(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2007-221992
(P2007-221992A)
(43)公開日　平成19年8月30日(2007.8.30)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H02J 7/10	(2006.01)	H02J 7/10	R	5G003
H01M 10/44	(2006.01)	H01M 10/44	A	5H030
H02M 3/155	(2006.01)	H02M 3/155	P	5H730
		H02M 3/155	C	

審査請求 未請求　請求項の数 37　ＯＬ　（全 38 頁）

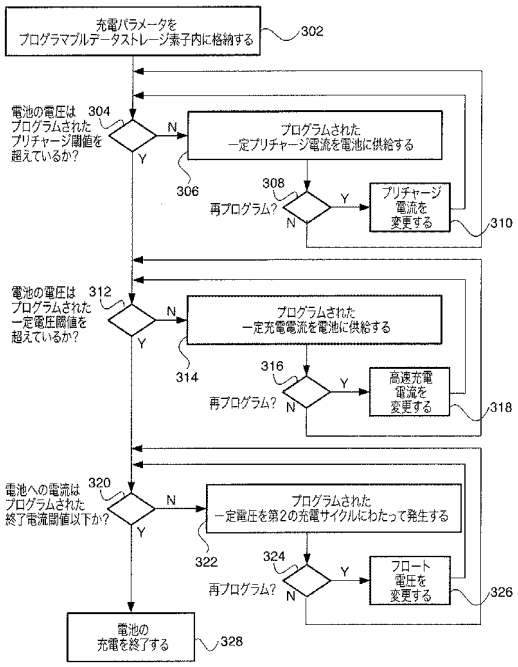
(21)出願番号　特願2007-34044(P2007-34044)
(22)出願日　平成19年2月14日(2007.2.14)
(31)優先権主張番号　11/356,594
(32)優先日　平成18年2月16日(2006.2.16)
(33)優先権主張国　米国(US)

(71)出願人　507048787
サミット　マイクロエレクトロニクス　インコーポレイテッド
アメリカ合衆国　９４０８５　カリフォルニア州　サニーベール　ノース　メアリー　アベニュー　７５７
(74)代理人　100077481
弁理士　谷　義一
(74)代理人　100088915
弁理士　阿部　和夫
(72)発明者　エム．アビド　フセイン
アメリカ合衆国　９４０２４　カリフォルニア州　ロスアルトス　ハニーサックル　プレイス　１５６５

最終頁に続く

(54)【発明の名称】スイッチング電池充電システムおよび方法

(57)【要約】
【課題】電池充電プロセスの効率を改善する、改善された電池充電器システムおよび電池充電器方法を提供すること。
【解決手段】本発明の実施形態は、スイッチングレギュレータを用いて電池を充電する技術を含む。いくつかの実施形態は、デジタル技術を用いて設定することのできるプログラマブルスイッチング電池充電器を含む。他の実施形態は、スイッチングレギュレータへの電池電圧または入力電流などの感知された回路状態に基づいて、電池電流を変更するスイッチング電池充電器を含む。一実施形態において、本発明は、ＵＳＢ電池充電器を含む。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
スイッチングレギュレータを用いた電池充電方法であって、
１つまたは複数のプログラマブルデータストレージ素子内に、複数の充電パラメータを格納するステップと、
前記スイッチングレギュレータからフィルタを介して前記電池に、第１の時間にわたって一定電流を供給するステップであって、供給される前記一定電流は、前記格納された充電パラメータの第１のパラメータにより設定され、前記第１のパラメータは、対応する範囲の電流値にわたり一定電流をプログラムするために、ある範囲の値にわたり可変であるステップと、
前記電池の電圧が第１の閾値を超えている場合に、前記スイッチングレギュレータからフィルタを介して前記電池に、前記第１の時間に続く第２の時間にわたって一定電圧を供給するステップであって、前記一定電圧は、前記格納された充電パラメータの第２のパラメータにより設定され、前記第２のパラメータは、対応する範囲の電圧値にわたり一定電圧をプログラムするために、ある範囲の値にわたり可変であるステップと
を含むことを特徴とする電池充電方法。
【請求項２】
一定電流を供給するステップは、
前記電池の電圧が第２の閾値以下である場合に、第１の一定プリチャージ電流を前記電池に供給するステップと、
前記電池の電圧が前記第２の閾値を超えている場合に、第２の一定電流を前記電池に供給するステップと
を含み、前記第１の一定プリチャージ電流および前記第２の一定電流は、前記プログラマブルデータストレージ素子の少なくとも１つに格納されたパラメータにより設定されることを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記第２の閾値は、前記プログラマブルデータストレージ素子の少なくとも１つに格納されたパラメータにより設定されることを特徴とする請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記データストレージ素子内に格納された前記充電パラメータの１つ又は複数を再プログラミングするステップをさらに含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項５】
前記一定電流は、前記第１の時間の間に、複数の異なる値に再プログラムされることを特徴とする請求項４に記載の方法。
【請求項６】
前記１つ又は複数の充電パラメータは、予め定めたソフトウェアアルゴリズムに従い再プログラムされることを特徴とする請求項４に記載の方法。
【請求項７】
前記アルゴリズムは、前記電池が充電されている間に、１つ又は複数の充電パラメータを変更することを特徴とする請求項６に記載の方法。
【請求項８】
前記アルゴリズムは、複数の充電サイクルの間に、１つ又は複数の充電パラメータを変更することを特徴とする請求項６に記載の方法。
【請求項９】
前記アルゴリズムは、感知した電池電圧または電流に基づいて前記一定電流を変更することを特徴とする請求項６に記載の方法。
【請求項１０】
前記スイッチングレギュレータは、第１の周波数においてスイッチングし、前記第１の周波数は、前記プログラマブルデータストレージ素子の１つに格納されたパラメータにより設定されることを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項１１】
前記第１の一定プリチャージ電流が前記電池に供給されている時間を測定するステップと、
前記電池の電圧が、予め定めた時間の後に前記第２の閾値以下である場合に、前記第１の一定プリチャージ電流を終了するステップと
さらに含み、前記予め定めた時間は、前記プログラマブルデータストレージ素子の１つに格納されたパラメータにより設定されることを特徴とする請求項２に記載の方法。
【請求項１２】
前記第２の一定電流が前記電池に供給されている時間を測定するステップと、
前記電池の電圧が、予め定めた時間の後に前記第１の閾値以下である場合に、前記第２の一定電流を終了するステップと
さらに含み、前記予め定めた時間は、前記プログラマブルデータストレージ素子の１つに格納されたパラメータにより設定されることを特徴とする請求項２に記載の方法。
【請求項１３】
第３および第４の格納されたパラメータをさらに含み、前記第３のパラメータを使用して、上方温度限界がプログラムされ、前記第４のパラメータを使用して、下方温度限界がプログラムされ、前記電池の温度が、前記上方温度限界を超えている場合または前記下方温度限界以下である場合に、充電が一時停止されることを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項１４】
第５の格納されたパラメータをさらに含み、前記第５のパラメータを使用して、電池温度センサへのバイアス電流がプログラムされることを特徴とする請求項１３に記載の方法。
【請求項１５】
前記一定電流は、第１の一定プリチャージ電流を含み、前記第１の一定プリチャージ電流は、複数のデジタルビットとして格納された第１の充電パラメータにより設定されることを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項１６】
前記一定電流は、前記第１の一定プリチャージ電流より大きい第２の一定電流をさらに含み、前記第２の一定電流は、複数のデジタルビットとして格納された第２の充電パラメータにより設定されることを特徴とする請求項１５に記載の方法。
【請求項１７】
前記第１の一定プリチャージ電流と前記第２の一定電流との間で選択するための第２の閾値をさらに備え、前記第２の閾値は、複数のデジタルビットとして格納された第３の充電パラメータにより設定されることを特徴とする請求項１６に記載の方法。
【請求項１８】
第１の電源を受け取るための第１の入力端子、少なくとも１つの電池にフィルタを介して規格出力を供給するための第１の出力端子、および制御入力端子を有するスイッチングレギュレータと、
第１のプログラマブルデータストレージ素子に結合された第１の入力端子、少なくとも１つの電流感知入力端子に結合されたフィードバック入力端子、および前記スイッチングレギュレータの前記制御入力端子に結合された出力端子を有する一定電流コントローラであって、前記第１のプログラマブルデータストレージ素子は、前記電池の電圧が第１の閾値以下である場合に、前記一定電流コントローラを設定して、前記電池に第１のプログラムされた一定電流を供給する一定電流コントローラと、
第２のプログラマブルデータストレージ素子に結合された第１の入力端子、少なくとも１つの電圧感知入力端子に結合された第２の入力端子、および前記スイッチングレギュレータの前記制御入力端子に結合された出力端子を有する一定電圧コントローラであって、前記第２のプログラマブルデータストレージ素子は、前記電池の電圧が前記第１の閾値を超えている場合に、前記一定電圧コントローラを設定して、前記電池に複数のプログラム

された一定電圧を供給し、前記プログラムされた一定電圧は、ある範囲の値にわたり可変である一定電圧コントローラと
を備えることを特徴とする電池充電器。
【請求項１９】
前記一定電流コントローラに結合された第３のプログラマブルデータストレージ素子をさらに備え、前記第３のデータストレージ素子は、前記電池の電圧が第２のプリチャージ閾値以下である場合に、前記一定電流コントローラを設定して、前記電池に第２のプログラムされたプリチャージ電流を供給し、前記プリチャージ電流は、前記第１のプログラムされた一定電流未満であることを特徴とする請求項１８に記載の電池充電器。
【請求項２０】
前記一定電流コントローラに結合された第４のプログラマブルデータストレージ素子をさらに備え、前記第４のプログラマブルデータストレージ素子は、前記第２のプリチャージ閾値を設定することを特徴とする請求項１９に記載の電池充電器。
【請求項２１】
停止回路に結合された第３のプログラマブルデータストレージ素子をさらに備え、前記電池への電流がプログラムされた終了電流閾値以下である場合に、前記第３のデータストレージ素子を使用して、電池の充電が終了されることを特徴とする請求項１８に記載の電池充電器。
【請求項２２】
第３のプログラマブルデータストレージ素子および第４のプログラマブルデータストレージ素子をさらに備え、前記第３のプログラマブルデータストレージ素子を使用して、上方温度限界がプログラムされ、前記第４のプログラマブルデータストレージ素子を使用して、下方温度限界がプログラムされ、前記電池の温度が前記上方温度限界を超えているか、または前記下方温度限界以下である場合に、充電が一時停止されることを特徴とする請求項１８に記載の電池充電器。
【請求項２３】
第５のプログラマブルデータストレージ素子をさらに備え、前記第５のプログラマブルデータストレージ素子を使用して、電池温度センサへのバイアス電流がプログラムされることを特徴とする請求項２２に記載の電池充電器。
【請求項２４】
第３のプログラマブルデータストレージ素子をさらに備え、前記第３のプログラマブルデータストレージ素子を使用して、前記スイッチングレギュレータの前記スイッチング周波数をプログラムすることを特徴とする請求項１８に記載の電池充電器。
【請求項２５】
ＵＳＢから電池を充電するための電池充電器であって、
少なくとも１つのスイッチングトランジスタを有するスイッチングレギュレータであって、前記スイッチングトランジスタは、第１の入力端子および第１の出力端子を有し、前記スイッチングトランジスタの前記第１の入力端子は、ＵＳＢ電源に結合されているスイッチングレギュレータと、
第１の入力端子および第１の出力端子を有するフィルタであって、前記フィルタの前記第１の入力端子は、前記スイッチングトランジスタの前記第１の出力端子に結合されているフィルタと、
前記フィルタの前記第１の出力端子に結合されている電池と
を備え、
前記スイッチングレギュレータは、ＵＳＢ電圧を受け取るように構成され、そのＵＳＢ電圧に従い、前記スイッチングトランジスタの制御端子にスイッチング信号を発生し、前記スイッチングトランジスタの前記出力端子におけるスイッチング電流およびスイッチング電圧は、前記フィルタを介して結合されて、前記電池を充電するフィルタされた電流およびフィルタされた電圧を発生することを特徴とする電池充電器。
【請求項２６】

前記フィルタされた電圧は、電圧コントローラにより感知され、前記スイッチングトランジスタの前記制御端子における前記スイッチング信号が制御されることを特徴とする請求項２５に記載の電池充電器。

【請求項２７】

前記電圧コントローラは、プログラマブルデータストレージ素子に結合された第１の入力端子と、少なくとも１つの電圧感知入力端子に結合された第２の入力端子と、前記スイッチングトランジスタの前記制御入力端子に結合された出力端子とを備え、前記プログラマブルデータストレージ素子は、前記電池の電圧が前記第１の閾値を超えている場合に、前記電圧コントローラを設定して、前記電池へのプログラムされた電圧が発生されることを特徴とする請求項２６に記載の電池充電器。

【請求項２８】

前記フィルタされた電流は、電流コントローラにより感知され、前記スイッチングトランジスタの前記制御端子における前記スイッチング信号が制御されることを特徴とする請求項２５に記載の電池充電器。

【請求項２９】

前記電流コントローラは、プログラマブルデータストレージ素子に結合された第１の入力端子と、少なくとも１つの電流感知入力端子に結合されたフィードバック入力端子と、前記スイッチングトランジスタの前記制御入力端子に結合された出力端子とを備え、前記プログラマブルデータストレージ素子は、前記電池の電圧が第１の閾値以下の場合に、前記電流コントローラを設定し、前記電池への第１のプログラムされた電流が供給されることを特徴とする請求項２８に記載の電池充電器。

【請求項３０】

前記電池充電器は、最大入力電流を示唆する入力信号を受け取り、前記電流コントローラをプログラムして、前記最大入力電流に基づいて最大電池電流を設定することを特徴とする請求項２８に記載の電池充電器。

【請求項３１】

前記電流コントローラは、前記フィルタされた電流を設定するための制御入力端子を有し、前記電流コントローラの前記制御入力端子は、前記スイッチングトランジスタの前記第１の入力端子または前記電池に結合され、前記電池の電圧が増加するにつれて前記フィルタされた電流が低減されることを特徴とする請求項２８に記載の電池充電器。

【請求項３２】

前記フィルタされた電流は、前記スイッチングトランジスタ前記第１の入力端子への第１の入力電流より大きく、前記フィルタされた電流は、前記電池の電圧が増加するにつれて低減されることを特徴とする請求項２５に記載の電池充電器。

【請求項３３】

ＵＳＢから電池を充電するための方法であって、

スイッチングレギュレータの入力端子において、ＵＳＢ電源からの第１の入力電圧および第１の入力電流を受け取るステップと、

前記スイッチングレギュレータの出力端子を、電池の端子に結合するステップと、

前記電池の前記端子において、第１の出力電圧および第１の出力電流を発生するステップと、

前記電池への第１の出力電流、または前記電池の第１の出力電圧を感知するステップと、

前記感知された第１の出力電流または第１の出力電圧に応答して、前記スイッチングレギュレータの制御端子において、スイッチング信号を発生するステップと

を含むことを特徴とする方法。

【請求項３４】

前記第１の入力電圧は、前記電池の前記電圧より大きく、前記電池への前記第１の出力電流は、前記第１の入力電流より大きく、前記第１の出力電流は、前記電池の前記第１の出力電圧が増加するにつれて低減されることを特徴とする請求項３３に記載の方法。

【請求項３５】
プログラマブルデータストレージ素子に充電パラメータを格納するステップをさらに含み、前記第１の出力電流は、前記充電パラメータにより設定されることを特徴とする請求項３３に記載の方法。
【請求項３６】
前記スイッチングレギュレータは、前記第１の出力電圧を感知してスイッチング信号を発生し、前記第１の出力電圧を制御することを特徴とする請求項３３に記載の方法。
【請求項３７】
プログラマブルデータストレージ素子に充電パラメータを格納するステップをさらに含み、前記第１の出力電圧は、前記充電パラメータにより設定されることを特徴とする請求項３６に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電池充電器に関し、より詳細には、スイッチング電池充電システムおよび方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
電池は、モバイル電子デバイスの動力源として長く使用されている。電池は、回路の動作を可能にする電流および電圧の形で、エネルギーを供給する。しかしながら、電池に蓄えられたエネルギーの量は限られており、電子デバイスが使用されていると、電池は電力を失う。電池のエネルギー供給が消耗されると、電池の電圧はその定格電圧から下がり始め、電力を電池に頼っている電子デバイスは最早適切に動作しなくなる。そのような閾値は、異なる種類の電子デバイスでは異なる。
【０００３】
多くの種類の電池は、使い捨て用に設計されている。そのような電池は、充電が消耗されると廃棄される。しかしながら、いくつかの電池は、充電可能に設計されている。充電可能な電池は一般に、なんらかの形の電池充電システムを要する。一般的な電池充電システムは、たとえばＡＣ壁コンセントなどの電力源から電力を電池内に移動する。充電プロセスは一般に、電源からの電圧および電流を処理するステップおよび調整するステップを含み、それにより、電池に供給される電圧および電流は、特定の電池の充電仕様を満たす。たとえば、電池に供給される電圧または電流が大きすぎると、電池は損傷を受けたり、破裂さえしたりする可能性がある。一方、電池に供給される電圧または電流が小さすぎると、充電プロセスは極めて非効率的であったり、まったく非効率的であったりする可能性がある。電池の充電仕様の非効率的な使用は、たとえば、極めて長い充電時間につながる可能性がある。加えて、充電プロセスが効率的に実行されないと、電池のセル容量（つまり、電池が保持することのできるエネルギーの量）が最適化されない場合がある。さらに、非効率的な充電は、電池の使用可能な寿命（つまり、特定の電池で利用可能な充電／放電サイクルの数）に影響を与える可能性がある。さらに、非効率的な充電は、電池の特性が経時的に変化することから生じる可能性がある。これらの問題は、電池の規定電圧および充電電流を含む電池の特性は電池ごとに異なりうる、という事実により悪化される。
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
既存の電池充電器は、一般に静的システムである。充電器は、特定の電源から電力を受け取り、電池の充電仕様に基づいて特定の電池に電圧および電流を供給するように構成されている。しかしながら、既存の充電器の柔軟性のなさは、上述の非効率性や問題の多くをもたらす。既存のシステムよりもより柔軟な電池充電システムおよび電池充電方法、または特定の電池もしくは変化する電池の充電環境に適合することさえできる電池充電システムおよび電池充電方法を得ることは極めて望ましい。

【０００５】
本発明は、上記従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、電池充電プロセスの効率を改善する、改善された電池充電器システムおよび電池充電器方法を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明は、スイッチング電池充電システムおよび方法を提供することにより、これら及び他の問題を解決する。
【０００７】
本発明の実施形態は、スイッチングレギュレータを用いて電池を充電するための技術を含む。いくつかの実施形態には、デジタル技術を用いて構成することのできる、プログラマブルスイッチング電池充電器が含まれる。他の実施形態には、電池電圧やスイッチングレギュレータへの入力電流などの感知された回路状態に基づいて、電池電流を変更するスイッチング電池充電器が含まれる。
【０００８】
一実施形態において、本発明は、ＵＳＢポート電池充電器であって、少なくとも１つのスイッチングトランジスタを有するスイッチングレギュレータであって、前記スイッチングトランジスタは、第１の入力端子および第１の出力端子を有し、前記スイッチングトランジスタの前記第１の入力端子は、ＵＳＢ電源に結合されているスイッチングレギュレータと、第１の入力端子および第１の出力端子を有するフィルタであって、前記フィルタの前記第１の入力端子は、前記スイッチングトランジスタの前記第１の出力端子に結合されているフィルタと、前記フィルタの前記第１の出力端子に結合されている電池とを備え、前記スイッチングレギュレータは、ＵＳＢ電圧を受け取るように構成され、そのＵＳＢ電圧に従い、前記スイッチングトランジスタの制御端子にスイッチング信号を発生し、前記スイッチングトランジスタの前記出力端子におけるスイッチング電流およびスイッチング電圧は、前記フィルタを介して結合されて、前記電池を充電するフィルタされた電流およびフィルタされた電圧を発生することを特徴とする。
【０００９】
一実施形態において、前記フィルタされた電圧は、電圧コントローラにより感知され、前記スイッチングトランジスタの前記制御端子における前記スイッチング信号が制御されることを特徴とする。
【００１０】
一実施形態において、前記電圧コントローラは、プログラマブルデータストレージ素子に結合された第１の入力端子と、少なくとも１つの電圧感知入力端子に結合された第２の入力端子と、前記スイッチングトランジスタの前記制御入力端子に結合された出力端子とを備え、前記プログラマブルデータストレージ素子は、前記電池の電圧が前記第１の閾値を超えている場合に、前記電圧コントローラを設定して、前記電池へのプログラムされた電圧が発生されることを特徴とする。
【００１１】
一実施形態において、前記フィルタされた電流は、電流コントローラにより感知され、前記スイッチングトランジスタの前記制御端子における前記スイッチング信号が制御されることを特徴とする。
【００１２】
一実施形態において、前記電流コントローラは、プログラマブルデータストレージ素子に結合された第１の入力端子と、少なくとも１つの電流感知入力端子に結合されたフィードバック入力端子と、前記スイッチングトランジスタの前記制御入力端子に結合された出力端子とを備え、前記プログラマブルデータストレージ素子は、前記電池の電圧が第１の閾値以下の場合に、前記電流コントローラを設定し、前記電池への第１のプログラムされた電流が供給されることを特徴とする。
【００１３】

一実施形態において、本発明は、最大入力電流を示唆する入力信号を受け取るステップと、前記電流コントローラをプログラムして、前記最大入力電流に基づいて最大電池電流を設定するステップとをさらに含むことを特徴とする。

【００１４】

一実施形態において、前記電流コントローラは、前記フィルタされた電流を設定するための制御入力端子を有し、前記電流コントローラの前記制御入力端子は、前記スイッチングトランジスタの前記第１の入力端子または前記電池に結合され、前記電池の電圧が増加するにつれて前記フィルタされた電流が低減されることを特徴とする。

【００１５】

一実施形態において、前記フィルタされた電流は、前記スイッチングトランジスタ前記第１の入力端子への第１の入力電流より大きく、前記フィルタされた電流は、前記電池の電圧が増加するにつれて低減されることを特徴とする。

【００１６】

一実施形態において、前記ＵＳＢ電圧は、少なくとも４．１Ｖから５．２５Ｖの範囲にあることを特徴とする。

【００１７】

別の実施形態において、本発明は、ＵＳＢポートから電池を充電するための方法であって、スイッチングレギュレータの入力端子において、ＵＳＢ電源からの第１の入力電圧および第１の入力電流を受け取るステップと、前記スイッチングレギュレータの出力端子を、電池の端子に結合するステップと、前記電池の前記端子において、第１の出力電圧および第１の出力電流を発生するステップと、前記電池への第１の出力電流、または前記電池の第１の出力電圧を感知するステップと、前記感知された第１の出力電流または第１の出力電圧に応答して、前記スイッチングレギュレータの制御端子において、スイッチング信号を発生するステップとを含むことを特徴とする。

【００１８】

一実施形態において、本発明は、ＵＳＢポートタイプに対応するロジック信号を受け取るステップをさらに含み、前記ロジック信号が第１の状態にあるとき、前記第１の出力電流は１００ｍＡより大きく、前記第１の入力電流は１００ｍＡ以下であり、前記ロジック信号が第２の状態にあるとき、前記第１の出力電流は５００ｍＡより大きく、前記第１の入力電流は５００ｍＡ以下であることを特徴とする。

【００１９】

一実施形態において、前記第１の入力電圧は、前記電池の前記電圧より大きく、前記電池への前記第１の出力電流は、前記第１の入力電流より大きく、前記第１の出力電流は、前記電池の前記第１の出力電圧が増加するにつれて低減されることを特徴とする。

【００２０】

一実施形態において、本発明は、プログラマブルデータストレージ素子に充電パラメータを格納するステップをさらに含み、前記第１の出力電流は、前記充電パラメータにより設定されることを特徴とする。

【００２１】

一実施形態において、前記スイッチングレギュレータは、前記第１の出力電圧を感知してスイッチング信号を発生し、前記第１の出力電圧を制御することを特徴とする。

【００２２】

一実施形態において、本発明は、プログラマブルデータストレージ素子に充電パラメータを格納するステップをさらに含み、前記第１の出力電圧は、前記充電パラメータにより設定されることを特徴とする。

【００２３】

別の実施形態において、本発明は、ＵＳＢ電池充電器であって、ＵＳＢ電源に結合された第１の入力端子、第１の抵抗を介して電池に結合された第１の出力端子、および制御入力端子を有するスイッチングレギュレータと、前記第１の抵抗の第１および第２の端子に結合され、第１の出力電流を感知する、第１および第２の電流感知入力端子、および前記

スイッチングレギュレータの前記制御入力端子に結合された出力端子を有する電流コントローラと、前記電池に結合され、前記電池の第１の出力電圧を感知する第１の電圧感知入力端子、および前記スイッチングレギュレータの前記制御入力端子に結合された制御出力端子を有する電圧コントローラとを備えることを特徴とする電池充電器を含む。

【００２４】

一実施形態において、前記電流コントローラは、前記第１の出力電流を設定するための制御入力端子を備え、最大ＵＳＢ電流に対応する第１のロジック信号が、前記電流コントローラの前記制御入力端子に結合され、前記第１の出力電流を設定することを特徴とする。

【００２５】

一実施形態において、前記電流コントローラは、前記第１の出力電流を、前記スイッチングレギュレータの前記第１の入力端子において受け取られる第１の入力電流より大きくなるように設定することを特徴とする。

【００２６】

一実施形態において、前記電流コントローラの前記制御入力端子は、前記スイッチングレギュレータの前記入力端子または前記電池に結合され、前記電流コントローラは、前記電池の電圧が増加するにつれて、前記制御入力端子において受け取られる制御信号に応答して、前記第１の出力電流を低減することを特徴とする。

【００２７】

一実施形態において、本発明は、電流コントローラの制御入力端子に結合され、前記第１の出力電流を設定する第１のプログラマブルデータストレージ素子であって、前記電池の電圧が第１の閾値以下である場合に、前記電流コントローラを設定して、前記電池に第１のプログラムされた電流を供給するプログラマブルデータストレージ素子と、電圧コントローラの制御入力端子に結合され、前記第１の出力電圧を設定する第２のプログラマブルデータストレージ素子であって、前記電池の電圧が第１の閾値を超えている場合に、前記電圧コントローラを設定して、前記電池にプログラムされた一定電圧を発生するプログラマブルデータストレージ素子とを備えることを特徴とする。

【００２８】

他の実施形態において、本発明は、他の電源に結合してもよい。

【発明の効果】

【００２９】

本発明によれば、スイッチングレギュレータを制御することにより、電池充電プロセスの効率を改善する、改善された電池充電器システムおよび電池充電器方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３０】

以下の詳細な説明および添付の図面は、本発明の性質および利点のより正確な理解を提供する。

【００３１】

本明細書で説明されるのは、電池充電システムおよび方法の技術である。以下の記述において、説明の目的から、多くの例および具体的詳細が、本発明の完全な理解を提供するために説明される。しかしながら、当業者は、特許請求の範囲により規定される本発明は、これらの例の中のいくつか又はすべての特徴を、単独で、または以下に記述する他の特徴と組み合わせて含むことができ、さらに、本明細書に記述される特徴および概念の明らかな修正や等価物を含むことができることを理解するだろう。

【００３２】

図１Ａは、本発明の一実施形態によるスイッチング電池充電器１０３を備える電子デバイス１０１を備えるシステム１００を示している。電子デバイス１０１は、電池１５０を動力源としたデバイス電子機器１０２を備える。電池は、スイッチング電池充電器１０３を用いて再充電することができる。スイッチング電池充電器１０３は、第１の電源１１０

に結合された第１の入力端子と第１の出力端子とを備え、以下に詳細に説明されるフィルタを通じて、少なくとも１つの電池に安定化出力を供給する。本発明の一実施形態は、ＵＳＢ（「Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ　Ｓｅｒｉａｌ　Ｂｕｓ）ポートの電力供給線からの入力電圧Ｖｉｎを、充電器１０３内のスイッチングレギュレータの入力端子に結合することを含む。スイッチング電池充電器は、ＵＳＢポートからの効率的な電池の充電を可能にする。

【００３３】

以下により詳細に説明するように、スイッチング電池充電器１０３は、スイッチングレギュレータを備える。スイッチングレギュレータからの出力電圧および電流は、スイッチングされた波形であり、スイッチングされた波形は、フィルタに供給されて、電池へのフィルタされた出力電流および電圧を生成する。本説明の目的のために、スイッチングレギュレータの出力をフィルタの出力とし、この出力は、電池への出力電流（すなわち、電池充電電流）と、電池端子における出力電圧とを含む。以下により詳細に説明するように、一実施形態において、スイッチング電池充電器１０３は、ＵＳＢポート電源に結合され、電子デバイス１０１の電池は、ＵＳＢポートから充電することができる。例示的電子デバイスには、携帯電話、ＰＤＡ、ポータブル音楽プレーヤー、または電池で動作する種々の他の電子デバイスが含まれる。しかしながら、種々の他の電源１１０を他の実施形態において使用してもよい。加えて、以下に説明するように、電池受電器１０３の異なる実施形態は、たとえば、充電パラメータをプログラムすることや、電池充電機能を制御することや、出力電流または電圧を制御することや、入力電流、電池電流および／または電圧を感知することを目的とする内部回路をさらに備えてもよい。充電器１０３は、そのような機能を使用して、電源１１０から電池１５０の端子への、電圧および電流の移送を制御してもよい。

【００３４】

一実施形態において、スイッチング電池充電器１０３は、電流制御モードで動作し、充電サイクルの第１の時間にわたって、電池１５０に制御された電流を供給する。充電サイクルの第２の時間にわたって、電池充電器１０３は、電圧制御モードで動作し、電池１５０に制御された電圧を供給する。電流制御モードにおいて、スイッチング充電器の出力電流（すなわち、電池への電流）は、回路の制御パラメータとして使用される（たとえば、電池への電流を用いて、スイッチングを制御するフィードバックループを制御することができる）。同様に、電圧制御モードにおいて、スイッチング充電器の出力電圧（すなわち、電池への電圧）は、回路の制御パラメータとして使用される（たとえば、電池の電圧を用いて、スイッチングを制御するフィードバックループを制御することができる）。たとえば、充電器が電流制御モードであるとき（たとえば、電池電圧がある閾値以下であるとき）、スイッチングレギュレータは、電池に供給される出力電流を制御してもよい。ついで、システムは、電池の電圧が指定された閾値を超えて増加した場合、電流制御モードから電圧制御モードに切り替わる。電池の電圧が特定のレベルまで上昇すると、システムは、ついで、電池の電圧を（たとえば、一定の電池電圧を維持することにより）制御し、このとき制御されていない電流は、次第に減少する。以下に説明するように、本発明のいくつかの実施形態は、種々の充電パラメータをプログラムして、充電サイクルの特性を変更することができる。別の実施形態において、スイッチングレギュレータ１０３により電池１５０に供給される電流を、電池が充電されるにつれて（たとえば、電池電圧が増加するにつれて）変更することができる。ある具体的な例では、供給される電流は、電池電圧の変化に応答して、デジタルコントローラにより変化される。デジタルコントローラは、プログラマブルデータストレージ素子（たとえば、レジスタまたはメモリ）に格納された、格納充電パラメータを変更することができる。別の具体的な例では、供給される電流は、電池電圧が増加するにつれて、出力電流を制御する電流コントローラの制御入力端子において制御信号を変化させるアナログコントローラにより変化される。

【００３５】

図１Ｂは、本発明の一実施形態による電池充電器を備える電子デバイスを示している。電子デバイス１０１は、電池１５０により作動するデバイス電子機器１０２を備える。電

池は、スイッチング電池充電器１０３を用いて再充電することができる。スイッチング電池充電器１０３は、プログラマブルスイッチング電池充電器とすることができる。スイッチング電池充電器システム１１０は、第１の電源（たとえば、入力電圧Ｖｉｎ）を受け取るように結合された第１の入力端子と、フィルタ１０４を介して少なくとも１つの電池に安定化出力を供給する第１の出力端子とを有するスイッチングレギュレータを備えるスイッチング電池充電器１０３備えることができる。スイッチング電池充電器１０３は、たとえば、電池電流および電圧または入力電流および電圧を感知するための内部回路をさらに備えることができる。スイッチング電池充電器１０３は、そのような情報を使用して、電源から電池端子への電圧および電流の移送を制御することができる。

【００３６】

この実施形態において、電池１５０は、たとえばコンピュータ１３０のＵＳＢポート１３１から充電することができる。もちろん、本発明のいくつかの実施形態を用いて、ＵＳＢポートを備える任意の電子システムから電池を充電することができることを理解されたい。ＵＳＢポートは、スイッチング電池充電器１０３の入力端子（Ｖｉｎ）に結合することができる電力供給端子１０５（たとえば、ＶＢＵＳ）を備えることができる。ＵＳＢポートは、ＵＳＢを介して電池充電器システム１１０へ情報を通信するためのデータ端子１０６をさらに備えることができる。ＵＳＢは、２つのデータ線（Ｄ＋、Ｄ－）、電力（ＶＢＵＳ）およびグランド（ＧＮＤ）を備える四線式ケーブルを介して信号および電力を移送する。データ信号は、２つのワイヤ（Ｄ＋、Ｄ－）を用いて通信される。ＶＢＵＳは一般的に５ボルトである。しかしながら、バスの電圧は、高出力ハブポートについては４．７５Ｖから５．２５Ｖの範囲、低出力ハブポートについては、４．４Ｖから５．２５Ｖの範囲にわたることができる。遷移条件の下で、ＶＢＵＳ供給は４．１Ｖまで降下する可能性がある。それゆえ、スイッチング充電器は、電池を充電するために少なくとも４．１Ｖから５．２５Ｖの範囲のＵＳＢ電圧を受け取るように構成されたスイッチングレギュレータを備えることができる。加えて、最大入力電流は、ＵＳＢ　ＨＵＢについての５００ｍＡ、またはＵＳＢ　ＨＯＳＴについての１００ｍＡのいずれかにすることができる。したがって、スイッチング電池充電器は、１００ｍＡまたは５００ｍＡの最大入力電流のいずれかで動作するように設計される必要がある。一実施形態において、電気充電器は、異なる最大入力電流に対応するようにプログラムされている。加えて、以下に説明するように、電池に供給される出力電流は、充電を改善するために入力電流よりも大きくすることができる。この例では、ＵＳＢデータが、電池充電システム１１０の一部として含まれるコントローラ１１１に結合されている。データは、たとえば、ＵＳＢデータ線１０６を介して移送され、充電パラメータを設定することができる。ＵＳＢデータ線１０６は、デバイス電子機器１０２、特にデバイス電子機器内のプロセッサ１２０に結合することができる。

【００３７】

一実施形態において、ＵＳＢデータは、ＵＳＢデバイスにより発生することができる最大入力電流を示唆する入力信号を含むことができ、スイッチング電池充電器は、その信号を受け取って充電器内の電流コントローラをプログラムして、最大入力電流に基づいて最大電池電流を設定することができる。たとえば、電池充電器１０３は、ＵＳＢポートタイプに対応するロジック信号（たとえば、データ線１０６上のＵＳＢ５００／１００信号）を受け取ることができる。ＵＳＢポートタイプは、ＵＳＢポートがＨＯＳＴかＨＵＢかを示唆する。したがって、ロジック信号は、最大ＵＳＢ電流に対応する。ロジック信号を電流コントローラに（たとえば、以下に説明するデジタルコントローラを通して結合することにより）結合して、電池への出力電流を設定することができる。それゆえ、ロジック信号が第１の状態にあるとき、スイッチング充電器への最大入力電流は１００ｍＡ（すなわち、ＵＳＢ　ＨＯＳＴ）であり、ロジック信号が第２の状態にあるときは、スイッチング充電器への最大入力電流は５００ｍＡ（すなわち、ＵＳＢ　ＨＵＢ）である。以下により詳細に説明する一実施形態において、電池充電効率は、スイッチングシステムへの入力電流よりも大きい、電池への電流を発生することにより向上される。たとえば、一実施形態

において、ロジック信号が第１の状態にあるときに、スイッチングレギュレータへの入力電流を１００ｍＡ（たとえば、ＵＳＢ　ＨＯＳＴ）以下とし、電池への出力電流を１００ｍＡより大きくすることができる。ロジック信号が第２の状態にあるとき、入力電流を５００ｍＡ以下とし、第１の出力電流を５００ｍＡより大きくすることができる。

【００３８】

スイッチング電池充電器システム１１０は、充電器を設定し制御するためにスイッチング電池充電器１０３に結合されたデータストレージ１１２をさらに備えることができる。データストレージ１１２は、電池１５０の充電中に充電器１０３を制御するための複数の充電パラメータを格納することができる。パラメータは、電池を充電するのに使用される電圧および／または電流もしくは他のパラメータを変更するために再プログラムすることができ、それにより電池充電効率が改善される。本明細書で使用されるとき、用語「プログラマブル」は、（たとえば、バスを介して受け取られた）デジタル信号に応答して変更可能（または可変）であることを意味する。それゆえ、本発明のいくつかの実施形態は、物理的コンポーネントを変えることなくプログラマブルであり、一方で、本明細書に記載される他の実施形態は、たとえば抵抗などの物理的コンポーネントを変えることでプログラマブルとすることができる。データストレージ１１２は、たとえば揮発性または不揮発性メモリのいずれかとすることができ、充電パラメータは、異なる充電サイクルにわたって、または（電池が充電されている）単一の充電サイクルにわたって再プログラムすることができる。上述のように、システム１１０は、データストレージ１１２および充電器１０３に結合されたコントローラ１１１も備えることができる。コントローラ１１１は、充電パラメータでデータストレージ１１２をプログラムするのに使用することができる。あるいは、コントローラ１１１は、充電器１０３を設定し制御するための充電パラメータを直接格納することができる。データストレージ１１２内の充電パラメータは、たとえばデジタルバス（たとえば、シリアルまたはパラレル）を用いてコントローラ１１１を通してプログラムすることができる。したがって、充電パラメータは、たとえば電子デバイスまたはコンピュータなどの外部システム上のソフトウェアの制御の下に変更することができる。一実施形態において、デジタルバスは、I^2CバスまたはＵＳＢ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ　Ｓｅｒｉａｌ　Ｂｕｓ）バスを使用して結合または実装することができる。

【００３９】

一実施形態において、充電パラメータは、それぞれ複数のデジタルビットとして格納することができ、異なる充電パラメータは、別個に及び／又は独立してプログラムすることができる。複数の充電パラメータに対応するデジタルビットは、次いで、電圧または電流などのアナログパラメータに変換される。アナログパラメータは次に、スイッチング電池充電器１０３内のノードに結合されてレギュレータのふるまいを所望のように変更し、そして充電の特性を変化させることができる。一実施形態において、デジタルビットは、以下に説明するＤＡＣ（ｄｉｇｉｔａｌ－ｔｏ－ａｎａｌｏｇ　ｃｏｎｖｅｒｔｅｒ）を用いてアナログパラメータに変換することができる。

【００４０】

一実施形態において、格納された充電パラメータは、ある範囲の値にわたり可変である。したがって、たとえば、一定電流および／または一定電圧などの充電特性は、対応する範囲の電流または電圧値にわたりプログラムすることができる。一実施形態において、充電パラメータ値の範囲は、少なくとも、最高値、最低値、および最高値と最低値との間の複数の中間値を含む。それゆえ、一定電圧または電流は、データストレージ１１２内の対応する充電パラメータを再プログラムすることにより、最高値、最低値、または中間値のいずれかにプログラムすることができる。そのようなプログラミングの１つの例示的利点は、異なる規格電圧および規格再充電電流を有する電池を充電するのに、１つのプログラマブル充電器を使用することが可能なことである。

【００４１】

本発明の実施形態は、予め定めたソフトウェアアルゴリズムに従い１つ又は複数の充電パラメータを再プログラムすることをさらに含む。充電プロセスを制御するソフトウェア

は、充電プロセスを動的に制御するために、前もって書き込んで電子デバイスにロードすることができる。たとえば、電子デバイス１０１は、マイクロプロセッサやマイクロコントローラとすることのできるプロセッサ１２０を備えることができる。プロセッサ１２０は、揮発性または不揮発性メモリ（たとえば、電子デバイス１０１の一部として備えられたデータストレージ１１２または別のメモリ）内の充電制御ソフトウェアにアクセスすることができ、データストレージ１１２内の充電パラメータを再プログラムするためのアルゴリズムを実行することができる。アルゴリズムは、たとえば電池が充電されている間に１つ又は複数の充電パラメータを変更することができ、または、複数の充電サイクルにわたって１つ又は複数の充電パラメータを変更することができる。

【００４２】

本発明の実施形態は、多様な電子デバイスにおいて使用することができ、多様な種類および構成の電池を充電するために使用することができる。本発明のある側面の利点を明らかにするために、リチウムイオン（「Ｌｉ＋」）電池を充電することに関して例を説明する。しかしながら、以下の例は、説明の目的のためのみであり、リチウムポリマー電池、ニッケル金属水素化物電池、またはニッケルカドミウム電池などの、異なる電圧および充電仕様を有する他の種類の電池も、本明細書に説明する技術を使用して有利に充電することができることを理解されたい。

【００４３】

図２は、本発明の一実施形態による電池に対する例示的プログラマブル充電サイクルを示している。図２のグラフは、横軸２０３の時間（「ｔ」）に対して、左の縦軸２０１にプロットした電池への電流（「Ｉｏｕｔ」）および右の縦軸２０２の電池の電圧（「Ｖｂａｔｔ」）を示している。経時的な電池の電圧が破線２０４で示され、電池への電流が実線２０５で示されている。この例は、深く消耗されたＬｉ＋電池のための充電サイクルを示している。本発明の実施形態は、充電サイクル曲線の１つ又は複数のパラメータに対するプログラマブル制御を提供する。電池は、２つの基本的モードで充電される。それらは、この例においてｔ＝０からｔ２まで一定電流を供給する電流制御モードと、この例においてｔ＝ｔ２からｔ３まで一定電圧を供給する電圧制御モードである。いずれも、ある範囲の値にわたりプログラマブルである。この例では、電池の電圧は、当初、なんらかの特定の閾値（たとえば、３ボルト）以下であり、電池が深く消耗されていることを示している。したがって、電流制御モードは、当初、一定プリチャージ電流２１０（たとえば、１００ｍＡ）を発生することができ、一定プリチャージ電流２１０は、それをある範囲の値にわたりプログラムすることができるように、格納された充電パラメータにより設定することができる。一定プリチャージ電流２１０は、電池電圧の増加を引き起こす。電池電圧がプリチャージ閾値２１１（たとえば、３ボルト）を超えて増加すると、システムは、電池への電流を増加する（たとえば、５００ｍＡ）。一実施形態において、プリチャージ閾値２１１も、格納された充電パラメータを用いてプログラムすることができる。システムは、電池電圧を検出することができ、電圧がプリチャージ閾値２１１以下である場合、システムは一定プリチャージ電流を発生する。電池電圧がプリチャージ閾値２１１としてプログラムされた値を超えて増加した場合、システムはプリチャージ電流より大きい一定電流２１２を発生する。第２の一定電流は、しばしば「高速充電（ｆａｓｔ　ｃｈａｒｇｅ）」電流と呼ばれる。

【００４４】

高速充電電流が電池に伝えられている間、２０４Ａに示すように、電池の電圧は増加し続ける。本発明の実施形態は、制御電流を供給することから制御電圧を発生することへシステムが変化する閾値のプログラミングも可能にする。たとえば、システムが電流制御から電圧制御に遷移する閾値に対応する充電パラメータをメモリ内に格納することができる。電池の電圧がプログラムされた閾値を超えて増加すると、システムは自動的に遷移して、一定電圧２１３を電池に供給する。一実施形態において、電池に供給される電圧２１３（すなわち、「フロート」電圧）は、格納された充電パラメータにより設定される。フロート電圧は、対応する格納された充電パラメータをプログラムすることにより、ある範囲

の電圧値の内の任意の電圧に設定することができる。電流制御モードの間に電池がフロート電圧まで増加すると、システムは電圧制御モードに遷移し、フロート電圧２１３を電池において維持する。システムが電圧制御モードにある間、電池への電流２０７は減少し出す（すなわち、「次第に減少（ｔａｐｅｒ）」または「下落」する）。いくつかの実施形態において、電流がなんらかの最小閾値（すなわち、１００ｍＡ）に達した後に、充電器をオフにすることが望ましいことがある。それゆえ、システムが電圧制御モードにある間、格納された充電パラメータを使用して、電流２０７を検出することができる。電流２０７が最小のプログラムされた値以下に下がると、システムは自動的に充電器を停止し、充電サイクルを終える。有益なことに、上述のパラメータは、ある範囲の値にわたりプログラムして、電池寿命の間や異なる充電サイクルの間やさらには単一の充電サイクルの間に、特定の電池の特定の特性に最適化することができる。

【００４５】

図３は、本発明の一実施形態による、プログラムされた電池充電パラメータの使用を示している。この例は、本発明はいくつかの特徴を示している。３０２で、電池充電特性に対応する充電パラメータが、プログラマブルデータストレージ素子に格納される。充電パラメータは、たとえばレジスタ、揮発性メモリアレイ、または不揮発性メモリ素子内に、複数のデジタルビットとして格納することができる。パラメータを複数のビットとして格納することは、各パラメータについて複数の値をプログラムすることを可能にする。したがって、電流、電圧または閾値などのシステムパラメータをある範囲の値にわたってプログラムして、広い範囲の電池特性に対応することができる。３０４で、電池の電圧が感知され、電池電圧がプログラムされたプリチャージ閾値を超えているか又はそれ以下かが判定される。電池電圧がプログラムされた閾値以下の場合、３０６で、プログラムされた一定プリチャージ電流が電池に供給される。一実施形態において、格納された充電パラメータは、電池が充電されている間に変更することができる。たとえば、３０８で再プログラムの命令が与えられると、３１０で、一定プリチャージ電流を制御する充電パラメータが変更され、それにより電池に伝えられるプリチャージ電流値が変更される。電池電圧がプログラムされたプリチャージを超えて増加するものの依然としてフロート電圧以下である場合、３１４で、電池に供給される一定電流が増加される。高速充電電流も、３１６および３１８に示すように、システム内に格納されたに対応する充電パラメータを再ブロプラムすることで、充電中に動的に変更することができる。電池の電圧がプログラムされた電流制御／電圧制御閾値まで増加すると、システムは、３２２で、一定電流を供給することから、一定電圧を電池に供給することに変化する。３２４および３２６で、フロート電圧を、ある範囲の値にわたり再プログラムすることもできる。３２０で、電池への電流が感知され、テイパー（ｔａｐｅｒ）電流がプログラムされた閾値以下に下がると、３２８で、充電が終了される。

【００４６】

図４は、本発明の一実施形態による電池充電システムを示している。電池充電器４００は、電源（たとえば、Ｖｉｎ）を受け取るように結合された入力端子およびフィルタを介して電池４５０に安定化出力を供給するように結合された出力端子を有するスイッチングレギュレータ４１０を備える。この例では、スイッチングレギュレータ４１０の出力端子におけるスイッチング電圧および電流が、インダクタ４０２およびキャパシタ４０３を備えるフィルタを通して結合されている。フィルタされた出力電圧およびフィルタされた出力電流は、電池に供給されている。スイッチングレギュレータの出力電流（または電池入力電流）は、抵抗４０１（「Ｒｓｅｎｓｅ」）を通してスイッチングレギュレータ４１０の出力端子を電池４５０に結合することにより感知される。この例では、スイッチングレギュレータ４１０の制御入力端子に結合された電流コントローラ４２０および電圧コントローラ４３０をさらに備える。電流コントローラ４２０は、電池４５０の電圧がプログラムされた閾値以下のときにアクティブである。電流コントローラ４２０は、それぞれプリチャージ電流、高速充電電流、およびプリチャージ閾値を設定するための、格納された一定プリチャージ電流パラメータ４２１、１つ又は複数の格納された一定高速充電パラメー

タ４２２、および格納されたプリチャージ閾値パラメータ４２３を備える。この例では、電流コントローラ４２０は、抵抗４０１（たとえば、Ｃｓｅｎｓｅ＋、Ｃｓｅｎｓｅ－）を介して電圧を感知することにより電流を制御する。電圧コントローラ４３０は、電池４５０の電圧がプログラムされた閾値より大きいときにアクティブである。格納された電池電圧パラメータ４３１が使用され、電流制御から電圧制御への遷移の閾値が設定される。この例では、電圧コントローラ４３０は、電池端子における電圧（Ｖｂａｔｔ）を感知することとそれに従いレギュレータ４１０の制御端子を調整することにより、電池においてパラメータ４３１により設定される一定電圧を維持する。

【００４７】

本発明の実施形態は、電池充電プロセスに関連する多様な他のパラメータをプログラムすることをさらに含む。たとえば、システムコントロール４４０は、電池電流に対する最小の閾値をプログラムするための終了電流パラメータを含む。電池電流がパラメータ４４１により設定される値以下に下がると、充電サイクルは終了する。加えて、システムは、タイマを設定するためのパラメータ４４２を格納することができる。たとえば、タイマは、一定プリチャージ電流が開始されたときに始めることができる。プログラマブルタイマを使用して、一定プリチャージ電流が電池に供給されている時間を測定することができる。タイマがプログラムされた値を経過した時に電池の電圧がプリチャージ閾値以下である場合、システムは自動的に電流制御を終了して停止し（「タイムアウト」）、それにより充電サイクルを終える。同様に、プログラムされたパラメータを使用して、高速充電電流が電池に供給されている時間を測定して、高速充電電流に対する「タイムアウト」を設定することができる。

【００４８】

一実施形態において、システムは、プログラマブル熱制御を備えることができる。プログラマブル熱パラメータ４４４は、温度にわたりシステムの動作を制御するために格納され使用される下方温度（ｕｎｄｅｒ－ｔｅｍｐｅｒａｔｕｒｅ）パラメータおよび上方温度（ｏｖｅｒ－ｔｅｍｐｅｒａｔｕｒｅ）パラメータを備えることができる。電池のオン御がプログラムされた上限温度限界を超えているか、または下限温度限界以下である場合、充電は一時停止される場合がある。熱パラメータ４４４は、バイアス制御パラメータも含み、電池温度センサへのバイアス電流をプログラムすることができる。一実施形態において、電池温度センサは、外部の負の温度係数のサーミスタである。したがって、プログラマブルバイアス制御は、たとえば異なるサーミスタ値を有する異なる電池の使用を可能にする。別の実施形態では、システムは再充電パラメータ４４３を備えることができる。充電サイクルの後、電池は、自動的に再充電されることができる（「トップ・オフ（ｔｏｐｐｅｄ　ｏｆｆ）」）。たとえば、入力電力供給が依然として存在する場合、フロート電圧は、プログラムされた再充電閾値以下に下がり、新しい充電サイクルが自動的に開始される。

【００４９】

電池充電器４００は、たとえばマイクロコントローラ、プロセッサ、または状態機械（ｓｔａｔｅ　ｍａｃｈｉｎｅ）を用いて実装することができるデジタルコントローラ４６０をさらに備える。コントローラ４６０は、不揮発性メモリ４６１を備え（または結合され）、１つ又は複数の充電パラメータを格納することができる。コントローラ４６０は、外部資源または同一の電子デバイス上に位置するプロセッサ４７０と通信するためのインターフェイス４６２も備えることができる。一実施形態において、充電パラメータを不揮発性メモリ４６１に格納し、揮発性ストレージデバイスに移送してもよい。コントローラ４６０は、プロセッサ４７０とインターフェイスをとり、不揮発性メモリまたは揮発性メモリのいずれかに格納されたパラメータを再プログラムすることができる。たとえば、プロセッサ４７０は、パラメータを変更するためのソフトウェア充電アルゴリズム４７１を備えることができる。プロセッサは、電池電圧および電流を感知するＡ／Ｄ回路（図示せず）に結合され、そしてアルゴリズムが、たとえば感知された電池への電流および電圧に基づいて格納されたパラメータを変更することができる。

【００５０】
図５は、本発明の一実施形態による電池充電システムを示している。電池充電器５００は、電源を受け取る入力端子と、インダクタ５０２およびキャパシタ５０３を備えるフィルタおよび電流感知抵抗５０１を介して電池５５０と結合された出力端子を有するスイッチングレギュレータ５１０を備える。電流コントローラ５２０は、抵抗５０１における電流を感知してレギュレータ５１０の制御入力端子に信号を送り、制御された（たとえば、一定の）電流を維持する。制御された電流は、レジスタ５２１、５２２および５２５内にデジタル値として格納されたパラメータによりプログラムすることができる。たとえば、レジスタ５２１は、デジタルプリチャージパラメータ値を格納することができ、レジスタ５２２は、デジタル高速充電パラメータ値を格納することができる。２つの異なる値を選択的に電流コントローラ５２０に結合して、電池に供給される電流を設定することができる。レジスタ５２５は、プリチャージ閾値を設定するためのデジタル値を保持することができる。レジスタ５２５のビットは、ＤＡＣ（ｄｉｇｉｔａｌ－ｔｏ－ａｎａｌｏｇ）５２６への入力とすることができ、ＤＡＣ５２６は、たとえば電圧などのアナログパラメータにビットを変換することができる。ＤＡＣ５２６の電圧出力は、基準として使用することができ、コンパレータ５２７の電池電圧と比較される。電池電圧がプログラムされたプリチャージ閾値以下である場合、コンパレータは、レジスタ５２１に格納されたプリチャージ電流値をＤＡＣ５２４に選択回路５２３（たとえば、マルチプレクサ）を使用して結合することができる。ＤＡＣ５２４は次に、プリチャージ電流に対応するデジタル値を受け取り、スイッチングレギュレータを制御してプログラムされた電流値を発生するためのアナログパラメータを発生する。電池電圧がレジスタ５２５にプログラムされた値を超えて増加した場合、コンパレータは状態を変更し、選択回路５２３は、レジスタ５２１に格納された高速充電電流値をＤＡＣ５２４に結合する。ＤＡＣ５２４は次に、高速充電電流に対応する新しいデジタル値を受け取り、レギュレータを制御して新しいプログラムされた電流値を発生するためのアナログパラメータを発生する。上述の回路は単なる例示的な１つの実装であることを理解されたい。別の例では、プリチャージ閾値を電池電圧を用いて制御し、分圧器を駆動することができる。分圧器の特定のタップは、プログラマブルレジスタによりデジタルに選択することができる。選択されたタップは次いで、コンパレータに結合され、たとえば参照電圧と比較される。

【００５１】
同様に、電圧コントローラ５３０は、電流制御モードから電圧制御モードに変更するための閾値を格納するためのレジスタ５３１に結合されている。レジスタ５３１は、閾値をデジタル値として格納する。レジスタ５３１のデジタルビットはＤＡＣ５３２への入力であり、電池の一定のプログラムされた電圧を維持するためのアナログパラメータに変換される。

【００５２】
この例では、レジスタ５４１は、終了電流値をプログラムするために使用される。電池電流Ｉｏｕｔは、抵抗５０１により感知することができ、差分電圧は、差分シングルエンド（ｄｉｆｆｅｒｅｎｔｉａｌ－ｔｏ－ｓｉｎｇｌｅ　ｅｎｄｅｄ）コンバータ５４４においてシングルエンド値に変換することができる。レジスタ５４１内の、所望の終了電流に対応するデジタル値は、ＤＡＣ５４２により電圧に変換することができる。差分シングルエンドコンバータ５４４およびＤＡＣ５４２の両方からの電圧はコンパレータ５４３への入力とすることができる。電池電流がプログラムされた値以下に減少（次第に減少）すると、コンパレータは、停止コントロール５４０に信号を発生し、充電サイクルを終了する。

【００５３】
電池充電器５００は、システム内のデジタル情報を操作するためのコントローラ５４５を備える。コントローラは、たとえばメモリまたはレジスタからの読み書きのための回路に加えて、シリアルまたはパラレルバスを介した他の電子機器とのインターフェイスなどの他のシステムコントロール機能を備える。上述したように、充電パラメータは、たとえ

ばＥＥＰＲＯＭなどの不揮発性メモリ５４６内に格納することができる。この例では、パラメータは、不揮発性メモリ５４６内に格納することができる。この例では、パラメータは不揮発性メモリ５４６内に格納され、レジスタ５２１、５２２、５２５、５３１および５４１に移送される。パラメータの変更にソフトウェアアルゴリズムが使用される場合、アルゴリズムが、（たとえば、動的プログラミングのための）レジスタ又は（たとえば、静的プログラミングのための）不揮発性メモリのいずれかの内のパラメータ値を変更することができる。

【００５４】

図６は、本発明の一実施形態による電池充電パラメータを示している。この例では、多様な格納されたパラメータがコントローラ６４５によりプログラムされ、不揮発性メモリ６４６内に格納された充電パラメータをレジスタにロードすることにより充電サイクルが調整される。たとえば、レジスタ６４１は、図５を参照して上述したようなＤＡＣ６４２、差分シングルエンドコンバータ６４４およびコンパレータ６４３とともに、終了電流をプログラムするのに使用される。加えて、レジスタ６５１を使用してプリチャージタイマ６５２をプログラムすることができ、レジスタ６６１を使用して高速充電タイマ６６２をプログラムすることができる。タイマ６５２は、プログラムされた時間の間に電池の電圧がプログラムされたプリチャージ閾値を超えて増加しない場合、充電サイクルを停止することができる。同様に、タイマ６６２は、プログラムされた時間の間に電池の電圧がプログラムされた一定電流から一定電圧への遷移の閾値を超えて増加しない場合、充電サイクルを停止することができる。

【００５５】

レジスタ６７１および６７４は、下方温度パラメータおよび上方温度パラメータによりプログラムすることができる。レジスタ６７１よび６７４のデジタル値は、それぞれコンパレータ６７３および６７６の入力端子に結合され、電圧範囲の上方および下方限度を定義する。コンパレータ６７３および６７６の他の入力端子は、電池温度を検出する熱センサ６９０に結合されている。電池温度が、プログラムされた上方温度限界を超えた電圧、または下方温度限界以下の電圧をもたらす場合、コンパレータは、充電サイクルを停止して電池を保護する。一実施形態において、バイアス電流６７９はレジスタ６７７およびＤＡＣ６７８によりプログラムされ、熱センサの電圧を調整する。ある特定の例では、熱センサは、負の温度係数のサーミスタを備え、バイアス電流は、熱感知回路の温度範囲を最適化するようにプログラムすることができる。

【００５６】

図７は、本発明の一実施形態による充電サイクルの例を示している。この例は、たとえば入力電圧がＵＳＢ電力端子である用途において使用することができる。以下の例では、充電サイクルパラメータの多くは上述の技術に従ってプログラマブルであり、たとえばシリアルまたはパラレルバスを介して設定し変更することができる。充電サイクルは、パワーオンリセット（「ＰＯＲ」）７０１で始まる。７０２で、入力電圧が感知または他の方法で測定されて、電池電圧および付加されたオフセットに対して比較される。この例では、入力電圧が電池電圧プラス１３０ｍＶ未満の場合、７０３で、システムは充電を終了し、スタンバイモードに入る。入力電圧が電池電圧プラス１３０ｍＶより大きい場合、７０４で、温度が感知されチェックされる。電池の温度が許容範囲（すなわち、Ｔ（ｈｉ）＞Ｔ＞Ｔ（ｌｏ））の外にあると判定された場合、システムは充電を終了する。しかしながら、電池の温度が許容範囲内であると判定された場合、充電サイクルは７０５に続く。上述したように、温度チェックの特性はプログラマブルである。以下の表１～２は、電池温度を測定するためのバイアス電流、ならびに上方温度パラメータおよび下方温度パラメータの例示的プログラミングを示している。

【００５７】

【表１】

Bit1	Bit0	サーミスタ電流
0	0	100μA（10k NTC）
0	1	40μA（25k NTC）
1	0	10μA（100k NTC）
1	1	0μA（使用不可能）

【００５８】

【表２】

Bit2	Bit1	Bit0	下方温度	Bit2	Bit1	Bit0	上方温度
0	0	0	-20℃	0	0	0	+30℃
0	0	1	-15℃	0	0	1	+35℃
0	1	0	-10℃	0	1	0	+40℃
0	1	1	-5℃	0	1	1	+45℃
1	0	0	0℃	1	0	0	+50℃
1	0	1	+5℃	1	0	1	+55℃
1	1	0	+10℃	1	1	0	+60℃
1	1	1	+15℃	1	1	1	+65℃

【００５９】

この例では、システムは、ＵＳＢ電力供給入力端子から充電されている。それゆえ、システムは、１００ｍＡ　ＵＳＢモードをデフォルトに設定し、ＵＳＢコントローラがＵＳＢタイプ（すなわち、ＨＵＢまたはＨＯＳＴ）を指定するのを待つ。ＵＳＢ　ＨＯＳＴは、最大で１００ｍＡを供給することができ、ＵＳＢ　ＨＵＢは、最大で５００ｍＡを供給することができる。システムは、７０６で、ＵＳＢホストタイプを判定する。ＵＳＢ　ＨＯＳＴに対して、一定高速充電電流は、デフォルトの１００ｍＡのレベルに維持される。ＵＳＢ　ＨＵＢに対して、一定高速充電電流は、最大５００ｍＡにプログラムされる。たとえば、一実施形態において、システムは、プリチャージ電流を１２．５ｍＡステップで２５ｍＡから２１２．５ｍＡまでプログラムするための充電パラメータを格納する第１のレジスタを備えることができる。別のレジスタを使用して、２５ｍＡステップで１２５ｍＡから５００ｍＡまで高速充電電流をプログラムすることができる。システムがＨＯＳＴモードにあるとき、システムは高速充電レジスタの機能を無効にしてプリチャージレジスタからＤＡＣに供給されるビットを制約し、出力電流が１００ｍＡを超えることができないようにする。

【００６０】

７０８で、システムは、電池電圧を感知する。この例では、システムはまず７０８で、電池電圧をプログラムされた閾値と比較して、「トリクル充電」を開始する。電池電圧が２．１６Ｖ以下の場合、トリクル電流（たとえば、３ｍＡ）が発生され、７０９で、タイマがオフされる（すなわち、タイムアウトなし）。本発明の一実施形態によると、トリクル充電閾値および一定のトリクル電流は、対応する充電パラメータを格納することによりプログラマブルである。電池電圧がトリクル閾値を超えて増加した場合、システムはプログラムされた一定のプリチャージ電流を発生し、電池電圧のモニタを続ける。７１０で電池の電圧がプリチャージ閾値（「Ｖｐｒｅｃｈｇ」）以下である限り、７１１で、システムはプリチャージモードになる。上述したように、プリチャージ閾値はある範囲の値にわたりプログラマブルである。以下の表は、たとえばプログラマブルレジスタまたは他のプログラマブルメモリ内の異なる充電パラメータ値（たとえば、ビット０．．２）によりプログラムすることのできる異なるプリチャージ閾値を示している。

【００６１】

【表３】

Bit2	Bit1	Bit0	プリチャージから高速充電への電圧閾値
0	0	0	2.4V
0	0	1	2.5V
0	1	0	2.6V
0	1	1	2.7V
1	0	0	2.8V
1	0	1	2.9V
1	1	0	3.0V
1	1	1	3.1V

【００６２】

７１２で、システムはタイマを開始し、プログラムされた一定プリチャージ電流を発生する。以下の表は、たとえばプログラマブルレジスタまたは他のプログラマブルメモリ内の異なる充電パラメータ値（たとえば、ビット０．．３）によりプログラムすることのできる異なるプリチャージ電流を示している。

【００６３】

【表４】

Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	プリチャージ電流
0	0	0	0	25mA
0	0	0	1	37.5mA
0	0	1	0	500mA
0	1	1	1	62.5mA
0	1	0	0	75mA
0	1	0	1	87.5mA
0	1	1	0	100mA
0	1	1	1	112.5mA
1	0	0	0	125mA
1	0	0	1	137.5mA
1	0	1	0	150mA
1	0	1	1	162.5mA
1	1	0	0	175mA
1	1	0	1	187.5mA
1	1	1	0	200mA
1	1	1	1	212.5mA

【００６４】

システムが一定プリチャージ電流を供給している間、システムは、７１３で、電池電圧を感知する。電池電圧がプログラムされたプリチャージ閾値以下を維持する場合、システムはプリチャージ電流を供給し続け、タイマは動作し続ける。電池電圧が、タイマが７１４で切れるときにプリチャージ閾値以下を維持する場合、システムは７１５で電池フォールト（ｆａｕｌｔ）を発生し、７１６で充電サイクルを終了する。プリチャージタイムアウトもプログラマブルである。以下の表は、プログラマブルレジスタまたはメモリ内の異なる充電パラメータ値（たとえば、ビット０．．２）によりプログラムすることのできる異なるタイムアウトを示している。

【００６５】

【表５】

Bit1	Bit0	プリチャージタイムアウト
0	0	2621sec
0	1	5242sec
1	0	10484sec
1	1	使用不可能

【００６６】

プリチャージ電流が、電池電圧をプリチャージ閾値を超えて増加させた場合、システムは７１７で、「通常」または「高速充電」モードに切り替わる。このモードでは、システムはプログラマブル高速充電タイマをリセットし、プログラムされた一定電流を供給する。プログラマブル一定電流は、ＵＳＢ　ＨＵＢに関して１００ｍＡ、ＵＳＢ　ＨＯＳＴに関して５００ｍＡの最大値を有する。高速充電タイマも、以下のようにプログラマブルである。

【００６７】

【表６】

Bit1	Bit0	高速充電タイムアウト
0	0	20972sec
0	1	41943sec
1	0	83886sec
1	1	使用不可能

【００６８】

高速充電の間、７１８で、電池の電圧が再びモニタされる。電池の電圧がプログラムされたフロート電圧（「Ｖｆｌｏａｔ」）未満である間、充電システムは、７１９で、電池へのプログラムされた一定電流を調節する。以下の表は、ＵＳＢ　ＨＵＢに関してプログラムすることのできる高速充電電流を示している。ＵＳＢ　ＨＯＳＴの高速充電電流は最大１００ｍＡに制限されている。これは、たとえば、プリチャージについてプリチャージレジスタを使用し、次いでレジスタを高速充電中のより高い電流のために再プログラムすることによりなされる。

【００６９】

【表７】

Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	高速充電電流
0	0	0	0	125mA
0	0	0	1	150mA
0	0	1	0	175mA
0	0	1	1	200mA
0	1	0	0	225mA
0	1	0	1	250mA
0	1	1	0	275mA
0	1	1	1	300mA
1	0	0	0	325mA
1	0	0	1	350mA
1	0	1	0	375mA
1	0	1	1	400mA
1	1	0	0	425mA
1	1	0	1	450mA
1	1	1	0	475mA
1	1	1	1	500mA

【００７０】

高速充電タイマが、電池の電圧が７２１でフロート閾値に達する前に、７２０で切れると、システムは７１５で電池フォールトを発し、７１６で充電サイクルを終了する。しかしながら、タイマが切れる前に電池電圧がプログラムされたフロート電圧まで増加した場合、システムは一定電圧調節モードに遷移し、一定電圧タイマを設定する。電池に供給されるフロート電圧は、また、プログラミング命令により設定される。以下の表は、プログラムすることのできる利用可能なフロート電圧を示している。以下の表から、充電器の出力端子において、ある範囲の電圧をプログラムすることができることが理解できる。それゆえ、本明細書に開示される技術を用いる電池充電器により、多様な電池または電池状態に対応することができる。

【００７１】

【表８】

Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	フロート電圧
0	0	0	0	0	4.000V
0	0	0	0	1	4.020V
0	0	0	1	0	4.040V
0	0	0	1	1	4.060V
0	0	1	0	0	4.080V
0	0	1	0	1	4.100V
0	0	1	1	0	4.120V
0	0	1	1	1	4.140V
0	1	0	0	0	4.160V
0	1	0	0	1	4.180V
0	1	0	1	0	4.200V
0	1	0	1	1	4.220V
0	1	1	0	0	4.240V
0	1	1	0	1	4.260V
0	1	1	1	0	4.280V
0	1	1	1	1	4.300V
1	0	0	0	0	4.320V
1	0	0	0	1	4.340V
1	0	0	1	0	4.360V
1	0	0	1	1	4.380V
1	0	1	0	0	4.400V
1	0	1	0	1	4.420V
1	0	1	1	0	4.440V
1	0	1	1	1	4.460V
1	1	0	0	0	4.480V
1	1	0	0	1	4.500V
1	1	0	1	0	4.520V
1	1	0	1	1	4.540V
1	1	1	0	0	4.560V
1	1	1	0	1	4.580V
1	1	1	1	0	4.600V
1	1	1	1	1	4.620V

【００７２】

出力端子における電圧がプログラムされたフロート電圧に維持されている間、電池への電流は、次第に減少し始める（減少し始める）。充電システムは、７２３で、電流をモニタし、電池への電流が、電圧が一定に調節されている間に、プログラムされた終了電流閾値以下に減少した場合、システムは、７２５で、充電サイクルを終了する。あるいは、電池への電流が、７２４でプログラムされた一定電圧タイマより長く、プログラムされた終了閾値より大きく留まる場合、システムは７２４でタイムアウトし、７１５で電池フォールドを発生し、７１６で充電サイクルを終了する。タイマが切れる前に、電流がプログラムされた終了電流閾値以下に下がる場合、充電器は充電サイクルを終了し、７２５でスタンバイモードに遷移する。スタンバイモードにある間、システムは電池電圧をモニタし、電池電圧が予め定めたレベル（たとえば、プログラムされたフロート電圧の１００ｍＶ下）以下に下がった場合、システムは「トップ・オフ」サイクルに入ることができる。

【００７３】
図８は、本発明の一実施形態によるスイッチングレギュレータ８０３を備えるスイッチング電池充電器８０１を示している。デバイス電子機器８０２は、電池８５０から電力を受け取る電源供給端子（「Ｖｃｃ」）を備える。電池８５０が消耗されたとき、電源８１０からの電圧および電圧を、スイッチングレギュレータ８０３およびフィルタ８０４を通じて、電池８５０に結合することにより再充電することができる。たとえば、上述したように、電源はたとえばＵＳＢポートからのＤＣ電源とすることができる。本明細書に説明される技術は、ＡＣ電源に適用することもできることを理解されたい。それゆえ、図８は、ＤＣ電力を用いる１つの例示的システムである。スイッチングレギュレータ８０３は、スイッチングデバイス８２１、スイッチング回路（「スイッチャー」）８２２、調節可能電流コントローラ８２３、出力感知回路８２５、および入力感知回路８２４を備えることができる。スイッチングレギュレータ８０３は、トランジスタ８２１の制御端子においてスイッチング制御信号８２１Ａを発生するスイッチング回路８２２を備える点で、線形レギュレータと区別される。たとえば、スイッチングデバイス８２１は、ＰＭＯＳトランジスタとすることができる。しかしながら、スイッチングデバイスは、たとえば、１つ又は複数のバイポーラまたはＭＯＳトランジスタなどの、他の種類のデバイスを用いて実装することができることを理解されたい。

【００７４】
電流制御モードにおいて、出力感知回路８２５が、電池への出力電流を感知する。電流コントローラ８２３が、出力感知回路８２５に結合されて出力電流を制御する。電流コントローラ８２３は、出力電流に対応する入力を出力感知回路から受け取る。電流コントローラ８２３は、これらの入力を用いてスイッチング回路８２２を制御し、スイッチング回路８２２は次に、スイッチングデバイス８２１の制御端子に出力電流を修正する信号を供給する。例示的なスイッチング制御の仕組みには、スイッチングデバイス８２１の制御端子をパルス幅変調することが含まれる。スイッチングレギュレータ８０３の出力端子は、フィルタ８０４を通じて電池８５０の端子に結合される。電池端子における電圧または電流は、電池への電池電圧または電流を感知することにより制御することができる。電流制御モードにおいて、電流コントローラ８２３は、感知された電池電流を受け取り制御信号８２２Ａを修正して、スイッチング回路８２２およびスイッチングデバイス８２１のふるまいを変化させて、電池電圧を制御された値に維持することができる。同様に、電圧制御モードにおいて、（以下に述べる）電圧コントローラは、感知された電池電圧を受け取り制御信号８２２Ａを修正して、スイッチング回路８２２およびスイッチングデバイス８２１のふるまいを変化させて、電池電圧を制御された値に維持することができる。このようにして、電池への電圧または電流を、制御された値に維持することができる。以下により詳細に説明するように、電流コントローラ８２３は、電池の電圧、またはスイッチングレギュレータへの入力電流のいずれかに結合された別の入力端子を備え、電池の電圧が増加するにつれて、電池電流の変更を制御することができる。この目的のために電池電圧または入力電流のいずれをも使用することができるので、システムは、入力感知回路８２４を備えても備えなくともよい。

【００７５】
一実施形態において、スイッチングレギュレータ８０３は、電源８１０から電圧および電流を受け取り、電源から受け取った電流よりも大きい充電電流を電池に供給する。たとえば、電源から受け取った電圧が電池電圧よりも大きい場合、スイッチングレギュレータは次いで、スイッチングレギュレータへの入力電流よりも大きな充電電流を電池に供給することができる。スイッチングレギュレータの入力端子での電圧が電池の電圧よりも大きいとき（しばしば「バック（Ｂｕｃｋ）」構成と呼ばれる）、スイッチングレギュレータの「理想的」な電圧と電流の関係は次式で与えられる。

$$Vout = C * Vin,$$

$$Iout = Iin / C$$

ここでＣは定数である。たとえば、パルス幅変調されたスイッチングレギュレータにおい

て、Ｃは、スイッチングデバイスの制御入力端子におけるスイッチング波形の「デューティサイクル」Ｄである。上記数式は次のように、出力電流は、入力電流、入力電圧および出力電圧の関数であることを明らかにする。

Ｉｏｕｔ＝Ｉｉｎ＊（Ｖｉｎ／Ｖｏｕｔ）

この数式は、「理想的」バックレギュレータに対して当てはまることを理解されたい。現実の実装においては、出力は非理想性（すなわち、効率ロス）のために出力レベルが下がり、それは１０％程度である場合がある（すなわち、効率η＝９０％）。この式は、電池８５０への充電電流は、入力電流より大きい可能性があることを示している（すなわち、入力電圧Ｖｉｎが出力電圧よりも大きいとき）。さらに、充電サイクルの初期では、電池電圧は、充電サイクルの後の時点よりも小さい。それゆえ、充電サイクルの初期において（すなわち、Ｖｂａｔｔ＝Ｖｏｕｔとして、Ｖｉｎ／Ｖｂａｔｔがより大きいとき）、電池への電流は、充電サイクルの後の時点（すなわち、Ｖｉｎ／Ｖｂａｔｔがより小さいとき）における電池への電流よりも大きい。一実施形態において、電池への電流（すなわち、スイッチングレギュレータの出力電流）は制御されて初期値に設定され、そして電池電圧が増加するにつれ、出力電流が減少される。上記数式は、電池電圧が増加するにつれて、スイッチングレギュレータの出力における所与の電流に対して、スイッチングレギュレータへの電流が増加し始めることを示している。この効果は、先に示したスイッチングレギュレータの電圧と電流の関係からもたらされる。たとえば、ＩｏｕｔおよびＶｉｎが固定の場合、Ｉｉｎは、Ｖｏｕｔが増加するにつれて増加しなければならない。したがって、異なる実施形態では出力電圧または入力電流が感知され、そして電池電圧が増加するにつれて電池への電流が減少される。

【００７６】

たとえば、スイッチングレギュレータ８０３は、電流制御モードで動作することができ、このとき、出力感知回路８２５は、スイッチングレギュレータの出力電流（すなわち、電池入力電流）を感知し、電流コントローラ８２３は、電池の電圧が増加するにつれて、電池への電流の低減を制御する。一実施形態において、電流コントローラ８２３は、増加する電池電圧に対応する制御信号に応答して電池電流を低減することができ、制御信号は、電流コントローラ８２３に電池電流を低減するよう伝える。別の実施形態において、入力感知回路８２４は、スイッチングレギュレータへの入力電流を感知し、電流コントローラ８２３は、増加する入力電流に対応する制御信号に応答して、電池への電流を低減する。等価的に、入力電流または電池電圧に関係する他のパラメータをモニタして、電池への電流を調整するための所望の情報を取得することもできる。一実施形態において、（以下により詳細に説明する）コントローラを用いて、第１の入力電流または第１の出力電圧に応答して、電流コントローラへの１つ又は複数の制御信号を発生する。コントローラは、感知されたパラメータ（たとえば、アナログまたはデジタル信号としての入力電流または電池電圧）を受け取り、電流コントローラ８２３への１つ又は複数の制御信号を発生する回路であり、出力端子における電流を調整する。感知回路、コントローラおよび電流コントローラは、電池に印加されるスイッチングレギュレータ出力電圧が増加するにつれてスイッチングレギュレータ出力電流（すなわち、電池充電電流）が連続的に低減されるように、（全体を又は一部を）アナログ回路として実装することができる。別の実施形態において、コントローラおよび／または電流コントローラは、電池電圧が増加するにつれて電池充電電流が段階的に低減されるように、（全体を又は一部を）デジタル回路として実装することができる。これら回路の例を以下に述べる。

【００７７】

図９は、本発明の一実施形態によるスイッチングレギュレータを用いた電池の充電を示している。９０１で、入力電圧および入力電流が、スイッチングレギュレータの入力端子で受け取られる。９０２で、スイッチングレギュレータの出力端子におけるスイッチング出力電流および電圧が、電池の端子に結合される。たとえば、スイッチングトランジスタの出力端子を、フィルタを介して電池端子に結合することができる。９０３で、出力電圧（すなわち、電池電圧）および出力電流（すなわち、電池入力電流）が、スイッチングレ

ギュレータの出力端子に発生される。９０４で、電池への出力電圧が増加するにつれて電池への電流が低減される。上述のように、スイッチングレギュレータは、電池電圧を直接に感知するか、入力電流または他の関連するパラメータを感知することのいずれかにより、電池電圧の上昇を検出することができる。

【００７８】

図１０Ａ～１０Ｂは、本発明の一実施形態によるスイッチングレギュレータを用いた電池の充電を示している。図１０Ａのグラフは、横軸の時間に対して、右の縦軸に電流、左の縦軸に電池の電圧をプロットしたものである。時間に応じた電池の電圧が線１００１で示され、電池への電流が線１００２で示され、スイッチングレギュレータへの電流が線１００３で示されている。この例は、深く消耗されたＬｉ＋電池を充電するための充電サイクルを示している。電池は、２つの基本的モードで充電される。それらは、電流制御モード（ｔ＝０，ｔ２）と電圧制御モード（ｔ＝ｔ２，ｔ３）である。この例では、電池の電圧は、最初、なんらかの特定の閾値（たとえば、３ボルト）以下であり、電池が深く消耗されていることを示している。したがって、電流制御モードは、最初、一定のプリチャージ（ｐｒｅｃｈａｒｇｅ）電流１０１０（たとえば、１００ｍＡ）を発生することができる。一定のプリチャージ電流１０１０は、電池電圧の増加を引き起こす。電池電圧がプリチャージ閾値１０２０（たとえば、３ボルト）を超えて増加すると、システムは、電池へ供給される電流を増加する。第２の電流は、しばしば「高速充電（ｆａｓｔ　ｃｈａｒｇｅ）」電流と呼ばれる。

【００７９】

図１０Ａが示すように、電池への電流は、スイッチングレギュレータが受け取る電流よりも大きくなりうる。たとえば、高速充電サイクルの始めでは、電池への電流を７５０ｍＡ、スイッチングレギュレータへの電流を５００ｍＡに初期設定することができる。したがって、電池の電圧は、電池が充電されるにつれて増加しだす。電池電圧が増加するにつれて、電池への電流を低減して、入力電流がほぼ一定を保つようにしてもよい。上述したように、電池の電圧が増加すると、そしてスイッチングレギュレータにより供給される電流が一定に保たれると、スイッチングレギュレータへの電流は増加しだす。いくつかの応用では、入力電流を何らかの閾値以下に維持して、スイッチングレギュレータへの総電力が電源で利用可能な総電力を超えないようにすることが望まれる場合がある。たとえば、電源がＵＳＢポートである場合、最大電流は、ＵＳＢポートタイプ（ＨＯＳＴまたはＨＵＢ）に応じて、１００ｍＡまたは５００ｍＡのいずれかとすることができる。この例では、入力電流はほぼ一定に維持され、電池への電流が、電池電圧が増加するにつれて減少される。たとえば、電池電圧が１０２０Ｂにおいて約３ボルトを超えて増加すると、電池への電流は約７００ｍＡに低減される。図１０Ａから、電池の電圧が増加するにつれて電流が順次に減少され、入力電流がほぼ一定に維持されていることが分かる。上述のように、アナログまたはデジタル技術のいずれを用いても、電池電流を制御することができる。加えて、このシステムは、スイッチングレギュレータへの入力電流または電池電圧のいずれを感知しても、電池電流制御を実装することができる。

【００８０】

電池の電圧が時刻ｔ２において閾値１０３０Ａを超えて増加すると、システムは、自動的に電池に一定電圧（すなわち、「フロート（ｆｌｏａｔ）」電圧）を供給するように遷移する。電流制御モード中に電池がフロート電圧まで増加すると、システムは、電圧制御モードに遷移し、電池におけるフロート電圧を維持する。システムが電圧制御モードである間、電池への電流１０３０は、減少し出す（すなわち、「次第に減少」または「下落」する）。いくつかの実施形態において、電流がなんらかの最小閾値１０４０に達した後に、充電器をオフにすることが望ましいことがある。それゆえ、電池電流が最小値より下に下がると、システムは自動的に充電器を遮断し、時刻ｔ３で充電サイクルを終える。

【００８１】

図１０Ｂは、電池電圧に対して、スイッチングレギュレータへの入力電流と、スイッチングレギュレータにより供給される電池電流を示している。図１０Ｂのグラフは、左の縦

軸に電流を、横軸に電池電圧をプロットしたものである。最初、電池電圧はなんらかの閾値（たとえば、３ボルト）以下であり、システムはプリチャージモードであり、またスイッチングレギュレータは電池に一定のプリチャージ電流１０１０Ａ（たとえば、１００ｍＡ）を供給するように設定されている。したがって、入力電流１０１０Ｂは、電池電流よりも小さい（たとえば、１００ｍＡ未満）。システムが（たとえば、電池電圧が３ボルトなどのなんらかの閾値を超えて増加することの結果として）高速充電モードに遷移すると、電池電流をプリチャージ値から最大値１００２Ａ（たとえば、７００ｍＡ）にリセットすることができる。スイッチングレギュレータから電池に供給される電流が増加すると、入力電流も同様に新しい値１００３Ａ（たとえば、約４７５ｍＡ）に増加する。しかしながら、出力電流が一定に保たれているとすると、電池電圧が閾値を超えて増加するにつれて入力電流は増加する。いくつかの応用では、ＵＳＢ電源等の電源は、なんらかの最大値（たとえば、ＵＳＢに関して５００ｍＡ）を超えて入力電流をスイッチングレギュレータに供給することができない場合がある。電池への電流を設定するとき、最大入力値を考慮にいれることがある。したがって、入力電流がなんらかの閾値（たとえば、５００ｍＡなどの許容可能な最大のレベル）まで増加すると、システムは、電池電流を先の値より小さい新たな値１００２Ｂにリセットすることができ、入力電流はそれに従い１００３Ｂにおいて閾値（たとえば、約４５０ｍＡ）より小さく低減される。電池への出力電流は、電池への出力電圧が増加するにつれて段階的に低減することができ、その結果、図１０Ｂに示すように、入力電流が閾値以下に保たれる。一実施形態において、出力電流は、スイッチングレギュレータへの入力電流の感知および入力電流が閾値を超えて増加したことの判定に応答して、段階的に低減される。別の実施形態では、出力電流は、電池電圧の感知に応答して段階的に低減される。

【００８２】

図１１は、本発明の一実施形態による電池充電システム１１００の例示的実装を示している。この例は、電池電圧が増加するにつれて電池電流を調整するために、デジタルコントローラ１１４５およびプログラマブルストレージを用いる、１つの可能な実装を示している。電池充電器１１００は、電源からの入力電圧および電流を受け取るための入力端子を有するスイッチングレギュレータ１１１０を備える。スイッチングレギュレータ１１１０の出力端子は、インダクタ１１０３およびキャパシタ１１０４で構成されたフィルタを介して、電池１１５０に接続されている。電流感知抵抗１１０１は、電池への電流経路内に含めることもできる。電流コントローラ１１２０は、電池電流を感知するために、電流感知抵抗１１０１の第１の端子に結合された第１の入力端子と、電流感知抵抗１１０１の第２の端子に結合された第２の入力端子とを有する。電流制御モードにおいて、電流コントローラ１１２０は、感知された電池電流を受け取り、スイッチングレギュレータ１１１０の制御入力端子に制御信号を提供する。この例では、電流コントローラ１１２０は、調整可能な電流コントローラであり、スイッチングレギュレータにより発生される出力電流を調整するための制御信号を受け取る制御入力端子１１２０Ａを備える。システム１１００は、充電サイクルの電圧制御モードのための電圧コントローラ１１３０をさらに備える。電圧コントローラ１１３０は、電池電圧を感知するために電池の端子に結合された第１の入力端子を備える。電圧制御モードにおいて、電圧コントローラ１１３０の出力端子は、スイッチングレギュレータ１１１０への制御信号を発生する。この例では、電圧コントローラ１１３０は、調整可能な電圧コントローラであり、スイッチングレギュレータにより発生される出力電流を調整するための制御入力端子１１３０Ａを備える。充電システム１１００は、電流コントローラ１１２０および電圧コントローラ１１３０に結合されたデータストレージをさらに備え、上述したように電流制御モードおよび電圧制御モードにおいてスイッチングレギュレータを設定する。

【００８３】

この例では、デジタルコントローラ１１４５を使用して、電池の電圧が増加するにつれて、電流コントローラ１１２０の制御入力を変更して電池電流を変更する。一実施形態において、感知回路（たとえば、入力感知抵抗１１０２）は、スイッチングレギュレータの

入力電流を感知するのに使用することができる。この例では、入力感知抵抗１１０２は、スイッチングレギュレータが受け取る第１の入力電流を感知する手段である。同等の感知手段には、たとえばトランジスタや誘導的感知技術を含むことができる。抵抗１１０２の端子は、Ａ／Ｄ（ａｎａｌｏｇ－ｔｏ－ｄｉｇｉｔａｌ）コンバータ１１４８を通してデジタルコントローラ１１４５に結合されている。別の実施形態では、電池の電圧を、Ａ／Ｄ１１４９を通してデジタルコントローラ１１４５に結合することができる。Ａ／ＤおよびＤＡＣに関して、種々の技術を使用することができる。この例では、ＤＡＣ１１２４、レジスタ１１２２、デジタルコントローラ１１４５およびＡ／Ｄ１１４８またはＡ／Ｄ１１４９のいずれかは、第１の入力電流または第１の出力電圧に応答して、電流コントローラに制御信号を発生するための手段を構成する。他の感知および制御回路技術を使用することができ、抵抗による感知、Ａ／Ｄ、レジスタおよびＤＡＣは単なる例示であることを理解されたい。コントローラ１１４５は、感知された入力電流または出力電圧を受け取って電流コントローラ１１２０を調整し、上述のように電池電流を制御する。たとえば、デジタルコントローラ１１４５を用いて、データストレージ素子を充電パラメータでプログラムする。充電パラメータは次に、アナログ信号に変換されて、電流コントローラ１１２０の制御入力端子１１２０Ａに結合される。データストレージ内の充電パラメータは、たとえばデジタルバス１１４１（たとえば、シリアルバスまたはパラレルバス）を用いて、コントローラ１１４５を介してプログラムすることができる。したがって、充電パラメータは、予め定めたソフトウェアアルゴリズムの制御の下で変更することができる。コントローラ１１４５は、スイッチングレギュレータおよびスイッチング電池充電器回路と同一の集積回路上に備えることができ、または、電子デバイス内の別の集積回路上に備えることができる。一実施形態において、デジタルバスは、たとえばI^2CバスまたはＵＳＢ（Ｕｎｉｖｅｒｓａｌ　Ｓｅｒｉａｌ　Ｂｕｓ）を使用して結合または実装することができる。

【００８４】

電池電圧が増加するにつれて、デジタルコントローラ１１４５は、レジスタ１１２２を再プログラムして電池電流を変えることができる。たとえば、デジタルコントローラ１１４５は、電池電圧を閾値と（ソフトウェアまたはハードウェアのいずれかで）比較して、電池電圧が閾値より大きければレジスタを再プログラムすることができる。電池電圧が増加するにつれて、コントローラ１１４５は、電池電圧を異なる閾値と比較して出力電流を変えることができる。閾値は、たとえば、線形に間隔を空けることができ、または特定のシステム要件にしたがって決定することができる。あるいは、デジタルコントローラ１１４５は、レギュレータ入力電流を閾値と（ソフトウェアまたはハードウェアのいずれかで）比較して、入力電流が閾値よりも大きければレジスタ１１２２を再プログラムすることができる。

【００８５】

図１２は、本発明の一実施形態による電池充電システム１２００の例示的実装を示している。この例は、電池電圧が増加するにつれて電池電流を調整するためのアナログコントローラ１２４５を用いた可能な実装の１つを示している。電池充電器１２００は、電源からの電圧および電流を受け取るための入力端子を有するスイッチングレギュレータ１２１０を備える。スイッチングレギュレータ１２１０の出力端子は、インダクタ１２０３およびキャパシタ１２０４で構成されたフィルタを介して電池１２５０に結合されている。図５の電池充電器システム５００に関して説明したように、電流制御モードにおいて、電流コントローラ１２２０は、出力電流を感知し、電池に供給される電流を制御するために、スイッチングレギュレータ１２１０の制御入力端子に制御信号を供給する。この例では、電流感知抵抗１２０１は、電池への電流経路内に含まれ、電流コントローラ１２２０は、電池電流を感知するための、電流感知抵抗１２０１の第１の端子に結合された第１の入力端子と、電流感知抵抗１２０１の第２の端子に結合された第２の入力端子とを有する。図５の充電器５００のように、電流コントローラ１２２０は、調整可能な電流コントローラであり、スイッチングレギュレータにより発生された出力電流を調整するための制御信号

を受け取る制御入力端子１２４６を備える。システム１２００は、充電サイクルの電圧制御モードのための電圧コントローラ１２３０をさらに備える。電圧コントローラ１２３０は、電池の端子に結合された第１の入力端子を備えて電池電圧を感知する。電圧制御モードにおいて、電圧コントローラ１２３０の出力端子は、スイッチングレギュレータ１２１０への制御信号を発生する。

【００８６】

この例では、アナログコントローラ１２４５は、第１の入力電流または第１の出力電圧に応答して、電流コントローラに制御信号を発生するための手段を提供する。アナログコントローラ１２４５は、電池電圧を感知するための電池端子、またはスイッチングレギュレータへの入力電流を感知するための入力電流感知回路のいずれかに結合することができる。この例では、入力電流感知回路は、スイッチングレギュレータ１２１０の入力端子に結合された電流感知抵抗１２０２である。この例では、アナログコントローラ１２４５は、電池に結合された入力端子を有してもよいし、または、感知抵抗１２０１の両端に結合された２つの入力端子を備えてもよい。感知入力電流または電池電圧のいずれかに応答して、アナログコントローラは、電流コントローラ１２２０の制御入力端子１２４６の１つ又は複数の制御信号を変更して、電池電流を変更する。アナログコントローラ１２４５は、多様な異なる入力端子または出力回路技術を使用して入力電流または電池電圧を感知し、電流コントローラ１２２０の具体的実装に応じて適切な１つ又は複数の信号を発生することができる。アナログコントローラ１２４５は、たとえば、増幅器、電流源、リミッタおよび／または比較回路などを備え、感知した電圧または電流を処理して電流コントローラ１２２０への制御入力端子１２４６に１つ又は複数の制御信号を発生して、電池電流を調整することができる。多様な感知回路およびアナログ回路を使用することができることを理解されたい。それゆえ、電流制御モードにおいて発生された電池電流は、感知された電池電圧入力または感知された入力電流のいずれかに応答して、アナログコントローラ１２４５により調整することができる。したがって、電流コントローラ１２２０は、上述のように、スイッチングレギュレータへの電流よりも大きい電池への電流を発生することができる。電流コントローラ１２２０は、電池への入力電流およびアナログコントローラ１２４５からの制御信号を感知することができ、電池電流は、電池の電圧が増加するにつれて低減することができる。

【００８７】

図１３は、本発明の一実施形態による電池充電器の例である。電池充電器１３００は、電圧コントローラ１３０１、電流コントローラ１３０２、および入力端子１３０８と出力端子１３０９との間に結合された電圧および電流を制御するためのトランジスタ１３０７（たとえば、ＰＭＯＳトランジスタ）に結合されたスイッチングレギュレータ１３０３を備える。電流コントローラ１３０２は、出力電流感知抵抗（たとえば、０．１オームの抵抗）を介して電流を感知するための第１の入力端子１３１０と第２の入力端子１３１１を備える。端子１３１０は、抵抗の正端子に結合され、この正端子は、トランジスタ１３０７の端子１３０９と結合され、端子１３１１は抵抗の負端子に結合され、この負端子は電池に結合される（スイッチングレギュレータでは、端子１３０９はインダクタに結合され、インダクタの他端子は、端子１３１０に結合されることができる）。電流コントローラ１３０２は、端子１３１０と端子１３１１との間で感知された電流に応答して、スイッチングレギュレータにより発生される電流の量を制御するための制御入力端子１３５０をさらに備える。電流コントローラ１３０２の出力端子は、レギュレータ１３０３の入力端子に結合される。電圧コントローラ１３０１は、電池に結合されている電池感知入力端子１３１２と、たとえばＤＡＣに結合することができる制御入力端子１３５１とを備える。電圧コントローラ１３０１の出力端子も、スイッチングレギュレータ１３０３の入力端子に結合されている。スイッチングレギュレータ１３０３は、基準電圧１３１４（たとえば、１ボルト）に結合された第１の入力端子と、電圧コントローラ１３０１および電流コントローラ１３０２の出力端子と結合された第２の入力端子とを有する誤差増幅器１３０４を備えることができる。誤差増幅器１３０４の出力端子は、たとえばパルス幅変調（「ＰＷ

M」）回路のデューティサイクル制御入力端子などの、スイッチング回路１３０５の入力端子に結合される。本発明を実施するのに種々のスイッチング技術を用いることができることを理解されたい。ノード１３１３は、レギュレータの負帰還ノードである。それゆえ、電流制御または電圧制御のいずれの条件下においても、ループは、誤差増幅器の基準電圧（たとえば、１ボルト）と同一の電圧にノード１３１３を向かわせる。

【００８８】

図１４は、本発明の一実施形態による電圧コントローラの例である。電圧コントローラ１４００は、本発明の異なる実施形態を実施するのに使用することができる制御回路の単なる例示の１つである。この例では、電池感知端子１４０１は、充電されるべき電池に結合されている。第２の入力端子１４０２は、制御入力端子（たとえば、ＤＡＣの出力端子）（「Ｖｃｔｒｌ」）に結合され、電池端子の電圧をプログラムされた電圧値に設定する。端子１４０２は、Ｖｃｔｒｌを介して、充電パラメータを格納するレジスタまたはメモリに結合して、電池の電圧を設定することができる。電池電圧は、充電パラメータを変更し、それによって端子１４０２における電圧を異なる値の範囲にわたり変更することで調整することができる。たとえば、上述のように、電圧コントローラ１４００の出力ＤＩＦＦは、誤差増幅器基準と同一の電圧、この例では１ボルトに駆動される。増幅器１４０４および１４０５と抵抗１４０６～１４１２の回路網を備える差動加算回路網（ｄｉｆｆｅｒｅｎｔｉａｌ　ｓｕｍｍｉｎｇ　ｎｅｔｗｏｒｋ）は、出力端子における電圧ＤＩＦＦ、電池電圧ＢＳＥＮＳＥおよび電圧Ｖｃｔｒｌの間に次の関係を確立する。

ＤＩＦＦ＝ＢＳＥＮＳＥ－（２．４５Ｖ＋Ｖｃｔｒｌ）

それゆえ、ＤＩＦＦがフィードバックループにより１ボルトに駆動されるとき、電池電圧はＶｃｔｒｌの電圧の関数である。

ＤＩＦＦ＝１ボルトのとき、ＢＳＥＮＳＥ＝３．４５＋Ｖｃｔｒｌ

したがって、電池電圧は、ＤＡＣの入力端子に結合された、Ｖｃｔｒｌを設定するビットのデジタル値を変更することでプログラムすることができる。

【００８９】

図１５は、本発明の一実施形態における電流コントローラの例である。電流コントローラ１５００は、本発明の異なる実施形態を実施するのに使用することができる制御回路の単なる例示の１つである。この例では、正電流感知端子１５０２および負電流感知端子１５０３が、充電されるべき電池の入力端子における感知抵抗の両端間に結合される。制御入力端子１５０１は、制御電圧（「Ｖｃｔｒｌ」）に結合され、デジタルまたはアナログコントローラに応答して、電池への制御された電流を設定する。たとえばＶｃｔｒｌは、出力電圧または入力電流のいずれかに応答するアナログ回路からアナログ電圧を受け取って、電池電流が増加するにつれて電池電流を低減する。あるいはまた、端子１５０１は、ＤＡＣを介して、電池への電流を設定するための充電パラメータを格納するレジスタまたはメモリに結合することができる。電池電流は、充電パラメータを変更し、電池電圧または入力電流のいずれかに応答するデジタルコントローラにより調整し、それによって端子１５０１の電圧を異なる値の範囲にわたって変更することができる。例として、上述したように、電流コントローラ１５００の出力ＤＩＦＦは、誤差増幅器基準と同一の電圧に駆動され、その電圧はこの例では１ボルトである。増幅器１５０５および１５０６と抵抗１５０７～１５１４の回路網を備える差動加算回路網は、出力端子における電圧ＤＩＦＦ、電圧で測定された電池電流、ＣＳＥＮＳＥ＋およびＣＳＥＮＳＥ－、ならびに制御電圧の間に次の関係を確立する。

ＤＩＦＦ＝Ｒ２／Ｒ１（ＣＳＥＮＳＥ＋－ＣＳＥＮＳＥ－）＋Ｖｃｔｒｌ

それゆえ、ＤＩＦＦがフィードバックループにより１ボルトにドライブされるとき、電池電流はＶｃｔｒｌの電圧の関数である。

ＤＩＦＦ＝１ボルト、およびＲ２／Ｒ１＝５のとき、（ＣＳＥＮＳＥ＋－ＣＳＥＮＳＥ－）＝（１Ｖ－Ｖｃｔｒｌ）／５

したがって、スイッチングレギュレータにより電池に供給される電流は、制御電圧を変化させることにより（たとえば、ＤＡＣの入力端子に結合されたビットのデジタル値を変化

させることにより）変化させることができる。上述した図７～８の回路は差動加算技術を使用するが、他の電流および／または電圧加算技術を使用して出力電池電流および電圧を感知し、制御信号を発生して、スイッチングレギュレータの制御入力端子を駆動することができることを理解されたい。

【００９０】

図１３～１５を参照すると、本発明の１つの特徴に、「ワイヤードＯＲ」構成を用いて、電流コントローラおよび電圧コントローラの出力端子をスイッチングレギュレータに接続することを含めることができる。たとえば、一実施形態において、電圧コントローラ１４００内の増幅器１４０５の出力プル・ダウン・トランジスタと、電流コントローラ１５００内の増幅器１５０６の出力プル・ダウン・トランジスタは、「弱い（ｗｅａｋ）」デバイスである。たとえば、ＤＩＦＦノードから電流をシンクするためのデバイスは、ＤＩＦＦノードに電流を供給するための増幅器１４０５および１５０６内のデバイスよりもかなり小さい。電流制御モードの間、電池電圧がノード１４０２における制御電圧値（たとえば、プログラムされた、電流制御から電圧制御への閾値）以下である場合、増幅器１４０５の正入力（ＢＳＥＮＳＥ）は、負入力よりも低く、増幅器１４０５の出力端子は、ＤＩＦＦから電流をシンクしようとする。しかしながら、電流コントローラ増幅器１５０６の出力は、ＤＩＦＦノードを正方向に駆動する。それゆえ、増幅器１４０５のプル・ダウン出力が増幅器１５０６のプル・ダウン出力より弱いので、システムは、一定電流コントローラ１５００により支配される。同様に、電池の電圧（ＢＳＥＮＳＥ）が、増幅器１４０５の正入力および負入力が等しい点まで増加したとき、電圧コントローラが、支配的になる。この点で、感知抵抗を通じた電流は減少し始め、増幅器１５０６の出力は下がり始める。しなしながら、増幅器１５０６のプル・ダウン出力は増幅器１４０５のプル・アップ出力よりも弱いので、システムは、一定電圧コントローラ１４００により支配される。

【００９１】

図１６は、本発明の一実施形態によるアナログコントローラの例を示している。電流コントローラ１６２０は、「Ｃｓｅｎｓｅ＋」に結合された第１の入力端子と、「Ｃｓｅｎｓｅ－」に結合された第２の入力端子とを備える。ここで、Ｃｓｅｎｓｅ＋は出力電流感知抵抗の正端子に結合され、Ｃｓｅｎｓｅ－は出力電流感知抵抗の負端子に結合される。電流コントローラ１６２０は、スイッチングレギュレータ１６０１の制御入力端子１６０４に制御信号を発生する。スイッチングレギュレータ１６０１は、スイッチング回路１６０３を備え、このスイッチング回路１６０３は次に、スイッチングトランジスタ１６０２のゲートにスイッチング信号（たとえば、パルス幅変調信号）を発生する（スイッチングレギュレータ１６０１は誤差増幅器も備えることができるが説明のために省略されている）。電流コントローラ１６２０はさらに、制御入力端子Ｖｃｔｒｌを備える。Ｖｃｔｒｌにおける電圧は、電池電流を制御するために使用することができる。この例では、電流コントローラ１６２０の制御入力端子における電圧は、抵抗１６４６（「Ｒ１」）への電流源１６４５により設定される。システムがプリチャージモードのとき、電流源１６４５により供給される電流は、システムが高速充電モードにあるときに供給される電流よりも小さくすることができる。システムが最初に高速充電モードにはいるとき、抵抗１６４６への電流は、所望の最大出力電流に対応するＶｃｔｒｌにおける最大電圧を設定することができる。高速充電サイクルの始めにおける最大出力電流は、抵抗１６４６の選択を含む種々の方法で設計上の選択により設定することができる。電圧Ｖｓｅｎｓｅは、スイッチングレギュレータ入力電圧または電池電圧のいずれかから引き出される。当初、高速充電モードが始まるとき、電圧Ｖｓｅｎｓｅは、導電状態の端にあるトランジスタ１６４８をバイアスする。電池の電圧が増加するにつれて、またはスイッチングレギュレータへの入力電流が増加するにつれて、Ｖｓｅｎｓｅが増加する。Ｖｓｅｎｓｅが増加するにつれて、トランジスタ１６４８はオンになり、電流（すなわち、Ｖｓｅｎｓｅ／Ｒ２）が導通する。トランジスタ１６４８は、抵抗１６４６から電流を奪い、それにより電流コントローラ１６２０の制御入力端子における電圧の低減を引き起こす。したがって、Ｖｃｔｒｌが減少するにつれて、電流コントローラ１６２０は、スイッチングレギュレータ１６０１によ

り発生される出力電流を低減する。それゆえ、電池電圧が増加するにつれて、または入力電流が増加するにつれて、Ｖｓｅｎｓｅは、電流コントローラ１６２０に出力電池電流を低減させる。

【００９２】

上述の記述は、本発明の様々な実施形態を、本発明の側面がどのように実装されうるかの例とともに説明する。上述の例および実施形態は、唯一の実施形態として考えるべきではなく、特許請求の範囲により規定される本発明の柔軟性および利点を明らかにするために提示されている。以上の開示、および特許請求の範囲に基づいて、他の構成、実施形態、実装および等価物が当業者には明らかとなり、また特許請求の範囲により規定される本発明の精神および範囲から逸脱することなく用いることができる。本明細書に用いた用語および表現は、様々な実施形態および例を記述するために用いられている。これらの用語および表現は、図示され説明された特徴の等価物またはその一部を排除するものと解釈すべきではなく、添付の特許請求の範囲の範囲内で種々の変形が可能であることを認識されたい。

【図面の簡単な説明】

【００９３】

【図１Ａ】本発明の一実施形態による、電池充電器を備える電子デバイスを示す図である。

【図１Ｂ】本発明の一実施形態による、電池充電器を備える電子デバイスを示す図である。

【図２】本発明の一実施形態による電池に対する、例示的プログラマブル充電サイクルを示す図である。

【図３】本発明の一実施形態による、プログラムされた電池充電パラメータの使用を示す図である。

【図４】本発明の一実施形態による、電池充電システムを示す図である。

【図５】本発明の一実施形態による、電池充電システムを示す図である。

【図６】本発明の一実施形態による、電池充電パラメータを示す図である。

【図７Ａ】本発明の一実施形態による、例示的充電サイクルを示す図である。

【図７Ｂ】本発明の一実施形態による、例示的充電サイクルを示す図である。

【図８】本発明の一実施形態による、スイッチングレギュレータを備えるスイッチング電池充電器を示す図である。

【図９】本発明の一実施形態による、スイッチングレギュレータを用いた電池の充電を示す図である。

【図１０Ａ】本発明の複数の実施形態による、スイッチングレギュレータを用いた電池の充電を示す図である。

【図１０Ｂ】本発明の複数の実施形態による、スイッチングレギュレータを用いた電池の充電を示す図である。

【図１１】本発明の一実施形態による、電池充電システムの例示的実装を示す図である。

【図１２】本発明の一実施形態による、電池充電システムの例示的実装を示す図である。

【図１３】本発明の一実施形態による、電池充電器の例を示す図である。

【図１４】本発明の一実施形態による、一定電圧制御回路の例を示す図である。

【図１５】本発明の一実施形態による、一定電流制御回路の例を示す図である。

【図１６】本発明の一実施形態による、アナログコントローラの例を示す図である。

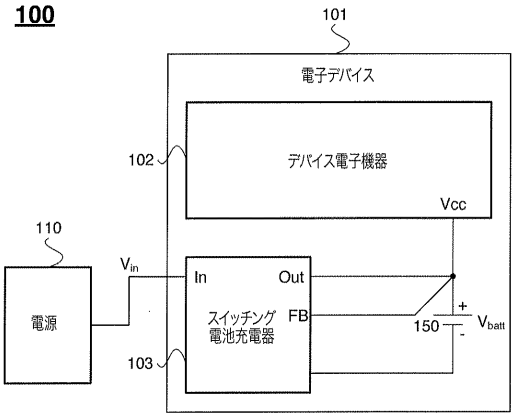
【符号の説明】

【００９４】

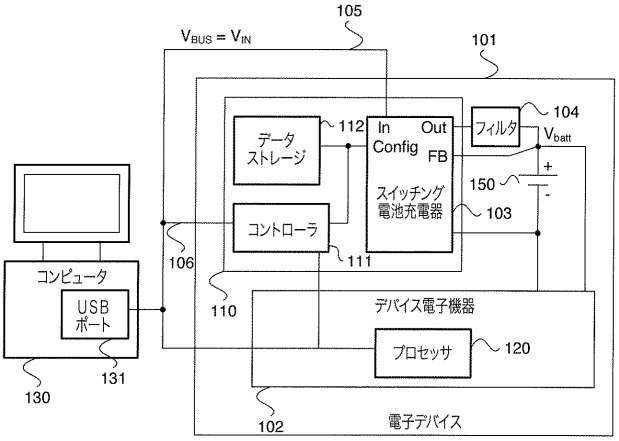
１０５　電力供給端子
１０６　データ線
１５０　電池
４０１　抵抗
４０２　インダクタ

４０３　キャパシタ
４５０　電池
５０１　抵抗
５０２　インダクタ
５０３　キャパシタ
５２７　コンパレータ
５４３　コンパレータ
５５０　電池
６７３、６７６　コンパレータ
８２１Ａ　スイッチング制御信号
８２２Ａ　制御信号
８５０　電池
１１０１　電流感知抵抗
１１０２　入力感知抵抗
１１０３　インダクタ
１１０４　キャパシタ
１１２０Ａ　制御入力端子
１１２７　コンパレータ
１１３０Ａ　制御入力端子
１１４１　デジタルバス
１１５０　電池
１２０１、１２０２　電流感知抵抗
１２０３　インダクタ
１２０４　キャパシタ
１２４６　制御入力端子
１２５０　電池
１３０７　トランジスタ
１３０８　入力端子
１３０９　出力端子
１３１０、１３１１　入力端子
１３１２　電流感知入力端子
１３１３　ノード
１３１４　基準電圧
１３５１　制御入力端子

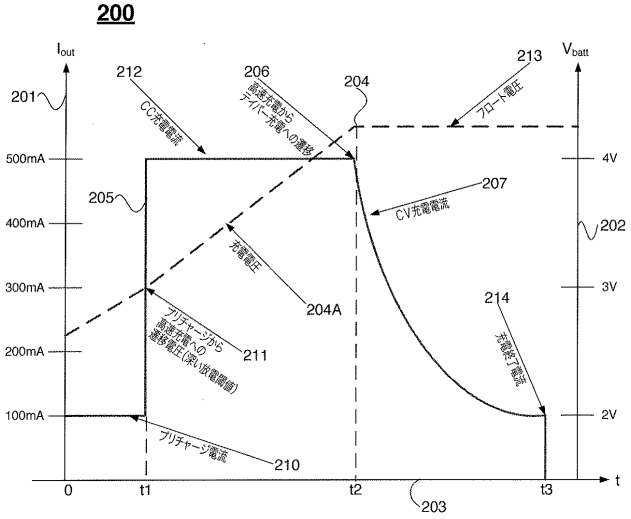
【図１Ａ】


100
101
電子デバイス
102
デバイス電子機器
Vcc
110
V_{in}
In
Out
電源
スイッチング
電池充電器
FB
150
+
-
V_{batt}
103

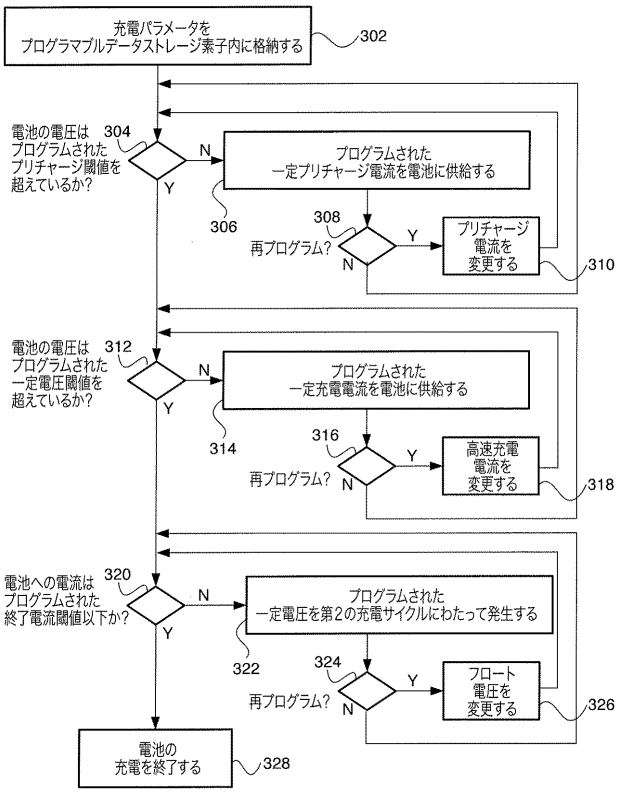
【図１Ｂ】


105
$V_{BUS} = V_{IN}$
101
データ
ストレージ
112
In
Out
Config
FB
フィルタ
104
V_{batt}
150
+
-
スイッチング
電池充電器
103
コントローラ
111
106
コンピュータ
USB
ポート
110
デバイス電子機器
プロセッサ
120
130
131
102
電子デバイス

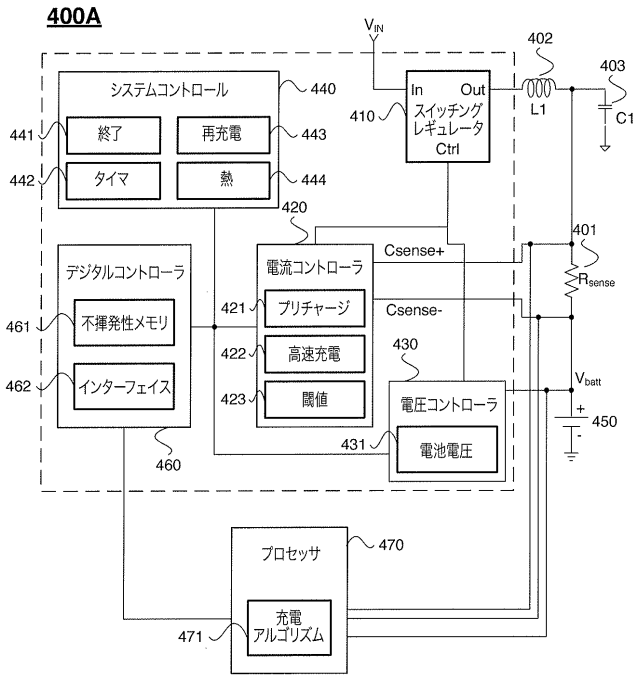
【図２】


200
I_{out}
V_{batt}
201
212
CC充電電流
206
高速充電から
フロート充電への遷移
204
213
フロート電圧
500mA
4V
205
207
CV充電電流
400mA
202
充電電圧
300mA
3V
204A
214
充電終了電流
プリチャージから
高速充電への
遷移電圧(深い放電閾値)
211
200mA
100mA
2V
プリチャージ電流
210
0
t1
t2
t3
t
203

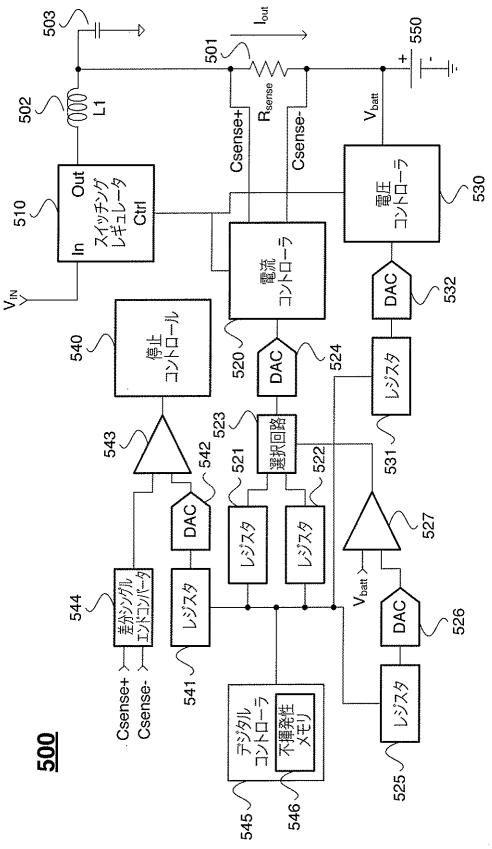
【図３】


充電パラメータを
プログラマブルデータストレージ素子内に格納する
302
電池の電圧は
プログラムされた
プリチャージ閾値を
超えているか?
304
N
Y
プログラムされた
一定プリチャージ電流を電池に供給する
306
再プログラム?
308
Y
N
プリチャージ
電流を
変更する
310
電池の電圧は
プログラムされた
一定電圧閾値を
超えているか?
312
N
Y
プログラムされた
一定充電電流を電池に供給する
314
再プログラム?
316
Y
N
高速充電
電流を
変更する
318
電池への電流は
プログラムされた
終了電流閾値以下か?
320
N
Y
プログラムされた
一定電圧を第2の充電サイクルにわたって発生する
322
再プログラム?
324
Y
N
フロート
電圧を
変更する
326
電池の
充電を終了する
328

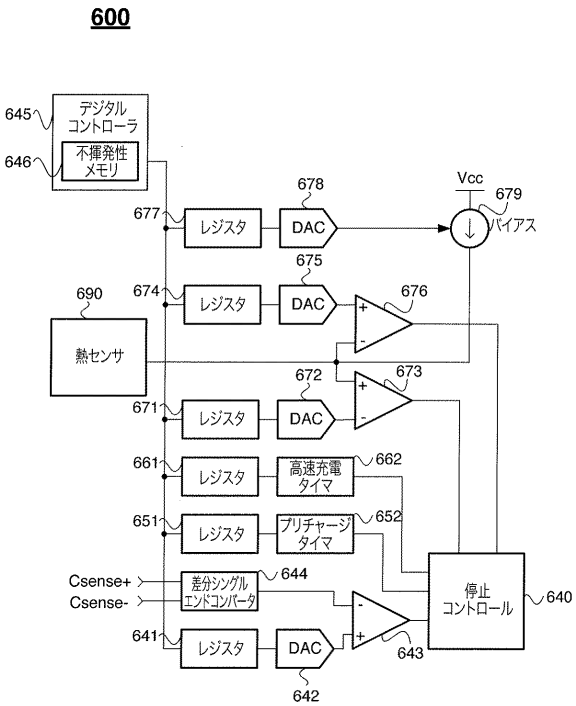
【図４】


400A
V_{IN}
402
403
システムコントロール
440
In Out
スイッチング
レギュレータ
Ctrl
410
L1
C1
441
終了
再充電
443
442
タイマ
熱
444
420
401
デジタルコントローラ
電流コントローラ
Csense+
R_{sense}
421
プリチャージ
Csense-
461
不揮発性メモリ
422
高速充電
430
462
インターフェイス
423
閾値
V_{batt}
電圧コントローラ
450
431
電池電圧
460
プロセッサ
470
充電
アルゴリズム
471

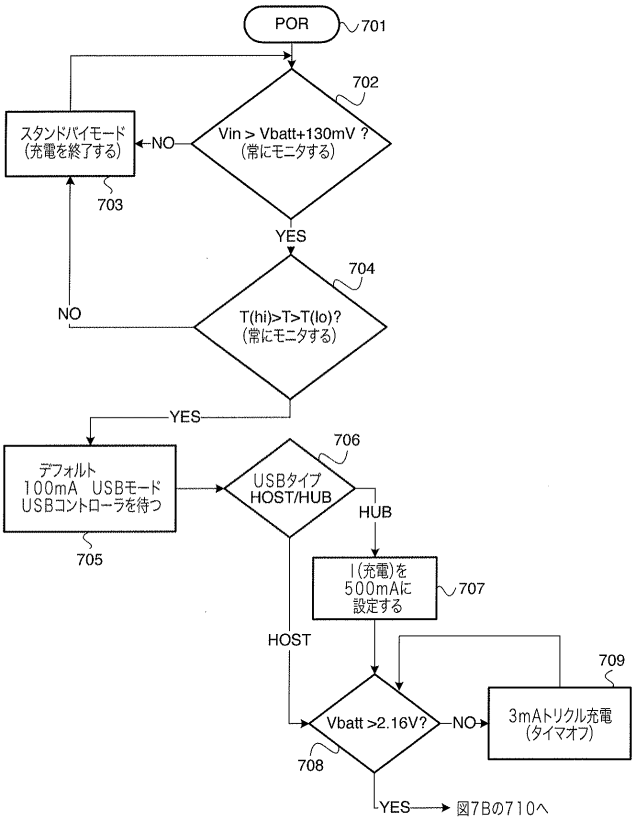
【図５】


503
I_{out}
501
550
502
L1
R_{sense}
Csense+
Csense-
V_{batt}
510
Out
In
スイッチング
レギュレータ
Ctrl
電圧
コントローラ
530
電流
コントローラ
DAC
532
V_{IN}
540
停止
コントロール
520
DAC
524
レジスタ
523
選択回路
543
542
521
522
531
DAC
レジスタ
レジスタ
527
544
差分シングル
エンドコンバータ
レジスタ
V_{batt}
DAC
526
Csense+
Csense-
541
デジタル
コントローラ
不揮発性
メモリ
レジスタ
525
545
546
500

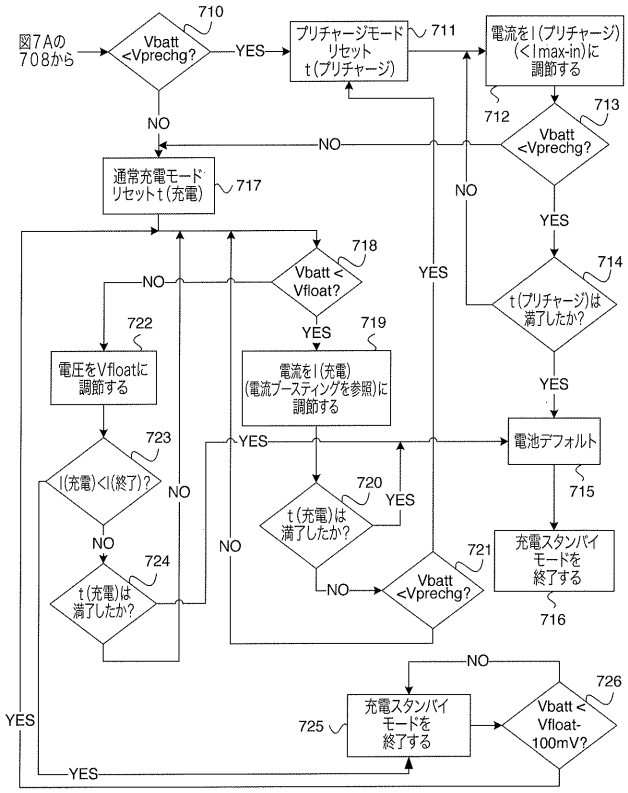
【図６】


600
645
デジタル
コントローラ
646
不揮発性
メモリ
678
Vcc
679
677
レジスタ
DAC
バイアス
675
690
674
レジスタ
DAC
676
熱センサ
672
673
671
レジスタ
DAC
661
レジスタ
高速充電
タイマ
662
651
レジスタ
プリチャージ
タイマ
652
Csense+
Csense-
差分シングル
エンドコンバータ
644
停止
コントロール
640
641
レジスタ
DAC
643
642

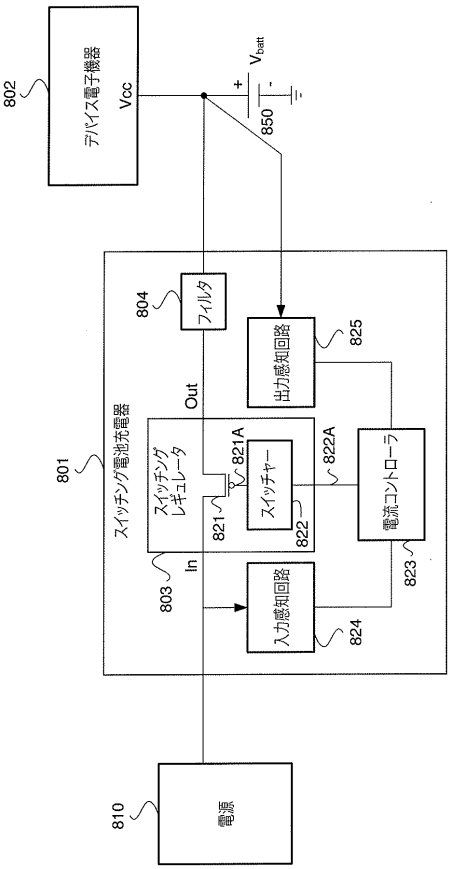
【図７Ａ】


POR
701
702
スタンドバイモード
(充電を終了する)
NO
Vin > Vbatt+130mV ?
(常にモニタする)
703
YES
704
NO
T(hi)>T>T(lo)?
(常にモニタする)
YES
デフォルト
100mA USBモード
USBコントローラを待つ
705
706
USBタイプ
HOST/HUB
HUB
I(充電)を
500mAに
設定する
707
HOST
709
Vbatt >2.16V?
NO
3mAトリクル充電
(タイマオフ)
708
YES
図7Bの710へ

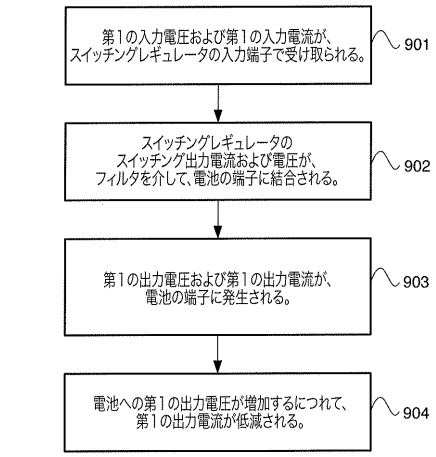
【図７Ｂ】



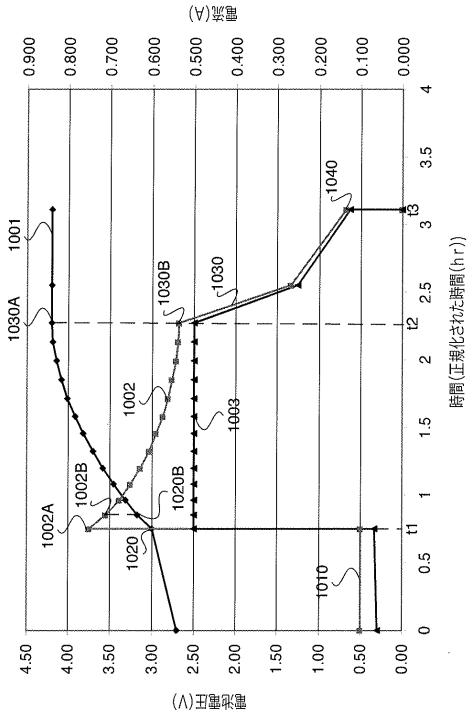
【図８】



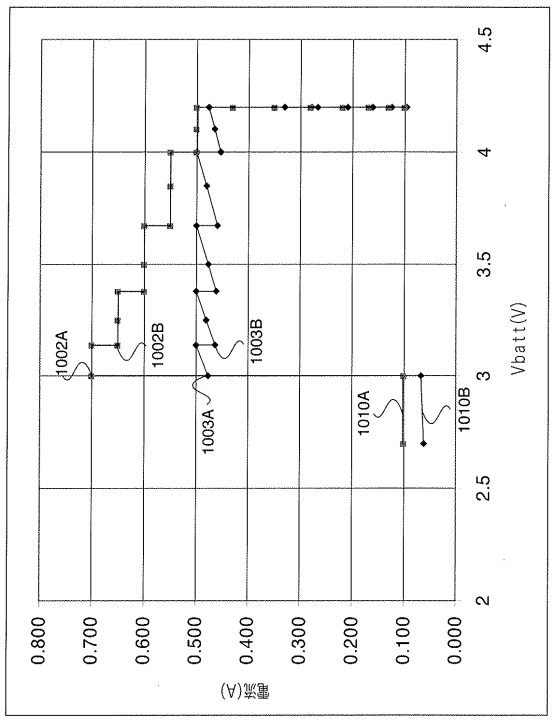
【図９】



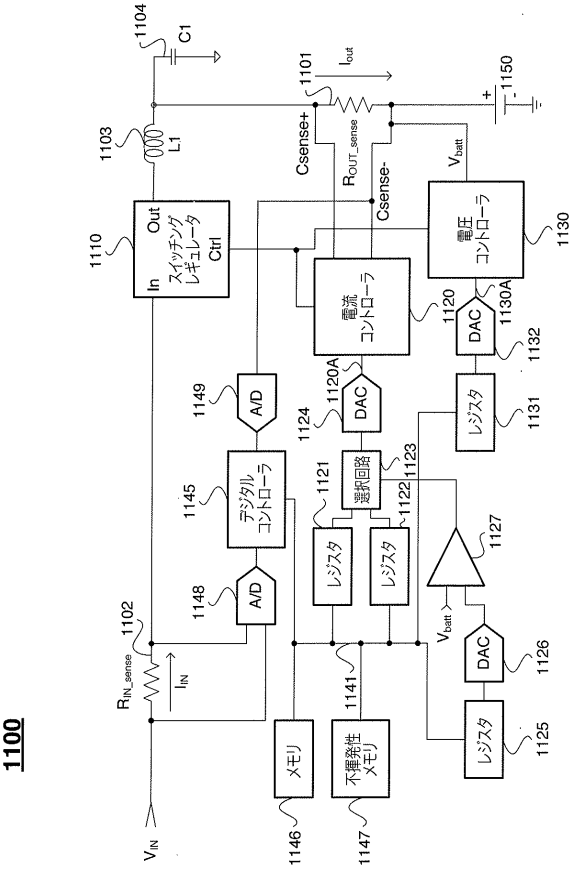
【図１０Ａ】



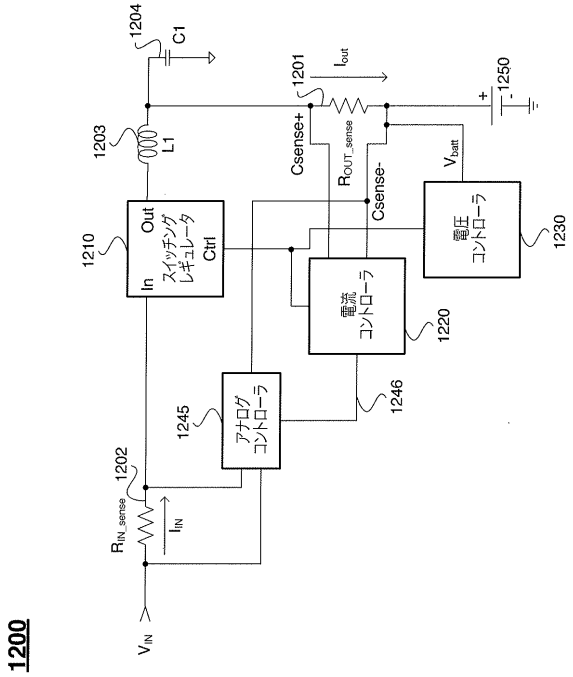
【図１０Ｂ】



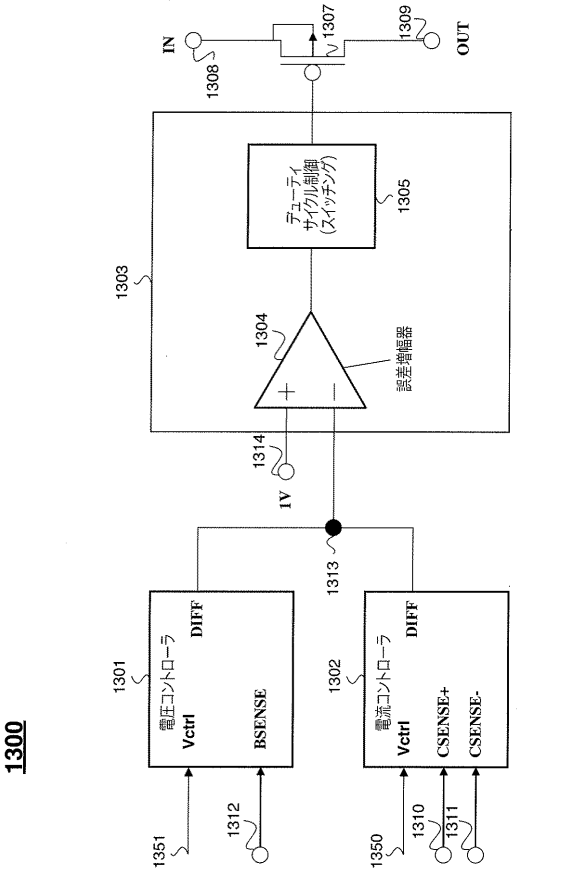
【図１１】



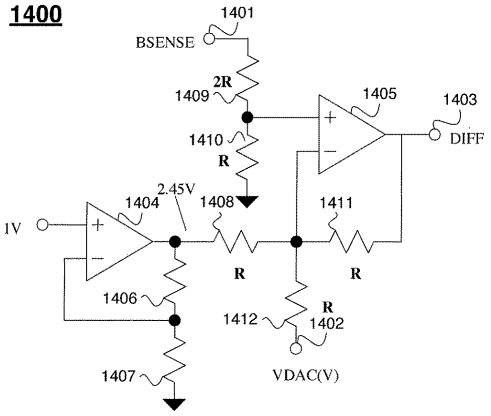
【図１２】



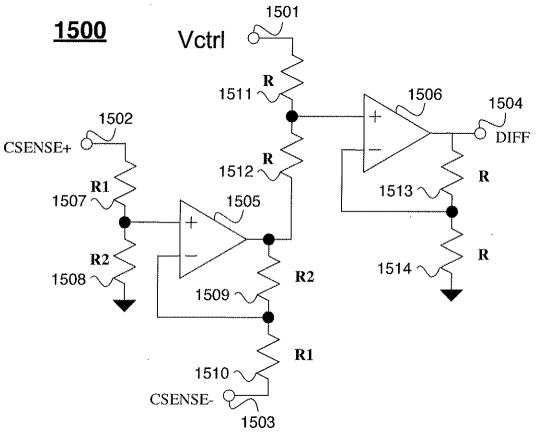
【図１３】



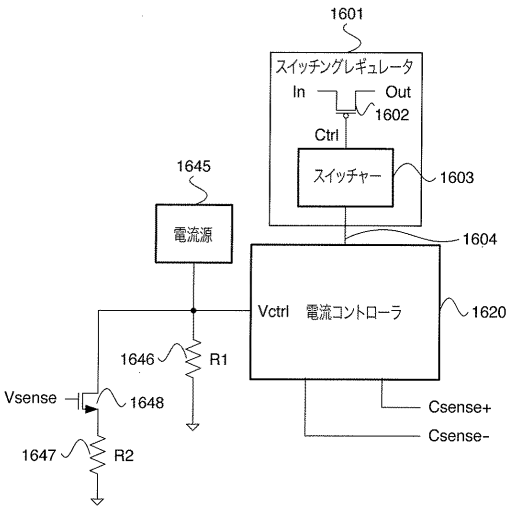
【図１４】


1400
1401
BSENSE
2R
1409
1405
1403
DIFF
1410
R
2.45V
1404
1408
1411
1V
R
R
1406
R
1412
1402
1407
VDAC(V)

【図１５】


1500
1501
Vctrl
1511
R
1506
1504
DIFF
1502
CSENSE+
1512
R
R1
1507
1505
1513
R
R2
1508
1509
R2
1514
R
R1
1510
CSENSE-
1503

【図１６】


1600
1601
スイッチングレギュレータ
In
Out
1602
Ctrl
スイッチャー
1603
1645
電流源
1604
Vctrl 電流コントローラ
1620
1646
R1
Vsense
1648
Csense+
Csense-
1647
R2

フロントページの続き

(72)発明者　ケニス　シー．アドキンス
アメリカ合衆国　４５０４０　オハイオ州　メーソン　リッチモンド　パーク　ドライブ　５５６９
(72)発明者　ジョージオス　コンスタンティノス　パパリゾス
アメリカ合衆国　９４４０４　カリフォルニア州　フォスター　シティ　コモンズ　レーン　２１１

Ｆターム(参考)　5G003 AA01 BA01 CA12 CA14 GB04 GC05
5H030 AS11 AS18 BB02 BB03 FF43
5H730 AA14 AS01 AS17 BB13 BB57 DD04 FD01 FD31 FF09 FG05
FV09 XX04 XX12 XX15 XX19 XX23 XX32 XX35 XX43