

擬似 $\Delta\Sigma$ 変調 単一インダクタ 2出力 DC-DC スイッチング電源

小堀康功（小山高専）

李慕容、吳澍、趙峰、モハイヤ ニザム（群馬大）

小田口貴宏、中西功、上田公大（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）

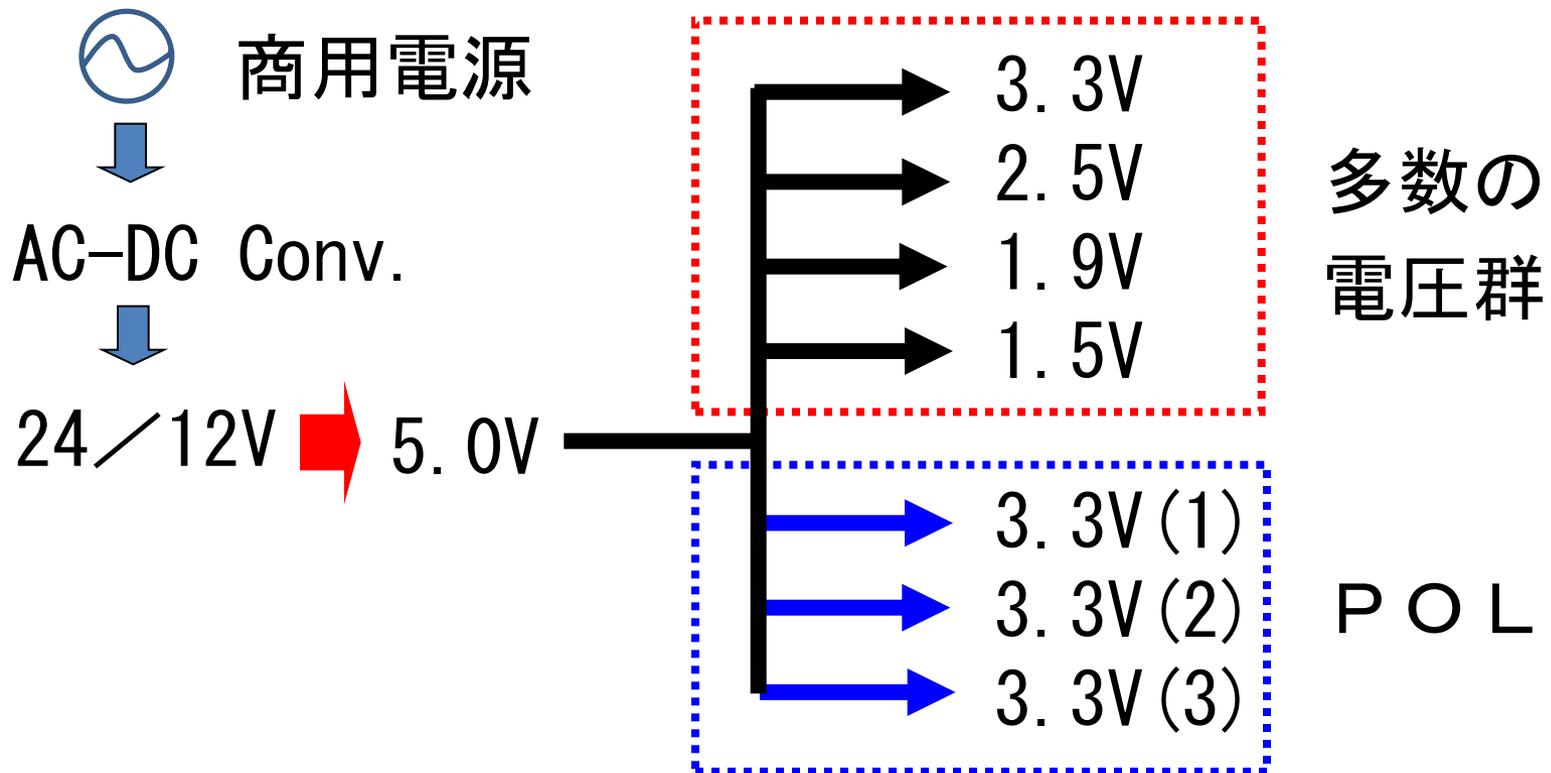
アウトライン

1. はじめに
2. 降圧形 SIDO 電源
 - 2-1 従来構成
 - 2-2 提案SIDO電源
 - 2-3 シミュレーション結果
3. 昇圧形 SIDO 電源
 - 3-1 提案SIDO電源
 - 3-2 シミュレーション結果
4. まとめ

1. はじめに

背景：情報機器には多数のスイッチング電源

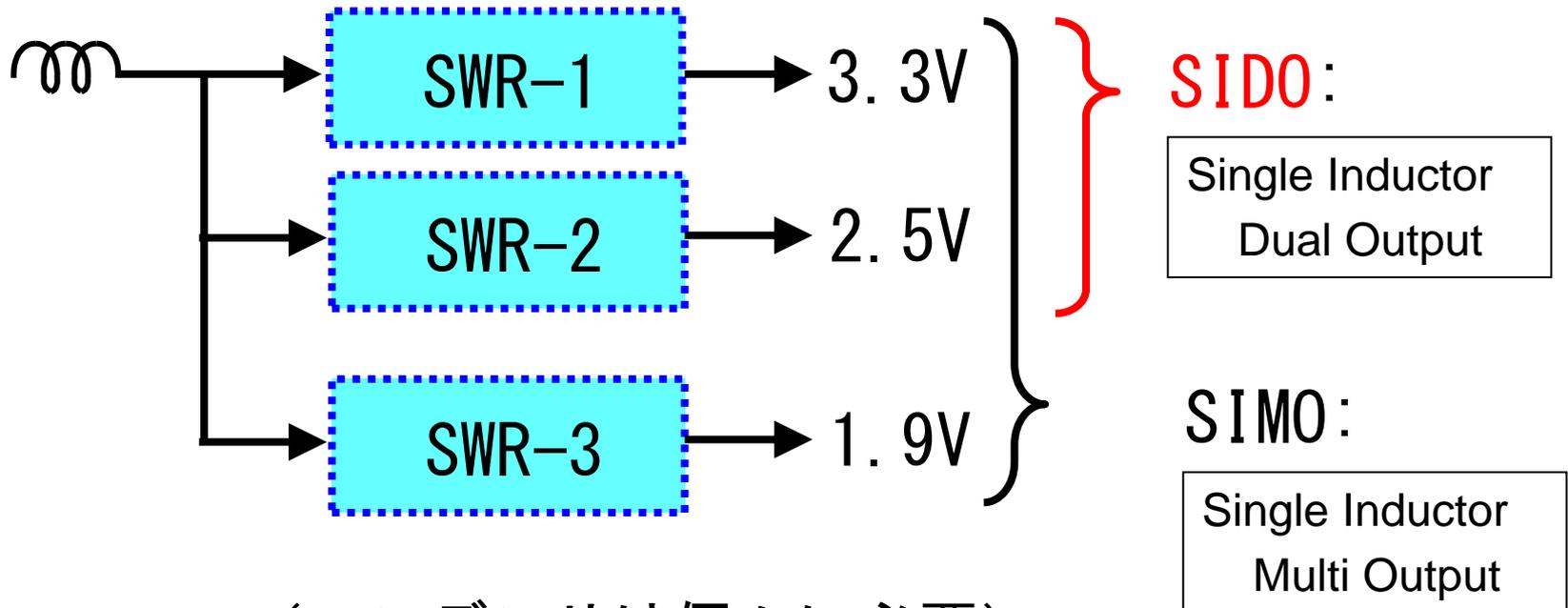
省電力、性能向上 ↔ 小型、軽量



インダクタの個数低減



インダクタの共用



(コンデンサは個々に必要)

アウトライン

1. はじめに

2. 降圧形 SIDO 電源

2-1 従来構成

2-2 提案SIDO電源

2-3 シミュレーション結果

3. 昇圧形 SIDO 電源

3-1 提案SIDO電源

3-2 シミュレーション結果

4. まとめ

2. 降圧形SIDO電源

2-1 従来構成 : 構成部品 = 2L, 2SW, 2D, 2AMP, 2COMP etc.

●異なる条件

- ・出力電圧
- ・出力電流
- ・負荷電流変動
- ・PWM(デューティ)
- ・L, C



●条件の統一

- ・出力電圧
 $V1 > V2$
- ・L = 一定

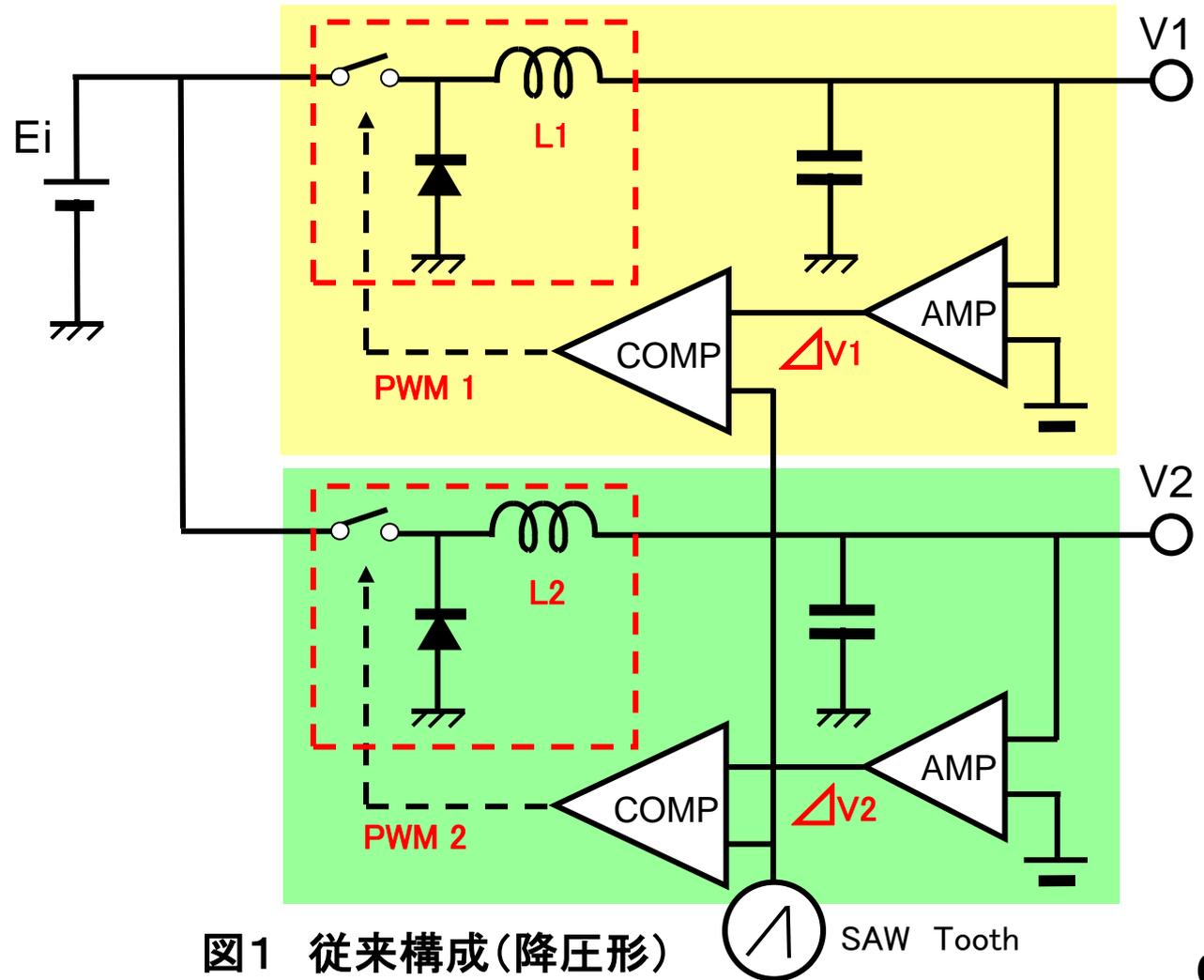


図1 従来構成(降圧形)



2. 降圧形SIDO電源

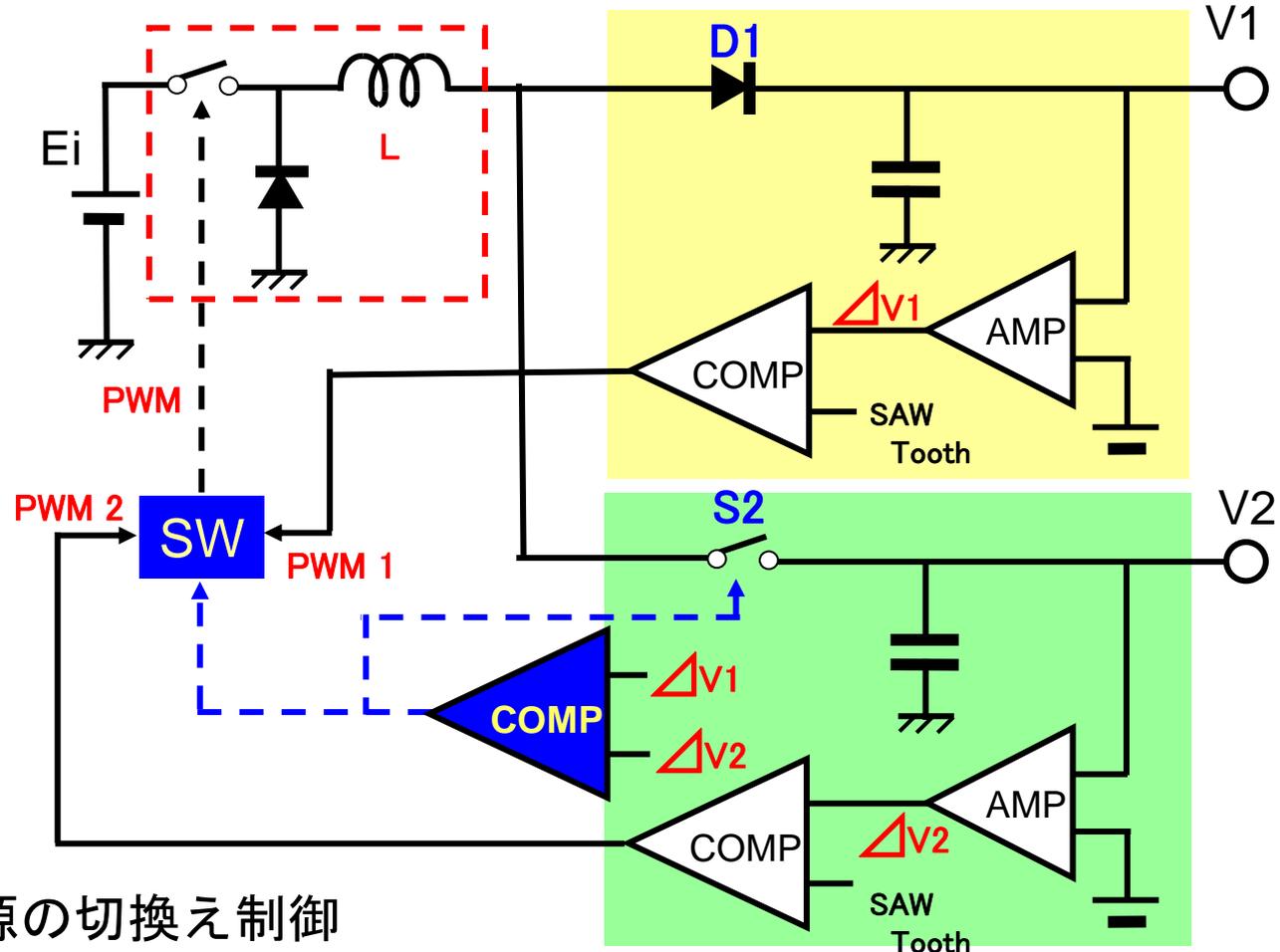
2-2 提案SIDO電源の構成 : 構成部品= 従来構成+COMP, SW

●構成条件

- ・出力電圧
 $V1 > V2$
- ・ $L = \text{一定}$

●制御方式

- * 誤差電圧の比較
- ↓
- * 制御対象のSW
 - * PWMのSW



- ★ S2のON/OFFで、電源の切換え制御
∴ S2=ON時、 $V1 > V2 \Rightarrow D1:OFF$

図2 提案SIDO電源(降圧形)

2. 降圧形SIDO電源

●電源1制御時

- ・ SW 2 = OFF, D1 = ON
- ・ PWM1 により、通常の降圧形制御

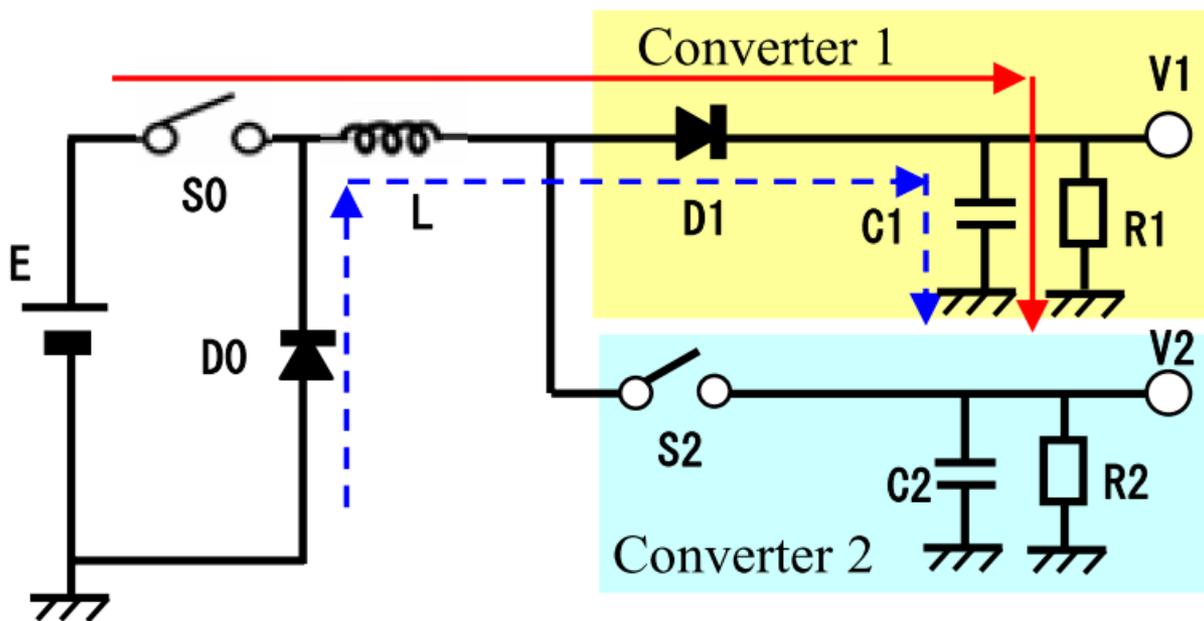


図3(a) 降圧形SIDO電源の動作1

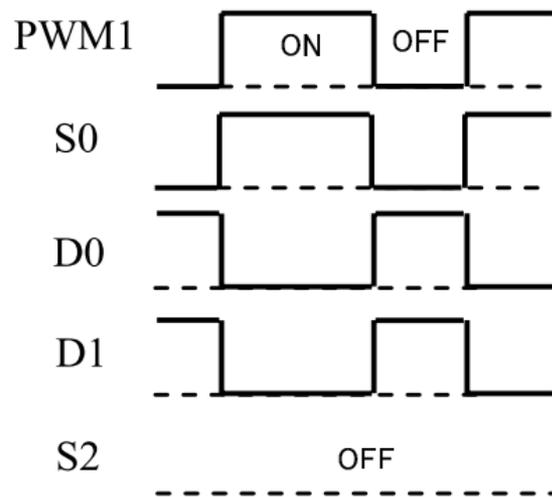


図3(b) 動作波形図1

2. 降圧形SIDO電源

●電源2制御時

- ・ SW 2 = ON, D1 = OFF
- ・ PWM2 により、通常の降圧形制御

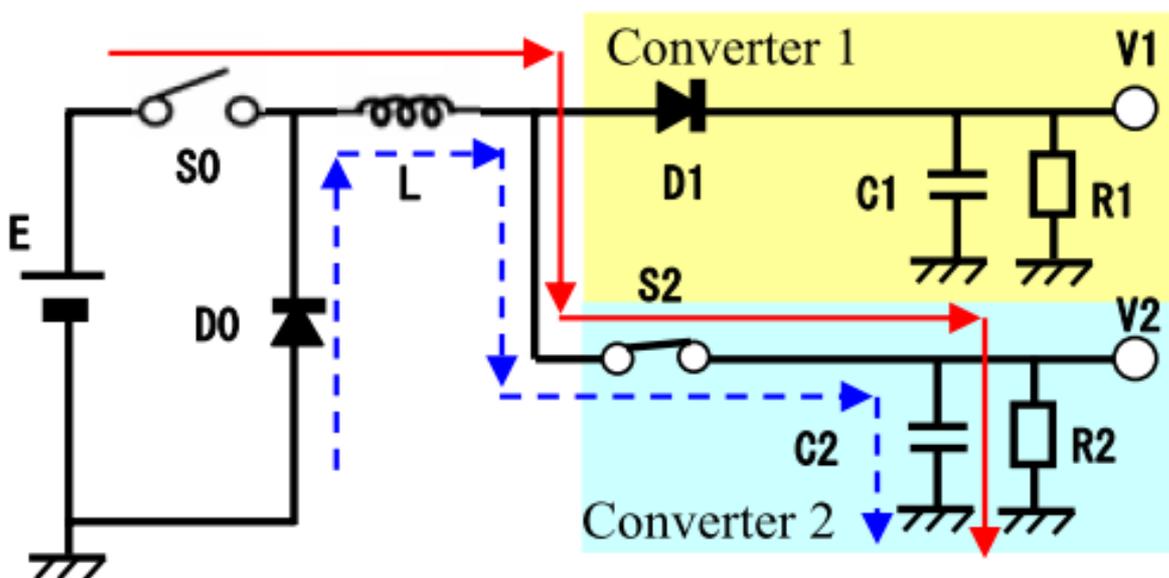


図4(a) 降圧形SIDO電源の動作2

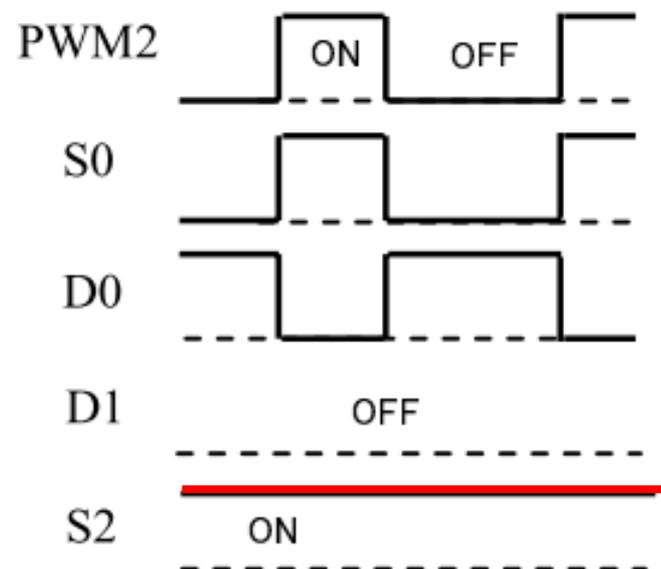


図4(b) 動作波形図2

2. 降圧形SIDO電源

● 2電源の切換え方式 (擬似 $\Delta\Sigma$ 変調)

- ・ PWM周期毎に誤差電圧を比較 (電圧ドロップで $\Delta V > 0$)
- ・ $\Delta V1 > \Delta V2 \Rightarrow$ 電源1を選択 (S2=OFF)

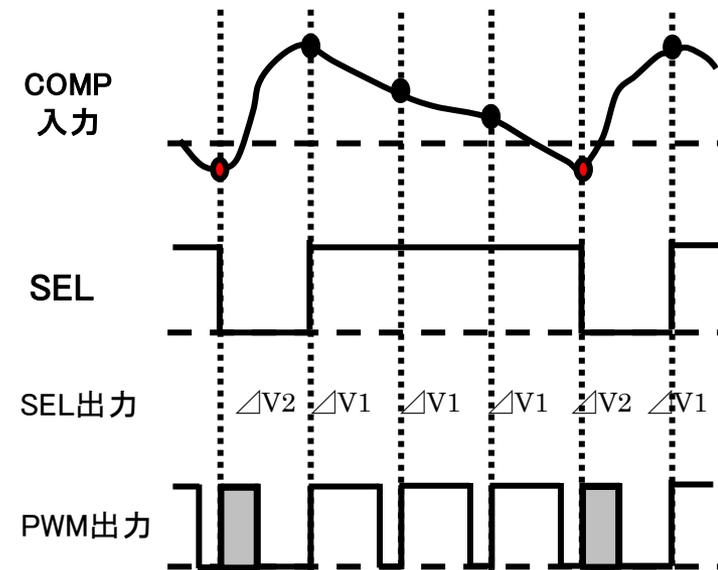
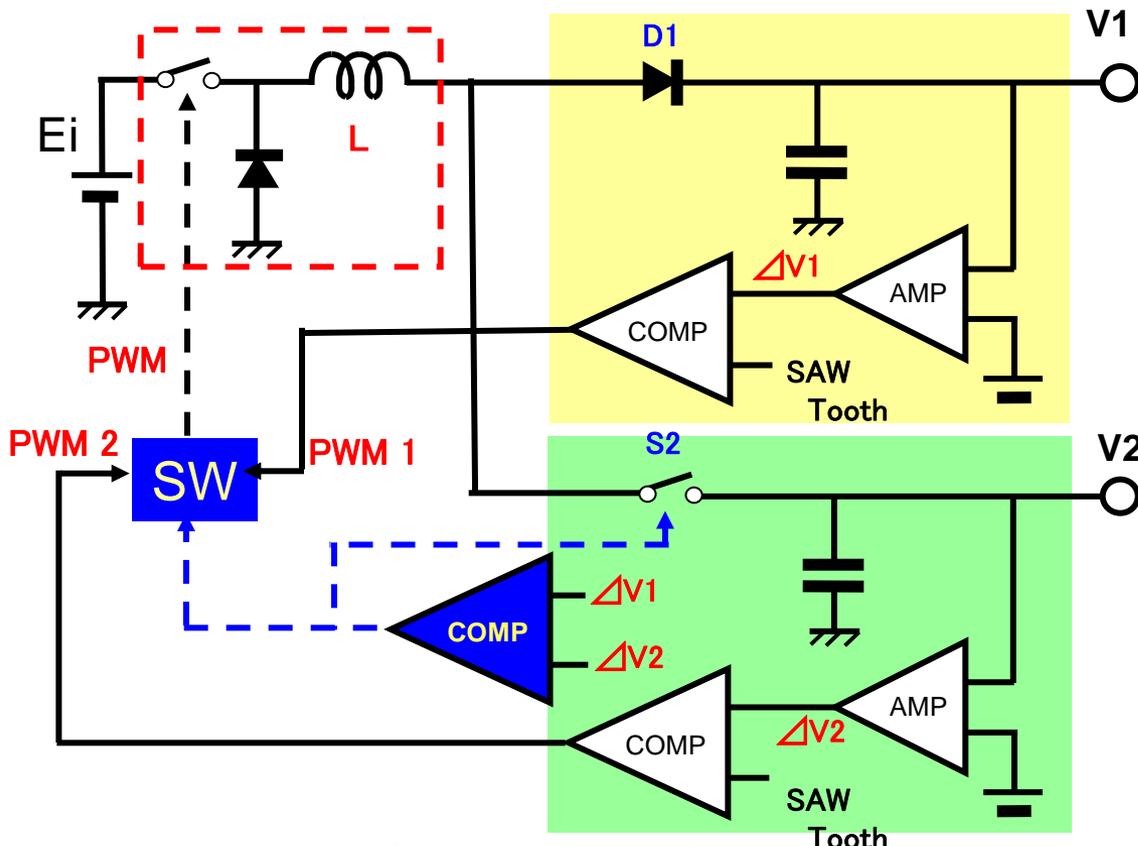


図5 動作概念図

2. 降圧形SIDO電源

2-3 シミュレーション結果

* 入力電圧: $V_i=9.0\text{V}$

* 出力電圧: $V_1=6.0\text{V}$, $V_2=4.0\text{V}$

* 負荷電流: $I_1 = 1.0 / 2.0 \text{ A}$ 、 $I_2 = 0.2 / 1.2 / 2.2 \text{ A}$

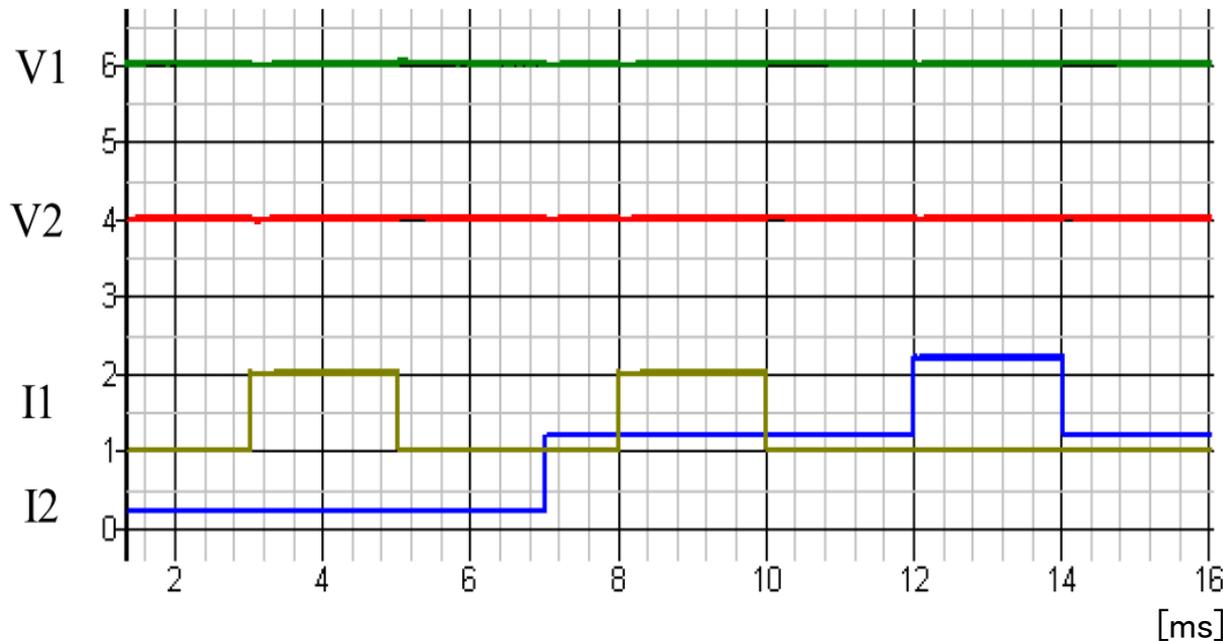


図6 シミュレーション結果(全体)

表1 パラメータ

E_i	9.0 V
L	0.5 μ H
C	470 μ F
V_1	6.0 V
V_2	4.0 V
F_{ck}	500 kHz

2. 降圧形SIDO電源

- 定常出力リップル 1 (電流比 : 10倍、C=同じ)
 $\Delta V1 = 11\text{mVpp}$ ($< 0.5\%$)、 $\Delta V2 = 19\text{mVpp}$ ($< 0.5\%$)

- 出力リップル波形

- V2波形: V1制御期間
電流供給無 \Rightarrow 一定傾斜
- V1波形: 指数波形
デューティの変化
- 制御比率 = 23:1
(本来は 10:1)



- 電源2の特性改善必要

基本的に $\Delta V1 \doteq \Delta V2$

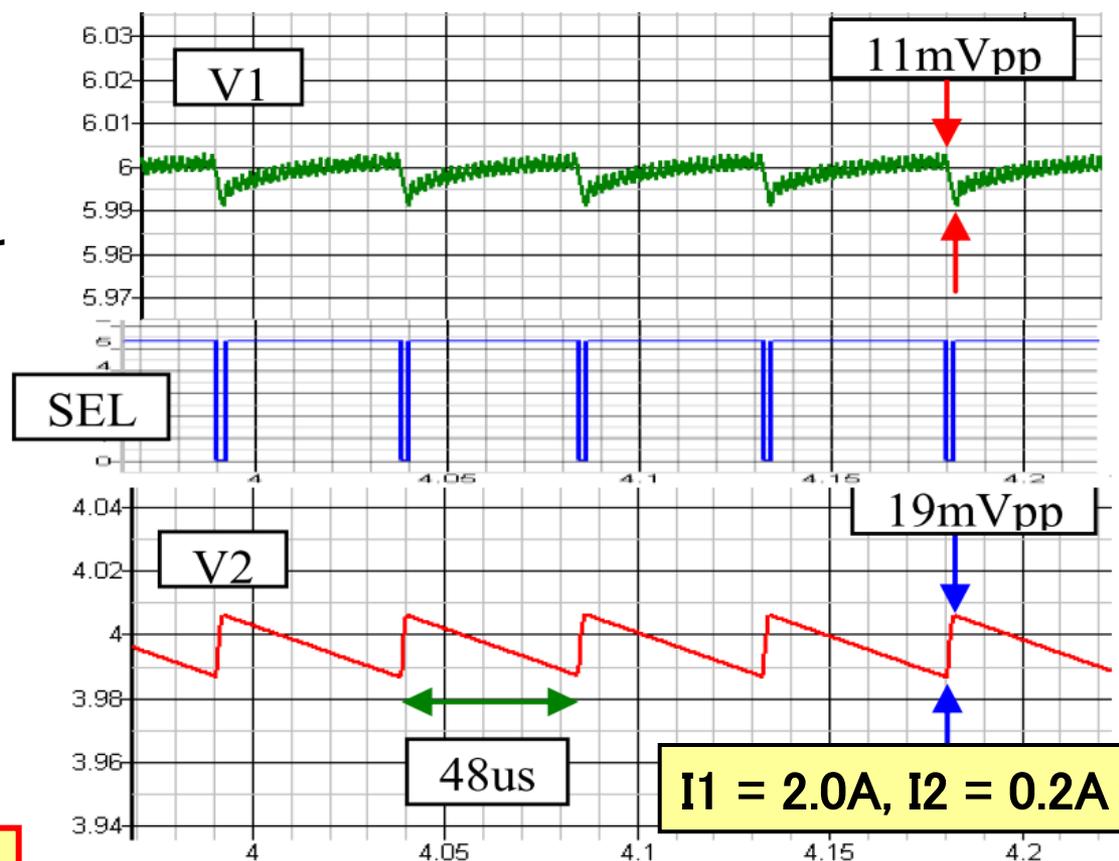


図7 出力電圧リップル(ケース1)

2. 降圧形SIDO電源

- 定常出力リップル2 (電流比 : 2.0倍、C=同じ)
 $\Delta V1 = 12\text{mVpp}$ ($< 0.5\%$)、 $\Delta V2 = 20\text{mVpp}$ ($< 0.5\%$)

- 出力リップル波形

- 制御比率 (SEL信号)
ほぼ 1;1 (本来 1:2)
⇒ 徐々に V1 ダウン

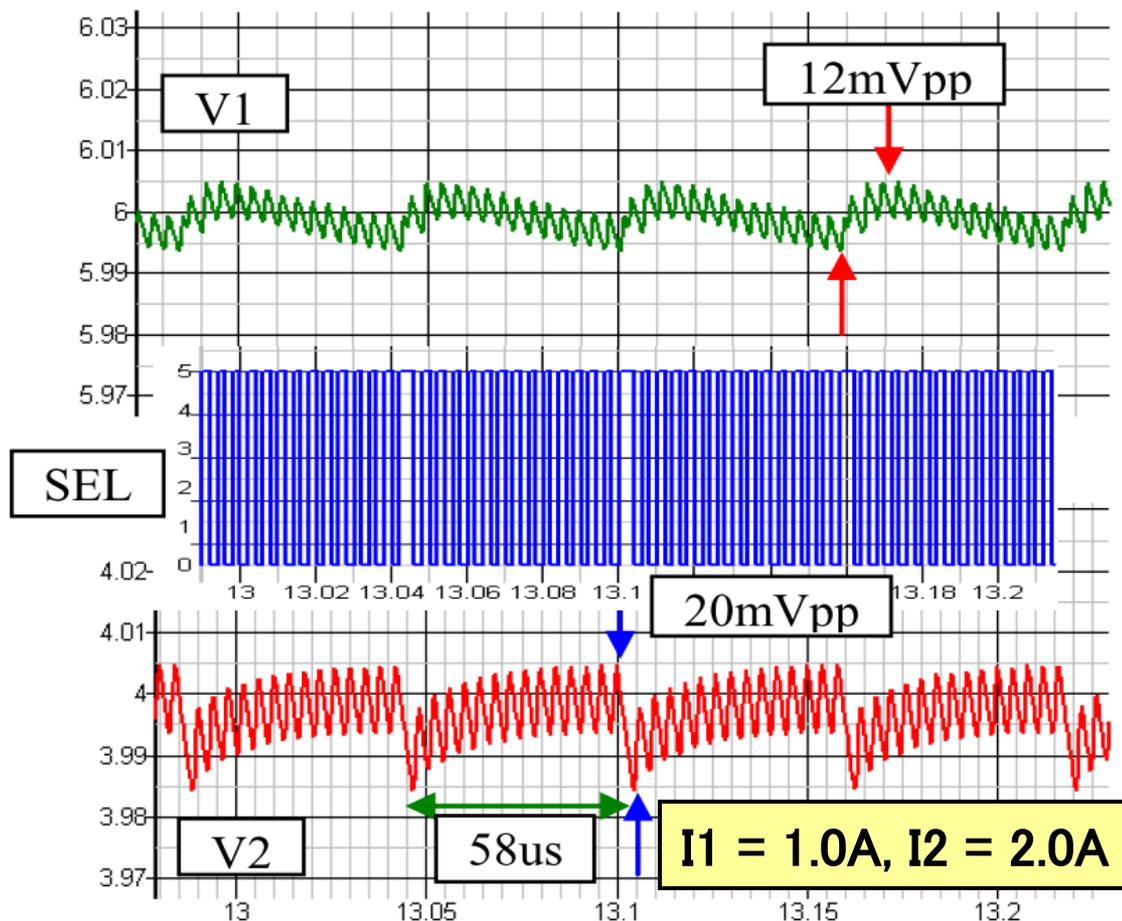
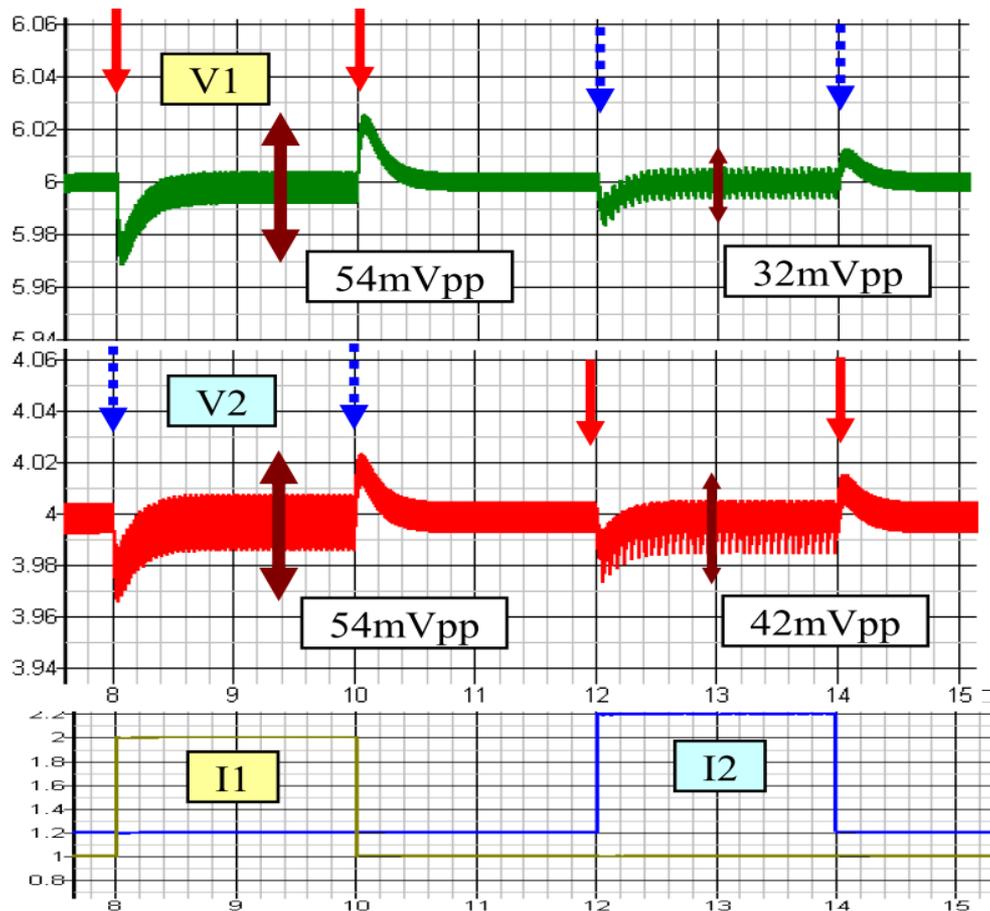


図8 出力電圧リップル(ケース2)

2. 降圧形SIDO電源

- 過度応答特性 ($\Delta I1 = \Delta I2 = 1.0A$)
 $\Delta V1 = \Delta V2 = \pm 27mV$



- ★ 赤矢印
セルフ・レギュレーション
- ★ 青矢印
クロス・レギュレーション
- 通常: $\Delta V_{self} > \Delta V_{cross}$

図9 過度応答特性(出力電圧リップル)

アウトライン

1. はじめに
2. 降圧形 SIDO 電源
 - 2-1 従来構成
 - 2-2 提案SIDO電源
 - 2-3 シミュレーション結果
- 3. 昇圧形 SIDO 電源**
 - 3-1 提案SIDO電源
 - 3-2 シミュレーション結果
4. まとめ

3. 昇圧形SIDO電源

3-1 提案SIDO電源の構成: 構成部品= 従来構成+COMP, SW

●構成条件

- ・出力電圧
 $V1 > V2$
- ・ $L = \text{一定}$

●制御方式

- * 誤差電圧の比較



- * 制御対象のSW
- * PWMのSW

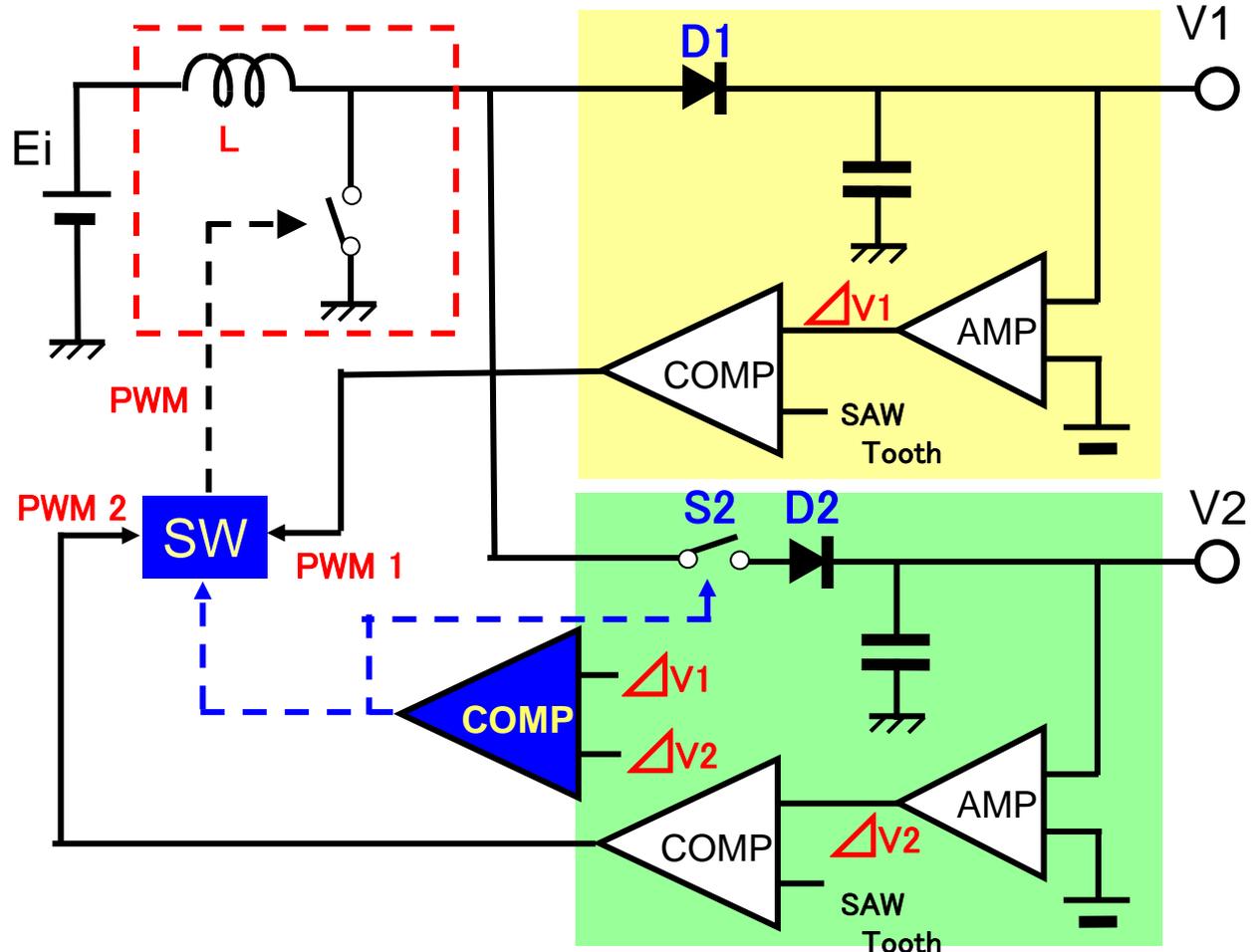


図10 提案昇圧形SIDO電源構成

3. 昇圧形SIDO電源

●電源1制御時

- ・ SW 2 = OFF, D1 = ON
- ・ PWM1 により、通常の昇圧形制御

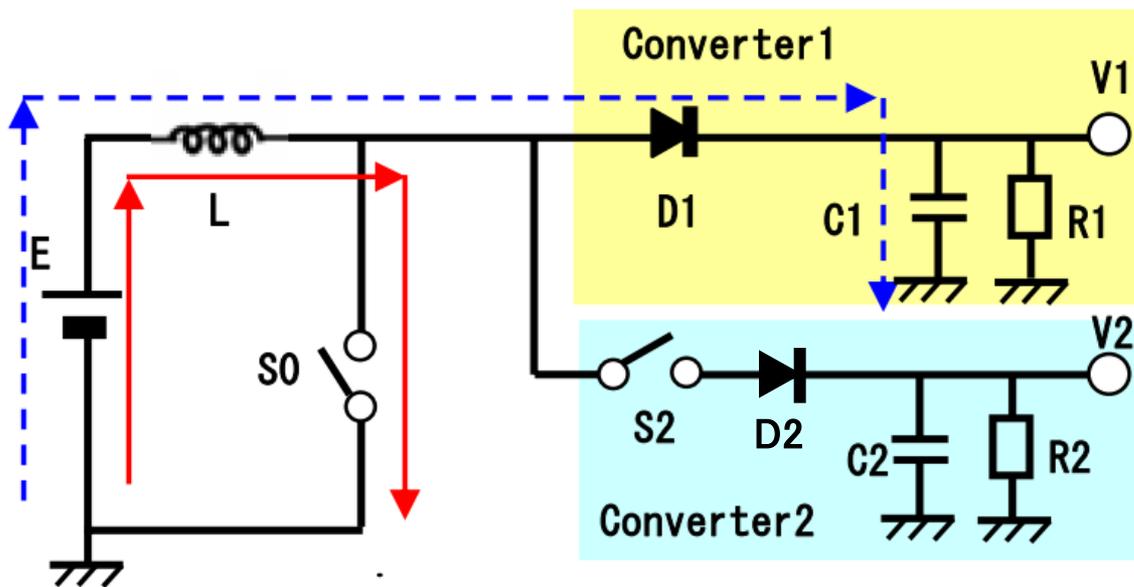


図11(a) 降圧形SIDO電源の動作1

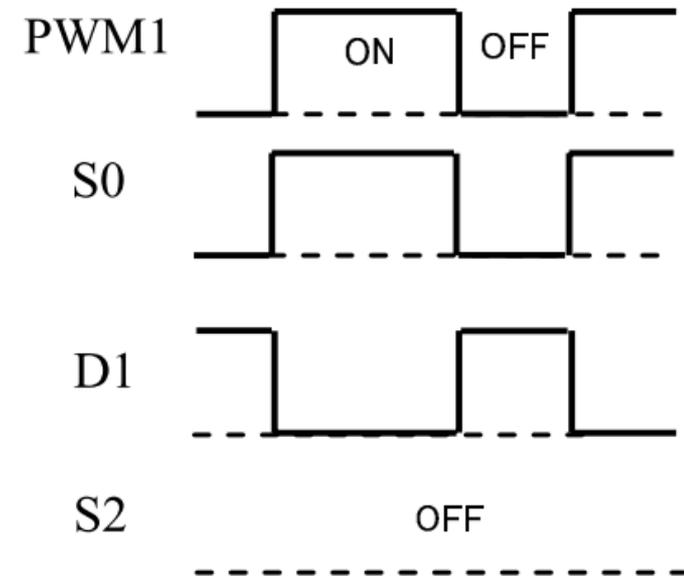


図11(b) 動作波形図1

3. 昇圧形SIDO電源

●電源2制御時

- ・ SW 2 = ON, D1 = OFF
- ・ PWM1 により、通常の昇圧形制御

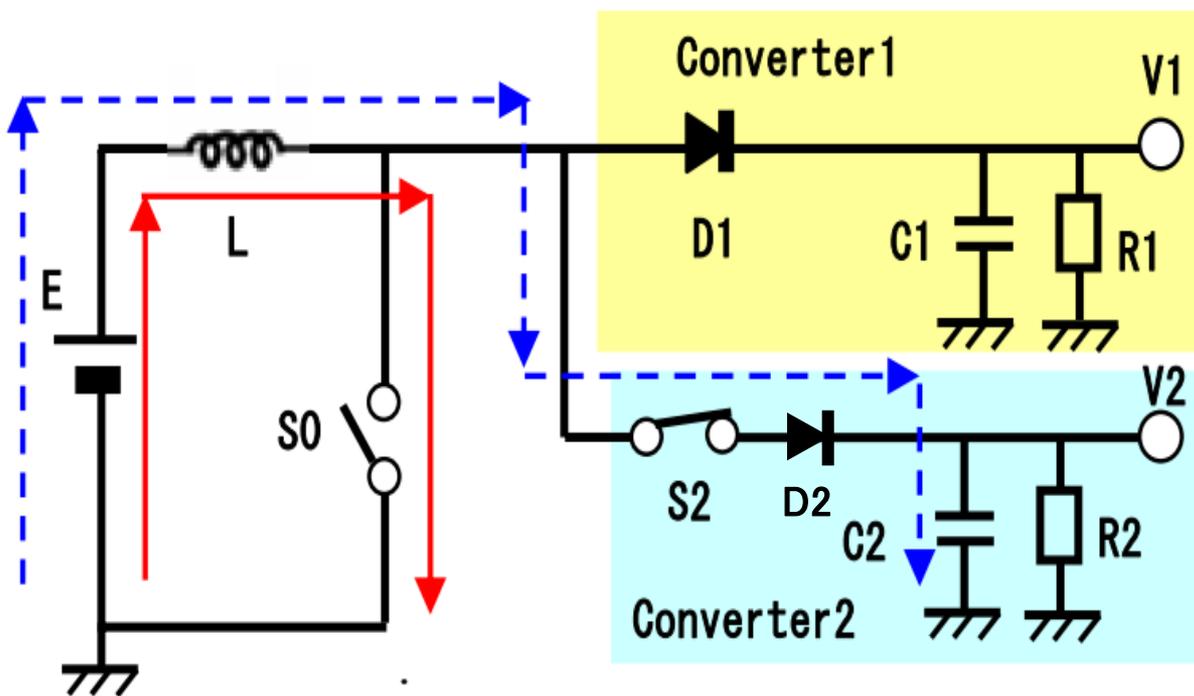


図12(a) 降圧形SIDO電源の動作1

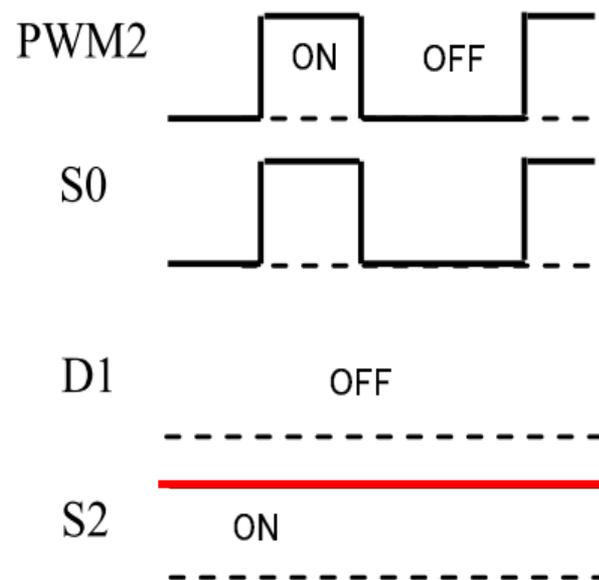


図12(b) 動作波形図1

3. 昇圧形SIDO電源

3-2 シミュレーション結果

- * 入力電圧: $V_i=3.0V$
- * 出力電圧: $V_1=6.0V, V_2=4.0V$
- * 負荷電流: $I_1 = I_2 = 0.2 / 1.2 / 2.2 A$

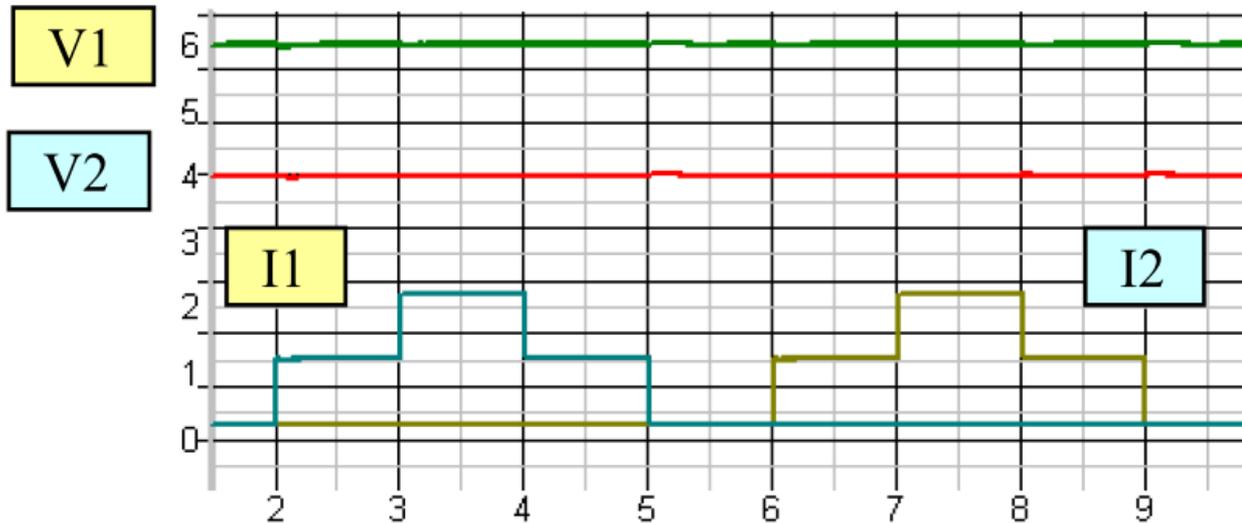


表2 パラメータ

E_i	3.0 V
L	0.5 μH
C	470 μF
V_1	6.0 V
V_2	4.0 V
F_{ck}	500 kHz

図13 シミュレーション結果(全体)

3. 昇圧形SIDO電源

- 出力電圧リップル1 (電流比 : 11倍、C=同じ)
 $\Delta V1=25\text{mVpp}$ ($<0.5\%$)、 $\Delta V2=20\text{mVpp}$ ($<0.5\%$)

- 出力リップル波形

- ・ 周期的だが、やや乱れ



- ・ 電源1の特性改善必要

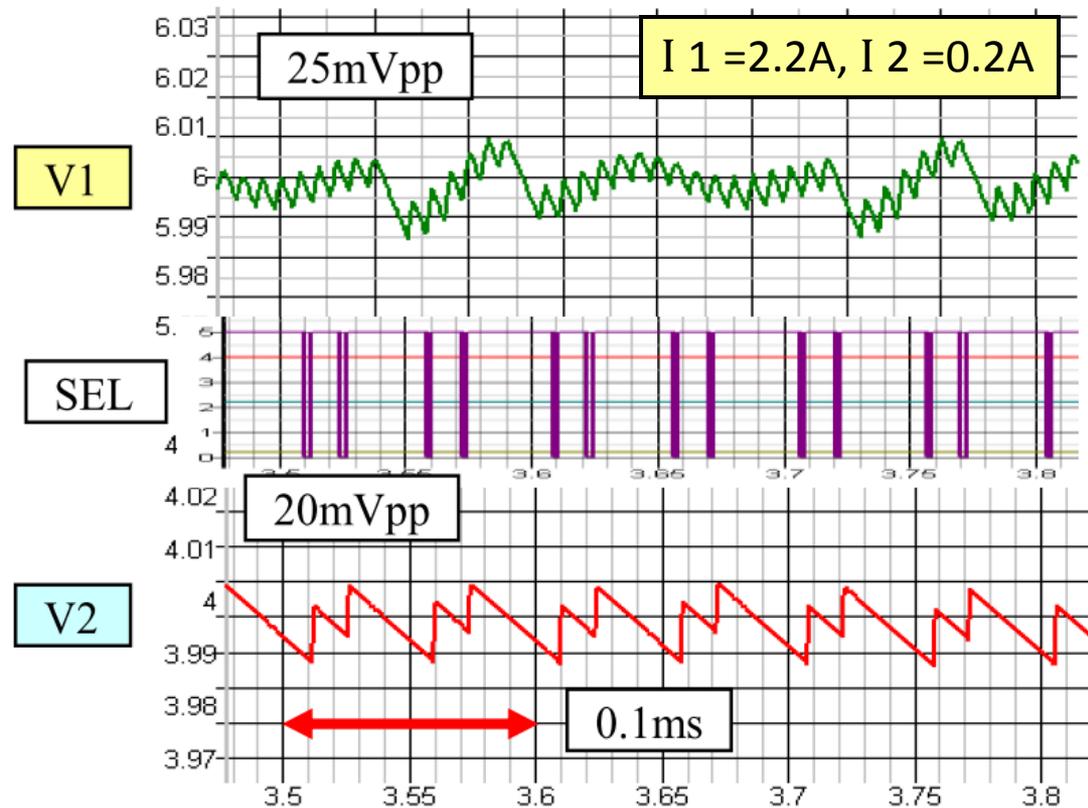


図14 シミュレーション結果(ケース1)

3. 昇圧形SIDO電源

- 出力電圧リップル2 (電流比 : 1/11倍、C=同じ)
 $\Delta V1=10\text{mVpp}$ 、 $\Delta V2=20\text{mVpp}$ ($<0.5\%$)

- 出力リップル波形
 - ・ 周期的なSEL信号
 - ・ 周期的なリップル

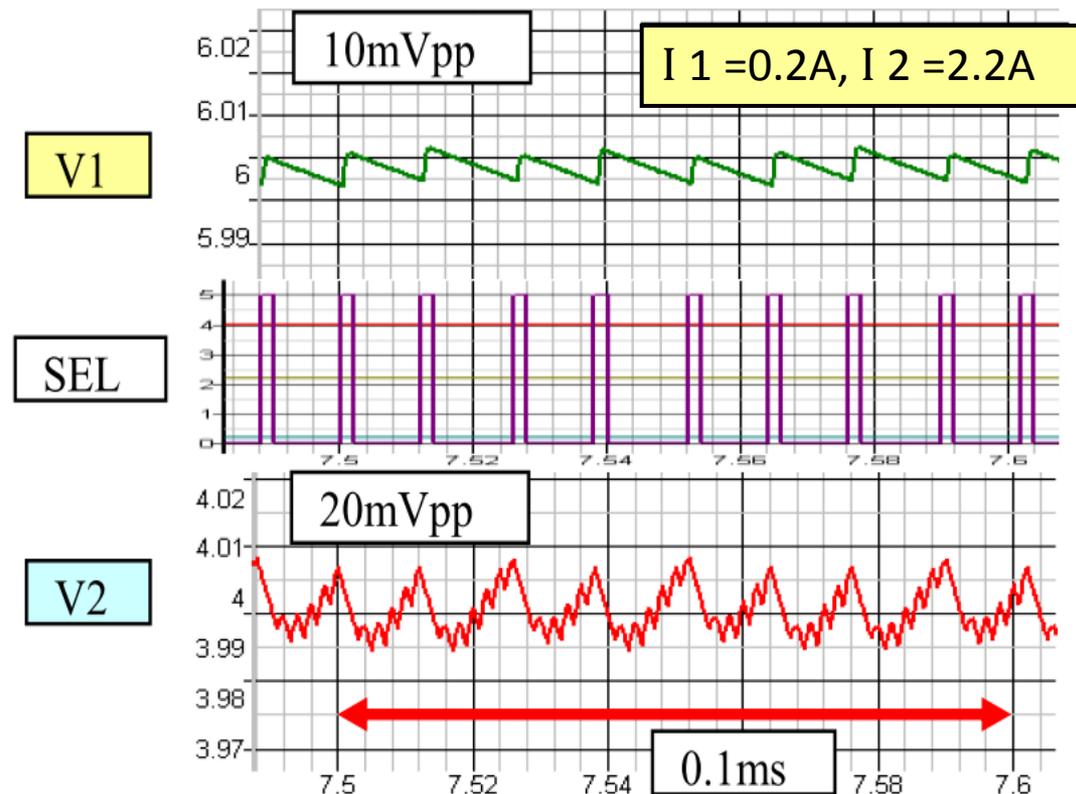
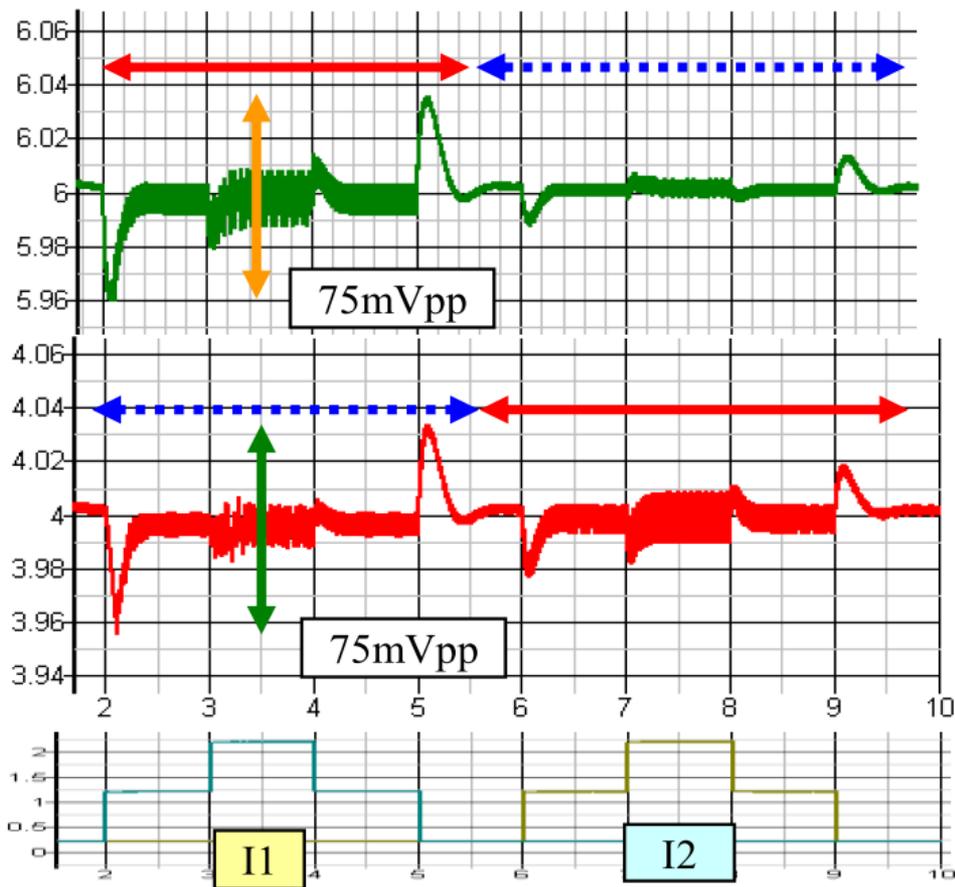


図15 シミュレーション結果(ケース2)

3. 昇圧形SIDO電源

- 過度応答特性 ($\Delta I1 = \Delta I2 = 1.0A$)
 $\Delta V1 = \Delta V2 = \pm 38mV$



★ 昇圧形電源
性能出しが難しい



電源の調整不十分

- ★ 赤矢印
セルフ・レギュレーション
- ★ 青矢印
クロス・レギュレーション

● 通常: $\Delta V_{self} > \Delta V_{cross}$

図16 過度応答特性(出力電圧リップル)

アウトライン

1. はじめに
2. 降圧形 SIDO 電源
 - 2-1 従来構成
 - 2-2 提案SIDO電源
 - 2-3 シミュレーション結果
3. 昇圧形 SIDO 電源
 - 3-1 提案SIDO電源
 - 3-2 シミュレーション結果
4. まとめ

4. まとめ

1. 誤差電圧逐次比較による**擬似 $\Delta\Sigma$ 変調方式**を提案
2. **降圧形SIDO電源**のシミュレーション結果
 - 定常リップル：負荷電流比10倍 ($I_1=2A$ 、 $I_2=0.2A$)
 $\Delta V_1=11mV_{pp}$ ($<0.5\%$)、 $\Delta V_2=19mV_{pp}$ ($<0.5\%$)
 - 過度応答特性： $\Delta I_1=\Delta I_2=1.0A$
 $\Delta V_{self} > \Delta V_{cross} = \pm 27mV$
3. **昇圧形SIDO電源**のシミュレーション結果
 - 定常リップル：負荷電流比10倍 ($I_1=2A$ 、 $I_2=0.2A$)
 $\Delta V_1=25mV_{pp}$ ($<0.5\%$)、 $\Delta V_2=20mV_{pp}$ ($<0.5\%$)
 - 過度応答特性： $\Delta I_1=\Delta I_2=1.0A$
 $\Delta V_{self} > \Delta V_{cross} = \pm 38mV$