たします。このピンは、1 μ F以上のセラミック・コンデンサを使ってバイパスします。

EN (ピン2) : イネーブル入力。この入力電圧が1.190V (レギュレーションしきい値)より高くなると、充電電流が流れ始めます。電流制限機能のある電源を使用する場合は、この入力をINとGNDの間の外付け抵抗分割器に接続して、UVLOが発振しないようにします。この構成は、電源電圧(INピン)を最大電力しきい値に維持する目的(たとえば、太陽電池パネル用)にも使用できます。このピンを0.750Vより低い電圧にすると、デバイスはシャットダウンします。このピンはフロート状態のままにしないでください。

PROG (ピン3) : 充電電流の設定ピン。このピンから流れ出る電流はBATピンから流れ出る電流の1/250です。PROGとグラウンドの間に接続した抵抗により、充電電流が定電流モードで設定されます。このピンの電圧は、定電流充電時は1.190Vにサーボ制御されます。このピンは開放のままにしないでください。このノードの寄生容量は50pFより小さくなるよう制限してください。

NTCBIAS (ピン4) : NTCサーミスタのバイアス出力。NTCBIASピンとNTCピンの間に低ドリフトのバイアス抵抗を接続し、NTCピンとGNDの間にサーミスタを接続します。バイアス抵抗の標準値は、25°Cでのサーミスタの公称抵抗と等しい値です。このピンの寄生容量は最小限に抑えてください。

NTC (ピン5) : バッテリー温度検出回路の入力。NTCピンは負温度係数(NTC)サーミスタに接続します。このサーミスタは、バッテリーの温度が高すぎるか低すぎて充電できない場合、それをチャージャに通知するため、通常はバッテリーと一緒にパッケージに収められています。サーミスタの室温での値は2k Ω 以上になるようにします。バッテリーの温度が範囲外にあると、バッテリー温度が有効範囲に再び戻るまで充電が停止されます。NTCBIASとNTCの間に1%精度、低ドリフトのバイアス抵抗を接続し、NTCとグラウンドの間にサーミスタを接続します。このピンの寄生容量は最小限に抑えてください。バッテリー温度の検出をディスエーブルするには、NTCピンをGNDに接続します。

TIMER (ピン6) : タイマ・コンデンサ入力。このピンにコンデンサを接続することにより、チャージャのイネーブルまたは再充電サイクルの開始を起点としたバッテリーの最大充電時間を設定します。最大充電時間が t_{TIMER} (単位:時間)の場合、必要な容量値は次式で求められます。

$$C_{\text{TIMER}} = (t_{\text{TIMER}} \cdot 18.2\text{nF}/\text{Hr})$$

C_{TIMER} の標準値は100nFであり、この値では5 $\frac{1}{2}$ 時間後に充電サイクルが終了します。タイマの精度を維持するには、このピンでの漏れ電流を最小限に抑えます。

このピンをGNDに接続すると、タイマはディスエーブルされます。この場合、充電電流が設定充電電流 I_{CHG} の1/10より少なくなると、充電は終了します。

CHRG (ピン7) : オープン・ドレインの充電状態出力。通常は、抵抗か、低消費電力LEDと抵抗を介して電源にプルアップします。LTC4079がバッテリーを充電しているとき、このピンは内部のNMOSにより“L”になります。充電電流が設定電流の1/10より少なくなると、充電サイクルがタイマにより終了すると、このピンは高インピーダンスになります。

FBG (ピン8) : バッテリー電圧の分圧器のグラウンド基準。バッテリーの充電中、このピンはNMOSスイッチを介して内部でグラウンドに接続されます。充電が必要なくなると、バッテリー電圧の分圧器はGNDから切り離されます。バッテリー電圧を検出する場合、NMOSスイッチはGNDとの間に小さな抵抗($R_{\text{FBG}}=160\Omega$)を示します。

FB (ピン9) : 分圧されたバッテリー電圧の検出ピン。このピンは、バッテリー充電アルゴリズムの定電圧段階では、1.170V ($V_{\text{FB(CHG)}}$)にサーボ制御されます。バッテリー充電電圧は、BATとFBとFBGの間に適切な抵抗分割器を接続することにより設定します。このピンの漏れ電流と寄生容量は最小限に抑えてください。

BAT (ピン10) : バッテリー・チャージャ出力。このピンは、バッテリーに充電電流を供給します。

GND (露出パッド・ピン11) : グラウンド。露出パッドは、電気的接続と定格熱性能を得るため、プリント回路基板の連続したグラウンド・プレーンに半田付けする必要があります。

ブロック図

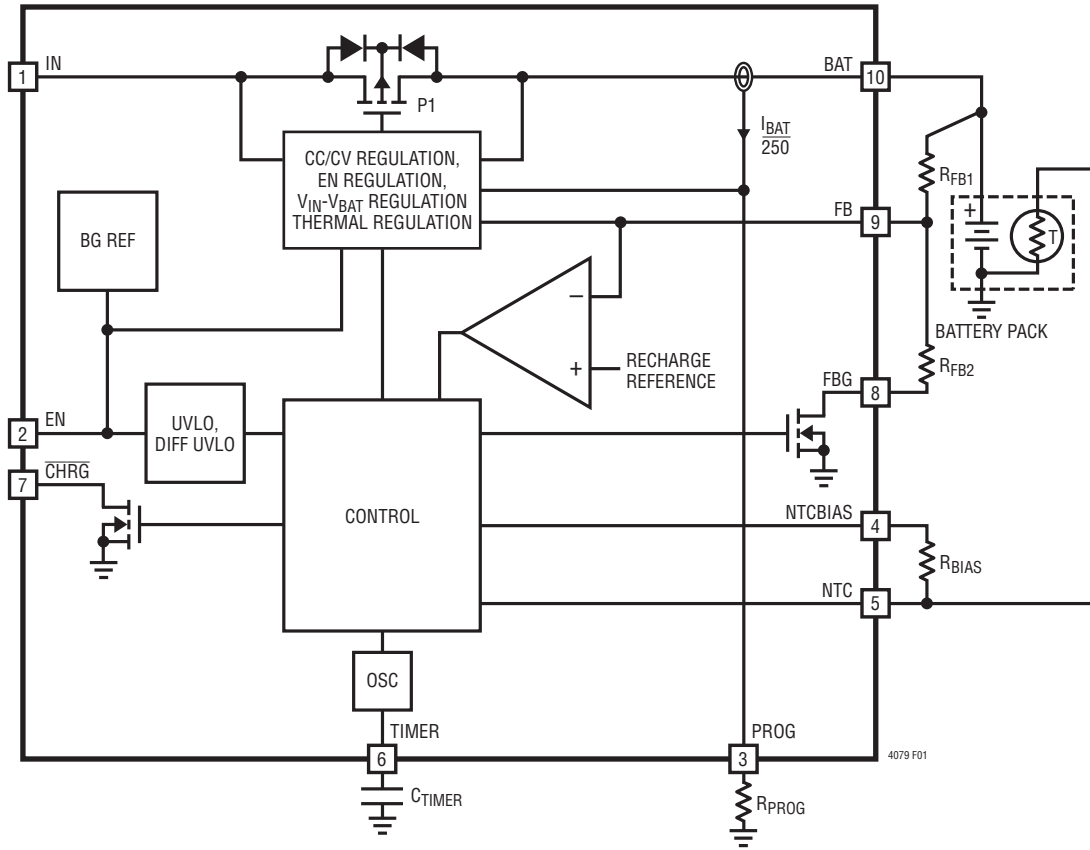


図 1. LTC4079のブロック図

動作

LTC4079は、最大60Vの電源から複数の化学組成タイプのバッテリーを充電する目的で設計された、機能満載の定電流、定電圧チャージャです。このデバイスは静止電流が少ないので、電源およびバッテリーの消費電力が最小限に抑えられ、バックアップや、断続的な電力源からの環境発電など、さまざまなアプリケーションに適しています。バッテリーの充電電圧は外付けの抵抗分割器を使用して設定します。充電時間はTIMERピンのコンデンサを使用して設定できます。安全を確保してバッテリーの寿命を延ばすため、LTC4079には温度制限充電用のサーミスタ入力があります。

充電電流が流れ始めるのは、ENピンの電圧が1.190Vを超えたときです。LTC4079の主な状態および状態遷移のフローチャートを図2に示します。標準的な充電サイクルは次のとおりです。

1. 定電流 (CC) 充電: 帰還抵抗分割器を使用して設定した充電電圧にバッテリー電圧が達するまでは、設定充電電流を使用してバッテリーを充電します。低ESRバッテリーの場合は、このモードが充電の大部分を占めます。充電タイムは、通常は再充電しきい値より高い電圧までバッテリーを充電できるように十分長い時間に設定します。そうしないと、すぐに新たな充電サイクルが始まってしまいます。

2. 定電圧 (CV) 充電: バッテリーが設定充電電圧に達すると、充電電流を制御することにより、バッテリー両端の電圧は定電圧に維持されます。バッテリーがその満充電容量に近づくにつれて、充電電流はこのモードでの経過時間に応じて減少します。

3. 充電終了: LTC4079は、時間または電流に基づいて充電を自動的に終了するように構成できます。充電電流が設定電流の1/10より少なくなると、 $\overline{\text{CHRG}}$ 状態ピンは高インピーダンスになり、バッテリーがほぼ満充電状態であることを示します。タイムによって充電電流が停止するまで、充電電流によってバッテリーのトップオフ充電が続行されます。タイムによる充電終了は、TIMERピンをグラウンドに接続することによってディスエーブルできます。この場合、充電電流が設定充電電流の1/10より少なくなると、充電は終了します。

充電中、バッテリーにトランジェント負荷が発生したために充電が途中で終了することがないように、C/10検出器に6msのフィルタ($t_{\text{TERMINATE}}$)を使用します。

4. 自動再充電: V_{BAT} が再充電しきい値(充電電圧の97.6%)より低くなると、原因がバッテリーの消耗でもバッテリーの交換でも、チャージャは自動的に再起動して充電を開始します。

バッテリー充電電圧の設定

バッテリー充電電圧は、図3に示すように、抵抗分割器をバッテリーとFBピンおよびFBGピンの間に接続することによって設定します。充電電圧は次式のように求めます。

$$V_{\text{CHG}} = 1.170\text{V} \cdot \left(1 + \frac{R_{\text{FB1}}}{R_{\text{FB2}} + R_{\text{FBG}}} \right)$$

ここで、 R_{FB1} はBATとFBの間の抵抗、 R_{FB2} はFBとFBGの間の抵抗、 R_{FBG} はFBGピンの内部スイッチの抵抗(標準160 Ω)です。

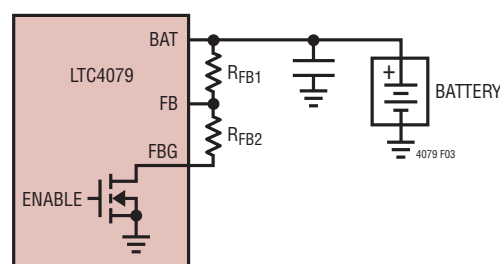


図3. バッテリー充電電圧の設定

充電電流の設定およびモニタ

定電流モードでバッテリーに供給される充電電流(I_{CHG})は、PROGピンとグラウンドの間の抵抗を使用して設定します。この抵抗の値は次式で計算されます。

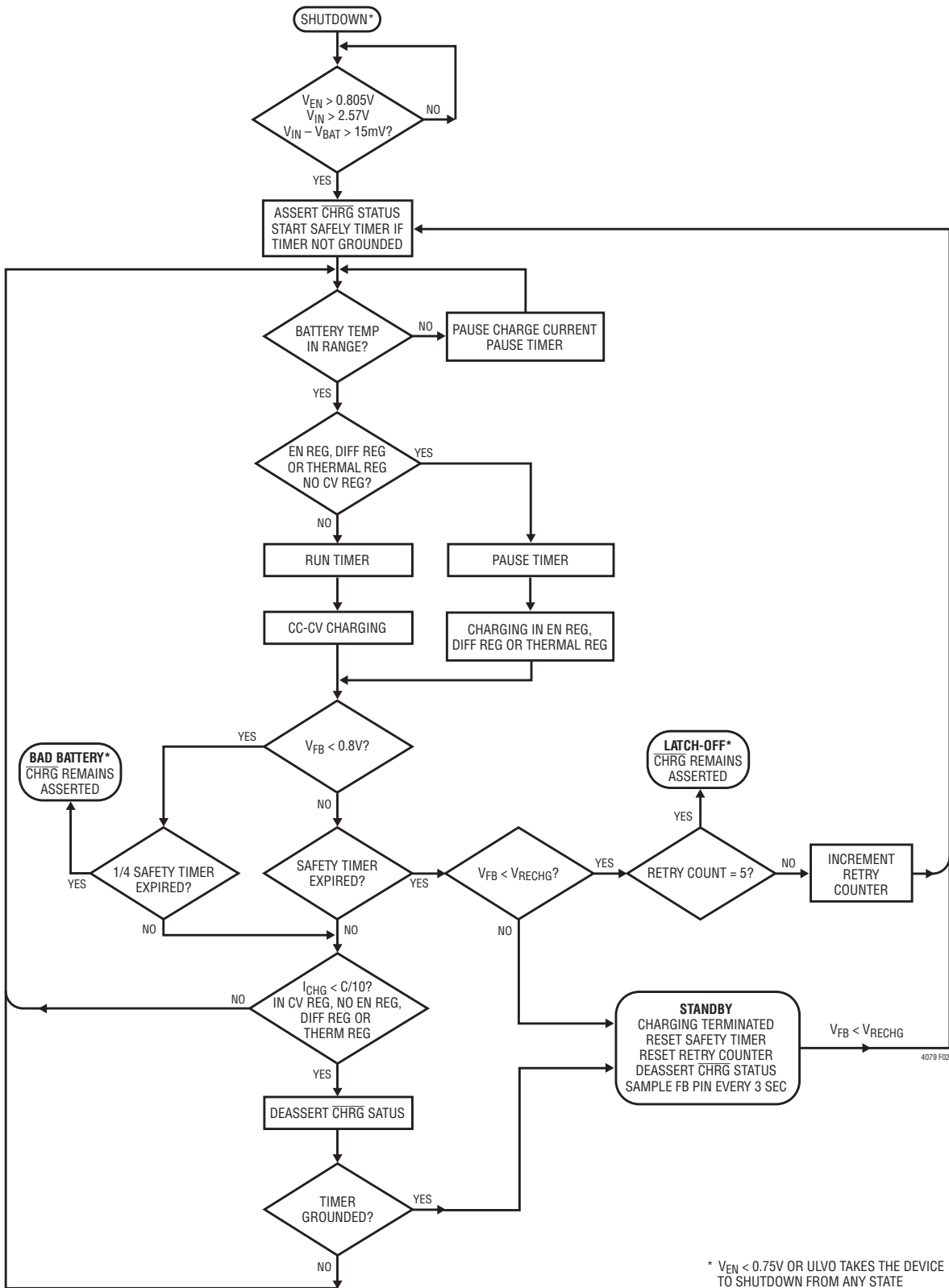
$$R_{\text{PROG}} = \frac{297.5\text{V}}{I_{\text{CHG}}}$$

PROGピンは、バッテリーの充電電流に比例した電圧信号も出力します。したがって、瞬間的なバッテリー電流は、PROGピンの電圧をモニタすることにより、次式のようにして求めることができます。

$$I_{\text{BAT}} = \frac{250 \cdot V_{\text{PROG}}}{R_{\text{PROG}}}$$

このピンに容量があると、充電制御ループ内に不安定性を引き起こす可能性があるポールが形成されるので、PROGピンの電圧をモニタしているときの寄生容量は最小になるようにしてください。

動作



* V_{EN} < 0.75V OR ULVO TAKES THE DEVICE TO SHUTDOWN FROM ANY STATE

図2. バッテリ・チャージャ動作のフローチャート

動作

低電圧検出

内部低電圧ロックアウト回路は V_{IN} の電圧をモニタし、 V_{IN} が上昇して低電圧ロックアウトのしきい値2.55V(標準)を超えるまでバッテリー充電回路をディスエーブルします。UVLOのしきい値には140mVのヒステリシスが組み込まれています。さらに、 V_{IN} の電圧が低下して V_{BAT} より65mV以上低くなったときにバッテリー充電回路をディスエーブルすることにより、差動UVLO回路はチャージャを低静止電流モードに維持します。差動UVLOには80mVのヒステリシスがあり、 $V_{IN}-V_{BAT}=15mV$ (標準)になるとオンします。

バッテリー温度によって制限される充電

バッテリーの充電中は、NTCピンの電圧を3秒ごとにサンプリングすることによってバッテリーの温度を検出します。図4に示すように、低ドリフトのバイアス抵抗をNTCBIAS出力とNTC入力に接続し、負温度係数(NTC)サーミスタをNTCピンとグラウンドの間に(バッテリー・パックに近づけて)接続します。バイアス抵抗は、選択したサーミスタの25°Cでの値と等しいものにします。

サーミスタの抵抗値が室温時の値の0.576倍に低下したことをNTCピンの電圧が示すと、LTC4079は充電および充電タイマを一時停止します。Vishay Curve 2サーミスタの場合、これは40°Cに相当します。サーミスタの抵抗値が室温時の値の2.816倍に増加した場合にも、充電は一時停止します。Vishay Curve 2サーミスタの場合、この増加は0°Cに相当します。

高温と低温の作動点を調整するには、異なる種類のサーミスタまたは別の R_{BIAS} 抵抗を使用するか、感度抑圧抵抗をサーミスタと直列に追加するか、あるいはこれらの方法を組み合わせます。

バッテリーの温度が通常の範囲内に戻り、タイマが一時停止した時点から再開すると、充電が再開します。

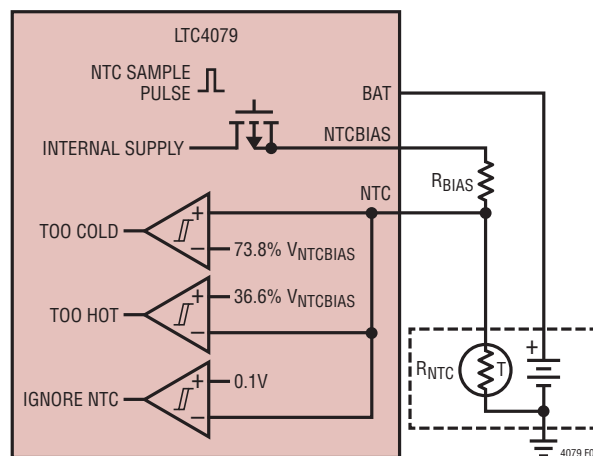


図4. NTCサーミスタを使用したバッテリー温度の検出

入力電圧のレギュレーション

LTC4079は、消耗したバッテリーや太陽電池パネルなど、電流が制限された電源から充電するときに、INピンを一定の電圧に安定化できます。この機能を使用して、入力電圧がUVLOより大幅に低くなるのを防止したり、入力電源電圧をピーク電力に維持したりすることができます。充電電流は、入力電圧がしきい値まで低下するのに応じて減少します。このしきい値は、図5に示すように、入力電源とENピンおよびGNDの間の外付け抵抗分割器によって設定しています。入力電圧レギュレーションのしきい値である $V_{IN(REG)}$ は、次のように計算されます。

$$V_{IN(REG)} = 1.190V \cdot \left(1 + \frac{R_{EN1}}{R_{EN2}} \right)$$

このレギュレーション・メカニズムにより、バッテリー要件と充電電源から供給可能な最大電力に基づいて充電電流を選択することが可能です。入力電源が設定充電電流を供給できない場合、LTC4079は自動的に充電電流を低減します。

入力電圧レギュレーションが必要でない場合は、ENピンを入力電源またはデジタル・イネーブル信号に接続してください。

動作

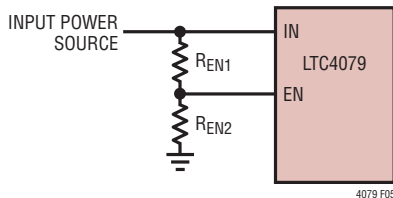


図5. 入力電圧レギュレーションの設定

差動電圧 ($V_{IN}-V_{BAT}$) レギュレーション

LTC4079には、弱い電源から入力電源を得る場合に、入力電圧が大幅に下がらないようにする方法がもう1つあります。入力電圧が低下してバッテリー電圧に近づくと、LTC4079内部の差動電圧レギュレーション・ループは、入力とバッテリーの間の差動電圧が減少するのに応じて充電電流を低減することにより、入力電圧をバッテリー電圧より160mV (標準値) 高い電圧に維持します。

前述したレギュレーション状態では、いずれの場合も、入力電源が少なくともデバイスの静止電流を供給して、UVLOを防止する必要があります。入力電圧のレギュレーションまたは差動電圧のレギュレーションが原因で充電電流が減少すると、充電タイマは必ず一時停止します。

温度レギュレーション

ダイ温度が118°Cに近づくと、内部の熱帰還ループにより、充電電流は設定値より低い値に減少します。この機能により、LTC4079は過度の温度から保護され、さらにチャージャが電流を自動的に低減してワーストケース条件での過熱を防止するという保証のもとで、ユーザーは充電電流を(ワーストケースではなく)標準の周囲温度に設定できます。

充電タイマは熱制限時に一時停止してバッテリーの充電不足を防止するので、タイマの設定時間中、最大限の充電電流を流すことができます。

C/10による終了

LTC4079は、電流に基づく充電終了方式をサポートします。この方法では、チャージャからの電流出力が設定充電電流の1/10よりも低くなるとバッテリー充電サイクルが終了します。C/10しきい値電流は、PROGピンでの119mVの電圧に対応します。この終了モードはTIMERピンをグラウンドに短絡することにより有効になります。

C/10による終了を使用した場合、電流がC/10しきい値より高い値を維持している限り、LTC4079はバッテリー充電電流を供給します。バッテリーの端子電圧が目標の充電電圧に達すると、充電電流は低下し、C/10しきい値に達するまで減少し続けます。C/10しきい値に達した時点で、チャージャは停止し、LTC4079はスタンバイ・モードに入ります。入力電圧レギュレーション、差動レギュレーション、温度レギュレーションのいずれかが動作していれば、充電が途中で終了することはありません。

終了時の再充電による発振を防止するため、バッテリーの内部抵抗を高くして終了時の充電電流を十分に低く設定することが重要です。充電電圧より2.4%低い公称の再充電しきい値では、充電電流を次のように設定し、十分な余裕をもたせます。

$$I_{CHG} < 0.24 \cdot \left(\frac{V_{CHG}}{R_{BAT}} \right)$$

ここで、 R_{BAT} はバッテリーの内部直列抵抗です。 \overline{CHRG} 状態ピンは、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。

タイマによる終了

LTC4079は、特定の時間が経過した後にはバッテリー充電サイクルが終了する、タイマ・ベースの終了方式もサポートしています。タイマ・ベースの充電終了機能を作動させるには、TIMERピンとグラウンドの間にコンデンサを接続します。目的の充電サイクル時間 t_{TIMER} に必要な容量を次のように計算します。

$$C_{TIMER} = t_{TIMER} \cdot 18.2nF/Hr$$

200nAの電流源を使用して C_{TIMER} に対するソース電流/シンク電流を流し、タイマが使用する鋸歯状の周期信号(公称0.8V~1.2V)を生成します。TIMERピンの電流は小さいので、このピンの漏れ電流を最小限に抑えて、タイマの精度を維持します。

タイマが起動するのはチャージャのイネーブル時か再充電サイクルの開始時であり、タイマがリセットされるのはチャージャのディスエーブル時か、 V_{IN} がUVLOまたはDUVLOより低くなったときです。

ENピン、差動電圧、または温度レギュレーションによって充電電流が制限されると、チャージャも定電圧レギュレーション・モードになっていない限り、タイマは必ず一時停止します。タイマはNTCフォルト時の充電電流によっても一時停止します。充電電流がドロップアウトによって制限されている場合、タ

動作

イマは一時停止しません。たとえば、設定充電電流が100mAの場合、充電経路両端間の電圧降下(標準5Ω)により、 $V_{IN}-V_{BAT}$ が約0.5V未満に低下したときが該当します。 $V_{IN}-V_{BAT}$ が160mV未満に低下して差動電圧レギュレーションが作動すると、タイマは一時停止します。

\overline{CHRG} 状態ピンは、どの終了方式が使用されるかにかかわらず、C/10より高い速度の充電を通知します。タイマ充電終了機能を使用しているときは、チャージャ出力電流がC/10しきい値より少なくなるまで、 \overline{CHRG} 状態ピンは充電サイクルの間“L”になります。LTC4079がスタンバイ・モードに入るタイマ終了時まで、チャージャはバッテリーのトップオフ充電を続行します。

スタンバイと自動再充電

LTC4079は、充電サイクル終了後にイネーブル状態を維持する場合、外付けの抵抗分割器に接続されたFBピンの電圧をサンプリングすることにより、スタンバイ・モードでのバッテリー電圧をモニタします。バッテリーの消耗を最小限に抑えるため、(FBGピンをグランドに接続して)帰還抵抗分割器をオンにするのは、3秒に1回、210μs間だけにします。バッテリー電圧が2.4%を超えて低下したことがこのサンプリングによって検出されると、帰還抵抗分割器は1.5秒間(標準)オンに保たれます。FBの電圧が再充電しきい値未満に維持される時間が2.5ms(標準)を超えると、再充電サイクルが始まります。この2.5msのフィルタにより、負荷トランジェントに起因する充電の途中終了を防止します。再充電サイクルは、前述したように定電圧充電モードでも終了します。自動再充電機能により、バッテリーは満充電状態またはそれに近い状態に維持されます。

バッテリー電圧がタイマ終了時に再充電しきい値より低いままの場合は、後述するように、新たな再充電サイクルが始まります。

タイマ再試行とラッチオフ

バッテリー電圧が充電サイクルの最後に再充電しきい値より低いままの場合は、新しい充電サイクルが始まります。こうなるのは以下の状況のときです。1) 設定充電電流でバッテリーを充電するにはタイマの設定時間が不十分、2) バッテリーに欠陥がある、3) 充電中にバッテリーが負荷により消耗する、4) 充電電流がドロップアウトにより制限される。

欠陥のあるバッテリーを無期限に再充電して電力を浪費しないようにするため、LTC4079は充電ラッチオフ機能を内蔵しています。バッテリー電圧が5回の再充電サイクルすべての終了時に再充電しきい値より低いままの場合、充電はラッチオフされ、

5回の再充電再試行後に \overline{CHRG} ピンはアサートされたままになります。いずれかの再充電試行時に充電サイクルが正常に終了するか、または充電サイクル中の定電圧レギュレーション・モード時に充電電流が $I_{CHG}/10$ より少なくなると、ラッチオフ・カウンタはリセットされます。ENピンまたはUVLOを使用してチャージャをディスエーブルした場合にも、ラッチオフ・カウンタはリセットされます。

不良バッテリーのシナリオ

帰還電圧が $V_{FB(LOWBAT)}$ より低い電圧のままの状態が、 C_{TIMER} で設定した安全タイマ時間の1/4より長い時間続く場合、バッテリーは不良とみなされます。この場合には充電が停止し、 \overline{CHRG} ピンはアサートされたままになります。再充電に備えたNTCピン電圧のサンプリングとFBピン電圧のサンプリングもオフになります。充電サイクルを再開するには、ENピンを $V_{EN(SD)}$ より低い電圧(標準0.75V)に切り替えてから高い電圧に戻します。UVLOも不良バッテリーによるロックアウトを解消します。バッテリー充電タイマがディスエーブルされている場合(TIMERピンを接地している場合)、不良バッテリー検出は行われません。

\overline{CHRG} 状態出力

オープンドレインの充電状態出力(\overline{CHRG})には、プルダウンと高インピーダンスの2つの状態があります。プルダウン状態は、LTC4079が充電モードであることを示します。高インピーダンス状態は、充電電流が設定充電電流の10%未満に低下したことを示します。ほとんどの場合、充電電流が減少する原因は定電圧ループであり、バッテリー電圧が目標の充電電圧に近いことを意味します。ただし、充電電流が減少する原因が(ENピンまたは $V_{IN}-V_{BAT}$ 間電圧のレギュレーションによる) V_{IN} レギュレーションまたは温度レギュレーションである場合、定電圧レギュレーション・ループだけが制御要因となって充電電流が設定充電電流の10%未満に低下するまで、 \overline{CHRG} はアサートされたままになります。

タイマ終了時、UVLO時または差動UVLO時、あるいはENを“L”にしてLTC4079をディスエーブルすると、 \overline{CHRG} ピンは高インピーダンス状態になります。この出力は、ロジック・インタフェースとして、または低消費電力のLEDを点灯する目的で使用できます。

アプリケーション情報

帰還抵抗分割器の選択

帰還抵抗分割器に使用する抵抗の値が低すぎるか高すぎると、充電電圧が小さいときに誤差が発生する可能性があります。その原因は、1)FBGピンの内部スイッチの有限のオン抵抗と2)FBピンの漏れ電流です。目標のバッテリー充電電圧に対するこれらの2つの要因の影響は、次のように計算されます。

$$V_{\text{CHG}} = 1.170\text{V} \cdot \left(1 + \frac{R_{\text{FB1}}}{R_{\text{FB2}} + R_{\text{FBG}}} \right) + R_{\text{FB1}} \cdot (I_{\text{FB}} + I_{\text{LEAK}})$$

ここで、図6に示すように、 R_{FB1} および R_{FB2} は帰還抵抗分割器の上側と下側の抵抗、 R_{FBG} はFBGピンとGNDの間の内部スイッチの抵抗（標準160Ω）、 I_{LEAK} はFBピンの寄生漏れ電流です。「 I_{FB} と温度」のグラフは「標準的性能特性」セクションに記載してあります。

前出の式によると、帰還抵抗の値が高いと R_{FBG} の影響を最小限に抑えられますが、値が低いと I_{FB} と I_{LEAK} の影響を最小限に抑えられます。FBノードのテブナン等価抵抗を100k～500kにすると、通常はほとんどのシナリオで適度な妥協点となります。

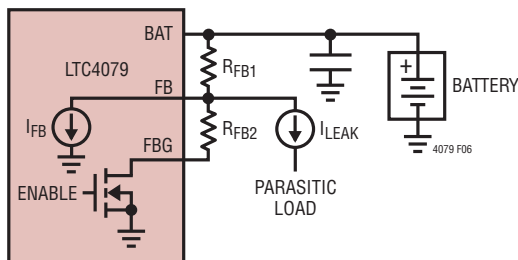


図6. 帰還抵抗分割器に関する検討事項

たとえば、 $R_{\text{FB1}} = 1.54\text{M}$ および $R_{\text{FB2}} = 249\text{k}$ （バッテリー充電電圧が8.4Vの場合）では、 $R_{\text{FBG}} = 160\Omega$ とすると充電電圧は0.06%減少しますが、 $I_{\text{LEAK}} = 10\text{nA}$ とすると0.18%増加します。

一般的なバッテリー充電電圧に対して考えられる標準の1%精度抵抗値の組み合わせを表1に示します。標準的な誤差の列には、1%精度の抵抗の値の精度に起因する系統誤差を示します。

表1. 一般的なバッテリー充電電圧に合わせた推奨の1%精度抵抗

V_{CHG}	R_{FB1}	R_{FB2}	標準的な誤差
3.6V	1070k	511k	+0.53%
4.1V	422k	169k	-0.27%
4.2V	1070k	412k	+0.18%
7.2V	1370k	267k	-0.42%
8.2V	1070k	178k	-0.04%
8.4V	1540k	249k	+0.02%
12.3V	1780k	187k	-0.02%
12.6V	2550k	261k	-0.05%

安定性に関する検討事項

チャージャが定電流モードである場合は、PROGピンのインピーダンスによってチャージャ電流制御ループの一部が形成されます。したがって、定電流モードでの安定性はPROGピンのインピーダンスのロールオフ周波数による影響を受けます。このピンの容量が最小（約10pF未満）の場合、チャージャは60k ($I_{\text{CHG}} = 5\text{mA}$) 程度の大きさのプログラム抵抗 (R_{PROG}) で安定しますが、このピンの容量がさらに増えると、プログラム抵抗の許容最大値は制限されます。

標準的な低インピーダンスのバッテリーをBATピンに接続している限り、定電圧ループは補償なしで安定します。ただし、標準で1kΩより高い高ESRのバッテリーを充電するときは、直列抵抗が1Ωの1μFコンデンサを推奨します。

高抵抗バッテリーの充電

内部抵抗の高いバッテリーを充電する場合は、バッテリー電圧が急速に上昇して定電圧モードに入ることがあります。充電電流が設定充電電流の1/10より少なくなると、タイマ・コンデンサがTIMERピンに接続されている場合でも、C/10に基づいて充電が終了する場合があります。これは、タイマ・ピンの電圧が0.3V未満のままである場合、C/10による充電終了とみなされるからです。TIMERピンから流れ出る電流がわずか200nAである場合は、タイマ容量を大きくすれば、充電サイクルの開始時にTIMERピンの電圧を短時間だけ0.3V未満に制限することができます。 ΔV_{RECHRG} と帰還抵抗分割器によって決まる再充電しきい値より高い電圧まで内部のバッテリー電

アプリケーション情報

圧が充電されなかった場合は、充電終了後に再充電サイクルが始まります。図7に示すように、この充電/再充電サイクルはTIMERピンの電圧が0.3Vより高くなる(タイマ充電終了機能が作動する)時点まで続きます。また、バッテリーはタイマ・コンデンサで設定される持続時間の間充電されます。

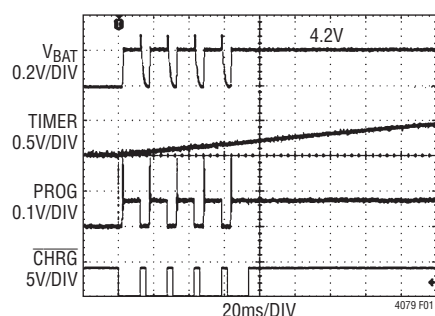


図7. バッテリーの抵抗値が高いために起動時に繰り返される充電終了。
 $C_{TIMER} = 82\text{nF}$ 、 $V_{CHG} = 4.2\text{V}$ 、 $I_{CHG} = 10\text{mA}$ 、およびバッテリー抵抗 = 300Ω

電力損失と温度レギュレーション

LTC4079は、接合部温度が高くなる大電力状態時に充電電流を自動的に低減します。したがって、ワーストケースの消費電力シナリオに対応する充電システムを設計する必要はありません。LTC4079が温度レギュレーションによって充電電流を低減する条件は、デバイス内で消費される電力を検討することにより概算できます。ほとんどの電力損失は充電経路内で生じます。したがって、電力損失は次式で概算されます。

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

温度レギュレーションによって充電電流が減少し始める概略の周囲温度は次式で与えられます。

$$T_A = 118^\circ\text{C} - P_D \cdot \theta_{JA}$$

$$T_A = 118^\circ\text{C} - (V_{IN} - V_{BAT}) \cdot I_{BAT} \cdot \theta_{JA}$$

温度レギュレーションが起動する周囲温度での低減充電電流は、次のように計算できます。

$$I_{BAT} = \frac{118^\circ\text{C} - T_A}{(V_{IN} - V_{BAT}) \cdot \theta_{JA}}$$

例：電圧が6.6Vで放電状態の2セル・リチウムイオン・バッテリーに100mAの電流を供給するよう設定された12Vの入力電源でLTC4079が動作するとします。

θ_{JA} を $43^\circ\text{C}/\text{W}$ と仮定すると、温度レギュレーションによって充電電流が減少し始める周囲温度は次のとおりです。

$$T_A = 118^\circ\text{C} - (12\text{V} - 6.6\text{V}) \cdot 100\text{mA} \cdot 43^\circ\text{C}/\text{W} = 95^\circ\text{C}$$

LTC4079は 95°C を超える周囲温度で使用できますが、周囲温度が 95°C から 118°C まで上昇するにつれて、充電電流は設定値である100mAから0mAまで直線的に減少します。

温度レギュレーション電流の増加

V_{IN} から V_{BAT} までの電圧降下が多いアプリケーションでは、充電電流が温度レギュレーション時に大幅に減少する可能性があります。熱的に安定化した充電電流を増加させるには、INピンと直列に接続した抵抗で電力をある程度放散する方法があります。抵抗を十分小さい値に設計して、LTC4079がドロップアウト状態にならないようにするとうまくいきます。

入力コンデンサの選択

入力電源を携帯機器に接続すると、ケーブルのインダクタンスとQ値の高い入力セラミック・コンデンサによってLC共振回路が形成されます。LTC4079は最大62Vの入力電圧に耐えることができますが、入力ケーブルの相互インダクタンスが適切でない場合やケーブルのインピーダンスがあまり高くない場合は、LTC4079の入力での電圧が、安定する前にケーブルの入力電圧の2倍に達することがあります。活線挿入時に過度の電圧によってLTC4079が損傷しないように、LTC4079の電源入力ピンに電圧係数の低いコンデンサを接続するのが最善です。

入力バイパス・コンデンサとしてタンタル・コンデンサまたはアルミ電解コンデンサを使用するか、セラミック・コンデンサと並列に接続しても活線挿入時の電圧オーバーシュートを低減できます。

アプリケーション情報

基板レイアウトに関する検討事項

プリント回路基板をレイアウトするときには、以下のチェックリストに従ってLTC4079が正しく動作するようにします。

1. パッケージの露出パッド(ピン11)は面積が大きいPC基板のグラウンドに直接接続し、熱インピーダンスを最小限に抑えます。1500mm²の1オンス両面銅基板に正しく半田付けすると、LTC4079 DFNパッケージの熱抵抗(θ_{JA})は約43°C/Wになります。パッケージ裏面の露出パッドとの間の接触が良好でなく、グラウンド・プレーンのサイズが適切でないと、熱抵抗が非常に大きくなります。
2. 充電電流経路での電圧降下に起因する誤差を発生させないようにするため、帰還抵抗分割器の上側をバッテリーの正極にできるだけ近づけて接続します。バッテリーの負極はデバイスのグラウンド・プレーンに直接接続して、グラウンド・ループ起因の充電電圧誤差を発生させないようにします。
3. 安定性と充電電圧精度の向上のため、FBノードの寄生容量および漏れ電流を最小限に抑えます。
4. タイマの精度を向上するため、TIMERピンの寄生容量および漏れ電流を最小限に抑えます。
5. 安定に動作させるには、PROGピンの寄生容量を最小限に抑えます。
6. 入力電圧レギュレーションのために入力電源からの抵抗分割器にENピンを接続している場合は、ENピンの寄生容量および漏れ電流を最小限に抑えます。

標準的応用例

タイマ充電終了機能を備えたりチウムイオン・チャージャ

図8の構成では、入力電源がバッテリーを5½時間充電し、負荷にも電流を供給します。(BATピンの)チャージャによって供給される最大電流は、PROGピンの1.21k抵抗によって設定された充電電流である246mAに制限されます。入力電源と直列に小さな抵抗を使用して $V_{IN}-V_{BAT}$ の値を低減し、それによって温度レギュレーション時に供給できる充電電流を増やします。バッテリーは、いったん充電されると、再充電サイクルの開始点である再充電しきい値より V_{BAT} が低くなるまで負荷に電力を供給します。

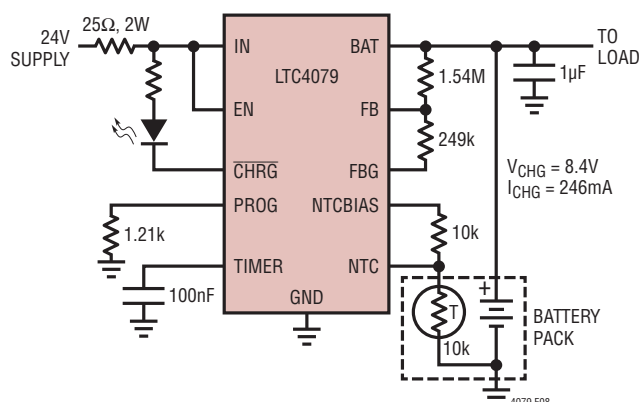


図8. タイマ充電終了機能を備えたりチウムイオン・チャージャ

タイマ充電終了機能を備えた、自動車用電源を電源とする2セルNiMH細流充電チャージャ

31時間後にタイマが終了する2セル、2500mAh、NiMH単三電池用の細流充電チャージャを図9に示します。バッテリー電圧が1セルにつき1.65Vに達すると、充電電流が減少します。

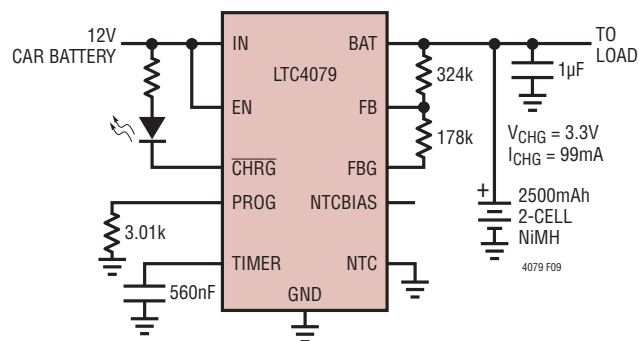


図9. タイマ充電終了機能を備えたNiMH細流チャージャ

差動電圧レギュレーション、C/10による充電終了機能を備えた、太陽電池パネルを電源とするリチウムイオン・バッテリーの充電

太陽電池パネルからの単純な充電ソリューションを図10に示します。低光量状態で充電する場合は、差動電圧レギュレーションによって充電電流を低減し、パネル電圧がバッテリー電圧より低くならないようにします。LTC4079では、パネルと直列に接続するショットキ・ダイオードは必要ありません。

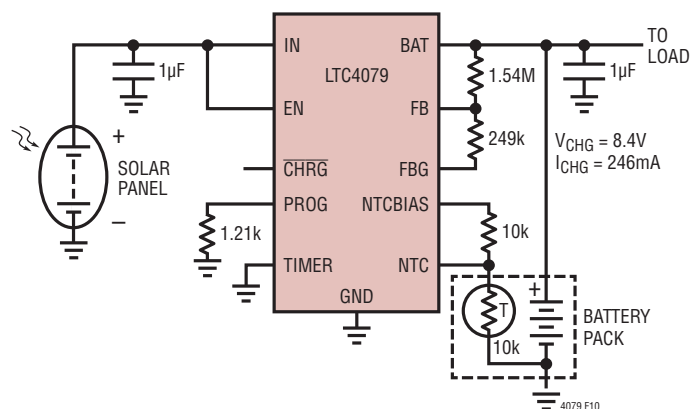


図10. 差動電圧レギュレーション機能を備えたりチウムイオン・チャージャ

2セル・リチウムイオン・バッテリーを電源とするスーパーキャパシタ・チャージャ

スタック化スーパーキャパシタの電圧が設定充電電圧に達すると、充電は終了します。スーパーキャパシタの電圧が再充電しきい値より低くなると、再充電サイクルが自動的に始まります。抵抗分割器バランスは、充電中にスタック化スーパーキャパシタのバランスを調整するために、オプションで切り替えることができます。

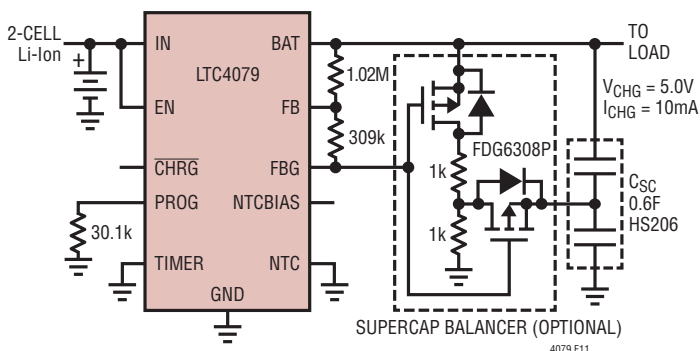


図11. C/10による充電終了機能を備えたりチウムイオン・チャージャ

標準的応用例

整流化された AC 24V を電源とする 12V 鉛蓄電池チャージャ

次の充電回路例では、鉛蓄電池が C/10 の割合で 15 時間にわたって細流充電されます。NTC サーミスタは、鉛蓄電池の目標充電電圧をバッテリー温度に基づいて変更する目的で使用されます。

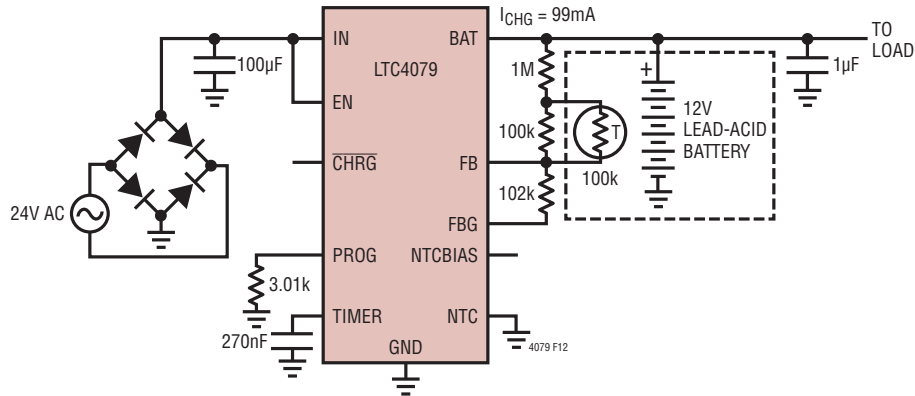
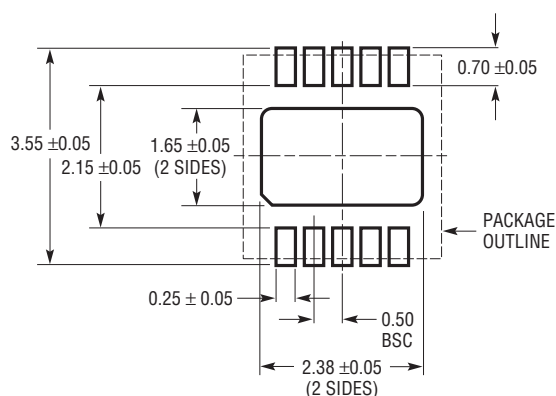


図 12. 整流化された AC 24V を電源とする鉛蓄電池細流充電チャージャ

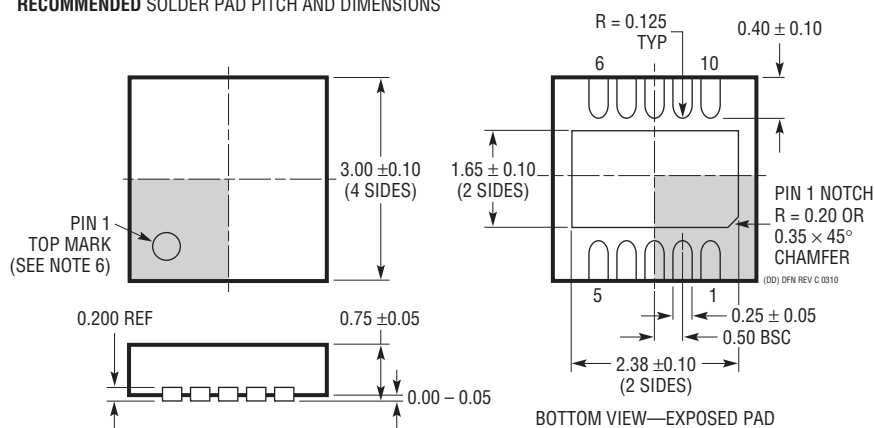
パッケージ

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

DD Package
10-Lead Plastic DFN (3mm × 3mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1699 Rev C)



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS



注記：

1. 図は JEDEC のパッケージ外形 MO-229 のバリエーション (WEED-2) になる予定
バリエーションの指定の現状については LTC の Web サイトのデータシートを参照
2. 図は実寸とは異なる
3. すべ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. 露出パッドは半田メッキとする
6. 灰色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

