

MAXIM

スイッチモード、リチウムイオン バッテリー充電器

MAX745

概要

MAX745は、リチウムイオンバッテリーの充電に必要な機能すべてを提供します。発熱することなく4Aまでの安定化した充電電流を提供するだけでなく、バッテリー端子では僅か±0.75%の誤差で安定化電圧を提供します。出力電圧の設定には低コストの1%抵抗を使用し、パワースイッチには低コストのNチャンネルMOSFETを使用します。

MAX745は、2つのループを使用して電圧レギュレーションと電流レギュレーションの間の遷移をスムーズに行い、電圧設定点及び充電電流を安定化します。バッテリーセル1個当たりの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4.0V~4.4Vに設定し、セル数はピンストラッピングによって1~4に設定します。全体的な出力電圧誤差は、±0.75%以下となっています。

SMBus™マイクロコントローラインタフェースとNiCd及びNiMHセルの充電機能を備えた他のデバイスについては、MAX1647及びMAX1648をご覧ください。リニアレギュレータ制御を用いた低コストのリチウムイオンバッテリー充電器については、MAX846Aをご覧ください。

型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX745C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX745EAP	-40°C to +85°C	20 SSOP

*Dice are tested at $T_A = +25^\circ\text{C}$.

特長

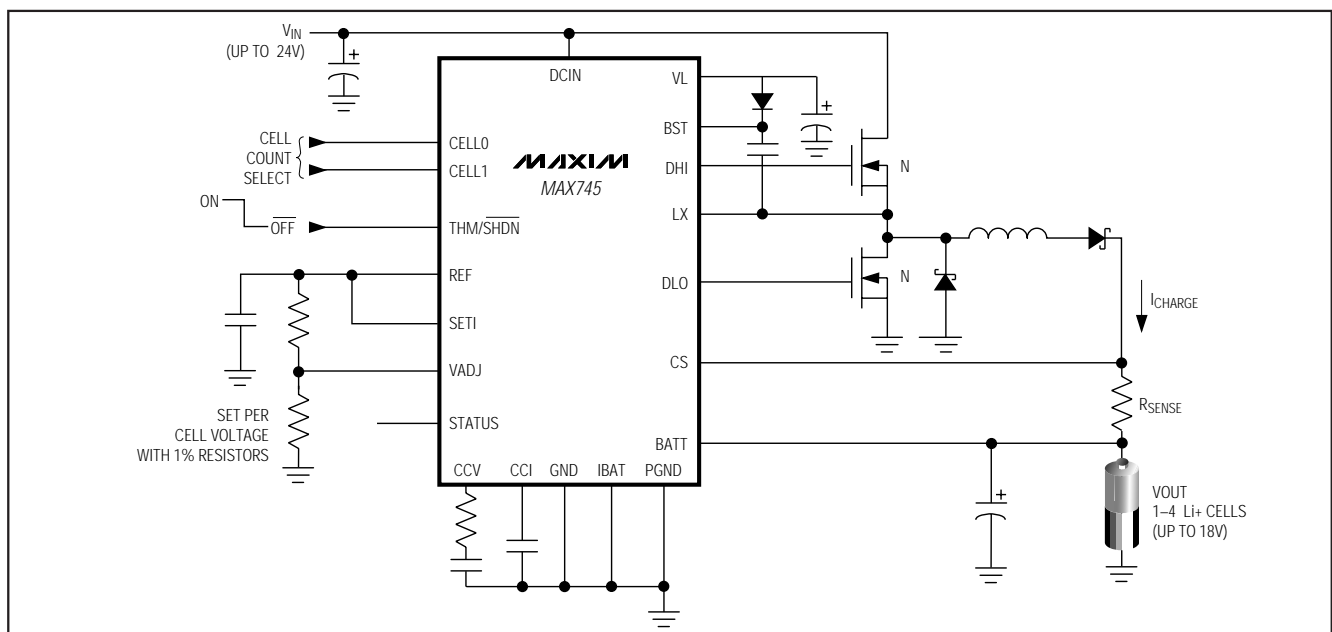
- ◆ リチウムイオンバッテリー1~4セルの充電
- ◆ 1%抵抗を使用した±0.75%電圧レギュレーション精度
- ◆ 過度な発熱なく4Aまでを提供
- ◆ 効率90%
- ◆ 低コスト設定抵抗及びNチャンネルスイッチの適用
- ◆ 24Vまでの入力
- ◆ 18Vまでの最大バッテリー電圧
- ◆ 300kHz PWM動作：低ノイズ、小型コンポーネント
- ◆ スタンドアロン動作：マイクロコントローラ不要

アプリケーション

- リチウムイオンバッテリーパック
- デスクトップクレードル充電器
- 携帯電話
- ノートブックコンピュータ
- ハンドヘルド機器

ピン配置はデータシートの最後に記載されています。

標準動作回路



SMBusはIntel Corp.の商標です。

スイッチモード、リチウムイオン バッテリー充電器

MAX745

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

DCIN to GND	-0.3V to 26V	BATT, CS to GND	-0.3V to 20V
BST, DHI to GND	-0.3V to 30V	PGND to GND	-0.3V to 0.3V
BST to LX	-0.3V to 6V	VL Current	50mA
DHI to LX	(LX - 0.3V) to (BST + 0.3V)	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
LX to GND	-0.3V to (DCIN + 0.3V)	SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	640mW
VL to GND	-0.3V to 6V	Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
CELL0, CELL1, IBAT, STATUS, CCI, CCV,		Storage Temperature	-60°C to +150°C
REF, SET1, VADJ, DLO, THM/SHDN to GND	-0.3V to (VL + 0.3V)	Lead Temperature (soldering, 10sec)	+300°C

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

(V_{DCIN} = 18V, V_{BATT} = 8.4V, T_A = 0°C to +85°C. Typical values are at T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SUPPLY AND REFERENCE					
DCIN Input Voltage Range		6		24	V
DCIN Quiescent Supply Current	6.0V < V _{DCIN} < 24V, logic inputs = VL		4	6	mA
VL Output Voltage	6.0V < V _{DCIN} < 24V, no load	5.15	5.40	5.65	V
REF Output Voltage	T _A = +25°C	4.17	4.2	4.23	V
	6.0V < V _{DCIN} < 24V	4.16	4.2	4.24	
REF Output Load Regulation	0 < I _{REF} < 1mA		10	20	mV/mA
SWITCHING REGULATOR					
Oscillator Frequency		270	300	330	kHz
DHI Maximum Duty Cycle		89	93		%
DHI On-Resistance	Output high or low		4	7	Ω
DLO On-Resistance	Output high or low		6	14	Ω
BATT Input Current	VL < 3.2V, V _{BATT} = 12V			5	μA
	VL < 5.15V, V _{BATT} = 12V			500	
CS Input Current	VL < 3.2V, V _{CS} = 12V			5	μA
	VL < 5.15V, V _{CS} = 12V			400	
BATT, CS Input Voltage Range	4V < V _{BATT} < 16V	0		19	V
CS to BATT Offset Voltage (Note 1)			±1.5		mV
CS to BATT Full-Scale Current-Sense Voltage		170	185	205	mV
Absolute Voltage Accuracy	Not including VADJ resistor tolerance	-0.65		0.65	%
	With 1% tolerance VADJ resistors	-0.75		0.75	

スイッチモード、リチウムイオン バッテリー充電器

MAX745

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{DCIN} = 18V$, $V_{BATT} = 8.4V$, $T_A = 0^\circ C$ to $+85^\circ C$. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ERROR AMPLIFIERS					
GMV Amplifier Transconductance			800		$\mu A/V$
GMI Amplifier Transconductance			200		$\mu A/V$
GMV Amplifier Output Current			± 130		μA
GMI Amplifier Output Current			± 320		μA
CCI Clamp Voltage with Respect to CCV	$1.1V < V_{CCV} < 3.5V$	25	80	200	mV
CCV Clamp Voltage with Respect to CCI	$1.1V < V_{CCI} < 3.5V$	25	80	200	mV
CONTROL INPUTS/OUTPUTS					
CELL0, CELL1 Input Bias Current		-1		1	μA
SETI Input Voltage Range (Note 1)		0		V_{REF}	V
VADJ Adjustment Range		10			%
SETI, VADJ Input Bias Current		-10		10	nA
VADJ Input Voltage Range		0		V_{REF}	V
THM/SHDN Rising Threshold		2.20	2.3	2.34	V
THM/SHDN Falling Threshold		2.01	2.1	2.19	V
STATUS Output Low Voltage	Charger in current-regulation mode, STATUS sinking 1mA			0.2	V
STATUS Output Leakage Current	Charger in voltage-regulation mode, $V_{STATUS} = 5V$			1	μA
IBAT Output Current vs. Current-Sense Voltage	$V_{IBAT} = 2V$		0.9		$\mu A/mV$
IBAT Compliance Voltage Range		0		2	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{DCIN} = 18V$, $V_{BATT} = 8.4V$, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$, unless otherwise noted. Limits over temperature are guaranteed by design.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SUPPLY AND REFERENCE					
VL Output Voltage	$6.0V < V_{DCIN} < 24V$, no load	5.10		5.70	V
REF Output Voltage	$6.0V < V_{DCIN} < 24V$	4.14		4.26	V
SWITCHING REGULATOR (Note 1)					
Oscillator Frequency		260		340	kHz
DHI On-Resistance	Output high or low			7	Ω
DLO On-Resistance	Output high or low			14	Ω
CS to BATT Full-Scale Current-Sense Voltage		165		205	mV
Absolute Voltage Accuracy	Not including VADJ resistors	-1.0		1.0	%

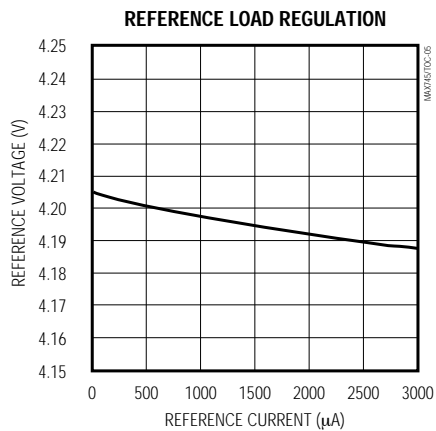
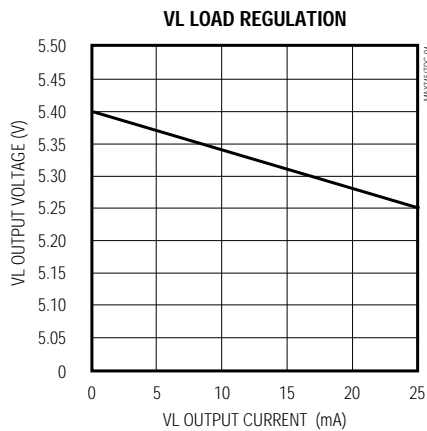
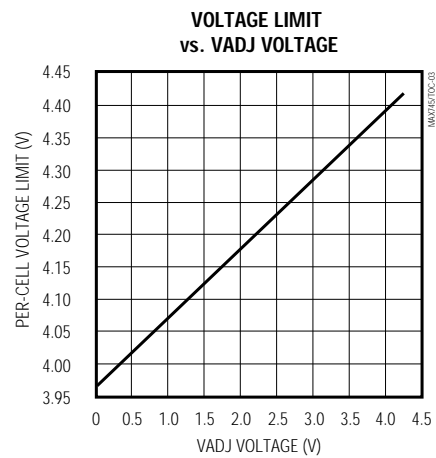
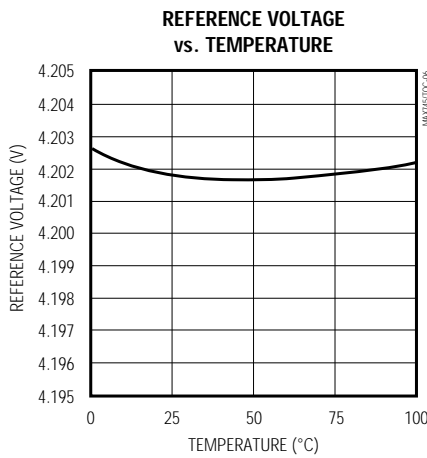
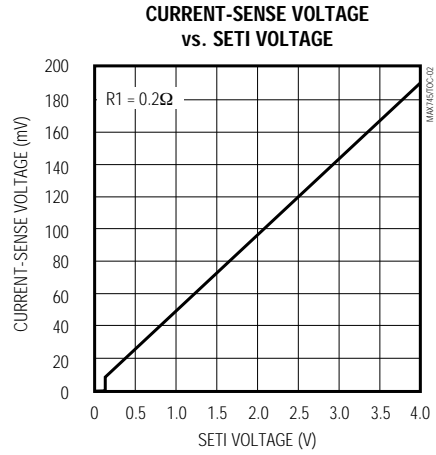
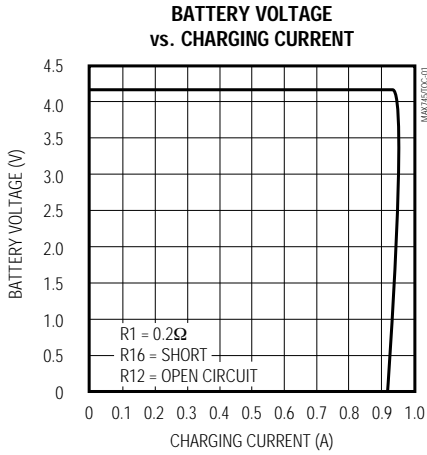
Note 1: When $V_{SETI} = 0V$, the battery charger turns off.

スイッチモード、リチウムイオン バッテリー充電器

MAX745

標準動作特性

($T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{\text{DCIN}} = 18\text{V}$, $V_{\text{BATT}} = 4.2\text{V}$, $\text{CELL0} = \text{CELL1} = \text{GND}$, $C_{\text{VL}} = 4.7\mu\text{F}$, $C_{\text{REF}} = 0.1\mu\text{F}$. Circuit of Figure 1, unless otherwise noted.)



スイッチモード、リチウムイオン バッテリー充電器

端子説明

端子	名称	機能
1	IBAT	電流検出アンプのアナログ電流ソース出力。「充電電流の監視」の項を参照して下さい。
2	DCIN	チャージャ入力電圧。DCINを0.1μFコンデンサでバイパスしてください。
3	VL	チップ電源。DCINからの5.4Vリニアレギュレータの出力。VLは、4.7μFコンデンサでバイパスしてください。
4	CCV	電圧レギュレーションループ補償点
5	CCI	電流レギュレーションループ補償点
6	THM/ SHDN	サーミスタ検出電圧入力。THM/SHDNもシャットダウン機能を実行します。ローにすると、充電器がオフになります。
7	REF	4.2Vリファレンス電圧出力。REFは、0.1μF以上のコンデンサでバイパスしてください。
8	VADJ	電圧調整ピン。VADJは、許容範囲1%の外部抵抗分圧器に接続して電圧設定点を10V調整し、精度0.1%抵抗が必要ないようにしています。入力電圧範囲は0V ~ V _{REF} です。
9	SETI	SETIは、充電電流を設定するために、REFとGNDの間で抵抗分圧器に外部接続しています。
10	GND	アナロググランド
11, 12	CELL0, CELL1	セル数選択のロジック入力。表1のセル数のプログラミングを参照してください。
13	STATUS	オープンドレインMOSFETは電流レギュレーションモード時には電流をシンクし、電圧レギュレーションモード時にはハインピーダンスになります。1k ~ 100k のプルアップ抵抗を通じてSTATUSピンをVLに接続してください。STATUSピンはレギュレーションモードを表示するLEDを駆動することもできます(MAX745EVキットを参照)。使用しない時はSTATUSピンをフローティングにしてください。
14	BATT	バッテリー電圧検出入力及び負の電流検出入力
15	CS	正の電流検出入力
16	PGND	電源グランド
17	DLO	ローサイドのパワーMOSFETドライバ出力
18	DHI	ハイサイドのパワーMOSFETドライバ出力
19	LX	ハイサイドのパワーMOSFETソースの電源接続
20	BST	ハイサイドのパワーMOSFETドライバの電源入力

詳細

MAX745は、90%の効率を実現するスイッチモードのリチウムイオンバッテリー充電器です。充電電圧及び電流は、SETI及びVADJの外部抵抗分圧器とCELL0及びCELL1のピン接続により独立して設定します。VADJは、充電電圧を設定するために抵抗分圧器に接続します。出力電圧調整範囲は±5%で、0.1%抵抗を使用することなく、1%抵抗で0.75%設定精度を達成しています。

MAX745は、電流モードパルス幅変調 (PWM) コントローラと、電流レギュレーション (GMI) 及び電圧レギュレーション (GMV) 用の2つのトランスコンダクタンス誤差アンプから構成されています(図2)。この誤差アンプは、SETIピン及びVADJピンで制御します。MAX745が電圧又は電流のどちらを制御しているかは、バッテリーの状態によって決まります。バッテリーが放電状態のときは、MAX745の出力が電圧リミットに達する前に電流レギュレーションリミットに達し、電流の安定化が行われます。バッテリーの充電が発生すると、それにつれて電圧が上昇し、電圧リミットに達すると、充電器スイッチが電圧の安定化に切り換わります。充電器が電流又は電圧のどちらを制御しているかは、STATUSピンで判別します。

電圧制御

バッテリーの電圧リミットを設定するには、REFからVADJに抵抗分圧器を接続します。VADJにおける電圧が0VからV_{REF}に変化すると、約4.2Vでバッテリーリミット電圧が±5%変化します。VADJにおける0から4.2Vまでの範囲は、僅か10%の電圧リミットの変化に過ぎないため、抵抗分圧器の精度は、出力電圧の精度程高くする必要はありません。分圧器に1%抵抗を使用した場合の出力電圧精度の低下は、通常0.1%以下です。この出力電圧の設定に大きな抵抗値を使用できるようにするため、VADJは内部的にバッファリングされています。VADJの電圧がV_{REF}/2の時の電圧リミットは4.2Vです。バッテリーのセル数については、表1を参照してください。

バッテリーリミット電圧は、次のように設定します。

$$V_{BATT} = (\text{セル数}) \times \left[\frac{V_{REF} + \left(V_{ADJ} - \frac{1}{2} V_{REF} \right)}{9.523} \right]$$

スイッチモード、リチウムイオン バッテリー充電器

MAX745

V_{ADJ} を求めると、次のようになります。

$$V_{ADJ} = \frac{9.523 V_{BATT}}{(\text{セル数})} - 9.023 V_{REF}$$

R11の値 (通常は100k) を選択して V_{ADJ} を設定し、次の式からR3を決定します。

$$R3 = [1 - (V_{ADJ} / V_{REF})] \times R11 \text{ (図1)}$$

ここで、 $V_{REF} = 4.2V$ 、セル数は1、2、3、又は4です (表1)。

電圧レギュレーションループは、CCVピンで補償します。通常、極ゼロのダブルレットは、抵抗とコンデンサの直列回路で形成します。この極によって、低周波数から利得がロールオフします。中間周波数では、ダブルレットのゼロによって十分なAC利得が得られます。出力コンデンサ(C1)により、中間周波数利得がユニティー以下にロールオフされます。この結果、C1の等価直列抵抗(ESR)によるゼロに遭遇する前に、安定性が保証されます。GMVアンプの出力は、REFの電圧の1/4 ~ 3/4に内部的にクランプされます。

表1. セル数のプログラミングテーブル

CELL0	CELL1	CELL COUNT
GND	GND	1
VL	GND	2
GND	VL	3
VL	VL	4

電流制御

充電電流は、電流検出抵抗値及びSET1ピンの電圧の組合せによって設定します。電流検出アンプは、CSとBATTの間にある電流検出抵抗の電圧を測定します。この電流検出アンプの利得は6です。SET1の電圧はバッファリングしてから、1/4になります。この電圧は、電流検出アンプの出力と比較されます。従って、フルスケール電流は、SET1をREFに接続することによって得られます。フルスケール充電電流 (I_{FS}) は、次のように設定してください。

$$I_{FS} = 185mV/R1 \text{ (図1)}$$

R1を変更せずに電流をフルスケール以下に設定するには、次の式に従ってSET1の電圧を調整してください。

$$I_{CHG} = I_{FS}(V_{SET1}/V_{REF})$$

CCIのコンデンサにより、電流フィードバックループの基本極が設定されます。電流が安定している間は、CCV電圧がCCI電圧の80mV以内にクランプされます。これによって、電圧設定が変化してもバッテリー電圧のオーバーシュートを防げます。電圧が安定状態で電流設定が変化した場合は、これとは逆になります。CCI又はCCVのリニア範囲は約2V (1.5V ~ 3.5V) であるため、電圧レギュレーションから電流レギュレーション又は電流レギュレーションから電圧レギュレーションにループが切り換わった時には、80mVクランプによるオーバーシュートは無視できる程度の値になります。

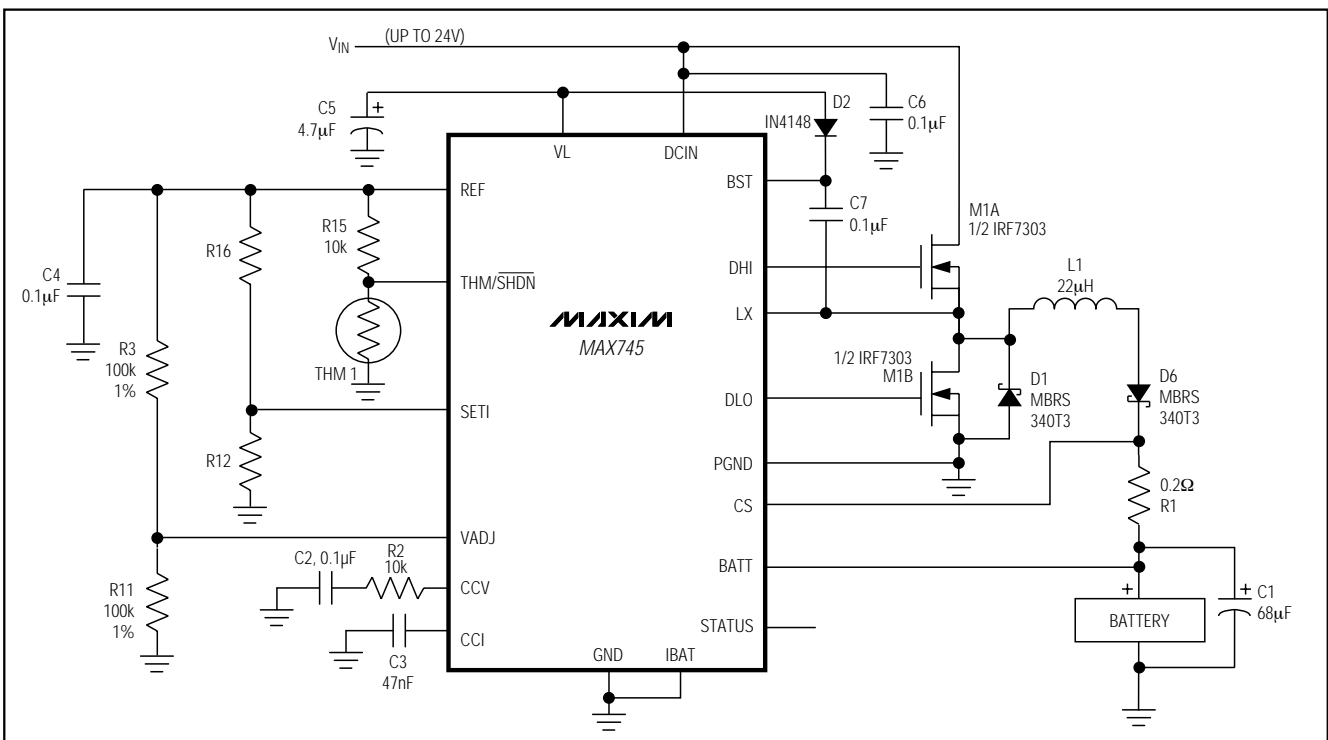


図1. 標準アプリケーション回路

スイッチモード、リチウムイオン バッテリー充電器

充電電流の監視

バッテリー充電電流はスケール抵抗(R_{IBAT})をIBATとGNDの間に設置することにより、外部的に監視することができます。IBATとは電圧制御された電流ソースの出力で、次の式で求められます。

$$I_{BAT} = 0.9\mu A/V_{SENSE}$$

ここで、 V_{SENSE} は電流検出抵抗での電圧(mV)で、次の式で求められます：

$$V_{SENSE} = V_{CS} - V_{BATT} = I_{CHG} \times R_1$$

R_{IBAT} での電圧は次の式で求められます：

$$V_{IBAT} = \frac{0.9\mu A}{I_{CHG}} \frac{R_{IBAT}}{R_1}$$

R_{IBAT} は、 V_{IBAT} が最大充電電流のために2V以下になるように選択してください。使用しない場合は、IBATをGNDに接続してください。

PWMコントローラ

バッテリー電圧又は電流は、電流モードのPWM DC/DCコンバータコントローラで制御します。このコントローラは、入力ソースから電源を制御する2つの外部NチャンネルMOSFETを駆動します。さらに、希望する電圧又は電流をバッテリーに供給できるように、スイッチド電圧のパルス幅もコントローラで設定します。このようにデュアルNチャンネルMOSFETを使用することによって、全体的なコンポーネントコストの削減を実現しています。

PWMコントローラの中心部は、多入力コンパレータです。このコンパレータでは、3つの入力信号を合計し、スイッ

チド信号のパルス幅を決定して、バッテリー電圧又は電流を設定します。これらの3つの信号は、電流検出アンプの出力、GMV又はGMI誤差アンプの出力、及び電流制御ループの安定性を保証するスローブ補償信号です。

PWMコンパレータは、電流検出アンプの出力をGMVアンプ又はGMIアンプのうちの低い方の出力電圧(誤差電圧)と比較します。この電流モードフィードバックにより、出力インダクタ(L1)及びC1で形成した出力フィルタLCのインダクタ効果が低減されます(図1)。この結果、出力フィルタが複雑な2次のRLCから1次のRCに変化するため、電流の安定化がより容易になります。

MOSFETドライバ

MAX745は外部NチャンネルMOSFETを駆動して、バッテリー電圧又は電流を発生する入力ソースを切り換えます。ハイサイドのNチャンネルMOSFETのゲートは、入力ソース電圧以上で駆動しなければならないため、この電圧の発生にはチャージポンプを使用しています。同期整流器(M1B)がオンになると、D2を通じてコンデンサ(C7)が約5Vに充電されます(図1)。C7の一端がLX(M1Aのソース)に接続してあるため、ハイサイドMOSFETがオンの時は入力電圧以上になるBSTの電圧まで、ハイサイドドライバ(DHI)がゲートを駆動します。

この同期整流器(M1B)はダイオードのように動作しますが、電圧降下が少なく、効率が高くなっています。ハイサイドMOSFETがオフになってから同期整流器がオンになるまでの期間、又はその逆が発生するまでの期間には、短いデッドタイム(不動時間)が追加されて

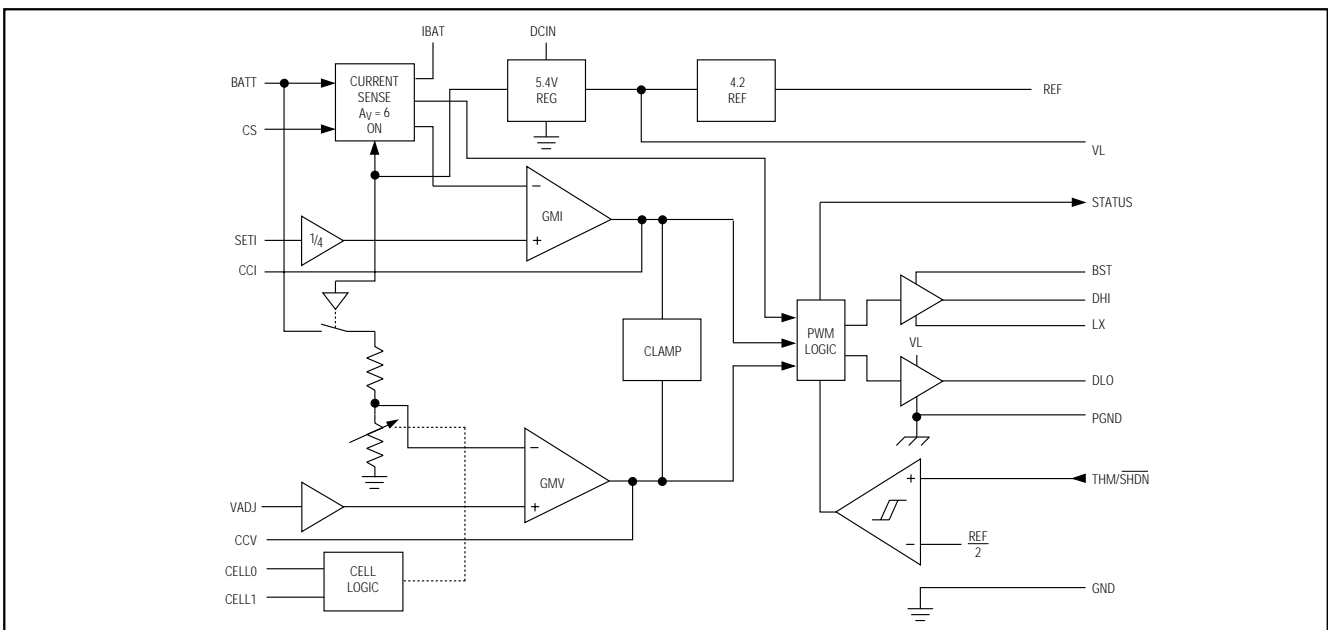


図2. ファンクションダイアグラム

スイッチモード、リチウムイオン バッテリー充電器

MAX745

います。これは、スイッチング遷移時のクローバー電流を防止するためです。デッドタイム時に同期整流器のボディダイオードの導通を防止するには、LXからグランド (M1Bのドレインとソース間のD1) にショットキ整流器を配置してください。通常、ボディダイオードのスイッチング回復時間は遅いため、ボディダイオードに電流が流れると効率が低下してしまいます。効率が問題にならない場合はD1を省略することもできますが、この場合同期整流器の電力消費の増加を考慮することが必要です。

BSTコンデンサは同期整流器がオンのときに充電するため、この同期整流器を任意の整流器で置き換えることはできません。同期整流器を使用しないと、BSTコンデンサが完全に充電されず、ゲートドライブが不十分になり、ハイサイドMOSFETがオンに設定できなくなってしまいます。このような場合は、BSTコンデンサの充電が確実な小さなMOSFET (2N7002など) で同期整流器を置き換えることが可能です。この場合、充電電流のほとんどは、同期整流器ではなくD1で供給します。

内部レギュレータ及びリファレンス

MAX745は、低ドロップアウトの内部リニアレギュレータを使用して5.4V電源 (VL) を生成し、内部回路を駆動します。VLレギュレータでは、25mAまでが供給可能です。この電流のうち4mAは内部回路用になっているため、残りの21mAは外部回路用として使用することができます。MOSFETゲートの駆動電流はVLから得ています。他の機能に必要な電流を得る時は、このことに注意してください。MOSFETの駆動に必要な電流を見積もるには、各MOSFETの合計ゲートチャージにスイッチング周波数 (通常300kHz) を掛けます。安定性を保証するために、VLを4.7μFコンデンサでバイパスしてください。

MAX745の内部4.2Vリファレンスデータ電圧は、0.1μF以上のコンデンサでバイパスする必要があります。

最小入力電圧

充電器によって電圧を正しくレギュレーションするには、充電器回路への入力電圧を最大バッテリー電圧よりも約2V高くすることが必要です。ACアダプタを使用する場合、入力電圧に大きなACリップルが発生することもあります。リップル波形の最低電圧は、この場合も最大バッテリー電圧より約2V高くする必要があります。

図1に示す様に部品を使って下さい。最小入力電圧は、次の式から求めることができます。

$$V_{IN} \times \frac{[V_{BATT} + V_{D6} + I_{CHG} (R_{DS(ON)} + R_L + R1)]}{0.89}$$

ここで、 V_{IN} は入力電圧、

V_{D6} はD6の電圧降下 (通常0.4V ~ 0.5V)、

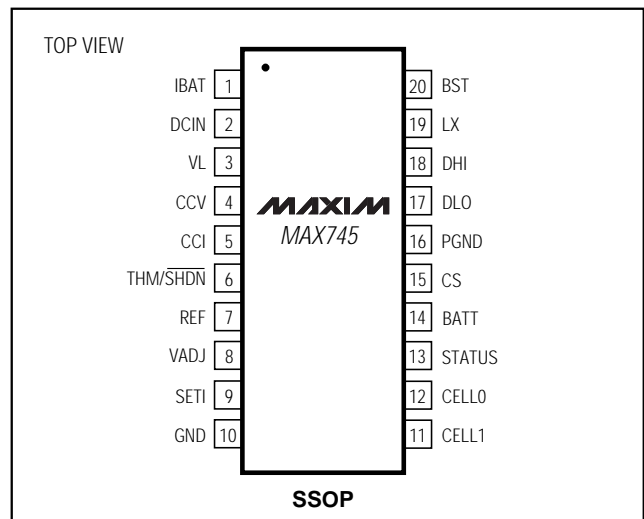
I_{CHG} は充電電流、

$R_{DS(ON)}$ はハイサイドMOSFET M1Aのオン抵抗、

R_L はインダクタの直列抵抗、

R1は電流検出抵抗R1の値を示します。

ピン配置



チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 1695

SUBSTRATE CONNECTED TO GND