

温度、電圧、電流を測定する 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・アプリケーションの
動作電圧範囲: 3.6V ~ 20V
- 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%
- 検出電圧範囲: ±50mV
- 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
- I²C/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
- 電動自転車
- 携帯型医療機器
- ビデオ・カメラ

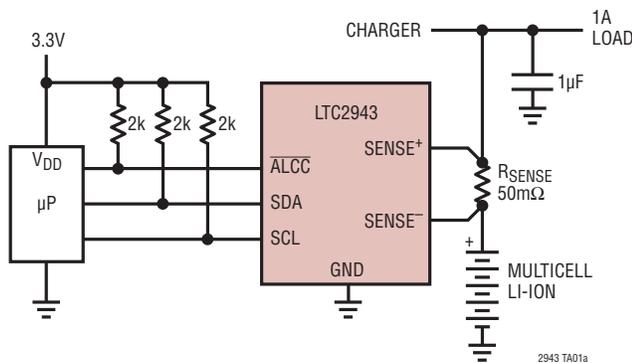
概要

LTC[®]2943 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 $\Delta\Sigma$ ™ A/D コンバータにより測定されます。測定結果は内蔵の I²C/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。

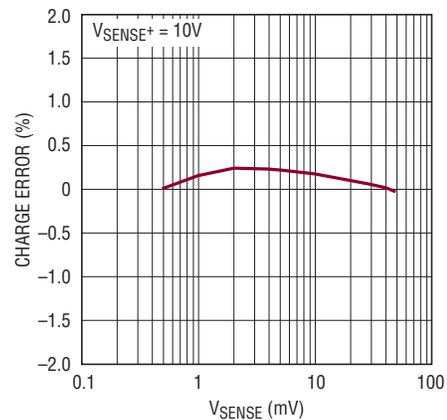
LTC2943 は、4つの測定値すべてについて高低両方のしきい値をプログラム可能です。プログラムされたしきい値を超えると、デバイスは SMBus アラート・プロトコルを使用するか、内部状態レジスタにフラグを設定することにより、アラートを伝達します。LTC2943 では、測定電流範囲の設定に必要なのは値の小さな 1本の検出抵抗だけです。

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



全電荷量誤差と
差動検出電圧



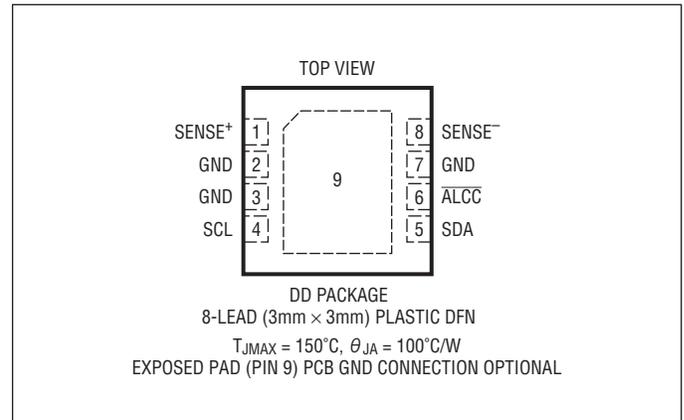
LTC2943

絶対最大定格

(Note 1, 2)

電源電圧 (SENSE ⁺)	-0.3V ~ 24V
SCL、SDA、ALCC 電圧	-0.3V ~ 6V
SENSE ⁻	(-0.3V + V _{SENSE⁺}) ~ (V _{SENSE⁺} + 0.3V)
動作周囲温度範囲	
LTC2943C	0°C ~ 70°C
LTC2943I	-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#PBF	LTC2943CDD#TRPBF	LGCS	8-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC2943IDD#PBF	LTC2943IDD#TRPBF	LGCS	8-Lead (3mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°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。

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°C での値 (Note 2)。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
電源要件						
V _{SENSE⁺}	Supply Voltage		3.6		20	V
I _{SUPPLY}	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
I _{SENSE⁺}	Pin Current (Note 3)	Battery Gas Gauge On, ADC Sleep		80		μA
		Battery Gas Gauge On, ADC On		500		μA
		Shutdown		15		μA
I _{SENSE⁻}	Pin Current (Note 3)	Battery Gas Gauge On, ADC Sleep		1		μA
		Battery Gas Gauge On, ADC On		150		μA
		Shutdown		1		μA
V _{UVLO}	Undervoltage Lockout Threshold	V _{SENSE⁺} Falling ●	3.0	3.3	3.6	V
クーロン・カウンタ						
V _{SENSE}	Sense Voltage Differential Input Range	V _{SENSE⁺} - V _{SENSE⁻} ●			±50	mV
R _{IDR}	Differential Input Resistance Across SENSE ⁺ and SENSE ⁻ (Note 8)			400		kΩ
QLSB	Charge LSB (Note 4)	Prescaler M = 4096(Default), R _{SENSE} = 50mΩ		0.340		mAh

2943fa

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
TCE	Total Charge Error (Note 5)	$10\text{mV} \leq V_{\text{SENSE}} \leq 50\text{mV DC}$			± 1	%
		$10\text{mV} \leq V_{\text{SENSE}} \leq 50\text{mV DC}$	●		± 1.5	%
		$1\text{mV} \leq V_{\text{SENSE}} \leq 10\text{mV DC}$ (Note 8)	●		± 3.5	%
V_{OSE}	Effective Differential Offset Voltage (Note 9)	$V_{\text{SENSE}} \geq 500\mu\text{V}$, $V_{\text{SENSE}^+} = 10\text{V}$	●	5	10	μV

電圧測定 ADC

	Resolution (No Missing Codes)	(Note 8)	●	14		Bits
$V_{\text{FS(V)}}$	Full-Scale Voltage Conversion			23.6		V
ΔV_{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	$V_{\text{SENSE}^+} > 5\text{V}$	●	± 1	± 4	LSB
		$3.6\text{V} \leq V_{\text{SENSE}^+} \leq 5\text{V}$	●		± 8	LSB
$T_{\text{CONV(V)}}$	Voltage Conversion Time		●		48	ms

電流測定 ADC

	Resolution (No Missing Codes)	(Note 8)	●	12		Bits
$V_{\text{FS(I)}}$	Full-Scale Current Conversion		●	± 60		mV
V_{SENSE}	Sense Voltage Differential Input Range	$V_{\text{SENSE}^+} - V_{\text{SENSE}^-}$	●		± 50	mV
ΔI_{LSB}	Quantization Step of 12-Bit Current ADC	(Note 6)		29.3		μV
Gain _i	Current Gain Accuracy		●		1	%
					1.3	%
$V_{\text{OS(I)}}$	Offset			± 1	± 10	LSB
INL _i	Integral Nonlinearity		●	± 1	± 4	LSB
$T_{\text{CONV(I)}}$	Current Conversion Time		●		8	ms

温度測定 ADC

	Resolution (No Missing Codes)	(Note 8)	●	11		Bits
T_{FS}	Full-Scale Temperature			510		K
ΔT_{LSB}	Quantization Step of 11-Bit Temperature ADC	(Note 6)		0.25		K
TUE_T	Temperature Total Unadjusted Error	$V_{\text{SENSE}^+} \geq 5\text{V}$	●		± 3	K
		(Note 8)			± 5	K
$T_{\text{CONV(T)}}$	Temperature Conversion Time		●		8	ms

デジタル入力とデジタル出力

$V_{\text{ITH(HV)}}$	Logic Input Threshold	$V_{\text{SENSE}^+} \geq 5\text{V}$	●	0.8	2.2	V
$V_{\text{ITH(LV)}}$		$3.6\text{V} < V_{\text{SENSE}^+} < 5\text{V}$		0.5	1.8	V
V_{OL}	Low Level Output Voltage, $\overline{\text{ALCC}}$, SDA	$I = 3\text{mA}$, $V_{\text{SENSE}^+} \geq 5\text{V}$	●		0.4	V
I_{IN}	Input Leakage, $\overline{\text{ALCC}}$, SCL, SDA	$V_{\text{IN}} = 5\text{V}$	●		1	μA
C_{IN}	Input Capacitance, $\overline{\text{ALCC}}$, SCL, SDA	(Note 8)	●		10	pF

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
t_{PCC}	Minimum Charge Complete (CC) Pulse Width				1	μs

I²C タイミング特性

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$f_{SCL(\text{MAX})}$	Maximum SCL Clock Frequency		●	400	900	kHz
$t_{\text{BUF}(\text{MAX})}$	Bus Free Time Between Stop/Start				1.3	μs
$t_{\text{SU}(\text{STA}(\text{MIN}))}$	Minimum Repeated Start Set-Up Time		●		600	ns
$t_{\text{HD}(\text{STA}(\text{MIN}))}$	Minimum Hold Time (Repeated) Start Condition		●		600	ns
$t_{\text{SU}(\text{STO}(\text{MIN}))}$	Minimum Set-Up Time for Stop Condition		●		600	ns
$t_{\text{SU}(\text{DAT}(\text{MIN}))}$	Minimum Data Setup Time Input		●		100	ns
$t_{\text{HD}(\text{DAT}(\text{MIN}))}$	Minimum Data Hold Time Input		●		50	ns
T_{HDDATO}	Data Hold Time Input Output		●	0.3	0.9	μs
T_{OF}	Data Output Fall Time	(Notes 7, 8)	●	$20 + 0.1 \cdot C_B$	300	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の損傷を与える可能性があります。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: $I_{\text{SUPPLY}} = I_{\text{SENSE}^+} + I_{\text{SENSE}^-}$ 。ほとんどの動作モードでは、 I_{SUPPLY} はSENSE⁺ピンに流れ込む。ADC変換時のみ、電流はSENSE⁻ピンにも流れ込む。通常、ADCの電圧変換時は $I_{\text{SENSE}^-} = V_{\text{SENSE}^-} / 150\text{k}$ であり、ADCの電流変換時は $I_{\text{SENSE}^-} = 20\mu\text{A}$ 。

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

$$q_{\text{LSB}} = 0.340\text{mAh} \cdot (50\text{m}\Omega / R_{\text{SENSE}}) \cdot (M / 4096)$$

詳細については「R_{SENSE}の選択」および「クローン・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_{LSB} の偏差。

Note 6: 電圧モードの14ビットADC、電流モードの12ビットADCおよび温度モードの11ビットADCの量子化ステップは、それぞれの16ビット結合レジスタの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: $C_B = 1$ 本のバスラインの容量(単位pF)。10pF ≤ C_B ≤ 400pF。

Note 8: 設計によって保証されており、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

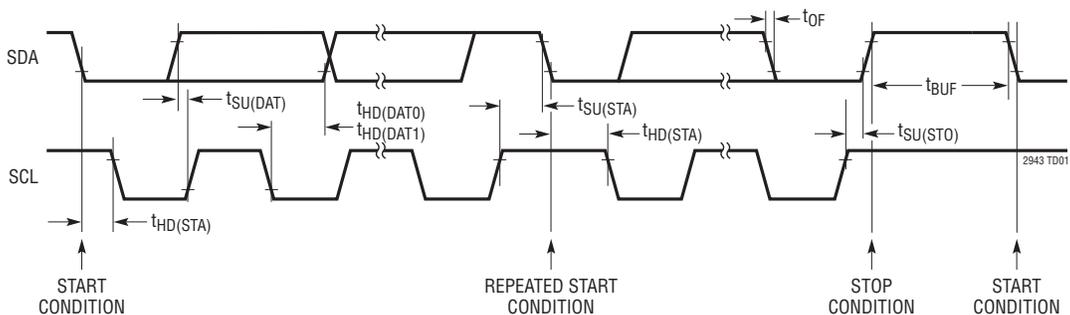
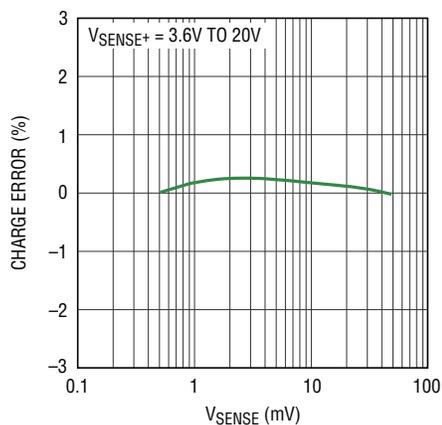


図 1. I²C バスのタイミングの定義

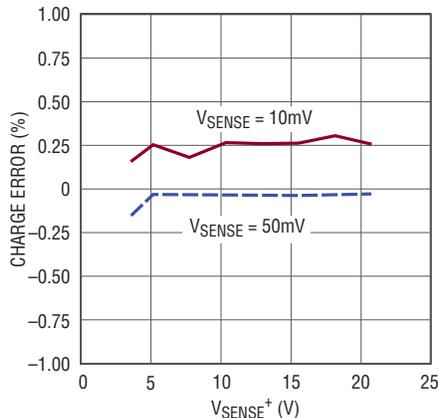
標準的性能特性

全電荷量誤差と差動検出電圧



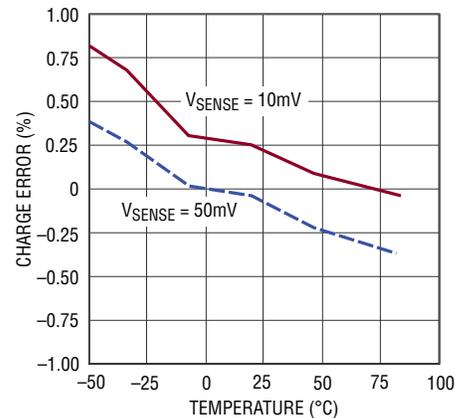
2943 G01

全電荷量誤差と電源電圧



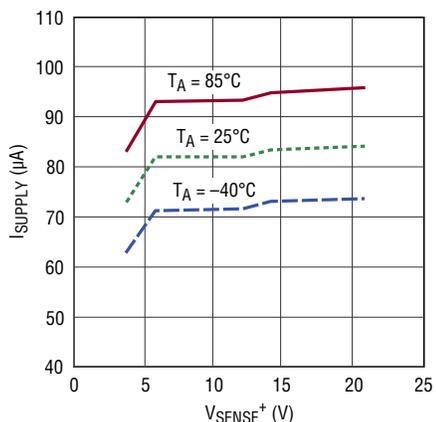
2943 G02

全電荷量誤差と温度



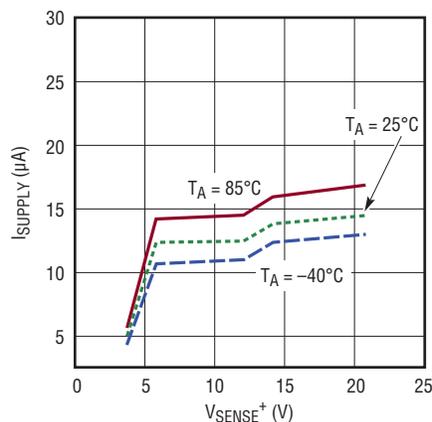
2943 G03

電源電流と電源電圧



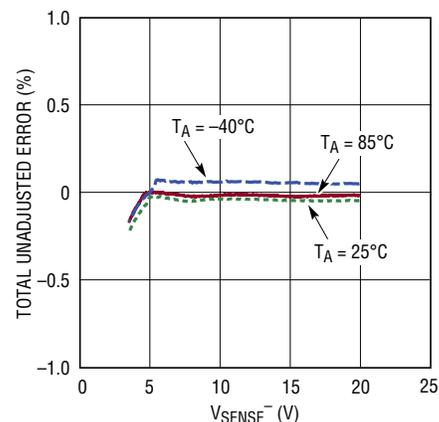
2943 G04

シャットダウン時の電源電流と電源電圧



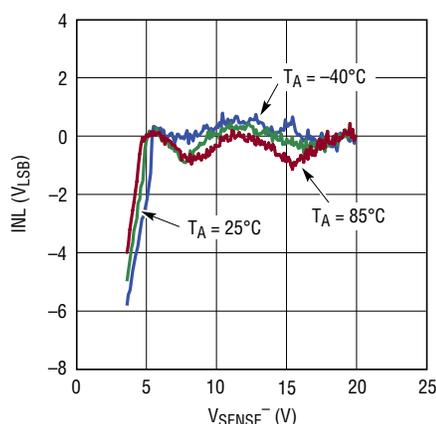
2943 G05

電圧測定 ADC の全未調整誤差



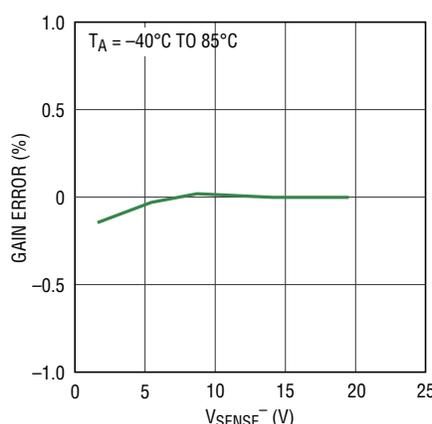
2943 G06

電圧測定 ADC の積分非直線性



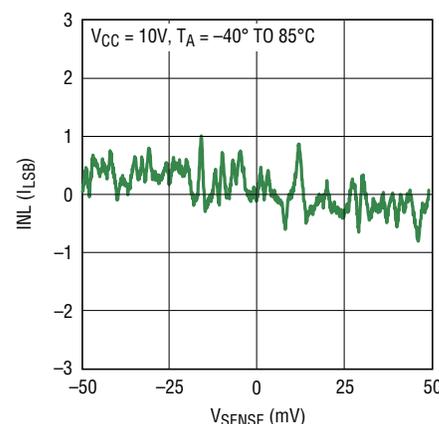
2944 G07

電流測定 ADC の利得誤差



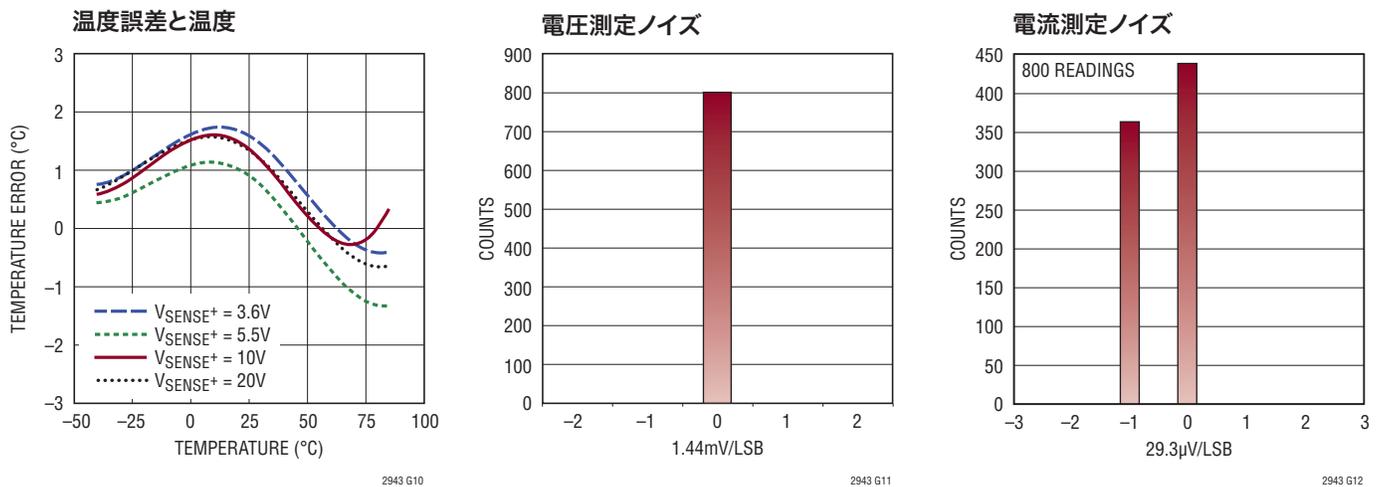
2943 G08

電流測定 ADC の積分非直線性



2943 G09

標準的性能特性



ピン機能

SENSE⁺ (ピン1) : 正電流検出入力および電源。検出抵抗の負荷/チャージャ側に接続します。 V_{SENSE^+} の動作範囲は3.6V~20Vです。SENSE⁺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1 μ F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。

SDA (ピン5) : シリアル・バスのデータ入力および出力。

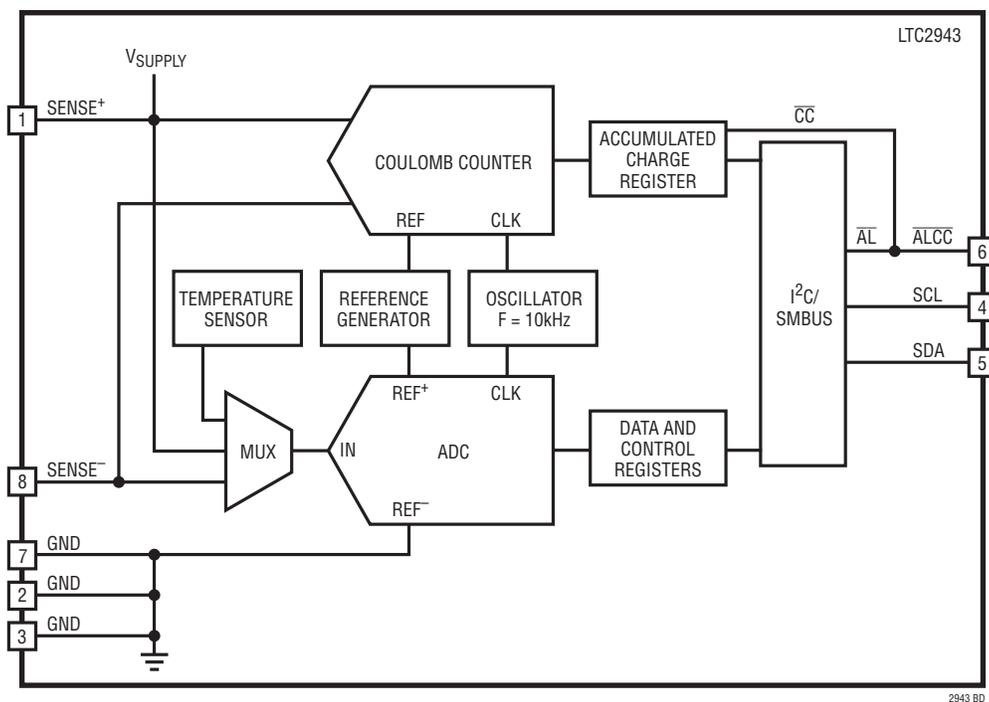
ALCC (ピン6) : アラート出力または充電完了入力。制御レジスタのビットB[2:1]によりSMBusアラート出力または充電完了入力として設定します。このピンは、起動時にデフォルトで

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。 \overline{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⁻ (ピン8) : 負の電流検出入力。SENSE⁻は検出抵抗の正のバッテリー端子側に接続します。通常動作では、SENSE⁻とSENSE⁺の間の電圧は $\pm 50mV$ の範囲内に留まる必要があります。電圧と電流の測定時にはSENSE⁻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。

ブロック図



アプリケーション情報

内部レジスタ

LTC2943のレジスタ・マップを表1に示します。LTC2943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、I²C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⁺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⁺ < 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ピンの設定。 [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(たと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	ISUPPLYを減らすためにアナログ・セクションをシャットダウン。	[0]

パワーダウンB[0]

B[0]を1にセットするとLTC2943のアナログ部分がシャットダウンして、消費電流が15 μ A未満(標準)になります。I²C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ピンへの“L”入力がLTC2943にバッテリーの満充電状態を知らせ、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I²C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。

R_{SENSE}の選択

クーロン・カウンタの規定精度を達成するには、SENSE⁺とSENSE⁻の間の差動電圧を±50mV以内に維持する必要があります。LTC2943は最大300mVまでの入力信号で動作しますが、クーロン・カウンタの精度は保証されません。

必要な外付け検出抵抗値R_{SENSE}は、次のようにV_{SENSE}の最大入力範囲とアプリケーションの最大電流で決まります

$$R_{\text{SENSE}} \leq \frac{50\text{mV}}{I_{\text{MAX}}}$$

外付け検出抵抗値の選択は、クーロン・カウンタの利得に影響します。検出抵抗値が大きければ電流が同じでもSENSE⁺とSENSE⁻間の差動電圧が大きくなり、クーロン・カウンタの精度も上がります。したがって、累積電荷量(レジスタC、D)の最下位ビットで表される電荷量(q_{LSB})は次の式に等しくなります。

$$q_{\text{LSB}} = 0.340\text{mAh} \cdot \frac{50\text{m}\Omega}{R_{\text{SENSE}}} \cdot \frac{M}{4096}$$

または、

$$q_{\text{LSB}} = 0.340\text{mAh} \cdot \frac{50\text{m}\Omega}{R_{\text{SENSE}}}$$

このとき、プリスケアラはデフォルト値のM=4096に設定します。

1mAh = 3.6C(クーロン)であることに注意してください。

最大電流(I_{MAX})に比べてバッテリー容量(Q_{BAT})が非常に大きいアプリケーションでは、R_{SENSE} = 50mV/I_{MAX}という値を選択しても十分ではありません。

$$Q_{\text{BAT}} > I_{\text{MAX}} \cdot 22\text{Hours}$$

このようなバッテリー容量の大きな低電流アプリケーションでは、R_{SENSE} = 50mV/I_{MAX}に従ってR_{SENSE}を選択するとq_{LSB}がQ_{BAT}/2¹⁶よりも小さくなり、16ビットの累積電荷量レジスタがバッテリーの完全放電前にアンダーフローしたり、充電中にオーバーフローしたりする可能性があります。この場合は次式に従ってR_{SENSE}の最大値を選択します。

$$R_{\text{SENSE}} \leq \frac{0.340\text{mAh} \cdot 2^{16}}{Q_{\text{BAT}}} \cdot 50\text{m}\Omega$$

最大電流がI_{MAX} = 100mAのアプリケーション例では、R_{SENSE} = 50mV/I_{MAX}を計算すると検出抵抗は500mΩとなります。したがってq_{LSB}は34μAhとなり、累積電荷量レジスタで表すことのできる最大バッテリー容量はQ_{BAT} = 34μAh • 65535 = 2228mAhとなります。バッテリー容量がもっと大きい場合は、R_{SENSE}をこれより小さくする必要があります。たとえば、容量が7200mAhのバッテリーを使用する場合は、R_{SENSE}を150mΩまで小さくします。

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_{MAX})と比べてバッテリー容量(Q_{BAT})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_{LSB}が非常に大きくなる可能性があります。たとえば、バッテリー容量が100mAhで最大電流が1Aの場合、標準の式を使用すると検出抵抗値は50mΩとなり、q_{LSB}は次のようになります。

$$q_{\text{LSB}} = 0.340\text{mAh} = 1224\text{mC}$$

このときバッテリー容量はわずか294 q_{LSB}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_{LSB}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。

$$q_{\text{LSB}} = 0.34\text{mAh} \cdot \frac{50\text{m}\Omega}{R_{\text{SENSE}}} \cdot \frac{M}{4096}$$

アプリケーション情報

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_{BAT} と検出抵抗 R_{SENSE} に合わせてプリスケアラ係数 M を選びます。

$$M \geq 4096 \cdot \frac{Q_{BAT}}{2^{16} \cdot 0.340\text{mAh}} \cdot \frac{R_{SENSE}}{50\text{m}\Omega}$$

M は、制御レジスタの $B[5:3]$ を $M = 2^{(4 \cdot B[5] + 2 \cdot B[4] + B[3])}$ 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 のバッテリーと $50\text{m}\Omega$ の R_{SENSE} 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_{LSB} は $5.313\mu\text{Ah}$ となり、バッテリー容量は約 $18821 q_{LSB}$ に相当します。

バッテリー容量 (Q_{BAT}) と最大電流 (I_{MAX}) の比率をベースに、プリスケアラ値 M と検出抵抗値の最適選択値を図3に示します。バッテリー容量が小さく電流が大きいアプリケーションではプリスケアラ値が小さいのに対し、バッテリーが大きく電流が小さいアプリケーションでは、検出抵抗がデフォルト値の $50\text{mV}/I_{MAX}$ に対して小さいことがわかります。

ADC モード B[7:6]

LTC2943 は、 $SENSE^-$ の電圧 (バッテリー電圧)、 $SENSE^+$ と $SENSE^-$ 間の電圧差 (バッテリー電流) または (内部温度センサにより) 温度を測定する ADC を備えています。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 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) \overline{ALCC} ピンが“L”になります。

ADC の変換中、追加の電流が $SENSE^+$ と $SENSE^-$ から流れます。詳細については「電気的特性」の表を参照してください。

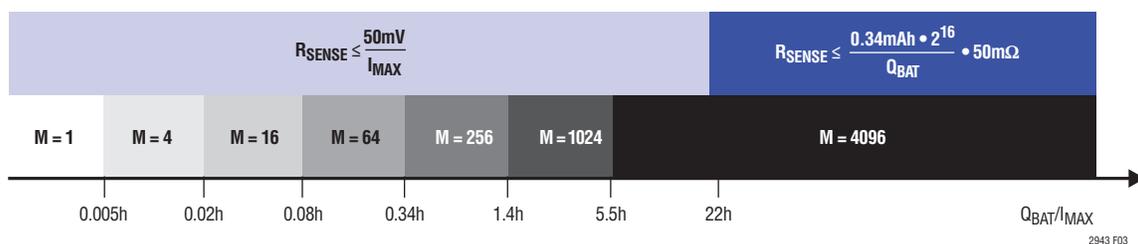


図3. バッテリー容量と最大電流の関数としての検出抵抗とプリスケアラ係数の選択

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FFFF_hに、下側のしきい値は0000_h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I²C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(7FFF_h)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I²C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FFFF_h(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10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⁻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] = B0_hおよびJ[7:0] = 1C_hは、次式で示されるSENSE⁻の電圧に対応します。

$$V_{\text{SENSE}^-} = 23.6\text{V} \cdot \frac{\text{B01C}_h}{\text{FFFF}_h} = 23.6\text{V} \cdot \frac{45084_{\text{DEC}}}{65535} \approx 16.235\text{V}$$

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4E_hに、レジスタNを1A_h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_{SENSE}の両端の電圧V_{SENSE}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_{SENSE}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] = FF_h、P[7:0] = FF_hは正のフルスケール電圧60mVに対応します。一方、O[7:0] = 00_h、P[7:0] = 00_hは負のフルスケール電圧-60mV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_{SENSE}の値から得られます。

$$I_{\text{BAT}} = \frac{V_{\text{SENSE}}}{R_{\text{SENSE}}} = \frac{60\text{mV}}{R_{\text{SENSE}}} \cdot \left(\frac{\text{RESULT}_h - 7\text{FFF}_h}{7\text{FFF}_h} \right) = \frac{60\text{mV}}{R_{\text{SENSE}}} \cdot \left(\frac{\text{RESULT}_{\text{DEC}} - 32767}{32767} \right)$$

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_{SENSE} = 50mΩと組み合わせると、次のバッテリー電流に対応します。

$$I_{BAT} = \frac{60\text{mV}}{50\text{m}\Omega} \cdot \left(\frac{A840_h - 7FFF_h}{7FFF_h} \right) = \frac{60\text{mV}}{50\text{m}\Omega} \cdot \left(\frac{43072 - 32767}{32767} \right) \approx 377.3\text{mA}$$

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か、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、50mΩの検出抵抗R_{SENSE}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_{HIGH}を1Aに設定し、レジスタ[S,T]の下側しきい値I_{LOW}を-1Aに設定します。I_{BAT}を求める式から次式が導かれます。

$$I_{HIGH(DEC)} = \left(\frac{1\text{A} \cdot 50\text{m}\Omega}{60\text{mV}} \cdot 32767 \right) + 32767 = 60073$$

$$I_{LOW(DEC)} = \left(\frac{-1\text{A} \cdot 50\text{m}\Omega}{60\text{mV}} \cdot 32767 \right) + 32767 = 5461$$

これらにより、上側しきい値にはQ[7:0] = EAh, R[7:0] = A9hを、下側しきい値にはS[7:0] = 15hおよびT[7:0] = 55h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。

$$T = 510\text{K} \cdot \frac{\text{RESULT}_h}{\text{FFFF}_h} = 510\text{K} \cdot \frac{\text{RESULT}_{DEC}}{65535}$$

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つが、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(V_{OS})です。多数のクーロン・カウンタ・デバイスがV_{SENSE}のアナログからデジタルへの変換を実行します。ここで、V_{SENSE}は検出抵抗両端の電圧降下です。変換結果は、電荷量を推定するために累積します。このようなアーキテクチャでは、差動オフセットV_{OS}によりV_{OS}/V_{SENSE}の相対電荷量誤差が生じます。V_{SENSE}の値が小さい場合は、V_{OS}が誤差の主な発生源になる可能性があります。

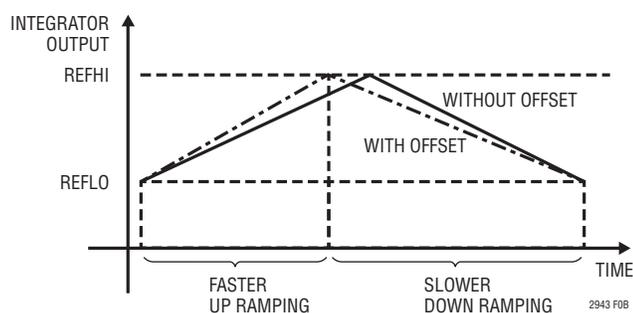
LTC2943はアナログ積分器を使用して電荷量をトラッキングします。この方法を使えば、バッテリーの電荷量を継続的にモニタでき、差動オフセットによる誤差が著しく低下します。オフセットに起因する相対電荷量誤差(CE_{OV})は次式で表すことができます。

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

例として、入力信号が1mVのとき差動電圧オフセットV_{OS}は20μVで、デジタル積分により2%の誤差が生じます。一方、LTC2943のアナログ積分手法を使えば誤差はわずか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。正のオフセットは、積分器出力のREFLOからREFHIへのランプアップは加速させますが、REFHIからREFLOへのランプダウンを減速させます。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。

I²C/SMBus インタフェース

LTC2943はI²C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の7ビット・ハードコードI²Cアドレスは1100100です。

LTC2943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I²C規格と高速モードに対応しています。詳細については「I²Cプロトコル」のセクションを参照してください。

I²Cプロトコル

LTC2943は、1つのバスで複数のデバイスをサポートするI²C/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。I²C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。

I²C/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は常にスレーブとして動作します。

図4に、I²C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

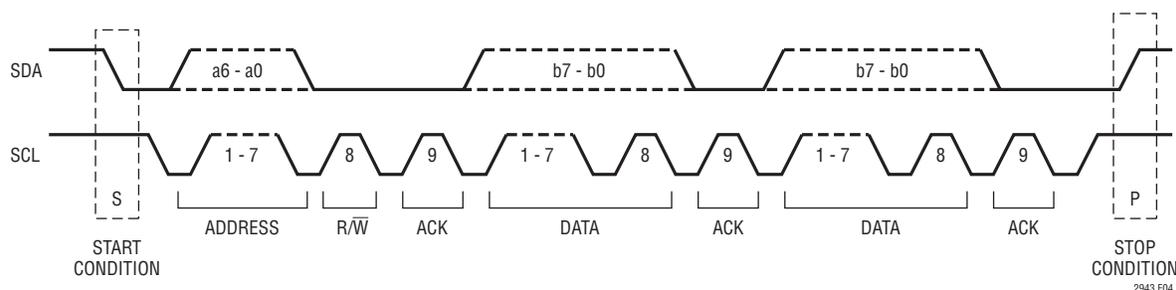


図4.I²CまたはSMBusを介したデータ転送

アプリケーション情報

ス使用時は、STOP条件の代わりに反復START (Sr)条件が生成されるとビジー状態が継続します。反復START (Sr)条件は、機能的にはSTART(S)条件と同じです。

て通信を継続する場合、LTC2943は再度アクノリッジを返してそのアドレス・ポインタを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。

書き込みプロトコル

図5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・ポインタにコマンド・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6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

S	ADDRESS	W	A	REGISTER	A	DATA	A	DATA	A	P
	1100100	0	0	02h	0	F0h	0	01h	0	

2943 F06

図6.LTC2943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7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・ポインタにコマンド・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8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はそのアドレス・ポインタを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	W	A	REGISTER	A	DATA	A	P
	1100100	0	0	01h	0	FCh	0	

2943 F05

- FROM MASTER TO SLAVE
- FROM SLAVE TO MASTER
- A: ACKNOWLEDGE (LOW)
- Ā: NOT ACKNOWLEDGE (HIGH)
- S: START CONDITION
- P: STOP CONDITION
- R: READ BIT (HIGH)
- W: WRITE BIT (LOW)

図5.LTC2943の制御レジスタ(B)へFChの書き込み

S	ADDRESS	W	A	REGISTER	A	Sr	ADDRESS	R	A	DATA	Ā	P
	1100100	0	0	00h	0		1100100	1	0	01h	1	

2943 F07

図7.LTC2943の状態レジスタ(A)の読み出し

S	ADDRESS	W	A	REGISTER	A	Sr	ADDRESS	R	A	DATA	A	DATA	Ā	P
	1100100	0	0	08h	0		1100100	1	0	F1h	0	24h	1	

2943 F08

図8.LTC2943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9)。

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

2943 F09

図9.LTC2943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 F10

図10.LTC2943の累積電荷量レジスタ(C, D)の読み出し

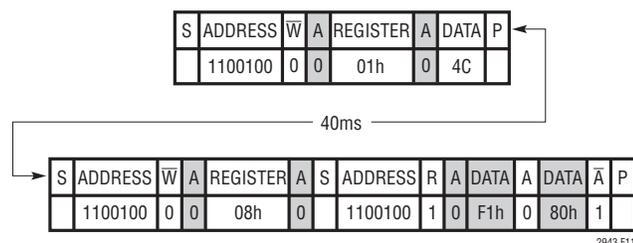


図11.ADCの単発変換シーケンスと電圧レジスタ(I, J)の読み出し

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がアラート・モードで $\bar{A}LCC$ 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I²C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サイクルを待って再試行を行います。転送が正常に終了すると、LTC2943は $\bar{A}LCC$ 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。

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。検出抵抗には4線のケルビン検出接続を採用し、SENSE⁺ピンとSENSE⁻ピンへの検出トレースを短くして、この抵抗の近くにLTC2943を配置します。抵抗からバッテリー、負荷、またはチャージャへのトレース幅は広くしてください。バイパス・コンデンサはSENSE⁺とGNDの近くに配置します。

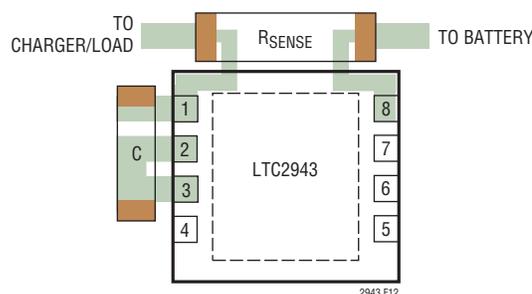
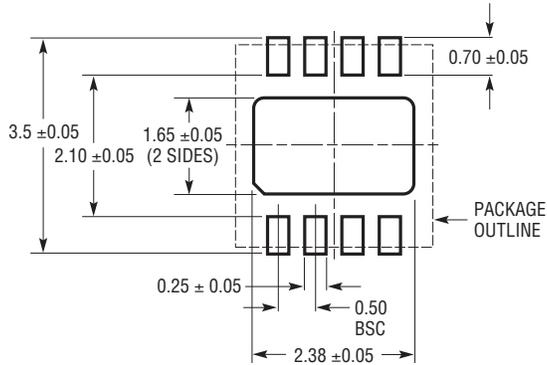


図12. 検出抵抗のケルビン接続

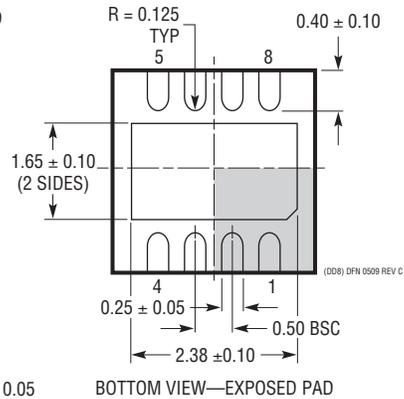
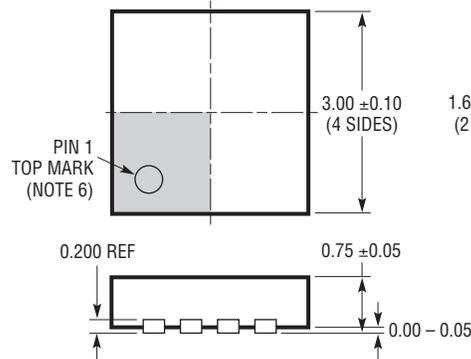
パッケージ

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 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 パッケージ・アウトライン M0-229 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. 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

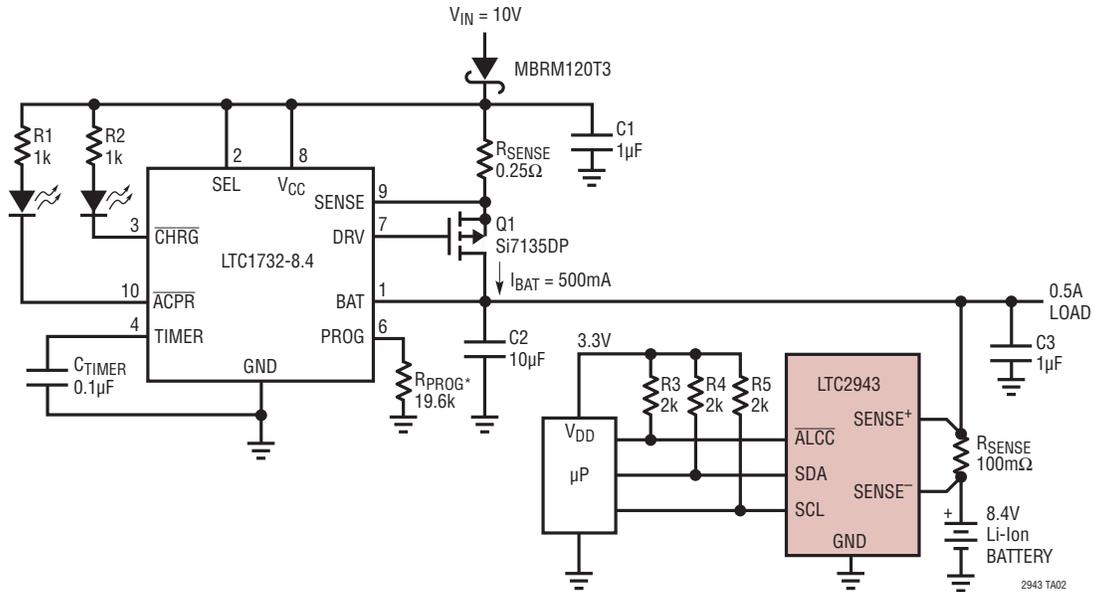
改訂履歴

Rev	日付	概要	ページ番号
A	5/14	Note 6を修正。	4

LTC2943

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	説明	注釈
バッテリー・ガスゲージ		
LTC2941	I ² 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 ² 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/電圧測定付きバッテリー・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	検出抵抗内蔵、温度/電圧測定付き 1A 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
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
バッテリー・チャージャ		
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

2943fa