

単一インダクタ2出力DC-DCコンバータ における新制御方式

◎小堀康功、小野澤昌徳、朱秋霖（群馬大）
大森武志、小田口貴宏、中西功、根本謙治（AKMテクノロジー）
松田 順一（旭化成パワーデバイス）
高井伸和、新津葵一、小林春夫（群馬大学）

2012年2月29日

OUTLINE

1. 研究背景と目的
2. 従来技術
3. 新提案(擬似 $\Delta\Sigma$ 変調SIDO電源)
 - 3.1 基本構成と動作原理
 - 3.2 シミュレーション結果
4. まとめ

1. 研究背景と目的

- 情報機器には多数のDC-DC電源
 - ・性能確保 …… POL
 - ・省電力 …… 回路毎に細かな電圧設定

⇒ L, C数が大幅増加 ⇒ 削減必要
- 本研究の目的:
 - ・シングル・インダクタ・デュアル出力電源

⇒ Lの削減

2. 従来技術

1) 正負2出力のSIDOの提案: 2010.4 (群馬大)

* 原理構成

2. 従来技術

* 特徴:

- クロスレギュレーションは、基本的に無し
- 電力ロスが大きい
- 負荷電流比率が小さい

◎ 本学会で、改良方式の発表有り

2. 従来技術

2) アプローチ:

- 基本電源構成の任意な組合せ
降圧形、昇圧形、昇降圧形
- 出力電圧、負荷電流に依存しない
- クロスレギュレーションを少し認める
定常リップル < クロスレギュレーション \leq 過度応答

OUTLINE

1. 研究背景と目的
2. 従来技術
3. **新提案(擬似 $\Delta\Sigma$ 変調SIDO電源)**
 - 3.1 基本構成と動作原理
 - 3.2 シミュレーション結果
4. まとめ

3. 新提案

3.1 基本構成と動作原理

1) コンセプト:

- * 過度応答特性の改善:

 - 電圧誤差の大きい電源を優先的に制御

 - ⇒ 定常出力リップルは同等レベル

- * 優先制御時は、他方の誤差累積

 - ⇒ クロスレギュレーションの劣化

3.1 基本構成と動作原理

2) 基本構成 (昇圧形 + 昇圧形)

誤差電圧の大きい信号を選択 ⇒ PWM制御

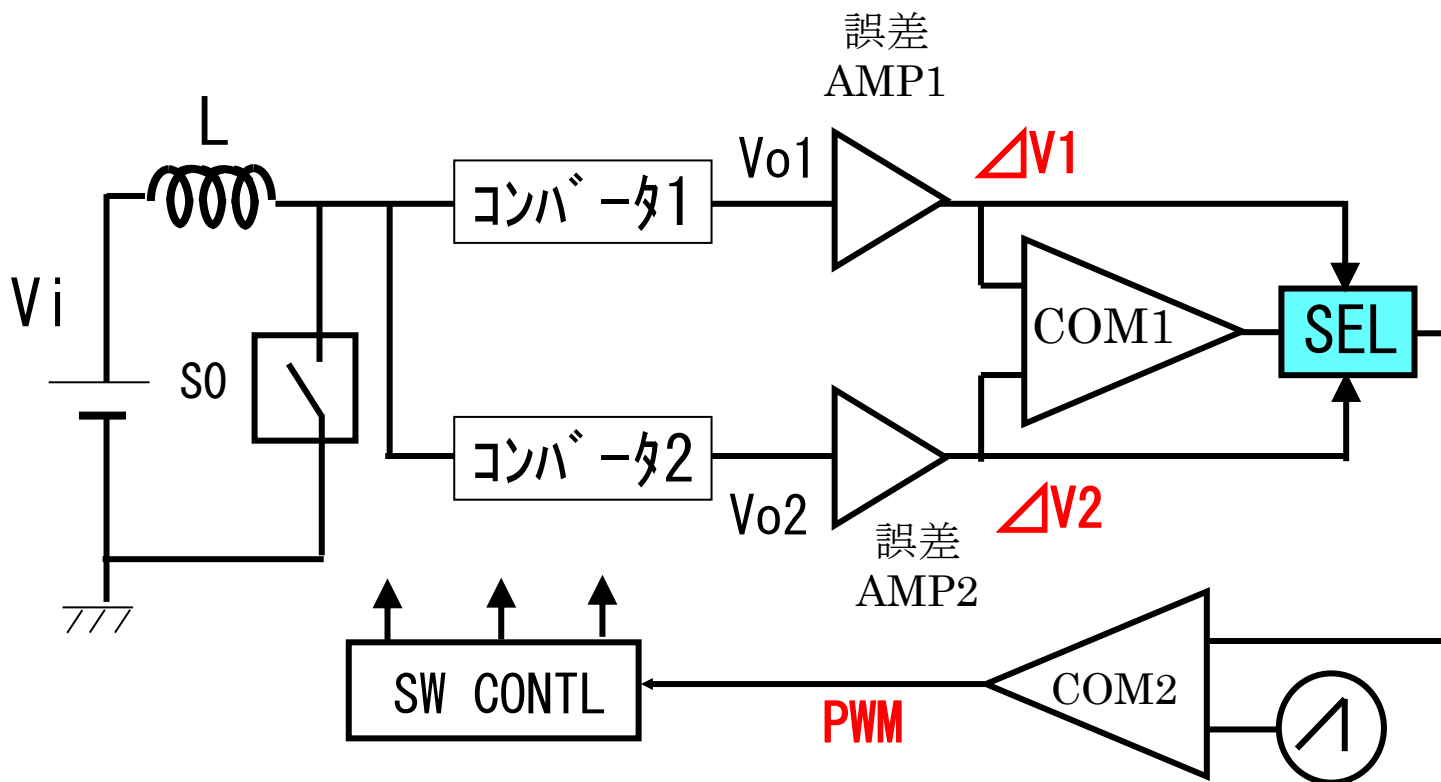


図3.1 新提案 SIDO 電源の基本構成

3.1 基本構成と動作原理

3) 動作原理:

PWM開始時の誤差電圧を比較

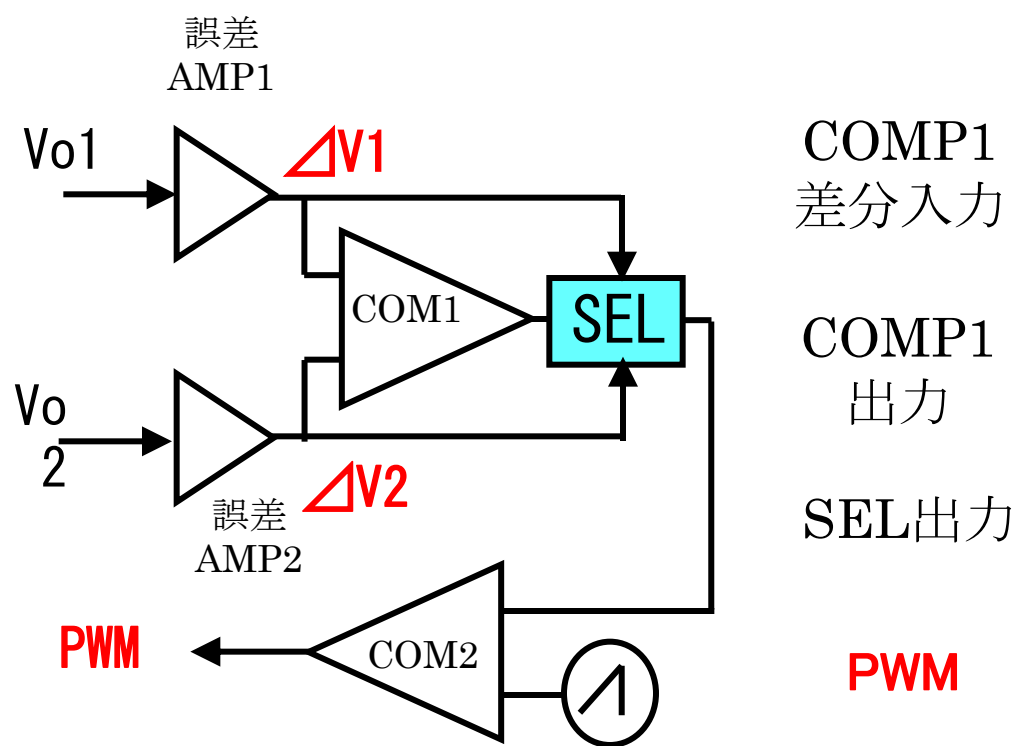


図3.2 基本構成

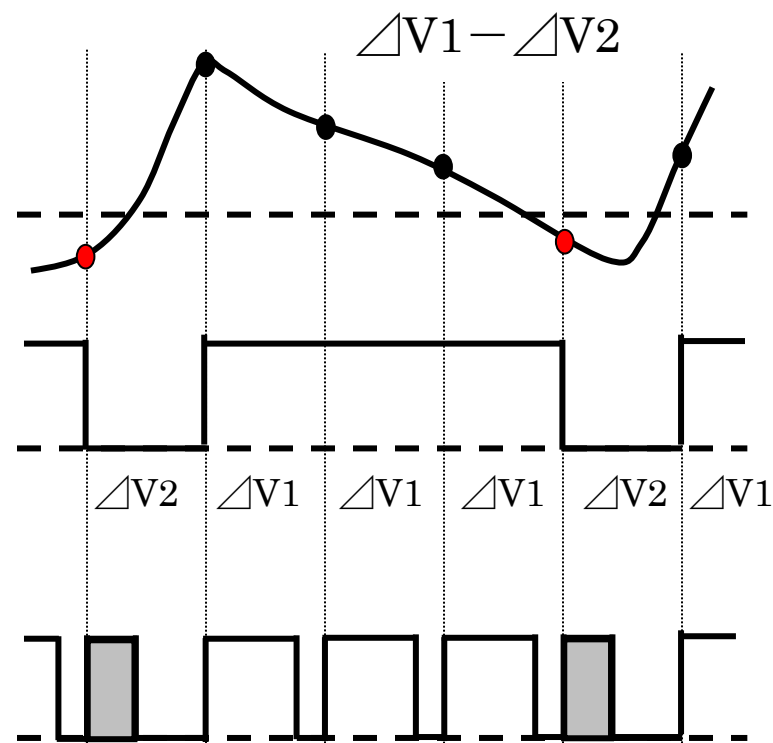


図3.3 タイミングチャート

3.1 基本構成と動作原理

4) シミュレーション回路:

SEL信号により PWM1/PWM2を選択

$V_{o1} > V_{o2}$ より、コンバータ1側はダイオードのみ(デッドタイム対策)

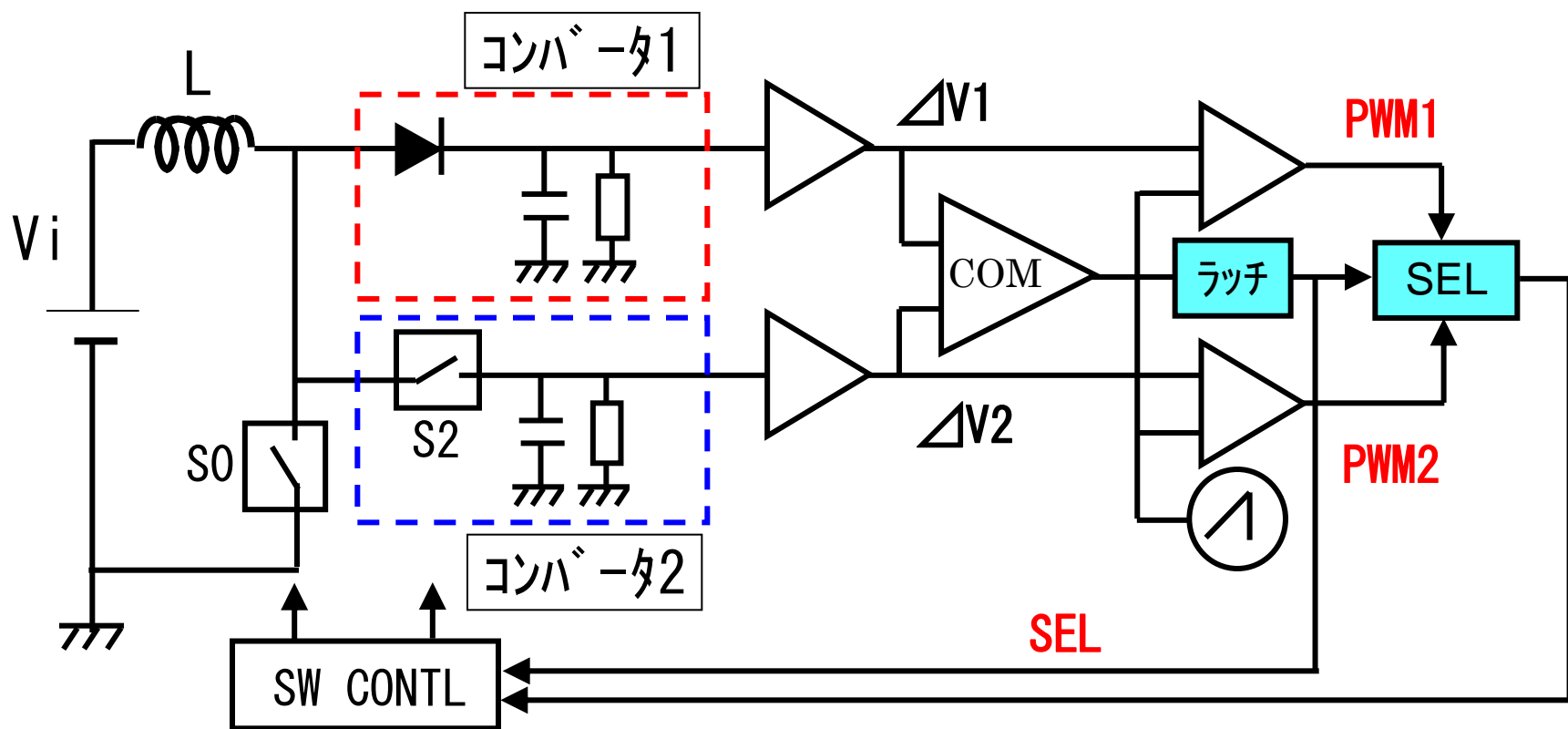


図3.4 シミュレーション回路

3.1 基本構成と動作原理

● 回路動作1:

* コンバータ1の制御 ($\Delta V1 > \Delta V2$): SW2 は常に OFF

・PWM=「H」のとき: S0=ON ⇒ 赤ラインの電流

・PWM=「L」のとき: S0=OFF ⇒ 青ラインの電流

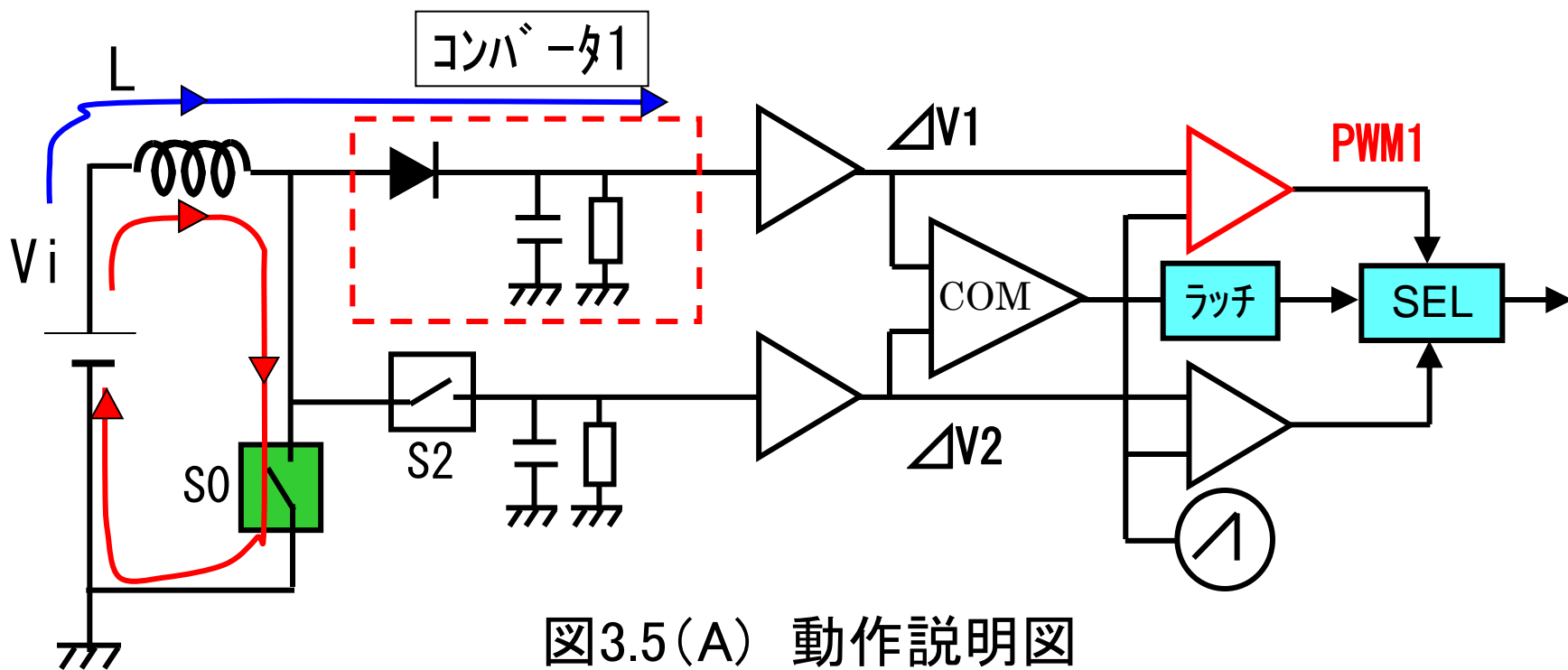
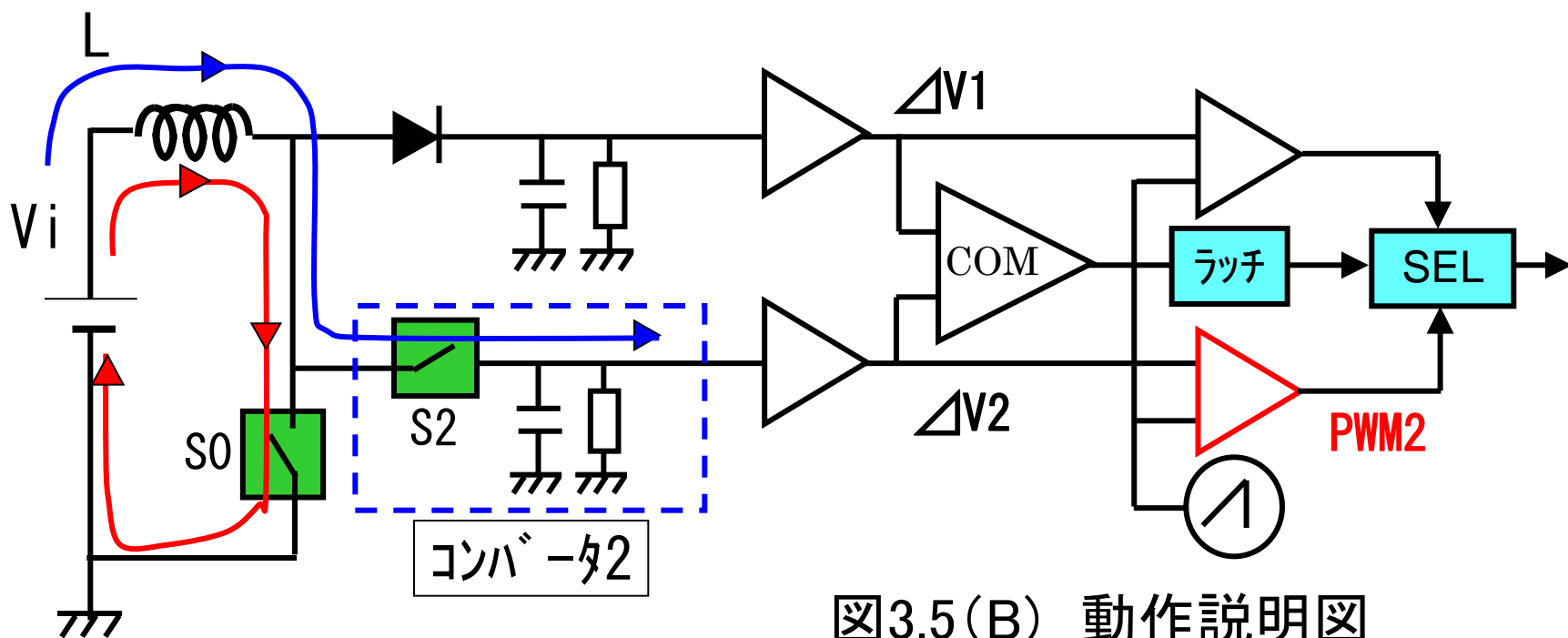


図3.5(A) 動作説明図

3.1 基本構成と動作原理

● 回路動作2:

- * コンバータ2の制御 ($\Delta V1 < \Delta V2$): SW1 はON/ OFF
 - ・PWM=「H」のとき: S0=ON、S2=OFF : 赤ライン (先と同様)
 - ・PWM=「L」のとき: S0=OFF、S2=ON : 青ライン
 - ・デッドタイムは、ダイオードを介してコンバータ1で吸収



3.2 シミュレーション結果

1) 出力電圧

*リプル : $< 10 \text{ mVpp}$ ($I_{o1}=0.5\text{A}$ 、 $I_{o2}=0.25\text{A}$)

*オフセット: $\Delta V_{o1}=10\text{mV}$ 、 $\Delta V_{o2}=20\text{mV}$

● SEL信号比率 = 4:1 (誤差アンプのゲインが異なる)

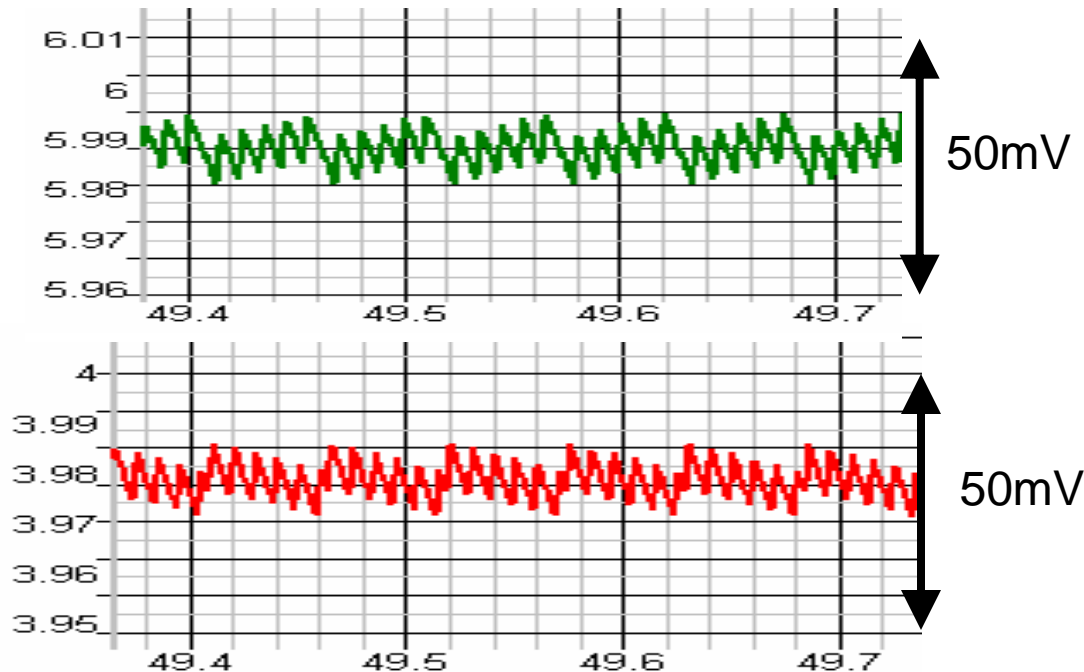


図3.6 出力電圧リプル

表3.1 パラメータ

| | |
|------------------|-------------------|
| V_i | 3.0 V |
| V_{o1} | 6.0 V |
| V_{o2} | 4.0 V |
| L | 20 μH |
| C1,C2 | 200 μF |
| I_{o1} | 0.5/0.25 A |
| I_{o2} | 0.5/0.25 A |
| F_{PWM} | 200 kHz |

3.2 シミュレーション結果

2) 応答特性

* 負荷応答 : $\Delta V_{o1} = 40 \text{ mVop}$ 、 $\Delta V_{o2} = 80 \text{ mVop}$

* クロスレギュレーション: $\Delta V_{o1} = 40 \text{ mVop}$ 、 $\Delta V_{o2} = 80 \text{ mVop}$
⇒ コンバータ2の調整不十分

● 過度応答 ≡ クロスレギュレーション

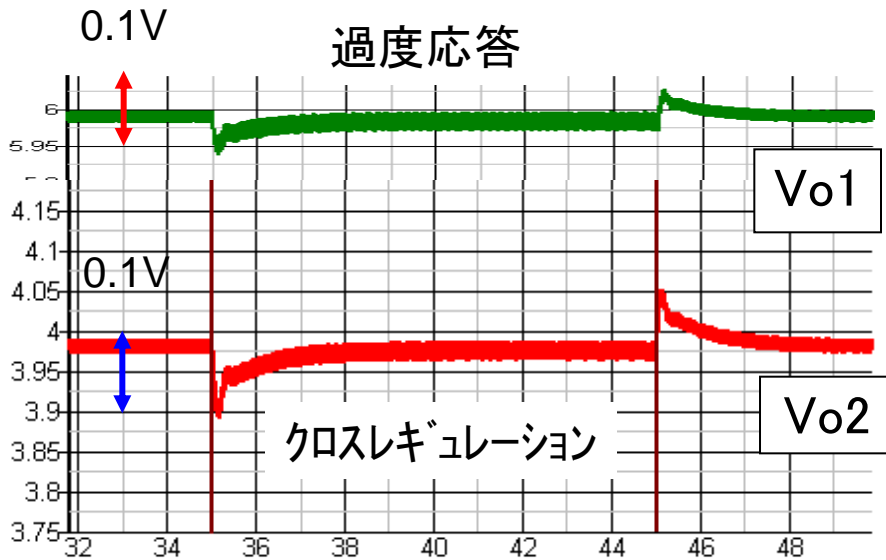


図3.7(a) 応答特性 (I_{o1} 切換え)

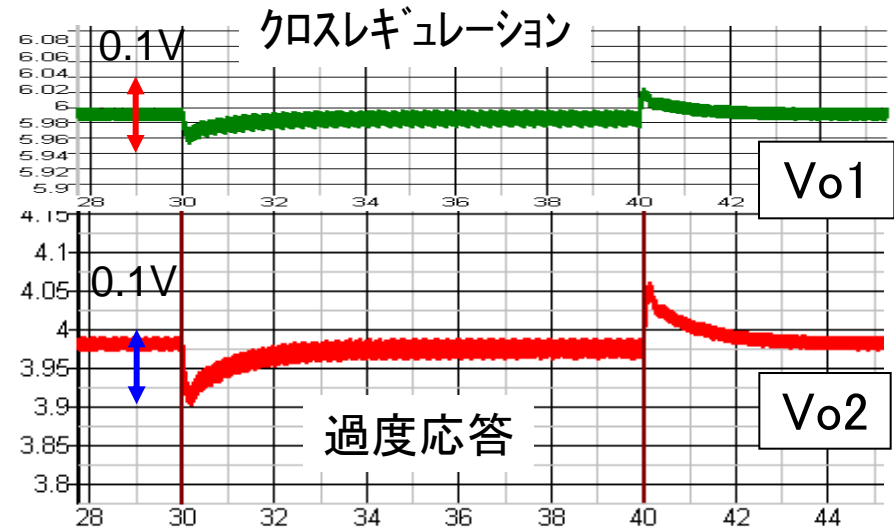


図3.7(b) 応答特性 (I_{o2} 切換え)

3.2 シミュレーション結果

3) 理論検討

* 負荷電流と出力誤差電圧

- ・ コンデンサ電荷: $Q = C \cdot V_o = I_o \cdot T$ より $\Delta V_o = I_o \cdot T / C$
⇒ C:一定ならば 誤差電圧 \propto 負荷電流

* 誤差アンプ・ゲインと比較誤差電圧

- ・ 比較誤差電圧: $\Delta V_o' = G \cdot \Delta V_o$
⇒ アンプゲインにより、比較誤差電圧が変化

* 比較誤差電圧 $\Delta V_o' \propto G \cdot I_o / C$

- 比較誤差電圧が等しいと、SEL信号による制御比率は等しい
- 両電源の定常リップルは、ほぼ等しい
- 負荷応答特性とクロスレギュレーションは、同等特性

4. まとめ

単一インダクタ2出力DC-DCコンバータの新制御方式

1. 擬似 $\Delta\Sigma$ 変調方式切換え制御方式の提案
2. 出力誤差電圧の比較による切換え制御
3. 出力電圧、負荷電流への非依存性
4. シミュレーション結果:
 - 定常リップル $< 10\text{mVpp}$ ($I_o=0.25\sim 0.5\text{ A}$)
 - 負荷応答特性 \equiv クロスレギュレーション: $\sim 80\text{mV}$

今後の課題

1. 負荷電流比率の確認
2. クロスレギュレーションの改善方法
3. 実装確認