

DESIGN NOTES

I²Cを介してUSBパワーマネージメントとバッテリー・チャージャ機能の高度な制御を実現するLTC4099 デザインノート1017

George H. Barbehenn

はじめに

LTC[®]4099高効率USBパワーマネージャおよびリチウムイオン/ポリマー・バッテリー・チャージャは、携帯用アプリケーションで複数のソースからの配電をシームレスに管理します。このデバイスは双方向I²Cポートによって他のUSBパワーマネージャと差別化されています。このポートにより、ホスト・マイクロプロセッサはUSBパワーマネージャとバッテリー充電プロセスのあらゆる側面を管理およびモニタすることができます。さらに、プログラム可能な割込み発生機能により、デバイスの状態の変化に対してホスト・マイクロプロセッサに警報を出し、比類のないパワーマネージメント機能を提供します。このように高度な構成設定が可能なので、レイアウト後の動作の変更が(フィールドでの変更さえ)可能であり、1つの認定デバイスを様々な製品に使うことができるので、設計時間が短縮され、在庫管理が簡単になります。

小型パッケージに収められた多くの望ましい機能

全てのパワーマネージメント機能に加えて、LTC4099は、過電圧保護、(高電圧入力を管理する)補助レギュレータ制御、および過温度バッテリー調整回路を備えています(図3を参照)。これらの機能全てが小型20ピン超薄型(3mm×5mm×0.55mm)プラスチックQFNパッケージに収められています。


過電圧保護は内部MOSFETコントローラによって実装されており、デバイスが過電圧を検出すると外部MOSFETをオフします。この機能はUSB入力を保護するために通常使われますが、どのポートでも保護することができます。スタンドオフ電圧は外部MOSFETによって決まります。これは下流のデバイスに損傷を与えるおそれのある電圧過渡に曝される環境では非常に有用であり、下流のデバイスを電圧過渡の間切断することができます。

LTC4099はBat-Track[™]適応型出力制御機能を使って高効率バッテリー・チャージャを実現します。Bat-Track機能では、スイッチングレギュレータの出力(V_{OUT})はバッテリー電圧の約300mV上に保たれます。これにより、バッテリー・チャージャは非常に効率良く動作できるだけでなく、バッテリー充電に利用できる電流を増やします。これは、スイッチングレギュレータのV_{OUT}がトランスのように振舞って、出力電圧を出力電流と交換するからです。

LTC4099は通常のBat-Track機能を補助レギュレータの制御を使って拡張します。補助レギュレータ制御は外部高電圧(HV)降圧レギュレータの存在を検出して、USBからの電力をオフし、HV降圧からだけ電力を引き出します。さらに、外部レギュレータの出力をバッテリー電圧の約300mV以内に制御することにより、Bat-Track機能をHV降圧レギュレータに適用します。補助レギュレータ制御は、HV降圧レギュレータを使ってバッテリーを充電するときでも、このようにして高い効率を維持し、チャージャの電力損失を最小に抑えます。

補助レギュレータ制御は、WALL、 \overline{ACPR} およびV_Cの各ピンを使って実装されます。WALL入力は外部HV降圧レギュレータからの電圧の存在を検出し、 \overline{ACPR} 信号とV_C信号をアクティブにします。WALLピンが4.5Vを超える電圧を検出すると、 \overline{ACPR} が“L”にアサートし、PチャンネルMOSFETをオンし、HV降圧レギュレータの出力をV_{OUT}に接続します。LTC4099は次いでHV降圧レギュレータのV_Cピンを制御して、Bat-Track機能が維持されるようにします。

リチウムイオン/ポリマー・バッテリーの有効寿命は、高温状態で満充電電圧で保存されると減少します。

 LT, LTCおよびLTMはリアテクノロジ社登録商標です。Bat-Trackはリアテクノロジ社の商標です。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。

LTC4099に内蔵されているバッテリー調整回路は、サーミスタによって測定されるバッテリー温度が一定の値に達するとバッテリーのエネルギーの一部を放電してバッテリーをダメージから保護します。こうして、図1に示されているように、バッテリー電圧を安全なレベルに下げます。たとえば、自動車のダッシュボードに放置されて、バッテリーが満充電状態のデバイスを保護します。バッテリー調整回路はI²Cチャンネルを介してイネーブルまたはディスエーブル(既定)することができます。

超低消費電力にするためにサーミスタ測定回路にはサンプリング手法が使われているので、バッテリー放電電流をほとんど増やすことなくバッテリー調整回路をイネーブルすることができます。

I²Cポートを介して構成設定可能なパラメータ

LTC4099のUSBパワーマネージメント機能は、USBの電力接続に与えられる負荷を制御します。CLPROG抵抗は平均入力電流の大きさ制御します。これは、平均USB負荷電流の一部をCLPROG抵抗に与え、この電圧をフィードバックとして使って入力電流を制御することにより行われます。ただし、LTC4099は、I²Cポートを介してこの電流制限を8つの異なったレベルの1つに設定できるようにすることにより、新しいレベルの制御を実現します。これらの8つのレベルの比は内部で固定されていますが、大きさはCLPROG抵抗によって調節されます。この高度なプログラム可能性により、LTC4099はハードウェアを変更することなく様々なUSB接続をサポートすることができます。こうして、LTC4099を使った製品は、ACアダプタやUSB On-The-Goデバイスに接続される時、非常に異なった動作をすることができます。たとえば、ACアダプタから給電される時は充電と動作を行い、USB On-The-Goデバイスから給電される場合はスリープ状態のときだけ充電するようにデバイスをプログラムすることができます。

リチウムイオン/ポリマー・バッテリー・チャージャもI²Cポートを介して完全に構成設定することができます。バッテリー・チャージャをオン/オフすることができ、フロート電圧を4.1V(既定)または4.2Vに設定することができます。さらに、充電電流、充電終了検出スレッシュホールドおよびバッテリーの安全タイムアウト時間をプログラムすることができます。

PROG抵抗は充電電流および充電終了検出スレッシュホールドを制御します。与えられたPROG抵抗に対して、充電電流を8つの異なるレベルの1つに設定することができます。充電電流レベルはI²Cチャンネルの適当なビットを介して設定することができます。これにより、システム設計者は有用な機能を柔軟に追加することができます。たとえば、ある製品が標準容量の

バッテリーとプレミアムの高容量バッテリーを持っていても、同じ再充電時間を維持することができます。代わりに、システムは規定されたある時間はバッテリーを高速充電し、次いで充電電流を下げてバッテリーの寿命を維持することができます。

バッテリー電圧がプログラムされた4.1V(既定)または4.2Vのフロート電圧に達すると、バッテリー・チャージャは定電圧モードに移行します。バッテリー・チャージャは、安全タイムがタイムアウトするまで定電圧モードに留まります。安全タイム時間は1時間刻みで1時間~8時間にプログラムすることができ、既定は4時間です。安全タイムにより、バッテリーに問題がある場合の危険性が自動的に最小に抑えられます。

定電圧モードでは、バッテリー充電電流は徐々に減少しゼロに漸近します。C/xスレッシュホールドは定電圧モードの充電電流で、それ以下では充電は完了したと見なすことができます。LTC4099では、C/xスレッシュホールドはI²Cチャンネルを介して4つの異なるレベルのどれかにプログラムすることができます。

I²Cチャンネルによる状態情報の収集

LTC4099のI²Cチャンネルの実装は双方向なので、状態バイトの読み出しが可能です。この状態バイトによって報告される状態は、USB入力電圧、HV降圧の入力、LTC4099が装着されたリチウムイオン・バッテリーを不良であると判定したか否か、LTC4099がサーマルレギュレーション状態か否か、サーミスタによって報告された温度がバッテリーが許容可能な充電温度であるか否か、および充電状態です。最後の2つの状態は2ビット幅なので、それぞれ4つの状態を報告することができます。温度状態は、「NTCフォールトではない」、「バッテリーの温度が低すぎる」、「バッテリーの温度が高すぎる」および「バッテリーの過温度」を報告することができます。充電状態は、「チャージャがオフ」、「定電流モード」、「定電圧モード - I_{BAT}がC/sレッシュホールドより大きい」および「定電圧モード - I_{BAT}がC/sレッシュホールドより小さい」を報告することができます。

この状態読み出しにより、USBパワーマネージメントとリチウムイオン/ポリマー・バッテリー充電プロセスの両方のポーリングによる包括的モニタが可能になります。ポーリングによるモニタは、計算処理が負担となる環境では優先させて、割り込みサービスルーチン(ISR)のコンテキスト切替えの負担を避けることができます。LTC4099によってモニタされる全てのイベントは低速で発生するので、おそらくリアルタイムの応答は必要ありません。

I²Cポートを介した割り込みマスキングの構成設定

LTC4099は、特定のイベントに優先順位を置く環境向けに、1揃いのマスク可能な割り込みをサポートします。

一般的動作のためにポーリングが望ましい環境であっても、割込みによる動作が非常に役立つ動作状態があります。たとえば、MP3プレーヤがオフ状態で充電中のとき、充電完了の割込み信号がホスト・マイクロプロセッサを覚醒させれば、プレーヤがチャイムを鳴らしてバッテリー充電が完了したことをユーザーに知らせることができます。

割込み発生器をプログラムして、状態ビットのどれかが変化すると割込みをアサートすることができます。これはUSB電圧の有無の変化のこともあります。または、バッテリー・チャージャの定電流モードから定電圧モードへの変化のこともあります。割込み発生器はビットの“H”や“L”の状態ではなく、ビットの状態変化を待ち受けています。割込みはクリアされるまでアサートされたまま留まり、現在の処理待ち状態の割込みがクリアされるまで後続の割込みを捕捉しません。LTC4099がホスト・マイクロプロセッサによってI²CのACK(アクノリッジ)を使って読み出されると、現在処理待ち状態のどの割込みもクリアされます(図2を参照)。別の割込みイベントが発生すると、割込みは直ちに再度アサートされます。

割込みマスクレジスタはこうしてシステムの実装のために大きな柔軟性を与えます。これにより、システム設計者は、特定の割込みは禁止し、他の割込みは許可することができますが、それでも1つのISRベクトルを使用するだけです。

まとめ

LTC4099はUSBパワーマネージメントとリチウムイオン/ポリマー・バッテリー・チャージャの多くの有用な機能を一体化するだけでなく、それらを双方向I²Cインタフェースと結合します。これにより、非常に高度な柔軟性と多用途性が与えられ、1つのデバイスを様々な製品に使うことが可能になり、設計時間、市場に出すまでの時間が短縮され、在庫管理コストが削減されます。また、フィールドでのグレードアップやカスタム化などエンドユーザーによって高く評価される機能を実装することが可能になります。

バッテリーの安全性のための調整回路の
放電電流とバッテリー電圧

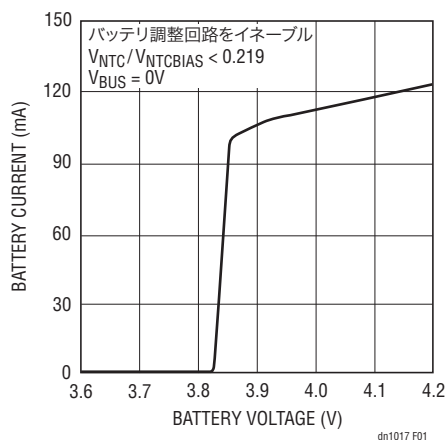


図1. バッテリー調整回路はバッテリーが高温になるとエネルギーを放出してバッテリーの電圧を下げることでバッテリーを保護する。ここに示されているように、バッテリー調整回路の放電電流はバッテリー電圧によって変化する。

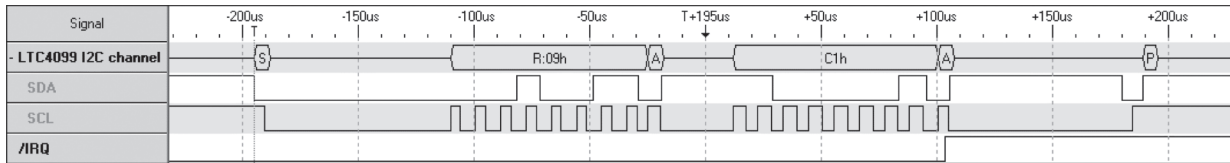


図2. /IRQフォールト割込みをクリアするI²CのACKによる読出し

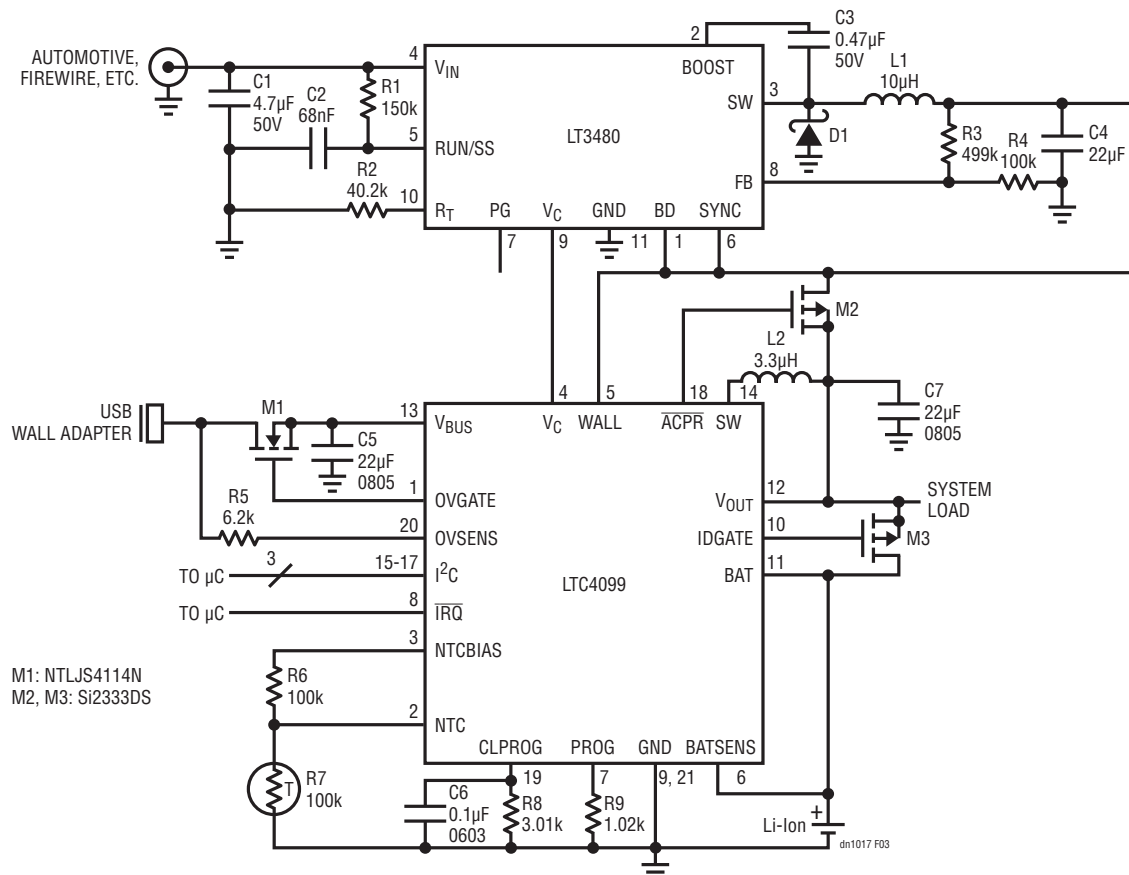


図3.1つのIC (LTC4099) が3つのソース (USB、リチウムイオン・バッテリーおよび降圧高電圧源) からの電力を効率良く管理する。その効率の良いバッテリー・チャージャはBat-Track機能を使ってバッテリー充電時の電力損失を最小に抑える。

データシートのダウンロード : <http://www.linear-tech.co.jp>

オンラインストア リニアエクスプレス

LINEAR EXPRESS

0120-7291-22

株式会社 トーメン エレクトロニクス

本社 TEL 03-5462-9615

大阪 06-6447-9644 名古屋 052-582-1591
福岡 092-713-7779 宇都宮 028-625-8331
熊本 0263-34-6131 北関東 048-521-9011
仙台 022-221-8061 浜松 053-452-8147
立川 042-548-9871

東京エレクトロニクス株式会社

本社 TEL 045-474-5114

大阪 06-6399-1511 名古屋 052-562-0825
東京 03-3251-0083 北関東 048-600-3890
水戸 029-227-6552 立川 042-548-0255
横浜 045-474-7023 熊本 0263-36-8112
福岡 092-474-4121 仙台 022-212-2746

株式会社 三共社 本社 TEL 03-5298-6201

株式会社 ジェビコ 本社 TEL 03-6362-0411

東京電子販売株式会社 本社 TEL 03-5350-6711

株式会社 信和電業社 本社 TEL 06-6943-5131

伊藤電機株式会社 本社 TEL 052-935-1746

リニアテクノロジー株式会社

102-0094 東京都千代田区紀尾井町 3-6紀尾井町パークビル 8F
TEL(03)5226-7291 FAX(03)5226-0268
<http://www.linear-tech.co.jp>

dn1017f LT 0309 • PRINTED IN TJAPAN

LINEAR
TECHNOLOGY
© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2009