

スイッチング電源におけるパワーマネジメント

Power Management of Switching Mode Power Supplies

村 里 道 久^{*(1)} 植 田 智 道^{*(1)} 嶋 田 雅 明^{*(1)} 吉 岡 均^{*(1)}
 Michinisa MURASATO Tomomichi UEDA Masaaki SHIMADA Hitoshi YOSHIOKA

抄 録

(株)ユタカ電機製作所ではスイッチング電源(AC-DC, DC-DC)や無停電電源(UPS)の開発, 製造, 販売をしている。特に携帯機器や無停電対応機器の普及に伴い, DC-DCコンバータやバッテリーチャージャそしてスイッチング電源の要求が高まっている。各種の電源回路では, CPUコアからの信号により出力電圧を可変したり, システム全体のBusを利用してバッテリーの残量を制御する方法などが規格化されており, それらに対応した電源回路を実現した。

Abstract

Yutaka Electric Manufacturing Co., Ltd. develop, manufacture and sell devices for switching power supply (AC-DC, DC-DC) and uninterruptive power supply (UPS). As mobile facilities and the UPS became widely used, demands are increasing for DC-DC converters, battery chargers and switching power supplies. The power supply circuits described herein are designed to work with the techniques such as variable output voltage based on signals from CPU and control of remaining battery power using a bus for an entire system, which techniques are becoming standards for these circuits.

1. はじめに

近年オフィスなどで幅広く使われている電子機器では, システム全体で電力を細かく管理することにより, 省電力化を図るパワーマネジメントの取り組みが進んでいる。本稿では, これらの取り組みにおいてDC-DCコンバータ(以後DDコンと省略)やバッテリーチャージャなどのスイッチング電源に関する幾つかの話題を挙げ, ユタカ電機製作所の取り組みについて紹介する。

2. ノートブックパーソナルコンピュータ用DDコン

まず, 現在ノートブックパーソナルコンピュータ(以降ノートPCと略す)の電源系は図1に示すように商用電源(AC100V)を源とするACアダプタからの20V前後のDC入力, またはバックアップ用内蔵バッテリーによる7~15V程度のDC入力があり, ここから各内部回路により要求される12V, 5V, 3.3V, 及びCPUコア電圧等をDDコンにより変換, 出力している。

ノートPC用の電源回路は限られたスペース(厳しい放熱条件も意味する)の中で電力変換を行っている。特にバッテリー使用時において少しでも長い動作時間が求められることから, 電源回路には不要な電力を消費しない高い電力変換効率が必要となる。現在この要求を満たすため, 同期整流方式が一般的に使用されている。同期整流方式は図2に示すように従来の降圧型チョッパ方式(Step-down又はBuck)において整流部に使用する転流ダイオードを, 等価的に低

オン抵抗のスイッチング素子(MOS-FET)に置き換えた方式である。従来方式では85%程度であった変換効率を同期整流方式により90%以上まで改善できるようになった。特に同期整流方式は出力電圧が低く, かつ出力電流が多いほど効果が高くなる。

CPUコア用の電源電圧は年々低下しており, 数年前に3.3V程度であったものが省電力化により近年では1.3Vになっている。一方,

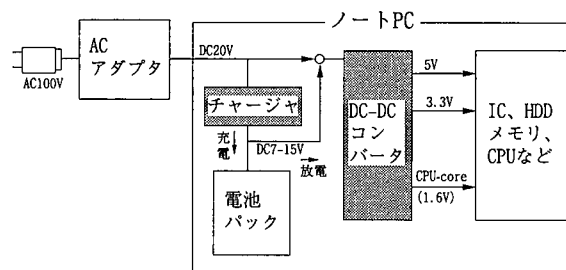


図1 ノートPCの電源系統図

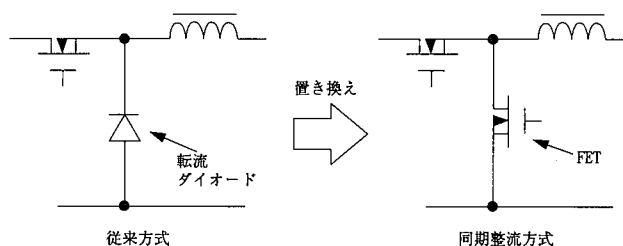


図2 同期整流方式

^{*(1)} 株式会社ユタカ電機製作所 電源事業部 技術統括部
 川崎市中原区荻宿228 ☎211-0022 ☎(044)411-2171

消費電力量はCPUコアの高性能化により逆に増大しており、電力変換によるロスは無視できなくなっている。従って同期整流方式はノートPC用DDコンにとって必要不可欠な技術となっている。

さらに近年では、バッテリーバックアップ時の動作時間を延長させるため、ACアダプタ接続時とバックアップ時において動作周波数を変化させるとともに、CPUコア用の電源電圧も最低限に抑えて省電力化を図るシステムが考案されている。DDコンではシステム側からの要求信号により出力電圧を可変する必要がある。仕様によると表1に示すように4ビットコードで1.3Vから2.0Vまで50mV毎、将来的には更に5ビットコードで1.3V以下についても25mV毎に電圧設定ができることが求められている。これには出力電圧をフィードバックする時の基準電圧源にD/Aコンバータを使用して、システムからの要求通りの電圧を設定する方式が通常使われる。これを図3に示す。

ユタカ電機製作所ではノートPC用DDコンとしてモジュール電源を製造、供給している。消費電力の大きい5V、3.3V出力を中心に、システムに応じてCPUコア用電源、バッテリーチャージャを付加した形でモジュール設計を行っている。写真1、2に当社が開発したノートPC用DDコンの一例を示す。写真1は5V、3.3Vの二出力

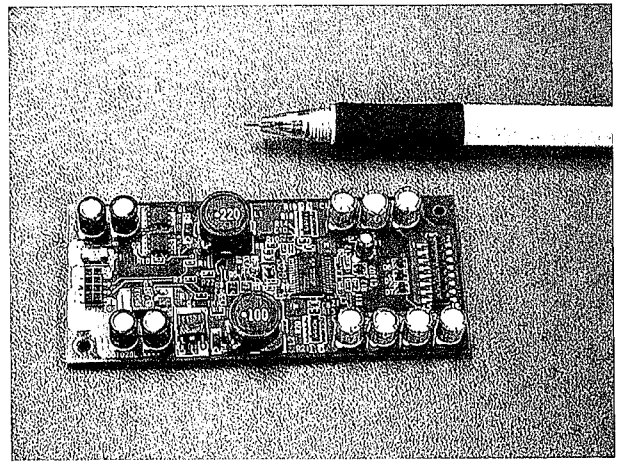


写真1 ノートPC用DC-DCコンバータの実用例1

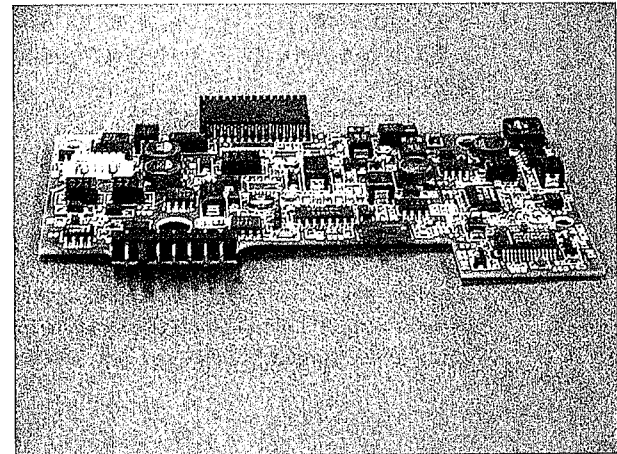


写真2 ノートPC用DC-DCコンバータの実用例2

表1 CPUコア用出力電圧コード

入力コード	出力電圧(中央値) (V)
0000	2.00
0001	1.95
0010	1.90
0011	1.85
0100	1.80
0101	1.75
0110	1.70
0111	1.65
1000	1.60
1001	1.55
1010	1.50
1011	1.45
1100	1.40
1101	1.35
1110	1.30
1111	シャットダウン

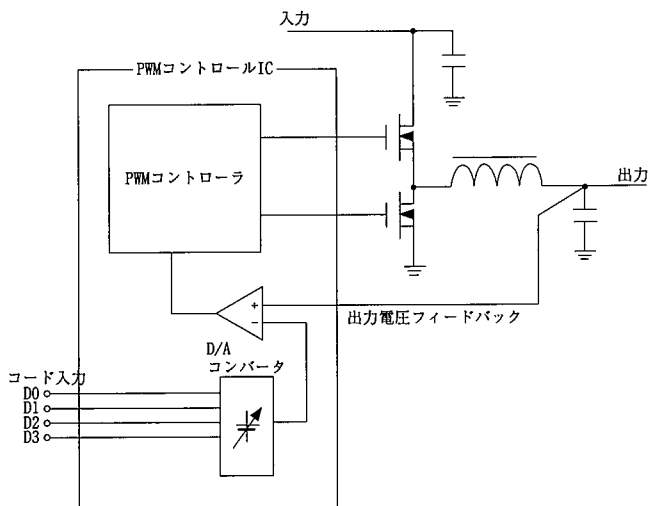


図3 CPU電源用コントロールICの概要

型のモジュール電源である。出力電流は共に5~6Aまでが可能であり、同期整流方式により高効率を実現している。本DDコンはプリント基板上の部品高さが最大8mm程度と高く、比較的厚い筐体のノートPCに用いられている。

写真2はB5薄型ノートPCへの組み込みを想定して開発したものであり、出力にCPUコア用電源を含めた三出力とバッテリーチャージャを加えた構成となっている。近年では特にこのような薄型ノートPC向けDDコンの要求が強く、薄型化としてはコンデンサ、チョークコイル、コネクタ等の部品や定数を見直すことにより、プリント基板を含めた厚さとして6mmを実現している。

3. スマートバッテリーチャージャとは

ノートPCに内蔵される二次電池の種類としては、ニッケル水素(Ni-MH)またはリチウムイオン(Li-ion、Liポリマー電池も含む)が使用されている。二次電池には図1に示すように電力補充のためチャージャが必要である。

これら二種類の二次電池は単セルの電圧が異なるので、充電方法が異なる。更に同じLi-ion電池の中でも満充電時の到達電圧が異なることから、チャージャ回路の設計には二次電池各々の特性に適合することが必要である。また充電対象が明らかとなっても二次電池の周囲温度、使用履歴により充電パターンが大きく変わることもあり、複数の種類の二次電池に対応したチャージャの設計は容易ではない。

近年、二次電池の正確な充電残容量等の電池情報をシステムで把

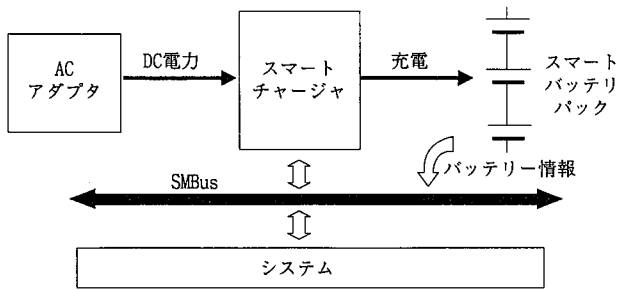


図4 スマートチャージャの概要

握し、パワーマネジメントに活用しようとする動きがあり、これを規格化する作業がスマートバッテリーシステムフォーラムにより推進されている。SBS(Smart Battery System)は1994年にIntelとDuracellにより提唱されたSMBus(System Management Bus)を使用したバッテリーマネジメントシステムの規格である。1998年にVersion1.1に規格が変更され、PEC(Packet Error Code)の追加、同時充放電制御のためのSBSM(Smart Battery System Manager)規格の新規追加、一部名称の変更などが実施され、今日に至っている。

市場には既に本規格に準拠したスマートバッテリーを採用したノートPCが多い。スマートバッテリーシステムはバッテリー自身が電池種類、最適充電条件、使用履歴等を情報として持つとともに、充放電量を監視して現時点の充電容量を把握しており、この情報をシステムがバス(SMBus)を通じて共有することを特徴としている。この規格を利用すると、上記のチャージャの問題を解決することができる。

このSBSでのチャージャ(以後スマートチャージャ)は、図4に示すようにSMBusを介してスマートバッテリーが保有している最適な充電電圧、充電電流情報を受け取り、この情報に合わせた電流及び電圧をスマートバッテリーに対して出力することにより充電を行う。充電停止もスマートバッテリーからの充電情報により行う。このチャージャの電圧制御動作は先に挙げたCPUコア用DDコンの出力電圧の可変制御と共通している。

スマートチャージャの利点としては、スマートバッテリーであれば基本的に電池の種類を問わず充電可能となる点である。これは電池特性の差を電池パック内で吸収し、最適な充電電圧、及び電流値をチャージャに指示するからである。これによりシステムは二次電池選択の幅が広がり、将来の新しい二次電池にもそのまま対応できるはずである。

SBS規格ではシステム本体(ホスト)のみではなくスマートチャージャにもスマートバッテリーに対してもアクティブにデータをアクセスする権利を許しており、これにより必要に応じて満充電検出における保護の多重化をはじめ、充電残量や電池容量の劣化率等の直接表示、複数バッテリーに対する残容量による充電順位の管理等の付加機能をチャージャで実現することが可能である。

4. スマートバッテリーチャージャの実例

ユタカ電機製作所で開発したSBS規格に準拠したスマートチャージャを写真3、図5に示す。バッテリーパックからの要求値により、約10Vから20Vの範囲で40mVステップで充電電圧を任意に設定できる。本スマートチャージャはCPUを搭載したレベル3のスマートチャージャであり、アクティブにスマートバッテリーにデータをアク

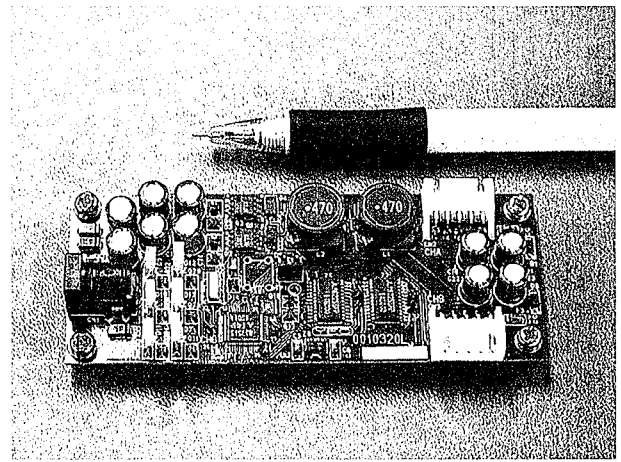


写真3 2ch対応スマートチャージャ

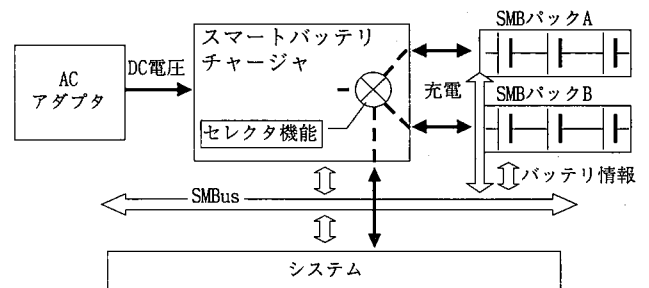


図5 ユタカ電機製作所のスマートチャージャの概要

セスし、満充電情報のみではなく残容量データ等のアクセスにより過充電に対する多重保護を図っている。図4に示したスマートチャージャの基本仕様に加え、二つのバッテリーに対して状況によりバッテリーを変更するセレクタ機能を追加した。これにより二つのスマートバッテリーを同時及び順次に充電を行うことができる。

LEDによる双方のスマートバッテリーの残容量データ表示機能、SMBusの誤り訂正符号対応機能も付加している。本スマートチャージャではCPUを使用していることにより、システムに合わせたマイナーチェンジ及び付加機能追加が容易なことも特徴である。本スマートチャージャは1999年に東京で行われたSBSフォーラムにおいて、他社製品との接続実験(プラグフェスタ)に参加し、接続した全てのスマートバッテリーとの正常な充電動作を確認している。

これと合わせて、仕様に応じて機能が限定された専用IC(レベル2)を使用したスマートチャージャの設計にも対応している。一例

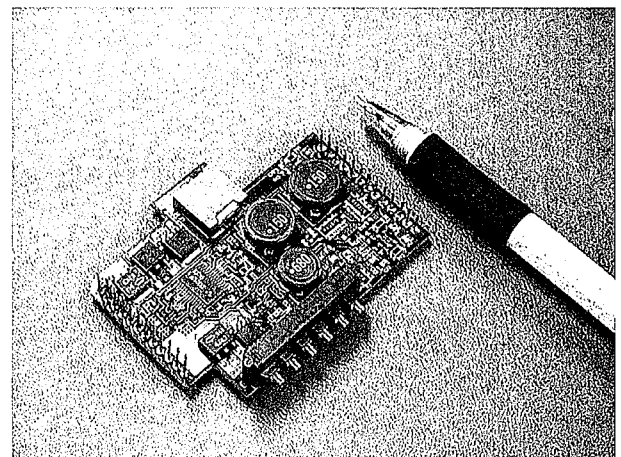


写真4 DC-DCコンバーター体型スマートチャージャ

としてスマートチャージャをノートPC用DDコンと組み合わせた電源モジュールを写真4に示す。SBSはノートPCへの応用を中心としているが、今後この種の二次電池情報を利用する技術は他のバッテリー応用システムにも十分転用可能であり、今後展開を図って行きたい。

5. スイッチング電源

汎用のAC-DC変換を行うスイッチング電源においても、Ni-MH電池などの二次電池を搭載することにより、通常はAC100Vの入力を用いてスイッチング電源内部のバッテリー充電回路とマイクロコンピュータ部分の制御電源を供給し、商用電源の停電時にバックアップ機能を持たせ、システム全体を停電から守るものがある。

本電源では、1.2V2.9Ahのニッケル水素電池を10本直列接続した1パックのバッテリーの充電制御、容量監視、温度測定などをSMBusを用いて接続し、バッテリー/充電回路/CPUを連携させることにより、システム全体的な制御を行っている。

このスイッチング電源の出力は、装置により直流出力としてDC150V1Aを8～10分間、あるいは交流出力を必要とする装置にはDC-ACインバータを設けてAC100V1Aを数分間バックアップすることができ、主に金融端末(ATM)や計測器(データロガー)など無停電機能を必要とするシステムに応用することができる。写真5に直流バックアップ、写真6に交流バックアップ可能なスイッチング電源を示す。

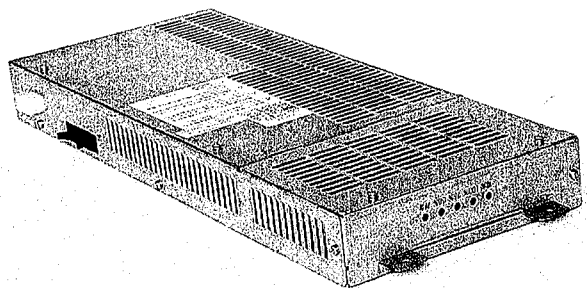


写真5 直流バックアップ型スイッチング電源

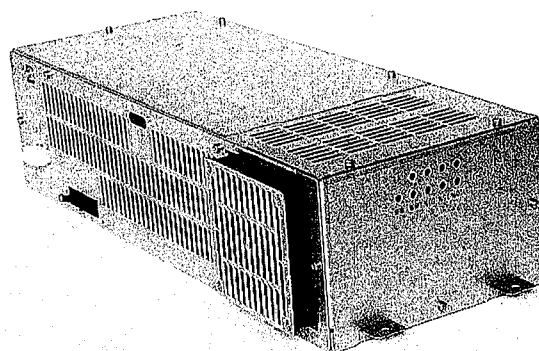


写真6 交流バックアップ型スイッチング電源

6. おわりに

以上のように今後のノートPC等の携帯機器ではDDコン、バッテリーチャージャでは充電器、スイッチング電源では無停電機能などにおいてシステムと連携して出力をオンオフするのみではなく、状況に応じて出力電圧を変えたり、負荷接続を変更するなどのパワーマネジメントを目的とした制御が益々必要になると考えられる。ユタカ電機製作所においても、これらの新しい要求に対し積極的に対応していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 山下勝巳:2次電池に標準化の新風. 日経エレクトロニクス. (649)(1995.2.13)
- 2) 村里道久:ノートPC用電源におけるパワーマネジメントの取組み例. 電子技術. (2000年4月号)
- 3) 転換期を迎えたりチウムイオン電池業界. IT総研電池セミナー2000