

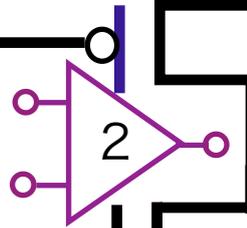
制御時間比率が変化するSIDO電源回路の検討

群馬大学 大学院 理工学府
電子情報・数理教育プログラム
白石尚也

“第6回 電気学会東京支部群馬・栃木支所合同研究発表会”

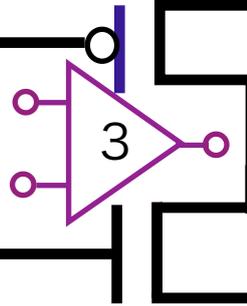
2016/03/02(水) @前橋工科大学 (ca.10min)

アウトライン



- 研究背景
- SIDO電源回路
 - ・制御時間比率が固定の場合の問題点と提案方式の概念
 - ・鋸歯状波の検討
 - ・提案方式SEL信号生成回路
 - ・シミュレーション結果
- まとめと今後の課題

アウトライン



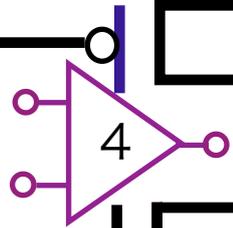
○研究背景

○SIDO電源回路

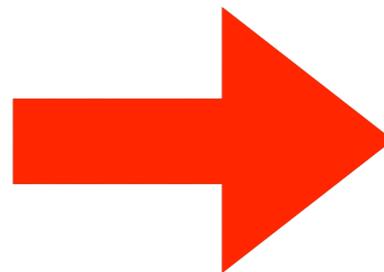
- 制御時間比率が固定の場合の問題点と提案方式の概念
- 鋸歯状波の検討
- 提案方式SEL信号生成回路
- シミュレーション結果

○まとめと今後の課題

研究背景—電源回路

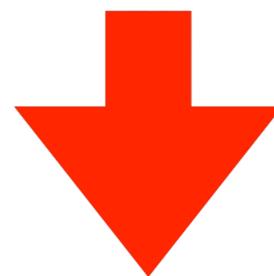


電源回路



社会の要求

高効率 小型 低コスト 高速応答



SIDO電源回路

SIDO電源回路と制御時間比率

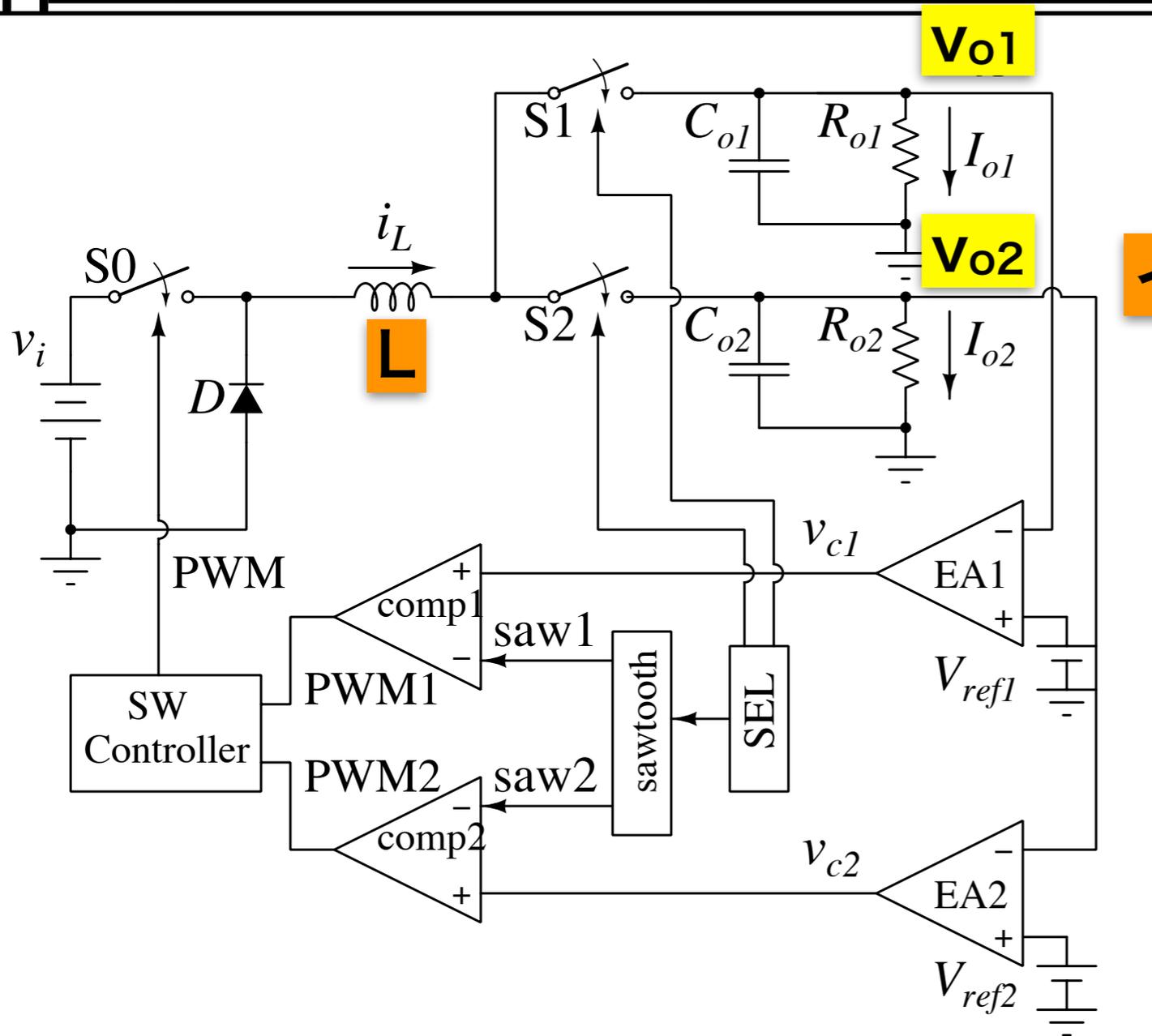
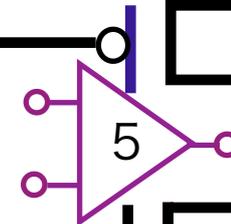


図 SIDO電源回路

SIDO電源回路とは・・・
(Single Inductor Dual Output)

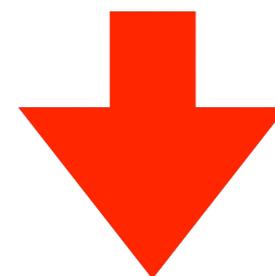
インダクタが1つで出力が2つ

小型化

SEL信号によって
スイッチ\$S_1, S_2\$を交互にON/OFFして
2つの出力を排他的に制御する

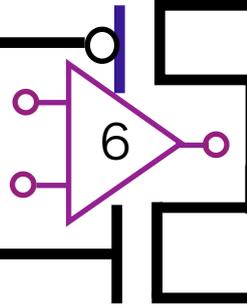
vo1側の制御時間 → To1

vo2側の制御時間 → To2



制御時間比率
To1 : To2

アウトライン



○研究背景

○SIDO電源回路

- 制御時間比率が固定の場合の問題点と提案方式の概念
- 鋸歯状波の検討
- 提案方式SEL信号生成回路
- シミュレーション結果

○まとめと今後の課題

制御時間比率が固定の場合

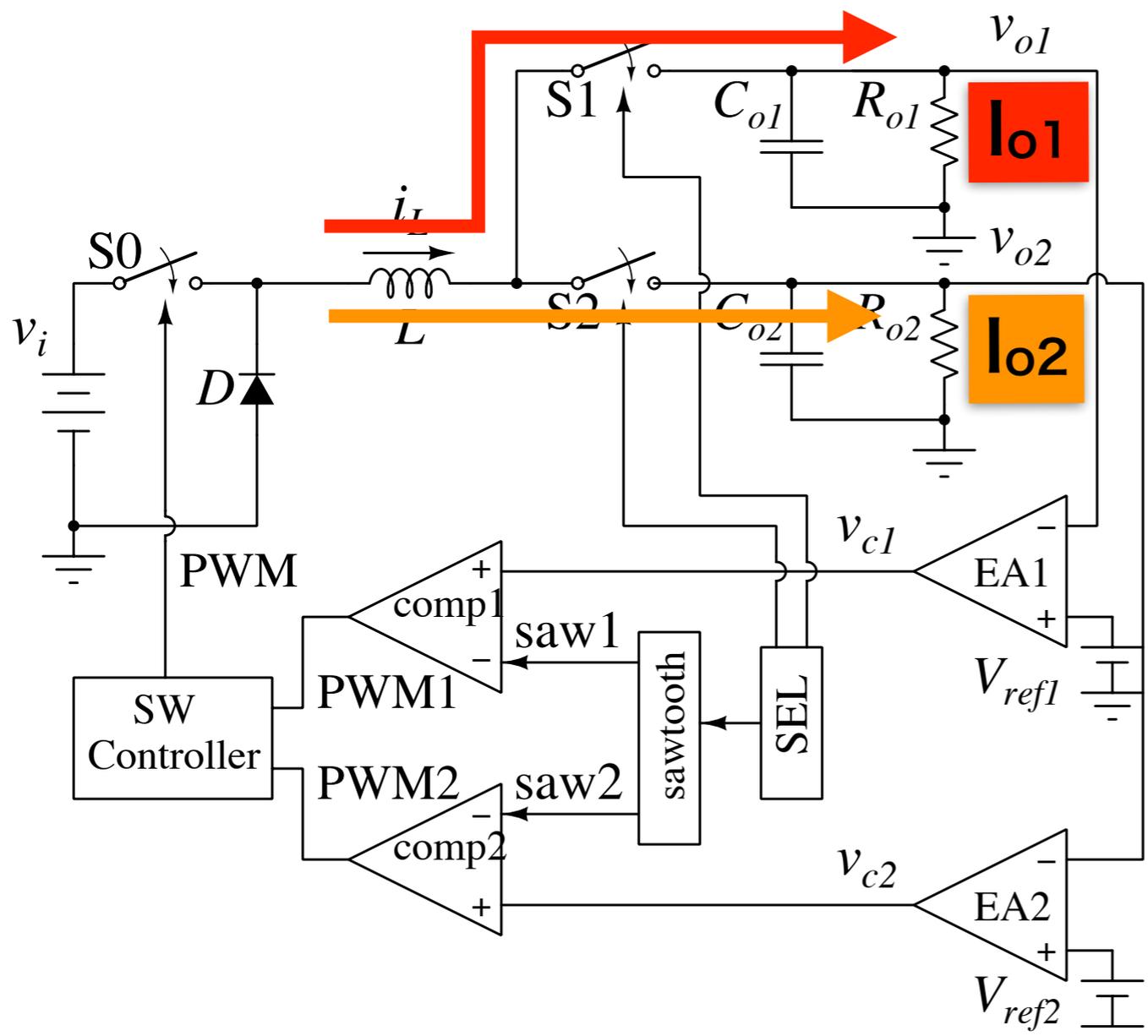
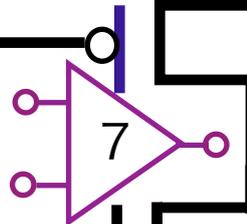
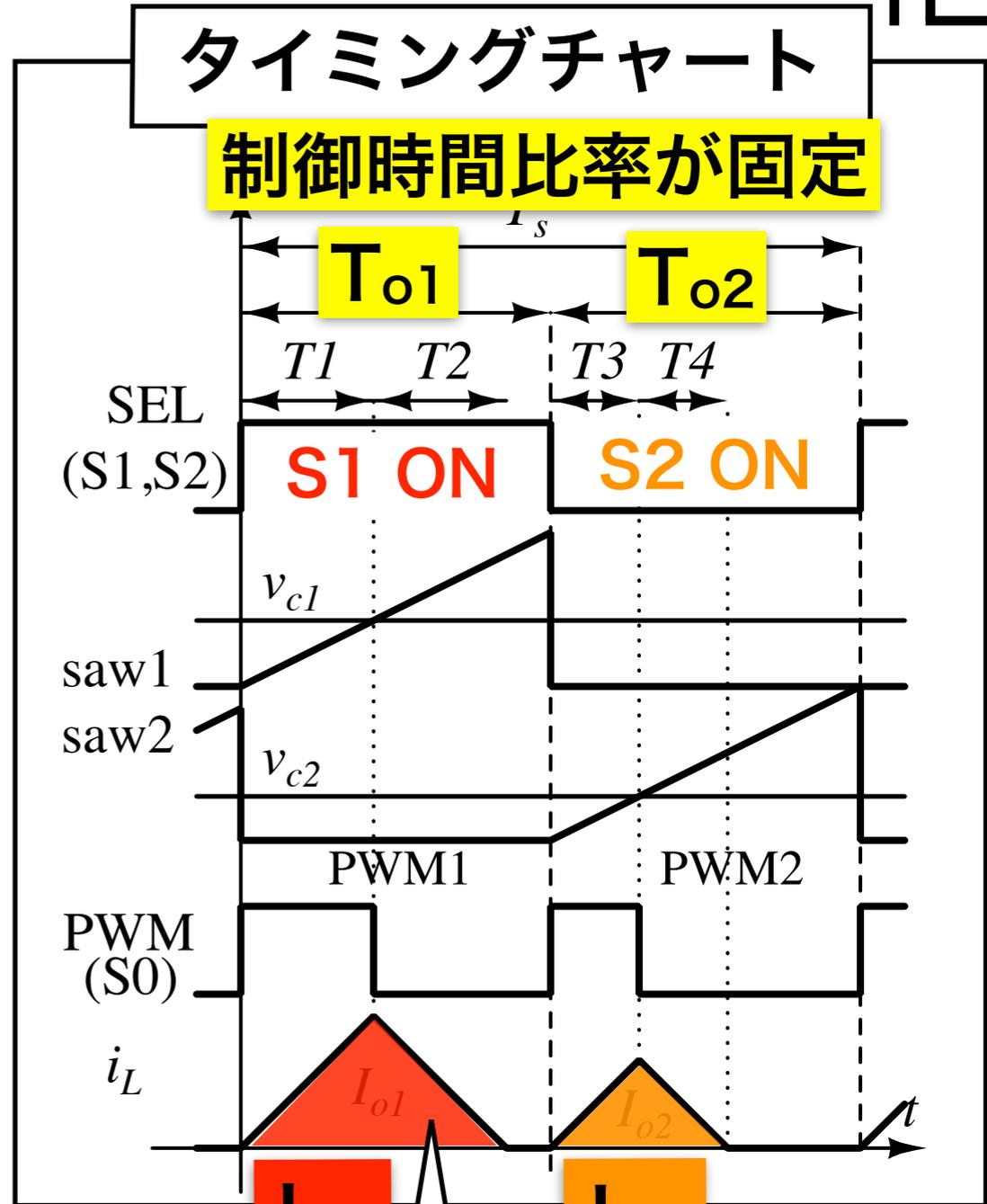


図 SIDO電源回路

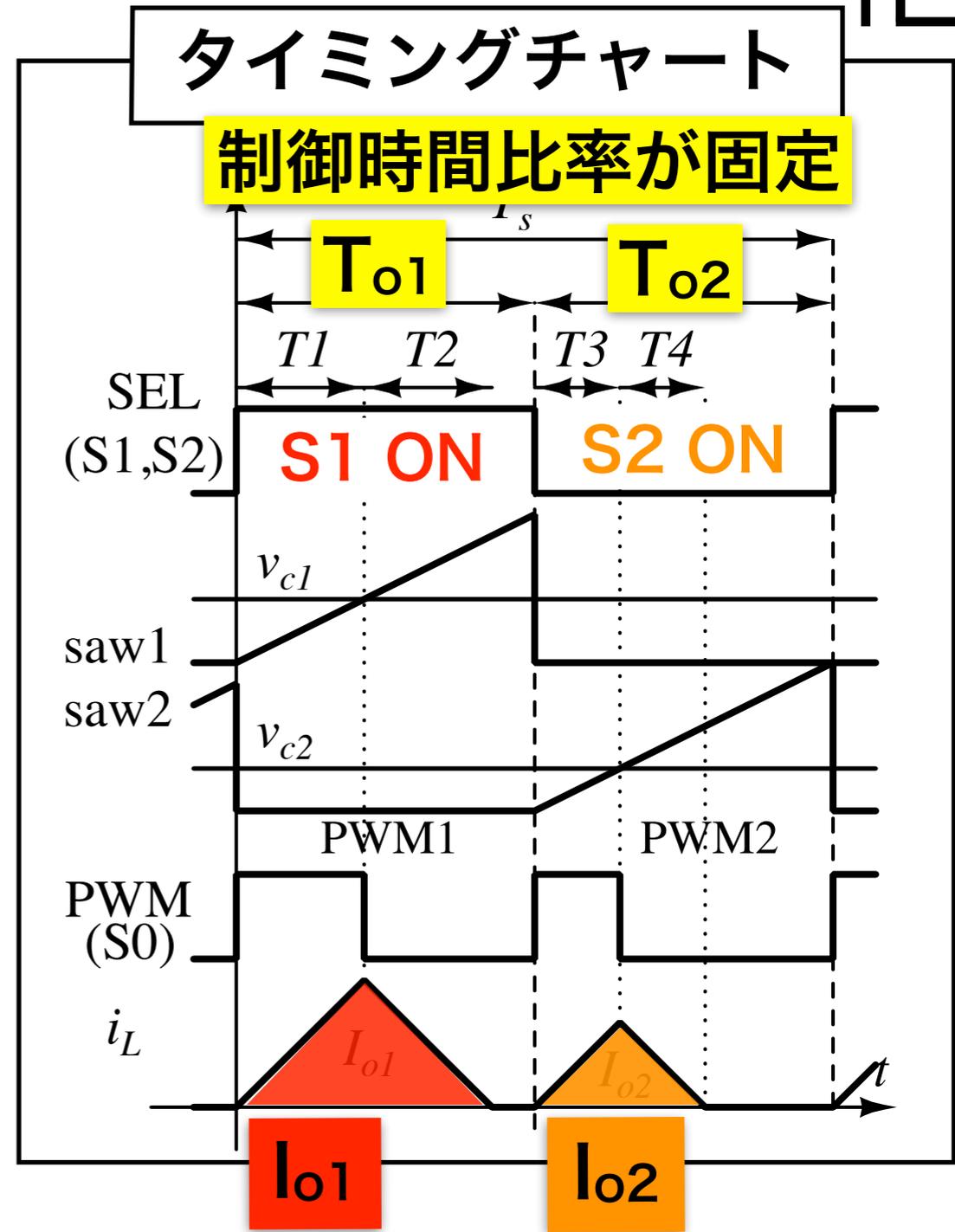
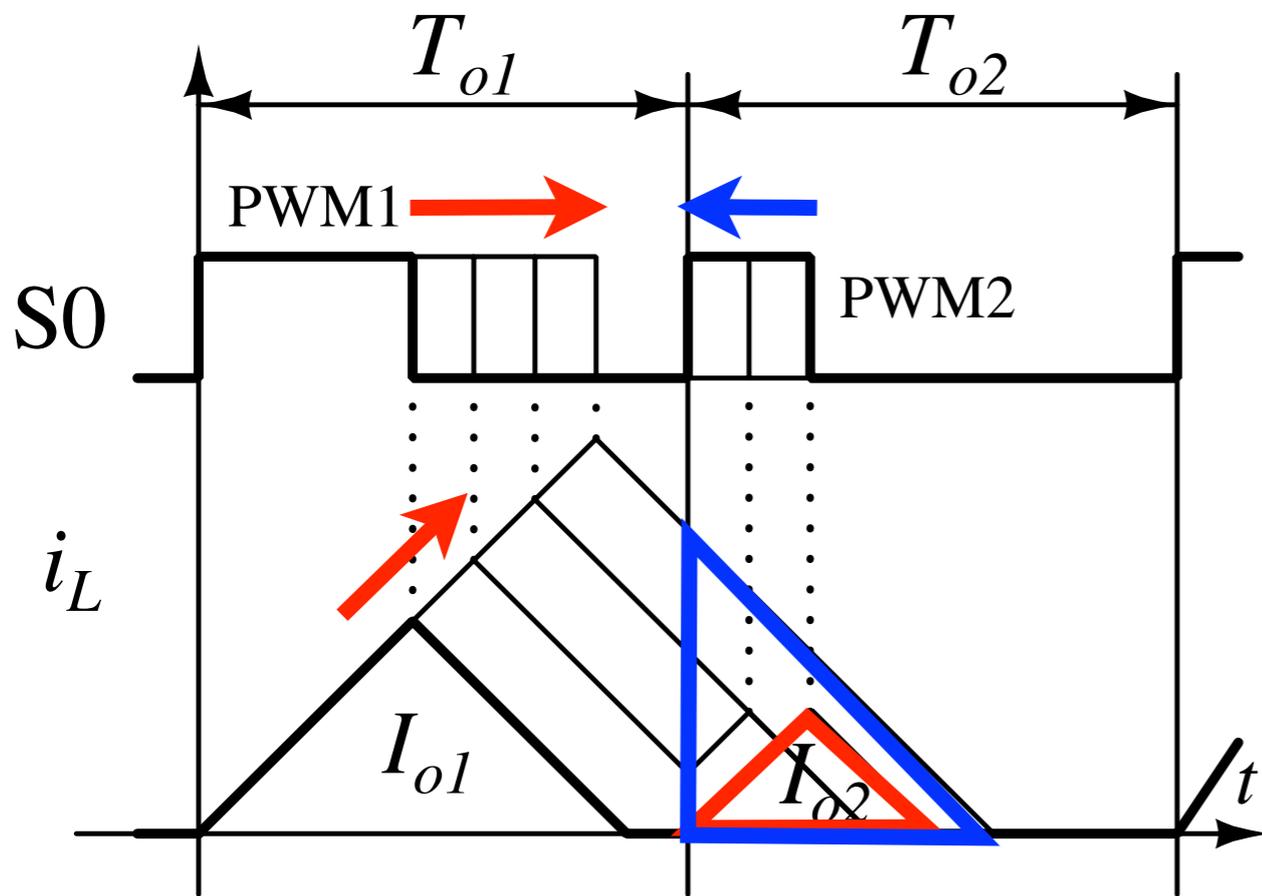
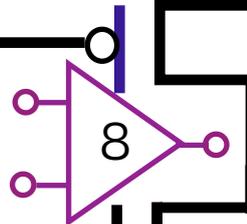


**Io1が増加する場合を
考える**

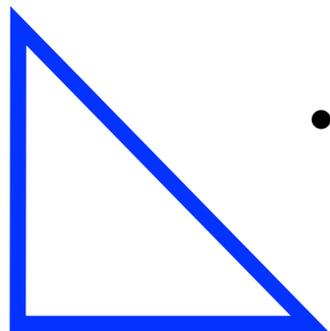
**この面積で
負荷電流が決定**



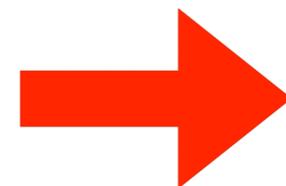
Io1が増加するときのiLとPWMの変化



・・・本来必要とする負荷電流

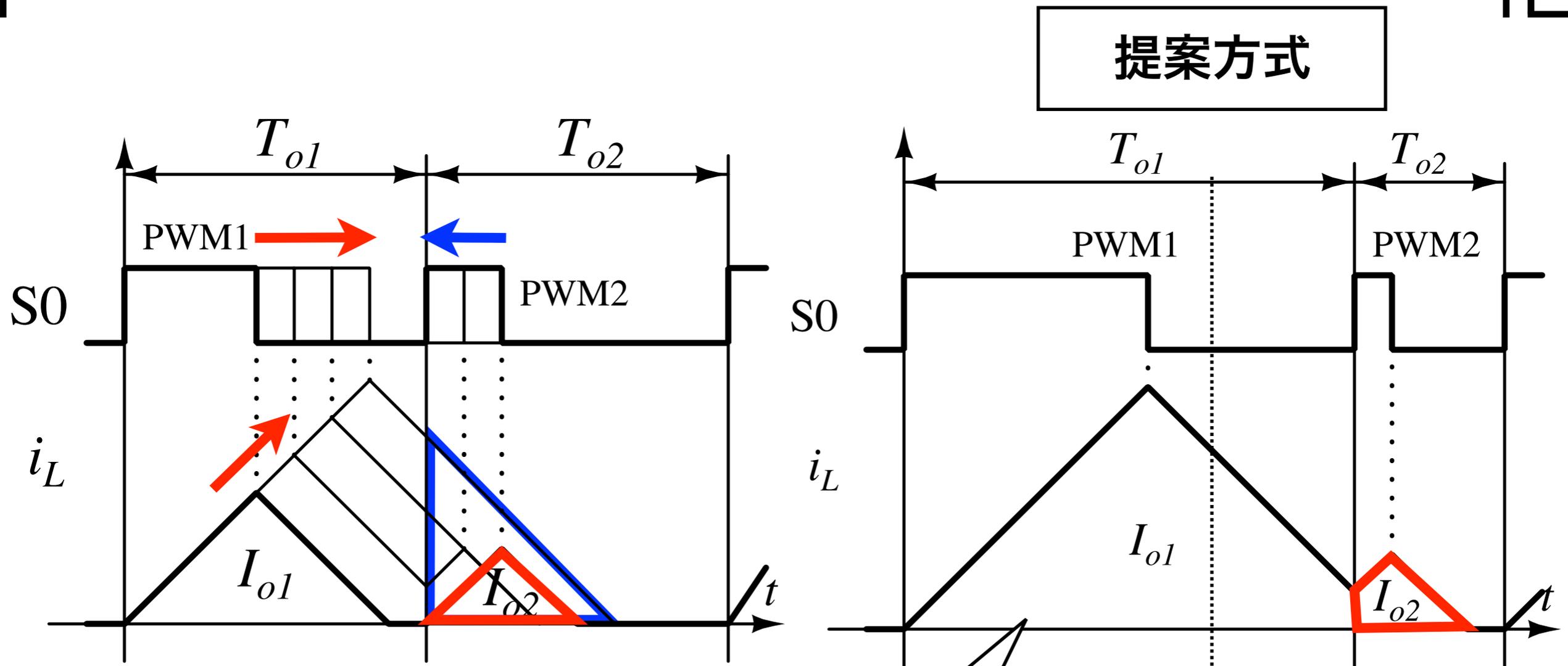
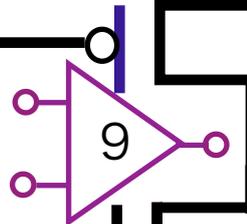


・・・PWM2を0にしても
流れてしまう負荷電流



電源として動作不能

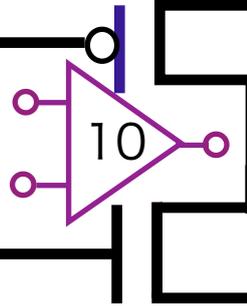
基本的なSIDOの課題(一方の負荷電流を大きく増加させたい場合)



**一定の I_{o2} を保持できる
&
さらに多くの I_{o1} を供給できる**



アウトライン



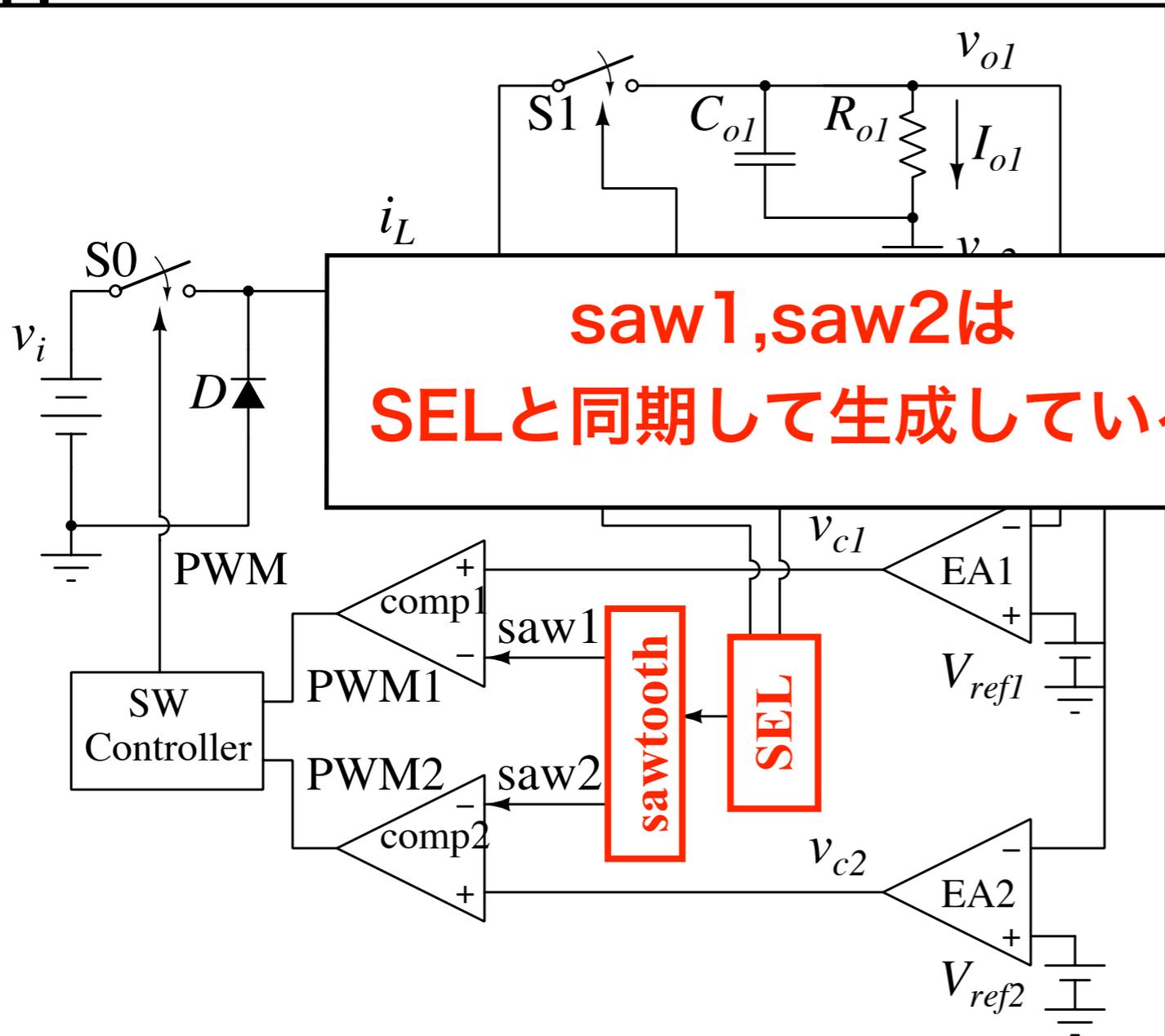
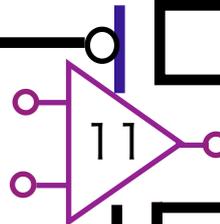
○研究背景

○SIDO電源回路

- 制御時間比率が固定の場合の問題点と提案方式の概念
- 鋸歯状波の検討
- 提案方式SEL信号生成回路
- シミュレーション結果

○まとめと今後の課題

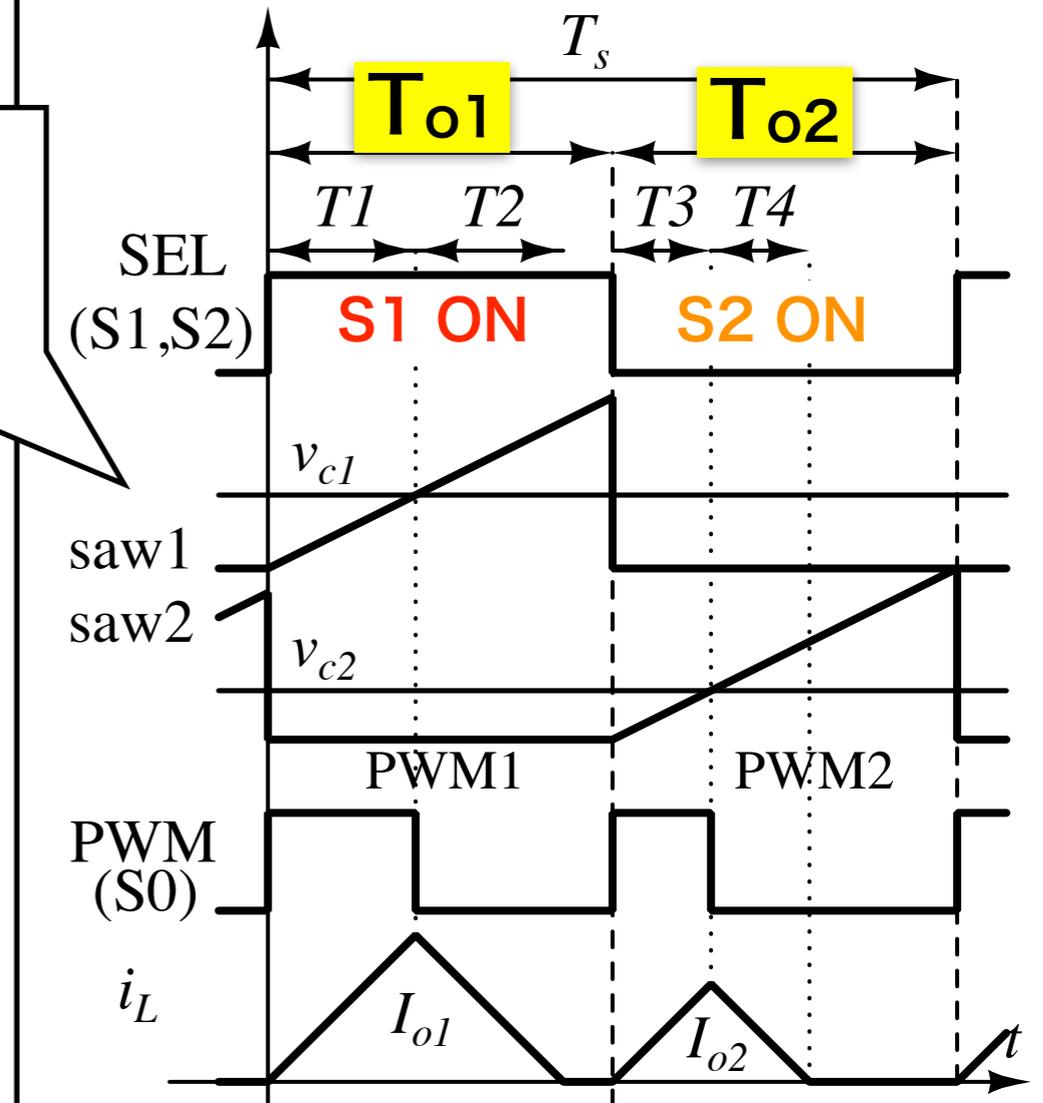
制御時間比率が変化するときの鋸歯状波



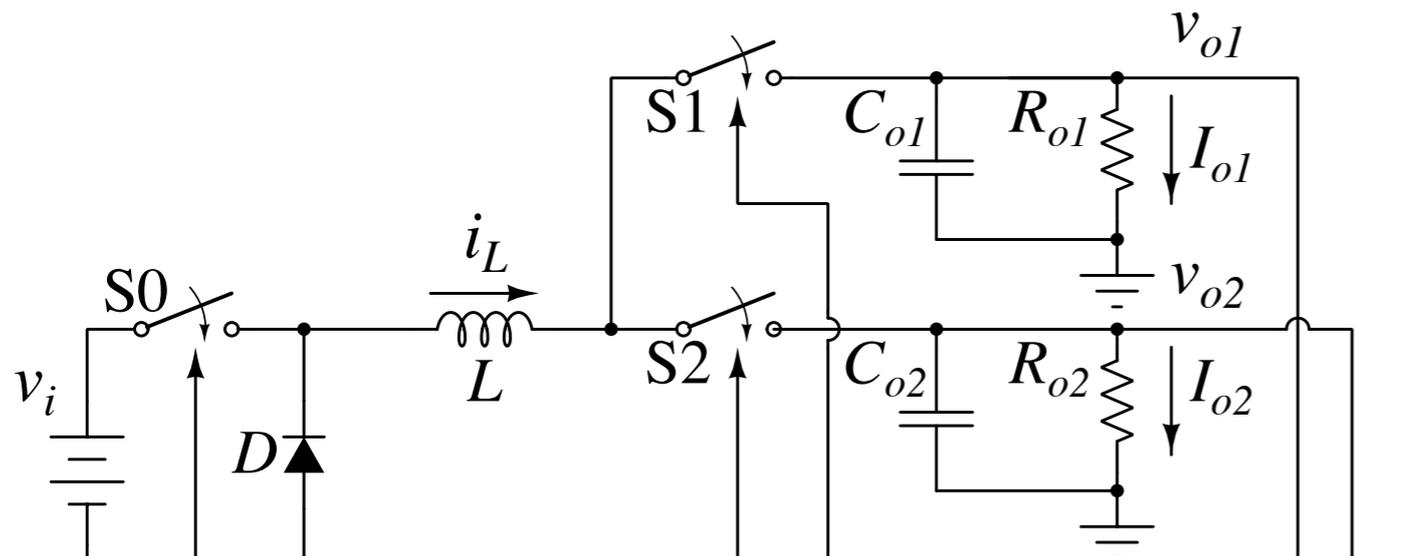
saw1, saw2は
SELと同期して生成している

図 SIDO電源回路

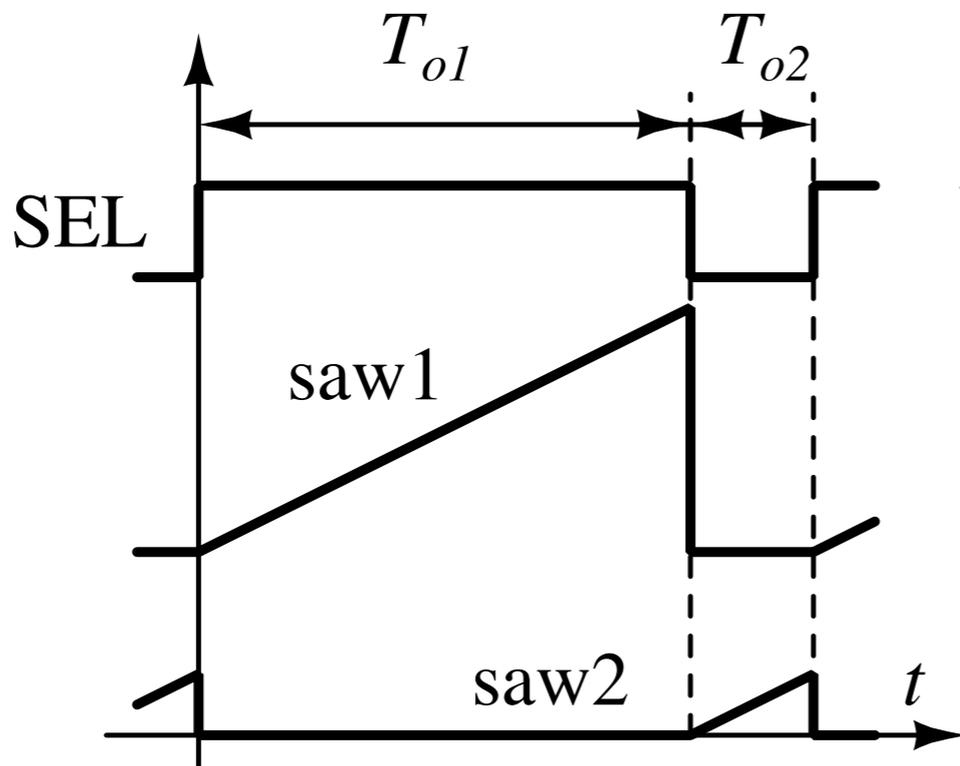
タイミングチャート



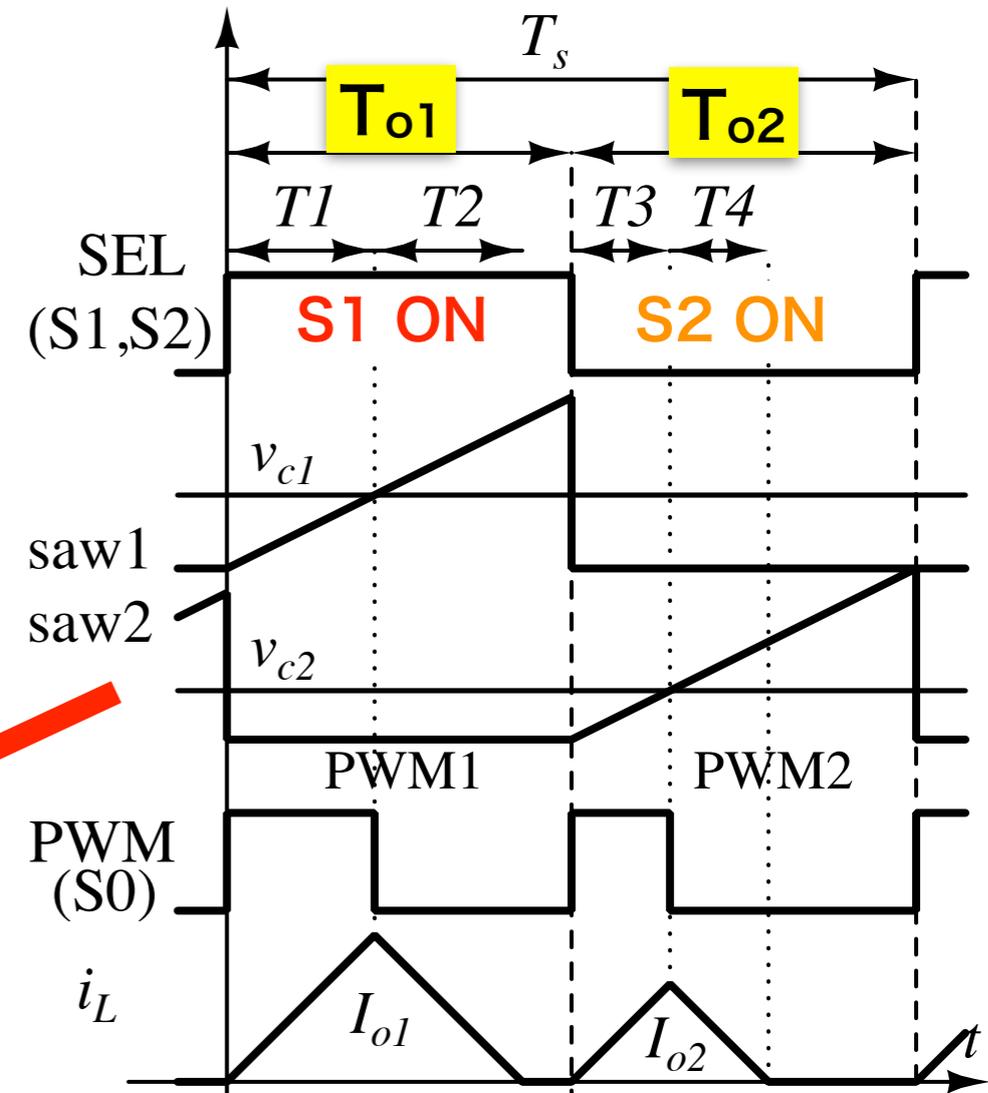
制御時間比率が変化するときの鋸歯状波



制御比率が変化するときの saw1、saw2 の変化

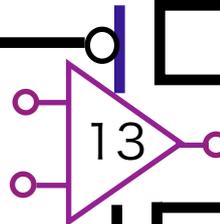


タイミングチャート

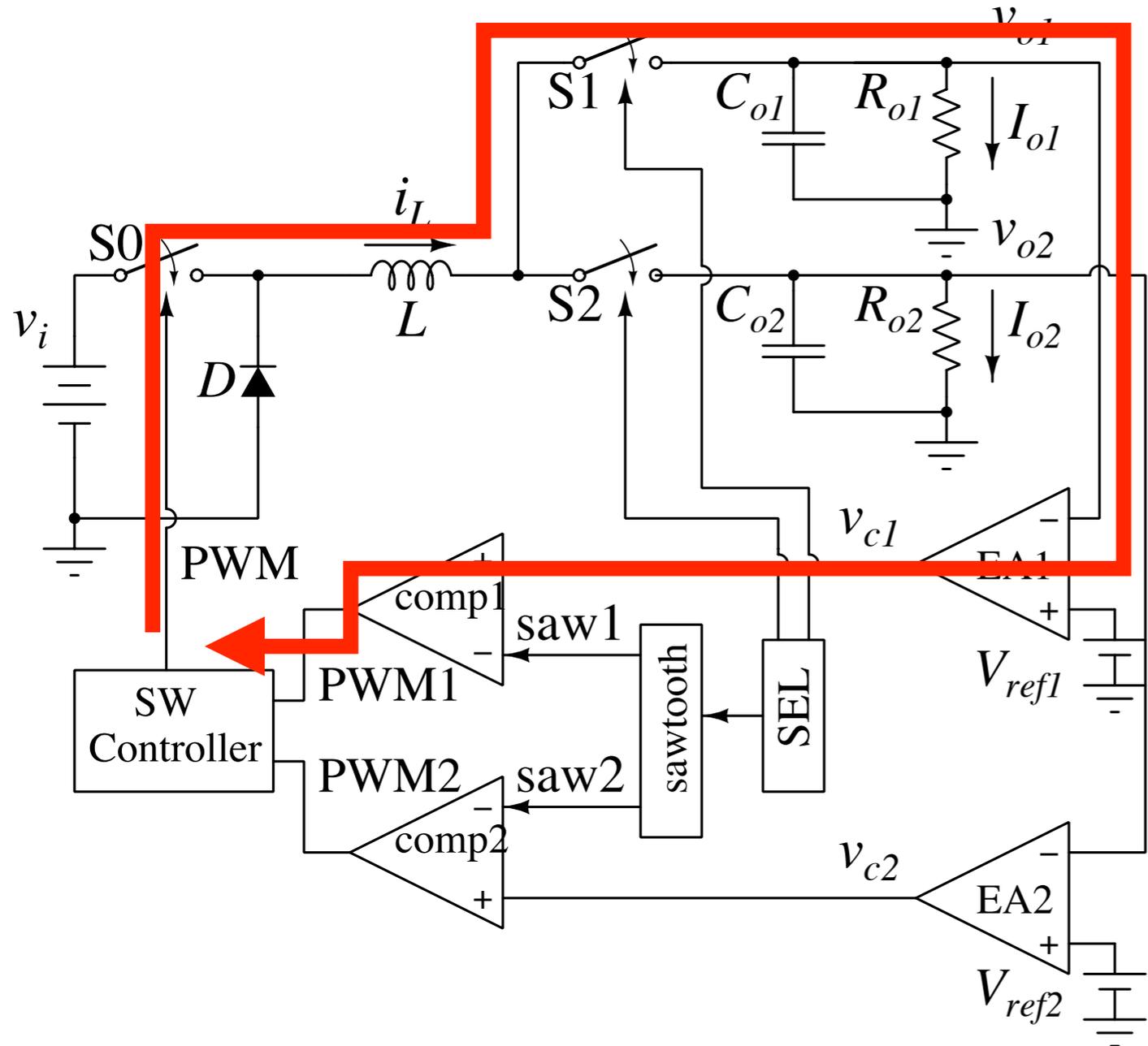


一巡伝達特性に影響はないのか

電流値固定型鋸歯状波生成回路を用いた場合



シミュレーション回路

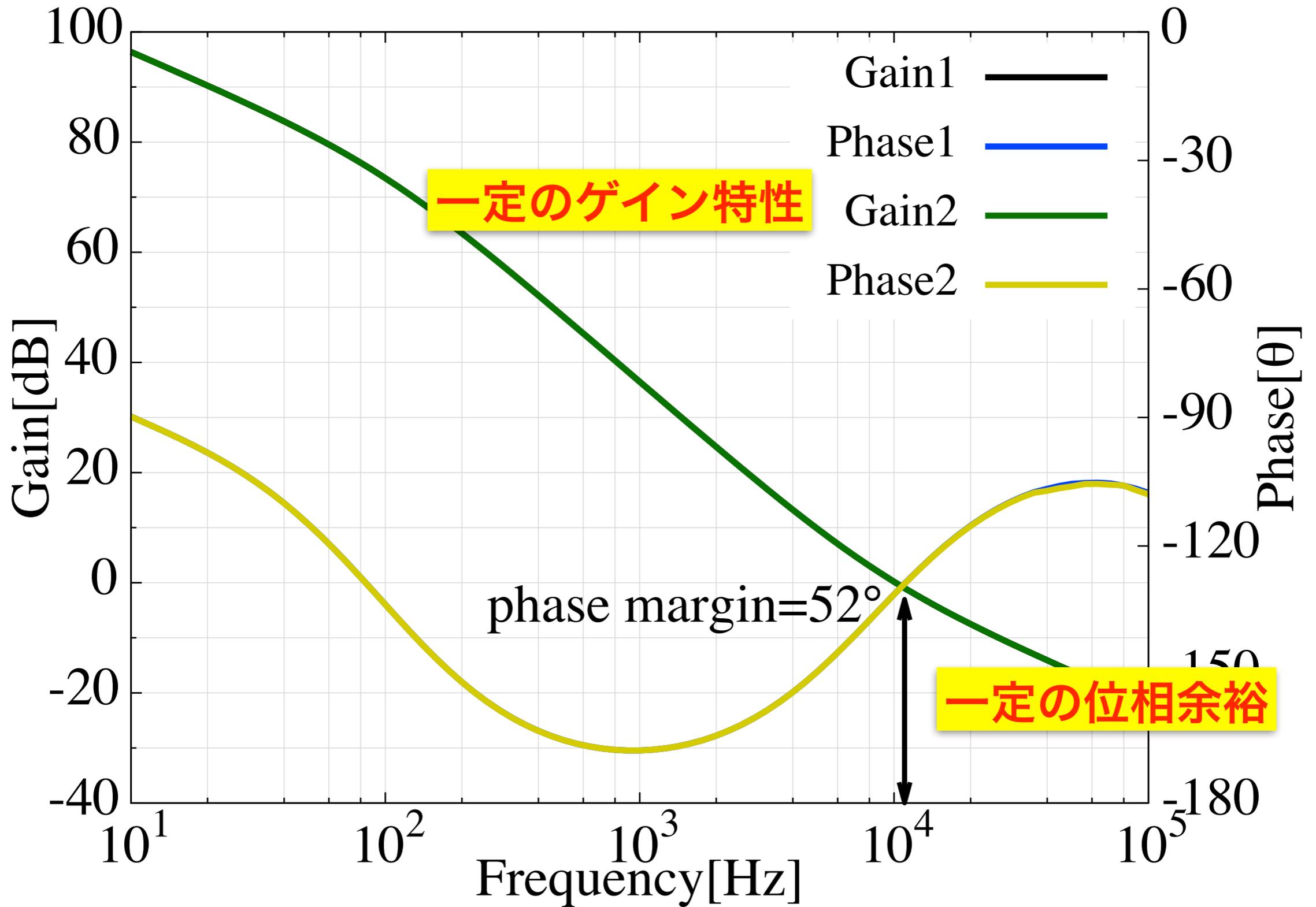
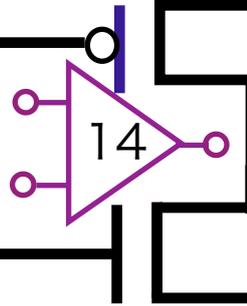


シミュレーション条件

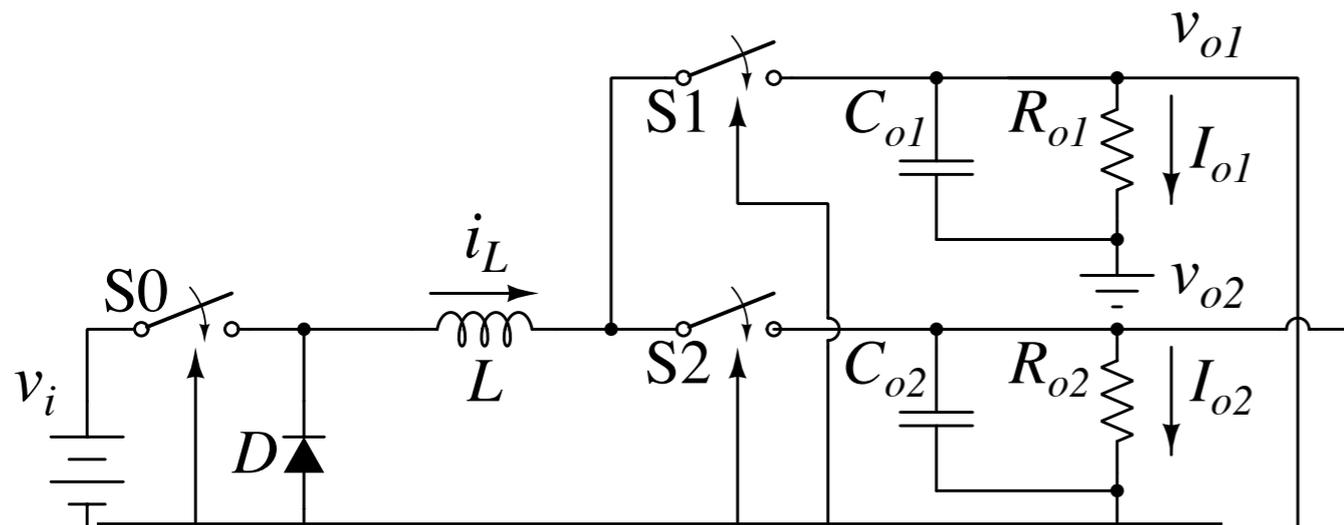
入力電圧	10V
出力電圧	5V
出力電圧	4V
負荷電流	0.5A
負荷電流	0.5A
参照電圧	5V
参照電圧	4V
インダクタ \$L\$	0.5 \$\mu\$H
出力容量	470 \$\mu\$F
動作周波数 \$f\$	200kHz

制御時間比率 \$T_{o1} : T_{o2}\$ は 1 : 1 から 1 : 10 に変化させる

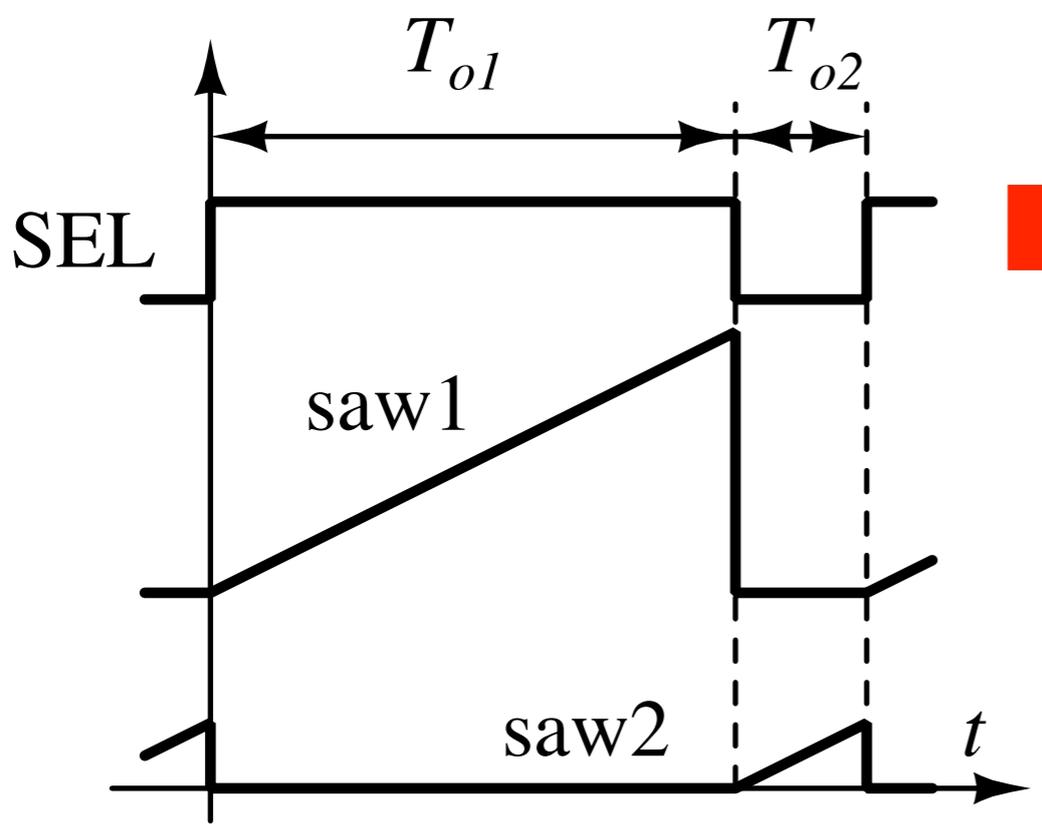
一巡伝達特性(提案方式)



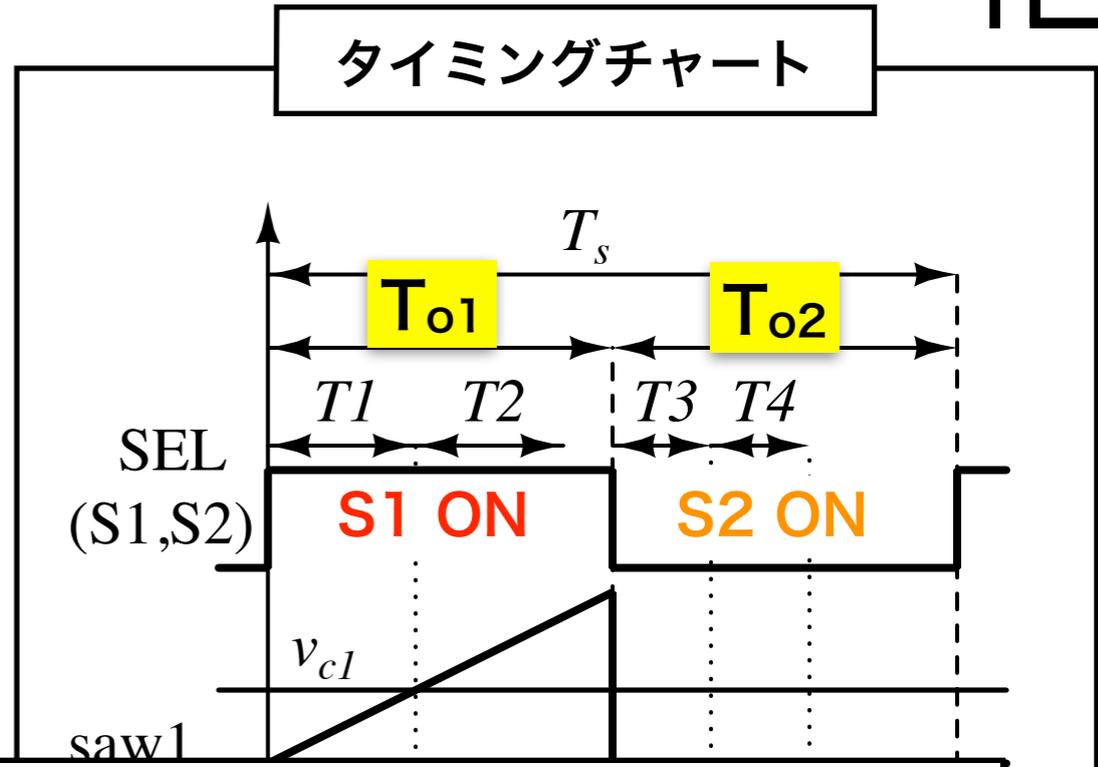
制御時間比率が変化するときの鋸歯状波



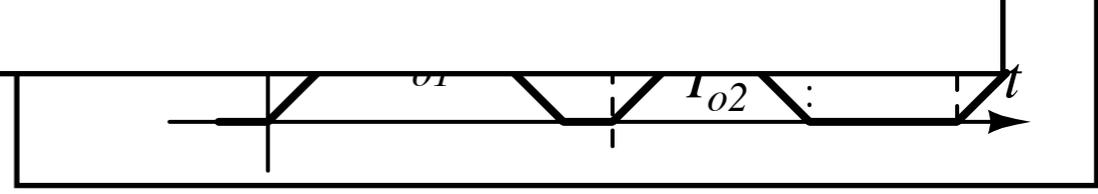
制御比率が変化するときの saw1、saw2 の変化



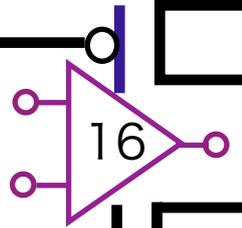
タイミングチャート



負荷電流によって変化する SEL 信号はどのように生成するのか



アウトライン



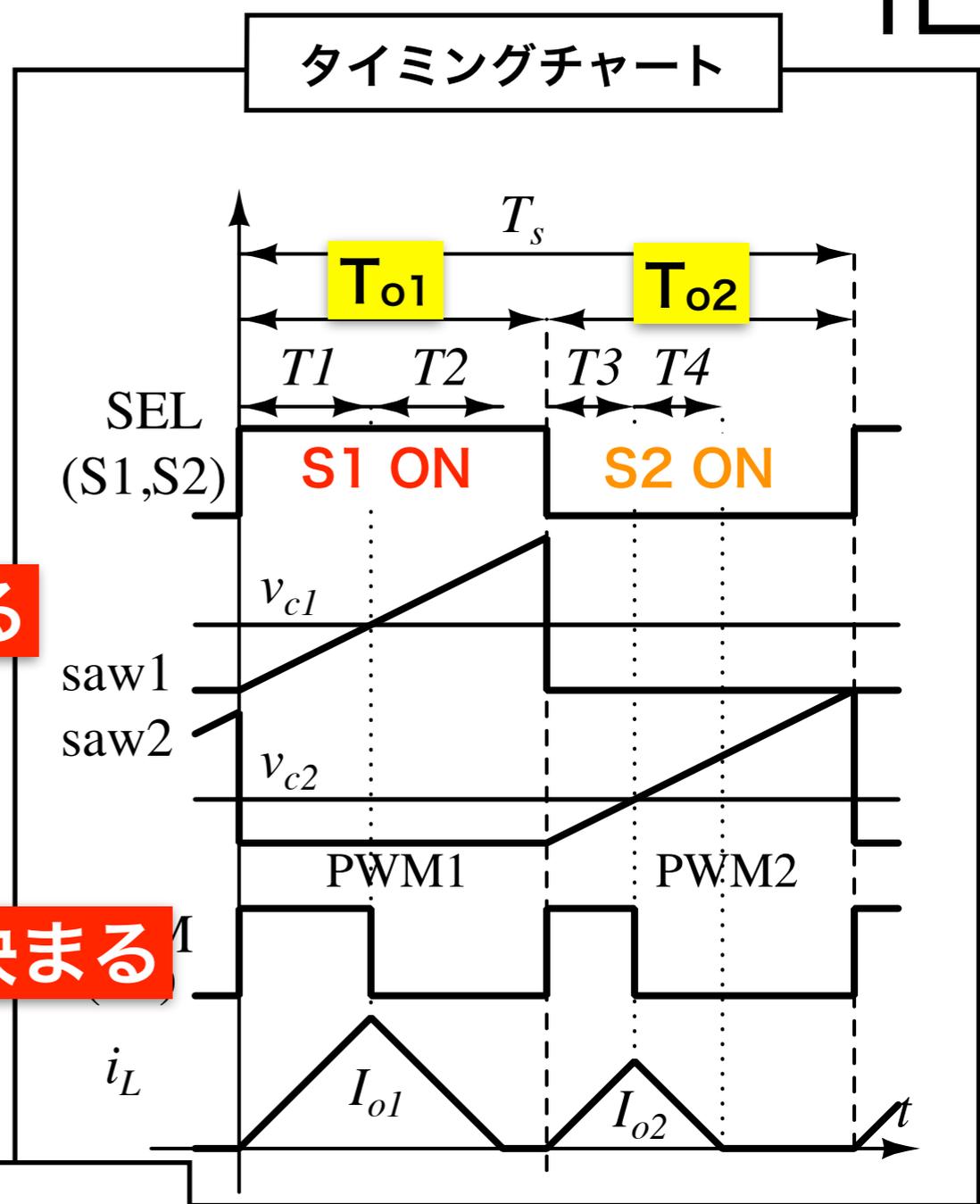
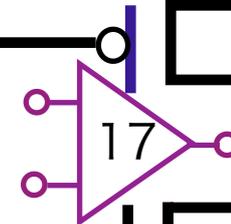
○研究背景

○**SIDO電源回路**

- 制御時間比率が固定の場合の問題点と提案方式の概念
- 鋸歯状波の検討
- **提案方式SEL信号生成回路**
- シミュレーション結果

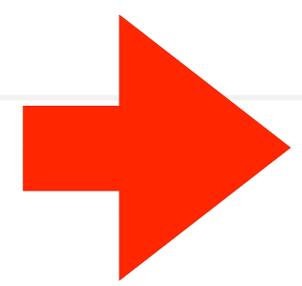
○まとめと今後の課題

DCMの場合の特徴



②PWM幅から v_c の値が決まる

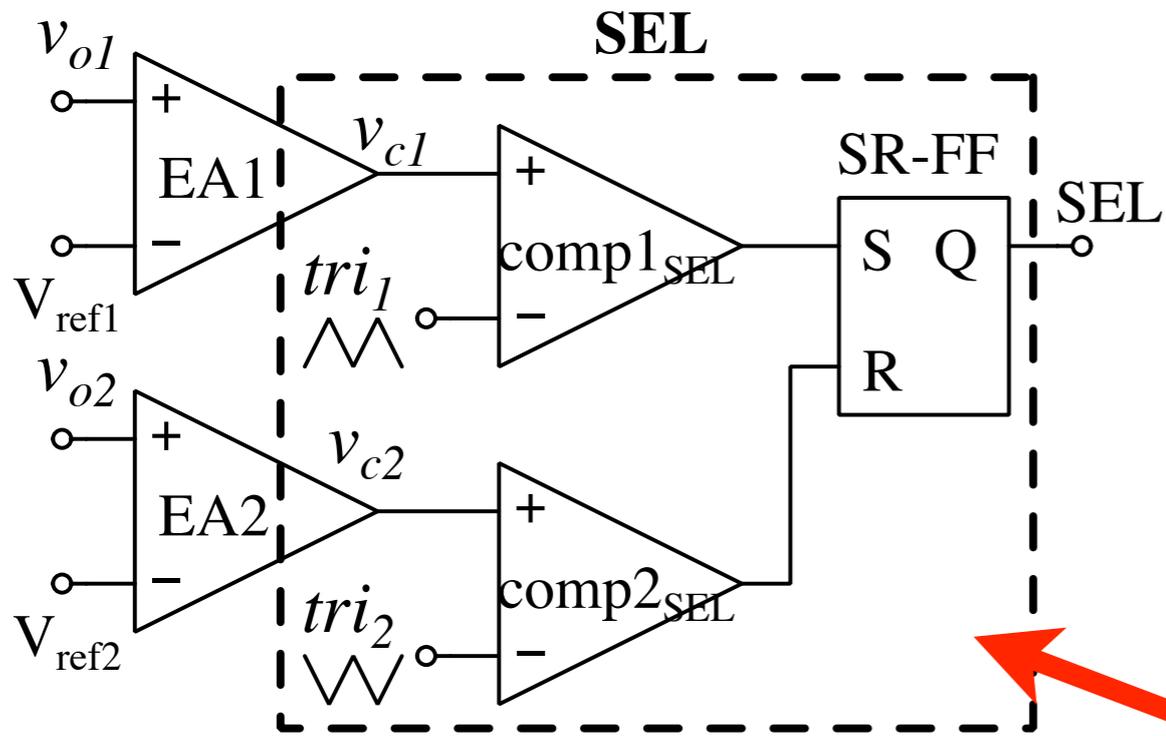
①負荷電流から必要なPWM幅が決まる



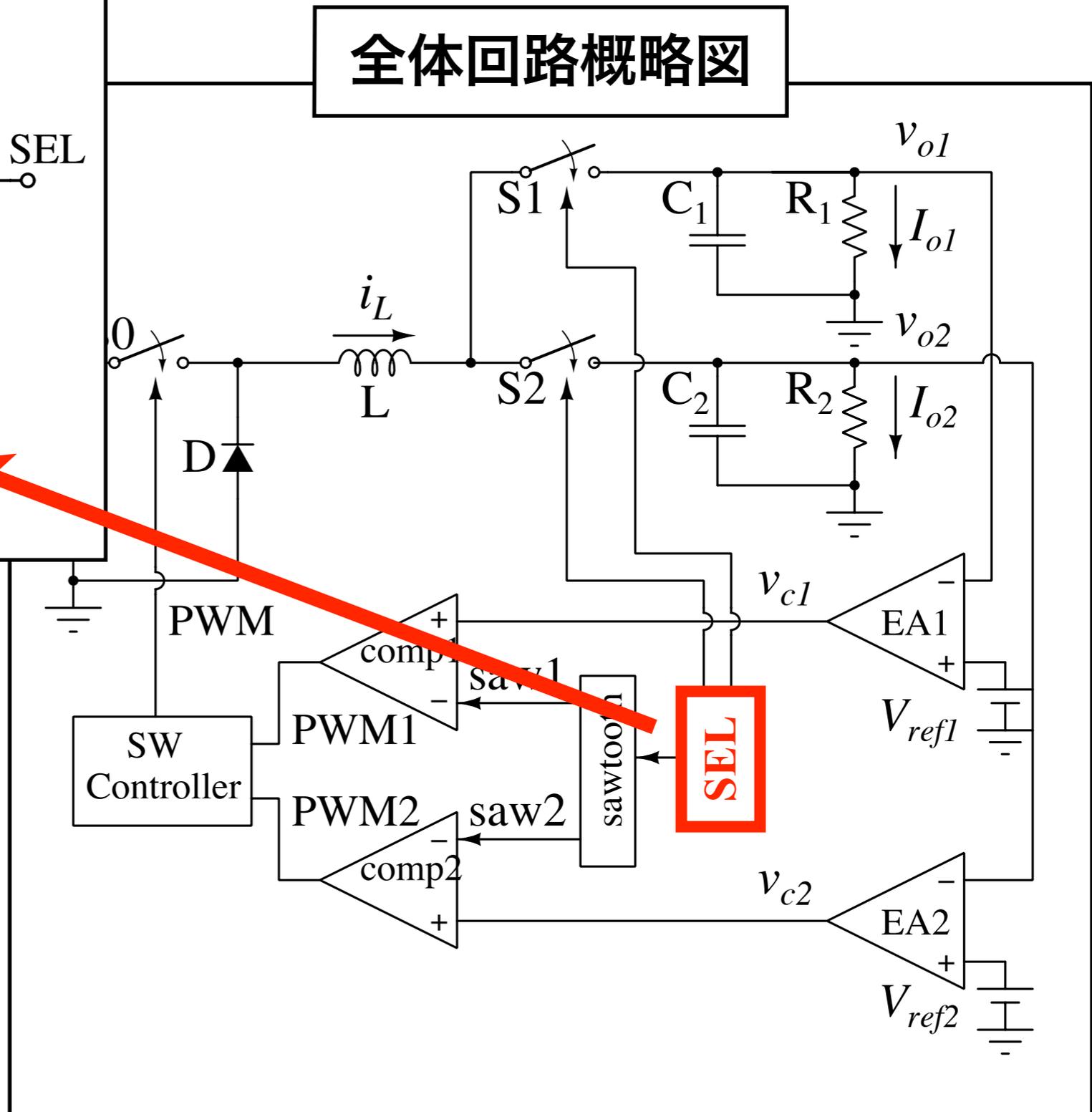
負荷電流と v_c は比例関係にある

提案するSEL信号生成回路

提案するSEL信号生成回路

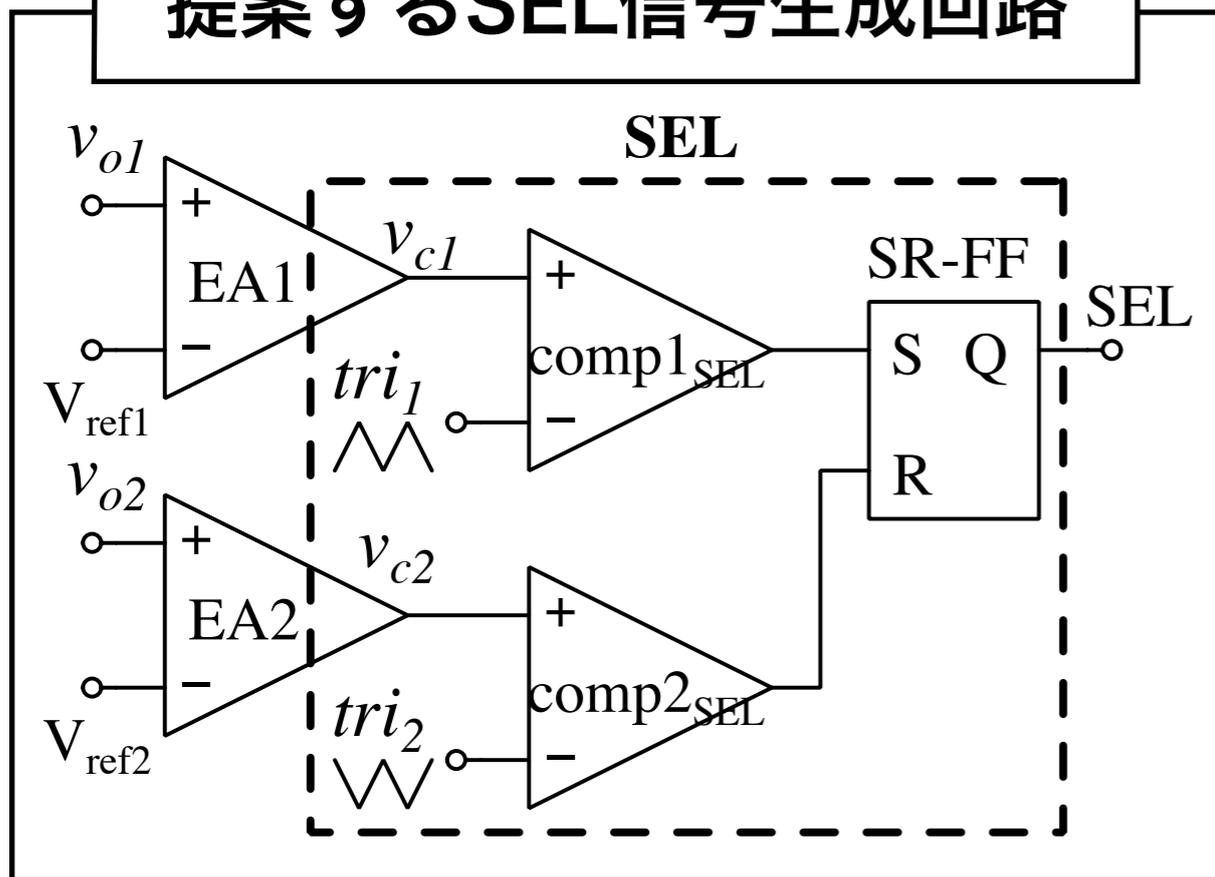


全体回路概略図

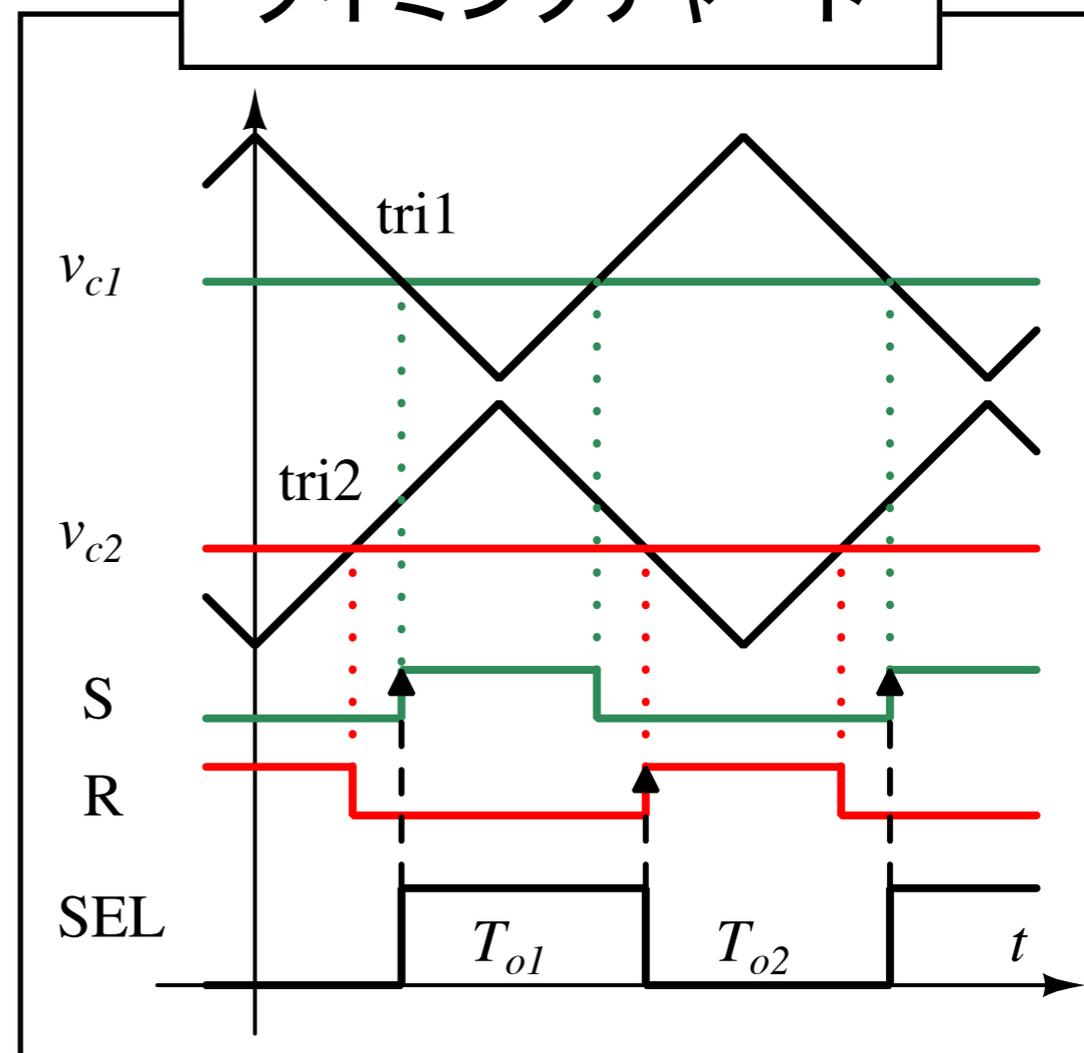


提案するSEL信号生成回路

提案するSEL信号生成回路

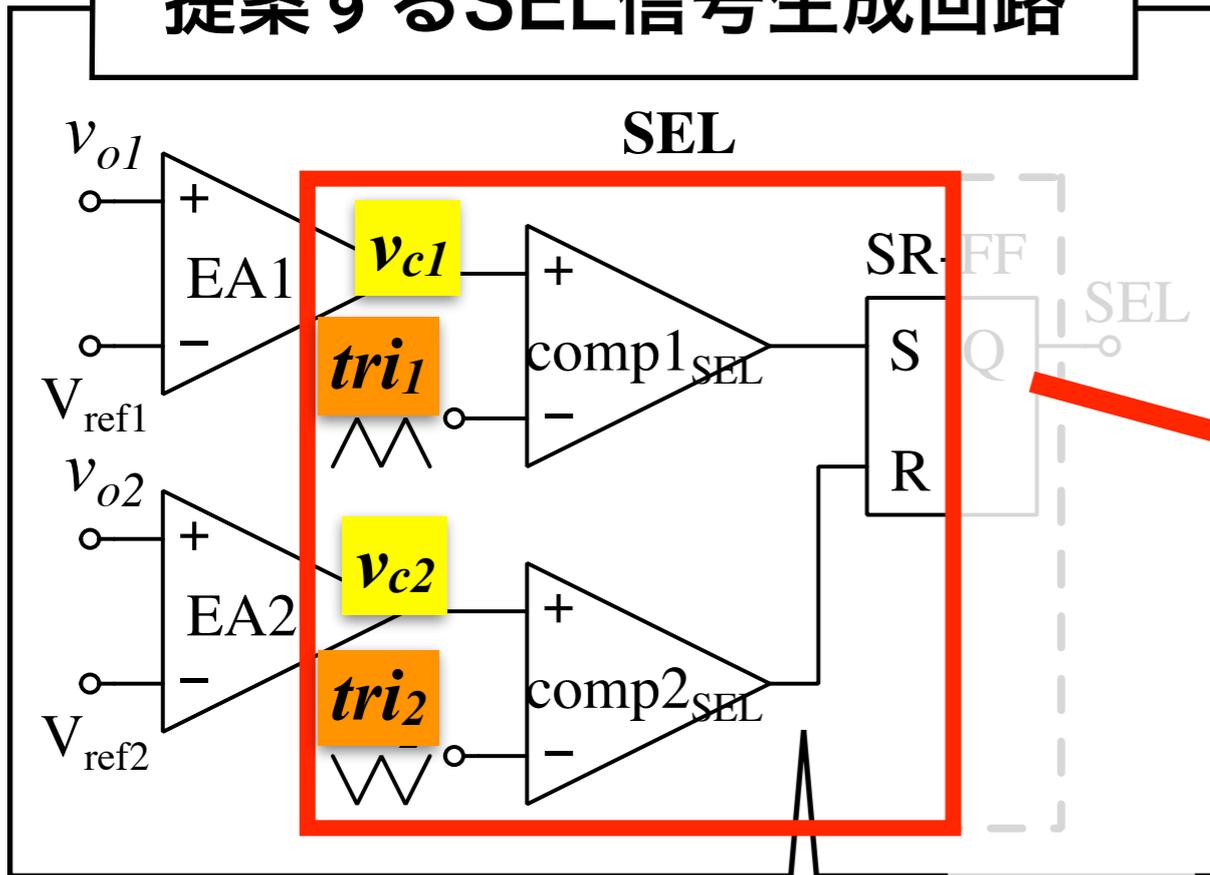


タイミングチャート



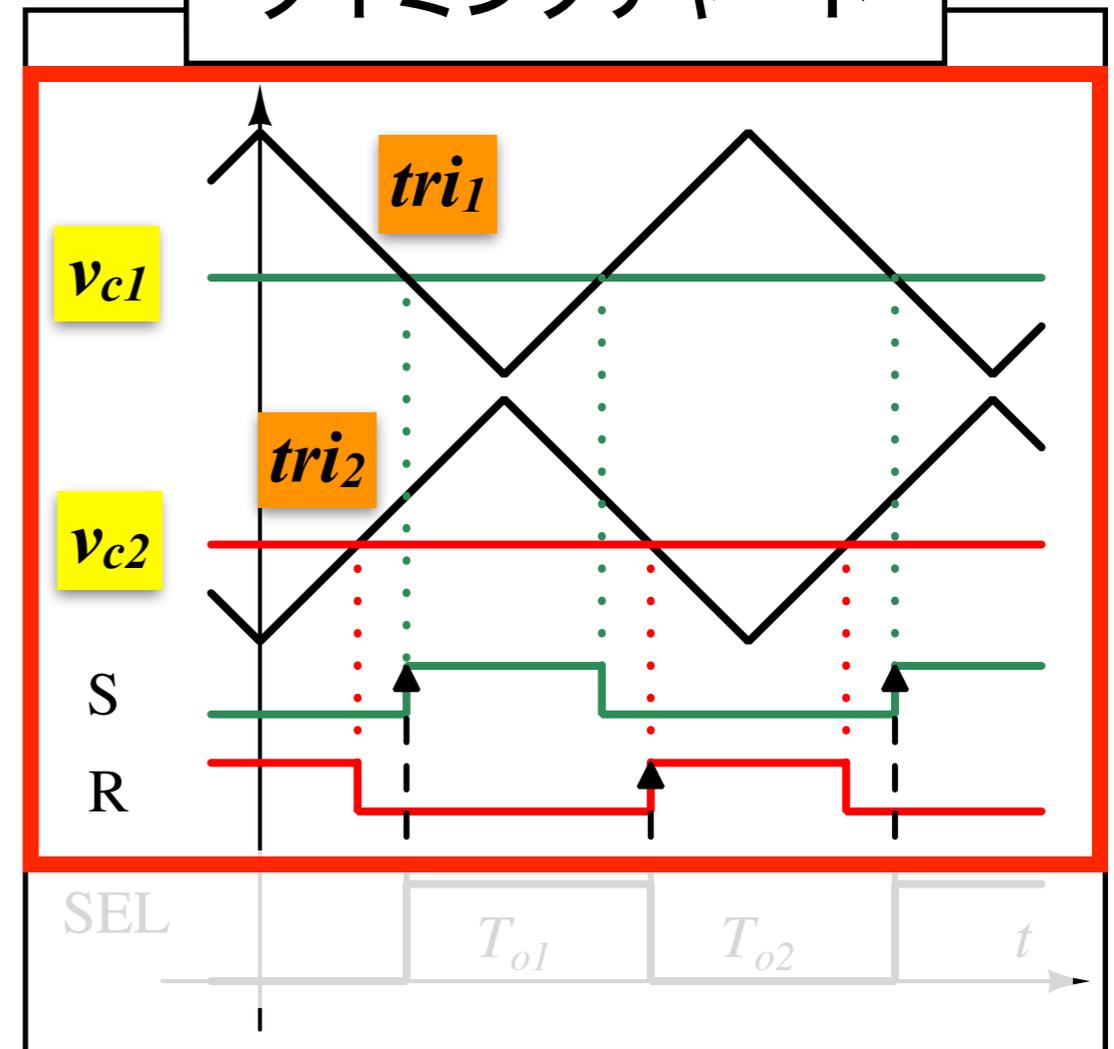
提案するSEL信号生成回路

提案するSEL信号生成回路

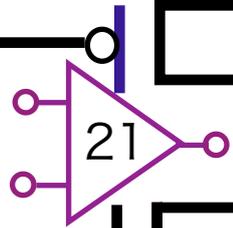


2つのコンパレータで、
三角波とvc1を比較して矩形波S,Rを生成

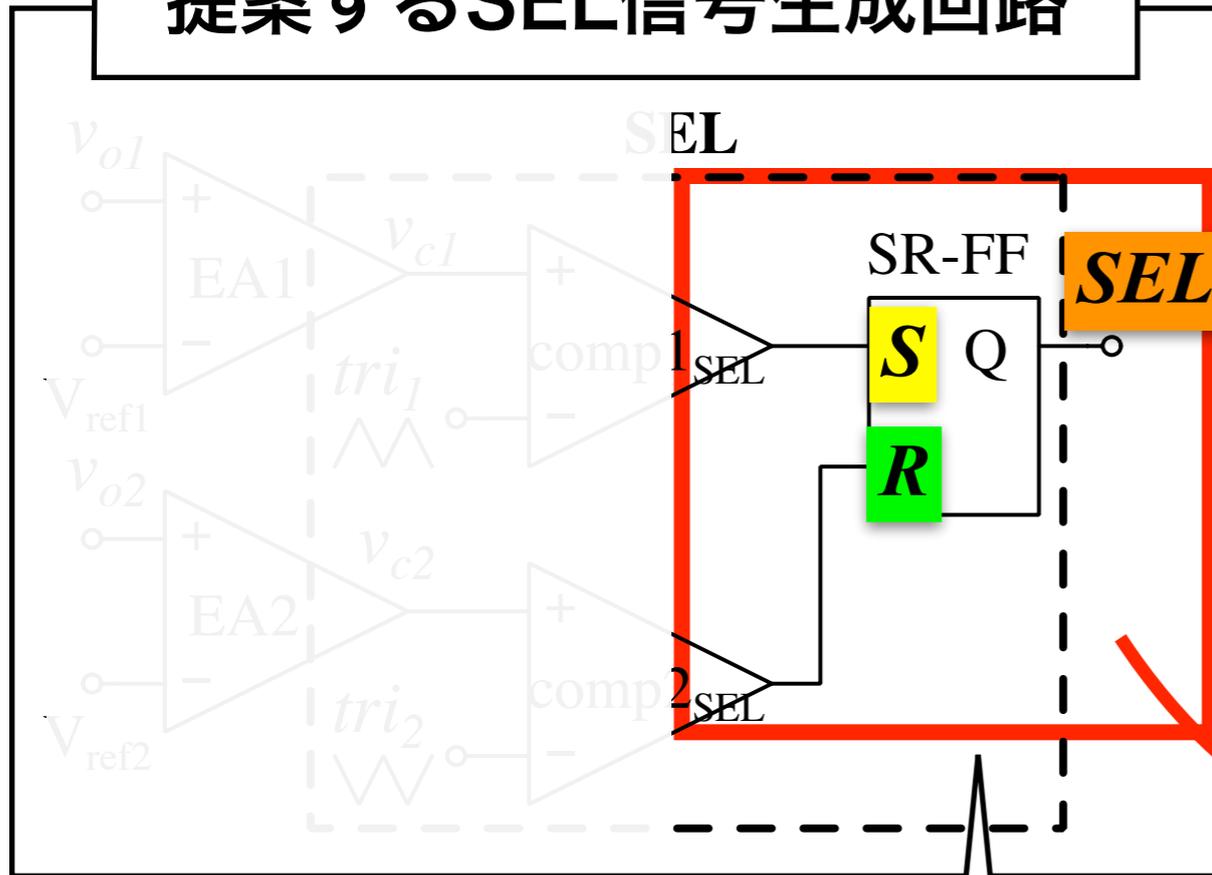
タイミングチャート



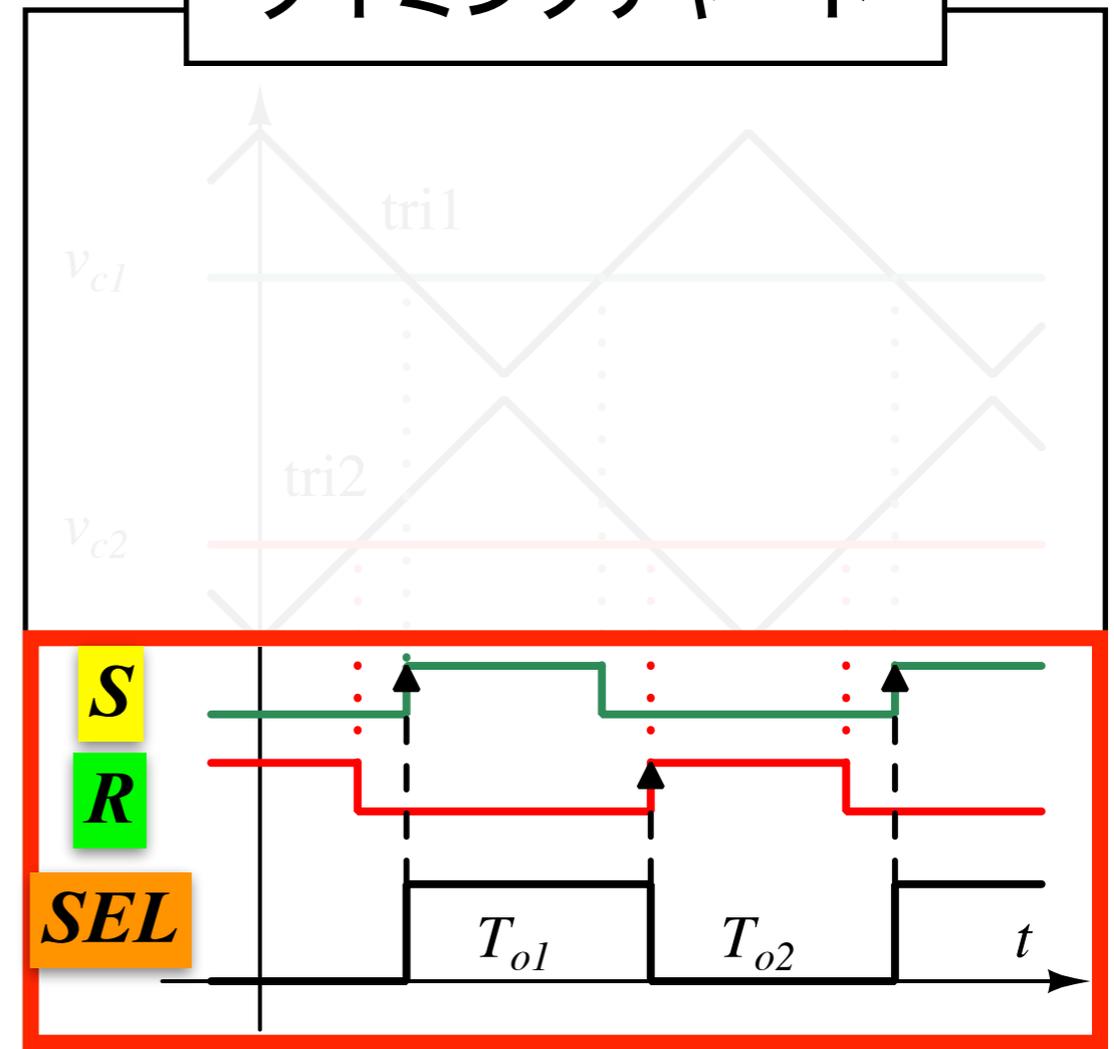
提案するSEL信号生成回路



提案するSEL信号生成回路



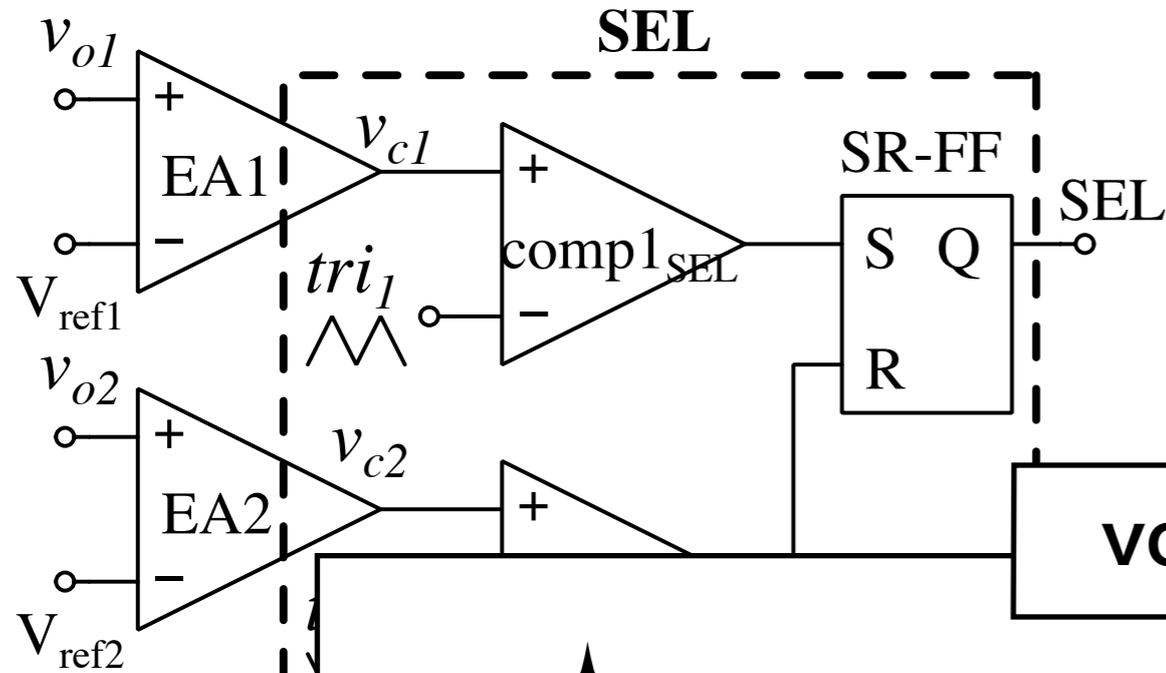
タイミングチャート



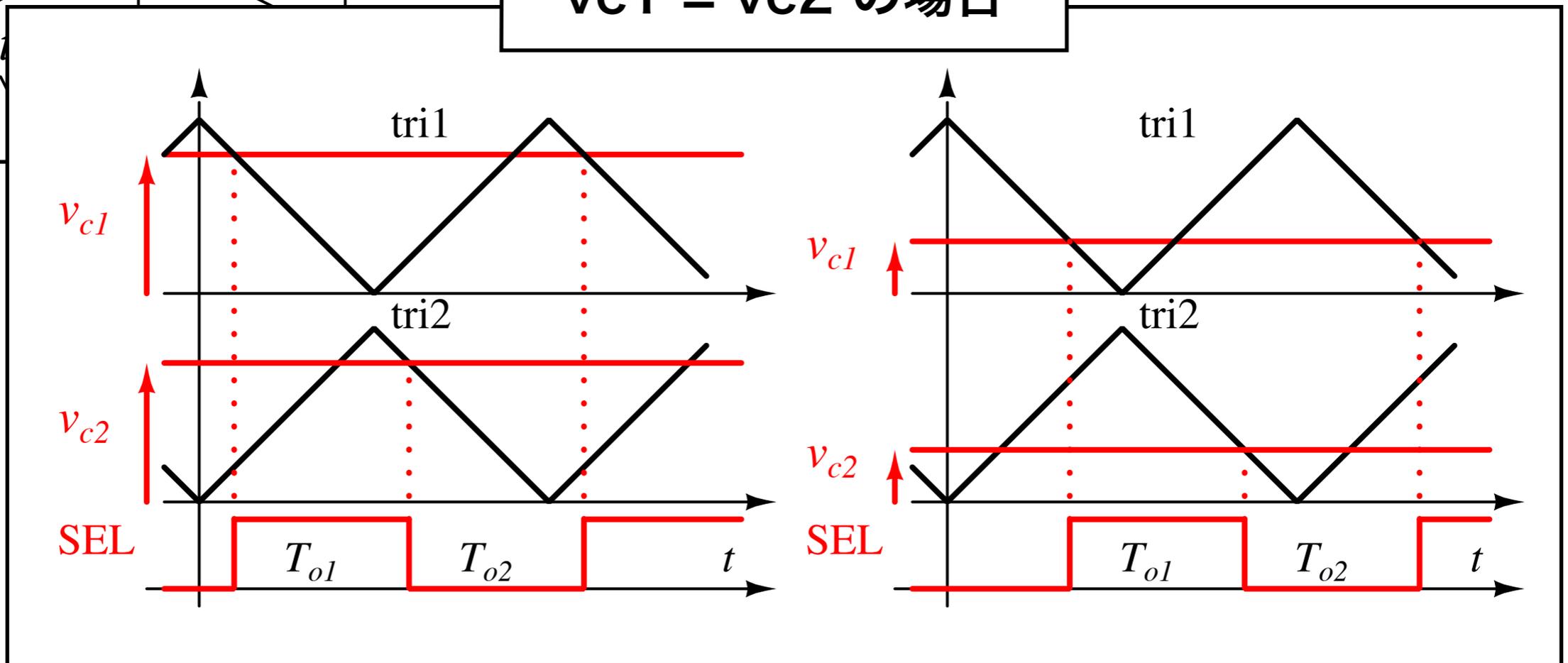
矩形波の立ち上がりをSR-FFで検出することで、SEL信号を生成

提案するSEL信号生成回路(vc1 = vc2 の場合)

提案するSEL信号生成回路

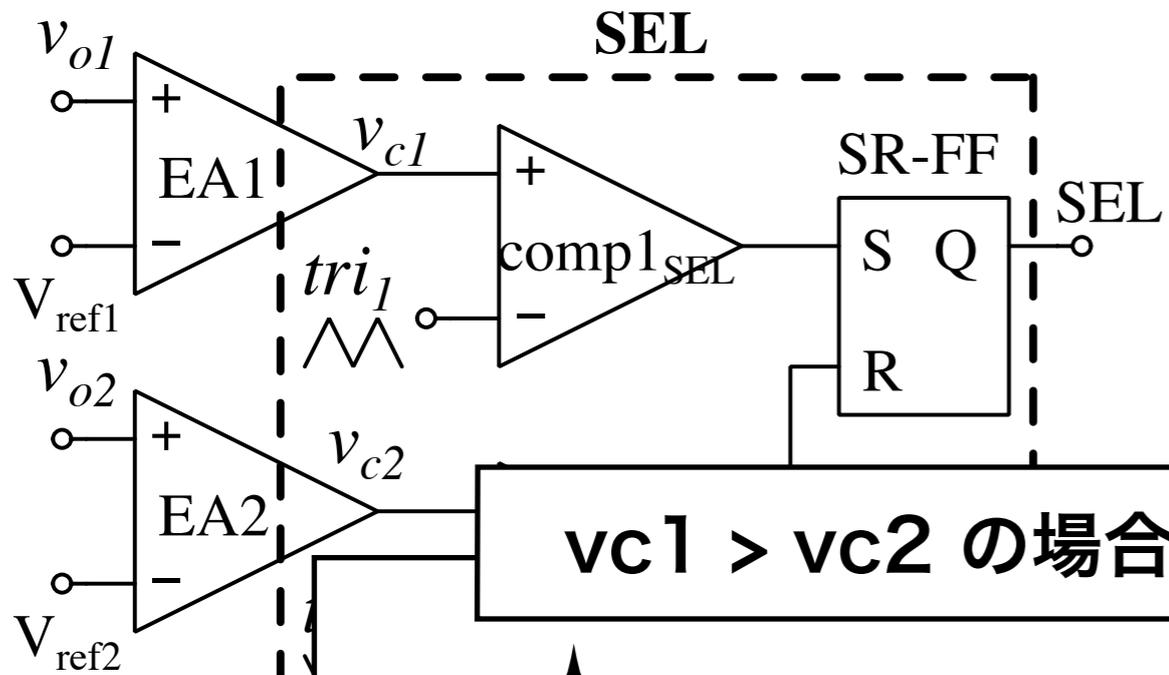


vc1 = vc2 の場合



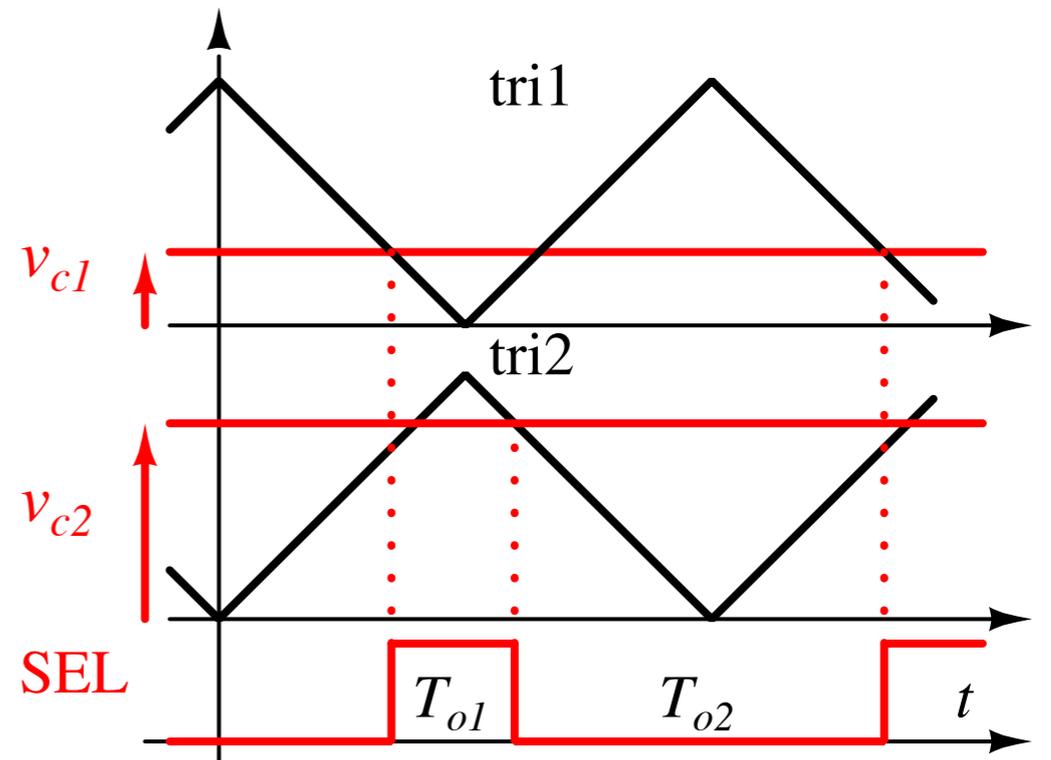
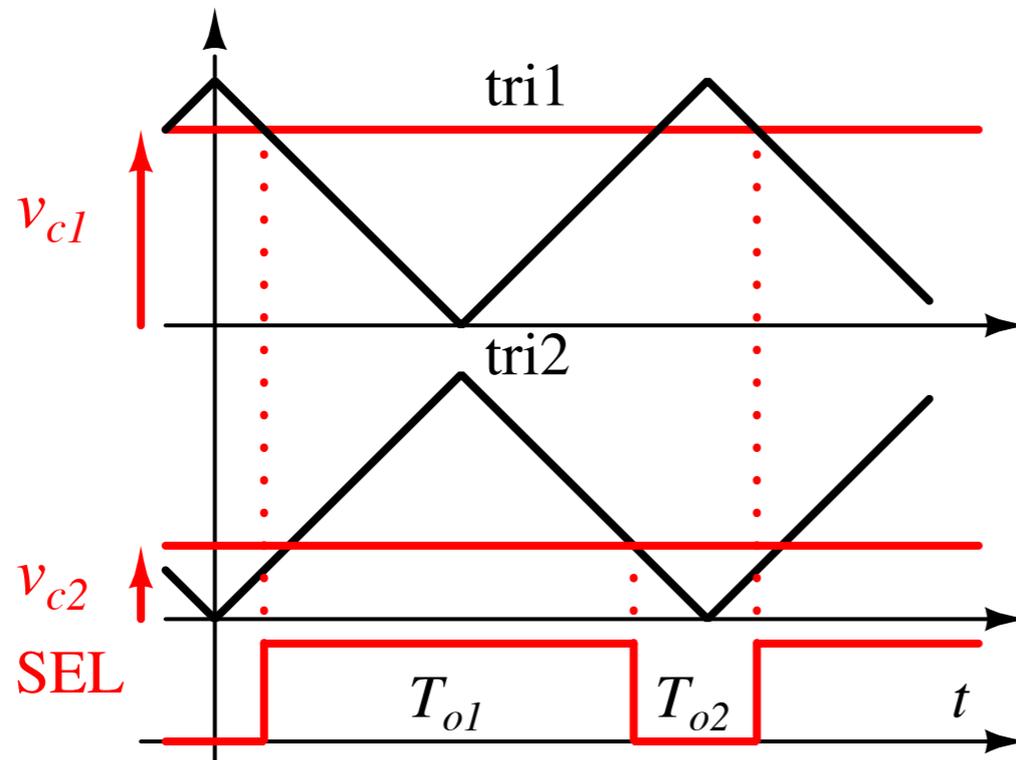
提案するSEL信号生成回路(vc1 ≠ vc2 の場合)

提案するSEL信号生成回路

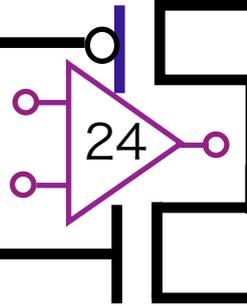


vc1 > vc2 の場合

vc1 < vc2 の場合

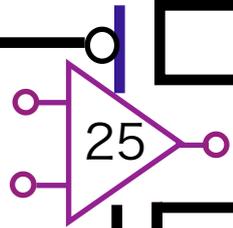


アウトライン

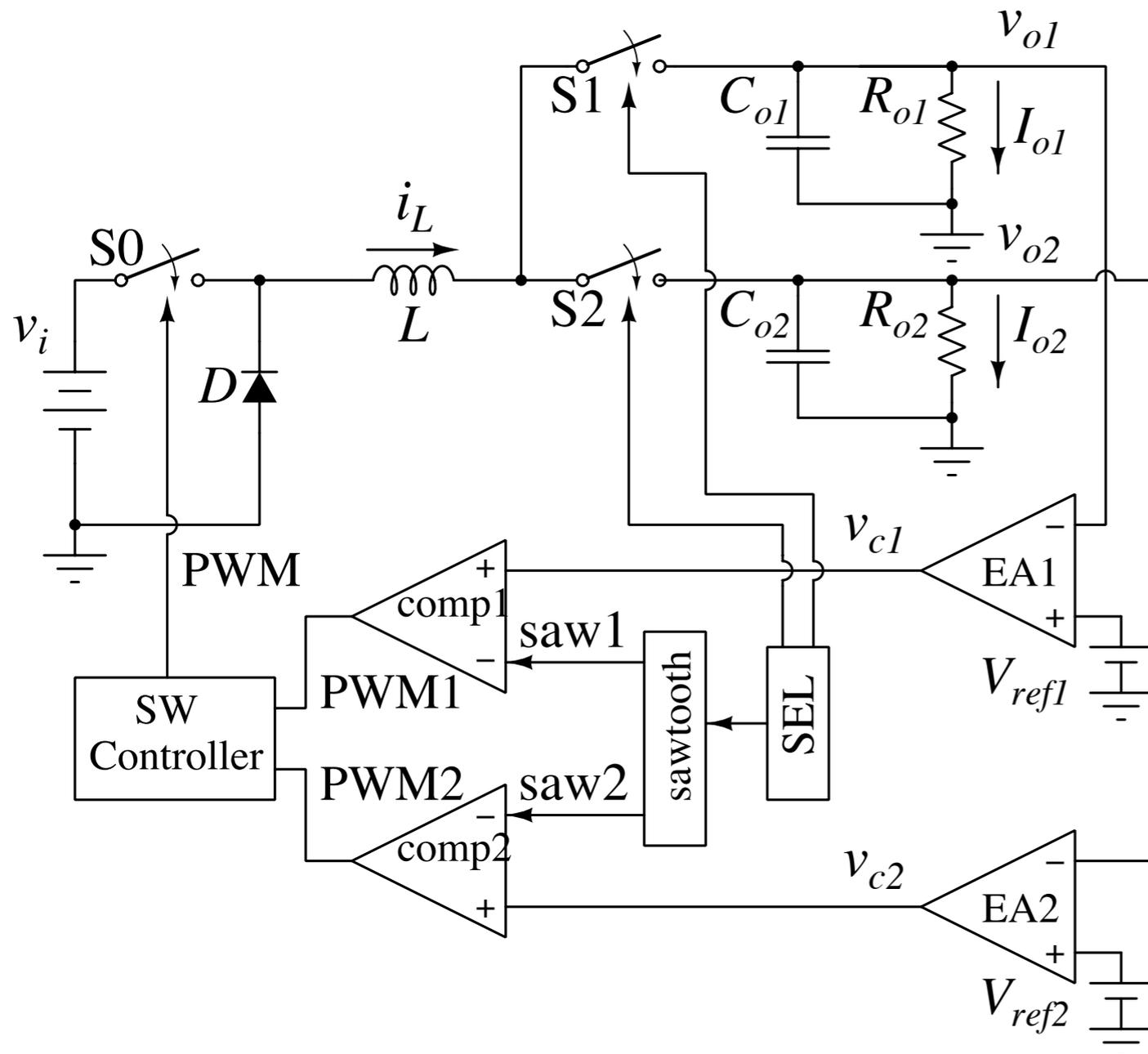


- 研究背景
- SIDO電源回路
 - ・制御時間比率が固定の場合の問題点と提案方式の概念
 - ・鋸歯状波の検討
 - ・提案方式SEL信号生成回路
 - ・シミュレーション結果
- まとめと今後の課題

シミュレーション回路・条件



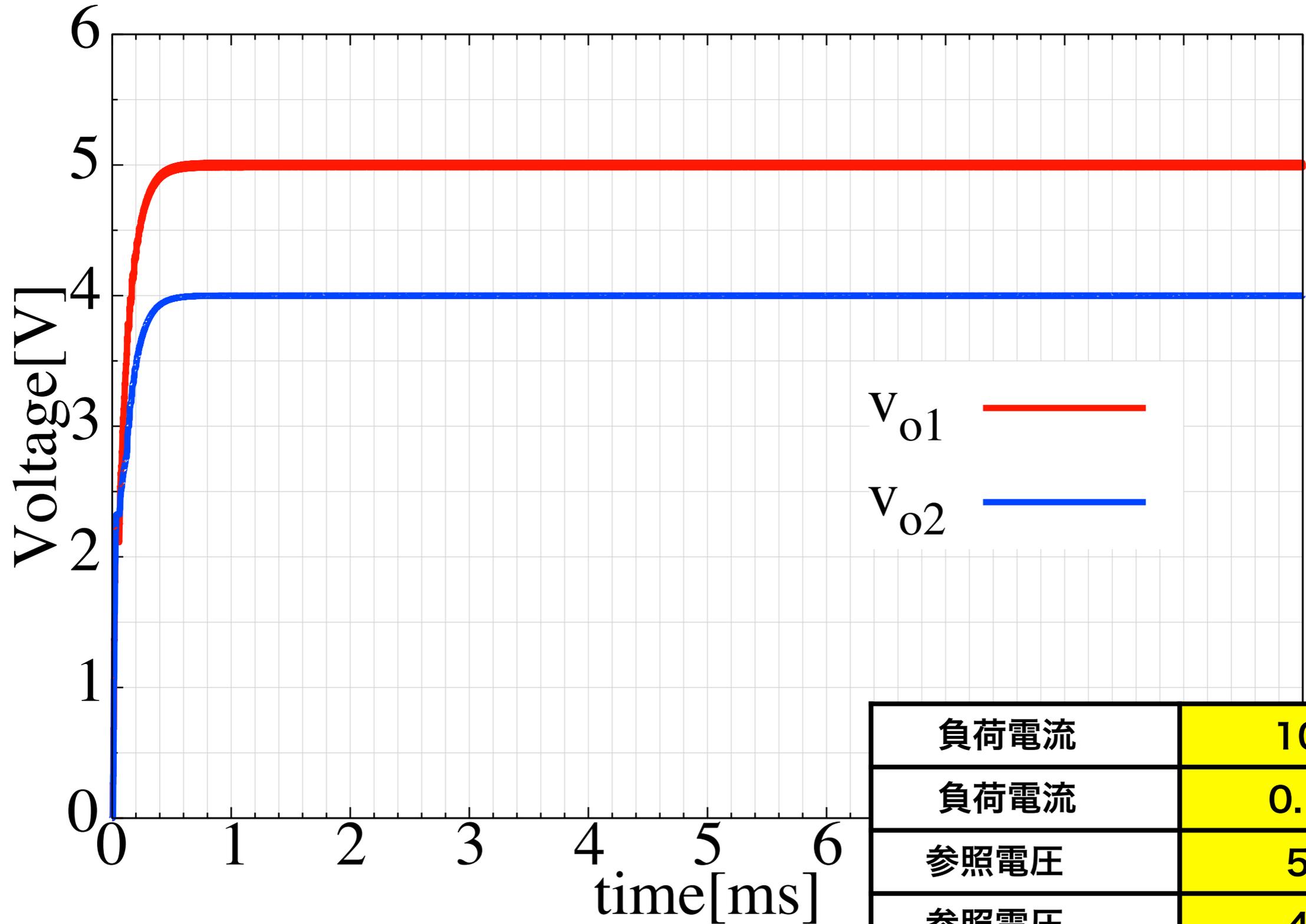
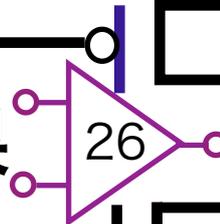
シミュレーション回路



シミュレーション条件

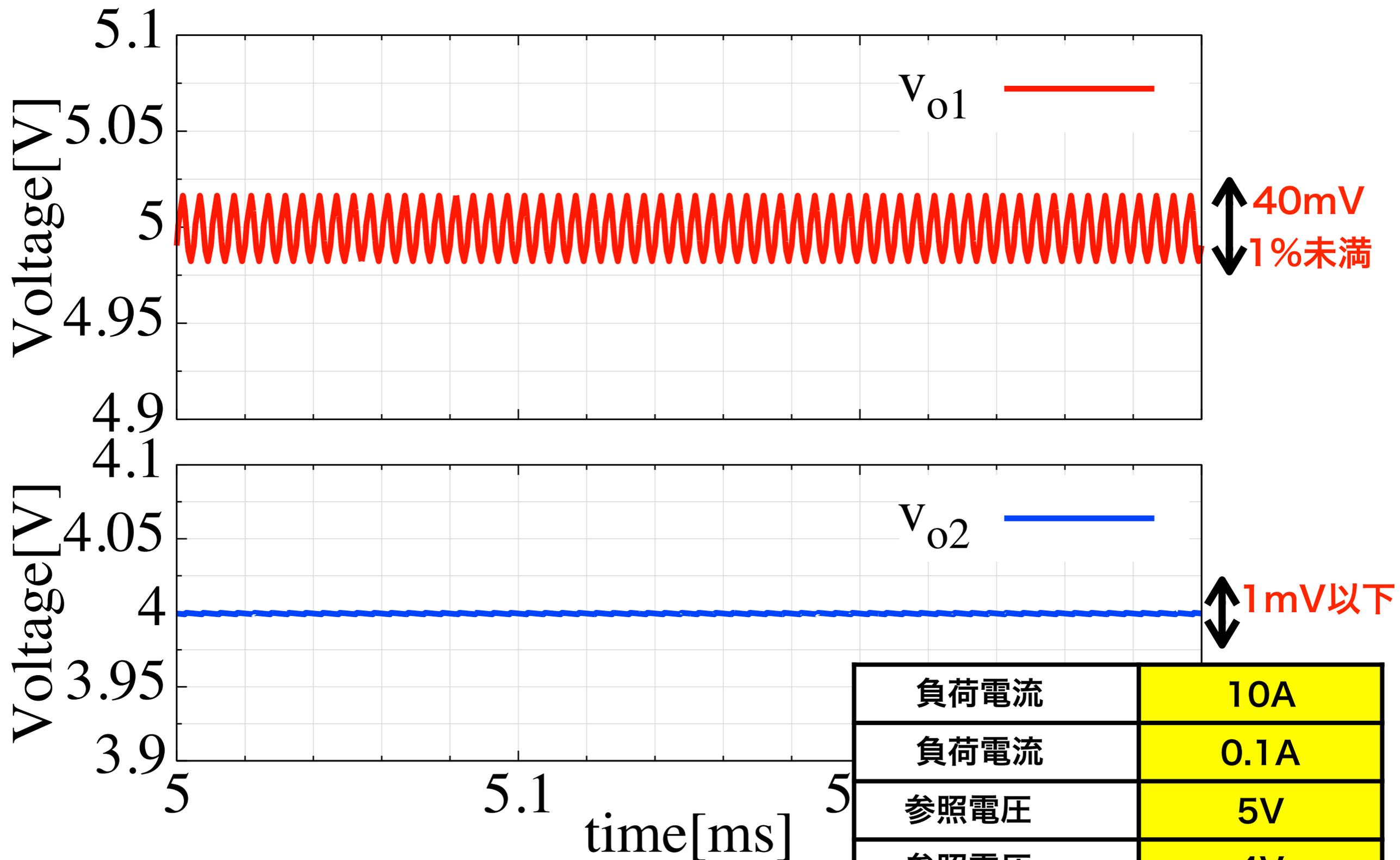
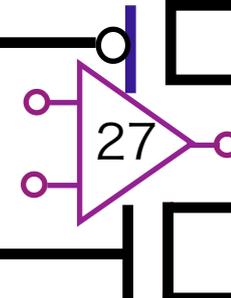
入力電圧	10V
出力電圧	5V
出力電圧	4V
負荷電流	10A
負荷電流	0.1A
参照電圧	5V
参照電圧	4V
インダクタ L	$0.5\mu\text{H}$
出力容量	$470\mu\text{F}$
動作周波数 f	200kHz

電源投入時から目標電圧に収束するまでのトランジェント解析結果



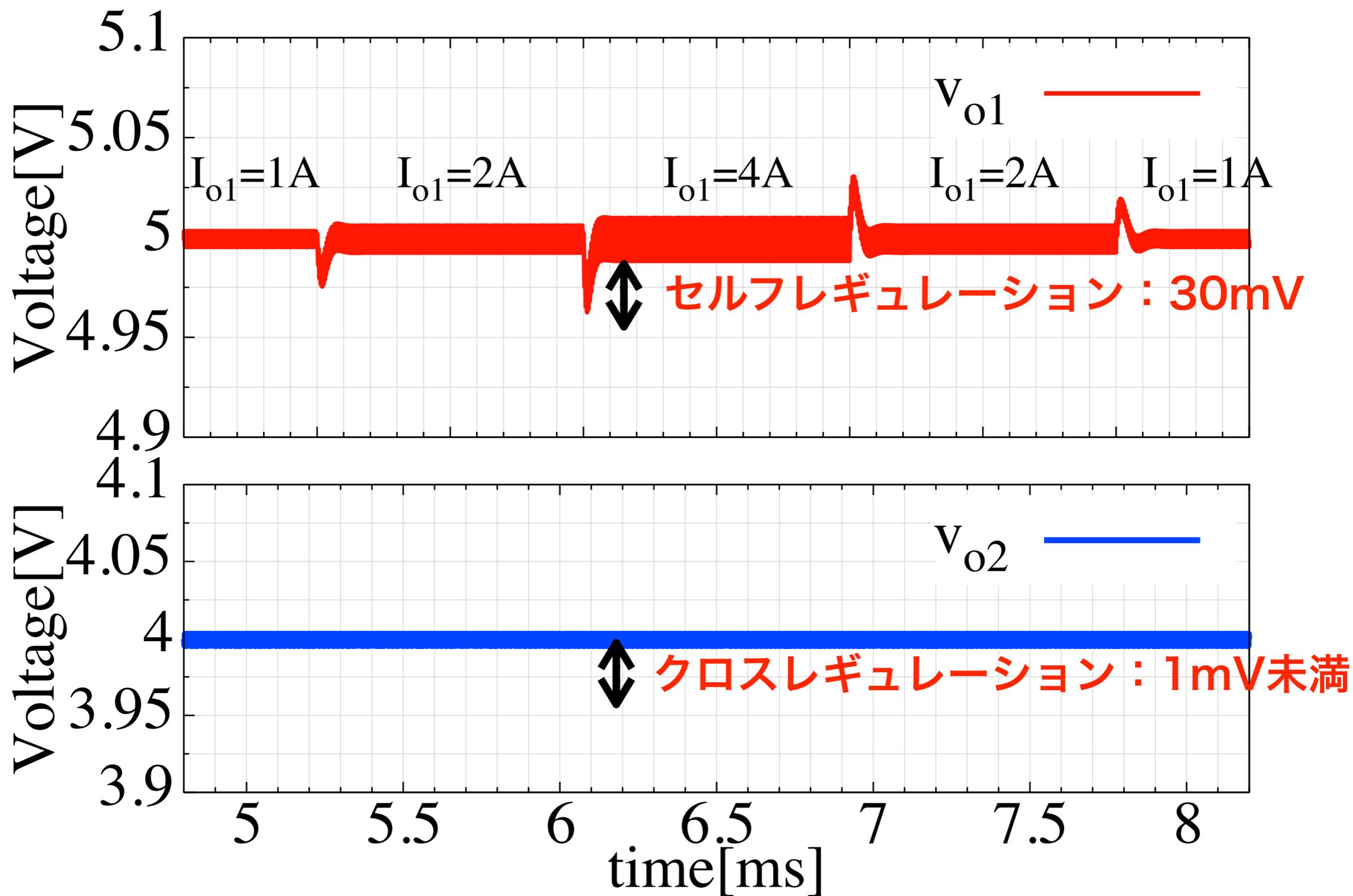
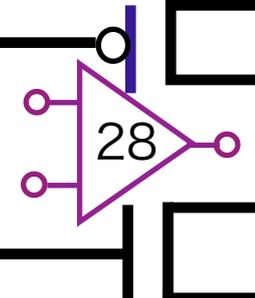
負荷電流	10A
負荷電流	0.1A
参照電圧	5V
参照電圧	4V

定常特性—出力電圧リップル特性

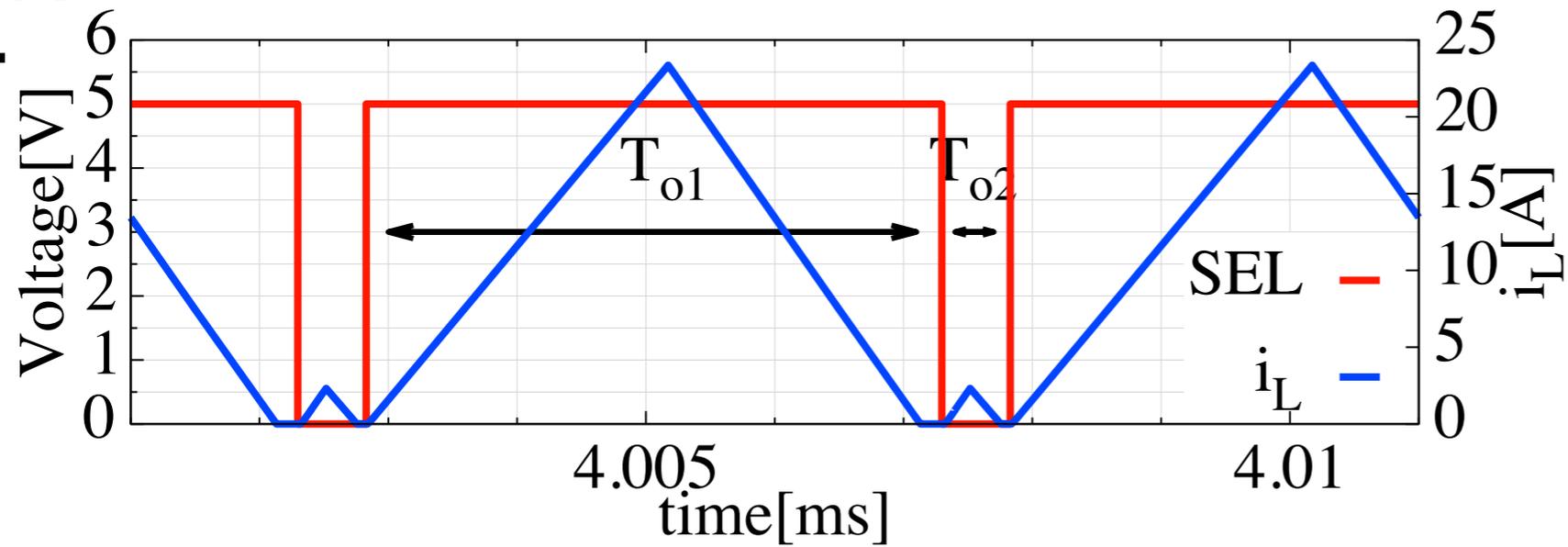
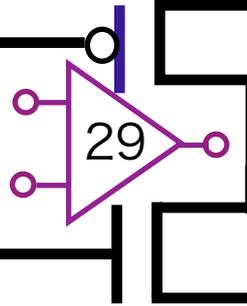


負荷電流	10A
負荷電流	0.1A
参照電圧	5V
参照電圧	4V

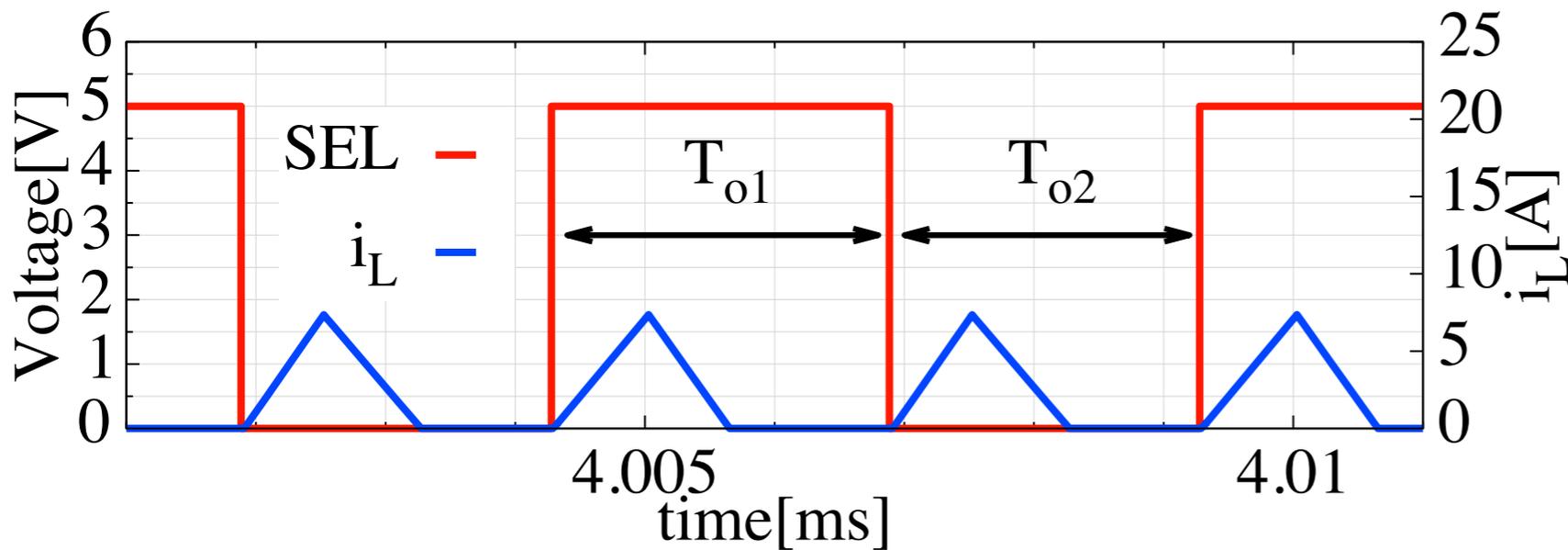
負荷応答特性 ($I_{o2}=1A$ 固定)



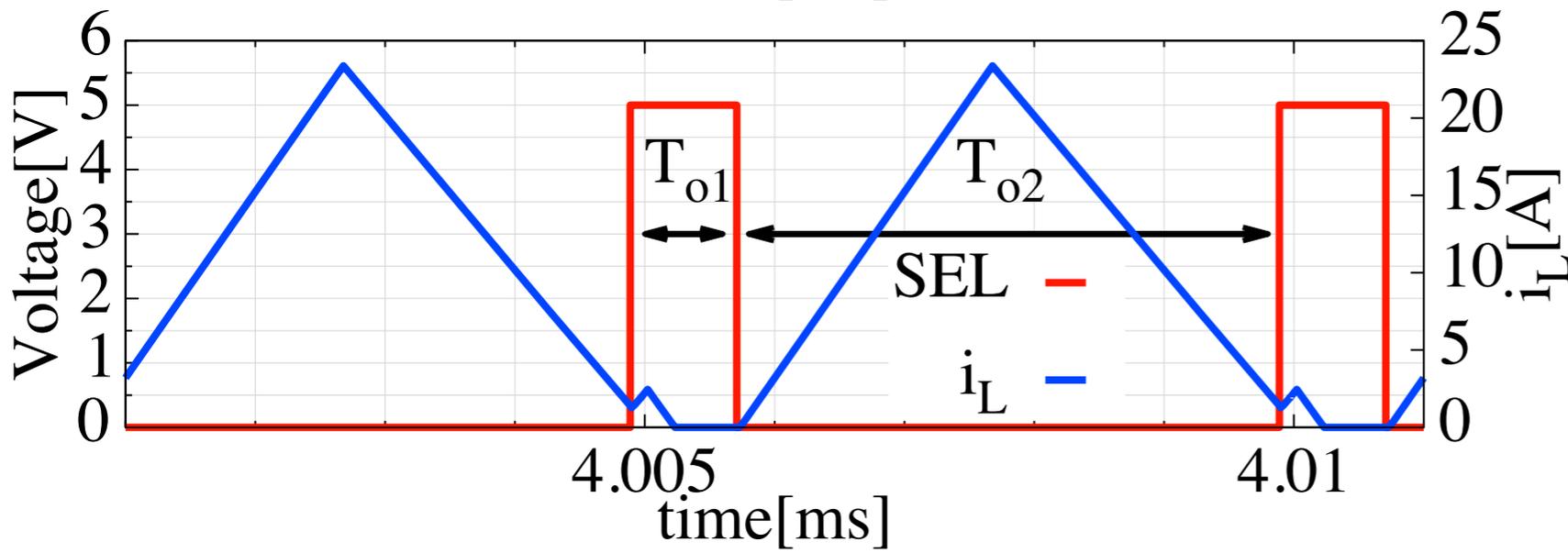
i_L とSEL信号波形の変化



$I_{o1}=10A$
 $I_{o2}=0.1A$

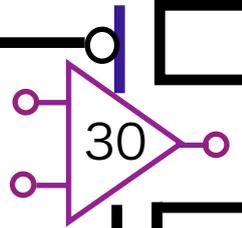


$I_{o1}=1A$
 $I_{o2}=1A$



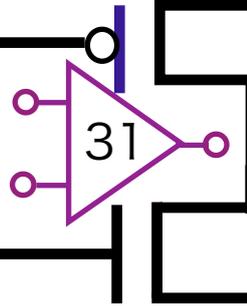
$I_{o1}=0.1A$
 $I_{o2}=10A$

アウトライン



- 研究背景
- SIDO電源回路
 - ・制御時間比率が固定の場合の問題点と提案方式の概念
 - ・鋸歯状波の検討
 - ・提案方式SEL信号生成回路
 - ・シミュレーション結果
- まとめと今後の課題

まとめと今後の課題



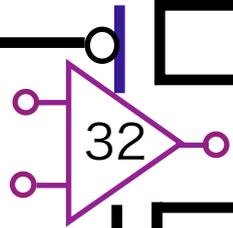
まとめ

- SIDO電源回路において
制御時間比率が変化する場合の動作を検証した
- 制御時間比率の変化は
一巡伝達特性に影響しないことを確認した
- 負荷電流差10Aと0.1Aの場合でも
安定した動作を確認した

今後の課題

- 出力電圧数を増やしても提案回路が適応可能か確認する
 - CCM時の動作確認
 - 実装での動作確認

Q&A



Q1.負荷には電子回路の各回路がくるんですよ。
それはなんでも大丈夫（きちんと動作するの）ですか？

A1.負帰還制御によって制御されるので大丈夫です。

Q2.インダクタが通常2つのところを
1つにして小型化とのことですが、
実際どれくらい小さくなる？
単純に半分になるのですか？

A2.電源はIC化できる素子（スイッチのMOSやオペアンプ）と、
できないインダクタで構成されます。
なので単純にインダクタの数が半分になると
電源回路全体のサイズが半分になるということにはならないと
思います。インダクタは非常に大きい素子なので
2つに比べればかなりの小型化が望めると思います。
→実装でICを作ったことがないので、
比較したことがないです。
今後機会があれば検証したい部分です。