

# ワイド入力レンジ対応のデュアル 変調方式 シームレス制御昇降圧形コンバータ

小堀康功\*, 古谷哲也, 光野正志, 小林春夫 (群馬大学)

清水敏彦 (ルネサステクノロジ)

## Seamless controlled Buck-Boost Converters with Dual Modulations for wide input voltage range

Yasunori Kobori, Tetsuya Furuya, Masashi Kono, Haruo Kobayashi ( Gunma University )  
Toshihiko Shimizu ( Renesas Technology )

### 1. まえがき

モバイル機器に使用する二次電池は、その出力電圧範囲や出力容量が改良されつつある。この結果、広範囲な入力電圧に対して中間電圧を出力すべく、連続的に制御可能なシームレス昇降圧形電源の開発が急務となっている。

例えば携帯電話に最新のリチウム - イオン電池を使用する場合、電池からの入力電圧が 4.2 ~ 2.2V に対して、出力電圧は 2.5V である。したがって降圧形動作と昇圧形動作を自動的にかつ連続的に切換える必要がある。

これまでこのようなシームレス制御が可能な昇降圧形電源を提案し、シミュレーションによる方式改善を報告<sup>1)~3)</sup>してきた。今回、デュアル 変調方式の効率 (シミュレーション) を検討し、実験動作を確認したので報告する。

### 2. フルブリッジ構成の昇降圧形電源

#### 2.1 ミックス昇降圧形制御方式

スイッチング電源における PWM 信号において、通常時比率 (デューティ) には、例えば 10 ~ 90% 程度の制限がある。したがって入力電圧がゆっくり低下し、電源制御方式を降圧形から昇圧形に切換える場合、理論的な切換え点の前後に制御不能となる制御不能な入力電圧帯 (電圧ギャップ) が存在する。この電圧ギャップの期間において、降圧形と昇圧形の制御方式をミックスして、そのミックス比率を変化させる制御方式を提案<sup>1)</sup>した。

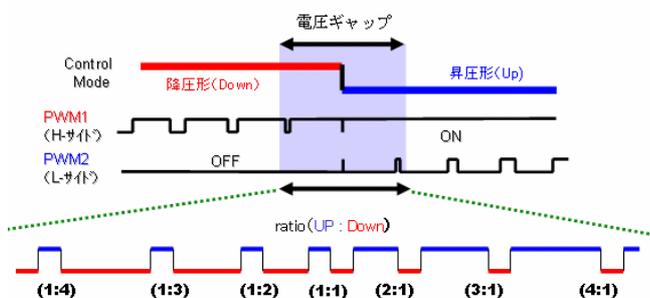


図1 ミックス昇降圧形制御方式

Fig.1 Mix Controlled Buck-Boost Converter

この方式の概念を図1に示す。ここでは入力と出力の電圧差を検出して電圧ギャップを検出する。この電圧ギャップ内においては PWM デューティは固定 (90%あるいは10%) であり、降圧形制御と昇圧形制御を PWM 周期毎に切換えるミックス昇降圧形方式とした。この場合、入出力電位差を検出するとともに、順次ミックス比率 (アップ / ダウン比) を切換える必要がある。

#### 2.2 変調による昇降圧形制御方式

ミックス制御方式を発展させ、1ビット 変調によるアップ / ダウン切換えの自動昇降圧形切換え制御方式<sup>2)</sup>を以前に提案した。この方式では電圧ギャップ以外のおきでも、常時出力電圧を 変調してアップ / ダウン制御を切換える。この切換えによるノイズは小さく、仕様値以下としていて問題ない。

その後、2つのスイッチ MOS の制御に、独立の 変調を採用したデュアル 変調方式<sup>3)</sup>も提案した。この方式の構成を、図2のブロック図に示す。出力電圧を入力とする2つの独立した 変調回路を有し、そのクロックを逆位相として高速化を測っている。

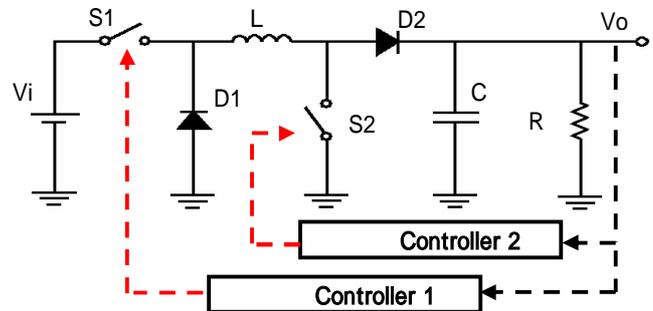


図2 デュアル 変調による昇降圧形電源構成

Fig.2 Buck-Boost Converter with Dual control

図2の構成において各パラメータは、 $L=1.6\mu\text{H}$ 、 $C=200\mu\text{F}$ 、 $F_{\text{ck}}=500\text{kHz}$  である。負荷電流変化量をそれぞれ

れ  $I_o=0.5, 1.0, 1.5A$  とした場合、シミュレーションによる出力リップル波形を図 3 に示す。この場合の最大リップル量は、 $+30mV$ 、 $-40mV$  である。また各制御方式における定常リップル（負荷電流変化の無い状態： $I_o=0A$  時）と  $I_o$  に対する出力リップルを比較して表 1 に示す。

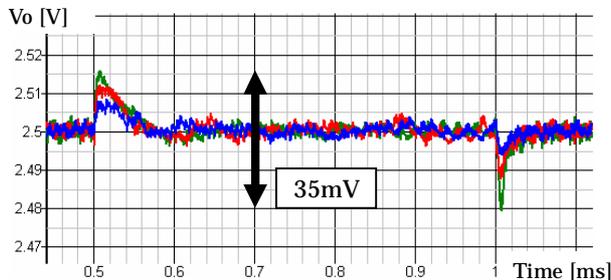


図 3 デュアル 変調における出力リップル  
Fig.3 Output Ripple with Dual Modulation

表 1 各制御方式における負荷変動対出力リップル  
Table 1 Output Ripple with  $I_o$

| [mVpp]                   | Mixed U/D | Single | Dual       |
|--------------------------|-----------|--------|------------|
| 定常状態 ( $I_o=0.5A$ )      | 11.4      | 8.7    | 5.9 (52%)  |
| 電流ステップ 1 ( $I_o=0.5 A$ ) | 20.7      | 18.3   | 14.3 (69%) |
| 電流ステップ 2 ( $I_o=1.0 A$ ) | 48.1      | 30.0   | 23.8 (49%) |
| 電流ステップ 3 ( $I_o=1.5 A$ ) | 68.8      | 53.4   | 34.8 (51%) |

（カッコ内は、Mixed U/D 方式に対するリップル比率）

### 3. デュアル 制御方式の実験結果

#### 3.1 負荷変化に対する出力リップル

デュアル 回路により実験し、負荷電流変化に対する出力リップルを比較して図 4 に示す。リップル電圧の測定においては、電流切換えに起因するノイズのみを測定した。測定精度が悪くシミュレーションに対して実測値は 2 倍近い値となるが、類似の傾向を示している。低リップル時はノイズの影響で、測定値は大きく計測されている。今後、回路ノイズを低減し、測定制度を高めて再度評価したい。

#### 3.2 効率の比較検討

フルブリッジ構成では、単純な降圧形あるいは昇圧形電源に比較して、MOS スイッチとダイオードを各 1 個ずつ追加する。同等な性能を降圧形と昇圧形電源で構成する場合、これらの縦続接続電源が必須であり、したがって効率の比較をする場合も縦続接続電源と比較するのが妥当である。

シミュレーションによる比較結果を、図 5 に示す。同図において効率は 85 ~ 80% である。星印 で示した縦続接続電源の効率は、 $I_o=1.2A$  で 78% 程度と低効率である。

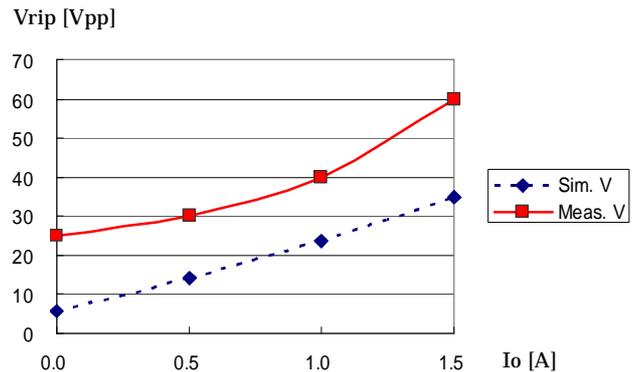


図 4 負荷変動に対する出力リップル  
Fig.4 Output Ripple for Load Current Step

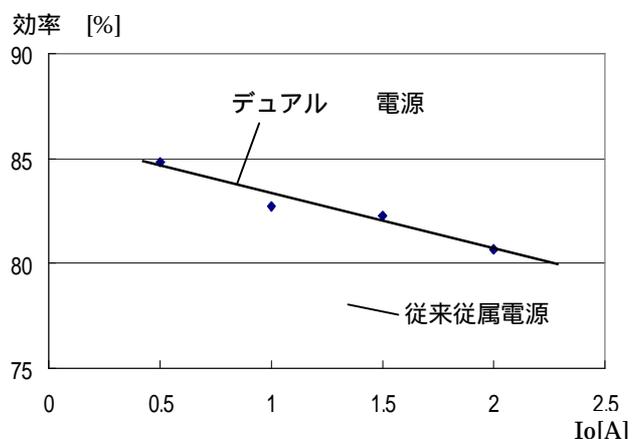


図 5 シミュレーションによる効率検討  
Fig.5 Efficient with Dual Modulations

### 4. まとめ

デュアル 変調を用いたシームレス昇降圧形コンバータを検討し、シミュレーションにてその動作を確立し、性能と効率を確認した。また実験により、ほぼ同等性能が得られることを示した。

### 参考文献

- [1] 古谷哲也, 小堀康功, 津金民人, 小林春夫, “携帯機器用 DC-DC コンバータの制御切換方式の検討”, 電気学会電子回路研究会資料 ECT-05-53 (2005.7)
- [2] Y.Kobori, T.Furuya, M.Kono, T.Shimizu, H.Kobayashi, “A New Control Method for Switched Buck-Boost DC-DC Converters with Delta-Sigma Modulation for Mobile Equipment”, 2006 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems ISPACS2006 (2006.12)
- [3] Y.Kobori, T.Furuya, M.Kono, T.Shimizu, H.Kobayashi, “A New Control Method for Buck-Boost DC-DC Converters Using Dual Modulations for Mobile Equipment Applications”, IEEJ Analog VLSI Work Shop 2006 (2006.11)