

**SM72238,SM72240,SM72295,SM72375,SM72442,
SM72480,SM72485**

Application Note 2121 SolarMagic SM3320-BATT-EV Charge Controller

Reference Design



Literature Number: JAJA377

SolarMagic® SM3320-BATT-EV

チャージ・コントローラ・ リファレンス・デザイン



はじめに

MPPT デジタル・コントローラ SM72442 と太陽光発電フルブリッジ・ドライバ SM72295 は、太陽光発電アプリケーションでの高効率なDC/DC変換制御を目的に開発されました。本アプリケーション・ノートでは、バッテリー充電アプリケーションにおけるこれらのデバイスの使い方を詳しく説明しています。なお、リファレンス・デザインはさまざまな応用への展開を目的としていますが、本アプリケーション・ノートで説明するリファレンス・デザイン・システムは、特記のない限り、12V 出力の自動車用鉛バッテリーの充電を対象としています。

充電プロファイル

Figure 1 に本リファレンス・デザインで使用する鉛バッテリーの充電プロファイルを示します。

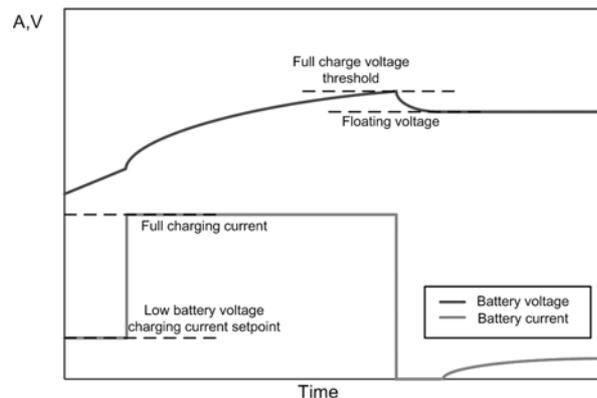


FIGURE 1. Lead-Acid Charging Profile

バッテリー電圧が極めて低いとき、バッテリー電圧があらかじめ設定されたスレッショルド値 V_t を超えるまで予備充電電流が適用されます。スレッショルド値を超えると急速充電電流が適用されます。バッテリー電圧をモニターしてバッテリーの満充電が検出されると、システムはフロート充電に切り替えて、バッテリー電圧が一定の範囲に収まるように維持します。電圧レギュレーションまたは電流レギュレーションに必要な電力よりも利用できる電力のほうが少ない場合は、システムは常にMPPTモードに移行します。

SolarMagic® はナショナル・セミコンダクターの商標です。

National Semiconductor
Application Note 2121
Florent Boico
2011年2月



特長

- 12V 鉛バッテリー
- V_{in} 範囲 = 15V ~ 45V Vmp (50V Voc)
- 最大入力電流: $I_{sc} = 11A$
- 太陽光発電アプリケーションに最適化されたMPPTアルゴリズム
- 最大充電電流 9A
- 逆電流保護
- トリクル充電モードと高速充電モード
- 最高コンバータ効率 98%
- 最大充電電圧 14.2V、フロート充電域電圧 13.5V
- 出力電圧セットポイントを設定可能

セットアップ手順

ステップ 1: 鉛バッテリーの電圧が、10V 超かつ 12V 未満であることを確認します。

ステップ 2: Figure 2 のようにバッテリーを出力端子に接続します。

ステップ 3: Figure 2 のように太陽光発電モジュール (以下 PV モジュール) またはソーラーアレイ・シミュレータを入力端子に接続します。

ステップ 4: バッテリーの充電電流が最大 9A であることを確認します (平均は 9A よりもやや少ない)。

ステップ 5: バッテリーの充電電流が低い場合、入力は PV モジュール・メーカーが規定している最大電力点電圧で動作していることを確認します。

ステップ 6: 充電プロファイルが Figure 1 に示すプロファイルに従っていることを確認します。

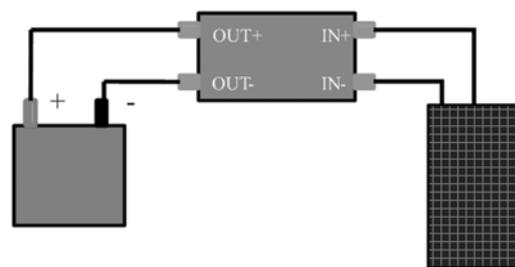


FIGURE 2. System Connection

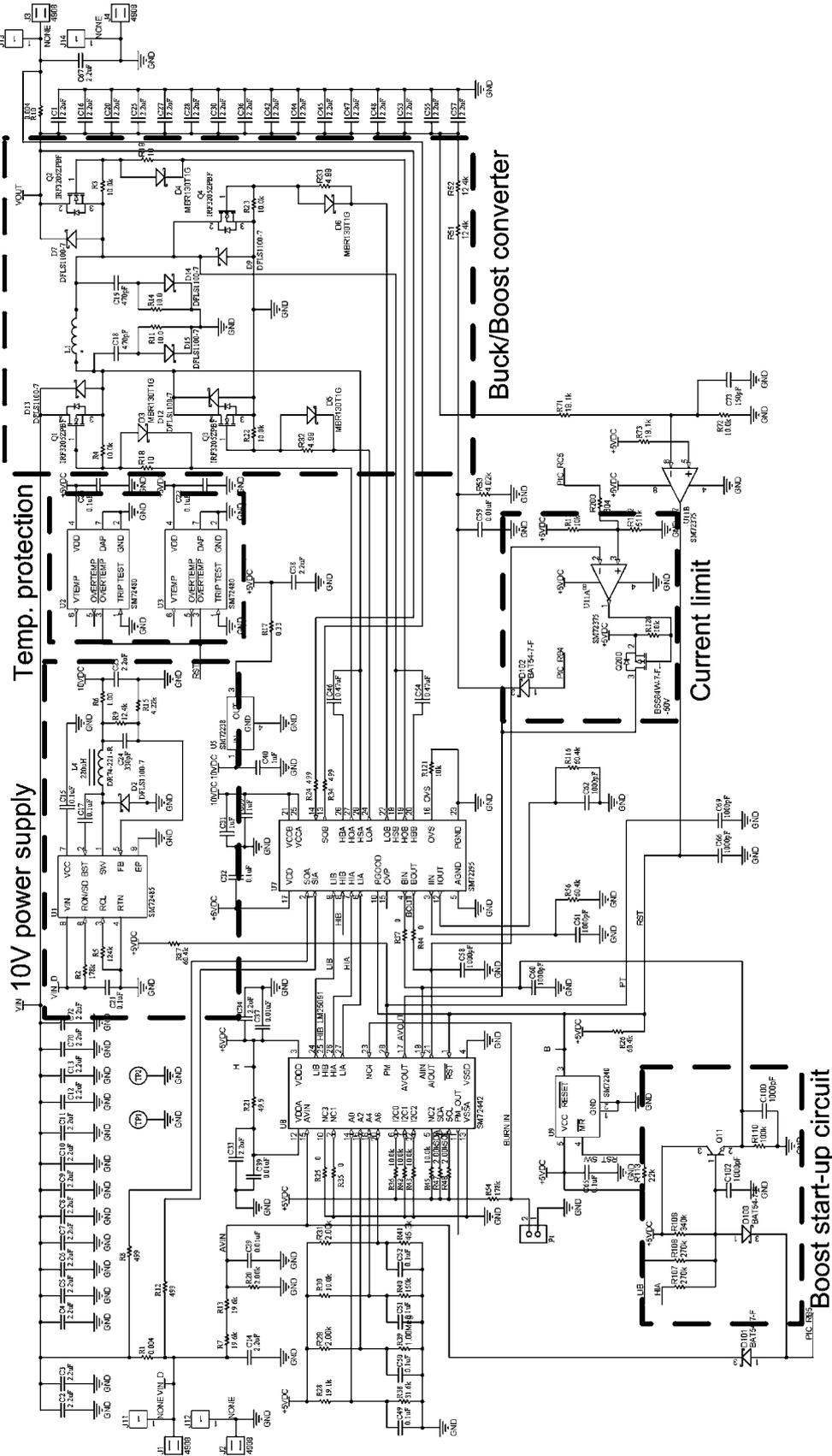


FIGURE 3. Charge Controller System Schematic, Part1

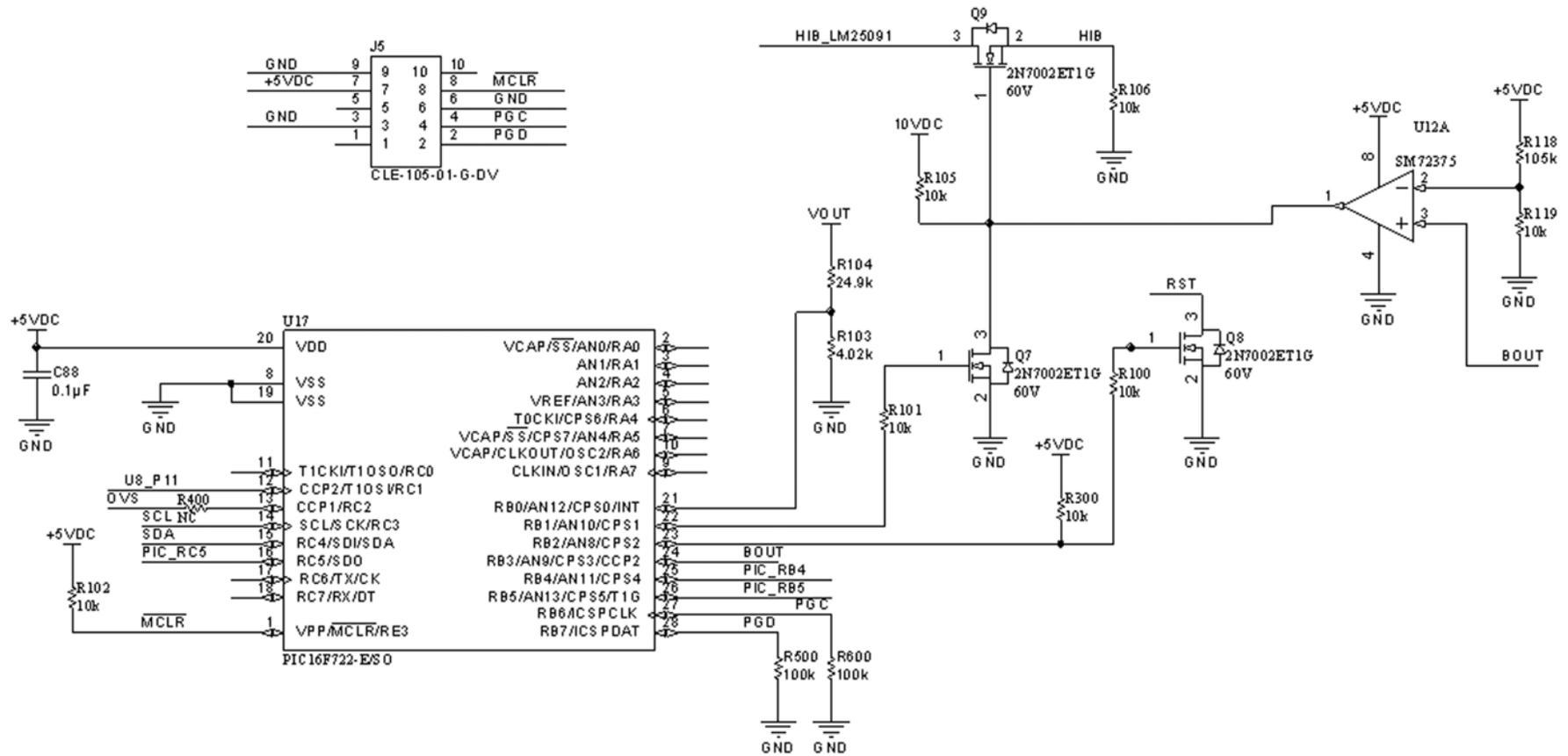


FIGURE 4. Charge Controller System Schematic, Part 2

10V 電源回路ブロック

Figure 3 のうち、フルブリッジ・ドライバ SM72295 のバイアスに必要な 10V 電源レールを供給する回路部分を Figure 5 に示し

ます。この回路は、 V_{mp} の最高が 100V (適切な出力の場合)、最低が 12V の PV モジュールで動作します。

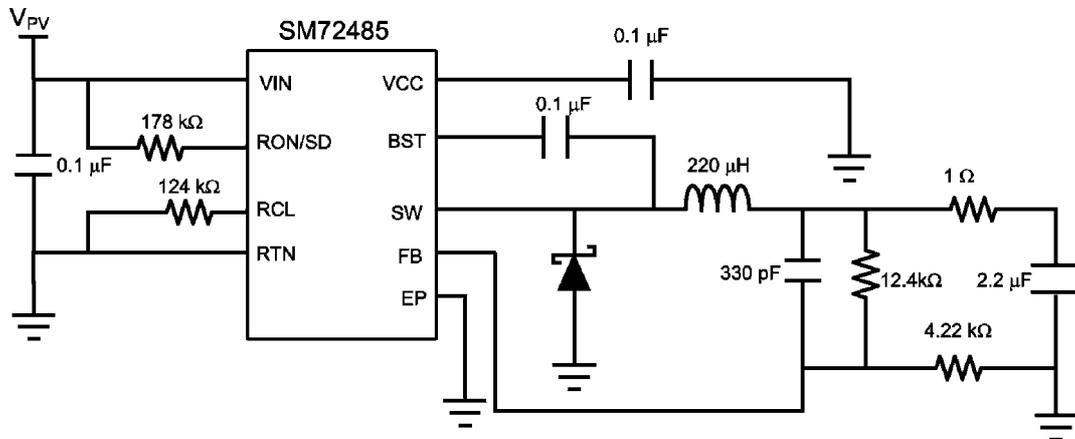


FIGURE 5. 10V Power Supply

降圧 / 昇圧コンバータ・ブロック

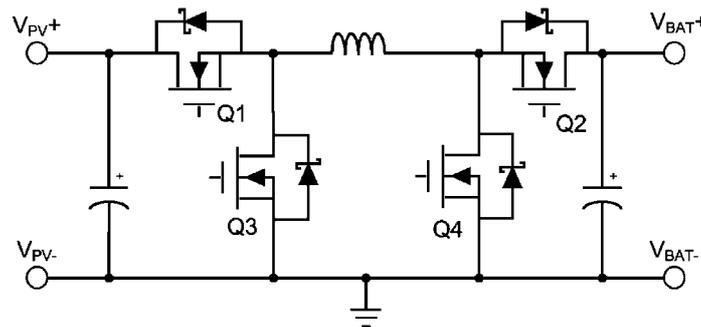


FIGURE 6. DC/DC Converter Stage

Figure 3 の降圧 / 昇圧コンバータ・ブロックは、4 個のスイッチで構成された昇圧 / 降圧 DC/DC コンバータで、回路を Figure 6 に示します。このステージによって PV モジュールからの電力を負荷に伝送します。

Figure 3 のシステム回路図に示す C18、R11、D15 は、コンバータの「降圧」側のスイッチ・ノード上のリップルを抑制するスナバー回路を形成しています。また、C19、R14、D14 は、コンバータの「昇圧」側のスイッチ・ノード上のリップルを抑制するスナバー回路を形成しています。

コンバータ回路が降圧モードで動作しているとき、Q2 用のブートストラップ・コンデンサを再充電するために昇圧スイッチ・ノードからは低い周波数の弱いパルスが出力されます。同様に昇圧モードでは、Q1 用のブートストラップ・コンデンサを再充電するパルスが降圧スイッチ・ノードから出力されます。

DC/DC コンバータの具体的なデザインガイドラインはパワー・オプティマイザのアプリケーション・ノート AN-2124 「SolarMagic® SM3320 の電源回路の設計」に記載されています。

スイッチに関連する具体的なタイミングは SM72442 と SM72295 のデータシートに記載されています。DC/DC コンバータ回路ブロックのスイッチング信号の波形の例を Figure 7 から Figure 10 に示します。

システムが高い電力レベルで動作すると MOSFET Q1、Q2、Q3、または Q4 の温度上昇を招くことがあります。そのため、特に周囲温度が高い場合は、MOSFET に適切なヒートシンクを使用してください。ただしヒートシンクを使う場合は、MOSFET のドレインどうしが電氣的に接続しないように注意してください。

降圧 / 昇圧コンバータ・ブロック (つづき)

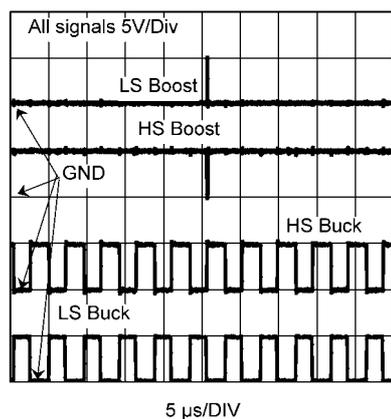


FIGURE 7. Buck Gate Drive Signals From SM72442

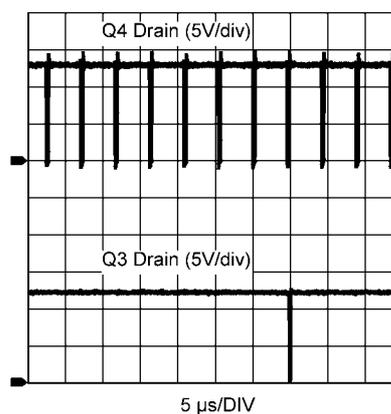


FIGURE 10. Switch Nodes in Boost Mode

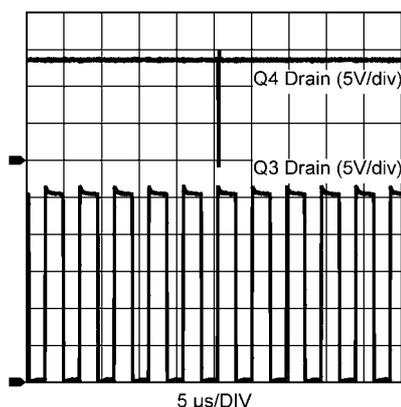


FIGURE 8. Switch Nodes in Buck Mode

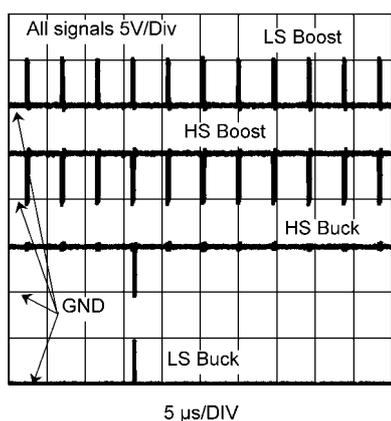


FIGURE 9. Boost Gate Drive Signals From SM72442

モードとゲインの設定

出力電圧センスピン AVOUT に接続された分圧回路は、出力電圧を高い分解能で設定する役割と、SM72442 とマイクロコントローラに安全な電圧 (<5V) を与える役割を担っています。リファレンス・デザインでは、フルスケールが 30V となるように、デフォルトの抵抗値を選択しています。

リファレンス・デザインでは SM72442 のモードを以下のように設定しています (Figure 3 の抵抗設定による)。

VADC2 = 4.99V (>4.69V 昇降圧モードで4秒間の50%=2秒間)

VADC6 = 4.79V (>4.69V 0mA からのスタートアップ)

VADC0 = 3.12V。この値によって初期出力電圧リミットは 22V に設定されます。なおこのリミット電圧は、コントローラがバッテリーの充電を始める前であれば、I²C を介してマイクロコントローラから変更可能です。

VADC4 = 4.99V (>4.69V)。電流制限は外部によって行われ、最大電流リミットはフルスケールに設定されます。

電流センスゲインとオフセット

電流センス回路のゲインはアプリケーションに応じて設定します。リファレンス・デザインではゲイン $4\text{m}\Omega \times 60.4\text{k}\Omega \div 499\Omega = 0.48\text{V/A}$ として設定しています。SM72295 のデータシートに記載されているように、ゲインは出力 IOOUT (12ピン) と IIN (3ピン) のプルダウン抵抗で設定します。

スタートアップ回路

PV モジュール電圧がバッテリー電圧よりも低い場合、バッテリーへの電流フローの生成に十分なだけのデューティ・サイクルを強制的に発生させるスタートアップ回路が必要になります。電流がいったん流れれば、MPPT 動作を実行するために、スタートアップ回路をオフにしても構いません。

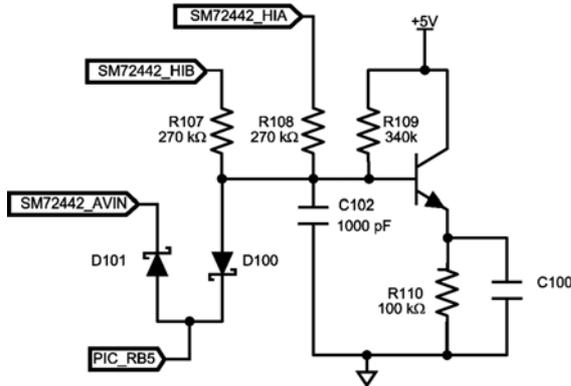


FIGURE 11. Start-Up Boost Circuitry

スタートアップ回路が有効のとき、デューティ・サイクルは 1ms おきに最大値へと増加していきます。ただし、SM72442 に内蔵された出力電圧リミッタによって、デューティ・サイクルが制限されることには変わりはありません。

スタートアップ回路は D101 のアノードと D100 のカソードのノードが 5V のときオンになります。このノードが 0V の場合、スタートアップ回路はディスエーブルになります。

適切な MPPT 動作を行うには、バッテリーに電流が流れ始めた 5ms 後に、スタートアップ回路をディスエーブルにしなければなりません。

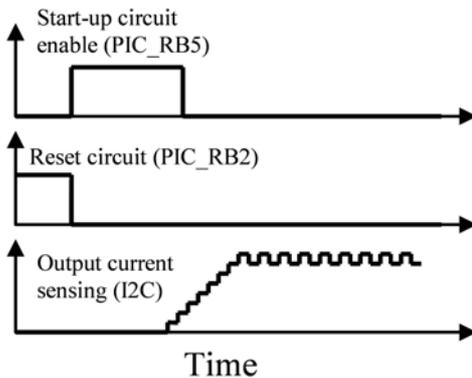


FIGURE 12. Start-up Circuit Timing Diagram

理由によらず (日射不足あるいはリセットなど) 電流がゼロに低下すると、Figure 12 に示すタイミング図に従って、スタートアップ回路が再び動作します。

スタートアップ回路はメイン降圧スイッチ (Q1) とメイン昇圧スイッチ (Q4) のゲート電圧の平均値をセンスしています。この電圧値は SM72442 の入力電流センスピンにフィードバックされます。同時に SM72442 の入力電圧センスピンには 4.4V の一定電圧が与えられます。つまり SM72442 は、デューティ・サイクルが大きくなったときに増加し、デューティ・サイクルが小さくなったときに減少する仮想電力を測定することになります。SM72442 は仮想電力に追従してコンバータのデューティ・サイクルを連続的に増加させます。スタートアップ回路がディスエーブルされているときは、実際の入力電圧と入力電流が SM72442 の電圧センスピンと電流センスピンに与えられて、通常の MPPT 動作を実行します。

PV モジュール電圧がバッテリー電圧よりも低い場合に見込まれる波形を Figure 13 に示します。この例で、PVモジュールの V_{mp} は 3A 出力のとき 12V、バッテリー電圧は 25V です。Figure 13 のバッテリー電流を拡大した波形を Figure 14 に示します。

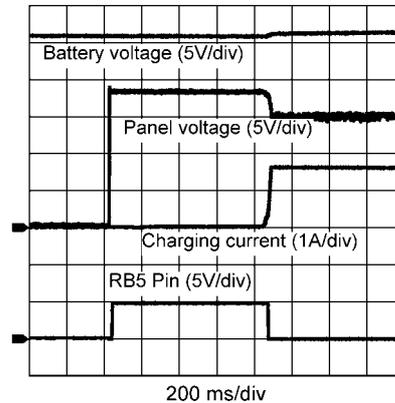


FIGURE 13. Start-up $V_{\text{Panel}} < V_{\text{Batt}}$

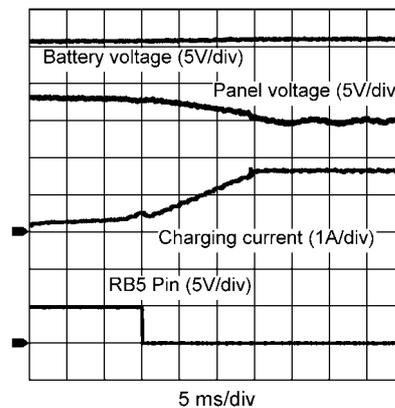


FIGURE 14. Start-up Detail of Battery Current

Note: システムの昇圧機能とスタートアップ機能を説明するために、Figure 13 と Figure 14 に示す例では、24V バッテリーで動作するようにリファレンス・デザインを変更しています。

出力 FET のディスエーブル

Figure 4 に示す Q9 は上側の出力 FET Q2 をターンオンしないように維持する役割を担っています。その代わり電力は並列ダイオード D7 を伝わります。この回路はバッテリーが PV モジュールを介して放電しないようにするための措置です。Q2 はマイクロコントローラまたは出力電流センスに接続されたコンパレータ (U12A) を使ってディスエーブルが可能です。電流がスレッシュホールド値を下回ると Q2 はディスエーブルされます。スレッシュホールドはデフォルトで 1A に設定されています。

出力電流のレギュレーション

電流レギュレーションはコンパレータ (U11A) によって行われます。電流のリミット値はマイクロコントローラのピン設定によって小電流値または大電流値を切り替えます。マイクロコントローラの RC5 (16 ピン) をハイ・インピーダンスにすると大電流リミットが設定され、RC5 ピンを 0V に設定すると小電流リミットが設定されます。

リファレンス・デザインでは大電流リミットを 9A に設定し、小電流リミットを 0.5A に設定しています。

電圧レギュレーション

電圧レギュレーションは SM72442 の内部で行われます。初期出力電圧はピン A0 を介して設定します (0 ~ 5V)。なお出力電圧を変更するには、I²C インタフェースを介して SM72442 のレジスタ Reg3 のビット [20:29] を所望の電圧セットポイント値に設定した後、レジスタ Reg3 のビット [46] に 1 を設定します。

Figure 15 にバッテリー電圧が 13.5V の場合の電圧レギュレーション波形を示します。

$$V_{\text{setpoint}} = \frac{\text{Reg3}[29:20]}{1024} \times V_{\text{DDA}} \times \frac{R_{51} + R_{52} + R_{53}}{R_{53}}$$

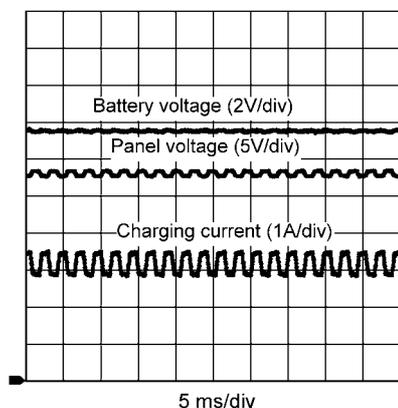


FIGURE 15. Charging Waveforms During Float

レギュレート出力を R71 と R72 で分圧した電圧が設定電圧を超えた場合、コンパレータ (U11B) によって SM72442 はリセットされ、DC/DC コンバータはシャットダウンされます。リファレンス・デザインではコンパレータの負入力が 5V を超えるとコントローラ SM72442 をリセットするようになります。R71 と R72 のデフォルトの抵抗値はバッテリー電圧としては 14.6V に相当します。

MPPT

リファレンス・デザインでは SM72442 に実装されている「山登り法 (Perturb and Observe)」アルゴリズムを使って MPPT 機能を実現しています。MPPT とは、PV モジュールの特性にかかわらず、取り出せる最大の電力を PV モジュールから取り出してバッテリーに与えるというアルゴリズムです。バッテリー電圧によらず、PV モジュールの出力電力が MPPT アルゴリズムによって一定に維持されているときの PV モジュールの出力電圧の様子を、Figure 16 ~ 17 に示します。

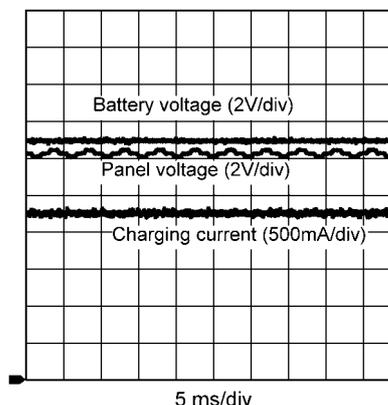


FIGURE 16. Battery Charging with $V_{\text{Panel}} < V_{\text{Battery}}$ (Boost)

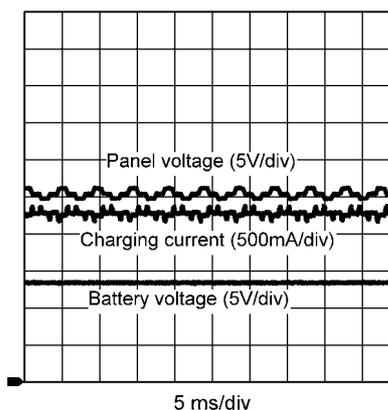


FIGURE 17. Battery Charging with $V_{\text{Panel}} > V_{\text{Battery}}$ (Buck)

マイクロコントローラの機能

充電プロファイルは Microchip Technologies の PIC16F722 マイクロコントローラを使ってリファレンス・デザインに実装されています。

通常動作

所望の充電パターンを実現するマイクロコントローラのフローチャートを Figure 18 に示します。

以下の機能を実装するためにフローチャートやプログラムを変更することは難しくありません。

- 温度に応じたスレッシュホールドの変更 (バッテリ温度情報が利用できるとき)
- バッテリにできるだけ多くのエネルギーを蓄えるために、フロート充電に切り替える前に、ある時間にわたって高めの電圧スレッシュホールドを維持するタイマーを実装
- フロート充電期間中のパルス充電

マイクロコントローラは 10 ピンの CLE-105 コネクタ (J5) を介してプログラミングします。コネクタのピン配置は次のとおりです。

- 1: NC (接続なし)
- 2: PGD/ICSPDAT
- 3: GND
- 4: PGC/ICSPCLK
- 5: NC
- 6: GND
- 7: +5Vdc
- 8: MCLR
- 9: GND
- 10: NC

マイクロコントローラ PIC16F ファミリのプログラミングとデバッグ方法については Microchip Technologies のウェブサイトを参照してください。

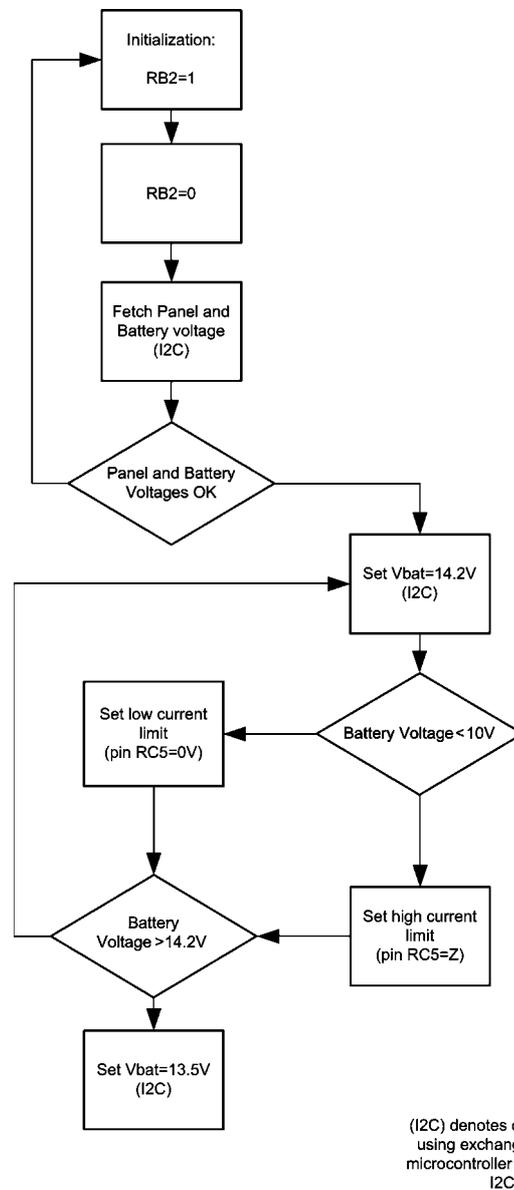


FIGURE 18. Basic Operational Flowchart

マイクロコントローラの機能 (つづき)

スタートアップ動作

マイクロコントローラはスタートアップ時に PV モジュール電圧とバッテリー電圧を調べ、それぞれが適切に接続されているとともに、電圧が適切な範囲に入っていることを確認します。PV モジュール電圧とバッテリー電圧が規定範囲内にある場合、マイクロコントローラは SM72442 の RESET 信号を解放して充電動作をイネーブルにします。なお、任意の時点でスタートアップ動作が必要な場合は、マイクロコントローラの RB5 出力を「1」(5V)に設定すればスタートアップ回路がターンオンします(実際のアプリケーションが 5V 未満の電圧で動作するマイクロコントローラを使用すると、5V へのレベルシフト回路が必要になる場合があります)。

バッテリーに充電電流が流れ始めると、スタートアップ回路は切り離されます。

スタートアップ回路が有効な間は、I²C を経由して PV モジュールの電流値と電圧値を読み取れません。対応するレジスタは読めますが、値は正しくありません。

安全機能

充電回路の出力電圧が 14.5V を超えたとき、または 8V を下回ったとき、バッテリーの充電を停止するようにマイクロコントローラはデフォルトでプログラムされています。

マイクロコントローラのプログラムコード

Figure 19 のフローチャートはマイクロコントローラ内部にプログラミングされているコードを表しています。

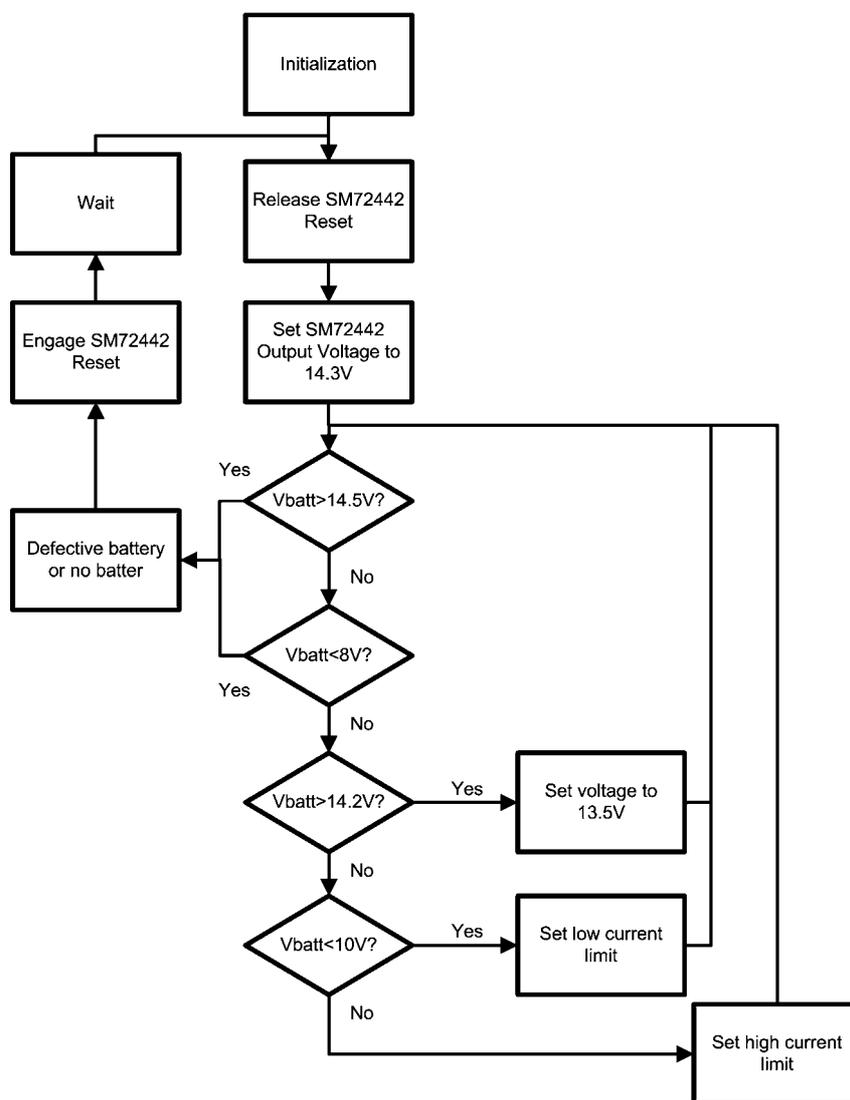


FIGURE 19. Microcontroller Code Flowchart

Check_Lead_Acid() 関数は、検出したバッテリー電圧に従って、バッテリーの状態に応じた値を返します。Main() 関数はこの値に従って適切な動作を実行します。このほか、I²C のドライバ関数やローレベルのポートセットアップ関数を使用しています。

マイクロコントローラのプログラムコード (つづき)

Check_Lead_Acid() 関数

マイクロコントローラの A/D コンバータを介してバッテリー電圧をセンスする関数です。こちらの A/D コンバータを使う理由は、ハードウェア電流制限回路が、SM72442 の電圧センスラインをいじるためです。すなわち、システムが大電流モードで動作しているとき、SM72442 がセンスしている電圧はバッテリー電圧そのものとは異なります。電力の制限機能を備えた PV モジュールなど電流リミット機能を必要としない場合は、マイクロコントローラの A/D コンバータを使うのではなく、I²C を介して SM72442 から読み出される値を元に Check_Lead_Acid() 関数を実装しても構いません。

この関数はバッテリー電圧をセンスしてバッテリーの状態に応じた対応する 8 ビット値を返します。

- 0 : 変化なし
- 1 : バッテリーは満充電状態電圧に到達した。
- 2 : バッテリー電圧が低い。
- 3 : バッテリー電圧が過度に低下、またはバッテリーが故障または取り外された。
- 4 : バッテリー電圧が許容値を超えている : バッテリーが故障または取り外された。
- 5 : バッテリー電圧が 13.6V 以上に到達した。この状態は一般に降圧コンバータのデューティ・サイクルの小さい側の制約によるものです。バッテリーを極めて長い時間にわたってフロート充電状態に置いたとき、コンバータはバッテリーに微小電流を注入し続けるため、バッテリー電圧が所望のフロート充電電圧範囲よりも高くなってしまふ可能性があります。
- 6 : バッテリー電圧が許容範囲に復帰した。

5 と 6 の状態は、バッテリー電圧がフロート充電に切り替わる 13.5V に到達した後のバッテリーの充電状態に対応します。この関数が「5」を返した場合、プログラムはバッテリーへの充電を完全に停止します (マイクロコントローラの RB2 ビットをセットして SM72442 にリセットを発行)。この関数が「6」を返した場合、プログラムは SM72442 のリセットを解除し、バッテリーへのフロート充電を再び有効にします。

Main() 関数

Main() 関数は変数とレジスタを初期化するだけの Init() 関数をコールします。次に、SM72442 がセンスした電圧値と電流値を I²C を介して読み取る (Get_i2c_data() 関数をコール) 無限 while ループに入ります。Main() 関数はループ内で Check_Lead_Acid() 関数をコールして、まず電流値に応じたスタートアップ回路制御を行い (Check_low_current() 関数をコール)、次にバッテリー電圧に応じた戻り値を得て、その値を使ってシステムの振る舞いを制御します。Check_Lead_Acid() 関数の戻り値と Main() 関数の動作の対応を以下に示します。

- 1 (バッテリーが満充電) : I²C を介してフロート充電電圧セットポイントを SM72442 に送出します。
- 2 (バッテリーが過放電) : 予備充電を適用します。

3 (バッテリー電圧が低すぎる) : SM72442 をリセットモードに維持 (マイクロコントローラの RB2 ビットをセット) してシステムをシャットダウンします。

4 (バッテリー電圧が高すぎる) : SM72442 をリセットモードに維持 (マイクロコントローラの RB2 ビットをセット) してシステムをシャットダウンします。

5 (バッテリー電圧がフロート電圧よりもわずかに高い) : SM72442 をリセットモードに維持 (マイクロコントローラの RB2 ビットをセット) してシステムをシャットダウンするとともに、ヒステリシスフラグをセットします。

6 (ヒステリシスフラグがセットされた状態でバッテリー電圧が 13V を下回った) : SM72442 を再びイネーブルにするとともに、ヒステリシスフラグをリセットします。

また Main() 関数は、while ループの繰り返しごとにウォッチドッグタイマをリセットします。

Get_i2c_data() 関数

SM72442 の AIIN (19 ピン)、AVIN (15 ピン)、AIOOUT (21 ピン)、AVOOUT (17 ピン) 各ピンのサンプリングされた電圧を読み取る関数です。データは I²C チャネルを介して取り込まれます。この関数は符号なし 16 ビット整数の配列であるグローバル変数 outval を更新します。データはアレイ内整数のそれぞれ 10 ビットのみを使用します (フルスケールが 1023)。

- outval[0] = 入力電流
- outval[1] = 入力電圧
- outval[2] = 出力電流
- outval[3] = 出力電圧

Send_i2c_command(char number) 関数

I²C コミュニケーションストリングを SM72442 に送信する関数です。送信する各バイトはグローバルアレイ i2c_buffer に格納されています。引数 number は i2c_buffer から送信するバイト数を指定します (i2c_buffer[0] から開始)。詳しいプロトコルについては、SM72442 のデータシートや、I²C スタンダードと SMBus スタンダードに関するドキュメントを参照してください。この関数は SM72442 の電圧リミットの設定を主な目的としています。

Set_Vout_max() 関数

Main() 関数が設定した voutmax 変数を読み出して、I²C コマンドを使って SM72442 にレギュレート電圧を設定する関数です。

Check_low_current() 関数

Main() 関数からコールされる関数で、電流がゼロに近いときにスタートアップ回路をイネーブルにしてコンバータのデューティ・サイクルを増加させる関数です。

次ページの Figure 20 にプログラムの相関を示します (関数から出ている矢印は関数コールを表します)。

マイクロコントローラのプログラムコード (つづき)

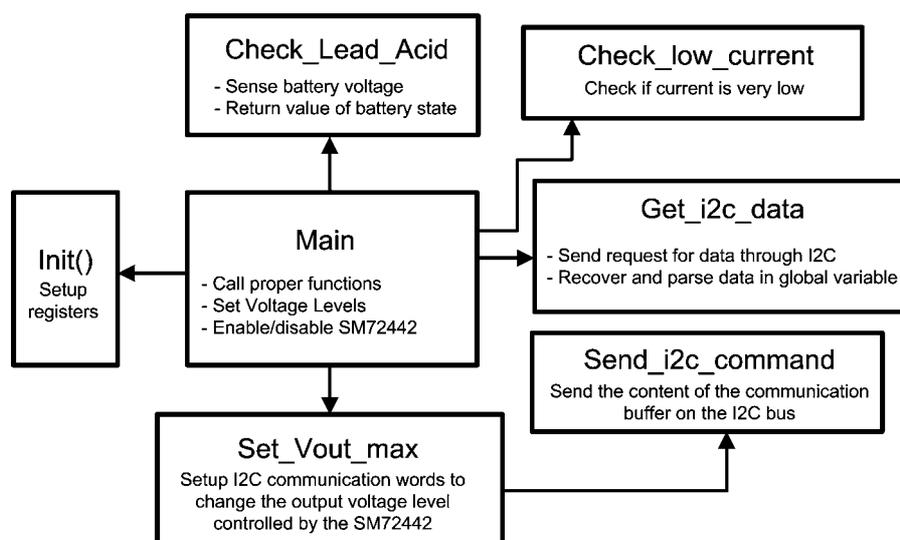


FIGURE 20. Microcontroller Code Block Diagram

リチウムイオン・バッテリーの充電

リファレンスシステムとして取り上げた評価ボードは鉛バッテリーを対象に設計されていますが、ハードウェアとソフトウェアの両方を変更すればリチウムイオン・バッテリーにも対応可能です。ボードをリチウムイオン・バッテリーに対応させるには以下の手順に従ってください。

1. 電圧センス抵抗 R103、R104、R51、R52、R53 と、OVP 抵抗 R71、R72 を、それぞれ適切な値に変更します。このようなアプリケーションではセンス電圧の分解能をできるだけ高めることが重要であり、バッテリー電圧の上限値にできるだけ近い値をフルスケール電圧の上限値として設定する必要があります。また、OVP 回路の電圧レベルはバッテリーが満充電状態のときにはトリガしないように、ただし、満充電状態よりも電圧がわずかに高いときにはトリガするように設定する必要があります。

R103 と R104 はマイクロコントローラ入力ピンの電圧を設定します。マイクロコントローラの入力における電圧は、

$$V_{A12} = V_{BAT} \times \frac{R_{103}}{R_{103} + R_{104}}$$

分解能をできるだけ高めるために、見込まれるバッテリー電圧の上限値によって 5V に近い電圧 (ただし測定の飽和を防ぐために 5V 未満) が生成されるように、R103 と R104 を選択してください。

R51、R52、R53 は SM72442 の電圧測定用抵抗で、同様に変更が必要です。

$$V_{AVOUT} = V_{BAT} \times \frac{R_{53}}{R_{51} + R_{52} + R_{53}}$$

R21 はゼロ Ω に変更します (短絡)。値が決まったら、I²C を介して適切なスレッシュホールド値を SM72442 に設定します。SM72442 の AVOUT 入力での $V_{AVOUT} = 5V$ のときに最高電圧 (0x3FF) です。最後にオーバー・ボルテージ保護を以下のように変更します。

$$V_{HARD_OVP} = V_{BAT} \times \frac{R_{72}}{R_{71} + R_{72}}$$

OVP レベルを $V_{HARD_OVP} = 5V$ として設定します。

2. 適切な電圧セットポイントと充電曲線をマイクロコントローラにプログラムします。電圧リミットの初期値は R28 と R38 で設定されます。このときの電圧リミット・セットポイントは $AVOUT = A0$ です。I²C を介して設定を上書きすると、以降は A0 の電圧は使用されません。つまり、抵抗 R28 と R38 で値を設定する方法と、SM72442 のリセット後または電源印加後にマイクロコントローラから I²C を介して SM72442 にプログラミングする方法のいずれかが使えます。
3. バッテリーのモデルによっては電流制限が必要であり、その場合は電流リミットを適切に設定します。U11A の 3 ピンの電圧が 2 ピンの電圧と等しくなったところが電流リミットです。そのため、R111 と R112 を適切に選択します。
4. リチウムイオン・バッテリーの充電制御プロファイルに対応するようにソフトウェアを変更します。バッテリー電圧のセットポイントは、ソフトウェアの介入を必要としないように上述のように抵抗を用いて設定するか、鉛バッテリーと同様に I²C インタフェースを介してマイクロコントローラによって設定します。
5. 最後に、リチウムイオン・バッテリーが満充電状態になったときに充電をカットオフするようにソフトウェアを変更します。バッテリーの電圧が満充電電圧に到達し、かつ、充電電流が 500mA 以下 (バッテリーによって異なります) に低下した場合、バッテリーを満充電と見なして充電をカットオフします (満充電となったリチウムイオンバッテリーにトリクル充電を行ってはなりません)。ただし日射不足の状態など、通常の充電中であっても充電電流が 500mA を下回る場合があるため注意が必要です。そのため、バッテリー電圧が満充電電圧で、かつ、電流が設定したスレッシュホールドを下回ったときのみ、充電カットオフを行うようにプログラムする必要があります。

リチウムイオン・バッテリーの充電 (つづき)

Figure 21 にリチウムイオン・バッテリーの代表的な充電プロファイルを示します。

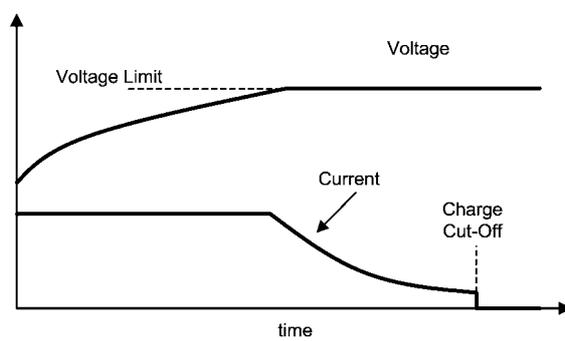


FIGURE 21. Li-ion Charge Profile

部品表

| Item | Designator | Description | Manufacturer | Part Number | Qty |
|------|---|---|-------------------------|----------------------------------|-----|
| 1 | U17 | Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontroller, 2K (x14-Bit words) Program Memory, 128 Bytes Data Memory, 25 I/O pins, 28-Pin SOIC, Standard VDD Range, Extended Temperature | Microchip Technology | PIC16F722-E/SS or PIC16F722-I/SS | 1 |
| 2 | C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C16, C20, C25, C27, C28, C30, C36, C42, C44, C45, C47, C48, C53, C55, C57, C67, C70, C72 | Ceramic, X7R, 50V, 10% | MuRata | C3225X7R1H225k/2.50 | 32 |
| 3 | C15, C17, C22, C26, C32, C49, C50, C51, C52, C65 | Ceramic, X7R, 25V, 10% | MuRata | GRM188R71E104KA01 D | 10 |
| 4 | C18, C19 | Ceramic, C0G/NP0, 100V, 5% | AVX | 08051A471JAT2A | 2 |
| 5 | C21 | Ceramic, X7R, 100V, 10% | Taiyo Yuden | HMK212B7104KG-T | 1 |
| 6 | C23, C33, C34, C38 | Ceramic, X7R, 16V, 10% | Taiyo Yuden | EMK212B7225KG-T | 4 |
| 7 | C24 | Ceramic, X7R, 50V, 10% | MuRata | GRM188R71H331KA01 D | 1 |
| 8 | C29, C37, C39, C59 | Ceramic, X7R, 100V, 20% | AVX | 06031C103MAT2A | 4 |
| 9 | C31, C35, C40 | Ceramic, X7R, 16V, 10% | Taiyo Yuden | EMK212B7105KG-T | 3 |
| 10 | C46, C54 | Ceramic, X7R, 16V, 10% | AVX | 0805YC474KAT2A | 2 |
| 11 | C58, C60, C61, C62, C66, C69 | Ceramic, C0G/NP0, 100V, 5% | TDK | C1608C0G2A102J | 6 |
| 12 | C73 | Ceramic, C0G/NP0, 50V, 5% | TDK | C1608C0G1H151J | 1 |
| 13 | C88 | CAP, CERM, 0.1uF, 25V, +/-5%, X7R, 0603 | AVX | 06033C104JAT2A | 1 |
| 14 | C100, C102 | CAP, CERM, 1000pF, 100V, +/-10%, X8R, 0603 | TDK | C1608X8R2A102K | 2 |
| 15 | C101 | CAP, CERM, 0.1uF, 16V, +/-5%, X7R, 0603 | AVX | 0603YC104JAT2A | 1 |
| 16 | D2, D7, D9, D12, D13, D14, D15 | Vr = 100V, Io = 1A, Vf = 0.77V | Diodes Inc. | DFLS1100-7 | 7 |
| 17 | D3, D4, D5, D6 | Vr = 30V, Io = 1A, Vf = 0.47V | ON Semiconductor | MBR130T1G | 4 |
| 18 | D100, D101 | Vr = 30V, Io = 0.2A, Vf = 0.65V | Diodes Inc. | BAT54-7-F | 2 |
| 20 | J1, J2, J3, J4 | PC Quick-Fit 0.250 Tab | Keystone | 4908 | 4 |
| 21 | J5 | CONN RCPT 10POS .8MM DL GOLD SMD | SAMTEC | CLE-105-01-G-DV | 1 |
| 22 | J11, J12, J13, J14 | 200 mill pad with 165 mill hole | NONE | NONE | 4 |
| 23 | L4 | Shielded Drum Core, 0.56A, 0.907 Ohm | Coiltronics | DR74-221-R | 1 |
| 24 | P1 | Header, TH, 100mil, 1x2, Tin plated, 230 mil above insulator | Samtec Inc. | TSW-102-07-T-S | 1 |
| 25 | Q1, Q2, Q3, Q4 | 40A, 53nC, rDS(on) @ 4.5V = 0.018 Ohm | International Rectifier | IRF3205ZPBF | 4 |
| 26 | Q7, Q8, Q9 | 0.26A, 0.81nC, rDS(on) @ 4.5V = 3 | ON Semiconductor | 2N7002ET1G | 3 |
| 27 | Q11 | Transistor, NPN, 40V, 0.15A, SOT-23 | Diodes Inc. | MMBT4401-7-F | 1 |
| 28 | Q200 | MOSFET, P-CH, -50V, -130A, SOT-323 | Diodes Inc. | BSS84W-7-F | 1 |
| 29 | R1, R10 | 1%, 2W | Stackpole | CSNL 2 0.004 1% R | 2 |
| 30 | R2, R54 | 1%, 0.125W | Vishay-Dale | CRCW0805178kFKEA | 2 |

部品表 (つづき)

| Item | Designator | Description | Manufacturer | Part Number | Qty |
|------|--|--|------------------------|------------------|-----|
| 31 | R3, R4, R22, R23, R30, R36, R42, R43, R45, R72, R100, R101, R102, R105, R106, R111, R119, R120, R121, R300, R400 | 1%, 0.1W | Vishay-Dale | CRCW060310k0FKEA | 21 |
| 32 | R5 | 1%, 0.1W | Vishay-Dale | CRCW0603124kFKEA | 1 |
| 33 | R6 | 1%, 0.125W | Vishay-Dale | CRCW08051R00FNEA | 1 |
| 34 | R7, R13 | 1%, 0.25W | Vishay-Dale | CRCW120619k6FKEA | 2 |
| 35 | R8, R12, R24, R34 | 1%, 0.1W | Vishay-Dale | CRCW0603499RFKEA | 4 |
| 36 | R9 | 1%, 0.1W | Vishay-Dale | CRCW060312k4FKEA | 1 |
| 37 | R11, R14 | 1%, 1W | Vishay-Dale | CRCW121810R0FKEK | 2 |
| 38 | R15 | 1%, 0.1W | Vishay-Dale | CRCW06034k22FKEA | 1 |
| 39 | R17 | 1%, 0.1W | Panasonic | ERJ-3RQFR33V | 1 |
| 40 | R18, R19 | RES, 10 ohm, 5%, 0.125W, 0805 | Vishay-Dale | CRCW080510R0JNEA | 2 |
| 41 | R20, R29, R31, R47, R48 | 1%, 0.1W, RES, 2.00k ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Vishay-Dale | CRCW06032k00FKEA | 5 |
| 42 | R21 | 1%, 0.1W | Vishay-Dale | CRCW060349R9FKEA | 1 |
| 43 | R25, R35, R37, R44 | 5%, 0.1W | Vishay-Dale | CRCW06030000Z0EA | 4 |
| 44 | R26, R56, R87, R116 | 1%, 0.1W | Vishay-Dale | CRCW060360k4FKEA | 4 |
| 45 | R71, R73 | 1%, 0.1W, RES, 19.1k ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Vishay-Dale | CRCW060319k1FKEA | 3 |
| 46 | R32, R33 | RES, 4.99 ohm, 1%, 0.125W, 0805 | Vishay-Dale | CRCW08054R99FNEA | 2 |
| 47 | R38 | 1%, 0.1W | Vishay-Dale | CRCW060331k6FKEA | 1 |
| 48 | R39 | RES, 1.00Meg ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Vishay-Dale | CRCW06031M00FKEA | 1 |
| 49 | R40 | 1%, 0.1W | Vishay-Dale | CRCW0603150kFKEA | 1 |
| 50 | R41 | RES, 45.3k ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Vishay-Dale | CRCW060345K3FKEA | 1 |
| 51 | R51, R52 | RES, 12.4k ohm, 1%, 0.25W, 1206 | Vishay-Dale | CRCW120612K4FKEA | 2 |
| 52 | R53, R103 | RES, 4.02k ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Vishay-Dale | CRCW06034K02FKEA | 2 |
| 54 | R104 | RES, 24.9k ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Vishay-Dale | CRCW060324K9FKEA | 1 |
| 55 | R107, R108 | RES, 270k ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Yageo America | RC0603FR-07270KL | 2 |
| 56 | R109 | RES, 340k ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Yageo America | RC0603FR-07340KL | 1 |
| 57 | R110, R122 | RES, 100k ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Yageo America | RC0603FR-07100KL | 2 |
| 58 | R112 | RES, 511k ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Vishay-Dale | CRCW0603511KFKEA | 1 |
| 59 | R113, R117 | RES, 22k ohm, 5%, 0.1W, 0603 | Vishay-Dale | CRCW060322K0JNEA | 2 |
| 61 | R118 | RES, 105k ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Vishay-Dale | CRCW0603105KFKEA | 1 |
| 62 | R200 | RES, 604 ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Vishay-Dale | CRCW0603604RFKEA | 1 |
| 63 | R500, R600 | RES, 100k ohm, 1%, 0.1W, 0603 | Vishay-Dale | CRCW0603100KFKEA | 2 |
| 64 | TP1, TP2 | Test Point, SMT, Miniature | Keystone Electronics | 5015 | 2 |
| 65 | U1 | 150 mA, 100V Step-Down Switching Regulator | National Semiconductor | SM72485 | 1 |
| 66 | U2, U3 | 1.6V, LLP-6 Factory Preset Temperature Switch and Temperature Sensor | National Semiconductor | SM72480 | 2 |
| 67 | U5 | Series of Adjustable Micropower Voltage Regulators | National Semiconductor | SM72238 | 1 |
| 68 | U7 | Driver | National Semiconductor | SM72295 | 1 |
| 69 | U8 | Digital Controller | National Semiconductor | SM72442 | 1 |
| 70 | U9 | 5-Pin Microprocessor Reset Circuits | National Semiconductor | SM72240 | 1 |

部品表 (つづき)

| Item | Designator | Description | Manufacturer | Part Number | Qty |
|------|------------|--|------------------------|--------------|-----|
| 71 | U11, U12 | Dual Micro-Power Rail-to-Rail Input CMOS Comparator with Open Drain Output | National Semiconductor | SM72375 | 2 |
| 72 | L1 | Inductor 2 uH EFD-30 core | PULSE | PA2965-203NL | 1 |

このドキュメントの内容はナショナル セミコンダクター社製品の関連情報として提供されます。ナショナル セミコンダクター社は、この発行物の内容の正確性または完全性について、いかなる表明または保証もいたしません。また、仕様と製品説明を予告なく変更する権利を有します。このドキュメントはいかなる知的財産権に対するライセンスも、明示的、黙示的、禁反言による惹起、またはその他を問わず、付与するものではありません。

試験や品質管理は、ナショナル セミコンダクター社が自社の製品保証を維持するために必要と考える範囲に用いられます。政府が課す要件によって指定される場合を除き、各製品のすべてのパラメータの試験を必ずしも実施するわけではありません。ナショナル セミコンダクター社は製品適用の援助や購入者の製品設計に対する義務を負いかねます。ナショナル セミコンダクター社の部品を使用した製品および製品適用の責任は購入者にあります。ナショナル セミコンダクター社の製品を用いたいかなる製品の使用または供給に先立ち、購入者は、適切な設計、試験、および動作上の安全手段を講じなければなりません。

それら製品の販売に関するナショナル セミコンダクター社との取引条件で規定される場合を除き、ナショナル セミコンダクター社は一切の義務を負わないものとし、また、ナショナル セミコンダクター社の製品の販売か使用、またはその両方に関連する特定目的への適合性、商品の機能性、ないしは特許、著作権、または他の知的財産権の侵害に関連した義務または保証を含むいかなる表明または黙示的保証も行いません。

生命維持装置への使用について

ナショナル セミコンダクター社の製品は、ナショナル セミコンダクター社の最高経営責任者 (CEO) および法務部門 (GENERAL COUNSEL) の事前の書面による承諾がない限り、生命維持装置または生命維持システム内のきわめて重要な部品に使用することは認められていません。

ここで、生命維持装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用方法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

National Semiconductor とナショナル セミコンダクターのロゴはナショナル セミコンダクター コーポレーションの登録商標です。その他のブランドや製品名は各権利所有者の商標または登録商標です。

Copyright © 2011 National Semiconductor Corporation

製品の最新情報については www.national.com をご覧ください。

ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300

技術資料 (日本語 / 英語) はホームページより入手可能です。

www.national.com/jpn/

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしておりません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されてもありません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されてもありません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
 - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
 4. 機械的衝撃
 - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
 5. 熱衝撃
 - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
 6. 汚染
 - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
 - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上