

特長

- シングルチップ・スマート・バッテリ・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 $\pm 0.8\%$ 、電流精度 $\pm 4\%$
- 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・バックアップ・サーバ

、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

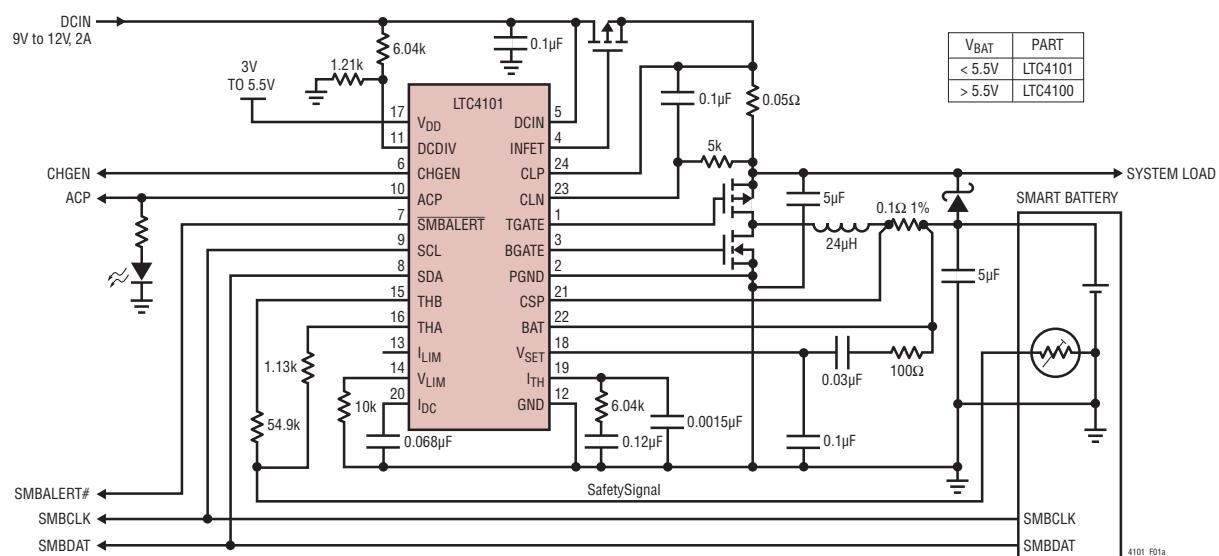


図1. 1Aスマート・バッテリ・チャージャ

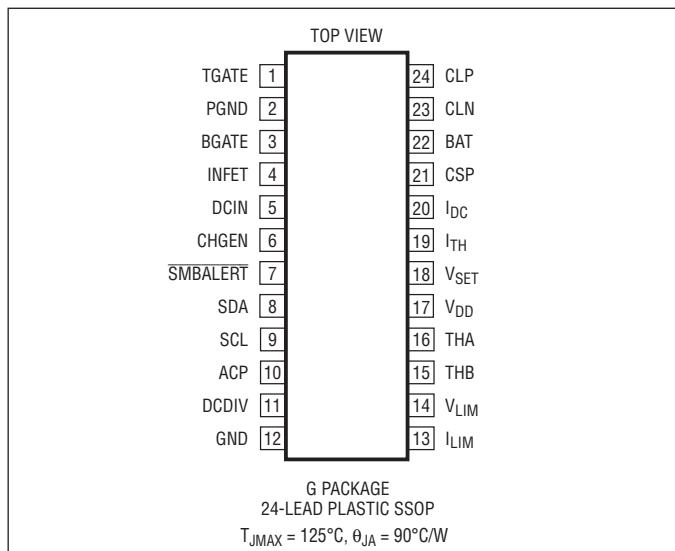
4101fa

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/tapeandreel/> 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	5.5
	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_{REV}	Reverse Current Threshold ($V_{\text{CSP}} - V_{\text{BAT}}$)			-30		mV		
Current Sense Amplifier, CA2								
	Transconductance			1		mmho		
	Source Current	Measured at I_{TH} , $V_{\text{ITH}} = 1.4\text{V}$		-40		μA		
	Sink Current	Measured at I_{TH} , $V_{\text{ITH}} = 1.4\text{V}$		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} , $V_{\text{ITH}} = 1.4\text{V}$		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 ($V_{\text{DCIN}} - V_{\text{INFET}}$)	$I_{\text{INFET}} = 1\mu\text{A}$	●	5	5.8	6.5	V	
	INFET OFF Clamping Voltage ($V_{\text{DCIN}} - V_{\text{INFET}}$)	$I_{\text{INFET}} = -25\mu\text{A}$			0.25		V	
Oscillator								
fosc	Regulator Switching Frequency			255	300	345	kHz	
fMIN	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 ($V_{\text{CLP}} - V_{\text{TGATE}}$)	$I_{\text{TGATE}} = -1\text{mA}$			50		mV	
	V_{BGATE} High	$C_{\text{LOAD}} = 3000\text{pF}$		4.5	5.6	10	V	
	V_{TGATE} Low ($V_{\text{CLP}} - V_{\text{TGATE}}$)	$C_{\text{LOAD}} = 3000\text{pF}$		4.5	5.6	10	V	
	V_{BGATE} Low	$I_{\text{BGATE}} = 1\text{mA}$			50		mV	
TGTR	TGATE Transition Time				50	110		
TGTF	TGATE Rise Time	$C_{\text{LOAD}} = 3000\text{pF}$, 10% to 90%		50	100		ns	
	TGATE Fall Time	$C_{\text{LOAD}} = 3000\text{pF}$, 10% to 90%		50	100		ns	
BGTR	BGATE Transition Time				40	90		
BGTF	BGATE Rise Time	$C_{\text{LOAD}} = 3000\text{pF}$, 10% to 90%		40	80		ns	
	BGATE Fall Time	$C_{\text{LOAD}} = 3000\text{pF}$, 10% to 90%		40	80		ns	
	V_{TGATE} at Shutdown ($V_{\text{CLN}} - V_{\text{TGATE}}$)	$I_{\text{TGATE}} = -1\mu\text{A}$			100		mV	

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
	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	$\text{k}\Omega$
	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	$\text{k}\Omega$
	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	$\text{k}\Omega$
	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		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) $R_{\text{ILIM}} = 10\text{k} \pm 1\%$ (0-2A) Charging Current = 0x07FE (0x0800 Note 7) $R_{\text{ILIM}} = 33\text{k} \pm 1\%$ (0-3A) Charging Current = 0x0BFC (0x0C00 Note 7) $R_{\text{ILIM}} = \text{Open (or Short to } V_{\text{DD}})$ (0-4A) Charging Current = 0x0FFC (0x1000 Note 7)		97.3 97.3 72.3 97.3	107.3 107.3 82.3 107.3	mV mV mV 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) $R_{\text{VLIM}} = 10\text{k} \pm 1\%$ Charging Voltage = 0x10D0 (Note 7) $R_{\text{VLIM}} = 33\text{k} \pm 1\%$ Charging Voltage = 0x1150 (Note 7) $R_{\text{VLIM}} = 100\text{k} \pm 1\%$ Charging Voltage = 0x11A0 (Note 7) $R_{\text{VLIM}} = \text{Open (or Short to } V_{\text{DD}})$ Charging Voltage = 0x1580 (Note 7)		4.206 4.270 4.397 4.476 5.460	4.240 4.304 4.432 4.512 5.504	4.274 4.338 4.467 4.548 5.548	V V V V 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	
	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。

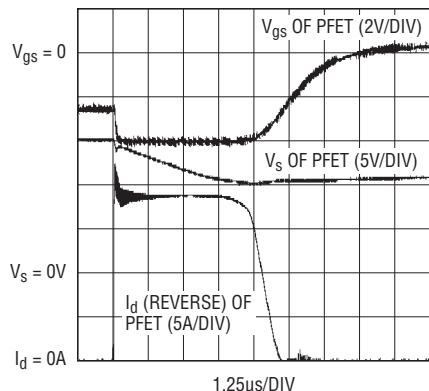
Note 5:電流精度は補償回路とセンス抵抗に依存する。

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。

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

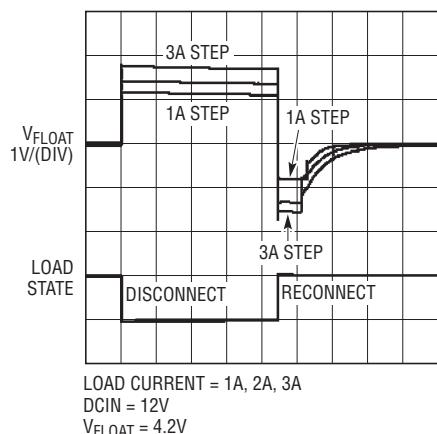
逆電流に対するINFETの応答時間



TEST PERFORMED ON DEMOBOARD
 $V_{IN} = 15\text{V}_{DC}$ $V_{CHARGE} = 4.2\text{V}$
CHARGER = ON INFET = 1/2 SI4925DY
 $I_{CHARGE} < 10\text{mA}$

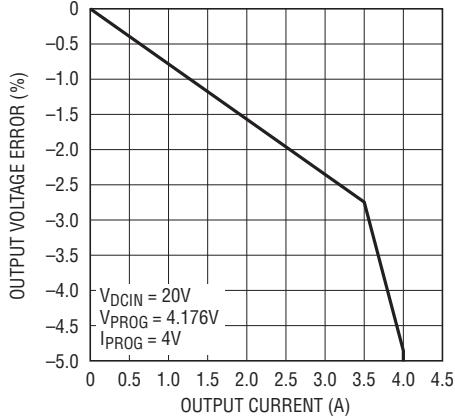
4101 G01

バッテリの切断/再接続 (負荷ダンプ)

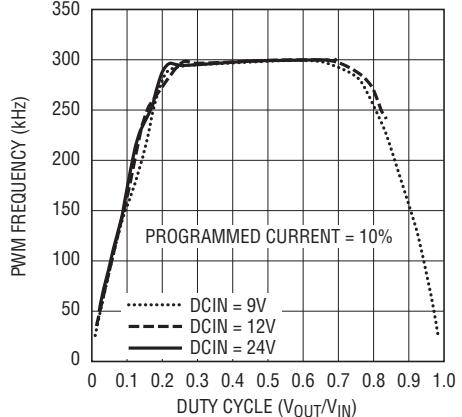


4101 G04

出力電圧と出力電流

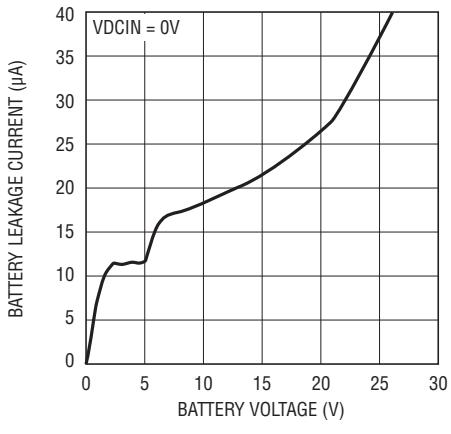


PWM周波数とデューティ・サイクル

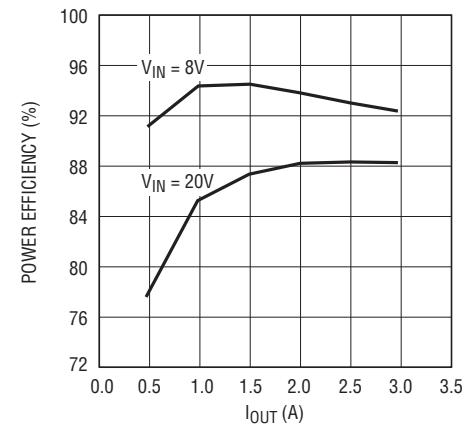


4101 G03

バッテリのリーク電流と バッテリ電圧

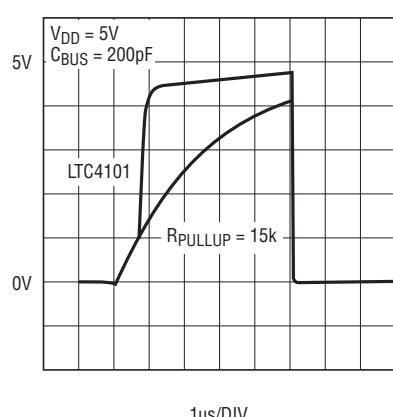


$V_{PROG} = 4.208\text{V}$ での効率



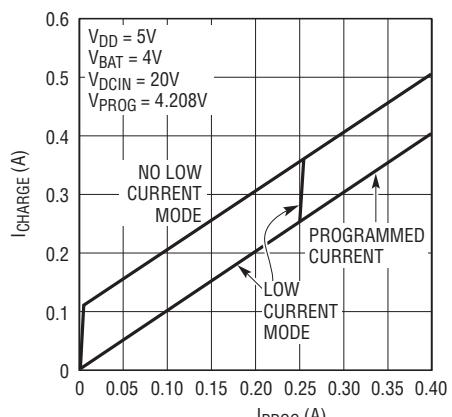
4101 G06

SMBusアクセラレータの動作

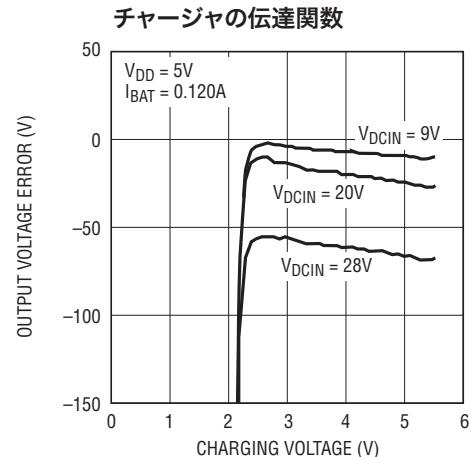
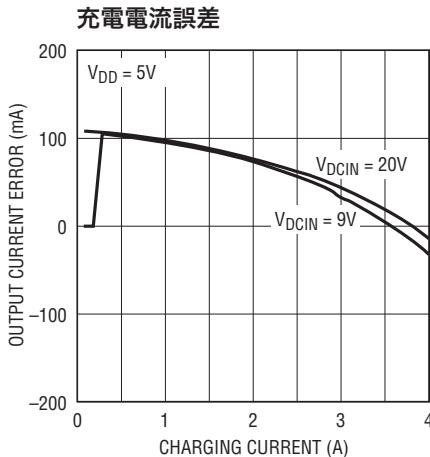


4101 G07

低電流動作



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。スレッショルド(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のリップルを除去します。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・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・コンデンサーが必要です。

CLN(ピン23): 入力電流制限回路ブロックへの負入力。電流制限機能を必要としない場合は、このピンをCLPに接続します。スレッショルドは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

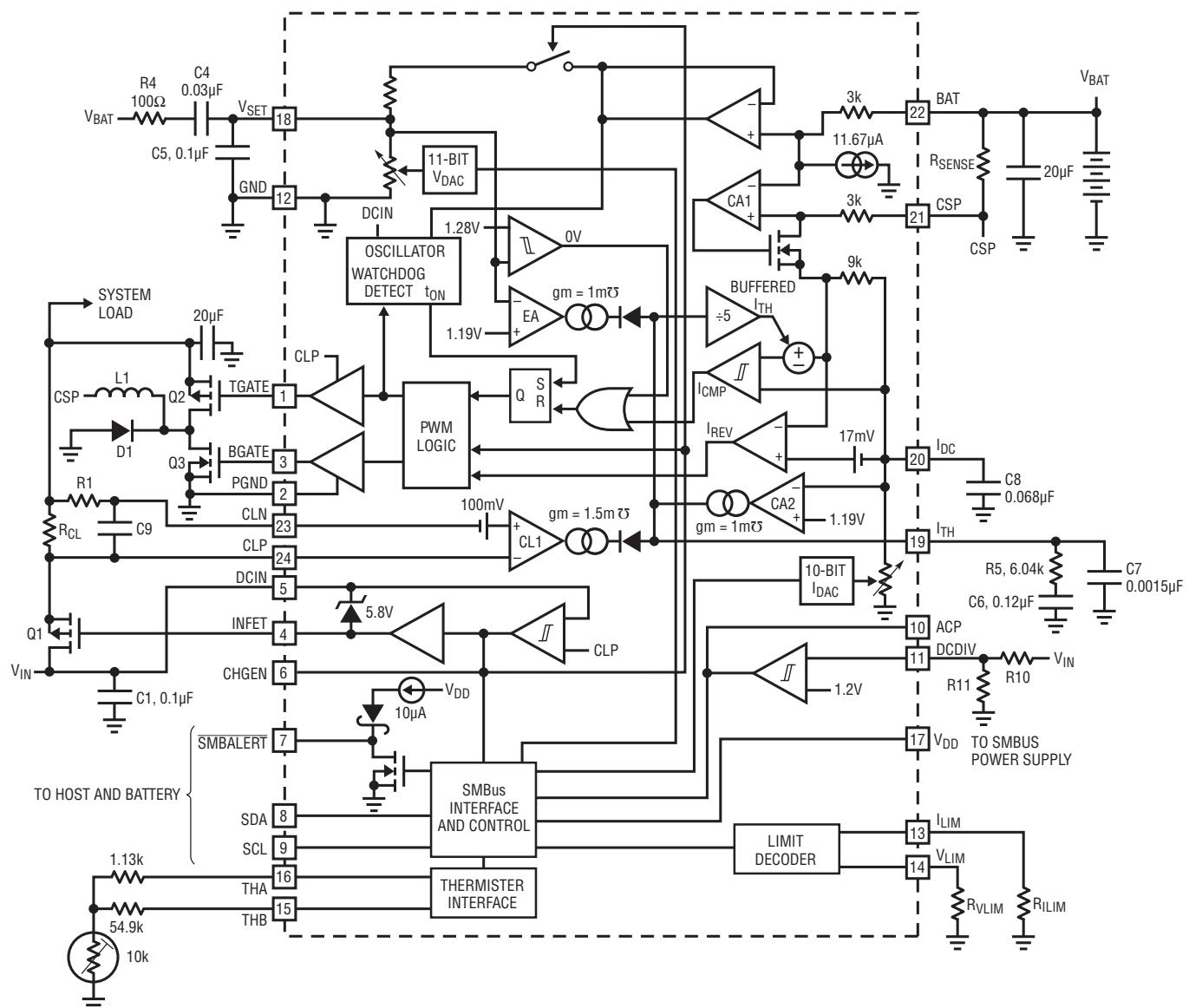
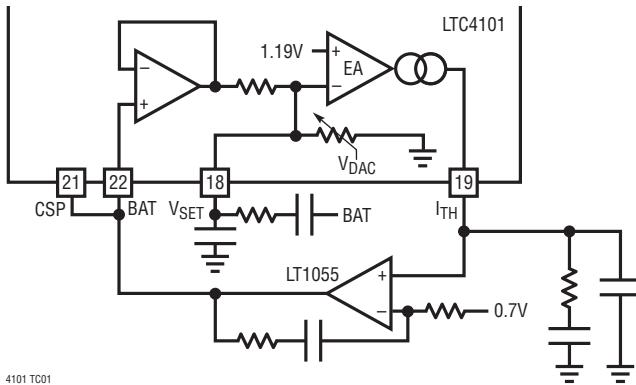


図2

テスト回路



4101 TC01

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

FOR $V_{VDAC} = 4.176V(0x1050)$

$DCIN = 21V$

$CLN = CLP = 20V$

$V_{DD} = 3.3V$

動作

概要(ブロック図を参照)

LTC4101は、バッテリ・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。バッテリが装着されAC電源が接続されるとバッテリは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、バッテリまたはホストが充電命令を送らなかつ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Charging Current()コマンドとCharging Voltage()コマンドを受け取ります。Charging Current()コマンドとCharging Voltage()コマンドの双方をtTIMEOUTインター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。Charging Current()とCharging Voltage()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・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 I_{CPM} 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 I_{REV} 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。

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

4101fa

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。

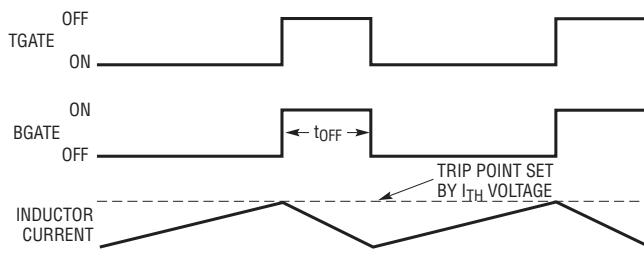


図3

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IDCピンのIDACでプログラムされた必要な電流と比較し I_{TH} をRSENSE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} 電圧がスレッショルドを超えるまでスイッチング動作は開始されません。このスレッショ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できます。SMBusプロトコルはI²C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「I²C 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・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>

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・セレクタ・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_CHANGEビットはChargingCurrent()とChargingVoltage()の値の変更が無ければチャージ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_CHANGE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_CHANGE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・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_CHANGEビットおよびChargingCurrent()と連係してLTC4101の電流能力を知るに利用できます。ChargingCurrent()がILIM+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_CHANGEビットおよびChargingVoltage()と連係してLTC4101の電圧能力を知るに利用できます。ChargingVoltage()がVLIM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95kΩ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28.5kΩ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・バッテリを示します。RES_HOTはRES_UP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	DO
ChargerSpecInfo()		7'b0001_001 0x12	8'h11	Info	Reserved												SELECTOR_SUPPORT	CHARGER_SPEC		
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
ChargerMode()		7'b0001_001	8'h12	Control	Reserved												RESET_TO_ZERO	0	0	0
					Permitted Values	Ignored												POR_RESET	1/0	1/0
ChargerStatus()		7'b0001_001	8'h13	Status	AC_PRESENT	BATTERY_PRESENT	POWER_FAIL	ALARM_INHIBITED	RES_UP	RES_HOT	RES_COLD	RES_OR	VOLTAGE_OR	CURRENT_OR	LEVEL_34LEVEL_2	CURRENT_NOTREG	VOLTAGE_NOTREG	POLLING_ENABLED	CHARGE_INHIBITED	1/0
					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	1/0
ChargingCurrent()		7'b0001_001	8'h14	Value	CHARGING_CURRENT[15:0]															
					Permitted Values	Unsigned integer representing current in mA														
ChargingVoltage()		7'b0001_001	8'h15	Value	CHARGING_VOLTAGE[15:0]															
					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	Ignored			
					Permitted Values	1/0	1/0	1/0	1/0	Ignored										
LTCO()		7'b0001_001	8'h3C	Register	Reserved				LTC4101's Version Identification											
					Permitted Values	Ignored		1/0	Ignored											
				Return Values	0	1	0	1/0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Alert Response Address		7'b0001_100 0x18	N/A	Status	Not Supported										LTC4101's Address					
															0	0	0	1	0	0

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 < V_{ACP})、またはバッテリ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”に引き下げるときセットされます。このビットがセッタされた場合いつも充電はディスエーブルされます。このビットをセットしてもChargingVolutage()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状態を検出しなくなるまでBATTERY_PRESENTビットをセットしません。ACが無い場合(例、DCIN < V_{ACP})、このビットはバッテリが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V_{ACP}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、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はバッテリに供給する充電電流を、R_{ILIM}、IDACおよびChargingCurrent()機能の値を使用して決定します。充電電流はR_{ILIM}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R_{ILIM}値に対してChargerStatus()機能のCURRENT_ORがセットされないCHARGING_CURRENTの最大許容値を示します。

R _{ILIM}	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 V _{DD})	0x0000 through 0x0FFF	0mA through 4095mA

ChargingVoltage() ('h15)

説明:バッテリ、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はバッテリに供給する充電電圧を、R_{VLM}、V_{DAC}およびChargingVoltage()機能の値を使用して決定します。充電電圧はR_{VLM}で許可された最大電圧を超えて印加されることはできません。ChargingVoltage()の値はV_{DAC}の出力へ変換されます。バッテリ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R_{VLM}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_{ILIM}	Maximum Charging Voltage()
Short to GND	0x1090 (4240mV)
$10k\Omega \pm 1\%$	0x10D0 (4304mV)
$33k\Omega \pm 1\%$	0x1150 (4432mV)
$100k\Omega \pm 1\%$	0x11A0 (4512mV)
Open (or short to V_{DD})	0x1580 (5504mV)

AlarmWarning() ('h16)

説明:スマート・バッテリはバス・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・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・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・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IDAC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IDAC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します。NO_LOWIがセットされた時は精度の低いIDAC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IDAC動作モードを示します。クリアであれば充電電流がIDAC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#イベント発生の迅速な識別に利用します。

用途:LTC4101は、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を充電することができます。コントロール・ブロックは、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インターフェイス・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・バッテリの重大な警告メッセージをSMBus経由で発する。
2. Charging Voltage()とCharging Current()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、Charging Current()とCharging Voltage()のリクエストを送信するスマート・バッテリ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. Safety Signal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がCharging Current()とCharging Voltage()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. Safety SignalがRES_COLDまたはRES_URのとき、T TIMEOUT時間に達する。
2. Safety SignalがRES_ORである。
3. Charging Current()とCharging Voltage()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. Safety SignalがRES_HOTである。
5. AC電源が接続されていない($DCDIV < V_{ACP}$)。
6. Charger Status()機能のALERT_INHIBITEDがセットされる。
7. Charger Mode()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. Charging Voltage()とCharging Current()の機能にゼロ以外の値が書き込まれていなければなりません。
2. Safety SignalはRES_COLD、RES_IDEAL、またはRES_URのいずれかでなければなりません。
3. ACアダプタの接続。これはDCDIV > VACP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・チャージャ・コントローラは充電を停止します:

1. TIMEOUTが経過して Charging Current() 機能と Charging Voltage() 機能に書き込みがない。
2. Safety SignalがRES_ORである。
3. Safety SignalがRES_HOTである。
4. AC電源が接続されていない (DCDIV < VACP)。
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 Charging Current() 機能と Charging Voltage() 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Charging Current()機能とCharging Voltage()機能の値で充電を再開します。
9. DCINの電圧がバッテリを充電するのに不十分である。LTC4101はDCIN電圧がバッテリを充電するのに十分な値になるとLTC4101は以前のCharging Current()機能とCharging Voltage()機能の値で充電を再開します。
10. Charging Voltage()機能へのゼロ値の書き込み。
11. Charging Current()機能へのゼロ値の書き込み。

Safety Signalデコーダ・ブロック

このデコーダはSafety Signal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検出要件のみをサポートします。Safety Signal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。

Safety Signalの検出は、THA_SELBおよびTHB_SELB、選択可能なリファレンス発生器、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。

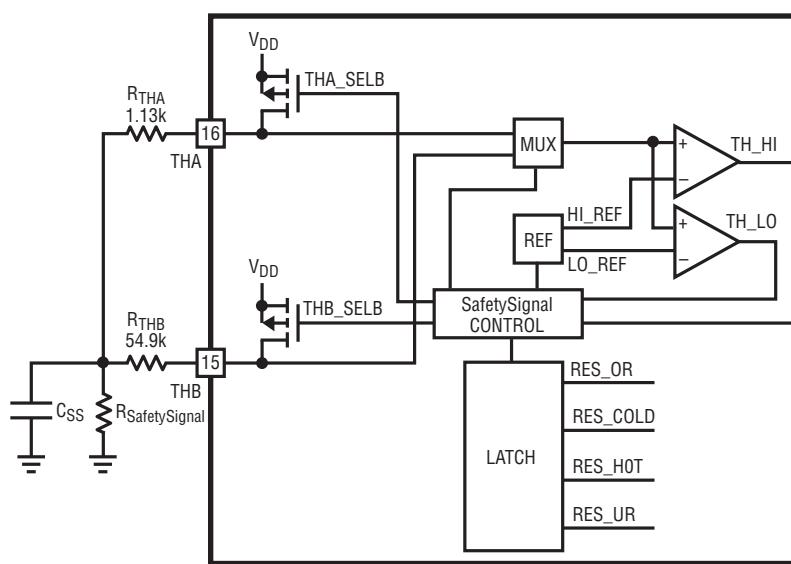


図4. Safety Signal デコーダ・ブロック

4101fa

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スレッショルドから開始し、その後RES_COLD \geq RES_IDEALスレッショルド、RES_IDEAL \geq RES_HOTスレッショルド、そして最後にRES_HOT \geq RES_URスレッショ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、低い値のスレッショ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、スレッショ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スレッショルドとRES_COLD \geq RES_IDEALスレッショ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スレッショルドとRES_HOT \geq RES_URスレッショ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のスレッショ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のブルアップを使用するシステムのスレッショルド $0.047 \cdot V_{DD}$ (140mV) を十分に上回っています。10kのブルアップを使用するシステムでは、バッテリと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} トのリップ・ポイントと範囲

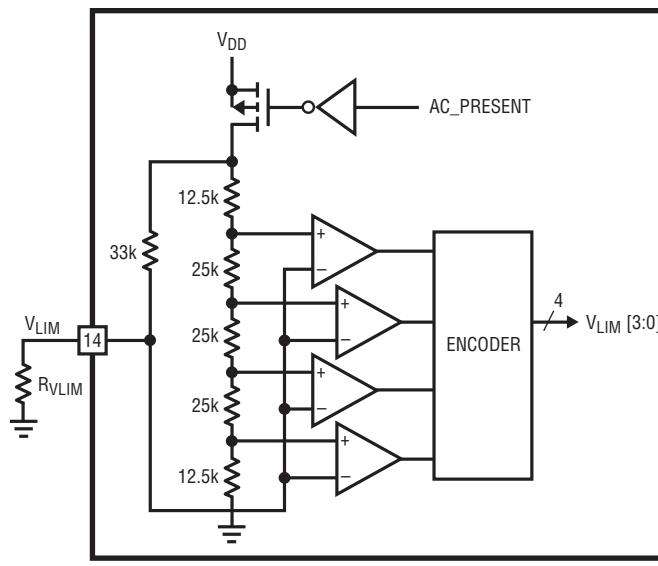
EXTERNAL RESISTOR (R_{ILIM})	I_{LIM} VOLTAGE	CONTROLLED CHARGING CURRENT RANGE	GRANULARITY
Short to GND	$V_{ILIM} < 0.09V_{DD}$	$0 < I < 1023\text{mA}$	1mA
$10\text{k} \pm 1\%$	$0.17V_{VDD} < V_{ILIM} < 0.34V_{VDD}$	$0 < I < 2046\text{mA}$	2mA
$33\text{k} \pm 1\%$	$0.42V_{VDD} < V_{ILIM} < 0.59\text{V}$	$0 < I < 3068\text{mA}$	4mA
Open ($>250\text{k}$, or Short to V_{DD})	$0.66V_{VDD} < V_{ILIM}$	$0 < I < 4092\text{mA}$	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_{VLIM})	I_{LIM} VOLTAGE	CONTROLLED CHARGING CURRENT RANGE	GRANULARITY
Short to GND	$V_{VLIM} < 0.09V_{VCCP}$	$2900\text{mV} < V_{OUT} < 4240\text{mV}$	16mV
$10\text{k} \pm 1\%$	$0.17V_{VDD} < V_{VLIM} < 0.34V_{VDD}$	$2900\text{mV} < V_{OUT} < 4304\text{mV}$	16mV
$33\text{k} \pm 1\%$	$0.42V_{VCCP} < V_{VLIM} < 0.59V_{VDD}$	$2900\text{mV} < V_{OUT} < 4432\text{mV}$	16mV
$100\text{k} \pm 1\%$	$0.66V_{VDD} < V_{VLIM} < 0.84V_{VDD}$	$2900\text{mV} < V_{OUT} < 4512\text{mV}$	16mV
Open or Tied to V_{DD}	$0.91V_{VDD} < V_{VLIM}$	$2900\text{mV} < V_{OUT} < 5504\text{mV}$	16mV



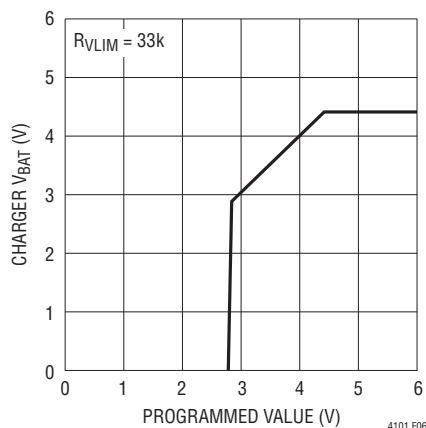
4101 F05

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)プログラマされるように、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マされます。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マすることができますが、2.9Vを下回った場合バッテリ・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

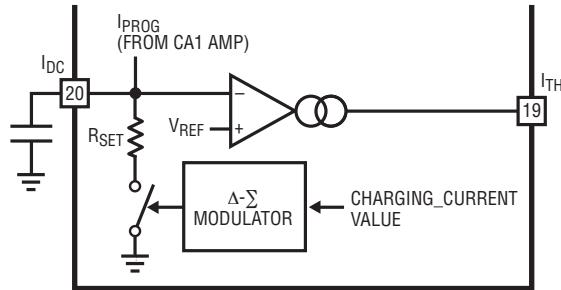
電流DACはデルタ-シグマ変調器であり、チャージャの電流制限を設定するのに使用される外部抵抗、 R_{SET} 、の実効値を制御します。図7はDAC動作の簡略図です。デルタ-シグマ変調器とスイッチは、SMBusを通して受信されたCharging Current()の値を次式で表される可変抵抗値に変換します：

$$1.25R_{SET}/[\text{Charging Current}() / I_{LIM[x]}] = R_{IDC}$$

したがって、プログラマされた電流は次式のようになります：

Charging Current() < $I_{LIM[x]}$ の場合、

$$I_{CHARGE} = (102.3 \text{mV}/R_{SENSE}) (\text{Charging Current}() / I_{LIM[x]}),$$



4101 F07

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LTCO()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ChargerStatus()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

4101fa

動作

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})のスレッショルドを上回る場合、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})のスレッショルドを下回る場合、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を充電しながら同時に動作することができます。さらに、バッテリ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100mV/ 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 μ 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} = アダプタの最小電流 - (アダプタの最小電流 • 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)。

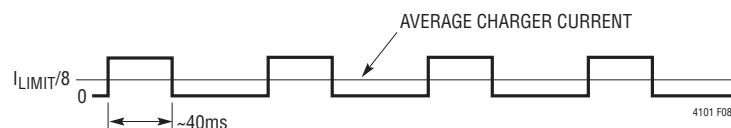


図8. 低電流モードでの充電電流波形

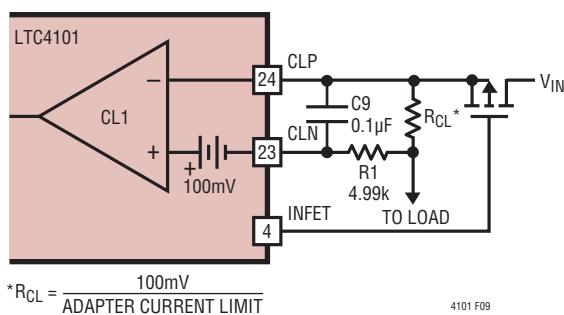


図9. アダプタ電流制限

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。バッテリが充電を終了させる方法については、バッテリ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、不適切な充電電流を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 _{ILIM} (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_{ILIM}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、 $\Delta I_L = 0.4(I_{MAX})$ 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		I _{MAX} (A)	
V _{IN} Range (V)	1	2	3* and 4
≤ 7.5	16μH ± 20%	8μH ± 20%	4μH ± 20%
≤ 9.0	20μH ± 20%	10μH ± 20%	5μH ± 20%
≤ 12.0	24μH ± 20%	12μH ± 20%	6μH ± 20%
≤ 15.0	26μH ± 20%	13μH ± 20%	6.5μH ± 20%
≤ 28.0	30μH ± 20%	15μH ± 20%	7.5μH ± 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・スレッショルドの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:

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

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

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I²R損失の項があり、PMAIN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 $\delta = 0.005^{\circ}\text{C}$ を使用することができます。C_{RSS} = Q_{GD}/ΔV_{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ID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ト・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。

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

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、トランスマッショングの長さとトランスマッショング・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:

$$I_{THRM(ON)}_{OVERRANGE} = 1/16 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX)$$

where $RTHX > 100k$

$$I_{THRM(ON)}_{COLD} = 1/8 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX)$$

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。

$$I_{THRM(OFF)}_{OVERRANGE} = 1/50 \cdot V_{DD}/(54.9k + RTHX)$$

where $RTHX > 100k$

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

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

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

where $RTHX < 3k$

*アンダーレンジを含む

アプリケーション情報

c) IACCEL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VDDへ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suspend、スリープ状態の場合。

$$I_{TOTAL} = I_{RUN} + I_{THR}(OFF) + I_{ACCEL} \\ = 121.9\mu A + 5.26\mu A + 2.44\mu A = 130\mu A$$

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。

$$I_{TOTAL} = I_{RUN} + I_{THR}(OFF) + I_{ACCEL} \\ = 189.5\mu A + 5.26\mu A + 12.2\mu A = 207\mu A$$

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。

$$I_{TOTAL} = I_{RUN} + I_{THR}(ON) + I_{ACCEL} \\ = 274\mu A + 215.6\mu A + 24.4\mu A = 514\mu A$$

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%:

$$I_{TOTAL} = I_{RUN} + I_{THR}(OFF) + I_{ACCEL} \\ = 121.9\mu A + 2.14\mu A + 2.44\mu A = 126\mu A$$

バッテリ・モード、SMBusアクティビティは10kHz:

$$I_{TOTAL} = I_{RUN} + I_{THR}(OFF) + I_{ACCEL} \\ = 189.5\mu A + 2.14\mu A + 12.2\mu A = 204\mu A$$

DCIN = ONそしてSMBusデューティ・サイクルは20%:

$$I_{TOTAL} = I_{RUN} + I_{THR}(ON) + I_{ACCEL} \\ = 274\mu A + 37.7\mu A + 24.4\mu A = 336\mu A$$

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りると、従来のタイマベースのソフト・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も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} ($\pm 20\%$ 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ギ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・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、 $V_{DCIN} = 12V$ 、 $V_{BAT} = 4.2V$ 、 $L1 = 10\mu H$ 、 $f = 300kHz$ の場合は $I_{RMS} = 0.26A$

一般にEMIを配慮すれば、バッテリ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とバッテリのインピーダンスに応じて、バッテリ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。バッテリに静電荷がある場合、SMBus入力は、繰り返し受け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も前にコネクタに接触すると、SMBus入力に、バッテリ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。

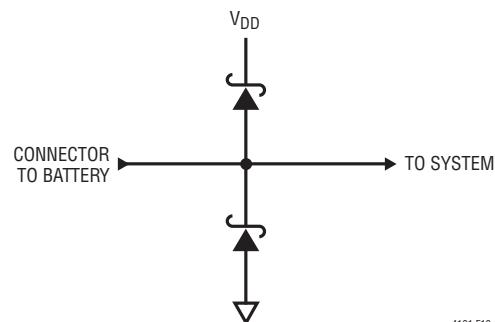


図10. 推奨SMBus過渡保護回路

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 $10k$ の抵抗値にして下さい。

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. インダクタ入力はスイッチング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・トレースが長くなら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ンドに隣接させて配置します。
6. 出力コンデンサのグランドは、システム・グランドに戻す前に、入力コンデンサのグラ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。

セレクタとのインターフェイス

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タ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。

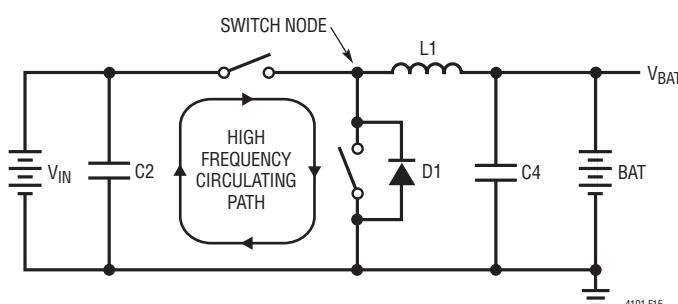


図11. 高速スイッチング経路

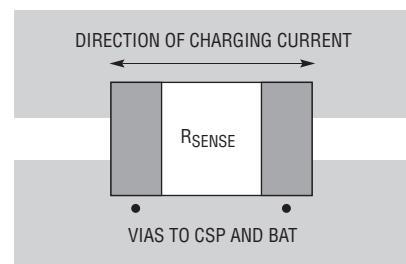
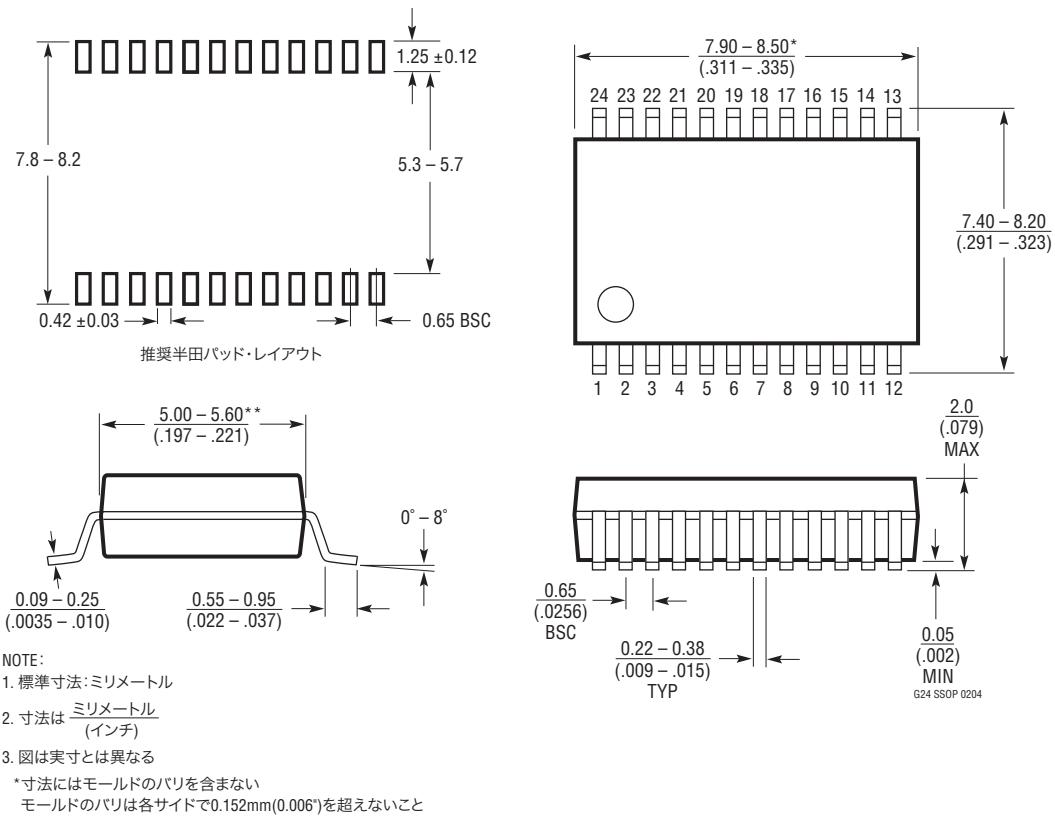


図12. 充電電流のケルビン検出

パッケージ

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

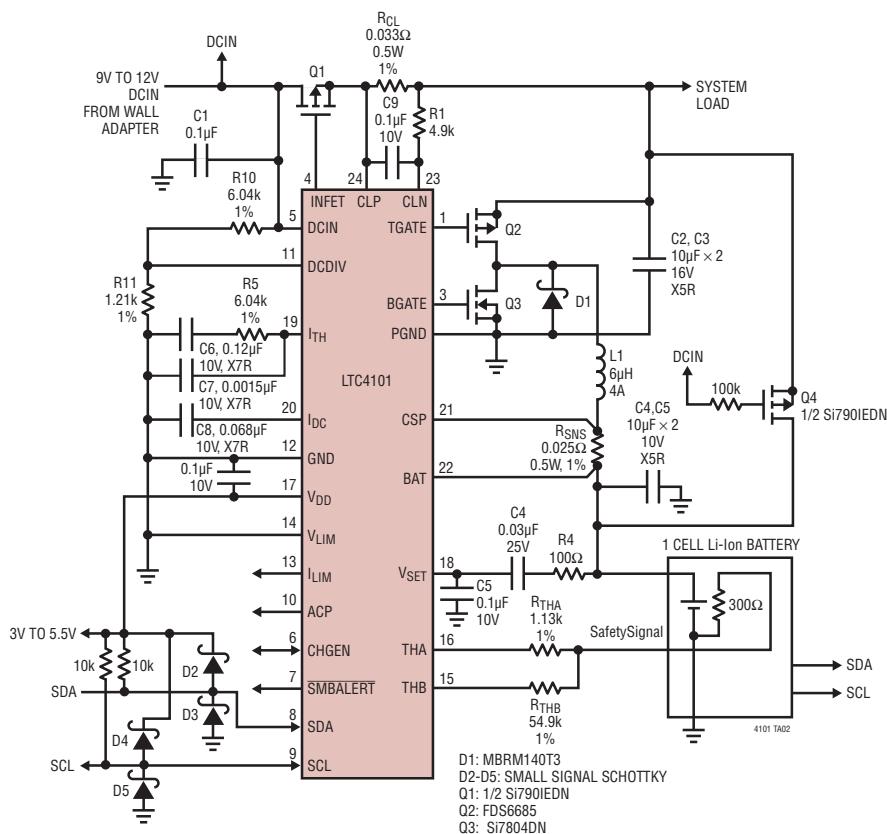


改訂履歴

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

標準的応用例

LTC4101 リチウム・イオン・バッテリ・チャージャ $I_{LIM} = 4A$ / $V_{LIM} = 4.240V$ 、アダプタ定格 = 2.7A



関連部品

製品番号	説明	注釈
LTC1760	Smart Battery System Manager	Autonomous Power Management and Battery Charging for Two Smart Batteries, SMBus Rev 1.1 Compliant
LTC4006	Small, High Efficiency, Fixed Voltage, Lithium-Ion Battery Charger	Constant Current/Constant Voltage Switching Regulator with Termination Timer, AC Adapter Current Limit and SafetySignal Sensor in a Small 16-Pin Package
LTC4007	High Efficiency, Programmable Voltage Battery Charger with Termination	Complete Charger for 3- or 4-Cell Li-Ion Batteries, AC Adapter Current Limit, SafetySignal Sensor and Indicator Outputs
LTC4008	High Efficiency, Programmable Voltage/Current Battery Charger	Constant Current/Constant Voltage Switching Regulator; Resistor Voltage/Current Programming, AC Adapter Current Limit and SafetySignal Sensor
LTC4010	High Efficiency Standalone Nickel Battery Charger	Complete NiMH/NiCd Charger in a 16-Pin TSSOP Package, Constant-Current Switching Regulator
LTC4011	High Efficiency Standalone Nickel Battery Charger	Complete NiMH/NiCd Charger in a 20-Pin TSSOP Package, PowerPath™ Control. Constant-Current Switching Regulator
LTC4060	Standalone Linear NiMH/NiCd Fast Charger	Complete NiMH/NiCd Charger in a Small Leaded or Leadless 16-Pin Package, No Sense Resistor or Blocking Diode Required
LTC4100	Smart Battery Charger Controller	For Smart Batteries with Voltages Above 5.5V
LTC4412	Low Loss PowerPath Controller	Very Low Loss Replacement for Power Supply OR'ing Diodes Using Minimal External Components

PowerPath is a trademark of Linear Technology Corporation.

4101fa