

安価な回路でリチウムイオン電池を充電 - デザインノート188

David Bell

はじめに

エネルギー密度が高い理由から携帯用機器には、リチウムイオン電池が1個使用されることがよくあります。リチウムイオン電池の3V~4.1V電源も最近の低電圧回路に適しており、電源が単純化される場合も少なくありません。このような長所があるにもかかわらず、バッテリー製造業者の仕様に適合する高精度充電回路を設計することは非常に大変です。図2はこれらの高精度リチウムイオン電池の充電に対する要求条件を満足するコスト効果の大きいリニア充電器です。

リチウムイオン電池の製造業者は、一般に定電流/定電圧(CC/CV)充電技術を推奨しています。概念的には単純ですが、リチウムイオン電池の充電には、長いサイクル寿命で高い容量を得るために、フロート電圧を非常に正確に制御する必要があります。電圧が低すぎると、電池は完全に充電されません。電圧が高すぎると、サイクル寿命は大幅に短縮されてしまいます。また、電池に過大な電圧を加えても漏れや他の危険な状態(具体的な危険は、電池の構造と化学材質によって異なります)を引き起こすおそれがあります。

図1に標準リチウムイオン電池のCC/CV充電特性を示します。完全に放電した電池は、電圧が4.1Vの定電圧制限以下なので、最初は定電流で充電されます。(ほとんどのリチウムイオン電池には、電池の化学物質に応じて4.1Vまたは4.2Vのフロート電圧が必要です。)電池の電圧が4.1Vのフロート電圧まで上昇すると、ターミナル電圧でのチャージ・リミットがさらに上昇し、充電電流は自然に低下し始

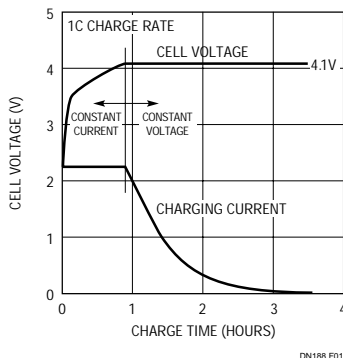


図1. 標準的なリチウムイオン電池の充電特性


めます。ほとんどの電池製造業者は、電流がピーク値の10%まで低下した約1時間後に充電を終了することを推奨しています。また、充電が開始したらタイマを始動し、完全に消耗した電池を充電するのに十分な時間が経過したら、タイムアウトを使って充電を中断することができます。

回路説明

図2に1個のリチウムイオン電池を充電するのに使用できる、単純で安価なリニア充電器を示します。この回路は安価な非安定化6V ACアダプタから定電流/定電圧(CC/CV)充電を行います。この充電器は、電圧リファレンス、オペアンプ、およびコンパレータを内蔵した1個のLTC[®]1541を中心に構築されています。高精度電圧リファレンス(±0.4%)は、バッテリーのフロート電圧を大部分のリチウムイオン電池製造業者が要求する±1.2%に安定化させます。帰還分割器抵抗R6とR7に、より高い精度を指定すれば、さらに厳密な精度が得られます。充電器はR6の値を変更すれば、4.1Vまたは4.2Vでフロートするように構成することができます。4.1Vフロート電圧には252kを使用し、4.2Vのフロート電圧には261kを使用します。

トランジスタQ1は電池の充電電流を調整するのに使用します。Q1のベース電流はオペアンプ出力(ピン1)によって制御され、またトランジスタQ2によってバッファされて、電流利得が増加します。ACアダプタを取り外したり、ACアダプタの電源を切るときには、逆電流を防止するために、ダイオードD1が必要です。これはリニア・レギュレータなので、設計者はQ1の消費電力を考慮しなければなりません。6V ACアダプタで示すように、Q1の消費電力は最大約1Wであり、直接プリント回路基板で放熱することができます。これよりも電流レベルまたは入力電圧が高いと消費電力が増大し、さらに放熱が必要になります。

バッテリーの充電電流はR11によって検知され、R10を通してオペアンプの非反転入力に送られます。IC1の内部1.2Vリファレンス電圧は、R4とR2で44mVに分圧され、オペアンプの反転入力に接続されます。オペアンプは電流センス電圧を44mVリファレンスと比較して、電流を300mAに安定化するのに必要なQ1へのベース・ドライブを調整します。オペアンプの最大入力オフセット電圧は±1.25mVで、正確な充電電流の安定化を保証し、センス抵抗での電

 LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。

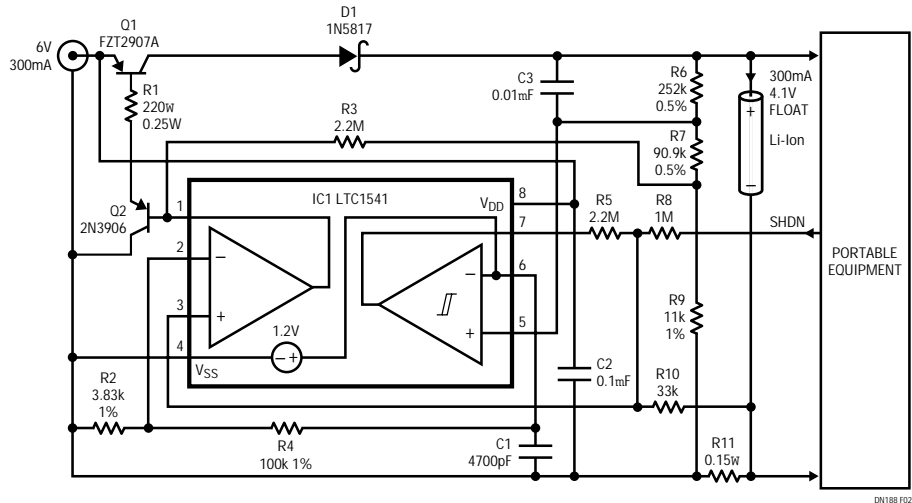


図2. リチウムイオン・バッテリー充電器

圧降下はわずか44mVです。

バッテリーが4.1Vまで充電されると、電圧ループは必要なフロート電圧を維持するために、充電電流を低減し始めます。R6、R7、R9で構成される抵抗分割回路は、帰還電圧を発生しIC1のコンパレータ(ピン5)に送ります。このノードの電圧が1.2Vに達すると、コンパレータ出力が「H」になり、R5を通して電流センス信号を「H」にします。電圧が安定化されている間、コンパレータ出力(ピン7)にはパルス波形が現れます。しかし、マイクロパワー・オペアンプのスルーレートが低いため、この信号を円滑にしてピン1に小さな振幅の三角波を出力します。実際、ピン7の電圧をマイクロプロセッサでモニタして、定電圧安定化の開始を検出することができます。

電流センス抵抗R11がバッテリー充電経路と直列になっており、通常は必要な4.1Vではなく、4.05V付近で電圧の安定化を開始することになります(センス抵抗で44mVの電圧降下があります)。しかし、R3とR9を追加するとこの電圧降下が補償され、4.1Vで定電圧ループが起動されます。本質的に、R3とR9はレギュレータからの負の出力インピーダンスを生成し、R11の0.15の抵抗をキャンセルします。R3、R7、R9の値を慎重に選択すれば、さらに大きな負出力抵抗を生成して、バッテリーの内部抵抗とその内部保護回路を補償することができます。その結果、セル内部で4.1Vの限界を超えない、より高速な再充電時間を実現できます。

電流センス・ループは実際に電源アダプタから流れる合計電流をモニタするため、充電器は自動的に携帯用機器との間で「負荷の分担」を行います。言い替えれば、機器に電源が

流れないときには、300mA全部をバッテリーの充電に使用できます。しかし、機器に流れる電流は単純にバッテリー充電電流から減算され、電源アダプタの負荷を300mAに制限します。充電器は図2に示すように、ロジック・コントロールでシャットダウンすることもできます。シャットダウン信号を「H」にすると、電流帰還信号は44mVスレッシュホールドより高くなり、Q1がターンオフします。シャットダウン・ピンがハイ・インピーダンス状態(大部分のマイクロプロセッサ・ポート・ピンのデフォルト状態)のときには、充電器は通常どおり動作します。シャットダウン機能が必要ない場合は、R8をなくすことができます。

他の充電オプション

上記の簡単なリニア充電器は、多くのハンドヘルド携帯用製品に適しており、合計充電電流は中程度です。高電流またはマルチセル・アプリケーションの場合は、LT[®]1510やLT1511などの高効率スイッチング・レギュレータ充電器が適しています。LT1510はSO-8パッケージから1.25Aまでの充電電流を供給可能なCC/CVチャージャです。LT1511は最大3Aを供給可能で、入力電流制限機能を内蔵しています。

CC/CV充電技術は、リチウムイオン・バッテリーだけに限定されません。密封鉛酸(SLA)バッテリーも類似回路を使用して充電することができます。定電圧制御ループは、最適なSLA充電のために、簡単に「ヒステリシス性充電器」に変換することができます。