

EVALUATION KIT
AVAILABLE

MAXIM

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

概要

MAX1757は、1~3セルを充電するスイッチモードリチウムイオン(Li+)バッテリー充電器です。本製品は、精度±10%の安定化充電電流と安定化電圧(バッテリー端子における全電圧誤差が僅か±0.8%)を提供します。内部ハイサイドスイッチが最大1.5Aまで設定可能なバッテリー充電電流を供給します。内蔵安全タイマは、設定したタイムリミットに達すると自動的に充電を終了します。

MAX1757は、2つのループを使用して電圧設定ポイントと充電電流を制御します。この2つのループは、互いに協力しながら電圧レギュレーションと電流レギュレーションの間をなめらかに遷移します。もう1つの制御ループが入力ソースから流れる全電流(充電+システム)を監視して、入力電源のオーバロードを防止します。これにより、安価なACアダプタの使用が可能です。

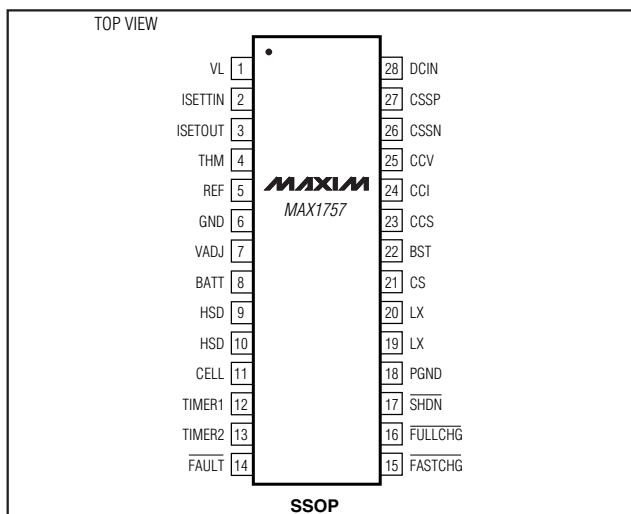
セル当たりのバッテリー電圧レギュレーションリミットは、標準1%抵抗を使用して4.0~4.4Vの間に設定されています。セルの数はピンストラップにより1~3に設定できます。バッテリー温度を外部サーミスタによって監視することにより、許容温度範囲を外れた場合に充電を止めることができます。

MAX1757は省スペースの28ピンSSOPパッケージで提供されています。評価キット(MAX1757EVKIT)を使用すると、設計時間を短縮することができます。28Vスイッチ付のスタンドアロン充電器としては、MAX1758データシートを参照して下さい。最大4Aまで充電電流が可能な充電器コントローラとしては、MAX1737データシートを参照して下さい。

アプリケーション

Li+バッテリーパック PDA
ノートブックコンピュータ デスクトップクレードル
ハンドヘルド機器 充電器

ピン配置



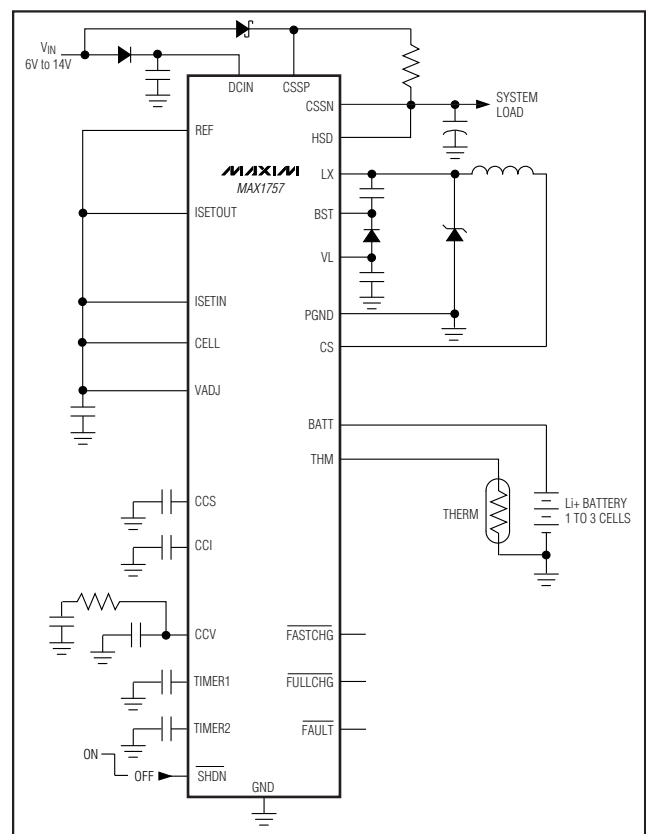
特長

- ◆ 最大3セルのLi+電池用スタンドアロン充電器
- ◆ バッテリーレギュレーション電圧精度：±0.8%
- ◆ 低ドロップアウト：デューティサイクル98%
- ◆ 寿命に近いセルを安全に予備充電
- ◆ 連続的な電圧及び温度監視
- ◆ シャットダウンバッテリー電流：0.1µA
- ◆ 入力電圧：最大14V
- ◆ 設定可能な充電電流：最大1.5A
- ◆ 入力電流制限機能
- ◆ パッケージ：省スペース28ピンSSOP
- ◆ 300kHz PWM発振器によりノイズを低減

型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX1757EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP

標準動作回路



内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

BATT, CS, DCIN, CSSP, CSSN, HSD to GND	.....-0.3V to +15V	PGND to GND	.....-0.3V to +0.3V
CSSP to CSSN	.....-0.6V to +0.6V	VL Source Current	.....50mA
BST to GND	.....-0.3V to +21V	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
BST to LX	.....-0.3V to +6V	28-Pin SSOP (derate 9.5mW/°C above +70°C)	.....762mW
LX to PGND	.....-0.6V to (V _{HSD} + 0.3V)	Operating Temperature Range	.....-40°C to +85°C
VL, $\overline{\text{SHDN}}$, ISETIN, ISETOUT, REF, VADJ, CELL, TIMER1,		Junction Temperature	.....+150°C
TIMER2, CCI, CCS, CCV, THM to GND	.....-0.3V to +6V	Storage Temperature Range	.....-65°C to +150°C
FASTCHG, FULLCHG, FAULT to GND	.....-0.3V to +30V	Lead Temperature (soldering, 10s)	.....+300°C
CS to BATT Current	.....±3.5A		

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Circuit of Figure 1, V_{DCIN} = V_{HSD} = V_{CS} = V_{CSSN} = 12V, V $\overline{\text{SHDN}}$ = V_L, V_{CELL} = GND, V_{BATT} = V_{CS} = 4.2V, V_{VADJ} = V_{REF}/2, V_{ISETIN} = V_{ISETOUT} = V_{REF}, R_{THM} = 10k Ω , T_A = 0°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SUPPLY AND REFERENCE						
DCIN Input Voltage Range			6		14	V
DCIN Quiescent Supply Current		6V < V _{DCIN} < 14V		5	7	mA
DCIN to BATT Dropout Threshold, DCIN Falling		Falling edge	0.075	0.125	0.175	V
DCIN to BATT Dropout Threshold, DCIN Rising		Rising edge	0.20	0.30	0.40	V
VL Output Voltage		6V < V _{DCIN} < 14V	5.10	5.40	5.70	V
VL Output Load Regulation		I _{VL} = 0 to 15mA		44	65	mV
REF Output Voltage	V _{REF}	6V < V _{DCIN} < 14V	4.179	4.20	4.221	V
REF Line Regulation		6V < V _{DCIN} < 14V		2	6	mV
REF Load Regulation		I _{REF} = 0 to 1mA		6	14	mV
SWITCHING REGULATOR						
PWM Oscillator Frequency	f _{OSC}	Nondropout f _{OSC}	270	300	330	kHz
LX Maximum Duty Cycle		In dropout, f _{OSC} / 4	97	98		%
CSSN/CSSP Off-State Leakage		V _{CSSN} = V _{CSSP} = V _{DCIN} = 14V, V $\overline{\text{SHDN}}$ = GND		2	10	μ A
HSD Off-State Leakage		V _{LX} = PGND, V _{HSD} = V _{DCIN} = 14V, V $\overline{\text{SHDN}}$ = GND		0.1	10	μ A
LX Off-State Leakage		V _{LX} = V _{HSD} = V _{DCIN} = 14V, V $\overline{\text{SHDN}}$ = GND		0.1	10	μ A
HSD to LX On-Resistance		V _{BST} = V _{LX} + 4.5V		150	250	m Ω
LX to PGND On-Resistance		See PWM Controller section		1	2	Ω
CS to BATT Current-Sensing Resistance	R _{CS}	Internal resistor between CS and BATT, 1.5A RMS operating		110	170	m Ω
BATT, CS Input Current		V $\overline{\text{SHDN}}$ = GND, V _{BATT} = 14V		0.1	5	μ A
		CELL = REF, V _{BATT} = 12V, any charging state		280	540	μ A
		V _{BATT} = 14V, done state		150	270	μ A

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1, $V_{DCIN} = V_{HSD} = V_{CSP} = V_{CSSN} = 12V$, $V_{SHDN} = V_{VL}$, $V_{CELL} = GND$, $V_{BATT} = V_{CS} = 4.2V$, $V_{VADJ} = V_{REF}/2$, $V_{ISETIN} = V_{ISETOUT} = V_{REF}$, $R_{THM} = 10k\Omega$, $T_A = 0^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^{\circ}C$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SWITCHING REGULATOR						
CS to BATT Hard Current Limit		Instantaneous peak current limit	2.4	2.7	3.0	A
BATT, CS Input Voltage Range			0		14	V
VOLTAGE LIMIT ACCURACY						
Battery Regulation Voltage	V_{BATTR}	CELL = float, GND, or REF	4.167	4.2	4.233	V/cell
Absolute Voltage Accuracy		Not including VADJ resistor tolerances	-0.8		0.8	%
		With 1% VADJ resistors	-1		1	
BATT Regulation Voltage Adjustment Range		$V_{ADJ} = GND$	3.948	3.979	4.010	V/cell
		$V_{ADJ} = REF$	4.386	4.421	4.453	
ERROR AMPLIFIERS						
CCV Amplifier Transconductance		$V_{CCV} = 2V$	0.4	0.7	1.0	mS × cells
CCV Amplifier Maximum Output Current		$V_{CCV} = 2V$	±50			μA
BATT Full-Scale Charge Current			1.35	1.5	1.65	A
BATT 1/10-Scale Charge Current (Note 1)		$V_{ISETOUT} = V_{REF}/10$	100	150	200	mA
BATT Charge Current in Prequalification State		$V_{BATT} < 2.4V$ per cell	100	150	200	mA
CCI Battery Current Sense Gain		$V_{CCI} = 2V$	60	130	240	μA/A
CCI Amplifier Maximum Output Current		$V_{CCI} = 2V$	±100			μA
CSSP to CSSN Full-Scale Current-Sense Voltage			90	100	115	mV
CSSP to CSSN 1/10-Scale Current-Sense Voltage		$V_{ISETIN} = V_{REF}/10$	5	10	15	mV
CCS Amplifier Transconductance		$V_{CCS} = 2V$	1.0	2.0	3.0	mS
CCS Amplifier Maximum Output Current		$V_{CCS} = 2V$	±100			μA
CCI, CCS Clamp Voltage with Respect to CCV			25		200	mV
CCV Clamp Voltage with Respect to CCI, CCS			25		200	mV
STATE MACHINE						
THM Trip Threshold Voltage	V_{TRT}	THM low-temp or high-temp current	1.386	1.40	1.414	V
THM Low-Temp Current	I_{TLTC}	$V_{THM} = 1.4V$	46.2	49	51.5	μA
THM High-Temp Current	I_{HTTC}	$V_{THM} = 1.4V$	344	353	362	μA
THM COLD Threshold Resistance (Note 2)		Combines THM low-temp current and THM threshold, V_{TRT} / I_{TLTC}	26.92	28.70	30.59	kΩ
THM HOT Threshold Resistance (Note 2)		Combines THM high-temp current and THM threshold, V_{TRT} / I_{HTTC}	3.819	3.964	4.115	kΩ

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1, $V_{DCIN} = V_{HSD} = V_{CSSP} = V_{CSSN} = 12V$, $V_{SHDN} = V_{VL}$, $V_{CELL} = GND$, $V_{BATT} = V_{CS} = 4.2V$, $V_{VADJ} = V_{REF}/2$, $V_{ISETIN} = V_{ISETOUT} = V_{REF}$, $R_{THM} = 10k\Omega$, $T_A = 0^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^{\circ}C$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
STATE MACHINE						
BATT Undervoltage Threshold (Note 3)			2.4	2.5	2.6	V/cell
BATT Overvoltage Threshold (Note 4)			4.55	4.67	4.8	V/cell
FULLCHG BATT Current Termination Threshold (Note 5)			250	330	400	mA
BATT Recharge Voltage Threshold (Note 6)			94	95	96	% of $V_{BATTR} \times$ cells
TIMER1 and TIMER2 Oscillation Frequency			2.1	2.33	2.6	kHz
Prequalification Timer			6.25	7.5	8.75	min
Fast-Charge Timer			81	90	100	min
Full-Charge Timer			81	90	100	min
Top-Off Timer			40.5	45	49.8	min
Temperature Measurement Frequency			0.98	1.12	1.32	Hz
CONTROL INPUTS/OUTPUTS						
\overline{SHDN} Input Voltage High	V_{IH}		1.4			V
\overline{SHDN} Input Voltage Low	V_{IL}				0.6	V
VADJ, ISETIN, ISETOUT Input Voltage Range			0		V_{REF}	V
VADJ, ISETIN, ISETOUT Input Bias Current		V_{VADJ} , V_{ISETIN} , $V_{ISETOUT} = 0$ or $4.2V$	-50		50	nA
\overline{SHDN} Input Bias Current		$V_{\overline{SHDN}} = 0$ or V_{VL}	-1		1	μA
CELL Input Bias Current		$V_{CELL} = 0$ or V_{VL}	-5		5	μA
ISETOUT Shutdown Threshold Voltage (Note 3)			150	220	300	mV
CELL Input Voltage		For 1 cell	0		0.5	V
		For 2 cells (floating)	1.5		2.5	
		For 3 cells	$V_{REF} - 0.3$		$V_{REF} + 0.3$	

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1, $V_{DCIN} = V_{HSD} = V_{CSSP} = V_{CSSN} = 12V$, $V_{SHDN} = V_{VL}$, $V_{CELL} = GND$, $V_{BATT} = V_{CS} = 4.2V$, $V_{VADJ} = V_{REF}/2$, $V_{ISETIN} = V_{ISETOUT} = V_{REF}$, $R_{THM} = 10k\Omega$, $T_A = 0^\circ C$ to $+85^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CONTROL INPUTS/OUTPUTS						
FASTCHG, FULLCHG, FAULT Output Low Voltage	V_{OL}	$I_{SINK} = 5mA$			0.5	V
FASTCHG, FULLCHG, FAULT Output High Leakage		$V_{FASTCHG}$, $V_{FULLCHG}$, $V_{FAULT} = 28V$, $V_{SHDN} = GND$			1	μA

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Circuit of Figure 1, $V_{DCIN} = V_{HSD} = V_{CSSP} = V_{CSSN} = 12V$, $V_{SHDN} = V_{VL}$, $V_{CELL} = GND$, $V_{BATT} = V_{CS} = 4.2V$, $V_{VADJ} = V_{REF}/2$, $V_{ISETIN} = V_{ISETOUT} = V_{REF}$, $R_{THM} = 10k\Omega$, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$, unless otherwise noted.) (Note 7)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SUPPLY AND REFERENCE						
DCIN Input Voltage Range			6		14	V
VL Output Voltage			5.1		5.7	V
REF Output Voltage		$6V < V_{DCIN} < 14V$	4.166		4.242	V
REF Line Regulation		$6V < V_{DCIN} < 14V$			6	mV
SWITCHING REGULATOR						
PWM Oscillator Frequency	f_{OSC}	Nondropout f_{OSC}	260		340	kHz
HSD to LX On-Resistance		$V_{BST} = V_{LX} + 4.5V$			250	$m\Omega$
LX to PGND On-Resistance					2	Ω
CS to BATT Hard Current Limit		Instantaneous peak current limit	2.2		3.2	A
BATT, CS Input Voltage Range			0		14	V
ACCURACY AND ERROR AMPLIFIERS						
Absolute Voltage Accuracy		Not including VADJ resistor tolerances	-0.8		0.8	%
		With 1% VADJ resistors	-1		1	
BATT Regulation Voltage		CELL = float, GND, or REF	4.158		4.242	V/cell
BATT Full-Scale Charge Current			1.3		1.7	A
BATT 1/10-Scale Charge Current (Note 1)		$V_{ISETOUT} = V_{REF}/10$	100		200	mA
BATT Charge Current in Prequalification State		$V_{BATT} < 2.4V$ per cell	100		200	mA
CSSP to CSSN Full-Scale Current-Sense Voltage			85		115	mV
CSSP to CSSN 1/10-Scale Current-Sense Voltage		$V_{ISETIN} = V_{REF}/10$	5		15	mV
STATE MACHINE						
THM Trip Threshold Voltage	V_{TRT}	THM low-temp or high-temp current	1.386		1.414	V
THM Low-Temp Current	I_{TLTC}	$V_{THM} = 1.4V$	46.2		51.5	μA
BATT Undervoltage Threshold (Note 3)			2.4		2.6	V/cell
BATT Overvoltage Threshold (Note 4)			4.55		4.8	V/cell

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1, $V_{DCIN} = V_{HSD} = V_{CSP} = V_{CSSN} = 12V$, $V_{\overline{SHDN}} = V_{VL}$, $V_{CELL} = GND$, $V_{BATT} = V_{CS} = 4.2V$, $V_{VADJ} = V_{REF}/2$, $V_{ISETIN} = V_{ISETOUT} = V_{REF}$, $R_{THM} = 10k\Omega$, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, unless otherwise noted.) (Note 7)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$\overline{FULLCHG}$ BATT Current Termination Threshold (Note 5)			250		400	mA
Temperature Measurement Frequency			0.93		1.37	Hz
CONTROL INPUTS/OUTPUTS						
\overline{SHDN} Input Voltage High	V_{IH}		1.4			V
\overline{SHDN} Input Voltage Low	V_{IL}				0.6	V

Note 1: When $V_{ISETOUT} = 0$, battery charger turns off.

Note 2: See *Thermistor* section.

Note 3: Below this threshold, charger reverts to a prequalification mode with I_{BATT} reduced to 10% of full scale.

Note 4: Above this threshold, charger is disabled.

Note 5: After full-charge state is complete and BATT current falls below this threshold, $\overline{FULLCHG}$ output switches high. Battery charging continues until top-off timeout occurs. See Table 1.

Note 6: After charging is complete, when BATT voltage falls below this threshold, a new charging cycle is initiated.

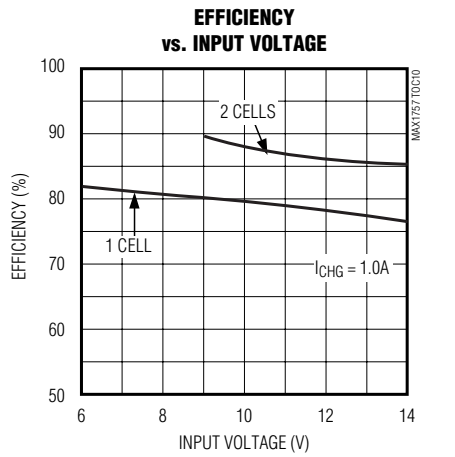
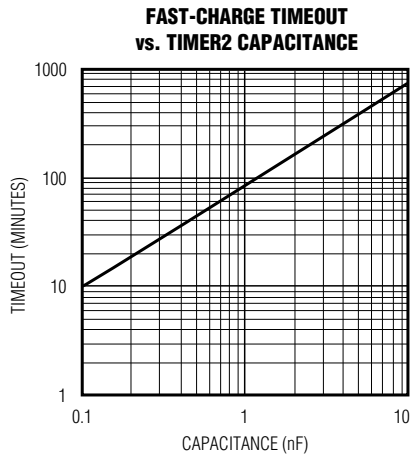
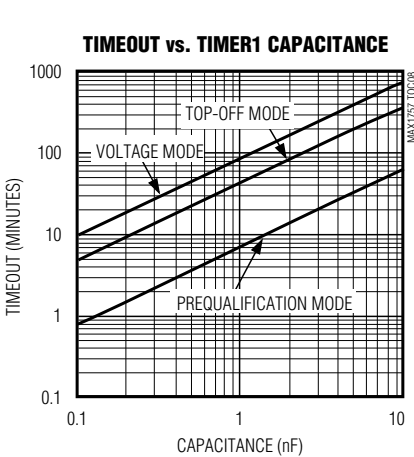
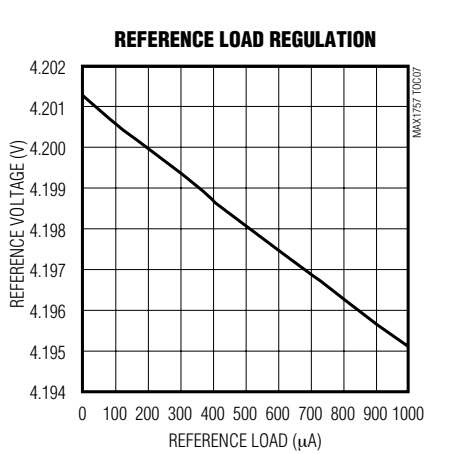
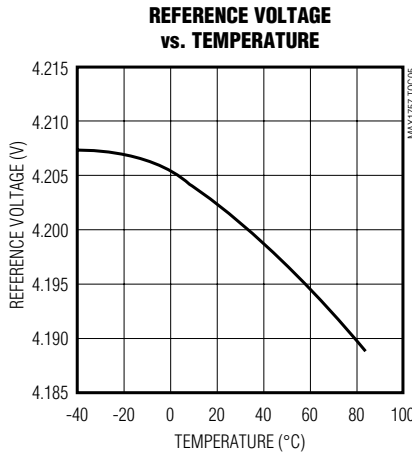
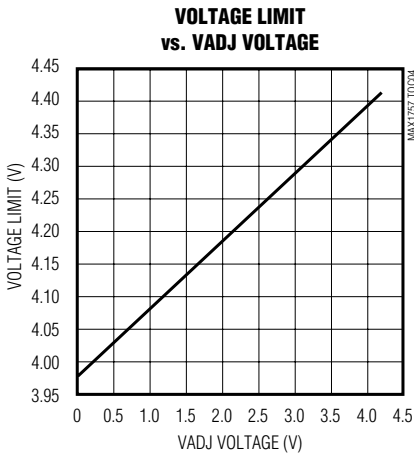
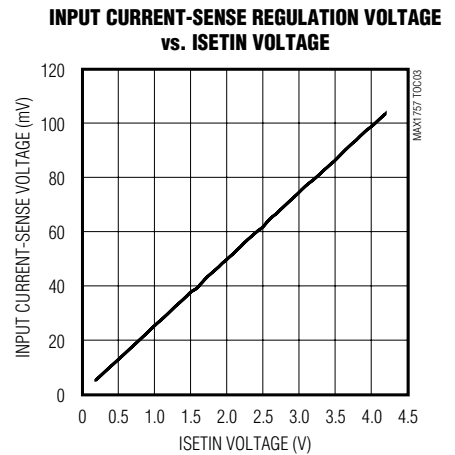
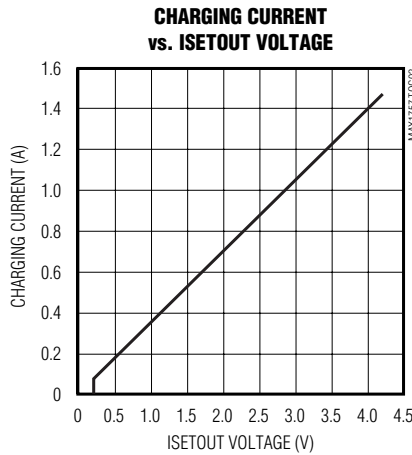
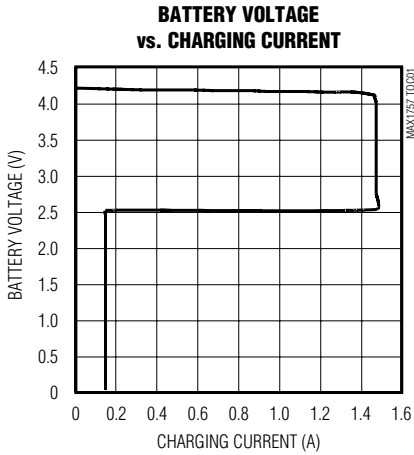
Note 7: Specifications to $-40^{\circ}C$ are guaranteed by design, not production tested.

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

標準動作特性

(Circuit of Figure 1, $V_{DCIN} = 12V$, $V_{SHDN} = V_{VL}$, $V_{CELL} = GND$, $V_{VADJ} = V_{REF}/2$, $V_{ISETIN} = V_{ISETOUT} = V_{REF}$, see Figure 1, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

端子説明

端子	名称	機能
1	VL	チップ電源。DCINを入力とする5.4Vリニアレギュレータの出力。VLは2.2 μ F以上のセラミックコンデンサでGNDにバイパスして下さい。
2	ISETIN	入力電流リミット調整。分圧器を使用してこの電圧を0 \sim V _{REF} の間に設定して下さい。「入力電流レギュレータ」を参照して下さい。
3	ISETOUT	バッテリー充電電流調整。分圧器を使用してこの電圧を0 \sim V _{REF} の間に設定して下さい。「入力電流レギュレータ」を参照して下さい。
4	THM	サーミスタ入力。THMとGNDの間にサーミスタを設定することにより、適正温度範囲を設定して下さい。使用しない場合は、THMとグラウンドの間に10k抵抗を接続して下さい。「サーミスタ」を参照して下さい。
5	REF	4.2Vリファレンス電圧出力。REFは1 μ F以上のセラミックコンデンサでGNDにバイパスして下さい。
6	GND	アナロググラウンド
7	VADJ	電圧調整。分圧器を使用してVADJ電圧を0 \sim V _{REF} の間に設定することにより、バッテリーレギュレーション電圧を \pm 5%調整できます。「バッテリーレギュレーション電圧」を参照。
8	BATT	バッテリー電圧検出入力及び電流検出負入力
9, 10	HSD	ハイサイドドレイン。これは内部ハイサイドFETのドレインです。図3を参照して下さい。
11	CELL	セルカウントプログラミング入力。CELLをGND又はREFに接続すると1セル又は3セルに設定され、未接続の時は2セルに設定されます。
12	TIMER1	タイマ1調整。TIMER1とGNDの間にコンデンサを接続することにより、予備充電、フル充電及びトップオフ時間を設定して下さい。「タイマ」を参照して下さい。
13	TIMER2	タイマ2調整。TIMER2とGNDの間にコンデンサを接続することにより、急速充電時間を設定して下さい。「タイマ」を参照して下さい。
14	$\overline{\text{FAULT}}$	充電障害インジケータ。充電が異常終了するとこのオープンドレイン出力がローに引き下げられます。表1を参照して下さい。
15	$\overline{\text{FASTCHG}}$	急速充電インジケータ。一定電流で充電中にこのオープンドレイン出力がローに引き下げられます。
16	$\overline{\text{FULLCHG}}$	完全充電インジケータ。完全充電状態で一定電圧による充電をしている時に、このオープンドレイン出力がローに引き下げられます。
17	$\overline{\text{SHDN}}$	シャットダウン入力。 $\overline{\text{SHDN}}$ をローに駆動すると充電がディセーブルされます。 $\overline{\text{SHDN}}$ をVLに接続すると通常動作になります。
18	PGND	電源グラウンド。ローサイドパワーMOSFETスイッチソースからの電流はPGNDを通して流れます。
19, 20	LX	パワーインダクタのスイッチングノード及びハイサイドパワーMOSFETのソース。
21	CS	バッテリー電流検出正入力。BATTとCSの間の内部0.1抵抗に接続されています。
22	BST	ハイサイドMOSFETゲートドライブバイアス。BSTとLXの間に0.1 μ Fのコンデンサを接続して下さい。
23	CCS	充電器ソース電流レギュレーションループ補正ポイント。「補償」を参照して下さい。
24	CCI	バッテリー充電電流レギュレーションループ補償ポイント。補償」を参照して下さい。
25	CCV	電圧レギュレーションループ補償ポイント。「補償」を参照して下さい。
26	CSSN	ソース電流検出負入力。「入力電流レギュレータ」を参照して下さい。
27	CSSP	ソース電流検出正入力。「入力電流レギュレータ」を参照して下さい。
28	DCIN	電源入力。DCINはVLレギュレータの入力電源です。DCINは0.1 μ FでGNDにバイパスして下さい。「詳細」を参照して下さい。

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

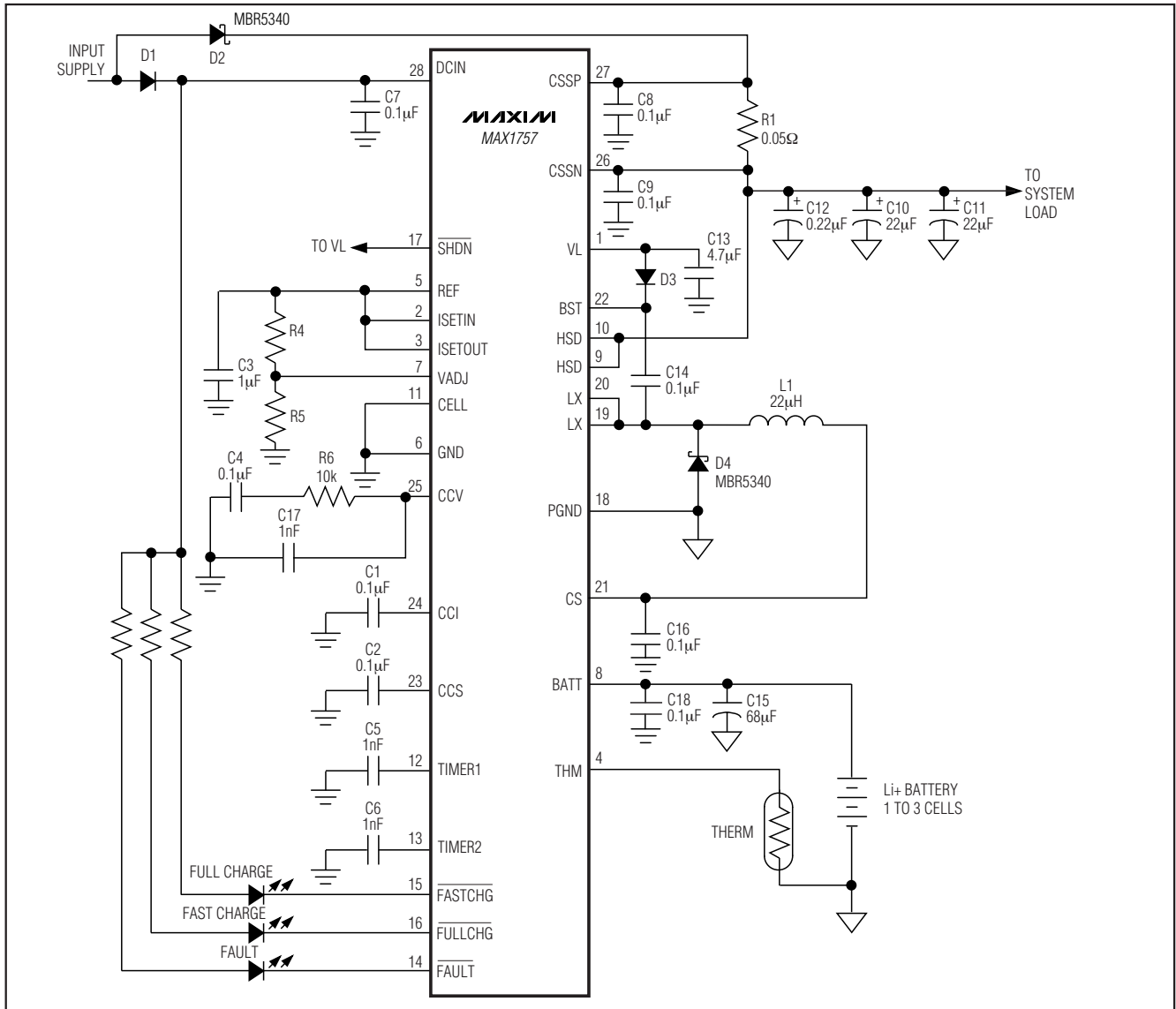


図1. 標準動作回路

詳細

MAX1757は、直列の1、2又は3セルのLi+電池を充電するために必要な機能を全て備えています。本製品は、充電電圧と電流を制御するステップダウンDC-DCコンバータを備えています。この他にも、入力ソース電流制限機能、バッテリー温度監視機能、バッテリー低電圧予備充電機能、バッテリー障害表示機能及び充電終了用のタイマ付ステートマシンを備えています。

DC-DCコンバータは、内部パワーMOSFETスイッチを使用して入力電圧を充電電流又は電圧に変換します。

標準アプリケーション回路が図1に示されています。図2は標準充電シーケンス、図3はファンクションダイアグラムを示しています。充電電流はISETOUTの電圧で設定されます。バッテリーレギュレーション電圧はBATTピンで測定されます。バッテリー電圧リミットはセル当たり4.2Vに設定され、VADJピンの電圧を変更することによって±5%まで調整可能です。調整範囲を制限することにより、電圧精度は1%の設定抵抗を使用した場合に1%以上も良好になっています。

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

表1. 充電状態の条件

STATE	ENTRY CONDITIONS	STATE CONDITIONS
Reset	From initial power on or From done state if battery voltage < recharge voltage threshold or $V_{DCIN} - V_{BATT} < \text{dropout threshold}$ or $V_{BATT} > \text{battery overvoltage threshold}$	Timers reset, charging current = 0, $\overline{\text{FASTCHG}} = \text{high}$, $\overline{\text{FULLCHG}} = \text{high}$, $\overline{\text{FAULT}} = \text{high}$
Prequalification	From reset state if input power, reference, and internal bias are within limits	Battery voltage \leq undervoltage threshold, charging current = (fast-charge current / 10), timeout = 7.5min typ ($C_{\text{TIMER1}} = 1\text{nF}$), $\overline{\text{FASTCHG}} = \text{low}$, $\overline{\text{FULLCHG}} = \text{high}$, $\overline{\text{FAULT}} = \text{high}$
Fast Charge (Constant Current)	From prequalification state if battery voltage > undervoltage threshold	Undervoltage threshold \leq battery voltage \leq battery regulation voltage, charging current = charge current limit, timeout = 90min typ ($C_{\text{TIMER2}} = 1\text{nF}$), $\overline{\text{FASTCHG}} = \text{low}$, $\overline{\text{FULLCHG}} = \text{high}$, $\overline{\text{FAULT}} = \text{high}$
Full Charge (Constant Voltage)	From fast-charge state if battery voltage = battery regulation voltage	Battery voltage = battery regulation voltage, charging current $\leq 330\text{mA}$, timeout = 90min typ ($C_{\text{TIMER1}} = 1\text{nF}$), $\overline{\text{FASTCHG}} = \text{high}$, $\overline{\text{FULLCHG}} = \text{low}$, $\overline{\text{FAULT}} = \text{high}$
Top-Off (Constant Voltage)	From full-charge state if full-charge timer expires or If charging current $\leq 330\text{mA}$	Battery voltage = battery regulation voltage, charging current $\leq 330\text{mA}$, timeout = 45min typ ($C_{\text{TIMER1}} = 1\text{nF}$), $\overline{\text{FASTCHG}} = \text{high}$, $\overline{\text{FULLCHG}} = \text{high}$, $\overline{\text{FAULT}} = \text{high}$
Done	From top-off state if top-off timer expires	Recharge voltage threshold \leq battery, voltage \leq voltage limit, charging current = 0, $\overline{\text{FASTCHG}} = \text{high}$, $\overline{\text{FULLCHG}} = \text{high}$, $\overline{\text{FAULT}} = \text{high}$
Over/Undertemperature	From fast-charge state or full-charge state if battery temperature is outside limits	Charge current = 0, timers suspended, $\overline{\text{FASTCHG}} = \text{no change}$, $\overline{\text{FULLCHG}} = \text{no change}$, $\overline{\text{FAULT}} = \text{no change}$
Fault	From reset state if battery temperature \geq maximum battery temperature or From prequalification state if prequalification timer expires or From fast-charge state if fast-charge timer expires	Charging current = 0, $\overline{\text{FASTCHG}} = \text{high}$, $\overline{\text{FULLCHG}} = \text{high}$, $\overline{\text{FAULT}} = \text{low}$

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

MAX1757は、充電アルゴリズムを制御するステートマシンを備えています。図4に状態図を示します。表1に充電状態の条件を示します。電源が投入された時、あるいはSHDNがハイになった時に本製品はリセット状態になります。この状態ではタイマをゼロにリセットして充電に備えます。リセット状態から次に予備充電状態に入ります。この状態では急速充電電流の1/10の電流でバッテリーが充電され、バッテリー温度と電圧が測定されます。電圧が低電圧スレッシュホールドより高く、温度がリミット内であれば、急速充電状態に入ります。予備充電タイマが終了する前にバッテリー電圧が低電圧スレッシュホールドより高く上昇しないと、充電は終了してFAULT出力がローになります。予備充電時間はTIMER1コンデンサによって設定されます(C_{TIMER1})。バッテリーが温度リミット外になっている時は、充電とタイマが保留されます。温度がリミット内に戻ると、充電とタイマが再開されます。

急速充電状態においては、FSTCHG出力がローになり、バッテリーは一定電流で充電されます(「充電電流レギュレータ」を参照)。急速タイマが終了する前にバッテリー電圧が電圧リミットに達すると、本製品は完全充電状態に入ります。電圧リミットに達する前に急速充電タイマが終了すると、充電は終了してFAULT出力がローになります。急速充電時間リミットは、TIMER2コンデンサ(C_{TIMER2})によって設定されます。バッテリー温度がリミット外である場合は、充電を休止してタイマが保留状態になり、温度がリミット内に戻るまでその状態が続きます。

完全充電状態においては、FULLCHG出力がローになり、バッテリーは一定電圧で充電します(「電圧レギュレータ」を参照)。充電電流が150mA以下(ピークインダクタ電流は330mA)に減少するか、あるいは完全充電タイマが終了すると、ステートマシンはトップオフ状態に入ります。トップオフ状態においては、バッテリーはトップオフタイマが終了するまで一定電圧で充電し続け、トップオフタイマ終了時に完了状態に入ります。完了状態においては、充電は停止され、バッテリー電圧が再充電電圧スレッシュホールドよりも低くなるまで充電停止状態が続きます。バッテリー電圧が再充電電圧スレッシュホールドよりも低くなるとリセット状態に入って、充電プロセスが再び始まります。完全充電又はトップオフ状態の時に、バッテリー温度がリミット外であると、充電は休止され、タイマは保留されます。この状態はバッテリー温度がリミット内に戻るまで続きます。

電圧レギュレータ

Li+バッテリーは充電中に高精度電圧リミットを必要とします。MAX1757は高精度電圧レギュレータ(±0.8%)を使用して充電電圧を制限します。バッテリーレギュレ

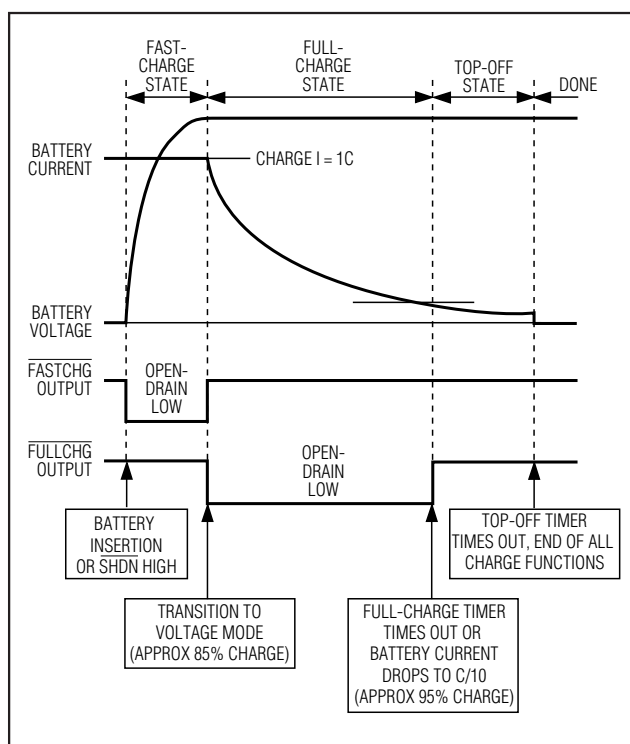


図2. 標準的な充電シーケンスにおける充電状態及びインジケータ出力タイミング

ーション電圧はセル当たり公称4.2Vに設定されており、VADJピンの電圧をリファレンス電圧とグラウンドの間で設定することによって±5%調整できます。レギュレーション電圧の調整範囲を制限することにより、1%抵抗を使用して全電圧精度が1%より良好に維持されています。CELLは、セルカウントを1~3個の直列セルに設定します(「バッテリーレギュレーション電圧」を参照)。

内部エラーアンプ(GMV)が電圧レギュレーションを維持します(図3)。GMVアンプはCCVで補償されています。図1に示す部品定数は、殆どのアプリケーションにおいて良好な性能を提供します。電圧レギュレーションループと電流レギュレーションループを別々に補償することによって、安定性を最適化することができます。

充電電流レギュレータ

充電電流リミットレギュレータは充電電流を制限します。この電流は、BATTピンとCSピンの間に配置された電流検出抵抗R_{CS}の両端電圧を測定することによって検出されます。ISETOUTピンの電圧が充電電流を制御します。ISETOUTをREFに接続すると、フルスケール充電電流が実現されます。

充電電流エラーアンプ(GMI)はCCIで補償されています。CCIに0.1µFのコンデンサを取り付けると、殆どのアプリケーションにおいて良好な性能が発揮されます。

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

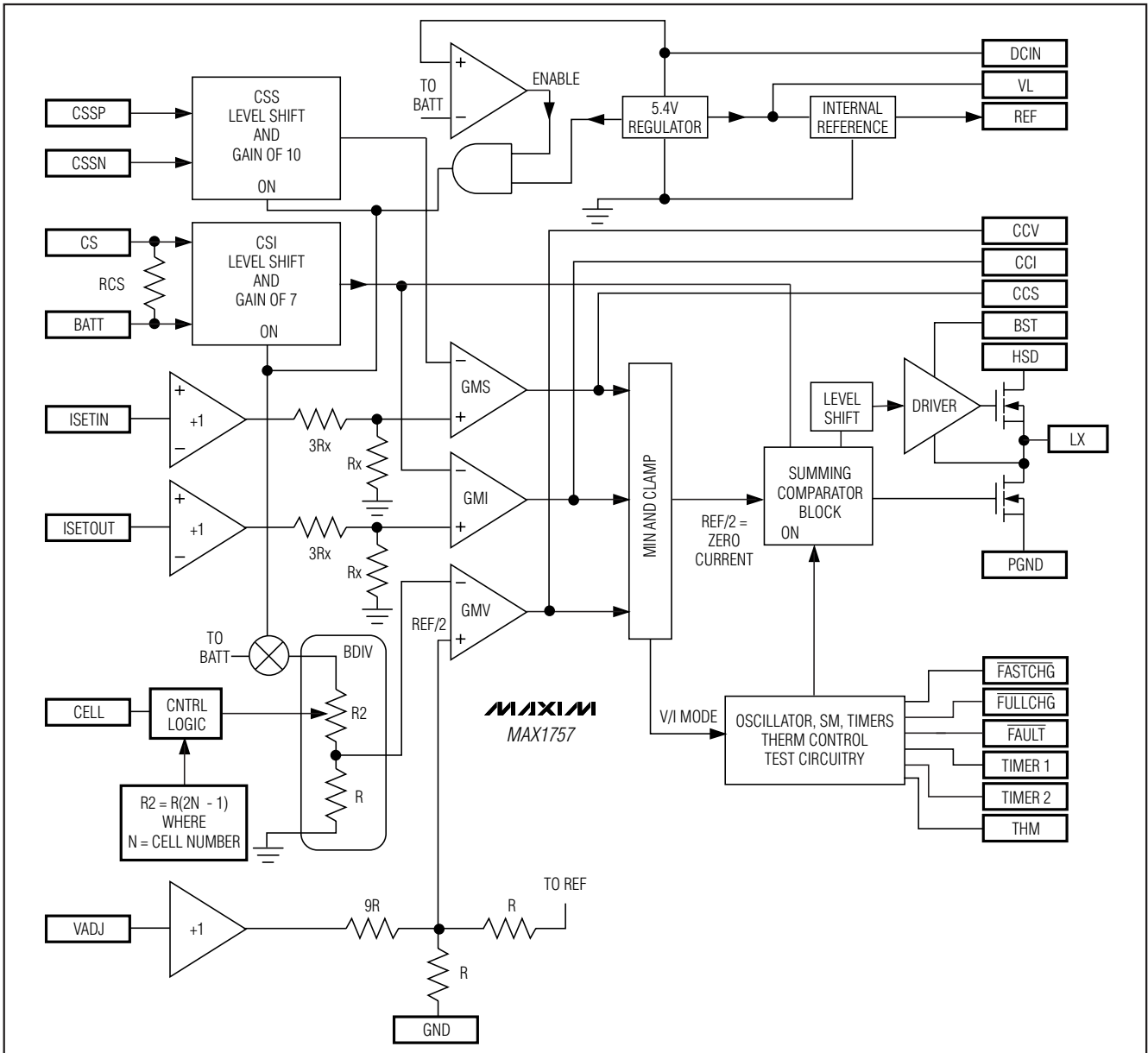


図3. ファンクションダイアグラム

入力電流レギュレータ

(ACアダプタ又はその他のDCソースからの)全入力電流は、システム消費電流とバッテリー充電電流の総和です。入力電流レギュレータは、入力電流が設定された入力電流リミットを超えた時に充電電流を減少させることによってソース電流を制限します。システム電流は、システムの各部分がパワーアップしたりスリープになったりするために変動します。入力電流レギュレータがない場合、入力ソースは最大システム電流と最大

充電器入力電流の総和を供給する能力を必要とします。入力電流リミットを使用することにより、ACアダプタの電流能力を削減してシステムコストを下げるができます。

入力電流はCSSPとCSSNの外部検出抵抗を通じて測定されます。ISETINの電圧も入力電流リミットを調整します。フルスケール入力電流はISETINがREFに接続されている時に実現され、この時のフルスケール電流検出電圧は100mVとなります。

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

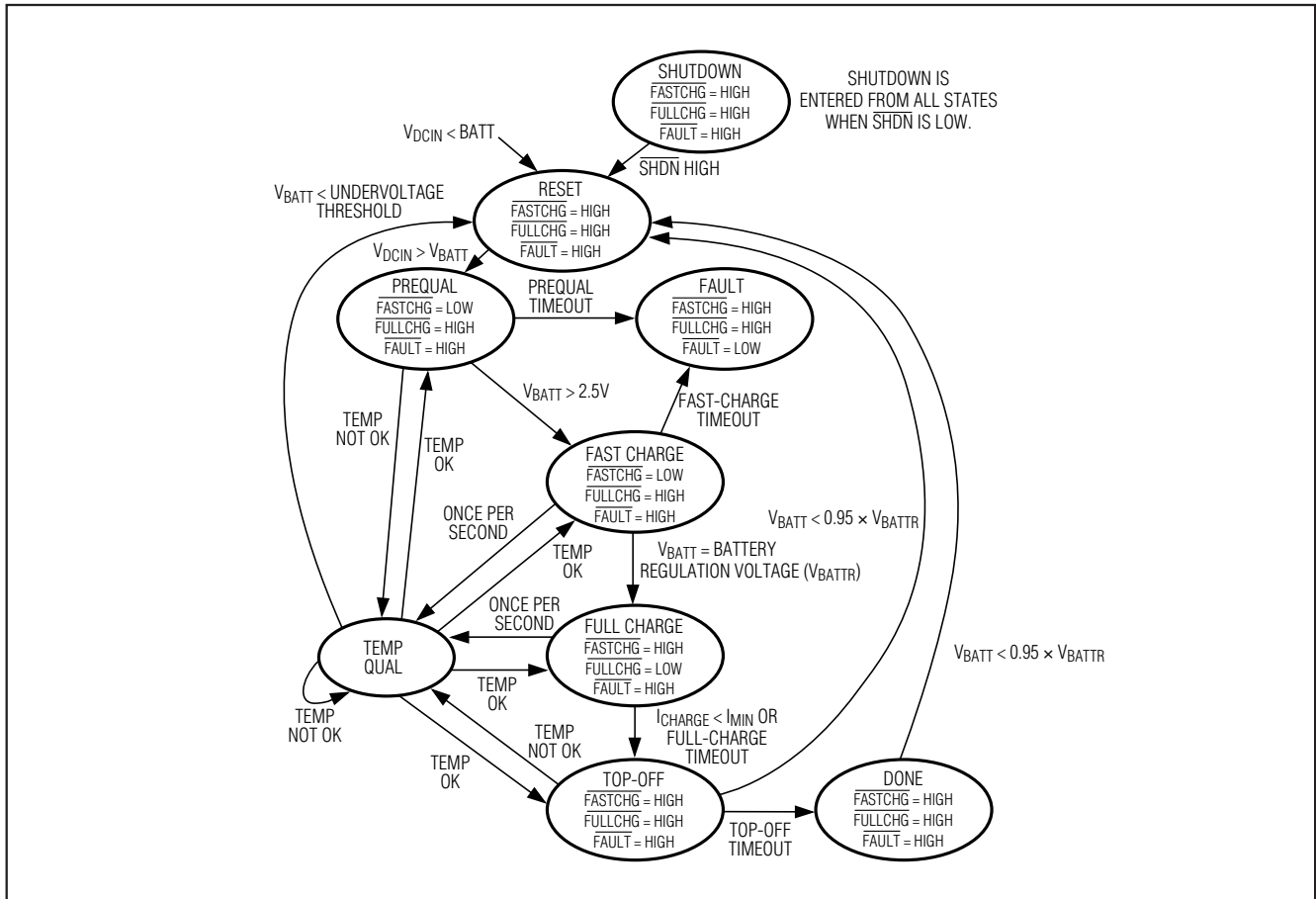


図4. 状態図

入力電流検出抵抗を選択する時は、この抵抗の両端の電圧降下によって電力ロスが増えて効率が低下することに注意して下さい。電流検出抵抗の両端の電圧を減少させると、電流検出アンプの入力オフセットのために精度が劣化することがあります。

入力電流エラーアンプ(GMS)はCCSで補償されています。CCSに0.1μFのコンデンサを取り付ければ、殆どのアプリケーションにおいて良好な性能が発揮されます。

PWMコントローラ

PWMコントローラは、内部ハイサイドMOSFETを駆動することによって充電電流又は電圧を制御します。PWMコントローラへの入力はCCI、CCV又はCCSの中で最も低い電圧です。内部クランプが非制御信号を制御信号から200mV以内に制限することにより、各レギュレーションループ同士の間のスイッチング時の遅延を防いでいます。

電流モードPWMコントローラは、インダクタ電流を使用して出力電圧又は電流を制御することにより、レギュレーションループの安定化をシンプルにしています。各レギュレーション回路を別々に補正することにより、各々の安定性を最適化することができます。内部スローブ補償機能が組み込まれているため、広範囲のデューティサイクルにおいて安定な動作が保証されています。

コントローラは、内部NチャンネルMOSFETスイッチを駆動することによって入力電圧をバッテリー電圧にステップダウンします。ブートストラップコンデンサがハイサイドMOSFETのゲートを入力ソース電圧よりも高い電圧に駆動します。このコンデンサ(BSTとLXの間)はLXがローの時にVLからダイオードを通じて充電されます。内部NチャンネルMOSFETはハイサイドスイッチがターンオフした少し後にターンオンしてLXをPGNDに引き下げ、これによりブートストラップコンデンサが充電されます。ハイサイドMOSFETのゲートはBSTから駆動されます。BSTは、ソースが入力電圧に近くなってもMOSFETのゲートを完全に駆動するために十分な電圧を供給します。

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

タイマ

MAX1757は、障害のあるバッテリーがいつまでも充電され続けることがないように安全タイマを備えています。TIMER1とTIMER2がタイムアウト期間を設定します。

TIMER1は最大予備充電時間、最大完全充電時間及びトップオフ時間を制御します。TIMER2は最大急速充電時間を制御します。これらのタイマは外部コンデンサで設定されます。TIMER1とTIMER2に1nFのコンデンサを使用すると、標準時間として予備充電が7.5分、完全充電が90分、トップオフが45分、急速充電が90分に設定されます(図1)。

充電監視出力

FASTCHG、FULLCHG及びFAULTは、LEDドライバとして使用可能なオープンドレイン出力です。FASTCHGはバッテリーが急速充電中であることを示します。FULLCHGは充電器が急速充電サイクル(約85%充電)を終えて、電圧モードで動作していることを示します。FASTCHGとFULLCHG出力は一緒にまとめて接続して充電を表示するようにすることもできます(図2)。FAULTは充電器が障害を検出したこと、及び充電を中止したことを示します。充電器のFAULT状態を解除するには、入力電源を一度除去してから再び印加するか、あるいはSHDNをローに引き下げて下さい。

サーミスタ

THMは、外部サーミスタを使用して、セルが冷たすぎるか熱すぎる場合に急速充電を阻止することを目的としています(+2.5°C ≤ T_{OK} ≤ +47.5°C)。THMは2つの充電電流を時間多重化することにより、高温と低温の充電を行います。サーミスタは+25°Cで10kの抵抗を持ち、負の温度係数を持つもの(NTC)を使用して下さい。THMピンは+47.5°Cで3.97k、+2.5°Cで28.7kを予期しています。Philips/BCcomponents(2322-640-63103)、Cornerstone Sensors(T101D103-CA)及びFenwal Electronics(140-103LAG-RB1)等のサーミスタが好適です。バッテリー温度は1.12Hzのレートで測定されます(C_{TIMER1} = C_{TIMER2} = 1nF)。測定精度を良くするために、充電が短時間休止されます。

充電進行中に温度がリミット外になると、温度がリミット内に戻るまで充電が保留されます。充電が保持されている間はタイマも保持されますが、充電再開時には止まったところからカウントを再開します。

表2. セルカウントのプログラミング

CELL	CELL COUNT (N)
GND	1
Float	2
REF	3

シャットダウン

SHDNがローに引き下げられると、MAX1757はシャットダウンモードに入り、充電は停止します。シャットダウン中は、内部抵抗分圧器がBATTから切り離されるためにバッテリーから流れる電流が5µA以下に低減します。ハイサイドパワーMOSFETスイッチはオフです。しかし、内部リニアレギュレータ(VLO)とリファレンス(REF)はオン状態に留まります。状態出力FASTCHG、FULLCHG及びFAULTはハイインピーダンスです。シャットダウンモードが解除されると、MAX1757はパワーオンリセット状態に戻り、タイマがリセットされて新しいサイクルが始まります。

ソース低電圧シャットダウン(ドロップアウト)

DCINの電圧がBATTの電圧から100mV以内まで低下すると、充電器はターンオフします。これにより、低入力電圧条件においてバッテリーが充電器を通じて放電することが防止されます。

設計手順

バッテリーレギュレーション電圧の設定

VADJがセル当たりの電圧リミットを設定します。VADJ電圧を設定するには、REFとGNDの間に抵抗分圧器を設けて下さい。VADJがGNDとVREFの間で変化するとバッテリーリミット電圧が±5%変化します。VADJが全範囲で変化してもバッテリーレギュレーション電圧は10%しか変化しないため、抵抗分圧器の精度は出力電圧精度ほど高くなくてもかまいません。分圧器に1%抵抗を使用しても、出力電圧精度が0.1%以上劣化することはありません。VADJは内部でバッファされているため、大きな抵抗値を使用することができます。V_{VADJ}の設定は、VADJとGNDの間でR5として100k以下の抵抗値を選択することによって行って下さい(図1)。セル当たりのバッテリー終了電圧はバッテリーの種類と構造によるため、この電圧はメーカーに問い合わせで決定して下さい。セル当たりのリミットバッテリーレギュレーション電圧が決まったら、次式でVADJ電圧を計算することができます。

$$V_{VADJ} = (9.5 V_{BATT} / N) - (9.0 \times V_{REF})$$

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

CELLはセルカウントNを選択するためのプログラミング入力です。表2に、1~3個のセルを充電するためのCELLの接続法を示します。

充電電流リミットの設定

REFとGNDの間の抵抗分圧器によって、ISETOUTの電圧(V_{ISETOUT})が設定されます。この電圧により、電流レギュレーション(急速充電)モードにおける充電電流が決まります。フルスケール充電電流は1.5A(図1)です。

従って、充電電流(I_{CHG})は次式になります。

$$I_{CHG} = 1.5A \left(\frac{V_{ISETOUT}}{V_{REF}} \right)$$

ISETOUTをREFに接続すると、フルスケール電流リミットが得られます。

入力電流リミットの設定

REFとGNDの間の抵抗分圧器によって、ISETINの電圧(V_{ISETIN})を設定できます。これにより、充電中に許される最大ソース電流が設定されます。ソース電流(I_{FSS})は、CSSPとCSSNの間の電流検出抵抗R_{SOURCE}によって設定されます。フルスケールソース電流はI_{FSS} = 0.1V/R1です。

従って、入力電流リミット(I_{IN})は次式になります。

$$I_{IN} = I_{FSS} \left(\frac{V_{ISETIN}}{V_{REF}} \right)$$

ISETINをREFに接続すると、フルスケール入力電流リミットが得られます。入力ソース電流リミットを使用しない場合は、CSSPとCSSNを短絡して下さい。

電流検出抵抗を選択する時は、この抵抗の両端電圧によって電力ロスが増えて効率が低下することに注意して下さい。しかし、値が小さすぎると入力電流リミットの精度が劣化します。

インダクタの選択

インダクタ値を変えることによって、リップル電流を増減することができます。インダクタンスが大きくなると、リップル電流が小さくなりますが、物理的な大きさが同じである場合、インダクタンスを大きくすると直列抵抗が大きくなり、飽和電流が小さくなるのが普通です。妥協の目安としては、リップル電流がDC平均充電電流の約30%~50%になるようなインダクタンスを選んで下さい。リップル電流とDC充電電流の比(LIR)を使用して最適なインダクタ値を計算することができます。

$$L = \frac{V_{BATT}(V_{DCIN(MAX)} - V_{BATT})}{V_{DCIN(MAX)} \times f_{OSC} \times I_{CHG} \times LIR}$$

ここで、fはスイッチング周波数(300kHz)です。

ピークインダクタ電流は次式で与えられます。

$$I_{PEAK} = I_{SETOUT} \left(1 + \frac{LIR}{2} \right)$$

コンデンサの選択

入力コンデンサは、充電器入力からのスイッチング電流をシャントして、この電流がソース(通常はACアダプタ)に流れるのを防ぎます。ですから、入力コンデンサは入力RMS(二乗平均)電流に対応できるものでなければなりません。充電電流が大きい時、充電器は連続導通(インダクタ電流が0にならない)で動作しているのが普通です。この場合、入力コンデンサのRMS電流は次式で近似することができます。

$$I_{CIN} \approx I_{CHG} \sqrt{D - D^2}$$

ここで：

I_{CIN} = 入力コンデンサのRMS電流

D = PWMコンバータのデューティ比
(標準はV_{BATT}/V_{CDIN})

I_{CHG} = バッテリー充電電流。

最大RMS入力電流はデューティサイクルが50%の時であるため、最悪の入力リップル電流は0.5 × I_{CHG}です。PWMコントローラのデューティサイクルが50%に決して達しないような入出力電圧比になっている場合は、デューティサイクルが50%に一番近い時にコンデンサ電流が最悪になります。

入力コンデンサのインピーダンスは、AC電流がACアダプタに逆流するのを防ぐ上で非常に重要です。この条件は、ACアダプタのインピーダンス及び必要とされる伝導又は放射EMIの仕様に依存します。アルミ電解コンデンサは一般に最も安価ですが、サイズが大きくて等価直列抵抗(ESR)が劣るためにポータブル機器には向きません。タンタルコンデンサ及び値の大きなセラミックコンデンサが殆どの場合に好適です。寸法と電圧定格が同等である場合、タンタルはセラミックと比べて容量が大きくなりますが、同時にESRも大きくなります。このため、タンタルコンデンサを使用する場合は、RMS電流と電力消費を考慮することが特に重要になります。

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

出力フィルタコンデンサは、インダクタリプル電流を吸収するために使用されます。出力コンデンサがリップル電流を吸収するためには、コンデンサのインピーダンスがバッテリーのインピーダンスよりも小さいものである必要があります。フィルタとしての効果とPWM回路の安定性のためには、このコンデンサの容量とESR定格の両方が重要です。安定動作のための最小出力容量は次式になります。

$$C_{OUT} > \frac{V_{REF} \left(1 + \frac{V_{BATT}}{V_{DCIN(MIN)}} \right)}{V_{BATT} \times f_{OSC} \times R_{CS}}$$

ここで：

C_{OUT} は全出力容量。

V_{REF} はリファレンス電圧(4.2V)。

V_{BATT} は最大バッテリー電圧(セル当たり標準値4.2V)。

$V_{DCIN(MIN)}$ は最小ソース入力電圧。

安定性のために許容される最大出力コンデンサESRは次式になります。

$$R_{ESR} < \frac{R_{CS} \times V_{BATT}}{V_{REF}}$$

ここで：

R_{ESR} は出力コンデンサのESR。

R_{CS} はCSとBATTの間の電流検出抵抗(100m typ)。

タイマの設定

MAX1757は4個のタイマ(予備充電タイマ、急速充電タイマ、完全充電タイマ及びトップオフタイマ)を備えています。TIMER1とGNDの間、及びTIMER2とGNDの間にコンデンサを接続することにより、タイマ期間が設定されます。TIMER1入力は予備充電、完全充電及びトップオフタイマを制御します。TIMER2は急速充電タイムアウトを制御します。充電レートが1Cの場合の標準タイムアウトは、1nFコンデンサをTIMER1とTIMER2に接続することによって得られ、この時の設定は予備充電タイマが7.5分、急速充電タイマが90分、完全充電タイマが90分、そしてトップオフタイマが45分となります。各タイマ期間は対応するピンの容量に直接比例します。「標準動作特性」を参照して下さい。

補償

3個のレギュレーションループ(入力電流リミット、充電電流リミット及び充電電圧リミット)の各々がそれぞれCCS、CCI及びCCVを使用して独立に制御されます。

充電電流ループエラーアンプ出力はCCIに出てきます。同様に、ソース電流エラーアンプ出力はCCSに出てきます。殆どの充電器の設計では、CCI及びCCSとグラウンドの間に0.1µFコンデンサを接続することにより、電流ループを補償することができます。これらのコンデンサの値を増やすと、これらのループの帯域幅が減少します。

電圧レギュレーションループエラーアンプ出力はCCVに出てきます。CCVとGNDの間にコンデンサ及びそれに並列な直列抵抗・コンデンサ(RC)を接続することにより、このループを補償して下さい。推奨値は図1に示されています。

アプリケーション情報

ダイオードの選択

定格が少なくとも1.5Aのショットキ整流器をLXとPGNDの間に接続する必要があります。

VL及びREFのバイパス

MAX1757は、入力電圧を5.4V(内部回路駆動用)まで低下させるために内部リニアレギュレータを使用しています。このリニアレギュレータの出力はVLピンに出てきます。この内部リニアレギュレータは外部回路の駆動に使用することもできます(ただし、リニアレギュレータの最大電流及び電力消費定格を超えないようにして下さい)。

レギュレータの安定性を保証するために、VLに4.7µFバイパスコンデンサが必要です。また、内部4.2Vリファレンスの安定性を保証するためにREFとGNDの間に1µFバイパスコンデンサが必要です。いずれの場合も、低ESRのセラミックコンデンサを使用して下さい。

チップ情報

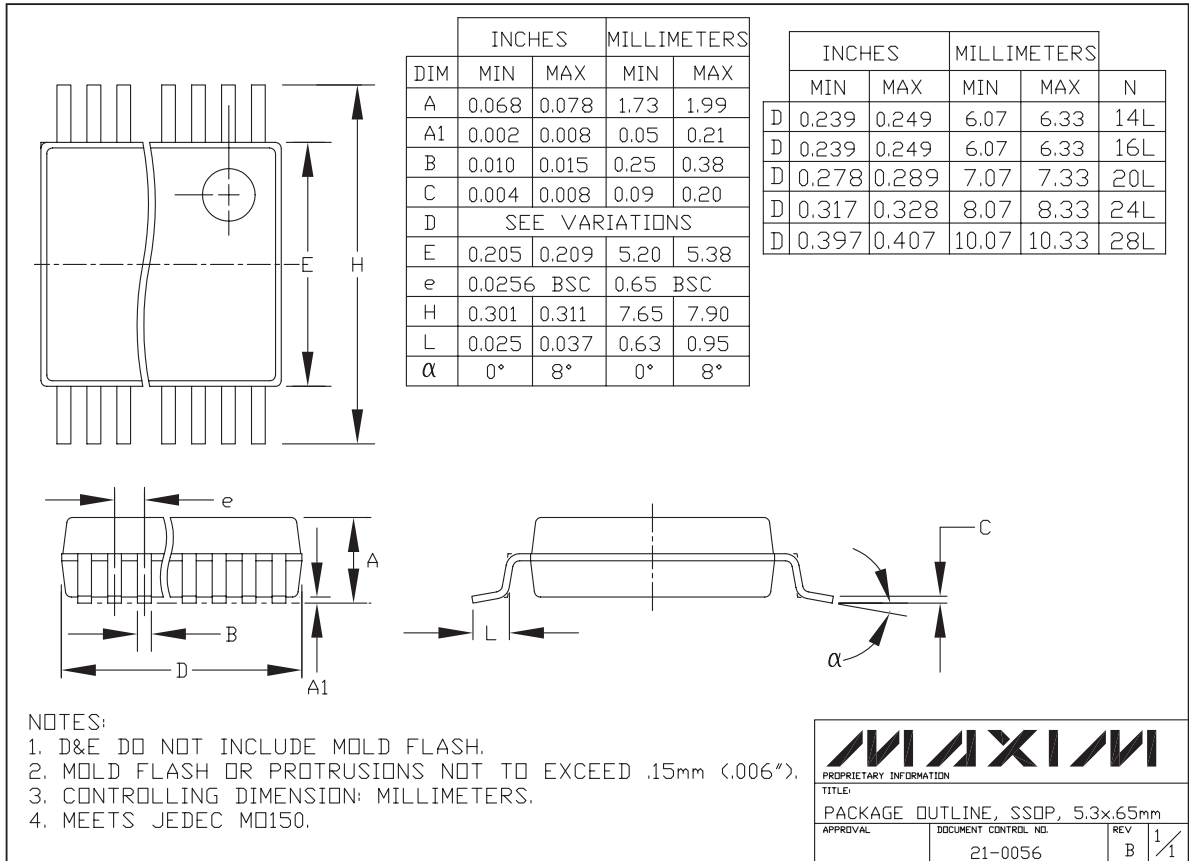
TRANSISTOR COUNT: 5996

内部14Vスイッチ付 スタンドアロン、スイッチモードLi+バッテリー充電器

MAX1757

パッケージ

(このデータシートに掲載されているパッケージ仕様は、最新版が反映されているとは限りません。最新のパッケージ情報は、japan.maxim-ic.com/packagesをご参照下さい。)



マキシム・ジャパン株式会社

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田3-30-16 (ホリゾン1ビル)
 TEL. (03)3232-6141 FAX. (03)3232-6149

マキシムは完全にマキシム製品に組込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。マキシムは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 17

© 2000 Maxim Integrated Products, Inc. All rights reserved. MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.