

# 単一インダクタ2出力昇圧型 DC-DCスイッチング電源回路の検討

朱秋霖,小堀康功,岡田考志,呉澍,李慕容,趙峰,権力(群馬大学),  
小田口貴広,山口哲二,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,小林春夫(群馬大学)

2013年2月28日

# outline

- 研究背景と目的
- ピーク電流制御昇圧型の  
SIDO電源への適用の検討
- シミュレーションによる検証
- まとめ

SIDO: single inductor dual output

# outline

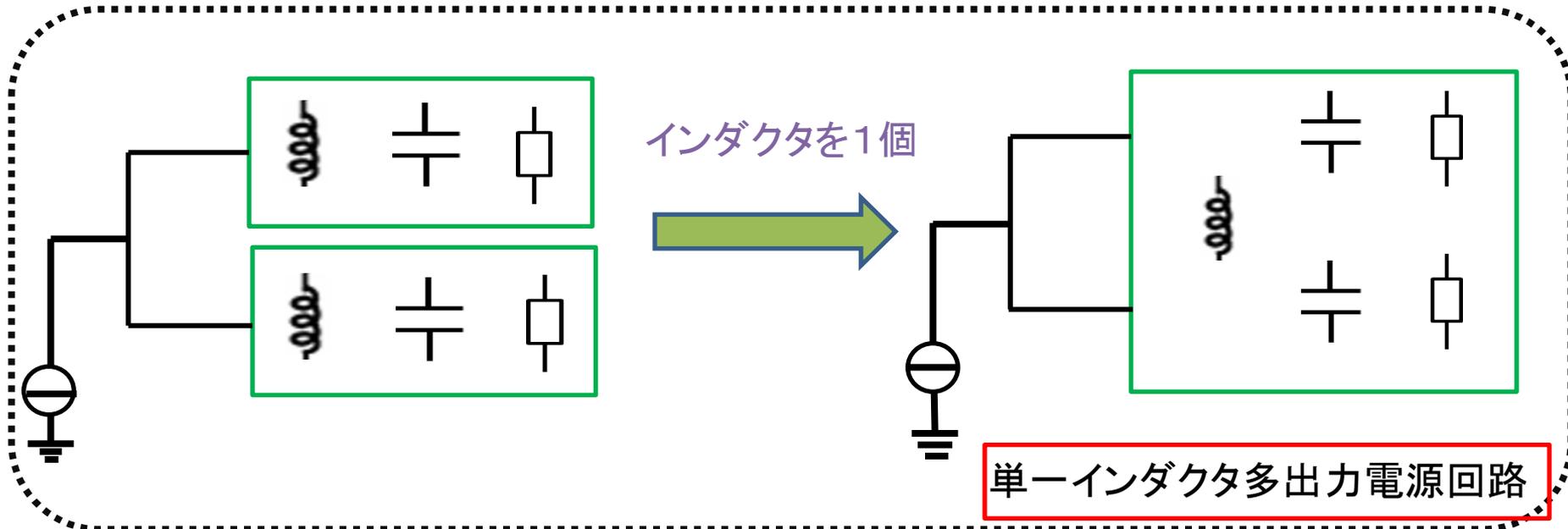
- 研究背景と目的
- ピーク電流制御昇圧型の  
SIDO電源への適用の検討
- シミュレーションによる検証
- まとめ

SIDO: single inductor dual output

# 研究背景

## 電源回路の要求

- 小型軽量化、低コスト化への要求
- 性能向上、省電力化への要求
- インダクタのチップ面積の削減への要求



# 研究目的

- SIDO回路の高性能化
- ピーク電流制御の  
昇圧型SIDO電源への適用
  - 出力電圧は負荷電流の変化に依存しない
  - クロスレギュレーションが良い
  - 過渡応答が高速

SIDO: single inductor dual output

# ピーク電流制御の特徴

## ● メリット

- 複雑な位相補償設計が不要
- 良好な過渡応答特性
- 回路が簡単

## ● デメリット

- インダクタ電流を取るため  
等価直列抵抗(ESR)が大きい  
インダクタが必要
- フリーホイールスイッチの損失が大

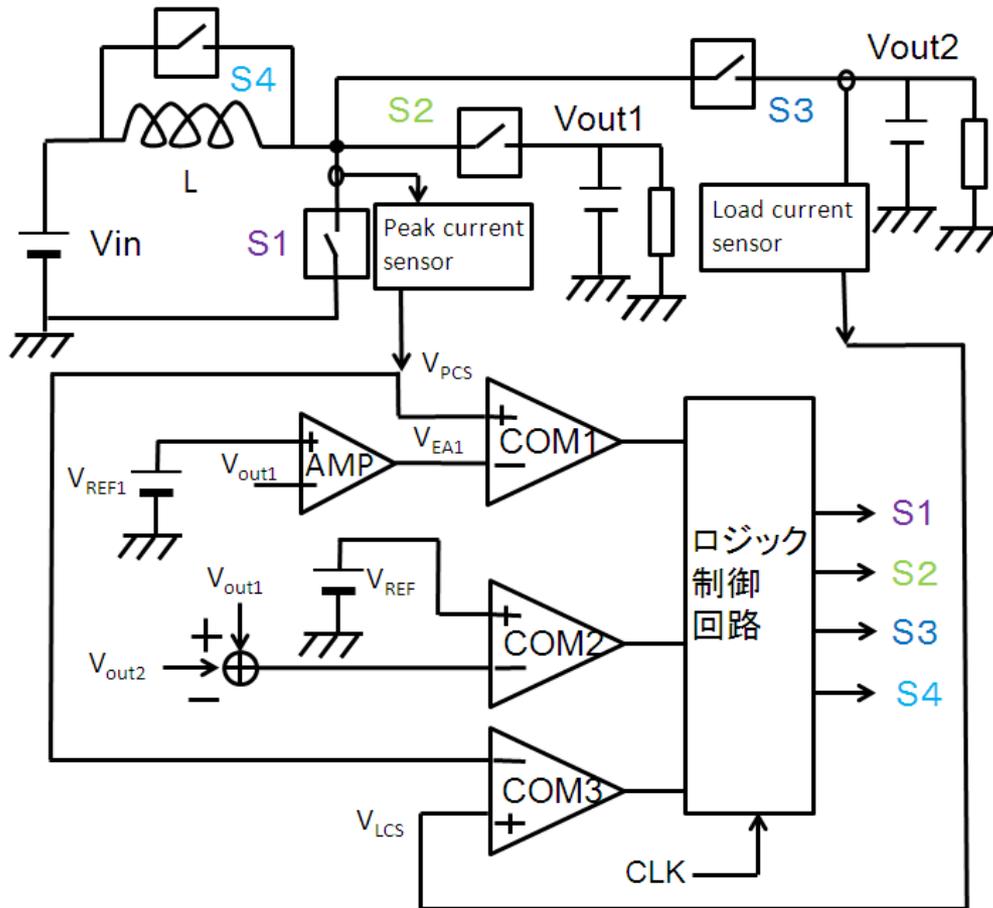
# outline

- 研究背景と目的
- ピーク電流制御昇圧型の  
SIDO電源への適用の検討
- シミュレーションによる検証
- まとめ

SIDO: single inductor dual output

# ピーク電流制御のSIDO電源

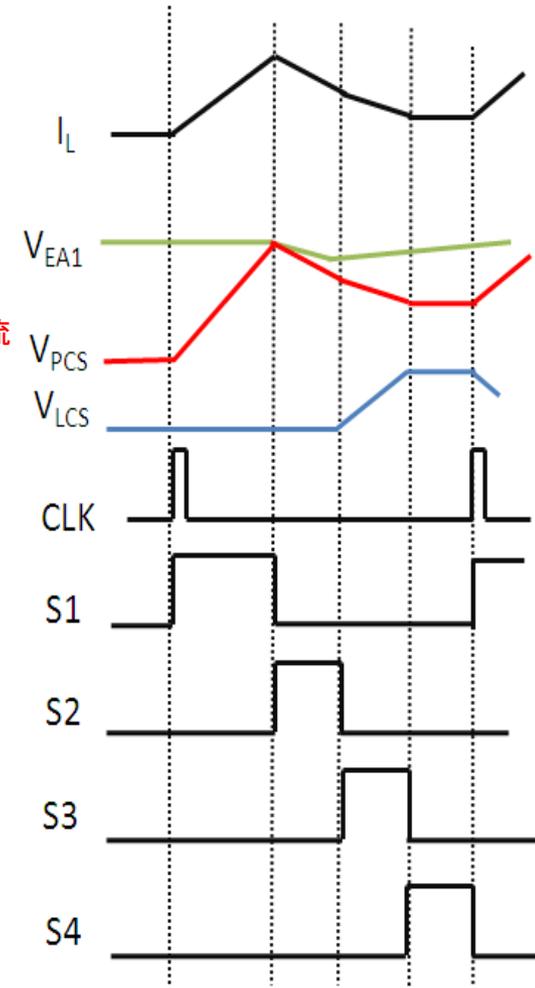
## ● 基本構造(昇圧形+昇圧形)



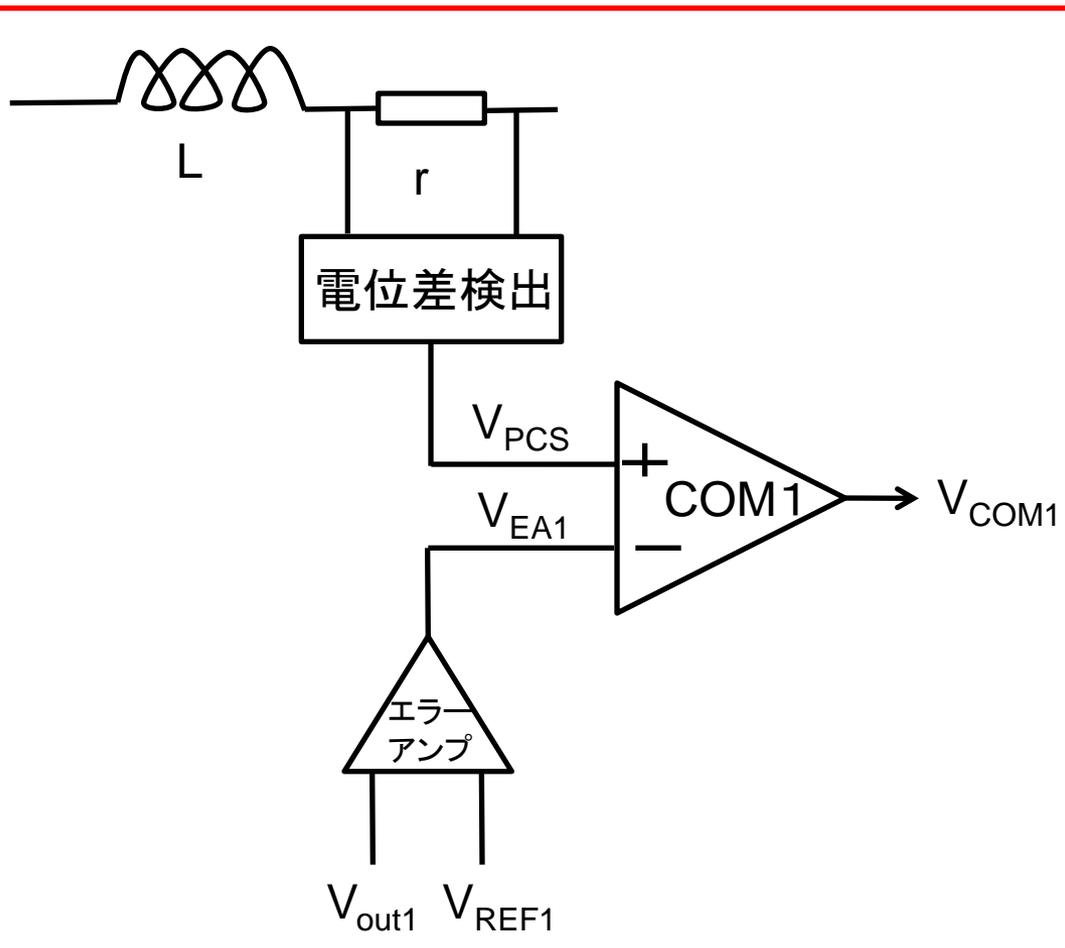
(出力1の  
誤差電圧)

(インダクタ電流  
センサー電圧)

(負荷電流  
センサー電圧)



# インダクタピーク電流センサー



インダクタ電流を検出する

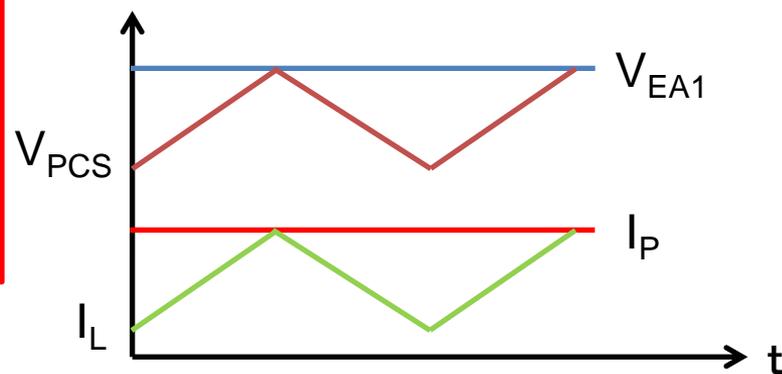
$$V_{PCS} = I_L \times r$$



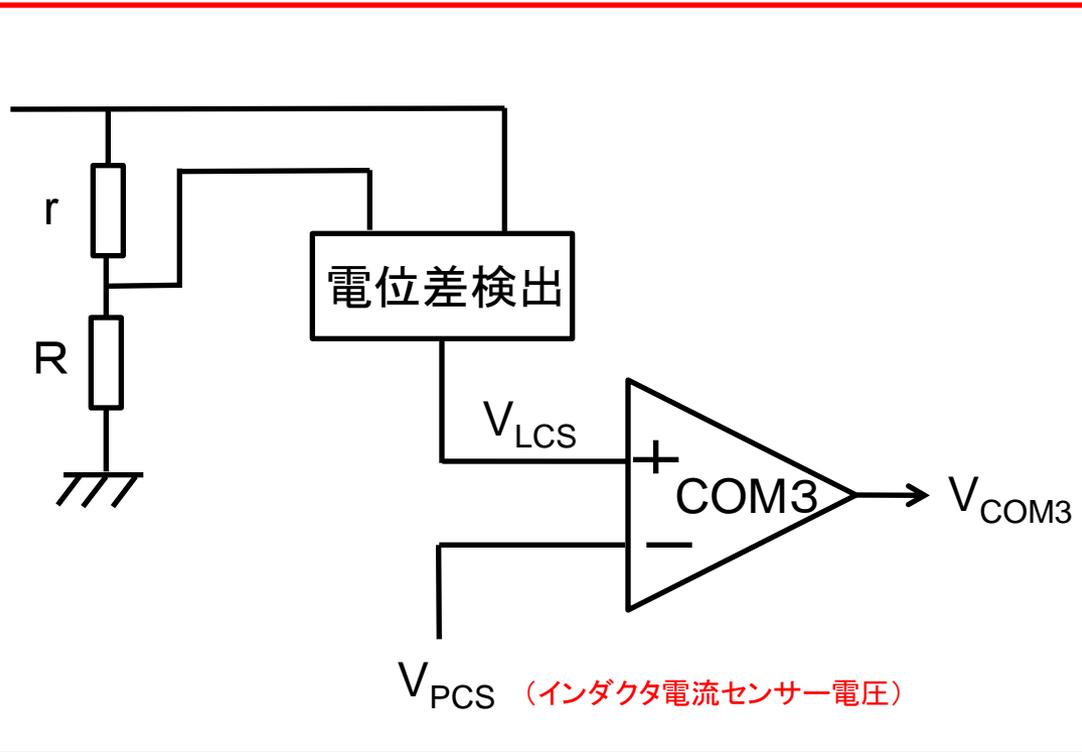
誤差電圧  $V_{EA1}$  と  $V_{PCS}$  を比較



$V_{COM1}$  が high となり、  
インダクタ電流を制限



# 負荷電流センサー



負荷電流を検出する

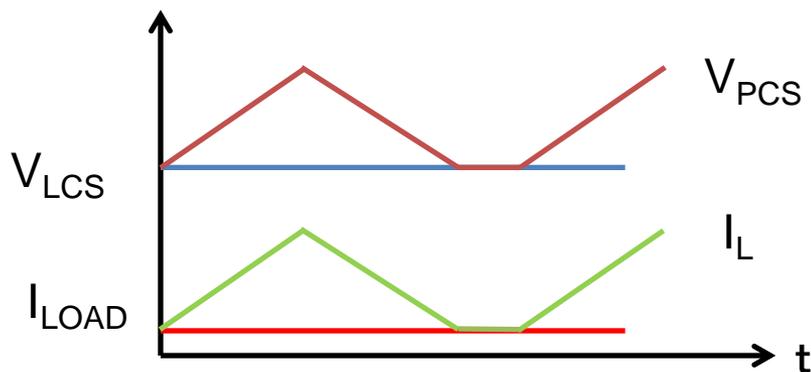
$$V_{LCS} = I_{LOAD} \times r$$

電圧  $V_{LCS}$  と  $V_{PCS}$  を比較

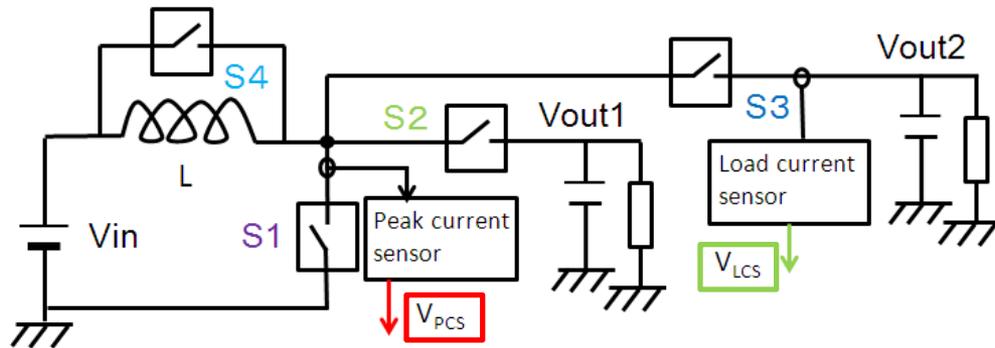
$V_{COM3}$  が high となり、  
フリーホイールを制御

インダクタのボトム電流を保持

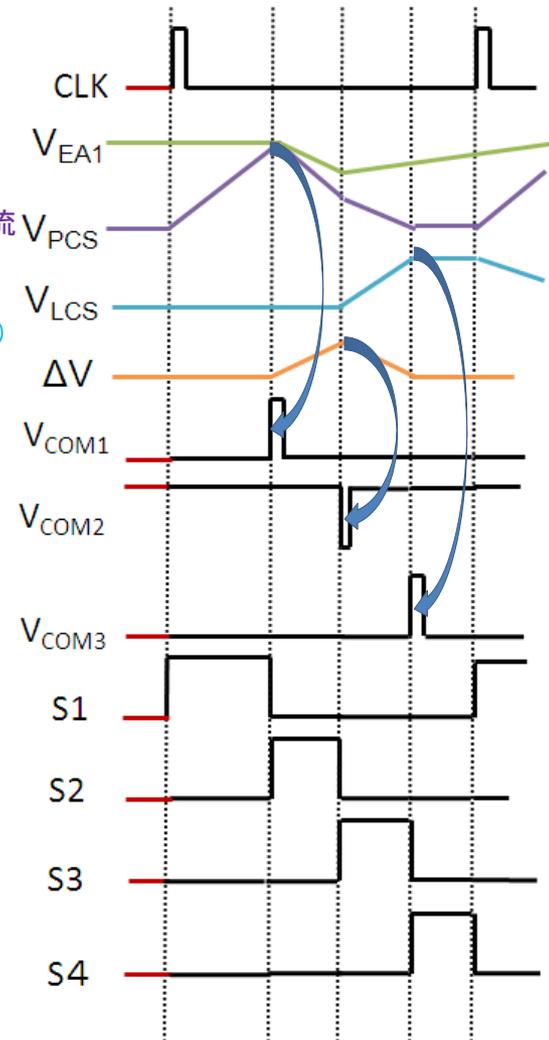
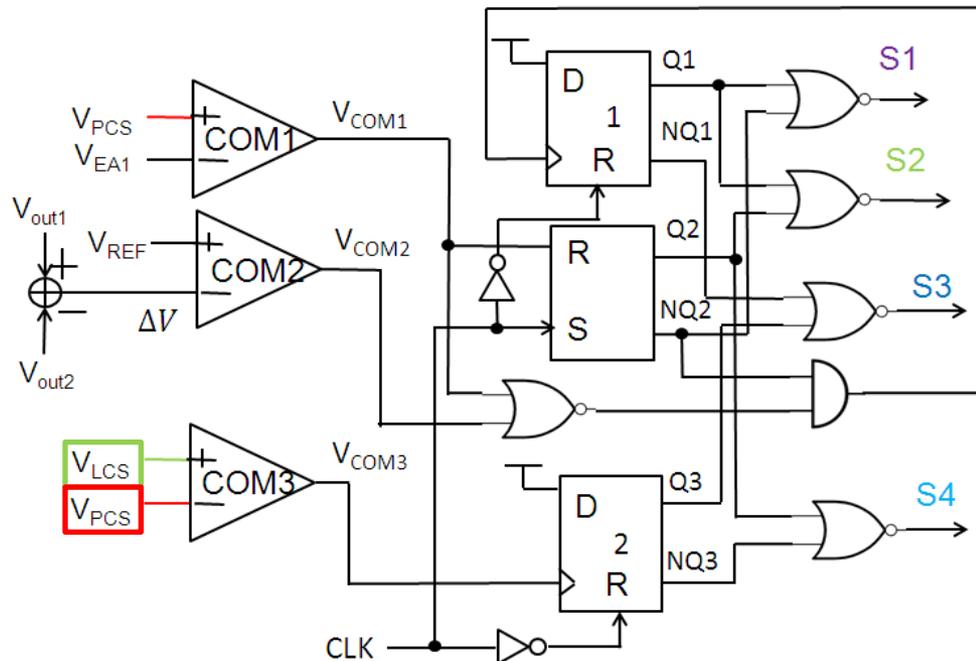
出力電圧が安定



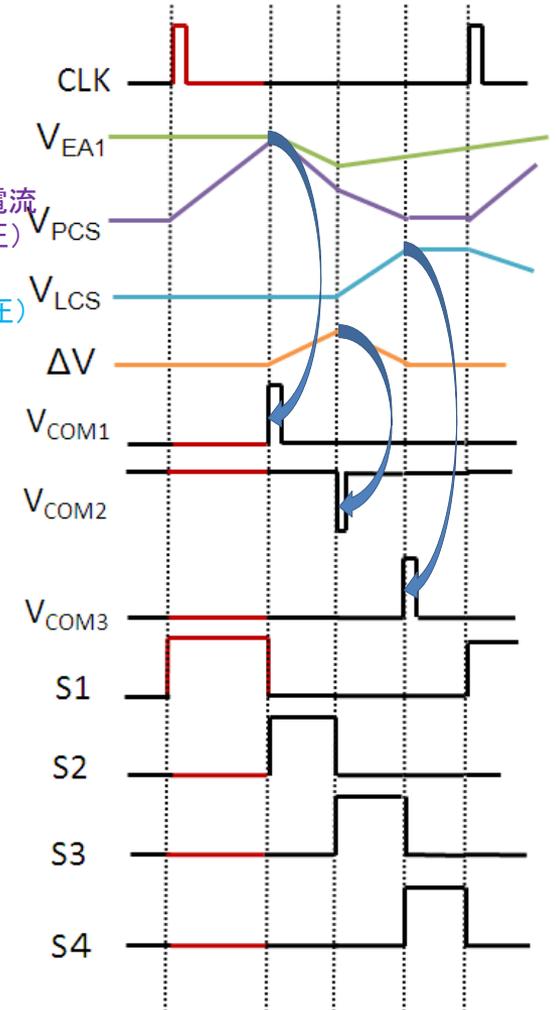
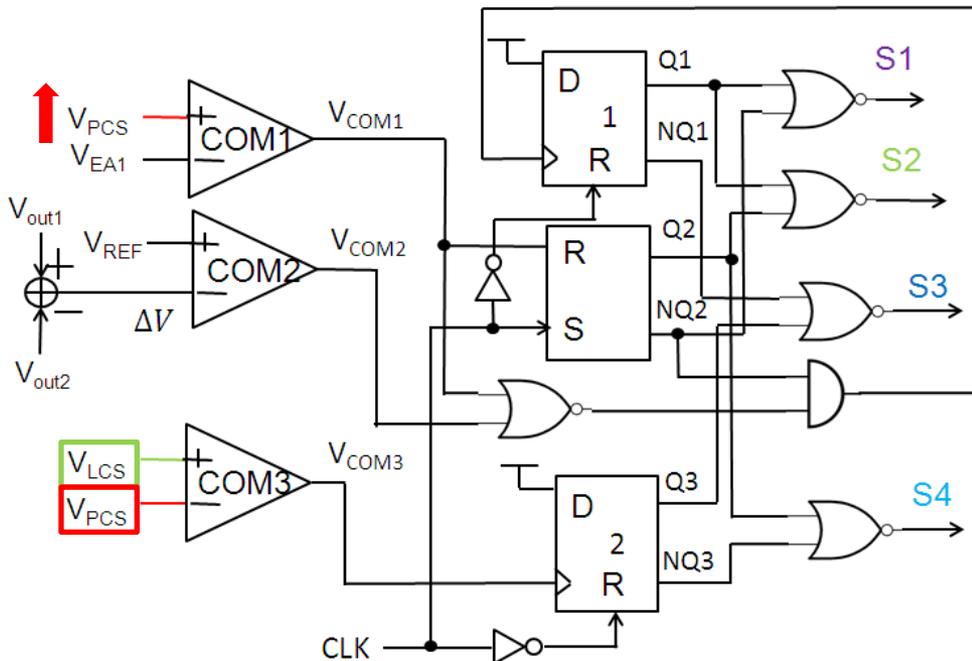
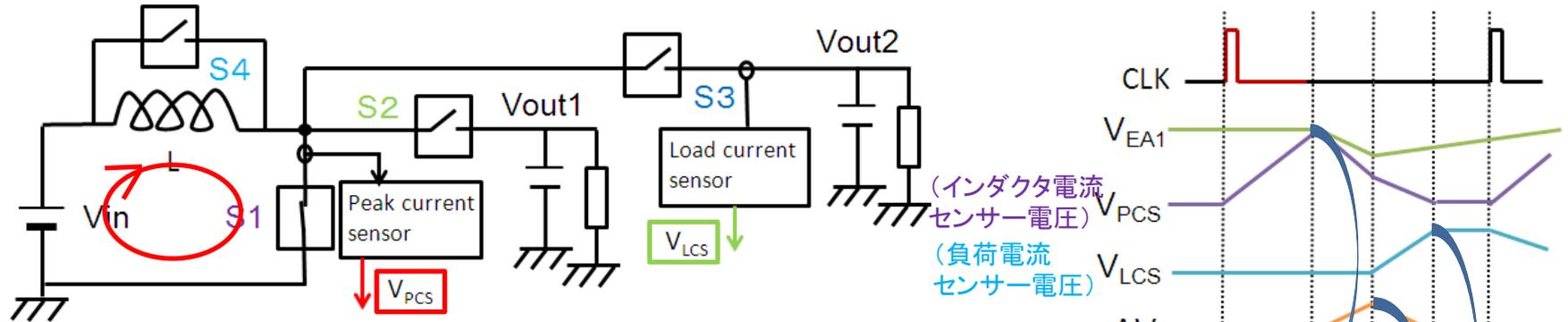
# SIDO提案回路の動作原理



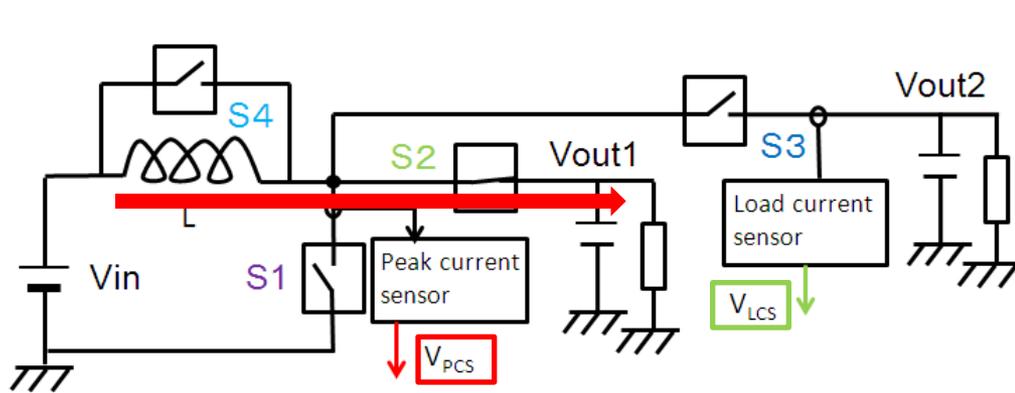
(インダクタ電流  
センサー電圧)  
 $V_{PCS}$   
(負荷電流  
センサー電圧)  
 $V_{LCS}$



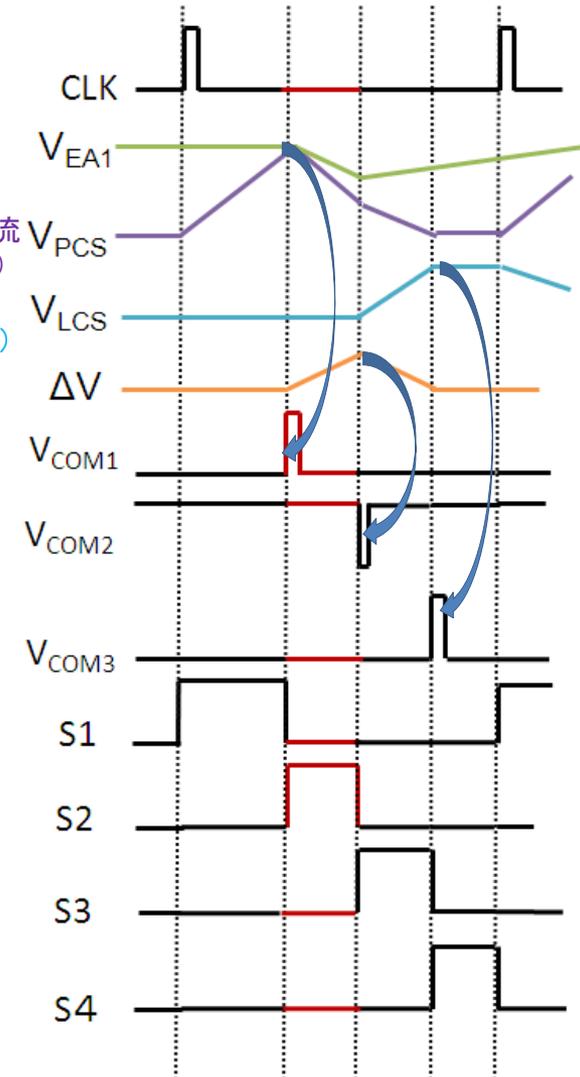
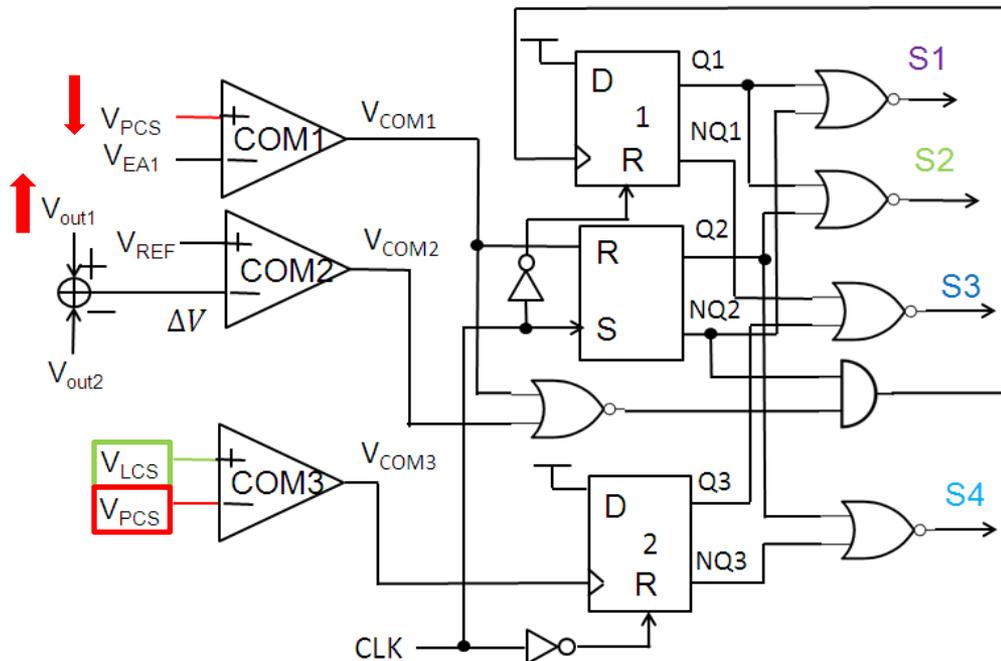
# SIDO提案回路の動作原理



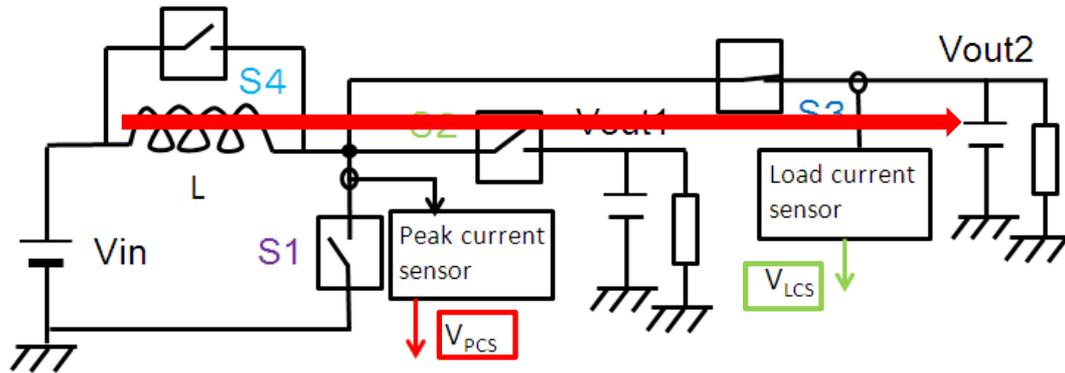
# SIDO提案回路の動作原理



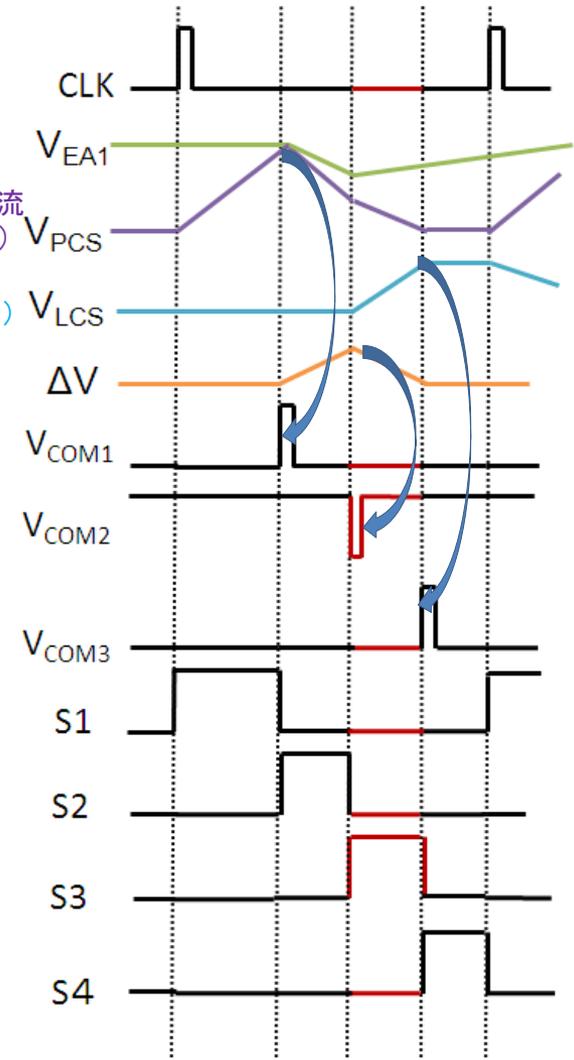
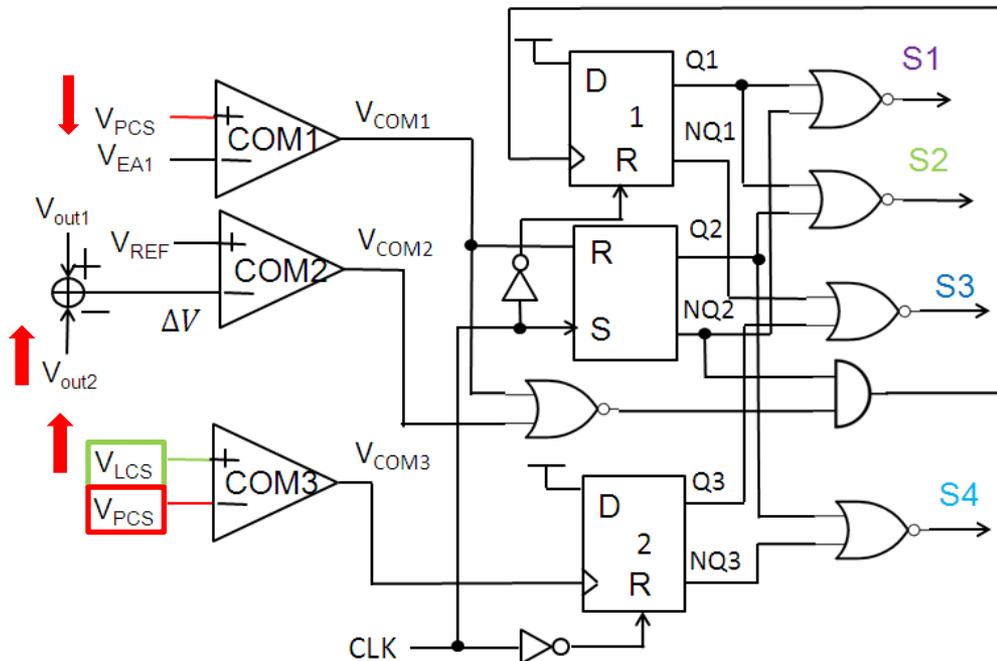
(インダクタ電流  
センサー電圧)  
 $V_{PCS}$   
(負荷電流  
センサー電圧)  
 $V_{LCS}$



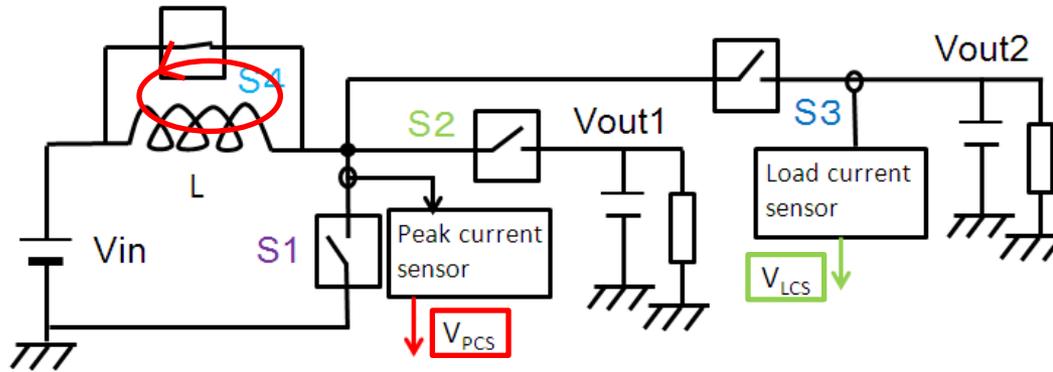
# SIDO提案回路の動作原理



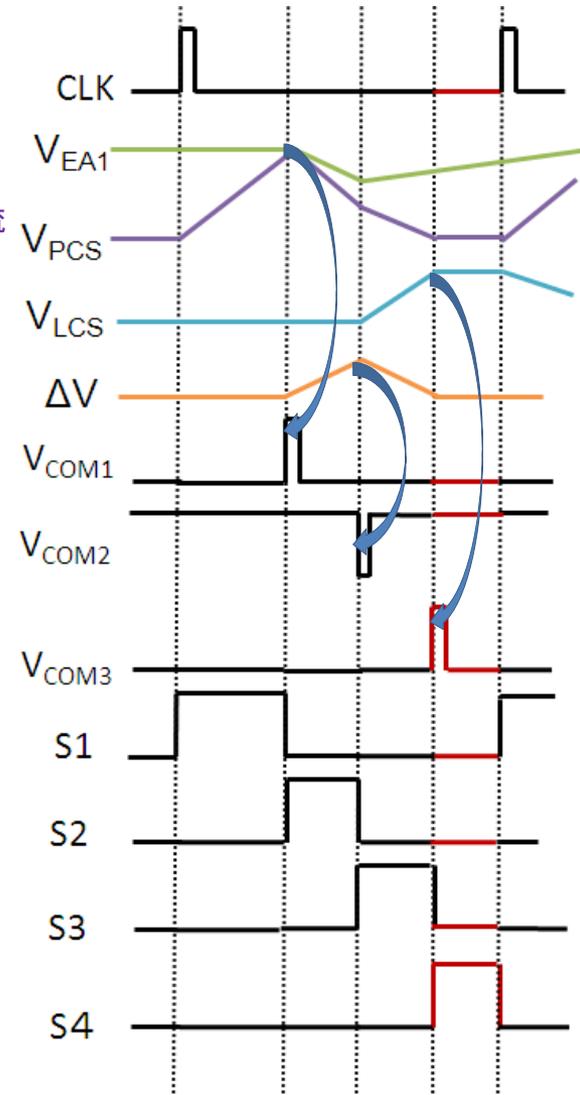
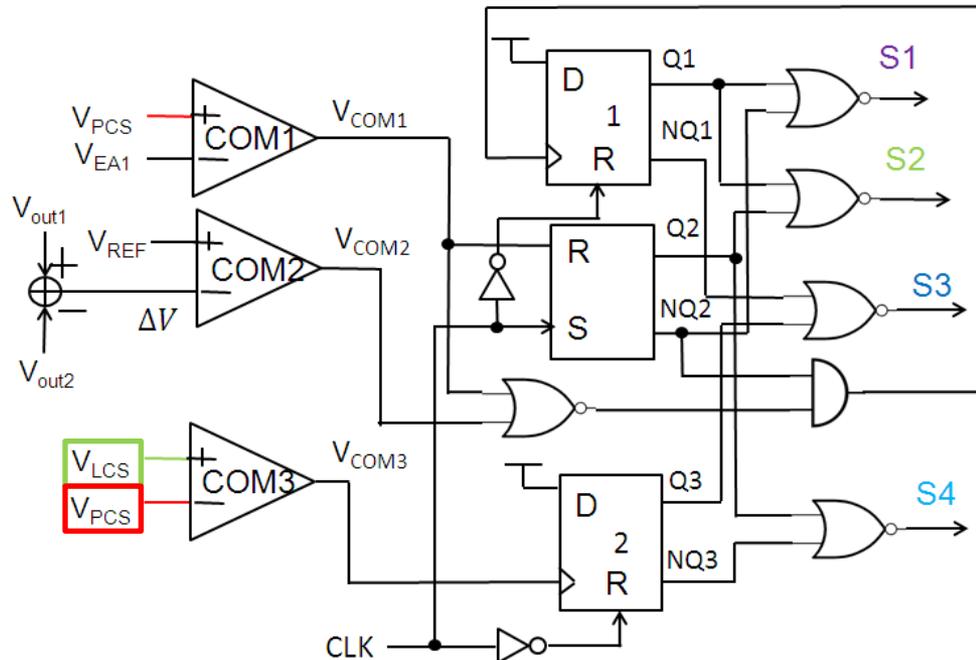
(インダクタ電流  
センサー電圧)  $V_{PCS}$   
(負荷電流  
センサー電圧)  $V_{LCS}$



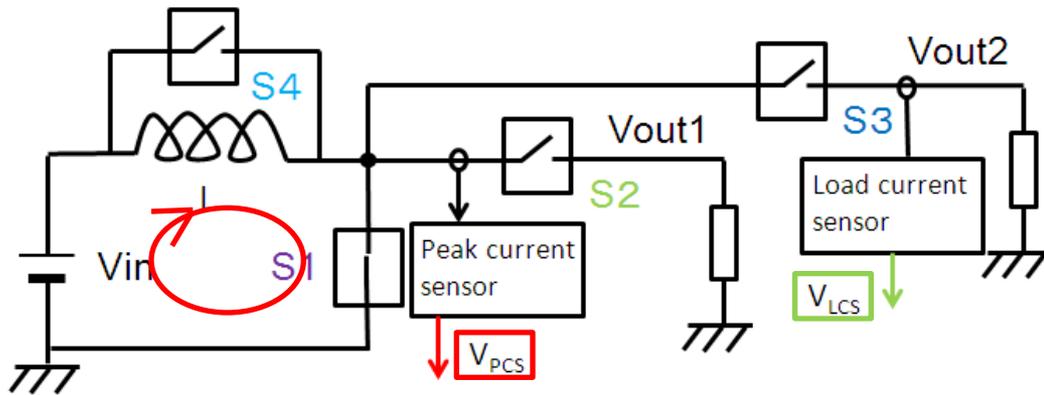
# SIDO提案回路の動作原理



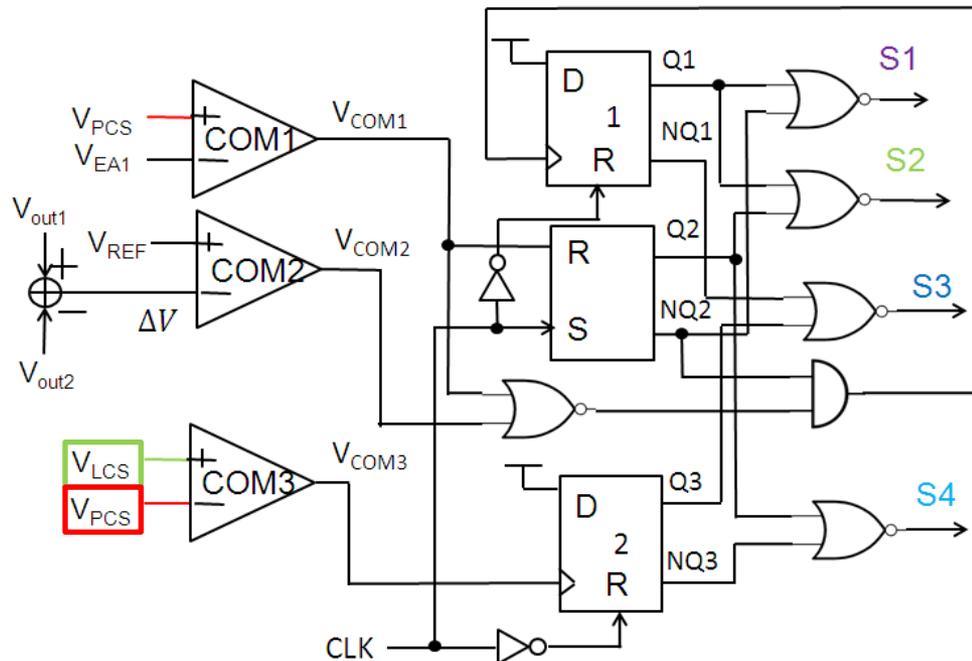
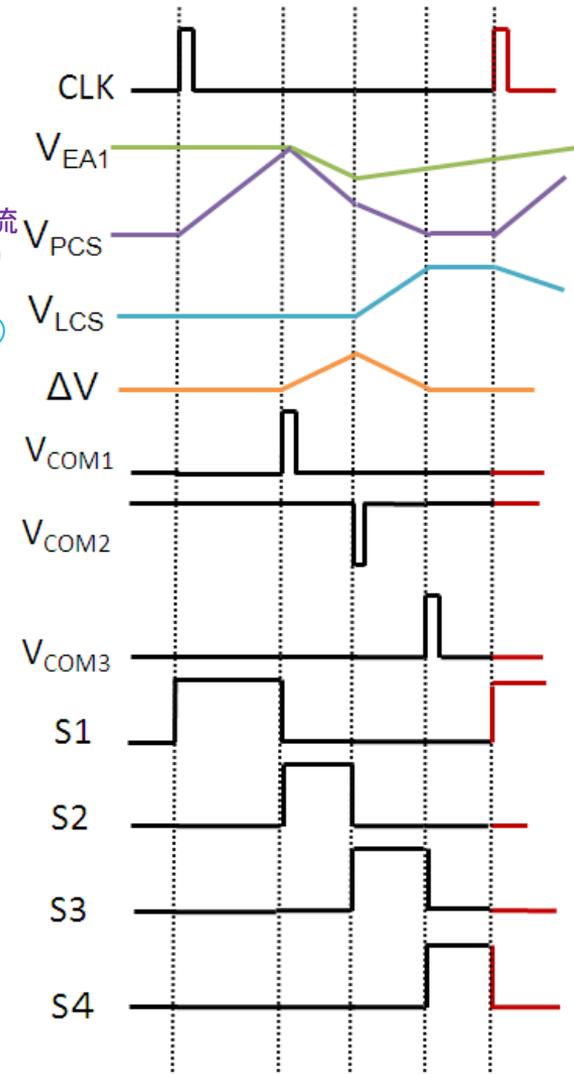
(インダクタ電流  
センサー電圧)  
(負荷電流  
センサー電圧)



# SIDO提案回路の動作原理



(インダクタ電流  
センサー電圧)  
 $V_{PCS}$   
(負荷電流  
センサー電圧)  
 $V_{LCS}$

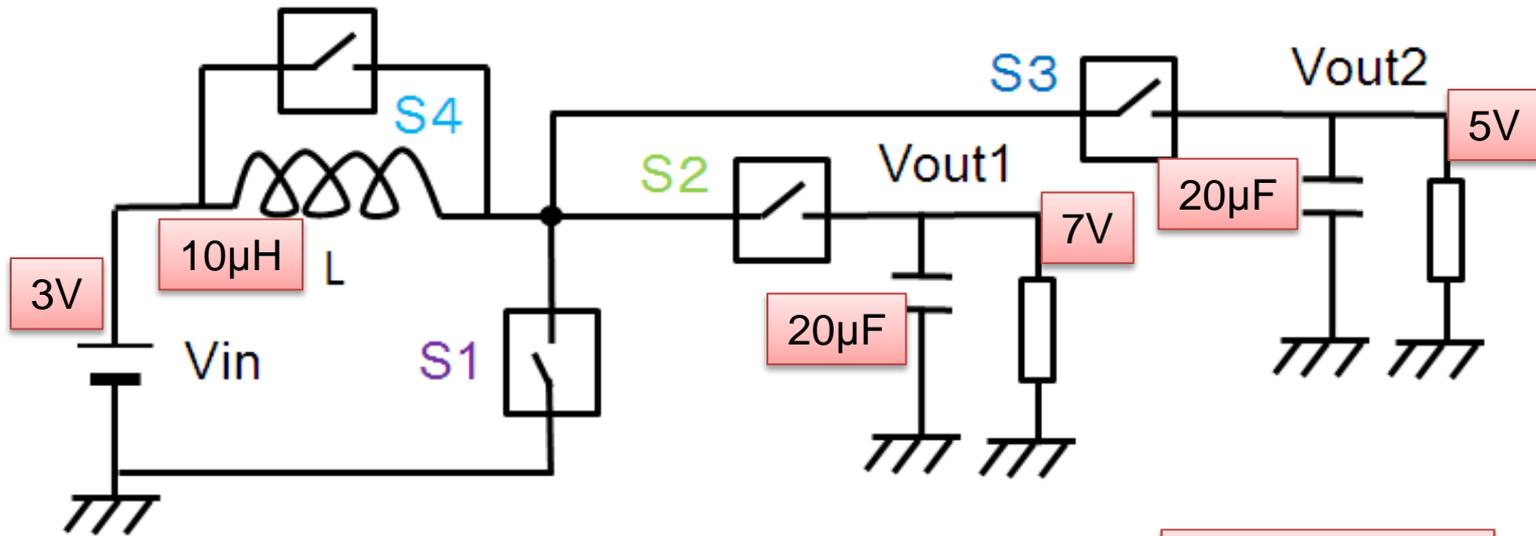


# outline

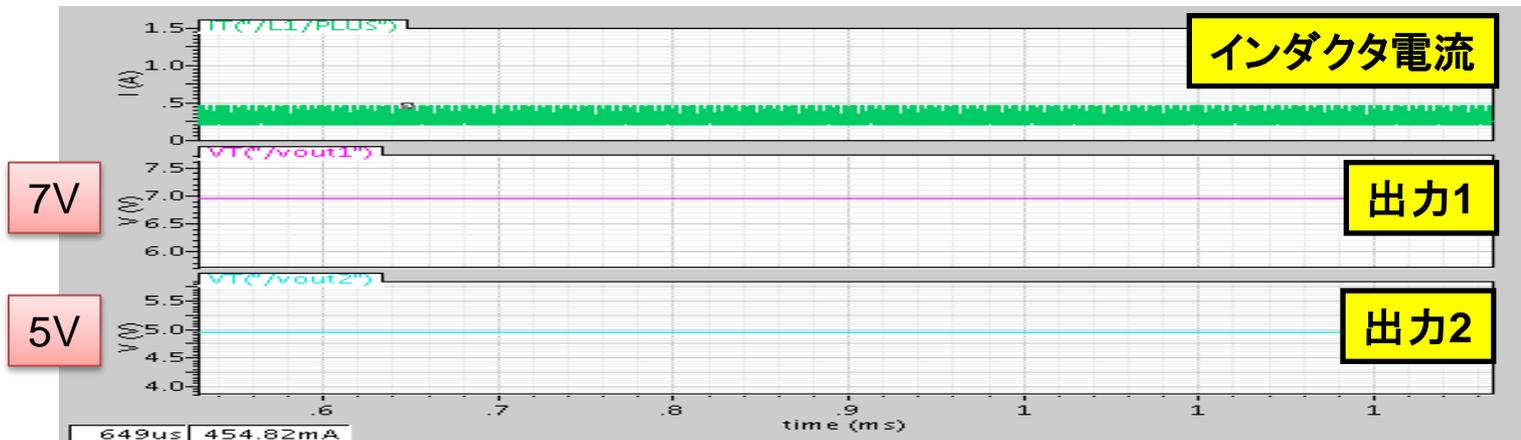
- 研究背景と目的
- ピーク電流制御昇圧型の  
SIDO電源への適用の検討
- シミュレーションによる検証
- まとめ

SIDO: single inductor dual output

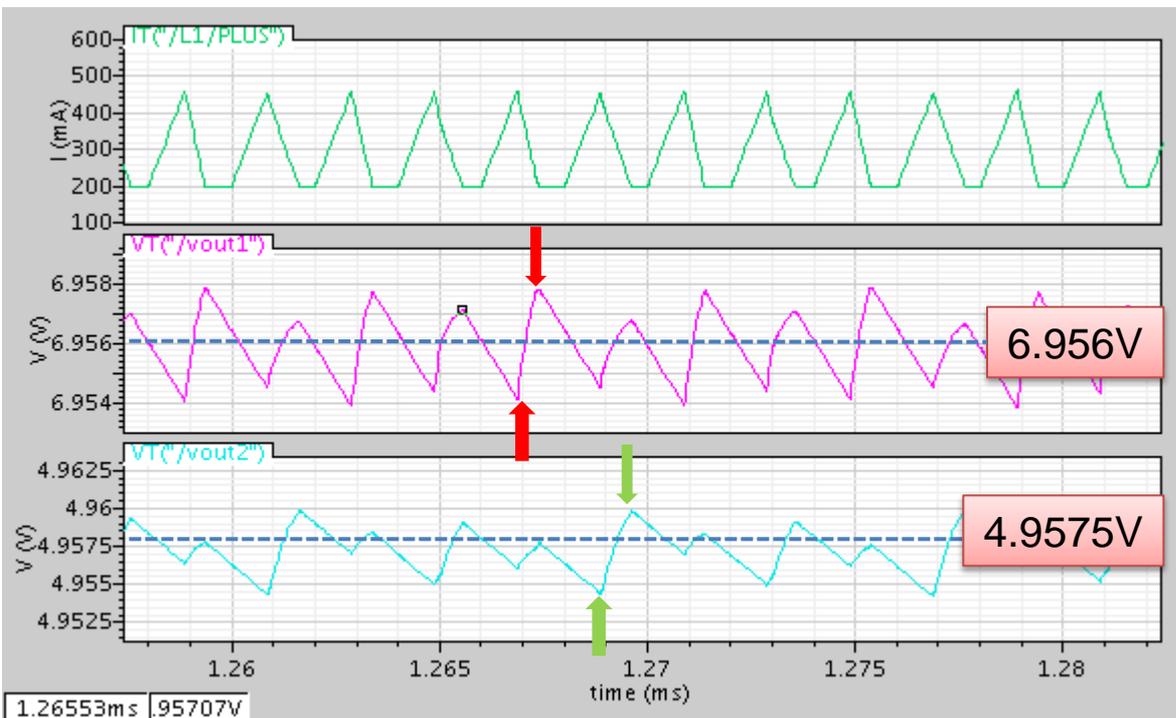
# シミュレーションの条件



$$f_{sw} = 500kHz$$



# 定常状態でシミュレーション



$$I_{out1} = 50\text{mA}$$

$$I_{out2} = 50\text{mA}$$

$$I_{peak} = 460\text{mA}$$

$$\Delta V1 = 4\text{mV}_{pp}$$

$$\Delta V2 = 6\text{mV}_{pp}$$

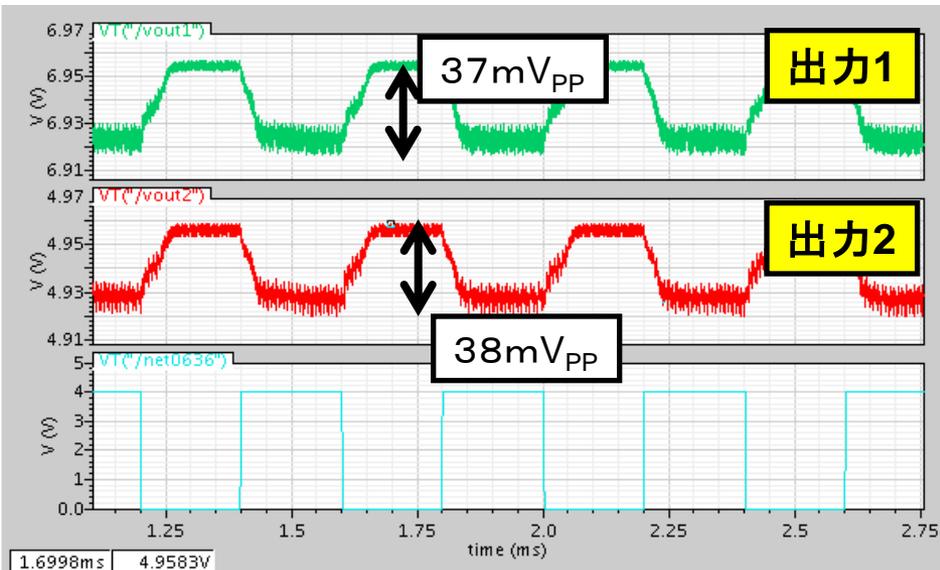
$$\Delta V1, \Delta V2 < 0.5\%V_o$$

# 負荷応答特性

出力1の負荷電流  
50mA → 100mA

緑線はセルフ・レギュレーション  
 $V_{SR} = 38mV$

赤線はクロス・レギュレーション  
 $V_{CR} = 37mV$



出力1の負荷応答特性がよい

出力2への  
クロス・レギュレーションもよい

# outline

- 研究背景と目的
- ピーク電流制御昇圧型の  
SIDO電源への適用の検討
- シミュレーションによる検証
- **まとめ**

SIDO: single inductor dual output

# 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

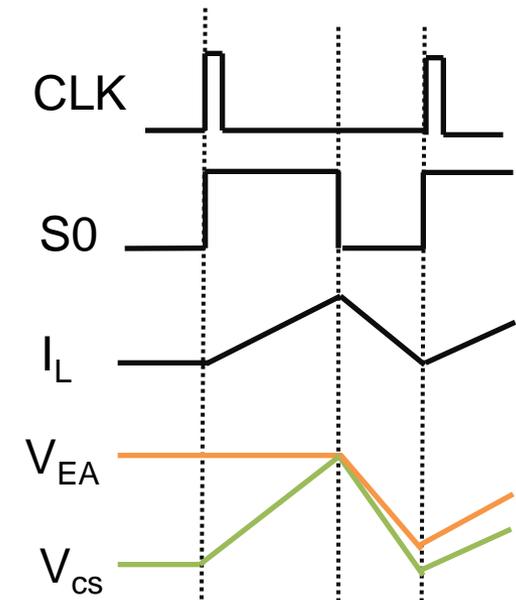
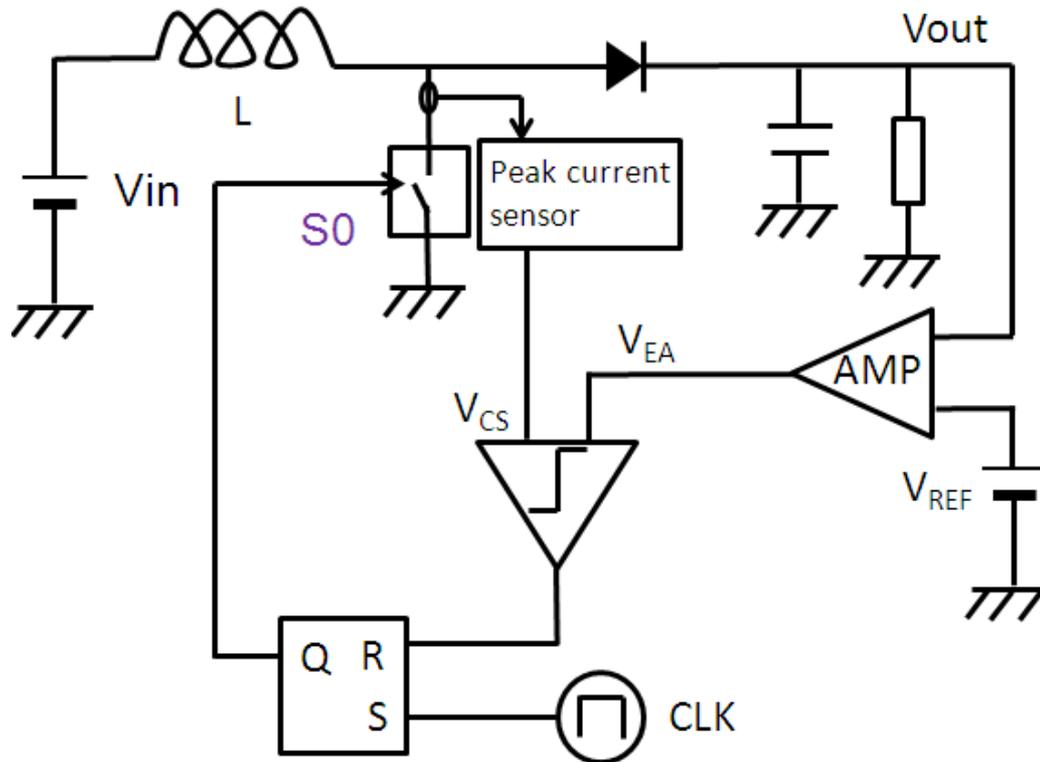
- ピーク電流制御は  
出力誤差電圧の比較によるインダクタ電流の決定
- シミュレーション結果
  - 定常リップル小
  - 良好なセルフ/クロス・レギュレーション
- ピーク電流制御昇圧型SIDOのメリット
  - 複雑な位相補償設計が不要
  - 回路が簡単

# Appendix

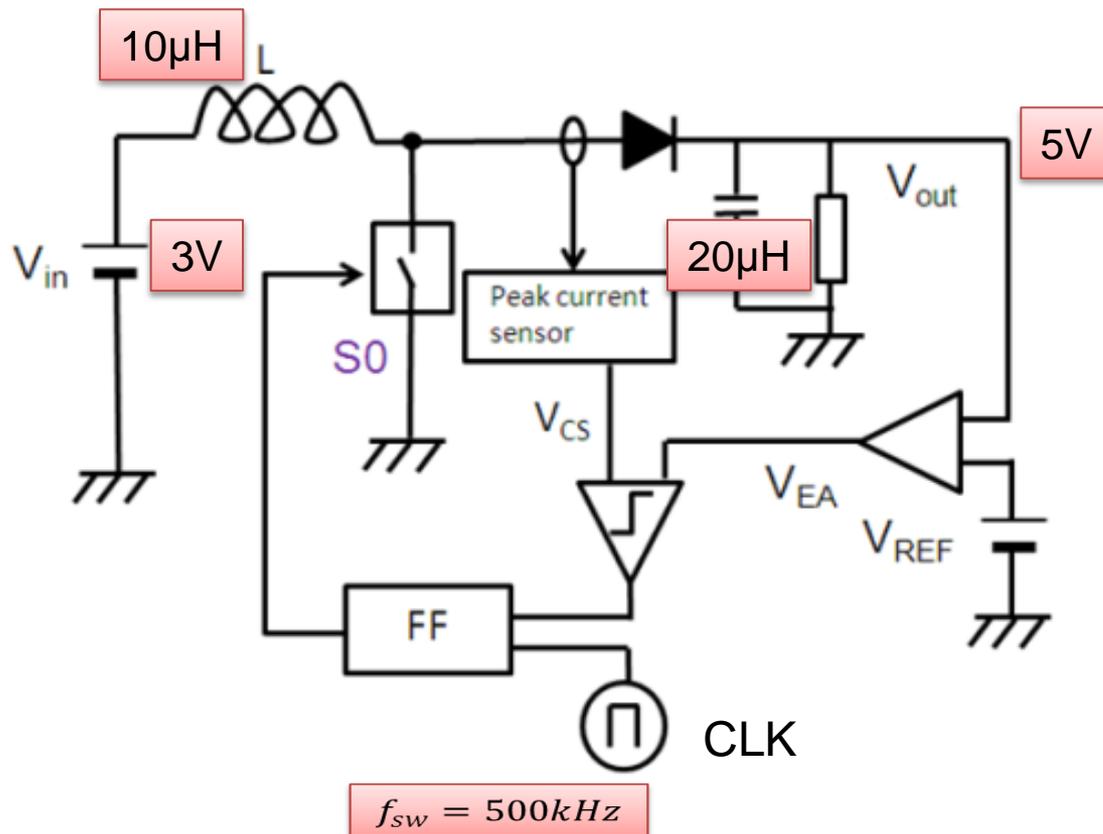
---

# ピーク電流制御単出力昇圧型電源(従来)

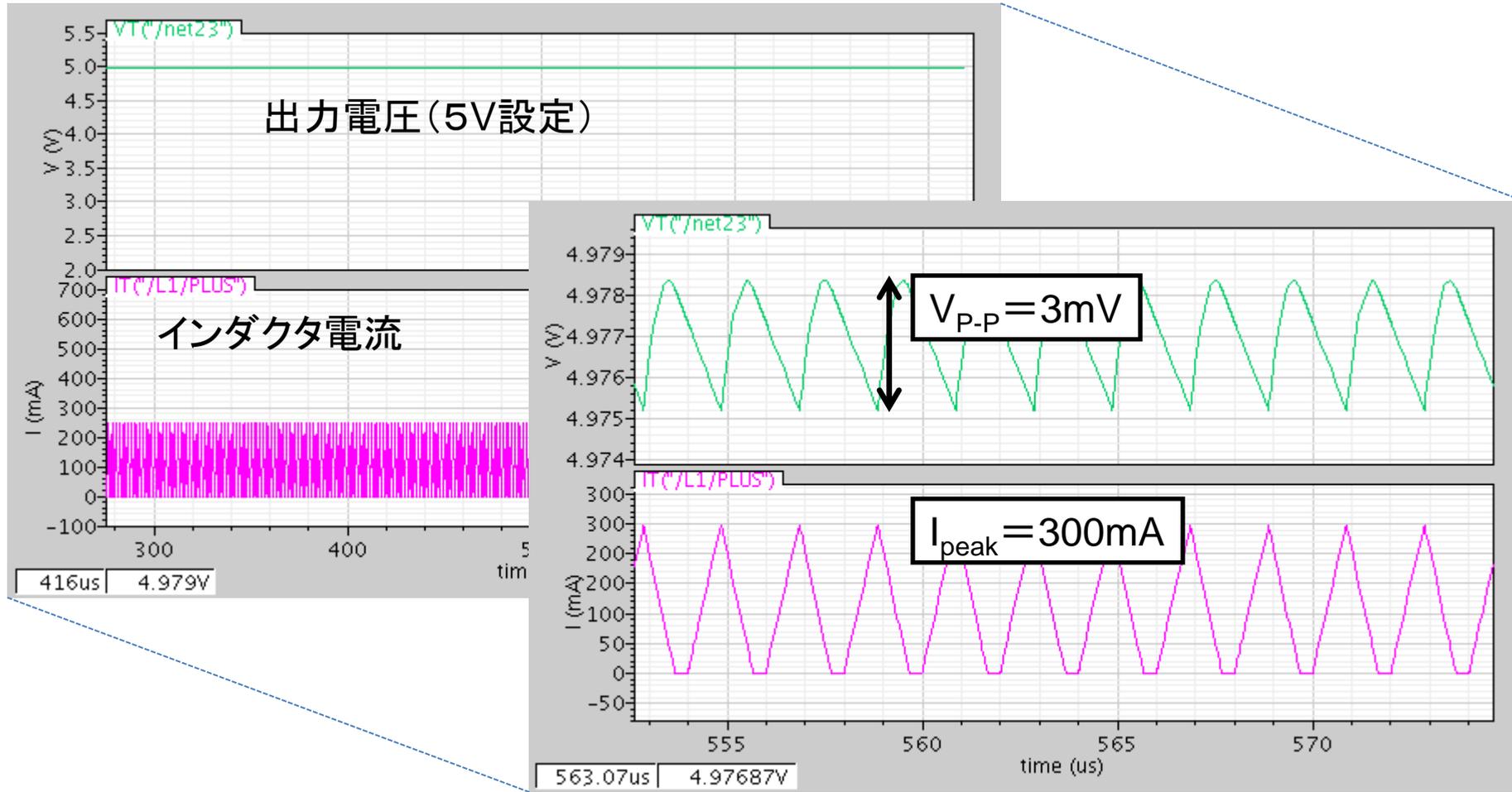
$V_{CS}$ : インダクタ電流センサーでセン  
スする電圧  
 $V_{EA}$ : 出力の誤差電圧



# シミュレーションの条件



# シミュレーションの結果



---

ご清聴ありがとうございました

# 議事録

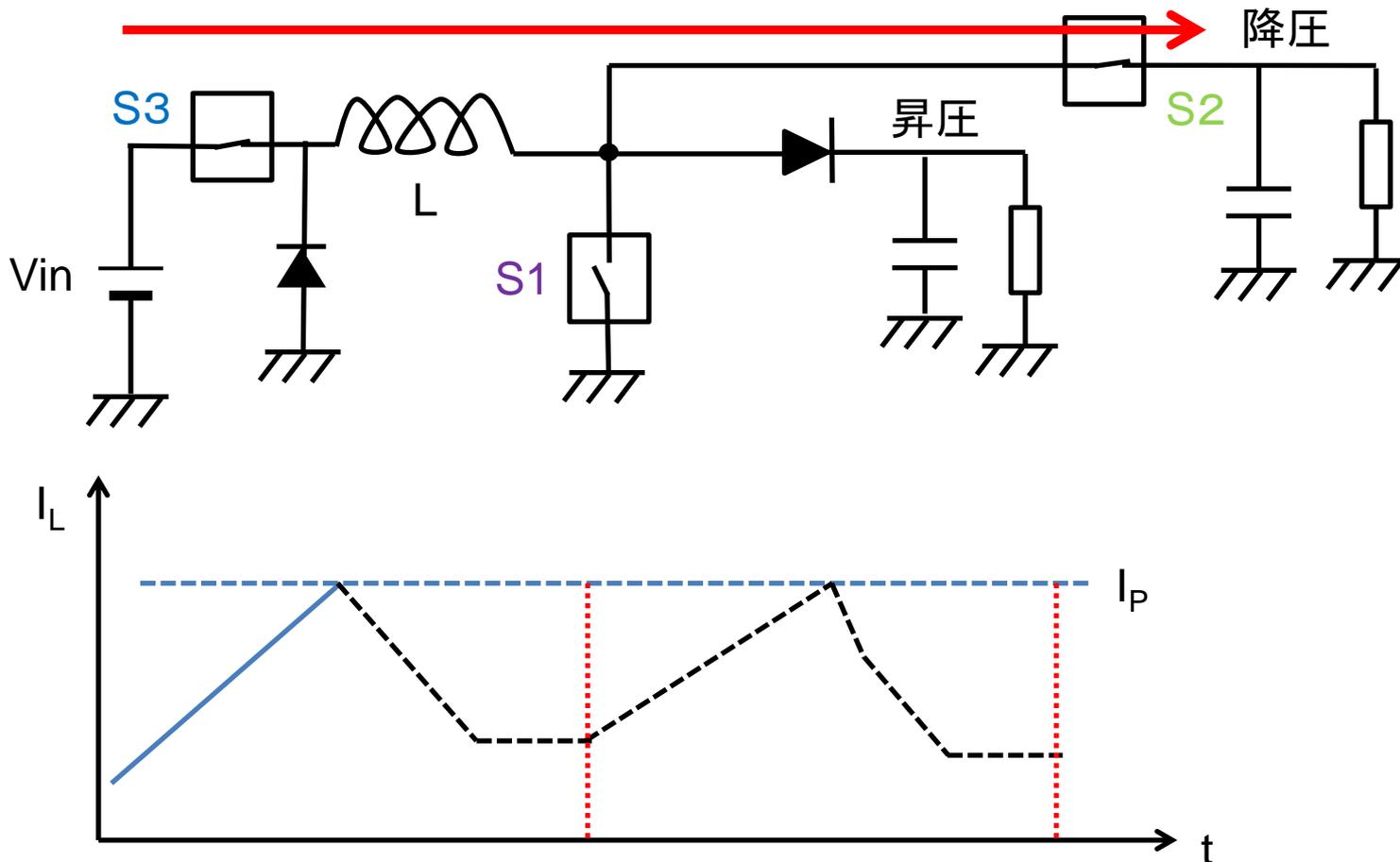
- 1、定流の際、デットタイムが必要な気がするが、S2とS3が同時にONが絶対に許さないと  
思うのですが、実装の時どうするのか？
- 2、入力は3V,出力1は5V,出力2は7Vです。電力はどこから、発生するのでしょうか？

# ピーク電流制御のSIDO電源

- 降圧＋昇圧のSIDO電源回路

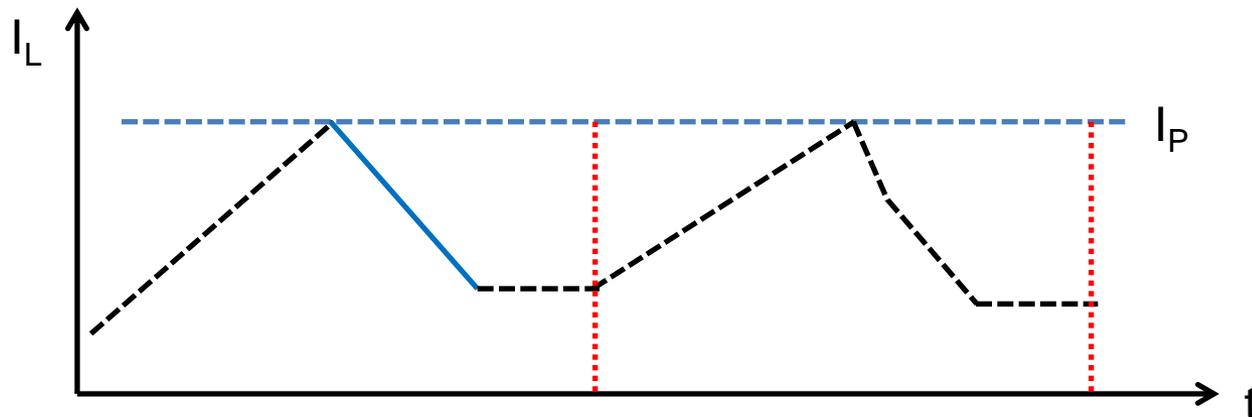
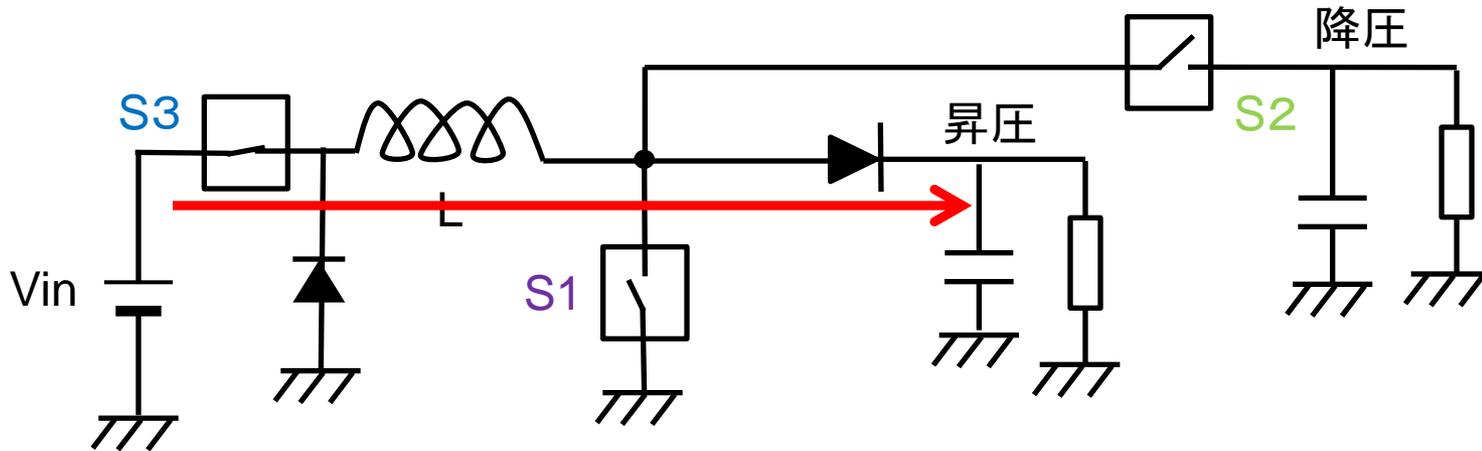
# ピーク電流制御のSIDO電源

- スイッチの順序 (降圧型 + 昇圧型)
- 負荷電流条件: 降圧 > 昇圧



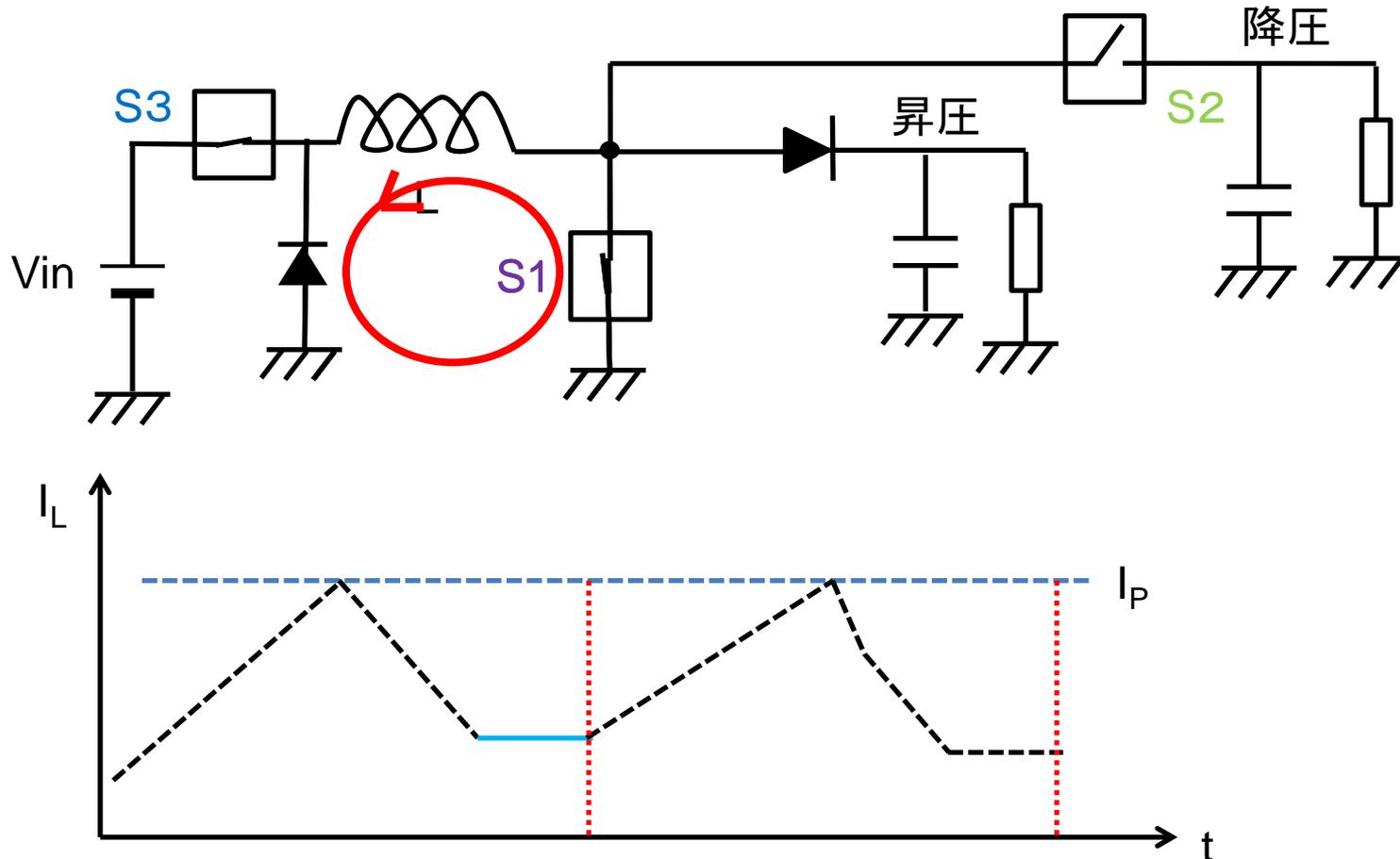
# ピーク電流制御のSIDO電源

- スイッチの順序 (降圧型 + 昇圧型)
- 負荷電流条件: 降圧 > 昇圧



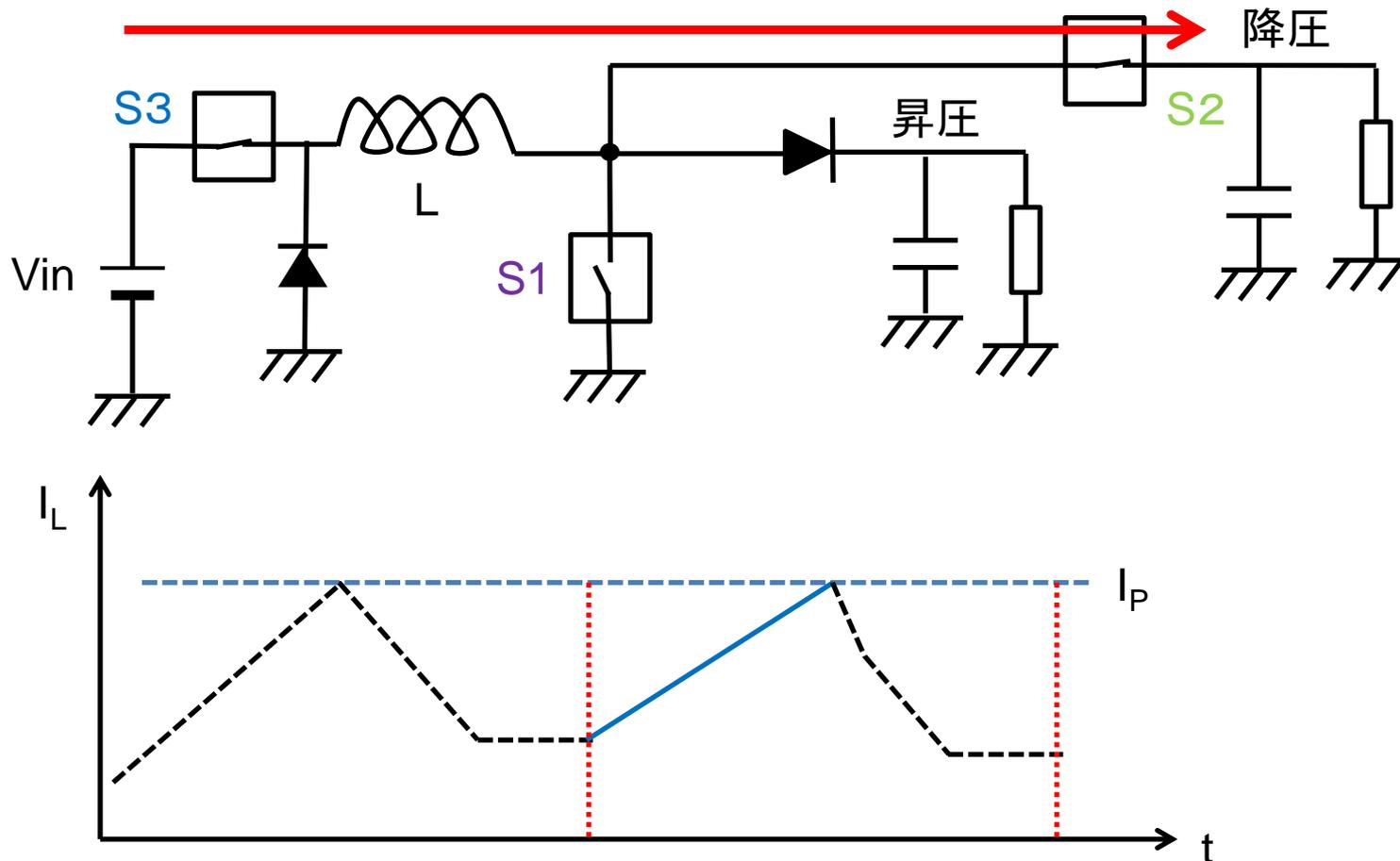
# ピーク電流制御のSIDO電源

- スイッチの順序 (降圧型 + 昇圧型)
- 負荷電流条件: 降圧 > 昇圧



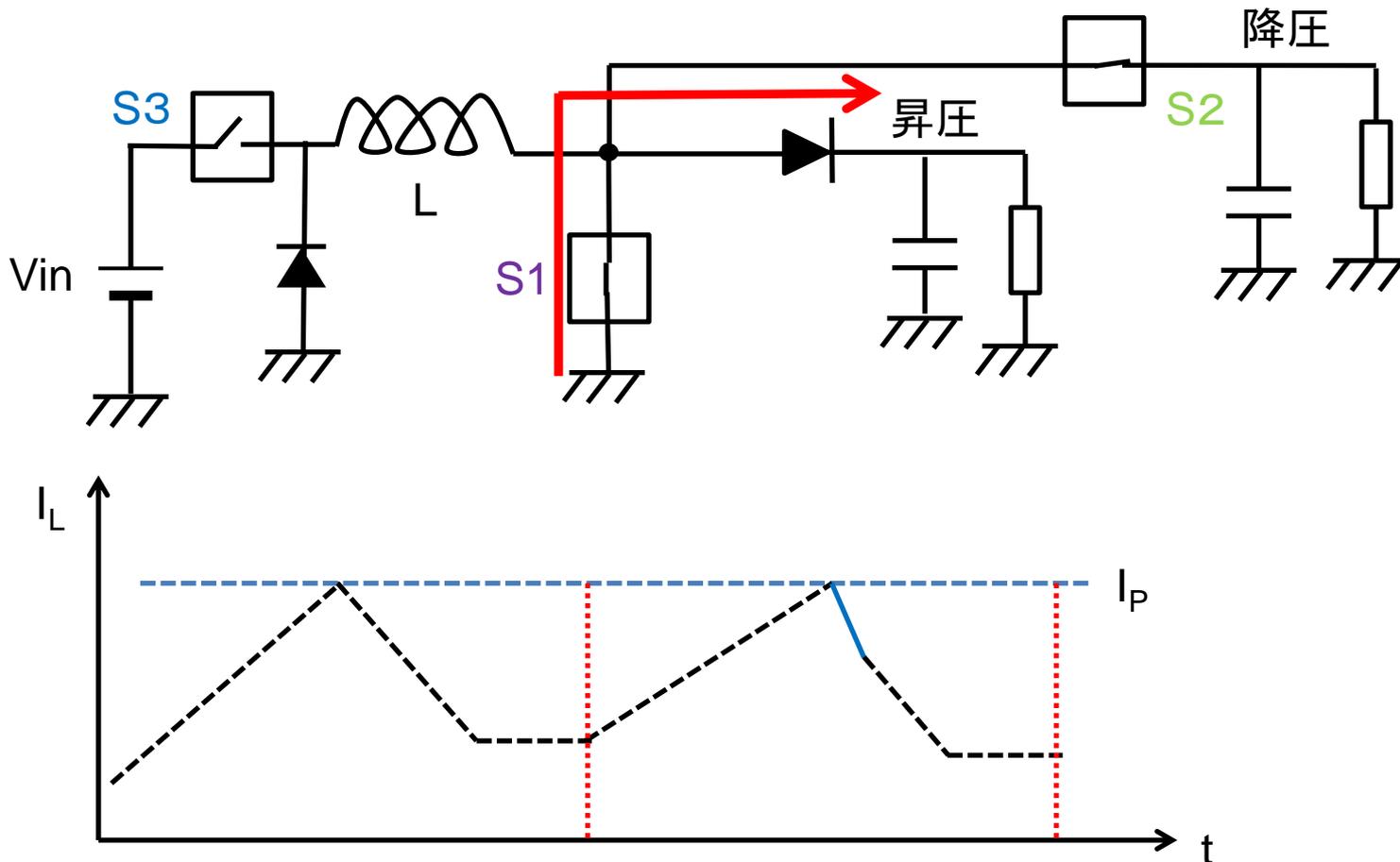
# ピーク電流制御のSIDO電源

- スイッチの順序 (降圧型 + 昇圧型)
- 負荷電流条件: 降圧 > 昇圧



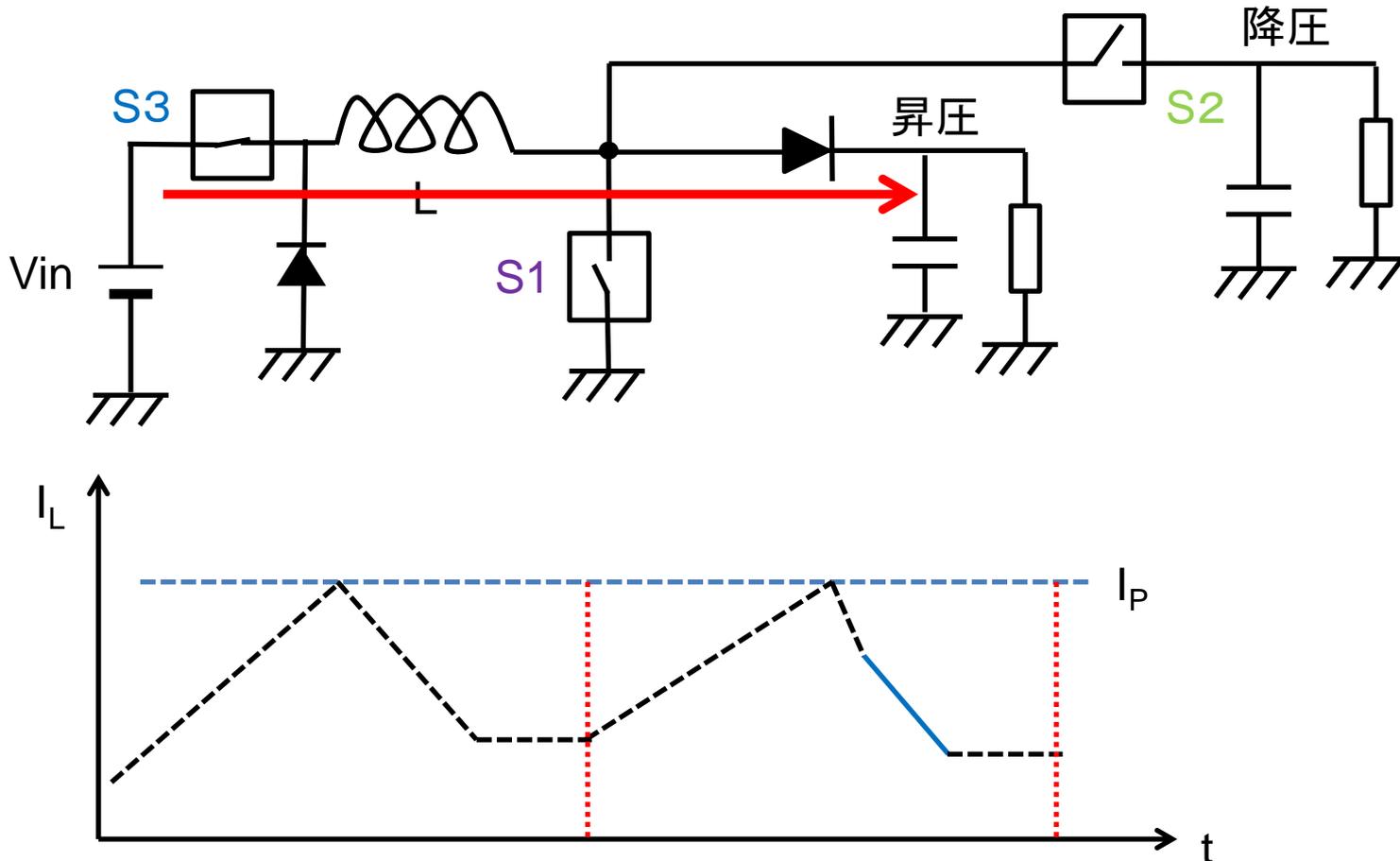
# ピーク電流制御のSIDO電源

- スイッチの順序 (降圧型 + 昇圧型)
- 負荷電流条件: 降圧 > 昇圧



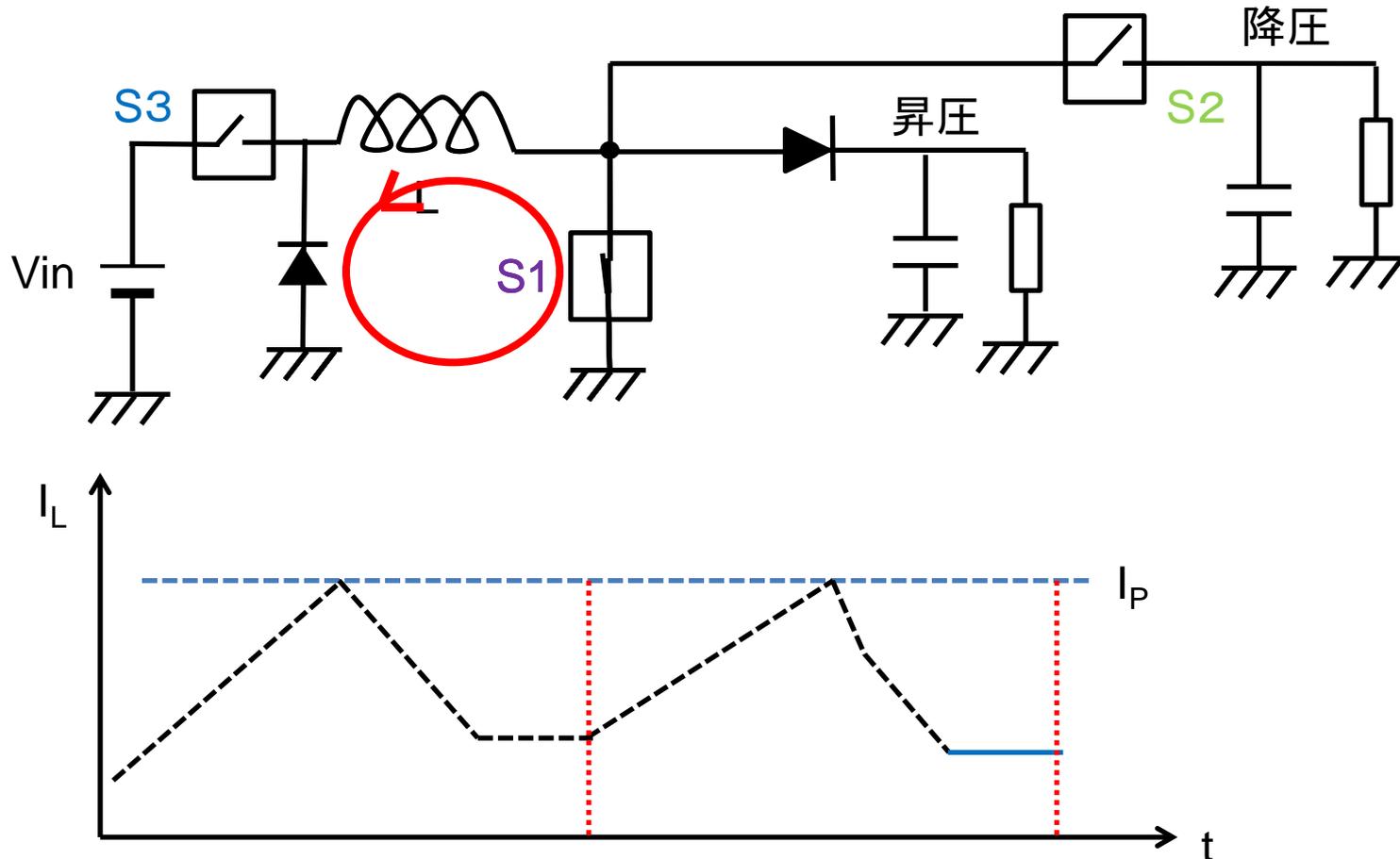
# ピーク電流制御のSIDO電源

- スイッチの順序 (降圧型 + 昇圧型)
- 負荷電流条件: 降圧 > 昇圧



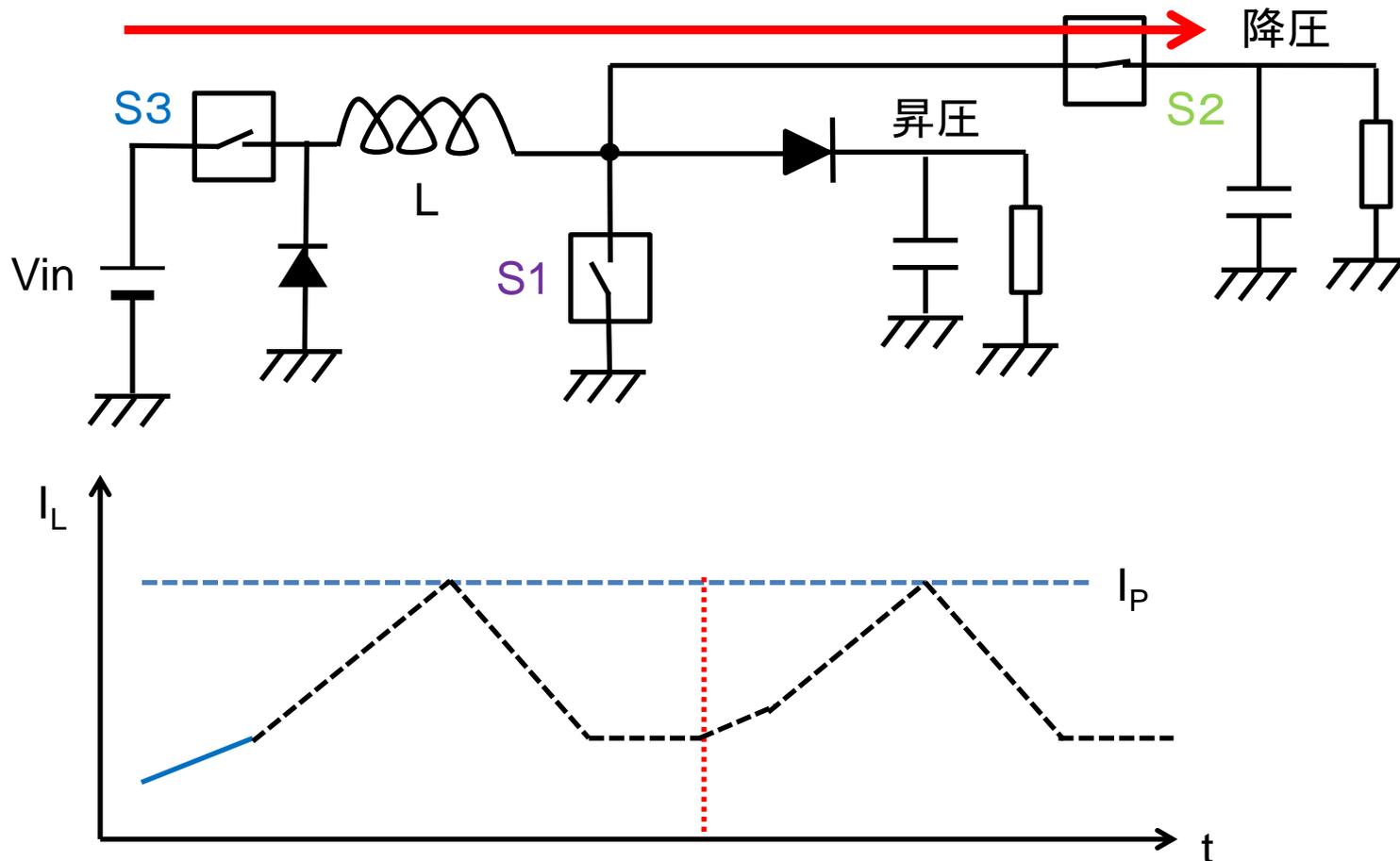
# ピーク電流制御のSIDO電源

- スイッチの順序 (降圧型 + 昇圧型)
- 負荷電流条件: 降圧 > 昇圧



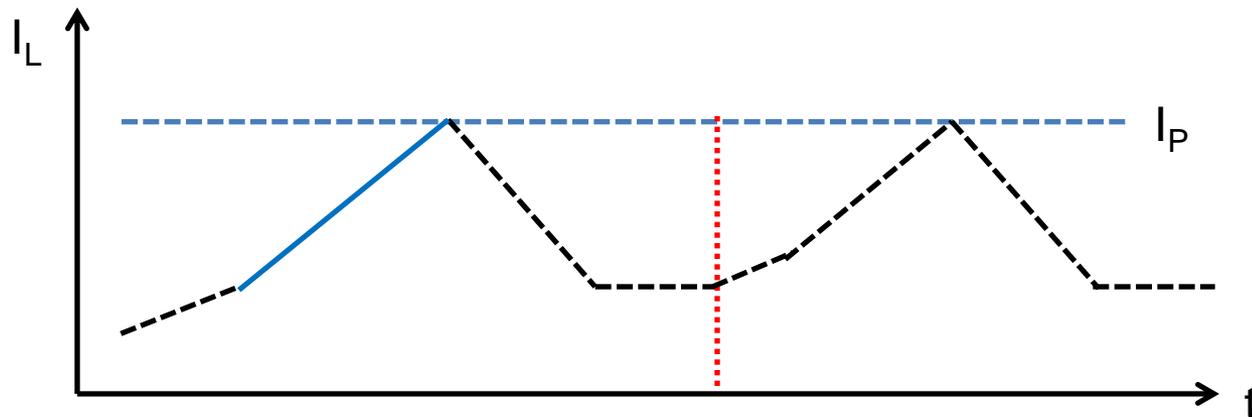
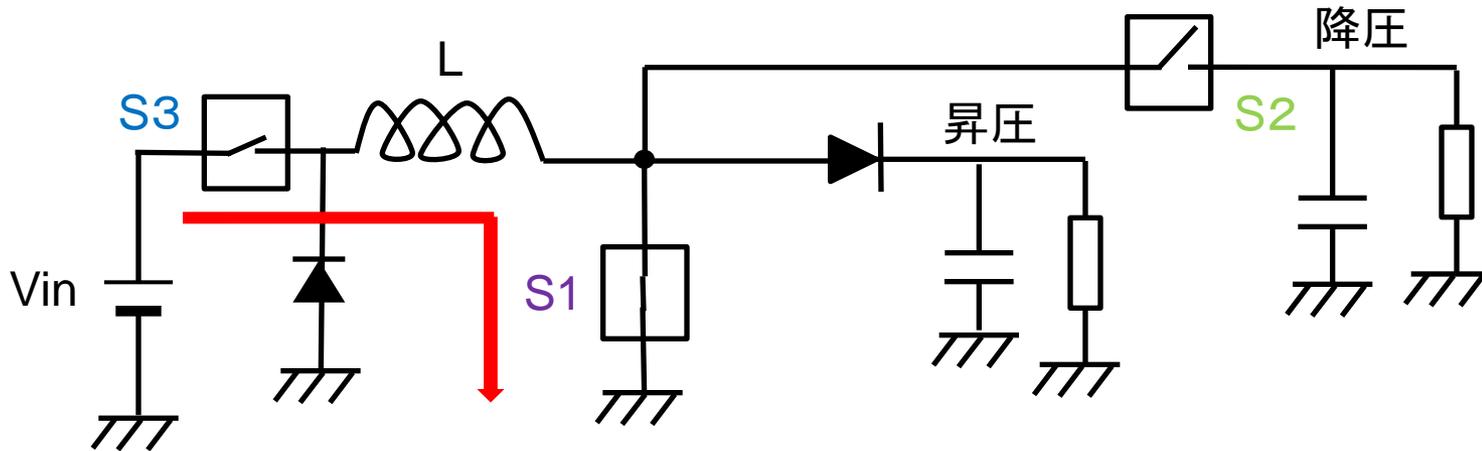
# ピーク電流制御のSIDO電源

- スイッチの順序 (降圧型 + 昇圧型)
- 負荷電流条件: 降圧 < 昇圧



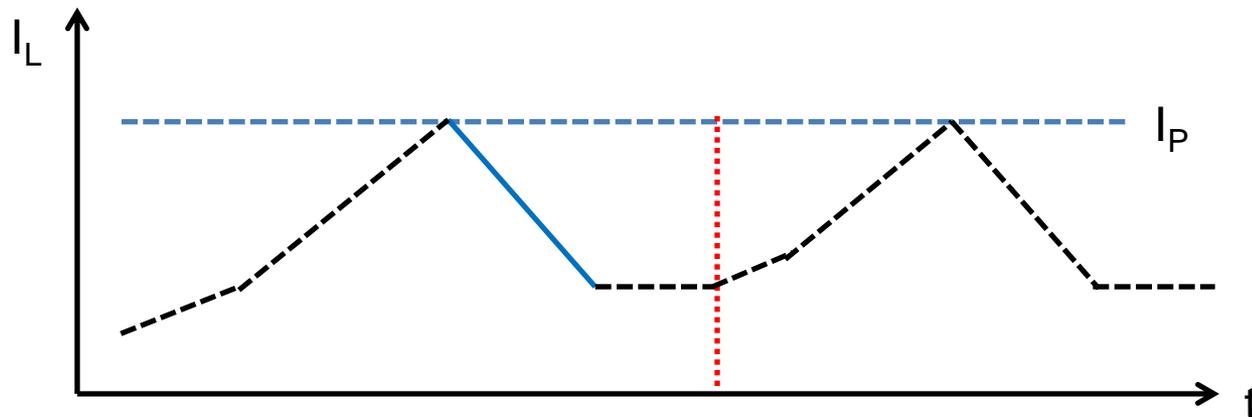
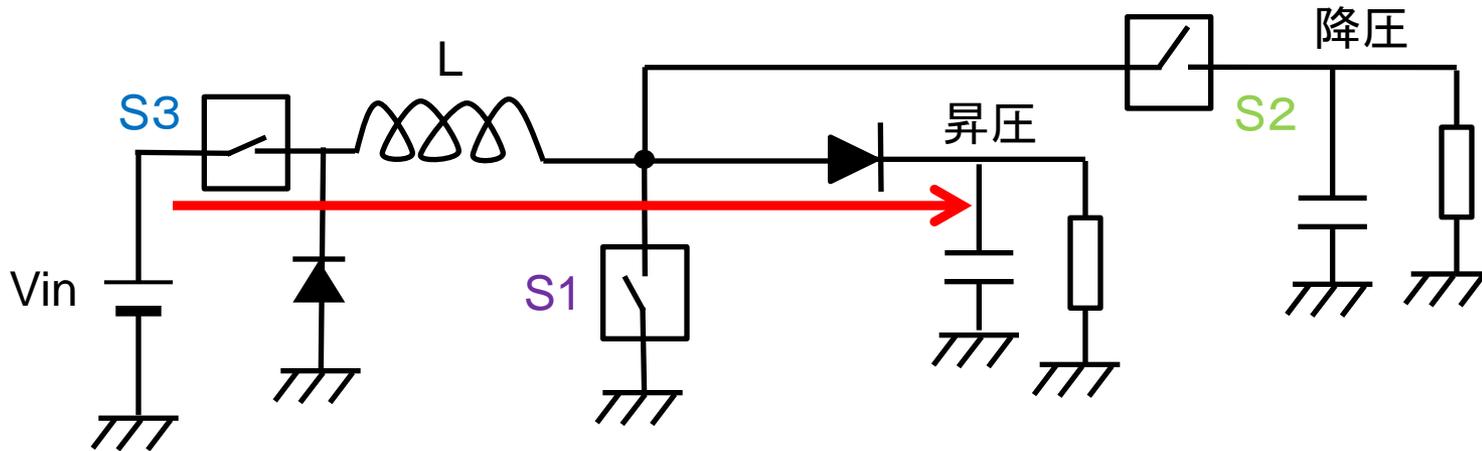
# ピーク電流制御のSIDO電源

- スイッチの順序 (降圧型 + 昇圧型)
- 負荷電流条件: 降圧 < 昇圧



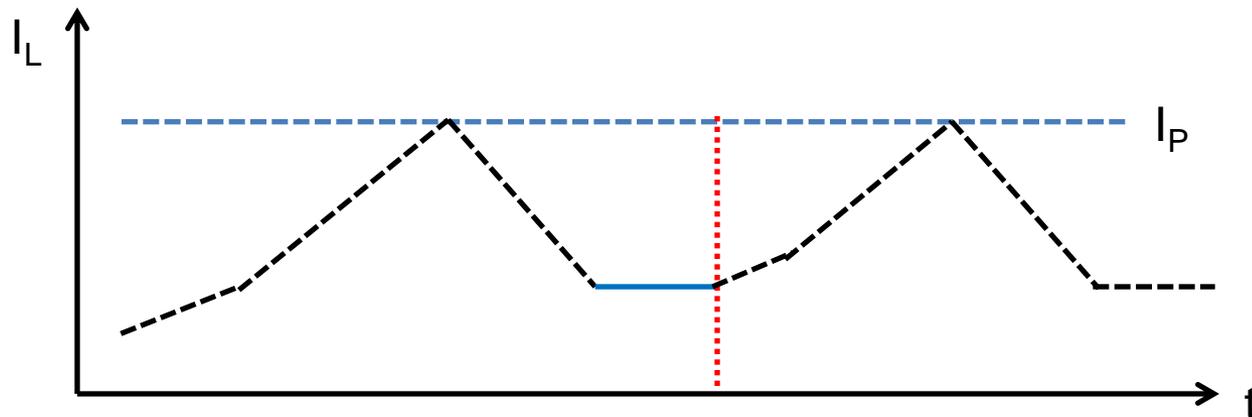
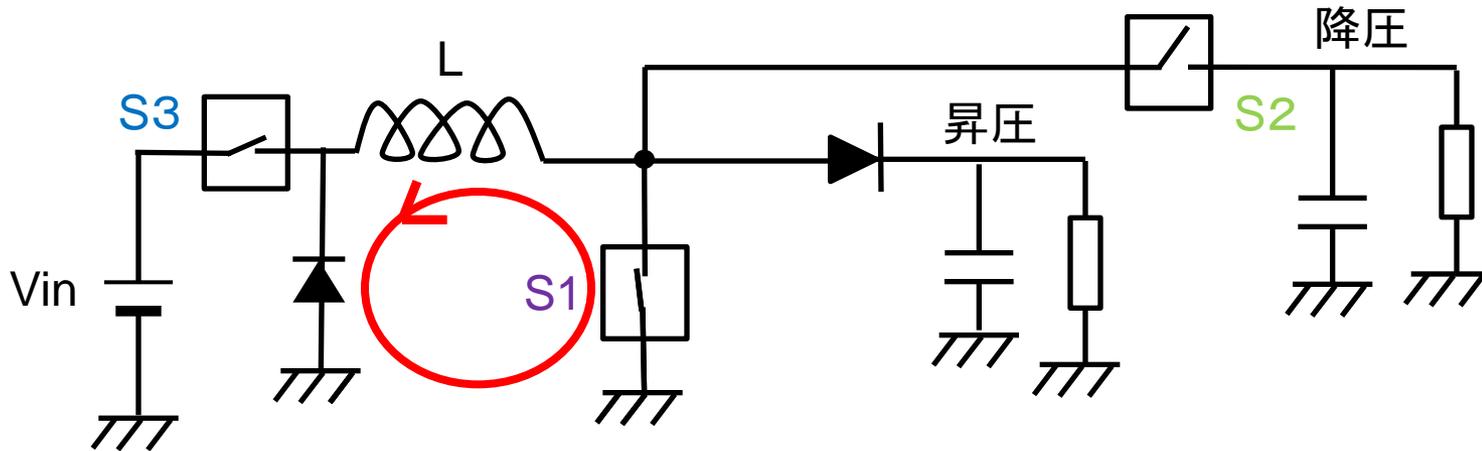
# ピーク電流制御のSIDO電源

- スイッチの順序 (降圧型 + 昇圧型)
- 負荷電流条件: 降圧 < 昇圧



# ピーク電流制御のSIDO電源

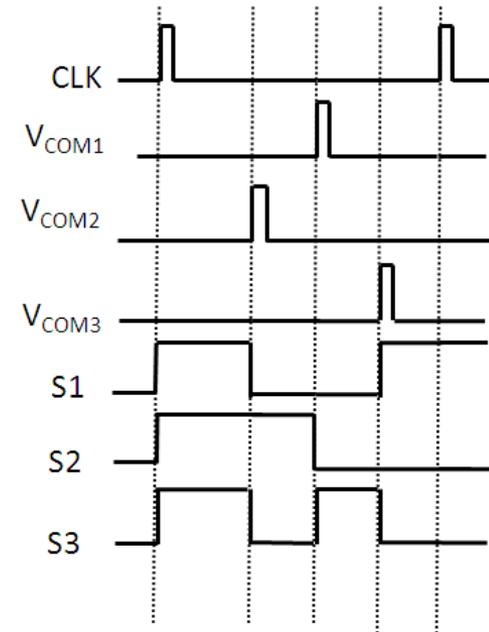
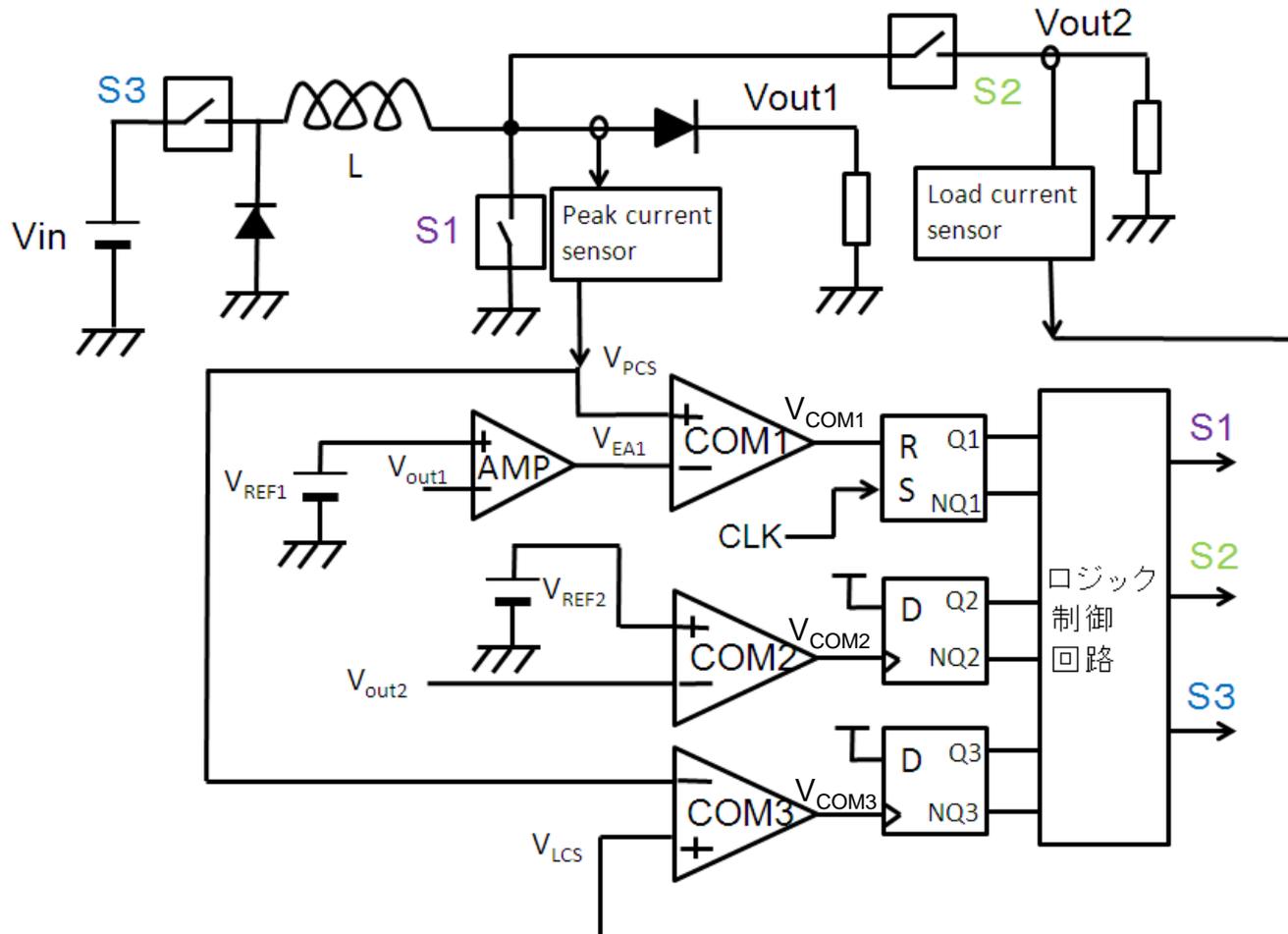
- スイッチの順序 (降圧型 + 昇圧型)
- 負荷電流条件: 降圧 < 昇圧



# ピーク電流制御のSIDO電源

## ● 基本構造(降圧型+昇圧型)

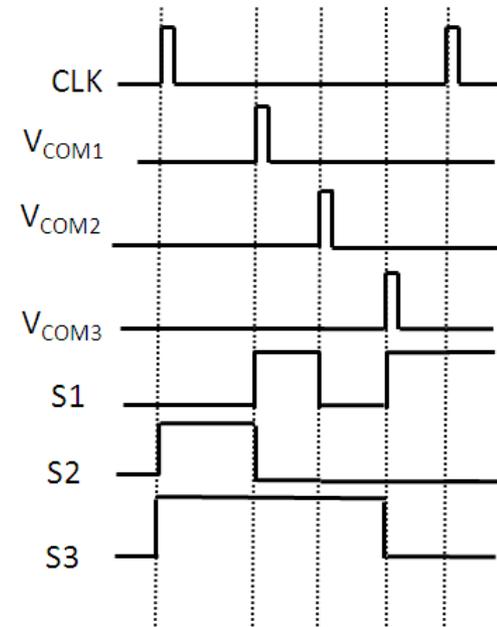
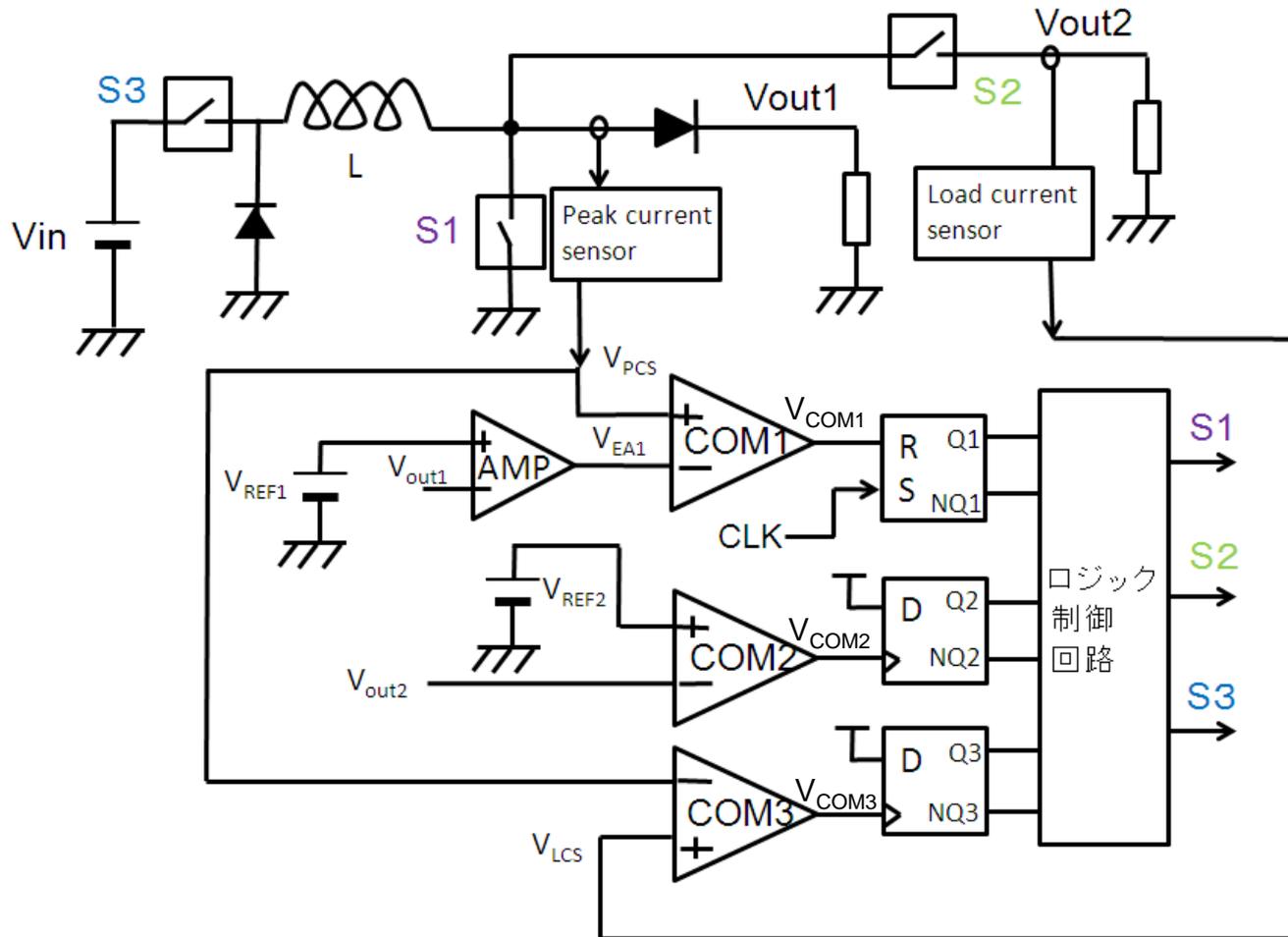
負荷電流条件: 降圧>昇圧



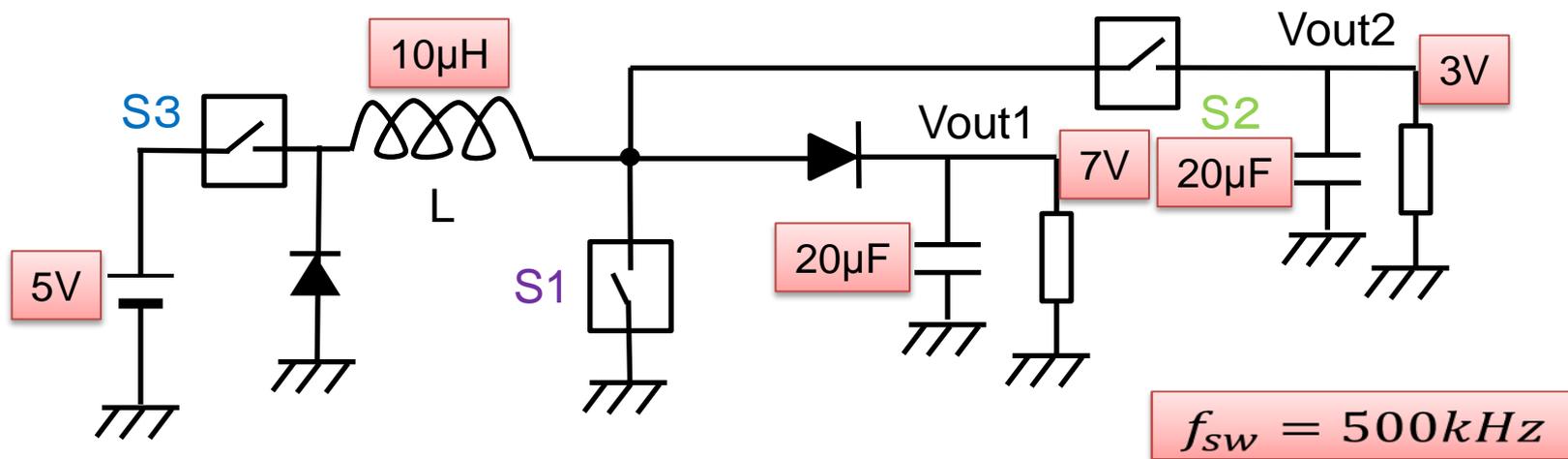
# ピーク電流制御のSIDO電源

## ● 基本構造(降圧型+昇圧型)

負荷電流条件: 降圧<昇圧

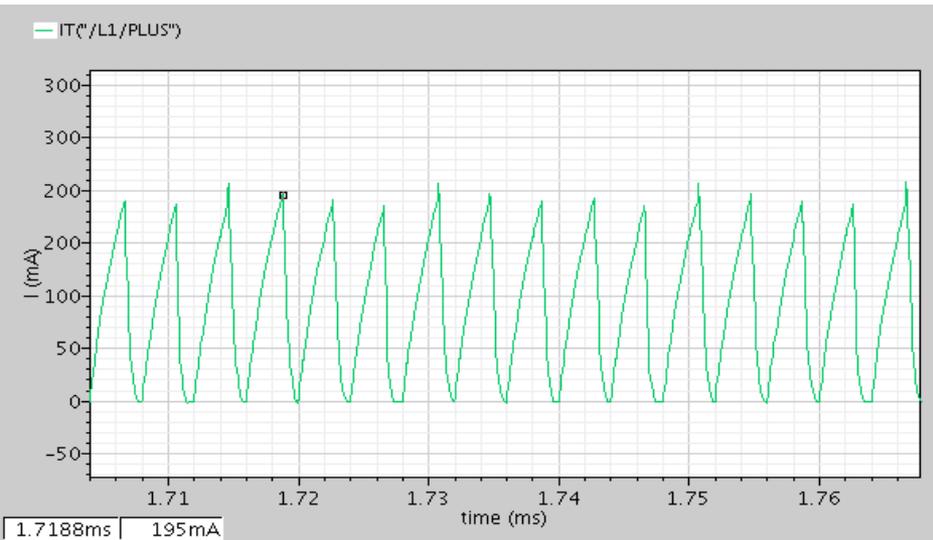


# シミュレーションの条件

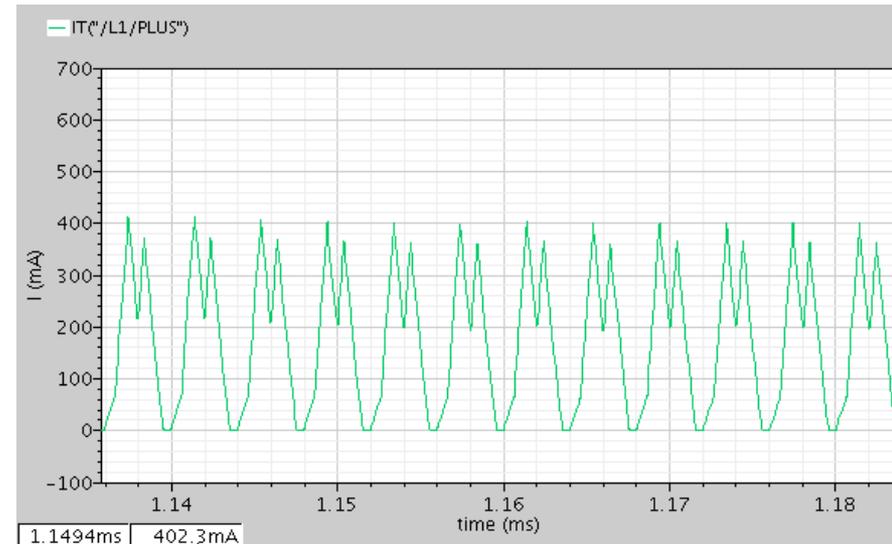


# シミュレーションの結果

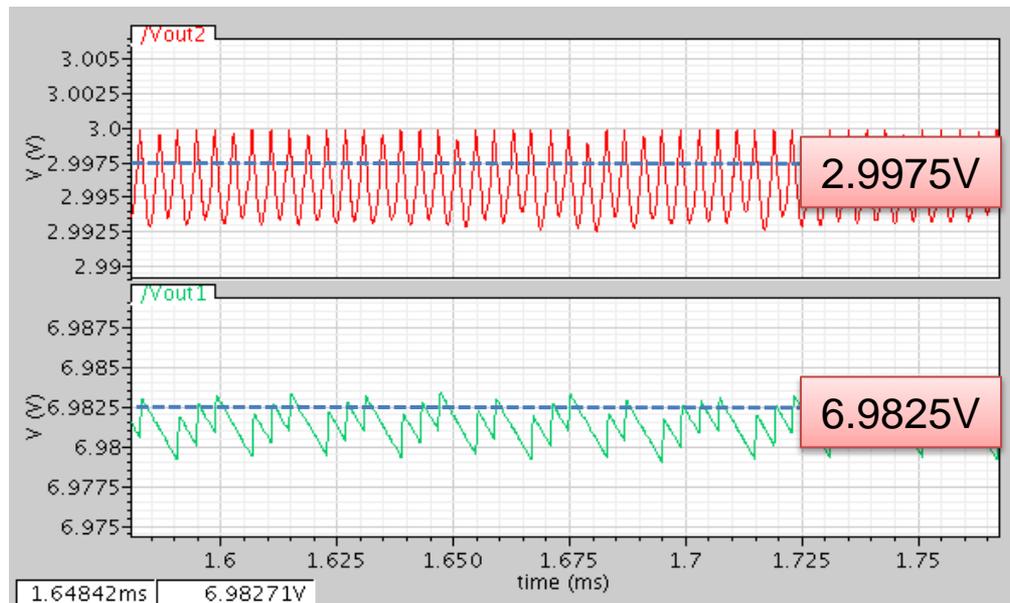
負荷電流条件: 降圧 > 昇圧



負荷電流条件: 降圧 < 昇圧



# シミュレーションの結果



$I_{out1} = 10\text{mA}$

$I_{out2} = 80\text{mA}$

$\Delta V2 = 7\text{mV}$

$\Delta V1 = 3\text{mV}$

# シミュレーションの結果

$I_{out1} = 80\text{mA}$

$I_{out2} = 10\text{mA}$

$\Delta V2 = 1\text{mV}$

$\Delta V1 = 8\text{mV}$

