

2.5A バッテリー・バックアップ・ パワーマネージャ

特長

- 昇圧バックアップ電源および降圧バッテリー・チャージャ
- 3.2Vのバッテリーから2.5Aのバックアップ電源を得るための6.5Aスイッチ
- 入力電流制限により、負荷を充電電流より優先
- 入力切断スイッチにより、バックアップ時に入力を切り離し
- バックアップ・モードへの切れ目のない自動切り替え
- 入力電力損失インジケータ
- システム電力損失インジケータ
- ピンで選択可能なバッテリー充電電圧：
リチウムイオン (3.95V/4.0V/4.05V/4.1V) または
LiFePO₄ (3.45V/3.5V/3.55V/3.6V)
- オプションのOVP回路により60Vを超える電圧からデバイスを保護
- 固定周波数動作
- 高さの低い(0.75mm) 24ピン4mm×5mm QFNパッケージ

アプリケーション

- 保有車両および資産の追跡装置
- 自動車用GPSデータ記録装置
- 自動車用テレマティクス・システム
- 自動料金収受(ETC)システム
- セキュリティ・システム
- USB電源駆動デバイス

概要

LTC[®]4040は、3.5V～5.5Vの総合的な電源レール・バッテリー・バックアップ・システムです。1セルのリチウムイオン・バッテリーまたはLiFePO₄バッテリーの電源をバックアップする大電流の昇圧DC/DCレギュレータを内蔵しています。外部電源を利用できる場合、この昇圧レギュレータは降圧バッテリー・チャージャとして逆方向に動作します。

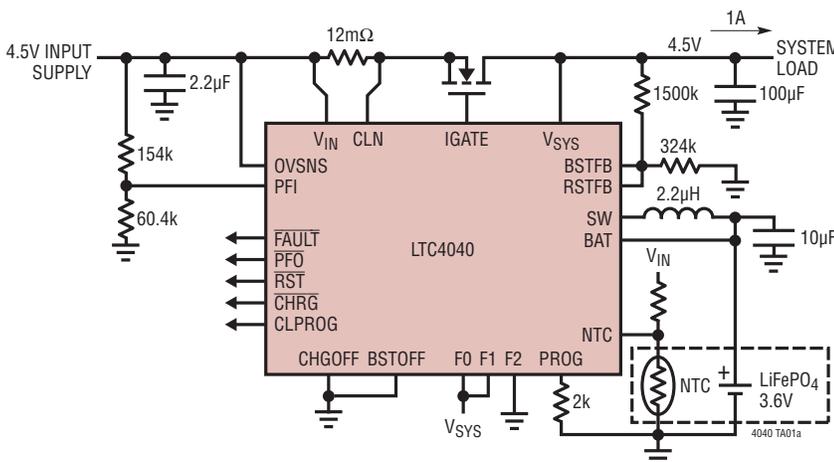
LTC4040の調整可能な入力電流制限機能により、充電電流が減少して主電源が過負荷から保護されるのに加えて、外付けの切断スイッチにより、バックアップ中は外部電源が切り離されます。入力電源電圧が調整可能なPFIしきい値より低くなると、2.5A昇圧レギュレータはバッテリーからシステムの出力に電力を供給します。

オプションの入力過電圧保護(OVP)回路は、V_{IN}ピンでの高電圧による損傷からLTC4040自体を保護します。ロジック入力の1つがリチウムイオン・バッテリーまたはLiFePO₄バッテリーのいずれかのオプションを選択し、それ以外の2つのロジック入力が、バックアップ・アプリケーションに適した4レベルのうちの1つにバッテリー充電電圧を設定します。LTC4040は、高さの低い(0.75mm) 24ピン4mm×5mm QFNパッケージで供給されます。

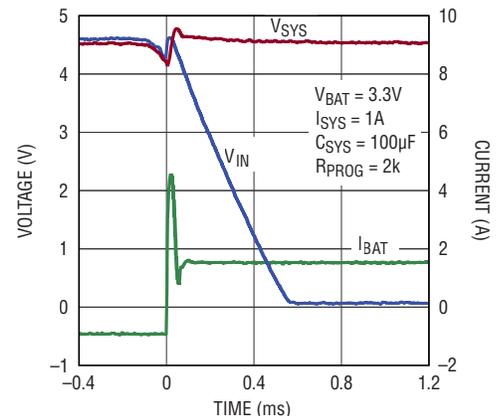
LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、Linearのロゴ、およびBurst Modeはリアテクノロジー社の登録商標です。PowerPathはリアテクノロジー社の商標です。その他全ての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。6522118、6570372、6700364、8139329をはじめとする米国特許によって保護されています。

標準的応用例

PFIしきい値が4.22Vの4.5Vバックアップ・アプリケーション
(充電電流設定値: 1A、入力電流制限設定値: 2A)



通常モードからバックアップ・モードへの移行波形



4040fa

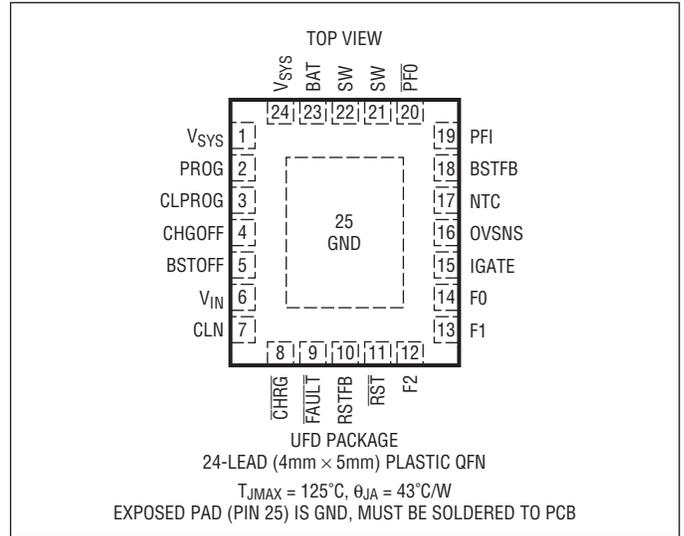
LTC4040

絶対最大定格

(Note 1, 2)

V_{IN} (トランジェント) $t < 1\text{ms}$ 、 デューティ・サイクル $< 1\%$	-0.3V ~ 7V
V_{IN} (定常状態)、BAT、CLN、 V_{SYS} 、 BSTFB、NTC、OVSNS、 $\overline{\text{CHRG}}$ 、 $\overline{\text{PFO}}$ 、 $\overline{\text{RST}}$ 、 $\overline{\text{FAULT}}$	-0.3V ~ 6V
F0、F1、F2、BSTOFF、RSTFB、 PFI、CHGOFF	-0.3V ~ (V_{IN} 、 V_{BAT} 、 V_{SYS}) の最大値 + 0.3V
I_{OVSNS}	$\pm 10\text{mA}$
$I_{\overline{\text{CHRG}}}$ 、 $I_{\overline{\text{PFO}}}$ 、 $I_{\overline{\text{RST}}}$ 、 $I_{\overline{\text{FAULT}}}$	10mA
I_{PROG} 、 I_{CLPROG}	1.1mA
動作接合部温度範囲 (Note 3)	-40°C ~ 125°C
保存温度範囲	-65°C ~ 125°C

ピン配置



発注情報

無鉛仕上げ	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
LTC4040EUFD#PBF	LTC4040EUFD#TRPBF	4040	24-Lead (4mm×5mm×0.75mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C
LTC4040IUFD#PBF	LTC4040IUFD#TRPBF	4040	24-Lead (4mm×5mm×0.75mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C

更に広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。

非標準の鉛仕上げの製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。

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

電気的特性 ● は規定動作接合部温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値 (Note 3)。
注記がない限り、 $V_{IN} = 5\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 3.6\text{V}$ 、 $R_{PROG} = 2\text{k}\Omega$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{IN}	Input Voltage Range		● 3.5		5.5	V	
V_{BAT}	Battery Voltage Range (Backup Boost Input)		2.7		5	V	
I_{INQ}	V_{IN} Quiescent Current	Normal Mode ($V_{PFI} = 2\text{V}$), Battery Charger Timed Out Shutdown (BSTOFF = CHGOFF=1)		570 3.5	7	μA μA	
I_{BATQ}	BAT Quiescent Current	Normal Mode ($V_{PFI} = 2\text{V}$), Battery Charger Timed Out Backup Mode ($V_{IN} = V_{PFI} = 0\text{V}$), No System Load Shutdown (BSTOFF = CHGOFF = 1)	●	45 40 1.5	70 3	μA μA μA	
バッテリー・チャージャ							
V_{CHG}	BAT Regulated Output Voltage for LiFePO ₄ Option (F2 = 0)	F2 = 0, F1 = 0, F0 = 0	●	3.42	3.45	3.48	V
		F2 = 0, F1 = 0, F0 = 1	●	3.47	3.50	3.53	V
		F2 = 0, F1 = 1, F0 = 0	●	3.52	3.55	3.58	V
		F2 = 0, F1 = 1, F0 = 1	●	3.57	3.60	3.63	V
	BAT Regulated Output Voltage for Li-Ion Option (F2 = 1)	F2 = 1, F1 = 0, F0 = 0	●	3.92	3.95	3.98	V
		F2 = 1, F1 = 0, F0 = 1	●	3.97	4.00	4.03	V
		F2 = 1, F1 = 1, F0 = 0	●	4.02	4.05	4.08	V
		F2 = 1, F1 = 1, F0 = 1	●	4.07	4.10	4.13	V
I_{CHG}	Regulated Battery Charge Current	$R_{PROG} = 2\text{k}$	950	1000	1050	mA	
	V_{SYS} -to- V_{BAT} Differential Undervoltage Lockout Threshold (Falling)		40	50	60	mV	
	V_{SYS} -to-BAT Differential Undervoltage Lockout Threshold (Rising)		125	145	165	mV	
V_{PROG}	PROG Pin Servo Voltage			800		mV	
h_{PROG}	Ratio of Battery Current to PROG Pin Current			2500		mA/mA	
I_{TRKL}	Trickle Charge Current	$V_{BAT} = 2.5\text{V}$, $R_{PROG} = 2\text{k}$		125		mA	
	PROG Pin Servo Voltage at Trickle Charge	$V_{BAT} = 2.5\text{V}$, $R_{PROG} = 2\text{k}$		100		mV	
	Input Current Limit Threshold Voltage	$V_{IN} - V_{CLN}$	●	23.5	25	26.5	mV
A_{CLPROG}	Input Current Limit Amplifier Gain	Ratio of CLPROG Voltage to ($V_{IN} - V_{CLN}$)		32		V/V	
	CLN Input Bias Current	$V_{CLN} = V_{IN}$			300	nA	
V_{RECHG}	Recharge Battery Threshold Voltage	Threshold Voltage Relative to V_{CHG} if F2 = 0 and F1 = 1		94.2	95	95.8	%
		Threshold Voltage Relative to V_{CHG} All Other Cases		96.7	97.5	98.3	%
$t_{TERMINATE}$	Safety Timer Termination Period	Timer Starts When $V_{BAT} = V_{CHG}$					
		F2 = 1 (Li-Ion) F2 = 0 (LiFePO ₄)		3.7 1.85	4.25 2.13	5 2.5	Hours Hours
V_{LOWBAT}	Low Battery Threshold Voltage for Trickle Charge	V_{BAT} Rising		2.75	2.85	2.95	V
ΔV_{LOWBAT}	Low Battery Hysteresis			150		mV	
t_{BADBAT}	Bad-Battery Termination Time	$V_{BAT} < (V_{LOWBAT} - \Delta V_{LOWBAT})$		0.47	0.54	0.64	Hours
$V_{C/8}$	End-of-Charge Indication	PROG Pin Average Voltage		90	100	110	mV
$f_{OSC(BUCK)}$	Step-Down (Buck) Converter Switching Frequency	Normal Mode ($V_{PFI} > 1.21\text{V}$)		1.96	2.25	2.65	MHz
$R_{P(BUCK)}$	High Side Switch On-Resistance	Normal Mode ($V_{PFI} > 1.21\text{V}$)			130		m Ω
$R_{N(BUCK)}$	Low Side Switch On-Resistance	Normal Mode ($V_{PFI} > 1.21\text{V}$)			120		m Ω
$I_{LIM(BUCK)}$	PMOS Switch Current Limit			3	4.3	A	

LTC4040

電気的特性 ● は規定動作接合部温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値 (Note 3)。
 注記がない限り、 $V_{IN} = 5\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 3.6\text{V}$ 、 $R_{PROG} = 2\text{k}\Omega$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
NTC						
V_{COLD}	Cold Temperature Fault Threshold Voltage	Rising Voltage Threshold Hysteresis	75.0	76.5 1.5	78	$\%V_{IN}$ $\%V_{IN}$
V_{HOT}	Hot Temperature Fault Threshold Voltage	Falling Voltage Threshold Hysteresis	33.4	34.9 1.73	36.4	$\%V_{IN}$ $\%V_{IN}$
V_{DIS}	NTC Disable Threshold Voltage	Falling Threshold Hysteresis	0.7	1.7 50	2.7	$\%V_{IN}$ mV
I_{NTC}	NTC Leakage Current		-20		20	nA

バックアップ・モードの昇圧スイッチング・レギュレータ

V_{BSTFB}	BSTFB Reference Voltage		●	0.78	0.8	0.82	V
I_{BSTFB}	BSTFB Input Bias Current			-20		20	nA
V_{SYS}	Step-up (Boost) Converter Output Voltage Range			3.5		5	V
f_{OSCST}	Step-Up Converter Switching Frequency	Backup Mode ($V_{PFI} < 1.17\text{V}$)		0.98	1.125	1.33	MHz
I_{LIMBST}	NMOS Switch Current Limit			5.5	6.5	7.5	A
R_{PBST}	Boost High Side Switch On-Resistance				75		m Ω
R_{NBST}	Boost Low Side Switch On-Resistance				70		m Ω
V_{OVSD}	V_{SYS} Overvoltage Shutdown Threshold	V_{SYS} Rising		5.3	5.5	5.7	V
	Overvoltage Shutdown Hysteresis				100		mV
V_{UVLO}	BAT Pin Undervoltage Lockout	V_{BAT} Falling			2.45	2.6	V
	BAT Pin Undervoltage Lockout Hysteresis				150		mV
D_{MAX}	Maximum Boost Duty Cycle				88	91	%
	NMOS Switch Leakage	$BSTOFF = 1$, $CHGOFF = 1$			1		μA
	PMOS Switch Leakage	$BSTOFF = 1$, $CHGOFF = 1$			1		μA

リセット・コンパレータ

	RSTFB Threshold (Falling)		●	0.72	0.74	0.76	V
	RSTFB Hysteresis				20		mV
	RSTFB Pin Leakage Current	$V_{RSTFB} = 0.9\text{V}$		-50		50	nA
	RST Delay (RSTFB Rising)				232		ms

パワーフェイル・コンパレータ

	PFI Input Threshold (Falling Edge)	Initiates Backup Mode	●	1.17	1.19	1.21	V
	PFI Input Hysteresis				30		mV
	PFI Pin Leakage Current	$V_{PFI} = 1.3\text{V}$		-100		100	nA
	PFI Delay to $\overline{PF0}$	PFI Falling			0.5		μs
	$\overline{PF0}$ Pin Leakage Current	$V_{\overline{PF0}} = 5\text{V}$			10		μA
	$\overline{PF0}$ Pin Output Low Voltage	$I_{\overline{PF0}} = 5\text{mA}$			65		mV

ロジック入力 (CHGOFF、BSTOFF、F0、F1、F2)

V_{IL}	Logic Low Input Voltage		●			0.4	V
V_{IH}	Logic High Input Voltage		●	1.2			V
I_{IL}	Logic Low Input Leakage			-1		1	μA
I_{IH}	Logic High Input Leakage			-1		1	μA

電気的特性 ● は規定動作接合部温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値 (Note 3)。

注記がない限り、 $V_{IN} = 5\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 3.6\text{V}$ 、 $R_{PROG} = 2\text{k}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
オーブンドレイン出力 (CHRG、RST、FAULT)						
	Pin Leakage Current	$V = 5\text{V}$			1	μA
	Pin Output Low Voltage	$I = 5\text{mA}$		65		mV
過電圧保護						
$V_{OV}(\text{CUTOFF})$	Overvoltage Protection Threshold	Rising Threshold, $R_{OVSNS} = 6.2\text{k}$	6.1	6.4	6.7	V
V_{OVGT}	IGATE Output Voltage Active	Input Voltage < $V_{OV}(\text{CUTOFF})$		$1.88 \cdot V_{OVSNS}$	12	V
$V_{OVGT}(\text{LOAD})$	IGATE Voltage Under Load	5V Through 6.2k Into OVSNS, $I_{GATE} = 1\mu\text{A}$	8	8.6		V
I_{OVSNSQ}	OVSNS Quiescent Current	$V_{OVSNS} = 5\text{V}$		40		μA
	OVSNS Quiescent Current at Shutdown	$BSTOFF = H$, $CHGOFF = H$		25		μA
	IGATE Time to Reach Regulation	$C_{IGATE} = 2.2\text{nF}$		3.5		ms

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。また、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与えるおそれがある。

Note 2: このデバイスは短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能を備えている。過熱保護機能がアクティブなとき接合部温度は 125°C を超える。規定された最大動作接合部温度を超えた状態で動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう恐れがある。

Note 3: LTC4040Eは T_J が T_A とほぼ等しくなるようなパルス負荷条件でテストされる。LTC4040Eは $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の接合部温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部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。LTC4040Iは $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の全動作接合部温度範囲で動作することが保証されている。接合部温度 (T_J ($^\circ\text{C}$)) は周囲温度 (T_A ($^\circ\text{C}$)) および電力損失 (P_D (W)) から次式に従って計算される。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$$

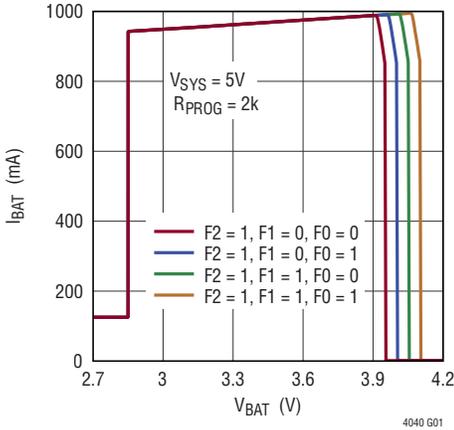
ここで、パッケージの熱インピーダンス θ_{JA} は $43^\circ\text{C}/\text{W}$ 。

これらの仕様を満たす最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗および他の環境要因と関連した特定の動作条件によって決まることに注意。

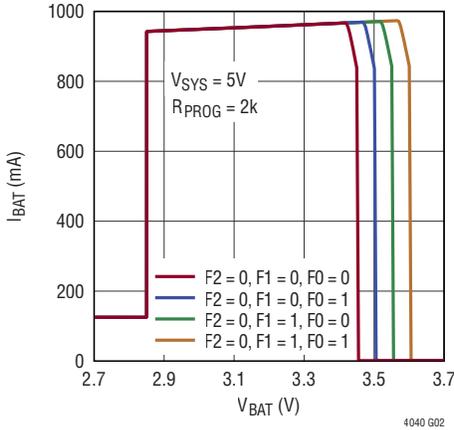
LTC4040

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

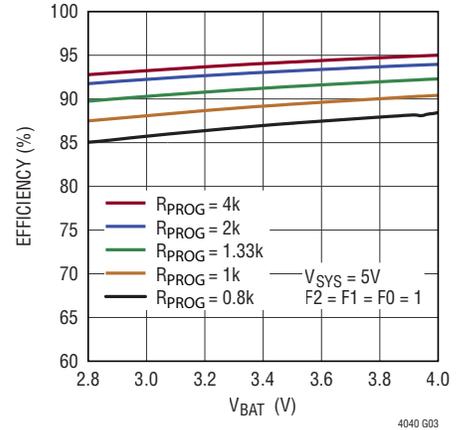
**I_{BAT} と V_{BAT} (リチウムイオン)、
充電電圧の設定値が異なる場合**



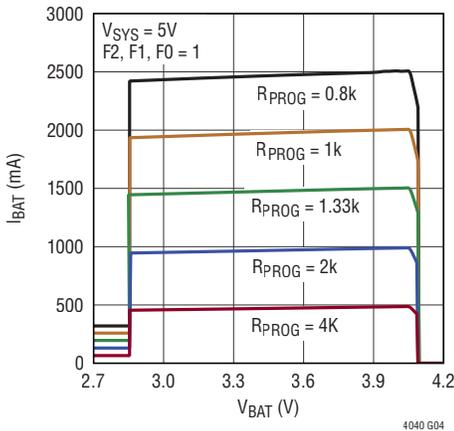
**I_{BAT} と V_{BAT} (LiFePO₄)、充電電圧の
設定値が異なる場合**



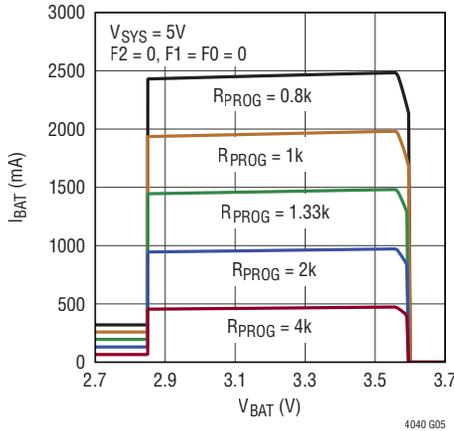
降圧チャージャの効率と V_{BAT}



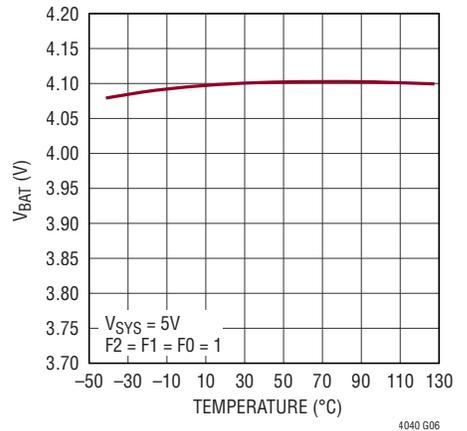
**I_{BAT} と V_{BAT} (リチウムイオン)、
PROGの抵抗値が異なる場合**



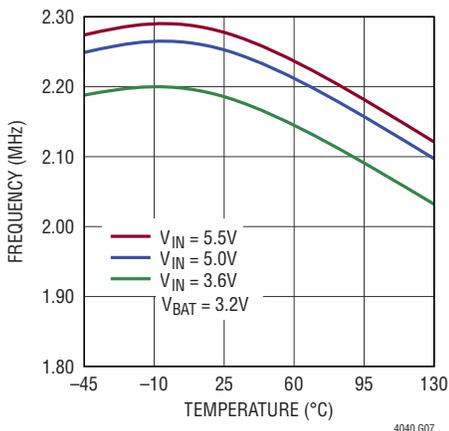
**I_{BAT} と V_{BAT} (LiFePO₄)、
PROGの抵抗値が異なる場合**



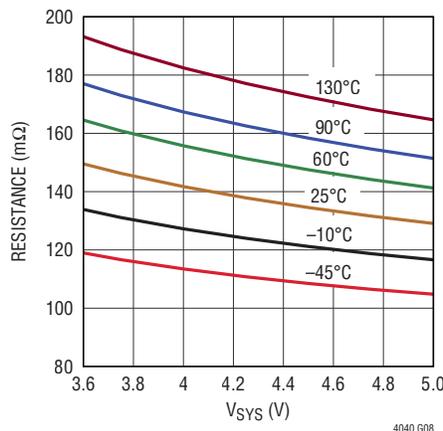
**バッテリーの充電電圧
(リチウムイオン)と温度**



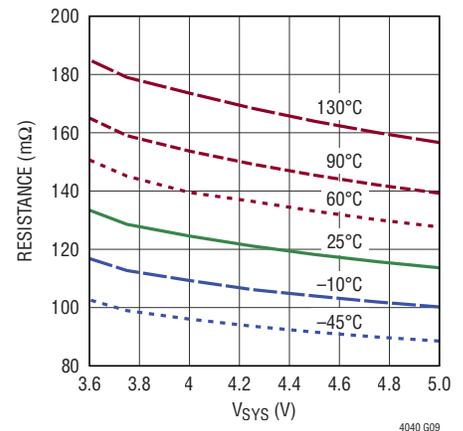
**降圧チャージャの発振器周波数と
温度**



**降圧チャージャのPMOSの
オン抵抗と V_{SYS} 、全温度範囲**

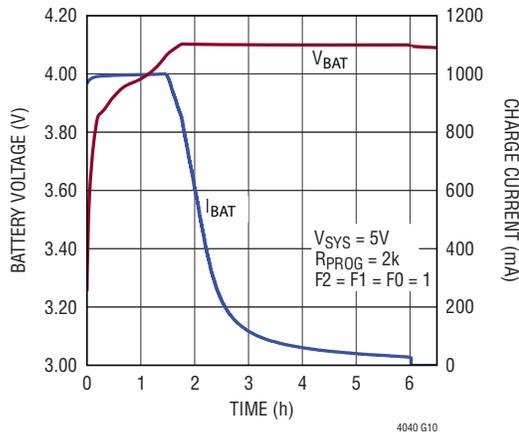


**降圧チャージャのNMOSの
オン抵抗と V_{SYS} 、全温度範囲**



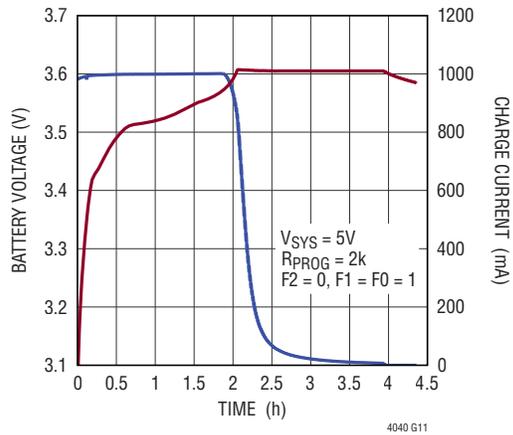
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

リチウムイオン・バッテリーの
充電プロファイル



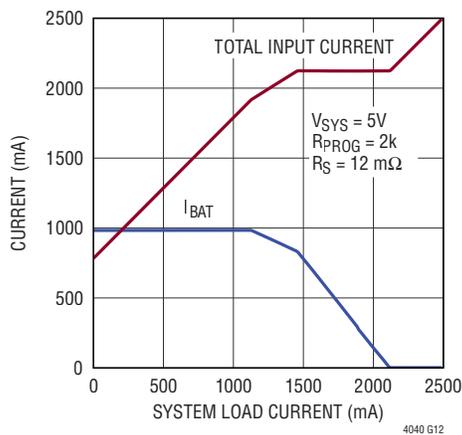
4040 G10

LiFePO₄バッテリーの充電プロファイル



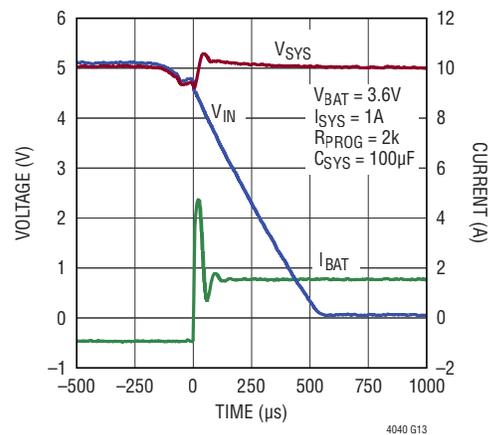
4040 G11

R_Sで設定された入力電流制限による
充電電流の減少



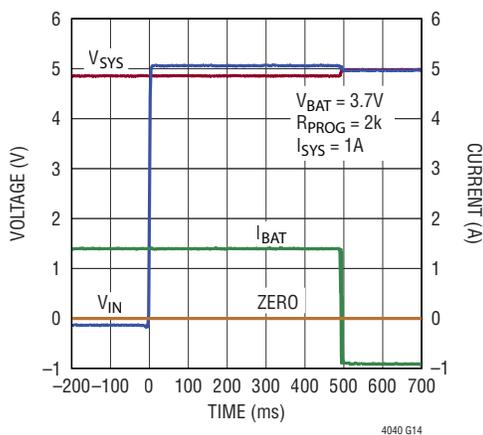
4040 G12

通常モードからバックアップ・モードへの
遷移波形(リチウムイオン)



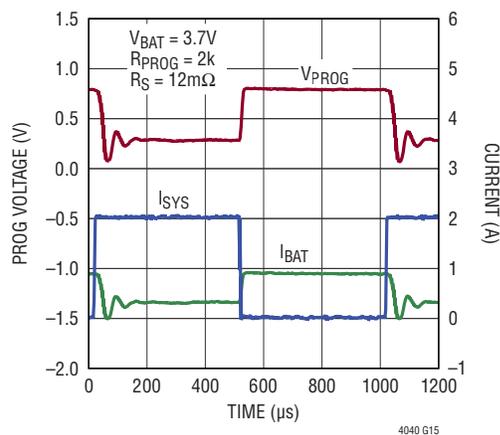
4040 G13

バックアップ・モードから
通常モードへの遷移波形



4040 G14

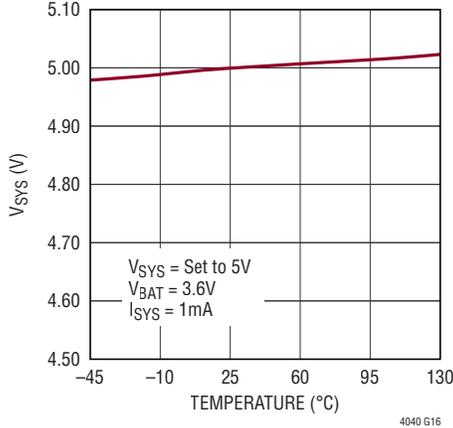
システムのステップ負荷による
PROGの電圧トランジェント応答



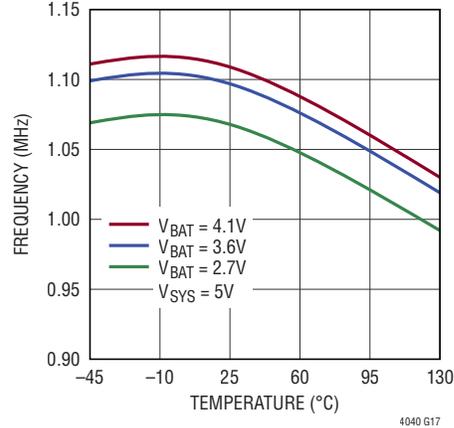
4040 G15

標準的性能特性 注記がない限り、TA = 25°C。

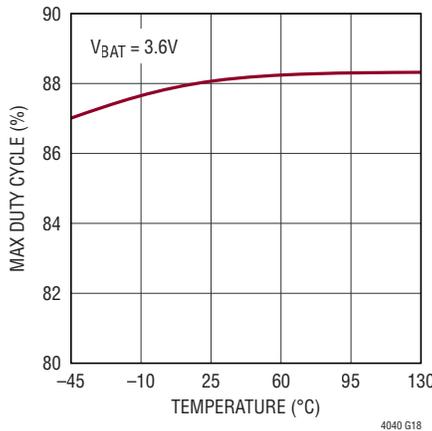
バックアップ昇圧レギュレータの出力電圧 (V_{SYS}) と温度



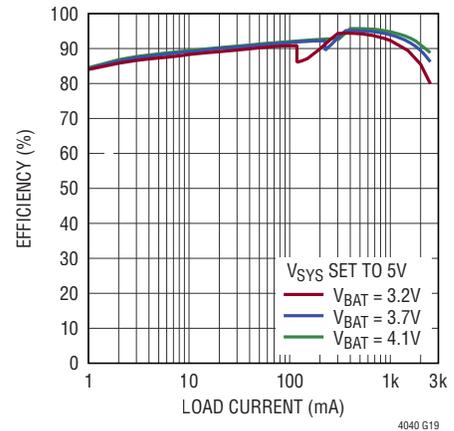
バックアップ昇圧レギュレータの発振器周波数と温度



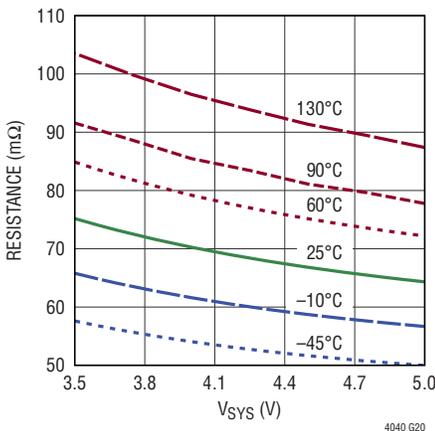
バックアップ昇圧レギュレータの最大デューティ・サイクルと温度



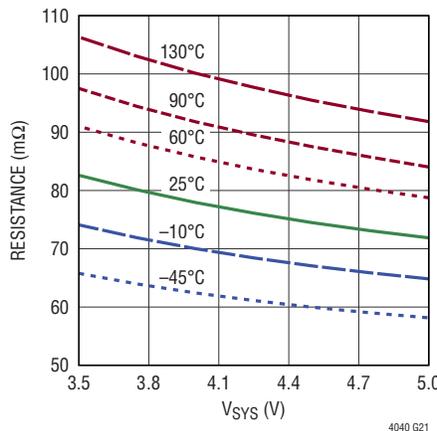
バックアップ昇圧レギュレータの効率と負荷電流



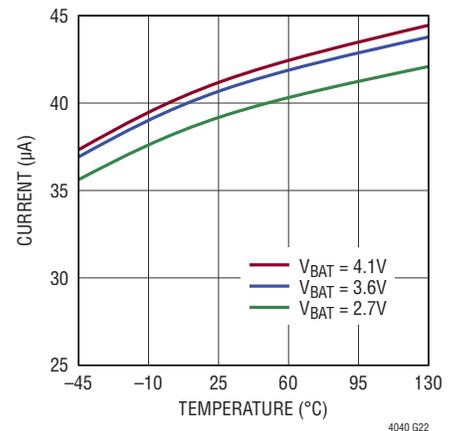
バックアップ昇圧レギュレータのNMOSのオン抵抗と V_{SYS} 、全温度範囲



バックアップ昇圧レギュレータのPMOSのオン抵抗と V_{SYS} 、全温度範囲

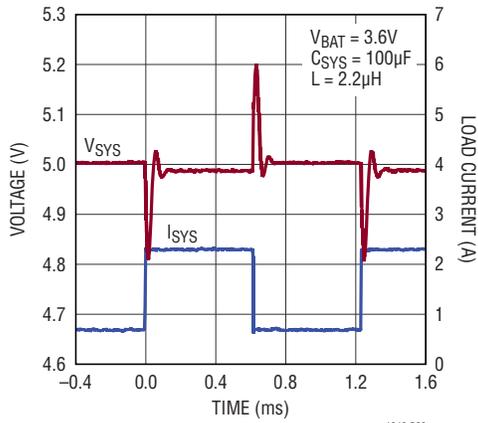


スリープ・モード(バックアップ)での I_{BATQ} と温度



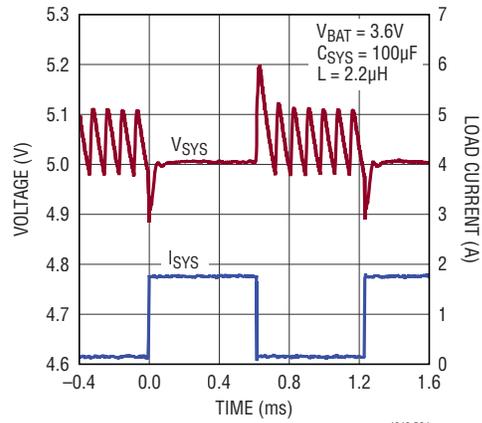
標準的性能特性 注記がない限り、TA = 25°C。

バックアップ昇圧レギュレータの負荷ステップに対するトランジェント応答



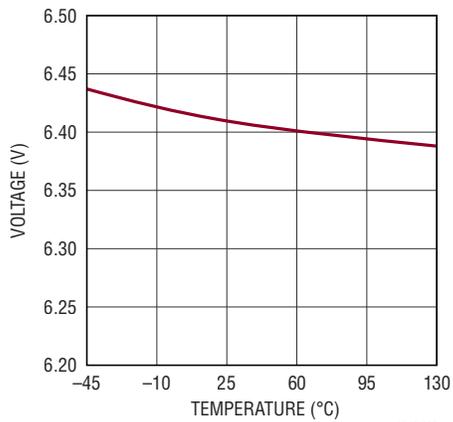
4040 G23

Burst Modeから固定周波数モードへの遷移波形



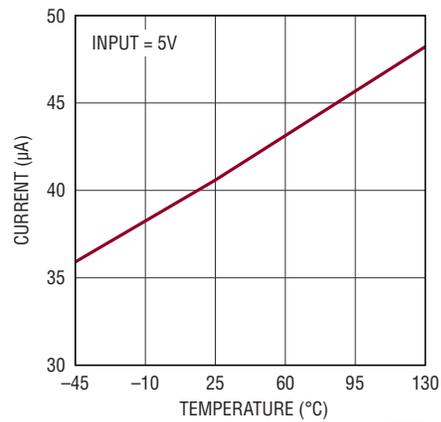
4040 G24

OVPモジュールの(6.2kを介した)シャットダウン電圧と温度



4040 G25

OVSNSピンの静止電流と温度



4040 G26

ピン機能

V_{SYS} (ピン1, 24) : システム電圧の出力ピン。このピンの使用目的は、主入力電源またはバックアップ・バッテリー(主入力電源を供給できない場合)から外部負荷へ電力を供給することです。入力電源が供給可能な場合、このピンは、負荷に電力を供給する他に、バッテリーを充電するための電力を供給します。V_{SYS}は、100μF以上の低ESRセラミック・コンデンサでGNDにバイパスしてください。

PROG (ピン2) : 充電電流の設定ピン。PROGピンとグラウンドの間に抵抗を外付けすることにより、フルスケールの充電電流を設定します。フルスケールでは、PROGピンの電圧は0.8Vにサーボ制御されます。BATピンを流れる電流とPROGピンを流れる電流の比は、内部で2500に設定されます。

CLPROG (ピン3) : V_{SYS}電流のモニタ・ピン。V_{IN}とCLNの差動電圧とCLPROGピンの電圧との比は、32に設定されています。CLPROGピンの電圧が0.8Vに達すると、充電電流は減少します。

CHGOFF (ピン4) : バッテリー・チャージャのディスエーブル・ピン。このピンをGNDに接続してチャージャをイネーブルするか、1.2Vより高い電圧に接続してディスエーブルします。このピンは未接続のままにしないでください。

BSTOFF (ピン5) : バックアップ昇圧コンバータのディスエーブル・ピン。このピンをGNDに接続してバックアップ昇圧レギュレータをイネーブルするか、1.2Vより高い電圧に接続してバックアップをディスエーブルします。このピンは未接続のままにしないでください。

V_{IN} (ピン6) : 入力ピン。オプションの過電圧保護(OVP)機能を使用しない場合は、電源をこのピンに直接印加してかまいません。OVP機能が必要なアプリケーションでは、電源の出力V_{PWR}とこのピンの間に外付けNチャンネルFETを接続します。

CLN (ピン7) : V_{IN}とこのピンの間に接続する外付けの電流制限検出抵抗の負極端子ピン。この抵抗を使用して、V_{IN}からV_{SYS}に流れる電流をモニタします。LT4040は、この抵抗の両端間の電圧を25mVに維持するため、充電電流を減少します。ただし、電圧降下が25mVを超えた場合は、システムの電流を制限しません。

CHRG (ピン8) : オープンドレインの充電ステータス出力。通常は抵抗を介してリファレンス電圧に引き上げられます。バッテリーの充電サイクル中、CHRGは“L”であり、この状態は充電電流がC/8より少なくなるまで続きます。そのとき、CHRGピンは高インピーダンスになります。

FAULT (ピン9) : オープンドレインのフォルト・ステータス出力。通常は抵抗を介してリファレンス電圧に引き上げられます。このピンは、バッテリー充電サイクル中に、充電サイクルのフォルト状態を示します。温度フォルトまたは不良バッテリー・フォルトが発生した場合、このピンは“L”になります。フォルト状態が存在しない場合、FAULTピンは高インピーダンスのままです。

RSTFB (ピン10) : リセット・コンパレータの入力。高精度コンパレータへの高インピーダンス入力で、立ち下がりがしきい値は0.74Vでヒステリシスは20mVです。このピンは、RST出力ピンの状態を制御します。V_{SYS}、RSTFB、GNDの間に外付けの抵抗分割器を使用します。システムの出力電圧V_{SYS}をモニタするBSTFBの抵抗分割器と同じ抵抗分割器でかまいません。「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

RST (ピン11) : リセット・コンパレータのオープンドレインのステータス出力。RSTFBピンの電圧が0.74Vより低くなった場合、このピンは内部のNチャンネルMOSFETによって必ずグラウンド電位に低下します。RSTFBピンの電圧が戻ると、このピンは232msの遅延時間経過後に高インピーダンスになります。

F2 (ピン12) : バッテリーの種類を選択するためのロジック入力。このピンをロジック“H”にするとLi-Ion(リチウムイオン系)が選択され、ロジック“L”にするとLiFePO₄が選択されます。このピンは未接続のままにしないでください。

F1, F0 (ピン13, 14) : 可能な4つの充電電圧のいずれかをバッテリーの種類ごとに選択するためのロジック入力。これらのピンは未接続のままにしないでください。

F0	F1	F2 = 1: Li-Ion (V)	F2 = 0: LiFePO ₄ (V)
0	0	3.95	3.45
1	0	4.00	3.50
0	1	4.05	3.55
1	1	4.10	3.60

IGATE (ピン15) : 外付けのNチャンネルFETのゲート・ピン。十分なオーバードライブ電圧を発生させてパス・トランジスタを完全に導通させるため、このピンは内部チャージポンプによって駆動されます。1段目のパス・トランジスタは電源の出力V_{PWR}とV_{IN}の間に接続され、オプションの過電圧保護モジュールの一部になります。2段目のパス・トランジスタはV_{IN}とV_{SYS}の間に接続され、必須であり、バックアップ・モード時に入力電源からシステムを切り離すために使用されます。

ピン機能

OVSNS (ピン16) : 過電圧保護回路の検出入力。過電圧機能を使用する場合は、OVSNSピンを6.2kの抵抗を介して入力電源コネクタおよびNチャネルMOSパス・トランジスタのドレインに接続します。使用しない場合は、このピンを V_{IN} に短絡します。OVSNSピンで電圧が検出されると、このピンに少量の電流が流れてチャージポンプに電力が供給され、それによってIGATEにゲート駆動電圧が加わり、外付けトランジスタが導通します。このピンの電圧が6V (標準)を超えると、IGATEはGND電位になってパス・トランジスタをディスエーブルし、LTC4040を高電圧から保護します。

NTC (ピン17) : サーミスタ・モニタ回路への入力。NTCピンはバッテリーのサーミスタに接続され、バッテリーの温度が充電するのに高すぎたり低すぎたりしないかを判定します。バッテリーの温度が範囲外にある場合、バッテリー温度が有効範囲に戻るまで充電が中断されます。低ドリフトのバイアス抵抗を V_{IN} とNTCの間に接続し、サーミスタをNTCとグラウンドの間に接続する必要があります。NTC機能が不要な場合は、NTCピンを接地します。

BSTFB (ピン18) : バックアップ昇圧レギュレータの帰還入力。定常状態のバックアップ動作中、このピンの電圧はサーボ制御されて0.8Vになります。

PFI (ピン19) : パワーフェイル入力。高精度コンパレータ(パワーフェイル)への高インピーダンス入力であり、その立ち下がりしきい値は1.19Vでヒステリシスは30mVです。PFIは \overline{PFO} 出力ピンの状態を制御して、入力電圧しきい値を、バックアップ昇圧レギュレータの起動電圧より低い電圧に設定します。また、このしきい値電圧は、降圧バッテリー・チャージャのイネーブル電圧より高く、デバイスが入力から出力へ電力を供給できる最小電圧も表します。

\overline{PFO} (ピン20) : オープンドレインのパワーフェイル・ステータス出力。PFIの入力電圧がパワーフェイル・コンパレータの立ち下がりしきい値より低いと、このピンは内部NチャネルMOSFETによってグラウンド電位に低下します。PFIの入力電圧が立ち上がりしきい値より高くなると、このピンは高インピーダンスになります。

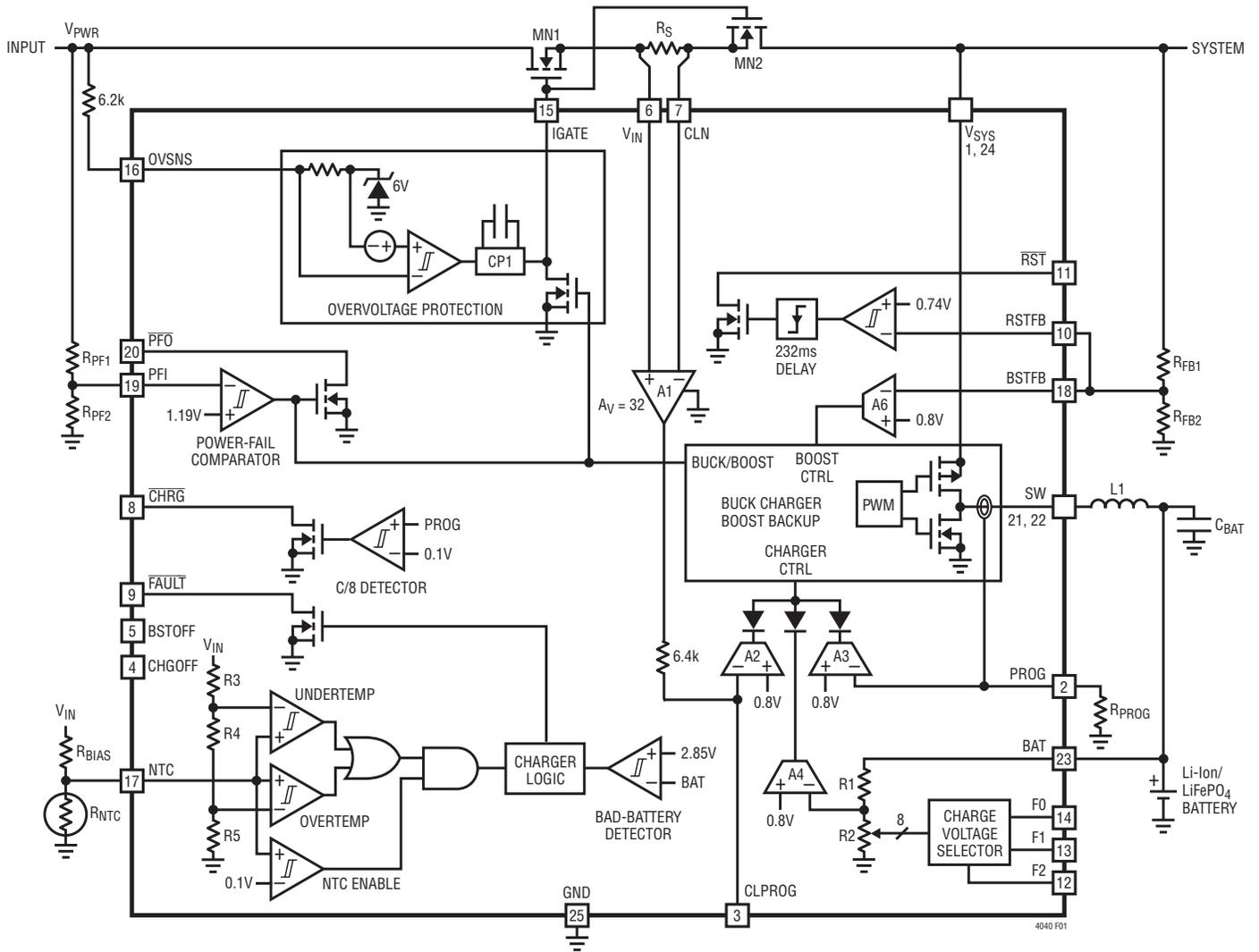
SW (ピン21、22) : 降圧スイッチング・チャージャおよび昇圧スイッチング・バックアップ・コンバータの送電ピン。1 μ H~2.2 μ HのインダクタをSWとBATの間に接続します。

BAT (ピン23) : 1セルのLi-IonバッテリーまたはLiFePO₄バッテリー・ピン。入力電源が供給されるかどうかによって、バッテリーは昇圧コンバータを介して V_{SYS} に電力を供給するか、 V_{SYS} から降圧チャージャを介して充電されます。BATは、10 μ F以上の低ESRセラミック・コンデンサでGNDにバイパスしてください。

GND (露出パッド・ピン25) : 露出パッドはPCBに半田付けし、プリント回路基板のグラウンドに電気的かつ熱的に低インピーダンスで接続する必要があります。切れ目のないグラウンド・プレーンを多層プリント回路基板の第2層に配置することを強く推奨します。

LTC4040

ブロック図



動作

LTC4040は、3.5V～5.5Vの電源レール向けの総合的なバッテリー・バックアップ・システム・マネージャです。このシステムには3つの主要な回路構成要素があります。それは、機能満載の降圧バッテリー・チャージャ、外部入力電源が失われた場合にシステムの負荷に電力を供給する自動バースト機能を備えた昇圧バックアップ・コンバータ、およびこれら2つのどちらを起動するかを判別するパワーフェイル・コンパレータです。LTC4040は、その他にいくつかの補助構成要素を内蔵しています。それは、入力電流制限(CLPROG)アンプ、オプションの入力過電圧保護(OVP)回路、およびリセット・コンパレータです。

LTC4040の動作モードは、通常モード、バックアップ・モード、シャットダウン・モードの3つです。外部設定可能なPFIしきい値電圧より入力電源電圧の方が高い場合、デバイスは電力の流れが入力から出力(V_{SYS})の方向である通常モードであるとみなされ、同時に降圧スイッチング・レギュレータは、F0、F1、およびF2のデジタル入力によって設定される8つの充電電圧設定値のいずれかまでバッテリーを充電します。「ブロック図」を参照してください。全システム負荷は、 V_{IN} ピンとCLNピンの間に接続されている外付け直列抵抗 R_S を介して、CLPROGアンプによってモニタされます。外部負荷の要求量が増加し、 R_S で設定される設定可能レベルを超える場合、このアンプは(PROGピンの外付け抵抗 R_{PROG} で設定した)設定値から充電電流を低減することができます。入力電源電圧がPFIしきい値より低くなると、バックアップ・モードではスイッチ(MN1およびMN2)を切り離してシステム(V_{SYS})を入力から分離します。同時に、昇圧コンバータは同じ外付けインダクタL1を使用してバッテリーからシステム負荷に電力を供給します。

バッテリー・チャージャ

LTC4040は、自動再充電、安全タイマによる自動終了、低電圧トリクル充電、不良バッテリー検出、および温度範囲外で充電を一時停止するためのサーミスタ・センサ入力を備えた定電流(CC)/定電圧(CV)バッテリー・チャージャを内蔵しています。バッテリー・チャージャは、 V_{SYS} ピンからSWピンを介してBATピンへ電荷を移動するために使用する高効率の降圧スイッチング・コンバータです。このチャージャは、CHGOFFピンの電圧を1.2Vより高くすればディスエーブルすることができます。

降圧スイッチング・チャージャ

LTC4040バッテリー・チャージャは、固定周波数(2.25MHz)の同期整流式降圧コンバータで、最大5.5Vの入力電源から得られる外部設定可能な最大2.5Aの充電電流により、バッテリーをその充電電圧まで直接充電することができます。ゼロ電流コンパレータは、インダクタ電流をモニタして、この電流が約250mAまで減少するとNMOS同期整流器を遮断します。これにより、インダクタ電流の逆流を防止し、低充電電流での効率を向上します。

バッテリーのプリコンディショニング(トリクル充電)および不良バッテリー・フォルト

バッテリーの充電サイクルが開始されると、バッテリー・チャージャはまずバッテリーが深放電しているかを確認します。バッテリー電圧が V_{LOWBAT} (標準2.85V)より低いと、自動トリクル充電機能により、バッテリー充電電流は設定値の1/8つまり12.5%に設定されます。充電電流の精度をこの低電流レベルで向上するため、降圧スイッチング・チャージャはオフになり、第2のリニア・チャージャを使用してバッテリーを充電します。低電圧状態が0.5時間より長く続くと、バッテリー・チャージャは自動的に停止し、バッテリーが不良バッテリー・フォルト状態であることをCHRGピンおよびFAULTピンによって表示します。

定電流モードの充電

バッテリーの電圧が V_{LOWBAT} を超えると、バッテリー・チャージャはフルパワーの定電流モードで充電を開始します。バッテリーに供給される電流は $2000V/R_{PROG}$ に達しようとしています。外部負荷の状態に応じて、バッテリー・チャージャは最大設定レートで充電できることもあれば、できないこともあります。外部負荷がバッテリー充電電流よりも常に優先されます。バッテリー・チャージャが最大設定レートで充電できるのは、外部負荷とチャージャ入力電流の合計が、 R_S で設定された入力電流制限値以下である場合に限定されます。

動作

充電終了

バッテリー・チャージャは安全タイマを内蔵しています。バッテリーの電圧が、F0、F1、およびF2ピンで設定される充電電圧に達すると、チャージャはバッテリーの電圧をその電圧で安定化するので、充電電流は必然的に減少します。バッテリーが充電電圧に達したことをチャージャが検出すると、安全タイマ (Li-Ionバッテリーの場合は約4時間、LiFePO₄バッテリーの場合は約2時間) が起動します。安全タイマの期限が切れると、バッテリーの充電は中断し、バッテリーの電圧が自動再充電しきい値より低くならない限り、電流が更にバッテリーに供給されることはありません。

自動再充電

バッテリー・チャージャは充電終了後オフ状態を保つので、バッテリーから流れる電流はわずか数 μ Aです。製品を長時間この状態にしておくと、バッテリーは最終的に自己放電します。バッテリーを常に満充電状態にするため、バッテリー電圧がV_{RECHRG}より低くなると、充電サイクルが自動的に開始されます。安全タイマの動作中にバッテリー電圧がV_{RECHRG}より低くなった場合、安全タイマはリセットされて0に戻ります。V_{RECHRG}より低い電圧に短時間低下することによって安全タイマがリセットしないように、バッテリー電圧がV_{RECHG}より低い状態を2.4msより長く保つ必要があります。

CHRGピンとFAULTピンによる状態変化の表示

バッテリー・チャージャの状態は、次の表に従って、CHRGピンとFAULTピンにより表示されます。

表1. 充電状態の表示

CHRG	FAULT	状態
0	0	NTCフォルトであり、C/8には達していない
0	1	充電中(フォルトなし)
1	0	不良バッテリー・フォルト
1	1	充電中(ほぼ完了)、C/8に到達

充電が開始されると、CHRGは“L”になり、通常の充電サイクルの間“L”に保たれます。充電電流が減少して、R_{PROG}で設定した値の1/8になると、CHRGピンは解放されます(高インピーダンス)。LTC4040が入力電流制限状態である場合、CHRGピンはC/8しきい値に応答しません。これにより、バッテリー・チャージャに供給可能な電力の不足が原因で充電終了が誤って表示されないようにします。

バッテリーが充電に対して反応しないことが判明する(つまり、バッテリーの電圧が2.85Vより低い状態が0.5時間より長く続いている)と、CHRGピンが解放されてFAULTピンが“L”になり、充電が終了していることが表示されます。ただし、NTCに起因するフォルトが発生している場合は、FAULTピンだけが“L”になり、CHRGピンは“L”のままであり、充電の中断を表示します。

NTCサーミスタによるバッテリーの過熱保護

LTC4040は、バッテリー・パックの近くに配置した負温度係数(NTC)サーミスタを使用して、充電サイクル中にバッテリーの温度をモニタします。バッテリーの温度が安全充電範囲から外れると、デバイスは充電を一時停止してフォルト状態を通知し、温度が安全充電範囲内に戻るまでその状態を維持します。安全充電範囲は、「ブロック図」に示すようにNTCピンの電圧をモニタする2つのコンパレータによって決まります。この機能を使用するには、NTCピンとグランドの間にNTCサーミスタ(R_{NTC})を接続し、V_{IN}ピンとNTCピンの間にバイアス抵抗(R_{BIAS})を接続します。R_{BIAS}は、選択したサーミスタの25°Cでの値(R₂₅)に等しい1%精度の抵抗にしてください。

サーミスタ・メーカーは、通常、特性曲線番号で識別できる温度参照表か、温度と抵抗値を関連付ける式を付記しています。また、各サーミスタも、通常はサーミスタの利得値B25/85で指定されます。

温度が低下してサーミスタの抵抗が大きくなり、R_{BIAS}抵抗の325%に達すると、LTC4040は充電を一時停止します。Vishayの曲線2のサーミスタで、B25/85 = 3490Kで25°Cの抵抗値が10kの場合、この温度は約0°Cに相当します。サーミスタの抵抗がR_{BIAS}抵抗の53.6%まで減少した場合にも、LTC4040は充電を一時停止します。Vishayの曲線2のサーミスタの場合、この値は約40°Cに相当します。バッテリー・チャージャが定電圧モードの場合、サーミスタが有効温度に戻ったことを示すまで安全タイマも停止します。高温と低温のコンパレータには、作動点付近での発振を防止するため、それぞれ2°Cのヒステリシスがあります。NTCピンを接地すると、NTCの機能は全てディスエーブルされます。

動作

差動低電圧ロックアウト

低電圧ロックアウト回路は V_{SYS} とBATの間の差動電圧をモニタし、BATの電圧が V_{SYS} の電圧の50mV以内に達するとチャージャの電源を遮断します。この差動電圧が増加して145mVになるまで充電は再開されません。

バックアップ昇圧コンバータ

システム負荷への電力をバックアップ・モードでバッテリーから供給するため、LTC4040は、出力切断機能と自動Burst Mode機能を備えた1.125MHz固定周波数電流モード同期整流式昇圧スイッチング・レギュレータを内蔵しています。このレギュレータは、3.2Vと低電圧のバッテリーから最大2.5Aの負荷を供給することが可能であり、またシステムの出力電圧(V_{SYS})をBSTFBピンを介して最大5Vに設定することができます。詳細については、「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。このコンバータは、BSTOFFピンの電圧を“H”にすればディスエーブルすることができます。昇圧レギュレータは、短絡電流保護、入力低電圧ロックアウト、出力過電圧保護などの安全機能を内蔵しています。

ゼロ電流コンパレータ

LTC4040の昇圧コンバータはゼロ電流コンパレータを内蔵しています。このコンパレータはインダクタ電流をモニタして、この電流が約250mAまで減少するとPMOS同期整流器を遮断します。これにより、インダクタ電流の極性が反転するのを防止して、軽負荷での効率を改善します。

PMOS同期整流器

インダクタ電流が暴走しないように、PMOS同期整流器がイネーブルされるのは $V_{SYS} > (V_{BAT} - 200mV)$ が成り立つ場合に限定されます。更に、同期整流式FET (PMOS)を流れる電流が8Aを超え続けると、コンバータは次の2クロック・サイクルをスキップして、インダクタ電流が安全に放電してこのレベルより低くなるようにする機会が得られます。

短絡保護

出力切断機能により、LTC4040の昇圧コンバータはその出力で短絡が発生しても耐えることができます。短絡時の過剰な電力損失から保護するため、電流制限フォールドバックやサーマル・シャットダウンなどの機能を内蔵しています。

V_{BAT} 低電圧ロックアウト

バッテリーの放電が深くなり過ぎることがないように、LTC4040は、 V_{BAT} が2.45Vより低くなったら昇圧レギュレータの電源を遮断する低電圧ロックアウト回路を内蔵しています。

昇圧の過電圧保護

BSTFBノードを誤ってグラウンドに短絡させた場合、BATから供給可能な最大電流に応じて昇圧コンバータの出力が無期限に増加する可能性があります。LTC4040は、出力電圧が5.5Vを超えると、スイッチを切断することによってこれを防ぎます。

Burst Mode動作

バックアップ時のバッテリー寿命を向上するため、LTC4040の昇圧コンバータは、非常に軽い負荷のとき電力変換の効率を高める自動Burst Mode動作を実現します。Burst Mode動作が起動するのは、出力負荷電流が減少して内部設定しきい値に満たなくなった場合です。Burst Mode動作がいったん起動すると、出力をモニタする必要がある回路だけが動作状態を維持します。この状態はスリープ状態と呼ばれ、その状態でバックアップ昇圧コンバータがバッテリーから消費する電流はわずか40 μ Aに過ぎません。 V_{SYS} ピンの電圧がその公称値から約1%低下すると、デバイスは起動して通常のPWM動作を開始します。出力負荷電流がBurst Modeしきい値より少ないままの場合は、出力コンデンサが再充電されるので、デバイスは再度スリープ状態になります。この断続的なPWM動作またはBurst Mode動作の頻度は、負荷電流に依存します。つまり、負荷電流がBurst Modeしきい値より大幅に少なくなると、昇圧コンバータがオンする頻度は減少します。負荷電流がBurst Modeしきい値より多くなると、コンバータは連続PWM動作を継ぎ目なく再開します。したがって、Burst Mode動作では、スイッチング損失と静止電流損失を最小限に抑えることにより、負荷が非常に軽い場合の効率を最大限に高めることができます。ただし、出力リップルは通常、約2%ピーク・トゥ・ピークまで増加します。Burst Modeでのリップルは、小容量の位相進みコンデンサ(C_{PL})を V_{SYS} ピンとBSTFBピンの間に配置すれば、状況によっては低減することができます。ただし、この方法は、軽負荷時の効率および静止電流に悪影響を及ぼす恐れがあります。 C_{PL} の標準値の範囲は15pF～100pFです。

動作

V_{BAT} > V_{SYS} 時の動作

LTC4040の昇圧コンバータは、その入力電圧が出力電圧より高い場合でも電圧レギュレーションを維持します。これは、同期PMOSのスイッチングを停止し、V_{BAT}の電圧を静的にゲートに加えることで実現されます。これにより、電流が出力に流れているときはインダクタ電流の勾配が反転するようになります。このモードではPMOSはもはや低インピーダンス・スイッチとして機能しないので、デバイス内部での電力損失が増加します。このため、効率は急激に低下します。最大出力電流を制限して、許容される接合部温度を維持する必要があります。

入力電流制限とCLPROGのモニタ

LTC4040が内蔵する入力電流制限回路は、V_{IN}ピンとCLNピンの間に接続した外付け直列抵抗R_Sを介してシステムの全電流(外部負荷とチャージャの入力電流の和)をモニタします。デバイスは実際には外部負荷を制限しませんが、外部負荷の要求量が増すにつれ、必要に応じて充電電流を低減し、V_{IN}ピンとCLNピンの間の電圧を最大25mVに維持しようとします。「アプリケーション情報」の「入力電流制限のプログラミングとCLPROGのモニタ」のセクションを参照してください。ただし、外部負荷の要求量が、R_Sによって設定された制限値を超えた場合、デバイスは負荷電流を低減しませんが、充電電流は減少して0になります。いずれの場合にも、CLPROGピンの電圧はシステムの全電流を正しく表します。CLPROGピンの電圧が800mVの場合、これは外付けの直列抵抗R_Sによって設定されたフルスケール電流を表します。

パワーフェイル・コンパレータとモードの切り替え

LTC4040が内蔵する高速パワーフェイル・コンパレータは、入力電源電圧が外部設定しきい値電圧より低くなった場合に、デバイスを通常モードからバックアップ・モードに切り替えます。このしきい値電圧は、PFIピンを介して外付け抵抗分割器によって設定します。抵抗分割器の値を選択する方法の詳細については、「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。また、パワーフェイル・コンパレータの出力は、オープンドレインのNMOSのゲートも直接駆動し、PFOピンを介して入力電源の供給状態を通知します。入力電源を供給可能な場合、PFOピンは高インピーダンスになります。逆に供給できない場合、このピンはグランド電位になります。

バックアップ・モードが始まると、バッテリー・チャージャの電源がオフになり、IGATEが放電されてグランド電位になることで外付けのNMOSパストランジスタ(「ブロック図」のMN1およびMN2)が急速にオフになった結果、システムの出力V_{SYS}が入力から切り離され、バックアップ昇圧コンバータがただちに起動してバッテリーから負荷電流を供給します。パワーフェイル・コンパレータには約30mVのヒステリシスがありますが、入力からV_{SYS}への順方向電流が急激に減少したことが原因で発生した入力電圧スパイクを打ち消すことができない可能性があります。不必要なモード切り換えの繰り返しを防ぐため、バックアップ昇圧コンバータは、いったん起動すると、少なくとも0.5秒はオン状態に留まります。この時間中、パワーフェイル・コンパレータの出力は無視され、約270Ωの内部スイッチがOVSNSピンを“L”にして、入力の放電を促進します。0.5秒のタイマ終了後、引き続き電源が供給されないことをパワーフェイル・コンパレータの出力が示している場合、バックアップ昇圧コンバータは負荷電流を供給し続けますが、OVSNSピンのプルダウン状態は解除されます。入力電源が供給可能であることをパワーフェイル・コンパレータが検出すると、OVPチャージポンプはIGATEピンの充電を開始しますが、バックアップ昇圧コンバータは、IGATEの電圧が約8Vになるまでシステム負荷電流を供給し続けます。これにより、外付けのNFETパストランジスタを通る順方向導通経路が確立されます。この時点でバックアップ昇圧コンバータは動作を停止し、チャージャはオンに戻ってバッテリーを充電するのに対して、システム負荷は入力からパストランジスタを介してV_{SYS}に直接供給されるようになります。

リセット・コンパレータ

LTC4040が内蔵するリセット・コンパレータは、RSTFBピンを介してV_{SYS}を全ての動作モードでモニタし、RSTピンのオープンドレインのNMOSトランジスタを介して状態を通知します。どの時点であっても、V_{SYS}がその設定値から7.5%低下すると、RSTピンはほぼ瞬時に“L”になります。ただし、コンパレータは、V_{SYS}がしきい値より高くなった後、RSTピンを高インピーダンスにするまで約232ms待機します。「アプリケーション情報」の「リセット・コンパレータしきい値のプログラミング」のセクションを参照してください。

動作

オプションの入力過電圧保護(OVP)

LTC4040は、「ブロック図」に示すように、わずか2個の外付け部品(NチャンネルFET(MN1)と6.2kの抵抗)により、不注意で過大な電圧が加わってもデバイス自体を保護できます。安全な過電圧の最大の大きさは、外付けのNMOSとそれに付随するドレイン・ブレイクダウン電圧をどう選択するかによって決まります。

オプションの過電圧保護(OVP)モジュールは2つのピンで構成されます。まず、OVSNSは、印加電圧を外付け抵抗を介して測定するのに使用します。次に、IGATEは、2つの外付けNチャンネルFET、MN1およびMN2のゲート・ピンを駆動するのに使用します(ブロック図)。OVSNSピンの電圧は、OVSNSの抵抗を流れるOVP回路の静止電流が原因で、OVPの入力電圧より約250mV低くなります。OVSNSの電圧が6Vより低くなると、内部チャージポンプはIGATEを約 $1.88 \cdot V_{OVSNS}$ まで駆動します。これによりNチャンネルFETが導通し、 V_{SYS} への低インピーダンス接続経路を確立してデバイスに電力を供給します。フォルトによってOVSNSの電圧が約6Vに上昇すると、IGATEの電位はグランドまで低下し、外付けFETをディスエーブルして下流の回路を保護します。同時に、バックアップ昇圧コンバータが起動して、システム負荷電流をバッテリーから供給します。電圧が再度6Vより低くなると、外付けFETは再イネーブルされます。OVP機能が必要ない場合は、MN1を取り外してOVSNSを V_{IN} に短絡し、外部電源を直接 V_{IN} に印加します。

シャットダウン・モード動作

LTC4040は、CHGOFFピンとBSTOFFピンの電圧を両方とも1.2Vより高くすれば、ほぼ全面的にシャットダウンすることができます。このモードでは、内部のチャージポンプがシャットダウンされ、IGATEがグランド電位に低下して、入力から外付けFETを介して出力までの順方向経路が切断されます。内部のOVPシャント・レギュレータだけが動作状態を維持して入力電源をモニタし、過電圧状態がないか確認するので、消費電流はOVSNSピンを介して約25 μ Aです。シャットダウン中、BATピンから流れる全電流は3 μ A未満に低下します。

アプリケーション情報

バッテリーの充電電圧の選択

LTC4040は、2種類のバッテリー化学組成(Li-IonおよびLiFePO₄)のそれぞれに対して、4種類の異なる充電電圧オプションを備えており、これらのレベルはF0、F1、およびF2のデジタル入力で選択します。高い充電電圧を選択すると、バッテリーの容量が増加して製品の動作時間が長くなりますが、(通常は充電/放電サイクル数で測定される)バッテリーの寿命は短くなります。バッテリー・メーカーは、通常、バッテリーの容量が定格容量の80%まで低下したときがバッテリーの寿命であると判断します。標準的なLi-Ionバッテリー・セルのセル容量とサイクル寿命の関係を図1の曲線に示します。充電電圧として4.2Vを使用する場合、標準的なLi-Ionバッテリーは100%の初期容量であるときとみなされますが、容量が80%に減少するまでの充電/放電サイクル数は約500回です。しかし、同じバッテリーが充電電圧として4.1Vを使用した場合、初期容量は85%ですが、容量が80%に減少するまでの充電/放電サイクル数は1000回にほぼ倍増させることができます。充電電圧を更に低下させて4.0Vにすると、バッテリーの寿命を3倍超の1800回の充電/放電サイクルに延ばすことができます。LTC4040はバックアップ製品なので、バッテリーはその寿命の大半を満充電状態で費やすと考えられます。このため、バッテリーの寿命を最大限延ばすには、より低い充電電圧で充電することが更に肝要となります。バッテリーが満充電状態のままだと、バッテリー容量の低減が加速するからです。Li-Ionバッテリーの種類(化学組成)など、

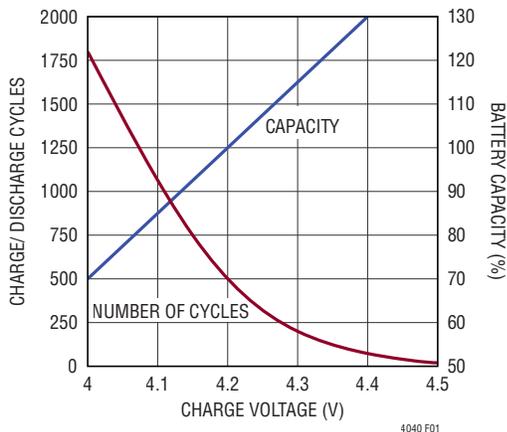


図1. 充電電圧の関数としてのバッテリーのサイクル寿命および容量

バッテリーの寿命に影響する条件はさまざまなので、ここに示す曲線は、充電サイクル数およびバッテリー容量レベルの推定値に過ぎません。

パワーフェイル・コンパレータの入力電圧しきい値の設定

入力電圧がそのしきい値より低くなるとパワーフェイル状態ピンPFOはパワーフェイル状態を示し、LTC4040はバックアップ昇圧動作を起動します。このしきい値を設定するには、次式が成り立つように、電源からPFIピンを介してGNDまでの間に抵抗分割器を使用します。

$$V_{SUPP(PFO)} = V_{PFI} \cdot \left(1 + \frac{R_{PF1}}{R_{PF2}} \right) = 1.19V \cdot \left(1 + \frac{R_{PF1}}{R_{PF2}} \right)$$

V_{PFI}は約1.19Vです。「ブロック図」を参照してください。PFIしきい値電圧は、入力電源電圧の公称値より200mV～300mV低いレベルに設定して、電源トランジェントによってコンパレータが作動しないようにします。その一方で、V_{SYS}の電圧が低下しすぎて、バックアップ・モードへの遷移時にリセット・コンパレータが作動しないように、十分に高い電圧に設定することも必要です。

バッテリー充電電流のプログラミング

バッテリーの充電電流は、PROGピンとグラウンドの間に1個の抵抗を使用して設定します。充電電流I_{CHG}を設定するには、次式を使用してPROGピンの抵抗値を求めることができます。

$$R_{PROG} = 2500 \cdot \frac{0.8V}{I_{CHG}} = \frac{2000V}{I_{CHG}}$$

例えば、充電電流を1Aに設定するには、PROGピンの抵抗値を2kにします。最小の推奨充電電流は500mAで、これは充電電流の精度が低下する電流値より低い値です。これは抵抗R_{PROG}の最大値4kに対応します。

アプリケーション情報

入力電流制限値のプログラミングおよびCLPROGのモニタ

入力電流制限値を設定するには、VINピンとCLNピンの間に直列抵抗を接続します。システムの全電流をISYSLIMに制限するには、次式を使用して必要な抵抗の値を計算します。

$$R_S = \frac{25\text{mV}}{I_{\text{SYSLIM}}}$$

例えば、電流制限値を2Aに設定するには、直列抵抗の値を12.5mΩにします。「動作」のセクションで説明したように、デバイスはシステムの電流を制限しませんが、システムの負荷がこの制限値を超えた場合には、充電電流を0まで低減します。

CLPROGピンの電圧は、外付けの直列抵抗RSを流れる全システム電流ISYSを常に表します。CLPROGピンの電圧が800mVの場合、これはRSによって設定されたフルスケール電流を表します。システム電流は、次式を使用することにより、CLPROGピンの電圧から計算することができます。

$$I_{\text{SYS}} = \frac{V_{\text{CLPROG}}}{32 \cdot R_S}$$

例えば、CLPROGピンの電圧が600mVで、RSが12.5mΩの場合、全システム電流は1.5Aです。ブロック図に示すように、CLPROGピンの内部にはバッファがありません。したがって、A/Dコンバータまたは他のモニタ・デバイスに接続する前にこのピンを分離することが重要です。そうしないと、この回路の精度は低下します。

昇圧出力電圧のプログラミング

バックアップ・モードでの昇圧コンバータの出力電圧を3.5V～5Vの任意の電圧に設定するには、次式が成り立つように、V_{sys}ピンからBSTFBピンを介してGNDまでの間に抵抗分割器を使用します。

$$V_{\text{SYS}} = V_{\text{BSTFB}} \cdot \left(1 + \frac{R_{\text{FB1}}}{R_{\text{FB2}}}\right) = 0.8\text{V} \cdot \left(1 + \frac{R_{\text{FB1}}}{R_{\text{FB2}}}\right)$$

V_{BSTFB}は0.8Vです。「ブロック図」を参照してください。R_{FB1}とR_{FB2}の標準値は、40k～2Mの範囲内です。抵抗を小さくしすぎると静止電流が大きくなる一方で、抵抗を大きくしすぎるとBSTFBピンの寄生容量との組み合わせによって追加のポールが形成され、ループが不安定になる可能性があります。

リセット・コンパレータしきい値のプログラミング

リセット・コンパレータのしきい値を設定するには、V_{sys}ピンからRSTFBピンを介してGNDまでの間に抵抗分割器を使用します。

$$V_{\text{SYS(RST)}} = V_{\text{RSTFB}} \cdot \left(1 + \frac{R_{\text{FB1}}}{R_{\text{FB2}}}\right) = 0.74\text{V} \cdot \left(1 + \frac{R_{\text{FB1}}}{R_{\text{FB2}}}\right)$$

V_{RSTFB}は0.74Vです。「ブロック図」を参照してください。R_{FB1}とR_{FB2}の標準値は、40k～2Mの範囲内です。大半のアプリケーションでは、BSTFBピンとRSTFBピンを互いに短絡することができます。また、バックアップ・モード時のV_{sys}の電圧を設定し、V_{sys}の設定電圧より7.5%低いリセットしきい値を設定するために必要なのは、V_{sys}とGNDの間の抵抗分割器1個だけです。

過電圧保護(OVP)モジュールの外付け抵抗の選択

過電圧状態では、OVSNSピンの電圧は6Vにクランプされ、6.2kの外付け抵抗のサイズを適切に選択して、生じる電力を放散する必要があります。例えば、1/8Wの6.2k抵抗の両端子間に印加できるのは、せいぜい $\sqrt{P_{\text{MAX}} \cdot 6.2\text{k}\Omega} = 28\text{V}$ です。OVSNSが6Vの場合、この抵抗が耐えられる過電圧の最大値は34Vです。1/4Wの6.2k抵抗では、この値が45Vまで上昇します。OVSNSピンを流れる電流の絶対最大定格は10mAなので、保護電圧の上限は68Vになります。

アプリケーション情報

OVP モジュールおよび入出力間切断スイッチに合わせた外付けトランジスタ (MN1 および MN2) の選択

LTC4040は、弱い内部チャージポンプを使用してIGATEの電圧を入力電圧より高く引き上げるので、これによって外付けのNチャンネルFETをパス・トランジスタとして使用することができます。ただし、これらのトランジスタは、3VのVGSで完全に導通するように、慎重に選択します。これらのパス・トランジスタの1つがOVP FETなので、LTC4040がその入力に耐えることができる最大電圧は、そのブレークダウン電圧 (BV_{DSS}) によって決まります。また、漏れ電流が流れるとFET動作に悪影響を及ぼす可能性があるため、IGATEピンに漏れ電流が流れないように注意することも必要です。推奨トランジスタの一覧については表2を参照してください。

表2. 過電圧保護および切断スイッチ用の推奨のNMOS FET

NMOS FET	BV _{DSS}	R _{ON}
SIR424DP (Vishay)	20V	7.4mΩ
SiS488DN (Vishay)	40V	7.5mΩ
SiS424DN (Vishay)	20V	8.9mΩ

スイッチング・レギュレータ用のインダクタの選択

通常モードでバッテリーを充電してバックアップ・モードでシステム負荷電流を供給するのに同じインダクタを使用するので、そのインダクタンスは十分に低くして、バックアップ・モードが開始されたらすぐに、インダクタ電流の向きを素早く反転させることができるようにします。これに対して、インダクタ電流が不連続の場合は充電電流の精度が大幅に悪化するので、充電電流の最小設定値のときインダクタ電流が不連続になるほどにはインダクタンスを小さくしないでください。インダクタ電流のリプル成分 (ΔI_L) は、次式を使用して計算することができます。

$$\Delta I_L = V_{BAT} \cdot \left(1 - \frac{V_{BAT}}{V_{SYS}} \right) \cdot \frac{1}{L \cdot f_{OSC}}$$

充電電流の推奨最小設定値は500mAなので、リップルの大きさがその2倍 (1A) を超えると、インダクタ電流は不連続になります。V_{SYS} = 5V、V_{BAT} = 3.2V、f_{OSC} = 2.25MHz (降圧モード)、およびΔI_L = 1Aの場合、不連続動作を回避する理論上最小のインダクタ・サイズは、上記の式を使用して計算することが可能であり、0.5μHになります。システムでの不正確さと部品の値を見込むため、実用上の下限値は1μHとします。バックアップ昇圧コンバータは半分の周波数 (1.125MHz) で動作するので、1μHのインダクタを使用した場合のインダクタ電流リップルは、同じ式を使用して、バックアップ・モードで約1Aになります。これが過剰に見える場合は、最大2.2μHのインダクタを使用してインダクタ電流のリプルを低減することができます。

インダクタを選択する場合のその他の検討事項は、表3に示すようにDC電流 (IDC) およびDC抵抗 (DCR) の最大定格です。選択するインダクタのIDCの最大定格は、デバイスの電流制限規格値より大きくして、インダクタ電流が暴走する状況を防ぐ必要があります。LTC4040の場合、インダクタに流れる可能性がある最大電流は、バックアップ・モードでは約8Aです。また、導通損失を最小限に抑えてコンバータの効率向上に役立てるため、最大DCRをできるだけ低く抑えることが重要です。

表3. LTC4040の推奨インダクタ

インダクタの種類	L (μH)	IDCの最大値 (A)	最大DCR (mΩ)	寸法 (単位:mm) (L×W×H)	メーカー
XAL-5020-122	1.2	8.3	20.5	5.68×5.68 ×2	Coilcraft www.coilcraft.com
XAL-6030-122	1.2	10.8	7.5	6.76×6.76 ×3.1	Coilcraft www.coilcraft.com
XAL-6020-132	1.3	9	15.4	6.76×6.76 ×2.1	Coilcraft www.coilcraft.com
XAL-6030-182	1.8	14	10.52	6.76×6.76 ×3.1	Coilcraft www.coilcraft.com
XAL-5030-222	2.2	9.2	14.5	5.3×5.5 ×3.1	Coilcraft www.coilcraft.com
XAL-6030-222	2.2	15.9	13.97	6.38×6.58 ×3.1	Coilcraft www.coilcraft.com

アプリケーション情報

V_{SYS} コンデンサの選択

バックアップ昇圧コンバータがシステム負荷の要求を満たす上で最悪の遅延が生じる可能性があるのは、降圧チャージャが最大設定値の2.5Aで充電していて、かつシステム負荷も非常に大きい(例えば2.5A)ときに、PFIの入力電圧が外部設定しきい値より低くなった場合です。このシナリオでは、デバイスがバックアップ・モードを開始したらすぐに、インダクタ電流の向きを(SW → BATの方向からBAT → SWの方向へ)反転させ、インダクタ電流の値を2.5Aから約6.5A(昇圧コンバータの電流制限値と同程度)にする必要があります。これはインダクタの内部では9Aの電流変化であり、その勾配はV_{BAT}/Lです。バッテリーの電圧が3.2Vと低いと、1μHのインダクタを使用した場合でも、この所要時間はほぼ3μsになることがあります。この遷移時に、V_{SYS}ピンのコンデンサであるC_{SYS}は、インダクタ電流がシステム負荷の要求に追いつくまで不足分を供給する必要があり、このコンデンサは次式に従って完全に放電します。

$$C_{SYS} = I_{LOAD} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta V}$$

コンデンサのサイズは、この遷移時にシステム電圧(V_{SYS})をリセットしきい値より高い電圧に保持できるほど大きくします。システム負荷I_{LOAD}が2.5A、遷移時間Δtが3μsのとき、システム出力での許容最大電圧低下ΔVが100mVである場合、V_{SYS}ピンに必要な容量は75μF以上です。

V_{SYS}のコンデンサ・サイズを選択する場合のもう1つの検討事項は、定常状態のバックアップ昇圧動作時における出力電圧リップルの許容最大値です。デューティ・サイクルDおよび負荷I_{LOAD}が与えられている場合、昇圧コンバータの出力リップルV_{RIP}は、次式を使用して計算します。

$$V_{RIP} = \frac{I_{LOAD}}{C_{SYS}} \cdot D \cdot \frac{1}{f_{OSC}}$$

3.2Vから5Vに昇圧しているときに(D = 36%)、定常状態の負荷が2.5Aでリップルの許容最大値が20mVである場合、V_{SYS}に必要な容量は、上式を使用して40μF以上であると計算されます。推奨のセラミック・コンデンサ・メーカーについては、表4を参照してください。

表4. 推奨のセラミック・コンデンサ・メーカー

AVX	www.avxcorp.com
村田製作所	www.murata.com
太陽誘電	www.t-yuden.com
Vishay Siliconix	www.vishay.com
TDK	www.tdk.com

バッテリー・チャージャの安定性に関する検討事項

LTC4040のスイッチング・バッテリー・チャージャは、定電圧、定電流、および入力電流制限ループという3つの制御ループを内蔵しており、これらは全て内部補償されています。ただし、負荷や部品の値のようなさまざまな外部条件が内部補償に干渉し、不安定さを引き起こす場合があります。例えば、100μFを超える容量を実際のバッテリーと並列にしてBATピンに追加すると、位相余裕の減少により、定電圧ループが不安定になる場合があります。

定電流モードでは、BATピンではなくPROGピンが帰還ループを構成します。PROGピンに容量があると追加のポールが生じるので、このピンの容量は最小限に抑える必要があります。定電流ループを安定化するには、PROGピンのポール周波数を1MHzより高くします。したがって、PROGピンに寄生容量(C_{PROG})がある場合は、次式を使用してR_{PROG}の最大抵抗値を計算します。

$$R_{PROG} \leq \frac{1}{2\pi \cdot 1\text{MHz} \cdot C_{PROG}}$$

あるいは、R_{PROG} = 4k(500mA設定)の場合、PROGピンの許容最大容量は40pFです。PROGピンに測定器を接続して充電電流をモニタする場合は、PROGピンと測定器の間に1Mの分離抵抗を挿入してください。

バックアップ昇圧コンバータの安定性に関する検討事項

LTC4040のバックアップ昇圧コンバータは内部補償されています。ただし、システムの容量を100μF未満または1000μF超にすると、位相余裕に悪影響を及ぼし、したがってコンバータの安定性にも悪影響を及ぼします。

また、外部負荷の状態およびインダクタ値の選択が原因で右半面(RHP)のゼロの周波数が低下した場合も、位相余裕が減少して不安定が生じる場合があります。出力電力がP_{OUT}、インダクタの値がL、効率がη、昇圧コンバータの入力電圧がV_{BAT}である場合、RHPゼロの周波数は次のように表すことができます。

$$f_{RHP} = \frac{(V_{BAT})^2}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot P_{OUT}} \cdot \eta$$

アプリケーション情報

LTC4040のバックアップ昇圧コンバータが3.2Vのバッテリーから12.5Wの出力電力(5Vのとき2.5A)を供給できるようにするため、RHPのゼロに関する検討事項を考慮し、インダクタ・サイズの最大値が2.2μHを超えないようにします。また、バッテリーとBATピンの間のリード抵抗が大きすぎると昇圧コンバータの実効入力電圧が低下して、RHPのゼロが低い方にシフトし、不安定性を招く恐れがあります。こうした理由で、リード抵抗を最小限に抑え、バッテリーをできるだけBATピンに近づけて配置することが重要です。

代わりにNTCサーミスタとバイアス

高温と低温の作動点を調整するには、図2に示すように、異なる種類のサーミスタまたは別のR_{BIAS}抵抗を使用するか、感度抑圧抵抗R_{ADJ}を追加するか、あるいはこれらの方法を組み合わせます。例えば、R_{BIAS}をデフォルト値の10kから12.4kに大きくして同じVishayの曲線2のサーミスタを使用すると、低温の作動点は-5°Cまで低下し、高温の作動点は34°Cまで低下します。B25/85 = 3950Kで25°Cの抵抗値が100kのVishayの曲線1のサーミスタを使用した場合、118kの1%精度抵抗R_{BIAS}と12.1kの1%精度抵抗R_{ADJ}を組み合わせると、低温の作動点は0°Cになり、高温の作動点は39°Cになります。

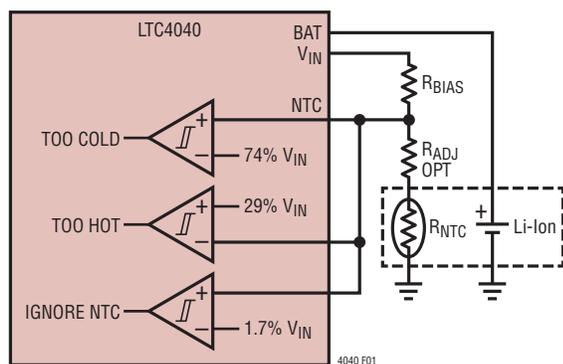


図2. NTCピンの接続

PCBレイアウトに関する検討事項

LTC4040は大電流の高周波スイッチング・コンバータを内蔵しているため、最適な性能および最小の電磁干渉(EMI)を実現するために、プリント回路基板(PCB)のレイアウト時に次のガイドラインに従います。

1. コンバータが降圧モードと昇圧モードの両方で動作できる場合でも、高周波スイッチング電流を含むホット・ループは1つだけです。図3の簡略図を使用して、LTC4040スイッチング・コンバータでのホット・ループについて説明することができます。スイッチS2 (NMOS)が閉じている場合、電流は青のループをたどり、スイッチS1 (PMOS)が閉じている場合は赤のループをたどります。したがって、コンデンサC_{BAT}を流れる電流が連続的であるのに対して、C_{SYS}を流れる電流は不連続であり、緑のループで示すように、V_{SYS}ピンとGNDの間にホット・ループを形成していることは明白です。EMIの大きさはこのループの面積に正比例するので、V_{SYS}のコンデンサは、他の何よりも最優先で、V_{SYS}ピンにできるだけ近づけて配置し、コンデンサのグラウンド側は多数のビアを介してグラウンド・プレーンに戻します。

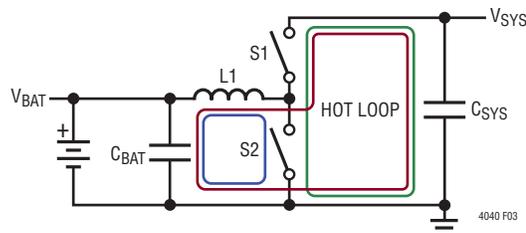


図3. LTC4040スイッチング・コンバータのホット・ループの説明図

2. 寄生インダクタンスを最小限に抑えるため、グラウンド・プレーンは、PC基板(第2層)のトップ・プレーンにできるだけ近づけます。ホット・ループの高周波電流は、図4に示すように、基板のトップ・プレーン上の入射経路の直下に存在するグラウンド・プレーン上のミラー経路に沿って流れる傾向があります。他のトレースが原因で、グラウンド・プレーン上のこのミラー経路に、切れ目、切り込み、またはドリル穴がある場合、電流は切れ目を避けて流れざるを得ません。高周波電流が自然な最小面積の経路を通って流ることができないと、過度の電圧が発生して放射妨害が起こります。したがって、あらゆる努力を行って、ホット・ループ電流経路ができるだけ途切れないようにします。

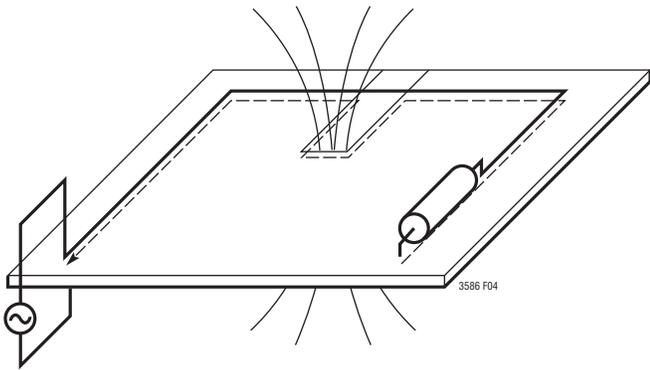


図4. 高周波のグラウンド電流はその入射経路をたどります。グラウンド・プレーンの切れ込みによって高電圧が発生し、EMIが増加します。

3. ピンに近づけて配置する必要があるその他の重要な部品は、コンデンサ C_{BAT} およびインダクタ $L1$ です。これらの部品に流れる電流が途切れない場合でも、負荷要求量の急激な変化により、電流は突然変化することがあります。また、部品のトレースは、バックアップ昇圧モードでNMOSの電流制限値(標準6.5A)と同程度の大電流を扱うのに十分な幅にします。

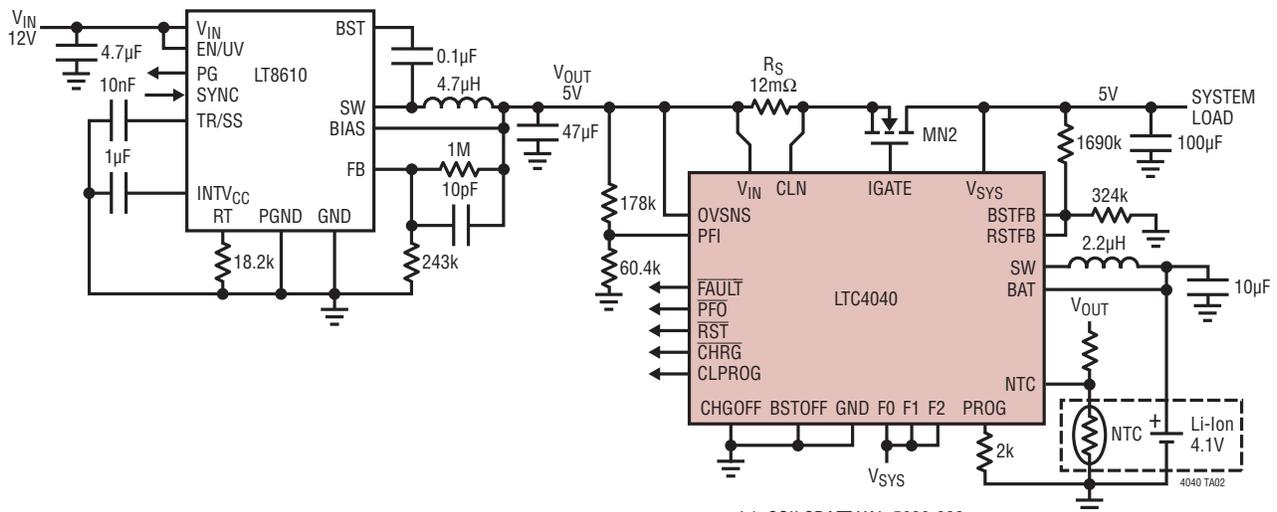
4. BSTFBおよびRSTFBに接続する V_{SYS} の抵抗分割器はデバイスの近くに配置しますが、スイッチング部品からは離すようにします。抵抗分割器の上側を C_{SYS} の正側端子にケルビン接続します。抵抗分割器の下側は、ホット・ループ電流経路から離してグラウンド・プレーンに戻します。PFIの抵抗分割器についても同じことが当てはまります。

5. LTC4040パッケージの裏面にある露出パッドは、PC基板のグラウンドに確実に半田付けする必要があり、最適な熱性能を発揮するために、露出パッドをグラウンド・プレーンに接続するピア群も必要です。また、これはパッケージの唯一のグラウンド・ピンでもあり、制御回路とスイッチング・コンバータの両方の帰還経路として機能します。

6. 外付けパス・トランジスタのゲートを制御するためのIGATEピンを流れる駆動電流は、極端に制限されます。隣接するPC基板のトレースへの漏れ電流を最小限に抑えるよう注意する必要があります。漏れ電流を最小限に抑えるには、PC基板上のトレースを、 V_{SYS} に接続した金属で囲んで保護します。

標準的応用例

自動車アプリケーション向けの5Vバックアップ・システムと12V降圧レギュレータ
(充電電流設定値:1A、入力電流制限設定値:2A)



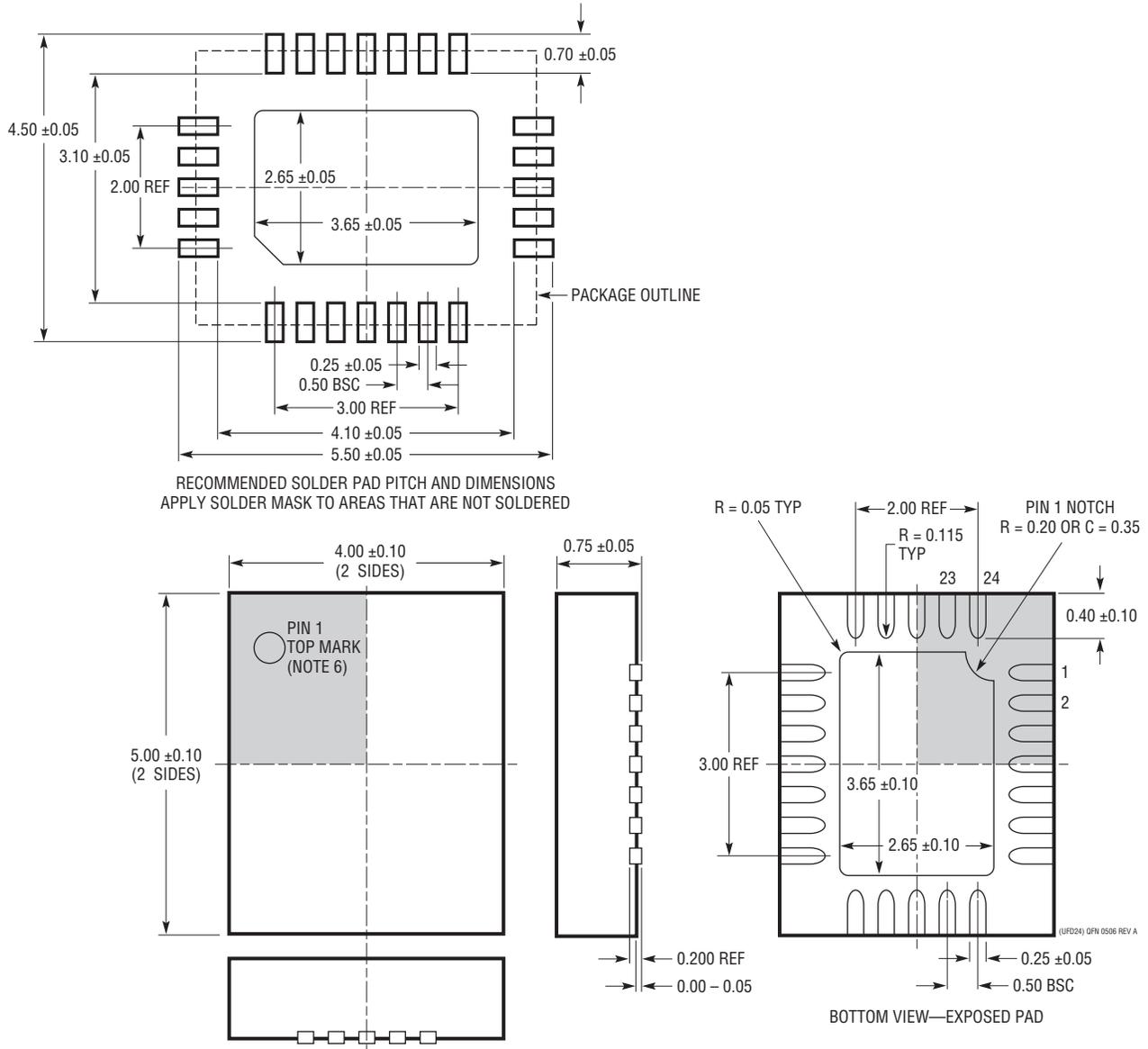
L1: COILCRAFT XAL-5030-222
MN2: VISHAY/SILICONIX SIR424DP-T1-GE3

4040fa

パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> を参照してください。

UFD Package
24-Lead Plastic QFN (4mm × 5mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1696 Rev A)



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS
 APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED

(UFD24) QFN 0506 REV A

注記:

- 図はJEDEC/パッケージ外形MO-220のバリエーション(WXXX-X)にするよう提案されている
- 図は実寸とは異なる
- 全ての寸法はミリメートル
- パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
- 露出パッドは半田メッキとする
- 灰色の部分はパッケージの上面と底面のピン1の位置の参考に過ぎない

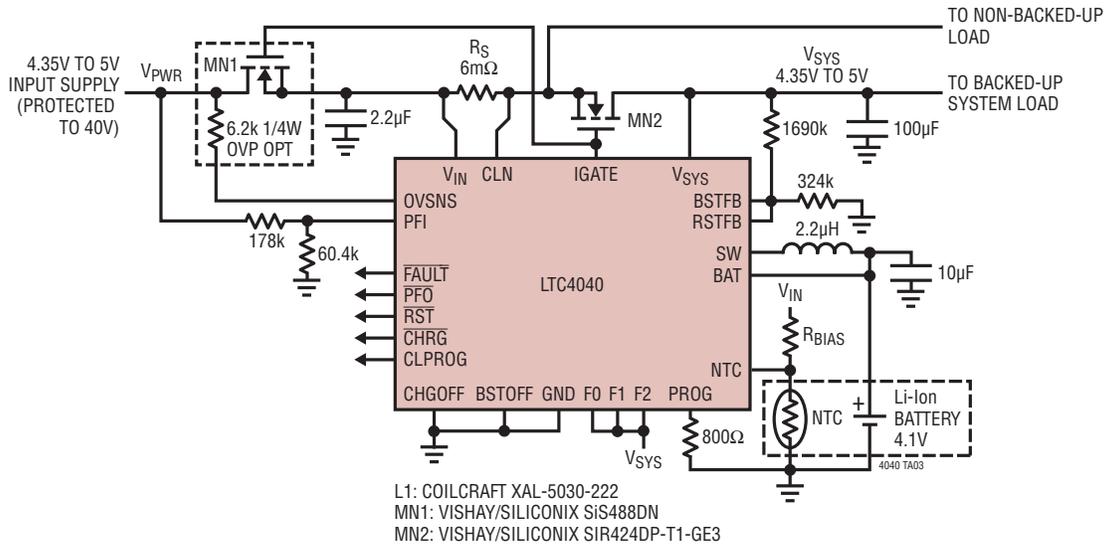
改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	07/15	「アプリケーション」の新しいセクション、「充電電圧」を追加 図2を修正 新しい図番号を再割り当て	18 22 22 - 23

LTC4040

標準的応用例

OVP保護と非バックアップ負荷オプションを備えた5Vバックアップ・アプリケーション
 (充電電流設定値: 2.5A、入力電流制限設定値: 4A)



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3226	バックアップ PowerPath™ コントローラを内蔵した 2セル・スーパーキャパシタ・チャージャ	1x/2x マルチモード・チャージポンプ・スーパーキャパシタ・チャージャ、内蔵の 2A LDO によるバックアップ電源
LTC3350	大電流スーパーキャパシタ・バックアップ・コントローラ/システム・モニタ	1 個～4 個の直列スーパーキャパシタを高効率の同期整流式降圧モードで定電流/定電圧充電
LTC3355	SCAP チャージャとバックアップ・レギュレータを内蔵した 20V/1A 降圧 DC/DC システム	1A 降圧メイン・レギュレータ、5A 昇圧バックアップ・レギュレータ
LTC4089	高電圧スイッチング・チャージャを備えた USB パワー・マネージャ	電源電圧 6V～36V の Li-Ion バッテリ向け 1.2A チャージャ
LTC4090	2A 高電圧 Bat-Track 降圧レギュレータを備えた USB パワー・マネージャ	Bat-Track 機能を備えた Li-Ion バッテリ向け 2A チャージャ
LTC4110	バッテリー・バックアップ・システム・マネージャ	Li-Ion/ポリマー・バッテリー、鉛蓄電池、NiMH/NiCd バッテリ、スーパーキャパシタ向けの総合的なマネージャ
LTC4155/LTC4156	I ² C 制御および USB OTG 付きデュアル入力 パワー・マネージャ/3.5A Li-Ion バッテリ・チャージャ	Li-Ion/ポリマー向けの 3.5A の充電電流、LTC4156 は LiFePO ₄ バッテリ向け
LTC4160	USB On-The-Go および過電圧保護回路を内蔵したスイッチング・パワー・マネージャ	充電電流: 1.2A

4040fa