

特長

- バッテリーの累積充放電量を表示
- 高精度のアナログ積分
- ハイサイド検出
- 電荷量の精度:1%
- 検出電圧範囲:±50mV
- SMBus/I²Cインタフェース
- 設定可能なアラート出力/充電完了入力
- 動作範囲:2.7V~5.5V
- 消費電流:100μA未満
- 小型6ピン2mm×3mm DFNパッケージ

アプリケーション

- 低消費電力のハンドヘルド機器
- 携帯電話
- MP3プレーヤ
- カメラ
- GPS

概要

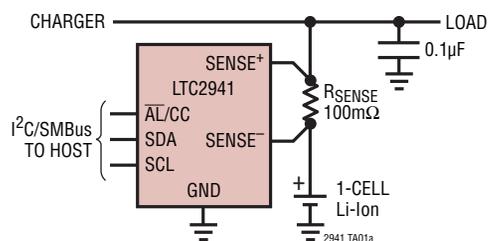
LTC[®]2941は、バッテリー駆動のハンドヘルドPCや携帯機器などのアプリケーションのバッテリーの充電状態を測定します。このデバイスの動作範囲は、1セル・リチウムイオン・バッテリーに最適です。高精度のクーロン・カウンタがバッテリーの正端子と負荷またはチャージャの間に置かれた検出抵抗を流れる電流を積分します。測定された電荷量は内部レジスタに格納されます。SMBus/I²Cインタフェースによってこのデバイスにアクセスし、設定を行います。

累積電荷量の上下のスレッシュホールドをプログラム可能です。上のスレッシュホールドを上回るか下のスレッシュホールドを下回ると、LTC2941はSMBusアラート・プロトコルを使用するか内部ステータス・レジスタのフラグをセットすることによって警告を発します。

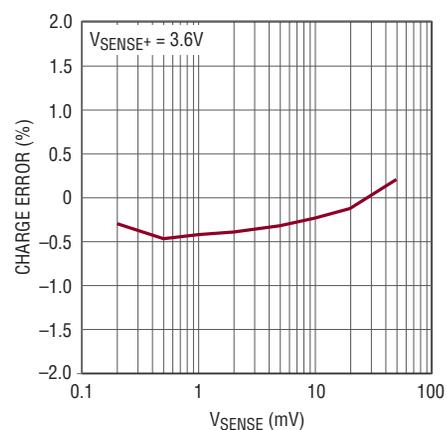
LTC2941は1本の小さな値の外付け検出抵抗を使用するだけで、電流範囲を設定することができます。

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。ThinSOTとBat-Track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

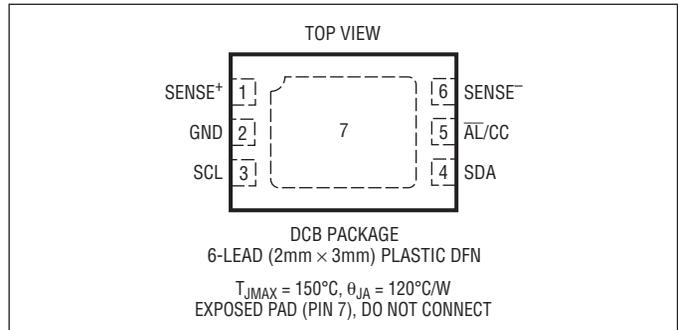


LTC2941

絶対最大定格 (Notes 1, 2)

電源電圧 (SENSE ⁺)	-0.3V~6V
SCL、SDA、 $\overline{\text{AL/CC}}$	-0.3V~6V
SENSE ⁻	-0.3V~(V _{SENSE+} +0.3V)
動作周囲温度範囲	
LTC2941C	0°C~70°C
LTC2941I	-40°C~85°C
保存温度範囲	-65°C~150°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕様

テープアンドリール(ミニ)	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
LTC2941CDCB#TRMPBF	LTC2941CDCB#TRPBF	LFKQ	6-Lead (2mm x 3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC2941IDCB#TRMPBF	LTC2941IDCB#TRPBF	LFKQ	6-Lead (2mm x 3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C

TRM=500個 *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。

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。

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。

鉛フリー仕様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/tapeandreeel/> 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		2.7		5.5	V	
I _{SUPPLY}	Supply Current (Note 3)	Device On	●	70	100	μA	
		Shutdown	●		2.5	μA	
		Shutdown, V _{SENSE+} ≤ 4.2V			1	μA	
V _{UVLO}	Undervoltage Lockout Threshold	V _{SENSE+} Falling	●	2.5	2.6	2.7	V
クーロン・カウンタ							
V _{SENSE}	Sense Voltage Differential Input Range	V _{SENSE+} - V _{SENSE-}	●		±50	mV	
	Differential Input Resistance, Across SENSE ⁺ and SENSE ⁻ (Note 7)			400		kΩ	
Q _{LSB}	Charge LSB (Note 4)	Prescaler M = 128 (Default), R _{SENSE} = 50mΩ		0.085		mAh	
TCE	Total Charge Error (Note 5)	10mV ≤ V _{SENSE} ≤ 50mV DC			±1	%	
		10mV ≤ V _{SENSE} ≤ 50mV, DC V _{SENSE+} ≤ 4.2V	●		±1.5	%	
		1mV ≤ V _{SENSE} ≤ 50mV DC (Note 7)	●		±3.5	%	

2941fa

電气的特性

●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。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$V_{\text{BAT Alert}}$	Alert Threshold	$V_{\text{SENSE+}}$ Falling, B[7:6] = 01	●	2.75	2.8	2.85	V
		$V_{\text{SENSE+}}$ Falling, B[7:6] = 10	●	2.85	2.9	2.95	V
		$V_{\text{SENSE+}}$ Falling, B[7:6] = 11	●	2.95	3	3.05	V

デジタル入力とデジタル出力

V_{ITH}	Logic Input Threshold, $\overline{\text{AL/CC}}$, SCL, SDA		●	$0.3 \cdot V_{\text{SENSE+}}$	$0.7 \cdot V_{\text{SENSE+}}$	V
V_{OL}	Low Level Output Voltage, $\overline{\text{AL/CC}}$, SDA	$I = 3\text{mA}$	●		0.4	V
I_{IN}	Input Leakage, $\overline{\text{AL/CC}}$, SCL, SDA	$V_{\text{IN}} = V_{\text{SENSE+}}/2$	●		1	μA
C_{IN}	Input Capacitance, $\overline{\text{AL/CC}}$, SCL, SDA	(Note 7)	●		10	pF
t_{PCC}	Minimum Charge Complete (CC) Pulse Width				1	μs

 I^2C タイミング特性

$f_{\text{SCL(MAX)}}$	Maximum SCL Clock Frequency		●	400	900	kHz
$t_{\text{BUF(MIN)}}$	Bus Free Time Between STOP/START		●		1.3	μs
$t_{\text{SU,STA(MIN)}}$	Minimum Repeated START Set-Up Time		●		600	ns
$t_{\text{HD,STA(MIN)}}$	Minimum Hold Time (Repeated) START Condition		●		600	ns
$t_{\text{SU,STO(MIN)}}$	Minimum Set-Up Time for STOP Condition		●		600	ns
$t_{\text{SU,DAT(MIN)}}$	Minimum Data Set-Up Time Input		●		100	ns
$t_{\text{HD,DAT(MIN)}}$	Minimum Data Hold Time Input		●		0	μs
$t_{\text{HD,DATO}}$	Data Hold Time Output		●	0.3	0.9	μs
t_{Of}	Data Output Fall Time	(Notes 6, 7)	●	$20 + 0.1 \cdot C_B$	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損傷を与える可能性がある。また、絶対最大定格状態が長時間続くと、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: ピンに流れ込む電流は全て正。注記がない限り、全ての電圧はGNDを基準にしている。

Note 3: $I_{\text{SUPPLY}} = I_{\text{SENSE+}} + I_{\text{SENSE-}}$

Note 4: 累積電荷量レジスタ (C, D) 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。計算式は次のとおり。

$$Q_{\text{LSB}} = 0.085\text{mAh} \cdot \frac{50\text{m}\Omega}{R_{\text{SENSE}}} \cdot \frac{M}{128}$$

詳細は「 R_{SENSE} およびクーロン・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。

$1\text{mAh} = 3.6\text{A} \cdot \text{s} = 3.6\text{C}$ (クーロン)、 $0.085\text{mAh} = 306\text{mC}$ 。

Note 5: 公称値からの Q_{LSB} の偏差。

Note 6: $C_B = 1$ 本のバスラインの容量(単位pF)。 $10\text{pF} \leq C_B \leq 400\text{pF}$ 。

Note 7: 設計によって保証されており、テストされない。

タイミング図

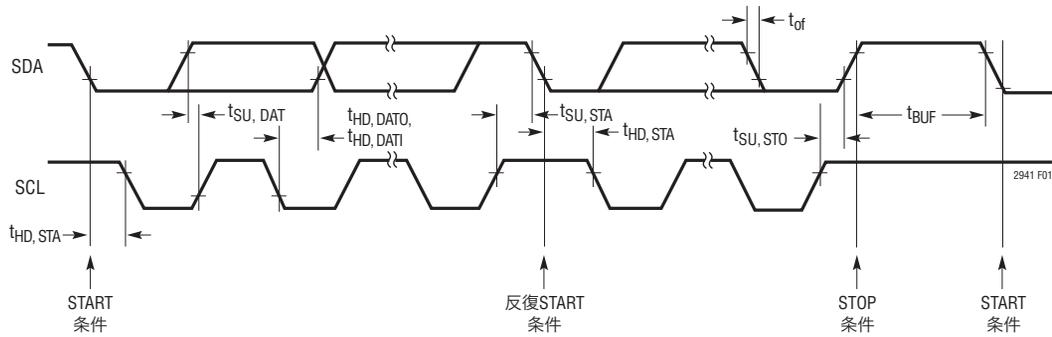
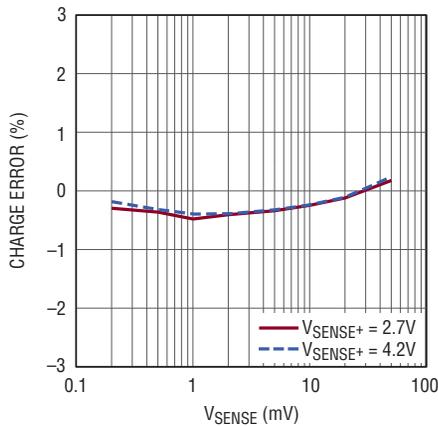


図1. I²Cバスのタイミングの定義

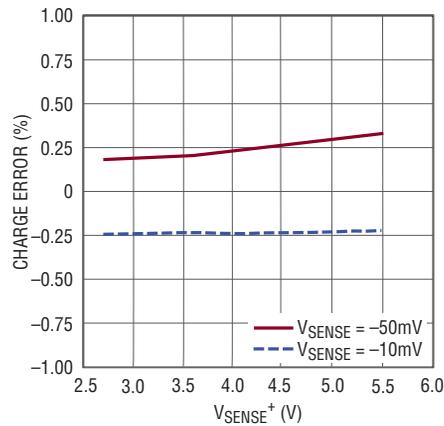
標準的性能特性

全電荷量誤差と差動検出電圧



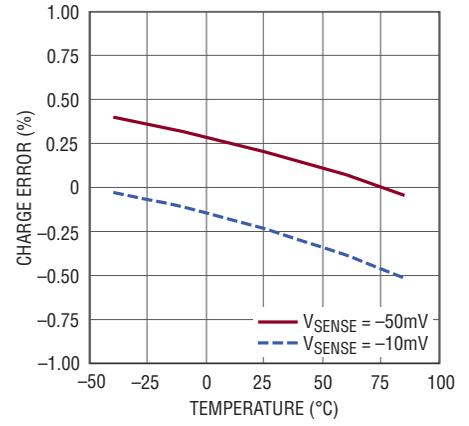
2941 G01

全電荷量誤差と電源電圧



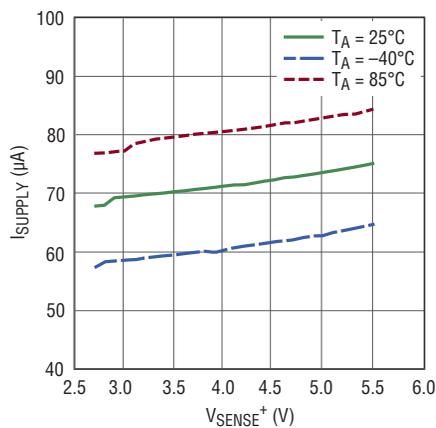
2941 G02

全電荷量誤差と温度



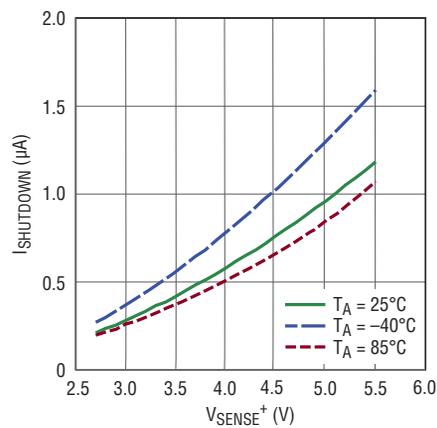
2941 G03

消費電流と電源電圧



2941 G04

シャットダウン時の消費電流と電源電圧



2941 G05

2941fa

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+} ピンの動作範囲は2.7V~5.5Vです。

GND (ピン2): 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3): シリアル・バスのクロック入力。

SDA (ピン4): シリアル・バスのデータ入力と出力。

AL/CC (ピン5): アラート出力または充電完了入力。制御レジスタ・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、スレッショルド・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時は、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”H”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6): 負電流検出入力。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±50mVの範囲内に留まる必要があります。

露出パッド (ピン7): 接続しないでください。

ブロック図

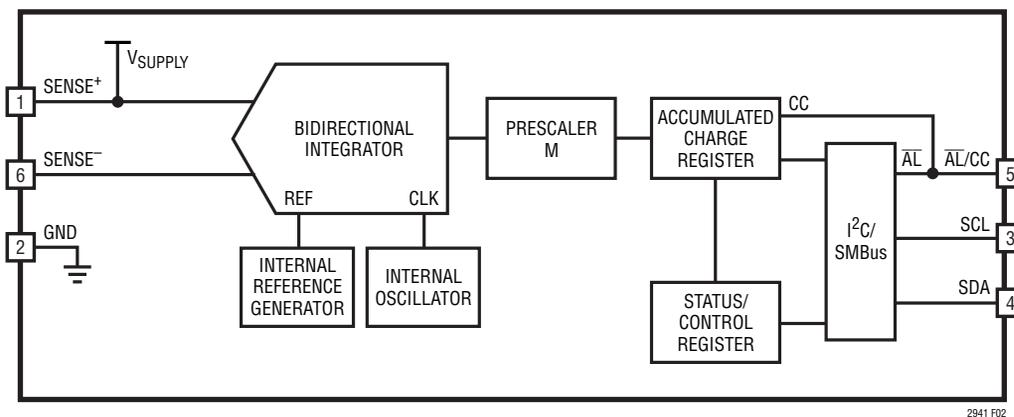


図2. LTC2941のブロック図

動作

概要

LTC2941は端子電圧2.7V~5.5Vの1セル・リチウムイオン・バッテリーやその他のバッテリー・タイプに使用するために設計されたバッテリー・ガスゲージ・デバイスです。高精度のクーロン・カウンタが、バッテリーの正端子と負荷またはチャージャとの間に置かれた検出抵抗を流れる電流を積分します。

クーロン・カウンタ

電荷量は電流を時間で積分したものです。LTC2941は、検出抵抗に発生する電圧をモニタしてバッテリー電流を測定し、その情報を積分して電荷量を推定します。測定した電流を電荷量に変換するために、SENSE⁺とSENSE⁻の間の差動電圧が自動ゼロ調整された差動アナログ積分器に印加されます。

積分器の出力がREFHIまたはREFLOのレベルまでランプすると、スイッチS1、S2、S3、およびS4がトグルしてランプの方向を反転させます。極性は、スイッチの状態とランプ方向を検知することによって判定されます。

プログラム可能なプリスケアラは、積分器がランプの方向を変えるたびにインクリメントまたはデクリメントされます。このプリスケアラは、1~128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、累積電荷量の値が1カウントずつインクリメントあるいはデクリメントされます。累積電荷量の値はI²Cインタフェースを介して読み出されます。

起動シーケンス

V_{SENSE+}が約2.5Vのスレッシュホールド値を超えると、LTC2941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ります。累積電荷量はミッドスケール(7FFFh)に設定され、「下側」スレッシュホールド・レジスタが0000hに、すべての「上側」スレッシュホールド・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128に設定されます。

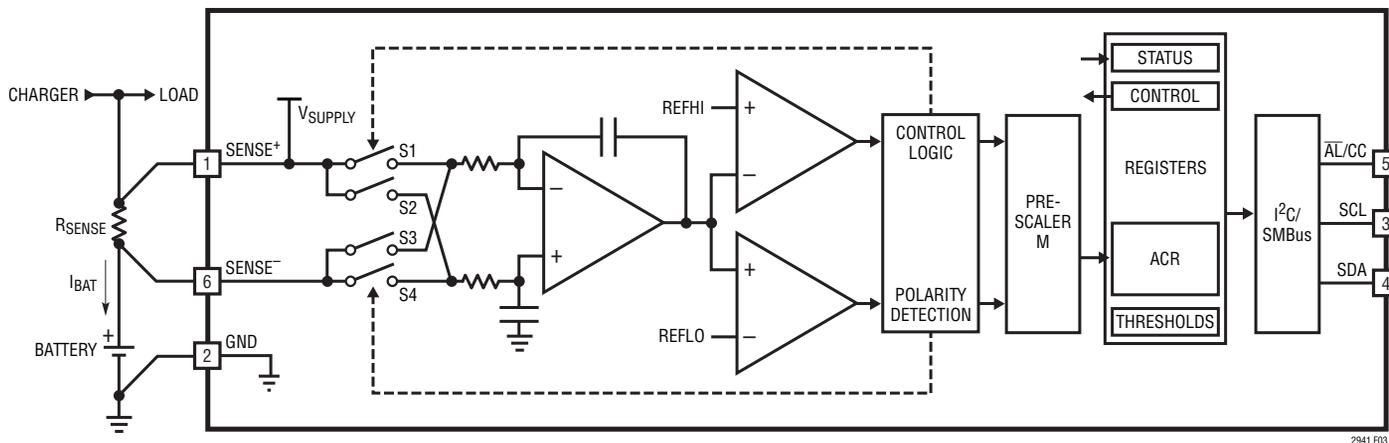


図3. LTC2941のクーロン・カウンタ・セクション

アプリケーション情報

I²C/SMBusインタフェース

LTC2941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。LTC2941の7ビット・ハードコードI²Cアドレスは1100100です。

LTC2941はスレープ専用デバイスです。したがって、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。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。

内部レジスタ

LTC2941は検出抵抗を流れる電流を積分し、累積電荷量である16ビットの結果を2バイトとしてレジスタCとレジスタDに格納します。レジスタE、F、G、Hにプログラムされている2バイトの上限値と下限値が、累積電荷量と継続的に比較されます。累積電荷量がどちらかの制限値を超えると、ステータス・レジスタの対応するフラグ(ビットA[2]またはA[3])がセットされます。アラート・モードがイネーブルされていると、 \overline{AL}/CC ピンが“L”になります。

8個の内部レジスタは以下の表1に示すように構成されています。

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	下記参照
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	電荷量スレッシュホールド「上側」MSB	R/W	FFh
05h	F	電荷量スレッシュホールド「上側」LSB	R/W	FFh
06h	G	電荷量スレッシュホールド「下側」MSB	R/W	00h
07h	H	電荷量スレッシュホールド「下側」LSB	R/W	00h

R = 読み出し、W = 書き込み

ステータス・レジスタ(A)

表2にステータス・レジスタ(アドレス00h)の詳細を示します。

表2. ステータス・レジスタA(読み出し専用)

ビット	名称	動作	デフォルト
A[7]	デバイスの識別	1: LTC2941 0: LTC2942	1
A[6]	予備	使用しない。	0
A[5]	累積電荷量 オーバーフロー/ アンダーフロー	累積電荷量の値が上限または 下限に達していることを示す。	0
A[4]	予備	使用しない。	0
A[3]	電荷量アラート 「上側」	累積電荷量の値が電荷量 スレッシュホールドの上限値を 超えたことを示す。	0
A[2]	電荷量アラート 「下側」	累積電荷量の値が電荷量 スレッシュホールドの下限値を 下回ったことを示す。	0
A[1]	V _{BAT} アラート	(SENSE-)バッテリー電圧が 選択されたV _{BAT} のスレッシュホールド を下回ったことを示す。	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。 このビットが1の場合は、UVLOが 発生したことを示し、レジスタの 内容は不定となる。	X

\overline{AL}/CC ピンは、制御レジスタのビットB[2]とB[1]を使用して、ステータス・レジスタのいずれかのビット(ビットA[7]およびA[0]を除く)がセットされたら“L”になるように設定することができます。A[7]を除くステータス・レジスタのすべてのビットは、これらのビットをセットした状態が解消されればホストによる読み出し後にクリアされます。

測定量のうちの1つがプログラムされた制限値を超えると、ステータス・レジスタ内の対応するビットA[3]、A[2]、またはA[1]が直ちにセットされます。

アプリケーション情報

ビットA[5]は、LTC2941の累積電荷量がレジスタCとレジスタDの合計値をオーバーフローするかアンダーフローするとセットされます。方向が反転するまでカウント・プロセスは反転せず、単にFFFFhまたは0000hで停止することに注意してください。

LTC2941はバッテリーの低電圧モニタ機能を備えており、制限値を超えるとビットA1がセットされます。制限値は制御レジスタで選択します。

動作中にSENSE⁺の電圧がPORレベルに達することなく2.7V未満に低下した場合は、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(C、D)に格納された値を使って積分を再開しますが、 $V_{SENSE+} < 2.7V$ の間に流れた電荷量は積算されません。

ホストはステータス・レジスタのハードコードされたビットA[7]によってLTC2941とピン互換のLTC2942を識別できるので、両方のデバイスに同じソフトウェアを使うことが可能です。

制御レジスタ(B)

LTC2941の動作は、アドレス01hの制御レジスタをプログラムすることによって制御することができます。表3に8ビット制御レジスタ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]	V _{BAT} アラート	[11]スレッシュールド値 = 3.0V。 [10]スレッシュールド値 = 2.9V。 [01]スレッシュールド値 = 2.8V。 [00]V _{BAT} アラートをオフ。	[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1~128の範囲で設定。 デフォルトは128。 $M = 2^{(4 \cdot B[5] + 2 \cdot B[4] + B[3])}$	[111]
B[2:1]	AL/CC設定	AL/CC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る (たとえばチャージャから) 「充電完了」信号を受け取り、 累積電荷量レジスタをFFFFhに設定。 [00]AL/CC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	消費電流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]

制御レジスタの最後のビットB[0]を1に設定すると、LTC2941のアナログ部分がパワーダウン状態になり、通常、消費電流が1μA未満に低下します。レジスタ内の値は保持されますが、すべてのアナログ回路がディスエーブルされます。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]

AL/CC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、AL/CC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。このアラート・モードでは、AL/CCピンはデジタル出力で、測定量の1つが上側または下側のスレッシュールドを超えた場合、または累積電荷量レジスタCまたはDでオーバーフローかアンダーフローが発生した場合は、「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AL/CCピンのアラートはリセットされます。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]に設定すると、AL/CC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、AL/CCピンの入力への「H」入力は、バッテリーがフル状態であることをLTC2941に知らせ、累積電荷量はその最大値FFFFhに設定されます。AL/CCピンは、通常、バッテリー・チャージャ回路の「充電完了」出力に接続されます。

アラートも充電完了機能も必要ない場合は、B[2:1]を[00]に設定します。これでAL/CCピンがディスエーブルされるので、GNDに接続する必要があります。B[2:1]を[11]に設定するとアラート・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}とクーロン・カウンタのプリスケアラ係数“M”の選択 B[5:3]

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。LTC2941は最大±300mVまでの差動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。

アプリケーション情報

外付け検出抵抗の値は、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。

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

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 $SENSE^-$ の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})は次式で得られません。

$$q_{LSB} = 0.085\text{mAh} \cdot \frac{50\text{m}\Omega}{R_{SENSE}} \cdot \frac{M}{128}$$

または

$$q_{LSB} = 0.085\text{mAh} \cdot \frac{50\text{m}\Omega}{R_{SENSE}}$$

つまり、プリスケアラがデフォルトの $M = 128$ の場合は次のようになります。 $1\text{mAh} = 3.6\text{A} \cdot \text{s} = 3.6\text{C}$ (クーロン)であることに留意してください。

次のようなアプリケーションでは、 $R_{SENSE} = 50\text{mV}/I_{MAX}$ という値を選択しても十分ではありません。

A. 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:

$$Q_{BAT} > I_{MAX} \cdot 5.5\text{時間}$$

B. 最大電流(I_{MAX})に比べてバッテリー容量(Q_{BAT})が非常に小さい:

$$Q_{BAT} < I_{MAX} \cdot 0.1\text{時間}$$

Aのように大きなバッテリーを使用する低電流アプリケーションでは、 $R_{SENSE} = 50\text{mV}/I_{MAX}$ に従って R_{SENSE} を選択すると q_{LSB} が $Q_{BAT}/2^{16}$ よりも小さくなり、16ビットの累積電荷量が

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。

$$R_{SENSE} \leq \frac{0.085\text{mAh} \cdot 2^{16}}{Q_{BAT}} \cdot 50\text{m}\Omega$$

最大電流が $I_{MAX} = 100\text{mA}$ のアプリケーションでは、 $R_{SENSE} = 50\text{mV}/I_{MAX}$ を計算すると検出抵抗は $500\text{m}\Omega$ となります。したがって q_{LSB} は $8.5\mu\text{Ah}$ 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 $Q_{BAT} = 8.5\mu\text{Ah} \cdot 65535 = 557\text{mAh}$ となります。バッテリー容量がこれよりも大きい場合は、 R_{SENSE} を小さくする必要があります。たとえば、容量が 1800mAh のバッテリーを使用する場合は、 R_{SENSE} を $150\text{m}\Omega$ まで下げる必要があります。

Bのように使用する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 $50\text{m}\Omega$ の検出抵抗値が選択され、 q_{LSB} は次のようになります。

$$q_{LSB} = 0.085\text{mAh} = 306\text{mC}$$

つまり、バッテリー容量は $1176 q_{LSB}$ に相当するに過ぎず、累積電荷量レジスタの使用率は2%未満になります。

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、LTC2941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、累積電荷量レジスタCおよびDがバッテリー容量にもっとよく合うように q_{LSB} を小さくすることができます。プリスケアラ係数 M は1からデフォルト値の128までの範囲で選ぶことができます。電荷量LSBは次のようになります。

$$q_{LSB} = 0.085\text{mAh} \cdot \frac{50\text{m}\Omega}{R_{SENSE}} \cdot \frac{M}{128}$$

アプリケーション情報

累積電荷量レジスタCおよびD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を選ぶ必要があります。

$$M \geq 128 \cdot \frac{Q_{BAT}}{2^{16} \cdot 0.085\text{mAh}} \cdot \frac{R_{SENSE}}{50\text{m}\Omega}$$

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、2、4、8 … 128に設定することができます。起動後のデフォルト値は $M = 128 = 2^7$ (B[5:3] = 111)です。

100mAhのバッテリーと50mΩの R_{SENSE} を使用する上の例では、プリスケアラは $M = 4$ にプログラムする必要があります。この場合 q_{LSB} は2.656μAhとなり、バッテリー容量は約37650 q_{LSB} に相当します。

クーロン・カウンタの内部デジタル分解能は q_{LSB} で示したもののよりも高くなることに注意してください。デジタル化された電荷量 $q_{INTERNAL}$ は q_{LSB} の $1/(M \cdot 8)$ になります。検出抵抗が50mΩの場合、 $q_{INTERNAL}$ の標準値は299μAsです。

V_{BAT} アラート B[7:6]

LTC2941は、 V_{BAT} アラート機能によりSENSE⁻の電圧をモニタすることができます。この機能がイネーブルされている場合、SENSE⁻ピンの電圧がプリセットされたスレッシュホールドを下回ると、それが検出され、ステータス・レジスタのビットA[1]がセットされます。B[2]を1にセットしてアラート・モードをイネーブルした場合は、アラートが \overline{AL}/CC ピンで生成されます。 V_{BAT} アラート機能のスレッシュホールドは表3に従って選択できます。

累積電荷量レジスタ(C, D)

LTC2941のクーロン・カウンタは検出抵抗を流れる電流を積分します。この電荷量積分の16ビットの結果は累積電荷量レジスタCおよびDに格納されます。LTC2941には最初に起動した後の実際のバッテリー状態が分からないので、累積電荷量はミッドスケール(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、累積電荷量レジスタC[7:0]およびD[7:0]をI²Cを介して正しい値にプログラムするか、 \overline{AL}/CC ピンを”H”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(ビットB[2:1]を介して充電完了モードがイネーブルされている場合)。累積電荷量レジスタに書き込みを行う場合は、B[0]を1にセットすることによって事前にアナログ・セクションをシャットダウンする必要があります。C[7:0]のMSBとD[7:0]のLSBを読み出す間に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8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。

スレッシュホールド・レジスタ(E, F)、(G, H)

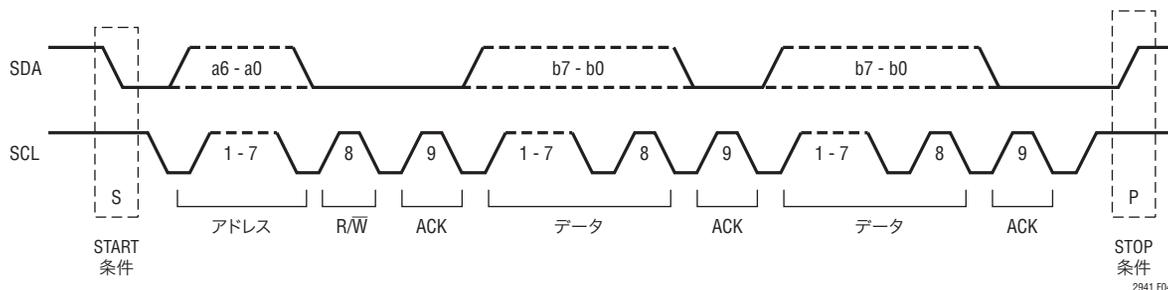
バッテリー電荷量に対して、LTC2941は上下のスレッシュホールド・レジスタを備えています。起動時、上側のスレッシュホールドはFFFFhに設定され、下側のスレッシュホールドは0000hに設定されます。どちらのスレッシュホールドもI²Cを介して望む値にプログラムすることができます。アラート・モードがイネーブルされている場合、累積電荷量が上側のスレッシュホールドを超えるか下側のスレッシュホールドを下回ると、LTC2941は直ちにステータス・レジスタ内の対応するフラグをセットして、 \overline{AL}/CC ピンを”L”にします。

I²Cプロトコル

LTC2941は、1つのバスで複数のデバイスとマスタをサポートするI²C/SMBus互換の2線式オープンドレイン・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ワイヤを”L”にできるだけで、バスを”H”にドライブすることはありません。バスワイヤは、電流源またはプルアップ抵抗を介して、外部で正の電源電圧に接続する必要があります。バスがアイドル状態の時はSDAとSCLの両方が”H”になります。I²Cバス上のデータは、標準モードで最大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上の各デバイスはデバイス内に保存された固有アドレスで認識され、そのデバイスの機能に応じて送信側または受信側として動作させることができます。送信側および受信側に加え、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。LTC2941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。

アプリケーション情報

図4. I²CまたはSMBus上でのデータ転送

START条件とSTOP条件

バスがアイドル状態の時は、SCLとSDAの両方が“H”になっている必要があります。バス・マスタは、SCLを“H”に維持したままSDAを“H”から“L”に遷移させることによって生成するSTART条件を使って、通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”に維持したままSDAを“L”から“H”に遷移させることによってSTOP条件を送ります。これで、バスは別の通信を行える状態になります。バス使用時は、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。

データ転送

START条件が生成された後は、I²Cバスがビジー状態にあると見なされ、マスタとスレーブの間でデータ転送が開始されます。データは9ビットのグループ(8データ・ビットの末尾にアクノリッジ・ビット)でI²Cを介して転送されるので、各グループの転送には9 SCLサイクルを要します。送信側はアクノリッジ・クロック・パルスの中にSDAラインを解放し、受信側はSDAを“L”にしてアクノリッジ(ACK)を返すか、SDAを“H”のままにして非アクノリッジ(NAK)状態を示します。データ状態を変更できるのは、SCLが“L”の状態の時に限られます。

書き込みプロトコル

図5に示すように、マスタはSTART条件を使用して通信を開始し、その後7ビットのスレーブ・アドレス1100100を続けて、R/ \bar{W} ビットをゼロにセットします。LTC2941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。LTC2941はアクノリッジを返し、その内部レジスタ・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、LTC2941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って通信を継続する場合、LTC2941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。

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7ビットのスレーブ・アドレス1100100を続けてR/ \bar{W} ビットをゼロにセットします。LTC2941はこれに対してアクノリッジを返し、次にマスタが、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。LTC2941はアクノリッジを返し、次にその内部レジスタ・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/ \bar{W} ビットを1にセットします。LTC2941はアクノリッジを返し、要求されたレジスタの内容を送ります。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・バイトに対してアクノリッジを返すと、LTC2941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。

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)。

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。LTC2941がアラート・モードで \overline{AL} /CC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

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

2941 F05

- マスタからスレーブへ
- スレーブからマスタへ

A: アクノリッジ(L)
 \overline{A} : 非アクノリッジ(H)
 R: 読み出しビット(H)
 \overline{W} : 書き込みビット(L)
 S: START条件
 P: STOP条件

図5. LTC2941の制御レジスタ(B)へのFChの書き込み

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

2941 F06

図6. LTC2941の累積電荷量レジスタ(C、D)へのF001hの書き込み

S	ADDRESS	\overline{W}	A	REGISTER	A	S	ADDRESS	R	A	DATA	\overline{A}	P
	1100100	0	0	00h	0		1100100	1	0	81h	1	

2941 F07

図7. LTC2941のステータス・レジスタ(A)の読み出し

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

2941 F08

図8. LTC2941の累積電荷量レジスタ(C、D)の読み出し

S	ALERT RESPONSE ADDRESS	R	A	DEVICE ADDRESS	\overline{A}	P
	0001100	1	0	11001001	1	

2941 F09

図9. LTC2941のシリアル・バスSDAアラート応答プロトコル

アプリケーション情報

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判断するためにSDAピンをモニタします。LTC2941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、LTC2941はより低いアドレスを持つ別のデバイスが送信を行っていると思われて直ちに転送を中止し、再試行のため次のARAサイクルまで待ちます。転送が正常に終了するとLTC2941は \overline{AL}/CC 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ARA要求に応答しなくなります。

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。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LTC2941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(図10参照)。バイパス・コンデンサはSENSE⁺とGNDの近くに配置します。

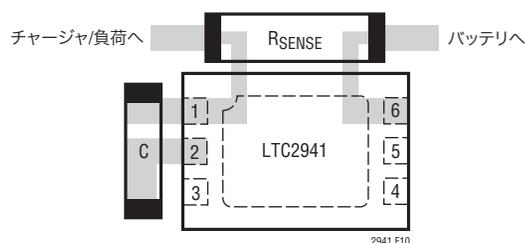


図10. 検出抵抗のケルビン接続

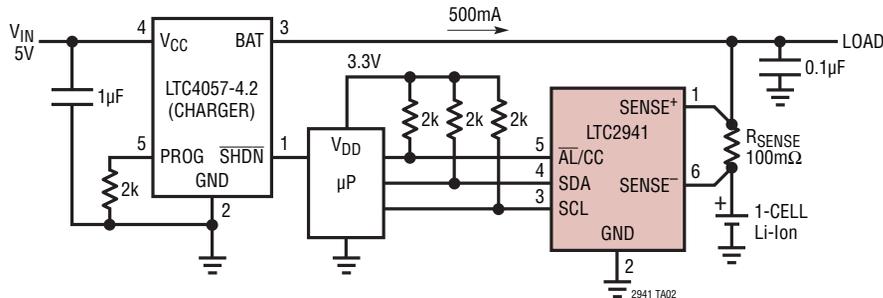
改訂履歴 (Rev Aよりスタート)

REV	日付	概要	ページ番号
A	8/10	「ピン配置」と「ピン機能」セクションの露出パッドの記述を改訂	2,5

LTC2941

標準的応用例

バッテリー・チャージャによる1セル・リチウムイオン・バッテリーの最大500mAの充放電電流を表示するクーロン・カウンタ



関連製品

製品番号	説明	注釈
バッテリー・ガスゲージ		
LTC2941-1	I ² Cインタフェース付きバッテリー・ガスゲージ、50mΩの検出抵抗を内蔵	LTC2942-1とピン互換
LTC2942	I ² Cインタフェースと電圧および温度測定付きバッテリー・ガスゲージ	14ビットΔΣ ADC、LTC2941とピン互換
LTC2942-1	I ² Cインタフェースと電圧および温度測定ADCを搭載したバッテリー・ガスゲージ、検出抵抗を内蔵	14ビットΔΣ ADC、LTC2941-1とピン互換
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		
LTC1734	ThinSOT™パッケージのリチウムイオン・バッテリー・チャージャ	シンプルなThinSOTパッケージのチャージャ、ブロッキング・ダイオード不要、検出抵抗不要
LTC4002	スイッチモード・リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	スタンダアロン、4.7V ≤ V _{IN} ≤ 22V、周波数: 500kHz
LTC4052	モノリシック・リチウムイオン・バッテリー・パルス・チャージャ	ブロッキング・ダイオードや外付けパワー・FETが不要、充電電流: ≤ 1.5A
LTC4053	USB互換モノリシック・リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	プログラム可能なタイマを内蔵したスタンダアロン・チャージャ、充電電流: 最大1.25A
LTC4057	リチウムイオン・リニア・バッテリー・チャージャ	充電電流: 最大800mA、サーマル・レギュレーション、ThinSOTパッケージ
LTC4058	DFNパッケージの950mAスタンダアロン・リチウムイオン・チャージャ	C/10充電終了、バッテリーのケルビン検出、充電精度: ±7%
LTC4059	900mAリニア・リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	2mm×2mm DFNパッケージ、サーマル・レギュレーション、充電電流モニタ出力
LTC4061	サーミスタ入力を装備したスタンダアロン・リニア・リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	4.2V、±0.35%精度のフロート電圧、充電電流: 最大1A、3mm×3mm DFNパッケージ
LTC4063	リニア・レギュレータ内蔵のリチウムイオン・チャージャ	充電電流: 最大1A、100mA、125mV LDO、3mm×3mm DFNパッケージ
LTC4080	300mA同期整流式降圧コンバータ搭載の500mAスタンダアロン・リチウムイオン・チャージャ	
LTC4088	高効率バッテリー・チャージャ/USBパワー・マネージャ	USBポートから得られる電力を最大限利用、Bat-Track™、「瞬時オン」動作、充電電流: 最大1.5A、<50mΩオプション付きの180mΩ理想ダイオード、3.3V/25mA常時オンLDO、4mm×3mm DFN-14パッケージ

2941fa