

非絶縁型および絶縁型直接AC-DC変換回路

◎邢 林 高 虹 小堀康功 村上和貴
小野澤昌徳 小林 春夫
(群馬大学)

OUTLINE

- 1 研究背景
- 2 新提案1 降圧-降圧AC-DC変換器
- 3 新提案2 フォワード 絶縁型AC-DC変換器
- 4 実験
- 5 まとめ

OUTLINE

- 1 研究背景
- 2 新提案1 降圧-降圧AC-DC変換器
- 3 新提案2 フォワード絶縁型AC-DC変換器
- 4 実験
- 5 まとめ

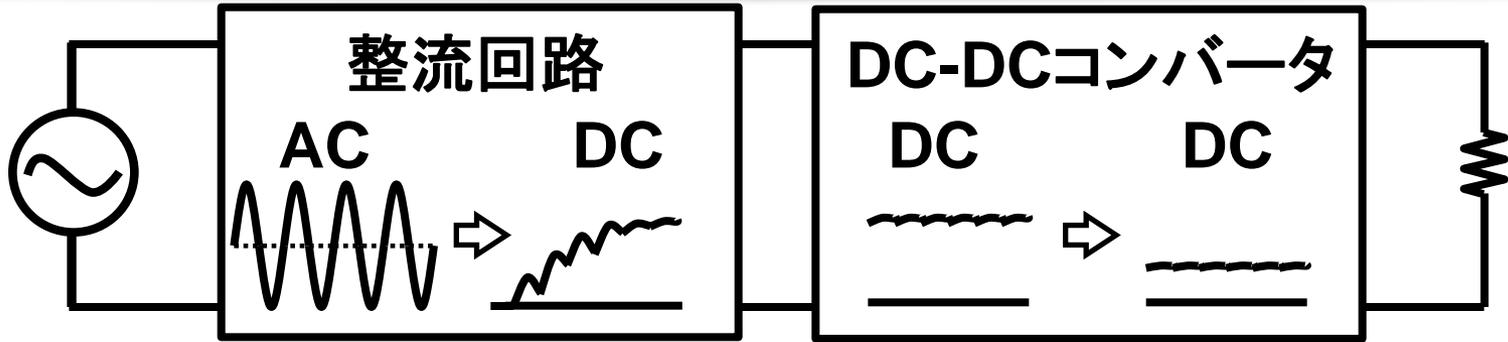
研究背景



研究目的

- 従来AC-DC変換器での問題点：
多段縦続接続回路構成のため
 - 低変換効率
 - 高コスト
 - 本研究の目的：
ACからDCへ直接1段で電圧変換
 - 高変換効率
 - 低コスト
- 部品点数を低減した直接AC-DC変換器を検討する。

研究のアプローチ

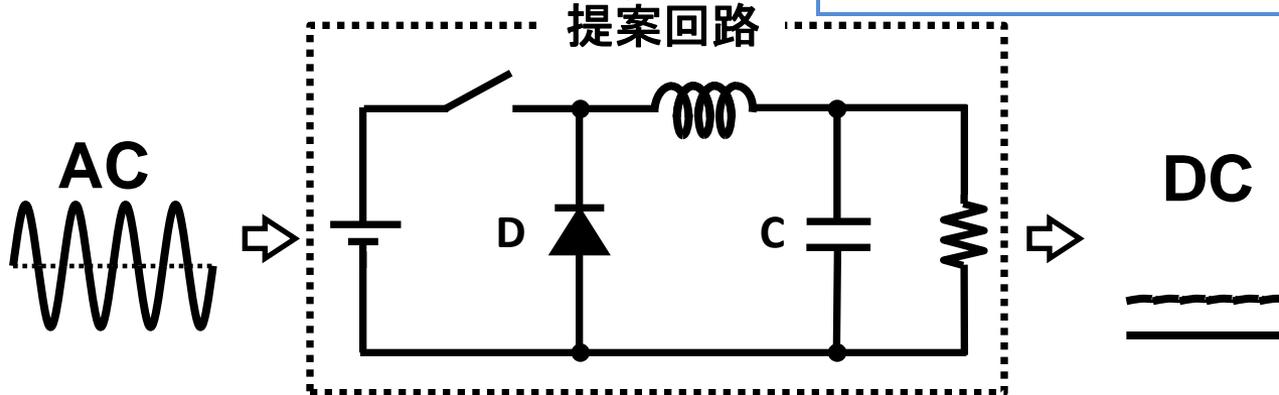


従来回路

{ 多段回路: 低変換効率 ☹️
回路面積大: 高コスト



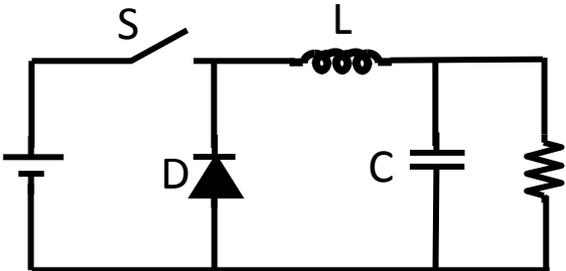
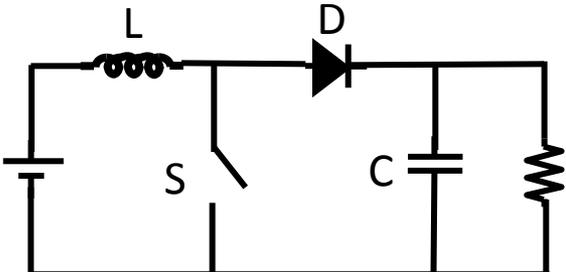
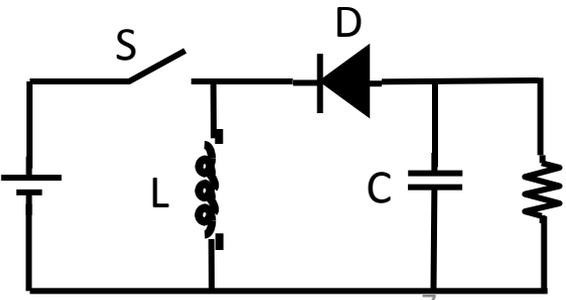
DC-DCコンバータの原理を
AC-DCコンバータに応用



提案回路

{ 1段回路: 高変換効率 ☺️
回路面積小: 低コスト

基本的なスイッチング電源

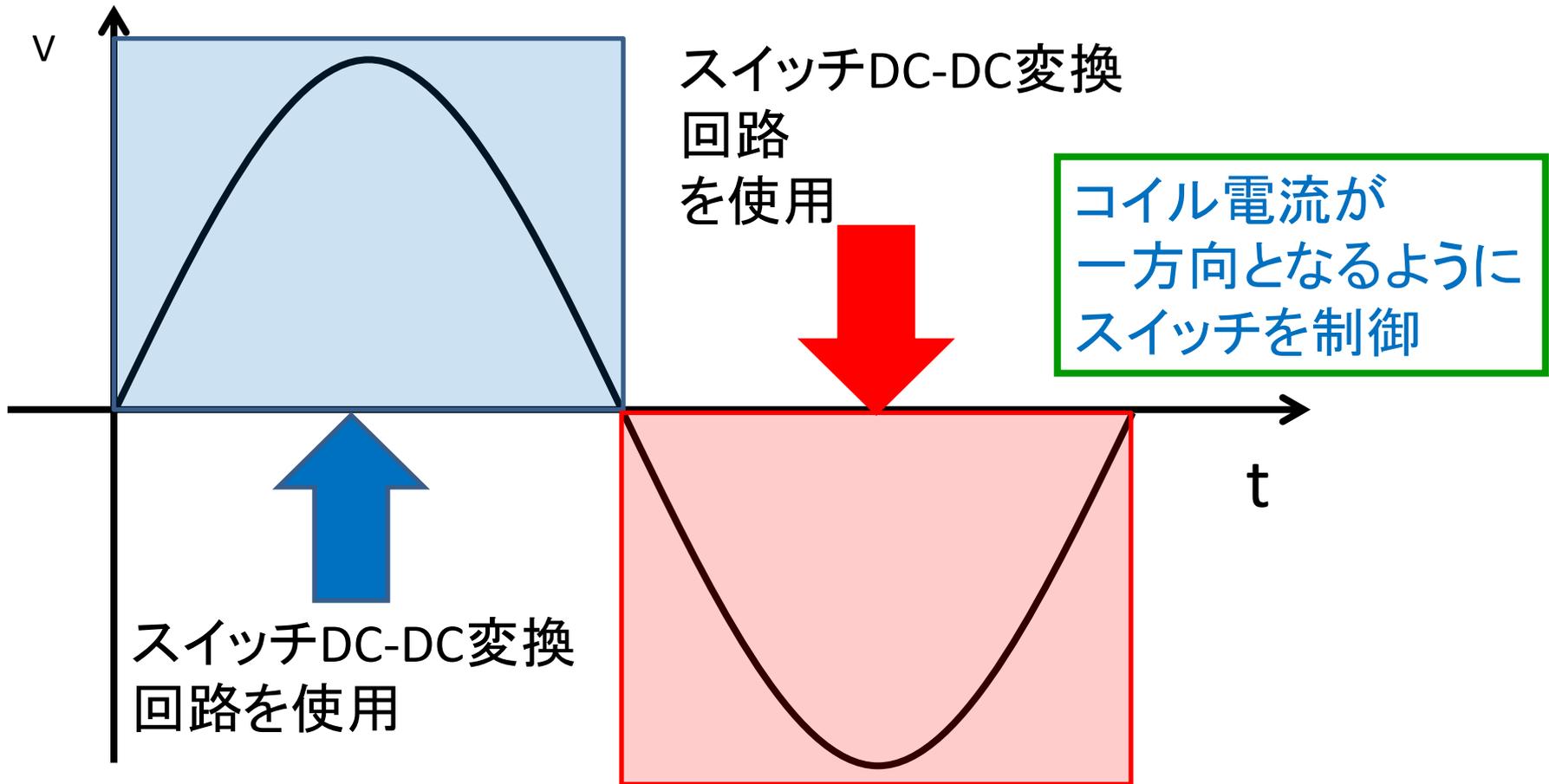
名称	回路構成	特徴
降压型		入力電圧より低い電圧を発生
昇圧型		入力電圧より高い電圧を発生
昇降圧型		入力電圧の昇圧と降圧が両方が可能。入力電圧と出力電圧の方向が逆。

OUTLINE

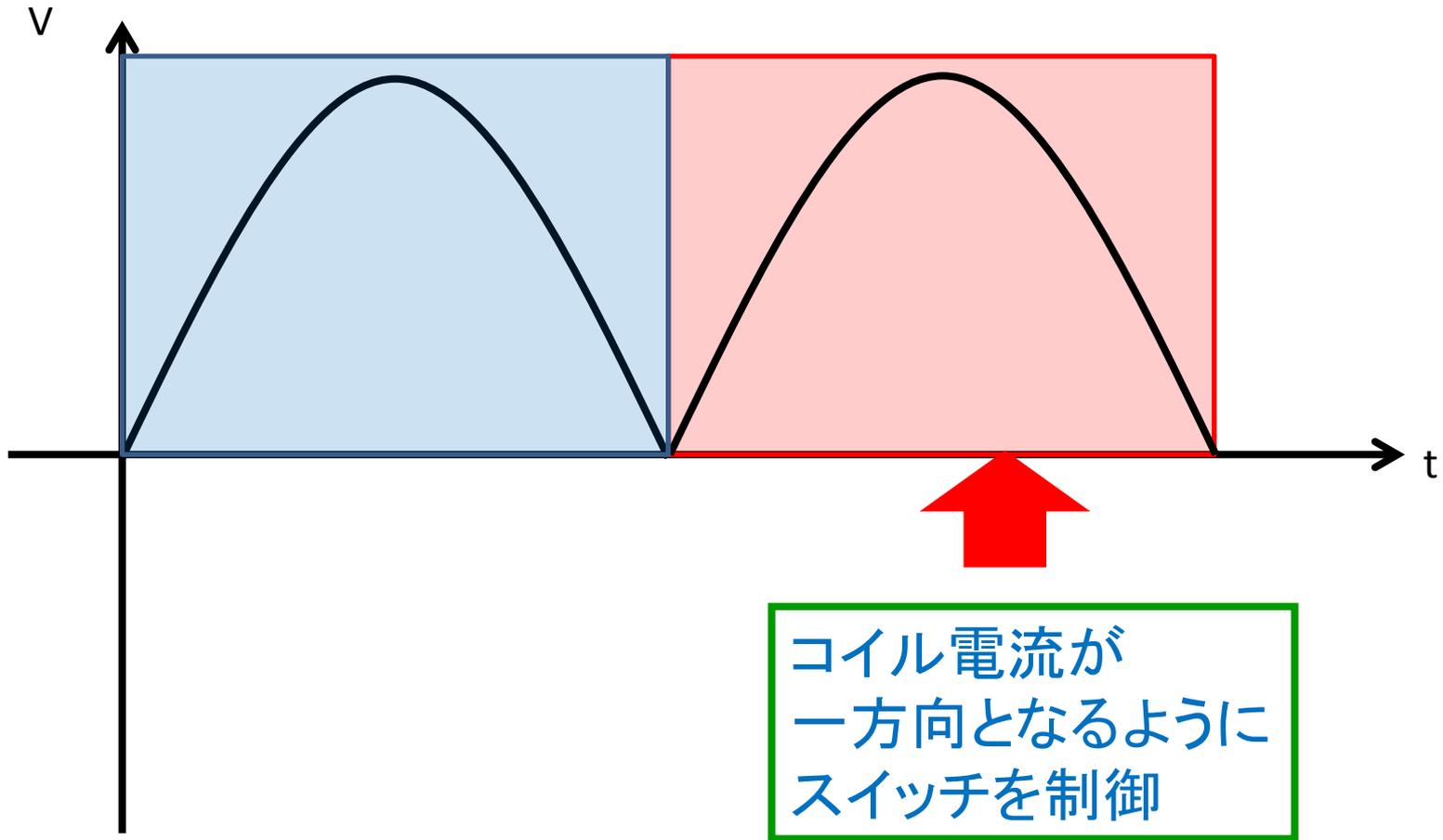
- 1 研究背景
- 2 新提案1 降圧-降圧AC-DC変換器
- 3 新提案2 フォワード絶縁型AC-DC変換器
- 4 一部の実験
- 5 まとめ

構成の原理（1）

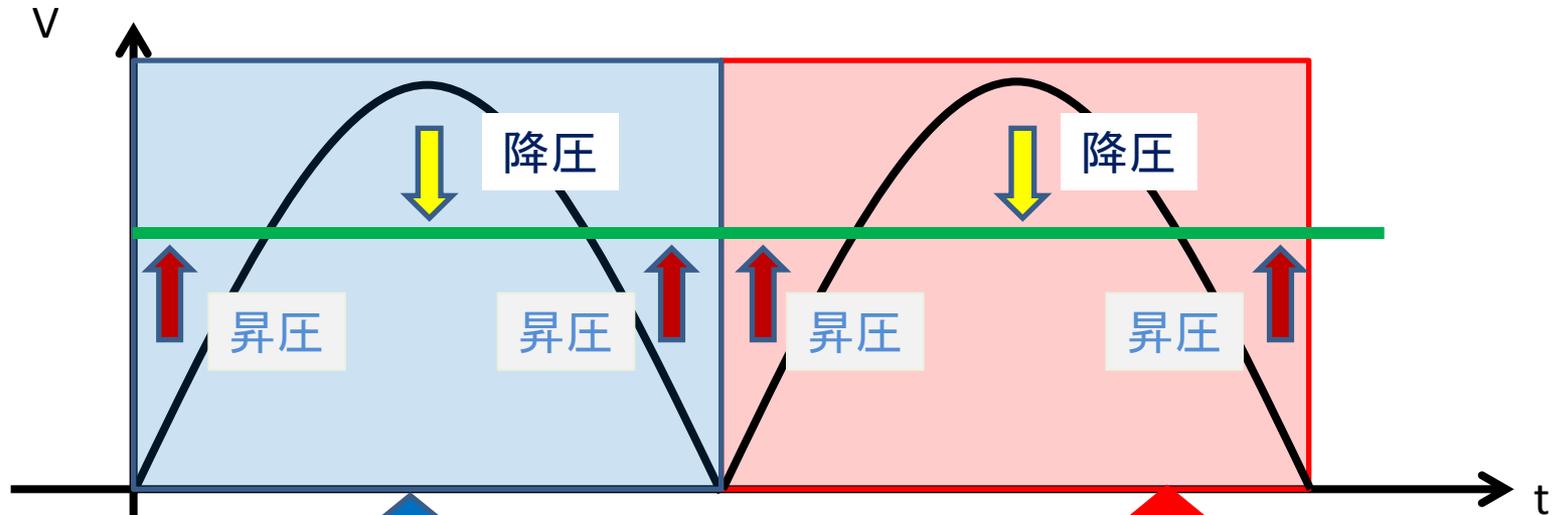
AC入力電圧からDC出力電圧を生成



構成の原理（２）



構成の原理 (3)

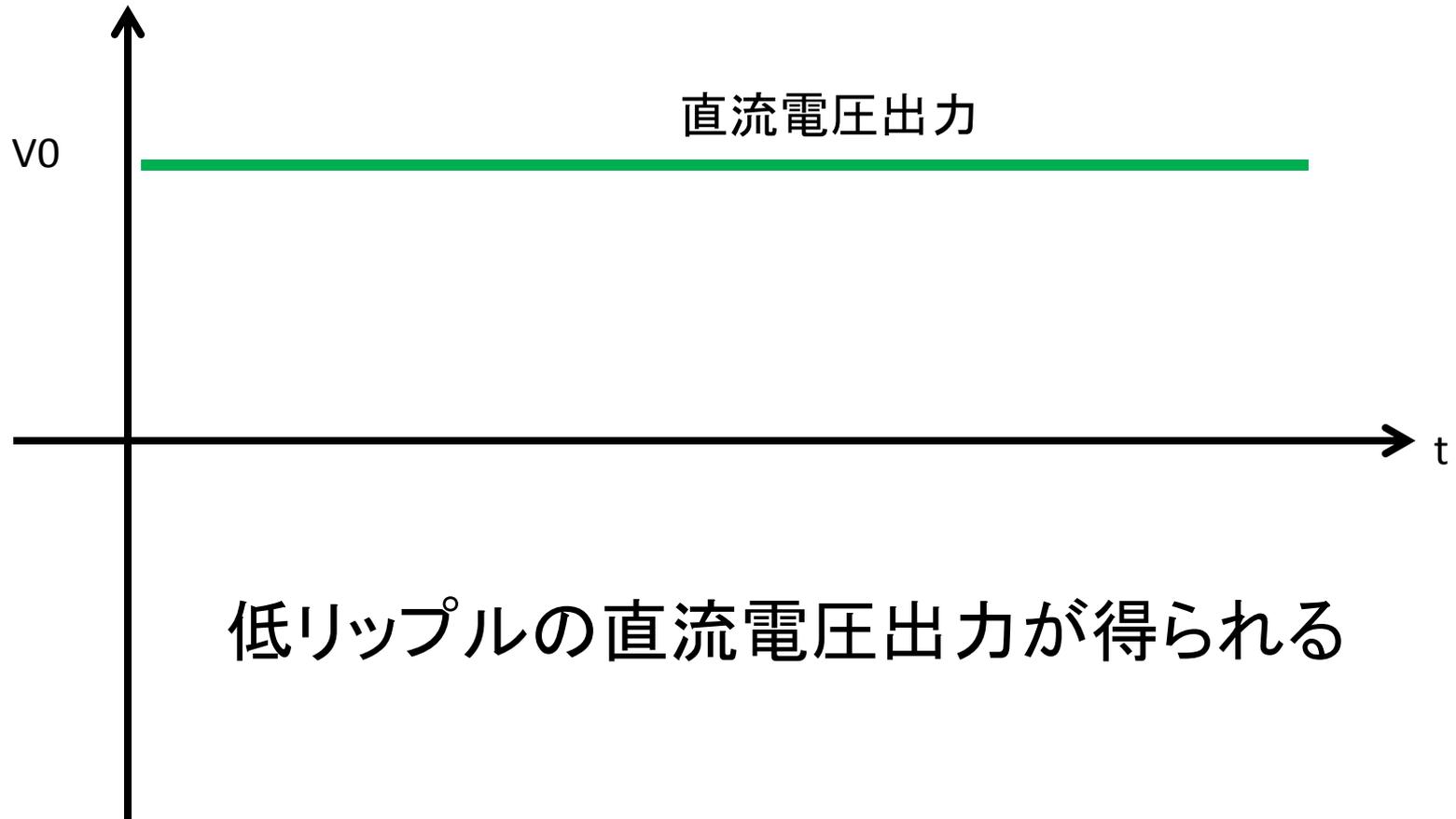


スイッチ回路を使用

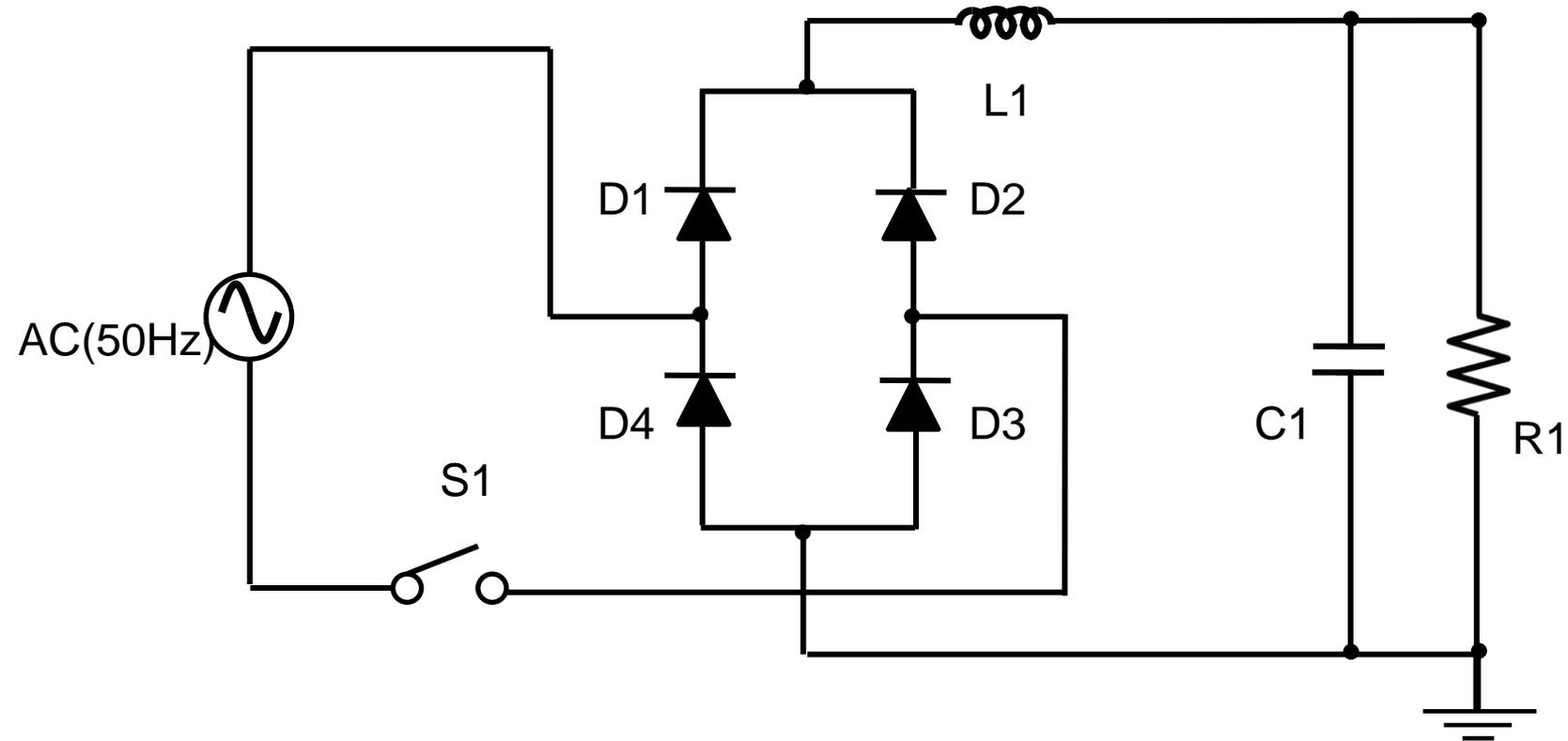
スイッチ回路を使用

コイル電流が
一方向となるように
スイッチを制御

構成の原理（４）

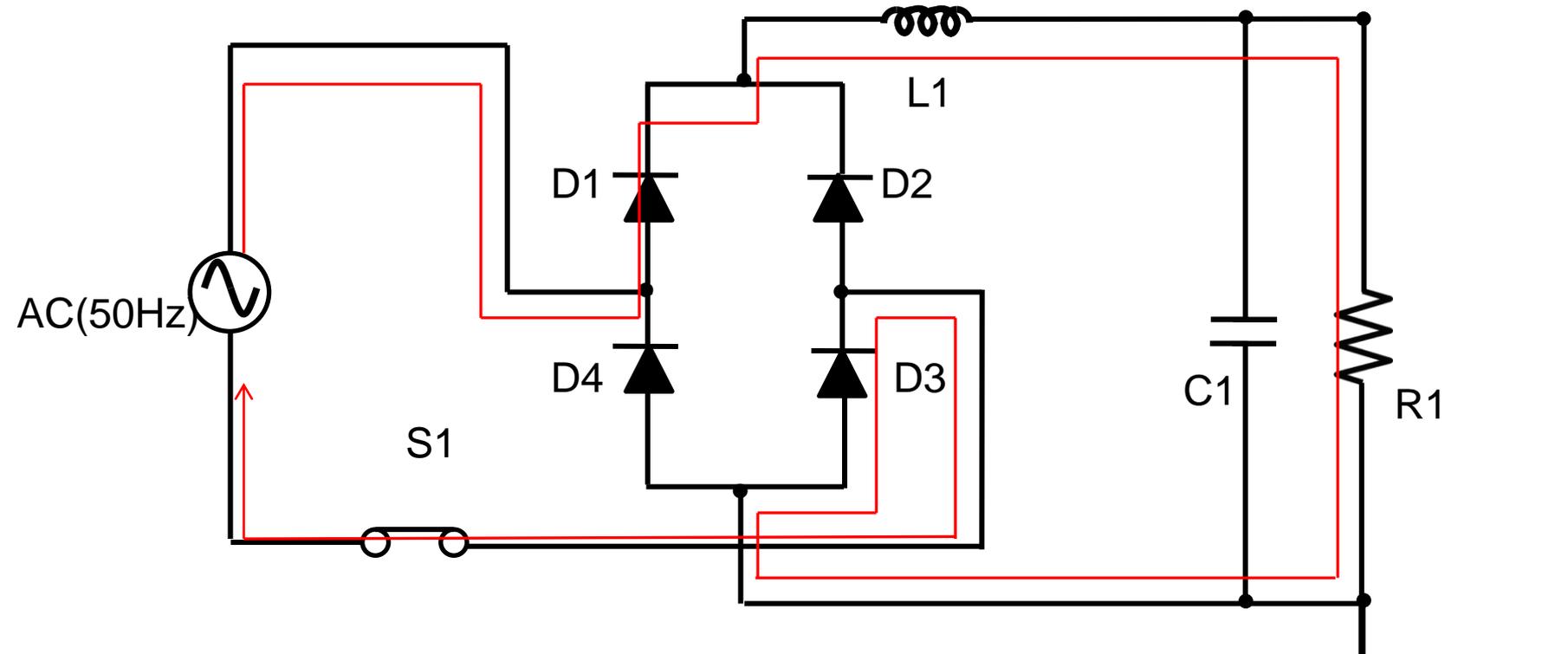


新提案 1 降圧一降圧型コンバータ

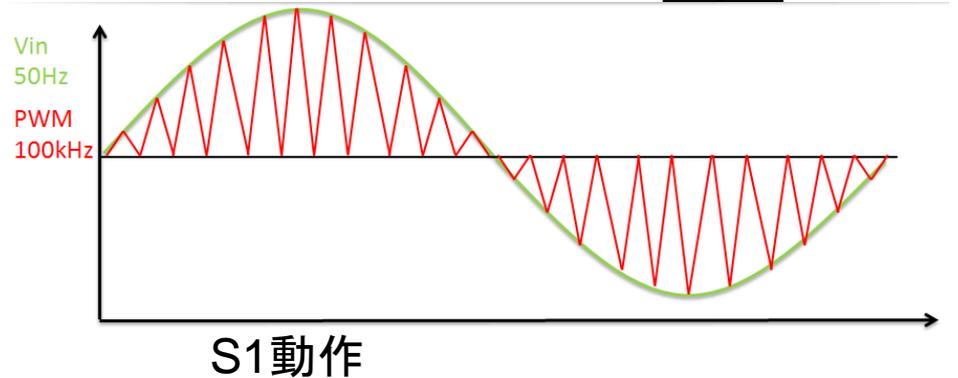


理想スイッチを使った回路図

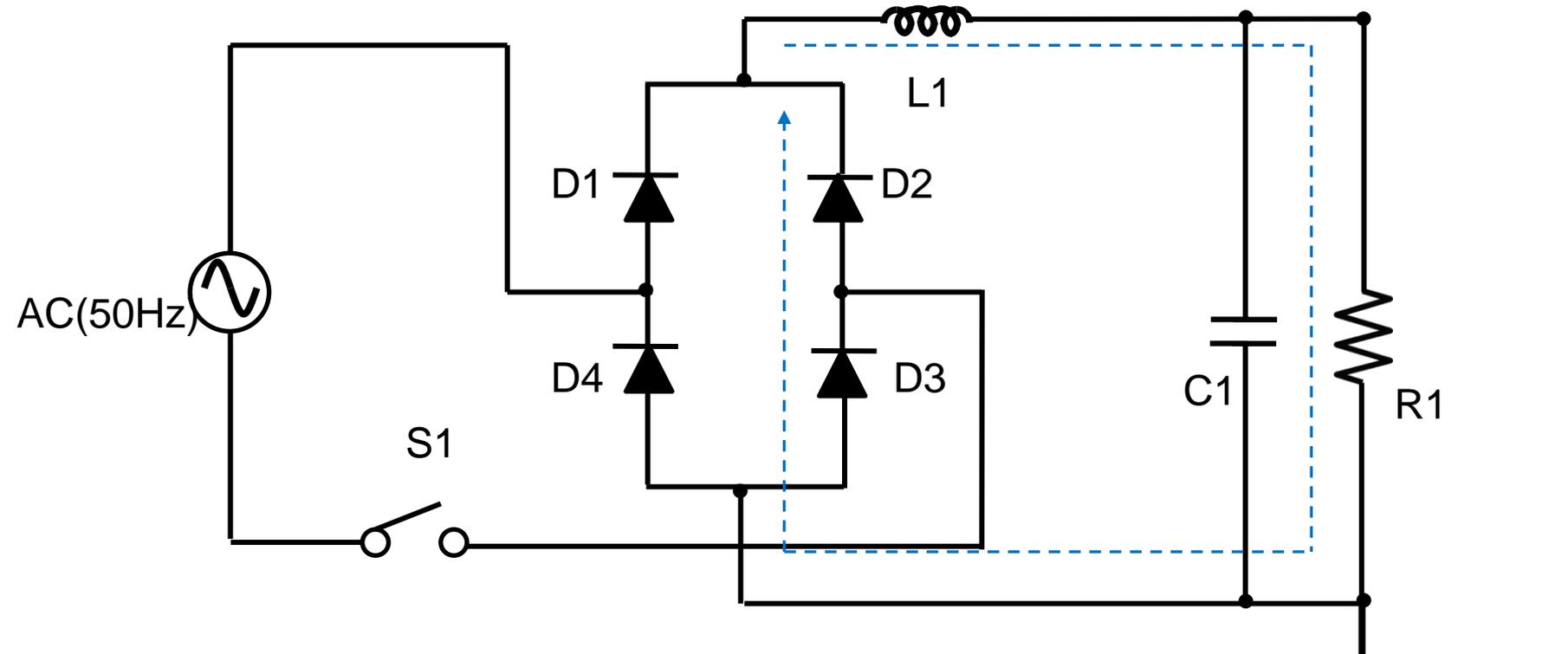
動作原理 $V_{in} > 0$



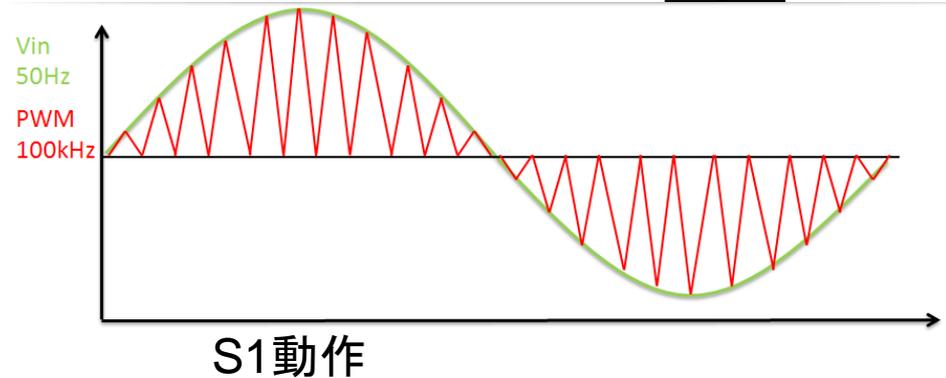
$V_{in} > 0$: S1 制御され(ON)、
回路は降圧コンバータ



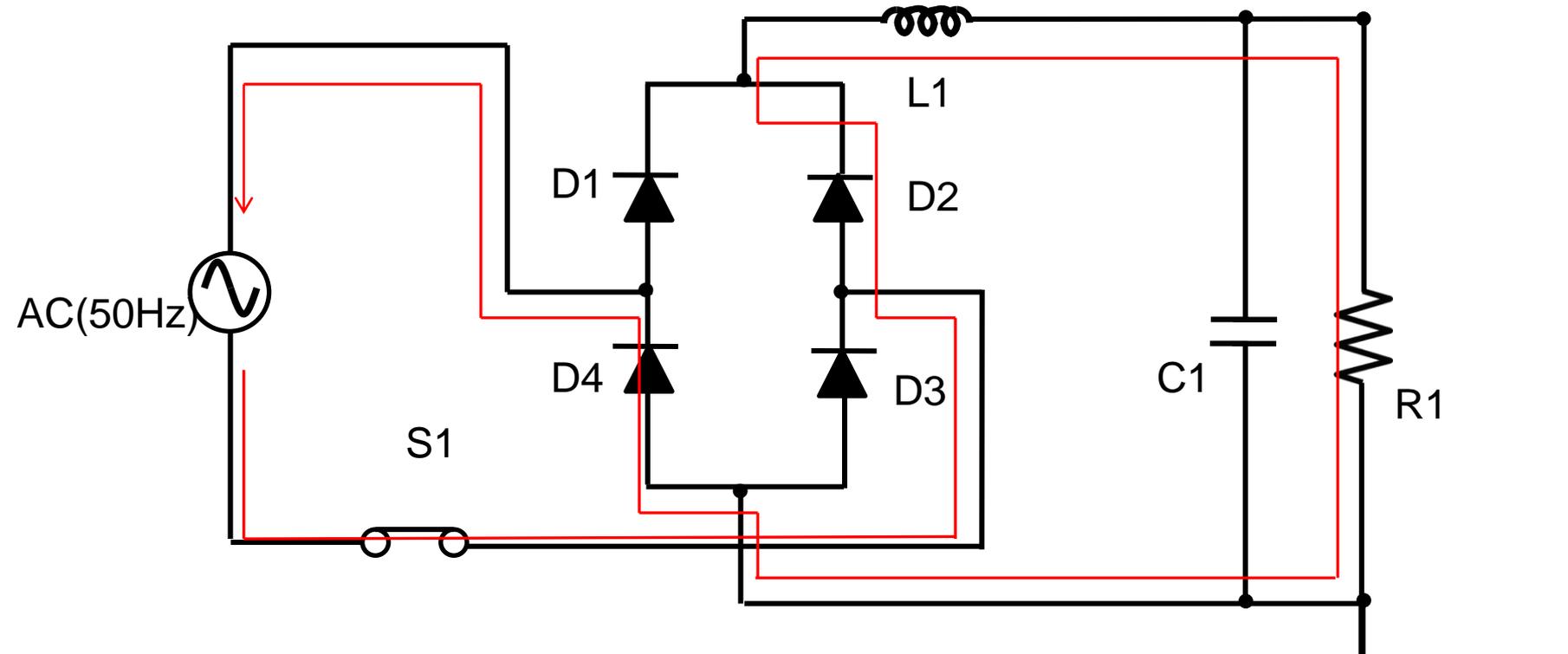
動作原理 $V_{in} > 0$



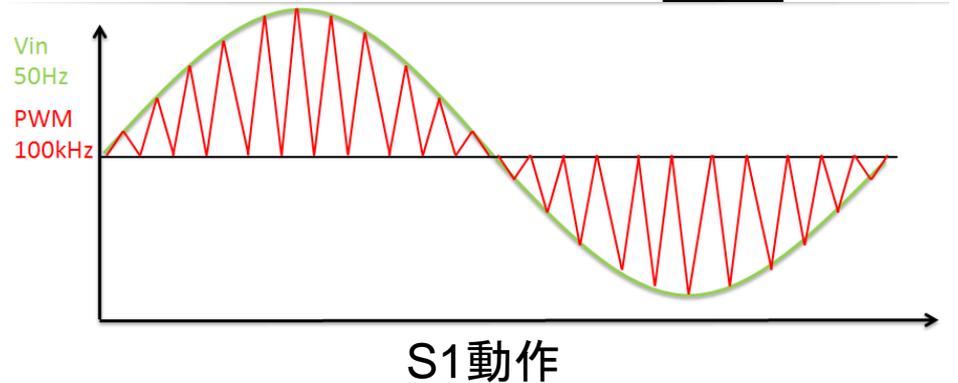
$V_{in} > 0$: S1 制御され(OFF)、
回路は降圧コンバータ



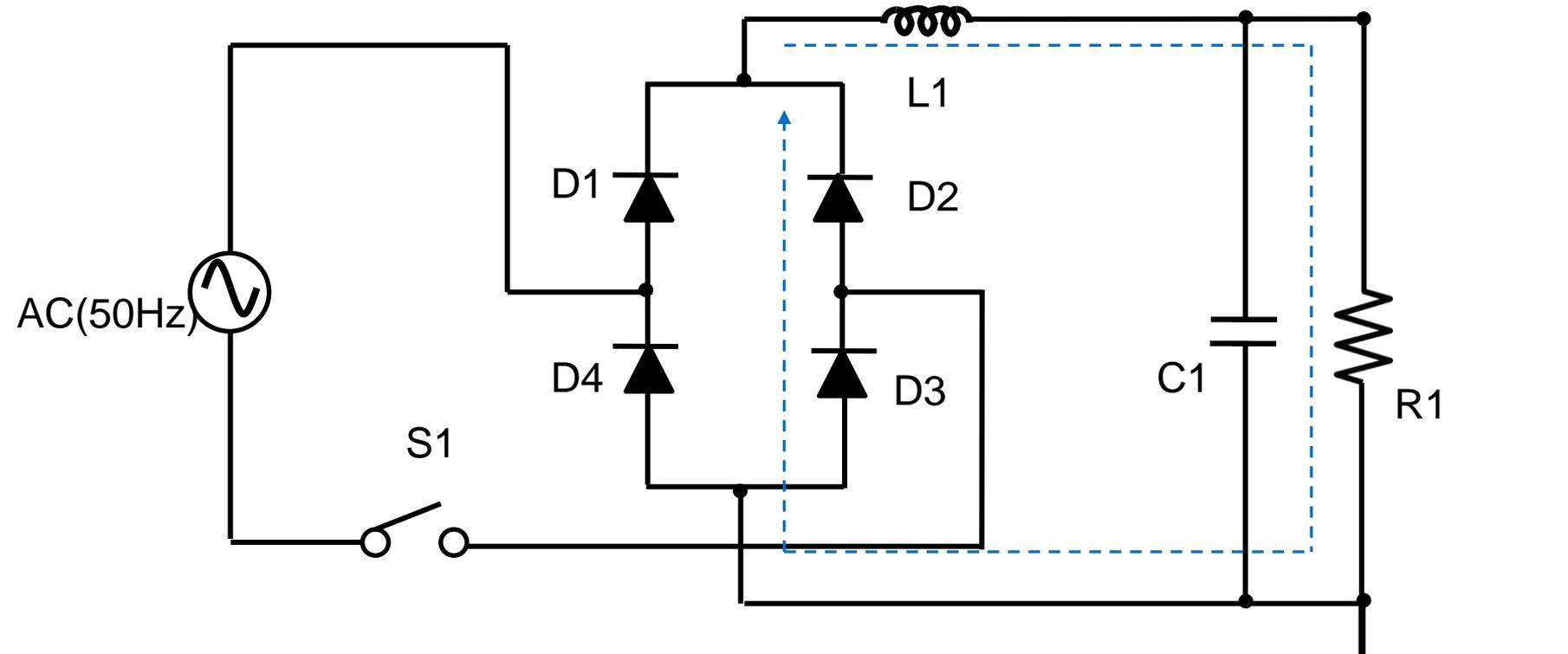
動作原理 $V_{in} < 0$



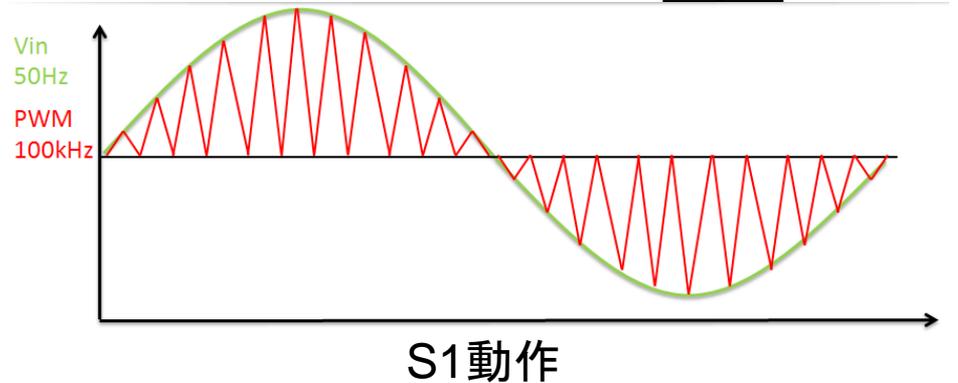
$V_{in} < 0$: S1 制御され(ON)、
回路は降圧コンバータである



動作原理 $V_{in} < 0$



$V_{in} < 0$: S1 制御され(OFF)、
回路は降圧コンバータである



電圧変換率の理論解析

PWM周波数 \gg 入力周波数  瞬時出力電圧 V_o 一定

降圧型DC-DCコンバータと同様に次式で表される。出力電圧は一定。

$$V_o = DV_i \quad V_o = \sqrt{2}DV_{rms} \cdot \sin(\omega t)$$

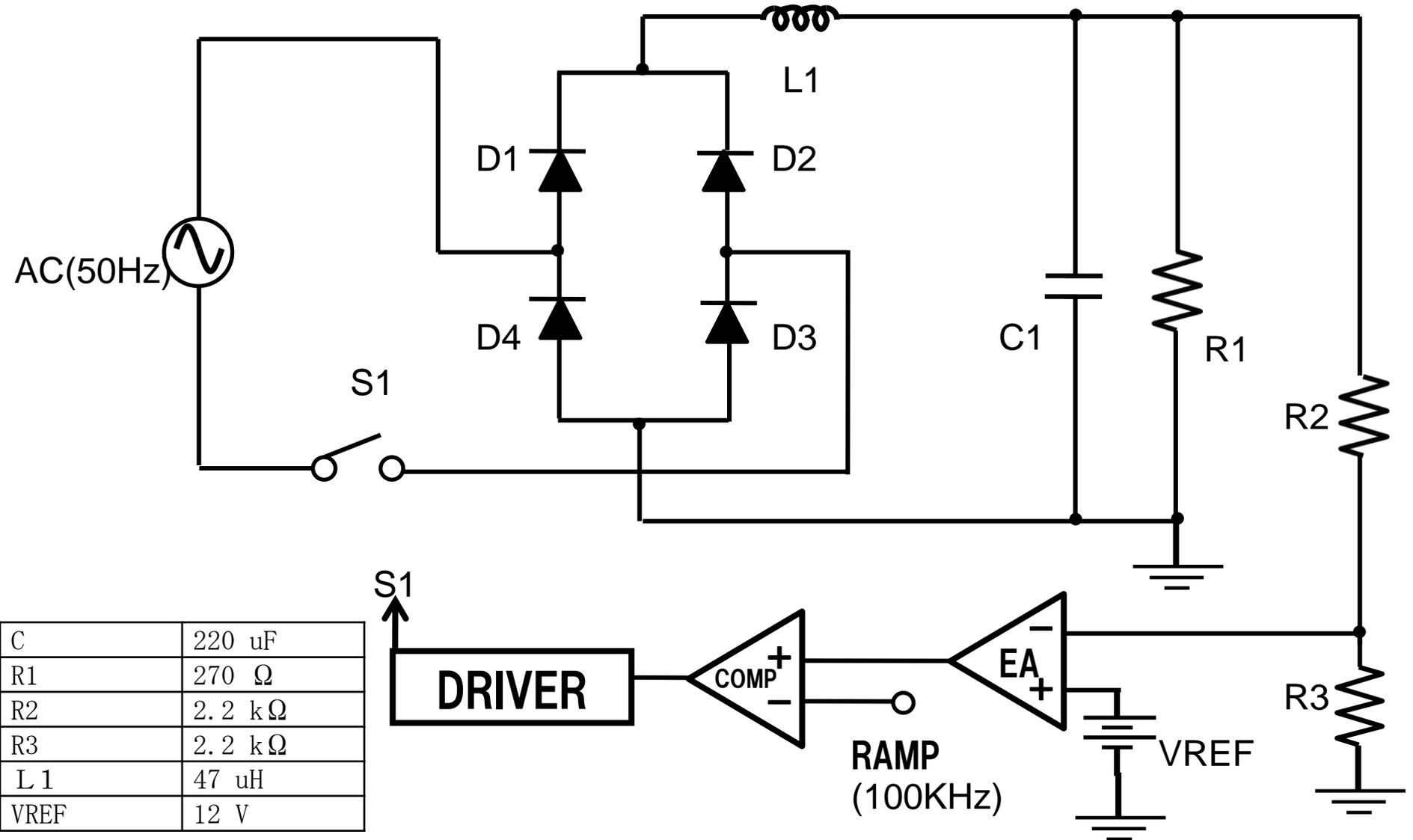
必要なデューティD:

$$D = \frac{M}{\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)} \quad \text{ただし} \quad M = \frac{V_o}{V_{rms}}$$

半周期の平均デューティ D^* :

$$D^* = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} D(\omega t) dt$$

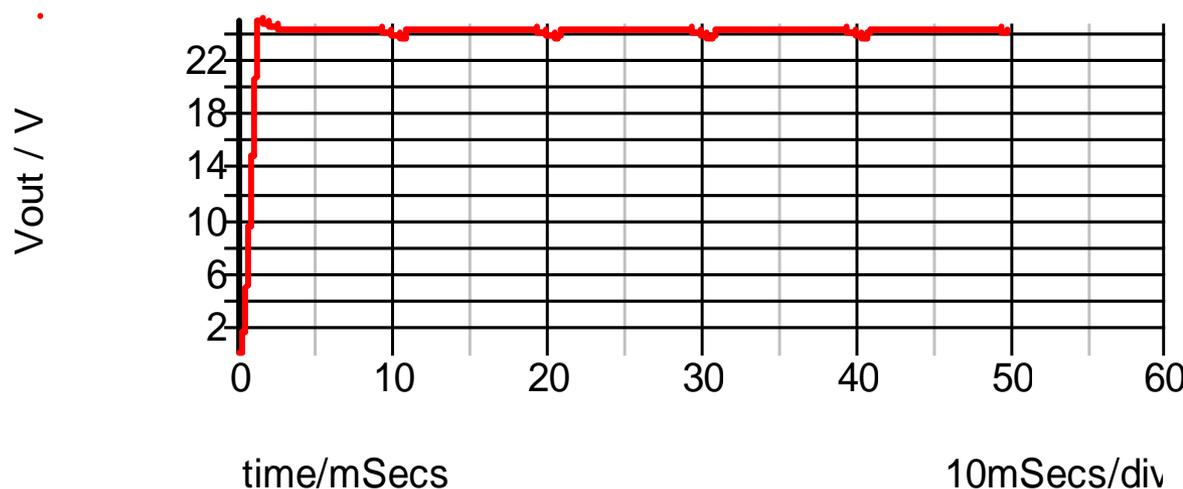
シミュレーション回路図



出力電圧

シミュレーション条件 & 結果

- ・入力: 100Vrms、50Hz
- ・PWM信号: 100kHz
- ・出力電圧: $V_o=24.00V$



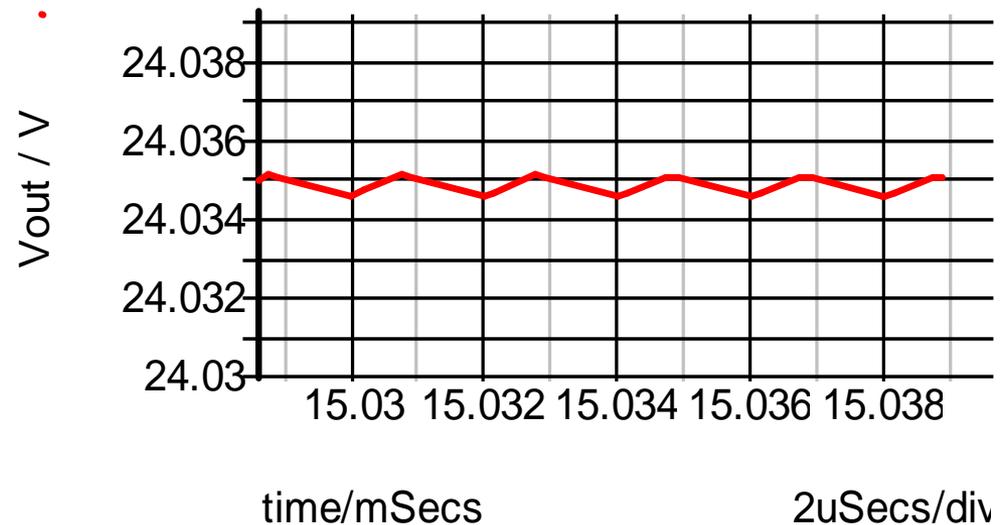
— DC出力電圧

C	220 uF
R	270 Ω
R1	2.2 k Ω
R2	2.2 k Ω
L	47 uH
VREF	12 V

出力電圧のリプル

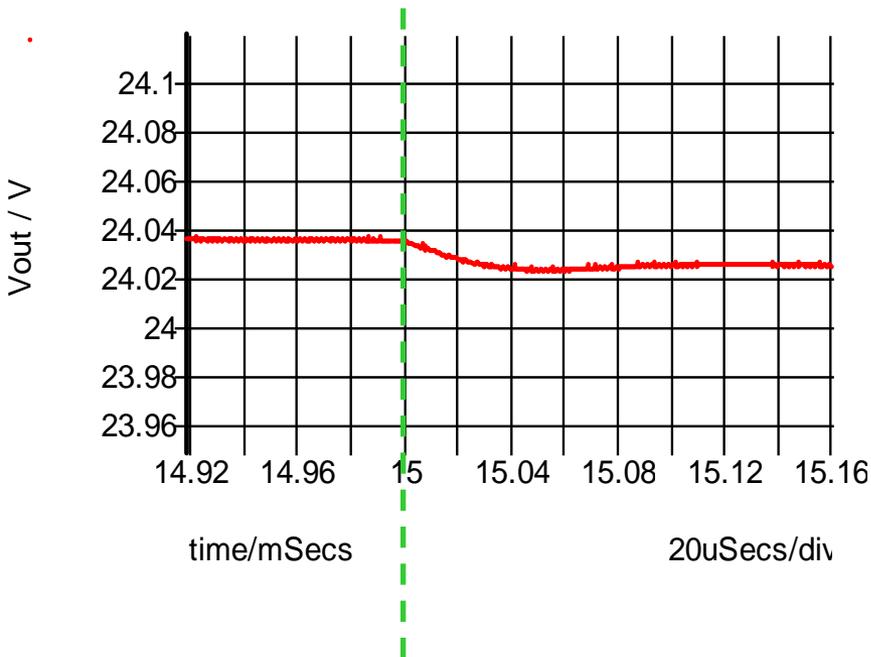
シミュレーション結果

・電圧リプル: $\Delta V_o = 1 \text{ mV}_{pp}$



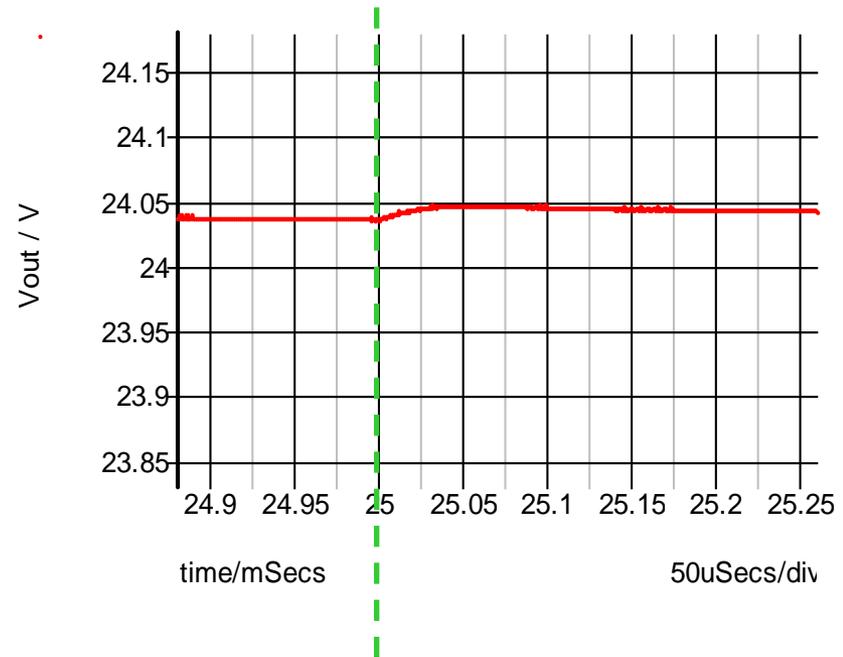
C	220 uF
R1	270 Ω
R2	2.2 k Ω
R3	2.2 k Ω
L 1	47 uH
VREF	12 V

過渡応答：負荷270Ωから135Ωのシミュレーション



15msecs
負荷270Ωから135Ωまで
電流は0.1Aから0.2Aまで

$$\Delta V_o = 15\text{mV}$$



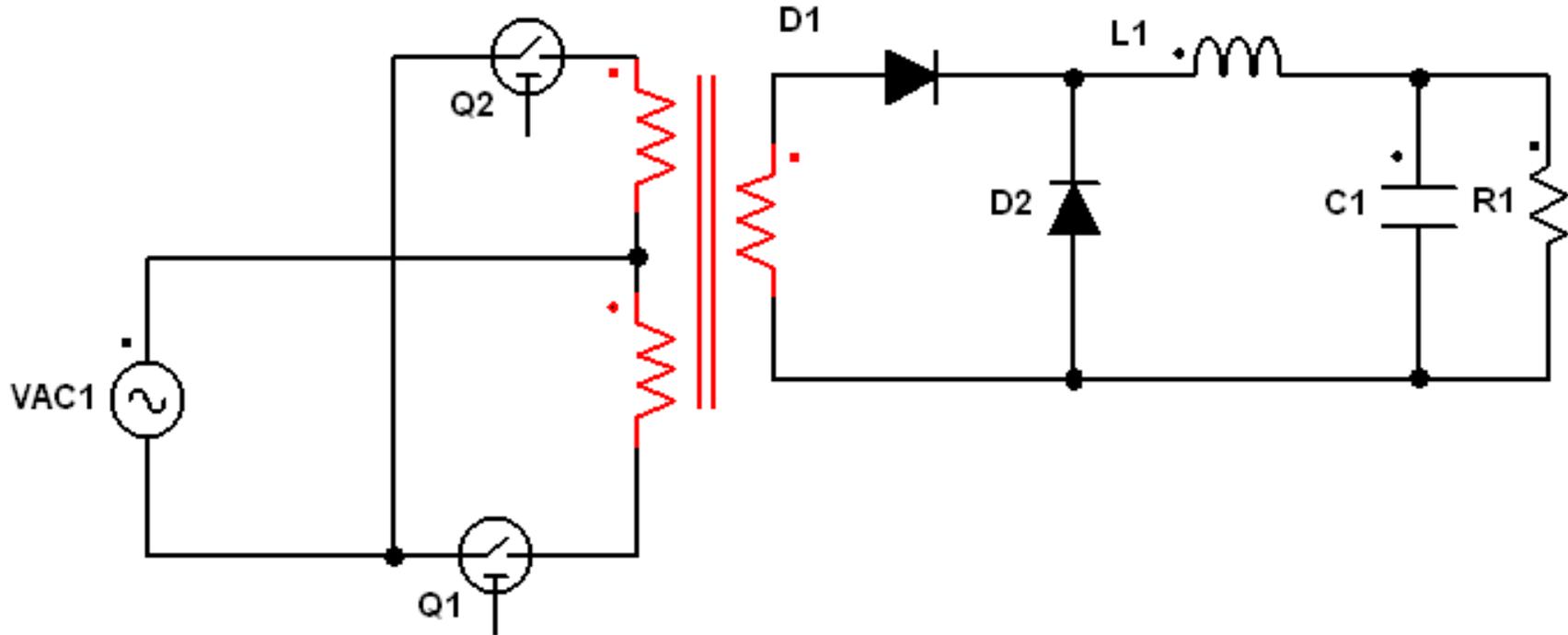
25msecsの時
負荷135Ωから270Ωまで
電流は0.2Aから0.1Aまで

$$\Delta V_o = 10\text{mV}$$

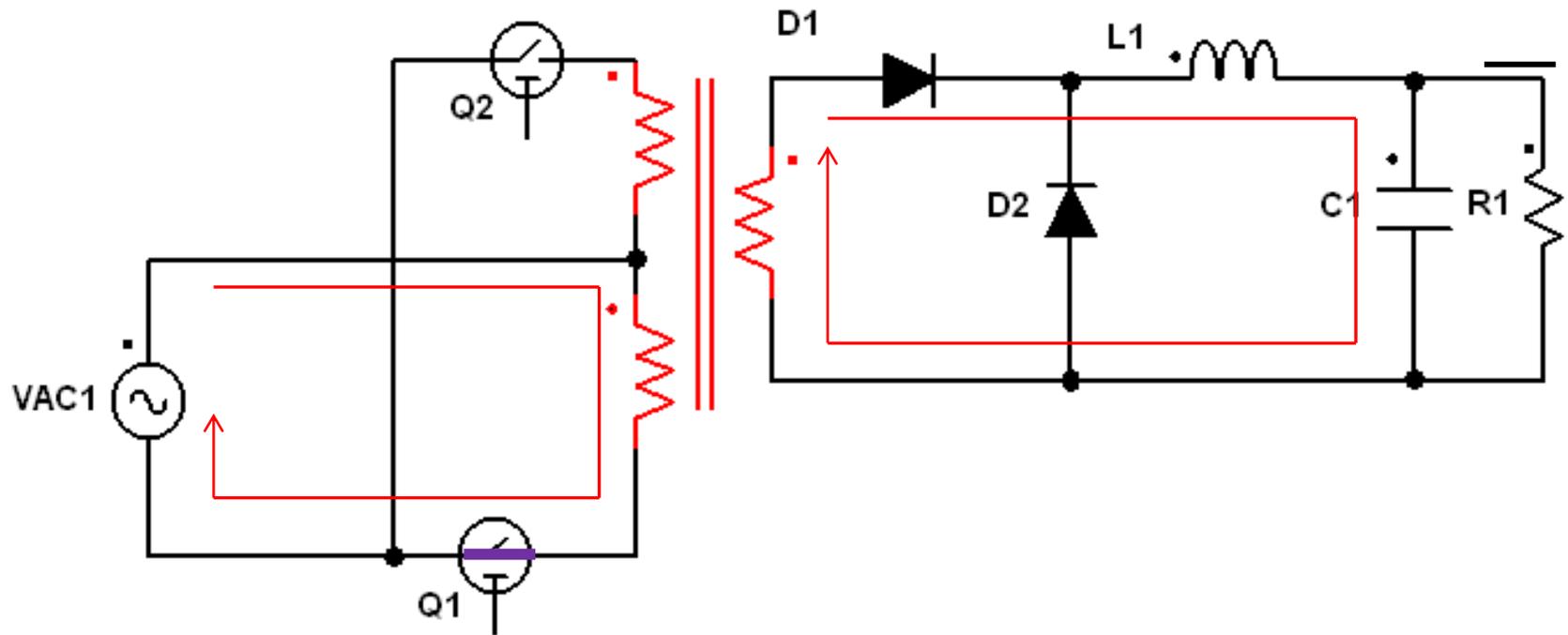
OUTLINE

- 1 研究背景
- 2 新提案1 降圧-降圧AC-DC変換器
- 3 新提案2 フォワード絶縁型AC-DC変換器
- 4 実験
- 5 まとめ

提案回路



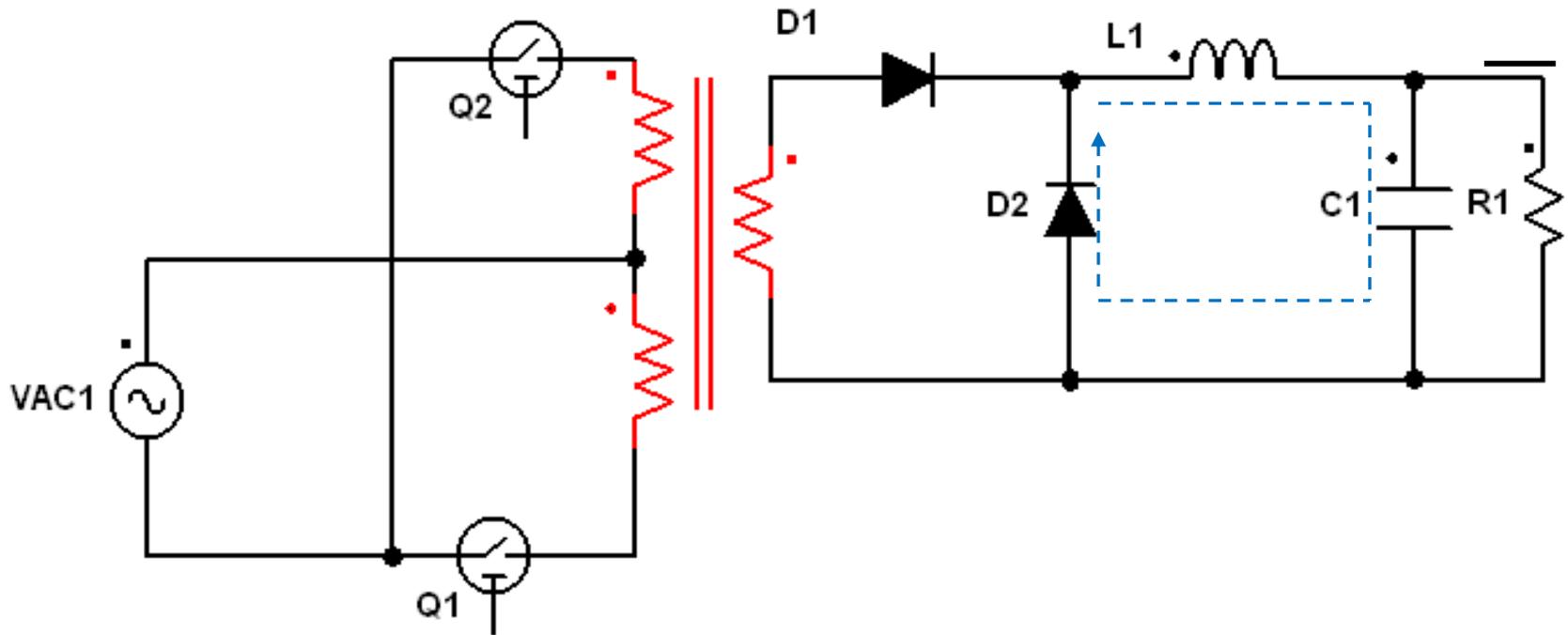
動作原理 $V_{in} > 0$



$V_{in} > 0$: $Q1$ 制御され (ON)
 $Q2$ OFF

回路は降圧コンバータ

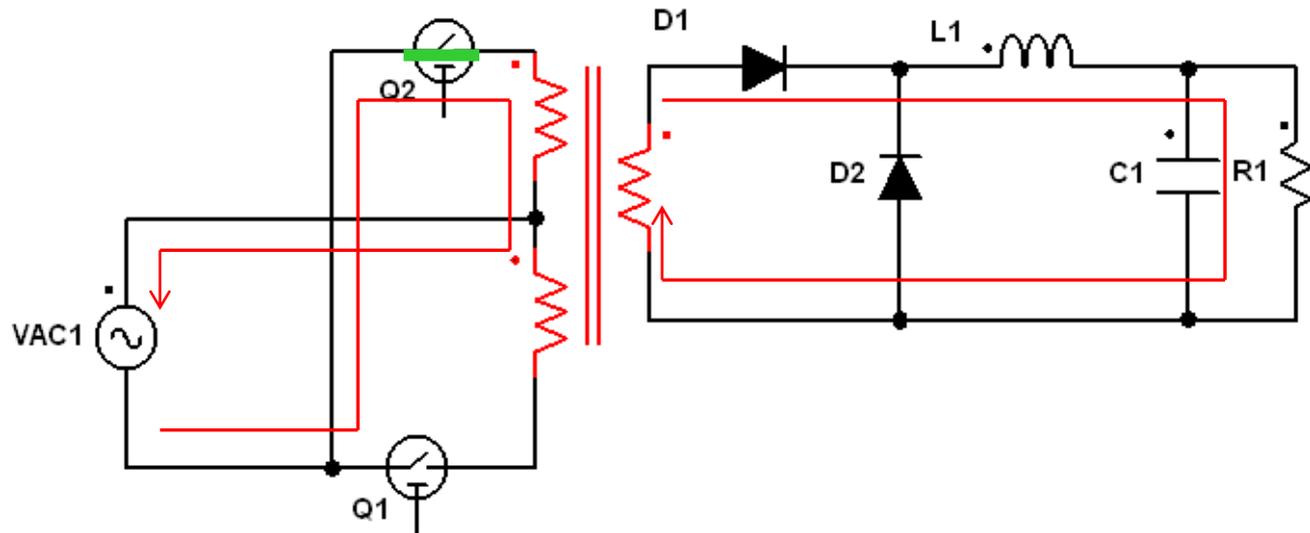
動作原理 $V_{in} > 0$



$V_{in} > 0$: Q1 制御され(OFF)
Q2 OFF

回路は降圧コンバータ

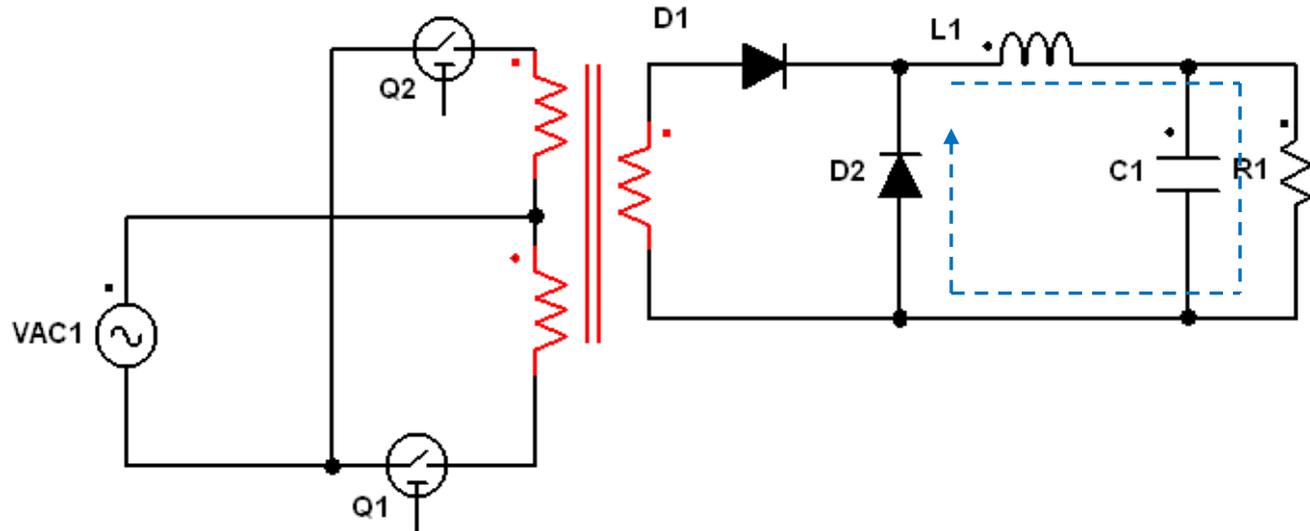
動作原理 $V_{in} < 0$



$V_{in} < 0$: Q2 制御され (ON)
Q1 OFF

回路は降圧コンバータ

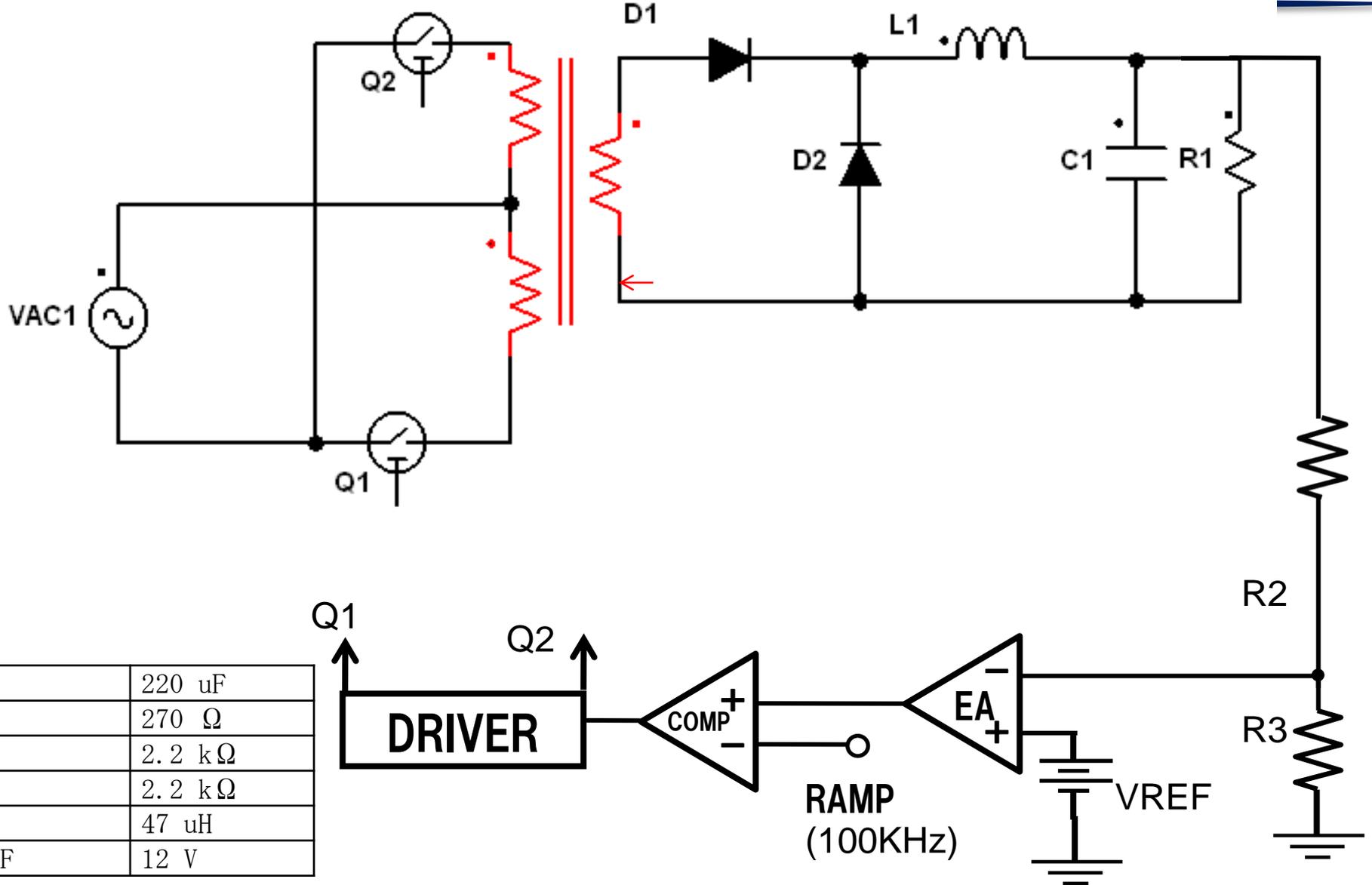
動作原理 $V_{in} < 0$



$V_{in} < 0$: Q2 制御され(OFF)
Q1 OFF

回路は降圧コンバータ

シミュレーション回路

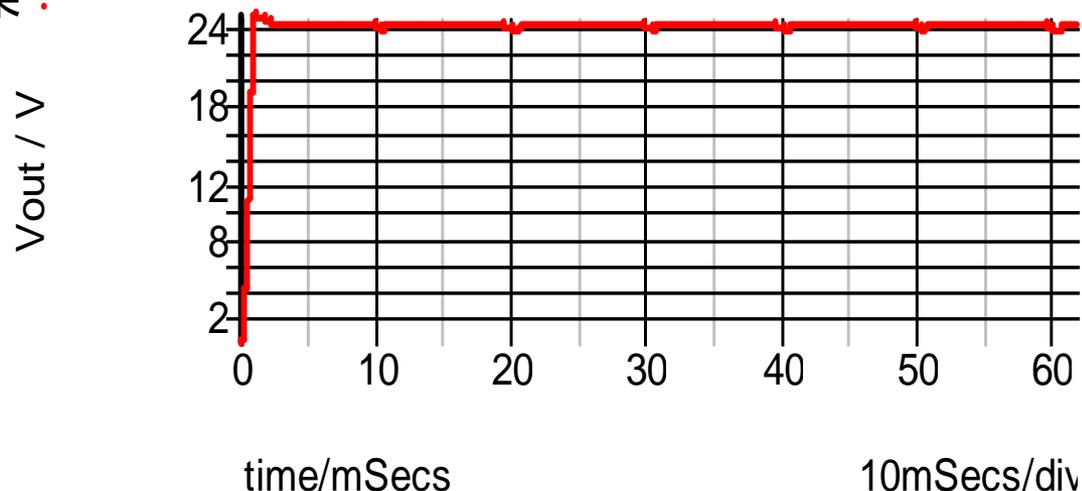


C	220 uF
R1	270 Ω
R2	2.2 kΩ
R3	2.2 kΩ
L1	47 uH
VREF	12 V

出力電圧

シミュレーション条件 & 結果

- ・入力: 100Vrms、50Hz
- ・PWM信号: 100kHz
- ・出力電圧: $V_o=24.00V$

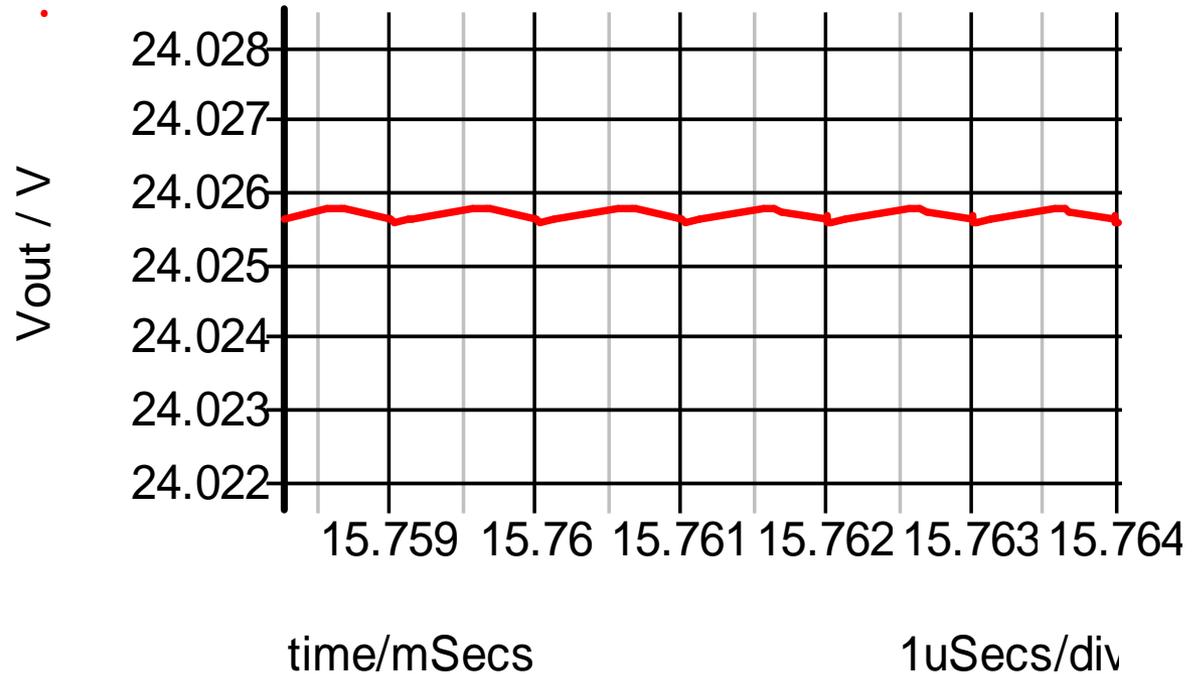


C	220 uF
R	270 Ω
R1	2.2 k Ω
R2	2.2 k Ω
L	47 uH
VREF	12 V

出力電圧のリプル

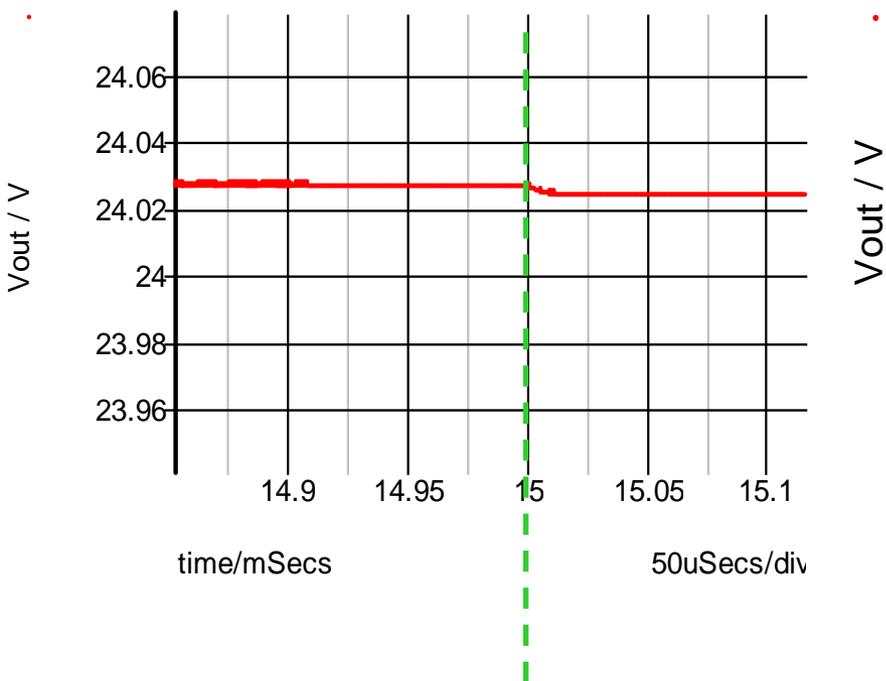
シミュレーション結果

・電圧リプル: $\Delta V_o = 1\text{mVpp}$



C	220 uF
R	270 Ω
R1	2.2 k Ω
R2	2.2 k Ω
L	47 uH
VREF	12 V

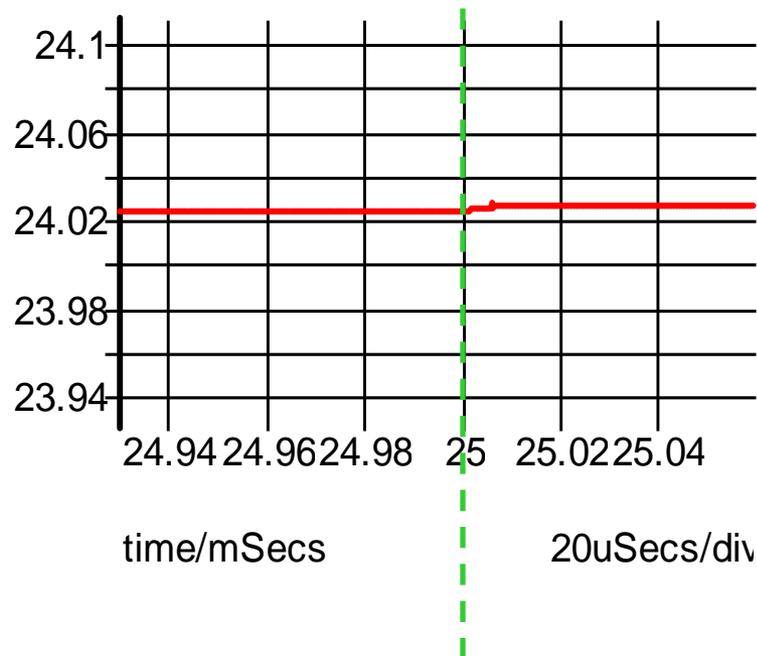
過渡応答：負荷270Ωから135Ωのシミュレーション



15msecs

負荷270Ωから135Ωまで
電流は0.1Aから0.2Aまで

$$\Delta V_o = 5\text{mV}$$



25msecs

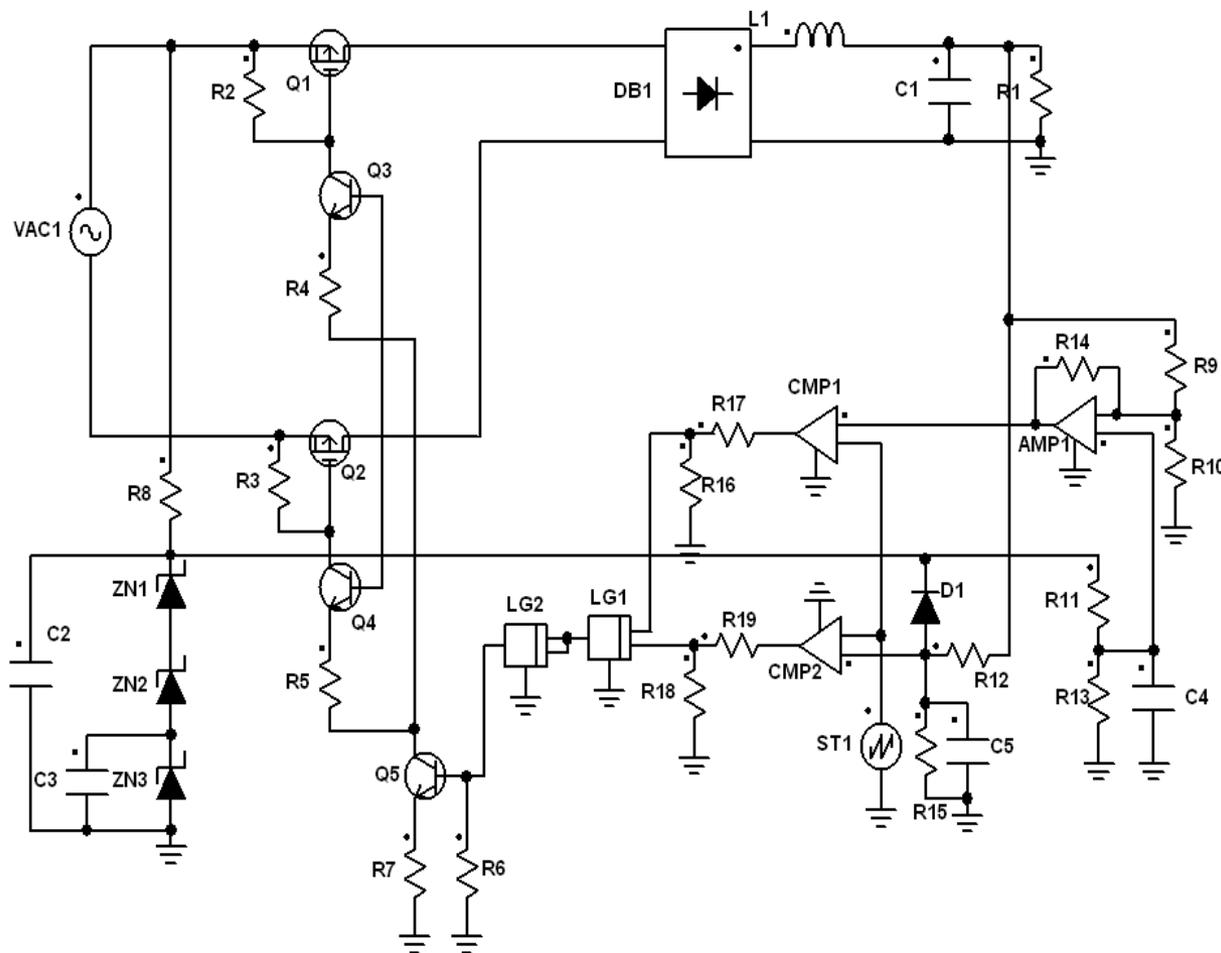
負荷135Ωから270Ωまで
電流は0.2Aから0.1Aまで

$$\Delta V_o = 5\text{mV}$$

OUTLINE

- 1 研究背景
- 2 新提案1 降圧-降圧AC-DC変換器
- 3 新提案2 フォワード絶縁型AC-DC変換器
- 4 実験
- 5 まとめ

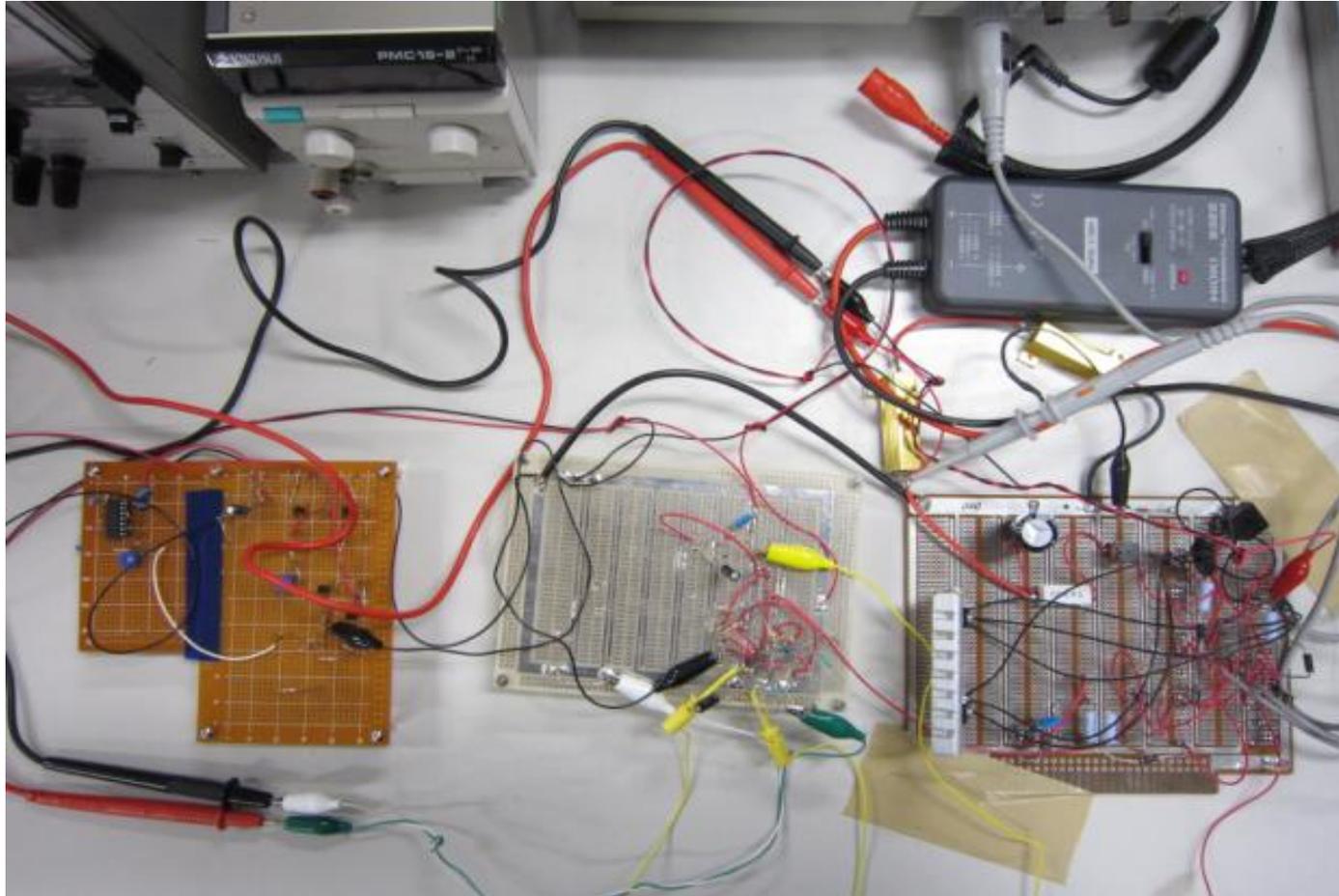
実験の回路図 (提案非絶縁型AC-DC変換回路)



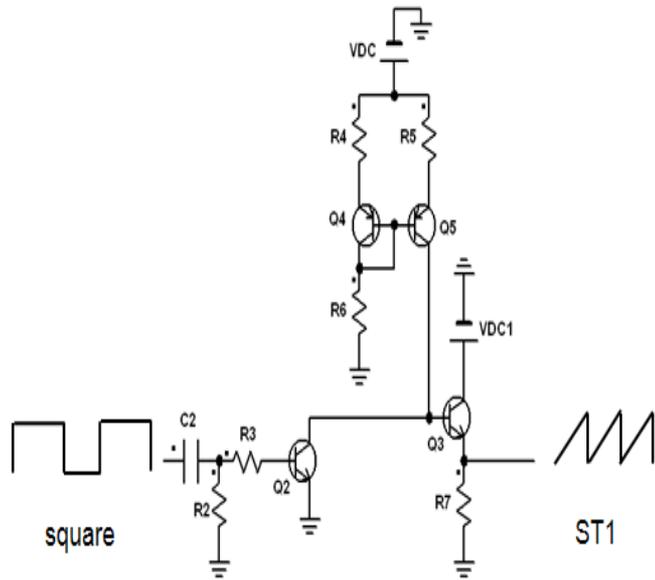
C	220 uF
R1	110 Ω
R9	2.2 kΩ
R10	2.2 kΩ
L	47 uH
VREF	6 V

降圧-降圧AC-DC変換器

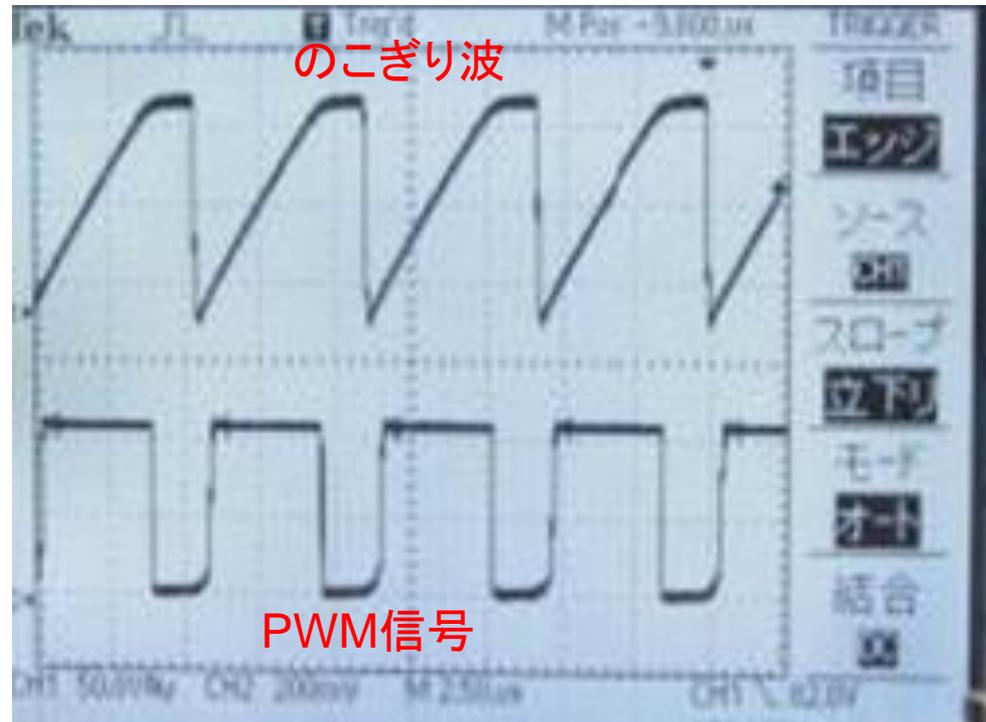
作成した回路の写真



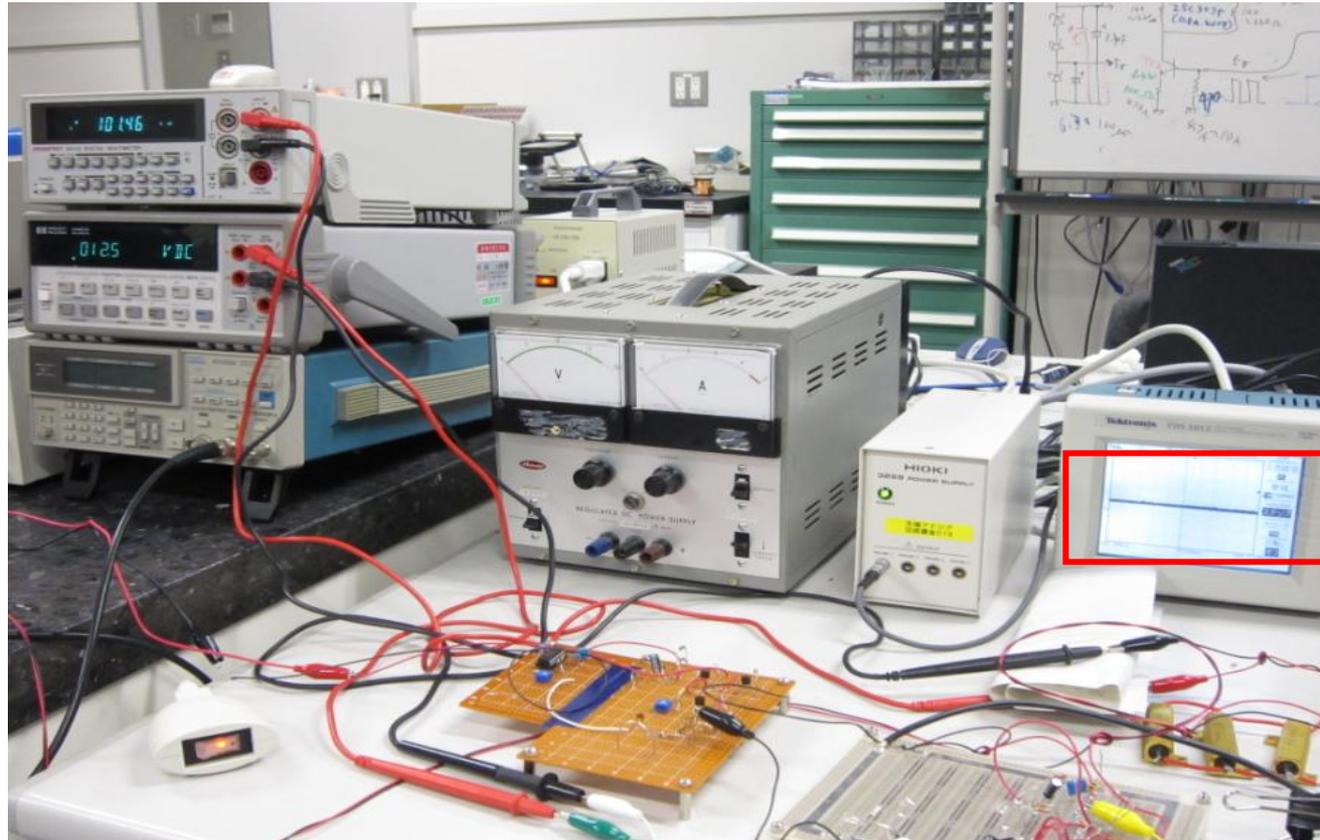
のこぎり波とPWM信号



のこぎり波生成回路



実験の写真



出力電圧
12.5V

C	220 μ F
R1	110 Ω
R9	2.2 k Ω
R10	2.2 k Ω
L	47 μ H
VREF	6 V

入力100V 50Hz 出力12Vに設定
実験結果の写真(PWM 60kHz)

入出力電圧の確認

入力AC電圧
(rms 値)



出力DC電圧



入力100V 50Hz 出力12Vに設定した
実験結果の写真(PWM 60kHz)

入力152V 50Hz 出力12V 設定した 実験結果の写真(PWM 60kHz)

入力AC電圧
(rms 値)

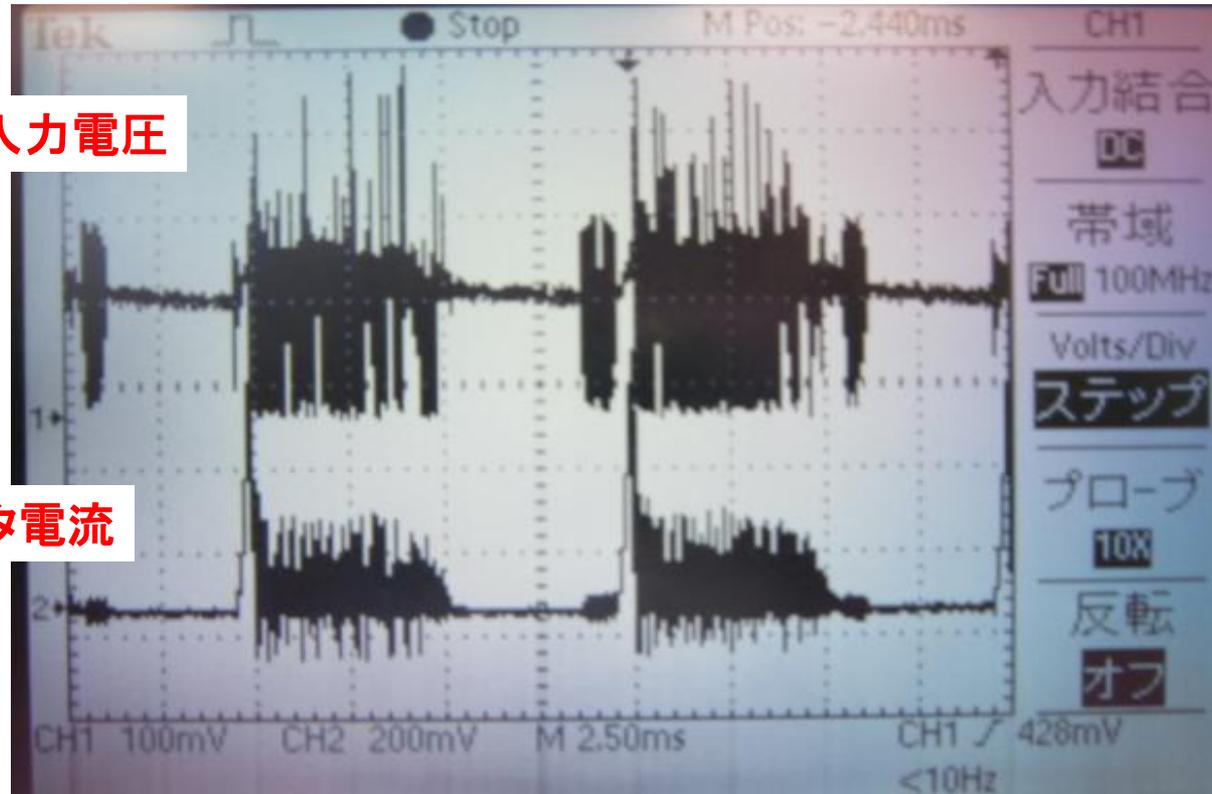


出力DC電圧

スイッチの動作とインダクタ電流

インダクタ入力電圧

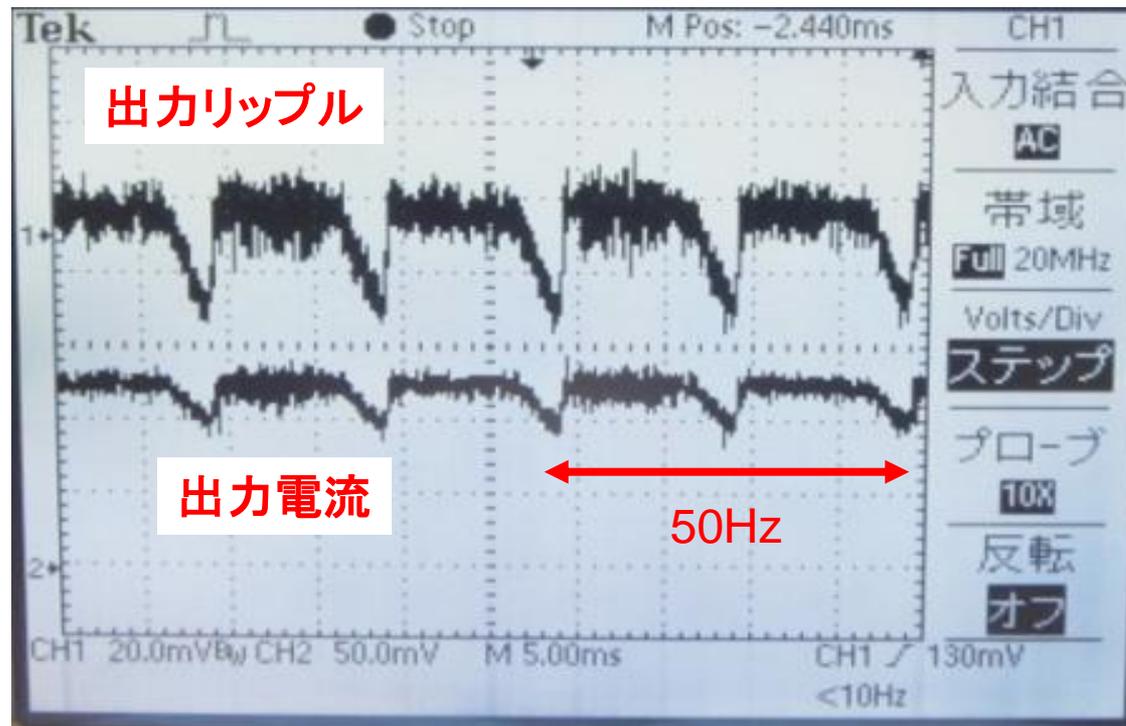
インダクタ電流



入力電圧50V(50Hz)

入力電圧12Vより低いときは スイッチ動作しないことがわかる。
PFC回路が利用して、改善できる。

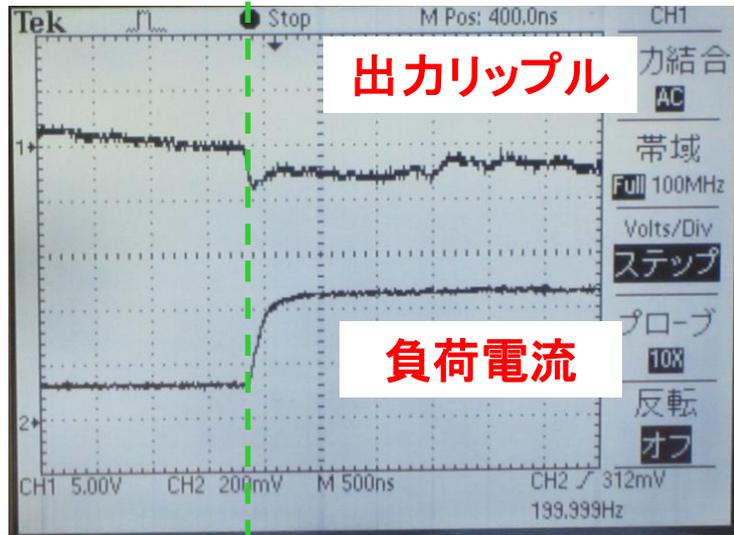
出力電圧と出力電流の波形写真



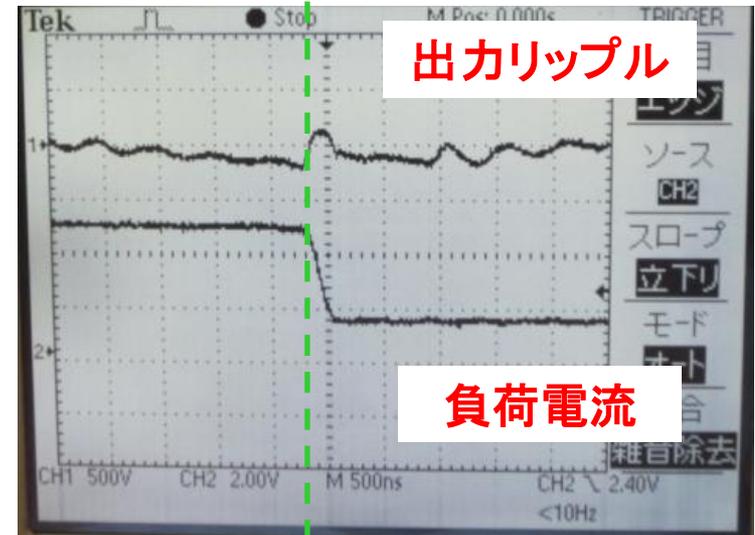
入力電圧50V(50Hz)

入力電圧12Vより低いときは スイッチ動作しないのでリップルが大きくなる。

過度応答の結果写真

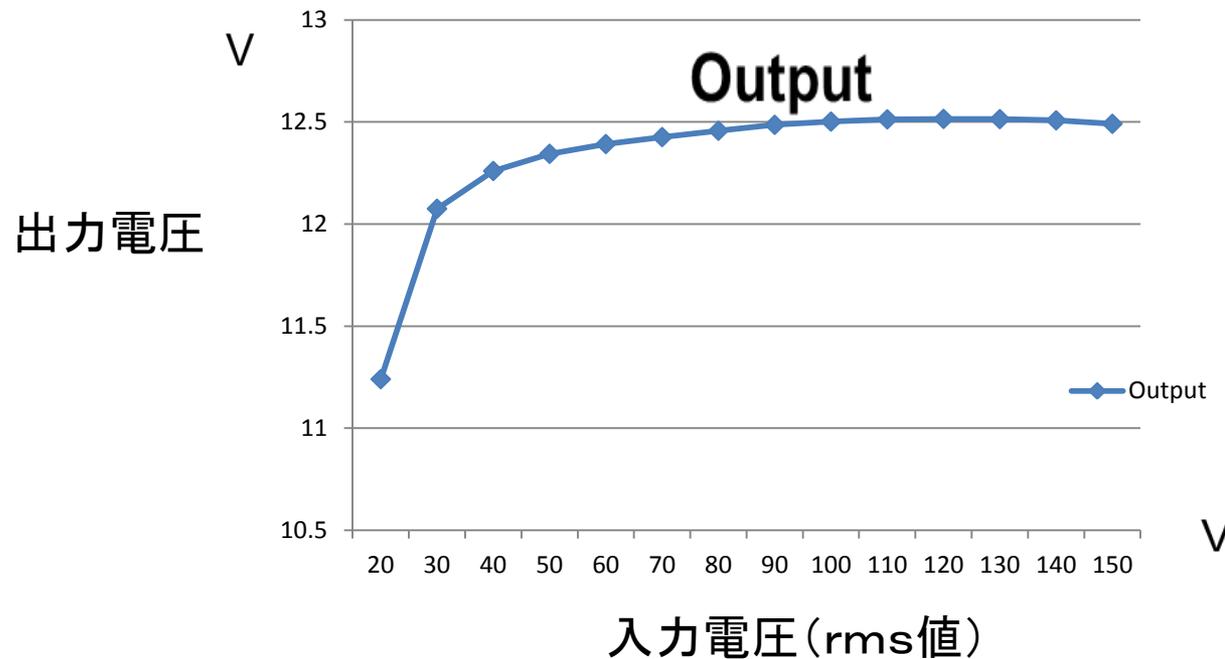


負荷110Ωから27.5Ωまで
電流は0.1Aから0.5Aまで



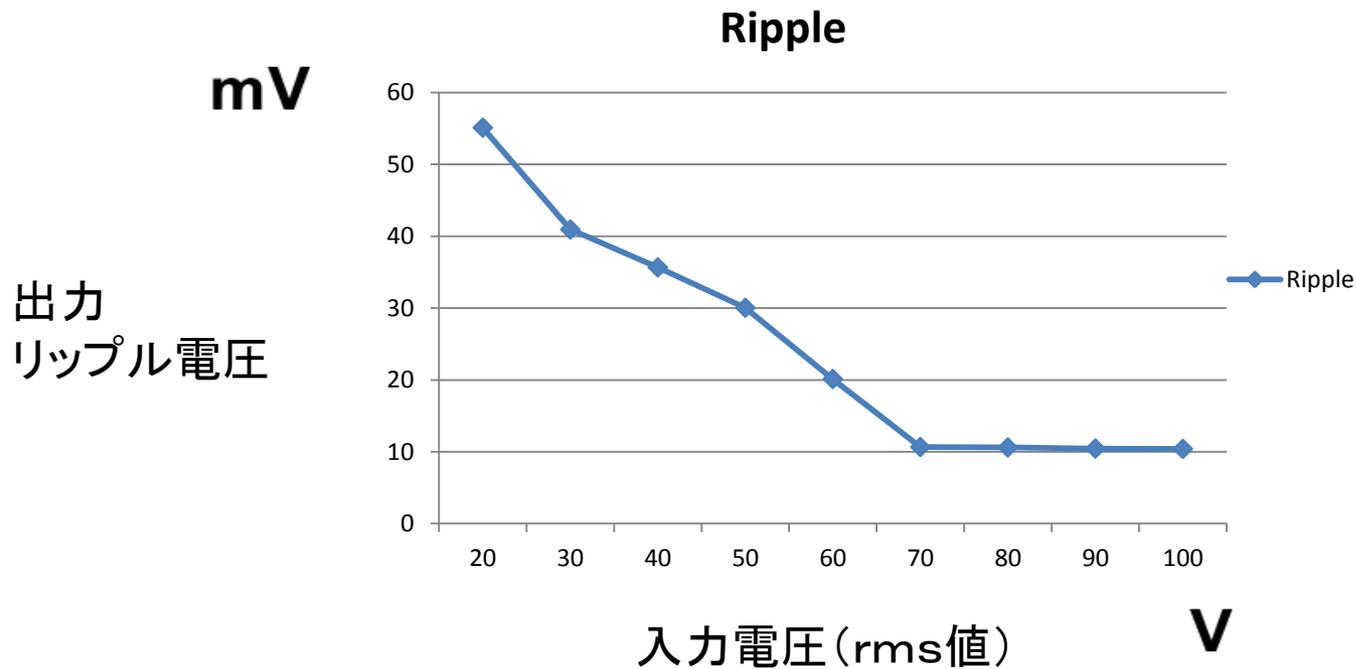
負荷27.5Ωから110Ωまで
電流は0.1Aから0.5Aまで

ラインレギュレーション



商用電源100Vの近いところは出力電圧が安定な12.5V。

リップルと入力電圧の関係分析



商用電源100Vの近いところはリップルが小さい。

OUTLINE

- 1 研究背景
- 2 新提案1 降圧-降圧AC-DC変換器
- 3 新提案2 フォワード絶縁型AC-DC変換器
- 4 一部の実験
- 5 **まとめ**

まとめ

直接AC-DC変換を行う新原理の回路を2つ提案。

- 回路が絶縁型と非絶縁型提案
- 直流出力電圧50V,24V,12V,5Vが得られた。
- リプルが十分小さい。
- 負荷変動に対する過渡応答がよい。
- 入力100Vで実験を行った。



高変換効率、低コストのAC-DC変換器が実現可

今後の課題

- 力率の評価と改善
- 効率の評価と改善

ご静聴ありがとうございます