

スマート・バッテリー・
チャージャ・コントローラ

特長

- シングルチップ・スマート・バッテリー・チャージャ・コントローラ
- 100%準拠 (Rev1.1) の SMBus サポートにより、ホストの有無に関係なく動作可能
- 最大4Aの充電電流が可能
- 高効率同期整流式降圧チャージャ
- 3~5.5Vに最適化されたV_{BAT}
- SMBus タイミングを改善する SMBus アクセラレータ
- ハードウェア割り込みと SMBAlert 応答により、割り込みポーリングが不要
- 損失電圧0.5V、最大デューティ・サイクル > 98%
- 充電レートを最大にする ACアダプタ電流制限
- 電圧精度 ±0.8%、電流精度 ±4%
- 充電電流プログラム用の10ビットDAC
- 充電電圧プログラム用の11ビットDAC
- ユーザが選択可能な過電圧および過電流制限
- ノイズ耐性の高い SafetySignal センサ
- 24ピン SSOP パッケージ


アプリケーション

- 携帯型計測器および携帯コンピュータ
- データ・ストレージ・システム
およびバッテリー・バックアップ・サーバ

概要

スマート・バッテリー・チャージャLTC® 4101は、SBS準拠システムの構築を大幅に簡素化するシングルチップ充電ソリューションです。LTC4101はレベル2チャージャ機能を実装しているので、バッテリーまたはホストによってプログラム可能です。充電されているバッテリーのSafetySignalをモニタすることにより、温度、接続状態、バッテリータイプの情報が得られます。SMBusインターフェイスはACアダプタが取り外されても動作を維持し（ChargerStatusコマンドによる）SafetySignalステータスを含む、命令されたすべてのSMBusアクティビティに応答します。また、（バッテリーの取り外し、ACアダプタの接続などの）状態変化が検出されるたびに、チャージャがホストに対して割り込みを行います。

充電電流と充電電圧は、システムの安全性と信頼性を向上させるために、バッテリーの種類に固有の限界値に制限されています。限界値は、2本の外付け抵抗で設定されます。また、ACアダプタからの最大平均電流をプログラム可能なので、負荷電流と充電電流を同時に供給する際にアダプタに過負荷がかかるのを防止できます。システム負荷電流を供給する場合、充電電流が自動的に低減され、アダプタの過負荷を防ぎます。

 LT, LTC, LTM, Linear TechnologyとLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。*米国特許番号6650174, 5723970.

標準的応用例

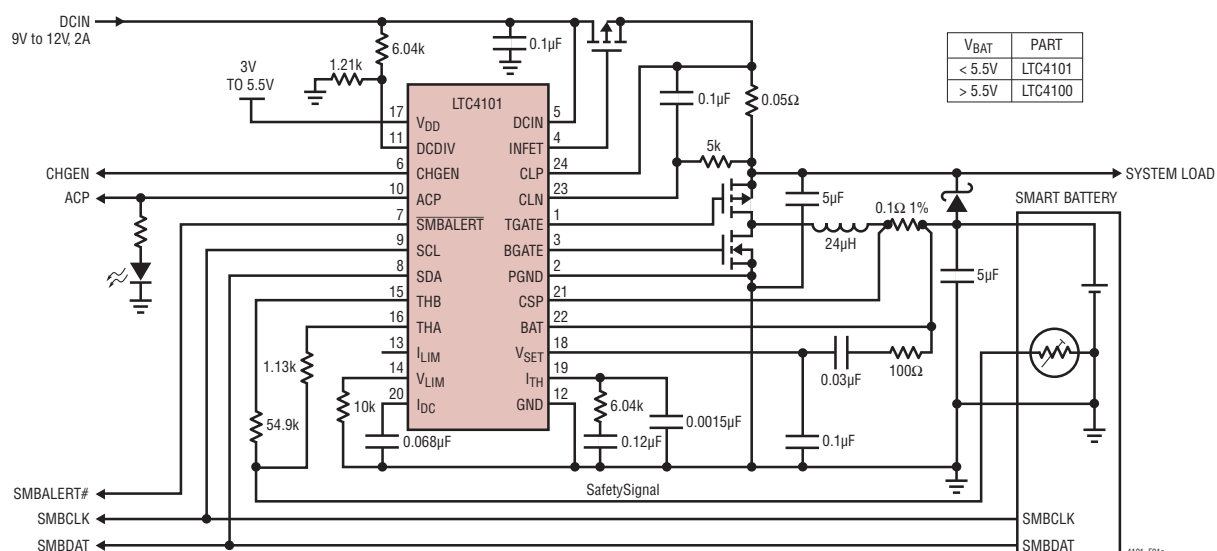


図1. 1Aスマート・バッテリー・チャージャ

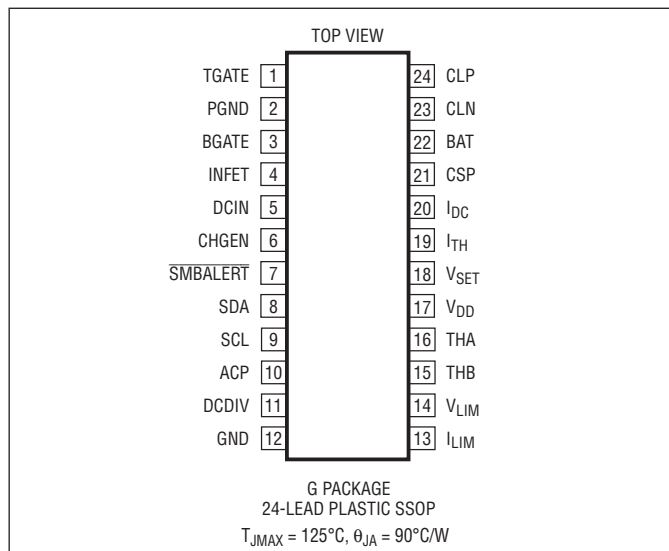
LTC4101

絶対最大定格

(Note 1)

GND基準V _{DD} 電圧	7V/−0.3V
GND基準CHGEN、DCDIV、SDA、 SCLとSMBALERT電圧	7V/−0.3V
GND基準DCIN、CLP、CLN電圧	32V/−0.3V
CLN基準CLP電圧	±0.3V
GND基準PGND	±0.3V
GND基準CSP、BAT	28V/−5V
動作周囲温度範囲 (Note 4)	−40°C~85°C
接合部温度範囲	−40°C~125°C
保存温度範囲	−65°C~150°C
リード温度 (ハンダ付け、10秒)	300°C

パッケージ/発注情報



発注情報

鉛フリー仕様	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LTC4101EG#PBF	LTC4101EG#TRPBF	LTC4101EG	24-Lead Plastic SSOP	−40°C to 85°C
鉛ベース仕様	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LTC4101EG	LTC4101EG#TR	LTC4101EG	24-Lead Plastic SSOP	−40°C to 85°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

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

テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/> をご覧ください。

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する、それ以外はT_A = 25°Cでの値。注記がない限り、V_{DCIN} = 20V、V_{DD} = 3.3V、V_{BAT} = 4V、(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
	DCIN Operating Range	●	6		28	V
I _{DCIN}	DCIN Operating Current	Charging, Sum of Currents on DCIN, CLP and CLN		3	5	mA
V _{TOL}	Charge Voltage Accuracy	(Note 2)	−1.1 −1.3		1.1 1.3	% %
I _{TOL}	Charge Current Accuracy (Note 3)	V _{CSP} − V _{BAT} Target = 102.3mV I _{DAC} = 0xFFFF	−2 −3		6 7	% %
V _{DD}	V _{DD} Operating Voltage	0V ≤ V _{DCIN} ≤ 28V	●	3	5.5	V
Shutdown						
	Battery Leakage Current	DCIN = 0V, V _{CLP} = V _{CLN} = V _{CSP} = V _{BAT}	●	15	35	μA
UVLO	Undervoltage Lockout Threshold	DCIN Rising, V _{BAT} = 0V	●	4.2	4.7	V
	V _{DD} Power-Fail	Part Held in Reset Until this V _{DD} Present	●		3	V
	DCIN Current in Shutdown	V _{CHGEN} = 0V		2	3	mA

4101fa

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する、それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{\text{DCIN}} = 20\text{V}$ 、 $V_{\text{DD}} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{\text{BAT}} = 4\text{V}$ 、(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Current Sense Amplifier, CA1							
	Input Bias Current into BAT Pin				11.66		μA
CMSL	CA1/I ₁ Input Common Mode Low		●	0			V
CMSH	CA1/I ₁ Input Common Mode High	$V_{\text{DCIN}} \leq 28\text{V}$	●			$V_{\text{CLN}} - 0.2$	V
Current Comparators I_{REV}							
I _{TREV}	Reverse Current Threshold ($V_{\text{CSP}} - V_{\text{BAT}}$)				-30		mV
Current Sense Amplifier, CA2							
	Transconductance				1		mmho
	Source Current	Measured at I _{TH} , V _{ITH} = 1.4V			-40		μA
	Sink Current	Measured at I _{TH} , V _{ITH} = 1.4V			40		μA
Current Limit Amplifier							
	Transconductance				1.5		mmho
V _{CLP}	Current Limit Threshold		●	93	100	107	mV
I _{CLN}	CLN Input Bias Current				50		nA
Voltage Error Amplifier, EA							
	Transconductance				1		mmho
	Sink Current	Measured at I _{TH} , V _{ITH} = 1.4V			36		μA
OVSD	Overvoltage Shutdown Threshold as a Percent of Programmed Charger Voltage		●	102	107	110	%
Input P-Channel FET Driver (INFET)							
	DCIN Detection Threshold ($V_{\text{DCIN}} - V_{\text{CLP}}$)	DCIN Voltage Ramping Up from $V_{\text{CLP}} - 0.05\text{V}$	●	0	0.17	0.25	V
	Forward Regulation Voltage ($V_{\text{DCIN}} - V_{\text{CLP}}$)		●		25	50	mV
	Reverse Voltage Turn-Off Voltage ($V_{\text{DCIN}} - V_{\text{CLP}}$)		●	-60	-25		mV
	INFET ON Clamping Voltage ($V_{\text{DCIN}} - V_{\text{INFET}}$)	I _{INFET} = 1 μA	●	5	5.8	6.5	V
	INFET OFF Clamping Voltage ($V_{\text{DCIN}} - V_{\text{INFET}}$)	I _{INFET} = -25 μA				0.25	V
Oscillator							
f _{OSC}	Regulator Switching Frequency			255	300	345	kHz
f _{MIN}	Regulator Switching Frequency in Drop Out	Duty Cycle $\geq 98\%$		20	25		kHz
DC _{MAX}	Regulator Maximum Duty Cycle	$V_{\text{CSP}} = V_{\text{BAT}}$		98	99		%
Gate Drivers (TGATE, BGATE)							
	V _{TGATE} High ($V_{\text{CLP}} - V_{\text{TGATE}}$)	I _{TGATE} = -1mA				50	mV
	V _{BGATE} High	C _{LOAD} = 3000pF		4.5	5.6	10	V
	V _{TGATE} Low ($V_{\text{CLP}} - V_{\text{TGATE}}$)	C _{LOAD} = 3000pF		4.5	5.6	10	V
	V _{BGATE} Low	I _{BGATE} = 1mA				50	mV
TGTR TGTF	TGATE Transition Time						
	TGATE Rise Time	C _{LOAD} = 3000pF, 10% to 90%			50	110	ns
BGTR BGTF	BGATE Transition Time						
	BGATE Rise Time	C _{LOAD} = 3000pF, 10% to 90%			40	90	ns
	TGATE Fall Time	C _{LOAD} = 3000pF, 10% to 90%			50	100	ns
	BGATE Fall Time	C _{LOAD} = 3000pF, 10% to 90%			40	80	ns
	V _{TGATE} at Shutdown ($V_{\text{CLN}} - V_{\text{TGATE}}$)	I _{TGATE} = -1 μA				100	mV

4101fa

LTC4101

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する、それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{\text{DCIN}} = 20\text{V}$ 、 $V_{\text{DD}} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{\text{BAT}} = 4\text{V}$ 、(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
	V_{BGATE} at Shutdown	$I_{\text{TGATE}} = 1\mu\text{A}$			100	mV

AC Present Comparator

V_{ACP}	DCDIV Threshold	V_{DCDIV} Rising from 1V to 1.4V	●	1.14	1.20	1.26	V
	DCDIV Hysteresis			25			mV
	DCDIV Input Bias Current	$V_{\text{DCDIV}} = 1.2\text{V}$		-1		1	μA
	ACP V_{OH}	$I_{\text{ACP}} = -2\text{mA}$		2			V
	ACP V_{OL}	$I_{\text{ACP}} = 1\text{mA}$				0.5	V
	DCDIV to ACP Delay	$V_{\text{DCDIV}} = 1.3\text{V}$				10	μs

SafetySignal Decoder

	SafetySignal Trip (RES_COLD/RES_OR)	$R_{\text{THA}} = 1130\Omega \pm 1\%$, $C_{\text{TH}} = 1\text{nF}$ (Note 6) $R_{\text{THB}} = 54.9\Omega \pm 1\%$	●	95	100	105	k Ω
	SafetySignal Trip (RES_IDEAL/RES_COLD)	$R_{\text{THA}} = 1130\Omega \pm 1\%$, $C_{\text{TH}} = 1\text{nF}$ (Note 6) $R_{\text{THB}} = 54.9\Omega \pm 1\%$	●	28.5	30	31.5	k Ω
	SafetySignal Trip (RES_HOT/RES_IDEAL)	$R_{\text{THA}} = 1130\Omega \pm 1\%$, $C_{\text{TH}} = 1\text{nF}$ (Note 6) $R_{\text{THB}} = 54.9\Omega \pm 1\%$	●	2.85	3	3.15	k Ω
	SafetySignal Trip (RES_UR/RES_HOT)	$R_{\text{THA}} = 1130\Omega \pm 1\%$, $C_{\text{TH}} = 1\text{nF}$ (Note 6) $R_{\text{THB}} = 54.9\Omega \pm 1\%$	●	425	500	575	Ω
	Time Between SafetySignal Measurements	DCDIV = 1.3V DCDIV = 1V			32	250	ms ms

DACs

	Charging Current Resolution	Guaranteed Monotonic Above $I_{\text{MAX}}/16$		10			Bits
	Charging Current Granularity	$R_{\text{ILIM}} = 0$ $R_{\text{ILIM}} = 10\text{k} \pm 1\%$ $R_{\text{ILIM}} = 33\text{k} \pm 1\%$ $R_{\text{ILIM}} = \text{Open (or Short to } V_{\text{DD}})$			1 2 4 4		mA mA mA mA
	Wake-Up Charging Current ($I_{\text{WAKE-UP}}$)	All Values of R_{ILIM} All Values of R_{VLIM}			80 (Note 5)		mA
	Charging Current Limit CSP – BAT	$R_{\text{ILIM}} = 0$ (0-1A) Charging Current = 0x03FF (0x0400 Note 7)		97.3		107.3	mV
		$R_{\text{ILIM}} = 10\text{k} \pm 1\%$ (0-2A) Charging Current = 0x07FE (0x0800 Note 7)		97.3		107.3	mV
		$R_{\text{ILIM}} = 33\text{k} \pm 1\%$ (0-3A) Charging Current = 0x0BFC (0x0C00 Note 7)		72.3		82.3	mV
		$R_{\text{ILIM}} = \text{Open (or Short to } V_{\text{DD}})$ (0-4A) Charging Current = 0x0FFC (0x1000 Note 7)	●	97.3		107.3	mV
	Charging Voltage Resolution	Guaranteed Monotonic ($2.9\text{V} \leq V_{\text{BAT}} \leq 5.6\text{V}$)		11			Bits
	Charging Voltage Granularity				16		mV
	Charging Voltage Limit	$R_{\text{VLIM}} = 0$ Charging Voltage = 0x1090 (Note 7)		4.206	4.240	4.274	V
		$R_{\text{VLIM}} = 10\text{k} \pm 1\%$ Charging Voltage = 0x10D0 (Note 7)		4.270	4.304	4.338	V
		$R_{\text{VLIM}} = 33\text{k} \pm 1\%$ Charging Voltage = 0x1150 (Note 7)		4.397	4.432	4.467	V
		$R_{\text{VLIM}} = 100\text{k} \pm 1\%$ Charging Voltage = 0x11A0 (Note 7)		4.476	4.512	4.548	V
		$R_{\text{VLIM}} = \text{Open (or Short to } V_{\text{DD}})$ Charging Voltage = 0x1580 (Note 7)		5.460	5.504	5.548	V

4101fa

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する、それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{\text{DCIN}} = 20\text{V}$ 、 $V_{\text{DD}} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{\text{BAT}} = 4\text{V}$ 、(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Logic Levels							
V_{IL}	SCL/SDA Input Low Voltage	$V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ and $V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$	●			0.8	V
V_{IH}	SCL/SDA Input High Voltage	$V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ and $V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$	●	2.1			V
V_{OL}	SDA Output Low Voltage	$I_{\text{PULL-UP}} = 350\mu\text{A}$	●			0.4	V
I_{IL}	SCL/SDA Input Current	$V_{\text{SDA}}, V_{\text{SCL}} = V_{\text{IL}}$		-1		1	μA
I_{IH}	SCL/SDA Input Current	$V_{\text{SDA}}, V_{\text{SCL}} = V_{\text{IH}}$		-1		1	μA
V_{OL}	SMBALERT Output Low Voltage	$I_{\text{PULL-UP}} = 500\mu\text{A}$	●			0.4	V
	SMBALERT Output Pull-Up Current	$V_{\text{SMBALERT}} = V_{\text{OL}}$		-17.5	-10	-3.5	μA
I_{LEAK}	SDA/SCL/SMBALERT Power Down Leakage	$V_{\text{SDA}}, V_{\text{SCL}}, V_{\text{SMBALERT}} = 5.5\text{V}, V_{\text{DD}} = 0\text{V}$	●	-2		2	μA
V_{OL}	CHGEN Output Low Voltage	$I_{\text{OL}} = 100\mu\text{A}$	●			0.5	V
	CHGEN Output Pull-Up Current	$V_{\text{CHGEN}} = V_{\text{OL}}$		-17.5	-10	-3.5	μA
V_{IL}	CHGEN Input Low Voltage		●			0.9	V
V_{IH}	CHGEN Input High Voltage	$V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ $V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$	●	2.5	3.9		V V
	Power-On Reset Duration	V_{DD} Ramp from 0V to >3V in <5 μs			100		μs
SMBus Timing (Refer to System Management Bus Specification, Revision 1.1, Section 2.1 for Timing Diagrams)							
t_{HIGH}	SCL Serial Clock High Period	$I_{\text{PULL-UP}} = 350\mu\text{A}, C_{\text{LOAD}} = 250\text{pF}, R_{\text{PU}} = 9.31\text{k}, V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ and $V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$	●	4			μs
t_{LOW}	SCL Serial Clock Low Period	$I_{\text{PULL-UP}} = 350\mu\text{A}, C_{\text{LOAD}} = 250\text{pF}, R_{\text{PU}} = 9.31\text{k}, V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ and $V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$	●	4.7		15000	μs
t_{R}	SDA/SCL Rise Time	$C_{\text{LOAD}} = 250\text{pF}, R_{\text{PU}} = 9.31\text{k}, V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ and $V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$	●			1000	ns
t_{F}	SDA/SCL Fall Time	$C_{\text{LOAD}} = 250\text{pF}, R_{\text{PU}} = 9.31\text{k}, V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ and $V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$	●			300	ns
$t_{\text{SU:STA}}$	Start Condition Setup Time	$V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ and $V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$	●	4.7			μs
$t_{\text{HD:STA}}$	Start Condition Hold Time	$V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ and $V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$	●	4			μs
$t_{\text{HD:DAT}}$	SDA to SCL Falling-Edge Hold Time, Slave Clocking in Data	$V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ and $V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$	●	300			ns
t_{TIMEOUT}	Time Between Receiving Valid ChargingCurrent() and ChargingVoltage() Commands	$V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ and $V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$	●	140	175	210	sec

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。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可能性がある。

Note 2: テスト回路を参照。

Note 3: 電流センス抵抗の許容誤差は含まない。

Note 4: LTC4101Eは 0°C から 85°C の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 -40°C から 85°C の動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。

Note 5: 電流精度は補償回路とセンス抵抗に依存する。

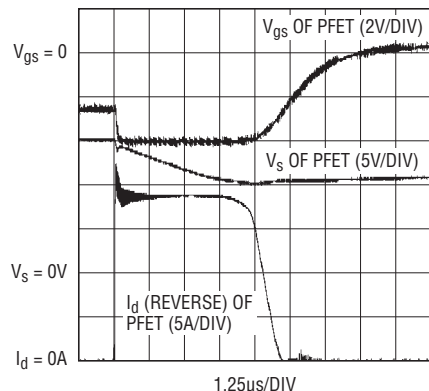
Note 6: C_{TH} は THA 、 THB および SafetySignal の各容量の総和として定義される。

Note 7: この値以上のHEX値が用いられると該当するオーバーレンジ・ビットがセットされます。

LTC4101

標準的性能特性 注記がない限り $T_A = 25^\circ\text{C}$

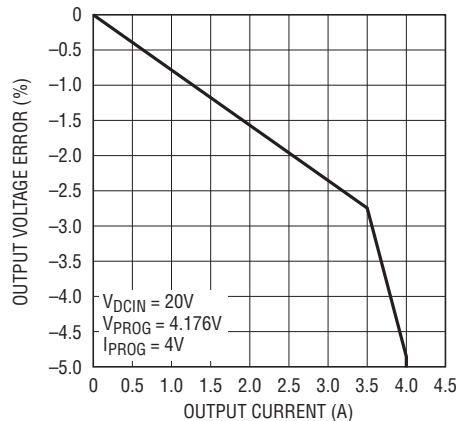
逆電流に対するINFETの応答時間



TEST PERFORMED ON DEMOBOARD
 $V_{IN} = 15V_{DC}$ $V_{CHARGE} = 4.2V$
 CHARGER = ON INFET = 1/2 Si4925DY
 $I_{CHARGE} < 10mA$

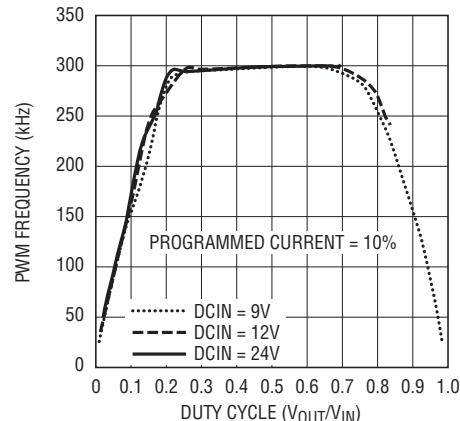
4101 G01

出力電圧と出力電流



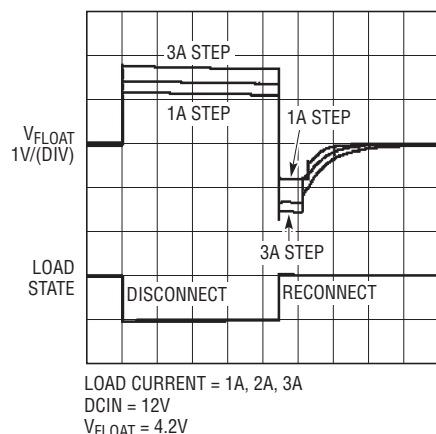
4101 G02

PWM周波数とデューティ・サイクル



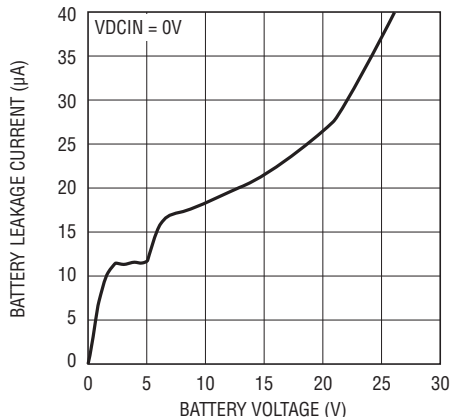
4101 G03

バッテリーの切断/再接続
(負荷ダンブ)



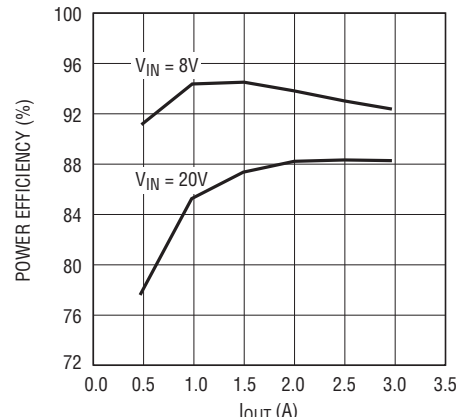
4101 G04

バッテリーのリーク電流と
バッテリー電圧



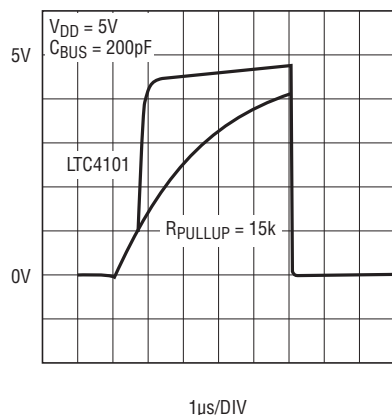
4101 G05

$V_{PROG} = 4.208V$ での効率



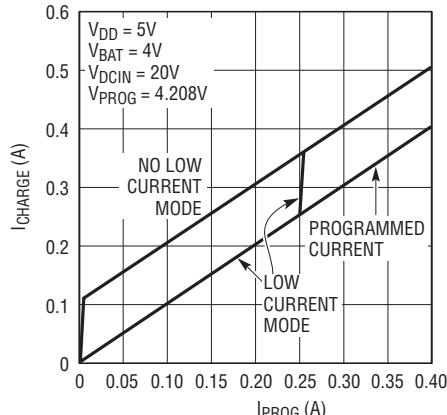
4101 G06

SMBusアクセラレータの動作



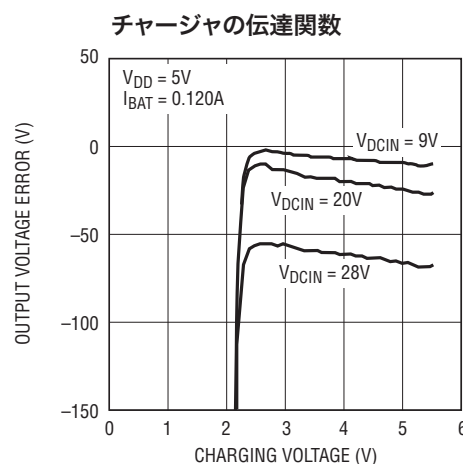
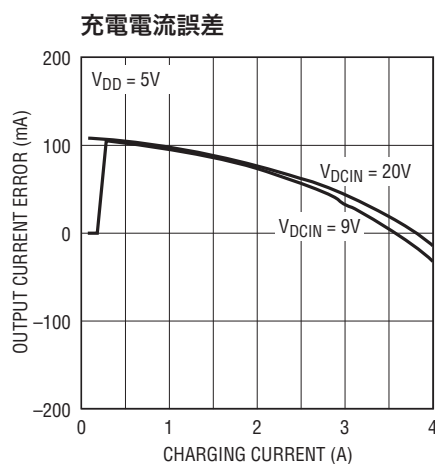
4101 G07

低電流動作



4101 G08

4101fa

標準的性能特性 注記がない限り $T_A = 25^\circ\text{C}$ 

ピン機能

TGATE (ピン1): バッテリ・チャージャ降圧コンバータのトップ外部P-MOSFETをドライブします。

PGND (ピン2): BGATEドライバの高電流グラウンド・リターン。

BGATE (ピン3): バッテリ・チャージャ降圧コンバータのボトム外部N-MOSFETをドライブします。

INFET (ピン4): 外部入力P-MOSFETのゲートをドライブします。

DCIN (ピン5): 外部DC電源入力。0.1 μF でグラウンドへバイパスします。

CHGEN (ピン6): チャージャ機能をイネーブルするデジタル双方向ピン。このピンはワイヤードANDバスとして接続されています。

以下のイベントはChargerStatusレジスタのPOWER_FAILビットをセットします。

1. 外部デバイスによりCHGEN信号が0.9V～GND内に引き下げられた場合；
2. ACアダプタの電圧がバッテリー電圧を上回らない場合。

SMBALERT (ピン7): ホストへのアクティブ“L”の割り込み出力 (SMBusレビジョン1.1仕様ではSMBALERT信号と呼ばれる)。チャージャ・レジスタのステータスが変化し、ホストがLTC4101のステータス・レジスタを読んで、ホスト側で何らかのアクションが必要かどうかを決定しなければならないことをホストに知らせます。この信号はSMBusのオプション・ラインに接続可能です。VDDへの弱い電流源プルアップ付きオープン・ドレイン出力です (ショットキを使い外部で5Vにプルアップできます)。

SDA (ピン8): (ホストに制御された) メインSMBusからのSMBusデータ信号。外部プルアップ抵抗が必要です。

SCL (ピン9): (ホストに制御された) メインSMBusからのSMBusクロック信号。外部プルアップ抵抗が必要です。

ACP (ピン10): この出力はDCDIVコンパレータの値を示します。AC電源の有無を示すのに利用できます。

DCDIV (ピン11): 電源分割器入力。ハイ・インピーダンスのコンパレータ入力です。スレッシュホールド (立ち上がりエッジ) が1.2Vで、ヒステリシスが備わっています。

GND (ピン12): デジタルとアナログ回路グラウンド。

ピン機能

I_{LIM} (ピン13) : 外部抵抗をこのピンとGND間に接続します。外部抵抗の値は、設定されたチャージャ電流の範囲および分解能をプログラムします。これはデジタル機能でアナログではありません。

V_{LIM} (ピン14) : 外部抵抗をこのピンとGND間に接続します。外部抵抗の値は、チャージャ電圧の範囲および分解能をプログラムします。これはデジタル機能でアナログではありません。

THB (ピン15) : スマート・バッテリーへのSafetySignalの強制/センス・ピン。詳細に関しては、動作概要を参照してください。THA、THBおよびSafetySignalの最大許容総容量は1nFです(図4を参照)。この回路の正常動作のためには、このピンとバッテリーのSafetySignalの間に54.9kの直列抵抗が必要です。

THA (ピン16) : スマート・バッテリーへのSafetySignalの強制/センス・ピン。詳細に関しては、動作概要を参照してください。THA、THBおよびSafetySignalの最大許容総容量は1nFです(図4を参照)。この回路の正常動作のためには、このピンとバッテリーのSafetySignalの間に1130Ωの直列抵抗が必要です。

V_{DD} (ピン17) : LTC4101 デジタル回路の電源入力。このピンは0.1μFでバイパスしてください。標準では3.3Vから5.5V_{DC}の範囲。

V_{SET} (ピン18) : これはプログラム可能な抵抗分割器のタップ点です。これにより、チャージャへバッテリー電圧がフィードバックされます。

I_{TH} (ピン19) : 電流モードPWM内部ループの制御信号。I_{TH}が高いほど通常動作中の充電電流は高くなります。このピンからGNDに接続した0.0015μFのコンデンサでPWMのリプルを除去します。標準のフルスケール出力電流は40μAです。通常このピンの電圧範囲は0Vから3Vです。

I_{DC} (ピン20) : 0.068μFのコンデンサでGNDへバイパスして下さい。

CSP (ピン21) : 電流アンプCA1の入力。このピンとBATピンでセンス抵抗R_{SENSE}の両端の電圧を検知して、ピークおよび平均電流モード動作の双方で必要な瞬時電流信号を与えます。

BAT (ピン22) : バッテリー・センス入力と電流センス抵抗の負リファレンス。少なくとも10μFのバイパス・コンデンサが必要です。

CLN (ピン23) : 入力電流制限回路ブロックへの負入力。電流制限機能が必要としない場合は、このピンをCLPに接続します。スレッシュホールドはCLPピンの電圧より100mV低く設定されています。供給電流を制限する場合はスイッチング・ノイズを除去するためフィルタが必要です。

CLP (ピン24) : 入力電流制限回路ブロックへの正入力。またこのピンはICへの電力を供給します。

ブロック図

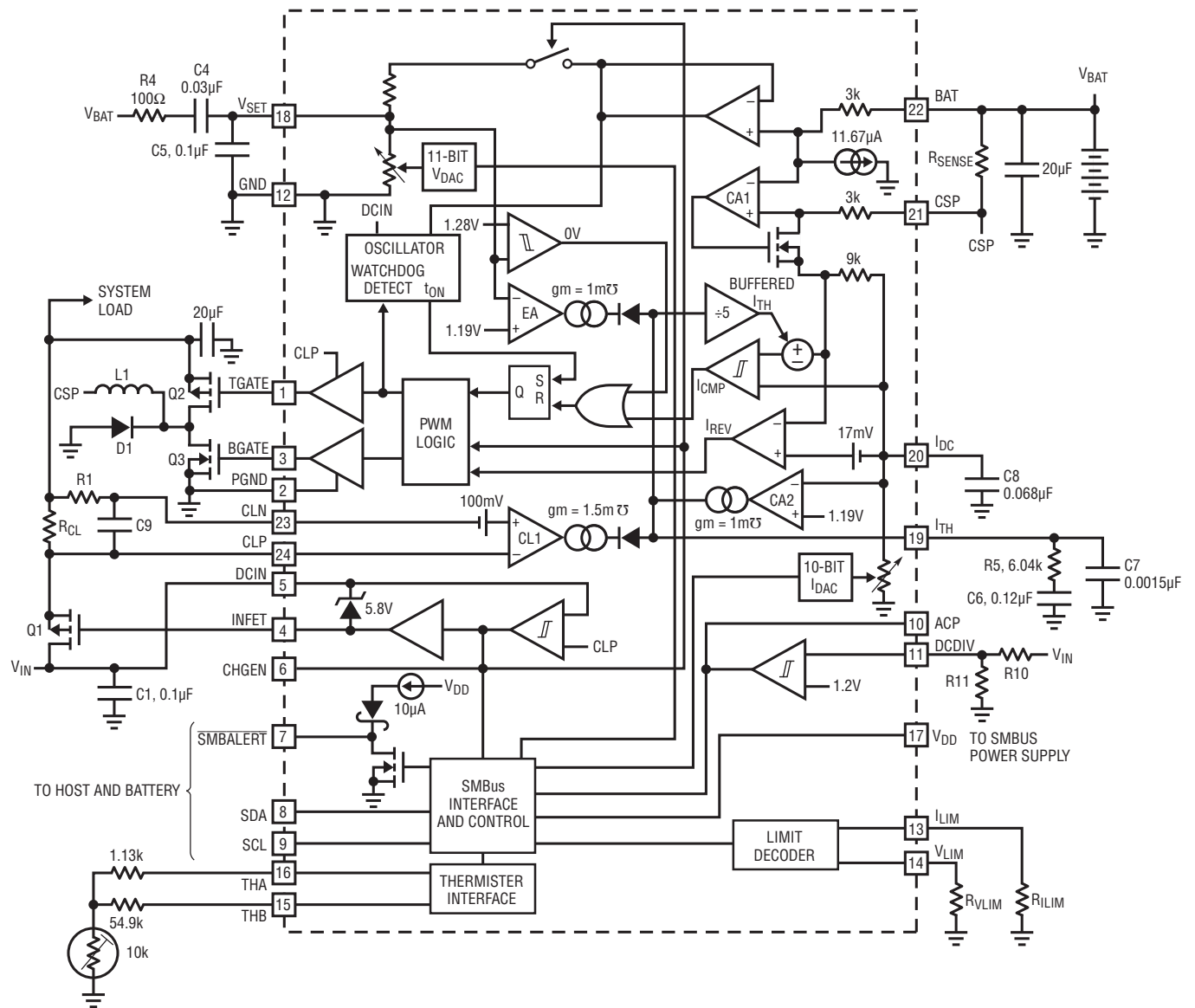
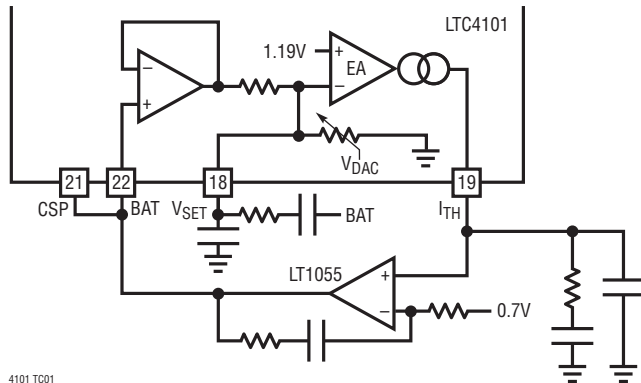


図2

LTC4101

テスト回路



$$V_{TOL} = \frac{V_{BAT} - V_{VDAC}}{V_{VDAC}} \cdot 100$$

FOR $V_{VDAC} = 4.176V(0 \times 1050)$
DCIN = 21V
CLN = CLP = 20V
 $V_{DD} = 3.3V$

動作

概要(ブロック図を参照)

LTC4101は、バッテリー・チャージャ、チャージャ・コントローラ、充電電流制御の10ビットDAC、充電電圧制御の11ビットDAC、SafetySignalデコーダ、制限デコーダおよびSMBusコントローラ・ブロックで構成されます。バッテリーが無い場合は、SafetySignalデコーダはRES_OR状態を示し充電コントローラ(CHGEN = “L”)によって充電がディスエーブルされます。充電はDCDIVが“L”もしくはSafetySignalがRES_HOTとデコードされた場合もディスエーブルされます。バッテリーが装着されAC電源が接続されるとバッテリーは80mAの“ウェイクアップ”電流で充電されます。ウェイクアップ電流はtTIMEOUTの時間が経過した後、SafetySignalがRES_URまたはRES_COLDとデコードされ、バッテリーまたはホストが充電命令を送らなかった場合は継続しません。

SMBusインターフェイス・アンド・コントロール・ブロックはSMBusを介してChargingCurrent()コマンドとChargingVoltage()コマンドを受け取ります。ChargingCurrent()コマンドとChargingVoltage()コマンドの双方をtTIMEOUTインタバル以内に受け取った場合は、それぞれの値は電流、電圧DACに格納され充電コントローラはSafetySignalのデコード値が充電開始を許可する内容であればCHGENラインをアサートします。ChargingCurrent()とChargingVoltage()の値は制限デコーダ・ブロックがプログラムした制限値と比較されます。

もしコマンドの値がプログラムされた制限値を超えている場合コマンド値は制限値に置き換えられオーバーレンジ・フラグがセットされます。

充電コントローラは状態変化、すなわち: AC_PRESENT、BATTERY_PRESENT、ALARM_INHIBITEDもしくはVDD POWER_FAILが検出されるたびにSMBALERTをアサートします。ホストはSMBusを介してChargerStatus()情報を得るためにチャージャに問い合わせることができます。SMBALERTはChargerStatus()の読み込みが成功するか、Alert Response Address (ARA)の要求が成功すると、解除されます。

バッテリー・チャージャ・コントローラ

LTC4101のチャージャ・コントローラはコンスタント・オフタイム、電流モード降圧アーキテクチャを利用しています。通常動作中、トップMOSFETは各サイクル中発振器がSRラッチをセットするとオンし、主電流コンパレータICPMがSRラッチをリセットするとオフします。トップMOSFETがオフしている間、ボトムMOSFETはインダクタ電流が電流コンパレータIREVをトリップするか次のサイクルが開始するまでオンします。発振器は次式に従ってボトムMOSFETのオン時間を設定します。

$$t_{OFF} = \frac{(V_{DCIN} - V_{BAT})}{(V_{DCIN} \cdot f_{OSC})}$$

動作

その結果、ほぼ一定の周波数で動作します。コンバータの周波数は広範囲の出力電圧にわたりほぼ一定です。この様子を図3に示します。

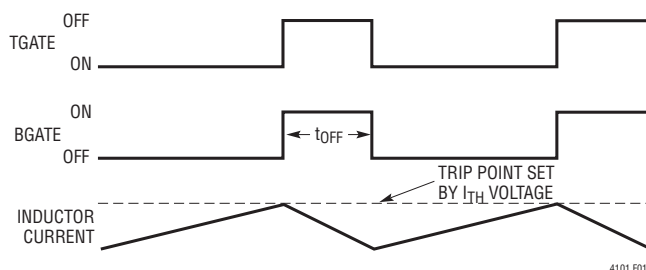


図3

ICMPがSRラッチをリセットするピーク・インダクタ電流は I_{TH} の電圧により制御されます。他方、 I_{TH} はその時の状況に応じ、複数のループによって制御されます。平均電流制御ループはCSPとBAT間の電圧を相応する電流値に変換します。エラーアンプCA2は、この電流を I_{DC} ピンの I_{DAC} でプログラムされた必要な電流と比較し I_{TH} を R_{SENSE} 両端の望みの電圧に調整します。

BATの電圧は V_{DAC} により設定された内部抵抗分割器によって分割され、エラーアンプEAによって利用され、その分割電圧が1.19Vリファレンスを上回る場合 I_{TH} を減少させます。

アンプCL1は、通常ACアダプタからの入力電流をモニタし、プリセット値($100\text{mV}/R_{CL}$)に制限します。入力電流制限値では、CL1は I_{TH} 電圧を下げて充電電流を減少させます。

過電圧コンパレータOVは、過渡オーバーシュート(>7%)から保護します。この場合、トップMOSFETは過電圧状態が解消されるまでオフします。この機能は、バッテリーがそれぞれの保護スイッチを解放することにより「負荷遮断」を行って較正やパルス・モード充電などの動作を行うのに便利です。

PWMウォチドック・タイマ

TGATEピンの動作を監視するウォチドック・タイマが備わっています。TGATEが $40\mu\text{s}$ 以上スイッチングを停止すると、ウォチドックが作動してトップMOSFETを約 400ns の間オフします。ウォチドックはドロップアウト時に(入力や出力にセラミック・コンデンサが使われていると可聴ノイズを発生させる恐れのある)非常に低い周波数での動作を防止します。

チャージャのスタートアップ

チャージャがイネーブルされた場合、充電開始電流が正であることを確認するため I_{TH} 電圧がスレッシュホルドを超えるまでスイッチング動作は開始されません。このスレッシュホルドは最大プログラム電流の5%~15%です。チャージャがスイッチングを開始した後、さまざまなループが開始電流に比べて大きい場合や小さい場合の電流値に対して制御することになります。この過渡状態の持続時間はループ補償に依存しますが標準的には1msを下回ります。

SMBus インターフェイス

SMBus上の通信はすべて、SMBusインターフェイス・ブロックによって解釈されます。SMBusインターフェイスはアドレスが $0x12$ のSMBusスレーブ・デバイスです。LTC4101の全ての内部レジスタはSMBusインターフェイスを介してまた必要な場合にはチャージャ・コントローラを介して更新し、アクセスすることが可能です。SMBusプロトコルは I^2C バスを元にして作成されています(このバス・プロトコルの要件の詳細についてはフィリップスによる「 I^2C Bus and How to Use It, V1.0」およびSBS Implementers Forumによる「System Management Bus Specification」Version1.1を参照ください)。

全てのデータは、SCLの立ち上がりエッジでシフト・レジスタへクロックインされます。また全てのデータはSCLの立ち下がりエッジでシフト・レジスタからクロックアウトされます。SMBusのストップ条件の検出、または V_{DD} パワー・フェイルによるパワー・オン・リセットはSMBusインターフェイスを常に初期状態へリセットします。

LTC4101のコマンド・セットはSMBusインターフェイスによって解釈され、制御信号または内部レジスタの更新情報としてチャージャ・コントローラ・ブロックへ渡されます。

サポートされているバッテリー・チャージャ機能の概要

各機能は以下のように記述されます。(表1も参照下さい)：

FunctionName() 'hnn(コマンドのコード)

説明：機能の簡潔な説明。

用途：機能の用途と適切な例。

- **SMBus プロトコル：**詳細はSmart Battery specificationのSection 5を参照してください。

*<http://www.SBS-FORUM.org>

LTC4101

動作

入力、出力もしくは入出力:機能に与えられる、または機能から返されるデータの説明。

ChargerSpecInfo() ('h11)

説明:SMBusホストはこのコマンドを使ってLTC4101の拡張状態ビットを読み込みます。

用途:チャージャがサポートするスペックのリビジョンおよびその他の拡張状態情報をシステムホストが判別できるようにします。

- **SMBusプロトコル:**読み出しワード

出力:CHARGER_SPECはLTC4101がサポートするSmart Battery Charger Specification Version 1.1を示します。SELECTOR_SUPPORTはLTC4101がオプションのスマート・バッテリー・セクタ・コマンドをサポートしていないことを示します。

ChargerMode() ('h12)

説明:SMBusホストはこのコマンドを使って様々な充電モードを設定します。デフォルト値はスマート・バッテリーとLTC4101がSMBusホスト無しで動作することを許可するよう設定されています。

用途:SMBusホストにチャージャの構成とデフォルト・モードの変更を許可します。これは書き込みのみの機能ですが、“mode”ビット、INHIBIT_CHANGEの値はChargeStatus()機能を使って決定される場合があります。

- **SMBusプロトコル:**書き込みワード

入力:INHIBIT_CHARGEビットはChargingCurrent()とChargingVoltage()の値の変更が無ければ充電を停止することを許可します。このビットをクリアすることで充電を再開することが可能です。このビットは電源が再び入れられた場合もしくはバッテリーが再装着された場合は自動的にクリアされます。

ENABLE_POLLINGビットはLTC4101ではサポートされません。このビットに書き込まれた値は無視されます。

POR_RESETビットはLTC4101の電源投入時のデフォルト状態を設定します。

RESET_TO_ZEROビットはChargingCurrent()とChargingVoltage()の値を0(ゼロ)に設定します。この機能はINHIBIT_CHARGEビットがセットされていても常にChargingCurrent()とChargingVoltage()の値をゼロにクリアします。

ChargerStatus() ('h13)

説明:SMBusホストはこのコマンドを使ってLTC4101の状態ビットを読み出します。

用途:SMBusホストがLTC4101の状態とレベルを判別できるようにします。

- **SMBusプロトコル:**読み出しワード

出力:CHARGE_INHIBITビットはChargerMode()機能のINHIBIT_CHARGEビットで設定されたLTC4101の状態を反映します。

POLLING_ENABLED、VOLTAGE_NOTREG、およびCURRENT_NOTREGはLTC4101ではサポートされません。

LTC4101は常にレベル2のスマート・バッテリー・チャージャとしてレポートします。

CURRENT_ORビットはChargingCurrent()の設定がLTC4101の電流調整範囲外の値に設定された場合のみセットされます。このビットはChargerMode()のINHIBIT_CHARGEビットおよびChargingCurrent()と連係してLTC4101の電流能力を知るのに利用できます。ChargingCurrent()が $I_{LIM}+1$ に設定された場合、CURRENT_ORビットはセットされます。

VOLTAGE_ORビットはChargingVoltage()の設定がLTC4101の電圧調整範囲外の値に設定された場合のみセットされます。このビットはChargerMode()のINHIBIT_CHARGEビットおよびChargingVoltage()と連係してLTC4101の電圧能力を知るのに利用できます。ChargingVoltage()が V_{LIM} に設定された場合、VOLTAGE_ORビットはセットされます。

RES_ORビットはSafetySignalの抵抗値が $95k\Omega$ を上回る場合のみセットされます。これはSafetySignalが開放回路と見なされることを示しています。

RES_COLDビットはSafetySignalの抵抗値が $28.5k\Omega$ を上回る場合のみセットされます。SafetySignalはコールド・バッテリーを示します。RES_COLDはRES_ORがセットされている場合はいつもセットされます。

RES_HOTビットはSafetySignalの抵抗値が 3150Ω を下回る場合のみセットされ、ホット・バッテリーを示します。RES_HOTはRES_ORがセットされている場合はいつもセットされます。

動作

表1. サポートされるチャージャ機能の要約

Function	Access	SMBus Address	Command Code	Data Type	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ChargerSpecInfo()		7'b0001_001 0x12	8'h11	Info	Reserved											SELECTOR_SUPPORT	CHARGER_SPEC			
	Read			Return Values	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ChargerMode()		7'b0001_001	8'h12	Control	Reserved											RESET_TO_ZERO	POR_RESET	ENABLE_POLLING	INHIBIT_CHARGE	
	Write			Permitted Values	Ignored											1/0	1/0	Ign	1/0	
ChargerStatus()		7'b0001_001	8'h13	Status	AC_PRESENT	BATTERY_PRESENT	POWER_FAIL	ALARM_INHIBITED	RES_UR	RES_HOT	RES_COLD	RES_OR	VOLTAGE_OR	CURRENT_OR	LEVEL:3/LEVEL:2		CURRENT_NOTREG	VOLTAGE_NOTREG	POLLING_ENABLED	CHARGE_INHIBITED
	Read			Return Values	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	0	1	0	0	0	0	1/0
ChargingCurrent()		7'b0001_001	8'h14	Value	CHARGING_CURRENT[15:0]															
	Write			Permitted Values	Unsigned integer representing current in mA															
ChargingVoltage()		7'b0001_001	8'h15	Value	CHARGING_VOLTAGE[15:0]															
	Write			Permitted Values	Unsigned integer representing voltage in mV															
AlarmWarning()		7'b0001_001	8'h16	Control	OVER_CHARGED_ALARM	TERMINATE_CHARGE_ALARM	RESERVED_ALARM	OVER_TEMP_ALARM	TERMINATE_DISCHARGE_ALARM	Reserved	REMAINING_CAPACITY_ALARM	REMAINING_TIME_ALARM	INITIALIZED	DISCHARGING	FULLY_CHARGED	FULLY DISCHARGED	ERROR			
	Write			Permitted Values	1/0	1/0	1/0	1/0	Ignored											
LTCO()		7'b0001_001	8'h3C	Register	Reserved			NO_LOWI	LTC4101's Version Identification											
	Write			Permitted Values	Ignored			1/0	Ignored											
	Read			Return Values	0	1	0	1/0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Alert Response Address		7'b0001_100 0x18	N/A	Status	Not Supported									LTC4101's Address						Undefined
	Read Byte			Return Values										0	0	0	1	0	0	1

動作

RES_URビットはSafetySignalの抵抗値が575Ωを下回る場合のみセットされます。

ALARM_INHIBITEDビットは、有効なAlarmWarning()メッセージを受け取り、その結果充電が停止されるとセットされます。このビットはLTC4101のChargingVoltage()とChargingCurrent()の双方を再度書き込むか、電源を取り外すか(DCDIV < VACP)、またははバッテリーを取り外すとクリアされます。ALARM_INHIBITEDをセットするとLTC4101のSMBALERTがプルダウンされます。

POWER_FAILビットはバッテリー充電のためのDCIN電圧が十分でない場合、または外部のデバイスがCHGEN入力信号を“L”に引き下げるとセットされます。このビットがセットされた場合いつも充電はデイスエーブルされます。このビットをセットしてもChargingVoltage()機能の値とChargingCurrent()機能の値をクリアすることではなく、必ずしもLTC4101の充電モードに影響を与えるものではありません。

BATTERY_PRESENTはバッテリーが装着された場合にセットされ、それ以外はクリアされます。LTC4101はバッテリーの有無を判別するためにSafetySignalを使用します。LTC4101がRES_OR状態を検出した場合、速やかにBATTERY_PRESENTビットはクリアされます。LTC4101はSafetySignalを2度サンプルし、どちらのサンプルでもRES_OR状態を検出なくなるまでBATTERY_PRESENTビットをセットしません。ACが無い場合(例、DCIN < VACP)、このビットはバッテリーがSafetySignalに接続されて1.5秒経過するまではセットされません。ChargingCurrent()機能の値とChargingVoltage()機能の値はこのビットがクリアされた場合はいつも速やかにクリアされます。このビットがクリアされると、充電はできません。BATTERY_PRESENTが変化するとSMBALERTがプルダウンします。

AC_PRESENTはDCDIV電圧がVACPを上回る場合にセットされます。これは必ずしもDCINの電圧がバッテリーを充電するために十分であることを示すものではありません。AC_PRESENTの変更はSMBALERTのプルダウンを起動します。

ChargingCurrent() ('h14)

説明: バッテリー、システム・ホスト、その他のマスタ・デバイスはLTC4101に望みの充電電流値(mA)を送ります。

用途: LTC4101はバッテリーに供給する充電電流を、RILIM、IDACおよびChargingCurrent()機能の値を使用して決定します。充電電流はRILIMで許可される最大電流を超えることはありません。ChargingCurrent()の値はIDACの出力へ変換されます。バッテリー電圧がプログラムされた充電電圧を超える場合も充電電流は減少します。

• SMBusプロトコル: 書き込みワード

入力: CHARGING_CURRENTは16ビットの正の整数で望みの充電電流をmAで指定します。下表は設定されたRILIM値に対してChargerStatus()機能のCURRENT_ORがセットされないCHARGING_CURENTの最大許容値を示します。

RILIM	ChargingCurrent()	Current
Short to GND	0x0000 through 0x03FF	0mA through 1023mA
10kΩ ±1%	0x0000 through 0x07FF	0mA through 2047mA
33kΩ ±1%	0x0000 through 0x0BFF	0mA through 3071mA
Open (or short to VDD)	0x0000 through 0x0FFF	0mA through 4095mA

ChargingVoltage() ('h15)

説明: バッテリー、システム・ホスト、その他のマスタ・デバイスはLTC4101に望みの充電電圧値(mV)を送ります。

用途: LTC4101はバッテリーに供給する充電電圧を、RVLIM、VDACおよびChargingVoltage()機能の値を使用して決定します。充電電圧はRVLIMで許可された最大電圧を超えて印加されることはありません。ChargingVoltage()の値はVDACの出力へ変換されます。バッテリー電流がプログラムされた充電電流を超える場合も充電電圧は減少します。

• SMBusプロトコル: 書き込みワード

入力: CHARGING_VOLTAGEは16ビットの正の整数で望みの充電電圧をmVで指定します。LTC4101では0x0000書き込み同様に0x0001から0x044Fまでの全ての値が有効です。下表は設定されたRVLIM値に対してChargerStatus()機能のVOLTAGE_ORがセットされないCHARGING_VOLTAGEの最大許容値を示します。

動作

R _{LIM}	Maximum Charging Voltage()
Short to GND	0x1090 (4240mV)
10kΩ ±1%	0x10D0 (4304mV)
33kΩ ±1%	0x1150 (4432mV)
100kΩ ±1%	0x11A0 (4512mV)
Open (or short to V _{DD})	0x1580 (5504mV)

AlarmWarning() ('h16)

説明: スマート・バッテリーはバス・マスタ・デバイスとして動作し、一つ以上のアラーム状態が存在することを通知するため AlarmWarning() メッセージを LTC4101 に送ります。アラーム表示はバッテリー状態レジスタ内のビット領域にエンコードされ、次いでこの機能により LTC4101 へ送られます。

用途: LTC4101 はこの機能で送られた情報を正常にバッテリーを充電するために利用します。LTC4101 は定められた警告ビットのみに反応します。この機能への書き込みは必ずしもバッテリーの充電を禁止する警告状態を生じることはありません。

- **SMBus プロトコル:** 書き込みワード

入力: OVER_CHARGED_ALARM、TERMINATE_CHARGE_ALARM、予備の(0x2000)、および OVER_TEMP_ALARM の各ビットのみが LTC4101 によってサポートされます。これらのビットのいずれかのビットに 1 を書き込むと LTC4101 により充電が停止され、ChargerStatus() 機能の中の ALARM_INHIBITED ビットをセットします。TERMINATE_DISCHARGE_ALARM、REMAINING_CAPACITY_ALARM、REMAINING_TIME_ALARM および ERROR の各ビットは LTC4101 によって無視されます。

LTC0() ('h3C)

説明: SMBus ホストはこのコマンドを LTC4101 のバージョン番号を判別するために使用し、スマート・バッテリー・チャージャの仕様で定義されていない拡張動作モードを設定します。

用途: この機能は SMBus ホストがバッテリー・チャージャが LTC4101 であることを判別できるようにします。スマート・バッテリー・チャージャの製造元とバージョンを識別することにより与えられたチャージャの特有のタスクをソフトウェアが実行可能になります。LTC4101 は I_{DAC} の LOWI 電流モードをディスエーブルする手段を与えます。

- **SMBus プロトコル:** 書き込みワード

入力: NO_LOWI ビットのみがこの機能で認識されます。NO_LOWI のデフォルト値は 0 です。LTC4101 の LOWI 電流モードは充電電流が I_{DAC} フルスケールの 1/16 を下回る時高い精度で平均充電電流を与えます。NO_LOWI がセットされた時は精度の低い I_{DAC} アルゴリズムによって充電電流が生成されますが、チャージャがパルスでオン・オフされないので選択される場合があります。

- **SMBus プロトコル:** 読み出しワード。

出力: NO_LOWI は I_{DAC} 動作モードを示します。クリアであれば充電電流が I_{DAC} フルスケールの 1/16 を下回る時に LOWI 電流モードが使用されます。

LTC では LTC4101 のバージョン識別はいつも 0x4040 です。

Alert Response Address (ARA)

説明: SMBus システム・ホストはアラート・レスポンス・アドレスを SMBALERT# イベント発生 of 迅速な識別に利用します。

用途: LTC4101 は、 $\overline{\text{SMBALERT}}$ 信号が SMBALERT# バスをアクティブにプルダウンしていると、ARA アドレス 0x18 に応答します。LTC4101 は SBS Implementers Forum の System Management Bus Specification, Version 1.1 で定められた優先レポートに従います。

- **SMBus プロトコル:** ARA に応答する 7 ビットの呼び出し可能デバイス。

出力: デバイス・アドレスが SMBus システム・ホストへ送られます。LTC4101 のデバイス・アドレスは 0x12 です。

以下のイベントにより LTC4101 は $\overline{\text{SMBALERT}}$ ピンを介して SMBALERT# バスをプルダウンします:

- ChargerStatus() 機能の AC_PRESENT の変更。
- ChargerStatus() 機能の BATTERY_PRESENT の変更。
- ChargerStatus() 機能の ALARM_INHIBITED のセット。
- 内部パワー・オン・リセット状態。

動作

SMBusアクセラレータ・プルアップ

SCLとSDAは両方ともSMBusアクセラレータ回路を備えており、この回路は2つのSMBus信号ラインに大きな容量をもつシステムの立ち上がり時間を短縮します。ダイナミック・プルアップ回路がSDAまたはSCLの立ち上がりエッジを検出して $V_{IN} > 0.8V$ で $V_{IN} < V_{DD} - 0.8V$ までの間 V_{DD} に1mAから10mAのプルアップ電流を流します(DC電流を供給するために外部プルアップ抵抗は必要です)。この動作は全てのSMBus信号で250pFまでの負荷においてバスがSMBusの立ち上がり時間の要件を満たすために必要です。立ち上がり時間の改善はSMBusを利用する全てのデバイス、とりわけI²Cロジック・レベルを使用するデバイスにとって有益です。ダイナミック・プルアップ回路は V_{DD} までしかプルアップしないので、SMBus仕様に準拠しないSMBusデバイスの中には、SMBusプルアップ抵抗が V_{DD} より高い電圧で終端されていると、立ち上がり時間に関する準拠の問題が依然として残るものもあることに注意してください。

コントロール・ブロック

LTC4101チャージャ動作はコントロール・ブロックにより制御されます。このブロックは自律して、あるいはホストの制御下で、選択されたバッテリーを充電することができます。コントロール・ブロックは、 $\overline{SMBALERT} = 0$ をアサートしてシステム管理ホストとの通信を要求することができます;これによりホストが存在する場合は、LTC4101をポーリングします。

コントロール・ブロックはSMBusインタフェイス・ブロックからSMBusスレーブ・コマンドを受け取ります。

コントロール・ブロックによって、LTC4101は以下のスマート・バッテリーの制御する(レベル2)チャージャの要件を満たすことができます:

1. スマート・バッテリーの重大な警告メッセージをSMBus経由で発する。
2. ChargingVoltage()とChargingCurrent()のコマンドに応じてチャージャの出力特性を調整するSMBusスレーブ・デバイスとして動作する。
3. ホストは、ChargingCurrent()とChargingVoltage()のリクエストを送信するスマート・バッテリーの能力をディスエーブルし、さらにSMBusを介して充電コマンドをLTC4101へブロードキャストすることにより充電を制御することができる。
4. LTC4101は、ホストの干渉なしにスマート・バッテリーの重大な警告メッセージに応答する。

ウェイクアップ充電モード

バッテリーのウェイクアップ充電を可能にするには以下の条件を満たす必要があります。

1. SafetySignalはRES_COLD、RES_IDEAL、RES_UR、のいずれかでなければならない。
2. ACアダプタが接続されていなければならない。これは、 $DCDIV > V_{ACP}$ で確認できます。

新しく装着されたバッテリーがChargingCurrent()とChargingVoltage()機能をLTC4101に送信しない場合ウェイクアップ充電が開始されます。

以下の条件によってウェイクアップ充電は完了します。

1. SafetySignalがRES_COLDまたはRES_URのとき、 $T_{TIMEOUT}$ 時間に達する。
2. SafetySignalがRES_ORである。
3. ChargingCurrent()とChargingVoltage()の機能が書き込まれる。この2つの機能が書き込まれるとLTC4101は調整充電モードになります。
4. SafetySignalがRES_HOTである。
5. AC電源が接続されていない($DCDIV < V_{ACP}$)。
6. ChargerStatus()機能のALERM_INHIBITEDがセットされる。
7. ChargerMode()機能のINHIBIT_CHARGEがセットされる。
8. 外部デバイスによってCHGENピンが“L”に引き下げられる。外部デバイスがCHGENピンをリリースするとLTC4101はウェイクアップ充電を再開します。CHGENピンのトグルは $T_{TIMEOUT}$ タイマをリセットしません。
9. DCIN電圧がバッテリーを充電するのに不十分な値である。LTC4101はDCIN電圧がバッテリーを充電するのに十分な値になるとウェイクアップ充電を再開します。この状態は $T_{TIMEOUT}$ タイマをリセットしません。

動作

調整充電アルゴリズム概要

LTC4101の調整充電の開始許可には以下の条件を満たす必要があります:

1. ChargingVoltage()とChargingCurrent()の機能にゼロ以外の値が書き込まれていなければならない。
2. SafetySignalはRES_COLD、RES_IDEAL、またはRES_URのいずれかでなければならない。
3. ACアダプタの接続。これはDCDIV > V_{ACP}で確認できます。

以下の条件によって調整充電アルゴリズムは停止し、バッテリー・チャージャ・コントローラは充電を停止します:

1. T_{TIMEOUT}が経過してChargingCurrent()機能とChargingVolutage()機能に書き込みがない。
2. SafetySignalがRES_ORである。
3. SafetySignalがRES_HOTである。
4. AC電源が接続されていない(DCDIV < V_{ACP})。
5. ChargerStatus()機能のALERM_INHIBITEDがセットされる。
6. ChargerMode()機能のINHIBIT_CHARGEがセットされる。INHIBIT_CHARGEのクリアによりLTC4101は以前のChargingCurrent()機能とChargingVolutage()機能の値で充電を再開します。

7. ChargerMode()機能のRESET_TO_ZEROがセットされる。
8. 外部デバイスによってCHGENピンが“L”になった場合。また外部デバイスがCHGENピンをリリースするとLTC4101は以前のChargingCurrent()機能とChargingVolutage()機能の値で充電を再開します。
9. DCINの電圧がバッテリーを充電するのに不十分である。LTC4101はDCIN電圧がバッテリーを充電するのに十分な値になるとLTC4101は以前のChargingCurrent()機能とChargingVolutage()機能の値で充電を再開します。
10. ChargingVoltage()機能へのゼロ値の書き込み。
11. ChargingCurrent()機能へのゼロ値の書き込み。

SafetySignalデコーダ・ブロック

このデコーダはSafetySignalの抵抗値を測定するもので臨界トリップ・ポイントでのノイズ耐性が大きいのが特徴です。低電力スタンバイ・モードは、AC電源が与えられていない時、SMBチャージャ・レポートのバッテリー検出要件のみをサポートします。SafetySignalデコーダを図4に示します。R_{THA}の値は1.13k、R_{THB}の値は54.9kです。

SafetySignalの検出は、THA_SELBおよびTHB_SELB、選択可能なりファレンス発生器、2つのコンパレータを使用して、図4のスイッチを再構成するステート・マシンによって行われます。この回路にはAC電源の有無により2つの動作モードがあります。

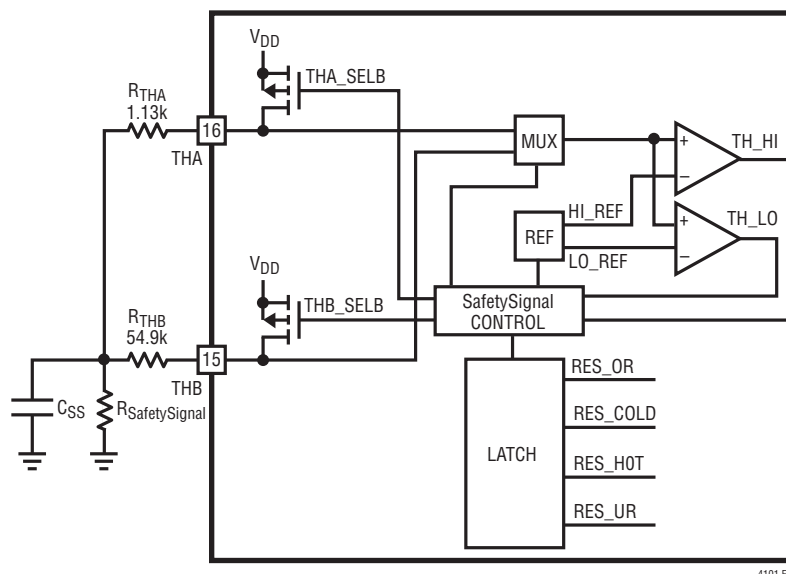


図4. SafetySignal デコーダ・ブロック

動作

AC電源がある場合、LTC4101はSafetySignal値をサンプリングしChargerStatusレジスタをおおよそ32ms毎に更新します。ステート・マシンはSafetySignal値をRES_OR \geq RES_COLDスレッシュホールドから開始し、その後RES_COLD \geq RES_IDEALスレッシュホールド、RES_IDEAL \geq RES_HOTスレッシュホールド、そして最後にRES_HOT \geq RES_URスレッシュホールドの順にサンプリングします。一旦SafetySignalの範囲が決定されると、低い値のスレッシュホールドはサンプリングされません。SafetySignalデコーダ・ブロックは、あらかじめ決められたSafetySignal値を使用し、スレッシュホールドの適正な調整を行ってヒステリシスを追加します。THBピンをV_{DD}に接続してTHAピンに出力される電圧を測定することにより、RES_OR \geq RES_COLDスレッシュホールドとRES_COLD \geq RES_IDEALスレッシュホールドを測定するのにR_{THB}の抵抗値を使用します。THAピンをV_{DD}に接続してTHBピンに出力される電圧を測定することにより、RES_IDEAL \geq RES_HOTスレッシュホールドとRES_HOT \geq RES_URスレッシュホールドを測定するのにR_{THA}の抵抗値を使用します。

SafetySignalデコーダ・ブロックはV_{DD}とGND間の分圧回路を利用してSafetySignalのスレッシュホールド範囲を判別します。THAとTHB入力は順次V_{DD}に接続されるので、SafetySignal測定時のV_{DD}ノイズ耐性が与えられます。

AC電源が供給されないとき、SafetySignalブロックは以下の低消費電力の動作をサポートします：

1. SafetySignalのサンプリングは32msに代わり250ms毎もしくはそれ以下で実施されます。
2. 完全なSafetySignal状態のサンプリングは32msに代わり30s毎もしくはそれ以下で実施されます。

SafetySignalのインピーダンスは、表4に従って解釈されます。

表4. SafetySignal状態の範囲

SafetySignal RESISTANCE	CHARGE STATUS BITS	DESCRIPTION
0Ω to 500Ω	RES_UR, RES_HOT BATTERY_PRESENT	Underrange
500Ω to 3kΩ	RES_HOT BATTERY_PRESENT	Hot
3kΩ to 30kΩ	BATTERY_PRESENT	Ideal
30kΩ to 100kΩ	RES_COLD BATTERY_PRESENT	Cold
Above 100kΩ	RES_OR RES_COLD	Overrange

注：アンダーレンジ検出方式はLTC4101の非常に重要な機能です。R_{THA}/R_{SafetySignal}の分割器のトリップ・ポイント $0.333 \cdot V_{DD}$ (1V)は、10kのプルアップを使用するシステムのスレッシュホールド $0.047 \cdot V_{DD}$ (140mV)を十分に上回っています。10kのプルアップを使用するシステムでは、バッテリーとSafetySignal検出回路の間の100mVの控えめなグランド・オフセットでも、アンダーレンジから高温への遷移ポイントを判別することはできません。このようなオフセットは、通常電流レベルの充電時に見込まれます。

R_{THA}とR_{THB}の必要な値を表5に示します。

表5. SafetySignalの外部抵抗値

EXTERNAL RESISTOR	VALUE (Ω)
R _{THA}	1130 \pm 1%
R _{THB}	54.9k \pm 1%

C_{SS}はSafetySignalとGND間の容量を示します。C_{SS}はアプリケーション中の過渡電流ノイズ耐性を向上することもあります。C_{SS}はLTC4101が正しくR_{SafetySignal}値を検出するためには1nFを上回ることはできません。

動作

 I_{LIM} デコーダ・ブロック

このピンとGNDの間に接続される外部抵抗の値によって、最大充電電流値を制限するのに使用される4つの電流制限のうちの1つを決定します。これらの電流制限は、ソフトウェアでは無効にできない、ハードウェアによる充電電流制限の安全措置です。

表6. I_{LIM} トリップ・ポイントと範囲

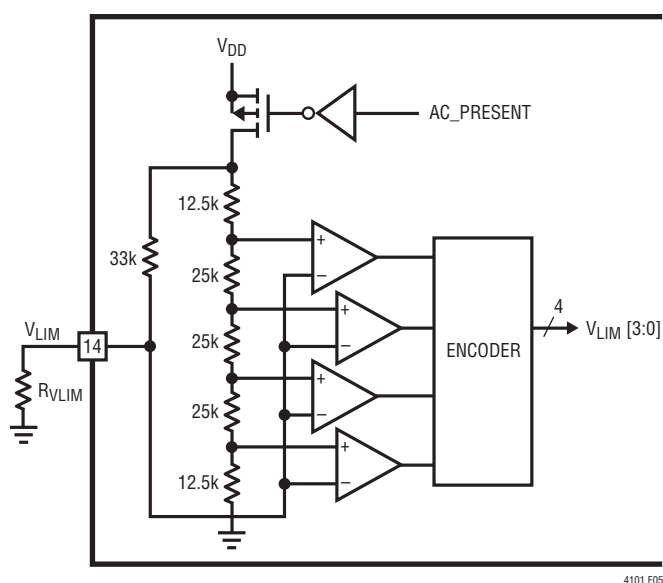
EXTERNAL RESISTOR (R_{ILIM})	I_{LIM} VOLTAGE	CONTROLLED CHARGING CURRENT RANGE	GRANULARITY
Short to GND	$V_{ILIM} < 0.09V_{DD}$	$0 < I < 1023mA$	1mA
$10k \pm 1\%$	$0.17V_{DD} < V_{ILIM} < 0.34V_{DD}$	$0 < I < 2046mA$	2mA
$33k \pm 1\%$	$0.42V_{DD} < V_{ILIM} < 0.59V$	$0 < I < 3068mA$	4mA
Open (>250k, or Short to V_{DD})	$0.66V_{DD} < V_{ILIM}$	$0 < I < 4092mA$	4mA

 V_{LIM} デコーダ・ブロック

このピンとGNDの間に接続される外部抵抗の値によって、チャージャの出力値に適用される5つの電圧制限のうちの1つを決定します。これらの電圧制限は、ソフトウェアでは無効にできない、ハードウェアによる充電電圧制限の安全措置です。

表7. V_{LIM} トリップ・ポイントと範囲(図5を参照)

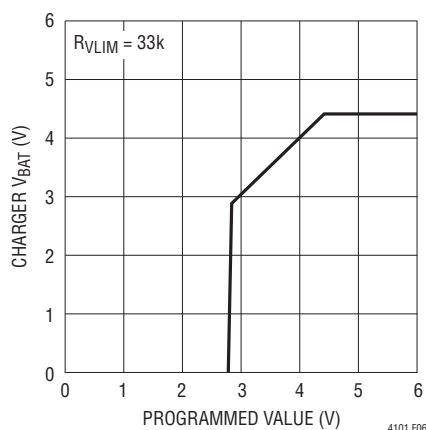
EXTERNAL RESISTOR (R_{ILIM})	I_{LIM} VOLTAGE	CONTROLLED CHARGING CURRENT RANGE	GRANULARITY
Short to GND	$V_{VLIM} < 0.09V_{VCCP}$	$2900mV < V_{OUT} < 4240mV$	16mV
$10k \pm 1\%$	$0.17V_{VDD} < V_{VLIM} < 0.34V_{VDD}$	$2900mV < V_{OUT} < 4304mV$	16mV
$33k \pm 1\%$	$0.42V_{VCCP} < V_{VLIM} < 0.59V_{VDD}$	$2900mV < V_{OUT} < 4432mV$	16mV
$100k \pm 1\%$	$0.66V_{VDD} < V_{VLIM} < 0.84V_{VDD}$	$2900mV < V_{OUT} < 4512mV$	16mV
Open or Tied to V_{DD}	$0.91V_{VDD} < V_{VLIM}$	$2900mV < V_{OUT} < 5504mV$	16mV

図5. 簡略 V_{LIM} 回路のコンセプト(I_{LIM} も同様)

動作

電圧DACブロック

充電出力電圧が V_{REF} だけオフセットされることに注意してください。したがって、出力電圧が正しく(オフセットなしで)プログラムされるように、SMBus Charging Voltage()の値から V_{REF} の値を減算します。Charging Voltage()の値がチャージャの公称基準電圧(公称1.104V)より低い場合、チャージャ出力電圧はゼロにプログラムされます。さらに、Charging Voltage()の値が V_{LIM} ピンによってセットされる制限値より高い場合、チャージャ出力電圧は V_{LIM} 抵抗によって決定される値に設定され、VOLTAGE_ORビットがセットされます。これらの制限値は図6に示されています。



注: LTC4101ではCharging Voltage()機能の値を1.104Vから2.9Vの範囲内でプログラムすることができますが、2.9Vを下回った場合バッテリー・チャージャ・コントローラの出力電圧はゼロになります。

図6. チャージャの伝達関数

電流DACブロック

電流DACはデルタ-シグマ変調器であり、チャージャの電流制限を設定するのに使用される外部抵抗、 R_{SET} 、の実効値を制御します。図7はDAC動作の簡略図です。デルタ-シグマ変調器とスイッチは、SMBusを通して受信されたCharging Current()の値を次式で表される可変抵抗値に変換します:

$$1.25R_{SET}/[ChargingCurrent()/I_{LIM[x]}] = R_{IDC}$$

したがって、プログラムされた電流は次式のようにになります:

$$\begin{aligned} & \text{ChargingCurrent()} < I_{LIM[x]} \text{の場合、} \\ & I_{CHARGE} = (102.3\text{mV}/R_{SENSE}) (ChargingCurrent()/I_{LIM[x]}), \end{aligned}$$

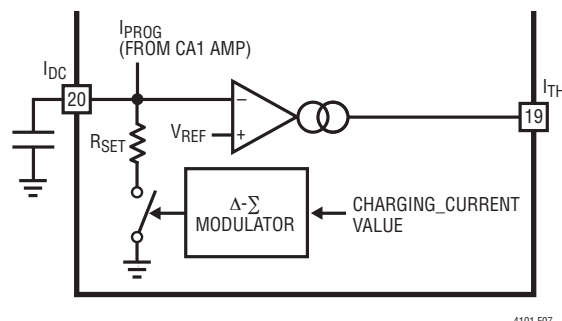


図7. 電流DAC動作

I_{LIM} が許容する最大電流の1/16より小さい値が、電流DACの入力に印加されると、電流DACはLOWIという異なるモードに入ります。電流DACの出力は、デューティ・サイクルが1/8の高周波クロックでパルス幅変調されています。したがって、チャージャが供給する最大出力電流は $I_{MAX}/8$ になります。デルタ-シグマ出力は、この低いデューティ・サイクル信号をオン・オフします。次にデルタ-シグマ・シフト・レジスタは、チャージャが $I_{MAX}/8$ の値に落ち着くまでの時間を与えるために、低速(およそ45ms/ビット)でクロックされます。その結果得られる平均充電電流は、Charging Current()の値によって要求される電流と等しくなります。

注: LOWIモードはLTC4101機能のNO_LOWIビットをセットすることによりディスエーブルすることができます。

電流DACブロックへのウェイクアップが行使されると、デルタ-シグマは(I_{LIM} の設定に無関係に)80mAに等しい値へ固定されます。

入力FET

入力FET回路は2つの機能を実行します。入力電圧が V_{CLP} ピンを上回る場合はチャージャをイネーブルし、そしてこの状態をCHGENピンとCharger Status()レジスタのPWR_FAILビットの双方で表示します。また入力FETのゲートを制御して、充電時には順方向の電圧降下を低く保持し、入力FETへの逆電流を防ぎます。

入力電圧が V_{CLP} を下回る場合、それはチャージャを起動するために最低130mVほど V_{CLP} を上回る必要があります。CHGENピンはこの条件が満たされなければ“L”に強制されます。入力FETのゲートはドレイン・ソース間の順方向電圧降下が低く抑えられるよう十分な電圧でドライブされます。DCINとCLP間の電位差が25mVを下回ると、入力FETはゆっくりオ

動作

フします。もしDCINとCLP間の電位差が -25mV を下回った場合、入力FETはFETに流れ込む大きな逆電流を防ぐため速やかにオフします。この条件下ではCHGENピンは“L”にドライブされチャージャはディスエーブルされます。

AC検出ブロック(AC_PRESENT)

DCDIVピンはACの有無を判別するために使用されます。DCDIV電圧がDCDIVコンパレータ(V_{ACP})のスレッシュホールドを上回る場合、ACP出力ピンは V_{DD} へスイッチされ、ChargerStatus()機能のAC_PRESENTビットがセットされます。DCDIV電圧がDCDIVコンパレータ(V_{ACP})のスレッシュホールドを下回る場合、ACP出力ピンはGNDへスイッチされ、ChargerStatus()機能のAC_PRESENTビットがクリアされます。ACP出力ピンは 2mA の連続電流をドライブするように設計されています。

アダプタ制限

LTC4101の重要な特長の1つは、ACアダプタの過負荷を回避できるレベルに充電電流を自動的に調整できることです。この機能により、製品は複雑な負荷管理アルゴリズムを使用することなく複数のバッテリーを充電しながら同時に動作することが可能です。さらに、バッテリーはアダプタが可能な最大速度で自動的に充電されます。

この機能は全アダプタ出力電流を検出して、予め設定されたアダプタ電流制限を超えると充電電流を下方修正して実現されます。真のアナログ制御が、閉ループ・フィードバックとともに使用されており、アダプタの負荷電流が制限内に確実に維持されます。図9のアンプCL1は、CLPピンとCLNピンの間に接続された R_{CL} の両端の電圧を検知します。この電圧が 100mV を超えるとアンプはプログラムされた充電電流を無視して、アダプタ電流を $100\text{mV}/R_{CL}$ に制限します。スイッチング・ノイズを除去するには、 4.99k と $0.1\mu\text{F}$ からなるローパス・フィルタが必要です。電流制限を使用しない場合は、CLPピンはCLPに接続しますが、CLNピンは電源に接続したままにしなければなりません。

入力電流制限の設定

入力電流制限を設定するためには、最小ACアダプタ電流定格を知っている必要があります。入力電流の制限に許容差があるため7%ほど少なくし、その電流を使って抵抗値を決めてください。

$$R_{CL} = 100\text{mV}/I_{LIM}$$

$$I_{LIM} = \text{アダプタの最小電流} - (\text{アダプタの最小電流} \cdot 7\%)$$

よくあることですが、ACアダプタには少なくとも+10%の電流制限マージンがあり、多くの場合、単にACアダプタの電流制限値を実際のACアダプタの定格に設定することができます(表9を参照してください)。

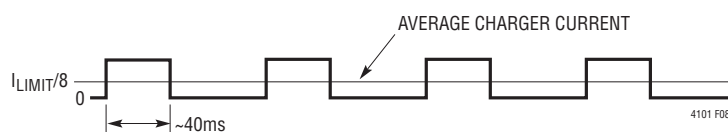


図8. 低電流モードでの充電電流波形

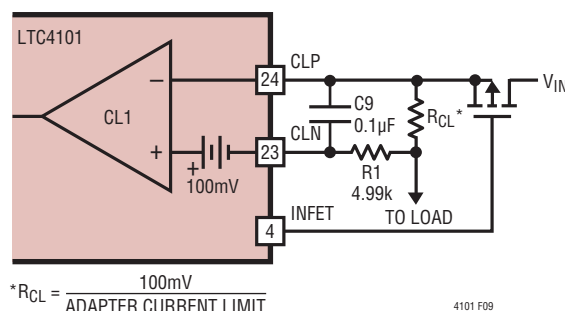


図9. アダプタ電流制限

アプリケーション情報

表8. 推奨抵抗値

Adapter Rating (A)	-7% Adapter Rating (A)	R _{CL} Value* (Ω) 1%	R _{CL} Limit (A)	R _{CL} Power Dissipation (W)	R _{CL} Power Rating (W)
1.5	1.40	0.068	1.47	0.15	0.25
1.8	1.67	0.062	1.61	0.16	0.25
2.0	1.86	0.051	1.96	0.20	0.25
2.3	2.14	0.047	2.13	0.21	0.25
2.5	2.33	0.043	2.33	0.23	0.50
2.7	2.51	0.039	2.56	0.26	0.50
3.0	2.79	0.036	2.79	0.28	0.50
3.3	3.07	0.033	3.07	0.31	0.50
3.6	3.35	0.030	3.35	0.33	0.50
4.0	3.72	0.027	3.72	0.37	0.50

* 最も近い5%の標準抵抗値に合わせてあります。他にも多くの非標準抵抗値があります。

充電終了に関する問題

定電流充電で、しかも電圧に基づいてチャージャが終了するようなバッテリーには、アダプタの制限が引き起こすチャージャ電流の減少の問題が発生する可能性があります。このような場合、入力制限の機能を無効にすることをお奨めします。バッテリーが充電を終了させる方法については、バッテリーの製造メーカーにお問い合わせください。

出力電流制限の設定 (図1を参照してください)

LTC4101の電流DACとPWMアナログ回路は、チャージャ電流の設定を調整する必要があります。調整が悪いと、その結果、不適切な充電電流が発生することになります。

表9. 推奨抵抗値

I _{MAX} (A)	R _{SENSE} (Ω) 1%	R _{SENSE} (W)	R _{LIM} (Ω) 1%
1.023	0.100	0.25	0
2.046	0.05	0.25	10k
3.068	0.025	0.5	33k
4.092	0.025	0.5	Open

警告

動作中はR_{LIM}の値を変えないでください。この値は固定しておき、常にR_{SENSE}の値に追従しなければなりません。入力電流制限がない場合、電流設定を変えると、要求される値をはるかに上回る電流が流れる恐れがあり、バッテリーの損傷あるいはACアダプタの過負荷につながる可能性があります。

インダクタの選択

高い動作周波数ではより小さな値のインダクタとコンデンサを使用できます。周波数が高いほどMOSFETゲート電荷の損失のために、一般に効率が低下します。さらに、リップル電流と低電流動作に対するインダクタ値の影響も考慮しなければなりません。インダクタ・リップル電流ΔI_Lは、周波数が高いほど減少し、V_{IN}が高いほど増加します。

$$\Delta I_L = \frac{1}{(f)(L)} V_{OUT} \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)$$

大きなΔI_Lの値を許容すれば、低インダクタンスを使用できますが、出力電圧リップルが高くなりコア損失も大きくなります。リップル電流を設定するための妥当な出発点は、ΔI_L = 0.4 (I_{MAX}) です。入力電圧が最大のときにΔI_Lが最大になることを忘れないでください。インダクタ値も低電流動作に影響を与えます。ボトムMOSFETが導通している間にインダクタ電流がゼロになると、低電流動作への移行が開始されます。インダクタ値を低くする(ΔI_Lが高くなる)と、高い負荷電流でこれが発生し、低電流動作範囲の上の方で効率が低下する可能性があります。

アプリケーション情報

表10. 推奨インダクタ値

Inductance			
V_{IN} Range (V)	1	I_{MAX} (A) 2	3* and 4
≤ 7.5	$16\mu H \pm 20\%$	$8\mu H \pm 20\%$	$4\mu H \pm 20\%$
≤ 9.0	$20\mu H \pm 20\%$	$10\mu H \pm 20\%$	$5\mu H \pm 20\%$
≤ 12.0	$24\mu H \pm 20\%$	$12\mu H \pm 20\%$	$6\mu H \pm 20\%$
≤ 15.0	$26\mu H \pm 20\%$	$13\mu H \pm 20\%$	$6.5\mu H \pm 20\%$
≤ 28.0	$30\mu H \pm 20\%$	$15\mu H \pm 20\%$	$7.5\mu H \pm 20\%$
R_{SENSE}	0.1Ω	0.05Ω	0.025Ω

* 3Aと4Aは同じ R_{SENSE} を使います。したがって、インダクタンスは同じにすることができます。

表にあるインダクタンス以上のインダクタを選択してください。値は以下に基づきます:

1. インダクタの-20%の許容差と I_{MAX} での-25%のインダクタ損失により-32%のRSSとなる。
2. R_{SENSE} に流れる I_{OUT} のインダクタ・リップル電流比が0.51。
3. V_{OUT} は4.2V

チャージャのスイッチング・パワーMOSFETとダイオードの選択

チャージャに使用するため、2個の外付けパワーMOSFETを選択する必要があります: トップ(メイン)スイッチ用にPチャネルMOSFETとボトム(同期)スイッチ用にNチャネルMOSFETを選択します。

ピーク・ピーク間ゲート・ドライブ・レベルは内部設定されます。この電圧は通常6Vです。したがって、ロジックレベル・スレッシュホールドのMOSFETを使用する必要があります。MOSFETの BV_{DSS} 仕様にも十分注意を払ってください; ロジック・レベルMOSFETの多くは30V以下に制限されています。

パワーMOSFETの選択基準には、「オン」抵抗 $R_{DS(ON)}$ 、総ゲート容量 Q_G 、帰還容量 C_{RSS} 、入力電圧、最大出力電流などがあります。チャージャは常に連続モードで動作しているので、トップMOSFETとボトムMOSFETのデューティ・サイクルは次式で求められます:

$$\text{メイン・スイッチのデューティ・サイクル} = V_{OUT}/V_{IN}$$

$$\text{同期スイッチのデューティ・サイクル} = (V_{IN}-V_{OUT})/V_{IN}$$

最大出力電流でのMOSFETの消費電力は以下のように求められます:

$$P_{MAIN} = V_{OUT}/V_{IN}(I_{MAX})^2(1+\delta\Delta T)R_{DS(ON)} + k(V_{IN})^2(I_{MAX})(C_{RSS})(f_{OSC})$$

$$P_{SYNC} = (V_{IN}-V_{OUT})/V_{IN}(I_{MAX})^2(1+\delta\Delta T)R_{DS(ON)}$$

ここで、 $\delta\Delta T$ は $R_{DS(ON)}$ の温度依存度、 k はゲート・ドライブ電流に反比例する定数です。どちらのMOSFETにも I^2R 損失の項があり、 P_{MAIN} の式には入力電圧が高いとき最大になる遷移損失の項が追加されています。 $V_{IN}<20V$ では、高電流での効率は一般に大型のMOSFETを使用すると向上しますが、 $V_{IN}>20V$ では遷移損失が急激に上昇し、 C_{RSS} が小さく $R_{DS(ON)}$ が大きいデバイスを使用する方が実際には効率が高くなるポイントにまで達します。同期MOSFETの損失は、入力電圧が高いとき、またはこのスイッチのデューティ・サイクルがほぼ100%になる短絡時に最も大きくなります。MOSFETに対する $(1+\delta\Delta T)$ の項は一般に、正規化された $R_{DS(ON)}$ 対温度の曲線から得られますが、低電圧MOSFETに対しては概算値として $\delta = 0.005/^\circ C$ を使用することができます。 $C_{RSS} = Q_{GD}/\Delta V_{DS}$ は通常MOSFETの特性で規定されています。定数 $k = 2$ を使用して、メイン・スイッチの電力損失の式の2つの項の寄与分を概算することができます。

チャージャを低ドロップアウト・モードまたは50%以下の高デューティ・サイクルで動作させると、ボトムサイドNチャネルMOSFETの効率は通常、MOSFETが大型になるほど向上します。非対称のMOSFETを使用することによって、コストの低減または効率の向上が可能になります。

LTC4101のMOSFETドライバは両方とも Q_G 値が22nCを下回る場合に有利になるよう最適化されています、またTD-off遅延はおおよそ60ns以下です。大きなFETも利用可能ですが、評価を行い、LTC4101の温度上昇をモニタする必要があります。

I_{MAX} 電流に比べて極端に大きなFETを使用すると、高電流での効率改善はわずかで、低電流での効率は実際には減少します。データ・シートで最適なMOSFETを探すには最初に部品の I_D 定格が I_{MAX} 充電電流の2倍を少し超える程度の製品を探すことが適切です。LTC4101のPチャネルMOSFETは通常低いデューティ・サイクル制限で有利な少し小さなものを利用することができます、しかしデバイスの P_D 定格を超えることがないように確認します。

アプリケーション情報

最後のページの「標準的応用例」にあるショットキー・ダイオードD1は、2つのパワーMOSFETの導通の間隙のデッド・タイムの間導通します。これによってボトムMOSFETのボディ・ダイオードがオンしてデッド・タイム中に電荷が蓄積するのを防ぎます、このような電荷蓄積は効率を1%ほど低下させる可能性があります。1Aのショットキー・ダイオードは、比較的平均電流が小さいので4Aのレギュレータとして一般的に適切なサイズです。もっと大きなダイオードは接合容量が大きいためさらなる遷移損失が生じることがあります。

効率の低下が許容できる場合はダイオードを省くことが可能です。

ICの電力損失の計算

LTC4101の電力損失は、トップとボトムMOSFETのゲート電荷(それぞれQ2とQ3)に依存します。ゲート電荷(QG)はメーカーのデータ・シートから決定され、ゲートの電圧振幅およびMOSFETのドレイン電圧振幅の両方に依存します。ゲート電圧振幅に6V、ドレイン電圧振幅にV_{DCIN}を使用します。

$$P_D = V_{DCIN} \cdot (f_{OSC} (QG_{Q2} + QG_{Q3}) + I_{DCIN}) + V_{DD} \cdot I_{DD}$$

$$\text{Example: } V_{DCIN} = 12V, f_{OSC} = 345kHz, QG_{Q2} = 25nC, \\ QG_{Q3} = 15nC, I_{DCIN} = 5mA, V_{DD} = 5.5V, \\ I_{DD} = 1mA.$$

$$P_D = 231mW$$

V_{DD}電流計算

LTC4101のV_{DD}電流、つまりI_{DD}は3つの部分から成り立ちます:

a. I_{RUN} = クロック動作とIC内部バイアスによる電流。

b. I_{THRM} = サーミスタ回路の動作による電流。

c. I_{ACCEL} = SMBusアクセラレータの動作による電流。

$$I_{DD} = I_{RUN} + I_{THRM} + I_{ACCEL}$$

a) I_{RUN}電流は基本的にクロックレートには依存しません。LTC4101がSMBusがアクティブであると判断すると、内部のHF発振器がオンします。このHF発振器は停止イベントが発生するまで、またはSMBusタイムアウト期間中SDAとSCLがロジック・レベル1に留まるまで動作を継続します。その後HF発振器は停止します。したがって、LTC4101がどのくらい電流消費をするのかを決定するためには、トランスミッションの長さでトランスミッション・バーストの頻

度はSCLのレートよりさらに重要です。下式の中のI_QはICがアクティブでないときV_{DD}電圧の関数として消費する定常電流です。実際にSMBusを通過するメッセージを定量化するのは困難なので、秒毎のバス使用量を換算してSMBusのアクティビティ・レベルを見積ります。

$$I_{RUN} = \text{Message Duty Cycle} \cdot 950\mu A \\ + (1 - \text{Message Duty Cycle}) \cdot I_Q$$

$$\text{where } I_{Q(TYP)} = V_{DD}/47.2k$$

b) I_{THRM}電流はDC電源の有無によって変化するSafetySignal (サーミスタ・ピン)のサンプリングによって生じます。DCDIVは32ms毎に検出されます。RTHXはSafety Signalの抵抗値で、温度とバッテリー構成によって変化します。

b1) I_{THRM(ON)} DCオンの場合:

$$I_{THRM(ON_OVERRANGE)} = 1/16 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX) \\ \text{where } RTHX > 100k$$

$$I_{THRM(ON_COLD)} = 1/8 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX) \\ \text{where } RTHX > 30k$$

$$I_{THRM(ON_NORMAL)} = 1/8 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX) \\ + 1/16 \cdot V_{DD}/(1.13k + RTHX)$$

$$I_{THRM(ON_HOT)*} = 1/8 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX) + 1/8 \\ \cdot V_{DD}/(1.13k + RTHX) \quad RTHX < 3k$$

*アンダーレンジを含む

b2) I_{THRM(OFF)} DCオフの場合、サーミスタのモニタリング・レートは250ms毎もしくはそれ以下に低減します。

$$I_{THRM(OFF_OVERRANGE)} = 1/50 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX) \\ \text{where } RTHX > 100k$$

$$I_{THRM(OFF_COLD)} = 1/50 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX) \\ + 1/1000 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX) \quad RTHX > 30k$$

$$I_{THRM(OFF_NORMAL)} = 1/50 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX) \\ + 1/500 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX) + 1/1000 \\ \cdot V_{DD}/(1.13k + RTHX)$$

$$I_{THRM(OFF_HOT)*} = 1/50 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX) \\ + 1/500 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX) + 1/500 \\ \cdot V_{DD}/(1.13k + RTHX)$$

$$\text{where } RTHX < 3k$$

*アンダーレンジを含む

アプリケーション情報

- c) I_{ACCEL} は SMBus アクセラレータで使用される電流です。これは、直接 SMBus の周波数、SMBus に送信されるメッセージのデューティ・サイクル、さらにそれがどのくらいの長さ SMBus が V_{DD} ヘドライブされるかに依存します。

$$I_{ACCEL} = I_{PULL-UP} \cdot 2 \cdot \text{SMBus Frequency} \cdot \text{Message Duty Cycle} \cdot V_{DD}/2.25V \cdot \text{Rise Time}$$

完全な例

- 1) バッテリ・サーミスタ = 400Ω、 V_{DD} = 5.0V

バッテリ・モード (DC はオフ)、SMBus アクティビティは 10kHz、SMBus デューティ・サイクルは 2%、ノートブックがサスペンド、スリープ状態の場合。

$$\begin{aligned} I_{TOTAL} &= I_{RUN} + I_{THRM(OFF)} + I_{ACCEL} \\ &= 121.9\mu A + 5.26\mu A + 2.44\mu A = 130\mu A \end{aligned}$$

バッテリ・モード、SMBus アクティビティは 10kHz、ノートブックはアクティブでアイドル状態の場合。

$$\begin{aligned} I_{TOTAL} &= I_{RUN} + I_{THRM(OFF)} + I_{ACCEL} \\ &= 189.5\mu A + 5.26\mu A + 12.2\mu A = 207\mu A \end{aligned}$$

DCIN = ON そして SMBus デューティ・サイクルは 20%、ノートブックはアクティブで充電状態の場合。

$$\begin{aligned} I_{TOTAL} &= I_{RUN} + I_{THRM(ON)} + I_{ACCEL} \\ &= 274\mu A + 215.6\mu A + 24.4\mu A = 514\mu A \end{aligned}$$

- 2) バッテリ・サーミスタ = 10k、 V_{DD} = 5.0V

バッテリ・モード (DC はオフ)、SMBus アクティビティは 10kHz、SMBus デューティ・サイクルは 2%:

$$\begin{aligned} I_{TOTAL} &= I_{RUN} + I_{THRM(OFF)} + I_{ACCEL} \\ &= 121.9\mu A + 2.14\mu A + 2.44\mu A = 126\mu A \end{aligned}$$

バッテリ・モード、SMBus アクティビティは 10kHz:

$$\begin{aligned} I_{TOTAL} &= I_{RUN} + I_{THRM(OFF)} + I_{ACCEL} \\ &= 189.5\mu A + 2.14\mu A + 12.2\mu A = 204\mu A \end{aligned}$$

DCIN = ON そして SMBus デューティ・サイクルは 20%:

$$\begin{aligned} I_{TOTAL} &= I_{RUN} + I_{THRM(ON)} + I_{ACCEL} \\ &= 274\mu A + 37.7\mu A + 24.4\mu A = 336\mu A \end{aligned}$$

ソフト・スタートと低電圧ロックアウト

LTC4101 は I_{TH} ピンに 0.12μF のコンデンサを接続するとソフト・スタートを行います。 I_{TH} ピン電圧は起動時にはすばやく 0.5V

まで上昇し、その後は内部 30μA プルアップ電流および外付けコンデンサで設定される速度で上昇します。 I_{TH} 電圧が 0.8V に達すると、バッテリ充電電流が増加しはじめ、 I_{TH} が 2V で最大電流に達します。0.12μF のコンデンサを使用した場合、最大充電電流に達する時間は約 2ms で、チャージャの入力電圧は 2ms 以内に最大値に達すると考えられます。より長い起動時間が必要な場合は、コンデンサを最大 1μF にすることができます。

どのスイッチング・レギュレータでも、入力電圧がタイムアウト周期よりはるかに遅く立ち上がると、従来のタイムベースのソフト・スタートが行えなくなる可能性があります。これはバッテリ・チャージャやコンピュータ電源のスイッチング・レギュレータが、負荷に一定量の電力を供給しているためです。入力電圧がソフト・スタート時間に比較して低速で上昇する場合、入力電圧が最終値よりまだずっと低いときに、レギュレータは負荷に最大電力を供給しようとします。アダプタは電流制限されると、出力電圧低下時には最大電力を供給できず、アダプタ出力が出力電圧低下時の電流制限状態になったままの擬似“ラッチ”状態になる可能性があります。たとえば、チャージャとコンピュータを合わせた最大負荷電力が 30W の場合、15V のアダプタは 2.5A に電流制限されることがあります。最大電力が供給されているときに、アダプタ電圧が ($30W/2.5A = 12V$) より下に低下すれば、アダプタ電圧は一定の 30W 負荷によって、スイッチング・レギュレータが最大負荷を供給できなくなる、より低い安定状態に至るまで引き下げられてしまいます。この状態は、最大電力を実現可能な最小アダプタ電圧より高く設定した DCDIV 抵抗分割器を利用することによって回避できます。

入力および出力コンデンサ

高容量、低 ESR/ESL の X5R タイプのセラミック・コンデンサの使用を推奨します。代替品として OSCON や POSCAP があります。電解アルミニウム・コンデンサは ESL と ESL の特性が悪く推奨できません。低 ESR の個体タンタル・コンデンサは使用可能ですが、入力、出力のバイパスに使用する場合は注意が必要です。AC アダプタをチャージャに活線接続するとき、またはバッテリをチャージャに接続するとき、高い入力サージ電流が生じることがあります。サージ電流耐性のある低 ESR タンタル・コンデンサのみを使用してください。どのタイプのコンデンサを使用するとしても、定格電圧選択の後、最も重要なことはリップル電流の要件であり、それに続いて容量です。リップル電流の要件を解決すれば、多くの場合最低容量値は既に満たされています。

アプリケーション情報

以下の式は最後のページの「標準的応用例」で使用される補償回路が安定動作する最小容量値C_{OUT}(±20% 許容誤差)を示します。

$$C_{OUT(MIN)} = 120/L1$$

アルミ電解コンデンサをACアダプタ入力端子であるC1に使用すると活線接続時のリングングを低減するのに役立ちます。詳細はアプリケーション・ノート88を参照ください。

4Aリチウム・バッテリー・チャージャ(「最後のページの「標準的応用例」」)では、入力コンデンサ(C2)がコンバータのすべての入力スイッチング・リップル電流を吸収するものとみなされるので、十分なリップル電流定格を持っていることが必要です。ワースト時RMSリップル電流は、出力充電電流の1/2になります。C2はC4(出力コンデンサ)の容量値以上にすることを推奨します。

出力コンデンサ(C4)も出力スイッチング電流のリップルを吸収すると想定されています。コンデンサを流れる電流の一般式は以下のとおりです。

$$I_{RMS} = \frac{0.29(V_{BAT}) \left(1 - \frac{V_{BAT}}{V_{DCIN}} \right)}{(L1)(f)}$$

例えば、V_{DCIN} = 12V、V_{BAT} = 4.2V、L1 = 10μH、f = 300kHzの場合にはI_{RMS} = 0.26A

一般にEMIを配慮すれば、バッテリーのリード線のリップル電流を小さくする必要があり、フェライト・ビーズまたはインダクタを追加して、300kHzのスイッチング周波数でのバッテリーのインピーダンスを大きくすることができます。スイッチング・リップル電流は、出力コンデンサのESRとバッテリーのインピーダンスに応じて、バッテリーと出力コンデンサに配分されます。C3のESRが0.2Ωで、バッテリーのインピーダンスがビーズもしくはインダクタによって4Ωに増大する場合、バッテリーには電流リップルのわずか5%しか流れません。

SMBus入力保護

バッテリーがシステムに接続されるときはいつでもSMBus入力(SCLとSDA)には制御されない過渡信号が加わります。バッテリーに静電荷がある場合、SMBus入力は、繰り返し受けると損傷を与える可能性のある過渡電流に曝されます。また、バッテ

リの正端子が負端子より前にコネクタに接触すると、SMBus入力に、バッテリーの全電位だけグランドより低い電圧が加わり、その結果、SMBus入力に接続されたあらゆるデバイスがラッチアップする可能性が生じます。したがって、図10に示すようにSMBusの入力を保護するのが適切な設計です。

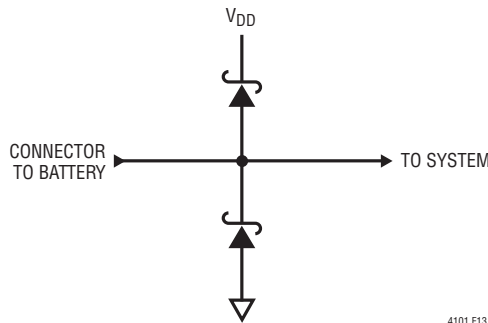


図10. 推奨SMBus過渡保護回路

SafetySignal (サーミスタ)値

SafetySignal(「最後のページの「標準的応用例」」)、は多機能信号で重要度順に3つの情報を伝達します:

- 1) スマート・バッテリーの有無。
- 2) ウェイクアップ充電に許可される最大時間。
- 3) オプションの冗長温度測定システム。

グランドとの抵抗値によりこれら全ての情報を伝達します。抵抗値の範囲とその意味はSBSスマートバッテリー規格のセクション6に記述されています。Liイオンなど、無期限のウェイクアップ充電に耐えない種類のバッテリーの場合は、SafetySignalの抵抗値は425Ωを下回る必要があります。300Ωの固定抵抗を使うのが一般的です。もしくは通常NTC抵抗を使用して10kの抵抗値にしてください。

PCBレイアウトの検討事項

効率を最大にするため、スイッチ・ノードの立ち上がり時間と立ち下がり時間を最小にします。電磁放射と高周波共振の問題を防ぐには、ICに接続される部品の適切なレイアウトが不可欠です。(図11. 参照)以下のPCBデザインの優先順位リストは適切なレイアウトを実現するのに役立ちます。ここに示されている順序に従ってPCBをレイアウトしてください。

アプリケーション情報

1. 入力コンデンサは、できるだけ短い銅トレースを使って、スイッチングFETの電源とグラウンドのできるだけ近くに配置します。これらの部品は同じレイヤに配置する必要があります。これらの接続にビアは使いません。
2. コントロールICはスイッチングFETのゲート端子の近くに配置します。クリーンなドライブ信号を提供するため接続トレースを短くします。これにはスイッチングFETのソース・ピンに接続される、ICの電源ピンとグラウンドピンも含まれます。これに関連してICはPCBの反対側に配置することも可能です。
3. インダクタ入力スイッチングFETにできるだけ近づけて配置します。このトレースの表面積を最小にします。トレース幅は電流を支えるのに必要な最小幅にします-銅を敷き詰めないようにします。多層レイヤを使った並列接続は避けてください。このノードと他のトレースやプレーンとの間に生じる容量を最小にします。
4. 出力電流センス抵抗はインダクタ出力に隣接させて配置しますが、この抵抗へのICの電流検出フィードバック・トレースが長くないような向きにします。これらのフィードバック・トレースは、同じレイヤ上で常にまとめて一対にし、でき

るだけ小さなトレース間隔で配線する必要があります。これらのトレース上のフィルタ部品は、センス抵抗のところではなく、すべてICに隣接させて配置します。

5. 出力コンデンサはセンス抵抗の出力とグラウンドに隣接させて配置します。
6. 出力コンデンサのグラウンドは、システム・グラウンドに戻す前に、入力コンデンサのグラウンドが接続されているのと同じ銅に接続する必要があります。

セレクトとインターフェイス

LTC4101はSafetySignal検出パスに真のアナログ・マルチプレクサを使用するように設計されています。さまざまなメーカーのセレクトICの中には実装できないものもあります。詳細に関しては弊社にお問い合わせください。

電子負荷

LTC4101は実際のバッテリーで動作するように設計されています。電子負荷はLTC4101の動作を不安定にして正確な電流と電圧のプログラムの支障になることがあります。詳細に関しては弊社にお問い合わせください。

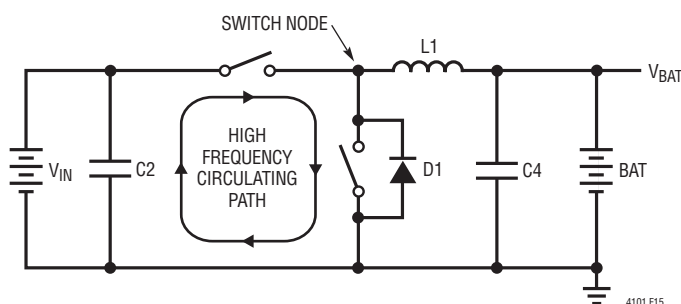


図11. 高速スイッチング経路

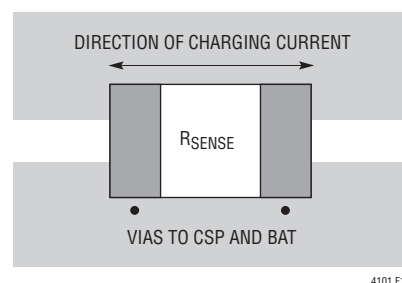
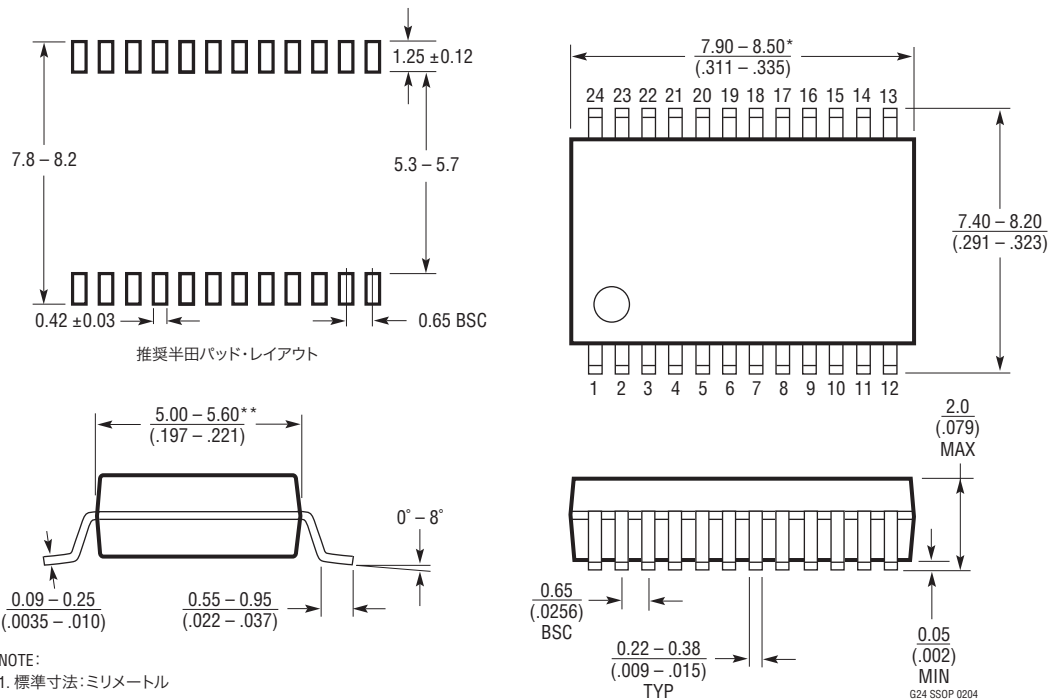


図12. 充電電流のケルビン検出

パッケージ

G Package 24-Lead Plastic SSOP (5.3mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1640)



改訂履歴

REV	DATE	DESCRIPTION	PAGE NUMBER
A	11/09	Text Added to Pin Functions	8
		Text Changes to Operation Section	11, 12, 15
		Changes to Table 1	13
		Added 'Calculating V_{DD} Current' Section	24
		Updated 'Input and Output Capacitors' Section	26
		Added 'SafetySignal (Thermistor) Value' Section	27
		Changes to Typical Application	31

