

DS2711 を利用した NiMH/NiCd 急速充電器の製作

[自作充電器を作成した理由]

充電時間が長い低速（準定電流充電）型のものから急速充電型まで、今までに多数のニッケル水素電池（NiMH 電池）用充電器が市場に登場してきました。しかし、たとえば 1600mAh 用の充電器で 2200mAh の電池を充電するすると、安全のための充電タイマの時間制限により、電池の放電状態によっては満充電が出来ないことがありました。

そこで、充電器を自作しようとしたのですが、既存の充電用の IC では充放電状態や電池の容量が異なる単 3 や単 4 の電池を同時に複数個並列で充電できるものはありませんでした。マキシムの新しい充電用 IC はこの問題を解決できると考え、試作してみました。

試作した充電器は写真 1 のようなものです。

使い方は簡単で、3V の外部電源か 3V / 2A の AC アダプタを電源入力端子に接続し、充電する電池を電池ホルダに挿入するだけです。電池を挿入した側の LED が点灯し、充電が終了すると LED は消灯します。ただし、この時点で電源をオフにしない限り、「維持充電」モードで間欠的に充電電流を流し続けます。これは自己放電特性を持った NiMH 電池を常に満充電状態に保つには役立つ機能です。

図 1 に並列充電式の単 3 NiMH 電池用の回路図を示します。この充電器の性能の概略は次の通りです。

- 動作電圧範囲： DC 2.9V ~ 3.3V
- 静止無効電流： 25mA
- 予備・仕上げ充電実効電流： 62.5mA
- 急速充電実効電流： 約 480mA（センス抵抗によって増減可能）
- 維持充電実効電流： 7.8mA
- 急速充電タイマ： 270 分（0.25 時間から 9 時間まで設定可能）

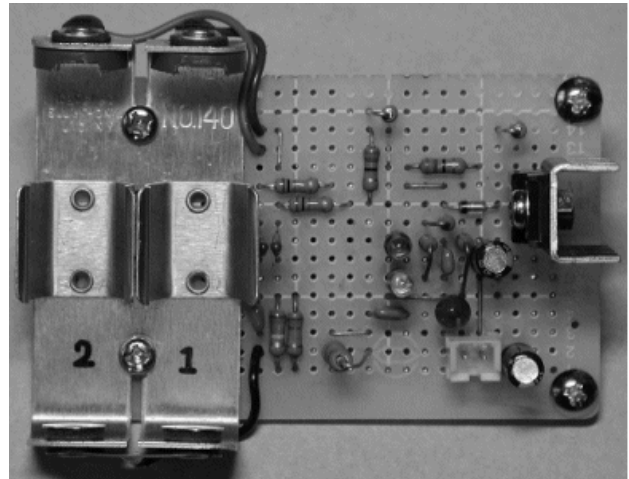
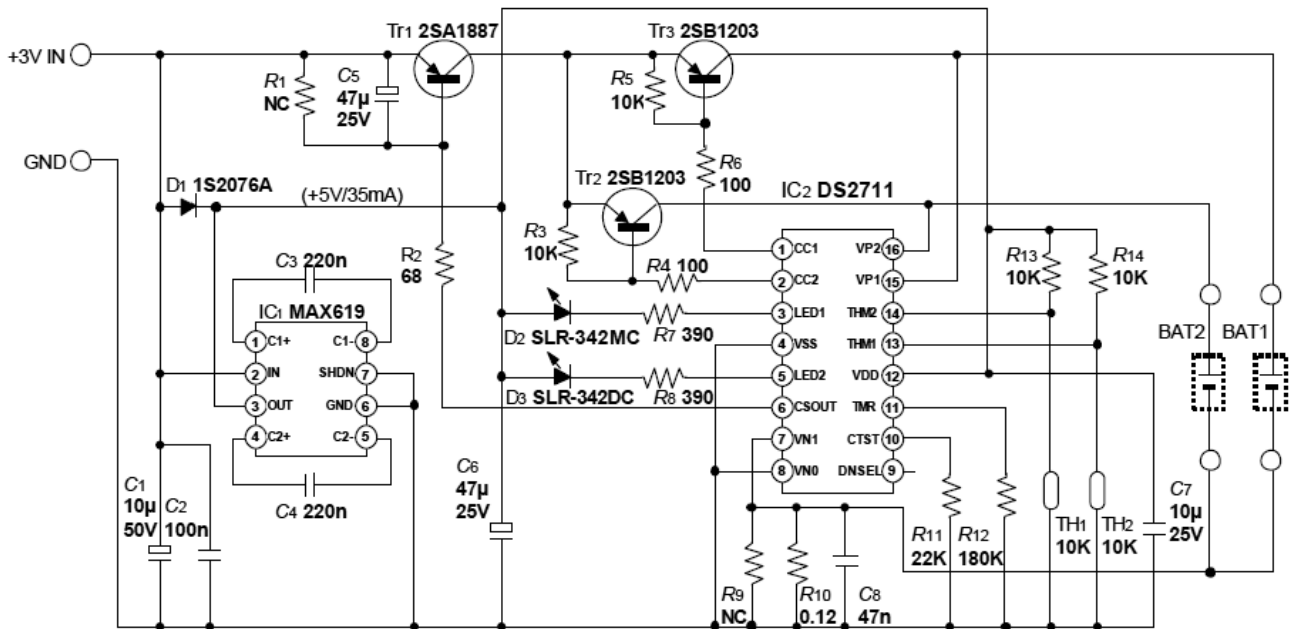


写真 1 DS2711 を使用した充電器の試作品



- 古い NiMH 電池や Ni-Cd 電池の場合には R9 に 0.27Ω の使用を推奨。
- D2 と D3 の LED の色は同じ色または部品番号と異なるものでも可。

図 1 DS2711 を使用した単 3 NiMH 用充電器回路図(並列充電構成)

[DS2711 を選んだ理由]

マキシムには、約 10 年前に開発された MAX712 / MAX713 という NiMH / NiCd 用の充電 IC があります。しかし今回の新しい充電用 IC は、単 3 または単 4 電池 2 本の小規模の充電専用 IC で、小型パッケージ、低価格になっています。特筆すべき点は、充電してはいけないアルカリ電池や不良の電池等を充電しないようにするテスト機能、直列・並列充電の構成が選べる、単 3 と単 4 の混在並列充電が可能、小型パッケージといった点です。DS2712 という PWM 電流制御の IC もありますが、今回は部品点数が比較的少なく済み、単一電源または 2 電源で使用できる DS2711 を選びました。

DS2711 の動作や回路構成の詳細については、英文データシートを参照してください。回路の電源を入れて電池を挿入するか、電池を入れておいて電源を入れると、電池の存在を検出して電池が入っている側の LED が点灯し、図 2 に示すような IC 内部に備わっている状態遷移制御機能に従って動作が切り替わります。

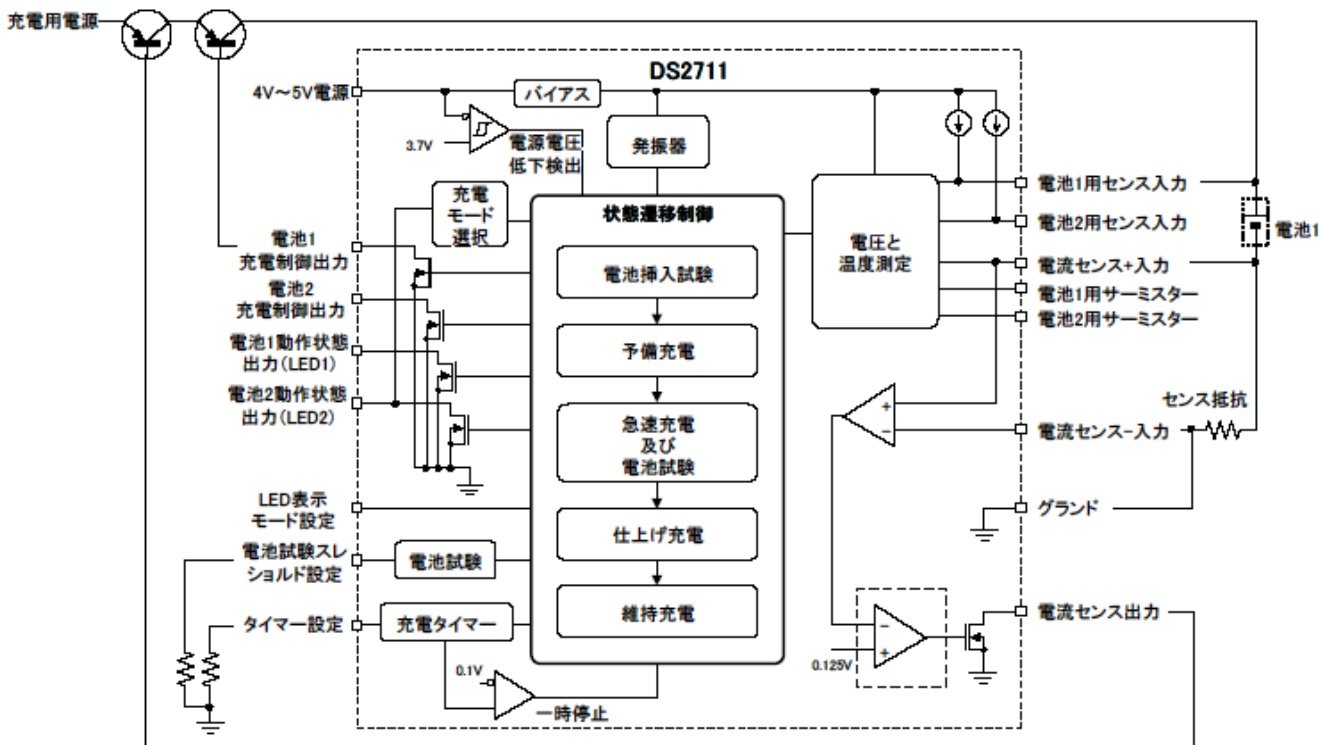


図 2 電池 1 個の充電回路構成と DS2711 の内部機能を表した機能図

電池の状態により予備充電・急速充電・仕上げ充電・維持充電の各モードに順次進みます。予備充電モードは、電池電圧が放電終止電圧の 1.0V 以下の状態では、いきなり大きな充電電流を流さないようにするための機能です。予備充電のタイムアウトは 34 分で、実効充電電流は 62.5mA 固定です。

電池電圧が 1V 以上になると急速充電モードに切り替わり、センス抵抗で設定された急速充電のピーク電流値が流れます。この急速充電サイクルは 3 2 サイクル続き、この後に電池のテストが実行されます。電池試験に移行する前に電池電圧が 1.75V を超えると、異常と判断されて全ての動作が停止し、LED が点滅します。電池テストは直流法と呼ばれる次のような試験方法です。電池に充電電流が流れていない状態で電池電圧（開放電圧：Voff）を測定しておき、短時間 500mA の充電電流を流し、500ms 後に再び開放電圧（Von）を測定します。そして $(V_{on} - V_{off}) \div (500\text{mA})$ の計算をして電池のインピーダンス（直流抵抗）を調べます。アルカリ電池や不良電池の場合の測定値は、良品の NiMH 電池と比べると非常に大きな差がありますので、判別することが出来ます。

図 3 に示すように、急速充電電流は設定した電流が常時流れているわけではなく、約 1.04Hz の周期でオン・オフを繰り返しており、電池 2 本の並列充電構成の場合、一方が 0.48 秒間充電されていると、他方の充電はこの期間停止しています。電池 1 本の場合には、同じサイクルで間欠充電となります。従って、電池 1 本当たりの実効充電電流はセンス抵抗で設定された充電電流の 48.4% になります。

満充電は、電池電圧の上昇カーブが満充電状態に達したあと負のカーブに転じる、いわゆるマイナス V 検出を行いますので、このレベルが 2mV を超えた時点で満充電が終了します。急速充電は、電池の温度が 50 以下（サーミスタで電池温度をモニタした場合）であり、開放電池電圧が 1.0V と 1.75V

の間にある限り続きます。もし 1.75V の期間が 16 分以上続いた場合にも、急速充電が終了して仕上げ充電モードに移行します。

仕上げ充電は、急速充電電流の 25% のレートで間欠的に充電します。このモードでは充電タイマはリセットされ、急速充電期間の二分の一のタイムアウト期間で再開します。仕上げ充電タイマが終了すると LED は消え(DMSEL 端子がオープンの場合)、維持充電モードに移行します。充電器の電源が入っている限り維持充電モードが働いており、時々充電状態を見に行つて微少の充電電流(急速充電電流の 1/64)を流します。直列・並列のどちらの充電構成であっても、一個の抵抗で充電電流を設定でき、サーミスタを接続することで、0

以下の環境での充電禁止や、電池の温度上昇の異常を検知して充電を停止させることができます。

充電時間は 0.5 時間から 9 時間、アルカリ電池や不良の電池をチェックする前述の電位差は、32mV から 400mV までのしきい値電圧範囲で選べます。

ちなみに、並列充電構成にするか直列充電構成にするかは LED2 端子をプルアップするか GND に接続するか、オープンにするかで選べますが、並列構成では電流制限抵抗と LED を接続しますので、プルアップの必要はありません。また、直列充電構成を選んだ場合には、電流スイッチ用のトランジスタを 1 個に出来ますが、他方より放電状態が浅い電池の充電が先に終了しますので、他方の電池の満充電は完了しません。

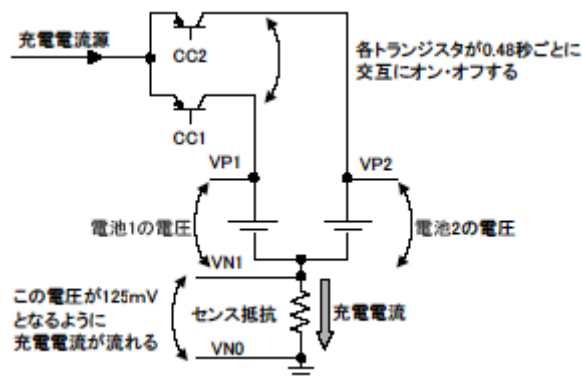


図3 並列充電構成における電池電圧の検出と充電電流

[回路の説明]

この IC は 5V 用ですが、充電電流の制御はリニア式ですので、5V の単一電源にすると、電池に加える最大電圧は 1.75V ですから、概算でこの電圧差 x 充電電流分が電流制御用のトランジスタでの大きな電力損失になってしまいます。従つて、図 1 に示している回路は、電源を市販の 3V / 2A の AC アダプタが使用できるように 3V の単一電源とし、このためチャージポンプ式 DC-DC 昇圧コンバータ MAX619 を使用しました。この IC には日本語データシートがありますので詳細説明は省略しますが、4 個の外付けコンデンサだけで 3V 入力で 5V / 50mA の出力が取れますので、DS2711 本体、2 個の LED、及び PNP トランジスタのドライブ電流には充分です。ただし、チャージポンプ式の出力電圧の立ち上がりは遅れますので、D1 でスピードアップして DS2711 の電圧低下検出機能に引っかからないようにしています。また、充電動作中で LED が点灯しているときに 3V の電源をオフにしても、出力コンデンサに貯まっている電荷で、少しの間 LED が点灯し続けます。

Tr1、Tr2、Tr3 それぞれは電流制御用の PNP トランジスタですが、Q1 は設定した充電電流をリニア制御し、Tr2 と Tr3 は交互にオン・オフする電流スイッチです。いずれのトランジスタも大きい耐圧は必要ありませんが、Icmax が 5A (Tr2 と Tr3 は 2A) 以上で Vcesat / 3A が 0.5V 以下のトランジスタ(オン抵抗が低いトランジスタ)を選ぶ必要があります。また、電源電圧を低くして Tr1 での電力損失を抑えています。Tr1 は両方の電池に流れる電流を制御しますので、小さな放熱器を必要とします。Tr2 と Tr3 は表面実装用のトランジスタを使用して、プリント基板に放熱するだけで充分です。

充電電流は R10 (及び R9) で設定し、0.12 の抵抗はピーク電流を約 1A に設定(動作説明にあるとおり実効電流は約 480mA となります。)して、「電池に優しい充電」にしています。回路図ではセンス抵抗 R9 が未接続になっていますが、R10 と並列に接続されますので、両抵抗の並列値で充電電流を設定します。充電電流を増加したい場合は、タイマ時間もそれに依つて短縮します。

R7 と R8 は LED の電流制限用ですが、3mm の LED では 390 Ω で十分です。充電タイマは R12 で設定できますが、この回路では 270 分に設定しています。R11 で電池の直流法によるインピーダンス(直流抵抗)テストのしきい値を決定しますが、推奨値が 75k Ω であるのに対して、この回路では 22k Ω と小さくしています。理由は、3 年以上前に購入した NiCd や NiMH 電池では、異常検出されたり満充電近くで充電が停止したりするからです。市販品ではこのようなことが起こらないので少々困りましたが、逆に考えると、古くなって性能が落ちた電池をふるい分ける機能に使えるかも知れません。異常検出される場合には、R10 を 0.22 Ω 以上に変更して充電電流のピーク値を 500mA 以下にしてください。

10k Ω のサーミスタ 2 個は、基本的にはそれぞれの電池に接触させて配置すべきですので、必要に応じ

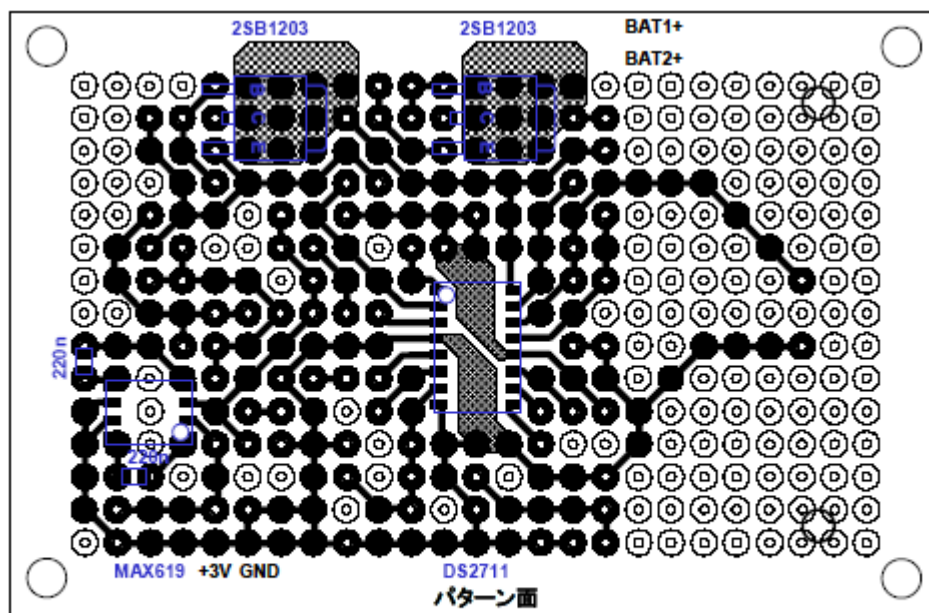
て配置してください。サーミスタが必要ないときには、端子の THM1 と THM2 を接続し、この端子と二個の 10k の抵抗を Vcc と Vss 間に接続してください。R3 と R5 の 10k は、2SB1203 を使用する場合には省略できます。直列構成の充電方式や単 3・単 4 混在の充電方式については DS2711 のデータシートを参照してください。直列構成を採用すると、一方の電池が不良であった場合、一方の放電が他方の放電よりも浅かった場合には、他方の充電も停止します。9 番ピンは無接続にしていますが、Vcc または Vss に接続することで、LED の表示モードを変えることができます。

[使用部品についての注意]

電解コンデンサには低 ESR(等価直列抵抗)品をお勧めします。C3 と C4 にはチップ積層セラミック・コンデンサ使用するとコンパクトに出来ます。また、単 3 の電池ホルダには、ステンレス製のパネ圧が大きいキーストン製のものを選ぶ必要があります。パネ圧が大きい(電池電極との接触抵抗が小さい)ものを使用しないと、充電が異常終了したり充電中に LED が変な点灯の仕方をします。コイルバネ式の製品では電池端子との接触抵抗が大きくて接触が不安定なため、誤動作する可能性があるので使用することは避けてください。電池の極性を間違えて挿入しないようにするために、必ず逆挿入防止リングを付けてください。

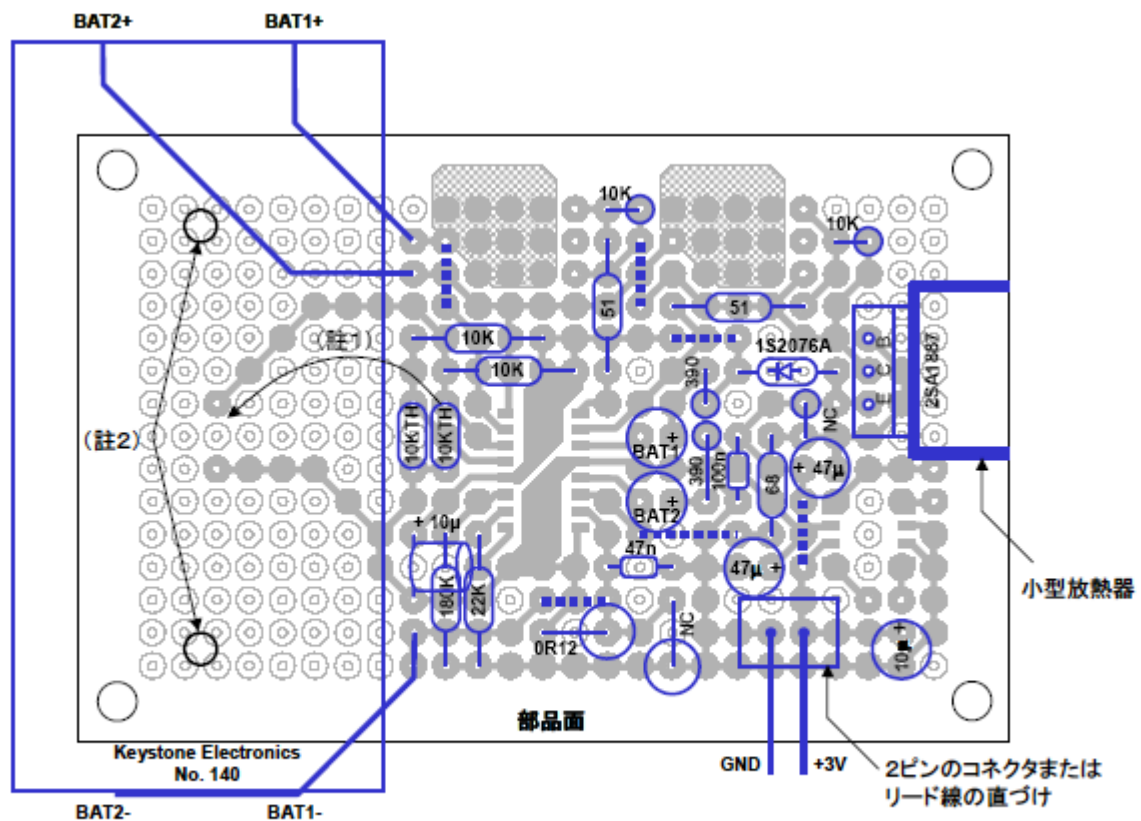
[試作品のパターン図と部品マウント図]

図 4 に試作品パターン図と図 5 に部品マウント図を示します。



- ICの丸印が付いているところが1番ピンです。
- 網がかかったパターン部分は、銅箔テープを切って貼り付けます。
- 220nFのコンデンサは積層セラミックのチップコンデンサですが、リード付のセラミックコンデンサでもかまいません。

図 4 試作品のパターン図 (表面実装部品マウント図)



- (註1) 電池2用のサーミスタを電池2に近接してマウントする場合は、この位置に取り付けますが、電池ホルダーに穴開け加工が必要です。
- (註2) 電池ホルダーの固定用ビス穴2個は、穴あき基板の位置からはずれます。

図5 ラジアル部品マウント図

(註) このアプリケーションノートは、CQ 出版社のトランジスタ技術誌 2005 年 5 月号 (215 頁 ~ 220 頁) に掲載された記事の原稿の抜粋で、著作権者の了解を得ています。