

PowerPathとI²Cテレメトリを備えた 35V/3.2A 鉛酸降圧バッテリー・チャージャ

特長

- 吸収および均等充電機能を備えた鉛酸バッテリー・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_{BAT}、I_{BAT}、R_{BAT}、T_{BAT}、T_{DIE}、V_{IN}、I_{IN}、V_{OUT}を監視
- 6V、12V、18V、24Vの鉛酸バッテリーを充電
- 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
- 温度制御式充電
- リチウムイオンおよびLiFePO₄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-S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、鉛酸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、I²C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I²C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-Sは6V、12V、18V、24Vの鉛酸バッテリーを最大3.2Aで充電できます。

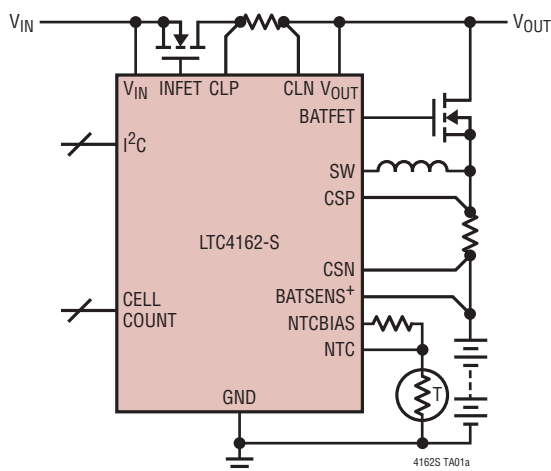
PowerPathトポロジにより出力電圧をバッテリーから切り離しているため、バッテリー電圧が非常に低い状態でも携帯機器を直ちに起動できます。

LTC4162-S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。

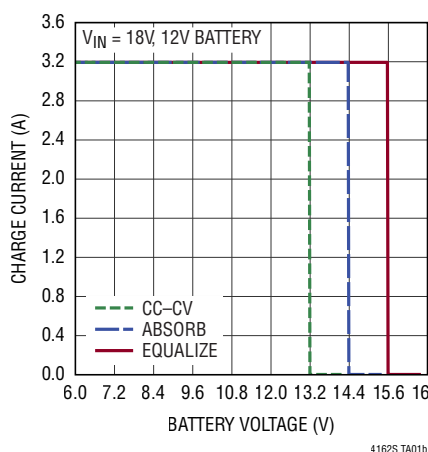
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

代表的なアプリケーション

PowerPathを備えた9V~35V 3.2A降圧スイッチング・バッテリー・チャージャ



充電電流とバッテリー電圧



目次

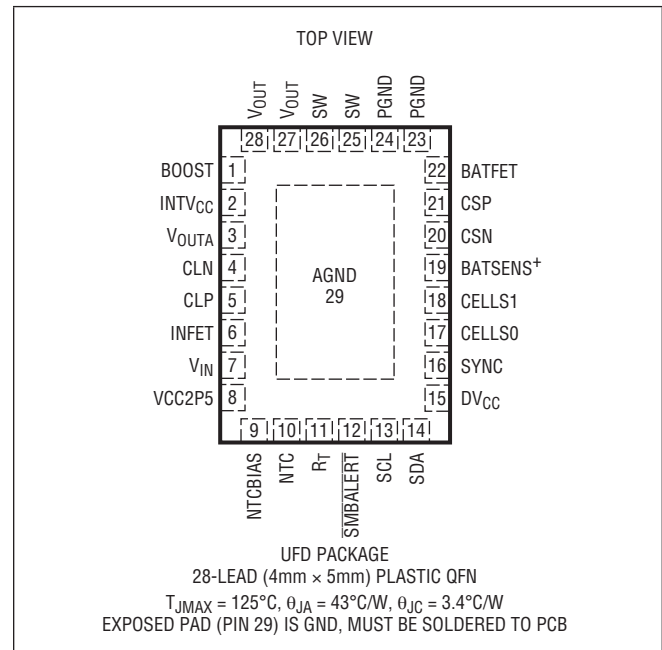
特長	1
アプリケーション	1
代表的なアプリケーション	1
概要	1
絶対最大定格.....	3
発注情報.....	3
ピン配置.....	3
電気的特性.....	4
代表的な性能特性	7
ピン機能.....	10
ブロック図	12
ESD 保護素子配置図	13
タイミング図	14
動作	15
アプリケーション情報.....	27
レジスタの説明.....	34
代表的なアプリケーション	44
パッケージ	45
代表的なアプリケーション	46
関連製品.....	46

絶対最大定格

(Note 1)

BATS_{SENS}+, V_{IN}, CSP, CSN, CLP, CLN, V_{OUT}, V_{OUTA} -0.3V~36V
 CSP~CSN 間, CLP~CLN 間 ±0.3V
 CELL_{SO}, CELL_{S1}, SYNC -0.3V~INTV_{CC}
 DV_{CC} -0.3V~5.5V
 SDA, SCL, SMBALERT -0.3V~DV_{CC}
 I_{SW} ±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-S#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-SAD#PBF	4162H		E	I ² C Adjustable Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-SST#PBF	4162J		E	Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-SADM#PBF	4162T		E	I ² C Adjustable Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-SSTM#PBF	4162U		E	Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-SAD#TRPBF	4162H	✓	E	I ² C Adjustable Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-SST#TRPBF	4162J	✓	E	Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-SADM#TRPBF	4162T	✓	E	I ² C Adjustable Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162EUFD-SSTM#TRPBF	4162U	✓	E	Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162IUFd-SAD#PBF	4162H		I	I ² C Adjustable Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFd-SST#PBF	4162J		I	Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFd-SADM#PBF	4162T		I	I ² C Adjustable Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162IUFd-SSTM#PBF	4162U		I	Fixed Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162IUFd-SAD#TRPBF	4162H	✓	I	I ² C Adjustable Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFd-SST#TRPBF	4162J	✓	I	Fixed Voltage	-40°C to 125°C
LTC4162IUFd-SADM#TRPBF	4162T	✓	I	I ² C Adjustable Voltage MPPT ON	-40°C to 125°C
LTC4162IUFd-SSTM#TRPBF	4162U	✓	I	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/tapeand reel/> 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。

電氣的特性

●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
システム電圧および電流							
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	μA μA μA
I_{VIN}	V_{IN} Drain Current	$V_{IN} - V_{BATSNS+} > V_{IN_DUVLO}$, Terminated			115	200	μA
スイッチング・バッテリー・チャージ							
V_{CHARGE}	Range Resolution (6 Bits) Accuracy	Per 6V Battery	●		6–7.8 28.571		V mV % %
I_{CHARGE} Servo Voltage ($V_{CSP} - V_{CSN}$)	Range Resolution (5 Bits) Accuracy	$I_{CHARGE} = (V_{CSP} - V_{CSN})/R_{SNSB}$ Note 5	●		1–32 1		mV mV mV mV
I_{INLIM} Servo Voltage ($V_{CLP} - V_{CLN}$)	Range Resolution (6 Bits) Accuracy	$I_{IN} = (V_{CLP} - V_{CLN})/R_{SNSI}$ Note 6			0.5–32 0.5		mV mV mV
V_{INLIM}	Range Resolution (8 Bits) Full Scale Accuracy				0.14–36 140.625		V mV %
f_{OSC}	Switching Frequency	$R_T = 63.4\text{k}$	●	1.4	1.5	1.6	MHz
D_{MAX}	Maximum Duty Cycle				99.5		%
R_{SWITCH}	Primary Switch On-Resistance				90		$\text{m}\Omega$
R_{RECT}	Rectifier Switch On-Resistance				90		$\text{m}\Omega$
I_{PEAK}	Peak Inductor Current Limit	Note 3			45mV/ R_{SNSB}		A
システム制御							
V_{IN_UVLO}	V_{IN} Charger Enable Input Undervoltage Lockout	Rising Threshold Hysteresis		4.2	4.4 0.2	4.6	V V
V_{IN_DUVLO}	V_{IN} to BATSNS+ Charger Enable Differential Undervoltage Lockout	Rising Threshold Hysteresis		100	150 170	200	mV mV
V_{IN_OVLO}	V_{IN} Charger Disable Overvoltage Lockout	Rising Threshold Hysteresis		37.6	38.6 1.4	40	V V
V_{INTVCC_UVLO}	INTVCC Telemetry Enable Undervoltage Lockout	Rising Threshold Hysteresis		2.75	2.85 0.12	2.95	V V

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
テレメトリ A/D 測定サブシステム						
I_{BAT} ($V_{CSP} - V_{CSN}$)	Resolution Offset Error Span Error	$I_{BAT} = (V_{CSP} - V_{CSN})/R_{SNSB}$ $0.32\text{mV} < V_{CSP} - V_{CSN} < 32\text{mV}$	-0.15 -1	1.466	0.15 1	$\mu\text{V}/\text{LSB}$ mV %rdng
I_{IN} ($V_{CLP} - V_{CLN}$)	Resolution Offset Error Span Error	$I_{IN} = (V_{CLP} - V_{CLN})/R_{SNSI}$ $0.32\text{mV} < V_{CLP} - V_{CLN} < 32\text{mV}$	-0.15 -1	1.466	0.15 1	$\mu\text{V}/\text{LSB}$ mV %rdng
V_{IN}	Resolution Offset Error Span Error	$3\text{V} < V_{IN} < 35\text{V}$	-25 -1	1.649	25 1	mV/LSB mV %rdng
$V_{BATSENS+}$ (Per 6V Battery)	Resolution Offset Error Span Error	$2\text{V} < V_{BATSENS+} < 7.8\text{V}$	-10 -1	192.4	10 1	$\mu\text{V}/\text{LSB}$ mV %rdng
V_{OUT}	Resolution Offset Error Span Error	$3\text{V} < V_{OUT} < 35\text{V}$	-25 -1	1.653	25 1	mV/LSB mV %rdng
$V_{NTC}/V_{NTCBIAS}$	Resolution Offset Error Span Error	$0 < V_{NTC}/V_{NTCBIAS} < 1$	-1 -1	45.833	1 1	$\mu\text{V}/\text{V}/\text{LSB}$ mV/V %rdng
T_{die}	Resolution Offset			0.0215 -264.4		$^\circ\text{C}/\text{LSB}$ $^\circ\text{C}$

シリアル・ポート、SDA、SCL、SMBALERT

DV_{CC}	Logic Reference Level		●	1.8	5.5	V
I_{DVCCQ}	DV_{CC} Current	$SCL/SDA = DV_{CC}, 0\text{kHz}$		0		μA
ADDRESS	I ² 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		μs
t_{HIGH}	HIGH Period of SCL Clock			0.6		μs
t_{BUF}	Bus Free Time Between Start and Stop Conditions			1.3		μs
$t_{HD,STA}$	Hold Time, After (Repeated) Start Condition			0.6		μs
$t_{SU,STA}$	Setup Time after a Repeated Start Condition			0.6		μs
$t_{SU,STO}$	Stop Condition Set-Up Time			0.6		μs
$t_{HD,DAT(OUT)}$	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

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、 $V_{IN} = 18\text{V}$ 、 $DVCC = 3.3\text{V}$ 、 $R_{SNSI} = 10\text{m}\Omega$ 、 $R_{SNSB} = 10\text{m}\Omega$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SYNC ピン						
VIHSYNC	Input High Threshold		●	1.5		V
VILSYNC	Input Low Threshold		●		0.2	V
ピン・リーク (NTC、CELLS0、CELLS1、SDA、SCL、SYNC、SMBALERT)						
	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。

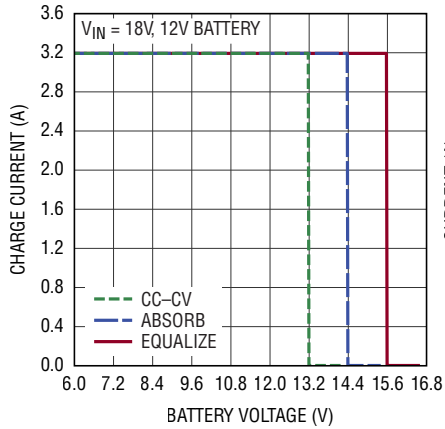
Note 5: 充電電流はチャージャ・サーボ電圧($V_{CSP-CSN}$)を充電電流設定抵抗(R_{SNSB})で割った値になる。外付け抵抗の誤差は充電電流の全誤差の直接の要因になる。

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。

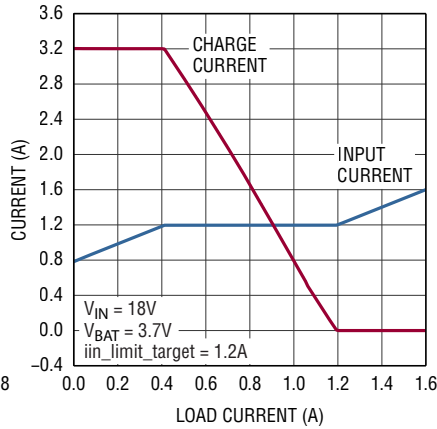
代表的な性能特性

特に指定がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

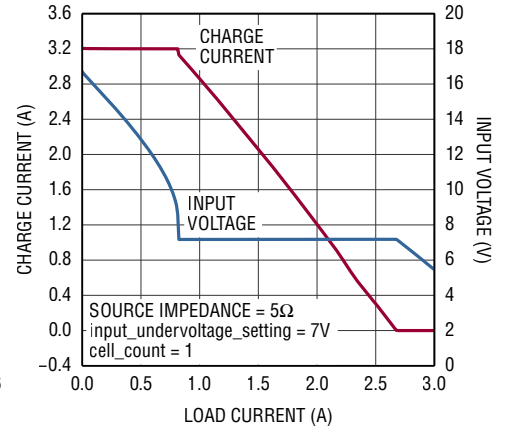
充電電流とバッテリー電圧



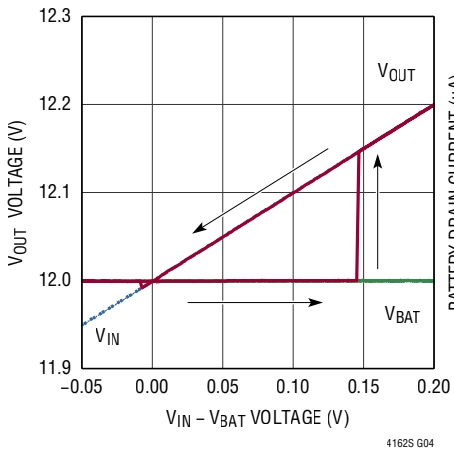
入力電流および充電電流と 負荷電流



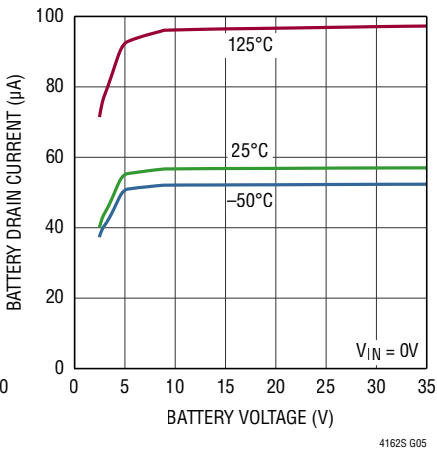
抵抗性電源の入力電圧および 充電電流と負荷電流



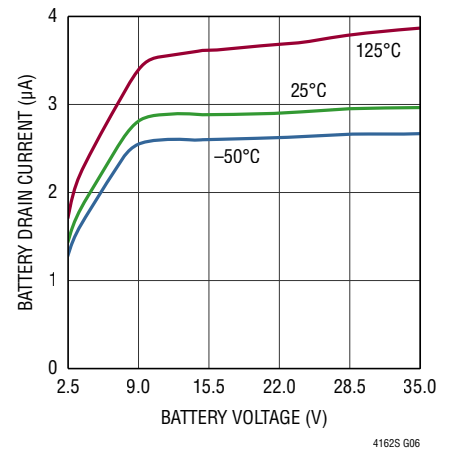
PowerPathコントローラの V_{OUT} と V_{IN}



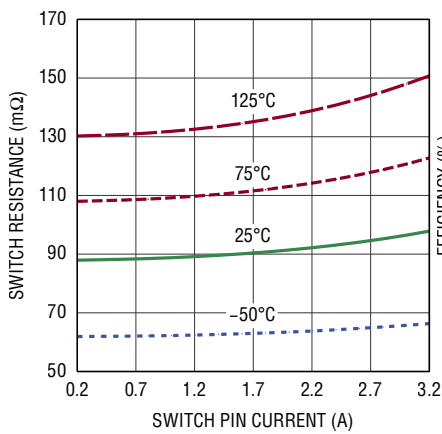
無入力バッテリー・ドレイン電流と バッテリー電圧



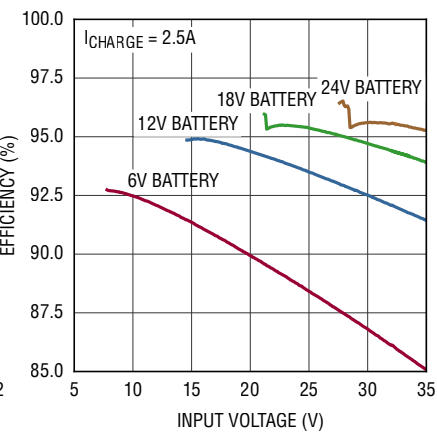
シップ・モードのバッテリー・ ドレイン電流とバッテリー電圧



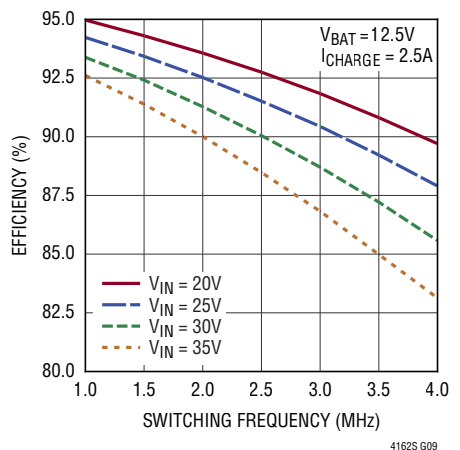
上側および下側スイッチの $R_{DS(ON)}$



効率と入力電圧

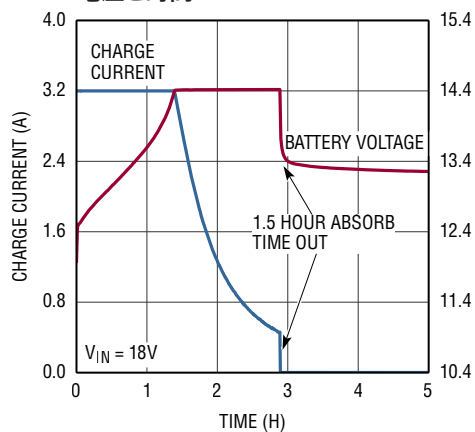


効率とスイッチング周波数

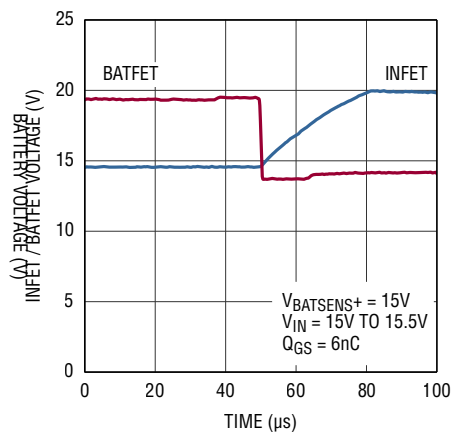


代表的な性能特性 特に指定がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

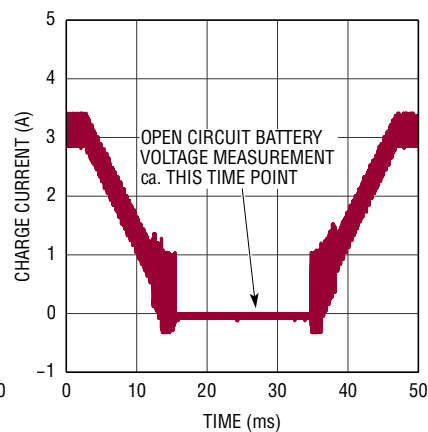
12V 9Ah バッテリ充電電流および電圧と時間



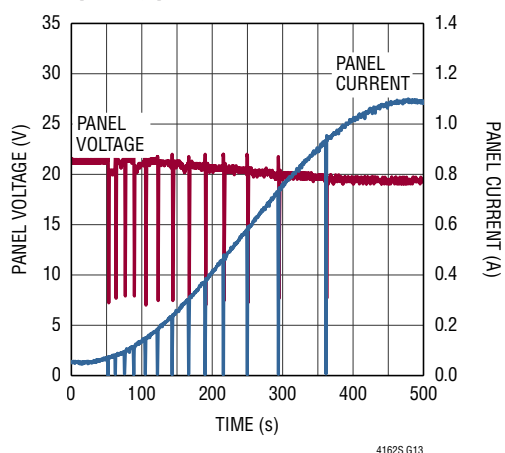
PowerPath ハンドオーバの例



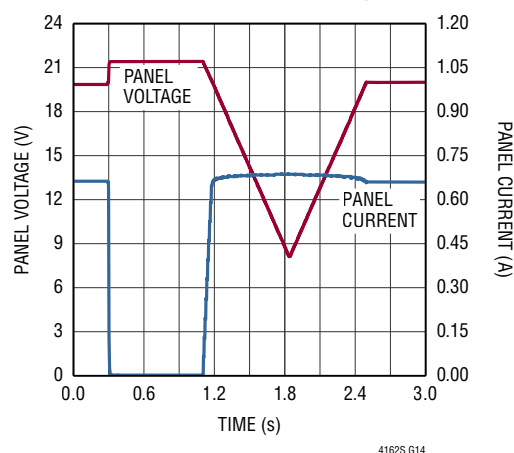
BSR 測定サイクル中の充電電流



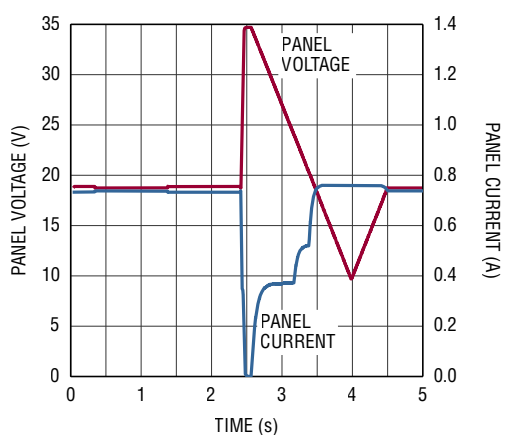
太陽光パネルのトラッキング (暗～明)



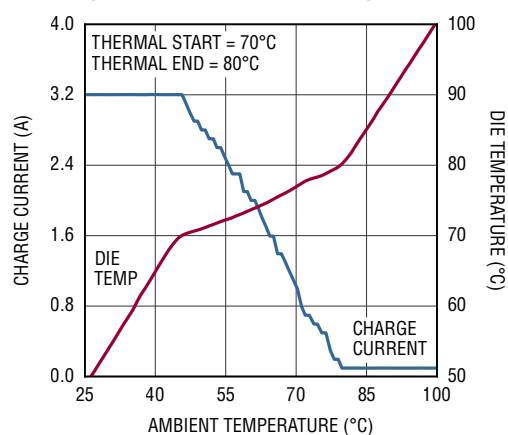
太陽光パネルのグローバル掃引



太陽光パネルのマルチピーク・アキュイジション



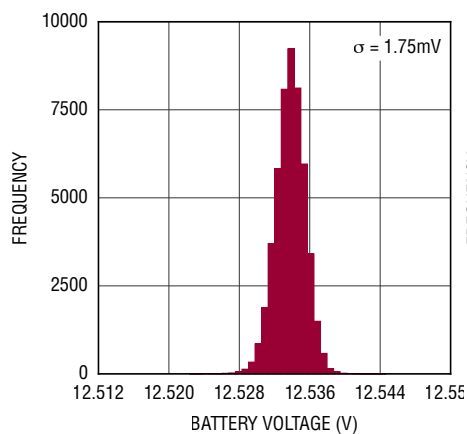
充電電流とダイ温度 (温度レギュレーション使用)



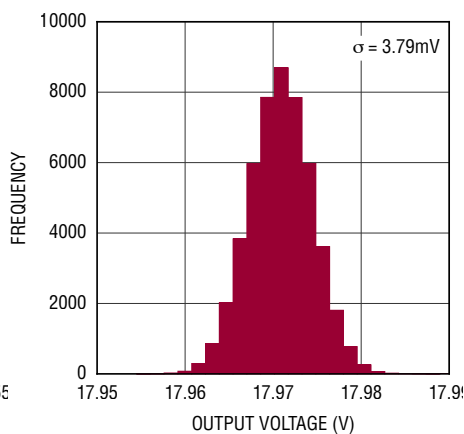
代表的な性能特性

特に指定がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

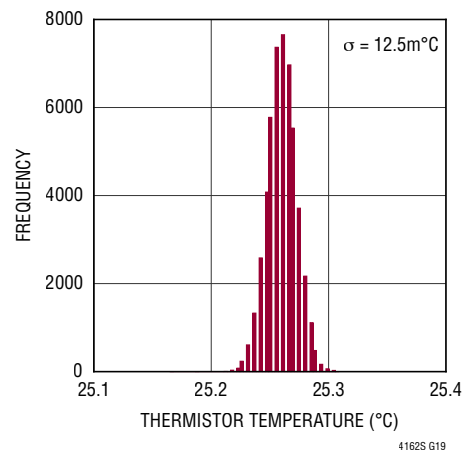
vbat 読み値のヒストグラム



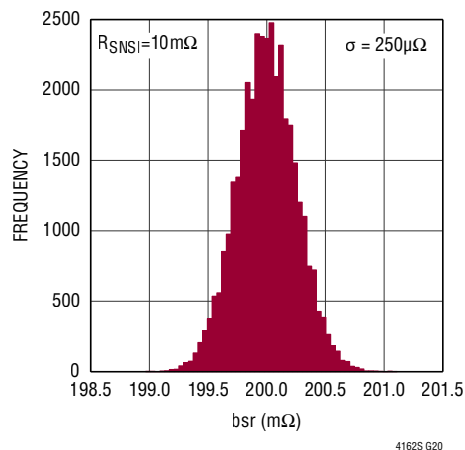
vout 読み値のヒストグラム



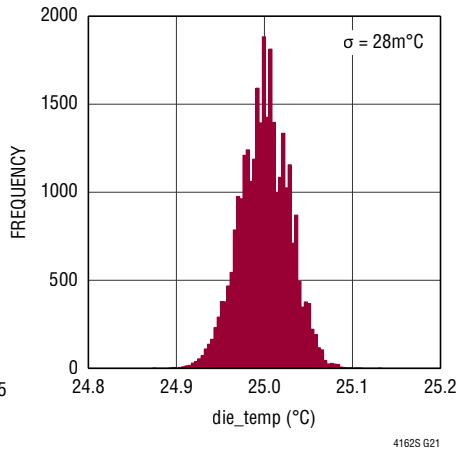
thermistor_voltage 読み値のヒストグラム



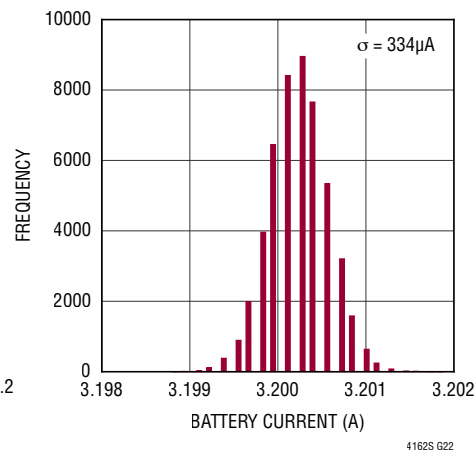
bsr 読み値のヒストグラム



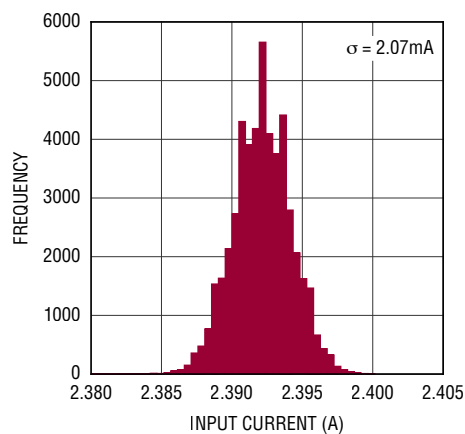
die_temp 読み値のヒストグラム



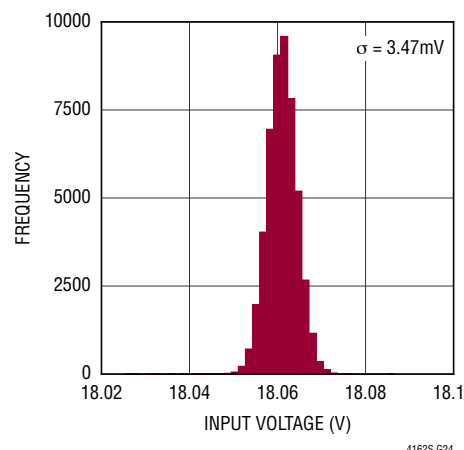
ibat 読み値のヒストグラム



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_{CC} 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_{CC} (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_{CC} とGND の間に接続する必要があります。

V_{OUTA} (ピン3) : アナログ・システムの電源ピン。V_{OUTA} 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_{OUTA} 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_{IN} と V_{OUT} 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_{IN} (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_{IN} 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_{OUTA} 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_{IN} 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、I²C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_T (ピン11) : スイッチング・レギュレータの周波数制御ピン。R_T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) : I²Cポートのオープンドレインのクロック入力。このI²Cポートの入力レベルは、I²C仕様に準拠するようにDV_{CC}に対して調整できます。

SDA (ピン14) : I²Cポートのオープンドレインのデータ入出力。このI²Cポートの入力レベルは、I²C仕様に準拠するようにDV_{CC}に対して調整できます。

DV_{CC} (ピン15) : I²Cポートのロジック電源。DV_{CC}は、I²C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をR_Tピン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) : バッテリ電圧選択ピン。このピンを CELLS1 と組み合わせて使うことで、充電するバッテリ電圧を設定します。このピンは、3つの取り得る状態の1つを表すために $INTV_{CC}$ 、 $VCC2P5$ 、 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) : バッテリ電圧選択ピン。このピンを CELLS0 と組み合わせて使うことで、充電するバッテリ電圧を設定します。このピンは、3つの取り得る状態の1つを表すために $INTV_{CC}$ 、 $VCC2P5$ 、 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) : バッテリ正端子検出ピン。BATSENS+ は、充電を最適化するためにバッテリの正端子をケルビン検出するためのものです。10 μ 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) : バッテリと V_{OUT} 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。

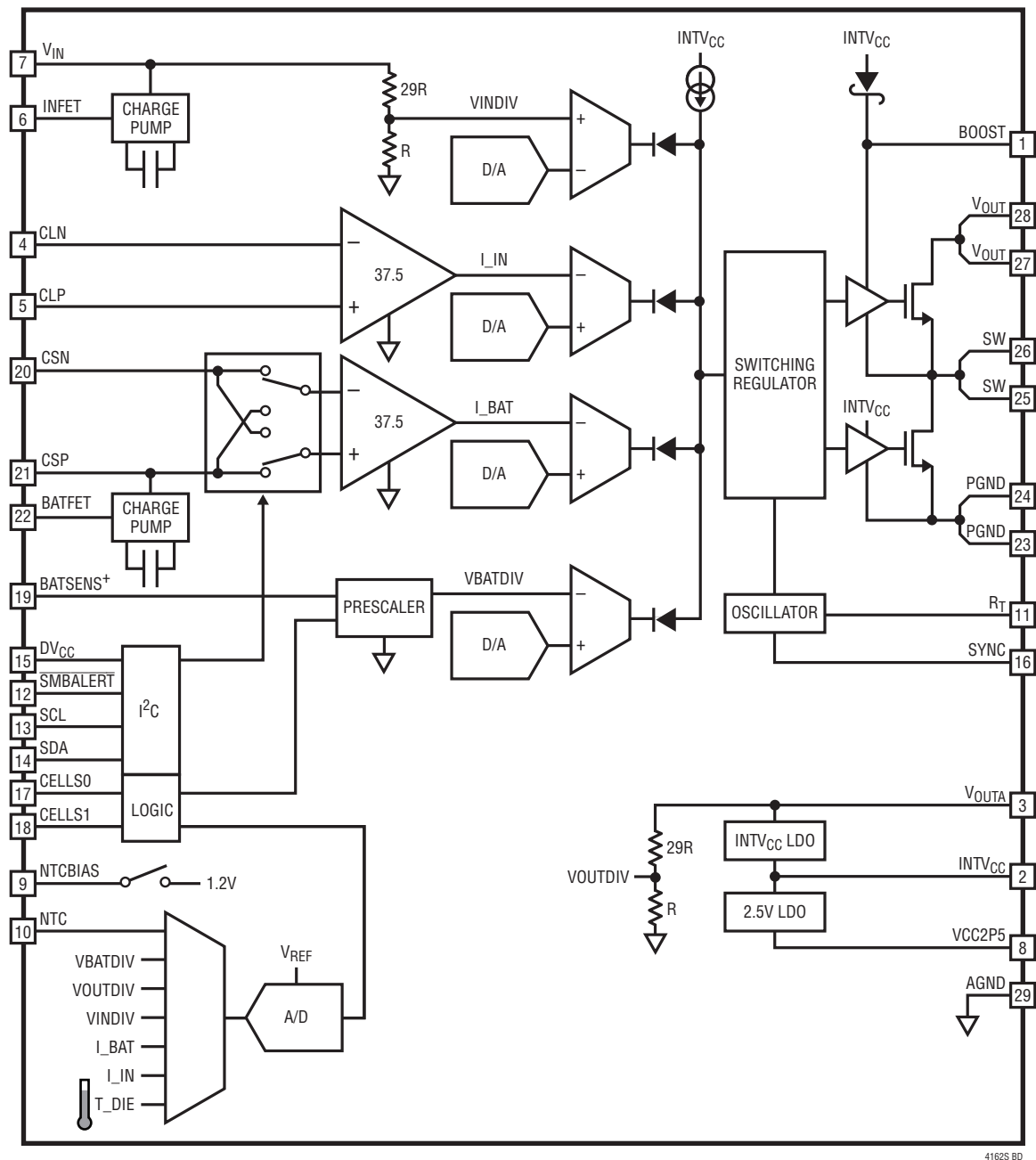
PGND (ピン23、24) : 電源のグラウンド・ピン。これらのピンは、 V_{OUT} バイパス・コンデンサのリターン・パスを形成する、プリント基板の最上層の銅のベタ・パターンに接続する必要があります。

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_{OUT} ピンからバッテリ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_{OUT} (ピン27、28) : スイッチング・レギュレータの入力ピン。 V_{OUT} 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_{OUT} 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 μ Fです。

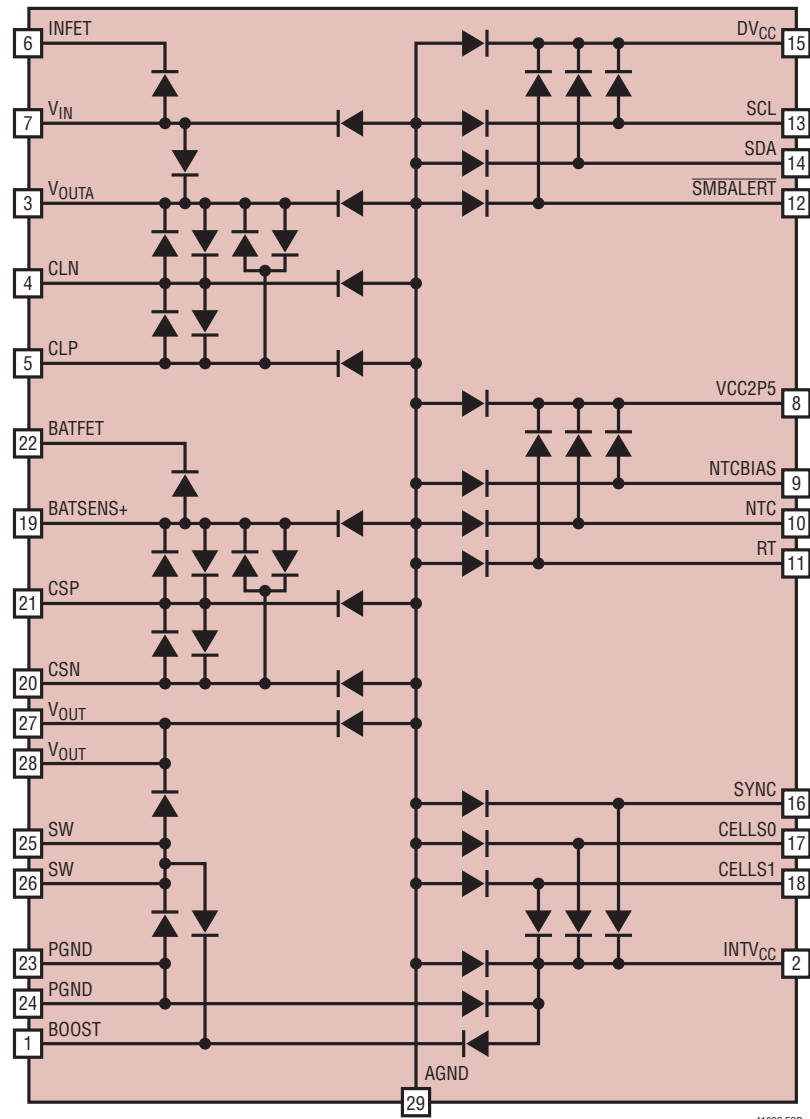
AGND (露出パッド、ピン29) : アナログ・グラウンド・ピン。LTC4162内の全アナログ回路のリターンに使うグラウンド・ピンです。このピンは、PGND (ピン23、24) と共通のアナログ・グラウンドのベタ・パターンに接続する必要があります。このピンは、全アナログ部品 (例： R_T 抵抗、 $INTV_{CC}$ と $VCC2P5$ のバイパス・コンデンサ) がリターンに使うPCB第2層のグラウンド・プレーンにも接続する必要があります。

ブロック図

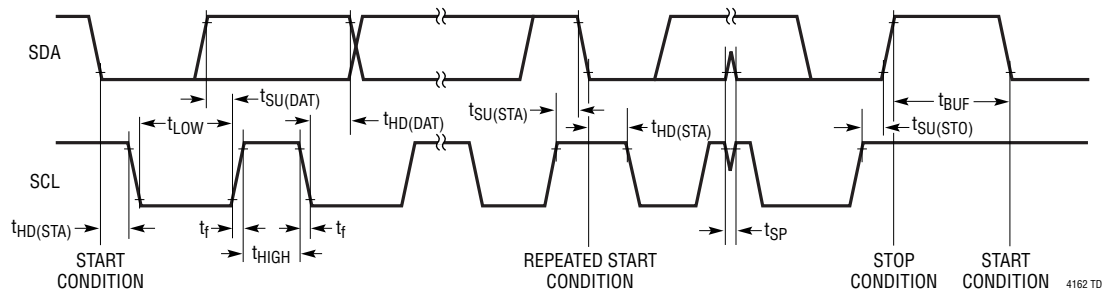


4162S BD

ESD 保護素子配置図



タイミング図



I²C 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I²C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I²C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、I²C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。I²C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。バッテリー電圧、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、I²C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、I²C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、アラートの読み出しまたはクリア、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／ディスエーブルです。

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、(BATSENSE+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BATSENSE+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、(BATSENSE+電圧-20mV)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BATSENSE+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_{OUT} を逆駆動しないようにすることが重要です。

動作

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6V、12V、18V、24Vの鉛酸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_{SNSB}) と [charge_current_setting](#) で設定されるサーボ制御電圧の組み合わせで決まります。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_setting](#) で設定されます。CELLS0ピンとCELLS1ピンを使って、6V、12V、18V、24Vのバッテリーを充電できるように充電電圧を設定するための乗数を選択します。

充電電流は次式で与えられます。

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

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

充電電圧は次式で与えられます。

$$V_{CHARGE} = (6.0\text{V} + 28.571\text{mV} \cdot \text{vcharge_setting}) \cdot N$$

ここで、[vcharge_setting](#) は0～63のいずれかの値、Nは1、2、3、4で、それぞれ6V、12V、18V、24Vのバッテリーを表します。

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_{SNSI}) 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。

I²C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。

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。

動作

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・バ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

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。

動作

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ΔΣ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、I²C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ΔΣ型ADCの最大レンジは±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)。

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	vbat	384.8μV • N*	
INPUT VOLTAGE	V	vin	1.649mV	
OUTPUT VOLTAGE	V	vout	1.653mV	
INPUT CURRENT	A	iin	1.466μV/RSNSI	
BATTERY CURRENT	A	ibat	1.466μV/RSNSB	
DIE TEMPERATURE	°C	die_temp	0.0215°C	264.4°C
BATTERY IMPEDANCE	Ω	bsr	RSNSB • N/250*	
THERMISTOR VOLTAGE	V	thermistor_voltage	45.833μV/V	

* Nは1、2、3、4で、それぞれ6V、12V、18V、24Vのバッテリーを表します。

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CELLS0/CELLS1ピンに基づきます。その結果は[vbat](#)で報告されます。分圧比は、CELLS0/CELLS1ピンで設定される6Vの倍数ごとのBATSENS+/7です。その時、A/Dスパン項はN • 7/18191またはN • 384.8μV/LSBです。ここで、Nは1、2、3、4で、それぞれ6V、12V、18V、24Vのバッテリーを表します。[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。

動作

出力電圧 (V_{OUT}) 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}・R_{SNSB}・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・10mΩ・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、整流子が無効になり、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}・R_{SNSI}・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・10mΩ・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。

この抵抗値は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})に比例し、次式で計算できます(単位はΩ)。

$$R_{BAT}(\Omega) = \frac{bsr \cdot N \cdot R_{SNSB}}{250}$$

ここで、Nは1、2、3、4で、それぞれ6V、12V、18V、24Vのバッテリーを表します。

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。

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

動作

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°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によるバッテリーへのストレスを最小にするため、LTC4162は温度制御式充電アルゴリズムを備えています。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°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き替えます。**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°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 β 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°C での抵抗、複数の β 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 β 形式は次式で与えられます。

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

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。

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

動作

ここで、 $R_{NTCBIAS}$ 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 ($^{\circ}\text{C}$) を求めるには、次式から求まる R_{NTC} を式1または式2に代入します。

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

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す。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。

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あるように、**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 I²C 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。複数のデバイスが **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です。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。

動作

表1. 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2. 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
cc_cv_charge	en_cc_cv_charge_alert	cc_cv_charge_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3. 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

バッテリー電圧の選択

LTC4162はCELLS0/CELLS1ピンを固定することで6V、12V、18V、24Vのいずれかのバッテリーを充電できます。バッテリー電圧を選択するため、CELLS1とCELLS0はGND、VCC2P5、INTV_{CC}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、I²Cポートからセル数([cell_count](#))を読み出すことができます。セル数([cell_count](#))は、CELLS0/CELLS1ピンで選択された6Vの倍数ごとに2が読み出されます。表5に示されていないピンの組み合わせはセル数エラー([cell_count_err](#))をもたらし、充電が禁止されます。

表 5. CELLS0およびCELLS1ピンの割り当てとバッテリー電圧

CELLS1	CELLS0	Battery Voltage	Physical Cell Count	cell_count
INTV _{CC}	INTV _{CC}	6V	3	2
INTV _{CC}	VCC2P5	12V	6	4
INTV _{CC}	GND	18V	9	6
VCC2P5	INTV _{CC}	24V	12	8

直列バッテリー・スタックを充電する場合、バッテリー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バッテリー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。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400μs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・400μs(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[charge_current_setting](#)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_{CC}から約10mAを供給します。この動作モードは、主にパ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。

定電流充電

本チャージャは、定電流モードで([charge_current_setting](#) + 1)・1mV/R_{SNSB}を供給しようと試みます。ここで、[charge_current_setting](#)は0〜31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。代替の制御ループ(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分のみです。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、[charge_current_setting](#)で設定済みの値まで上がることがあります。

動作

充電電流設定抵抗 (R_{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 $(6V + 28.571mV \cdot vcharge_setting) \cdot N$ に保ちます。ここで、N は 1、2、3、4 で、それぞれ 6V、12V、18V、24V のバッテリーを表します。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。 $vcharge_setting$ 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鉛酸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はないことに注意が必要です。これらは単なる目標値です。例えば、 $en_sla_temp_comp$ が真 (デフォルト) の場合、 $vcharge_dac$ は温度補償システムで制御されます。チャージャが吸収充電 ($absorb_charge$)、定電流／定電圧 (cc_cv_charge)、均等充電 ($equalize_charge$) のいずれのフェーズにあるかに応じて、複数の定電圧 ($constant_voltage$) レベルが使われます。

吸収充電

LTC4162 は吸収充電 ($absorb_charge$) フェーズで充電を開始します。吸収充電 ($absorb_charge$) 中、充電電圧は $vcharge_setting + vabsorb_delta$ (デフォルトは $N \cdot 7.2V$) に増加します。ここで、N は 1、2、3、4 で、それぞれ 6V、12V、18V、24V のバッテリーを表します。充電サイクルの最初に、本チャージャは、吸収レベルで定電圧 ($constant_voltage$) モードに入る前の数周期の間、定電流 ($constant_current$) モードに入ります。本チャージャが定電圧 ($constant_voltage$) モードに入ると、 $tabsovertime$ が開始し、吸収充電フェーズが正式に始まります。吸収充電フェーズは、 $tabsovertime$ が max_absorb_time に達するか、バッテリー電流 ($ibat$) が $c_over_x_threshold$ を下回るまで継続します。吸収充電 ($absorb_charge$) フェーズの最後に、本チャージャは充電電圧をちょうど $vcharge_setting$ まで下げ、連続した定電流／定電圧充電 (cc_cv_charge) フェーズに入ります。

定電流／定電圧 (CC-CV) 充電

定電流／定電圧充電 (cc_cv_charge) フェーズでは、LTC4162 はバッテリー電圧サーボ・ループを $vcharge_setting$ に設定します。バッテリーから負荷に電力が直接供給されている場合、負荷電流が $charge_current_setting$ を下回っている限り、スイッチング・チャージャは負荷電流を供給します。負荷電流が $charge_current_setting$ を超えると、バッテリーは最終的に消耗します。この充電アルゴリズムには終了処理はありません。本チャージャは、 $suspend_charger$ で強制的に無効にされない限り、入力電力が利用できる間は定電流／定電圧充電 (cc_cv_charge) フェーズにとどまります。

動作

均等充電

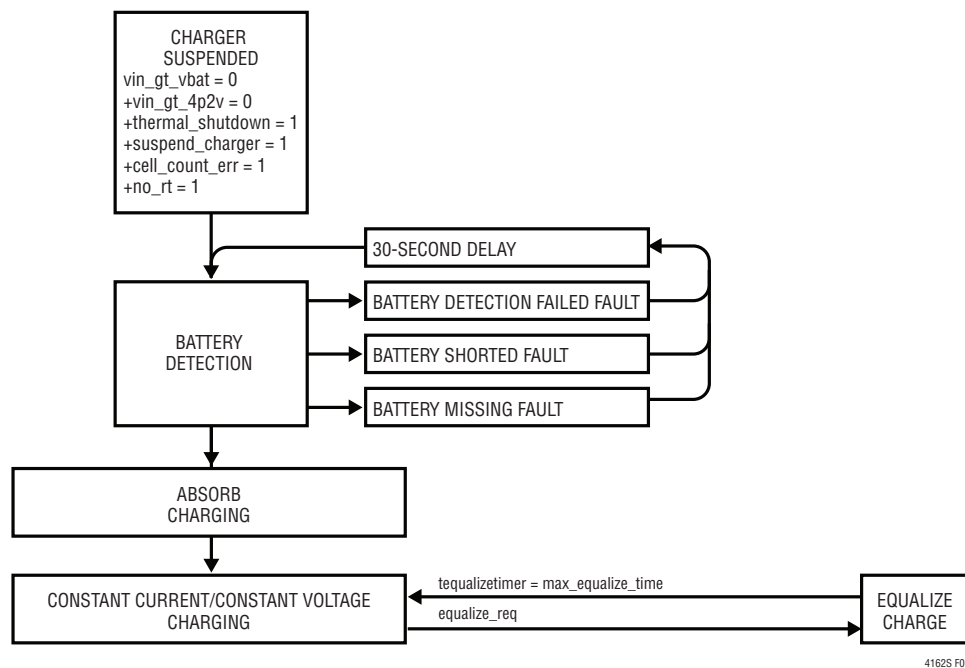
I²C ポート経由で `equalize_req` を使うことで、オプションの均等充電 (`equalize_charge`) フェーズを実行できます。均等充電フェーズでは、充電電圧は `vcharge_setting` + `v_equalize_delta` に設定されます(最大値は $N \cdot 7.8V$)。ここで、 N は 1、2、3、4 で、それぞれ 6V、12V、18V、24V のバッテリーを表します。均等充電 (`equalize_charge`) フェーズでは、バッテリー電圧は吸収電圧よりかなり高くなる可能性があります。この急速バッテリー充電は、バッテリー全体の酸濃度を均等化でき、また、低電流充電条件で形成されていた可能性がある電極の硫酸化合物を除去できます。均等充電は、バッテリーを回復させる可能性があります。しかし、バッテリーの損傷の要因となりうるバッテリーの発熱、一部または全てのセルの過充電、電解液の目減りにつながる可能性もあります。均等充電 (`equalize_charge`) フェーズは、`tequalizetimer` が `max_equalize_time` に

達して LTC4162 が定電流／定電圧充電 (`cc_cv_charge`) フェーズに戻るまで実行します。一般的に、均等充電は密閉型バッテリーでは実行しません。なぜなら、密閉型バッテリーは通常、電解液が目減りした際に補水できないためです。その急速性のために、均等充電の周波数、電圧、時間はバッテリー・メーカーに確認する必要があります。

表6に、各種充電フェーズの25°Cでの充電電圧値を示します。

表6. 12Vバッテリーのデフォルトの充電電圧

PARAMETER	VALUES THAT DETERMINE THE 25°C VALUE	DEFAULT VALUE AT 25°C
VCHARGE	<code>vcharge_setting</code>	13.2V
VABSORB	<code>vcharge_setting</code> + <code>vabsorb_delta</code>	14.4V
VEQUALIZE	<code>vcharge_setting</code> + <code>v_equalize_delta</code>	15.6V



4162S F01

図1. バッテリー充電の状態図

動作

温度補償式充電(en_sla_temp_comp = 1)

en_sla_temp_compが真(デフォルト)の場合、3490KのB値を持つサーミスタ(例: Vishay NTC50402E3103FLT、NTHS0402N02N1002JE)を使う際、LTC4162はセル当たり $-3.8\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ で温度補償します。vcharge_setting、vabsorb_delta、およびv_equalize_deltaはvcharge_dacの 25°C の値を制御します。その他の温度では、vcharge_dacの値は、図2に示す温度プロファイルになるようにサーミスタ電圧(thermistor_voltage)に基づいて調整されます。実際には、vcharge_settingの値を増減することで、この温度プロファイルは上下に移動します。吸収電圧と均等電圧はそれに従います。温度補償応答の傾きはソフトウェア・プログラマブルではありませんが、サーミスタ・バイアス回路を調節することで左右に移動させることができます。vabsorb_deltaのデフォルト値は21であり、セル当たり 2.4V (25°C 時)の吸収電圧に換算されます。v_equalize_deltaのデフォルト値は42であり、セル当たり 2.6V (25°C 時)の均等電圧に換算されます。温度補償は、およそ -55°C ~ 135°C の温度範囲に対応する21437~912のサーミスタ電圧(thermistor_voltage)範囲で有効です。

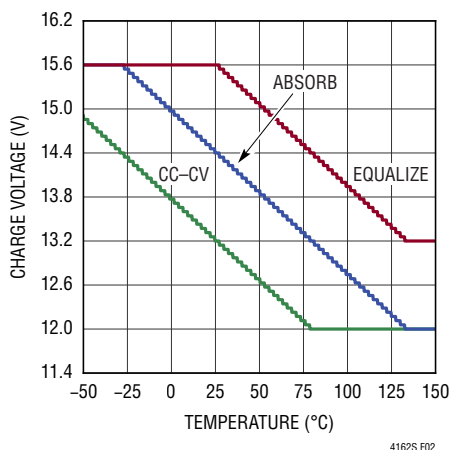


図2. 12V 鉛酸バッテリーの温度プロファイル

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、元々小さなスタンバイ電流(バッテリーのみ)を約 $3.5\mu\text{A}$ 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(vin_gt_4p2v)が検出されると、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_{CC} 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I²C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ト情報は失われます。

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_T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^T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。上記のフォルト条件が全て解消し、 V_{IN} が(BATSENS+ 電圧 + $V_{\text{IN_DUVLO}}$)より高くなると、充電は再び有効になります。

LTC4162の鉛酸派生品

LTC4162-SAD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、安全性を高めるため、v_equalize_delta、max_equalize_time、vabsorb_delta、max_absorb_time、vcharge_setting、en_sla_temp_compを書き込めないようにしたLTC4162-SST非プログラム式バージョンを提供しています。

アプリケーション情報

SMBusとI²C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/I²C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、I²C仕様に準拠するようにDV_{CC}電源に対して内部で調整されます。DV_{CC}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I²C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I²Cに対して拡張されています。LTC4162のシリアル・ポートは、SMBus仕様のワード読出しプロトコルとワード書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、I²C仕様の0Hz~400kHzの速度およびレシオメトリックな(供給電圧に比例した)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。

I²CとSMBusの入力ロジック・レベル仕様は異なります。I²C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、I²C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I²Cの違いを説明しています。I²C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 β 値を持つサーミスタは、安価な低ドリフト直列抵抗(R_{SERIES})を使ってサーミスタの温度依存性を小さく(希釈)することで、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_{NTCBIAS}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_{NTCBIAS}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ある場合があります。サーミスタ・バイアス回路網にもう1本の抵抗(R_{PARALLEL})を追加すると、より高い β 値を持つサーミスタの温度プロファイルを3490Kの β 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_{NTCBIAS}、R_{PARALLEL}、R_{SERIES}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。

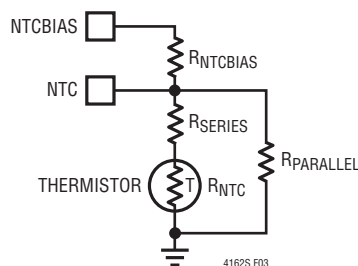
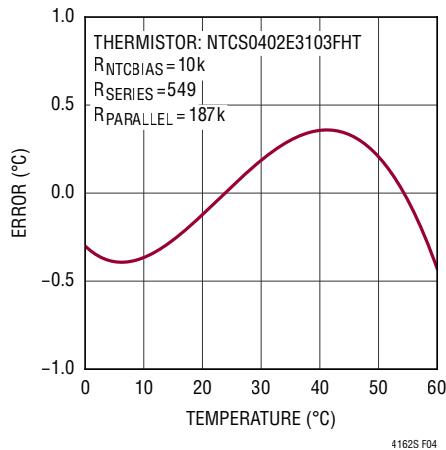


図3. 低ドリフトの直列および並列抵抗によるサーミスタの温度特性の調整

3950Kの $\beta_{25/75}$ 値を持つ10k Ω Vishay NTC50402E3103FHTサーミスタに対して、R_{NTCBIAS} = 10k Ω 、R_{SERIES} = 549 Ω 、R_{PARALLEL} = 187k Ω を使うと、0°C~60°Cの範囲で3490Kの β 値を持つサーミスタのプロファイルをほぼ再現でき、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10mΩであれば、消費電力は $3.2^2 A^2 \cdot 10m\Omega = 102.4mW$ 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。

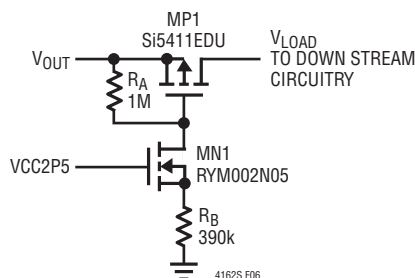


図6. シップ・モードでの下流回路のアイソレーション

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%大きくなります。

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 Ω 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_{OUT} 、 BATSENS+ 、 INTV_{CC} 、 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_{OUT} から 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_{OUT} をバイパスするために低等価直列抵抗(ESR)多層セラミック・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_{OUT} 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_{OUT} 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_{OUT} 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参照)。

アプリケーション情報

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 μ 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_{CC}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_{CC}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_{CC}ピンは4.7 μ F以上(定格6.3V以上)の容量を必要とし、VCC2P5ピンは1 μ 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_{RMS} 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_{DSS})、ゲート・スレッシュホールド電圧、およびオン抵抗(R_{DS(ON)})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_{BAT}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_{DSS}はV_{BAT}の最大電圧に耐える必要があります。一方、出力MOSFETのV_{DSS}はV_{IN}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_{DS}と消費電力が得られるように、R_{DS(ON)}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 μ 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。

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 μ 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。

アプリケーション情報

抵抗性の入力とテスト機器

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、 0.5Ω 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。

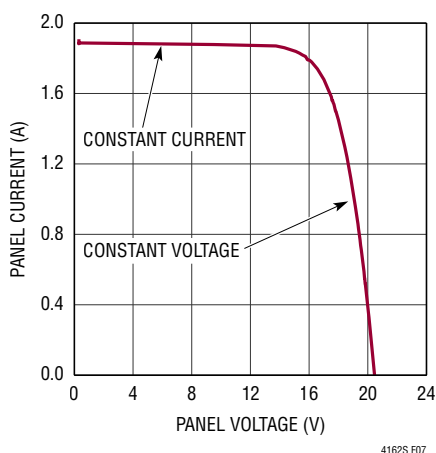


図7. 高品質 40W 太陽光パネル

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 2.5Ω 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 2.5Ω 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)。

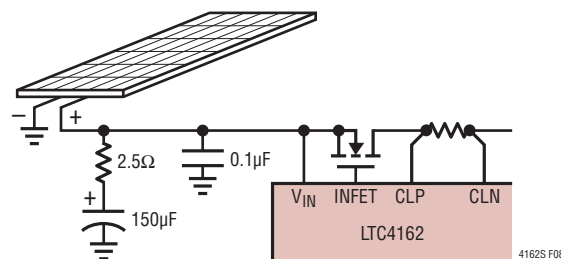


図8. 入力インピーダンス補償回路網

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 1Ω ~ 3Ω 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、 2.5Ω 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。

アプリケーション情報

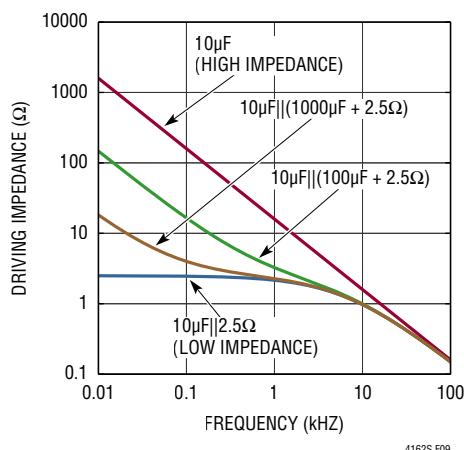


図9. 総合入力インピーダンスと周波数の関係

USB Power Delivery

6Vおよび12V製品向けに、LTC4162はUSB Power Delivery仕様をサポートできます。表7に、バッテリー電圧とUSBプロファイルに関する適合性を示します。

表7. バッテリー電圧のサポートとUSB Power Delivery プロファイル

USB PD Profile	6V Product	12V Products
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_{OUT}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_{OUT}ノードにダイオード・OR接続しているため、V_{OUT}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。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ず、過度の電圧が発生して放射エ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。

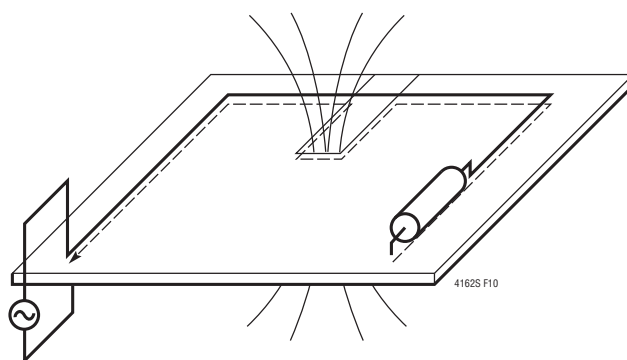


図10. 自然な最小面積経路に従おうとする電流。グラウンド・プレーンに切れ目があるとインピーダンスとEMIが増大します。

アプリケーション情報

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。

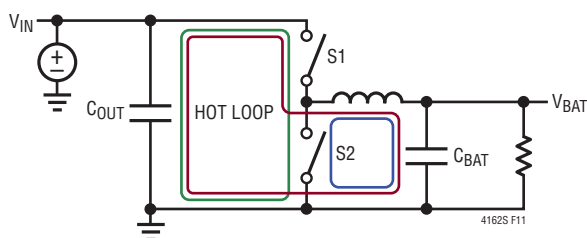


図11. ホット・ループ

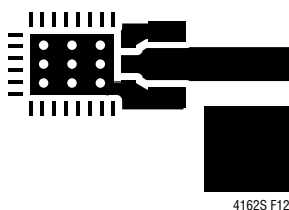


図12. V_{OUT} バイパス・コンデンサおよびインダクタの推奨配置

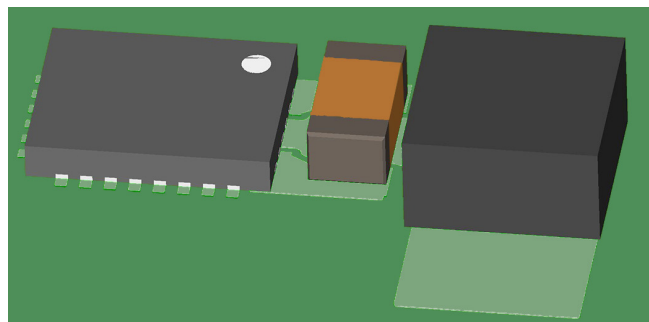


図13. V_{OUT} バイパス・コンデンサおよびインダクタの推奨配置

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_{CC}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

Symbol Name	Command Code	Access	Bit Range	Default	Description
vbat_lo_alert_limit	0x01	R/W	[15:0]	0	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。この値は、CELLS0/CELLS1ピンで選択された6Vの倍数ごとの384.8μV/LSBの倍率を持つA/D値 vbat に基づいています。総バッテリー電圧を計算するには、この値と、1、2、3、4のいずれか(それぞれ6V、12V、18V、24Vのバッテリーを表します)を乗算します。
vbat_hi_alert_limit	0x02	R/W	[15:0]	0	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。この値は、CELLS0/CELLS1ピンで選択された6Vの倍数ごとの384.8μV/LSBの倍率を持つA/D値 vbat に基づいています。総バッテリー電圧を計算するには、この値と、1、2、3、4のいずれか(それぞれ6V、12V、18V、24Vのバッテリーを表します)を乗算します。
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、1.466μV/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、1.466μV/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。 $TDIE(^{\circ}C) = die_temp \times 0.0215^{\circ}C/LSB - 264.4^{\circ}C$ 。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。バッテリー抵抗の測定は、バッテリー充電電流設定抵抗(RSNSB)に比例し、 $BSR = N \times bsr \times RSNSB / 250$ で計算できます(単位はΩ)。ここで、Nは1、2、3、4であり、それぞれCELLS0/CELLS1ピンで設定された6V、12V、18V、24Vのバッテリーを表します。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

Symbol Name	Command Code	Access	Bit Range	Default	Description
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 thermistor_voltage 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 (thermistor_voltage) 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 en_thermistor_voltage_hi_alert を設定することで有効になり、 thermistor_voltage_hi_alert 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 thermistor_voltage 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 (thermistor_voltage) 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 en_thermistor_voltage_lo_alert を設定することで有効になり、 thermistor_voltage_lo_alert 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 telemetry_valid が示した時に、 telemetry_valid_alert 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 (bsr) 測定が終了した時に、 bsr_done_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_vbat_lo_alert			[11]	0	バッテリー電圧 (vbat) が vbat_lo_alert_limit を下回った時に、 vbat_lo_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_vbat_hi_alert			[10]	0	バッテリー電圧 (vbat) が vbat_hi_alert_limit を上回った時に、 vbat_hi_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_lo_alert			[9]	0	入力電圧 (vin) が vin_lo_alert_limit を下回った時に、 vin_lo_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_hi_alert			[8]	0	入力電圧 (vin) が vin_hi_alert_limit を上回った時に、 vin_hi_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_vout_lo_alert			[7]	0	出力電圧 (vout) が vout_lo_alert_limit を下回った時に、 vout_lo_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_vout_hi_alert			[6]	0	出力電圧 (vout) が vout_hi_alert_limit を上回った時に、 vout_hi_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_hi_alert			[5]	0	入力電流 (iin) が iin_hi_alert_limit を上回った時に、 iin_hi_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_ibat_lo_alert			[4]	0	バッテリー電流 (ibat) が ibat_lo_alert_limit を下回った時に、 ibat_lo_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_die_temp_hi_alert			[3]	0	ダイ温度 (die_temp) が die_temp_hi_alert_limit を上回った時に、 die_temp_hi_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_bsr_hi_alert			[2]	0	バッテリー直列抵抗 (bsr) が bsr_hi_alert_limit を上回った時に、 bsr_hi_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_thermistor_voltage_hi_alert			[1]	0	サーミスタ電圧 (thermistor_voltage) が thermistor_voltage_hi_alert_limit を上回った時に、 thermistor_voltage_hi_alert 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 (thermistor_voltage) の読み値が上がることには注意します。
en_thermistor_voltage_lo_alert			[0]	0	サーミスタ電圧 (thermistor_voltage) が thermistor_voltage_lo_alert_limit を下回った時に、 thermistor_voltage_lo_alert 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 (thermistor_voltage) の読み値が下がることに注意します。

レジスタの説明

Symbol Name	Command Code	Access	Bit Range	Default	Description
EN_CHARGER_STATE_ALERTS_REG	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 <i>iin_limit_active</i> と <i>vin_uvcl_active</i> のどちらかが原因です)に起因して、 <i>bat_detect_failed_fault</i> が示される時に <i>bat_detect_failed_fault_alert</i> 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、 <i>battery_detection</i> が示される時に <i>battery_detection_alert</i> を生成すると同時にSMBALERTをアサートする割り込み要求。
en_equalize_charge_alert			[10]	0	バッテリー充電サイクルの均等充電(<i>equalize_charge</i>)フェーズが開始した時に、 <i>equalization_charge_alert</i> を生成すると同時にSMBALERTをアサートする割り込み要求。
en_absorb_charge_alert			[9]	0	バッテリー充電サイクルの吸収充電(<i>absorb_charge</i>)フェーズが開始した時に、 <i>absorb_charge_alert</i> 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(<i>suspend_charger</i>)に起因してバッテリー充電が終了することが、 <i>charger_suspended</i> で示される時に <i>charger_suspended_alert</i> 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(<i>cc_cv_charge</i>)で示される時に <i>cc_cv_charge_alert</i> 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 <i>bat_missing_fault</i> で示される時に <i>bat_missing_fault_alert</i> 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 <i>bat_short_fault</i> で示される時に <i>bat_short_fault_alert</i> を生成すると同時にSMBALERTをアサートする割り込み要求。
EN_CHARGE_STATUS_ALERTS_REG	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-VCNが45mVを上回ると(<i>ilim_reg_active</i>)、 <i>ilim_reg_active_alert</i> 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。
en_thermal_reg_active_alert			[4]	0	<i>thermal_reg_active</i> が真(<i>icharge_dac</i> 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、 <i>thermal_reg_active_alert</i> 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	<i>vin_uvcl_active</i> 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、 <i>vin_uvcl_active_alert</i> 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	<i>iin_limit_active</i> 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、 <i>iin_limit_active_alert</i> 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	<i>constant_current</i> 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、 <i>constant_current_alert</i> 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	<i>constant_voltage</i> 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、 <i>constant_voltage_alert</i> 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(<i>die_temp</i>)を利用した温度レギュレーション帰還ループは <i>thermal_reg_start_temp</i> と <i>thermal_reg_end_temp</i> 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 <i>icharge_dac</i> 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。

レジスタの説明

Symbol Name	Command Code	Access	Bit Range	Default	Description
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	[5:0]	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み込みバッテリー・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。
equalize_req			[0]	0	tbsortimer が max_absorb_time に達すること、またはバッテリー電流 (ibat) が吸収充電 (absorb_charge) の c_over_x_threshold を下回ることのどちらかで吸収充電フェーズが完了すると、均等充電フェーズを実行、または実行するため待機します。均等充電フェーズは、 tequalizetimer が max_equalize_time に達するか、チャージがパワー・サイクルでサスペンド (suspend_charger) すると終了します。均等充電フェーズが完了すると equalize_req は自動的に自己クリアします。 equalize_req に 0 を書き込むことでいつでも均等充電フェーズを中止できます。
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。
input_undervoltage_setting	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 ((input_undervoltage_setting + 1) × 140.625mV) 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。 mppt_en 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 input_undervoltage_dac から読み出すことができます。
arm_ship_mode	0x19	R/W	[15:0]	0	このレジスタを arm 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: arm = 21325
charge_current_setting	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 (charge_current_setting + 1) × 1mV 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、(charge_current_setting + 1) × 1mV / RSNSB で与えられます。 thermal_reg_active が真でない限り、 icharge_dac は charge_current_setting に従います。

レジスタの説明

Symbol Name	Command Code	Access	Bit Range	Default	Description
vcharge_setting	0x1B	R/W	[5:0]	21	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、鉛酸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 $N \times (\text{vcharge_dac} \times 28.571\text{mV} + 6.0\text{V})$ から計算できます (最大値 = 7.8V)。ここで、N は 1、2、3、4 で、それぞれ 6V、12V、18V、24V のバッテリーを表し、vcharge_setting は 0~63 の値を取ります。vcharge_dac は、鉛酸温度補償式充電アルゴリズム (en_sla_temp_comp) がそれを変更していない限り、vcharge_setting に従います。 Enum: vcharge_sla_default = 21
c_over_x_threshold	0x1C	R/W	[15:0]	2184	C/x の検出と吸収充電フェーズの終了の評価に使える ibat 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 (ibat) 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 c_over_x_threshold を c_over_10 (ibat の最大の読み値の 10%、 $32\text{mV} \times 37.5 / 18,191 / 10$) 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 ボルト当たりのカウント数) です。 Enum: c_over_10 = 2184
en_sla_temp_comp	0x29	R/W	[1]	1	温度補償式充電システムを有効にします。en_sla_temp_comp が無効の場合、充電電圧制御は vcharge_setting に戻ります。
vabsorb_delta	0x2A	R/W	[5:0]	21	吸収充電フェーズの吸収追加電圧を制御します。吸収充電フェーズのセル電圧のサーボ・レベルは、この値と vcharge_setting レベルの合計に基づきます。吸収電圧レベルは $N \times ((\text{vabsorb_delta} + \text{vcharge_setting}) \times 28.571\text{mV} + 6.0\text{V})$ で与えられます。ここで、N は 1、2、3、4 で、それぞれ 6V、12V、18V、24V のバッテリーを表します。en_sla_temp_comp が設定されている場合、均等化電圧レベル (25°C) はこの式で与えられますが、 $N \times 11\text{mV}/^\circ\text{C}$ の温度依存性があります。全電圧はハードウェアで最大 $N \times 7.8\text{V}$ に制限されます。デフォルト値の 21 は $N \times 600\text{mV}$ の追加電圧に対応します。vabsorb_delta を 0 に設定すると、吸収充電フェーズは無効になります。 Enums: vabsorb_sla_default = 21, vabsorb_disable = 0
max_absorb_time	0x2B	R/W	[15:0]	5400	このレジスタは、LTC4162 が吸収 (急速) 充電フェーズにとどまる時間の上限値を 1 カウント当たり 1 秒で設定します。実際のタイマー値は tabsortimer で報告されます。デフォルト値の 5400 は 1.5 時間に対応します。 Enums: absorb_15mins = 900, absorb_30mins = 1800, absorb_1hours = 3600, absorb_90mins = 5400, absorb_2hours = 7200
v_equalize_delta	0x2C	R/W	[5:0]	42	equalize_req が設定されている場合、この値は、均等充電 (equalize_charge) フェーズのバッテリーの均等化追加電圧を制御します。均等充電フェーズのバッテリー電圧のサーボ・レベルは、この追加電圧と vcharge_setting レベルの合計に基づきます。en_sla_temp_comp が設定されていない場合、均等化電圧レベルは $N \times ((\text{v_equalize_delta} + \text{vcharge_setting}) \times 28.571\text{mV} + 6.0\text{V})$ で与えられます。ここで、N は 1、2、3、4 で、それぞれ 6V、12V、18V、24V のバッテリーを表します。en_sla_temp_comp が設定されている場合、均等化電圧レベル (25°C) はこの式で与えられますが、 $N \times 11.4\text{mV}/^\circ\text{C}$ の温度依存性があります。デフォルト値の 42 は $N \times 7.8\text{V}$ の均等化電圧に対応します。元々備わっている過充電保護機能を維持するため、最大サーボ電圧は $N \times 7.8\text{V}$ となります。
max_equalize_time	0x2D	R/W	[15:0]	3600	equalize_req が設定されている場合、このレジスタは、LTC4162 が均等充電 (equalize_charge) フェーズにとどまることができる時間の上限値を 1 カウント当たり 1 秒で設定します。実際のタイマー値は tequalizetimer で報告されます。
tabsortimer	0x32	R	[15:0]	0	LTC4162 が充電の吸収フェーズに入ってから経過時間 (秒) です。この値が max_absorb_time を超えると、吸収フェーズは終了し、通常充電が再開します。
tequalizetimer	0x33	R	[15:0]	0	LTC4162 が均等充電 (equalize_charge) フェーズに入ってから経過時間 (秒) です。この値が max_equalize_time に達すると、均等充電フェーズは終了し、通常充電が再開します。

レジスタの説明

Symbol Name	Command Code	Access	Bit Range	Default	Description
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: bat_detect_failed_fault = 4096, battery_detection = 2048, equalize_charge = 1024, absorb_charge = 512, charger_suspended = 256, cc_cv_charge = 64, bat_missing_fault = 2, bat_short_fault = 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、充電ステートでのみ有効です。 Enums: ilim_reg_active = 32, thermal_reg_active = 16, vin_uvcl_active = 8, iin_limit_active = 4, constant_current = 2, constant_voltage = 1, charger_off = 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 EN_LIMIT_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」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、 en_telemetry_valid_alert をクリアすることでもクリアされます。
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 bsr 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、 en_bsr_done_alert をクリアすることでもクリアされます。
vbat_lo_alert			[11]	0	vbat_lo_alert_limit で設定した値をバッテリー電圧(vbat)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、 en_vbat_lo_alert をクリアすることでもクリアされます。
vbat_hi_alert			[10]	0	vbat_hi_alert_limit で設定した値をバッテリー電圧(vbat)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、 en_vbat_hi_alert をクリアすることでもクリアされます。
vin_lo_alert			[9]	0	vin_lo_alert_limit で設定した値を入力電圧(vin)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、 en_vin_lo_alert をクリアすることでもクリアされます。
vin_hi_alert			[8]	0	vin_hi_alert_limit で設定した値を入力電圧(vin)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、 en_vin_hi_alert をクリアすることでもクリアされます。
vout_lo_alert			[7]	0	vout_lo_alert_limit で設定した値を出力電圧(vout)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、 en_vout_lo_alert をクリアすることでもクリアされます。
vout_hi_alert			[6]	0	vout_hi_alert_limit で設定した値を出力電圧(vout)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、 en_vout_hi_alert をクリアすることでもクリアされます。

レジスタの説明

Symbol Name	Command Code	Access	Bit Range	Default	Description
iin_hi_alert			[5]	0	iin_hi_alert_limit で設定した値を入力電流(iin)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、 en_iin_hi_alert をクリアすることでもクリアされます。
ibat_lo_alert			[4]	0	ibat_lo_alert_limit で設定した値をバッテリー電流(ibat)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、 en_ibat_lo_alert をクリアすることでもクリアされます。
die_temp_hi_alert			[3]	0	die_temp_hi_alert_limit で設定した値をダイ温度(die_temp)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、 en_die_temp_hi_alert をクリアすることでもクリアされます。
bsr_hi_alert			[2]	0	bsr_hi_alert_limit で設定した値をバッテリー等価直列抵抗(bsr)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、 en_bsr_hi_alert をクリアすることでもクリアされます。
thermistor_voltage_hi_alert			[1]	0	thermistor_voltage_hi_alert_limit で設定した値をサーミスタ電圧(thermistor_voltage)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、 en_thermistor_voltage_hi_alert をクリアすることでもクリアされます。
thermistor_voltage_lo_alert			[0]	0	thermistor_voltage_lo_alert_limit で設定した値をサーミスタ電圧(thermistor_voltage)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、 en_thermistor_voltage_lo_alert をクリアすることでもクリアされます。
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」ととどまります。
bat_detect_failed_fault_alert			[12]	0	バッテリー検出に失敗したこと(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。
equalization_charge_alert			[10]	0	バッテリー・チャージャが equalize_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_equalize_charge_alert をクリアすることでもクリアされます。
absorb_charge_alert			[9]	0	バッテリー・チャージャが absorb_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_absorb_charge_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 ステート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。
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。
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。

レジスタの説明

Symbol Name	Command Code	Access	Bit Range	Default	Description
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。
ilim_reg_active_alert			[5]	0	充電ステータス(charge_status)が ilim_reg_active 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_ilim_reg_active_alert 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(charge_status)が thermal_reg_active 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_thermal_reg_active_alert 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(charge_status)が vin_uvcl_active 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_vin_uvcl_active_alert 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(charge_status)が iin_limit_active 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_iin_limit_active_alert 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(charge_status)が constant_current 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_constant_current_alert 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(charge_status)が constant_voltage 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_constant_voltage_alert をクリアすることでもクリアされます。
SYSTEM_STATUS_REG	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6V、12V、18V、24V以外のバッテリーが設定された場合、セル数エラーが発生し、充電が禁止されます。 cell_count_err は、テレメトリが無効の場合(チャージャがディセーブルの場合等)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。 no_rt は、バッテリー・チャージャがディセーブルの場合(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	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、CELLS0/CELLS1ピンで選択された6Vの倍数ごとの384.8μV/LSBの倍率を持っています。総バッテリー電圧を計算するには、この値と、1、2、3、4のいずれか(それぞれ6V、12V、18V、24Vのバッテリーを表します)を乗算します。

レジスタの説明

Symbol Name	Command Code	Access	Bit Range	Default	Description
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(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(vout)のA/D測定値を示す符号付き数。この値は、出力電圧測定(A/D倍率(1.653mV/LSB))に基づいています。
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(1.466μV / RSNSB(アンペア/LSB))に基づいています。チャージャがデイスエーブルの場合、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(1.466μV / 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 $TDIE(°C) = die_temp \times 0.0215°C/LSB - 264.4°C$ 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	バッテリー抵抗のA/D測定値を示します。バッテリー抵抗の測定は、バッテリー充電電流設定抵抗(RSNSB)に比例し、 $BSR = N \times bsr \times RSNSB / 250$ で計算できます(単位はΩ)。ここで、Nは1、2、3、4であり、それぞれCELLS0/CELLS1ピンで設定された6V、12V、18V、24Vのバッテリーを表します。充電電流(ibat)がicharge_over_10を下回るとbsr_questionableが設定されます。
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。LTC4162は、3つの物理的な(2V)セルのグループごとにセル数(cell_count)値 = 2を使います(すなわち、6Vのcell_count = 2、12Vのcell_count = 4、18Vのcell_count = 6、24Vのcell_count = 8)。cell_countは、バッテリー・チャージャがデイスエーブルの場合(利用できない入力電源がない場合等)常に0を示します。 Enums: Unknown = 0, 6V Battery = 2, 12V Battery = 4, 18V Battery = 6, 24V Battery = 8
icharge_dac	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。icharge_dac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、charger_stateに基づいてicharge_dac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 $(icharge_dac + 1) \times 1mV$ で与えられます。従って、充電電流サーボ・レベルは $(icharge_dac + 1) \times 1mV/RSNSB$ で与えられます。
vcharge_dac	0x45	R	[5:0]	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、charger_state、thermistor_voltage、およびチャージャ設定値(例: vcharge_setting、vabsorb_delta、v_equalize_delta、en_sla_temp_comp)に基づいてvcharge_dacの値を設定します。充電電圧設定値は $N \times (vcharge_dac \times 28.571mV + 6.0V)$ から計算できます。ここで、Nは1、2、3、4で、それぞれ6V、12V、18V、24Vのバッテリーを表し、vcharge_settingは0~63の値を取ります。

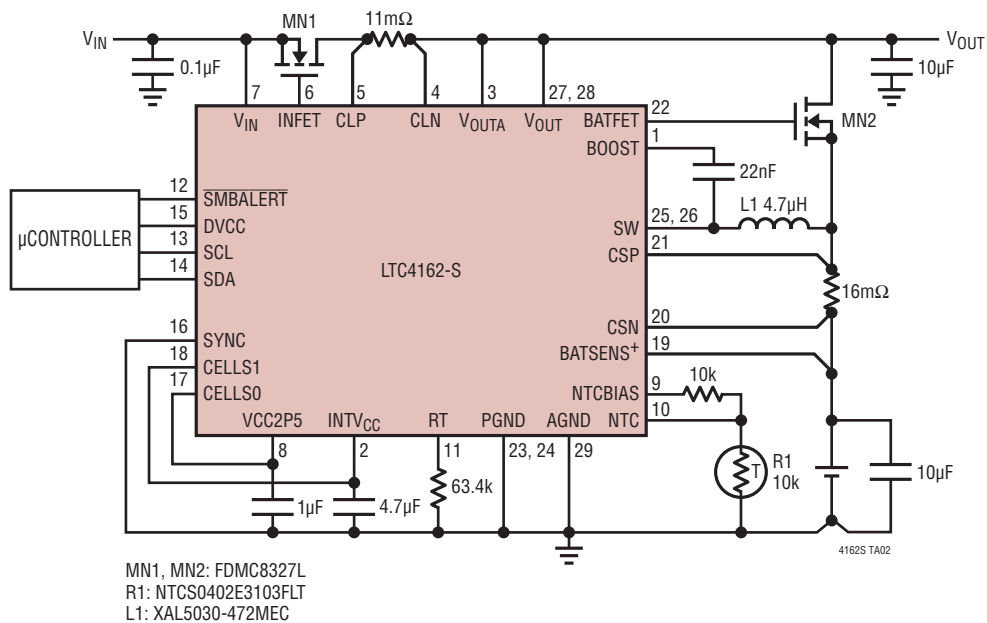
レジスタの説明

Symbol Name	Command Code	Access	Bit Range	Default	Description
iin_limit_dac	0x46	R	[5:0]	0	実際の入力電流制限値を示します。iin_limit_dacはiin_limit_targetで設定された値に従います。入力電流は(iin_limit_dac+1)×500μV / RSNSIで与えられる最大値に調整されます。
vbat_filt	0x47	R	[15:0]	0	バッテリー電圧(vbat)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、CELLS0/CELLS1ピンで選択された6Vの倍数ごとの384.8μV/LSBの倍率を持つA/D値vbatに基づいています。総バッテリー電圧を計算するには、この値と、1、2、3、4のいずれか(それぞれ6V、12V、18V、24Vのバッテリーを表します)を乗算します。
bsr_charge_current	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、1.466μV/RSNSB(アンペア/LSB)の倍率を持つA/D値ibatに基づいています。バッテリー直列抵抗(bsr)テストでibatの値がicharge_over_10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bsr_questionable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ibat、より大きなbsr_charge_current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: icharge_over_10 = 2184
TELEMETRY_STATUS_REG	0x4A	R	[1:0]	0	テレメトリ・システムのステータス・レジスタ
bsr_questionable			[1]	0	最後のバッテリー直列抵抗(bsr)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(ibat)がicharge_over_10を下回った)ことが原因で、バッテリー直列抵抗測定に疑問があることを示します。bsr_charge_current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(ibat)のA/D値を格納します。
telemetry_valid			[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。
input_undervoltage_dac	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(input_undervoltage_dac+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input_undervoltage_settingに従います。

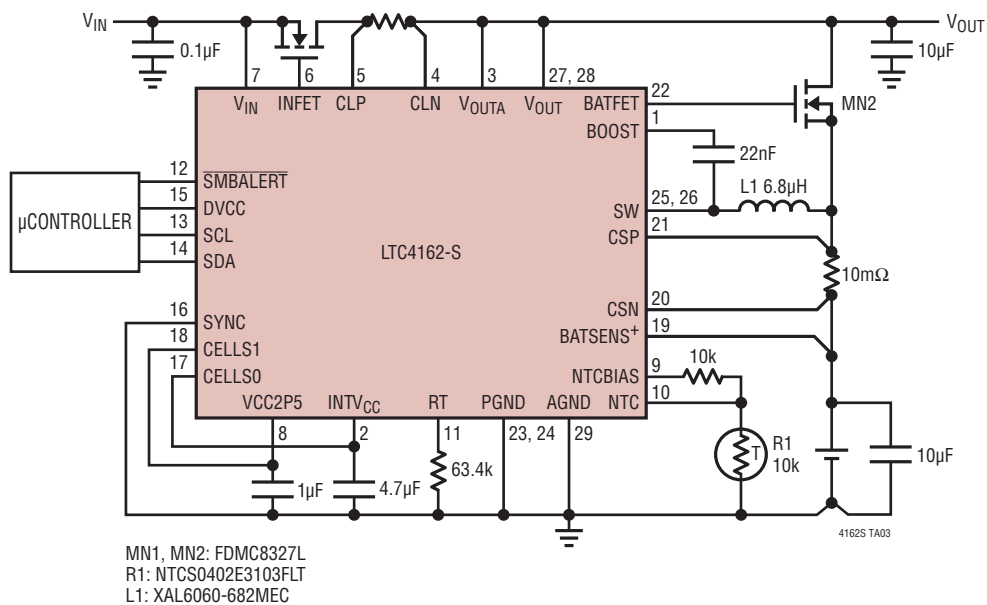
リビジョン:1773 日付:2018/03/15 22:40:27 -0400 (2018年3月15日、木曜日)

代表的なアプリケーション

PowerPathを備えた12V USB Power Deliveryチャージャ



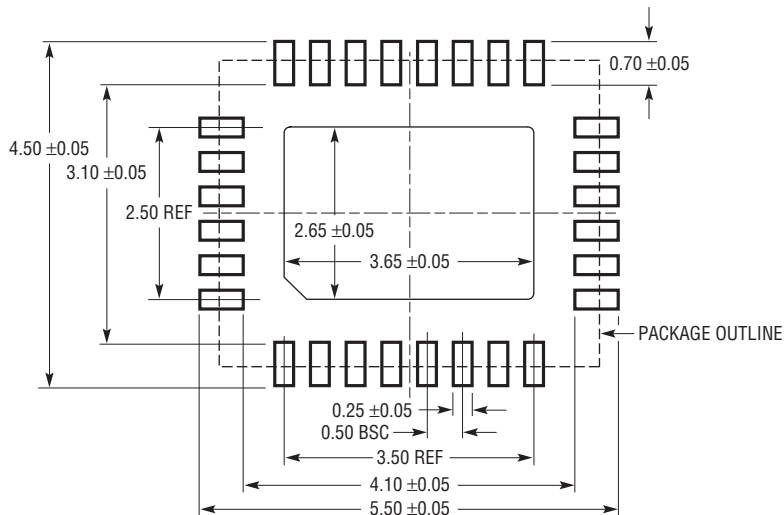
PowerPathと2A入力制限機能を備えた32V～24V 3.2Aチャージャ



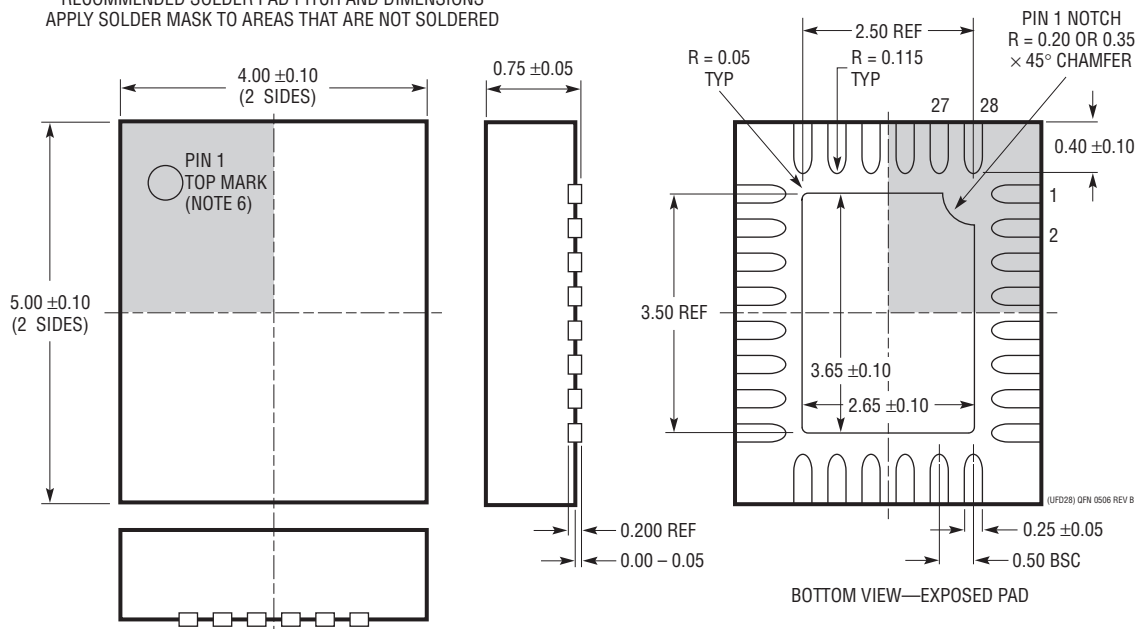
パッケージ

最新のパッケージ図は、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC4162-S#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

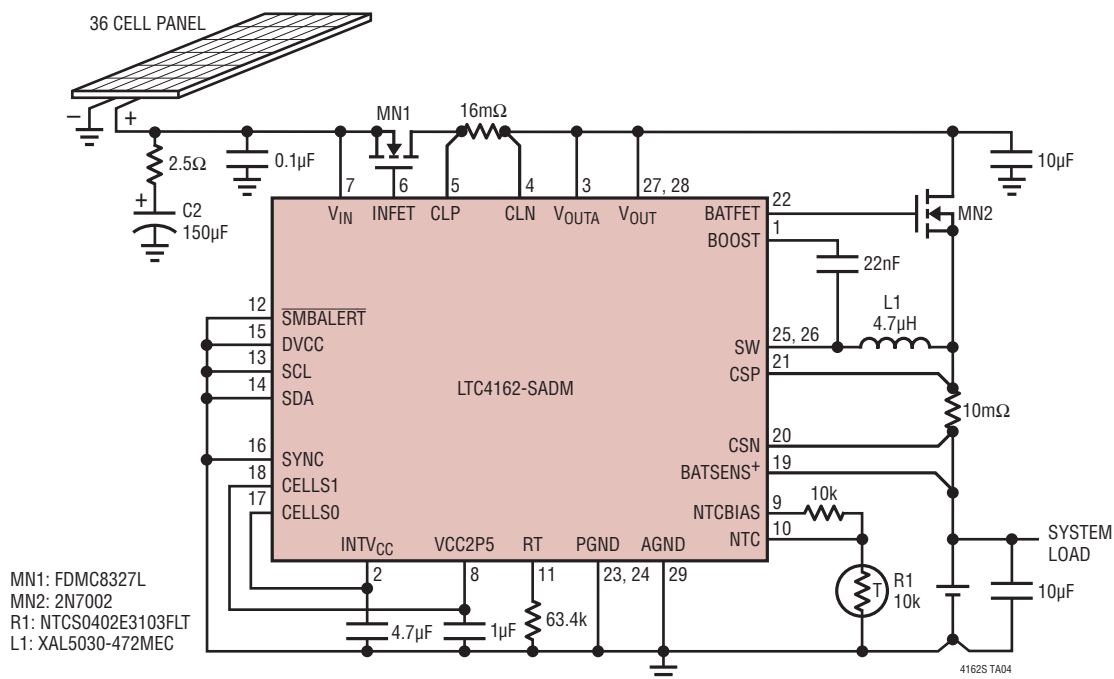


注記：

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

最大電力点追従機能を備えた太陽電池式12V 3.2Aチャージャ



関連製品

製品番号	概要	注釈
LTC4015	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 ₄ 、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 _{BTA} 、I _{BAT} 、R _{BAT} 、NTC比(バッテリー温度)、V _{IN} 、I _{IN} 、V _{SYSTEM} 、およびダイ温度の監視、クーロン・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
LT3651-4.X/ LT3651-8.X	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 _{IN} ≤ 32V(絶対最大定格:40V)、1MHz、4A、プログラマ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
LT3652/ LT3652HV	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 _{IN} ≤ 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 _{IN} = 34V)
LTC4012/ LTC4012-1/ LTC4012-2/ LTC4012-3	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)
LTC4020	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
LTC4121/ LTC4121-4.2	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 _{IN} ≤ 40V、3mm×3mm QFN-16パッケージ
LTC4155	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
LT8490	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。