

超低消費電力バッテリー・ガス・ゲージ

特長

- 動作電源電流 <1.0 μ A
- 電源電圧: 1.8V~60V
- ローサイドまたはハイサイド検出に適した0V~60Vの検出電圧
- 高速16ビットADCにより電圧、電流、温度を測定
- 1%の電圧、電流、電荷量精度
- 水晶発振器やその他の時間リファレンスが不要
- プログラマブルな不感帯により電荷ドリフトを防止
- バッテリー電圧ウォッチドッグ機能内蔵
- 高精度温度センサー内蔵
- プログラマブルなアラートおよび最小/最大追跡レジスタ
- センサー読み出し用の補助ADC入力
- I²C/SMBus インターフェース
- 小型の10ピン、3mm × 2mm DFNパッケージを採用

アプリケーション

- リモート・センサー
- エナジー・ハーベスティング・システム
- ロー・パワー・ハンドヘルド製品
- 電源ツール

概要

LTC[®]2959は、電荷量、電圧、電流、温度を正確に測定する超低消費電力バッテリー・ガス・ゲージです。入力電圧範囲が広く動作電流が低いため、動作寿命の長いデューティ・サイクル・システムなど、多くのアプリケーションに適しています。

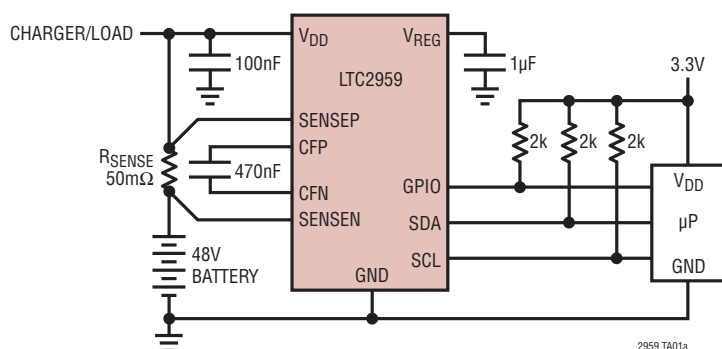
高精度のクーロン・カウンタが、バッテリーの電流経路の任意の場所に接続された外付け検出抵抗の電流を積分します。16ビットADCは、シングルショット・モード、デューティ・サイクル・モード(1S/52s)または連続モード(2.5kS/s)で電圧、電流、温度、補助入力を測定するように設定できます。測定結果は、内蔵のI²C/SMBus インターフェースを介してアクセス可能な内部レジスタに格納されます。

LTC2959は、プログラマブルな高/低閾値と最小/最大追跡レジスタを備えています。閾値を超えると内部ステータス・レジスタにフラグが設定され、SMBus アラート・プロトコルを使用してアラートが出力されます(そのように設定している場合)。

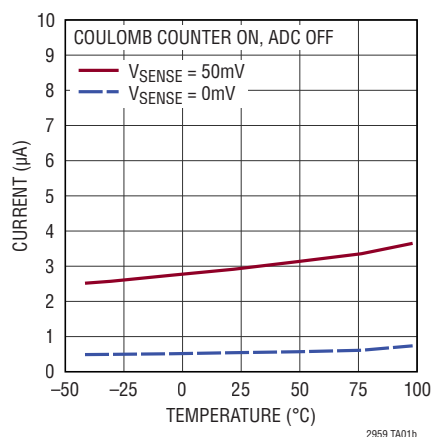
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

48V ハイサイド検出クーロン・カウンタ



動作電流と温度の関係



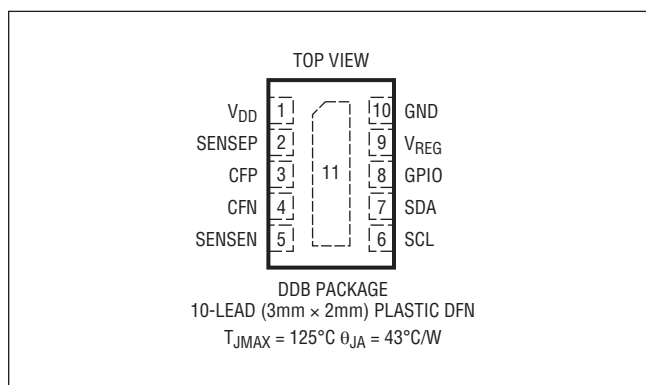
LTC2959

絶対最大定格

(Note 1)

電源電圧 ($V_{DD} - GND$)		-0.3~65V
CM 検出電圧 (SENSEP、SENSEN)		-0.3~65V
DM 検出電圧 SENSEP - SENSEN		0.3V
SCL、SDA、GPIO 電圧		-0.3~6V
動作周囲温度範囲		
LTC2959I		-40~85°C
保管温度範囲		-65~150°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕上げ	テープ&リール(ミニ)	製品マーキング*	パッケージの説明	温度範囲
LTC2959IDDB#PBF	LTC2959IDDB#TRMPBF	LHGK	10ピン (3mm x 2mm) プラスチック DFN	-40°C~85°C

TRM = 500 個。* 温度グレードは出荷容器のラベルで識別されます。

更に広い動作温度範囲仕様のデバイスについては、弊社または弊社代理店までお問い合わせください。

鉛仕上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。

テープ&リールの仕様。一部のパッケージは指定された販売チャンネルを通じて500個単位のリールで供給され、製品番号末尾に「#TRMPBF」という記号が付いています。

電気的特性

- は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ での値です (Note 2)。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Power Requirements						
V_{DD}	Supply Voltage		●	1.8	60	V
I_{SUPPLY}	Supply Current (Note 3)	Coulomb Counter On, ADC Off, $ V_{SENSE} < 1\text{mV}$	●	0.8	2	μA
		Coulomb Counter On, ADC Off, $ V_{SENSE} > 1\text{mV}$	●	1	8	μA
		Coulomb Counter On, ADC On	●	400	800	μA
		Coulomb Counter Not Counting, ADC Off	●		2	μA
R_{SENSEN}	Resistance between SENSEN and GND	When Voltage ADC Measures SENSEN		400		k Ω
		Otherwise		1		G Ω
V_{UVLO}	Undervoltage Lockout Threshold	V_{DD} Falling	●	1.35	1.45	V
$t_{STARTUP}$	Startup Time	Fast Ramp Raises V_{DD} Above 1.8V		8		ms
Coulomb Counter						
V_{SENSE}	Sense Voltage Differential Input Range	$V_{SENSEP} - V_{SENSEN}$	●		± 50	mV
TCE	Total Charge Error (Note 4)	$10\text{mV} \leq V_{SENSE} \leq 50\text{mV}$ Continuously	●	0.1	± 1	%
		$1\text{mV} \leq V_{SENSE} \leq 10\text{mV}$ Continuously	●	0.2	± 2	%
		$10\text{mV} \leq V_{SENSE} \leq 50\text{mV}$ Pulses with $t_{PULSE} > 1\text{ms}$		1		%
V_{OS}	Offset Voltage		●	± 1	± 10	μV
R_{IDR}	Differential Input Resistance Across SENSEP and SENSEN			800		k Ω
Q_{LSB}	Charge LSB (Note 5)	$R_{SENSE} = 50\text{m}\Omega$		533		nAh
E_{DB}	Deadband Inaccuracy	Deadband = 20 μV		± 10		%

電気的特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です (Note 2)。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Voltage Measurement ADC						
V_{FS}	Full-Scale Voltage Conversion			62.6		V
ΔV_{LSB}	Quantization Step Size	1 LSB at 16-Bit Resolution		0.955		mV
$GAIN_{VDD}$	Gain Error, V_{DD} Channel	$1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 60\text{V}$	●		± 1.0	%
$GAIN_{SENSEN}$	Gain Error, SENSEN Channel	$1.8\text{V} \leq SENSEN \leq 60\text{V}$	●		± 1.0	%
INL_V	Integral Nonlinearity		●	± 2	± 16	LSB
t_{CONV_V}	Voltage Conversion Time			400		μs
Current Measurement ADC						
V_{FS_I}	Full-Scale Current Conversion	SENSEP – SENSEN		± 97.5		mV
ΔI_{LSB}	Quantization Step Size	1 LSB at 16-Bit Resolution		2.975		μV
$GAIN_I$	Current Gain Accuracy		●		± 1.0	%
V_{OS_I}	Offset	16-Bit LSBs	●	± 1	± 8	LSB
INL_I	Integral Nonlinearity	16-Bit LSBs	●	± 2	± 16	LSB
V_n	RMS Noise			3		LSB
t_{CONV_I}	Current Conversion Time			400		μs
Temperature Measurement ADC						
T_{FS}	Full-Scale Temperature		I		825	K
ΔT_{LSB}	Quantization Step Size	1 LSB at 16-Bit Resolution		12.8		mK
TUE_T	Temperature Total Unadjusted Error		●	± 0.5	± 5	K
t_{CONV_T}	Temperature Conversion Time	As Part of Round-Robin Cycle		1200		μs
GPIO Voltage Input ADC						
V_{FS}	Full-Scale GPIO Input Range	Small Input Range Large Input Range		± 97.5 1.56		mV V
ΔV_{LSB}	Quantization Step Size	Small Input Range Large Input Range		2.975 47.6		μV μV
$GAIN_{GPIO}$	Gain Accuracy		●		± 1.0	%
$V_{OS_{GPIO}}$	Offset	Small Input Range Large Input Range		40 3		LSB LSB
INL_{GPIO}	Integral Nonlinearity	Small Input Range Large Input Range		± 4 ± 4	± 32 ± 32	LSB LSB
$t_{CONV_{GPIO}}$	Conversion Time	As Part of Round-Robin Cycle		1600		μs
Digital Inputs and Digital Outputs						
V_{ITH}	Logic Input Threshold	$V_{DD} \geq 1.8\text{V}$	●	0.5	1.4	V
V_{OL}	Low Level Output Voltage (GPIO, SDA)	$I = 3\text{mA}$, $V_{DD} \geq 1.8\text{V}$	●		0.4	V
I_{IN}	Input Leakage (GPIO, SCL, SDA)	$V_{IN} = 5.5\text{V}$	●	0.001	1	μA
C_{IN}	Input Capacitance (GPIO, SCL, SDA)	(Note 8)	●		10	pF
t_{PCC}	Minimum Charge Complete (CC) Pulse Width				1	μs

電気的特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ での値です (Note 2)。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
I²C Timing Characteristics							
f _{SCL(MAX)}	Maximum SCL Clock Frequency		●	400	900		kHz
t _{BUF(MIN)}	Bus Free Time Between STOP/START		●			1.3	μs
t _{SU,STA(MIN)}	Minimum Repeated START Set-Up Time		●			600	ns
t _{HD,STA(MIN)}	Minimum Hold Time (Repeated) START Condition		●			600	ns
t _{SU,STO(MIN)}	Minimum Set-Up Time for STOP Condition					600	ns
t _{SU,DAT(MIN)}	Minimum Data Set-Up Time Input		●			100	ns
t _{HD,DAT(MIN)}	Minimum Data Hold Time Input		●			50	ns
t _{HD,DATO}	Data Hold Time Output		●	0.3		0.9	μs
t _{QF}	Data Output Fall Time	(Notes 7,8)	●	20 + 0.1 • C _B		300	ns
Timeout	Max Time between Last SCL Clock Edge and SDA Release				51.2		ms

Note 1: 上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。

Note 2: ピンに流れ込む全ての電流は正です。また、特に指定のない限り全ての電圧は GND 基準です。

Note 3: V_{DD} ピンに流れ込む平均電流。クーロン・カウンタの電源電流は、その入力間の電圧の関数です。ADC の電源電流は、測定しているチャンネルによって異なります。V_{SENSEN} の

電圧を測定する ADC 変換時 (ADC 電圧モードでレジスタ B [2] を「1」に設定) には、電流は SENSEN を流れます。通常、そのような変換の間、I_{SENSEN} = V_{SENSEN}/400kΩ です。

Note 4: クーロン・カウンタは静的信号と動的入力 (電流/パルス) を測定します。ACR をインクリメント/デクリメントするためにいくつかの短いパルスを受け入れる場合があります。

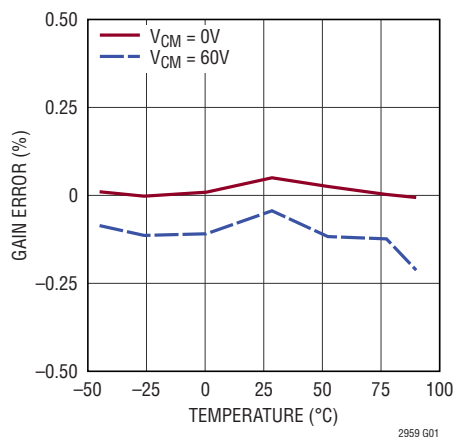
Note 5: 蓄積電荷量レジスタの 1LSB に等価な電荷量は、R_{SENSE} の値に依存し、Q_{LSB} = 533nAh • (50mΩ/R_{SENSE}) です。

Note 7: C_B = 1 つのバス・ラインの容量 (pF) です (10pF ≤ C_B ≤ 400pF)。

Note 8: 設計上の性能は確保していますが、テストの対象外です。

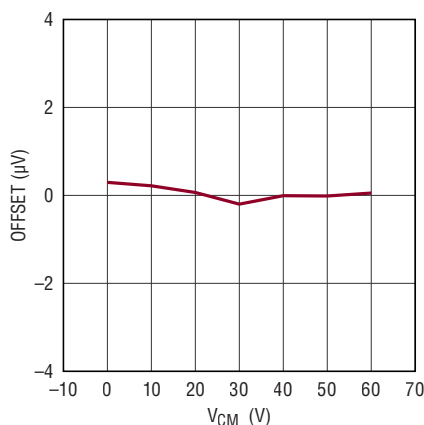
代表的な性能特性

クーロン・カウンタのゲインと温度の関係



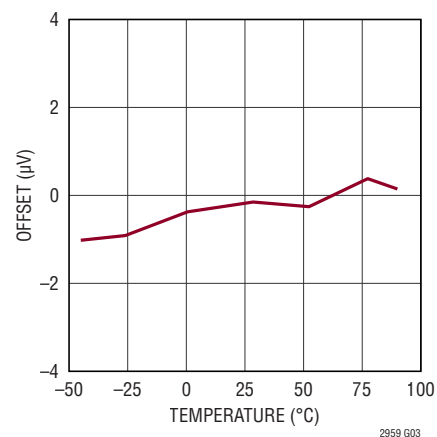
2959 G01

クーロン・カウンタのオフセットとコモン・モード電圧の関係



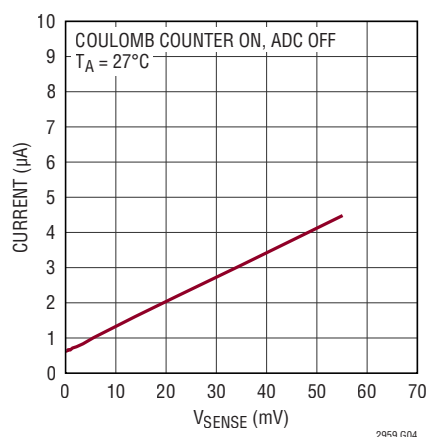
2959 G02

クーロン・カウンタのオフセットと温度の関係



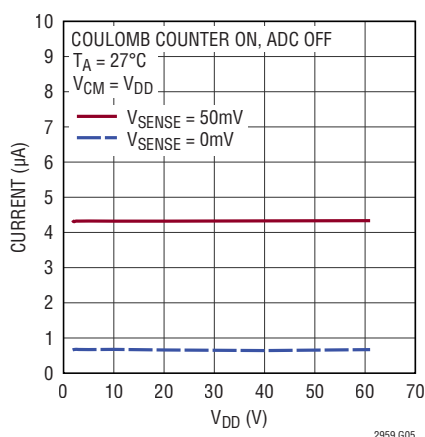
2959 G03

動作電流とV_SENSEの関係



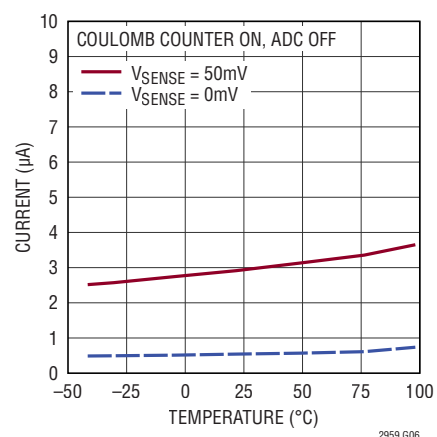
2959 G04

動作電流と電源電圧の関係



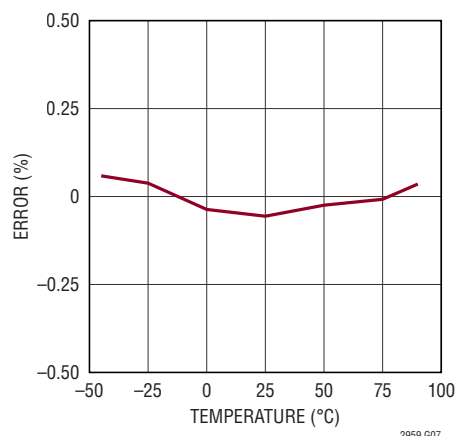
2959 G05

動作電流と温度の関係



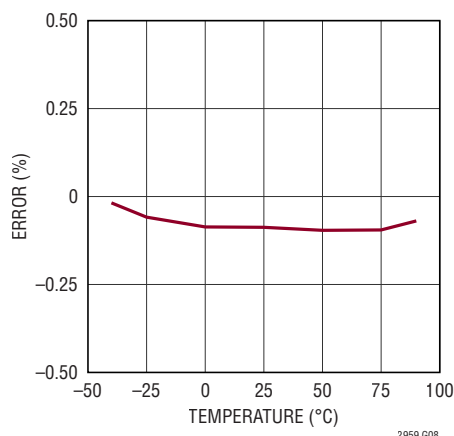
2959 G06

電流ADCのゲイン誤差と温度の関係



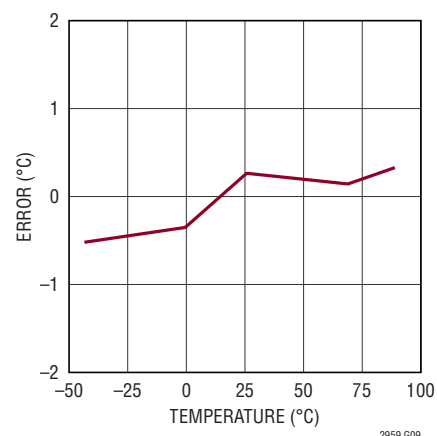
2959 G07

電圧ADCのゲイン誤差と温度の関係



2959 G08

温度センサーの誤差と温度の関係



2959 G09

ピン機能

V_{DD} (ピン1) :動作範囲が1.8V～60Vの電源。検出抵抗の負荷／チャージャ側に接続することによりバッテリーから直接給電できます。あるいは範囲内の他のレギュレーション電圧によって給電できます。100nFのコンデンサでGND(ピン10)にバイパスします。レジスタB2 = 0の場合、電圧ADCはこのピンとGNDの間の電圧をデジタル化します。

SENSEP (ピン2) :正側検出入力。これは非反転の電流検出入力です。ハイサイド検出の場合は、SENSEPを検出抵抗の負荷／チャージャ側に接続します。ローサイド検出の場合は、バッテリー端子側に接続します。コモン・モード電圧は、V_{DD}とは無関係に0～60Vの範囲です。

SENSEN (ピン5) :負側検出入力。これは反転電流検出入力です。ハイサイド検出の場合は、SENSENを検出抵抗のバッテリー端子側に接続します。ローサイド検出の場合は、負荷／チャージャ側に接続します。レジスタB2 = 1の場合、電圧ADCはこのピンとGNDの間の電圧をデジタル化します。

CFP (ピン3) :フィルタ・コンデンサ正側入力。CFPとCFNの間に470nFのコンデンサを接続します。それ以外のものをこのピンに接続しないでください。

CFN (ピン4) :フィルタ・コンデンサ負側入力。CFPとCFNの間に470nFのコンデンサを接続します。それ以外のものをこのピンに接続しないでください。

SCL (ピン6) :シリアル・バス・クロック入力。

SDA (ピン7) :シリアル・バス・データ入出力。外付けのプルアップ抵抗または電流源が必要です。

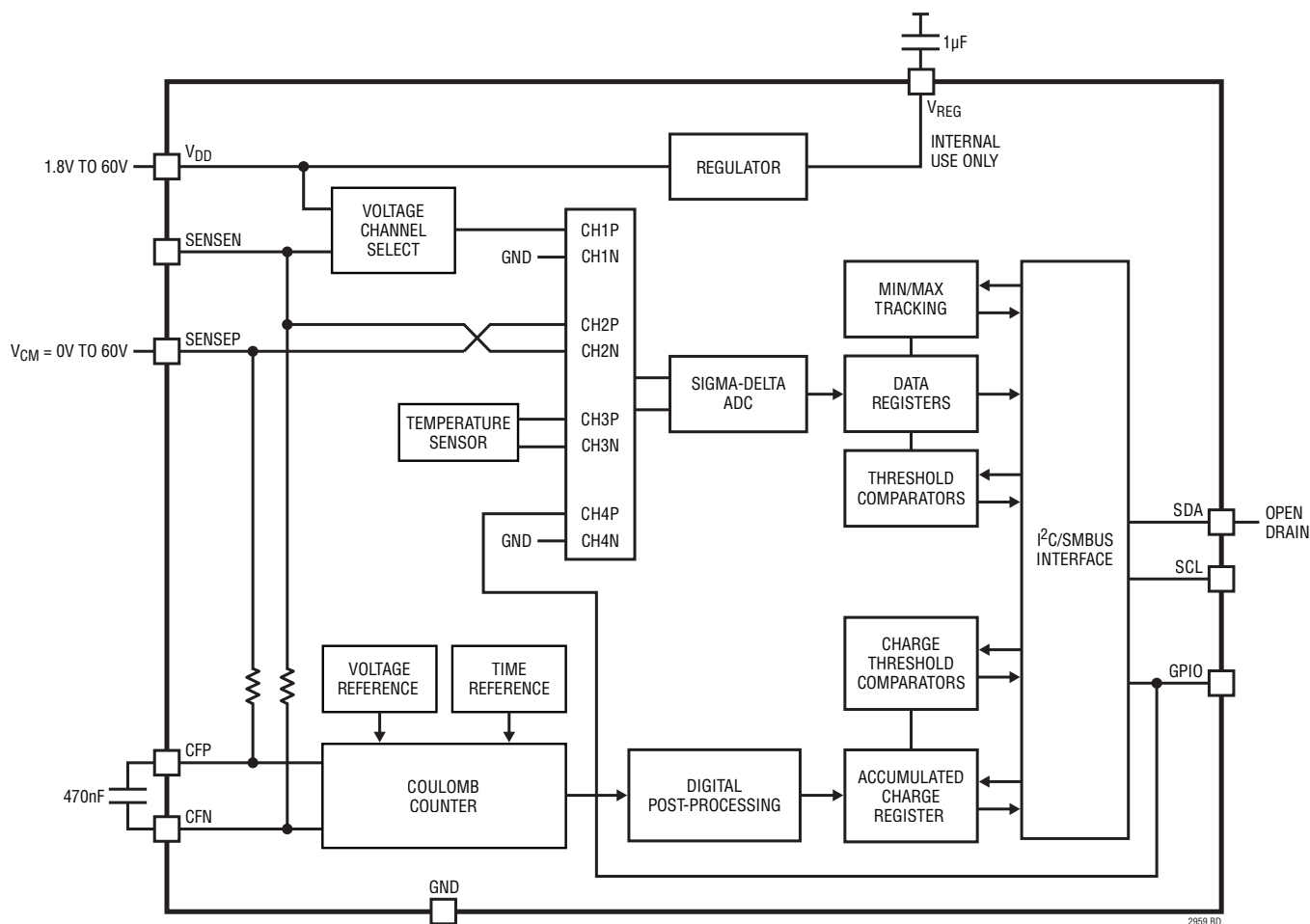
GPIO (ピン8) :汎用入出力。コントロール・レジスタのビット[4:3]を介して、SMBusアラート出力、充電完了入力、またはADCへのアナログ入力に設定できます。このピンは、起動時には、フルスケール範囲が1.56VのADC入力モードにデフォルト設定されています。アラート機能用に設定されている場合、このピンはSMBusアラート応答プロトコルに従い、いずれかの閾値レジスタ値を超えた場合にGNDにプルダウンする、オープンドレイン・ロジック出力として作用します。充電完了入力に設定する場合は、このピンをバッテリー・チャージャ回路からの充電完了出力に接続します。このピンがロー・レベルになると、ACR(レジスタD、E、F、G)の値はFFFFFFFFhになります。ADC入力モードでは、高ソース・インピーダンスの信号をデジタル化する場合、GPIOとGNDの間に100nFのバイパス・コンデンサを接続します。

V_{REG} (ピン9) :電圧レギュレータ出力。1μFのコンデンサでGND(ピン10)にバイパスします。それ以外のものをこのピンに接続しないでください。

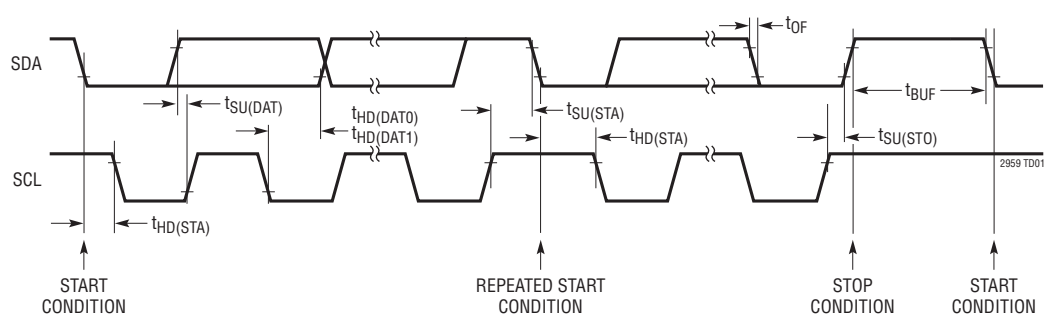
GND (ピン10) :デバイス・グラウンド。ハイサイド検出の場合は、負側バッテリー端子に直接接続します。ローサイド検出の場合は、検出抵抗の負荷／チャージャ側に接続します。

露出パッド (ピン11) :このパッドには接続しないでください。最適な性能を発揮するため、露出パッドはPCBにハンダ付けしないでください。

ブロック図



タイミング図

図1. I^2C バスのタイミング定義

動作

概要

LTC2959は、広範なバッテリー向けに設計された超低消費電力バッテリー・フューエル・ゲージです。装備された高精度クーロン・カウンタが、外付けの電流検出抵抗の電圧を測定することで、充放電状態を追跡し続けます。バッテリーの電流経路の任意の場所に抵抗を挿入することができるため、ローサイドとハイサイドのどちらの検出構成にも対応できます。

LTC2959の電源電圧範囲は1.8V～60Vで、検出抵抗の端子電圧とは独立に設定できます。動作電流が極めて小さいため、LTC2959は長時間にわたって充電状態を追跡できます。

また、LTC2959は、バッテリー電圧、瞬時電流、デバイス温度、内蔵ADCを使用する補助入力を測定することもできます。

クーロン・カウンタ

電荷量は電流を時間積分したものです。LTC2959は外付けの検出抵抗に発生する電圧をモニタすることで電荷量を測定します。SENSE_PとSENSE_Nの間の差動電圧は、まずローパス・フィルタで処理された後、高精度クーロン・カウンタに印加されます。クーロン・カウンタはこの差動電圧に積分処理とデジタル化を行い、必要に応じて蓄積電荷量レジスタ(ACR)をインクリメント／デクリメントします。ACRおよびそのプログラマブル閾値は、I²Cインターフェースを介して読み出すことができます。

クーロン・カウンタは、その動作電流を差動入力信号の関数として変調します。入力信号が小さい場合、電流は1μA(代表値)未満に減少します。このような低電流レベルでも、高精度と低オフセットは維持されます。動作電流はSENSEピンのコモン・モード電圧とは無関係です。

クーロン・カウンタは、レジスタのビットC[3]を使用して非カウント・モードに設定できます。これによりクーロン・カウンティングが停止し、ACRはインクリメント／デクリメントしなくなります。このモードでは動作電流は静的に低く、入力には依存しなくなります。

クーロン・カウンタ電荷ゲイン

クーロン・カウンタの蓄積電荷量レジスタ(ACR)は、533nAhに固定されたLSBと32ビットの幅を持っています。これにより、様々なバッテリーに対応できます。2289Ahのフルスケールはほとんどの大容量バッテリーに対応でき、同時に、10mAhのフルスケール電荷量でも0.01%を十分下回る分解能を発揮します。

外付けの検出抵抗の値の選択は、クーロン・カウンタのゲインに影響します。ACRのフルスケール値は50mΩの値を持つR_{SENSE}に基づいています。異なる値の検出抵抗を用いる場合は、次式に従ってスケーリングする必要があります。

$$Q_{\text{BAT, EFF}} = \frac{50\text{m}\Omega}{R_{\text{SENSE}}} Q_{\text{BAT, DEFAULT}}$$

不感帯処理

バッテリー・ガス・ゲージで重要なパラメータは、バッテリーの電荷量をモニタしている回路の差動オフセット(V_{OS})です。その理由は、クーロン・カウンタは本質的に無期限に積分を行うので、わずかなオフセットに対応する電荷量の誤差が時間に比例して増加するためです。更に、入力電圧(V_{SENSE})が小さい場合、V_{OS}は電荷量の相対誤差に大きく影響します。LTC2959は、オフセットが非常に小さく(代表値は1μVで最大値は±10μV以下)なるよう、設計されています。

その上、LTC2959にはプログラマブルな不感帯があります。0.5sの間、平均のV_{SENSE}の絶対値がプログラマブルな閾値より小さい場合、この時間に測定された電荷量はACRに加えられません。

レジスタのビットC[7:6]を使用すると、プログラマブルな閾値を20、40、80μVに設定するか、0(不感帯処理を行わない)に設定することができます。

電圧、電流、温度とGPIO ADC

LTC2959には、高速、高精度、無遅延のΣΔ A/Dコンバータが、内部クロックおよびリファレンス回路と共に内蔵されています。ADCを使用することで、SENSE_NピンまたはV_{DD}ピン(ローサイド検出アプリケーションの場合)を介してバッテリーの電圧をモニタできます。また、ADCは検出抵抗を流れる

動作

瞬時電流、チップの温度、GPIOピンの電圧を測定することができます。

ADCの変換は、ワンショットの周期的または連続的な方法でトリガできます。この方法は、I²Cインターフェースを介してADCコントロールレジスタをプログラミングすることで設定できます。各ADC変換は完了までに約400μsを要します。

シングルショット変換シーケンスを開始すると、ADCは次のシーケンスを実行します。

- 1) 400μsのADCスタートアップ
- 2) 400μsの電圧変換
- 3) 400μsの電流変換
- 4) 400μsの温度変換
- 5) 400μsのGPIO変換(オプション)
- 6) ADCのパワー・ダウン

その後、対応するレジスタで全てのデータが使用できるようになります。GPIOチャンネルをADC測定に組み込むには、レジスタB[4:3]を適切に設定し、B[3]を使用してフルスケール範囲を設定します。

デフォルトでは、ADCはスリープ・モードで動作し、変換は行われません。また、ADCはスマート・スリープ・モードでも動作できます。このモードでは、ADCは電圧、電流、温度(およびGPIO)を52秒ごとに変換します。閾値レジスタおよび最小値/最大値レジスタも更新され、LTC2959がそのように設定されるとアラートがトリガされます。

更に、ADCは、電圧または電流を連続的に変換するか、電圧と電流を交互に変換するように設定することもできます。連続モードでは、ADCのスタートアップの時間シーケンス・ステップは、ADC動作の最初に行われるだけです。単一の量を連続的に測定することで、サンプリング・レートは2.5kS/sになります。

電圧ADCの入力範囲

ADC電圧チャンネルの精度は、1.8V~60Vの範囲の入力電圧に対してのみ確保されています。

パワーアップ・シーケンス

V_{DD}が約1.45Vの閾値を超えると、LTC2959は、全てのレジスタをデフォルト状態にする内部パワーオン・リセット(POR)信号を生成します。デフォルト状態では、多目的ADCはスリープ・モードで動作しますが、クーロン・カウンタはアクティブです。蓄積電荷量レジスタはミッドスケール(80000000h)にセットされ、全てのADCチャンネル出力は0000hにセットされます。全ての閾値レジスタと最小値/最大値追跡レジスタはデフォルト値に設定されます。ADCの最小値/最大値追跡レジスタは、ADCの最初の変換が完了した後に更新されます。GPIOピンはアナログ入力に設定されます。ALERT機能と充電終了機能は、スタートアップ時にはイネーブルされません。

絶対最大定格違反の回避

セラミック・コンデンサは小型、堅牢、低インピーダンスという特長があるため、LTC2959の電源バイパス・コンデンサの有力な選択肢となります。ただし、このようなコンデンサは、LTC2959が最大電圧65Vに近いライブ電源に接続されている場合は問題を引き起こす可能性があります。低損失のセラミック・コンデンサを電源と直列の浮遊インダクタンスと組み合わせた場合には、不足減衰のタンク回路が生じ、またLTC2959のV_{DD}ピンまたはSENSEピンの電圧が数十ボルトでリングングし、LTC2959の定格を超えて損傷を与える可能性があります。これは該当のピンにトランジェント電圧圧縮ダイオードを追加することで防ぐことができます。

更に、高V_{DD}電圧またはSENSE電圧(>20V)で動作する場合は、デジタル通信ピンSCL、SDA、GPIOが絶対最小動作電圧である-0.3V未満にならないように、注意が必要です。これは、例えば、ローカルのGNDと接続先のマイクロコントローラのGNDの間に電位差がある場合に生じる可能性があります。これにより電源電流が増加し、これに関連して消費電力が増加するためにデバイスに損傷を与える場合があります。それは、ショットキー・ダイオードをこれらの通信ラインに追加し、アノードをLTC2959のGNDピンに接続することで防止できます。

レジスタ・マップ

REGISTER	NAME	LETTER	BITS	R/W	DEFAULT	DATA TYPE
00h	Status	A	A7:A0	COR	See Below	N/A
01h	ADC Control	B	B7:B0	R/W	See Below	N/A
02h	Coulomb Counter Control	C	C7:C0	R/W	See Below	N/A
03h	Accumulated Charge <31:24>	D	D7:D0	R/W	80h	Unsigned
04h	Accumulated Charge <23:16>	E	E7:E0	R/W	00h	Unsigned
05h	Accumulated Charge <15:8>	F	F7:F0	R/W	00h	Unsigned
06h	Accumulated Charge <7:0>	G	G7:G0	R/W	00h	Unsigned
07h	Charge Threshold Low <31:24>	H	H7:H0	R/W	00	Unsigned
08h	Charge Threshold Low <23:16>	I	I7:I0	R/W	00	Unsigned
09h	Charge Threshold Low <15:8>	J	J7:J0	R/W	00	Unsigned
0Ah	Charge Threshold Low <7:0>	K	K7:K0	R/W	00	Unsigned
0Bh	Charge Threshold High <31:24>	L	L7:L0	R/W	FFh	Unsigned
0Ch	Charge Threshold High <23:16>	M	M7:M0	R/W	FFh	Unsigned
0Dh	Charge Threshold High <15:8>	N	N7:N0	R/W	FFh	Unsigned
0Eh	Charge Threshold High <7:0>	O	O7:O0	R/W	FFh	Unsigned
0Fh	Voltage MSB	P	P7:P0	R	00h	Unsigned
10h	Voltage LSB	Q	Q7:Q0	R	00h	Unsigned
11h	Voltage Threshold High MSB	R	R7:R0	R/W	FFh	Unsigned
12h	Voltage Threshold High LSB	S	S7:S0	R/W	FFh	Unsigned
13h	Voltage Threshold Low MSB	T	T7:T0	R/W	00h	Unsigned
14h	Voltage Threshold Low LSB	U	U7:U0	R/W	00h	Unsigned
15h	Max Voltage MSB	V	V7:V0	R/W	00h	Unsigned
16h	Max Voltage LSB	W	W7:W0	R/W	00h	Unsigned
17h	Min Voltage MSB	X	X7:X0	R/W	FFh	Unsigned
18h	Min Voltage LSB	Y	Y7:Y0	R/W	FFh	Unsigned
19h	Current MSB	Z	Z7:Z0	R	00h	Signed
1Ah	Current LSB	AA	AA7:AA0	R	00h	Signed
1Bh	Current Threshold High MSB	AB	AB7:AB0	R/W	7Fh	Signed
1Ch	Current Threshold High LSB	AC	AC7:AC0	R/W	FFh	Signed
1Dh	Current Threshold Low MSB	AD	AD7:AD0	R/W	80h	Signed
1Eh	Current Threshold Low LSB	AE	AE7:AE0	R/W	00h	Signed
1Fh	Max Current MSB	AF	AF7:AF0	R/W	80h	Signed
20h	Max Current LSB	AG	AG7:AG0	R/W	00h	Signed
21h	Min Current MSB	AH	AH7:AH0	R/W	7Fh	Signed
22h	Min Current LSB	AI	AI7:AI0	R/W	FFh	Signed

レジスタ・マップ

REGISTER	NAME	LETTER	BITS	R/W	DEFAULT	DATA TYPE
23h	Temperature MSB	AJ	AJ7:AJ0	R	00h	Unsigned
24h	Temperature LSB	AK	AK7:AK0	R	00h	Unsigned
25h	Temperature Threshold High MSB	AL	AL7:AL0	R/W	FFh	Unsigned
26h	Temperature Threshold High LSBs	AM	AM7:AM0	R/W	FFh	Unsigned
27h	Temperature Threshold Low MSB	AN	AN7:AN0	R/W	00h	Unsigned
28h	Temperature Threshold Low LSBs	AO	AO7:AO0	R/W	00h	Unsigned
29h	GPIO Voltage MSB	AP	AP7:AP0	R	00h	Signed
2Ah	GPIO Voltage LSB	AQ	AQ7:AQ0	R	00h	Signed
2Bh	GPIO Threshold High MSB	AR	AR7:AR0	R/W	7Fh	Signed
2Ch	GPIO Threshold High LSB	AS	AS7:AS0	R/W	FFh	Signed
2Dh	GPIO Threshold Low MSB	AT	AT7:AT0	R/W	80h	Signed
2Eh	GPIO Threshold Low LSB	AU	AU7:AU0	R/W	00h	Signed

ステータス(A) 8ビット

表: STATUS レジスタ (00h) (読出し専用 – 読出し後クリア)

ビット	名前	動作	デフォルト
A7	GPIO Alert	いずれかの GPIO 制限値を超過したことを指示。	0
A6	Current Alert	いずれかの電流制限値を超過したことを指示。	0
A5	Charge Overflow/Underflow	ACR の値が上限または下限に達したことを指示。	0
A4	Temperature Alert	いずれかの温度制限値を超過したことを指示。	0
A3	Charge Alert High	電荷量の上限値を超過したことを指示。	0
A2	Charge Alert Low	電荷量の下限値を超過したことを指示。	0
A1	Voltage Alert	いずれかの電圧制限値を超過したことを指示。	0
A0	UVLO Alert	パワー・バッドからの回復を指示。1 の場合は UVLO が発生し、レジスタの内容は不確定となります。	1

レジスタ・マップ

コントロール(B) 8ビット

表: CONTROL レジスタ (01h) (読出し/書込み)

ビット	名前	動作	デフォルト
B[7:5]	ADC Mode	[000] スリープ: どのレジスタについても変換や更新を行いません。クーロン・カウンタはアクティブなままです。 [001] スマート・スリープ: 52秒ごとにV、I、Tを変換します(許容誤差 < ±5%)。B[4]がハイの場合はGPIOも変換します。レジスタおよび閾値コンパレータを更新します。 [010] 連続的にVを変換(2.5kS/s) [011] 連続的にIを変換(2.5kS/s) [100] VとIを交互に連続して変換 [101] V、I、Tのシングルショット変換。B[4]がハイの場合、Tの後にGPIOの変換を追加。これらの変換の終了後[000]にリセット。 [110] V、I、Tの連続変換。B[4]がハイの場合、Tの後にGPIOの変換を追加。 [111] 不使用	[000]
B[4:3]	GPIO Configure	GPIOピンを設定します。 [00] アラート・モード。ロジック出力。アラート機能有効化。 [01] 充電終了モード。ロジック入力。ロジック・ローにすると蓄積電荷量レジスタが0xFFFFFFFFに設定されます。 [10] ±97.5mVの入力電圧範囲でのADCへのアナログ入力 [11] 0V~1.56Vの入力電圧範囲でのADCへのアナログ入力	[11]
B[2]	Configure Voltage Input	0: ADCはV _{DD} を電圧入力に使用します。 1: ADCはSENSEを電圧入力に使用します。	0
B[1:0]	Reserved	予備	[00]

クーロン・カウンタ設定(C) 8ビット

表: クーロン・カウンタ設定レジスタ (02h) (読出し/書込み)

ビット	名前	動作	デフォルト
C[7:6]	Coulomb Counter	それ未満では蓄積電荷量レジスタに電荷量が追加されないV _{SENSE} 閾値を設定します。	[01]
	Deadband	[00] 0μV(不感帯なし)	
		[01] 20μV	
		[10] 40μV	
		[11] 80μV	
C[5:4]	Reserved	予備	[01]
C[3]	Do Not Count	クーロン・カウンティングを中止し、蓄積電荷量レジスタがインクリメント/デクリメントされないようにします。	0
C[2:0]	Reserved	予備	[000]

アプリケーション情報

内部レジスタ

LTC2959のレジスタ・マップは上記のとおりです。LTC2959は、検出抵抗を流れる電流を積分し、バッテリーの電荷量、電圧、電流、温度(およびオプションでGPIO)を測定して、その結果をI²Cでアクセス可能な内部レジスタに格納します。電荷量は32ビットのレジスタに格納され、その他の量は16ビットのレジスタに格納されます。各測定量には上限と下限の閾値を設定できます。電圧ADCチャンネルと電流ADCチャンネルには最小値と最大値のトラッカもあります。

各電圧、電流、温度、またはGPIO変換後、ADC変換結果はそれぞれの閾値レジスタと比較されます。閾値レジスタの値を超えている場合は、ステータス・レジスタの対応するビットが設定されます(A[7]、A[6]、A[4]またはA[1])。アラート・モードが有効化されている場合は、GPIOピンがローに引き下げられます。

ADCの入力範囲を超えるアナログ入力オーバーフローまたはアンダーフローの原因となります。対応するADC変換結果は、最も負側(アンダーフロー)または最も正側(オーバーフロー)の出力コードとなります。オーバーフローまたはアンダーフローは、対応するステータス・ビットが設定される原因にもなります。アラート・モードが有効化されている場合は、GPIOピンがローに引き下げられます。

最小値追跡レジスタと最大値追跡レジスタは、初期化以降に測定された最小値と最大値をそれぞれ保持します。これらのレジスタは電圧ADCまたは電流ADCの変換ごとに更新されます。

最小値トラッカと最大値トラッカは、それぞれ変換結果が取りうる最大値と最小値に初期化され、これらの値はI²Cで設定できます。

蓄積電荷量レジスタは、I²Cを介して対象の32ビット値を書き込むか、充電終了(CC)をアサートすることで設定できます。GPIOがデジタル入力モードに設定され、外部からローに引き下げられている場合、CCがアサートされACRは32'hFFFFFFに設定されます。クーロン・カウントは、CCがアサートされなくなった場合にのみ再開します。

充電終了のアサートと、I²Cを介してACRを目標値に設定する試行は、同時には行わないでください。

ACRは、クーロン・カウンタがインクリメントまたはデクリメントするごとに電荷量閾値と比較されます。ACRの値が閾値レジスタの値を超えている場合は、対応するビットA[3]ま

たはA[2]が設定されます。ACRがオーバーフローまたはアンダーフローした場合は、ビットA[5]が設定されます。オーバーフローまたはアンダーフローごとに、ACRはロール・オーバーし、積分を再開します。

全てのステータス・レジスタはホストが読み出した後にクリアされますが、対応するアラート条件が解消されていない場合は、次のADC変換または電荷積分後に再アサートされることがあります。

デジタル結果の処理

LTC2959は電荷量、電圧、電流、温度を測定できます。

ACRが示す電荷量を計算するには、一回のシーケンシャルな読み出しでレジスタD、E、F、Gを読み出します。これらを組み合わせた出力は、符号なしの32ビットの数で、合計電荷量を求めるには、これにACRのLSBサイズ(QLSB = 533nAh)を乗じます。

V_{DD}またはSENSEN(ADC制御の設定によって異なります)の電圧の16ビットADC変換結果は、電圧レジスタ(P、Q)に格納されます。このデータは符号がありません。16ビット電圧レジスタ(RESULT[15:0] = P[7:0] Q[7:0])の結果から、測定された電圧は次のように計算できます。

$$V_{BAT} = 62.6V \cdot \frac{RESULT_{dec}}{65536}$$

電圧閾値レジスタおよび最小値／最大値追跡レジスタ(レジスタR、S、T、U、V、W、X、Y)の値も、符号なしの形式で格納されます。例えば、電圧下限閾値を3.72Vに設定するには、レジスタT[7:0]U[7:0]を0F37hに設定します。

電流の16ビットADC変換結果は電流レジスタ(Z、AA)に格納されます。ADCは、検出抵抗R_{SENSE}の電圧V_{SENSE}を変換することで、バッテリー電流を測定します。バッテリーが充電されるか放電するかに応じて、R_{SENSE}で測定される電圧降下は正または負となります。

レジスタZおよびAAの結果は符号付きの2の補数形式で格納されます。ビットZ[7]結果の符号ビットです。バッテリー電流は、2バイトレジスタRESULT[15:0] = Z[7:0] AA[7:0]と選

アプリケーション情報

択した検出抵抗 R_{SENSE} の値から次のように求めることができます。

RESULT[15]=0の場合:

$$I_{\text{BAT}} = \frac{97.5\text{mV}}{R_{\text{SENSE}}} \cdot \frac{\text{RESULT}[14:0]_{\text{dec}}}{32768}$$

RESULT[15]=1の場合:

$$I_{\text{BAT}} = \frac{97.5\text{mV}}{R_{\text{SENSE}}} \cdot \frac{-32768 + \text{RESULT}[14:0]_{\text{dec}}}{32768}$$

電流閾値レジスタと最小値／最大値追跡レジスタ(レジスタAB、AC、AD、AE、AF、AG、AH、AI)の値も、符号付きの2の補数形式で格納されます。

LTC2959の内部温度はレジスタAJおよびAKを読み出して計算できます。これらをRESULT[15:0]=AJ[7:0]AK[7:0]の形に組み合わせると、デバイス温度(摂氏)は次のようになります。

$$T_{\text{C}} = 825 \cdot \frac{\text{RESULT}_{\text{dec}}}{65536} - 273.15$$

ADCは、GPIOピンのアナログ電圧を測定するよう設定することもできます。フルスケールの入力範囲はADCコントロール・レジスタを介して選択でき、その範囲は $\pm 97.5\text{mV}$ または $0\text{V} \sim 1.56\text{V}$ です。どちらの場合も、結果のデータはレジスタAPおよびAQに格納され、どちらの場合もデータは符号付きの2の補数形式です。デジタル結果からアナログ電圧を計算するには、ADC電流チャンネルと同じ式を使用し、広いフルスケール入力範囲を選択している場合は(レジスタ・ビットB[3]=1)、 97.5mV を 1.56V に置き換えます。

I²C/SMBusインターフェース

LTC2959は、I²CおよびSMBusに対応する2線式インターフェースを使用してバス・マスタと通信を行います。LTC2959のハードコードされた7ビットのI²Cアドレスは、1100011(0xC6)です。

LTC2959はスレーブ専用デバイスです。シリアル・クロック・ライン(SCL)は入力専用ですが、シリアル・データ・ライン(SDA)は双方向です。デバイスは、I²Cの標準モード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

LTC2959はI²C/SMBus対応の2線式インターフェースを使用し、1つのバスで複数のデバイスをサポートします。接続されたデバイスはバス・ラインをローに引き下げることだけが可能で、バスをハイにはしません。バス・ワイヤは電流源またはプルアップ抵抗を介して正電源に外部接続されます。バスがアイドル状態の場合は、全てのバス・ラインはハイになります。I²Cバスのデータは、標準モードで最大100kbit/s、高速モードで最大400kbit/sのレートで転送されます。

I²C/SMBusの各デバイスはデバイスに格納されている固有のアドレスで認識され、デバイスの機能に応じてトランスミッタまたはレシーバーとして動作できます。トランスミッタやレシーバーの他、データ転送を行う場合はデバイスはマスタまたはスレーブとして分類されることもあります。マスタはバスでデータ転送を開始するデバイスで、転送を許可するためにクロック信号を発生します。同時に、アドレス指定されたデバイスは全てスレーブとみなされます。LTC2959は常にスレーブとして動作します。

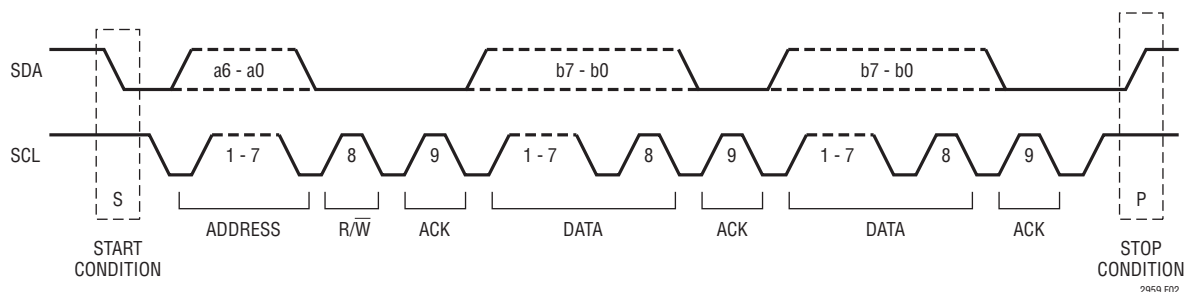


図2. I²CまたはSMBusを介したデータ転送

アプリケーション情報

開始および停止条件

バスがアイドル状態の場合、SCLとSDAは共にハイであることが必要です。バス・マスタは、SCLがハイの間にSDAをハイからローに遷移させることで、START条件で送信を開始するよう指示します。マスタがスレーブとのやり取りを終了すると、SCLはハイの間にSDAをローからハイに遷移させることでSTOP条件を発行します。その後、バスは別の送信を行えるようになります。バスが使用中で、STOP条件の代わりに反復START (Sr) が生成される場合はビジーのままとなります。反復START (Sr) 条件はSTART (S) と機能的には同じです。

書き込みプロトコル

マスタは、START条件に続く7ビットのスレーブ・アドレス1100011とゼロに設定されたR/Wビットで書き込み動作を開始します。LTC2959がSDAをローに引き下げることでこれをアクノレッジすると、マスタは、書き込み先の内部レジスタを指示するコマンド・バイトを送信します。LTC2959はアクノレッジし、コマンド・バイトをその内部レジスタのアドレス・ポインタにラッチします。マスタはデータ・バイトを送信し、LTC2959は再度アクノレッジしてデータを目的のレジスタにラッチします。マスタがSTOP条件を発行するとこの送信は終了します。マスタが停止の代わりに2番目のデータ・バイトを送信することで続行すると、LTC2959は再度アクノレッジしてそのアドレス・ポインタをインクリメントし、2番目のデータ・バイトを次のレジスタにラッチします。

十分に長いI²Cバースト書き込みを使用した場合のみ、複数バイトの量を書き込むことができます。

読出しプロトコル

マスタは、START条件に続く7ビットのスレーブ・アドレス1100011とゼロに設定されたR/Wビットで読出し動作を開始します。LTC2959はアクノレッジし、マスタは読出し先の内部レジスタを指示するコマンド・バイトを送信します。LTC2959はアクノレッジし、コマンド・バイトをその内部レジスタのアドレス・ポインタにラッチします。その後、マスタは反復START条件に続けて同じ7ビットのアドレスと1に設定されたR/Wビットを送信します。LTC2959はアクノレッジすると要求され

たレジスタの内容を送信します。マスタがSTOP条件を発行するとこの送信は終了します。マスタが伝送されたデータ・バイトをアクノレッジすると、LTC2959はそのアドレス・ポインタをインクリメントし、次のレジスタの内容を送信します。

複数バイトの量を読み出すには、十分に長いI²Cバースト読出しを使用する必要があります。

I²Cタイムアウト

デバイスは、クロックがない場合にSDAを無限にローに保持することのないよう、タイマーを内蔵しています。このタイムアウト間隔は51.2ms (代表値) です。この間にクロック・パルスを受信しない場合、LTC2959はSDAピンをリリースして通信インターフェースをリセットします。

アラート応答プロトコル

複数のスレーブが共通の割込みラインを共有するシステムでは、マスタはアラート応答アドレス (ARA) を使用して割込みを開始するデバイスを決定します。マスタは、START条件および特定の7ビットARAバス・アドレス (0001100) と、それに続く読出しビット (R) = 1で、ARAプロシージャを開始します。LTC2959がアラートをアサートしている場合、その7ビット・バス・アドレス (1100011) と1を送信することでアクノレッジおよび応答を行います。アドレスを書き込んでいる間、デバイスはSDAピンをモニタし、別のデバイスが標準のI²Cバス・アービトレーションを使用して同時にアドレスを送信していないか確認します。LTC2959が1を送信し、SCLの立上がりエッジでSDAピンから0を読み出した場合、LTC2959はこれより小さいアドレス番号の別のデバイスが送信を行っているかと判断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します。転送が正常に終了すると、LTC2959はGPIOピンのプルダウンを停止し、新しいアラートが発生するまでこれ以上のARA要求には応答しません。

LTC2959のGPIOピンをアナログ入力またはデジタル入力として再設定すると、アラートのプルダウンは直ちにクリアされます。その後、GPIOピンが再びデジタル出力に設定されると、LTC2959は新しいアラートが発生した場合にのみGPIOをプルダウンします。

アプリケーション情報

GPIO ピンの状態と内部アラート・プルダウン信号は、ステータス・レジスタには影響しません。ステータス・ビットはアラート・イベントの信号が到達するとセットされ、ステータス・レジスタを読み出すとクリアされます。

内部データのRWI²Cアービトレーション

I²C通信がADCの変換の終了または蓄積電荷量レジスタのインクリメント／デクリメントと一致した場合、破損データを読み出す恐れがあります。これを防ぐため、I²Cで読み出された場合、LTC2959はACRと各ADC出力レジスタの内部更新をそれぞれマスクします。バースト読出しを使用すると、1つのI²Cトランザクションで目的の量の全てのバイトを読み出せるようになります。全ての閾値／最小値／最大値レジスタへのバースト書込みを使用すると、完全なデータを使用して比較をすることができます。

I²C停止コマンドを受信するとすぐに、LTC2959はレジスタのマスキングを解除します。I²C通信の間に少なくとも1つの新しい変換結果が内部で受信されると、最後の変換結果が対応レジスタに直ちにロードされ、I²C読出しができるようになります。

最小値／最大値トラッカと閾値コンパレータはI²C通信とは無関係に機能します。

PCBボード・レイアウト時の推奨事項

ノイズと不正確さを最小限にするために、全てのパターンはできる限り短くしてください。検出抵抗には4線式のケルビン検出接続を使用し、LTC2959を抵抗の近くに配置し、SENSEピンおよびSENSEピンへの検出パターンを短くします。抵抗からバッテリー、負荷、チャージャには幅広のパターンを使用します。V_{DD}とV_{REG}のバイパス・コンデンサはLTC2959の近くに接続してください。CFPとCFNを結ぶフィルタ・コンデンサは検出抵抗とLTC2959の間に配置します。リークを最小限におさえるため、露出パッドはハンダ付けしないでください。

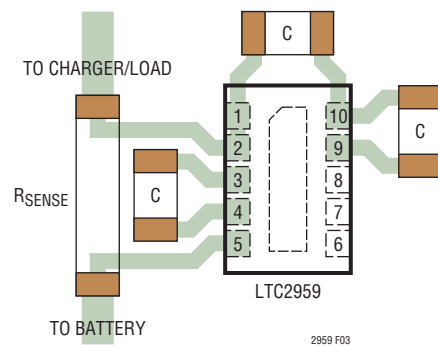
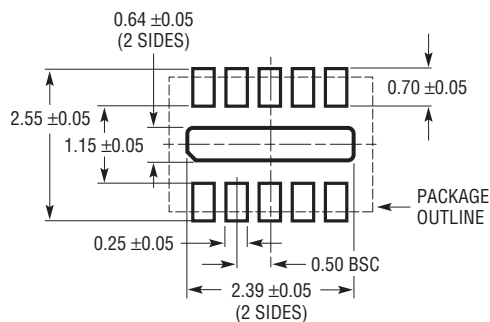


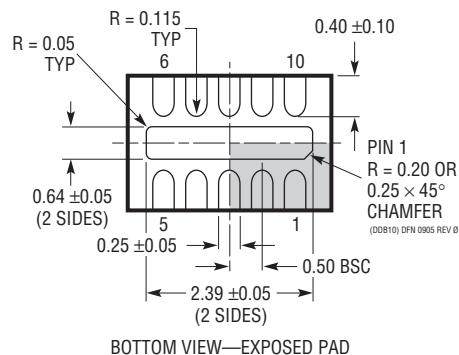
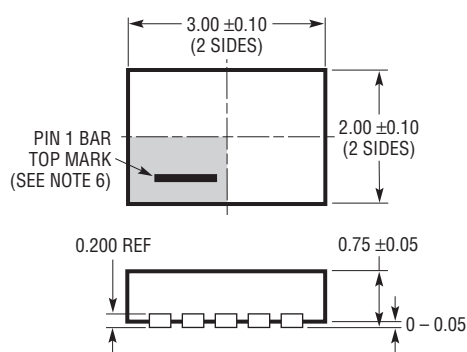
図3. 検出抵抗のケルビン接続

パッケージの説明

DDB Package
10-Lead Plastic DFN (3mm × 2mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1722 Rev 0)



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS

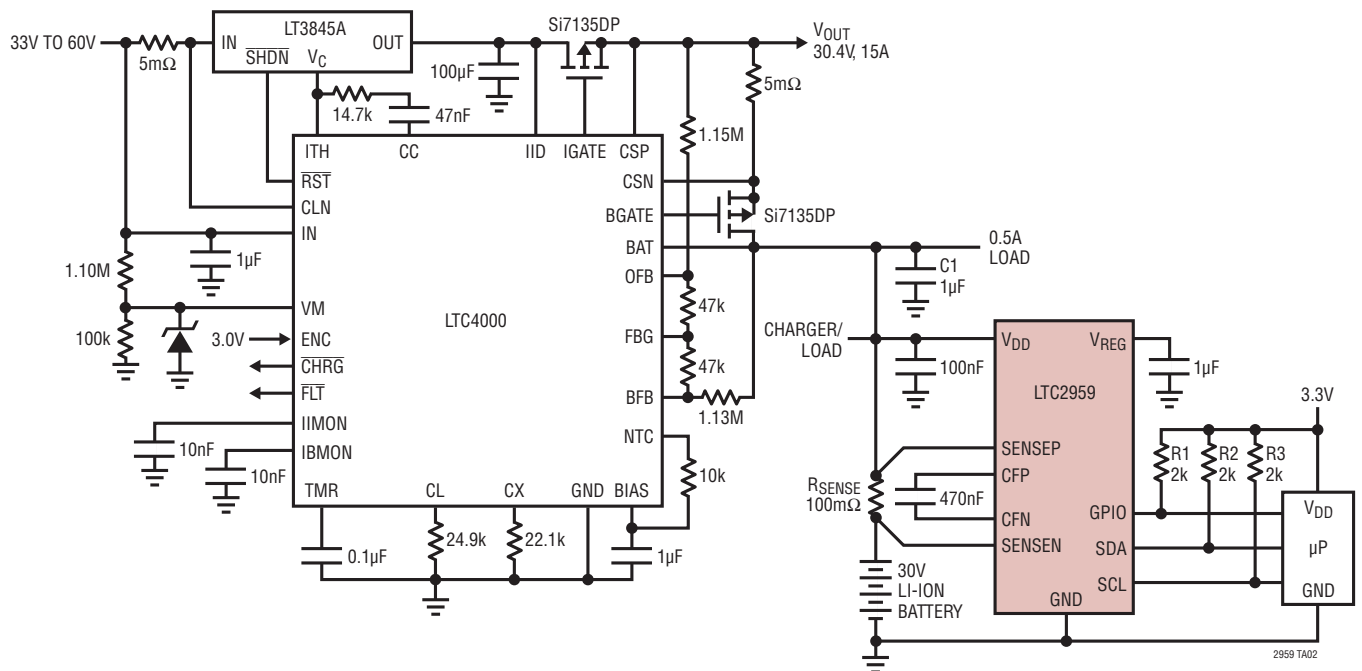


NOTE:

1. DRAWING CONFORMS TO VERSION (WECD-1) IN JEDEC PACKAGE OUTLINE MO-229
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

標準的応用例

ガス・ゲージを備えたバッテリー・チャージャ



関連製品

製品番号	概要	注釈
バッテリー・ガス・ゲージ		
LTC2943	電圧、電流、温度ADCを備えたI ² Cバッテリー・ガス・ゲージ	3.6V~20V動作、14ビットΔΣ-ADC、LTC2944、LTC2943-1とピン互換、8ピン(3mm×3mm)DFNパッケージ
LTC2944	電圧、電流、温度ADCを備えたI ² Cバッテリー・ガス・ゲージ	3.6V~60V動作、14ビットΔΣ-ADC、LTC2943とピン互換、8ピン(3mm×3mm)DFNパッケージ
LTC2941	I ² Cバッテリー・ガス・ゲージ	2.7V~5.5V動作、6ピン(2mm×3mm)DFNパッケージ
LTC2942	温度および電圧測定機能付きI ² Cバッテリー・ガス・ゲージ	2.7V~5.5V動作、14ビットΔΣ-ADC、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	2.7V~8.5V動作、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・チャージおよびパワー・マネジメント用高電圧大電流コントローラ	3V~60V動作、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	6V~28V動作、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	6V~28V動作、20ピン(4mm×4mm)QFNパッケージ
LT®3652HV	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・トラッキング用の入力電源電圧レギュレーション・ループ、5V~34V動作、1MHz、2Aの充電電流、3mm×3mm DFN-12およびMSOP-12パッケージ