

# PowerPathとI<sup>2</sup>Cテレメトリを備えた 35V/3.2A マルチセル・リチウムイオン 降圧バッテリー・チャージャ

## 特長

- 終端搭載リチウムイオン/ポリマー・バッテリー・チャージャ
- 広い充電入力電圧範囲: 4.5V~35V
- 高効率の同期整流式動作
- 16ビット・デジタル・テレメトリ・システムでV<sub>BAT</sub>、I<sub>BAT</sub>、R<sub>BAT</sub>、T<sub>BAT</sub>、T<sub>DIE</sub>、V<sub>IN</sub>、I<sub>IN</sub>、V<sub>OUT</sub>を監視
- 1~8個のリチウムイオン/ポリマー・セルを充電
- 低電圧入力時の充電電流制限ループ
- 太陽光パネル入力用の最大電力点追従 (MPPT) 機能
- 入力電流制限によりシステム負荷出力を優先
- 低損失 PowerPath™
- バッテリー切れもしくはバッテリーがない状態でも即時オン動作
- JEITA 準拠の温度制御式充電
- LiFePO<sub>4</sub> および SLA バージョンとのピン互換性

## アプリケーション

- 医療用計測器
- USB-C Power Delivery
- 工業用ハンドヘルド端末
- 高耐久ノート型 PC
- タブレット・コンピュータ

## 概要

LTC®4162-Lは、ACアダプタ、バックプレーン、太陽光パネル等の入力電源と、充電可能なリチウムイオン/ポリマー・バッテリーの間の電力配分を継ぎ目なく管理する先進の同期整流式モノリシック降圧スイッチング・バッテリー・チャージャ / PowerPath™ マネージャです。

高分解能測定システムが、I<sup>2</sup>Cポート経由で全て読み出すことができる回路電圧、電流、バッテリー抵抗、および温度の詳細なテレメトリ情報を提供します。このI<sup>2</sup>Cポートは充電電圧および電流、終端アルゴリズム、各種システム・ステータス・アラート等の多くの充電パラメータを設定するためにも使えます。

LTC4162-Lは1~8セルのリチウムイオン・セル・スタックを最大3.2Aの充電電流で充電できます。

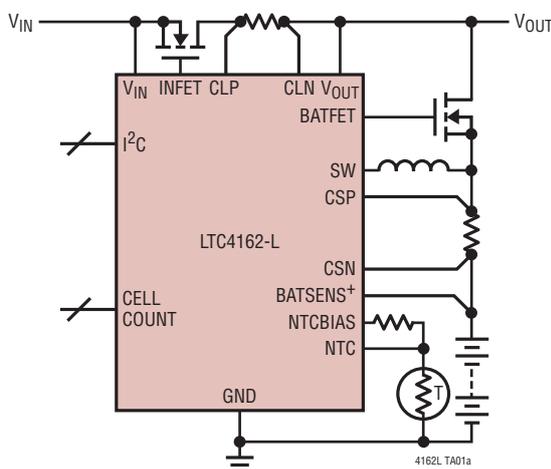
PowerPathトポロジにより出力電圧をバッテリーから切り離しているため、バッテリー電圧が非常に低い状態でも携帯機器を直ちに起動できます。

LTC4162-Lは、熱特性が改善された、28ピン4mm×5mm×0.75mm QFN表面実装パッケージで供給されます。

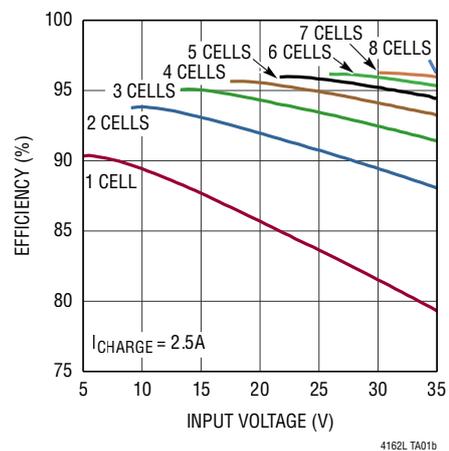
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

## 代表的なアプリケーション

PowerPathを備えた1~8セル3.2A降圧スイッチング・バッテリー・チャージャ



各種セル数の充電効率と入力電圧



## 目次

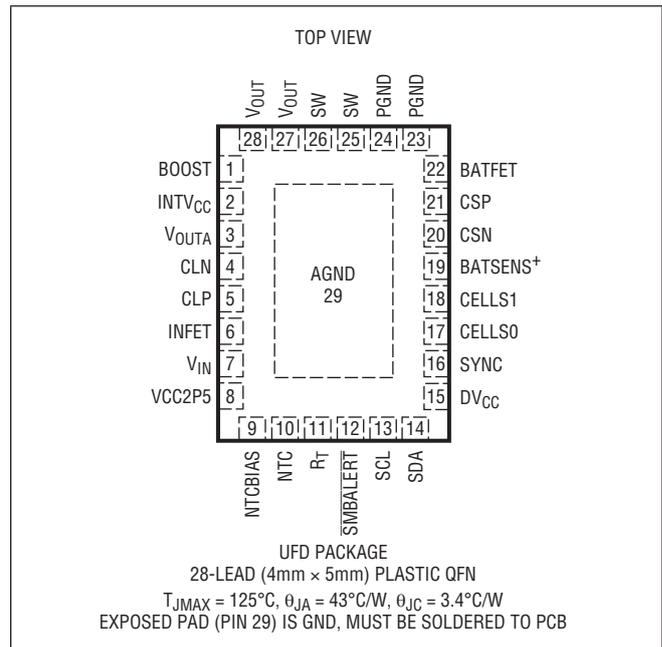
特長 .....	1
アプリケーション .....	1
代表的なアプリケーション .....	1
概要 .....	1
絶対最大定格.....	3
発注情報.....	3
ピン配置.....	3
電気的特性.....	4
代表的な性能特性 .....	7
ピン機能.....	10
ブロック図 .....	12
ESD 保護素子配置図 .....	13
タイミング図 .....	14
動作 .....	15
アプリケーション情報.....	29
レジスタの説明.....	36
代表的なアプリケーション .....	48
パッケージ .....	51
代表的なアプリケーション .....	52
関連製品.....	52

## 絶対最大定格

## (Note 1)

BATSENS+, V <sub>IN</sub> , GSP, CSN, CLP, CLN,	
V <sub>OUT</sub> , V <sub>OUTA</sub> .....	-0.3V~36V
CSP~CSN 間, CLP~CLN 間 .....	±0.3V
CELLSO, CELLS1, SYNC .....	-0.3V~INTVCC
DV <sub>CC</sub> .....	-0.3V~5.5V
SDA, SCL, SMBALERT .....	-0.3V~DV <sub>CC</sub>
I <sub>SW</sub> .....	±3.5A
動作ジャンクション温度範囲	
(Note 2, 4) .....	-40°C~125°C
保存温度範囲 .....	-65°C~150°C

## ピン配置



## 発注情報

<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC4162-L#orderinfo>

製品番号	製品 マーキング*	テープ& リール	温度 グレード	概要	温度範囲
LTC4162EUFD-LAD#PBF	4162A		E	I <sup>2</sup> C Adjustable Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L40#PBF	4162B		E	4.0V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L41#PBF	4162C		E	4.1V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L42#PBF	4162D		E	4.2V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-LADM#PBF	4162K		E	I <sup>2</sup> C Adjustable Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L40M#PBF	4162L		E	4.0V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L41M#PBF	4162M		E	4.1V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L42M#PBF	4162N		E	4.2V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-LAD#TRPBF	4162A	✓	E	I <sup>2</sup> C Adjustable Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L40#TRPBF	4162B	✓	E	4.0V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L41#TRPBF	4162C	✓	E	4.1V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L42#TRPBF	4162D	✓	E	4.2V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-LADM#TRPBF	4162K	✓	E	I <sup>2</sup> C Adjustable Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L40M#TRPBF	4162L	✓	E	4.0V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L41M#TRPBF	4162M	✓	E	4.1V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-L42M#TRPBF	4162N	✓	E	4.2V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C

# LTC4162-L

## 発注情報

製品番号	製品 マーキング*	テープ& リール	温度 グレード	概要	温度範囲
LTC4162IUFD-LAD#PBF	4162A		I	I <sup>2</sup> C Adjustable Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L40#PBF	4162B		I	4.0V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L41#PBF	4162C		I	4.1V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L42#PBF	4162D		I	4.2V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-LADM#PBF	4162K		I	I <sup>2</sup> C Adjustable Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L40M#PBF	4162L		I	4.0V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L41M#PBF	4162M		I	4.1V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L42M#PBF	4162N		I	4.2V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-LAD#TRPBF	4162A	✓	I	I <sup>2</sup> C Adjustable Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L40#TRPBF	4162B	✓	I	4.0V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L41#TRPBF	4162C	✓	I	4.1V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L42#TRPBF	4162D	✓	I	4.2V Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-LADM#TRPBF	4162K	✓	I	I <sup>2</sup> C Adjustable Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L40M#TRPBF	4162L	✓	I	4.0V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L41M#TRPBF	4162M	✓	I	4.1V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162IUFD-L42M#TRPBF	4162N	✓	I	4.2V Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°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。

鉛フリー仕上げの製品マーキングの詳細については、Webサイト <http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。

テープ&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。

一部のパッケージは、#TRMPBF 接尾部の付いた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

●は規定動作ジャンクション温度の全範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  の値 (Note 4)。特に指定がない限り、 $V_{IN} = 18\text{V}$ 、 $DV_{CC} = 3.3\text{V}$ 、 $R_{SNSI} = 10\text{m}\Omega$ 、 $R_{SNSB} = 10\text{m}\Omega$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>システム電圧および電流</b>						
$V_{IN}$	Input Supply Voltage		●	4.5	35	V
$V_{BAT}$	Battery Voltage		●	2.7	35	V
$I_{BATSNS+}$	Battery Drain Current	$V_{IN} - V_{BATSNS+} > V_{IN\_DUVLO}$ , Terminated $V_{IN} - V_{BATSNS+} < V_{IN\_DUVLO}$ $V_{IN} = 0$ , SHIPMODE Activated		0.5 54 2.8	1 100 5	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
$I_{VIN}$	$V_{IN}$ Drain Current	$V_{IN} - V_{BATSNS+} > V_{IN\_DUVLO}$ , Terminated		115	200	$\mu\text{A}$
<b>スイッチング・バッテリー・チャージ</b>						
$V_{CHARGE}$	Range Resolution (5 Bits) Accuracy	Per <code>cell_count</code>	●	3.8125-4.2 12.5	0.5 1.5	V mV % %

## 電気的特性

●は規定動作ジャンクション温度の全範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  の値 (Note 4)。特に指定がない限り、 $V_{IN} = 18\text{V}$ 、 $DV_{CC} = 3.3\text{V}$ 、 $R_{SNSI} = 10\text{m}\Omega$ 、 $R_{SNSB} = 10\text{m}\Omega$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$I_{\text{CHARGE}}$ Servo Voltage ( $V_{\text{CSP}} - V_{\text{CSN}}$ )	Range	$I_{\text{CHARGE}} = (V_{\text{CSP}} - V_{\text{CSN}})/R_{\text{SNSB}}$ Note 5		1-32		mV	
	Resolution (5 Bits)			1		mV	
	Accuracy		●	-0.25 -0.75	0.25 0.75	mV mV	
$I_{\text{INLIM}}$ Servo Voltage ( $V_{\text{CLP}} - V_{\text{CLN}}$ )	Range	$I_{\text{IN}} = (V_{\text{CLP}} - V_{\text{CLN}})/R_{\text{SNSI}}$ Note 6		0.5-32		mV	
	Resolution (6 Bits)			0.5		mV	
	Accuracy			-0.2	0.2	mV	
$V_{\text{INLIM}}$	Range			0.14-36		V	
	Resolution (8 Bits)			140.625		mV	
	Full Scale Accuracy		-1	1	%		
$f_{\text{OSC}}$	Switching Frequency	$R_T = 63.4\text{k}$	●	1.4	1.5	1.6	MHz
$D_{\text{MAX}}$	Maximum Duty Cycle			99.5			%
$R_{\text{SWITCH}}$	Primary Switch On-Resistance			90			m $\Omega$
$R_{\text{RECT}}$	Rectifier Switch On-Resistance			90			m $\Omega$
$I_{\text{PEAK}}$	Peak Inductor Current Limit	Note 3		45mV/ $R_{\text{SNSB}}$			A

## システム制御

$V_{\text{IN\_UVLO}}$	$V_{\text{IN}}$ Charger Enable Input Undervoltage Lockout	Rising Threshold Hysteresis		4.2	4.4 0.2	4.6	V V
$V_{\text{IN\_DUVLO}}$	$V_{\text{IN}}$ to BATSENS+ Charger Enable Differential Undervoltage Lockout	Rising Threshold Hysteresis		100	150 170	200	mV mV
$V_{\text{IN\_OVLO}}$	$V_{\text{IN}}$ Charger Disable Overvoltage Lockout	Rising Threshold Hysteresis		37.6	38.6 1.4	40	V V
$V_{\text{INTVCC\_UVLO}}$	INTVCC Telemetry Enable Undervoltage Lockout	Rising Threshold Hysteresis		2.75	2.85 0.12	2.95	V V

## テレメトリA/D測定サブシステム

$I_{\text{BAT}}$ ( $V_{\text{CSP}} - V_{\text{CSN}}$ )	Resolution Offset Error Span Error	$I_{\text{BAT}} = (V_{\text{CSP}} - V_{\text{CSN}})/R_{\text{SNSB}}$ $0.32\text{mV} < V_{\text{CSP}} - V_{\text{CSN}} < 32\text{mV}$			1.466	0.15 1.25	$\mu\text{V}/\text{LSB}$ mV %rdng
$I_{\text{IN}}$ ( $V_{\text{CLP}} - V_{\text{CLN}}$ )	Resolution Offset Error Span Error	$I_{\text{IN}} = (V_{\text{CLP}} - V_{\text{CLN}})/R_{\text{SNSI}}$ $0.32\text{mV} < V_{\text{CLP}} - V_{\text{CLN}} < 32\text{mV}$			1.466	0.15 1.25	$\mu\text{V}/\text{LSB}$ mV %rdng
$V_{\text{IN}}$	Resolution Offset Error Span Error	$3\text{V} < V_{\text{IN}} < 35\text{V}$			1.649	25 1	mV/LSB mV %rdng
$V_{\text{BATSENS+}}$ (Per <code>cell_count</code> )	Resolution Offset Error Span Error	$2\text{V} < V_{\text{BATSENS+}} < 4.2\text{V}$			192.4	10 1	$\mu\text{V}/\text{LSB}$ mV %rdng
$V_{\text{OUT}}$	Resolution Offset Error Span Error	$3\text{V} < V_{\text{OUT}} < 35\text{V}$			1.653	25 1	mV/LSB mV %rdng
$V_{\text{NTC}}/V_{\text{NTCBIAS}}$	Resolution Offset Error Span Error	$0 < V_{\text{NTC}}/V_{\text{NTCBIAS}} < 1$			45.833	1 1	$\mu\text{V}/\text{V}/\text{LSB}$ mV/V %rdng
$T_{\text{die}}$	Resolution Offset				0.0215 -264.4		$^\circ\text{C}/\text{LSB}$ $^\circ\text{C}$

## 電気的特性

●は規定動作ジャンクション温度の全範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  の値 (Note 4)。特に指定がない限り、 $V_{IN} = 18\text{V}$ 、 $DV_{CC} = 3.3\text{V}$ 、 $R_{SNSI} = 10\text{m}\Omega$ 、 $R_{SNSB} = 10\text{m}\Omega$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>シリアル・ポート、SDA、SCL、SMBALERT</b>						
$DV_{CC}$	Logic Reference Level		●	1.8	5.5	V
$I_{DVCCQ}$	$DV_{CC}$ Current	SCL/SDA = $DV_{CC}$ , 0kHz		0		$\mu\text{A}$
ADDRESS	I <sup>2</sup> C Address			0b1101000[R/W]		
$V_{IH2C}$	Input High Threshold		70			% $DV_{CC}$
$V_{IL2C}$	Input Low Threshold				30	% $DV_{CC}$
$V_{OL2C}$	Digital Output Low (SDA/SCL/SMBALERT)	$I_{SDA/SCL/SMBALERT} = 3\text{mA}$			400	mV
$F_{SCL}$	SCL Clock Frequency				400	kHz
$t_{LOW}$	LOW Period of SCL Clock		1.3			$\mu\text{s}$
$t_{HIGH}$	HIGH Period of SCL Clock		0.6			$\mu\text{s}$
$t_{BUF}$	Bus Free Time Between Start and Stop Conditions		1.3			$\mu\text{s}$
$t_{HD,STA}$	Hold Time, After (Repeated) Start Condition		0.6			$\mu\text{s}$
$t_{SU,STA}$	Setup Time after a Repeated Start Condition		0.6			$\mu\text{s}$
$t_{SU,STO}$	Stop Condition Set-Up Time		0.6			$\mu\text{s}$
$t_{HD,DAT(OUT)}$	Output Data Hold Time		0		900	ns
$t_{HD,DAT(IN)}$	Input Data Hold Time		0			ns
$t_{SU,DAT}$	Data Set-Up Time		100			ns
$t_{SP}$	Input Spike Suppression Pulse Width				50	ns
<b>SYNCピン</b>						
$V_{IHSYNC}$	Input High Threshold		●	1.5		V
$V_{ILSYNC}$	Input Low Threshold		●		0.2	V
<b>ピン・リーク (NTC、CELLS0、CELLS1、SDA、SCL、SYNC、SMBALERT)</b>						
	Pin Current			-50	50	nA

**Note 1:** 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。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恐れがある。

**Note 2:** LTC4162は、瞬間的な過負荷状態時にデバイスを保護するための過熱保護機能を備えている。この保護がアクティブなときは、最大定格ジャンクション温度を超えることができる。規定された絶対最大動作ジャンクション温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なうか、またはデバイスに永続的損傷を与える恐れがあります。

**Note 3:** 本製品の安全電流制限機能は短期間または断続的な障害条件からICを保護することを意図している。規定された最大ピン電流を超えた動作が継続すると、デバイスの劣化または故障が生じる可能性がある。

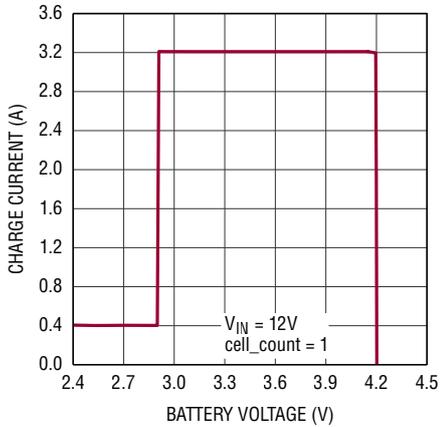
**Note 4:** Eグレードは  $T_J$  が  $T_A$  にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされる。Eグレードは  $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$  のジャンクション温度範囲で仕様に適合することが確認されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$  の動作ジャンクション温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。Iグレードは、 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$  の全動作ジャンクション温度範囲で仕様に適合することが確認されている。ジャンクション温度 ( $T_J$ ) は周囲温度 ( $T_A$ ) および消費電力 ( $P_D$ ) から次式に従って計算される。 $T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$ 。これらの仕様を満たす最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗および他の環境要因と関連した特定の動作条件によって決まることに注意。

**Note 5:** 充電電流はチャージャ・サーボ電圧 ( $V_{CSP-CSN}$ ) を充電電流設定抵抗 ( $R_{SNSB}$ ) で割った値になる。外付け抵抗の誤差は充電電流の全誤差の直接の要因になる。

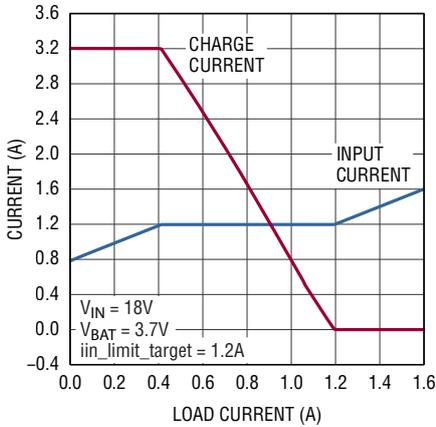
**Note 6:** 入力電流はサーボ電圧 ( $V_{CLP-CLN}$ ) を入力電流設定抵抗 ( $R_{SNSI}$ ) で割った値になる。外付け抵抗の誤差は入力電流の全誤差の直接の要因になる。

代表的な性能特性 特に指定がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

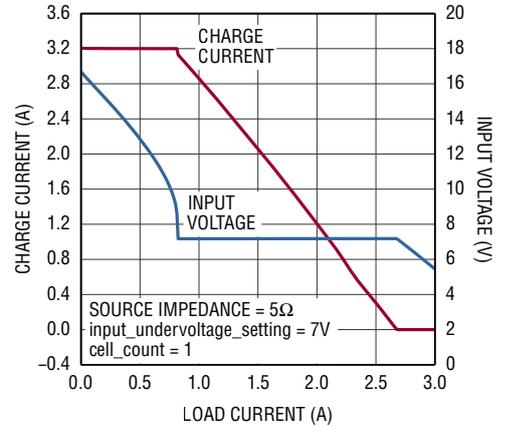
充電電流とバッテリー電圧



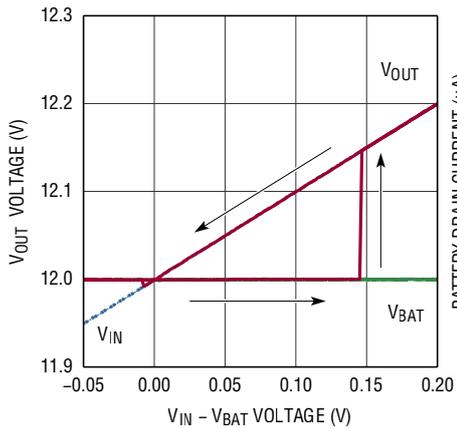
入力電流および充電電流と  
負荷電流



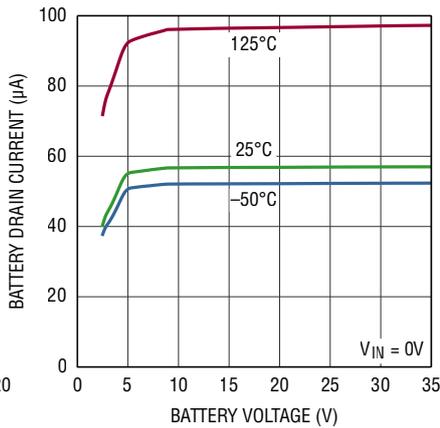
抵抗性電源の入力電圧および  
充電電流と負荷電流



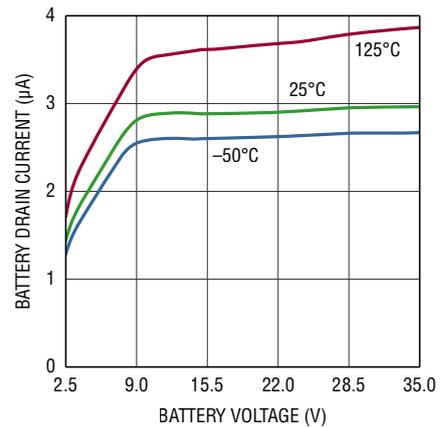
PowerPathコントローラの $V_{OUT}$ と $V_{IN}$



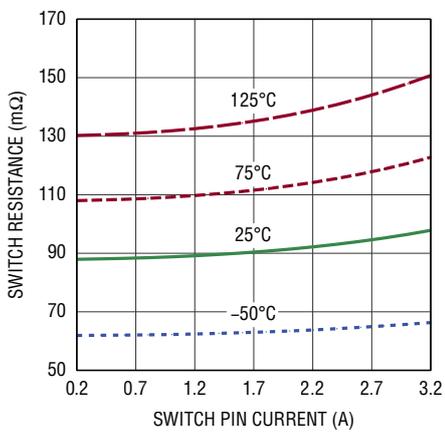
無入力バッテリー・ドレイン電流と  
バッテリー電圧



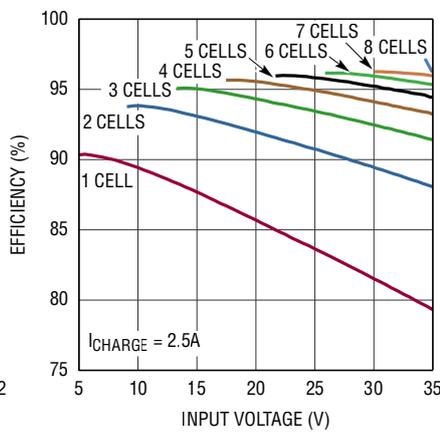
シップ・モードのバッテリー・  
ドレイン電流とバッテリー電圧



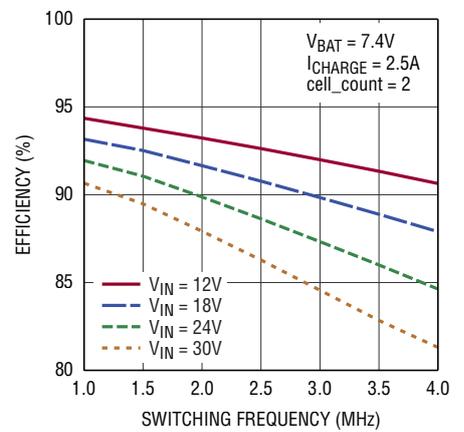
上側および下側スイッチの $R_{DS(ON)}$



効率と入力電圧



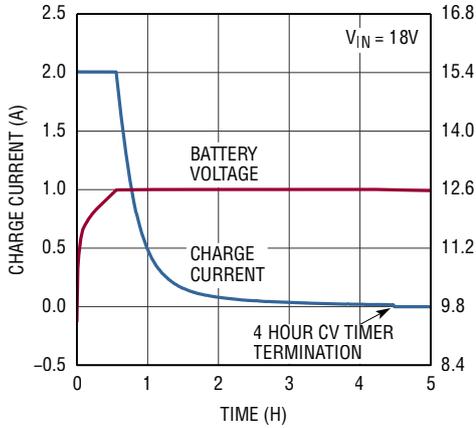
効率とスイッチング周波数



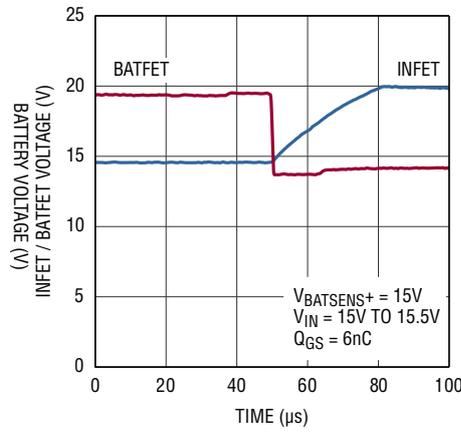
## 代表的な性能特性

特に指定がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

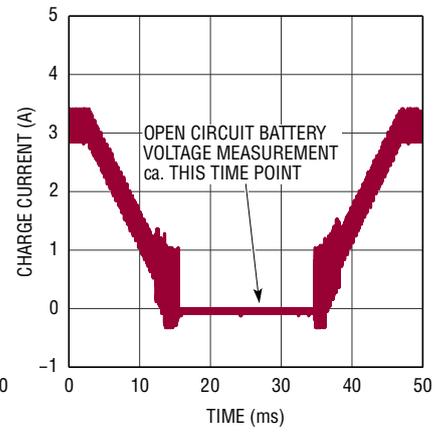
2.2Ah 3セル・バッテリー充電電流  
および電圧と時間



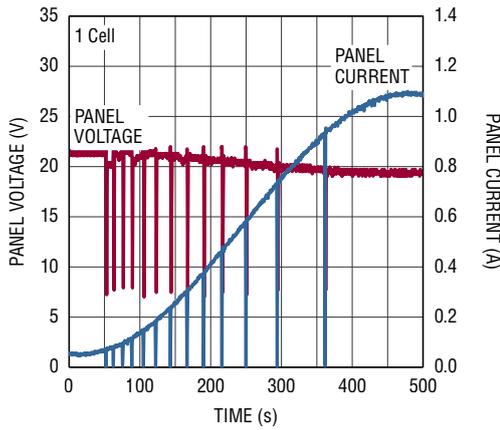
PowerPath ハンドオーバーの例



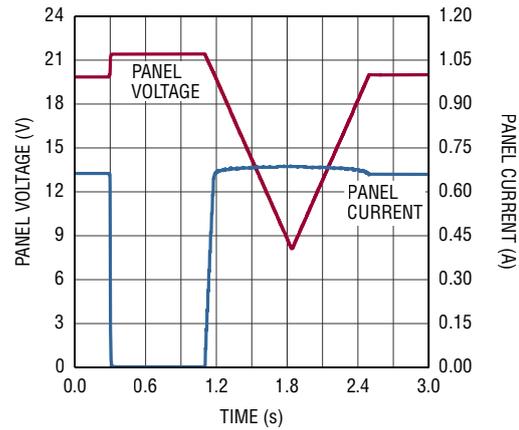
BSR 測定サイクル中の充電電流



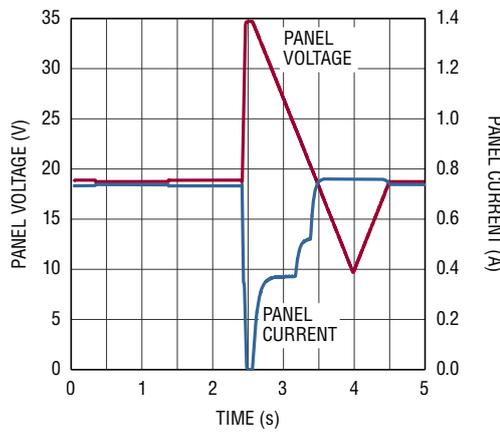
太陽光パネルのトラッキング  
(暗～明)



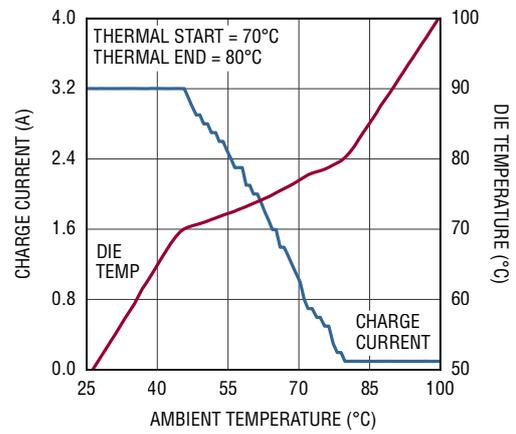
太陽光パネルのグローバル掃引



太陽光パネルのマルチピーク・  
アキュジション



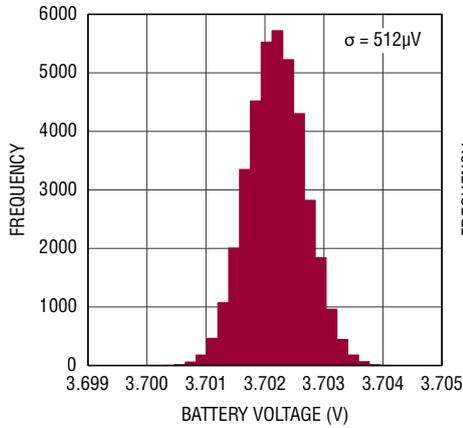
充電電流とダイ温度  
(温度レギュレーション使用)



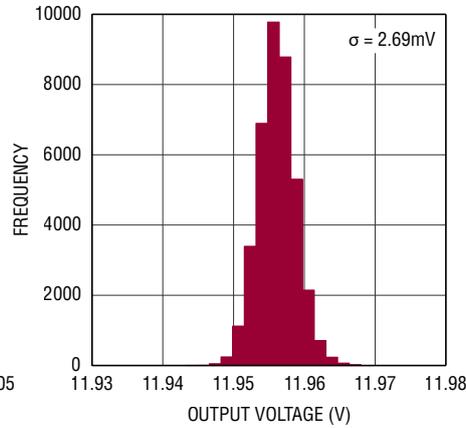
## 代表的な性能特性

特に指定がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

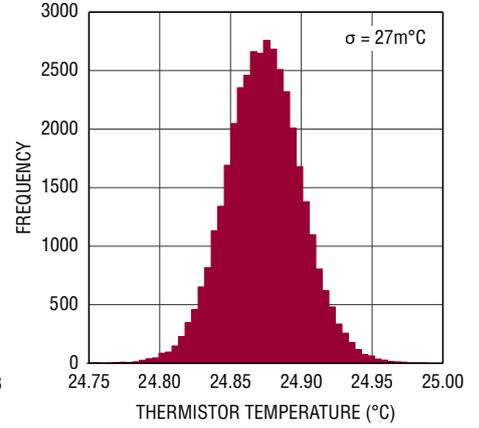
vbat 読み値のヒストグラム



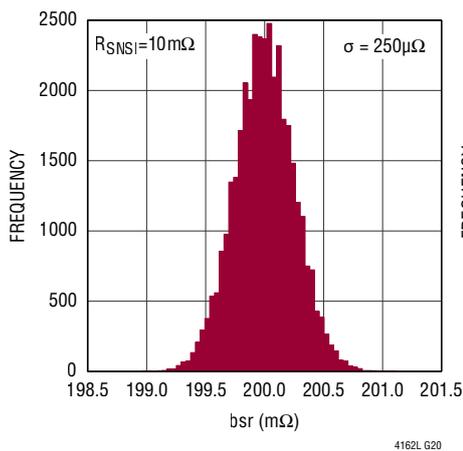
vout 読み値のヒストグラム



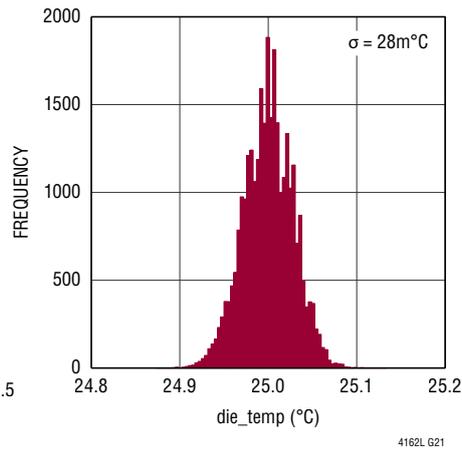
thermistor\_voltage 読み値のヒストグラム



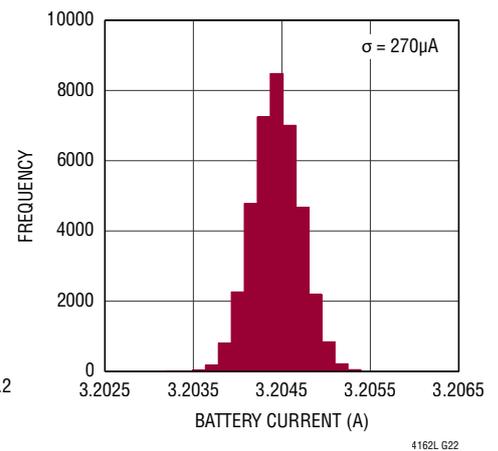
bsr 読み値のヒストグラム



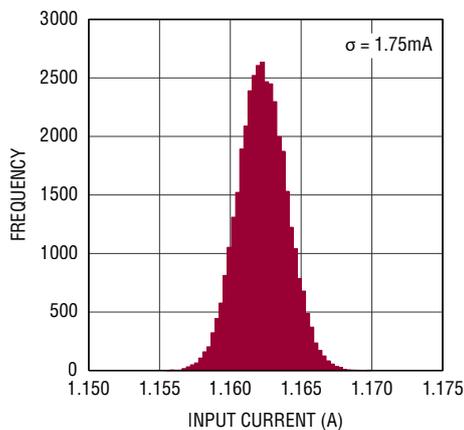
die\_temp 読み値のヒストグラム



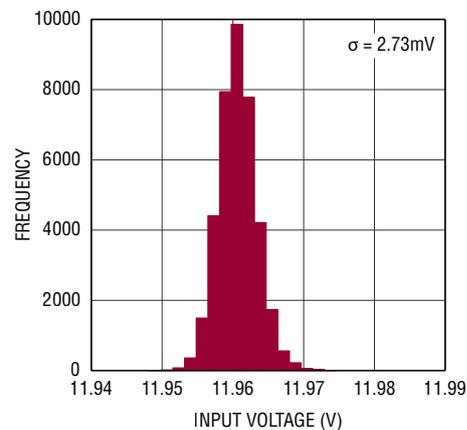
ibat 読み値のヒストグラム



iin 読み値のヒストグラム



Vin の読み値のヒストグラム



## ピン機能

**BOOST (ピン1)** : スイッチング・レギュレータのハイサイド・スイッチのゲート駆動バイアス。このピンは、SWに対する昇圧バイアス電圧を提供します。このピンの電圧はINTV<sub>CC</sub>から内部ダイオードを通して充電されます。22nF多層セラミック・コンデンサをSWとBOOSTの間に接続する必要があります。

**INTV<sub>CC</sub> (ピン2)** : 内部5Vレギュレータのバイパス・ピン。このレギュレータは、内部アナログ回路に電力を供給します。4.7μF多層セラミック・コンデンサをINTV<sub>CC</sub>とGNDの間に接続する必要があります。

**V<sub>OUTA</sub> (ピン3)** : アナログ・システムの電源ピン。V<sub>OUTA</sub>はLTC4162のほとんどの回路に電力を供給します。0.1μF多層セラミック・コンデンサをV<sub>OUTA</sub>とGNDの間に接続する必要があります。

**CLN (ピン4)** : 充電電流を制限することで入力電流を測定および制御する検出抵抗の負端子の接続点。

**CLP (ピン5)** : 充電電流を制限することで入力電流を測定および制御する検出抵抗の正端子の接続点。

**INFET (ピン6)** : V<sub>IN</sub>とV<sub>OUT</sub>の間の入力逆方向阻止用の外付けNチャンネルMOSFETのゲート制御出力。

**V<sub>IN</sub> (ピン7)** : INFET/BATFET PowerPathのための電源電圧検出およびINFETチャージ・ポンプ電源。V<sub>IN</sub>の電圧がバッテリーを充電するのに十分な高さになっていることが検出された場合、INFETチャージ・ポンプが起動しBATFETチャージ・ポンプが停止することで外付けNMOSトランジスタを通して入力電源からV<sub>OUTA</sub>に電力が供給され、充電サイクルも開始します。0.1μF多層セラミック・コンデンサをV<sub>IN</sub>とGNDの間に接続する必要があります。

**VCC2P5 (ピン8)** : 内部2.5Vレギュレータのバイパス・ピン。このレギュレータは、内部ロジック回路に電力を供給します。1μF多層セラミック・コンデンサをVCC2P5とGNDの間に接続する必要があります。

**NTCBIAS (ピン9)** : NTCサーミスタ・バイアス出力。低温度係数バイアス抵抗をNTCBIASとNTCの間に接続し、サーミスタをNTCとGNDの間に接続します。バイアス抵抗の値はサーミスタの公称値と等しい必要があります。NTC測定中、LTC4162はこのピンに1.2Vを印加します。また、サーミスタのβ値として3490Kを想定しています。より高いβ値のサーミスタも簡単な回路変更で使えます。

**NTC (ピン10)** : サーミスタの入力。NTCピンを負温度係数サーミスタに接続し、バッテリーの温度をモニタします。このピンの電圧は、バッテリー充電を制御するためにA/Dコンバータ(ADC)でデジタル化され、I<sup>2</sup>Cポート経由で読み出せます。低ドリフトのバイアス抵抗をNTCBIASとNTCの間に接続し、サーミスタをNTCとグラウンドの間に接続する必要があります。

**R<sub>T</sub> (ピン11)** : スイッチング・レギュレータの周波数制御ピン。R<sub>T</sub>ピンとGNDの間に抵抗を接続することでスイッチング・レギュレータの内部発振器の周波数を制御します。

**SMBALERT (ピン12)** : 割り込み出力。プログラマブルなアラートが1つ以上トリガされた場合、このオープンドレイン出力はローになります。

**SCL (ピン13)** : I<sup>2</sup>Cポートのオープンドレインのクロック入力。このI<sup>2</sup>Cポートの入力レベルは、I<sup>2</sup>C仕様に準拠するようにDV<sub>CC</sub>に対して調整できます。

**SDA (ピン14)** : I<sup>2</sup>Cポートのオープンドレインのデータ入出力。このI<sup>2</sup>Cポートの入力レベルは、I<sup>2</sup>C仕様に準拠するようにDV<sub>CC</sub>に対して調整できます。

**DV<sub>CC</sub> (ピン15)** : I<sup>2</sup>Cポートのロジック電源。DV<sub>CC</sub>は、I<sup>2</sup>C仕様に準拠するようにSDAピンとSCLピンのリファレンス・レベルを設定します。このピンは、SDAとSCLのプルアップ抵抗の電源と同じ電源に接続する必要があります。

**SYNC (ピン16)** : スイッチング・バッテリー・チャージャのオプションの外部クロック入力。本スイッチング・バッテリー・チャージャは、このピンの矩形波またはパルスで設定された値に近い周波数にロックします。この機能が不要な場合、SYNCを接地します。

## ピン機能

**CELLS0 (ピン17) :**セル数選択ピン。このピンをCELLS1と組み合わせて使うことで、充電する直列セル数の合計を設定します。このピンは、3つの取り得る状態の1つを表すためにINTV<sub>CC</sub>、VCC2P5、GNDのいずれかに固定する必要があります。表5を参照してください。

**CELLS1 (ピン18) :**セル数選択ピン。このピンをCELLS0と組み合わせて使うことで、充電する直列セル数の合計を設定します。このピンは、3つの取り得る状態の1つを表すためにINTV<sub>CC</sub>、VCC2P5、GNDのいずれかに固定する必要があります。表5を参照してください。

**BATSENS+ (ピン19) :**バッテリー正端子検出ピン。BATSENS+は、充電を最適化するためにバッテリーの正端子をケルビン検出するためのものです。10 $\mu$ F多層セラミック・コンデンサをBATSENS+とグラウンドの間に接続する必要があります。

**CSN (ピン20) :**充電電流の測定と制限に使う電流検出抵抗の負端子の接続点。

**CSP (ピン21) :**充電電流の測定と制限に使う電流検出抵抗の正端子の接続点。

**BATFET (ピン22) :**バッテリーとV<sub>OUT</sub>の間の逆方向阻止用の外付けNチャンネルMOSFETのゲート制御ピン。

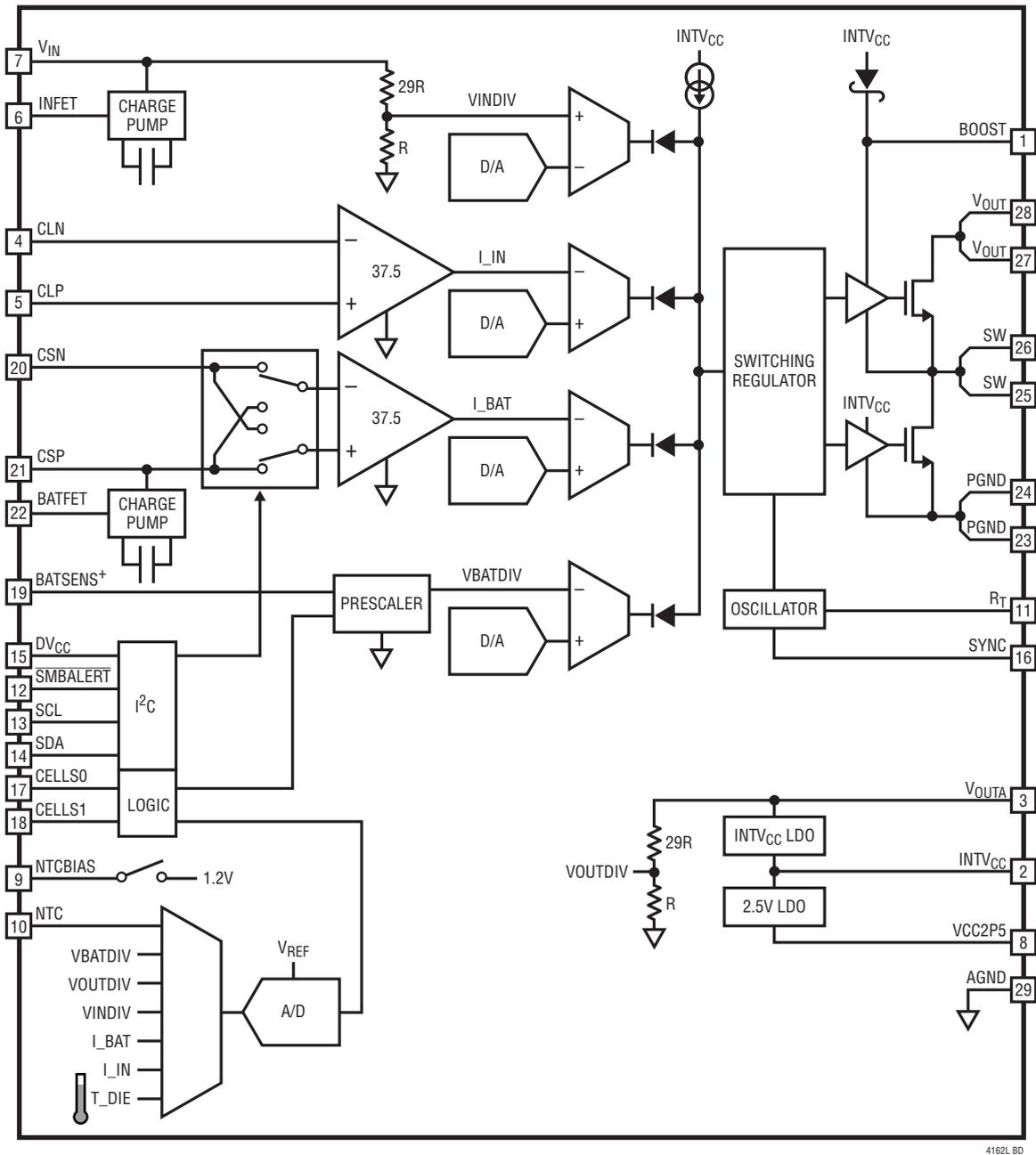
**PGND (ピン23、24) :**電源のグラウンド・ピン。これらのピンは、V<sub>OUT</sub>バイパス・コンデンサのリターン・パスを形成する、プリント基板の最上層の銅のベタ・パターンに接続する必要があります。

**SW (ピン25、26) :**スイッチング・レギュレータの電力供給ピン。SWピンは、降圧スイッチング・レギュレータ経由でV<sub>OUT</sub>ピンからバッテリーに電力を供給します。CSPの検出抵抗とSWの間にインダクタを接続する必要があります。インダクタの値と電流定格の説明については、アプリケーション情報のセクションを参照してください。

**V<sub>OUT</sub> (ピン27、28) :**スイッチング・レギュレータの入力ピン。V<sub>OUT</sub>ピンはスイッチング・チャージャに電力を供給します。極めて高い周波数の電流パルスが含まれているため、V<sub>OUT</sub>ピンのバイパスはPCBレイアウトのその他の全ての検討事項に優先して行う必要があります。出発点として適したバイパス・コンデンサは10 $\mu$ Fです。

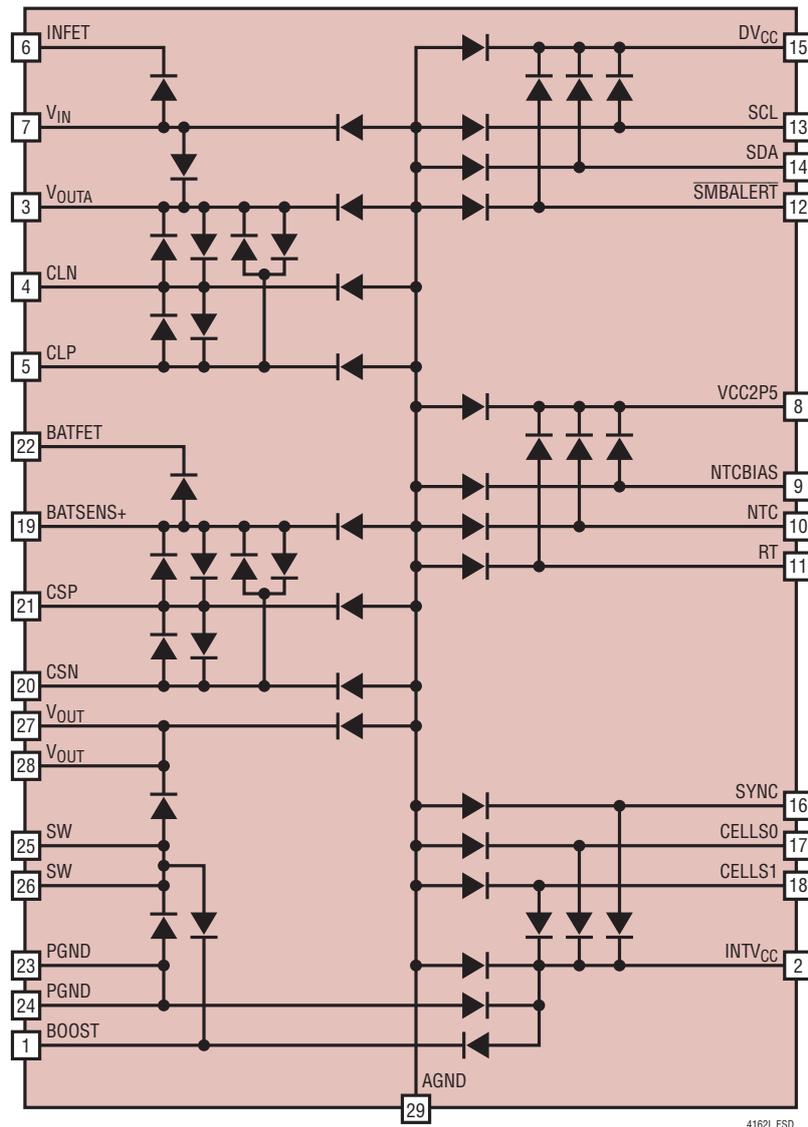
**AGND (露出パッド、ピン29) :**アナログ・グラウンド・ピン。LTC4162内の全アナログ回路のリターンに使うグラウンド・ピンです。このピンは、PGND (ピン23、24)と共通のアナログ・グラウンドのベタ・パターンに接続する必要があります。このピンは、全アナログ部品(例：R<sub>T</sub>抵抗、INTV<sub>CC</sub>とVCC2P5のバイパス・コンデンサ)がリターンに使うPCB第2層のグラウンド・プレーンにも接続する必要があります。

ブロック図



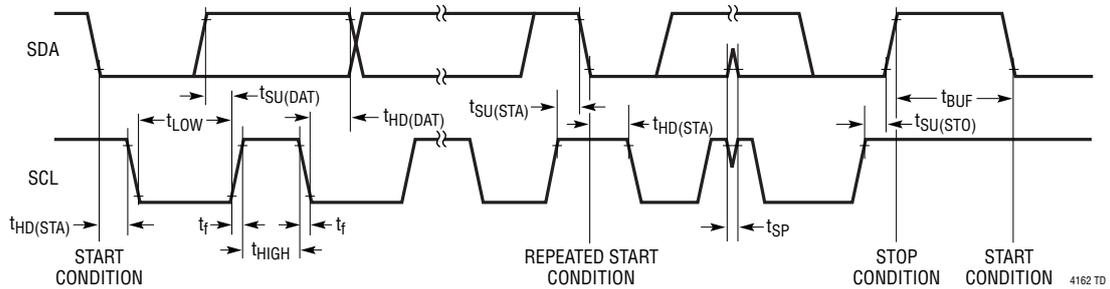
4162L BD

ESD 保護素子配置図



4162L ESD

## タイミング図



### I<sup>2</sup>C SMBusの凡例

- S 開始条件
- Sr 反復開始条件
- Rd 読出し(ビット値は1)
- Wr 書込み(ビット値は0)
- A アクノレッジ
- N 否定アクノレッジ
- P 停止条件
- PEC\* パケット・エラー・コード
- マスタからスレーブへ
- スレーブからマスタへ

### SMBusのワード書込みプロトコル

S	スレーブ・アドレス	Wr	A	コマンド・コード	A	データ・バイト「ロー」	A	データ・バイト「ハイ」	A	P
---	-----------	----	---	----------	---	-------------	---	-------------	---	---

### SMBusのPEC付きワード書込みプロトコル

S	スレーブ・アドレス	Wr	A	コマンド・コード	A	データ・バイト「ロー」	A	データ・バイト「ハイ」	A	PEC*	A	P
---	-----------	----	---	----------	---	-------------	---	-------------	---	------	---	---

### SMBusのワード読出しプロトコル

S	スレーブ・アドレス	Wr	A	コマンド・コード	A	Sr	スレーブ・アドレス	Rd	A	データ・バイト「ロー」	A	データ・バイト「ハイ」	N	P
---	-----------	----	---	----------	---	----	-----------	----	---	-------------	---	-------------	---	---

### SMBusのPEC付きワード読出しプロトコル

S	スレーブ・アドレス	Wr	A	コマンド・コード	A	Sr	スレーブ・アドレス	Rd	A	データ・バイト「ロー」	A	データ・バイト「ハイ」	A	PEC*	N	P
---	-----------	----	---	----------	---	----	-----------	----	---	-------------	---	-------------	---	------	---	---

### SMBusのアラート応答アドレス・プロトコル

S	アラート応答アドレス	Rd	A	デバイス・アドレス	Rd	N	P
---	------------	----	---	-----------	----	---	---

### SMBusのPEC付きアラート応答アドレス・プロトコル

S	アラート応答アドレス	Rd	A	デバイス・アドレス	Rd	A	PEC*	N	P
---	------------	----	---	-----------	----	---	------	---	---

\*パケット・エラー検査の使用はオプション

## 動作

### はじめに

LTC4162は、高効率の同期整流式降圧スイッチング・レギュレータを利用した先進の電源マネージャ／スイッチング・バッテリー・チャージャです。

複数の帰還制御信号を使い、1.5MHz固定周波数降圧スイッチング・レギュレータで入力からバッテリーへ電力を供給します。このスイッチング・レギュレータは、バッテリー電圧、バッテリー充電電流、入力電流、入力電圧を含む4つのレギュレーション・ループの1つにตอบสนองして出力電力を制御します。

このスイッチング・レギュレータは、電力損失を最小限に抑えて熱量の制約を緩和しながら、USBポート、ACアダプタ、太陽光パネルなどの利用可能な各種電源から効率的に電力を供給するように設計されています。スイッチング・レギュレータは電力を浪費しないため、LTC4162を使うことで電源の出力電流を上回る充電電流を得ることができ、電源の供給仕様の範囲内でバッテリー充電の許容電力を最大限に使うことができます。入力電圧とシステム電流の測定および制御システムを組み込むことで、本スイッチング・チャージャは、システム負荷を監視および調整するためのアプリケーション・ソフトウェアを必要としないで継ぎ目なくこれらの入力電源に接続します。即時オンPowerPathアーキテクチャは、システム負荷をバッテリーから切り離してシステムへの電力を優先することで、バッテリーが完全に放電していたとしても、入力電力が届き次第システムに電力が確実に供給されるようにします。

2つの低消費電力チャージ・ポンプが外付けMOSFETを駆動し、システム・ノードが入力電源を逆駆動したりバッテリーを過充電したりすることを防止すると同時に、入力電源およびバッテリーからシステム負荷への低損失の電力経路を提供します。このバッテリーからシステム負荷への電力経路のおかげで、 $V_{IN}$ の電力が不十分な場合、または存在しない場合でも、システムは確実に電力を利用できます。ソフトウェア制御を使用する、または入力電流検出抵抗 ( $R_{SNSI}$ ) と充電電流検出抵抗 ( $R_{SNSB}$ ) の値を選択することで、入力電流とバッテリー充電電流を広い範囲で設定できます。

測定サブシステムは、大量のシステム・パラメータをI<sup>2</sup>Cポートを通じて定期的に監視および報告します。割り込みサブシステムを有効にすることで、ホスト・マイクロプロセッサに各種の状態変更イベントを警告し、必要に応じてシステム・パラメータを変更できるようにします。柔軟性を最大限に高めるため、全ての状態変更イベントはマスク可能です。例えば、

バッテリー接続検出、バッテリー・インピーダンス測定などの機能は簡単に有効にできます。

製造してから販売するまでのバッテリー・ドレインをなくすため、輸送および保管機能は、元々少ないバッテリー・ドレイン電流を更に低減させます。

入力低電圧制御ループを使うと、抵抗性のケーブルまたは電力が制限された電源(太陽光パネル等)が入力電力を供給している場合に、入力電圧が最小レベルより下がらないように維持できます。この制御ループを使う最大電力点追従アルゴリズムを採用することで、太陽光パネルとその他の抵抗性電源から最大限の電力を抽出できます。

LTC4162は、従来型のI<sup>2</sup>Cポート経由で電力レベルおよびステータス情報を制御および監視できるように高い調整機能を備えたデジタル・サブシステムを搭載しています。

### LTC4162のデジタル・サブシステムの概要

LTC4162は、I<sup>2</sup>Cポートを使ってアクセスできる先進のデジタル・システムを備えています。I<sup>2</sup>Cポートの使用は任意であり、アプリケーション要件に従ってアプリケーションで大々的に使うこともできれば、全く使わないこともできます。セル数、充電電流、入力電流レギュレーション、スイッチング・チャージャ周波数は全て、I<sup>2</sup>Cポートを使わずに外部的に設定できます。LTC4162の先進のデジタル機能を必要とするアプリケーションでは、I<sup>2</sup>Cポートは各種動作を可能にします。その動作とは、測定システムのステータスおよびA/Dテレメトリ・データの使用、チャージャ動作の監視、チャージャ設定(例：充電電圧、充電電流、温度応答、終端アルゴリズム)、有効化または無効化、アラートの読出またはクリア、低消費電力シップ・モードの有効化、バッテリー・チャージャのイネーブル／デイスエーブルです。

### PowerPath コントローラ

LTC4162は、入力と出力のNチャンネルMOSFETチャージ・ポンプ・ゲート・ドライバを備えています。これらのドライバは入力電源とバッテリーのどちらの電圧が高くてもシステム負荷に電力を供給できる、デュアル単方向PowerPathシステムを構成します。2つの外付けMOSFETが同時にオンすることはありません。 $V_{IN}$ が、(BATSENS+電圧 + 150mV)より高い場合、入力電源とシステム負荷の間のMOSFETはオンし、システム負荷とBATSENS+の間のMOSFETはオフしてバッテリーの過充電を防止します。 $V_{IN}$ が、(BATSENS+電圧 - 20mV)

## 動作

より低い場合、入力電源とシステム負荷の間のMOSFETはオフして逆流を防ぎ、システム負荷とBATSENS+の間のMOSFETはオンして下流の回路にバッテリーから電力を供給します。PowerPath MOSFETのどちらか一方が常にオンするようにして、V<sub>OUT</sub>を逆駆動しないようにすることが重要です。

### 降圧スイッチング・バッテリー・チャージャ

LTC4162のバッテリー・チャージャは、効率が非常に高い同期整流式降圧スイッチング・レギュレータを採用しています。最近の全てのバッテリー・チャージャで見られるように、LTC4162は過充電を防止するため定電流と定電圧の両方の帰還制御ループを組み込んでいます。本スイッチング・チャージャはシングル・セルまたは最大8個のリチウムイオン／ポリマー・セルを直列にしたバッテリーを充電できます。

通常充電は、定電流で開始し、バッテリーが目標電圧に達するまで継続します。充電電流は、インダクタと直列に配置した検出抵抗(R<sub>SNSB</sub>)とサーボ制御電圧の組み合わせで決まります。このサーボ制御電圧は、[icharge\\_jeita\\_2](#)～[icharge\\_jeita\\_6](#) ([en\\_jeita](#)がセットされている場合)と[charge\\_current\\_setting](#)のみ([en\\_jeita](#)がクリアされている場合)のどちらかで設定されます。内蔵ソフト・スタート・アルゴリズムは、充電電流をゼロから現在の設定値まで増加させます。バッテリー電圧が設定済みの電圧リミットに達すると、定電流制御ループが定電圧制御ループに切替わります。最終的なバッテリー電圧は、[vcharge\\_jeita\\_2](#)～[vcharge\\_jeita\\_6](#) ([en\\_jeita](#)がセットされている場合)と[vcharge\\_setting](#)のみ([en\\_jeita](#)がクリアされている場合)のどちらかの組み合わせで設定されます。CELLS0ピンとCELLS1ピンで制御される[cell\\_count](#)は、複数の直列セルを充電できるように充電電圧を設定するための乗数です。

[en\\_jeita](#)がセットされている場合、充電電流は次式で与えられます。

$$I_{\text{CHARGE}} = (\text{icharge\_jeita\_x} + 1) \frac{1\text{mV}}{R_{\text{SNSB}}}$$

ここで、[icharge\\_jeita\\_2](#)～[icharge\\_jeita\\_6](#)はそれぞれ0～31のいずれかの値を取ります。

[en\\_jeita](#)がセットされていない場合、以下の式が成り立ちます。

$$I_{\text{CHARGE}} = (\text{charge\_current\_setting} + 1) \frac{1\text{mV}}{R_{\text{SNSB}}}$$

ここで、[charge\\_current\\_setting](#)は0～31のいずれかの値を取ります。

[en\\_jeita](#)がセットされている場合、充電電圧は次式で与えられます。

$$V_{\text{CHARGE}} = (3.8125\text{V} + 12.5\text{mV} \cdot \text{vcharge\_jeita\_x}) \cdot \text{cell\_count}$$

ここで、[vcharge\\_jeita\\_2](#)～[vcharge\\_jeita\\_6](#)はそれぞれ0～31のいずれかの値を取ります。

[en\\_jeita](#)がセットされていない場合、以下の式が成り立ちます。

$$V_{\text{CHARGE}} = (3.8125\text{V} + 12.5\text{mV} \cdot \text{vcharge\_setting}) \cdot \text{cell\_count}$$

ここで、[vcharge\\_setting](#)は0～31のいずれかの値を取ります。

従来型の定電流および定電圧制御ループに加えて、LTC4162は入力電流と入力電圧の両方を監視および制御する機能も備えており、これら4つの制御ループのいずれかに基づいてバッテリー充電電力を制御します。電力制限はグループの最低設定点に基づいて優先順位付けされます。例えば、システム負荷とバッテリー充電電流の合計が、スイッチング・チャージャに設定された入力電流制限に達するほど大きい場合、入力電流制限機能が充電電流を減らし、入力検出抵抗(R<sub>SNSI</sub>)の両端の電圧を[iin\\_limit\\_target](#)に制限します。充電電流が許容入力電流を超えるように設定されている場合でも、充電電流によって入力電流が制限を超えることはありません。本チャージャが必要に応じて電流を低減するからです。同様に、[input\\_undervoltage\\_setting](#)で制御される入力電圧制限ループを使って、太陽光パネル等の抵抗性電源で入力電圧が低電圧ロックアウト・レベル未満に下がらないようにできます。

I<sup>2</sup>Cポートで設定できるのは目標値のみです。温度補償済み充電電圧および電流、最大電力点追従、チャージャ・ソフト・スタート等の機能をサポートするため、LTC4162は、DACに入力する実際の値を充電アルゴリズムが計算する出発点としてこれらの目標値を使います。実際のDAC値レジスタ([icharge\\_dac](#)、[vcharge\\_dac](#)、[iin\\_limit\\_dac](#)、[input\\_undervoltage\\_dac](#))が読出し専用であるのに対し、この目標値レジスタは読出し／書込み可能です。

## 動作

全てにNMOSスイッチを使った設計に起因して、上側スイッチのハイサイド昇圧駆動を行うために小さなチャージ・ポンプ・コンデンサをSWとBOOSTの間に接続する必要があります。

### 入力電流のレギュレーション

入力電流制御機能は、システムの需要が高い間、充電電流を犠牲にすることで入力電源の負荷を制限します。LTC4162は、充電電流をゼロに減らす機能を持っているだけで、入力電流をシステム負荷電流より更に減らすことはできないことに注意します。入力電流制限は、CLPとCLNの間の検出抵抗 ( $R_{SNSI}$ ) と、デフォルトの32mVのサーボ制御電圧、または `iin_limit_target` で設定された更に低い値の組み合わせで制御されます。検出抵抗の両端のサーボ電圧を抵抗値で割った値が、入力電流レギュレーション設定点を決定します。例えば、10mΩの抵抗の場合、デフォルトの32mVのサーボ電圧を使って、入力電流の上限は3.2Aになります。`iin_limit_target` は、6ビットの分解能を持ち500μVから32mVまでの500μVステップの調整可能な値を与えます。この値は次式で計算されます(単位はアンペア)。

$$I_{NLIM} = (iin\_limit\_target + 1) \frac{500\mu V}{R_{SNSI}}$$

ここで、`iin_limit_target` は0~63の整数値を取ります。

### 入力低電圧レギュレーションと太陽光パネルの最大電力点追従 (MPPT)

LTC4162は低電圧制御ループも備えているため、 $V_{IN}$  ピンが `input_undervoltage_setting` まで下がると自動的に充電電流を低減させることで、入力電源への抵抗性接続に耐えることができます。この回路は、入力電圧をLTC4162の低電圧ロックアウト・レベルより上に直線的に調整することで、UVLOの発振防止に役立ちます。

オプションとして、LTC4162は、`input_undervoltage_dac` の値を見つけて追従する最大電力点追従 (MPPT) アルゴリズムを備えています。これにより、バッテリーへの充電電流を最大化できます。`mppt_en` がセットされている場合、MPPTアルゴリズムは `input_undervoltage_dac` 値のグローバル掃引を実

行し、各設定でのバッテリー充電電流を測定します。掃引が完了すると、LTC4162は、最大バッテリー充電電流 (`ibat`、すなわち最大電力点) に対応する `input_undervoltage_dac` の値を適用します。次にLTC4162は、`input_undervoltage_dac` に対してゆっくりとディザリングを実行することで最大電力点のわずかな変化に追従します。LTC4162は、15分ごとに `input_undervoltage_dac` の値のグローバル掃引を新規に実行し、新規の最大電力点を適用し、その電力点でディザリングを再開します。別の方法として、`ibat` が25%を超えて変化した場合、15分間の待機を無視してグローバル掃引を直ちに実行します。`mppt_en` のおかげで、バッテリーへの充電と負荷への電力供給に適した電源として太陽光パネルを使うことができます。MPPTアルゴリズムは、全ての太陽光パネル・アプリケーションに有効であるとは限らず、必ずしも使う必要はありません。別の方法として、`input_undervoltage_setting` の値を太陽光パネルの最適負荷電圧と一致するように設定することで、MPPTアルゴリズムを使わずに太陽光パネルを使うことができます。しかし、影が大きく差した場合または光量の低下が著しい場合、次善の電力供給策に終わる可能性が高いと言えます。

PowerPathトポロジによって、LTC4162のスイッチング・チャージャが制御しなくても電流は入力からシステム負荷に流れることに注意が必要です。従って、MPPTアルゴリズムは、全ての条件の下で最大電力点を追従し検出する完全な機能を持っている訳ではありません。完全な最大電力点動作を実現するには、場合によってはLTC4162のPowerPath機能を諦め、システム負荷をバッテリー・パックに直接接続することも必要です。この構成では、LTC4162は、太陽光パネルの最大電力点を追従するための完全な機能を持つことになり

ます。入力低電圧値は次式で与えられます(単位はボルト)。

$$V_{NLIM} = (input\_undervoltage\_setting + 1) \cdot 140.625mV$$

ここで、`input_undervoltage_setting` は0~255の整数値を取ります。

## 動作

### システム制御

本スイッチング・バッテリー・チャージャは、[suspend\\_charger](#) をセットすることでディスエーブルにできます。これは、例えば、USB サスペンド準拠性テストに合格するために必要です。ロー・バッテリー状態ではシステム・プロセッサがこのフラグをクリアできず、バッテリーを取り外し交換するために工場への修理依頼が必要になる可能性があるため、[suspend\\_charger](#) は注意して使う必要があります。

### 入力過電圧保護

LTC4162は入力に過電圧検出を備えています。[vin\\_ovlo](#) で示される約38.6Vを $V_{IN}$ が超えると、スイッチング・チャージャは電力供給を停止します。 $V_{IN}$ が約37.2Vを下回ると、本チャージャはスイッチングを再開します。過電圧検出遮断回路は若干の入力過電圧保護のみを提供するものであり、全ての環境での損傷を防止することは意図していません。

### 測定サブシステム

LTC4162は、多くのアナログ・パラメータを監視するため16ビット $\Delta\Sigma$ 型ADCと信号マルチプレクサを内蔵しています。LTC4162は、[vin](#)、[vbat](#)、および[vout](#)の電圧、入力電流(CLPとCLNの間の電圧、[iin](#))、バッテリー充電電流(CSPとCSNの間の電圧、[ibat](#))、バッテリー・パックのサーミスタ電圧([thermistor\\_voltage](#))、自身の内部ダイ温度([die\\_temp](#))、(充電サイクルが開始すると)バッテリーの直列抵抗([bsr](#))を測定できます。バッテリー電流を節約するため、バッテリーが唯一の電源([vin\\_gt\\_vbat](#) = 0)である場合、本測定システムは無効になります。これは、[force\\_telemetry\\_on](#) でオーバーライドできます。本ADCの測定値は全測定チャンネル間で自動的にマルチプレクスされ、その16ビット符号付き2の補数の

結果は、 $I^2C$ ポート経由でアクセスできるレジスタに格納されます。ADCが測定する7本のチャンネルはそれぞれ変換に約1.6msかかります。本16ビット $\Delta\Sigma$ 型ADCの最大レンジは $\pm 1.8V$ であり、1ボルト当たり18191カウントの内部スパン項を持っています。本ADCは上記のパラメータをそれぞれ異なる経路で測定し、各測定に対して異なる感度項を与えます(表1参照)。

### バッテリー電圧の測定

バッテリー電圧は抵抗分圧器で測定され、その分圧比は[cell\\_count](#)に基づきます。その結果は[vbat](#)で報告されます。分圧比は $BATSENS+(3.5 \cdot cell\_count)$ であり、A/Dスパン項はLSB当たり $3.5 \cdot cell\_count/18191$ または $192.4\mu V \cdot cell\_count$ となります。ここで、[cell\\_count](#)は1~8のいずれかの値を取ります。[vbat](#)に基づく値[vbat\\_lo\\_alert\\_limit](#)または[vbat\\_hi\\_alert\\_limit](#)を設定し、[en\\_vbat\\_lo\\_alert](#)または[en\\_vbat\\_hi\\_alert](#)を設定することで、バッテリー電圧にアラートを設定できます。これらのアラートは[vbat\\_lo\\_alert](#)または[vbat\\_hi\\_alert](#)で表示され、0を書き込むことでクリアされます。

### 入力電圧の測定

入力電圧は30:1の抵抗分圧器で測定されるため、入力電圧測定のA/Dスパン項は30/18191または $1.649mV/LSB$ となります。また、入力電圧は[vin](#)にデジタル化されます。値[vin\\_lo\\_alert\\_limit](#)または[vin\\_hi\\_alert\\_limit](#)を設定し、[en\\_vin\\_lo\\_alert](#)または[en\\_vin\\_hi\\_alert](#)を設定することで、入力電圧にアラートを設定できます。これらのアラートは[vin\\_lo\\_alert](#)と[vin\\_hi\\_alert](#)で表示され、0を書き込むことでクリアされます。

表1. 測定サブシステムのLSBサイズ

MEASUREMENT	UNITS	REGISTER SYMBOL	LSB SIZE	OFFSET
BATTERY VOLTAGE	V	<a href="#">vbat</a>	$192.4\mu V \cdot cell\_count$	
INPUT VOLTAGE	V	<a href="#">vin</a>	1.649mV	
OUTPUT VOLTAGE	V	<a href="#">vout</a>	1.653mV	
INPUT CURRENT	A	<a href="#">iin</a>	1.466 $\mu V/RSNSI$	
BATTERY CURRENT	A	<a href="#">ibat</a>	1.466 $\mu V/RSNSB$	
DIE TEMPERATURE	$^{\circ}C$	<a href="#">die_temp</a>	0.0215 $^{\circ}C$	264.4 $^{\circ}C$
BATTERY IMPEDANCE	$\Omega$	<a href="#">bsr</a>	$RSNSB \cdot cell\_count/500$	
THERMISTOR VOLTAGE	V	<a href="#">thermistor_voltage</a>	45.833 $\mu V/V$	

## 動作

### 出力電圧 (V<sub>out</sub>) の測定

出力電圧は 30.07 : 1 の抵抗分圧器で測定されるため、出力電圧測定の A/D スパン項は 30.07/18191 または 1.653mV/LSB となります。また、出力電圧は `vout` にデジタル化されます。値 `vout_lo_alert_limit` または `vout_hi_alert_limit` を設定し、`en_vout_lo_alert` または `en_vout_hi_alert` を設定することで、出力電圧にアラートを設定できます。これらのアラートは `vout_lo_alert` と `vout_hi_alert` で表示され、0 を書き込むことでクリアされます。

### バッテリー電流の測定

バッテリー電流は、CSP ピンと CSN ピンの間の電流検出抵抗で測定されます。37.5 のゲインを持つアンプでこの信号を増幅し、それを ADC が測定できるように内部でシングル・エンドに変換します。従って、検出されるバッテリー電流は  $I_{BAT} \cdot R_{SNSB} \cdot 37.5$  で与えられます。10mΩ の電流検出抵抗 ( $R_{SNSB}$ ) の場合、A/D 感度は  $1/(18191 \cdot 10\text{m}\Omega \cdot 37.5)$  または 146.6μA/LSB となります。本バッテリー電流測定システムは整流子を内蔵しています。バッテリーを充電中、2 の補数の `ibat` は正になり、バッテリーに電流が流れ込むことを表します。バッテリー・チャージャが無効化 (終了) され `charger_suspended` で検出された場合、整流子が有効になり、`ibat` は負になって、バッテリーから電流が流れ出すことを表します。目標値を `ibat_lo_alert_limit` に設定し、`en_ibat_lo_alert` を設定することで、`ibat` 測定にアラートを設定できます。充電中、`ibat_lo_alert_limit` を使って、充電電流が所定の閾値を下回ったことを検出できます。チャージャが停止中 (`charger_suspended = 256`)、`ibat_lo_alert_limit` が負の数に設定されている場合、これを使って、バッテリー負荷が所定の閾値を上回ったことを検出できます。このアラートは `ibat_lo_alert` で表示され、0 を書き込むことでクリアされます。

### 入力電流の測定

入力電流は、CLP ピンと CLN ピンの間の電流検出抵抗で測定されます。37.5 のゲインを持つアンプでこの信号を増幅し、それを ADC が測定できるように内部でシングル・エンドに変換します。従って、検出される入力電流は  $I_{IN} \cdot R_{SNSI} \cdot 37.5$  で与えられます。10mΩ の電流検出抵抗 ( $R_{SNSI}$ ) の場合、A/D 感度は  $1/(18191 \cdot 10\text{m}\Omega \cdot 37.5)$  または 146.6μA/LSB となります。この入力電流は `iin` にデジタル化されます。値 `iin_hi_alert_limit` を設定し、`en_iin_hi_alert` を設

定することで、入力電流に上限アラートを設定できます。このアラートは `iin_hi_alert` で表示され、0 を書き込むことでクリアされます。

### バッテリー直列抵抗 (BSR) の測定

LTC4162 は、任意でバッテリー・スタックまたはセルの直列抵抗を測定できます。`run_bsr` を設定すると、LTC4162 は瞬間的にバッテリー・チャージャを停止し、充電中と充電停止中の電圧変化を充電電流測定値 (`bsr_charge_current`) で除算することでバッテリー直列抵抗を計算します。

セル当たりの抵抗値は `bsr` で報告され、測定中に観測された充電電流は `bsr_charge_current` で報告されます。LTC4162 は、バッテリー直列抵抗 (`bsr`) の測定が完了すると、`run_bsr` を自動的にリセットします。全体のバッテリー直列抵抗は充電電流検出抵抗 ( $R_{SNSB}$ ) とセル数 (`cell_count`) に比例し、次式で計算できます (単位は Ω)。

$$R_{BAT}(\Omega) = \frac{\text{bsr} \cdot \text{cell\_count} \cdot R_{SNSB}}{500}$$

バッテリー直列抵抗 (`bsr`) 測定中の BSR 充電電流 (`bsr_charge_current`) が大きいほど、正確にバッテリー直列抵抗 (`bsr`) を測定できます。BSR 充電電流 (`bsr_charge_current`) が小さすぎると、バッテリー直列抵抗 (`bsr`) の測定精度に悪影響を及ぼすことがあります。充電電流が C/10 未満 (`bsr_charge_current < icharge_over_10`) の場合、`bsr_questionable` が設定され、バッテリー直列抵抗 (`bsr`) テスト中の BSR 充電電流 (`bsr_charge_current`) が、正確に読み出すための最適値より小さかったことを示します。バッテリーが完全に消耗していると仮定した場合、最大充電電流は、通常、充電サイクルの初めに流れ、チャージャが定電圧充電フェーズに入ると充電電流は減少することに注意します。

`run_bsr` が 1 に設定され、バッテリー・チャージャが停止している場合、LTC4162 は、次の充電サイクルが開始するまでバッテリー直列抵抗 (`bsr`) の測定を保留します。`en_bsr_done_alert` でアラートを設定することで、バッテリー直列抵抗 (`bsr`) 測定が完了し結果が利用できることを示す BSR 完了アラート (`bsr_done_alert`) を生成できます。`bsr_hi_alert_limit` に値を書き込み、`en_bsr_hi_alert` を設定することで、バッテリー直列インピーダンスにアラート (`bsr_hi_alert`) を設定することもできます。また、バッテリー直列抵抗 (`bsr`) の読み値はセル当

## 動作

たりのバッテリー抵抗であるため、セル数(`cell_count`)を乗算するか、`bsr_hi_alert_limit`の目標の全抵抗の閾値を`bsr_hi_alert_limit`に書き込む前にセル数(`cell_count`)で除算しておく必要があります。

`bsr_done_alert`と`bsr_hi_alert`は、0を書き込むことでクリアされます。

### ダイ温度の測定

LTC4162はダイ温度センサーを内蔵しており、このセンサーの値はADCによってモニタされ、`die_temp`にデジタル化されます。このダイ温度は内部回路から導かれ、次式に従います。

$$T_{DIE}(^{\circ}\text{C}) = \text{die\_temp} \cdot 0.0215^{\circ}\text{C}/\text{LSB} - 264.4^{\circ}\text{C}$$

値`die_temp_hi_alert_limit`を設定し、`en_die_temp_hi_alert`を設定することで、ダイ温度にアラートを設定できます。このアラートは`die_temp_hi_alert`で表示され、0を書き込むことでクリアされます。

ダイ温度アラート上限値(`die_temp_hi_alert_limit`)を設定するため、次式から閾値を計算します。

$$\text{die\_temp\_hi\_alert\_limit} = \frac{T_{DIE}(^{\circ}\text{C}) + 264.4^{\circ}\text{C}}{0.0215^{\circ}\text{C}/\text{LSB}}$$

### バッテリー温度(NTCサーミスタ)の測定

サーミスタを使ってバッテリー温度を測定するには、サーミスタ( $R_{NTC}$ 、通常はバッテリー・パック内に配置します)をNTCピンとグラウンドの間に接続し、低ドリフトのバイアス抵抗( $R_{NTCBIAS}$ )をNTCBIASピンとNTCピンの間に接続します。 $R_{NTCBIAS}$ は、選択したサーミスタの $25^{\circ}\text{C}$ での値( $R_{25}$ )に等しい1%精度(またはそれより高い精度)の抵抗にします。サーミスタを測定するため、LTC4162は $R_{NTCBIAS}$ に1.2Vの励起電圧を印加します。そのサーミスタ測定結果は`thermistor_voltage`で利用できます。最高最低温度で充電することで発生するバッテリーへのストレスを最小にするため、LTC4162はJEITA (Japan Electronics and Information Technology Industries Association: 一般社団法人電子情報技術産業協会)温度制御式充電アルゴリズム(基本的なものおよびより高度なもの両方)を備えています。アプリケーションが温度制御式充電を必要としない場合、 $25^{\circ}\text{C}$ を常時模擬するためにサーミスタをバイアス抵抗

( $R_{NTCBIAS}$ )と同じ値の抵抗に置替えます。バッテリー検出テスト中または充電中にサーミスタが断線していることが検出された場合(`thermistor_voltage > open_thermistor`)、`charger_state`は`bat_missing_fault`に切替わり、充電は停止します。`thermistor_voltage_lo_alert`と`thermistor_voltage_hi_alert`のどちらも、`en_thermistor_voltage_lo_alert`または`en_thermistor_voltage_hi_alert`(どちらも0を書き込むことでクリアされます)を1にセットすることで設定できます。

サーミスタの温度-抵抗曲線は、表形式または次の修正Steinhart-Hart式を適用した推定値のどちらかで、サーミスタのメーカーが提供しています。

$$R_{NTC} = R_{25} \cdot e^{\left( A + \frac{B}{T_C + 273.15} + \frac{C}{(T_C + 273.15)^2} + \frac{D}{(T_C + 273.15)^3} \right)}$$

ここで、 $R_{25}$ はサーミスタの $25^{\circ}\text{C}$ での抵抗、A、B、C、Dはサーミスタのメーカーが提供する値、 $T_C$ は温度( $^{\circ}\text{C}$ )です。

サーミスタの温度は、相補的なSteinhart-Hart式による抵抗値から計算されます。ここで、 $A_1$ 、 $B_1$ 、 $C_1$ 、 $D_1$ もサーミスタのメーカーが提供する値です。

$$T_C = \frac{1}{A_1 + B_1 \ln\left(\frac{R_{NTC}}{R_{25}}\right) + C_1 \ln^2\left(\frac{R_{NTC}}{R_{25}}\right) + D_1 \ln^3\left(\frac{R_{NTC}}{R_{25}}\right)} - 273.15^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

別の方法として、より一般的だが精度が低い、遍在する $\beta$ パラメータを使ったSteinhart-Hartの簡約版を使うことができます。

$$R_{NTC} = R_{25} \cdot e^{-\beta_{25}/85 \left( \frac{1}{298.15^{\circ}\text{C}} - \frac{1}{T_C + 273.15^{\circ}\text{C}} \right)}$$

ここで、 $R_{25}$ は再びサーミスタの $25^{\circ}\text{C}$ での抵抗、複数の $\beta$ 値はサーミスタのメーカーが提供する値(各温度レンジにそれぞれ1つずつ)です。

逆 $\beta$ 形式は次式で与えられます。

$$T_C = \frac{\beta_{25}/85}{\ln\left(\frac{R_{NTC}}{R_{25}}\right) + \frac{\beta_{25}/85}{298.15^{\circ}\text{C}}} - 273.15^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

## 動作

LTC4162のサーミスタ測定システムは、3490Kの $\beta_{25/85}$ 値を持つサーミスタ専用設計されており、次のサーミスタ電圧(thermistor\_voltage)を返します。

$$\text{thermistor\_voltage} = 18191 \cdot 1.2 \cdot \frac{R_{\text{NTC}}}{R_{\text{NTC}} + R_{\text{NTCBIAS}}}$$

ここで、 $R_{\text{NTCBIAS}}$ は通常、 $R_{25}$ (サーミスタの25°Cの値)と等しい値に設定します。サーミスタ電圧(thermistor\_voltage)からサーミスタの温度(°C)を求めるには、次式から求まる $R_{\text{NTC}}$ を式1または式2に代入します。

$$R_{\text{NTC}} = R_{\text{NTCBIAS}} \cdot \frac{\text{thermistor\_voltage}}{18191 \cdot 1.2 - \text{thermistor\_voltage}}$$

3490Kより大きな $\beta_{25/85}$ 値を持つサーミスタの場合、アプリケーション情報のセクションの代替サーミスタとバイアスを参照してください。

### 出力電流の測定

出力電流測定専用の検出抵抗はありませんが、その測定値を得ることはできません。出力電流は、`vin_gt_vbat`が真の場合、入力電源から供給され、偽の場合、バッテリーから供給されます。

`vin_gt_vbat`が真であり、かつバッテリー・チャージャがイネーブル(`en_chg`が真)である場合、入力電流の測定値はスイッチング・チャージャに流れ込む電流と出力負荷に流れ込む電流の和になります。この場合、出力電流の読み値を得るにはスイッチング・チャージャをsuspend\_chargerで無効にする必要があります。チャージャが既に終了していてもかまいません。`en_chg`が偽の場合、telemetry\_speedをtel\_high\_speedに設定し、20ms以上待機した後、iinを出力電流として記録します。`en_chg`が真の場合、suspend\_chargerとforce\_telemetry\_onの両方を1に設定し、telemetry\_speedをtel\_high\_speedに設定し、20ms以上(1テレメトリ・サイクル以上)待機した後、再びiinを出力電流として記録します。その後、suspend\_chargerをクリアする必要があります。チャージャを停止させるとtchargetimerとtcvtimerの終了タイマーは0にリセットされることに注意します。

一方、`vin_gt_vbat`が偽の場合、出力電流はバッテリーから供給され、その値は-ibatから得ることができます。`vin_gt_vbat`はローであるため、テレメトリ・システムは無効になり、ibatの読み値は陳腐化します。テレメトリ・システムを有効にするには、force\_telemetry\_onを1に設定し、テレメトリ速度(telemetry\_speed)をtel\_high\_speedに設定します。telemetry\_validはテレメトリの有効な読み値が利用できる

ようになったことを示します。telemetry\_validをポーリングする必要がないように、en\_telemetry\_valid\_alertでtelemetry\_valid\_alertを設定することもできます。読み値が得られると、電力を節約するためforce\_telemetry\_onをクリアするか、テレメトリ速度(telemetry\_speed)をtel\_low\_speedに設定します。

### 低消費電力テレメトリ

入力電源が利用でき(vin\_gt\_vbat = 1)、かつバッテリーが充電中の場合、テレメトリ・システムは高速モードになり、約11msに1回ずつ結果を返します。一方、充電が正常終了した場合、またはバッテリー温度が範囲外になったために一時停止した場合、電力を節約するためテレメトリ・システムは約5秒に1回の頻度に速度を下げます。入力電源が利用できない場合(vin\_gt\_vbat = 0)でも、force\_telemetry\_onを設定することでテレメトリ・データを収集できます。このモードで電力を節約するため、テレメトリ・システムはデフォルトの低速5秒モードになります。テレメトリ速度を強制的に上げるには(大きな自己消費電流(約2.5mA)を許容する必要があります)、テレメトリ速度(telemetry\_speed)をtel\_high\_speedに設定することで、より高いレート(約11ms)に設定できます。

### 設定可能なリミット・アラート・サブシステム

本I<sup>2</sup>Cポートは、アラート応答アドレスを含むSMBus SMBALERTプロトコルもサポートしています。設定済みの限界値を監視パラメータが超えた場合、選択されたバッテリー・チャージャ・ステート(charger\_state)または多数のその他の充電ステータス(charge\_status)のいずれかが変化した場合、障害イベントが発生した場合のいずれかで、任意にアラートを生成できます。これにより、連続的な監視の大半をシステムのマイクロコントローラから解放してLTC4162に移し、バス・トラフィックとマイクロプロセッサ負荷を低減します。

有効なアラートが発生すると常に、SMBALERTピンはアサート(ローに)されます。割り込みをアサートした後、LTC4162はホストのアラート応答アドレス(ARA = 0b0001100[1])に自身の読出しアドレスで応答します。アラートを保留中であり、かつアドレスが低位である他のデバイスが、LTC4162と同時に応答した場合、そのデバイスがアービトレーションに勝ち、LTC4162はSMBALERTピンをアサートしたままこのARAへの応答を止めます。LTC4162のSMBALERT信号がクリアされるのは、LTC4162が読出しアドレスによる応答を完了した時のみです。このようにしてシステムは、多数のデバイスに割り込みラインを共有させます。

## 動作

表 2. リミット・アラート・レジスタのまとめ

ALERT VALUE SETTING (0x01 – 0x0C)	EN_LIMIT_ALERTS_REG	LIMIT_ALERTS_REG
vin_hi_alert_limit	en_vin_hi_alert	vin_hi_alert
vin_lo_alert_limit	en_vin_lo_alert	vin_lo_alert
thermistor_voltage_hi_alert_limit	en_thermistor_voltage_hi_alert	thermistor_voltage_hi_alert
thermistor_voltage_lo_alert_limit	en_thermistor_voltage_lo_alert	thermistor_voltage_lo_alert
bsr_hi_alert_limit	en_bsr_hi_alert	bsr_hi_alert
die_temp_hi_alert_limit	en_die_temp_hi_alert	die_temp_hi_alert
ibat_lo_alert_limit	en_ibat_lo_alert	ibat_lo_alert
iin_hi_alert_limit	en_iin_hi_alert	iin_hi_alert
vout_hi_alert_limit	en_vout_hi_alert	vout_hi_alert
vout_lo_alert_limit	en_vout_lo_alert	vout_lo_alert
vbat_hi_alert_limit	en_vbat_hi_alert	vbat_hi_alert
vbat_lo_alert_limit	en_vbat_lo_alert	vbat_lo_alert
NA	en_bsr_done_alert	bsr_done_alert
NA	en_telemetry_valid_alert	telemetry_valid_alert

表 3. チャージャ・ステート・アラートのまとめ

CHARGER_STATE_REG	EN_CHARGER_STATE_ALERTS_REG	CHARGER_STATE_ALERTS_REG
bat_detect_failed_fault	en_bat_detect_failed_fault_alert	bat_detect_failed_fault_alert
battery_detection	en_battery_detection_alert	battery_detection_alert
charger_suspended	en_charger_suspended_alert	charger_suspended_alert
precharge	en_precharge_alert	precharge_alert
cc_cv_charge	en_cc_cv_charge_alert	cc_cv_charge_alert
ntc_pause	en_ntc_pause_alert	ntc_pause_alert
timer_term	en_timer_term_alert	timer_term_alert
c_over_x_term	en_c_over_x_term_alert	c_over_x_term_alert
max_charge_time_fault	en_max_charge_time_alert	max_charge_time_fault_alert
bat_missing_fault	en_bat_missing_fault_alert	bat_missing_fault_alert
bat_short_fault	en_bat_short_fault_alert	bat_short_fault_alert

表 4. チャージャ・ステータス・アラートのまとめ

CHARGE_STATUS_REG	EN_CHARGE_STATUS_ALERTS_REG	CHARGE_STATUS_ALERTS_REG
constant_voltage	en_constant_voltage_alert	constant_voltage_alert
constant_current	en_constant_current_alert	constant_current_alert
iin_limit_active	en_iin_limit_active_alert	iin_limit_active_alert
vin_uvcl_active	en_vin_uvcl_active_alert	vin_uvcl_active_alert
thermal_reg_active	en_thermal_reg_active_alert	thermal_reg_active_alert
ilim_reg_active	en_ilim_reg_active_alert	ilim_reg_active_alert

## 動作

複数のデバイスが  $\overline{\text{SMBALERT}}$  信号をアサートしている場合、ARA からの複数回の読出しが必要になります。詳細については、SMBus の仕様を参照してください。

ARA プロセスが完了した後、アラート・ビットに個別に 0 を書き込み、レジスタの残りのビットに 1 を書き込むことでアラート・ビットをクリアできます。これにより、その他の保留中のアラート・ビットは保護されます。アラート・レジスタへの 1 の書き込みは無視されるためです。

### 直列セル数の選択

CELLS1 ピンと CELLS0 ピンによって、最大 8 つの直列セルのセル数が選択されます。セル数 (`cell_count`) を選択するため、CELLS1 と CELLS0 は GND、VCC2P5、INTV<sub>CC</sub> のいずれかに固定する必要があります (表 5 参照)。安全性を高めるため、I<sup>2</sup>C ポートからセル数 (`cell_count`) を読み出すことができます。GND と GND を組み合わせるとセル数エラー (`cell_count_err`) となり、充電が禁止されます。充電中の想定最大セル電圧をセル数に乗算した値が  $V_{IN} - V_{IN\_DUVLO}$  を超えられないことに注意します。

表 5. CELLS0 および CELLS1 ピンの割り当てと直列セル数

CELLS1	CELLS0	cell_count
INTV <sub>CC</sub>	INTV <sub>CC</sub>	1
INTV <sub>CC</sub>	VCC2P5	2
INTV <sub>CC</sub>	GND	3
VCC2P5	INTV <sub>CC</sub>	4
VCC2P5	VCC2P5	5
VCC2P5	GND	6
GND	INTV <sub>CC</sub>	7
GND	VCC2P5	8

直列 2 セル以上のバッテリー・スタックを充電する場合、セルのバランスに関する要件をメーカーに確認することが重要です。バランスを取らないで直列セル・スタックを繰り返し充電することは、通常、バッテリーを劣化させると共に、ミスマッチを増大させバッテリー寿命を短くする原因になります。高信頼性アプリケーションでは、補助的なバッテリー・バランスを使うことを推奨します。

### バッテリーの検出

LTC4162 は、2~4 秒間のバッテリー検出テストを実行してから充電サイクルを開始します。このテストの間に、1mA の負荷電流をバッテリーから流した後、小さな充電電流をバッテリーに流し込みます。バッテリー検出テスト中、バッテリー電圧が安

定した状態を維持する場合、LTC4162 はバッテリー・チャージャのソフト・スタートを開始します。バッテリー電圧が安定した状態を維持しない場合、LTC4162 はバッテリー・オープン/ショート・テストを開始します。バッテリーは最小限の充電電流で 1~2 秒間充電されます。バッテリー検出テストで異常な結果が得られるとチャージャ・ステート (`charger_state`) が `bat_missing_fault`、`bat_short_fault`、`bat_detect_failed_fault` のいずれかになり、その先の充電は行われません。サーミスタが断線している場合、または非常に高い抵抗値を持つ場合 (`thermistor_voltage > open_thermistor`)、`bat_missing_fault` のチャージャ・ステート (`charger_state`) も発生します。プログラマブルな割り込み (`en_bat_short_fault_alert`、`en_bat_missing_fault_alert`、`en_bat_detect_failed_fault_alert`) は、これらの状況が 1 つでも発生した場合に  $\overline{\text{SMBALERT}}$  を生成するように設定できます。バッテリー検出で異常が発生した場合、バッテリー検出テストは 30 秒ごとにリトライされます。

### バッテリー・チャージャのソフト・スタート

LTC4162 は、`icharge_dac` を 0 から目標充電電流設定値まで、`icharge_dac` の LSB 当たり 400 $\mu$ s の公称レートで直線的に増加させることで充電電流をソフト・スタートさせます。そのため、充電電流ソフト・スタート時間の最大値は  $31 \cdot 400\mu\text{s}$  (12.4ms) となります。バッテリー・チャージャが充電電流設定値を上下に変更する必要がある場合は常に、このランプ・ルーチンが呼び出されます。充電電流の目標値は充電電流設定値 (`charge_current_setting`) と JEITA 温度制御式充電システム (`icharge_jeita_2`~`icharge_jeita_6`、高度な JEITA 準拠の温度制御式充電を参照) のどちらかから導かれます。

### ロー・バッテリー

充電サイクルが開始すると、LTC4162 は最初に、バッテリーが完全に放電しているかどうかを判断します。BATSENS+ ピンの電圧が約 2.5V より低い場合、本バッテリー・チャージャは直接 INTV<sub>CC</sub> から約 10mA を供給します。この動作モードは、主にバック保護バッテリーを保護モードから引き出すために使います。BATSENS+ ピンの電圧が 2.5V に達した場合、充電はスイッチング・バッテリー・チャージャに引き渡されます。セル数 (`cell_count`) 当たりの絶対レベルが 2.5V より高く、かつ約 2.85V より低い場合、LTC4162 は約 C/10 (`icharge_dac = 3`) に等しい慣らし充電設定値を適用し、`precharge` を報告します。バッテリー電圧がセル数 (`cell_count`) 当たり 2.85V を上回った場合、LTC4162 は完全な定電流/定電圧充電フェーズに移行して、`cc_cv_charge` を報告します。

## 動作

### 定電流充電

バッテリー電圧がセル数(`cell_count`)当たり2.85Vを上回ると、本チャージャは、定電流モードで(`icharge_jeita_x + 1`)  $\cdot 1\text{mV}/R_{\text{SNSB}}$  (`en_jeita = 1`の場合)と(`charge_current_setting + 1`)  $\cdot 1\text{mV}/R_{\text{SNSB}}$  (`en_jeita = 0`の場合)のどちらかを供給しようと試みます。ここで、`icharge_jeita_x`と`charge_current_setting`はそれぞれ0~31のいずれかの値を取ります。例えば、CPSとCSNの間に10mΩの抵抗を接続した場合、充電電流の上限値は3.2Aになります。利用できる入力電源と外部負荷条件によっては、本バッテリー・チャージャは設定値の上限までレートを上げて充電できないことがあります。代わりに制御ループ(入力電流制限ループ、入力電圧制限ループ等)を使う場合、バッテリーの充電に利用できるのは電力の一部のみです。例えば、入力電流制限値に達した場合、システム負荷はバッテリー充電電流よりも優先されます。システム負荷が軽い場合、バッテリー充電電流は最大になり、`icharge_jeita_x`または`charge_current_setting`で設定済みの値まで上がる場合があります。

充電電流設定抵抗( $R_{\text{SNSB}}$ )は、その他の制御ループによる電源または負荷の制約に関係なく、常にバッテリー容量と一致するように設定する必要があります。LTC4162のマルチ制御ループ・アーキテクチャは全ての矛盾を補正し、バッテリーと負荷への電力供給を常に最適化します。

### 温度レギュレーション

高い周囲温度の下で本スイッチング・バッテリー・チャージャをイネーブルにする場合、LTC4162の自己発熱がジャンクション温度を許容できないレベルにまで押し上げることがあります。過熱を防ぐためLTC4162は自身のダイ温度(`die_temp`)を監視し、自動的に`icharge_dac`を減らして消費電力を制限します。CSPとCSNの間の差動サーボ電圧は、最大充電電流の約3% (1/32)に相当する1mVまで下がることがあります。この温度レギュレーション・アルゴリズムは、ダイ温度(`die_temp`)が`thermal_reg_start_temp`(デフォルトは120°C)から`thermal_reg_end_temp`(デフォルトは125°C)まで上がるにつれて、31から0まで直線的に低下する最大`icharge_dac`設定値を強制することでこれを実現しています。温度レギュレーション・アルゴリズムが機能している場合、充電ステータス(`charge_status`)は`thermal_reg_active`になります。温度レギュレーション・アクティブ・アラート(`thermal_reg_active_alert`)は`en_thermal_reg_active_alert`でセットで

き、どちらも0に書き戻すことでクリアできます。温度レギュレーションは、LTC4162の動作範囲内の任意の温度に設定できます。

### 定電圧充電

BATSENS+電圧が設定済みの充電電圧に達すると、本スイッチング・レギュレータは出力電力を減らしバッテリー電圧を $(3.8125\text{V} + 12.5\text{mV} \cdot \text{vcharge\_jeita\_x}) \cdot \text{cell\_count}$  (`en_jeita = 1`の場合)と $(3.8125\text{V} + 12.5\text{mV} \cdot \text{vcharge\_setting}) \cdot \text{cell\_count}$  (`en_jeita = 0`の場合)のどちらかにして一定に保ちます。ここで、`vcharge_jeita_x`と`vcharge_setting`はそれぞれ0~31のいずれかの値を取ります。定電圧モードでは、充電電流は必然的にゼロに向かって減少し、バッテリーが過充電されることなく本質的に安全に動作します。`vcharge_jeita_x` (`en_jeita = 1`の場合)または`vcharge_setting` (`en_jeita = 0`の場合)を使って、最終的なトップオフ電圧を選択できるようにするため複数の充電電圧を設定できます。バッテリー寿命を維持し、またはバッテリー容量を最大限に高めるため、充電電圧のトレードオフが発生する可能性があります。危険なほど高い充電電圧やリチウムイオン/ポリマー・バッテリーに合わない充電電圧にLTC4162を設定することはできません。

`charge_current_setting`と`vcharge_setting`が`icharge_dac`と`vcharge_dac`を直接制御することには注意が必要です。これらは単なる目標値です。例えば、JEITA準拠の温度制御式充電システムが有効な場合(`en_jeita = 1`)、DACはこのユーザー・プログラマブル・システム(すなわち`icharge_jeita_2`~`icharge_jeita_6`、`vcharge_jeita_2`~`vcharge_jeita_6`)で制御されます。

### 基本的な温度制御式充電

片側が接地されたサーミスタとバイアス抵抗をNTCBIASピンとNTCピンに接続し、`en_jeita`を0に設定すると、LTC4162は温度制御された充電を行います。`thermistor_voltage`が`jeita_t1` (0°C)を上回った場合、または`jeita_t6` (60°C)を下回った場合、充電は停止します。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、温度が上がるとサーミスタ電圧(`thermistor_voltage`)の読み値が下がる(逆も同じ)ことに注意します。充電が途中で止まらない場合、充電電圧および電流はそれぞれ`vcharge_setting`と`charge_current_setting`に従います。

## 動作

デフォルトの上下限値は3490Kの $\beta_{25/85}$ 値を持つサーミスタ(例: Vishay NTCS0402E3103FLT)に基づいています。このサーミスタは、他のサーミスタと比べて温度依存性が小さいために特に選ばれました。温度依存性が大きいサーミスタは、低ドリフト抵抗をサーミスタと直列に配置し、それに応じてバイアス抵抗を大きくすることで、温度依存性を小さくして上記の標準サーミスタに合わせることができます(詳細については、アプリケーション情報の代替サーミスタとバイアスを参照してください)。アプリケーションが温度制御式充電を必要としない場合、サーミスタを、バイアス抵抗( $R_{NTCBIAS}$ )と同じ値の抵抗(例: 100k $\Omega$ )に置き替えます。

### 高度な JEITA 準拠の温度制御式充電

本デバイスは、`en_jeita`をデフォルト値の1に設定したままにすることで、JEITAのバッテリー充電に関するガイドラインに準拠させることができる制御システムを備えています。具体的には、温度の関数としての充電パラメータが確実に使われるように、非常に柔軟なマルチポイント温度電圧電流プロファイルをLTC4162に設定できます。図1と表6に、LTC4162で利用できるJEITAシステムのデフォルト値を示します。サーミスタ電圧(`thermistor_voltage`)に基づく6つの温度設定

点(`jeita_t1`~`jeita_t6`)で7つの異なる温度領域が設定されています。各温度領域に対して、 $(V_{CSP} - V_{CSN}) / R_{SNSB}$  (`charge_current_setting`)とバッテリー充電電圧(`vcharge_setting`)で設定された限度内で充電電流と充電電圧を設定できます。`en_jeita`が真の場合、JEITAシステムはレジスタ(`icharge_jeita_2`~`icharge_jeita_6`と`vcharge_jeita_2`~`vcharge_jeita_6`)に`charge_current_setting`と`vcharge_setting`(これらは`icharge_dac`と`vcharge_dac`に伝えられます)を書き込みます。

JEITAシステムがこれらの値を11msごとに上書きするため、`en_jeita`をセットした状態で`charge_current_setting`と`vcharge_setting`に値を書き込んでも無効です。

JEITAレジスタの値を以下に示します。表内の太字の値はプログラム可能です。`jeita_t1`~`jeita_t6`レジスタは領域間の区切り点に対するサーミスタ電圧(`thermistor_voltage`)の値を決定します。表6に、JEITA充電パラメータのデフォルト値と10k $\Omega$ のサーミスタ( $\beta$ 値 = 3490K)の例を示します。柔軟性を最大限に高めるため、全ての温度、電圧、電流設定は変更できます。

表6. JEITAシステム、デフォルトのJEITA値、 $\beta = 3490K$ に相当する温度

<code>jeita_region</code>	<code>vcharge_jeita</code>	Charge Voltage	<code>icharge_jeita</code>	Charge Current	JEITA Temperature	<code>thermistor_voltage</code>	RNTC	Temp
<b>R1</b>	Charger Off							
					<code>jeita_t1</code>	<b>16117</b>	28215 $\Omega$	0°C
<b>R2</b>	<b>31</b>	4.20V	<b>15</b>	16mV/ $R_{SNSB}$				
					<code>jeita_t2</code>	<b>14113</b>	18290 $\Omega$	10°C
<b>R3</b>	<b>31</b>	4.20V	<b>31</b>	32mV/ $R_{SNSB}$				
					<code>jeita_t3</code>	<b>7970</b>	5751 $\Omega$	40°C
<b>R4</b>	<b>23</b>	4.10V	<b>31</b>	32mV/ $R_{SNSB}$				
					<code>jeita_t4</code>	<b>7112</b>	4832 $\Omega$	45°C
<b>R5</b>	<b>23</b>	4.10V	<b>15</b>	16mV/ $R_{SNSB}$				
					<code>jeita_t5</code>	<b>6325</b>	4080 $\Omega$	50°C
<b>R6</b>	<b>19</b>	4.05V	<b>15</b>	16mV/ $R_{SNSB}$				
					<code>jeita_t6</code>	<b>4970</b>	2948 $\Omega$	60°C
<b>R7</b>	Charger Off							

## 動作

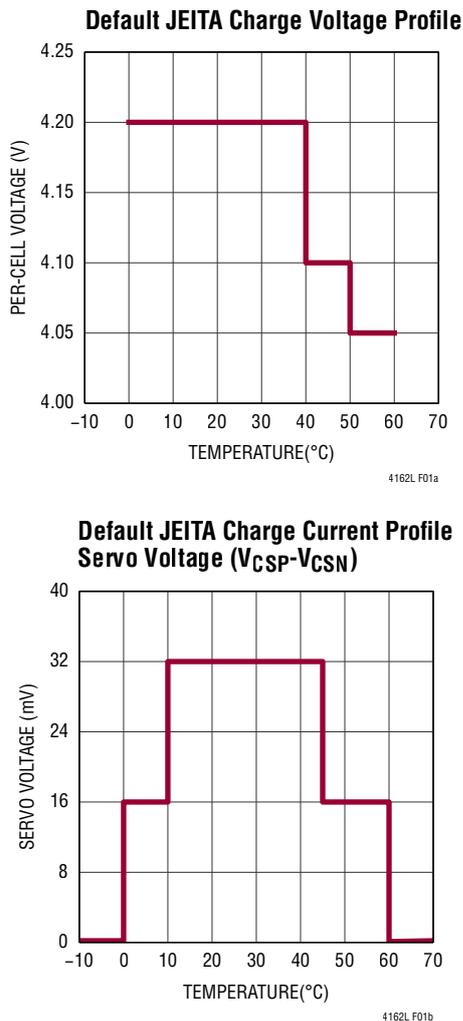


図1. デフォルトの JEITA 温度プロファイルのグラフ。  
7つの JEITA 領域、6つの区切り点、デフォルト値を示します。

### バッテリー・チャージャの終了処理と満充電表示(C/x)

LTC4162は複数のバッテリー充電終了方法をサポートしています。

最大充電経過時間タイマーは、有効な場合、各充電サイクルの初めに開始します。定電圧(constant\_voltage)レギュレーションに移行すると定電圧タイマーも開始します。これらのタイマーのどちらかがタイムアウトすると、バッテリーの充電は終了し電流はそれ以上供給されません。経過時間タイマーはtchargetimerがmax\_charge\_timeに達するとタイムアウトし、定電圧タイマーはtcvtimerがmax\_cv\_timeに達するとconstant\_voltageでタイムアウトします。デフォルトのmax\_cv\_

timeは14400秒(4時間)です。各種タイマー満了値を設定できるように、max\_charge\_timeとmax\_cv\_timeはどちらも調整可能です。max\_cv\_timeの分解能は1秒/LSB、max\_charge\_timeの分解能は1分/LSBです。

tcvtimerを読み出すことで定電圧(constant\_voltage)レギュレーションの累積時間を特定できます。max\_cv\_timeは0~65535秒(約18時間)の範囲の16ビット符号なし値です。総充電時間安全タイマー(tchargetimer)を読み出すことで、いつでも現在の充電サイクルの初めからの経過時間を特定できます。max\_charge\_timeは0~65535分(約45日間)の範囲の16ビット符号なし値(1分/LSB)です。max\_charge\_timeをデフォルト値の0に設定したままにすると、tchargetimerは無効になります。tchargetimerを有効にするには、0以外の値をmax\_charge\_timeに書き込みます。

max\_charge\_time\_faultはtchargetimerがmax\_charge\_timeに達して充電が終了したことを示し、timer\_termはtcvtimerがmax\_cv\_timeに達して充電が終了したことを示します。max\_charge\_time\_faultは、以下のいずれかの時にクリアされます。それは、バッテリー電圧が目標電圧設定値の35%未満に下がった時、新規の充電サイクルが開始してtchargetimerがリセットした時、パワー・サイクルが発生しチャージャのステート・マシン全体をリセットした時です。通常終了(例: timer\_term、c\_over\_x\_term)でもtchargetimerはリセットされます。最後に、max\_charge\_time\_faultは異常条件(入力電圧がBATSENS+ピン電圧より下がった場合、suspend\_chargerまたはその他のシステム障害が発生した場合)が起きたときにクリアされます。その他のシステム障害には、intvcc\_gt\_2p8vが偽、vin\_gt\_4p2vが偽、vin\_gt\_vbatが偽、サーマル・シャットダウン(thermal\_shutdown)、R<sub>T</sub>抵抗なし(no\_rt)、セル数エラー(cell\_count\_err)が含まれます。

もう1つの方法として、en\_c\_over\_x\_termが設定されている場合、チャージャが定電圧(constant\_voltage)モードに入り、バッテリー電流(ibat)が必然的にc\_over\_x\_thresholdまで下がってもLTC4162は充電を終了させます。c\_over\_10のデフォルトのc\_over\_x\_threshold値は、バッテリーがほぼ満充電状態に達したことを示す良い指標です。c\_over\_x\_thresholdはI<sup>2</sup>Cポートを介して調整できます。en\_c\_over\_x\_termが設定されている場合、充電はc\_over\_x\_term、timer\_term、max\_charge\_time\_faultのうち最も早いもので終了します。定電圧(constant\_voltage)タイマーの終了機能は無効にできません。充電タイマーは両方共ntc\_pauseで停止します。

## 動作

LTC4162は、任意に `en_c_over_x_term_alert` を設定することで、C/x 終了時に割り込みを生成するようにも設定できます。タイマー終了アラートも、`en_timer_term_alert` (定電圧 (`constant_voltage`) タイマーの場合) と `en_max_charge_time_alert` (`max_charge_time_fault` の場合) のどちらかで設定できます。

`c_over_x_term`、`timer_term`、`max_charge_time_fault` を使って、SMBALERT の原因を特定できます。LTC4162は、スイッチング・チャージャを無効にすることで充電を終了させ、SW ノードはハイ・インピーダンスになります。

## 自動再充電

充電が正常終了した後、本チャージャはオフのままになります。携帯機器を長時間この状態にしておくと、バッテリーは最終的に自己放電します。バッテリーが常に満充電になるように、設定済みの充電電圧の約97.5%よりバッテリー電圧が低くなると、新規の充電サイクルが自動的に始まります。終了安全タイマー (`tcvtimer` と `tchargetimer`) は0にリセットされます。入力電源が一度オフになって再びオンになった場合、またはチャージャが短時間ディスエーブルになった場合 (例: `suspend_charger` が1に設定され、その後0に戻された場合) も、新規の充電サイクルが開始されます。

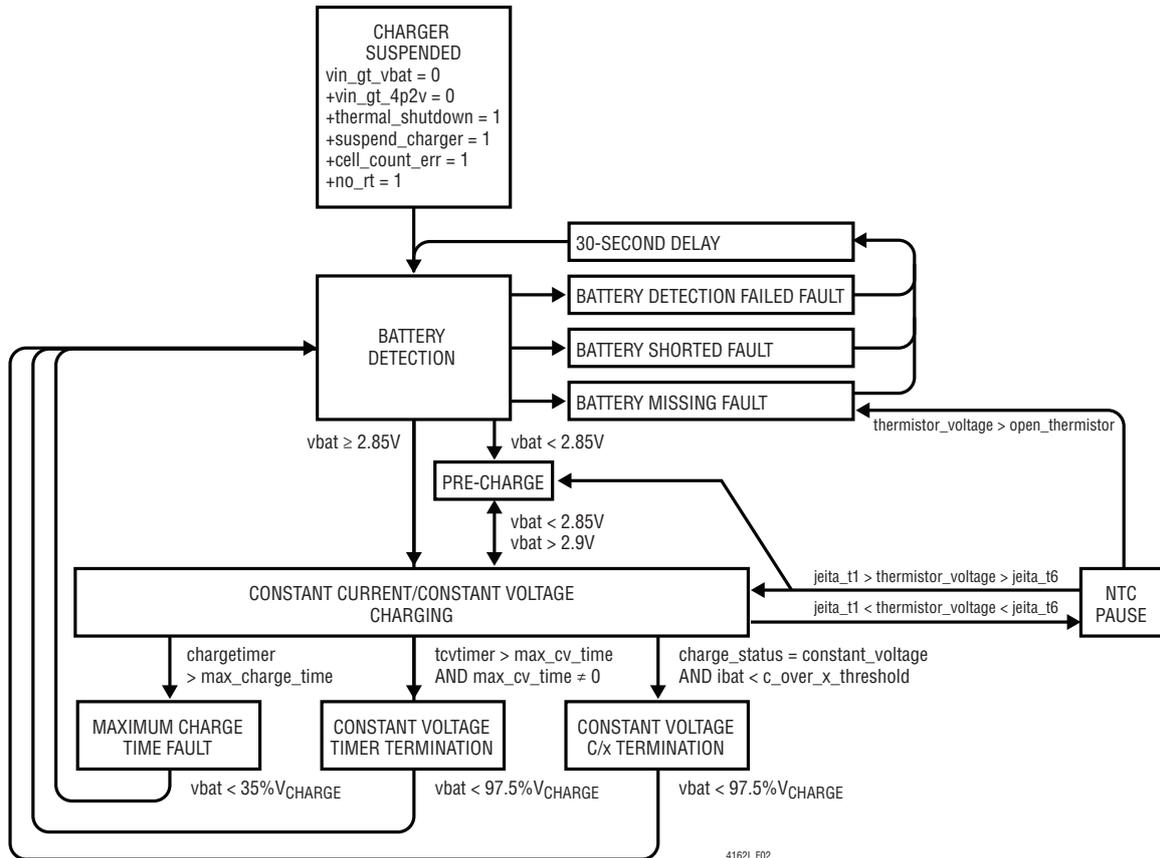


図2. バッテリー充電の状態図

## 動作

### 低消費電力のシップ・モード

LTC4162は、輸送と保存のための特殊モードに入ることによって、元々小さなスタンバイ電流(バッテリーのみ)を約3.5 $\mu$ Aに低減できます。シップ・モードは`arm_ship_mode`を`arm`に設定することで動作可能になります。しかし、入力電圧( $V_{IN}$ )が約1Vを下回るまで実施されません。入力電圧が再び約1Vを上回ると、LTC4162はシップ・モードから復帰します。内部電圧リファレンスが再度バイアスされ、 $V_{IN}$ が約4.2Vに達したことで(`vin_gt_4p2v`)が発検されると、シップ・モード外にとどまる決定はラッチされます。シップ・モードでは、VCC2P5 2.5V ロジックLDOとINTV<sub>CC</sub> 5VシステムLDOは無効になり、それらと共に全てのロジックとI<sup>2</sup>Cポート経由の通信も無効になります。その結果、シップ・モード・サイクルによって全ての設定とステータ情報は失われます。

### 発振器の同期

SYNCピンは、最適なノイズ耐性を目的としてスイッチング・バッテリー・チャージャを外部クロックに同期させるために利用できます。SYNCピンを使うには、R<sub>T</sub>ピンを使って、内部発振器の周波数をSYNC信号の想定周波数に設定します。SYNCに信号が存在しない場合、内部発振器が通常動作します。必要な許容誤差範囲内の信号がSYNCに現れた場合、内部発振器はその信号を検出し、その信号に同期します。周期が長すぎたり短すぎたりしないように、内部発振器と外部信号がほぼ一致するまで同期は行われません。従って、同期させるには数千サイクル(数ミリ秒)かかることがあります。SYNCを使わない場合、このピンを単に接地します。

### 低電圧ロックアウト回路/サスペンド機能 (`suspend_charger`) / システム障害

各種の電源監視回路とサスペンド機能(`suspend_charger`)によって、充電を無効にできます。 $V_{IN}$ の電圧がBATSENS+より下がった場合(すなわち`vin_gt_vbat`が偽)、サーマル・シャットダウンが発生した場合(`thermal_shutdown`、ダイ温度が約150°C超)、R<sub>T</sub>抵抗がない場合(`no_rt`)、`intvcc_gt_2p8v`が偽の場合、`vin_gt_4p2v`が偽の場合、CELLS0/1ピンのセル数エラーの場合(`cell_count_err`)のいずれかで、LTC4162は充電を停止しチャージャが一時中断したこと(`charger_suspended`)を報告します。上記の障害条件が全て解消し、 $V_{IN}$ が(BATSENS+電圧 +  $V_{IN\_DUVLO}$ )より高くなると、充電は再び有効になります。

### LTC4162のリチウムイオン/ポリマー派生品

LTC4162-LADは完全プログラマブルであり、上述の説明に従っていますが、その他に3つの非プログラム式電圧派生品も提供しています。これらの4つのバージョンはそれぞれ、デフォルトで太陽光パネル最大電力追従対応/非対応に設定できます。

LTC4162のリチウムイオン/ポリマー派生品を以下に示します。

LTC4162-L40

LTC4162-L41

LTC4162-L42

LTC4162-LAD

LTC4162-L40、LTC4162-L41、LTC4162-L42のJEITA値は書き込みできず、以下に要約する値に従います。

		<code>jeita_t1</code> 0x3EF5 (0°C)	<code>jeita_t2</code> 0x3721 (10°C)	<code>jeita_t3</code> 0x1F22 (40°C)	<code>jeita_t4</code> 0x1BC8 (45°C)	<code>jeita_t5</code> 0x18B5 (50°C)	<code>jeita_t6</code> 0x136A (60°C)	
VARIANT	REGION1	REGION2	REGION3	REGION4	REGION5	REGION6	REGION7	
<b>CHARGE CURRENT</b>		16mV/R <sub>SNSB</sub>	32mV/R <sub>SNSB</sub>	32mV/R <sub>SNSB</sub>	16mV/R <sub>SNSB</sub>	16mV/R <sub>SNSB</sub>		
LTC4162-L40	CHARGER OFF	4.0V	4.0V	3.9V	3.9V	3.95V	CHARGER OFF	
LTC4162-L41		4.1V	4.1V	4.0V	4.0V	4.05V		
LTC4162-L42		4.2V	4.2V	4.1V	4.1V	4.05V		
LTC4162-LAD		4.2V	4.2V	4.1V	4.1V	4.05V		

## アプリケーション情報

### SMBusとI<sup>2</sup>Cのプロトコルの互換性

LTC4162は、一部のプログラミング機能と全ての監視機能にSMBus/I<sup>2</sup>Cタイプの2線式シリアル・ポートを使っています。シリアル・ポートを通じてお客様は、測定したパラメータと比較するアラート値を設定し、制御パラメータを設定し、ステータス・データを読み出すことができます。バス信号の関係をタイミング図に示します。バスを使用しない場合、2本のバスライン(SDAとSCL)はハイにする必要があります。これらのラインには外付けのプルアップ抵抗が必要です。LTC4162はスレーブ・レシーバーであり、スレーブ・トランスミッタでもあります。LTC4162はマスタにはなりません。制御信号(SDAとSCL)は、I<sup>2</sup>C仕様に準拠するようにDV<sub>CC</sub>電源に対して内部で調整されます。DV<sub>CC</sub>は、バスのプルアップ抵抗の電源と同じ電源に接続する必要があります。

電氣的レベルとバス速度を除いて、SMBus仕様は概してI<sup>2</sup>C仕様と互換性があります。しかし、各種トランザクション向けの特定のフォーマットを定義および標準化するためにI<sup>2</sup>Cに対して拡張されています。LTC4162のシリアル・ポートは、SMBus仕様のワード読み出しプロトコルとワード書き込みプロトコルの両方をサポートしていること(どちらもパケット・エラー・チェック機能(PEC)をあり/なしに設定可能)を除いて、I<sup>2</sup>C仕様の0Hz~400kHzの速度およびレシオメトリックな入力閾値と互換性があります。SMBus仕様のSMBALERTおよびARAプロトコルもサポートしています。LTC4162は、両プロトコルを使って確実に動作するようにタイミング遅延とグリッチ抑制フィルタを内蔵しています。

I<sup>2</sup>CとSMBusの入力ロジック・レベル仕様は異なります。I<sup>2</sup>Cは電源に対してレシオメトリックなロジック・レベルを仕様規定しており、SMBusは絶対レベルを仕様規定しています。2つの仕様を比較すると、2.667V~3.000Vの範囲の電源電圧に対してこれらのロジック・レベルは互換性があることが分かります。しかし、うまくシステムが設計されていれば、I<sup>2</sup>C互換デバイスとSMBus互換デバイスは多くの場合互いに交換できます。System Management Bus (SMBus) Specification Version 2.0のAppendix BではSMBusとI<sup>2</sup>Cの違いを説明しています。I<sup>2</sup>Cバス仕様およびユーザー・マニュアルのセクション4にも同様の説明があります。

### 代替サーミスタとバイアス

3490Kより高い $\beta$ 値を持つサーミスタは、安価な低ドリフト直列抵抗(R<sub>SERIES</sub>)を使ってサーミスタの温度依存性を小さく(希釈)することと、jeita\_t1~jeita\_t6を適切な値で書き出すことのどちらかによって、LTC4162と組み合わせて使うことができます。1本の希釈用抵抗を追加する場合、希釈用抵抗と同じだけR<sub>NTCBIAS</sub>を増やしてバイアス抵抗を大きくする必要があります。それによって抵抗比を50%に戻し、25°Cでの誤差をなくします。R<sub>NTCBIAS</sub>を少し増やすことで、所定の温度範囲にわたって誤差曲線を持ち上げ中心に合わせることができる場合があります。サーミスタ・バイアス回路網にもう1本の抵抗(R<sub>PARALLEL</sub>)を追加すると、より高い $\beta$ 値を持つサーミスタの温度プロファイルの期待値に一致させるように、更に微調整できます。R<sub>NTCBIAS</sub>、R<sub>PARALLEL</sub>、R<sub>SERIES</sub>の値は、LTC4162が求めるサーミスタ・プロファイルとほぼ一致するように選択できます。以下に実例を示します。

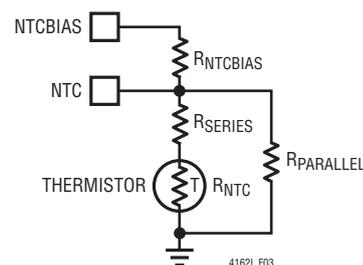


図3. 低ドリフトの直列および並列抵抗によるサーミスタの温度特性の調整

3950Kの $\beta_{25/75}$ 値を持つ10k $\Omega$  Vishay NTCS0402E3103FHTサーミスタに対して、R<sub>NTCBIAS</sub> = 10k $\Omega$ 、R<sub>SERIES</sub> = 549 $\Omega$ 、R<sub>PARALLEL</sub> = 187k $\Omega$ を使うと、0°C~60°Cの範囲で3490Kの $\beta$ 値を持つサーミスタのプロファイルをほぼ再現でき、jeita\_t1~jeita\_t6で定義されるデフォルトのJEITA温度閾値に対する公称誤差は $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 未満になります。この誤差は、大部分のサーミスタの許容誤差よりはるかに小さい値です。

## アプリケーション情報

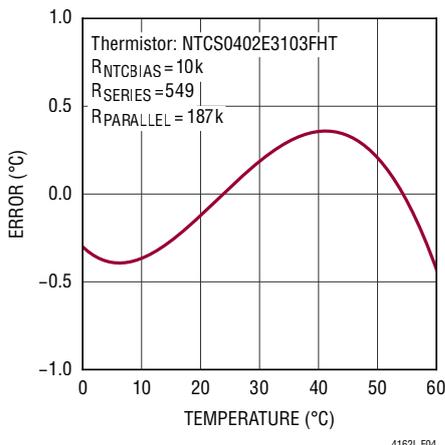


図4.  $\beta_{25/75} = 3950K$ のサーミスタの0°C~60°Cの残余誤差

代替サーミスタを使いやすくするためのツールについては、[LTC4162](#)のウェブ・ページを参照してください。

## 入力電流とバッテリー充電電流の限界値の設定

LTC4162では、各種入力電源から最適に充電するため、入力電流の上限値とバッテリー充電電流の上限値をそれぞれ抵抗で設定できます。バッテリー充電電流は、バッテリーのサイズと関連する安全充電レートのみに基づいて設定する必要があります。通常、このレートは約1C（そのバッテリーを1時間で完全に放電させる電流に等しい値）です。例えば、2000mAhのバッテリーは2A以下で充電されます。フルスケール（デフォルト）の充電電流をCSPとCSNの間の抵抗（ $R_{SNSB}$ ）で設定すると、その他の全ての選択可能な充電電流設定値はそれより下にあるため、極端な温度でのカスタム充電アルゴリズムにも適しています。バッテリー充電電流の限界値が、選択された入力電流の限界値から利用できる電力より多くの電力を必要とする場合、入力電流の限界値は設定された電流より小さい値に強制され、バッテリーは設定された電流より小さい電流で充電されます。従って、バッテリー・チャージャの検出抵抗は、入力電源への配慮なしにバッテリー容量のみに基づいて設定する必要があります。

平均入力電流の最大値はCLPピンとCLNピンの間に接続した検出抵抗（ $R_{SNSI}$ ）で特定します。その値は、想定する入力電源の利用可能な電流の上限値のみに基づいて選択する必要があります。入力電流ループと充電電流ループは、これらの検出抵抗の両端の電圧を最大32mVにサーボ制御するため、入力電流と充電電流の最大値は次式で与えられます。

$$I_{IN(MAX)} = 32mV/R_{SNSI}$$

$$I_{CHG(MAX)} = 32mV/R_{SNSB}$$

充電電流検出抵抗と入力電流検出抵抗はそれぞれ充電電流と入力電流をLTC4162が測定できる電圧に変換します。電流検出抵抗の精度と温度係数はLTC4162の電流レギュレーション精度の直接の要因になります。電流検出用に4端子抵抗を使うことができますが、より簡単な2端子抵抗を使うことはより安価な解決策です。検出抵抗の消費電力は慎重に検討する必要があります。例えば、3.2Aの充電電流の場合、検出抵抗が10m $\Omega$ であれば、消費電力は $3.2A^2 \cdot 10m\Omega = 102.4mW$ となります。1/8W 0603抵抗は理論的にはこの用途に使えますが、温度が極めて高くなる場合があります。1/4Wまたは1/2W 0805抵抗は、温度上昇を抑え、精度を高めるためのより良い選択です。大きな銅のベタ・パターンを使い銅の被覆率を高めると、検出抵抗の熱抵抗を下げることができます。図5に、電流検出抵抗への適切なケルビン接続の例を示します。



図5. 0805抵抗を使ったケルビン電流検出

## アプリケーション情報

### シップ・モードでのPowerPathのアイソレーション

シップ・モードでは、LTC4162はほとんど全ての内部回路の電源を切り、自己消費電流をわずか数マイクロ・アンペアに低減させます。しかし、PowerPathトランジスタのボディ・ダイオードが依然としてバッテリーからシステム負荷への導通経路を提供しています。シップ・モードでLTC4162のPowerPathの下流の回路を完全に切り離す必要がある場合、1個の外付けPMOSトランジスタと1個の小信号NMOSトランジスタでこのアイソレーションを実現できます。図6の回路は、シップ・モードでVCC2P5ピンがグラウンドに落ちることを利用しています。シングル・セル・アプリケーション向けにコンダクタンスを最大にする必要がある場合、MP1にはかなり低いスレッショルド電圧を持つものを選ぶ必要があります。なぜなら、シングル・セルの場合MN1は省かれ、 $R_A$ と $R_B$ が分圧器を構成し、MP1のゲートが完全には駆動されないためです。

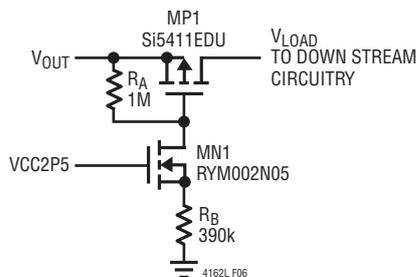


図6. シップ・モードでの下流回路のアイソレーション

### BOOST(昇圧)コンデンサの選択

BOOST(昇圧)コンデンサは、定格6.3V以上の低ESRの表面実装セラミック・タイプで、容量値は22nFにします。

### インダクタの選択

適切なリップル電流と制御ループ安定性を確保するため、スイッチング周波数の関数としてのインダクタ値と最大入力電圧は次式から計算します。

$$L(\mu\text{H}) = \frac{0.3 \cdot V_{\text{IN}(\text{MAX})}}{f_{\text{OSC}}(\text{MHz})}$$

Lの値が求められたら、インダクタのコアの種類を選択する必要があります。LTC4162の動作周波数に対応する、100kHzより高い周波数での損失が非常に小さいフェライト・コアを推奨します。しかし、フェライト・コア材は急激に飽和(つまり、設計電流のピーク値を超えるとインダクタンスが急落)します。その結果、インダクタのリップル電流が増加し、そのため出力電圧リップルが増加します。インダクタの飽和電流は最大安定化電流 $I_{\text{CHG}(\text{MAX})}$ より約30%大きくします。

### スイッチング周波数( $R_T$ 抵抗)の設定

動作周波数とインダクタの選択は、相互に関係しています。動作周波数を高くすると、より小さい値のインダクタとコンデンサを使用できますが、通常は、スイッチング損失と電荷移動損失によって効率が低下します。LTC4162の帰還ループは内部的に補償されており、調整できません。LTC4162は、1MHz~2.5MHzの範囲の周波数で正常に動作するように設計されています。それより低いまたは高い周波数で動作させると、制御ループの安定性が損なわれます。 $R_T$ ピンの抵抗はLTC4162の降圧スイッチング・チャージャの動作周波数を設定します。インダクタのサイズを小さく保ち、ピーク効率と安定性を確保するため、LTC4162は63.4k $\Omega$ の $R_T$ を使って1.5MHzで動作するように最適化されています。 $R_T$ をこの値から変更することで、発振周波数をわずかに変化させることができます。発振周波数は、次式で与えられるように $R_T$ の逆数に比例します。

$$f_{\text{OSC}}(\text{MHz}) = \frac{94}{R_T(\text{k}\Omega)}$$

### $V_{\text{OUT}}$ 、 $\text{BATSENS+}$ 、 $\text{INTV}_{\text{CC}}$ 、 $\text{VCC2P5}$ のバイパス・コンデンサの選択

LTC4162と一緒に使うコンデンサのタイプと値は、レギュレータ制御ループの安定性や入力電圧リップル等の重要なパラメータを決定します。LTC4162は $V_{\text{OUT}}$ から $\text{BATSENS+}$ への降圧スイッチング電源を使っているため、その入力電流波形は非常に高い周波数の成分を含んでいます。 $V_{\text{OUT}}$ をバイパスするために低等価直列抵抗(ESR)多層

## アプリケーション情報

セラミック・コンデンサを使うことは必須です。タンタルおよびアルミニウム・コンデンサは、ESRとESLが大きいため使えません。V<sub>OUT</sub>の全容量値により、与えられた負荷電流に対する出力リップルの大きさが直接制御されます。このコンデンサのサイズを大きくすると、入力リップルは小さくなります。LTC4162では、V<sub>OUT</sub>とPGNDを2つのコーナー・ピン・グループとして設計しているため、適切なバイパス・コンデンサを配置するのに十分な場所があります。低インピーダンス容量をV<sub>OUT</sub>およびPGNDピンに直接隣接させる必要性はいくら強調してもしすぎることはありません。わずか数ミリのPCB配線長でも数ナノ・ヘンリーのインダクタンスを生じさせ、高い周波数の「ホット・ループ」を構成します(プリント基板レイアウトに関する検討事項を参照)。

BATSENS+をバイパスするためにセラミック・コンデンサを使うことも推奨します。低ESRの10 $\mu$ F以上が必要です。積層セラミック・チップ・コンデンサ(MLCC)は、通常優れたESR性能を備えています。MLCCは、高密度の基板レイアウトおよび連続したグラウンド・プレーンと組み合わせることで、非常に優れた性能と低EMI放射を実現できます。

INTV<sub>CC</sub>およびVCC2P5ピンは内蔵低ドロップアウト・レギュレータの出力であり、同様にセラミック・コンデンサを必要とします。INTV<sub>CC</sub>とVCC2P5のコンデンサはLTC4162にできるだけ近づけ、アナログ・グラウンド・プレーンにもう一方の端子を直接接続する必要があります。INTV<sub>CC</sub>ピンは4.7 $\mu$ F以上(定格6.3V以上)の容量を必要とし、VCC2P5ピンは1 $\mu$ F以上(定格4V以上)の容量を必要とします。

全てのセラミック・コンデンサの実際の容量は、回路内で想定されるAC小信号およびDCバイアスで測定する必要があります。多くのベンダーは、バイアスなしの1V<sub>RMS</sub> ACテスト信号によって容量対電圧を仕様規定しているため、結果として、そのコンデンサがアプリケーション内で示す容量は大幅に過大評価されています。選択したコンデンサが、アプリケーションに必要な最小容量を満たすかどうかを判断するため、アプリケーションに似た動作条件を使って実際の容量を測定するか、ベンダーに問い合わせる必要があります。

### INFETとBATFETのMOSFETの選択

入力経路とバッテリー経路の両方に外付けNチャンネルMOSFETが必要です。これらのMOSFETを選択するための重要なパラメータは、最大ドレイン/ソース間電圧(V<sub>DSS</sub>)、ゲート・スレッシュホールド電圧、およびオン抵抗(R<sub>DS(ON)</sub>)です。入力が接地されると、入力MOSFETの両端にバッテリー・スタック電圧が加わります。V<sub>BAT</sub>が0Vである場合、入力電圧がバッテリーのMOSFETの両端に加えられます。従って、入力MOSFETのV<sub>DSS</sub>はV<sub>BAT</sub>の最大電圧に耐える必要があります。一方、出力MOSFETのV<sub>DSS</sub>はV<sub>IN</sub>の最大電圧に耐える必要があります。両方のゲート駆動電圧は5Vです。そのため、ロジック・レベル閾値のNチャンネルMOSFETを使う必要があります。原則として、最大負荷電流で動作しているときに目的のV<sub>DS</sub>と消費電力が得られるように、R<sub>DS(ON)</sub>が十分に低いMOSFETを選択します。

### バッテリーなしの状態での動作

LTC4162はバッテリー検出機能を備えています。本デバイスのスイッチング・レギュレータは、バッテリーが接続されていない場合、通常は起動しません。しかし、充電サイクルの最初にバッテリーが接続されており、その後取り外された場合、LTC4162はバッテリーなしで動作します。通常、BATSENS+ピンは、設定済みの定電圧レベルまで速やかに上がり、そこにとどまります。しかし、BATSENS+ノードのインピーダンスがスイッチング周波数において比較的強く保たれることが重要です。従って、10 $\mu$ F以上のセラミック・コンデンサをLTC4162の近くに配置する必要があります。BATSENS+ピンに負荷を接続しないと、tcvtimerがmax\_cv\_timeに達して、スイッチング・レギュレータはやがて終了することに注意します。

### リード線が長いバッテリーでの動作

LTC4162は通常、リード線が長いバッテリーでの動作に対して回復力があります。しかし、適切な耐圧の10 $\mu$ F以上のセラミック・コンデンサをLTC4162の近くに配置する必要があります。バッテリーの全ての寄生抵抗(長いケーブル等)は

## アプリケーション情報

LTC4162をより早く定電圧充電に移行させ、充電時間を極端に長くすることに注意します。可能な場合、インダクタの経路を流れる電流のケルビン接続と独立したケルビン接続でBATSENS+ピンをバッテリー端子に接続します。大容量の負荷コンデンサは、この接続のインダクタ側に配置します。BATSENS+側ではありません。更に小容量のセラミック・コンデンサをBATSENS+ピンに追加することもできます(LTC4162に近付けます)。寄生抵抗を低減し充電時間を最適化するため、バッテリーの低圧側からLTC4162のGND(パドル)への幅広の銅配線も必要です。

### 抵抗性入力とテスト機器

実験室で、直列の電流計を使ってLTC4162を評価する際は注意を払う必要があります。多くの計器の内蔵電流検出抵抗とヒューズの合成抵抗は、 $0.5\Omega$ 以上になることがあります。3A以上の電流では、計器と配線で数ボルト電圧降下することがあり、場合によっては電圧の異常な読み値またはスイッチの不自然に高いデューティ・サイクルの原因になります。入力電源への接続抵抗は、特に問題になる可能性があります。低電圧制限機能を有効にしている場合、 $V_{IN}$ が設定値より下がらないように、スイッチング・レギュレータの出力電力は自動的に下がります。この機能は、(細い配線、コネクタ、テスト機器からの)抵抗性入力電源に対する許容値を大幅に改善し、安定した挙動を容易にします。しかしこの機能を使った場合、バッテリーに供給される電力が大幅に少なくなることがあります。

### 太陽光パネルの入力インピーダンスの補正

最大電力点追従アルゴリズムは、LTC4162の入力電圧レギュレーション制御ループを使って太陽光パネルの最大電力点を検出し、動作します。一般に太陽光パネルは、大まかに定電圧と定電流に相当する2つの異なる動作領域を持っています。パネルは、定電圧領域ではやや低いインピーダンスを示し、定電流領域では非常に高いインピーダンスを示します。図7に、明るく照らされた高品質の40W太陽光パネルから収集したI-V特性を示します。16V未満での非常に高いインピーダンスと16V超でのやや低いインピーダンスに注意します。

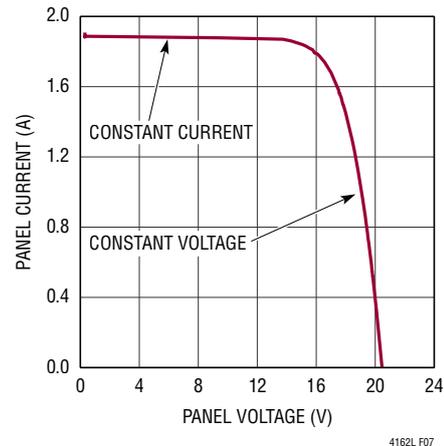


図7. 高品質40W太陽光パネル

駆動インピーダンスが数オーム以下の場合、LTC4162の入力電圧レギュレーション・ループは非常に安定しています。しかし、最大電力点を検出しようと試みる際に、LTC4162はパネル電圧を定電流高インピーダンス領域に引き下げます。この領域では、LTC4162の入力電圧制御ループは不安定になります。不安定性とUVLO再起動を回避するため、LTC4162の実際の入力インピーダンスは1kHz~10kHzの帯域で約 $2.5\Omega$ に維持する必要があります。この特性を実現するため、太陽光パネルにR-C回路網を追加する必要があります。例えば、低コストの $100\mu\text{F}$ ~ $1000\mu\text{F}$ のコンデンサと $2.5\Omega$ の直列抵抗は良好なインピーダンス補正回路網を構成します(図8参照)。

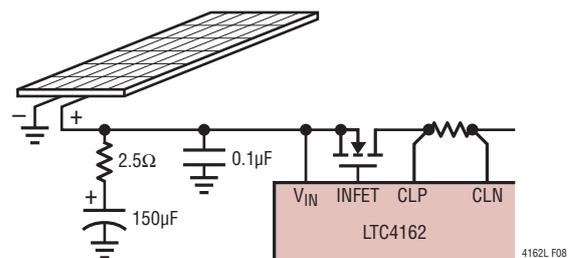


図8. 入力インピーダンス補償回路網

図9に、 $10\mu\text{F}$ の $V_{OUT}$ バイパス・コンデンサと組み合わせた太陽光パネルが示す、低インピーダンスと高インピーダンスの両方の領域の駆動インピーダンスを示します。低インピーダンス領域では、総合インピーダンス特性は $10\mu\text{F}$ のコンデンサと約 $1\Omega$ ~ $3\Omega$ の抵抗の並列接続に相当します。問題が多い定電流領域も示します。ここでのインピーダンスは本質的

## アプリケーション情報

に単に  $10\mu\text{F}$  のバイパス・コンデンサのインピーダンスになります。その他に示す2つの回路網は、インピーダンスの平坦化と位相シフトの緩和のために、 $2.5\Omega$  の抵抗と直列に接続したより大きなコンデンサ ( $100\mu\text{F}$  と  $1000\mu\text{F}$ ) から成ります。補償コンデンサは、温度に対して安定な ESR を保つために固体または「ポリマー」電解タイプ (例: Panasonic ZA ハイブリッド・シリーズ) とします。従来型の「湿式」電解コンデンサは、低温で ESR が急増するため避けます。補償コンデンサの容量値が大きいほどインピーダンスが平坦な周波数レンジが広くなり、それに伴い動作が安定します。

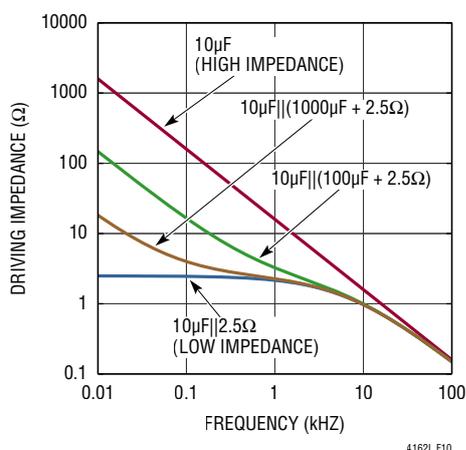


図9. 総合入力インピーダンスと周波数の関係

## USB Power Delivery

1~4セルのリチウムイオン製品向けに、LTC4162はUSB Power Delivery仕様をサポートできます。表7に、セル数 (cell\_count) とUSBプロファイルに関する適合性を示します。

表7. セル数のサポートとUSB Power Deliveryプロファイル

USB PD Voltage	1 Cell Product	2 Cell Product	3 Cell Product	4 Cell Product
5V	✓	✗	✗	✗
9V	✓	✓	✗	✗
15V	✓	✓	✓	✗
20V	✓	✓	✓	✓

## バッテリー電圧と入力電圧のホット・プラグ

アルミニウム・ポリマー・コンデンサ、アルミニウム・電解コンデンサ、タンタル・コンデンサのいずれかを使うと、バッテリーまたは電源コネクタのホット・プラグの際のオーバーシュートを最小限に抑えることができます。非常に高い周波数のスイッチング電流を供給するため、セラミック・コンデンサはLTC4162のV<sub>OUT</sub>ピンに近付ける必要があります。しかし、セラミック・コンデンサの極端な非線形性は、過剰に高いオーバーシュートをホット・プラグ中に発生させます。セラミック・コンデンサの容量は、電圧が0Vから定格電圧まで増加するにつれて通常80%以上急落します。この非線形性は、電圧が上がるにつれて容量を急激に減らす一方で、低電圧での大電流を助長します。この危険な組み合わせが高電圧のオーバーシュートをもたらします。経験的に、LTC4162の近くに配置したセラミック・コンデンサと、低Qで電圧に対して安定したアルミニウム・タイプのコンデンサは最も堅牢な組み合わせです。携帯機器の入力コネクタまたはバッテリー・コネクタにTVSダイオードを接続して電圧オーバーシュートを制限することもできます。PowerPath MOSFETがV<sub>OUT</sub>ノードにダイオード-OR接続しているため、V<sub>OUT</sub>端子に1つの保護素子 (損失が大きいコンデンサまたはTVS) を追加するだけでバッテリーまたは入力コネクタからのホット・プラグ・イベントに十分対処できます。太陽光パネル・アプリケーションでは、太陽光パネルの補償回路網が、入力端子の適切なホット・プラグ保護を提供する場合があります。実例については、アプリケーション・ノートAN88を参照してください。

## プリント基板レイアウトに関する検討事項

LTC4162の裏面の露出パッドは、プリント基板のグラウンドに確実にハンダ付けする必要があります。露出パッドは、アナログ・グラウンド・ピンおよび熱シンクとして機能しますがグラウンドに接続した裏面の下に複数のビアを配置し、内層の連続したグラウンド・プレーンに直接接続する必要があります。

高周波電流は、基板上面の入力経路の直下の鏡像復路に沿ってグラウンド・プレーン上を流れる傾向があります。グラウンド・プレーンにその層の別のトレースによるスリットやカットがあると、電流はスリットの周辺に沿って流れるように強制されます。高周波電流が自然な最小面積の経路を流ることができないと、過度の電圧が発生して放射エ

## アプリケーション情報

ミッションが起こります(図10参照)。寄生インダクタンスを最小限にするため、グラウンド・プレーンはプリント基板の最上層にできるだけ近づける(第2層に配置する)必要があります。

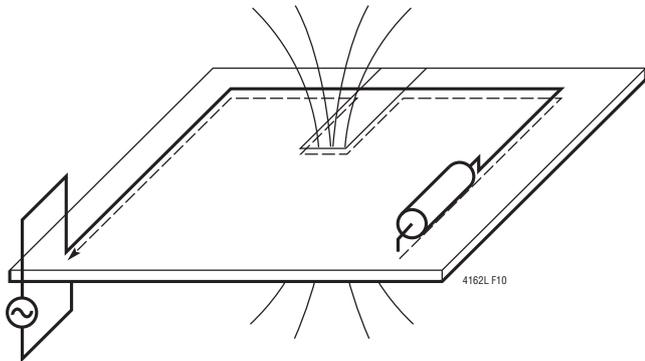


図10. 自然な最小面積経路に従おうとする電流。グラウンド・プレーンに切れ目があるとインピーダンスとEMIが増大します。

$V_{OUT}$ からPGNDへのコンデンサは最も重要な高周波部品です。このコンデンサをLTC4162に近接させることは、他の全てに優先する必要があります。LTC4162は、このコンデンサをパッケージの短辺側に直接隣接して配置するように設計されており、プリント基板の最上層の銅パターンでピン(27、28)とピン(23、24)に接続できます(図12、13参照)。SWへのインダクタの接続は、入力コンデンサ端子の間を通すか、複数のビアを使ってLTC4162のすぐ近くで下層に落とす必要があります。

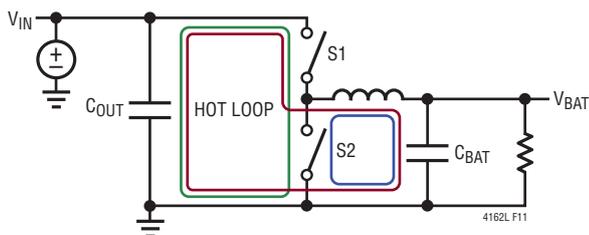


図11. ホット・ループ

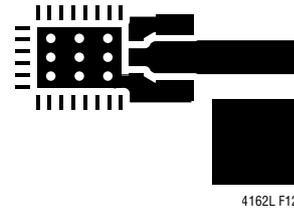


図12.  $V_{OUT}$  バイパス・コンデンサおよびインダクタの推奨配置

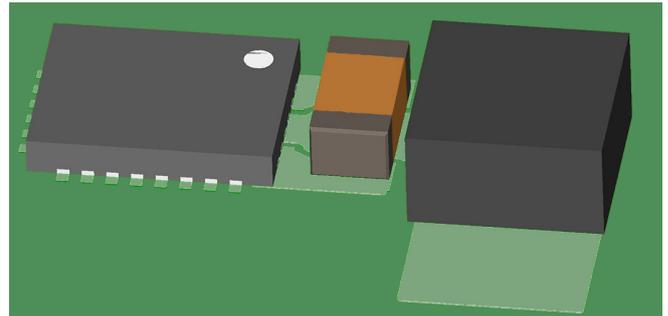


図13.  $V_{OUT}$  バイパス・コンデンサおよびインダクタの推奨配置

LTC4162の高周波スイッチング回路に起因して、BOOST-SWコンデンサと同様にINTV<sub>CC</sub>とVCC2P5 LDOのコンデンサをLTC4162にできるだけ近づけることも必須です。また、SWピンの配線面積を最小限に抑えることは高周波放射エネルギーを最小化するのに役立ちます。

BATSENS+のセラミック・コンデンサは、インダクタのリップル電流をバイパスします。 $V_{OUT}$ バイパス・コンデンサほど重要ではありませんが、このコンデンサの低電圧側からLTC4162のPGNDピン(23、24)およびアナログ・グラウンド・ピン(パドル)へ切れ目のない銅のベタ・パターンで接続すると、出力電圧リップルが低減し確実に適切なレギュレーションが得られます。

LTC4162のデモ・ボードDC2038Aは、適切なプリント基板レイアウトの優れた例です。

## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
vbat_lo_alert_limit	0x01	R/W	[15:0]	0	セル当たりバッテリー電圧範囲外に基づく割り込みをトリガするのに使える下限値を設定する符号付き数。この値は、 $\text{cell\_count} \times 192.4\mu\text{V}/\text{LSB}$ の倍率を持つA/D値vbatに基づいています。セル当たりのビット数を計算するには、目的のトリガ電圧をcell_countと192.4 $\mu\text{V}$ の両方で除算します。このアラートはen_vbat_lo_alertを設定することで有効になり、vbat_lo_alertで読出しおよびクリアができます。
vbat_hi_alert_limit	0x02	R/W	[15:0]	0	セル当たりバッテリー電圧範囲外に基づく割り込みをトリガするのに使える上限値を設定する符号付き数。この値は、 $\text{cell\_count} \times 192.4\mu\text{V}/\text{LSB}$ の倍率を持つA/D値vbatに基づいています。セル当たりのビット数を計算するには、目的のトリガ電圧をcell_countと192.4 $\mu\text{V}$ の両方で除算します。このアラートはen_vbat_hi_alertを設定することで有効になり、vbat_hi_alertで読出しおよびクリアができます。
vin_lo_alert_limit	0x03	R/W	[15:0]	0	入力電圧範囲外に基づく割り込みをトリガするのに使える下限値を設定する符号付き数。この値は、1.649mV/LSBの倍率を持つA/D値vinに基づいています。このアラートはen_vin_lo_alertを設定することで有効になり、vin_lo_alertで読出しおよびクリアができます。
vin_hi_alert_limit	0x04	R/W	[15:0]	0	入力電圧範囲外に基づく割り込みをトリガするのに使える上限値を設定する符号付き数。この値は、1.649mV/LSBの倍率を持つA/D値vinに基づいています。このアラートはen_vin_hi_alertを設定することで有効になり、vin_hi_alertで読出しおよびクリアができます。
vout_lo_alert_limit	0x05	R/W	[15:0]	0	出力電圧(vout)範囲外に基づく割り込みをトリガするのに使える下限値を設定する符号付き数。この値は、1.653mV/LSBの倍率を持つA/D値voutに基づいています。このアラートはen_vout_lo_alertを設定することで有効になり、vout_lo_alertで読出しおよびクリアができます。
vout_hi_alert_limit	0x06	R/W	[15:0]	0	出力電圧(vout)範囲外に基づく割り込みをトリガするのに使える上限値を設定する符号付き数。この値は、1.653mV/LSBの倍率を持つA/D値voutに基づいています。このアラートはen_vout_hi_alertを設定することで有効になり、vout_hi_alertで読出しおよびクリアができます。
iin_hi_alert_limit	0x07	R/W	[15:0]	0	入力電流範囲外に基づく割り込みをトリガするのに使える上限値を設定する符号付き数。この値は、1.466 $\mu\text{V}/\text{RSNSI}$ (アンペア/LSB)の倍率を持つA/D値iinに基づいています。このアラートはen_iin_hi_alertを設定することで有効になり、iin_hi_alertで読出しおよびクリアができます。
ibat_lo_alert_limit	0x08	R/W	[15:0]	0	充電の定電圧フェーズ中等に充電電流が特定の値より下がったこと、または充電中以外に負荷電流が特定の限界値を超えたことに基づく割り込みをトリガするのに使える下限値を設定する符号付き数。チャージャが動作しておらず、かつforce_telemetry_onでテレメトリが有効にされている場合、この限界値はバッテリーの電流が特定の値を超えたことを示します。入力電圧がバッテリー電圧を上回るとテレメトリは自動的に有効になり、その場合、放電電流はほぼゼロになります。ibat値は充電の場合は正、放電の場合は負であるため、リミット・アラートが目的とするモードに応じてこのレジスタの極性を設定する必要があります。この値は、1.466 $\mu\text{V}/\text{RSNSB}$ (アンペア/LSB)の倍率を持つA/D値ibatに基づいています。このアラートはen_ibat_lo_alertを設定することで有効になり、ibat_lo_alertで読出しおよびクリアができます。
die_temp_hi_alert_limit	0x09	R/W	[15:0]	0	高ダイ温度に基づく割り込みをトリガするのに使える上限値を設定する符号付き数。ダイ温度の値(°C)はA/Dの読み値(die_temp)から次のように計算できます。 $\text{TDIE}(\text{°C}) = \text{die\_temp} \times 0.0215\text{°C}/\text{LSB} - 264.4\text{°C}$ 。このアラートはen_die_temp_hi_alertを設定することで有効になり、die_temp_hi_alertで読出しおよびクリアができます。
bsr_hi_alert_limit	0x0A	R/W	[15:0]	0	高バッテリー抵抗に基づく割り込みをトリガするのに使える上限値を設定します。セル当たりのバッテリー抵抗は、バッテリー充電電流設定抵抗(RSNSB)に関連しており、 $\text{BSR} = \text{cell\_count} \times \text{bsr} \times \text{RSNSB} / 500$ で計算できます(単位は $\Omega$ )。このアラートはen_bsr_hi_alertを設定することで有効になり、bsr_hi_alertで読出しおよびクリアができます。

## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
thermistor_voltage_hi_alert_limit	0x0B	R/W	[15:0]	0	サーミスタ値範囲外に基づく割り込みをトリガするのに使える上限値を設定する符号付き数。この値は <code>thermistor_voltage</code> の A/D 値に基づいています。このサーミスタ値 (RNTC) は、 $RNTC = RNTCBIAS \times (21829 - \text{thermistor\_voltage}) / \text{thermistor\_voltage}$ で計算できます。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、温度が上がるとサーミスタ電圧 ( <code>thermistor_voltage</code> ) の読み値が下がる (逆も同じ) ことに注意します。このアラートは <code>en_thermistor_voltage_hi_alert</code> を設定することで有効になり、 <code>thermistor_voltage_hi_alert</code> で読出しおよびクリアができます。
thermistor_voltage_lo_alert_limit	0x0C	R/W	[15:0]	0	サーミスタ値範囲外に基づく割り込みをトリガするのに使える下限値を設定する符号付き数。この値は <code>thermistor_voltage</code> の A/D 値に基づいています。このサーミスタ値 (RNTC) は、 $RNTC = RNTCBIAS \times (21829 - \text{thermistor\_voltage}) / \text{thermistor\_voltage}$ で計算できます。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、温度が上がるとサーミスタ電圧 ( <code>thermistor_voltage</code> ) の読み値が下がる (逆も同じ) ことに注意します。このアラートは <code>en_thermistor_voltage_lo_alert</code> を設定することで有効になり、 <code>thermistor_voltage_lo_alert</code> で読出しおよびクリアができます。
EN_LIMIT_ALERTS_REG	0x0D	R/W	[15:0]	0	SMBALERT による限界値の監視とアラート通知を有効にします。
en_telemetry_valid_alert			[15]	0	高い測定精度を確保するため、LTC4162 のテレメトリ・システムは公称約 12ms で起動します。この割り込み要求を設定すると、テレメトリ・システムの読み値が有効になったことを <code>telemetry_valid</code> が示した時に、 <code>telemetry_valid_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートします。本スイッチング・バッテリー・チャージャは、この設定にかかわらずウォーミングアップ期間が経過するまで動作しないことに注意します。
en_bsr_done_alert			[14]	0	バッテリー直列抵抗 ( <code>bsr</code> ) 測定が終了した時に、 <code>bsr_done_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_vbat_lo_alert			[11]	0	バッテリー電圧 ( <code>vbat</code> ) が <code>vbat_lo_alert_limit</code> を下回った時に、 <code>vbat_lo_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_vbat_hi_alert			[10]	0	バッテリー電圧 ( <code>vbat</code> ) が <code>vbat_hi_alert_limit</code> を上回った時に、 <code>vbat_hi_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_vin_lo_alert			[9]	0	入力電圧 ( <code>vin</code> ) が <code>vin_lo_alert_limit</code> を下回った時に、 <code>vin_lo_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_vin_hi_alert			[8]	0	入力電圧 ( <code>vin</code> ) が <code>vin_hi_alert_limit</code> を上回った時に、 <code>vin_hi_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_vout_lo_alert			[7]	0	出力電圧 ( <code>vout</code> ) が <code>vout_lo_alert_limit</code> を下回った時に、 <code>vout_lo_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_vout_hi_alert			[6]	0	出力電圧 ( <code>vout</code> ) が <code>vout_hi_alert_limit</code> を上回った時に、 <code>vout_hi_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_iin_hi_alert			[5]	0	入力電流 ( <code>iin</code> ) が <code>iin_hi_alert_limit</code> を上回った時に、 <code>iin_hi_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_ibat_lo_alert			[4]	0	バッテリー電流 ( <code>ibat</code> ) が <code>ibat_lo_alert_limit</code> を下回った時に、 <code>ibat_lo_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_die_temp_hi_alert			[3]	0	ダイ温度 ( <code>die_temp</code> ) が <code>die_temp_hi_alert_limit</code> を上回った時に、 <code>die_temp_hi_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_bsr_hi_alert			[2]	0	バッテリー直列抵抗 ( <code>bsr</code> ) が <code>bsr_hi_alert_limit</code> を上回った時に、 <code>bsr_hi_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_thermistor_voltage_hi_alert			[1]	0	サーミスタ電圧 ( <code>thermistor_voltage</code> ) が <code>thermistor_voltage_hi_alert_limit</code> を上回った時に、 <code>thermistor_voltage_hi_alert</code> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、温度が下がるとサーミスタ電圧 ( <code>thermistor_voltage</code> ) の読み値が上がることになります。

## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
en_thermistor_voltage_lo_alert			[0]	0	サーミスタ電圧 ( <a href="#">thermistor_voltage</a> ) が <a href="#">thermistor_voltage_lo_alert_limit</a> を下回った時に、 <a href="#">thermistor_voltage_lo_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、温度が上がるとサーミスタ電圧 ( <a href="#">thermistor_voltage</a> ) の読み値が下がることに注意します。
<b>EN_CHARGER_STATE_ALERTS_REG</b>	0x0E	R/W	[12:0]	0	SMBALERT によるチャージャ・ステート通知を有効にします。
en_bat_detect_failed_fault_alert			[12]	0	バッテリー検出テスト中にバッテリーに電力を供給できないこと (通常 <a href="#">iin_limit_active</a> と <a href="#">vin_uvcl_active</a> のどちらかが原因です) に起因して、 <a href="#">bat_detect_failed_fault</a> が示される時に <a href="#">bat_detect_failed_fault_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_battery_detection_alert			[11]	0	LTC4162 がバッテリー検出テストに入ったことに起因して、 <a href="#">battery_detection</a> が示される時に <a href="#">battery_detection_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_charger_suspended_alert			[8]	0	充電が一時的に中断されたこと ( <a href="#">suspend_charger</a> ) またはサーミスタ電圧 ( <a href="#">thermistor_voltage</a> ) が <a href="#">jeita_t1</a> ~ <a href="#">jeita_t6</a> の範囲外になったことに起因してバッテリー充電が終了することが、 <a href="#">charger_suspended</a> で示される時に <a href="#">charger_suspended_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_precharge_alert			[7]	0	バッテリー充電サイクルのプリチャージ ( <a href="#">precharge</a> ) フェーズの開始が <a href="#">precharge</a> で示される時に <a href="#">precharge_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_cc_cv_charge_alert			[6]	0	バッテリー充電サイクルの定電流/定電圧フェーズの開始を ( <a href="#">cc_cv_charge</a> ) で示される時に <a href="#">cc_cv_charge_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_ntc_pause_alert			[5]	0	サーミスタ電圧 ( <a href="#">thermistor_voltage</a> ) が <a href="#">jeita_t1</a> ~ <a href="#">jeita_t6</a> の設定値の範囲外になったことに起因してバッテリー充電サイクルが割り込まれることが、 <a href="#">ntc_pause</a> で示される時に <a href="#">ntc_pause_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_timer_term_alert			[4]	0	定電圧タイマー ( <a href="#">tcvtimer</a> ) が <a href="#">max_cv_time</a> (定電圧 ( <a href="#">constant_voltage</a> ) モードで許された最大時間) に達したことに起因してバッテリー充電サイクルが終了することが、 <a href="#">timer_term</a> で示される時に <a href="#">timer_term_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_c_over_x_term_alert			[3]	0	バッテリー電流 ( <a href="#">ibat</a> ) が <a href="#">c_over_x_threshold</a> を下回ったことに起因してバッテリー充電サイクルが終了することが、 <a href="#">c_over_x_term</a> で示される時に <a href="#">c_over_x_term_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_max_charge_time_alert			[2]	0	<a href="#">tchargetimer</a> が <a href="#">max_charge_time</a> に達したことに起因してバッテリー充電サイクルが終了することが、 <a href="#">max_charge_time_fault</a> で示される時に <a href="#">max_charge_time_fault_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_bat_missing_fault_alert			[1]	0	充電サイクルの最初のバッテリー接続検出フェーズ中にバッテリーなしが検出された場合、充電が禁止されることが <a href="#">bat_missing_fault</a> で示される時に <a href="#">bat_missing_fault_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_bat_short_fault_alert			[0]	0	充電サイクルの最初のバッテリー接続検出フェーズ中にバッテリーの短絡が検出された場合、充電が禁止されることが <a href="#">bat_short_fault</a> で示される時に <a href="#">bat_short_fault_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
<b>EN_CHARGE_STATUS_ALERTS_REG</b>	0x0F	R/W	[5:0]	0	SMBALERT による充電ステータス通知を有効にします。
en_ilim_reg_active_alert			[5]	0	VCSP-VCSN が 45mV を上回ると ( <a href="#">ilim_reg_active</a> )、 <a href="#">ilim_reg_active_alert</a> を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。スイッチング・レギュレータが安全な電流制限に基づいて電力供給を制御していることを示すことができます。これは通常の条件では発生せず、回路基板の故障時に発生すると推定されます。また、スイッチング・レギュレータがドロップアウト中 (約 100% のデューティ・サイクル) であり、どの帰還制御ループでも調整していないことを示します。

## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
en_thermal_reg_active_alert			[4]	0	thermal_reg_active が真 (icharge_dac を小さな値に設定して内部ダイ発熱を減少させることを示します) になった時に、thermal_reg_active_alert を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_vin_uvcl_active_alert			[3]	0	vin_uvcl_active が真 (低電圧レギュレーション・ループがスイッチング・レギュレータを制御していることを示します) になった時に、vin_uvcl_active_alert を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_iin_limit_active_alert			[2]	0	iin_limit_active が真 (入力電流レギュレーション・ループがスイッチング・レギュレータを制御していることを示します) になった時に、iin_limit_active_alert を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_constant_current_alert			[1]	0	constant_current が真 (バッテリー・チャージャの定電流レギュレーション・ループがスイッチング・レギュレータを制御していることを示します) になった時に、constant_current_alert を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
en_constant_voltage_alert			[0]	0	constant_voltage が真 (バッテリー・チャージャの定電圧レギュレーション・ループがスイッチング・レギュレータを制御していることを示します) になった時に、constant_voltage_alert を生成すると同時に SMBALERT をアサートする割り込み要求。
thermal_reg_start_temp	0x10	R/W	[15:0]	17897	温度レギュレーションの温度領域の開始温度を設定する符号付き数。過熱を防止するため、ダイ温度 (die_temp) を利用した温度レギュレーション帰還ループは thermal_reg_start_temp と thermal_reg_end_temp の間のフルスケール (31) から最小スケール (0) までの線形勾配に従って icharge_dac の上限値を設定します。デフォルト値の 17897 は 120°C に対応します。
thermal_reg_end_temp	0x11	R/W	[15:0]	18130	温度レギュレーションの温度領域の終了温度を設定する符号付き数。過熱を防止するため、ダイ温度 (die_temp) を利用した温度レギュレーション帰還ループは thermal_reg_start_temp と thermal_reg_end_temp の間のフルスケール (31) から最小スケール (0) までの線形勾配に従って icharge_dac の上限値を設定します。デフォルト値の 18130 は 125°C に対応します。
CONFIG_BITS_REG	0x14	R/W	[5:1]	0	システム構成の設定値
suspend_charger			[5]	0	バッテリー充電を一時的に停止 (サスペンド) させます。この設定は、注意して使う必要があります。2線式インターフェース通信が最小バッテリー電圧に依存している組込みバッテリー・システムでは、このビットをセットするとデッドロックに陥る可能性があります。デッドロックに陥ると、復帰させるために工場によるサービスが必要な場合があります。
run_bsr			[4]	0	充電サイクル開始直後に、または充電サイクルが既に実行している場合は即座に、バッテリーの等価直列抵抗 (bsr) 測定を実行させます。
telemetry_speed			[3]	0	テレメトリ・システムがオンの時は常に、約 11ms に 1 回の高い頻度でテレメトリ・システムに測定を実行させます。このビットが 0 の場合、非充電時の電力を減らすためテレメトリ・システムは約 5 秒に 1 回に遅くなります。入力電力がない状態で、force_telemetry_on と共に telemetry_speed を tel_high_speed に設定するとバッテリー・ドレイン電流が増加します。 Enums: tel_high_speed = 1, tel_low_speed = 0
force_telemetry_on			[2]	0	バッテリーの電力のみが利用できる場合を含め、テレメトリ・システムを常に動作させます。
mppt_en			[1]	0	最大電力点追従アルゴリズムを実行させます。最大電力点アルゴリズムは、input_undervoltage_dac を使って入力低電圧レギュレーション制御ループを制御し、抵抗性電源 (例: 長いケーブル、太陽光パネル) の最適電力点を探します。
iin_limit_target	0x15	R/W	[5:0]	63	目標の入力電流制限設定値を制御します。入力電流は、CLP ピンと CLN ピンの間の外付け電流検出抵抗 (RSNSI) の両端の電圧に応じて充電電流を調整することで制限され、(iin_limit_target + 1) × 500μV / RSNSI で与えられます。LTC4162 はこの設定値に基づいて充電電流のみを設定できることに注意します。本デバイスは、システム負荷に直接流れ込む電流を阻止する機能は持っていません。しかし、システム負荷をバッテリーに接続することで総入力電流を制御できます。

## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
<b>input_undervoltage_setting</b>	0x16	R/W	[7:0]	31	入力低電圧レギュレーション設定値を制御します。レギュレーション電圧 ( $\text{input\_undervoltage\_setting} + 1) \times 140.625\text{mV}$ ) とは、抵抗性電源に起因して電源電圧がこれ以上垂れ下がることを防ぐために充電電流が減少し始める電圧です。 <code>mppt_en</code> が設定されている場合、MPPT アルゴリズムはこの設定値に優先します。実際の入力低電圧値は <code>input_undervoltage_dac</code> から読み出すことができます。
<b>arm_ship_mode</b>	0x19	R/W	[15:0]	0	このレジスタを <code>arm</code> に設定すると、超低消費電力のシップ・モードおよび保管モードが使えるようになります。シップ・モードは VIN ピンが約 1V を下回るまで実行されません。VIN が既に 1V を下回っている場合は即座に実行されます。 Enum: <code>arm</code> = 21325
<b>charge_current_setting</b>	0x1A	R/W	[4:0]	31	目標の充電電流レギュレーション・サーボ・レベルを制御します。充電電流は、CSP ピンと CSN ピンの間の外付け電流検出抵抗 (RSNSB) の両端の電圧をサーボ制御することで調整されます。このサーボ電圧は ( $\text{charge\_current\_setting} + 1) \times 1\text{mV}$ で与えられます。実効的な充電電流は外付け抵抗 (RSNSB) で決まり、 ( $\text{charge\_current\_setting} + 1) \times 1\text{mV} / \text{RSNSB}$ で与えられます。 <code>thermal_reg_active</code> が真でない限り、または JEITA アルゴリズム ( <code>en_jeita</code> = 1 の場合) がそれを変更していない限り、 <code>icharge_dac</code> は <code>charge_current_setting</code> に従います。
<b>vcharge_setting</b>	0x1B	R/W	[4:0]	31	最終的な充電電圧レギュレーション・サーボ・レベルを制御します。元々備わっている過充電保護機能を維持するため、リチウムイオンに適した充電電圧値のみを選択できます。充電電圧設定値は $\text{cell\_count} \times (\text{vcharge\_setting} \times 12.5\text{mV} + 3.8125\text{V})$ から計算できます。ここで、 <code>vcharge_setting</code> は 0~31 のいずれかの値を取ります (最大 4.2V)。 <code>vcharge_dac</code> は、高度な JEITA 温度制御システム ( <code>en_jeita</code> = 1 の場合) がそれを変更していない限り、 <code>vcharge_setting</code> に従います。 Enum: <code>vcharge_lion_default</code> = 31
<b>c_over_x_threshold</b>	0x1C	R/W	[15:0]	2184	C/x の検出と終了の評価に使える <code>ibat</code> の A/D 値を設定する符号付き数。C/x レベルは、 $1.466\mu\text{V}/\text{RSNSB}$ (アンペア/LSB) の倍率を持つバッテリー電流 ( <code>ibat</code> ) の値に基づいています。例えば、C/x レベルを C/10 (非常に一般的な選択です) にするには <code>c_over_x_threshold</code> を <code>c_over_10</code> ( <code>ibat</code> の最大の読み値の 10%、 $32\text{mV} \times 37.5 \times 18,191 / 10$ ) に設定します。32mV は CSP と CSN の間のフルスケールの充電電流に対応する信号電圧、37.5 は内蔵充電アンプのゲイン、18,191 は ADC のスパン項 (1 ポルト当たりのカウント数) です。 Enum: <code>c_over_10</code> = 2184
<b>max_cv_time</b>	0x1D	R/W	[15:0]	14400	終了安全タイマー ( <code>tcvtimer</code> ) と比較される定電圧終了設定値を設定します。このタイマーは、充電の定電圧 ( <code>constant_voltage</code> ) フェーズの最初に開始し、1秒あたり1カウントずつインクリメントします。デフォルト設定値は 14,400 秒 (4 時間) です。 Enums: <code>30mins</code> = 1800, <code>1hour</code> = 3600, <code>2hours</code> = 7200, <code>4hours_default</code> = 14400
<b>max_charge_time</b>	0x1E	R/W	[15:0]	0	<code>tcharge_timer</code> と比較される総充電時間終了設定値を設定します。デフォルト値 (0) では、総充電時間機能は無効になり、 <code>tcharge_timer</code> は実行されません。 <code>tcharge_timer</code> は 0 以外の値で有効になると、充電サイクルの最初にカウントを開始し、1分あたり1カウントずつインクリメントします。 Enum: <code>maxcharge_time_disable</code> = 0
<b>jeita_t1</b>	0x1F	R/W	[15:0]	16117	JEITA の領域 R1 と領域 R2 の間の温度領域遷移温度 T1 を設定する符号付き数。この温度はテレメトリ・システムのサーミスタ読み値 $\text{RNTC} = \text{RNTCBIAS} \times (21829 - \text{thermistor\_voltage}) / \text{thermistor\_voltage}$ に基づいています。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、低温を表す <code>jeita_t1</code> は最大値を持ち、高温を表す <code>jeita_t6</code> は最小値を持つことに注意します。想定するサーミスタの $\beta$ 値が 3490K の場合、デフォルト値 16117 は約 0°C に対応します。
<b>jeita_t2</b>	0x20	R/W	[15:0]	14113	JEITA の領域 R2 と領域 R3 の間の温度領域遷移温度 T2 を設定する符号付き数。この温度はテレメトリ・システムのサーミスタ読み値 $\text{RNTC} = \text{RNTCBIAS} \times (21829 - \text{thermistor\_voltage}) / \text{thermistor\_voltage}$ に基づいています。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、低温を表す <code>jeita_t1</code> は最大値を持ち、高温を表す <code>jeita_t6</code> は最小値を持つことに注意します。想定するサーミスタの $\beta$ 値が 3490K の場合、デフォルト値 14113 は約 10°C に対応します。

## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
jeita_t3	0x21	R/W	[15:0]	7970	JEITAの領域R3と領域R4の間の温度領域遷移温度T3を設定する符号付き数。この温度はテレメトリ・システムのサーミスタ読み値 $RNTC = RNTCBIAS \times (21829 - thermistor\_voltage) / thermistor\_voltage$ に基づいています。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、低温を表す jeita_t1 は最大値を持ち、高温を表す jeita_t6 は最小値を持つことに注意します。想定するサーミスタのβ値が3490Kの場合、デフォルト値7970は約40°Cに対応します。
jeita_t4	0x22	R/W	[15:0]	7112	JEITAの領域R3と領域R4の間の温度領域遷移温度T4を設定する符号付き数。この温度はテレメトリ・システムのサーミスタ読み値 $RNTC = RNTCBIAS \times (21829 - thermistor\_voltage) / thermistor\_voltage$ に基づいています。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、低温を表す jeita_t1 は最大値を持ち、高温を表す jeita_t6 は最小値を持つことに注意します。想定するサーミスタのβ値が3490Kの場合、デフォルト値7112は約45°Cに対応します。
jeita_t5	0x23	R/W	[15:0]	6325	JEITAの領域R5と領域R6の間の温度領域遷移温度T5を設定する符号付き数。この温度はテレメトリ・システムのサーミスタ読み値 $RNTC = RNTCBIAS \times (21829 - thermistor\_voltage) / thermistor\_voltage$ に基づいています。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、低温を表す jeita_t1 は最大値を持ち、高温を表す jeita_t6 は最小値を持つことに注意します。想定するサーミスタのβ値が3490Kの場合、デフォルト値6325は約50°Cに対応します。
jeita_t6	0x24	R/W	[15:0]	4970	JEITAの領域R6と領域R7の間の温度領域遷移温度T6を設定する符号付き数。この温度はテレメトリ・システムのサーミスタ読み値 $RNTC = RNTCBIAS \times (21829 - thermistor\_voltage) / thermistor\_voltage$ に基づいています。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、低温を表す jeita_t1 は最大値を持ち、高温を表す jeita_t6 は最小値を持つことに注意します。想定するサーミスタのβ値が3490Kの場合、デフォルト値4970は約60°Cに対応します。
VCHARGE_JEITA_6_5_REG	0x25	R/W	[9:0]	631	JEITA温度領域jeita_t6およびjeita_t5の充電電圧設定値 (vcharge_setting) です。
vcharge_jeita_6			[9:5]	19	JEITA領域6 (JEITA温度制御式充電セクション参照) で使用する充電電圧を設定します。この値はvcharge_settingに対応し、 $vcharge\_jeita\_6 \times 12.5mV + 3.8125V$ を使って計算できます。デフォルト値の19は4.05Vに対応します。
vcharge_jeita_5			[4:0]	23	JEITA領域5 (JEITA温度制御式充電セクション参照) で使用する充電電圧を設定します。この値はvcharge_settingに対応し、 $vcharge\_jeita\_5 \times 12.5mV + 3.8125V$ を使って計算できます。デフォルト値の23は4.1Vに対応します。
VCHARGE_JEITA_4_3_2_REG	0x26	R/W	[14:0]	24575	JEITA温度領域jeita_t4、jeita_t3、jeita_t2の充電電圧設定値 (vcharge_setting) です。
vcharge_jeita_4			[14:10]	23	JEITA領域4 (JEITA温度制御式充電セクション参照) で使用する充電電圧を設定します。この値はvcharge_settingに対応し、 $vcharge\_jeita\_4 \times 12.5mV + 3.8125V$ を使って計算できます。デフォルト値の23は4.1Vに対応します。
vcharge_jeita_3			[9:5]	31	JEITA領域3 (JEITA温度制御式充電セクション参照) で使用する充電電圧を設定します。この値はvcharge_settingに対応し、 $vcharge\_jeita\_3 \times 12.5mV + 3.8125V$ を使って計算できます。デフォルト値の31は4.2Vに対応します。
vcharge_jeita_2			[4:0]	31	JEITA領域2 (JEITA温度制御式充電セクション参照) で使用する充電電圧を設定します。この値はvcharge_settingに対応し、 $vcharge\_jeita\_2 \times 12.5mV + 3.8125V$ を使って計算できます。デフォルト値の31は4.2Vに対応します。
ICHARGE_JEITA_6_5_REG	0x27	R/W	[9:0]	495	JEITA温度領域jeita_t6およびjeita_t5の充電電流設定値 (charge_current_setting) です。
icharge_jeita_6			[9:5]	15	JEITA領域6 (JEITA温度制御式充電セクション参照) で使用する充電電流を設定します。この値はcharge_current_settingに対応し、充電電流は $(icharge\_jeita\_6 + 1) \times 1mV / RSNSB$ を使って計算できます。デフォルト値の15は、ハーフ・スケール (C/2) であるVCSP-VCSNサーボ電圧16mVに対応します。
icharge_jeita_5			[4:0]	15	JEITA領域5 (JEITA温度制御式充電セクション参照) で使用する充電電流を設定します。この値はcharge_current_settingに対応し、充電電流は $(icharge\_jeita\_5 + 1) \times 1mV / RSNSB$ を使って計算できます。デフォルト値の15は、ハーフ・スケール (C/2) であるVCSP-VCSNサーボ電圧16mVに対応します。
ICHARGE_JEITA_4_3_2_REG	0x28	R/W	[14:0]	32751	JEITA温度領域jeita_t4、jeita_t3、jeita_t2の充電電流設定値 (charge_current_setting) です。

## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
icharge_jeita_4			[14:10]	31	JEITA領域4 (JEITA温度制御式充電セクション参照) で使用する充電電流を設定します。この値は <code>charge_current_setting</code> に対応し、充電電流は $(\text{icharge\_jeita\_4} + 1) \times 1\text{mV} / \text{RSNSB}$ を使って計算できます。デフォルト値の31は、フル・スケールである VCSP-VCSN サーボ電圧 32mV に対応します。
icharge_jeita_3			[9:5]	31	JEITA領域3 (JEITA温度制御式充電セクション参照) で使用する充電電流を設定します。この値は <code>charge_current_setting</code> に対応し、充電電流は $(\text{icharge\_jeita\_3} + 1) \times 1\text{mV} / \text{RSNSB}$ を使って計算できます。デフォルト値の31は、フル・スケールである VCSP-VCSN サーボ電圧 32mV に対応します。
icharge_jeita_2			[4:0]	15	JEITA領域2 (JEITA温度制御式充電セクション参照) で使用する充電電流を設定します。この値は <code>charge_current_setting</code> に対応し、充電電流は $(\text{icharge\_jeita\_2} + 1) \times 1\text{mV} / \text{RSNSB}$ を使って計算できます。デフォルト値の15は、ハーフ・スケール (C/2) である VCSP-VCSN サーボ電圧 16mV に対応します。
<b>CHARGER_CONFIG_BITS_REG</b>	0x29	R/W	[2:0]	1	バッテリー・チャージャ構成の設定値
en_c_over_x_term			[2]	0	定電圧 ( <code>constant_voltage</code> ) モードでバッテリー電流 ( <code>ibat</code> ) が <code>c_over_x_threshold</code> に低下することで実行される、充電電流に基づく (C/x) バッテリー・チャージャの終了処理を有効にします。
en_jeita			[0]	1	JEITA温度制御充電システムを有効にします。
tchargetimer	0x30	R	[15:0]	0	<code>max_charge_time</code> に0以外の値が書き込まれている場合、 <code>tchargetimer</code> は充電サイクルの開始からの経過時間 (分) になります。 <code>tchargetimer</code> が <code>max_charge_time</code> の値に達すると、LTC4162は充電を終了します。
tcvtimer	0x31	R	[15:0]	0	バッテリー・チャージャが充電の定電圧 ( <code>constant_voltage</code> ) フェーズに入ってから経過時間 (秒) です。この値が <code>max_cv_time</code> を超えると、充電は完了したと見なされ終了します。
charger_state	0x34	R	[12:0]	256	リアルタイムのバッテリー・チャージャ・ステート・インジケータ。各ビットは互いに排他的です。 Enums: <code>bat_detect_failed_fault</code> = 4096, <code>battery_detection</code> = 2048, <code>charger_suspended</code> = 256, <code>precharge</code> = 128, <code>cc_cv_charge</code> = 64, <code>ntc_pause</code> = 32, <code>timer_term</code> = 16, <code>c_over_x_term</code> = 8, <code>max_charge_time_fault</code> = 4, <code>bat_missing_fault</code> = 2, <code>bat_short_fault</code> = 1
charge_status	0x35	R	[5:0]	0	充電状態の表示。各ビットは互いに排他的であり、充電状態でのみ有効です。 Enums: <code>iilim_reg_active</code> = 32, <code>thermal_reg_active</code> = 16, <code>vin_uvcl_active</code> = 8, <code>iin_limit_active</code> = 4, <code>constant_current</code> = 2, <code>constant_voltage</code> = 1, <code>charger_off</code> = 0
LIMIT_ALERTS_REG	0x36	R	[15:0]	0	リミット・アラート・レジスタ。この入出力レジスタは、有効なアラートが発生したことを示します。各アラートは <code>EN_LIMIT_ALERTS_REG</code> で有効にできます。任意のビットに0を書き込むと、そのアラートがクリアされます。一度セットするとアラート・ビットはクリアされるまで、または無効にされるまで「ハイ」にとどまります。
telemetry_valid_alert			[15]	0	テレメトリ・システムのウォーミングアップ期間が経過し、有効なテレメトリ・データがシリアル・ポートから利用できることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <code>en_telemetry_valid_alert</code> をクリアすることでもクリアされます。

## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
bsr_done_alert			[14]	0	バッテリー等価直列抵抗測定が終了し、結果が <b>bsr</b> で利用できることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_bsr_done_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
vbat_lo_alert			[11]	0	<b>vbat_lo_alert_limit</b> で設定した値をバッテリー電圧 ( <b>vbat</b> ) が下回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_vbat_lo_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
vbat_hi_alert			[10]	0	<b>vbat_hi_alert_limit</b> で設定した値をバッテリー電圧 ( <b>vbat</b> ) が上回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_vbat_hi_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
vin_lo_alert			[9]	0	<b>vin_lo_alert_limit</b> で設定した値を入力電圧 ( <b>vin</b> ) が下回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_vin_lo_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
vin_hi_alert			[8]	0	<b>vin_hi_alert_limit</b> で設定した値を入力電圧 ( <b>vin</b> ) が上回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_vin_hi_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
vout_lo_alert			[7]	0	<b>vout_lo_alert_limit</b> で設定した値を出力電圧 ( <b>vout</b> ) が下回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_vout_lo_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
vout_hi_alert			[6]	0	<b>vout_hi_alert_limit</b> で設定した値を出力電圧 ( <b>vout</b> ) が上回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_vout_hi_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
iin_hi_alert			[5]	0	<b>iin_hi_alert_limit</b> で設定した値を入力電流 ( <b>iin</b> ) が上回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_iin_hi_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
ibat_lo_alert			[4]	0	<b>ibat_lo_alert_limit</b> で設定した値をバッテリー電流 ( <b>ibat</b> ) が下回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_ibat_lo_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
die_temp_hi_alert			[3]	0	<b>die_temp_hi_alert_limit</b> で設定した値をダイ温度 ( <b>die_temp</b> ) が上回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_die_temp_hi_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
bsr_hi_alert			[2]	0	<b>bsr_hi_alert_limit</b> で設定した値をバッテリー等価直列抵抗 ( <b>bsr</b> ) が上回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_bsr_hi_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
thermistor_voltage_hi_alert			[1]	0	<b>thermistor_voltage_hi_alert_limit</b> で設定した値をサーミスタ電圧 ( <b>thermistor_voltage</b> ) が上回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_thermistor_voltage_hi_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
thermistor_voltage_lo_alert			[0]	0	<b>thermistor_voltage_lo_alert_limit</b> で設定した値をサーミスタ電圧 ( <b>thermistor_voltage</b> ) が下回ったことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_thermistor_voltage_lo_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。

## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
CHARGER_STATE_ALERTS_REG	0x37	R	[12:0]	0	チャージャ・ステートが発生したことを示すアラート。各ビットはEN_CHARGER_STATE_ALERTS_REGで有効にできます。任意のビットに0を書き込み、残りのビットに1を書き込むとそのアラートがクリアされます。一度セットするとアラート・ビットはクリアされるまで、または無効にされるまで「ハイ」にとどまります。
bat_detect_failed_fault_alert			[12]	0	バッテリー検出に失敗したことを示すアラート (bat_detect_failed_fault) を示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、en_bat_detect_failed_fault_alertをクリアすることでもクリアされます。
battery_detection_alert			[11]	0	バッテリー・チャージャがバッテリー検出 (battery_detection) を実行中であることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、en_battery_detection_alertをクリアすることでもクリアされます。
charger_suspended_alert			[8]	0	バッテリー・チャージャがcharger_suspended状態にあることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、en_charger_suspended_alertをクリアすることでもクリアされます。
precharge_alert			[7]	0	バッテリー・チャージャがprechargeフェーズにあることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、en_precharge_alertをクリアすることでもクリアされます。
cc_cv_charge_alert			[6]	0	バッテリー充電がcc_cv_chargeフェーズにあることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、en_cc_cv_charge_alertをクリアすることでもクリアされます。
ntc_pause_alert			[5]	0	バッテリー・チャージャがntc_pause状態にあることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、en_ntc_pause_alertをクリアすることでもクリアされます。
timer_term_alert			[4]	0	バッテリー充電がtimer_term状態にあることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、en_timer_term_alertをクリアすることでもクリアされます。
c_over_x_term_alert			[3]	0	バッテリー充電がc_over_x_term状態にあることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、en_c_over_x_term_alertをクリアすることでもクリアされます。
max_charge_time_fault_alert			[2]	0	バッテリー充電がmax_charge_time_fault状態にあることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、en_max_charge_time_fault_alertをクリアすることでもクリアされます。
bat_missing_fault_alert			[1]	0	bat_missing_faultが検出されたことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、en_bat_missing_fault_alertをクリアすることでもクリアされます。
bat_short_fault_alert			[0]	0	bat_short_faultが検出されたことを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、en_bat_short_fault_alertをクリアすることでもクリアされます。
CHARGE_STATUS_ALERTS_REG	0x38	R	[5:0]	0	充電ステータス (charge_status) インジケータが発生したことを示すアラート。各ビットはEN_CHARGE_STATUS_ALERTS_REGで有効にできます。任意のビットに0を書き込むと、そのアラートがクリアされます。一度セットするとアラート・ビットはクリアされるまで、または無効にされるまで「ハイ」にとどまります。

## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
ilim_reg_active_alert			[5]	0	充電ステータス ( <b>charge_status</b> ) が <b>ilim_reg_active</b> であることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_ilim_reg_active_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
thermal_reg_active_alert			[4]	0	充電ステータス ( <b>charge_status</b> ) が <b>thermal_reg_active</b> であることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_thermal_reg_active_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
vin_uvcl_active_alert			[3]	0	充電ステータス ( <b>charge_status</b> ) が <b>vin_uvcl_active</b> であることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_vin_uvcl_active_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
iin_limit_active_alert			[2]	0	充電ステータス ( <b>charge_status</b> ) が <b>iin_limit_active</b> であることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_iin_limit_active_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
constant_current_alert			[1]	0	充電ステータス ( <b>charge_status</b> ) が <b>constant_current</b> であることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_constant_current_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
constant_voltage_alert			[0]	0	充電ステータス ( <b>charge_status</b> ) が <b>constant_voltage</b> であることを示すアラート。このアラート・ビットは、このレジスタの残りのビットを1にセットしたまま、0に書き戻すことでクリアされます。このアラート・ビットは、 <b>en_constant_voltage_alert</b> をクリアすることでもクリアされます。
<b>SYSTEM_STATUS_REG</b>	0x39	R	[8:0]	N/A	リアルタイムのシステム・ステータス・インジケータ・ビット。
en_chg			[8]	N/A	バッテリー・チャージャが機能していることを示す。
cell_count_err			[7]	N/A	CELLS0ピンとCELLS1ピンによって8を超えるセル数が設定された場合、セル数エラーが発生し、充電が禁止されます。 <b>cell_count_err</b> は、テレメトリが無効の場合（チャージャがディスエーブルの場合等）常に真を示します。
no_rt			[5]	N/A	RTピンに、周波数設定抵抗が検出されないことを示します。RTピン・インピーダンス検出回路は、通常1.4MΩを超えるRT抵抗は接続されていないと判断します。 <b>no_rt</b> は、バッテリー・チャージャがディスエーブルの場合（利用できる入力電源がない場合等）常に真を示します。
thermal_shutdown			[4]	N/A	過度に高いダイ温度（通常150°C）に起因して、LTC4162がサーマル・シャットダウン保護状態にあることを示します。
vin_ovlo			[3]	N/A	保護シャットダウン閾値（約38.6V）を上回る入力電圧に起因して、入力電圧シャットダウン保護が作動していることを示します。
vin_gt_vbat			[2]	N/A	充電サイクルを開始するのに十分な程（通常+150mV）、VINピン電圧がバッテリー電圧を上回っていることを示します。
vin_gt_4p2v			[1]	N/A	VINピン電圧がスイッチング・レギュレータ低電圧ロックアウト・レベル（通常4.2V）以上であることを示します。
intvcc_gt_2p8v			[0]	N/A	INTVCCピン電圧がテレメトリ・システム・ロックアウト・レベル（通常2.8V）より高いことを示します。
vbat	0x3A	R	[15:0]	0	セル当たりバッテリー電圧のA/D測定値を示す符号付き数。この値は、バッテリー電圧測定のA/D倍率（BATSENS+ピンで <b>cell_count</b> ×192.4μV/LSB）に基づいています。
vin	0x3B	R	[15:0]	0	入力電圧のA/D測定値を示す符号付き数。この値は、入力電圧測定のA/D倍率（1.649mV/LSB）に基づいています。
vout	0x3C	R	[15:0]	0	出力電圧（ <b>vout</b> ）のA/D測定値を示す符号付き数。この値は、出力電圧測定のA/D倍率（1.653mV/LSB）に基づいています。

## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
ibat	0x3D	R	[15:0]	0	バッテリー電流のA/D測定値を示す符号付き数。この値は、充電電流測定 (VCSP - VCSN) のA/D倍率 (1.466 $\mu$ V / RSNSB (アンペア / LSB)) に基づいています。チャージャがディスエーブルの場合、この値はバッテリーのドレインを表し、負になります。
iin	0x3E	R	[15:0]	0	入力電流のA/D測定値を示す符号付き数。この値は、入力電流測定 (VCLP - VCLN) のA/D倍率 (1.466 $\mu$ V / RSNSI (アンペア / LSB)) に基づいています。
die_temp	0x3F	R	[15:0]	0	ダイ温度のA/D測定値を示す符号付き数。ダイ温度の値 (°C) はA/Dの読み値 (die_temp) から $TDIE(^{\circ}C) = die\_temp \times 0.0215^{\circ}C/LSB - 264.4^{\circ}C$ で計算できます。
thermistor_voltage	0x40	R	[15:0]	0	NTCピン電圧のA/D測定値を示す符号付き数。このサーミスタ値 (RNTC) は、 $RNTC = RNTCBIAS \times thermistor\_voltage / (21829 - thermistor\_voltage)$ で計算できます。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、温度が上がるとサーミスタ電圧 (thermistor_voltage) の読み値が下がる (逆も同じ) ことに注意します。 Enum: open_thermistor = 21684
bsr	0x41	R	[15:0]	0	セル当たりのバッテリー抵抗のA/D測定値を示します。バッテリー抵抗はバッテリー充電電流設定抵抗 (RSNSB) に関連しており、 $cell\_count \times bsr \times RSNSB / 500$ で計算できます (単位は $\Omega$ )。充電電流 (ibat) が <code>icharge_over_10</code> を下回ると <code>bsr_questionable</code> が設定されます。
jeita_region	0x42	R	[2:0]	0	<code>thermistor_voltage</code> を含む LTC4162 の JEITA バッテリー温度領域を示します。この温度領域は、遷移温度 <code>jeita_t(R-1)</code> および <code>jeita_t(R)</code> で区切られた値から成ります。このサーミスタは負の温度係数を持っているため、温度が上がるとサーミスタ電圧 ( <code>thermistor_voltage</code> ) の読み値が下がる (逆も同じ) ことに注意します。JEITA 温度制御式充電は、 <code>en_jeita</code> がデフォルト値の1である場合のみ有効です。JEITA 領域 <code>R7</code> ( <code>jeita_region = 7</code> ) および <code>R1</code> ( <code>jeita_region = 1</code> ) は、サーミスタ電圧 ( <code>thermistor_voltage</code> 、バッテリー温度を表します) が充電範囲外であり、それに伴い充電が停止中 ( <code>ntc_pause</code> が真) であることを示します。遷移温度は <code>jeita_t1</code> ~ <code>jeita_t6</code> で設定されます。 Enums: R7 = 7, R6 = 6, R5 = 5, R4 = 4, R3 = 3, R2 = 2, R1 = 1
CHEM_CELLS_REG	0x43	R	[11:0]	0	バッテリーの化学的構造の設定
chem			[11:8]	0	充電対象のバッテリーの化学的構造を示します。安全性を高めるために、アプリケーション・ソフトウェアはこの値を調べることで、LTC4162の正しいバージョン (LTC4162-L、LTC4162-F、LTC4162-Sのいずれか) が回路基板に実装されていることを確認できます。 Enums: LTC4162_LAD = 0, LTC4162_L42 = 1, LTC4162_L41 = 2, LTC4162_L40 = 3, LTC4162_FAD = 4, LTC4162_FFS = 5, LTC4162_FST = 6, LTC4162_SST = 8, LTC4162_SAD = 9
cell_count			[3:0]	0	CELLS0とCELLS1のピン・ストラップで検出したセル数値を示します。 <code>cell_count</code> は、バッテリー・チャージャがディスエーブルの場合 (利用できる入力電源がない場合等) 常に0を示します。 Enum: Unknown = 0

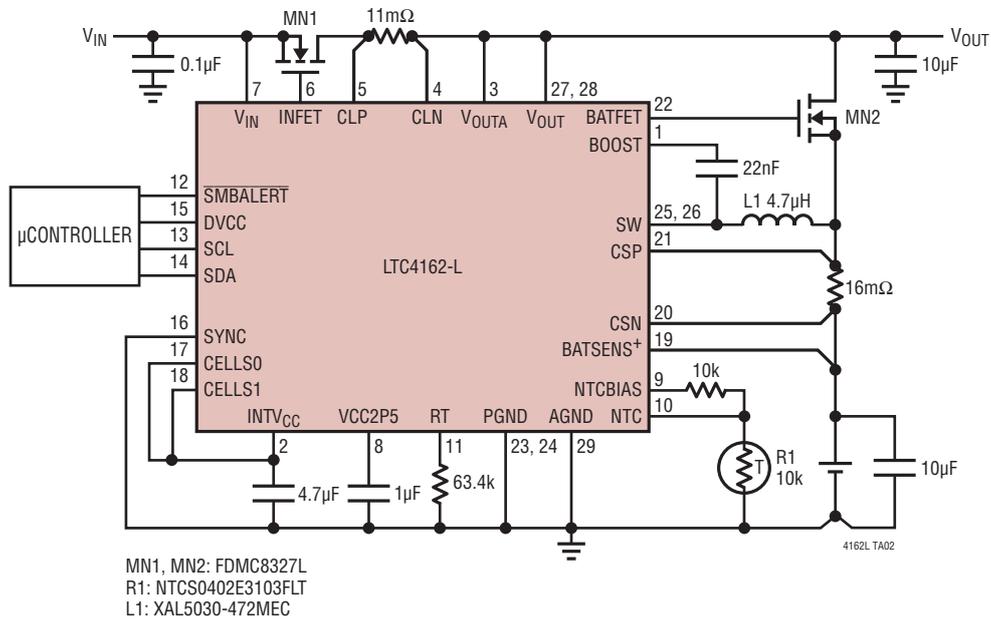
## レジスタの説明

シンボル名	コマンド・コード	アクセス	ビット範囲	デフォルト	説明
<b>icharge_dac</b>	0x44	R	[4:0]	0	充電電流D/Aコンバータ (DAC) に入力される実際の充電電流設定値を示します。 <b>icharge_dac</b> を増加/減少させることで、デジタル・ソフト・スタート/ストップを実行しています。LTC4162は、 <b>charger_state</b> 、 <b>thermistor_voltage</b> 、およびチャージャ設定値 (例: <b>charge_current_setting</b> 、 <b>icharge_jeita_2</b> ~ <b>icharge_jeita_6</b> 、 <b>jeita_t1</b> ~ <b>jeita_t6</b> 、 <b>en_jeita</b> ) に基づいて <b>icharge_dac</b> の値を設定します。充電電流は、外付け電流検出抵抗 (RSNSB) の両端の電圧を制御することで調整されることに注意します。このサーボ電圧は( <b>icharge_dac</b> + 1)×1mVで与えられます。従って、充電電流サーボ・レベルは( <b>icharge_dac</b> + 1)×1mV/RSNSBで与えられます。
<b>vcharge_dac</b>	0x45	R	[4:0]	0	D/Aコンバータ (DAC) に実際に印加されるバッテリー電圧設定値です。LTC4162は、 <b>charger_state</b> 、 <b>thermistor_voltage</b> 、およびチャージャ設定値 (例: <b>vcharge_setting</b> 、 <b>vcharge_jeita_2</b> ~ <b>vcharge_jeita_6</b> 、 <b>jeita_t1</b> ~ <b>jeita_t6</b> 、 <b>thermistor_voltage</b> 、 <b>en_jeita</b> ) に基づいて <b>vcharge_dac</b> の値を設定します。充電電圧設定値は $\text{cell\_count} \times (\text{vcharge\_setting} \times 12.5\text{mV} + 3.8125\text{V})$ から計算できます。ここで、 <b>vcharge_setting</b> は0~31のいずれかの値を取ります (最大4.2V)。
<b>iin_limit_dac</b>	0x46	R	[5:0]	0	実際の入力電流制限値を示します。 <b>iin_limit_dac</b> は <b>iin_limit_target</b> で設定された値に従います。入力電流は( <b>iin_limit_dac</b> + 1)×500μV / RSNSIで与えられる最大値に調整されます。
<b>vbat_filt</b>	0x47	R	[15:0]	0	バッテリー電圧 ( <b>vbat</b> ) のA/D測定値をデジタル・フィルタ処理した符号付き数。この値は、バッテリー電圧測定のA/D倍率 (BATSENS+ピンで $\text{cell\_count} \times 192.4\mu\text{V/LSB}$ ) に基づいています。
<b>bsr_charge_current</b>	0x48	R	[15:0]	0	バッテリー直列抵抗測定中に観測されたバッテリー充電電流を示す符号付き数。この値は、 $1.466\mu\text{V/RSNSB}$ (アンペア/LSB) の倍率を持つA/D値 <b>ibat</b> に基づいています。バッテリー直列抵抗 ( <b>bsr</b> ) テストで <b>ibat</b> の値が <b>icharge_over_10</b> を下回った場合、信号レベルが低すぎてそのテストの精度は信頼できないため <b>bsr_questionable</b> が設定されます。充電サイクルのより早い時期に、より大きな <b>ibat</b> 、より大きな <b>bsr_charge_current</b> でバッテリー直列抵抗テストを再実行することで最も正確な結果を得ることができます。 Enum: <b>icharge_over_10</b> = 2184
<b>TELEMETRY_STATUS_REG</b>	0x4A	R	[1:0]	0	テレメトリ・システムのステータス・レジスタ
<b>bsr_questionable</b>			[1]	0	最後のバッテリー直列抵抗 ( <b>bsr</b> ) 測定が実行された際に、信号が小さかった (具体的にはバッテリー電流 ( <b>ibat</b> ) が <b>icharge_over_10</b> を下回った) が原因で、バッテリー直列抵抗測定に疑問があることを示します。 <b>bsr_charge_current</b> は、バッテリー直列抵抗測定が実行された時のバッテリー電流 ( <b>ibat</b> ) のA/D値を格納します。
<b>telemetry_valid</b>			[0]	0	テレメトリ・システムのオートゼロ・アンプが十分な時間 (約12ms) を使ってオフセットをゼロにしたことを示します。テレメトリ・システムのウォーミング・アップ期間が経過するまでバッテリー充電は無効です。
<b>input_undervoltage_dac</b>	0x4B	R	[7:0]	0	入力低電圧レギュレーションDAC値。このレギュレーション電圧は( <b>input_undervoltage_dac</b> + 1)×140.625mVで与えられます。MPPTアルゴリズムは、有効な場合、この値を直接操作します。それ以外の場合、この値は <b>input_undervoltage_setting</b> に従います。

リビジョン:1773 日付:2018/03/15 22:40:27 -0400 (2018年3月15日、木曜日)

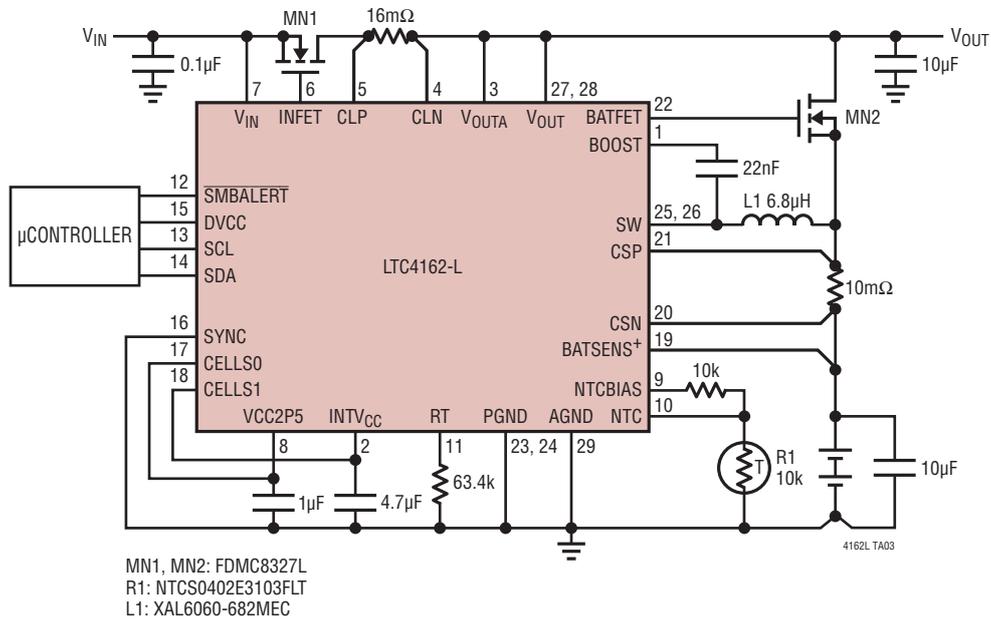
## 代表的なアプリケーション

### PowerPathを備えた1セルUSB Power Deliveryチャージャ



## 代表的なアプリケーション

PowerPathと2A入力制限機能を備えた9V~35V 2セル3.2Aチャージャ

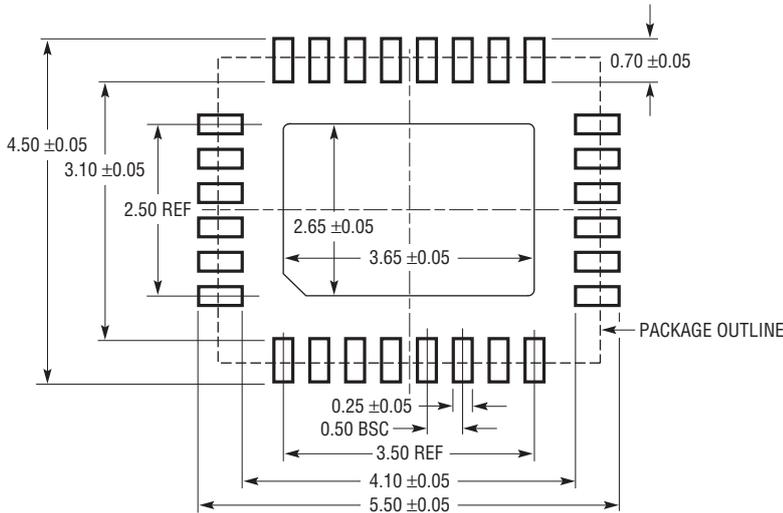




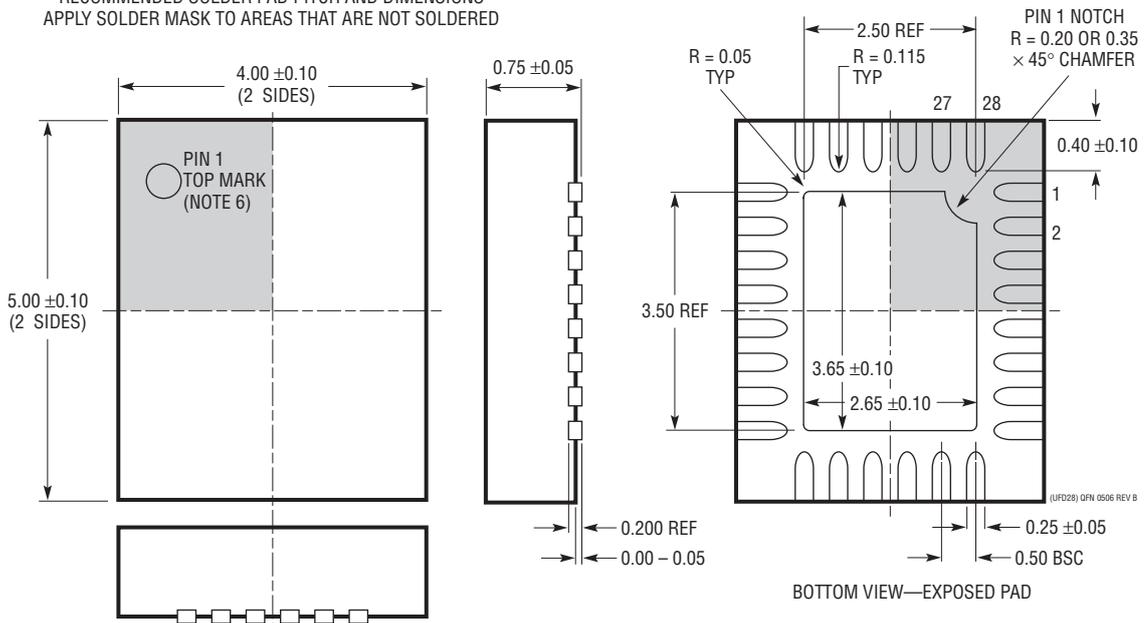
パッケージ

最新のパッケージ図は、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC4162-L#packaging> を参照してください。

**UFD Package**  
**28-Lead Plastic QFN (4mm × 5mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1712 Rev B)



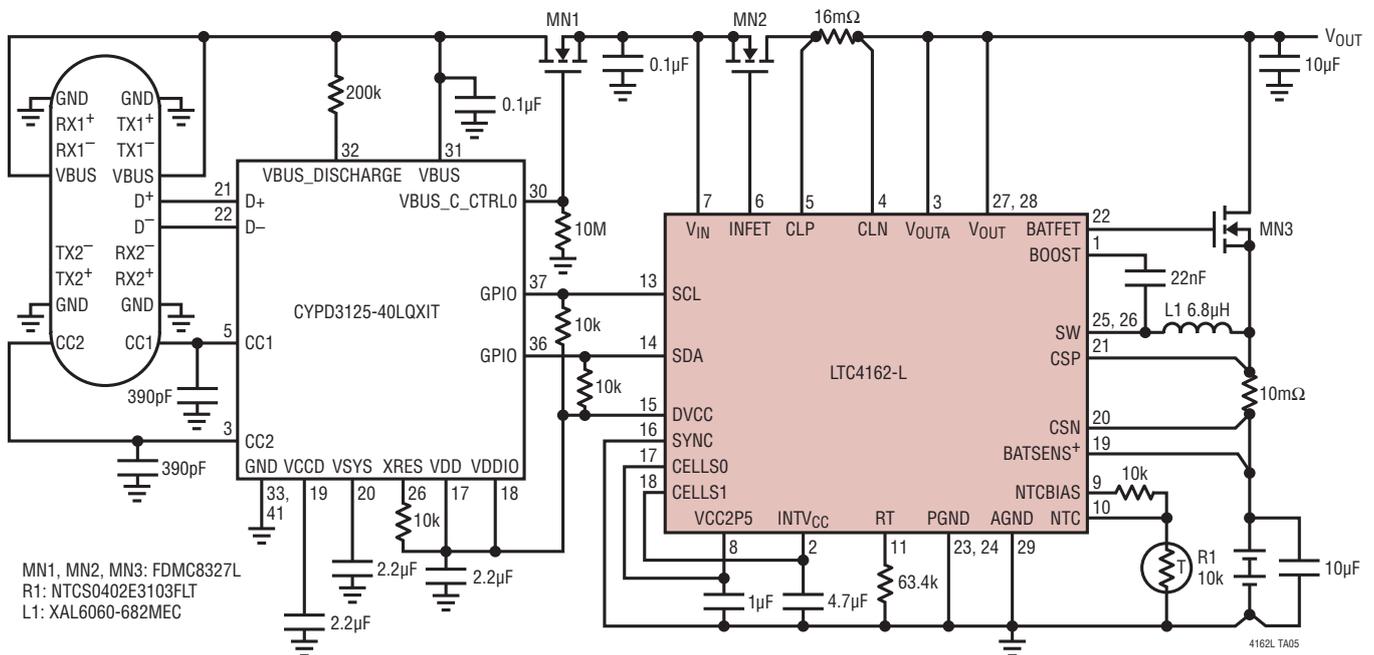
RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS  
 APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED



- 注記：
1. 図は JEDEC パッケージ外形 MO-220 のバリエーション (WXXX-X) にするよう提案されている
  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. 露出パッドはハンダ・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

## 代表的なアプリケーション

PowerPathを備えたUSB PD (Cケーブル)対応バッテリー・チャージャ



## 関連製品

製品番号	概要	注釈
<a href="#">LTC4015</a>	デジタル・テレメトリ・システム内蔵マルチケミストリ降圧バッテリー・チャージャ・コントローラ	マルチケミストリ・リチウムイオン/ポリマー、LiFePO <sub>4</sub> 、または鉛酸同期整流式降圧バッテリー・チャージャ。終端搭載、高効率、デジタル・テレメトリ・システムによるV <sub>BTA</sub> 、I <sub>BAT</sub> 、R <sub>BAT</sub> 、NTC比(バッテリー温度)、V <sub>IN</sub> 、I <sub>IN</sub> 、V <sub>SYSTEM</sub> 、およびダイ温度の監視、クローン・カウンタと内蔵14ビットADC、充電入力電圧範囲:4.5V~35V、バッテリー電圧範囲:最大35V、MPPT、4mm×5mm QFN-28パッケージ
<a href="#">LT3651-4.X/</a> <a href="#">LT3651-8.X</a>	モノリシック4Aスイッチ・モード同期整流式1セル・リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	スタンダアロン、4.75V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 32V (絶対最大定格: 40V)、1MHz、4A、プログラムブル充電電流タイマーまたはC/10終端機能、5mm×6mm QFN-36パッケージ
<a href="#">LT3652/LT3652HV</a>	電力追従2A降圧バッテリー・チャージャ	太陽光アプリケーションの最大電力点追従(MPPT)のための入力電源電圧レギュレーション・ループ、スタンダアロン、4.95V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 32V (絶対最大定格: 40V)、1MHz、タイマーまたはC/10終端機能、3mm×3mm DFN-12パッケージおよびMSOP-12パッケージ、LT3652HVバージョン(最大V <sub>IN</sub> = 34V)
<a href="#">LTC4012/LTC4012-1/</a> <a href="#">LTC4012-2/</a> <a href="#">LTC4012-3</a>	PowerPath制御機能を備えた4A高効率マルチケミストリ・バッテリー・チャージャ	PowerPath制御、抵抗による電圧/電流設定、1~4セルLi、最大18セルNi、SLAおよびスーパーキャパシタ対応、4mm×4mm QFN-20パッケージ、-1バージョン(4.1V Liセル)、-2バージョン(4.2V Liセル)、-3バージョン(追加GNDピン付き)
<a href="#">LTC4020</a>	55V昇降圧マルチケミストリ・バッテリー・チャージャ	定電流/定電圧昇降圧スイッチング・コントローラ・レギュレータ・チャージャ、5mm×7mm QFN-38パッケージ
<a href="#">LTC4121/</a> <a href="#">LTC4121-4.2</a>	マルチケミストリ降圧バッテリー・チャージャ	定電流/定電圧400mAモノリシック降圧スイッチング・レギュレータ・チャージャ、4.4V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 40V、3mm×3mm QFN-16パッケージ
<a href="#">LTC4155</a>	デュアル入力電源マネージャ/3.5Aリチウムイオン・バッテリー・チャージャ	高効率、モノリシック・スイッチング・レギュレータ、4mm×5mm QFN-28パッケージ
<a href="#">LT8490</a>	最大電力点追従(MPPT)機能を備えた高電圧大電流昇降圧充電コントローラ	昇降圧スイッチング・レギュレータ・バッテリー・チャージャ。大部分のバッテリー・タイプ(例:密閉型鉛酸(SLA)、液式、ゲル、リチウムイオン)に使われる定電流/定電圧(CCCV)充電プロファイルを実装。