

# 温度、電圧、電流を測定する 1A マルチセル・バッテリー・ガスゲージ

## 特長

- バッテリーの累積充電量および累積放電量を測定
- マルチセルの動作電圧範囲: 3.6V ~ 20V
- 50mΩのハイサイド検出抵抗を内蔵
- 電流検出範囲: ±1A
- 電圧、電流、および温度を測定する  
14ビット A/D コンバータ
- 電圧、電流、および充電量の精度: 1%
- ハイサイド検出
- あらゆるバッテリー組成および容量を対象とする汎用の測定
- I<sup>2</sup>C/SMBus インタフェース
- 設定可能なアラート出力/充電完了入力
- 静止電流: 120μA 未満
- 小型 8ピン (3mm×3mm) DFN パッケージ

## アプリケーション

- 電動工具
- 携帯型医療機器
- ビデオ・カメラ

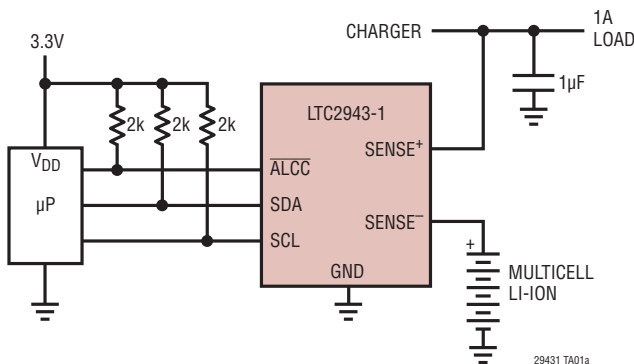
## 概要

LTC<sup>®</sup>2943-1は、バッテリーの充電状態、バッテリー電圧、バッテリー電流、および携帯型製品アプリケーションでのデバイス自体の温度を測定します。入力電圧範囲が広いので、最大20Vまでのマルチセル・バッテリーと組み合わせて使用できます。高精度のクーロン・カウンタにより、バッテリーの正極と負荷またはチャージャの間の検出抵抗を流れる電流を積分します。電圧、電流、および温度は内蔵の14ビット No Latency  $\Delta\Sigma$ <sup>™</sup> A/D コンバータにより測定されます。測定結果は内蔵のI<sup>2</sup>C/SMBus インタフェースを介してアクセス可能な内部レジスタに格納されます。

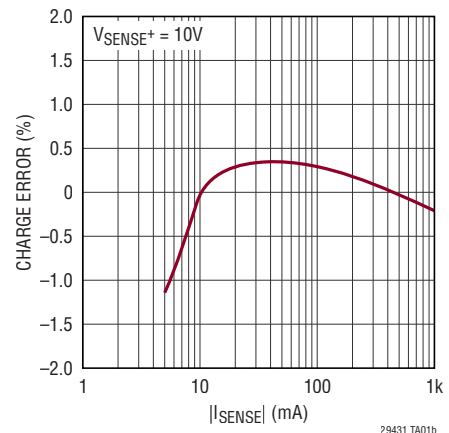
LTC2943-1は、4つの測定値すべてについて高低両方のしきい値をプログラム可能です。プログラムされたしきい値を超えると、デバイスはSMBusアラート・プロトコルを使用するか、内部状態レジスタにフラグを設定することにより、アラートを伝達します。

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。No Latency  $\Delta\Sigma$  および PowerPath はリニアテクノロジー社の商標です。その他全ての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。米国特許 8390363 によって保護されています。

## 標準的応用例



全電荷量誤差と電流検出



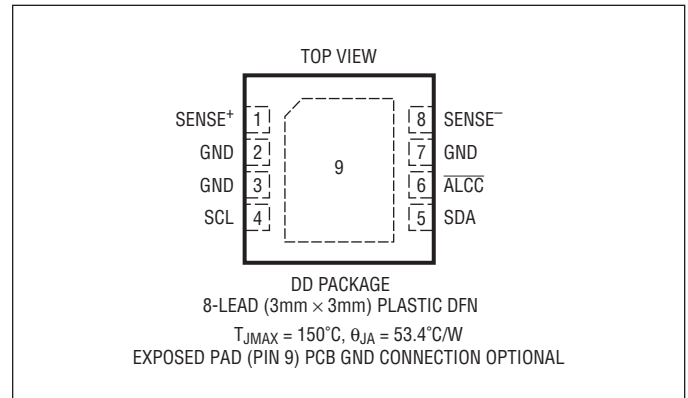
# LTC2943-1

## 絶対最大定格

(Note 1, 2)

電源電圧 (SENSE <sup>+</sup> )	-0.3V ~ 24V
SCL、SDA、ALCCの電圧	-0.3V ~ 6V
検出電流 (SENSE <sup>-</sup> への流入)	±2A
動作周囲温度範囲	
LTC2943C-1	0°C ~ 70°C
LTC2943I-1	-40°C ~ 85°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
LTC2943CDD-1#PBF	LTC2943CDD-1#TRPBF	LGQN	8-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC2943IDD-1#PBF	LTC2943IDD-1#TRPBF	LGQN	8-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C

更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。

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/tapeand reel/>をご覧ください。

一部のパッケージは、#TRMPBF接尾部を付けることにより、指定の販売経路を通じて500個入りのリールで供給可能です。

## 電気的特性

● は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は T<sub>A</sub> = 25°Cでの値 (Note 2)。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>電源要件</b>							
V <sub>SENSE+</sub>	Supply Voltage		3.6		20	V	
I <sub>SUPPLY</sub>	Supply Current (Note 3)	Battery Gas Gauge On, ADC Sleep	●	80	120	μA	
		Battery Gas Gauge On, ADC On	●	650	750	μA	
		Shutdown	●	15	25	μA	
V <sub>UVLO</sub>	Undervoltage Lockout Threshold	V <sub>SENSE+</sub> Falling	●	3.0	3.3	3.6	V
<b>クーロン・カウンタ</b>							
I <sub>SENSE</sub>	Sense Current		●		±1	A	
R <sub>SENSE</sub>	Internal Sense Resistance			50		mΩ	
R <sub>FP</sub>	Pin-to-Pin Resistance from SENSE <sup>+</sup> to SENSE <sup>-</sup>	(Note 8)		50	74	100	mΩ
q <sub>LSB</sub>	Charge LSB (Note 4)	Prescaler M = 4096(Default)		0.4		mAh	
TCE	Total Charge Error (Note 5)	0.2A ≤  I <sub>SENSE</sub>   ≤ 1A DC	●		±1	%	
		0.2A ≤  I <sub>SENSE</sub>   ≤ 1A DC, 0°C to 70°C	●		±1.5	%	
		0.02A ≤  I <sub>SENSE</sub>   ≤ 1A DC (Note 8)	●		±3.5	%	
V <sub>OSE</sub>	Effective Differential Offset Current (Note 9)	I <sub>SENSE</sub> ≥ 10mA, V <sub>SENSE+</sub> = 10V	●	100	200	μA	

29431f

## 電気的特性

● は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>電圧測定 ADC</b>						
	Resolution (No Missing Codes)	(Note 8)	●	14		Bits
$V_{FS(V)}$	Full-Scale Voltage Conversion			23.6		V
$\Delta V_{LSB}$	Quantization Step of 14-Bit Voltage ADC	(Note 6)		1.44		mV
$TUE_V$	Voltage Total Unadjusted Error		●		1 1.3	% %
$Gain_V$	Voltage Gain Accuracy		●		1.3	%
$INL_V$	Integral Nonlinearity	$V_{SENSE^+} > 5V$	●	$\pm 1$	$\pm 4$	LSB
		$3.6V \leq V_{SENSE^+} \leq 5V$	●		$\pm 8$	LSB
$T_{CONV(V)}$	Voltage Conversion Time		●		48	ms
<b>電流測定 ADC</b>						
	Resolution (No Missing Codes)	(Note 8)	●	12		Bits
$V_{FS(I)}$	Full-Scale Current Conversion		●	$\pm 1.3$		A
$V_{SENSE}$	Sense Voltage Differential Input Range	$V_{SENSE^+} - V_{SENSE^-}$	●		$\pm 1$	A
$\Delta I_{LSB}$	Quantization Step of 12-Bit Current ADC	(Note 6)		317.4		$\mu\text{A}$
$Gain_I$	Current Gain Accuracy	$0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$	●		1 1.3	% %
		$-40^\circ\text{C to } 85^\circ\text{C}$	●		3	%
$V_{OS(I)}$	Offset			$\pm 1$	$\pm 10$	LSB
$INL_I$	Integral Nonlinearity		●	$\pm 1$	$\pm 4$	LSB
$T_{CONV(I)}$	Current Conversion Time		●		8	ms
<b>温度測定 ADC</b>						
	Resolution (No Missing Codes)	(Note 8)	●	11		Bits
$T_{FS}$	Full-Scale Temperature			510		K
$\Delta T_{LSB}$	Quantization Step of 11-Bit Temperature ADC	(Note 6)		0.25		K
$TUE_T$	Temperature Total Unadjusted Error			$\pm 3$		K
$T_{CONV(T)}$	Temperature Conversion Time		●		8	ms
<b>デジタル入力とデジタル出力</b>						
$V_{ITH(HV)}$	Logic Input Threshold	$V_{SENSE^+} \geq 5V$	●	0.8	2.2	V
$V_{ITH(LV)}$		$3.6V < V_{SENSE^+} < 5V$		0.45	1.8	V
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage, $\overline{ALCC}$ , SDA	$I = 3\text{mA}$ , $V_{SENSE^+} \geq 5V$	●		0.4	V
$I_{IN}$	Input Leakage, $\overline{ALCC}$ , SCL, SDA	$V_{IN} = 5V$	●		$\pm 1$	$\mu\text{A}$
$C_{IN}$	Input Capacitance, $\overline{ALCC}$ , SCL, SDA	(Note 8)	●		10	pF
$t_{PCC}$	Minimum Charge Complete (CC) Pulse Width				1	$\mu\text{s}$

## 電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>I<sup>2</sup>C タイミング特性</b>						
f <sub>SCL(MAX)</sub>	Maximum SCL Clock Frequency		●	400	900	kHz
t <sub>BUF(MAX)</sub>	Bus Free Time Between Stop/Start		●		1.3	μs
t <sub>SU(STA(MIN))</sub>	Minimum Repeated Start Set-Up Time		●		600	ns
t <sub>HD(STA(MIN))</sub>	Minimum Hold Time (Repeated) Start Condition		●		600	ns
t <sub>SU(STO(MIN))</sub>	Minimum Set-Up Time for Stop Condition		●		600	ns
t <sub>SU(DAT(MIN))</sub>	Minimum Data Setup Time Input		●		100	ns
T <sub>HD(DAT(MIN))</sub>	Minimum Data Hold Time Input		●		50	ns
T <sub>HDDATO</sub>	Data Hold Time Input Output		●	0.3	0.9	μs
T <sub>OF</sub>	Data Output Fall Time	(Notes 7, 8)	●	20 + 0.1 • C <sub>B</sub>		ns

**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。また、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おそれがある。

**Note 2:** 注記がない限り、ピンに流れ込む電流はすべて正であり、すべての電圧はGNDを基準にしている。

**Note 3:**  $I_{SUPPLY} = I_{SENSE+} + I_{SENSE-}$ 。ほとんどの動作モードでは、 $I_{SUPPLY}$ はSENSE<sup>+</sup>ピンに流れ込む。ADC変換時のみ、電流はSENSE<sup>-</sup>ピンにも流れ込む。通常、ADCの電圧変換時は  $I_{SENSE-} = V_{SENSE-}/150k$  であり、ADCの電流変換時は  $I_{SENSE-} = 20\mu\text{A}$ 。

**Note 4:** 累積電荷量レジスタのLSBの等価電荷量は、R<sub>SENSE</sub>の値と内部プリスケアラ係数Mの設定によって決まる。

$$Q_{LSB} = 0.4\text{mAh} \cdot (M/4096)$$

詳細については「クーロン・カウンタのプリスケアラ係数Mの選択」のセクションを参照。1mAh = 3.6C(クーロン)

**Note 5:** 公称値からのQ<sub>LSB</sub>の偏差。

**Note 6:** 電圧モードでの14ビットADC、電流モードでの12ビットADC、および温度モードでの11ビットADCの量子化ステップは、それぞれの複合16ビット・レジスタのLSBと同じではない。詳細は「電圧、電流および温度レジスタ」のセクションを参照。

**Note 7:** C<sub>B</sub> = 1本のバスラインの容量(単位pF)。10pF ≤ C<sub>B</sub> ≤ 400pF。

**Note 8:** 設計によって保証されているが、テストされない。

**Note 9:** 「全電荷量誤差に対する差動オフセット電圧の影響」のセクションを参照。

タイミング図

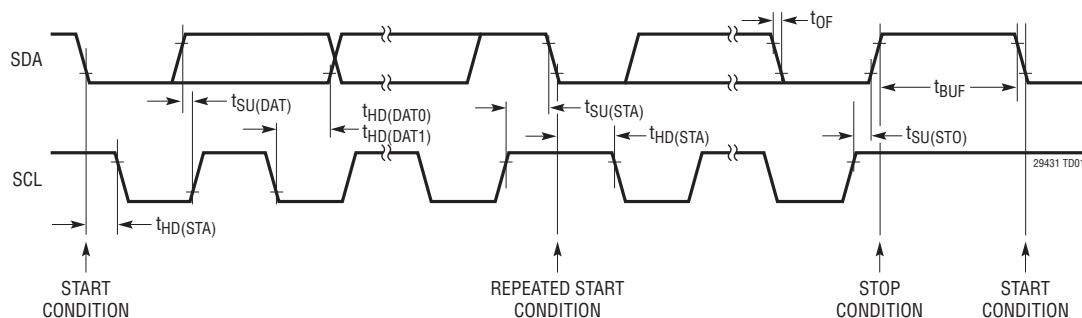
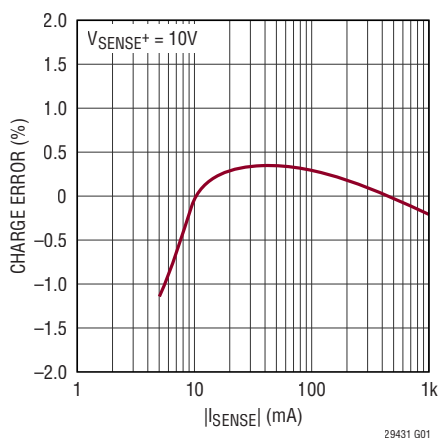


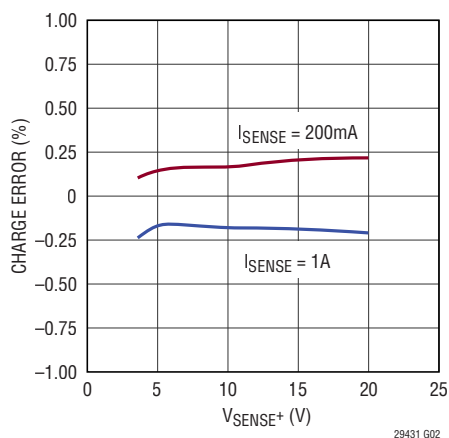
図1. I<sup>2</sup>Cバスのタイミングの定義

標準的性能特性

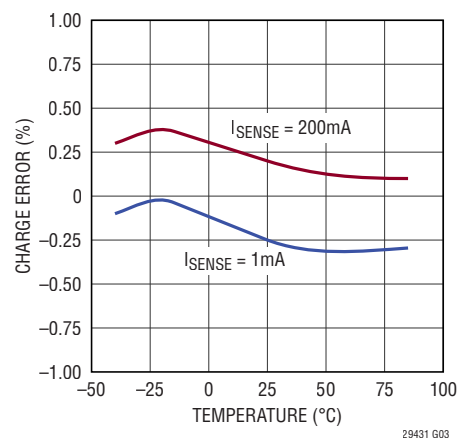
全電荷量誤差と検出電流



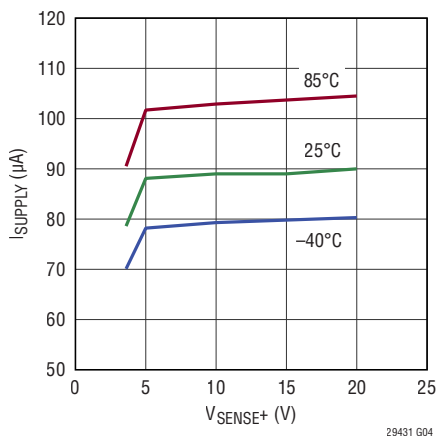
全電荷量誤差と電源電圧



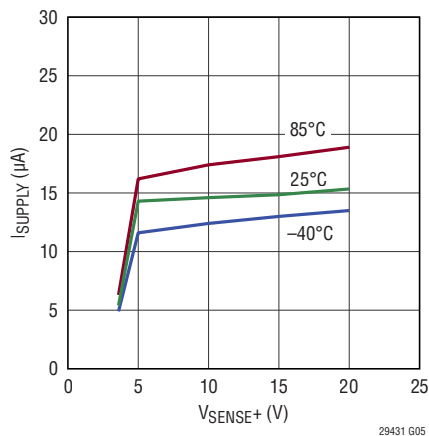
全電荷量誤差と温度



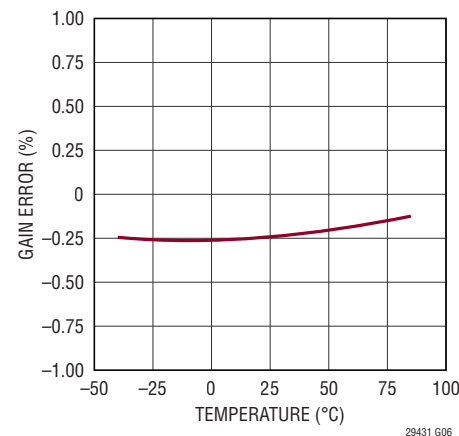
電源電流と電源電圧



シャットダウン時の電源電流と電源電圧

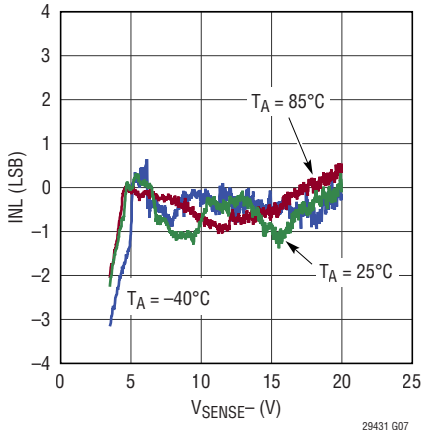


電圧測定 ADC の利得誤差と温度

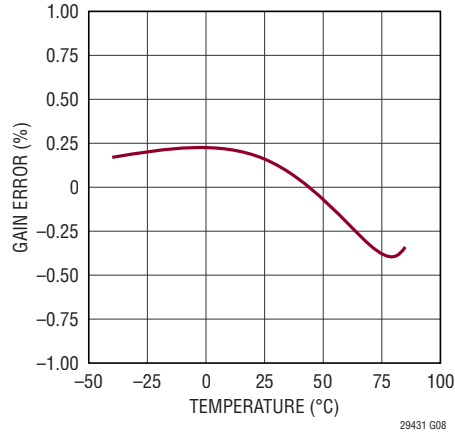


## 標準的性能特性

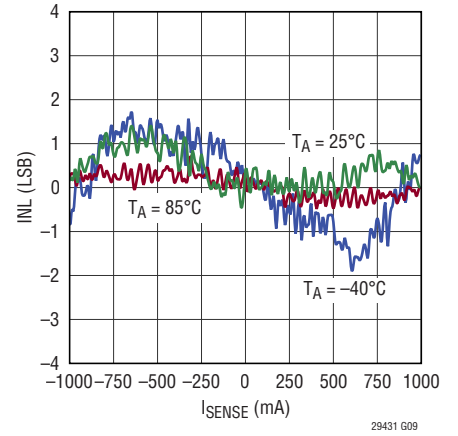
電圧測定 ADC の積分非直線性



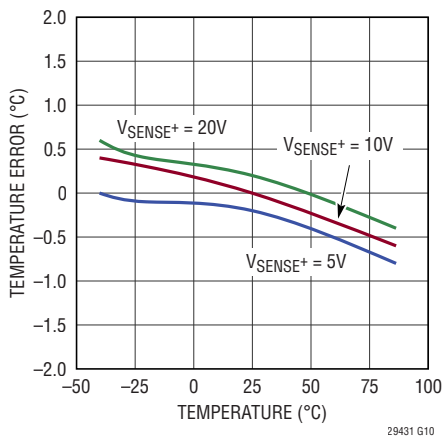
電流測定 ADC の利得誤差と温度



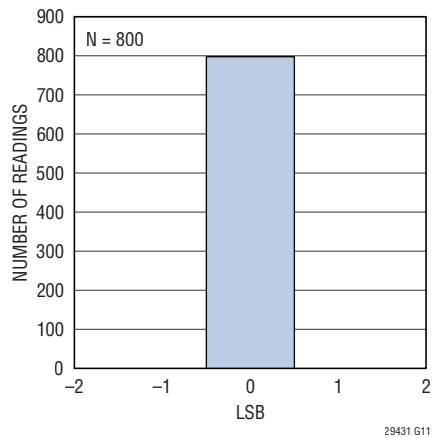
電流測定 ADC の積分非直線性



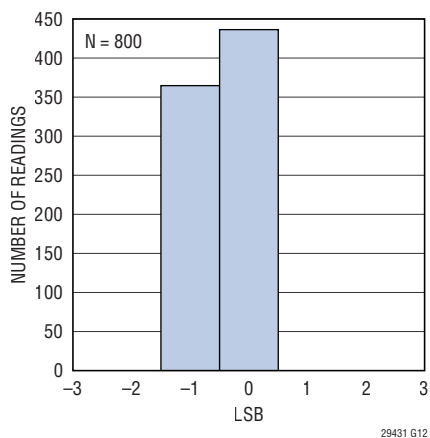
温度誤差と温度



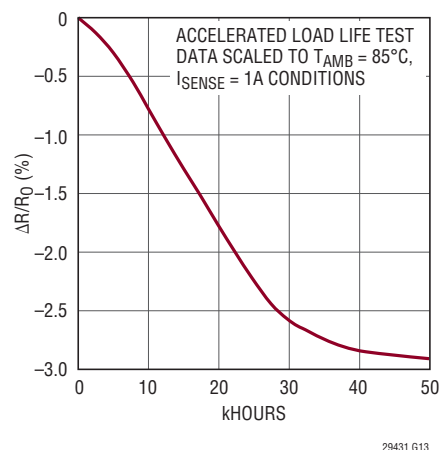
電圧測定ノイズ



電流測定ノイズ



検出抵抗の安定性



## ピン機能

**SENSE<sup>+</sup> (ピン1)** : 正電流検出入力および電源。負荷およびバッテリー・チャージャの出力に接続します。V<sub>SENSE+</sub> の動作範囲は3.6V～20Vです。SENSE<sup>+</sup>は電流測定時のADCへの入力にもなります。ピン1とピン2のできるだけ近くに配置した1μFのコンデンサを使用してGNDにバイパスします。

**GND (ピン2、3、7)** : デバイスのグランド。バッテリーの負端子に直接接続します。

**SCL (ピン4)** : シリアル・バスのクロック入力。SCLは、50μA (標準)の電流により、ロジック入力“H”しきい値より高い約2V (標準)まで内部で引き上げられます。

**SDA (ピン5)** : シリアル・バスのデータ入力および出力。SDAは、50μA (標準)の電流により、ロジック入力“H”しきい値より高い約2V (標準)まで内部で引き上げられます。

**ALCC (ピン6)** : アラート出力または充電完了入力。制御レジスタのビットB[2:1]によりSMBusアラート出力または充電完了入力として設定します。このピンは、起動時にデフォルトでSMBusアラート応答プロトコルに従うアラート・モードになります。これはオープンドレイン・ロジックの出力として動作し、いずれかのしきい値レジスタの値を超えるとGNDまで下がります。充電完了入力として設定するときは、バッテリー・チャージャ回路の充電完了出力に接続します。CCが“L”になると累積電荷量(レジスタC、D)の値はFFFFhになります。

**SENSE<sup>-</sup> (ピン8)** : 負の電流検出入力。SENSE<sup>-</sup>はバッテリーの正極に接続します。このピンへの流入電流/このピンからの流出電流は、通常動作時は1Aを超えることはできません。電圧と電流の測定時にはSENSE<sup>-</sup>がADCへの入力にもなります。

**露出パッド (ピン9)** : 露出パッドは開放のままでも、デバイスのグランド(GND)に接続してもかまいません。



## 動作

プログラム可能なプリスケアラは、1～4096の範囲でプログラム可能な係数Mだけ積分時間を実効的に延長します。プリスケアラがアンダーフローまたはオーバーフローするたびに、累積電荷量レジスタ(ACR)の値が1カウントずつインクリメントまたはデクリメントされます。累積電荷量の値はI<sup>2</sup>Cインタフェースを介して読み出されます。

### 電圧、電流および温度ADC

LTC2943-1は14ビットのNo Latency ΔΣ ADCに加え、クロック回路と電圧リファレンス回路を内蔵しています。

このADCは、SENSE<sup>-</sup>のバッテリー電圧または検出抵抗を流れるバッテリー電流のモニタや、内蔵温度センサの出力の変換に使用することができます。

電圧、電流および温度の変換は、I<sup>2</sup>Cインタフェース経由で制御レジスタをプログラムすることによってトリガされます。LTC2943-1はスキャン・モードを備えており、このモードでは電圧、電流および温度の変換の測定が10秒ごとに行われま

す。それぞれの変換が終わると対応するレジスタが更新され、暗電流を最小限に抑えるためにコンバータはスリープ状態になります。

温度センサは2mV/Kのスロープで温度に比例した電圧を生成し、27°Cでの電圧は600mVです。

### パワーアップ・シーケンス

SENSE<sup>+</sup>が約3.3Vのしきい値を超えると、LTC2943-1は内部パワーオン・リセット(POR)信号を生成してすべてのレジスタをそのデフォルト状態に設定します。デフォルト状態では、クーロン・カウンタがアクティブになって電圧、電流および温度ADCがオフになります。累積電荷量レジスタはミッドスケール(7FFFh)に設定され、すべての「下側」しきい値レジスタが0000hに、すべての「上側」しきい値レジスタがFFFFhに設定されます。アラート・モードがイネーブルされ、クーロン・カウンタのプリスケアラ係数Mは4096に設定されます。

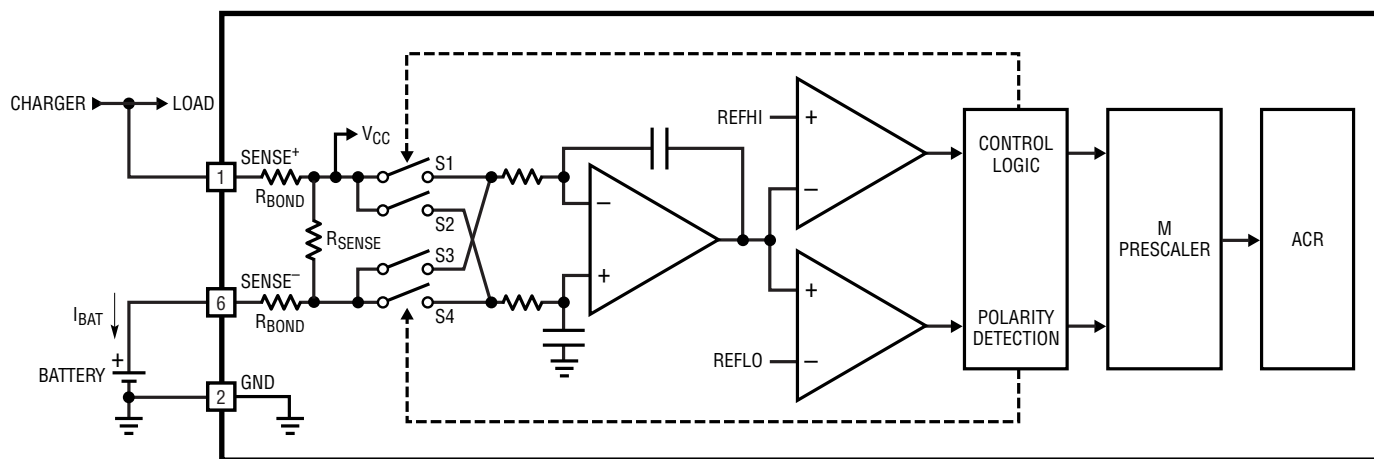


図2. LTC2943-1のクーロン・カウンタ・セクション

## アプリケーション情報

### 内部レジスタ

LTC2943-1のレジスタ・マップを表1に示します。LTC2943-1は検出抵抗を流れる電流を積分し、バッテリー電圧、バッテリー電流および温度を測定し、I<sup>2</sup>C経由でアクセスできる内部16ビット・レジスタにそれらの結果を格納します。上限値と下限値はそれぞれの測定量に対して設定できます。LTC2943-1はこれらの制限値を継続的にモニタして、制限値を超えた場合は状態レジスタにフラグをセットします。アラート・モードがイネーブルされた場合はALCCピンが“L”になります。

表1. レジスタ・マップ

アドレス	名称	レジスタの内容	R/W	デフォルト
00h	A	ステータス	R	表2を参照
01h	B	制御	R/W	3Ch
02h	C	累積電荷量MSB	R/W	7Fh
03h	D	累積電荷量LSB	R/W	FFh
04h	E	電荷量しきい値「上側」MSB	R/W	FFh
05h	F	電荷量しきい値「上側」LSB	R/W	FFh
06h	G	電荷量しきい値「下側」MSB	R/W	00h
07h	H	電荷量しきい値「下側」LSB	R/W	00h
08h	I	電圧MSB	R	00h
09h	J	電圧LSB	R	00h
0Ah	K	電圧しきい値「上側」MSB	R/W	FFh
0Bh	L	電圧しきい値「上側」LSB	R/W	FFh
0Ch	M	電圧しきい値「下側」MSB	R/W	00h
0Dh	N	電圧しきい値「下側」LSB	R/W	00h
0Eh	O	電流MSB	R	00h
0Fh	P	電流LSB	R	00h
10h	Q	電流しきい値「上側」MSB	R/W	FFh
11h	R	電流しきい値「上側」LSB	R/W	FFh
12h	S	電流しきい値「下側」MSB	R/W	00h
13h	T	電流しきい値「下側」LSB	R/W	00h
14h	U	温度MSB	R	00h
15h	V	温度LSB	R	00h
16h	W	温度しきい値「上側」	R/W	FFh
17h	X	温度しきい値「下側」	R/W	00h

R = 読み出し、W = 書き込み

電荷量、電圧、電流、温度の各アラートのステータスは、表2に示す状態レジスタに報告されます。

表2. 状態レジスタ(A)

ビット	名称	動作	デフォルト
A[7]	予備		
A[6]	電流アラート	どちらかの電流制限値を超えたことを示す	0
A[5]	累積電荷量 オーバーフロー/ アンダーフロー	ACRの値が上限または下限に達していることを示す	0
A[4]	温度アラート	どちらかの温度制限値を超えたことを示す	0
A[3]	電荷量アラート 「上側」	ACRの値が電荷量しきい値の上限値を超えたことを示す	0
A[2]	電荷量アラート 「下側」	ACRの値が電荷量しきい値の下限値を超えたことを示す	0
A[1]	電圧アラート	どちらかの電圧制限値を超えたことを示す	0
A[0]	低電圧ロックアウト・アラート	低電圧からの回復を示す。 1にセットされた場合はUVLOが発生したことを示し、レジスタの内容は不定となる	1

電圧、電流、温度の各変換後、変換結果がそれぞれのしきい値レジスタの値と比較されます。しきい値レジスタの値を超える場合は、対応するビットA[6]、A[4]またはA[1]がセットされます。

アナログ積分器がプリスケアラの値をインクリメントまたはデクリメントするたびに、累積電荷量レジスタ(ACR)の値が電荷量しきい値と比較されます。ACRの値がしきい値レジスタの値を超えると、対応するビットA[3]またはA[2]がセットされます。ビットA[5]は、累積電荷量レジスタ(ACR)がオーバーフローまたはアンダーフローするとセットされます。オーバーフローまたはアンダーフローの都度、ACRは転換して積分を再開します。

動作中にSENSE<sup>+</sup>ピンの電圧がPORレベルに達することなく3.5V未満に低下した場合は、状態レジスタの低電圧ロックアウト(UVLO)ビットA[0]がセットされます。クーロン・カウンタのアナログ部分はスイッチオフしますが、デジタルのレジスタ値は保持されます。電源電圧の回復後はクーロン・カウンタが累積電荷量レジスタ内に格納された値を使って積分を再開しますが、SENSE<sup>+</sup><3.5Vの間に流れた電荷量は積算されません。

## アプリケーション情報

状態レジスタのすべてのビットはホストによる読み出し後クリアされますが、次の温度、電圧、電流の変換または電荷量の積分の後、対応するアラート条件がまだ満たされていれば、再アサートされる可能性があります。

### 制御レジスタ(B)

LTC2943-1の動作は、制御レジスタをプログラムすることによって制御します。表3に8ビット制御レジスタのB[7:0]の構成を示します。

表3. 制御レジスタ(B)

ビット	名称	動作	デフォルト
B[7:6]	ADCモード	[11]自動モード:電圧、電流、温度の変換を連続して行う [10]スキャンモード:電圧、電流、温度の変換を10秒ごとに行う [01]マニュアルモード:電圧、電流、温度の変換を1回行ってスリープ状態になる [00]スリープ	[00]
B[5:3]	プリスケアラ 係数M	クーロン・カウンタのプリスケアラ係数Mを1~4096の範囲で設定。デフォルトは4096。最大値は4096に制限。	[111]
		B[5:3]   M	
		000   1	
		001   4	
		010   16	
		011   64	
		100   256	
		101   1024	
		110   4096	
		111   4096	

ビット	名称	動作	デフォルト
B[2:1]	ALCC設定	ALCCピンを設定。 [10]アラート・モード。 アラート機能をイネーブル。 ピンはロジック出力となる。 [01]充電完了モード。ピンはロジック入力となって(例えばチャージャからの)充電完了の反転信号を受け入れ、累積電荷量レジスタ(C, D)をFFFFhに設定。 [00]ALCCピンをディスエーブル。 [11]使用不可。	[10]
B[0]	シャットダウン	アナログ部分をシャットダウンしてISUPPLYを低減。	[0]

### パワーダウンB[0]

B[0]を1にセットするとLTC2943-1のアナログ部分がシャットダウンして、消費電流が15 $\mu$ A未満(標準)になります。I<sup>2</sup>C通信を管理する回路は動作し続け、レジスタ内の値は保持されます。B[0]が1の間には流れる電荷量は測定されず、累積電荷量レジスタの1LSBを下回る電荷情報は失われることに注意してください。

### アラート/充電完了の設定B[2:1]

ALCCピンは制御レジスタによって設定されるデュアル機能ピンです。ビットB[2:1]を[10](デフォルト)に設定すると、ALCCピンはSMBusプロトコルに従ってアラート・ピンとして設定されます。この設定では、4つの測定量(電荷量、電圧、電流、温度)のいずれかが上下のしきい値を超えた場合、または累積電荷量レジスタの値がオーバーフローかアンダーフローした場合、ALCCピンが“L”になります。マスタによって開始されるアラート応答手順によりALCCピンのアラートはリセットされます。アラート状態のためALCCピンが“L”であるとき、このピンの設定が変更された場合、アラート応答手順(ARA)がマスタにより問題なく発行されるまで、デバイスはALCCピンを“L”に保ちます。詳細については「アラート応答プロトコル」のセクションを参照してください。

制御ビットB[2:1]を[01]にセットすると、ALCCピンはデジタル入力ピンとして設定されます。このモードでは、ALCCピンに“L”を入力すると、バッテリーの満充電状態がLTC2943-1に通知され、累積電荷量レジスタはその最大値FFFFhに設定されます。

## アプリケーション情報

アラート機能も充電完了機能も必要ない場合は、B[2:1]を[00]にセットします。これでALCCピンがディスエーブルされるので、10kの抵抗を使ってI<sup>2</sup>Cバスの電源に接続する必要があります。

B[2:1]を[11]にセットするとアラート・モードと充電完了モードが同時にイネーブルされるので、この設定は避けてください。

### クーロン・カウンタのプリスケアラ係数Mの選択 B[5:3]

最大電流(I<sub>MAX</sub>)と比べてバッテリー容量(Q<sub>BAT</sub>)が小さい場合は、プリスケアラ値Mをデフォルト値(4096)から変更します。

このようにバッテリーが小さく最大電流が大きいアプリケーションでは、バッテリー容量に対してq<sub>LSB</sub>が非常に大きくなる可能性があります。例えば、バッテリー容量が100mAhで最大電流が1Aの場合、デフォルト値M = 4096により、次の結果が得られます。

$$q_{LSB} = 0.4\text{mAh}$$

このときバッテリー容量はわずか250 q<sub>LSB</sub>に相当し、累積電荷量レジスタの使用率は0.5%未満です。

このような場合でもデジタル分解能を維持できるように、LTC2943-1はプログラム可能なプリスケアラを備えています。プリスケアラ係数Mを小さくすればq<sub>LSB</sub>が小さくなり、累積電荷量レジスタがバッテリー容量により適合したものになります。プリスケアラ係数Mは1からデフォルト値の4096までの範囲で選ぶことができます。これにより、電荷量LSBは次のようになります。

$$q_{LSB} = 0.4\text{mAh} \cdot \frac{M}{4096}$$

累積電荷量レジスタをできるだけ広範囲にわたって使用するには、次式に示すように、与えられたバッテリー容量Q<sub>BAT</sub>と検出抵抗R<sub>SENSE</sub>に合わせてプリスケアラ係数Mを選びます。

$$M \geq 4096 \cdot \frac{Q_{BAT}}{2^{16} \cdot 0.4\text{mAh}}$$

Mは、制御レジスタのB[5:3]をM = 2<sup>2·(4·B[5]+2·B[4]+B[3])</sup>としてプログラムすることにより、1、4、16、… 4096に設定できます。デフォルト値は4096です。

100mAhのバッテリーを使用する上記の例では、プリスケアラをM = 64に設定します。この場合、q<sub>LSB</sub>は6.25μAhとなり、バッテリー容量は16000 q<sub>LSB</sub>に相当します。

### ADCモード B[7:6]

LTC2943-1はADCを備えており、SENSE<sup>-</sup>の電圧(バッテリー電圧)、SENSE<sup>+</sup>とSENSE<sup>-</sup>の間を流れる電流(バッテリー電流)、または内部温度センサを介して温度を測定します。ADC用のリファレンス電圧とクロックは内部で生成されます。

ADCには、表3に示すように4つの異なる動作モードがあります。これらのモードは、制御レジスタのビットB[7:6]によって制御されます。起動時はビットB[7:6]が[00]にセットされ、ADCはスリープ・モードになります。

3つの測定量の単発変換は、ビットB[7:6]を[01]にセットすることによって開始されます。3つの変換(電圧、電流および温度)を行うと、ADCはB[7:6]を[00]にリセットしてスリープ・モードに戻ります。

B[7:6]を[10]にセットすると、LTC2943-1はスキャン・モードに設定されます。スキャン・モードでは、ADCは電圧、電流、温度の順に変換を行った後、約10秒間スリープ状態になります。その後自動的に再度復帰し、3つの変換を繰り返します。デバイスは、ホストによってプログラムし直されるまでスキャン・モードを維持します。

B[7:6]を[11]に設定すると、デバイスはADCが電圧、電流、温度の変換を連続して行う自動モードにセットされます。デバイスは、ホストによってプログラムし直されるまで自動モードを維持します。

B[7:6]を[00]に設定すると、ADCはスリープ状態になります。変換中に制御ビットB[7:6]が変化すると、ADCは実行中の変換サイクルを完了させてから新しく選択されたモードに移行します。

電圧の変換には33ms(標準)が必要で、電流と温度の変換は4.5ms(標準)で完了します。それぞれの変換が終了すると、対応するレジスタが更新されます。変換された量がしきい値レジスタで設定された値を超える場合は状態レジスタにフラグがセットされ、(アラート・モードがイネーブルされている場合)ALCCピンが“L”になります。

## アプリケーション情報

### アラートしきい値レジスタ (E, F, G, H, K, L, M, N, Q, R, S, T, W, X)

それぞれの測定量(バッテリー電荷量、電圧、電流および温度)に対して、LTC2943-1は上下のしきい値レジスタを備えています。起動時には、上側のしきい値はFFFFhに、下側のしきい値は0000hに設定されますが、これらのしきい値は無効にもできます。すべてのしきい値はI<sup>2</sup>Cを介して望む値に設定できます。ビットB[2:1]を介してアラート・モードがイネーブルされている場合、測定量が上側のしきい値を超えるか下側のしきい値を下回ると、LTC2943-1は直ちに状態レジスタ内の対応するフラグをセットして、 $\overline{\text{ALCC}}$ ピンを“L”にします。

### 累積電荷量レジスタ (C, D)

LTC2943-1のクーロン計数回路は検出抵抗を流れる電流を積分します。この電荷量の積分結果は16ビットの累積電荷量レジスタ(レジスタC, D)に格納されます。LTC2943-1には起動時の実際のバッテリー状態が分からないので、累積電荷量レジスタ(ACR)はミッドスケール(7FFFh)に設定されます。ホスト側でバッテリーの状態が分かっている場合は、ビットB[2:1]により充電完了モードがイネーブルされていれば、累積電荷量(C[7:0]D[7:0])をI<sup>2</sup>C経由で正しい値に設定するか、 $\overline{\text{ALCC}}$ ピンを“L”にすることによって充電後にFFFFh(フル)に設定することができます。累積電荷量レジスタに書き込みを行う場合は、事前にB[0]を1にセットして一時的にアナログ・セクションをシャットダウンすることに注意してください。MSB C[7:0]の読み出しとLSB D[7:0]の読み出しの間で累積電荷量レジスタが変化するのを避けるために、これらを図9に示すようにシーケンシャルに読み出すことを推奨します。

### 電圧レジスタ (I, J) と電圧しきい値レジスタ (K, L, M, N)

SENSE<sup>-</sup>の電圧を14ビットADCで変換した結果は電圧レジスタ(I, J)に格納されます。

16ビットの電圧レジスタI[7:0]J[7:0]の結果から、測定電圧は次式で計算することができます。

$$V_{\text{SENSE}^-} = 23.6\text{V} \cdot \frac{\text{RESULT}_h}{\text{FFFF}_h} = 23.6\text{V} \cdot \frac{\text{RESULT}_{\text{DEC}}}{65535}$$

例1: レジスタ値I[7:0] = B0hおよびJ[7:0] = 1Chは、次式で示されるSENSE<sup>-</sup>の電圧に対応します。

$$V_{\text{SENSE}^-} = 23.6\text{V} \cdot \frac{\text{B01Ch}}{\text{FFFF}_h} = 23.6\text{V} \cdot \frac{45084_{\text{DEC}}}{65535} \approx 16.235\text{V}$$

例2: 7.2Vのバッテリー電圧に合わせて下側のしきい値を設定するには、レジスタMを4Ehに、レジスタNを1Ahにプログラムします。

### 電流レジスタ (O, P) と電流しきい値レジスタ (Q, R, S, T)

電流変換の結果は電流レジスタ(O, P)に格納されます。

ADCの分解能は電流モードでは12ビットなので、電流レジスタ・ペア(O, P)の下位4ビットは常にゼロです。

ADCは、検出抵抗R<sub>SENSE</sub>の両端の電圧V<sub>SENSE</sub>を変換してバッテリー電流を測定します。バッテリーが充電中か放電中かによって、R<sub>SENSE</sub>で測定される電圧降下が正または負になります。結果は、32767を差し引いた値でレジスタOおよびPに格納されます。O[7:0] = FFh, P[7:0] = FFhは正のフルスケール電流1.3Aに対応します。一方、O[7:0] = 00h, P[7:0] = 00hは負のフルスケール電流-1.3Aに対応します。バッテリー電流は、2バイト・レジスタO[7:0]P[7:0]と選択した検出抵抗R<sub>SENSE</sub>の値から得られます。

$$I_{\text{BAT}} = 1.3\text{A} \cdot \left( \frac{\text{RESULT}_h - 7\text{FFF}_h}{7\text{FFF}_h} \right) = 1.3\text{A} \cdot \left( \frac{\text{RESULT}_{\text{DEC}} - 32767}{32767} \right)$$

バッテリーの充電中は正の電流が測定され、バッテリーの放電中は負の電流が測定されます。

## アプリケーション情報

例1: レジスタ値O[7:0] = A8h、P[7:0] = 40hを検出抵抗R<sub>SENSE</sub> = 50mΩと組み合わせると、次のバッテリー電流に対応します。

$$I_{BAT} = 1.3A \cdot \left( \frac{A840_h - 7FFF_h}{7FFF_h} \right) =$$

$$1.3A \cdot \left( \frac{43072 - 32767}{32767} \right) \approx 314.5mA$$

結果が正電流であれば、バッテリーが充電中であることを示します。

電流モードのしきい値レジスタQ、R、S、Tの値も、電流変換結果と同様に32767を差し引いた値で表されます。電流測定結果が上側しきい値レジスタQ、Rに格納された値より大きい、下側しきい値レジスタS、Tに格納された値より小さいと、アラートがセットされます。

例2: あるアプリケーションで、検出抵抗を流れる絶対電流が1Aを超える場合にアラートを発生させようとしています。このアラートを実行するには、レジスタ[Q,R]の上側しきい値I<sub>HIGH</sub>を1Aに設定し、レジスタ[S,T]の下側しきい値I<sub>LOW</sub>を-1Aに設定します。I<sub>BAT</sub>を求める式から次式が導かれます。

$$I_{HIGH(DEC)} = \left( \frac{1A}{1.3A} \cdot 32767 \right) + 32767 = 57972$$

$$I_{LOW(DEC)} = \left( \frac{-1A}{1.3A} \cdot 32767 \right) + 32767 = 7562$$

これらにより、上側しきい値にはQ[7:0] = E2h、R[7:0] = 74hを、下側しきい値にはS[7:0] = 1DhおよびT[7:0] = 8Ahを設定することになります。

## 温度レジスタ(U、V)と温度しきい値レジスタ(W、X)

ADCの分解能は温度モードでは11ビットなので、温度レジスタ・ペア(U、V)の下位5ビットは常にゼロです。

実際の温度は2バイト・レジスタU[7:0]V[7:0]から次式により得られます。

$$T = 510K \cdot \frac{RESULT_h}{FFFF_h} = 510K \cdot \frac{RESULT_{DEC}}{65535}$$

例: レジスタ値U[7:0] = 96h、V[7:0] = 96hは、約300Kまたは約27°Cに相当します。

上限温度の60°Cは、レジスタWをA7hにセットすることにより設定されます。温度しきい値レジスタはシングル・バイト・レジスタで、11バイトの温度測定結果の上位8ビットだけがチェックされることに注意してください。

## 全電荷量誤差に対する差動オフセット電圧の影響

バッテリー・ガスゲージで重要なパラメータの1つは、バッテリーの電荷量をモニタする回路の差動オフセット(I<sub>OS</sub>)です。多くのクーロン・カウンタ・デバイスは、I<sub>SENSE</sub>のアナログ/デジタル変換を実行し、変換結果を累積して電荷量を推定します。このようなアーキテクチャでは、差動オフセットI<sub>OS</sub>によりI<sub>OS</sub>/I<sub>SENSE</sub>の相対電荷量誤差が生じます。I<sub>SENSE</sub>の値が小さい場合は、I<sub>OS</sub>が誤差の主な発生源になる可能性があります。

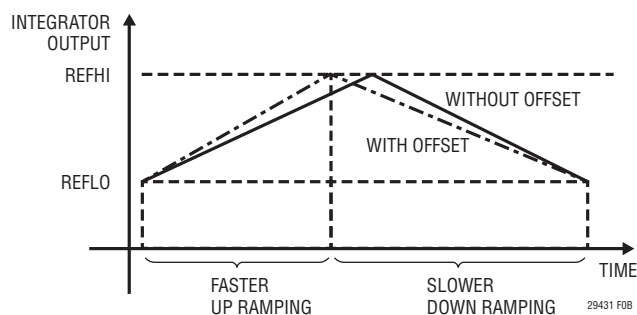
LTC2943-1はアナログ積分器を使用して電荷量をトラッキングします。この方法を使えば、バッテリーの電荷量を継続的にモニタでき、差動オフセットによる誤差が著しく低下します。オフセットに起因する相対電荷量誤差(CE<sub>OV</sub>)は次式で表すことができます。

$$CE_{OV} = \left( \frac{I_{OS}}{I_{SENSE}} \right)^2$$

例として、入力信号が20mAのとき差動電圧オフセットV<sub>OS</sub>は20μVで、デジタル積分を使用した場合は2%の誤差が生じます。これに対して、LTC2943-1のアナログ積分手法を使用すると、誤差はわずか0.04%(50分の1)になります。

## アプリケーション情報

LTC2943-1におけるオフセットの影響の減少については、図2に示す積分回路で説明できます。正のオフセットがあると、積分器出力がREFLOからREFHIまで増加する時間が短縮されますが、REFHIからREFLOまで減少する時間は長くなります。このため、その影響は下図に示すように大幅に打ち消されます。



入力信号の絶対値が内部オペアンプのオフセットより小さい場合、LTC2943-1は積分を停止するので、それ自体のオフセットは積分されません。

### I<sup>2</sup>C/SMBus インタフェース

LTC2943-1はI<sup>2</sup>CおよびSMBus互換の2線インタフェースを使ってバス・マスタと通信します。LTC2943-1の7ビット・ハードコードI<sup>2</sup>Cアドレスは1100100です。

LTC2943-1はスレーブ専用デバイスです。シリアル・データ・ライン(SDA)は双方向ですが、シリアル・クロック・ライン(SCL)は入力専用です。このデバイスはI<sup>2</sup>C規格と高速モードに対応しています。詳細については「I<sup>2</sup>Cプロトコル」のセクションを参照してください。

### I<sup>2</sup>Cプロトコル

LTC2943-1は、1つのバスで複数のデバイスをサポートするI<sup>2</sup>C/SMBus互換の2線インタフェースを使用します。接続されるデバイスはバスラインを“L”にできるだけ、バスを“H”にドライブしてはなりません。バスワイヤは、電流源またはプルアップ抵抗を介して正の電源電圧に外部で接続します。バスがアイドル状態のときは、すべてのバスラインが“H”になります。I<sup>2</sup>Cバスのデータは標準モードでは最大100kビット/秒、高速モードでは最大400kビット/秒の速度で転送できます。

I<sup>2</sup>C/SMBus上の各デバイスは、そのデバイスに格納されている固有のアドレスで識別され、デバイスの機能に応じてトランスマッタかレシーバのどちらかとして動作することができます。トランスマッタとレシーバに加えて、データを転送する場合はデバイスをマスタまたはスレーブとして分類することもできます。マスタは、バス上でデータ転送を開始し、その転送を可能にするためにクロック信号を生成するデバイスです。同時に、転送先のデバイスはすべてスレーブと見なされます。LTC2943-1は常にスレーブとして動作します。

図3に、I<sup>2</sup>Cバス上でのデータ転送の概要を示します。

### START条件とSTOP条件

バスがアイドル状態のときは、SCLとSDAの両方が“H”でなければなりません。バス・マスタは、SCLを“H”に維持したままSDAを“H”から“L”に移行させることによって生成するSTART条件を使って、送信開始をスレーブに知らせます。マスタはスレーブとの通信を終了すると、SCLを“H”に保ったままSDAを“L”から“H”に移行させてSTOP条件を発行します。この動作によりバスは解放され、次の送信を開始できます。バス使用時は、STOP条件の代わりに反復START (Sr)条件が

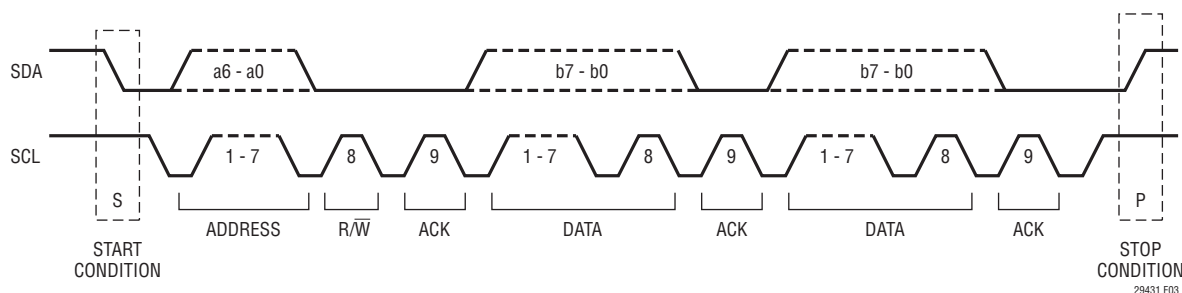


図3. I<sup>2</sup>CまたはSMBusを介したデータ伝送

# LTC2943-1

## アプリケーション情報

生成されるとビジー状態が継続します。反復START (S r) 条件は、機能的にはSTART(S)条件と同じです。

### 書き込みプロトコル

図4に示すように、マスタはSTART条件を使用して書き込み動作を開始し、その後に7ビットのスレーブ・アドレス1100100を続けて、R/Wビットをゼロにセットします。LTC2943-1はこれに対しSDAを“L”にすることによってアクノリッジを返し、次にマスタが、どの内部レジスタに書き込みを行うかを示すコマンド・バイトを送ります。LTC2943-1はアクノリッジを返し、その内部レジスタのアドレス・ポイントにコマンド・バイトをラッチします。マスタはデータ・バイトを送り、LTC2943-1は再度アクノリッジを返してデータを必要なレジスタにラッチします。マスタがSTOP条件を送ると通信は終了します。図5に示すように、マスタがSTOP条件を送らずに次のデータ・バイトを送ることによって通信を継続する場合、LTC2943-1は再度アクノリッジを返してそのアドレス・ポイントを1つインクリメントし、2番目のデータ・バイトを次のレジスタにラッチします。

S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	DATA	A	P
	1100100	0	0	01h	0	FCh	0	

29431 F04

- FROM MASTER TO SLAVE
  - FROM SLAVE TO MASTER
- A: ACKNOWLEDGE (LOW)  
 $\bar{A}$ : NOT ACKNOWLEDGE (HIGH)  
 S: START CONDITION  
 P: STOP CONDITION  
 R: READ BIT (HIGH)  
 W: WRITE BIT (LOW)

図4. LTC2943-1の制御レジスタ(B)へFChの書き込み

S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	DATA	A	DATA	A	P
	1100100	0	0	02h	0	F0h	0	01h	0	

29431 F05

図5. LTC2943-1の累積電荷量レジスタ(C, D)へのF001hの書き込み

### 読み出しプロトコル

図6に示すように、マスタはSTART条件を使用して読み出し動作を開始し、その後に7ビットのスレーブ・アドレス1100100を続けて、R/Wビットをゼロにセットします。LTC2943-1がアクノリッジを返すと、マスタがどの内部レジスタから読み出しを行うかを示すコマンド・バイトを送ります。LTC2943-1はアクノリッジを返し、次にその内部レジスタのアドレス・ポイントにコマンド・バイトをラッチします。次いで、マスタは反復START条件を送ってから同じ7ビットのアドレスを送り、今度はR/Wビットを1にセットします。LTC2943-1はアクノリッジを返し、要求されたレジスタの内容を送信します。マスタがSTOP条件を送ると通信は終了します。図7に示すように、マスタが送信されたデータ・バイトについてアクノリッジを返すと、LTC2943-1はそのアドレス・ポイントを1つインクリメントして次のレジスタの内容を送ります。

S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	Sr	ADDRESS	R	A	DATA	$\bar{A}$	P
	1100100	0	0	00h	0		1100100	1	0	01h	1	

29431 F06

図6. LTC2943-1の状態レジスタ(A)の読み出し

S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	Sr	ADDRESS	R	A	DATA	A	DATA	$\bar{A}$	P
	1100100	0	0	08h	0		1100100	1	0	F1h	0	24h	1	

29431 F07

図7. LTC2943-1の電圧レジスタ(I, J)の読み出し

## アプリケーション情報

### アラート応答プロトコル

複数のスレーブが共通の割り込みラインを共有しているシステムでは、マスタはアラート応答アドレス(ARA)を使ってどのデバイスが割り込みを開始したのかを判断することができます(図8)。

S	ALERT RESPONSE ADDRESS	R	A	DEVICE ADDRESS	$\bar{A}$	P
	0001100	1	0	1100100	1	

29431 F08

図8. LTC2943-1のシリアル・バス SDAアラート応答プロトコル

S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	S	ADDRESS	R	A	DATA	A	DATA	$\bar{A}$	P
	1100100	0	0	02h	0		1100100	1	0	80h	0	01h	1	

2943 F09

図9. LTC2943-1の累積電荷量レジスタ(C、D)の読み出し

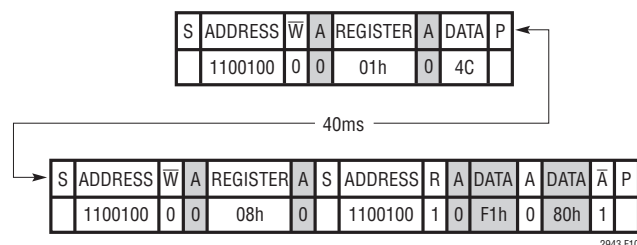


図10. ADCの単発変換シーケンスと電圧レジスタ(I、J)の読み出し

マスタは、START条件と特別な7ビットARAバスアドレス(0001100)とそれに続く読み出しビット(R)=1を使用してARA手順を開始します。LTC2943-1がアラート・モードで $\overline{ALCC}$ ピンをアサートしている場合は、その7ビット・バス・アドレス(1100100)と1を送ることによってアクノリッジと応答を返します。アドレスの送信中、別のデバイスが標準のI<sup>2</sup>Cバス・アービトレーションを使って同時にアドレスを送っているかどうかを調べるためにSDAピンをモニタします。LTC2943-1が1を送っている時にSCLの立ち上がりエッジでSDAピンから0を読み出した場合、LTC2943-1はより下位のアドレスを持つ別のデバイスが送信を行っていると思なして直ちに転送を中止し、次のARAサイクルを待つて再試行を行います。転送が正常に終了すると、LTC2943-1は $\overline{ALCC}$ ピンを“L”にするの

を止め、新しいアラート・イベントが発生するまでそれ以上のARA要求には応答しません。

### 内部検出抵抗

内部検出抵抗は、独自の温度補償技法を使用して、実効温度係数を標準で±50 ppm/K未満に低減しています。クーロン・カウンタから見た実効検出抵抗は、出荷前に50mΩに調整されています。許容誤差が1%で温度係数が50ppm/Kの一般的なディスクリット電流検出抵抗を使用する競合ソリューションと比較して、LTC2943-1の電荷量測定精度が優れている要因は、方法と、検出抵抗の接続箇所に熱電対効果がないことの2つです。

全ての検出抵抗と同様に、LTC2943-1が内蔵する検出抵抗も抵抗値の長期変動がわずかに存在します。電流が1Aで周囲温度が85°Cの場合、抵抗が減少する割合は、1000時間につき標準で-0.1%未満です。この値は、ほとんどの種類のディスクリット検出抵抗より優れていますが、ディスクリットの抵抗は安定性が**非常に高く**種類が**非常に豊富**です。ワーストケース条件での抵抗ドリフトの期待性能については、「標準的性能特性」を参照してください。ドリフトは低温になるほど低速になります。詳細については、弊社にお問い合わせください。

大半のクーロン・カウンタ・アプリケーションでは、内部検出抵抗の経時変化は、バッテリーの経時変化によるバッテリー容量の変化と比較するとごくわずかです。LTC2943-1は、新品のときは、出荷前に最適な精度に調整されています。製品の全寿命にわたって最高のクーロン・カウント精度が要求されるアプリケーションでは、クーロン・カウンタの利得をソフトウェアで調整することができます。例えば、検出抵抗ドリフトの誤差の影響を±1%以内に制限する必要がある場合、クーロン・カウントを1%高い値に偏らせる(係数1.01を使用する)ことができます。この場合には、最大動作温度および最大動作電流をデイレティングして、製品の全寿命または較正間隔での検出抵抗のドリフトを-2%未満にする必要があります。

LTC2943と標準の外付け50mΩ検出抵抗を使用するアプリケーションでは、外付けの検出抵抗を取り除くことにより、ピン互換のLTC2943-1にアップグレードすることができます。

## アプリケーション情報

### SENSE<sup>+</sup>とSENSE<sup>-</sup>の間の電圧降下

LTC2943-1は50mΩの実効内部抵抗に合わせて調整されていますが、検出抵抗と直列のピン・ワイヤ抵抗およびボンド・ワイヤ抵抗から成る全ピン間抵抗(R<sub>PP</sub>)は若干高くなります。検出抵抗の温度係数を約3900ppm/Kとすると、温度TでのSENSE<sup>+</sup>とSENSE<sup>-</sup>の間の全抵抗は、一般に次式で表されます。

$$R_{PP}(T) = R_{PP}(T_{NOM}) [1 + 0.0039(T - T_{NOM})]$$

ここで、T<sub>NOM</sub> = 27°C(つまり300K)であり、R<sub>PP</sub>(T<sub>NOM</sub>)は「電気的特性」の表から読み取ります。これは、SENSE<sup>+</sup>とSENSE<sup>-</sup>の間の抵抗が、ダイ温度が27°Cから-40°Cに変化した場合は26%減少し、ダイ温度が27°Cから85°Cに変化した場合は23%増加することを意味します。SENSE<sup>+</sup>とSENSE<sup>-</sup>の間の全電圧降下(次式)は、SENSE<sup>-</sup>での最大流入/流出ピーク電流によって生じますが、

$$V_{DROP} = I_{PEAK} \cdot R_{PP}(T_{DIE}(MAX))$$

これがアプリケーションの要件を超えることはありません。

### 突入電流の制限

バッテリーを装着したときや、機械式の電源スイッチを入れたときに流れる突入電流は、通常動作時のピーク電流よりかなり大きいことがあります。極端に大量の突入電流が流れる場合は、回路を追加して、LTC2943-1の検出抵抗を流れる電流を絶対最大定格より少なく抑えることが必要です。

SENSE<sup>+</sup>とSENSE<sup>-</sup>の間にショットキ・クランプ・ダイオードを外付けすると、特に高温で大量の漏れ電流が流れることがあります。クーロン・カウンタの誤差がかなり大きくなる可能性がありますので注意してください。突入電流を制限する推奨の解決策としては、アクティブな活線挿抜電流制限回路があります。あるいは、電流制限抵抗や時差接触ピンを組み込んで、コネクタが完全に挿入されたときに低インピーダンスの接続を保証するコネクタのデザインもあります。

### 電力損失

大電流で動作した場合、R<sub>PP</sub>抵抗での電力損失によって、ダイの温度は周囲温度より数度高くなる場合があります。規定最大電流および規定最大周囲温度に近い条件で動作するアプリケーションでは、DFNパッケージの露出パッドをPCBの広い銅箔領域に半田付けすることを推奨します。与えられたI<sub>SENSE</sub>でのダイ温度は、次式により概算することができます。

$$T_{DIE} = T_{AMB} + 1.22 \cdot \theta_{JA} \cdot R_{PP}(MAX) \cdot I_{SENSE}^2$$

ここで、係数1.22は検出抵抗の自己発熱効果を見積もった値、R<sub>PP</sub>(MAX)は公称温度(27°C)でのパッド間の最大抵抗、θ<sub>JA</sub>は接合部から周囲雰囲気までの熱抵抗です。DFNパッケージに対して与えられているθ<sub>JA</sub>のデータが有効なのは、標準的なPCBレイアウトの場合です。特定のPCBレイアウトに対するより正確なθ<sub>JA</sub>のデータを得るには、SENSE<sup>+</sup>とSENSE<sup>-</sup>の間の電圧V<sub>P-P</sub>、周囲温度T<sub>AMB</sub>、およびダイ温度T<sub>DIE</sub>を測定して、次式を計算します。

$$\theta_{JA} = \frac{T_{DIE} - T_{AMB}}{V_{P-P} \cdot I_{SENSE}}$$

T<sub>AMB</sub>とT<sub>DIE</sub>の温度は、両方とも、LTC2943-1が内蔵している温度センサを使用して測定することができます。T<sub>AMB</sub>を測定するときはI<sub>SENSE</sub>をゼロに設定します。また、T<sub>DIE</sub>の測定時には十分に大きい値に設定して、T<sub>AMB</sub>より温度を大幅に高くなります。

### PC基板レイアウトに関する推奨事項

ノイズと精度低下を最小限に抑えるために、すべてのトレースをできるだけ短くします。抵抗からバッテリー、負荷、またはチャージャまでは幅の広いトレースを使用します(図11参照)。バイパス・コンデンサはSENSE<sup>+</sup>の近くに配置します。

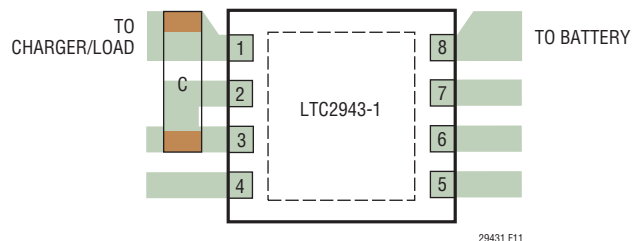
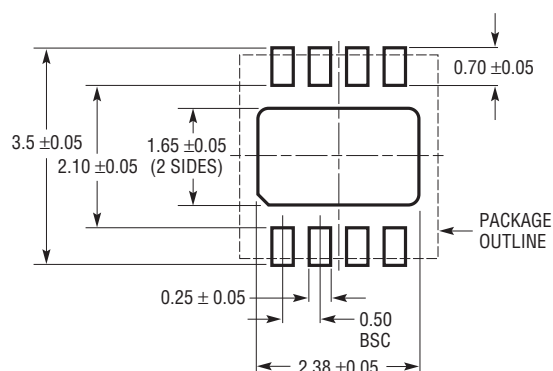


図11. 推奨レイアウト

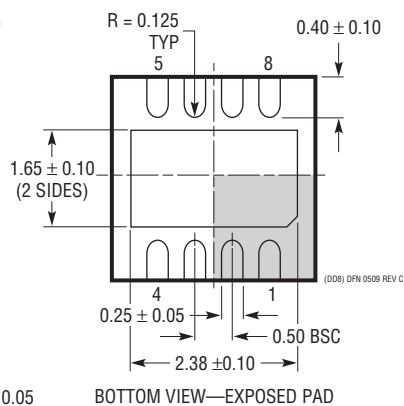
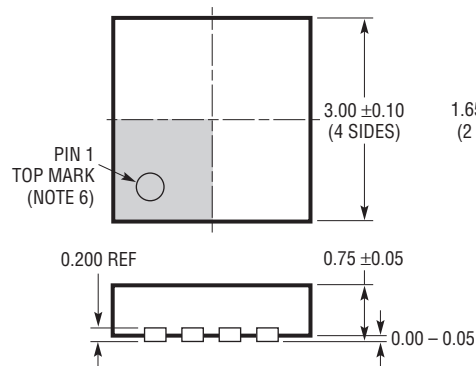
## パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC2943-1#packaging> を参照してください。

**DD Package**  
**8-Lead Plastic DFN (3mm × 3mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1698 Rev C)



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS  
 APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED



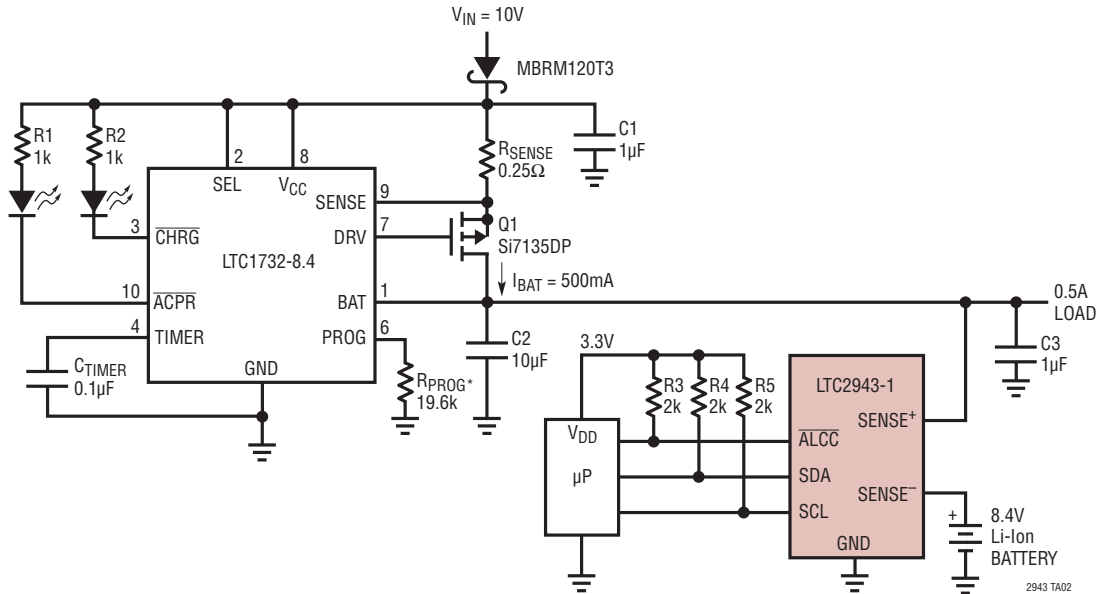
注記:

1. 図は JEDEC のパッケージ外形 MO-229 のバリエーション (WEED-1) になる予定
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

# LTC2943-1

## 標準的応用例

### 8.4Vの2セル・リニア・チャージャおよびバッテリー・ガスゲージ



## 関連製品

製品番号	概要	注釈
<b>バッテリー・ガスゲージ</b>		
LTC2941	I <sup>2</sup> C インタフェース付きバッテリー・ガスゲージ	動作範囲: 2.7V ~ 5.5V, 6ピン (2mm×3mm) DFN パッケージ
LTC2941-1	検出抵抗内蔵の I <sup>2</sup> C インタフェース付き 1A バッテリー・ガスゲージ	動作範囲: 2.7V ~ 5.5V, 6ピン (2mm×3mm) DFN パッケージ
LTC2942	温度/電圧測定機能を備えた I <sup>2</sup> C バッテリー・ガスゲージ	動作範囲: 2.7V ~ 5.5V, 14ビット ΔΣADC, 6ピン (2mm×3mm) DFN パッケージ
LTC2942-1	内部検出抵抗と温度/電圧測定機能を備えた 1A I <sup>2</sup> C バッテリー・ガスゲージ	動作範囲: 2.7V ~ 5.5V, 14ビット ΔΣADC, 6ピン (2mm×3mm) DFN パッケージ
LTC2943	I <sup>2</sup> C インタフェースと電圧、電流、および温度測定 ADC を内蔵したバッテリー・ガスゲージ	動作範囲: 3.6V ~ 20V, 14ビット ΔΣADC, LTC2944, LTC2943-1, LTC2943 とピン互換, 8ピン (3mm×3mm) DFN パッケージ
LTC4150	クーロン・カウンタ/バッテリー・ガスゲージ	動作範囲: 2.7V ~ 8.5V, 10ピン MSOP パッケージ
<b>バッテリー・チャージャ</b>		
LTC4000	バッテリー充電およびパワー・マネージメント用の高電圧高電流コントローラ	動作範囲: 3V ~ 60V, 28ピン (4mm×5mm) QFN または SSOP パッケージ
LTC4009	高効率マルチケミストリ・バッテリー・チャージャ	動作範囲: 6V ~ 28V, 20ピン (4mm×4mm) QFN パッケージ
LTC4012	PowerPath™ 制御付き、高効率、マルチケミストリ・バッテリー・チャージャ	動作範囲: 6V ~ 28V, 20ピン (4mm×4mm) QFN パッケージ
LT3652HV	パワー・トラッキング 2A バッテリー・チャージャ	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、動作範囲: 5V ~ 34V, 1MHz, 充電電流: 2A, 3mm×3mm DFN-12 および MSOP-12 パッケージ
LTC1732	リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	動作範囲: 4.5V ~ 12V, MSOP-10 パッケージ

29431f