

バッテリー充電器 IC使用時のシステムレベルの問題

マキシム社のエンジニアリング・ジャーナル27号(前号)では、スタンドアロンバッテリー充電器の新しい展開について説明しました。2部シリーズの第2部に当たる今回は、バッテリー充電器ICを使用する際のシステムレベルの問題について考察します。

過去5年間のポータブル機器への市場圧力の結果、かつては単純だったバッテリー充電器が30分で高級バッテリーを充電できる複雑なスイッチモード機器に変貌しました。この展開はまた、僅か数年前の独立したスタンドアロン充電器ICからの離脱を意味します。これらのICの一部は、高級バッテリーの急速充電という複雑な作業を行うために十分な高レベルのインテリジェンスを備えていました。

マキシム社は、スタンドアロン充電器ICを製造し続けていますが、市場の需要は最近変化を遂げてきています。今日のバッテリー充電器サブシステムは、外部マイクロコントローラ(μC)のインテリジェンスを使用して充電電圧及び電流を制御します(μCはシステム内の別の場所にあるのが標準的です)。この方法を使用すると、大量生産のアプリケーションで低コストを達成できると共に、特定のアプリケーションに合わせて充電器を調節する柔軟性が最大限に与えられます。

かつては、必要な全インテリジェンスがバッテリー充電器コントローラICそのものにありましたが、今日ではシステムデザイナーが充電アルゴリズムを作成し、関連するファームウェアを作成する必要があります。本記事では、マキシム社の全汎用バッテリータイプ用の広範囲のバッテリー充電器ICを使用した充電システムを製作するために必要な事項を説明します。

本文では、一般的なタイプのバッテリーをマキシム社のバッテリー充電器ICで充電するための必要条件について概説します。システムレベルにおける長所短所のバランス及びファームウェア設計のヒントについて説明すると共に、デザイナーが利用できるワールド・ワイド・ウェブ(WWW)資料のリストが記載されています。最後に、2つの一般的なμCである8051とマイクロチップPICを使用した設計例を示します。これらの例を基にして、カスタム充電器回路を開発することもできます。

バッテリー充電技法の概説

今日実際に使用されているバッテリーのタイプは、ニッケルカドミウム(NiCd)、ニッケル水素化金属(NiMH)

ゲル化鉛蓄電池(PbSO₄)及びリチウムイオン(Li+)の4つです。これらの長所短所の比較は本稿では論じませんが、参考資料の欄にその関係の資料が記載されています。

注意：特定の推奨事項については、バッテリーメーカーに直接お問い合わせください。本稿では、様々なバッテリーのタイプの充電に必要な条件についてのみ説明します。

ここでは、4つの一般的なタイプについて一般的な充電技法及び限界について説明します。詳細及び背景となる情報については、マキシム社のデータシート及び本稿の最後に記載されているその他の文献を参照してください。

本文及び一般的充電器の状態図(図1)に示すように、急速充電にはいくつかの段階があります。

初期化

実際の充電手順には含まれていませんが、初期化は重要な段階です。充電器はそれ自体を初期化して、自己テストを実行します。充電は、電源異常とその結果行われる再初期化によって中断されることがあります。スマートバッテリー又は何らかのタイムスタンプ付の非揮発性記憶機能がない限り、こうした出来事は検出されません。殆どの充電器は、電源異常が起こると完全に再初期化します。過充電が問題になる場合、充電器に特別な自己テストシーケンスを実行させてバッテリーがすでに充電されているかどうかを確認することができます。例えば、パワー

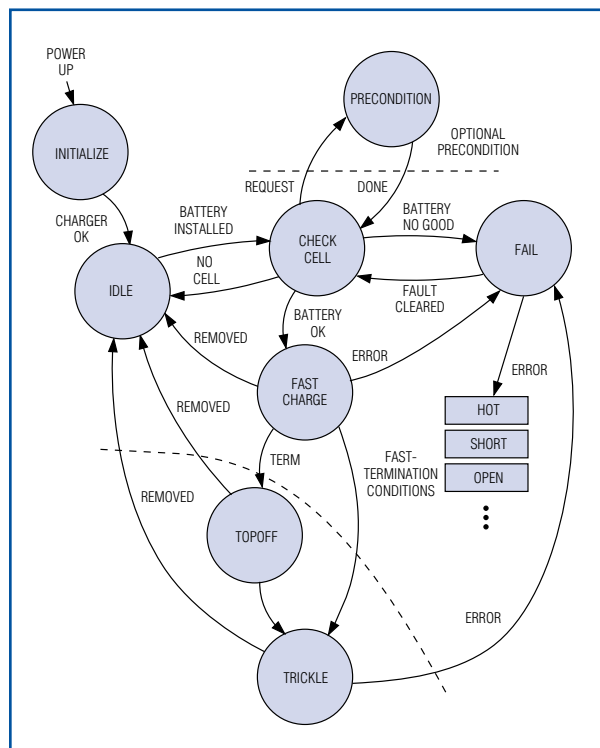


図1. 一般充電器状態図

アップ時にすでにバッテリーがある場合にそうした動作がトリガされるようにします。

この初期化によって、充電上の問題が生じる場合があります。例えば、固定時間充電器の場合は、固定された4時間だけバッテリーを充電しますが、3時間59分充電した後で電源異常が発生すると、充電器はもう1度4時間の充電を始め、バッテリーは4時間過充電されることとなります。これではバッテリーが損傷する恐れがあるため、固定時間充電がめったに使用されない理由の1つとなっています。また、この例はなぜ充電器がバッテリーの温度を監視したり、その他の完了方法を予備対策として使用するべきかを示しています。

セルの適性検査

充電手順のこの段階では、バッテリーがいつ装着されたか、またそのバッテリーが充電可能かどうかを検出します。セルの検出は充電器の電源がオフのときに充電器の端子に電圧があるかどうかで行うのが普通ですが、この方法はセルが完全に放電しており、殆ど電圧を発生していない場合には問題になります。代替方法として、充電器にセルそのものでなくサーミスタ又は短絡ジャンパを利用することがあります。このハードウェアの存在は、バッテリーパックの識別にも役立ちます。一方、スマートバッテリーの場合はバッテリーパックとの間で多くのシリアルデータが交換されるため、システムマネジメントバス(SMBus™)と呼ばれる専用のI²C™的なプロトコルが必要な充電パラメータの全てが得られるのが普通です。

セルが装着されていることを充電器が検出すると、次にそのセルが良好かどうかを調べる必要があります。この準段階(適性検査)では、セルの基本的な機能状態(オープン、短絡、高温又は低温)がチェックされます。一部の充電器(特に鉛蓄電池タイプ)では、セルが充電可能かどうかを調べるために小さな充電電流(急速充電の約5分の1)を流して一定時間内でセルが指定された電圧に達することを確認します。この技法を使用すると、完全放電したPbSO₄バッテリーを誤って不合格にする誤りを防ぐことができます。バッテリーメーカーの承認が得られれば、この技法を他のバッテリータイプに適用することもできます。

周囲温度及びセル温度のチェックも適性検査段階で行われます。充電器が高温又は低温を検出した場合、通常は温度が公称範囲に戻るまで予め決められた時間待ちます。割り当てられた時間内に戻らなかった場合、充電器は充電電流を低減します。この動作によりバッテリー温度が下がるため、効率が向上します。最後に、オープン及び短絡のチェックが行われます。セルがオープンの場合には簡単に検出できますが、セルが短絡しているかどうかを決めるには、誤って不合格とするのを防ぐための確認

手順が必要です。これら全てのチェックに合格した場合にセルは充電可能であり、図1に示すように状態が進行します。

プレコンディショニング段階(オプション)

一部の充電器(主にNiCdバッテリー用)は、充電前にバッテリーを完全に放電させるプレコンディショニング段階をオプションとして備えています。完全放電によりバッテリーの電圧は1V/セルまで低減し、電解質内の樹枝状形成物が排除されます。この樹枝状形成物は、しばしば記憶効果と誤って呼ばれる現象を引き起こします。このいわゆる記憶効果とは、セルの動作寿命を短くする樹枝状形成物が存在する状態のことですが、完全な充電放電サイクルによってこの問題が解決される場合があります。

プレコンディショニングは各充電の前に行うか、あるいは(負荷テストその他の動作で)セルの充電量の半分以上がまだ残っていることがわかったときに行うようにすることもできます。プレコンディショニングには、1~10時間かかります。バッテリーを1時間以下で放電することは一般にお勧めできません。プレコンディショニングを急速に行う場合、負荷抵抗で発生する熱をどうするかという実際的な問題が生じます。また、容量が低下していることがわかった上で手動で行う場合を除き、プレコンディショニングを10時間以上行うこともお勧めできません。NiCdの「記憶効果」は混乱と誤解に包まれているため、設計者はそれに対抗するボタンを充電器に付けることを避けてください。

急速充電段階及び充電完了

急速充電及び充電完了の方法は、セルのタイプ及びその他の設計因子に依存します。以下に、今日の一般的なバッテリータイプに対して広く使用されている急速充電技法について説明します。特定のガイドライン及び推奨方法については、バッテリーメーカーのアプリケーション部門にお問い合わせください。

NiCd及びNiMHセル

NiCdとNiMHバッテリーの急速充電手順は非常に似ていますが、主な違いは充電完了方法にあります。いずれの場合も、充電器は一定の電流を流しながらバッテリー電圧その他の変数を監視して充電の停止時を決めます。2Cを超える急速充電レートも可能ですが、最も一般的なレートは約C/2です。充電効率率は100%よりもやや低いため、レートがC/2の時に完全充電に達するには2時間よりもやや長くかかります。

SMBusはIntel Corp.の商標です。

I²CはPhilips Semiconductor Corp.の商標です。

一定電流を流すと、セル電圧はゆっくりと上昇してやがてピーク(勾配がゼロ)に達します。NiMHの充電は、このピーク(V が0になるポイント)で完了します。NiCdの充電の場合は、このピークを過ぎたポイント、即ちバッテリー電圧が初めて下がりだしたところ(V が負)で完了します(図2)。いずれのバッテリーでも、完了ポイントを過ぎて急速充電が続行されるとセルを損傷する恐れがあります。

C/2を超えるレート(充電時間が2時間以下)の場合、充電器によってセルの温度及び電圧も監視されます。セルが完全充電状態に達するとセル温度は急速に上昇するため、温度モニタによって別の充電完了方法が提供されます。正の温度勾配で完了するこの方法は、T完了と呼ばれます。充電完了をトリガし得るその他の因子としては、充電時間及び最大セル電圧があります。これらの因子を組み合わせると、良い充電器を設計できます。

注：セルが最初に充電し始めるときに充電完了条件に類似した状態になることがあるため、充電器は勾配検出による充電完了モードを起動する前に1~5分待つのが通常です。また、レートがC/8以下の場合、充電完了条件を検出することが難しくなります。これは測定される電圧及び温度勾配(V/t 及び T/t)が小さくなり、システムその他の部分からの影響と区別しにくくなるためです。急速充電中の安全を期するため、これらのシステムのハードウェア及びソフトウェアは何か間違いがあったときに充電完了が必ず早まるようにしてください。

リチウムイオンセル

Li+バッテリーの充電は、ニッケルタイプの電池の充電方式とは異なります。エネルギー保存量を最大限にするためのトップオフ充電を安全に行うことができます。Li+充電器は充電電圧を0.75%より優れた精度でレギュレーションします。また、最大充電レートは丁度ベンチ電源のように電流リミットで設定されます(図3)。急速充電が

始まる時は、セル電圧は低く、充電電流は電流リミット値になります。

充電中にバッテリー電圧はゆっくりと増加します。やがて電流は次第に低下し、電圧が4.2V/セルのフロート電圧レベルまで上昇します(図4)。

充電器はバッテリーがフロート電圧に達したときに充電を完了できますが、この方法ではトップオフ動作が行われません。1つの方法として、フロート電圧に達したときにタイマをスタートし、固定遅延の後で充電を完了することができます。もう1つの方法としては、充電電流を監視して、低いレベル(通常はリミット値の5%ですが、一部のメーカーは最小値を大きめの100mAとしています)になると充電を完了する方法があります。トップオフサイクルがこの技法で行われることも頻繁にあります。

近年Li+バッテリー、充電器及びこのバッテリータイプに対する理解が進んできています。初期のコンシューマアプリケーション用のLi+は安全性に影響する短所を持っていましたが、今日よく設計されたシステムではこうした問題は起こりません。メーカーの推奨方法は不変ではなく、また完全に一貫してはならず、Li+バッテリーは引き続き発展を遂げています。

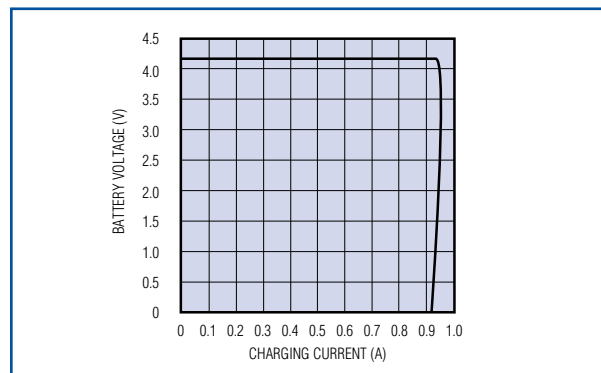


図3. Li+バッテリー電圧対充電電流

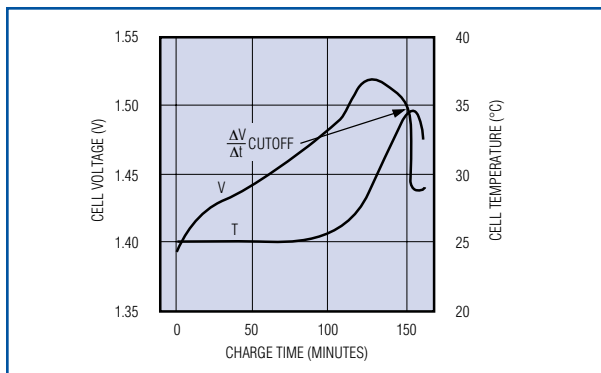


図2. レートがC/2の時のNiCdバッテリー充電特性

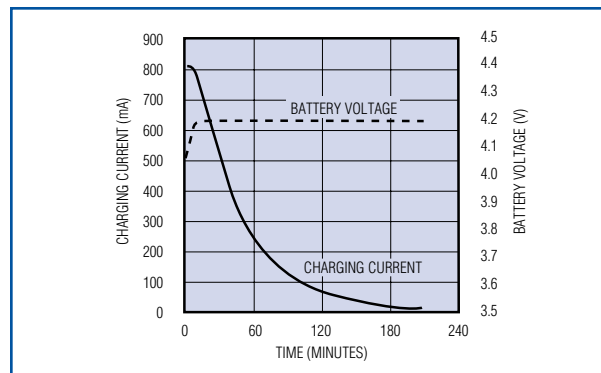


図4. Li+バッテリー充電プロファイル

鉛蓄電池セル

PbSO₄バッテリーは、電流制限法又はより一般的でシンプルな電圧制限法で充電されるのが普通です。電圧制限充電法はLi+セルに使用される方法と似ていますが、高精度は要求されません。電流制限電圧ソースをセルのフロート電圧よりもやや高いレベル(約2.45V)に設定する必要があります。

プレコンディショニング動作によってバッテリーが充電を受け付けることを確認した後、充電器は急速充電を始め、最小充電電流に達するまで続行します。(この手順はLi+バッテリーの場合と似ています。)それから急速充電は完了し、充電器はV_{FLOAT}(通常約2.2V)で維持充電を行います。PbSO₄セルは、このフロート電圧における維持充電を無期限に許容します(図5)。

高温におけるPbSO₄バッテリーの急速充電電流は、標準温度係数0.3%/°Cに従って低減してください。急速充電で推奨される最高温度は約50°Cですが、維持充電はこれより高い温度でも一般的に可能です。

オプションのトップオフ充電(全タイプ)

どのバッテリータイプの充電器でも、オプションとしてトップオフ段階を含んでいることがよくあります。この段階は急速充電が完了した後で始まり、バッテリーを完全充電レベルまで充電する中程度の充電電流を流します。(この動作はガソリンポンプが自動的に止まった後でさらに満杯まで注入するトップオフ操作と似ています。)トップオフ充電は、セル電圧、温度又は時間がリミットに達した時に完了します。場合によっては、トップオフ充電によって標準的な急速充電より5%~10%長い動作寿命を得ることができます。但し、バッテリーが完全に近い充電状態であるため、過充電による損傷が起こらないように十分に注意する必要があります。

オプションのトリクル充電 (Li+以外の全てのバッテリータイプ)

どのバッテリータイプの充電器でも、オプションとしてトリクル充電段階を備えていることがよくあります。この段階は、バッテリーの自己放電に対する対策です。PbSO₄バッテリーは最も高い自己放電レート(1日に数%)を持っており、Li+セルは最も低くなっています。Li+はレートが低すぎるためトリクル充電は必要なく、また推奨もされていません。しかし、NiCdは無期限にC/16のトリクル充電を許容するのが普通です。NiMHセルに対して安全な連続電流は通常C/50ですが、NiMHセルのトリクル充電が常に推奨されるわけではありません。

パルストリクルは充電器から約C/8のレートで短いパルス電流を流すもので、デューティサイクルは標準平均トリクル電流がC/512になるような低い値になっています。パルストリクル充電は両方のニッケルタイプに適用され

る上、オン/オフタイプのマイクロプロセッサ(μP)制御に適しているため、ほとんどの場合に使用されています。

一般的な充電システム

特定の回路を考察する前に、設計者は一般的なブロック及び機能について熟知しておくべきです(図6)。全ての急速充電器は何らかの形でこれらのブロック機能を備えているはずですが、バルク電源はACアダプタから生のDC電源を供給します。電流及び電圧コントロールによって、バッテリーに印加される電流と電圧のレギュレーションが行われます。安価な充電器の場合、レギュレータは電力を熱として放出するパワートランジスタやその他のリニアパス素子であるのが普通です。バックスイッチング電源を使用することもできます。この場合、標準的なフリーホイールダイオードを使用すると中程度の効率、同期整流器を使用すると最高の効率が得られます。

図6の右側のブロックは様々な測定及び制御機能を表しています。アナログ電流制御ループがバッテリーに供給される最大電流を制限し、電圧ループがセルに印加される電圧を一定に維持します。(Li+セルでは、印加される充電電圧に高精度が要求されることに注意してください。)

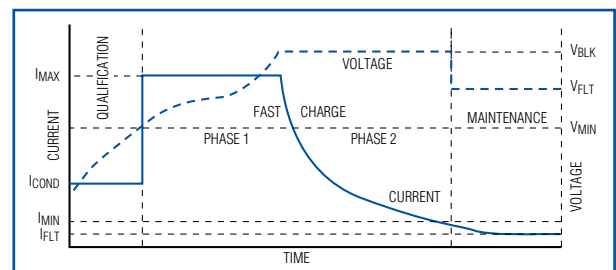


図5. PbSO₄バッテリーの充電プロフィール

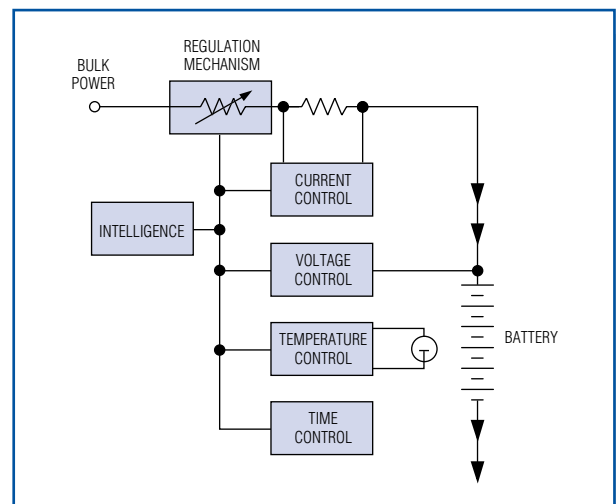


図6. 一般的な充電のシステムブロック図

充電器の電流電圧(I-V)特性は完全にプログラマブルの場合、及び電流だけがプログラマブルで電圧にリミットを設ける場合(その逆も可)があります。セル温度は常に測定され、充電完了はこの測定値のレベル又は勾配に基づいて行うことができます。充電器で充電時間も測定されず(通常はインテリジェンスブロックで計算)。

このブロックはシステムのインテリジェンスを提供し、前述の状態マシンを実現します。このブロックは急速充電をどのように、いつ完了するべきかを知っています。インテリジェンスはスタンドアロン充電器ICのチップに内蔵されています。内蔵されていない場合は、ホスト μ C又は充電器ICの中の他のハードウェアブロックにあります。前述のように、今日では後者の構造が好適とされています。

マキシム社の充電器製品の概要

マキシム社では、広範囲のスタンドアロン及びコントローラタイプバッテリー充電器ICを製造しています。このため、システム設計者は性能、特長及びコストのバランスを取ることができます。表1に、これらのICがサポートされているバッテリータイプ毎に記載されています(新しく発売されたものから順番に並んでいます)。

レギュレーションをリニアにするかスイッチモードにするかは、設計上の大きな判断点です。リニアモードは

安価ですが、放熱のため熱くなります。大きなデスクトップ充電器の場合、熱は問題ではありませんが、ノートブックPC等の小さな機器では許されません。同期スイッチングレギュレータは最高の効率(95%付近)を提供するため、セル電話を含む超小型機器に適しています。リスト中の非同期スイッチモード回路の一部も妥当な効率を提供します。さらに、これらのリニア素子のほとんどは、中程度の効率のヒステリシス式スイッチングモードで使用できます。(詳細については、該当するデータシートを参照してください。)

充電器の自立性のレベルは、設計上のもう1つの判断点です。例えば、スタンドアロン充電器は完全に自立しています。MAX712/MAX713及びMAX2003/MAX2003Aは、ユーザの最終製品用のLED制御出力も備えています。

スタンドアロンとしても使用でき、ディジタルアナログコンバータ(DAC)及び μ Pと共に使用することもできる素子としては、MAX1640/MAX1641、MAX846A及びMAX745があります。MAX1640は主にニッケルタイプのバッテリー充電用の電圧制限電流ソースですが、充電タイマ及びパルストリクル回路を内蔵しています。本素子はスタンドアロン機能を備えており、高効率同期スイッチングレギュレータ又は(低コストアプリケーション用に)標準的なスイッチャと共に動作します。

表1. マキシム社のバッテリー充電器ICの概要

品名	制御方法*	標準レギュレーションモード**	特長	バッテリータイプ	充電レート	充電完了方法
MAX1647	μ C制御、SMBus	同期スイッチング	スマートバッテリーシステム、レベル2適合のSMBus付スマートバッテリー充電器。Li+、独立のI-V制御	全て	プログラム	プログラム
MAX1648	ユーザ	同期スイッチング	MAX1647のアナログ制御版、高精度スイッチング、I/Vソース: Li+	全て	プログラム	プログラム
MAX745	DAC又はスタンドアロン	同期スイッチング	上級低コストスイッチモードLi充電器、スタンドアロン、Li+のみ	Li+	一定電圧、Li+	Li+フロート
MAX846A	DAC又はスタンドアロン	リニア	低コスト汎用充電器、Li+用高精度リファレンス、外部CPUサポート、リセット及びレギュレータ	全て	一定電圧、Li+、プログラム	Li+フロート又はプログラム
MAX1640	DAC又はスタンドアロン	同期スイッチング	アナログ制御、スイッチモード電流ソース、Li+又は汎用	Li+、NiCd、NiMH	高速、トリクル、パルストリクル、トップオフ	プログラム又はLi+スタンドアロン
MAX2003A	スタンドアロン	リニア又はスイッチング	Bq2003の強化型、パルストリクル及びトップオフモード、小型パッケージ	NiCd、NiMH	高速、トリクル、パルストリクル、トップオフ	0 V、- V、T、最大電圧、最大温度、最大時間
MAX2003	スタンドアロン	リニア又はスイッチング	充電完了モード、LED出力及び充電前放電機能付の完全NiCd/NiMH充電器。Li+は不可。ベンチマークBq2003のセカンドソース。	NiCd、NiMH	高速、トリクル、トップオフ	0 V、- V、T、最大電圧、最大温度、最大時間
MAX712	スタンドアロン	リニア	充電完了モード、最大時間及びLED出力付の完全低コストNiMH。Li+は不可。	NiMH	高速、トリクル	0 V、最大電圧、最大温度、最大時間
MAX713	スタンドアロン	リニア	充電完了モード、最大時間及びLED出力付の完全低コストNiCd。Li+は不可。	NiCd	高速、トリクル	0 V、最大電圧、最大温度、最大時間

* DAC入力タイプではDAC及び μ Cの使用も可能。

** 全てのリニアタイプは、ヒステリシス式スイッチングモードにより効率を高めることが可能。

MAX846A及びMAX745はいずれもスタンダアロン動作でLi+バッテリーを充電することができる上、汎用コントローラに必要な電圧と電流の独立制御及び高精度リファレンスを備えています。MAX846Aはリニアタイプで、MAX745は同期スイッチングタイプです。いずれもスタンダアロンで使用できますが、通常は充電プロセスを部分的に制御する μ Cと共に動作します。LEDの点灯及び急速充電の完了には、標準的にソフトウェアを使用します。MAX846Aは、リニアレギュレータ及び μ C用のCPUリセット出力を備えています。

最も自立性が低く、最もフレキシブルな素子はMAX1647とMAX1648です。この2つは、MAX1647が内蔵DAC及びSMBusシリアルポートを備え、MAX1648が電圧及び電流制御用としてアナログ入力を持っていることを除いて互いに類似しています。MAX1647は独立の電圧及び電流レジスタを備えた完全シリアル制御DC電源です。スマートバッテリーとの間でSMBus通信を行う能力を持ち、Intel/Duracellスマートバッテリー規格のレベル2に適合しています。

μ C設計のヒント

これらの充電器ICは、8051、PIC、68HC11及び68HC05等の低コスト8ビットコントローラと動作するのが普通です。ファームウェアは、アセンブリ言語又はC言語で書くことができます。いずれの言語も入手しやすく、低コストな上、無料ツールもあります。これらの素子のメーカ及び第三者メーカは、コンパイラ、アセンブラ、エミュレータ及びコードライブラリを豊富に用意しています。このソースコードの多くはワールド・ワイド・ウェブで入手できます(特にアセンブリ言語のツールボックスルーチン)。これらの資料の詳細については、「充電器プログラム構造のヒント」の項を参照してください。

全ての一般的な8ビット μ Cを使用することができますが、特定の μ Cを選択することは本稿の趣旨を越えています。これらの μ Cはアナログデジタルコンバータ(ADC)、DAC及びSMBusシリアルインタフェース等の周辺機器を備えており、また外部ADC又はDACを必要とするシンプルな μ Cも有用です。外部ADC又はDACを必要とするシンプルな μ Cの方がフレキシブルで最終的に有用であることが往々にしてあります。

充電器アプリケーションには、それほど大きなROM及びRAMが必要ありません。一般的に、単一バッテリータイプの充電器の場合はコードが0.5キロバイト以下、RAMが32バイトで実現できます(これは低級PICでもまかなえる範囲です)。工夫を凝らせば、複数バッテリータイプの充電器でもコードを約50%増やすだけで実現できます。

μ Cコードを作成する最もシンプルな方法は、骨格コード又は類似コードから始めて、必要に合せて修正していく

ことです。この方法を使用すると、多くの空白ページ、コンパイラ/アセンブラ・シンタックスの問題を迅速に克服してプロトタイプを作動させることができます。残念ながら、ウェブ上及び標準アプリケーションノートに記載されているバッテリー充電器ファームウェアは限られています。しかし、「ハードウェア及びソフトウェアの例」の項にある2つの設計例を出発点として利用できます。SMBus通信及び数学ルーチン等により困難なツールボックスルーチンの詳細及びこれらの設計方法を示すプログラム設計例については、「資料及び参考文献」の項を参照してください。

充電器プログラム構造のヒント

バッテリー充電器のソフトウェアを書くのは難しくはなく、状態マシンで行うのが最良です。その時の状態を表す一連のフラグ又は状態変数を定義してください。コードは、挙動がこの状態変数に従う大きなケース文になるのが普通です。コードモジュールはその時の条件に従って状態変数を修正します。問題になり得るのは、許容されない、あるいはコーディングできない状態のみです。全てのケース文は、これらの許容されない又は「不可能な」状態を拾って修正するデフォルトケースを持っている必要があります。こうした条件を検出する機構を常に含め、充電器を止める等の賢明な処置を取ってください。

コードはシンプルなものにしてください。できるかぎり複数の割込み、複雑なマルチタスク又はキュー構造は避けてください。単一のタイマチック割込みは非常に効果的な時間測定法です。CPUが割込み付のタイマを備えている場合、それを使用してシステムタイマフラグを維持してください。この効果的な技法は、割込みを使わないという規則の例外です。(PIC16C5xの場合のように)タイマ割込みが使用できない時は、システムタイマ(RTC)を使用してそれをポーリングしてください。タイマがポーリングとポーリングの間でオーバーフローしないようにコードを工夫してください。

ハードウェア割込みは避けてください。そのかわりに、タイマチックで設定された一定の間隔でハードウェア入力をポーリングしてください。コードはリアルタイムで実行されますが、刺激に対して直ちに反応する必要はありません。バッテリーの充電に1時間かかることを考えれば、バッテリーが装着されているかを確かめるために100msを要してもかまいません。スタンダアロン充電器の標準的な動作では、充電完了のための計算は1分間に1回が標準的です。

これらのプログラムの構造としてシンプルで効果的なものとして、ベースド・ループが挙げられます。メインプログラムはループになっており、このループはタイマ割込みサービスルーチン又はループ自身によって設定さ

れるタイマフラグを監視し、必要な複数タスクを実行するサブルーチン呼び出し。一部のルーチンは各パスで実行され、その他はn番目のループ又はチック毎に実行されます。基本的なチック時間は100msなどがあります。半秒周期の点滅光サブルーチンは5チック毎にLEDを補足するために呼び出され、温度リミットデテクタはループをパスする毎にチェックされます。この結果、非常に堅固な構造が得られます。

タイマ割り込みを持たないコントローラの場合は、ルーチンそのものがそれ自身の実行時間を使用してペースド・ループを実現し、システムタイミングを維持します。この技法は次の項で8ピンPICコントローラ用のコード例により実現されています。図7は、この構造のシンプルなフローチャートです。詳細は、参考文献7で説明されています。

ハードウェアのフェイルセーフについての注意

ウォッチドッグタイマ及びハードウェア・フェイルセーフシステムを備えたμP監視回路の使用をお勧めします。監視回路のリセット機能によりパワーアップ時にクリーンなシステムリセットが得られるだけでなく、ウォッチドッグタイマはCPUが機能停止したりファームウェアがループにはまったことを検出できます。マキシム社はいくつかのシンプルな温度測定/制御製品も製造しています。MAX6501温度スイッチは、特に優れたバック

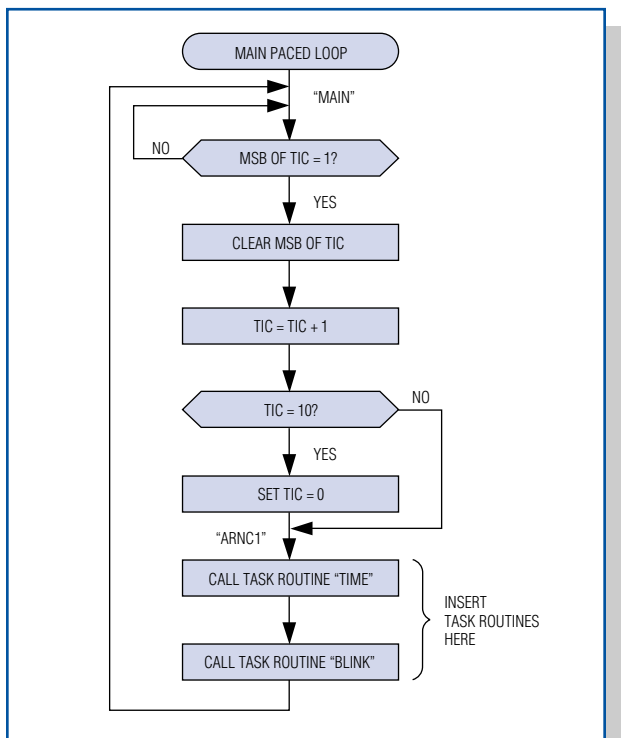


図7. メインペースド・ループのフローチャート

アップシステムです。これは、固定温度スレッシュホールドを通過すると出力レベルが変化するSOT23素子です。

監視回路は、充電器アプリケーションで特に重要です。これは、充電器のパワーを連続的に印加したり除去したりすることはCPUを混乱させる場合があるためです。例えば、プロセッサが機能停止して急速充電を完了できなくなると、破壊的な結果をもたらす場合があります。また、システムにはソフトウェアの介入なしに急速充電を終了することのできる温度センサやその他のハードウェアオーバーライドが望まれます。マキシム社のSOT23リセット監視回路の一部は、ウォッチドッグを備えています(MAX823を参照)。

ハードウェア及びソフトウェア例

1) 充電タイマ及びLED状態出力付のMAX846A Li+充電器(8ピンPICで制御)

この例では、小型の外部μPがMAX846Aの機能を強化して、図8に示すLED(充電プロセス及び状態を表示)等のユーザインタフェース機能を含む完全デスクトップ充電器システムを形成しています。MAX846Aは、この種の動作用に設計されています。本素子の補助リニアレギュレータ及びμPリセット回路(外部μCをサポート)により、標準的なデスクトップ充電器アプリケーションのコストが節減できます。

2) MAX1647搭載の2A Li+充電器(8051μC付)

完全機能のMAX1647及び8051μCにより、完全機能のLi+充電器(図9)が形成されます。図中のAtmel 80C2051コントローラ(小型パッケージの拡張不能な8051)は高級充電器を必要とするシステムで、通常使用できる標準的なコントローラです。アプリケーションのソースコードには、SMBus通信、一般状態マシン構造及びその他の有用なルーチンが含まれています。充電器の状態は、μPに常駐している追加ソフトウェア又はUARTから読み出すことができます。

3) MAX1647及びMAX846A充電器用のソフトウェアの例

MAX1647及びMAX846Aの例(図9)のためのソフトウェアはマキシム社のウェブサイト(www.maxim-ic.com)から入手できます。「Other Software」の箇所でLI1647.doc及びPIC846.docをご覧ください。8ピンPIC12C508コントローラ用のMAX846AソフトウェアはMicrochip PICアセンブリ言語で書かれています。これはLEDユーザインタフェース及びLi+電圧リミットに達した5分後に急速充電を完了するタイマを実現しています。このシンプルな例には、状態マシンや完全充電器の複雑な機能は含まれていませんが、これはそうした能力の多くが殆どスタンドアロンに近いMAX846Aの中に装備されているためです。

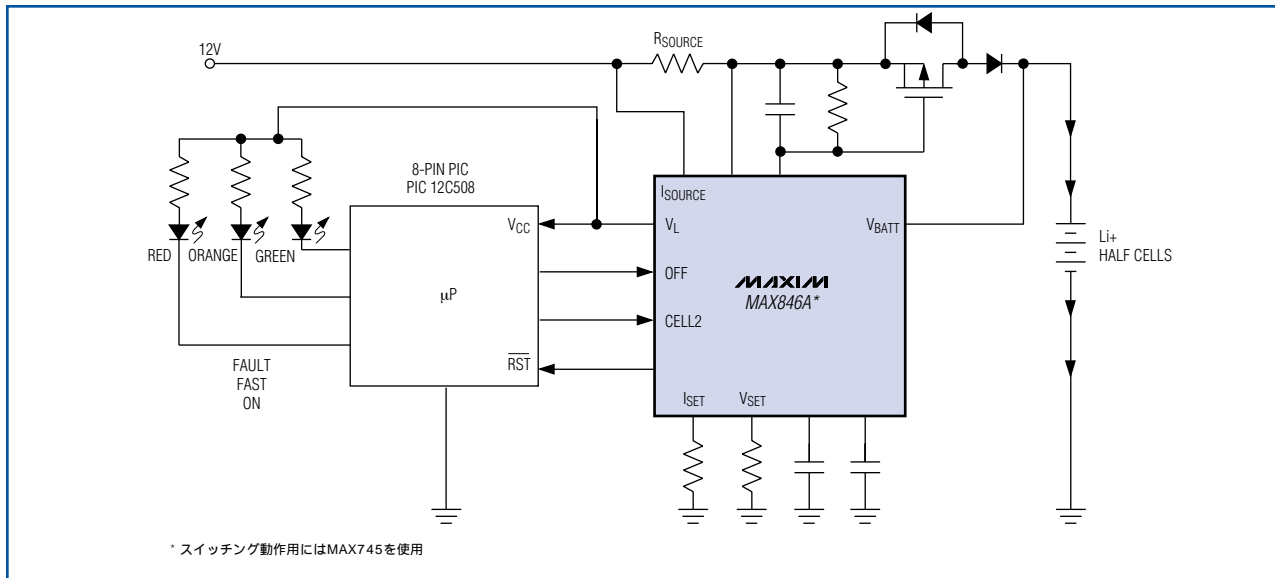


図8. LED状態インジケータ付のLi+デスク充電器

前述のように、この例は割込みのないペースド・ループ構造に依存しています。

MAX1647の例は、AtmelのATM80C2051(8051の20ピンバージョン)用の8051アセンブリコードで書かれています。このコードには、一般的な状態マシン構造及びMAX1647の内部レジスタと通信するためのSMBus

ドライバルーチンが含まれています。これもペースド・ループ構造ですが、80C2051のタイマ割込みを使用して全てのタイミングのタイマチックの元を生成しています。詳細については、マキシム社のウェブサイトのソースコード説明書を参照してください。

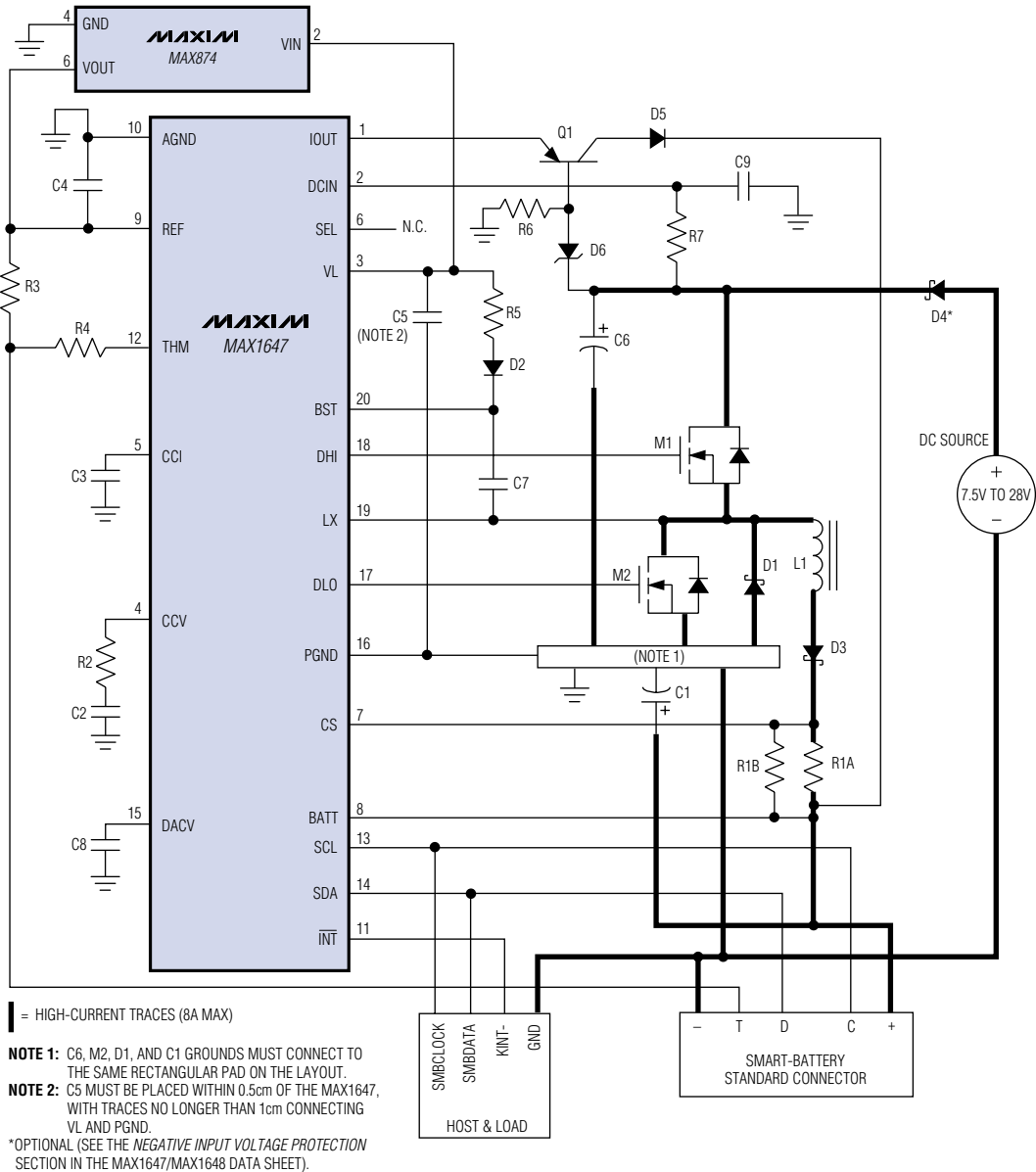


图9. 完全機能Li+充電器

資料及び参考文献

以下はワールド・ワイド・ウェブ(WWW)及び業者から得られるアプリケーションノート及びその他の資料例です。業者の多くはアプリケーションノートを入手しやすいようにウェブに載せています。ウェブにアクセスしてμCの部品番号をAltaVista検索エンジンに入力すると、通常は50以上の文書が表示されます。

8051派生製品のアプリケーションノート

Philips Semiconductors : ウェブサイト及びCD-ROM

AN422: Using the 8XC751 Microcontroller as an I²C Bus Master

AN428: Using the ADC and PWM of the 83C752/87C752

AN439: 87C751 fast NiCd charger

EIE/AN92001: Low RF-Emission Applications with a P83CE654 Microcontroller

Intel Corp. : ウェブサイト及びCD-ROM

Atmel Corp. : ウェブサイト及びCD-ROM

A Digital Thermometer Using the AT89C2051 Microcontroller

Interfacing 24CXXX Serial EEPROMs with AT89CX051 MCU

68HC05のアプリケーションノート

AN1263: Designing for Electromagnetic Compatibility with Single-Chip Microcontrollers

AN1262: Simple Real-Time Kernels for HC05 MCUs

AN1256: Interfacing the HC05 MCU to a Multichannel D/A Converter

AN1241: Interfacing the HC05 MCU to Serial EEPROMs

AN1227: Using Serial EEPROMs with HC05 MCUs

AN477: Simple A/D Conversion for MCUs Without Built-In ADCs

PICアプリケーションノート

Microchip : ウェブサイト及びCD-ROM

AN541: Using a PIC16C5X as a Smart I²C Peripheral

AN546: Using the A/D Converter in the PIC16C73

AN554: Software Implementation of I²C Bus Master

AN577: PIC16C54A EMI Results

AN552: Implementing Wake-Up on Keystroke for the 16C54

AN585: A Real-Time Operating System for PIC16/17

AN606: Low-Power Design Using PIC16/17

AN520: A Comparison of Low-End 8-Bit Microcontrollers

Parallax : 第三者ウェブサイト及びツール

参考文献

1. *How to Implement an SMBus Controller Using the 80C51SL KBC*, Intel Corp. application note, November 1994.
2. *Handbook of Batteries*, by David Linden (Editor), 2nd Edition, McGraw Hill text, January 1995, ISBN: 0070379211
3. *The System Management Bus Specification*, Versions 0.95a and 1.0, Intel Corp., February 1995.
4. *The Smart-Battery Data Specification*, Version 1.0, Duracell Inc. and Intel Corp., February 1995.
5. *The SMBus BIOS Specification*, Version 1.0, Intel Corp., February 1995.
6. *Smart-Battery Selector Specification*, Version 0.9, Intel Corp., April 1995.
7. *Understanding Small Microcontrollers*, by James Sibigroth. Published by Motorola Inc., CSIC Division, circa 1990.