

# 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

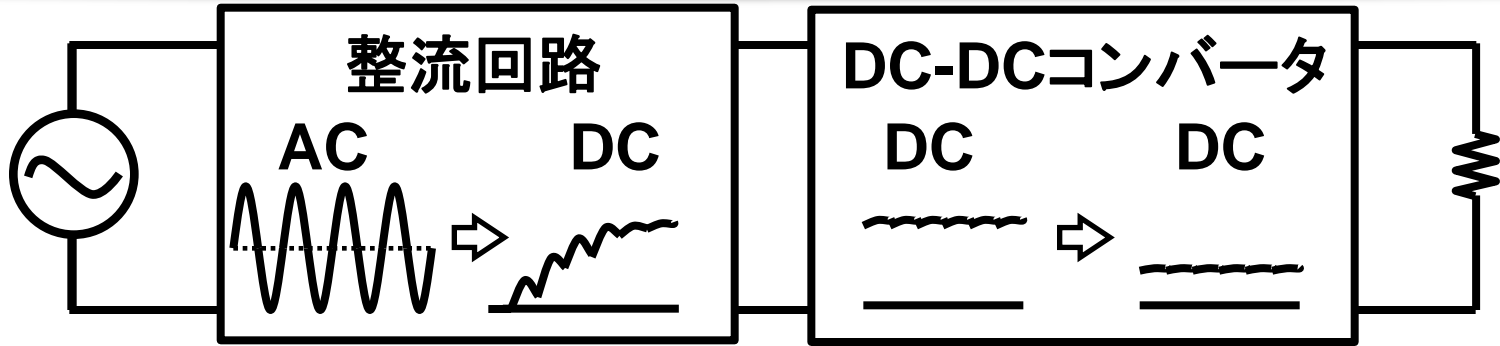
# 研究背景



# 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

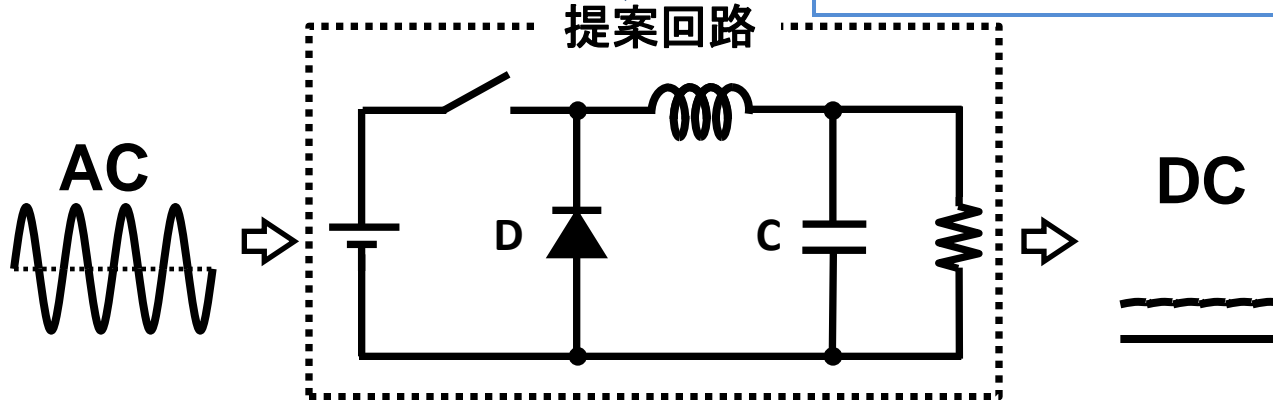


従来回路

{ 多段回路: 低変換効率 ☹️  
回路面積大: 高コスト



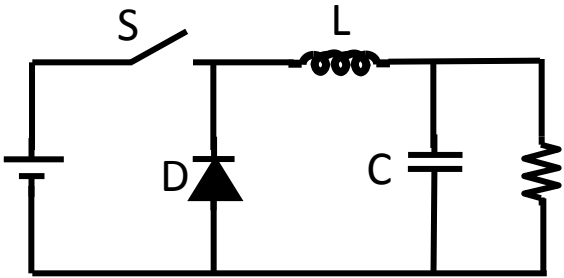
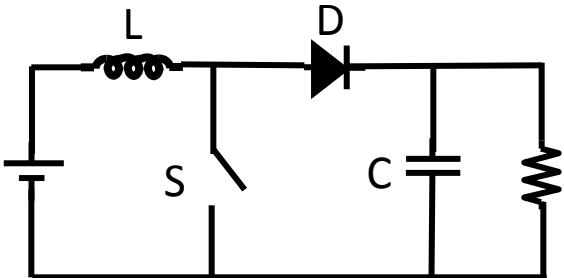
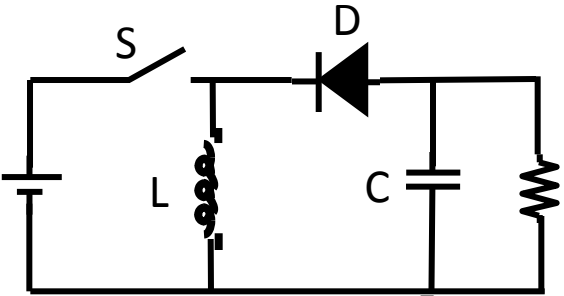
DC-DCコンバータの原理を  
AC-DCコンバータに応用



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
降圧型		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。

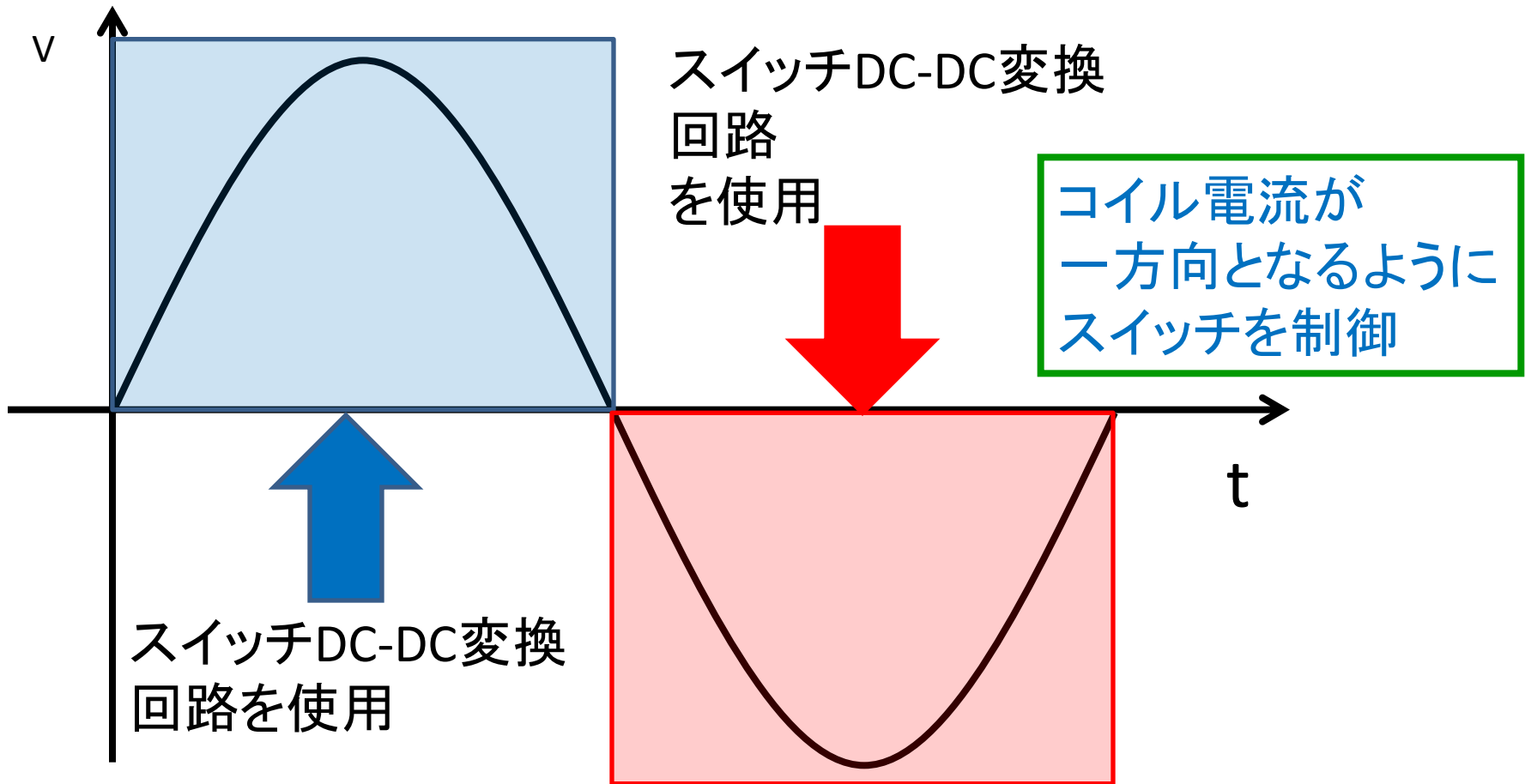
# OUTLINE

- 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

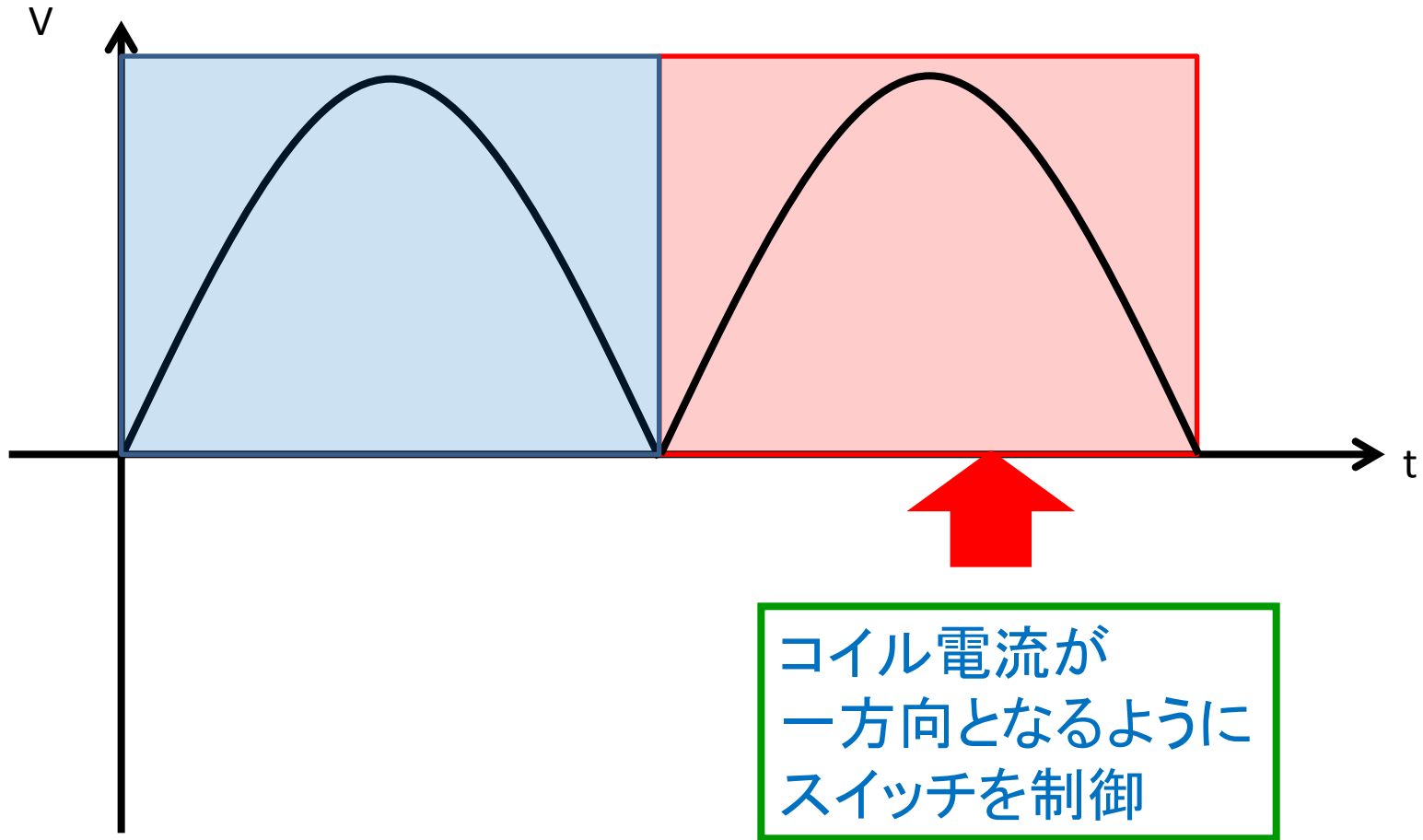


# 構成の原理（1）

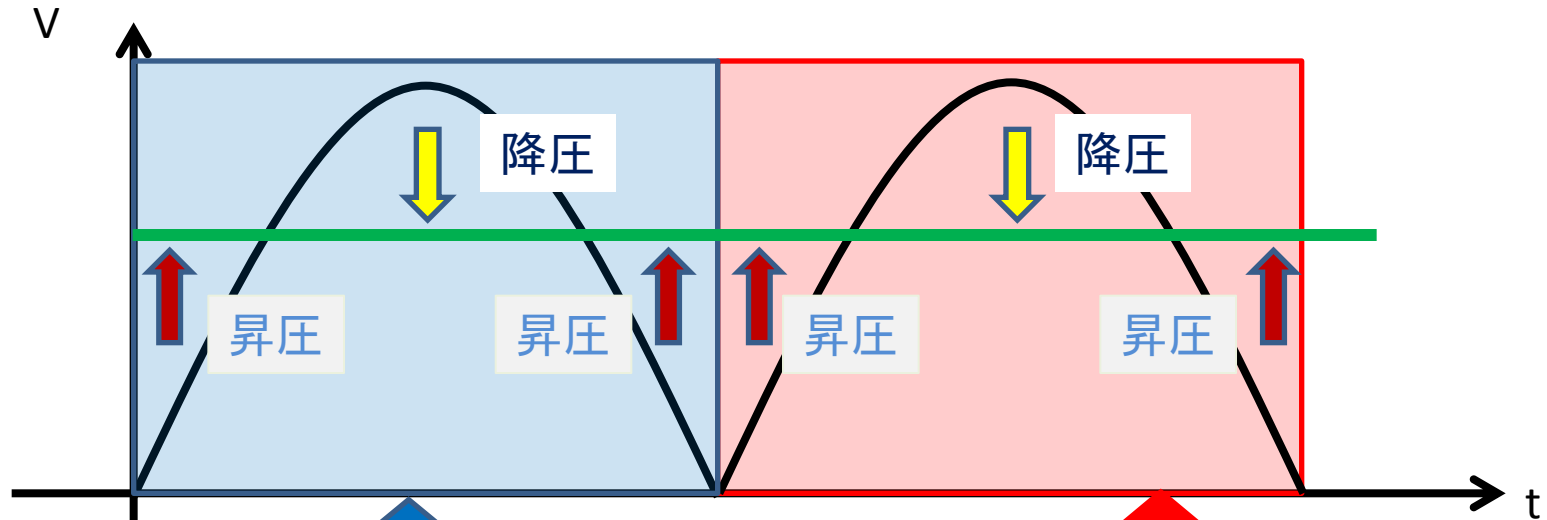
AC入力電圧からDC出力電圧を生成



# 構成の原理（２）



# 構成の原理 (3)

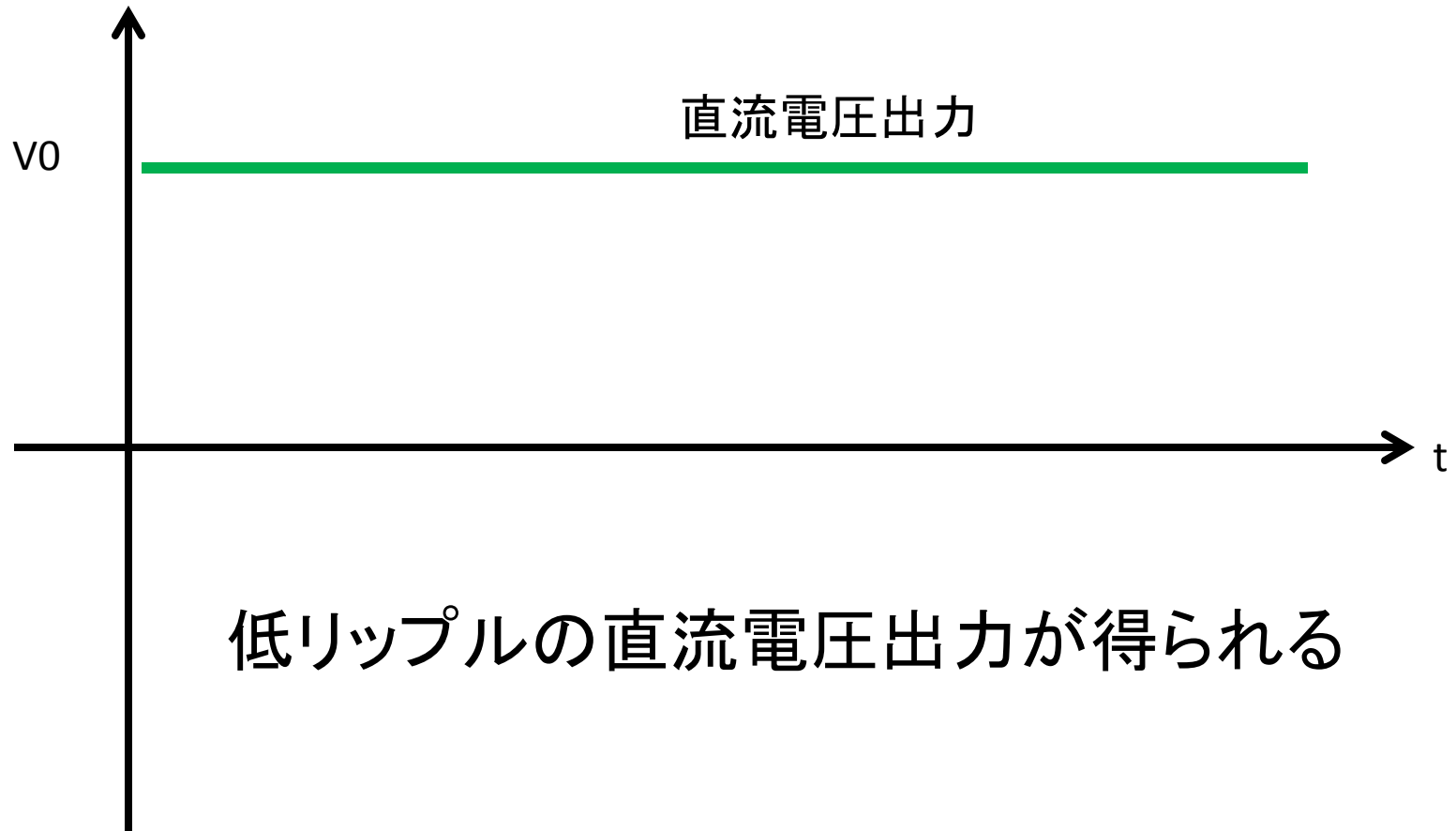


スイッチ回路を使用

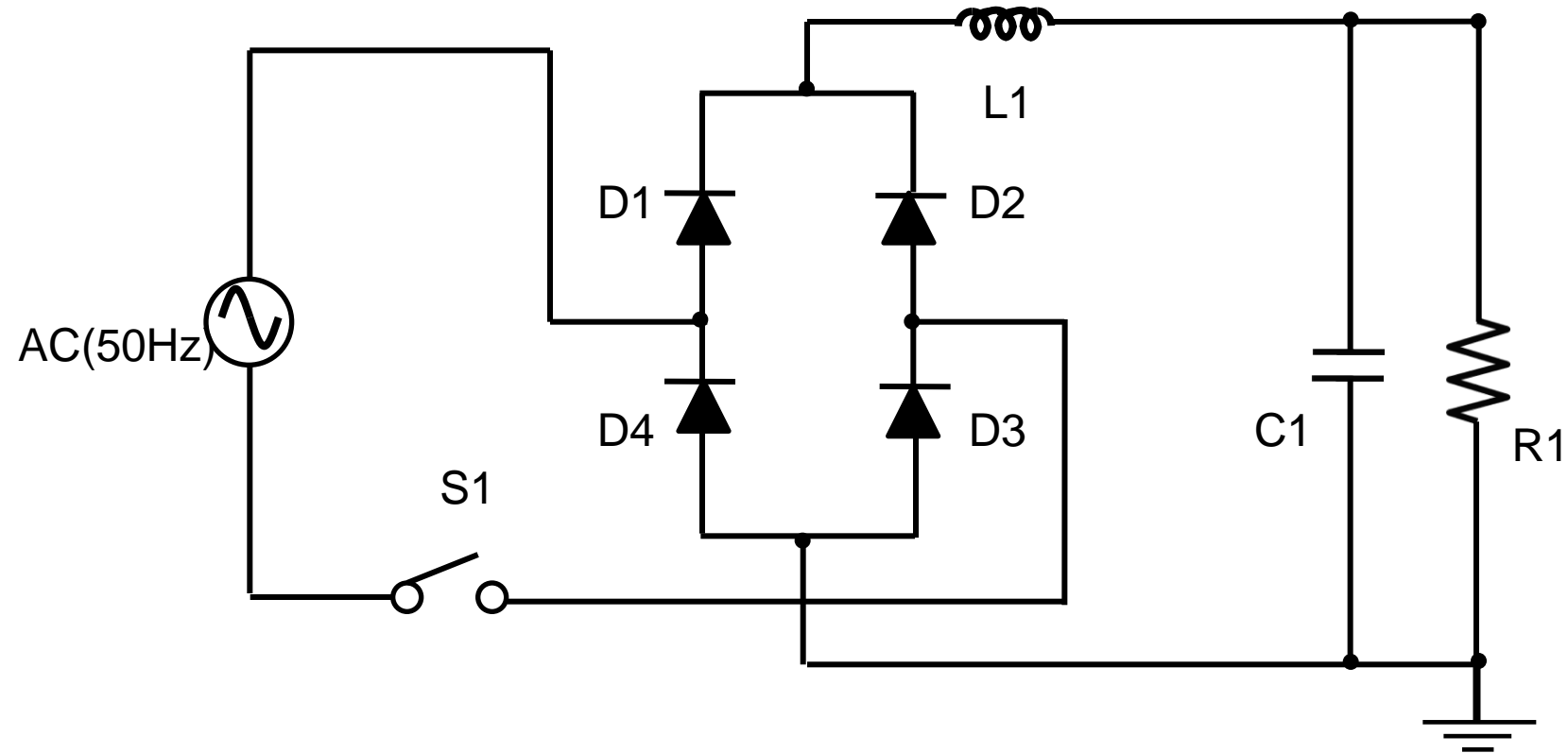
スイッチ回路を使用

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）

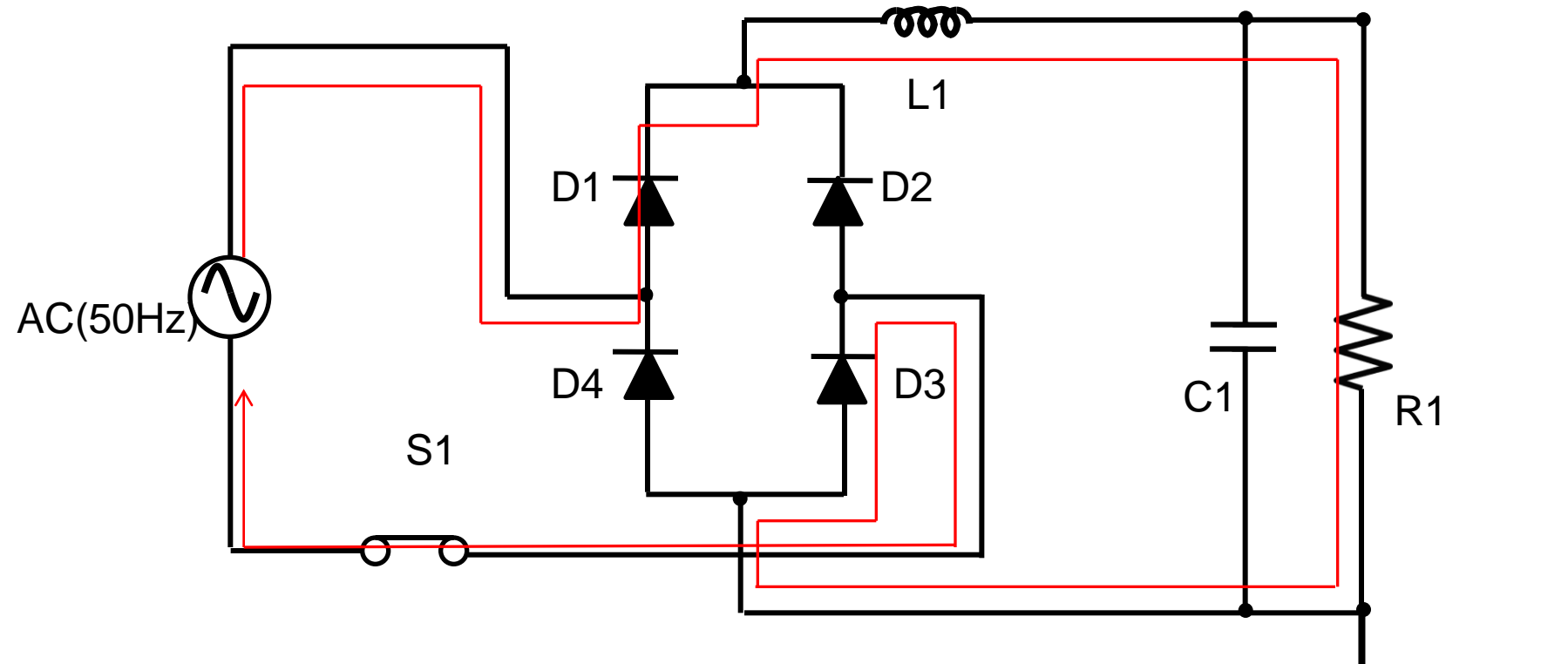


# 新提案 1 降圧一降圧型コンバータ

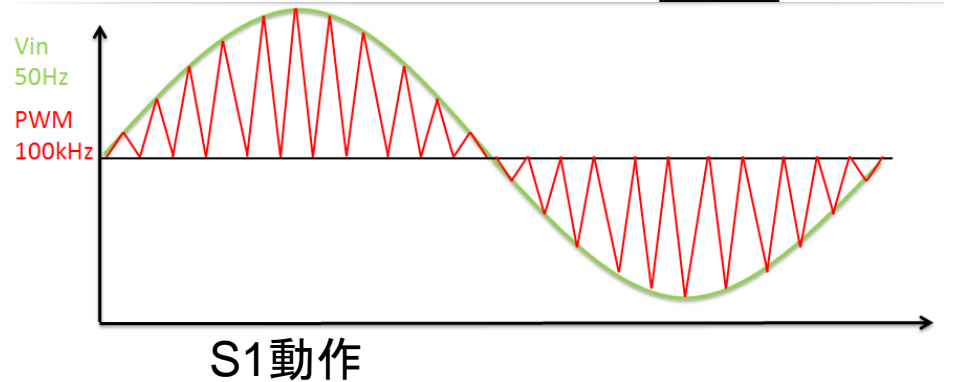


理想スイッチを使った回路図

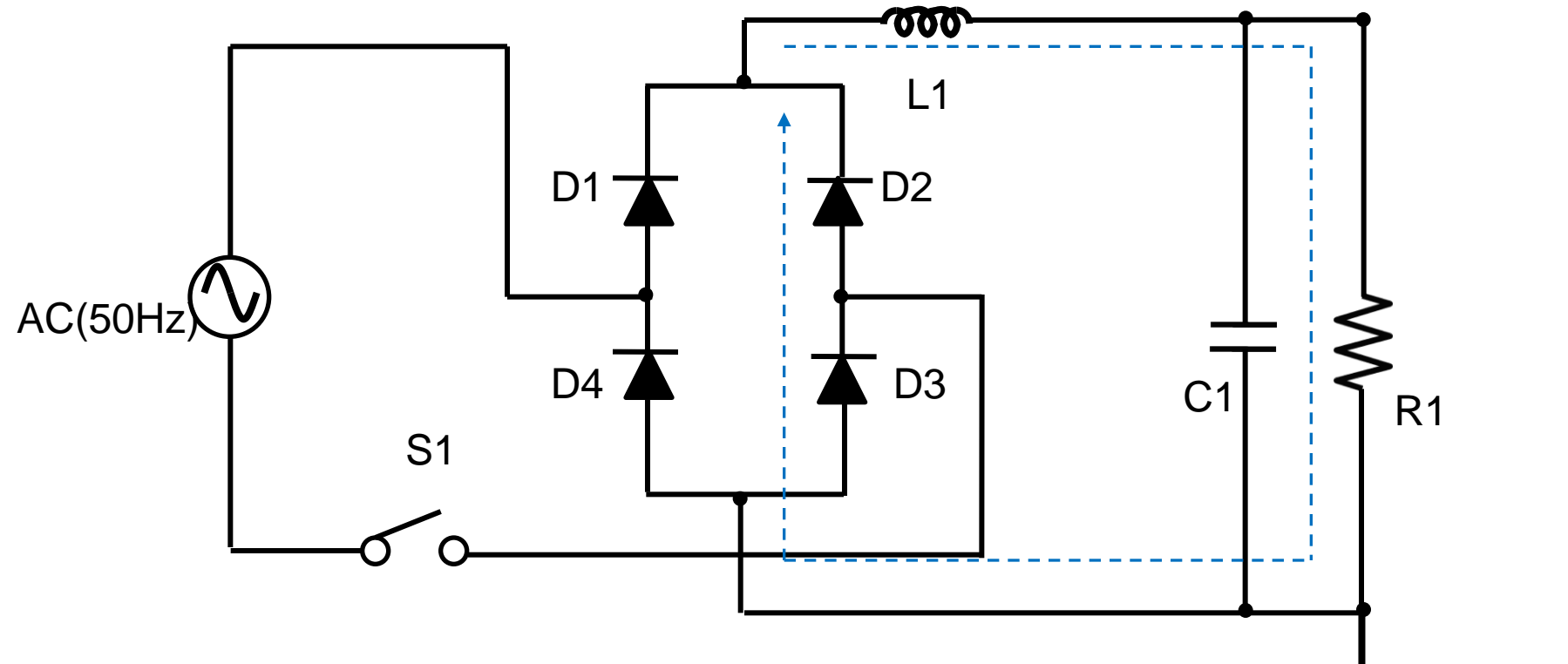
# 動作原理 $V_{in} > 0$



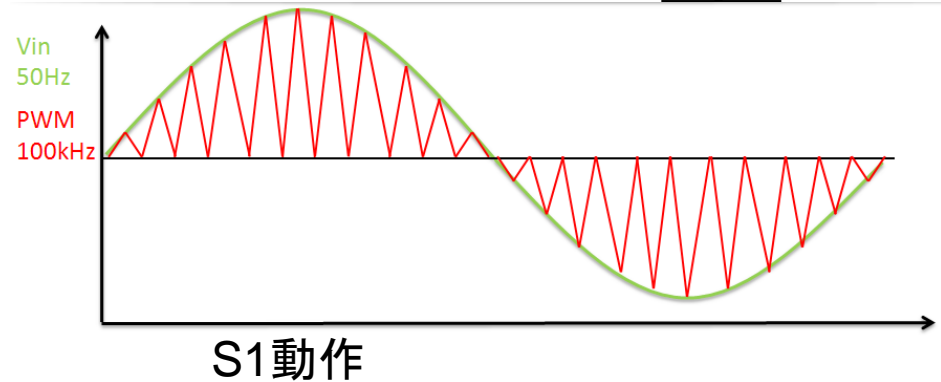
$V_{in} > 0$ : S1 制御され(ON)、  
回路は降圧コンバータ



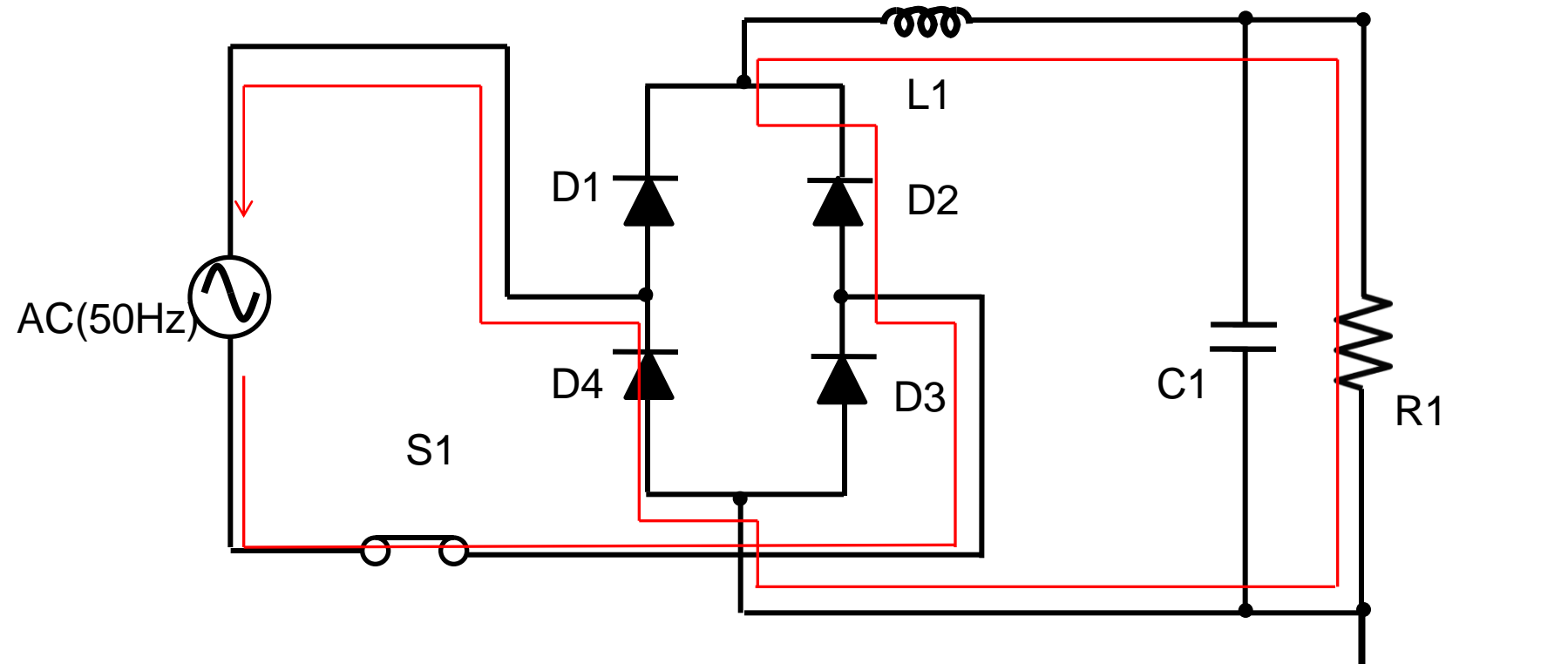
# 動作原理 $V_{in} > 0$



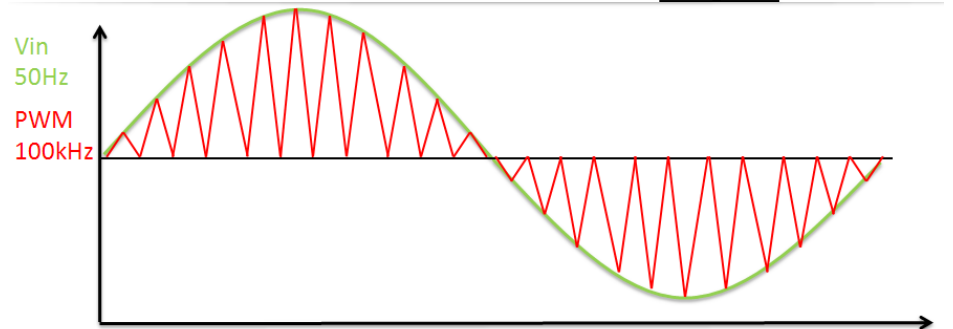
$V_{in} > 0$ : S1 制御され(OFF)、  
回路は降圧コンバータ



# 動作原理 $V_{in} < 0$



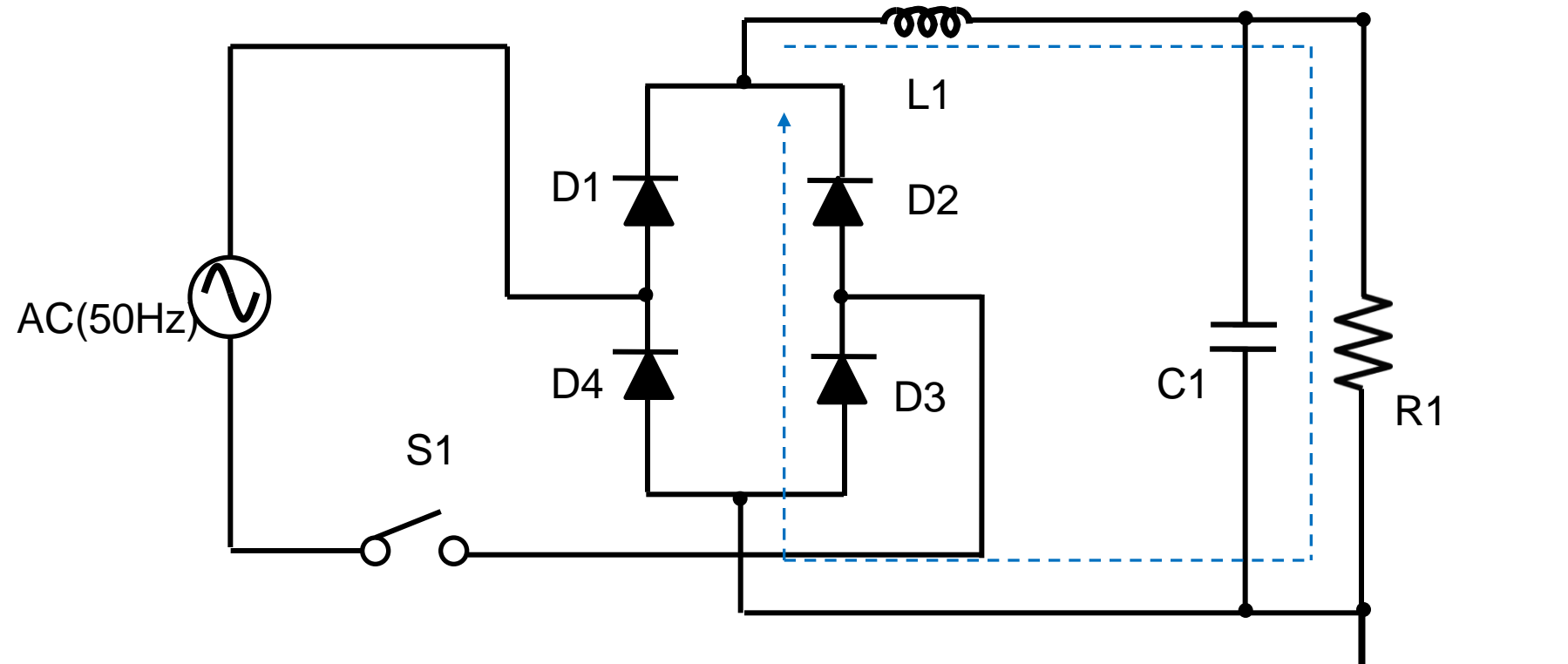
$V_{in} < 0$ : S1 制御され(ON)、  
回路は降圧コンバータである



S1動作

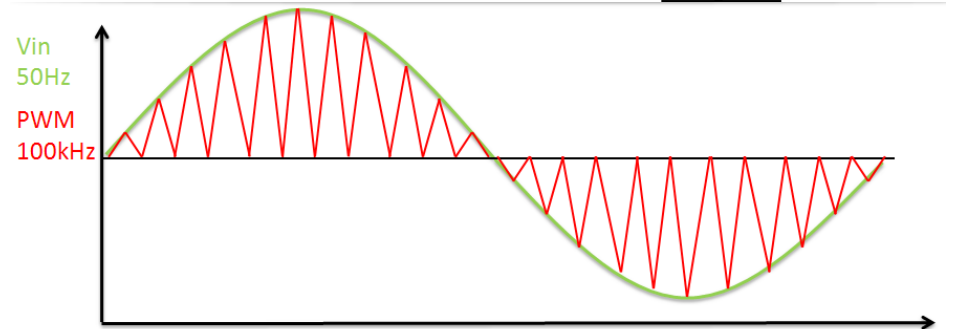


# 動作原理 $V_{in} < 0$



$V_{in} < 0$ : S1 制御され(OFF)、

回路は降圧コンバータである



S1動作

# 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。

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

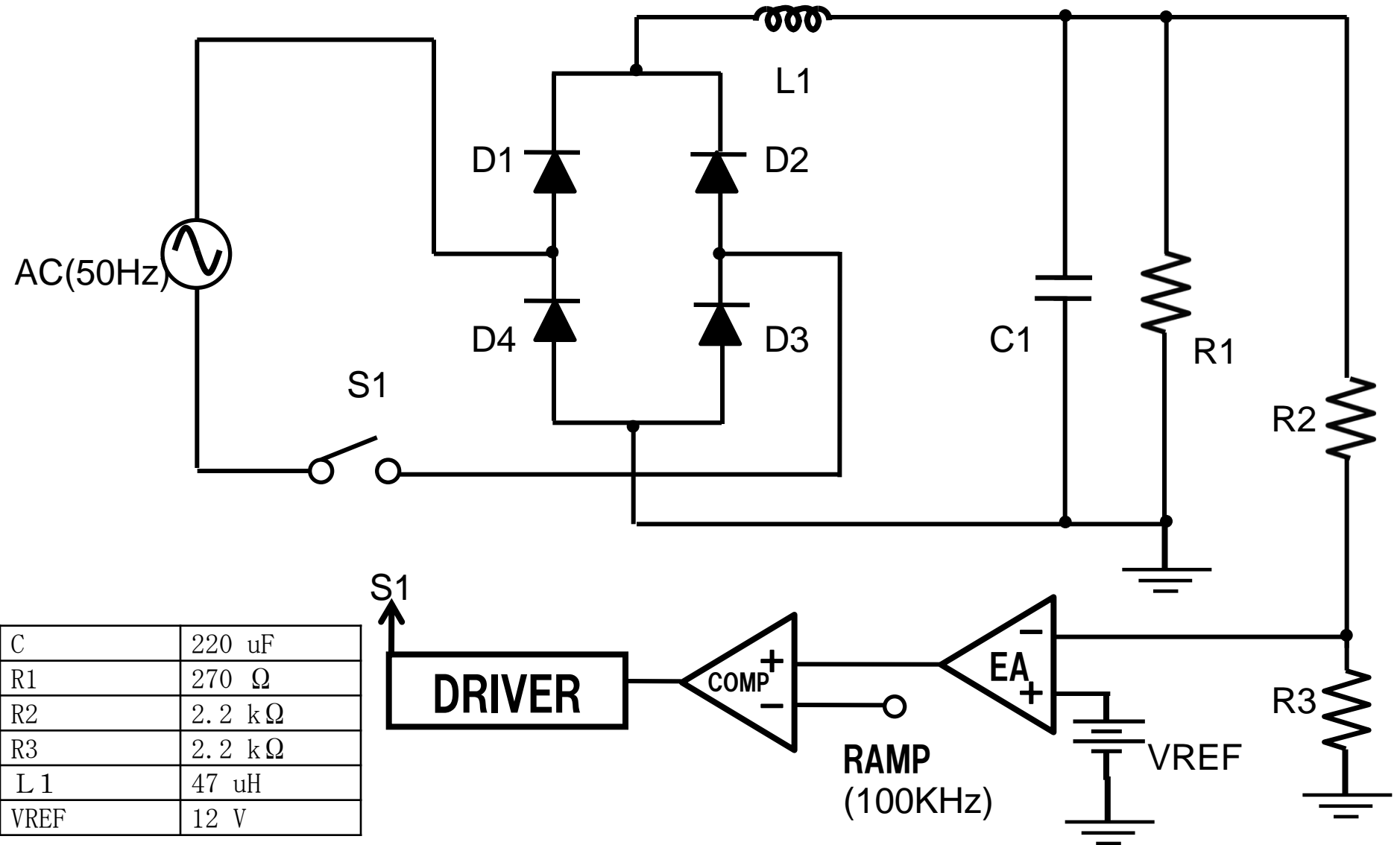
必要なデューティD:

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

半周期の平均デューティ  $D^*$  :

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

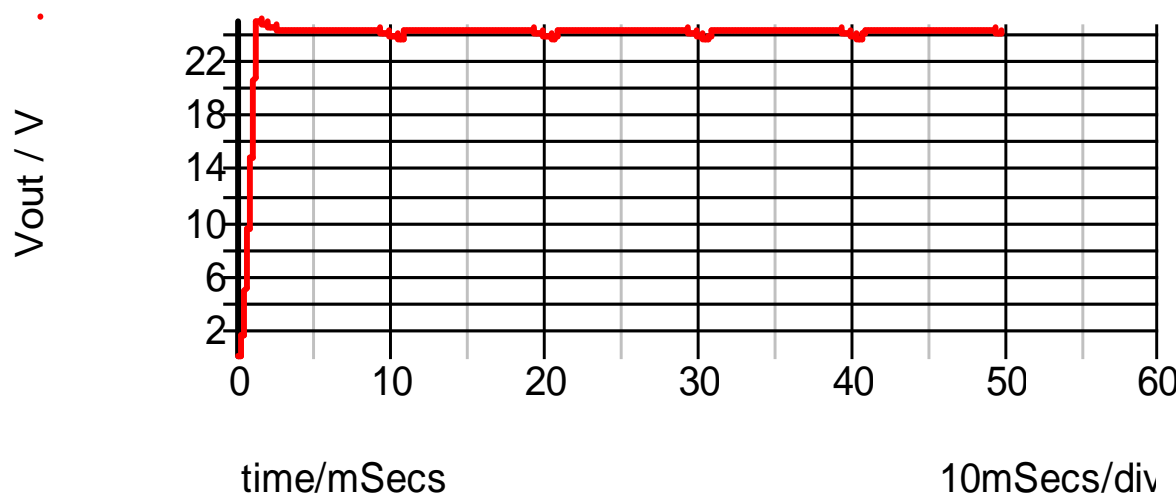
# シミュレーション回路図



# 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:  $V_o=24.00V$



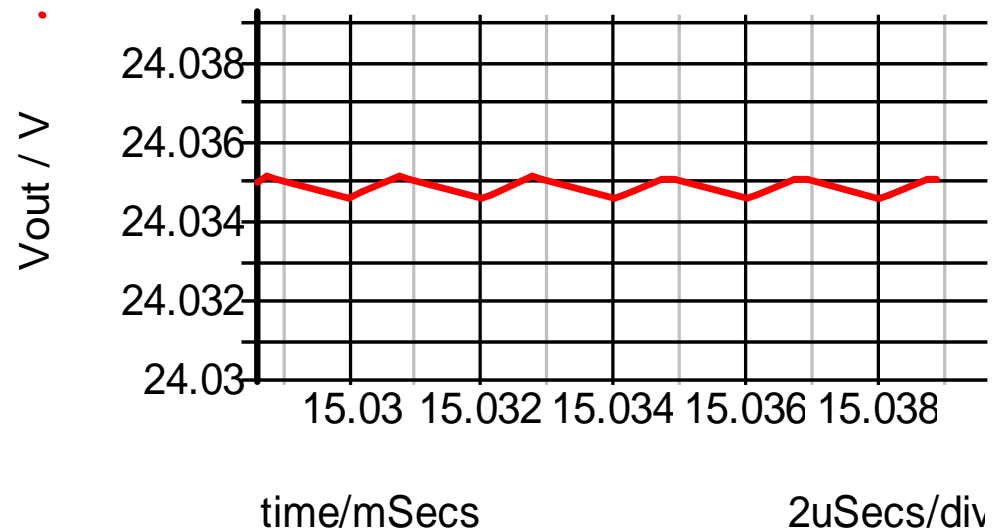
— DC出力電圧

C	220 uF
R	270 $\Omega$
R1	2.2 k $\Omega$
R2	2.2 k $\Omega$
L	47 uH
VREF	12 V

# 出力電圧のリプル

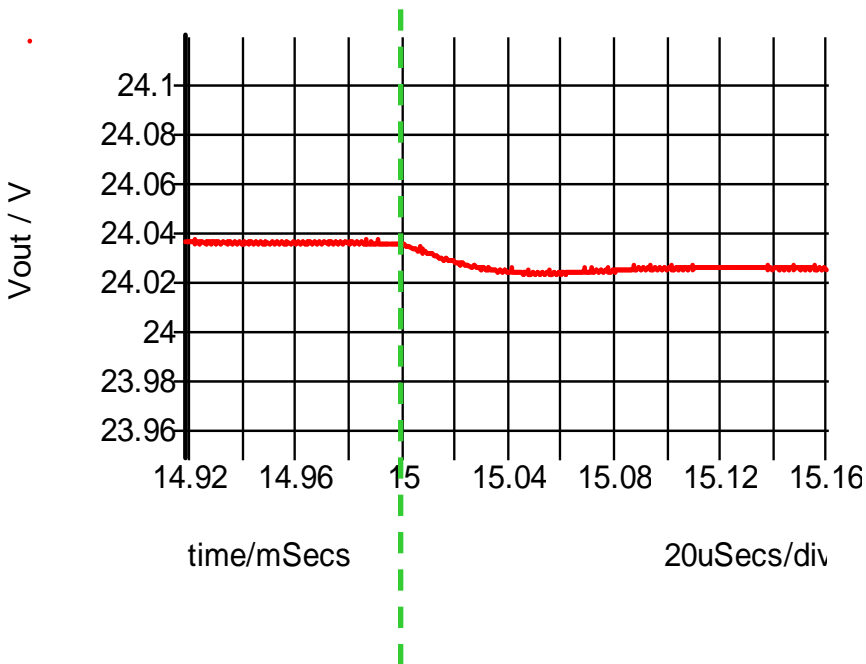
シミュレーション結果

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



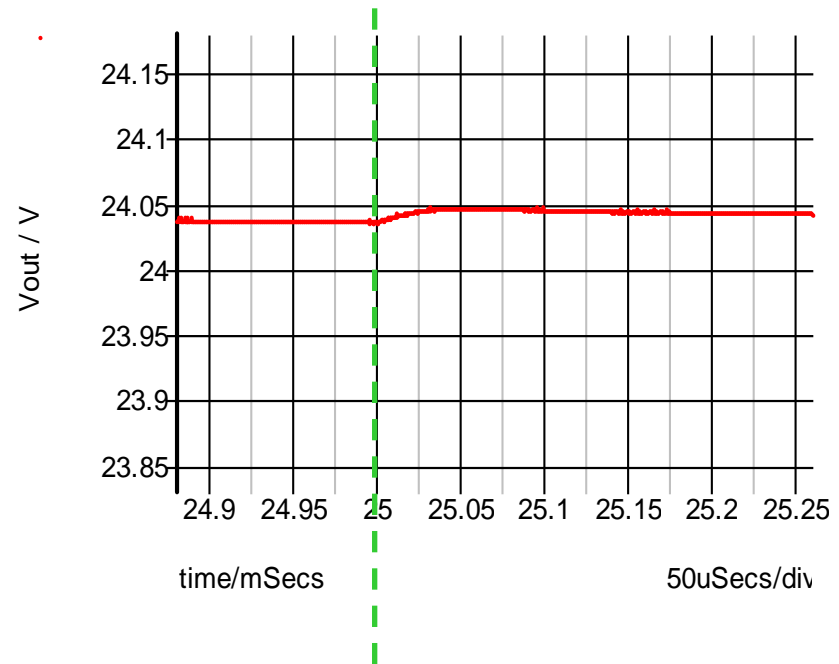
C	220 uF
R1	270 $\Omega$
R2	2.2 k $\Omega$
R3	2.2 k $\Omega$
L 1	47 uH
VREF	12 V

# 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

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



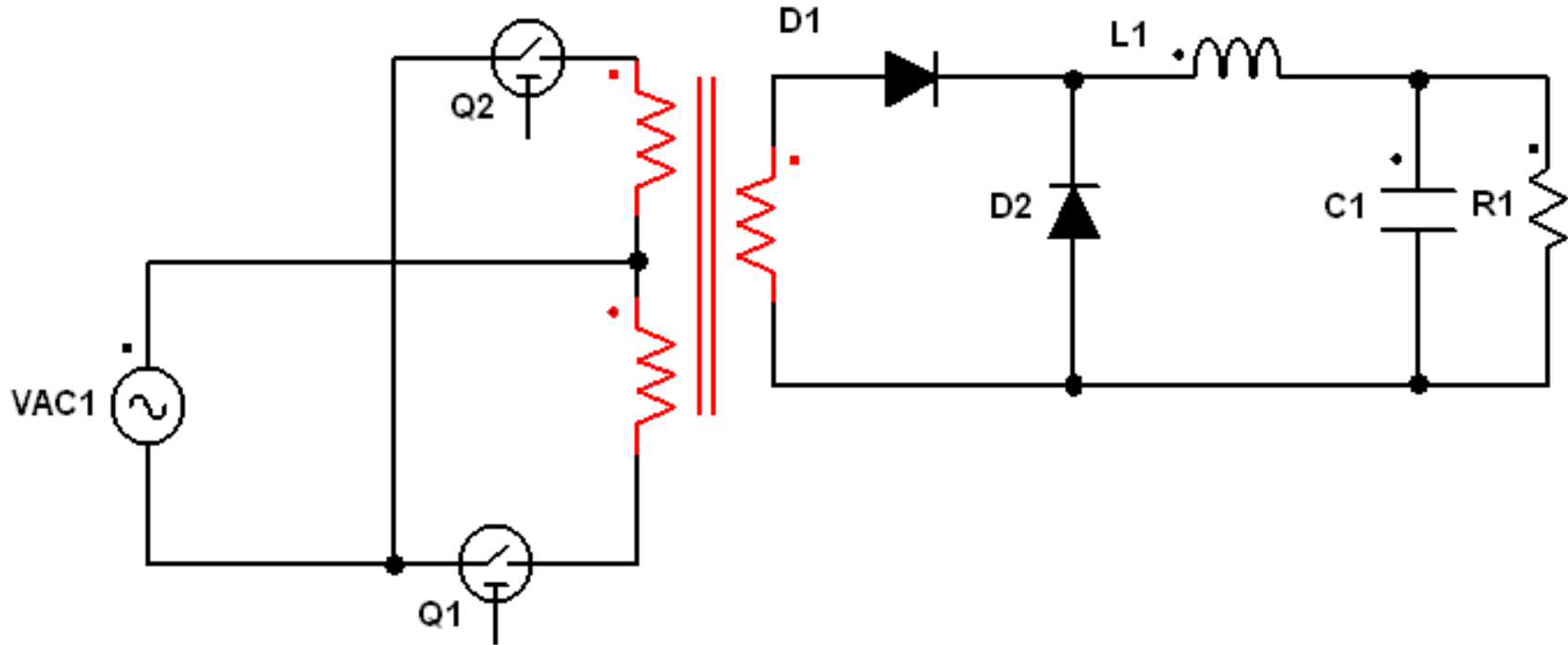
25msecsの時  
負荷135Ωから270Ωまで  
電流は0.2Aから0.1Aまで

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

# OUTLINE

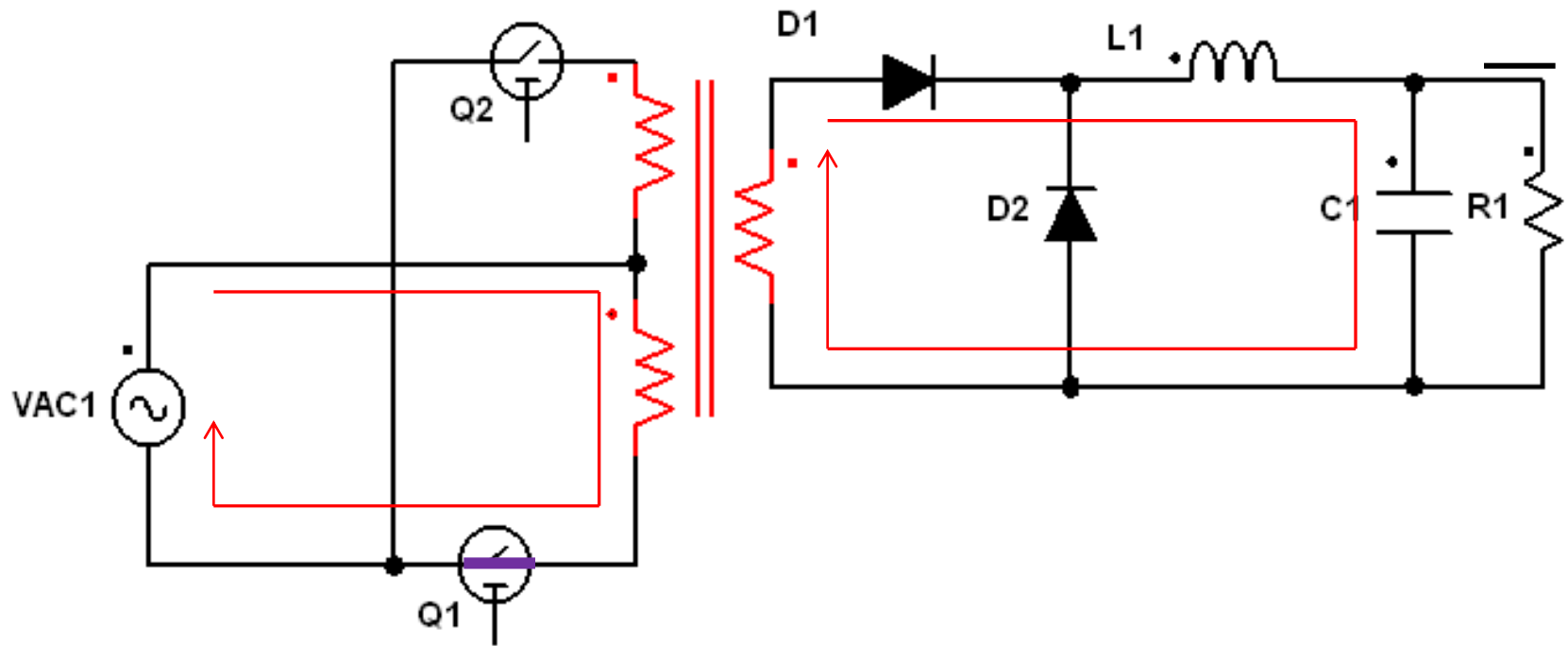
- 1 研究背景
- 2 新提案1 降圧-降圧AC-DC変換器
- 3 新提案2 フォワード絶縁型AC-DC変換器
- 4 実験
- 5 まとめ

# 提案回路





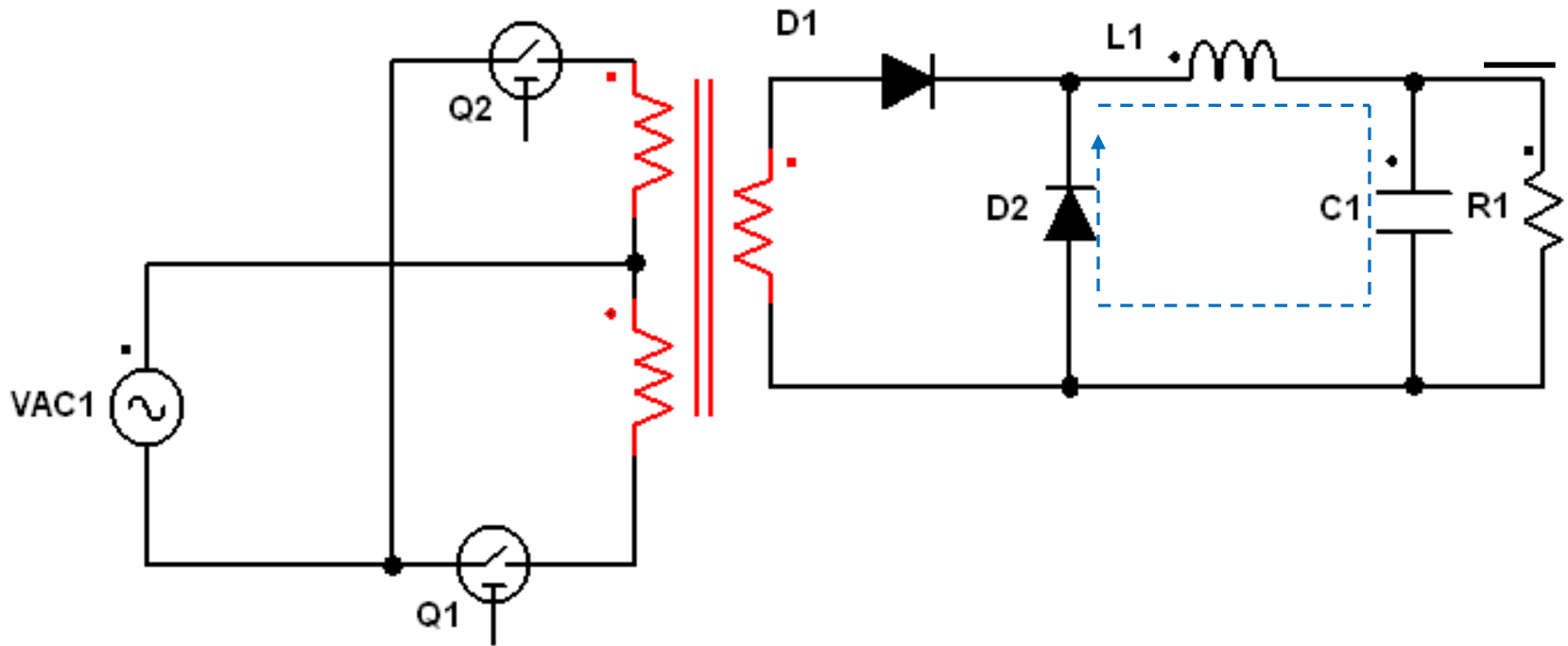
# 動作原理 $V_{in} > 0$



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

回路は降圧コンバータ

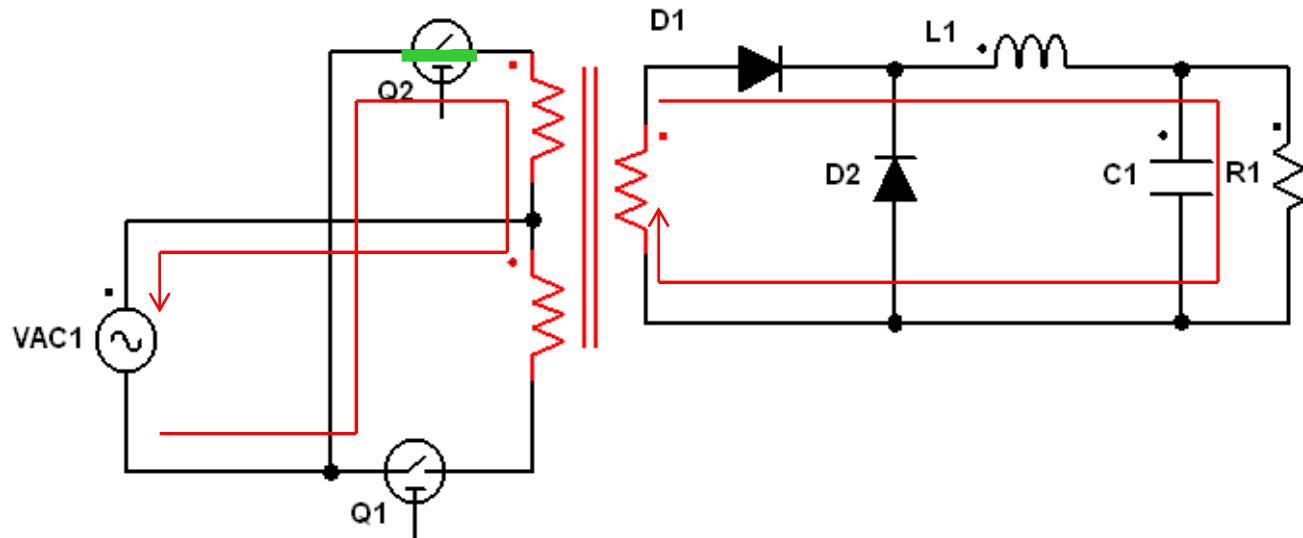
# 動作原理 $V_{in} > 0$



$V_{in} > 0$ : Q1 制御され (OFF)  
Q2 OFF

回路は降圧コンバータ

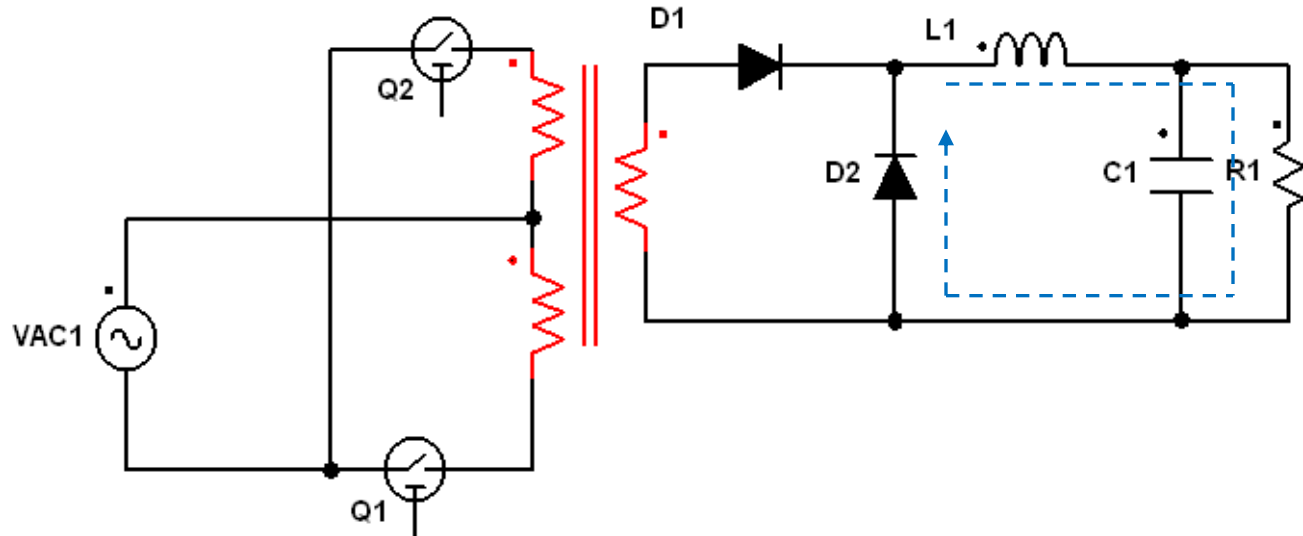
# 動作原理 $V_{in} < 0$



$V_{in} < 0$ : Q2 制御され (ON)  
Q1 OFF

回路は降圧コンバータ

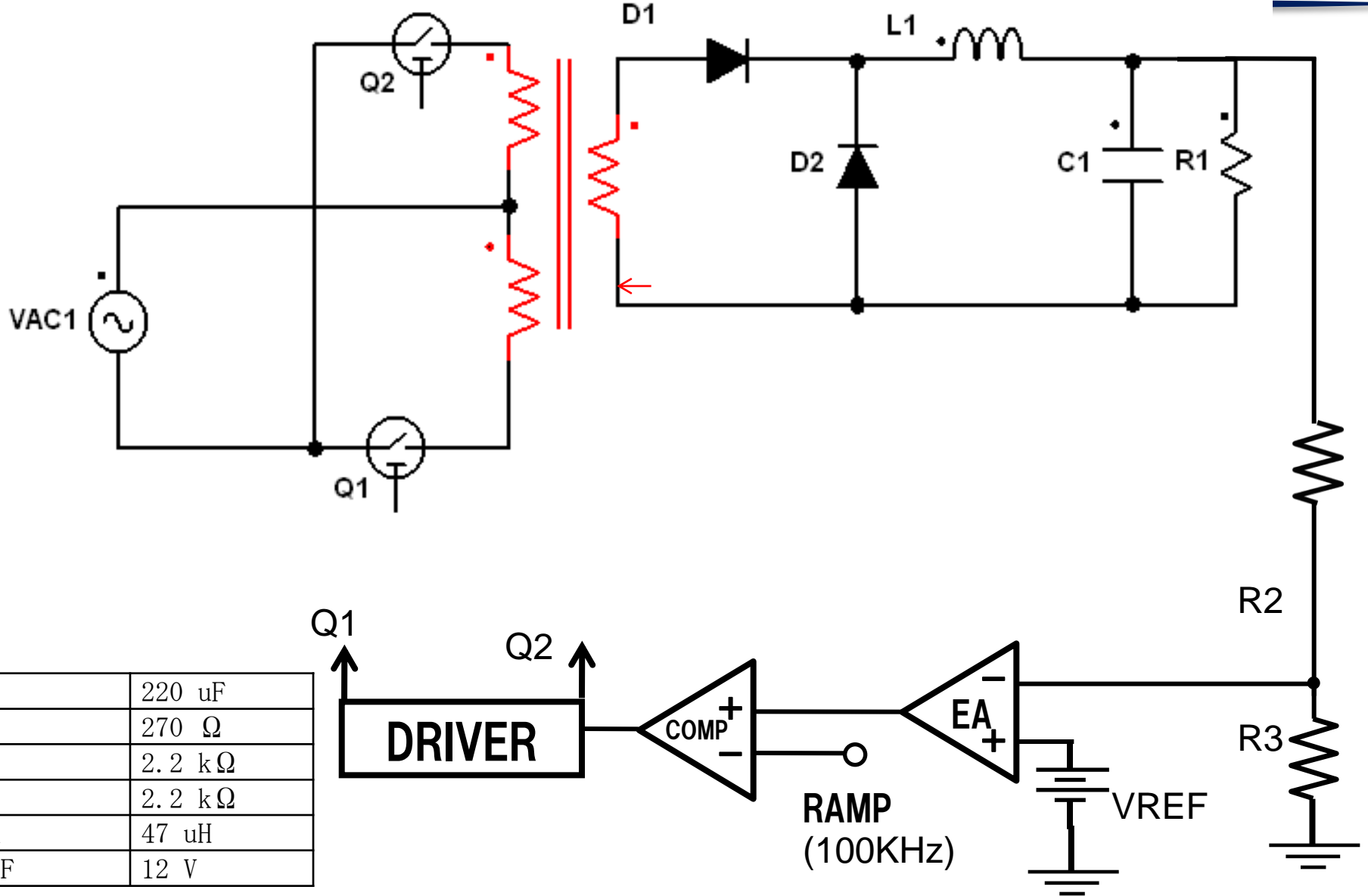
# 動作原理 $V_{in} < 0$



$V_{in} < 0$ : 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

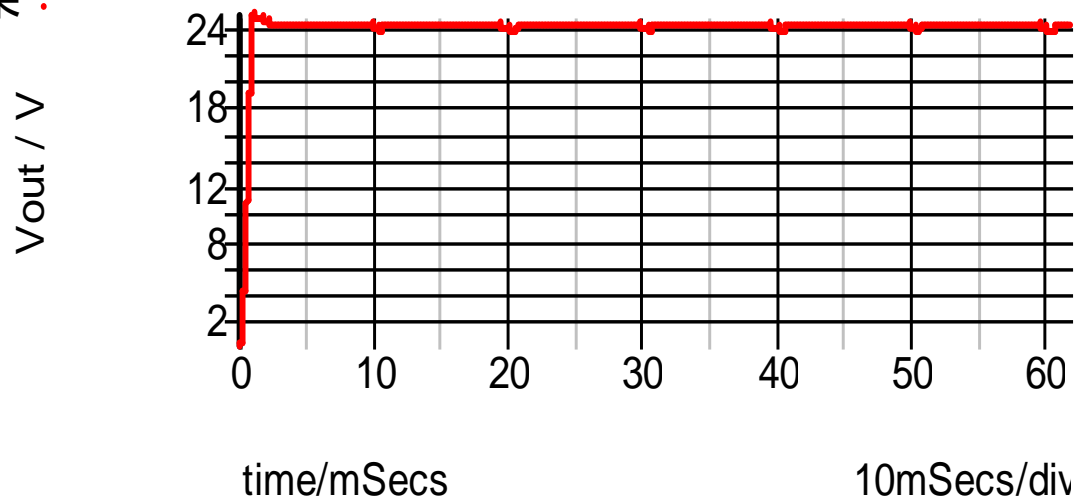


C	220 uF
R1	270 Ω
R2	2.2 kΩ
R3	2.2 kΩ
L1	47 uH
VREF	12 V

# 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:  $V_o=24.00V$

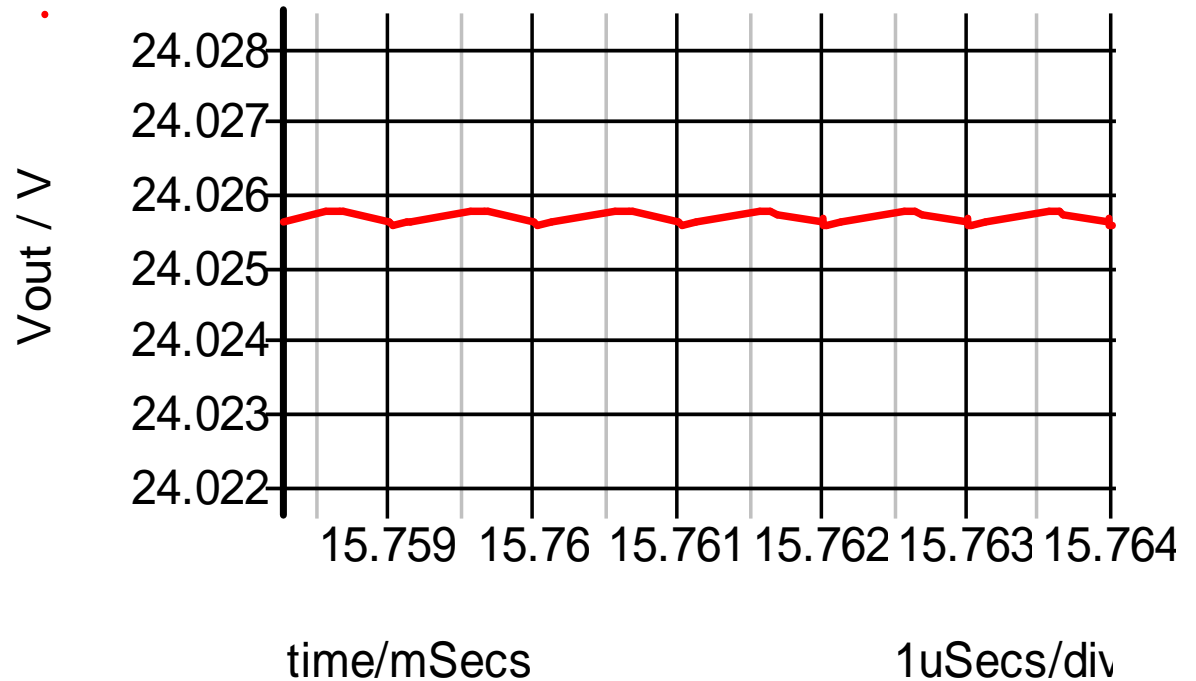


C	220 uF
R	270 $\Omega$
R1	2.2 k $\Omega$
R2	2.2 k $\Omega$
L	47 uH
VREF	12 V

# 出力電圧のリプル

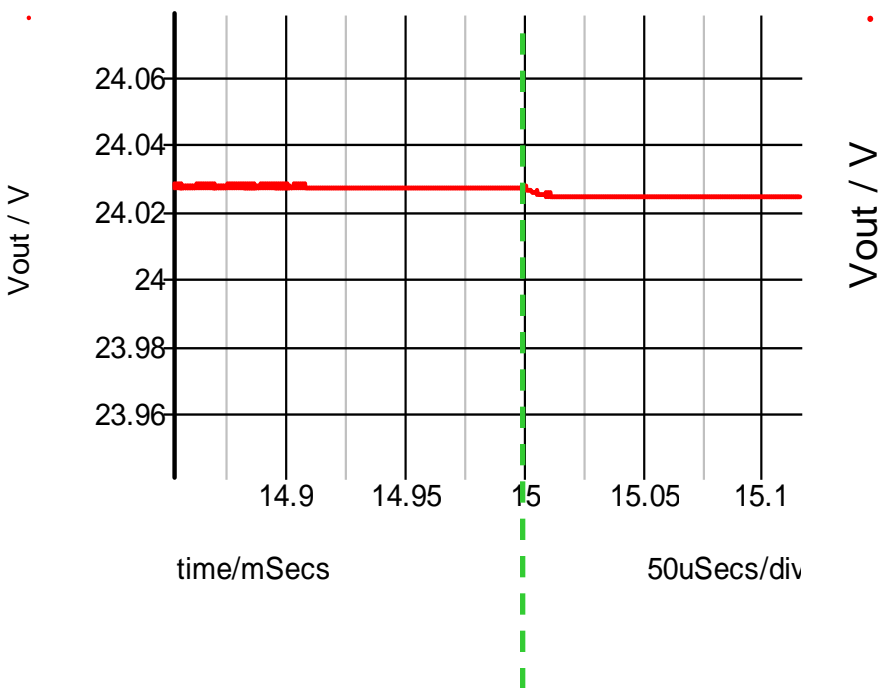
シミュレーション結果

・電圧リプル:  $\Delta V_o = 1\text{mVpp}$



C	220 uF
R	270 $\Omega$
R1	2.2 k $\Omega$
R2	2.2 k $\Omega$
L	47 uH
VREF	12 V

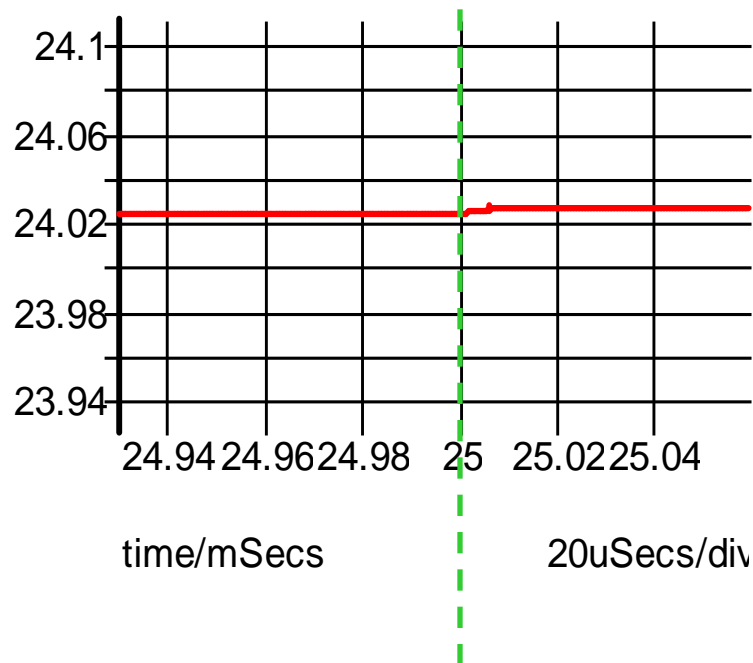
# 過渡応答：負荷270Ωから135Ωのシミュレーション



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

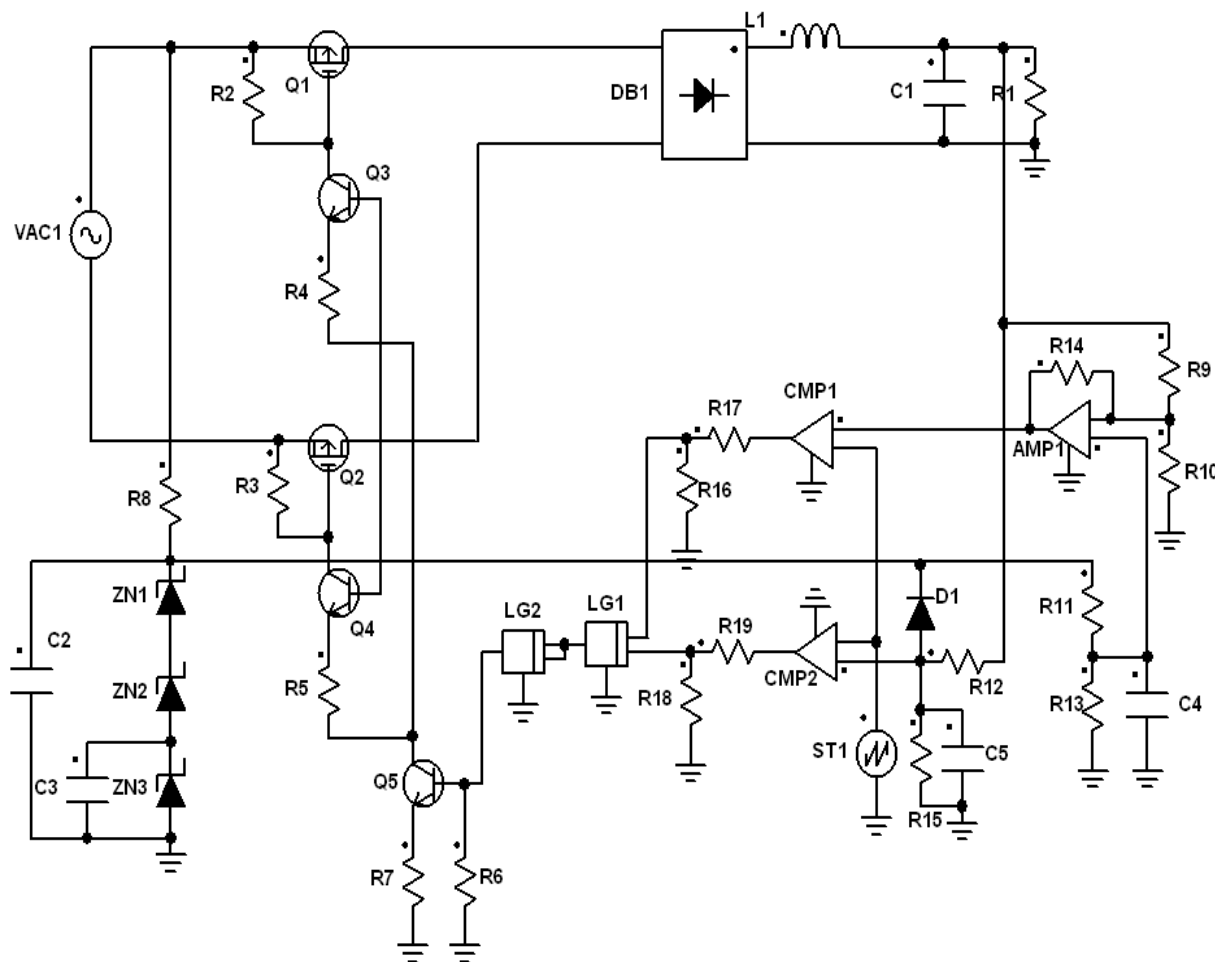
$$\Delta V_o = 5\text{mV}$$



# 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

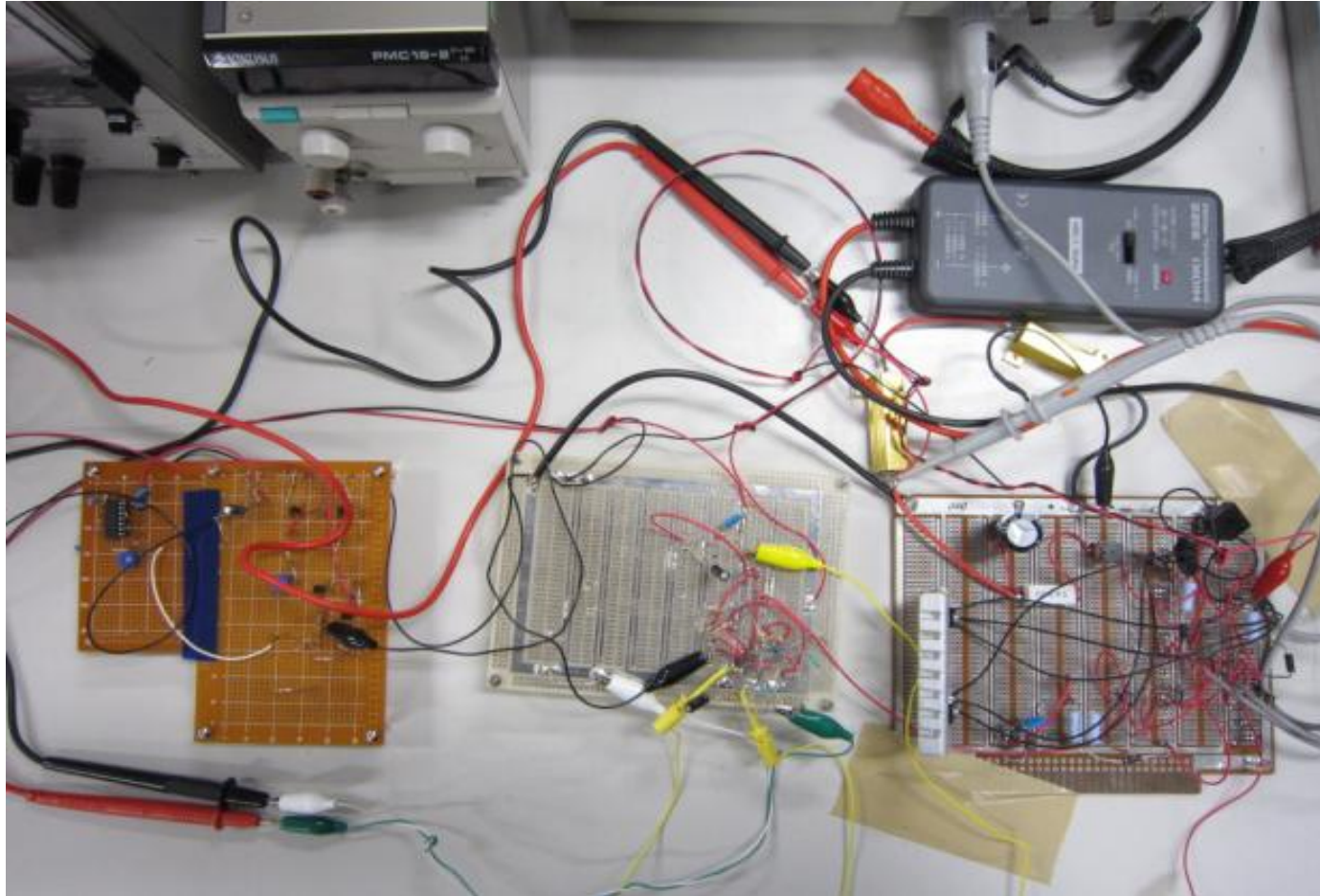
# 実験の回路図 (提案非絶縁型AC-DC変換回路)



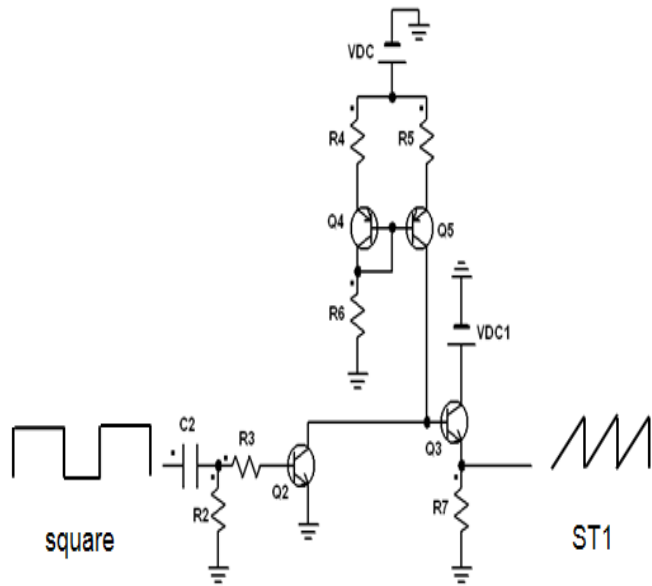
C	220 uF
R1	110 Ω
R9	2.2 kΩ
R10	2.2 kΩ
L	47 uH
VREF	6 V

降圧-降圧AC-DC変換器

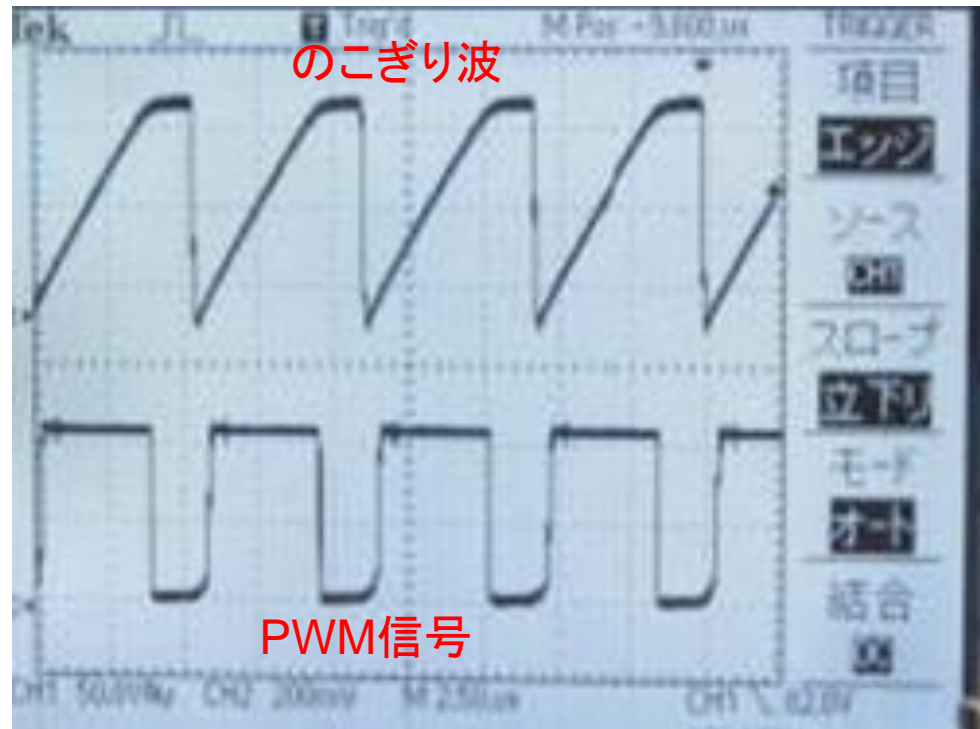
# 作成した回路の写真



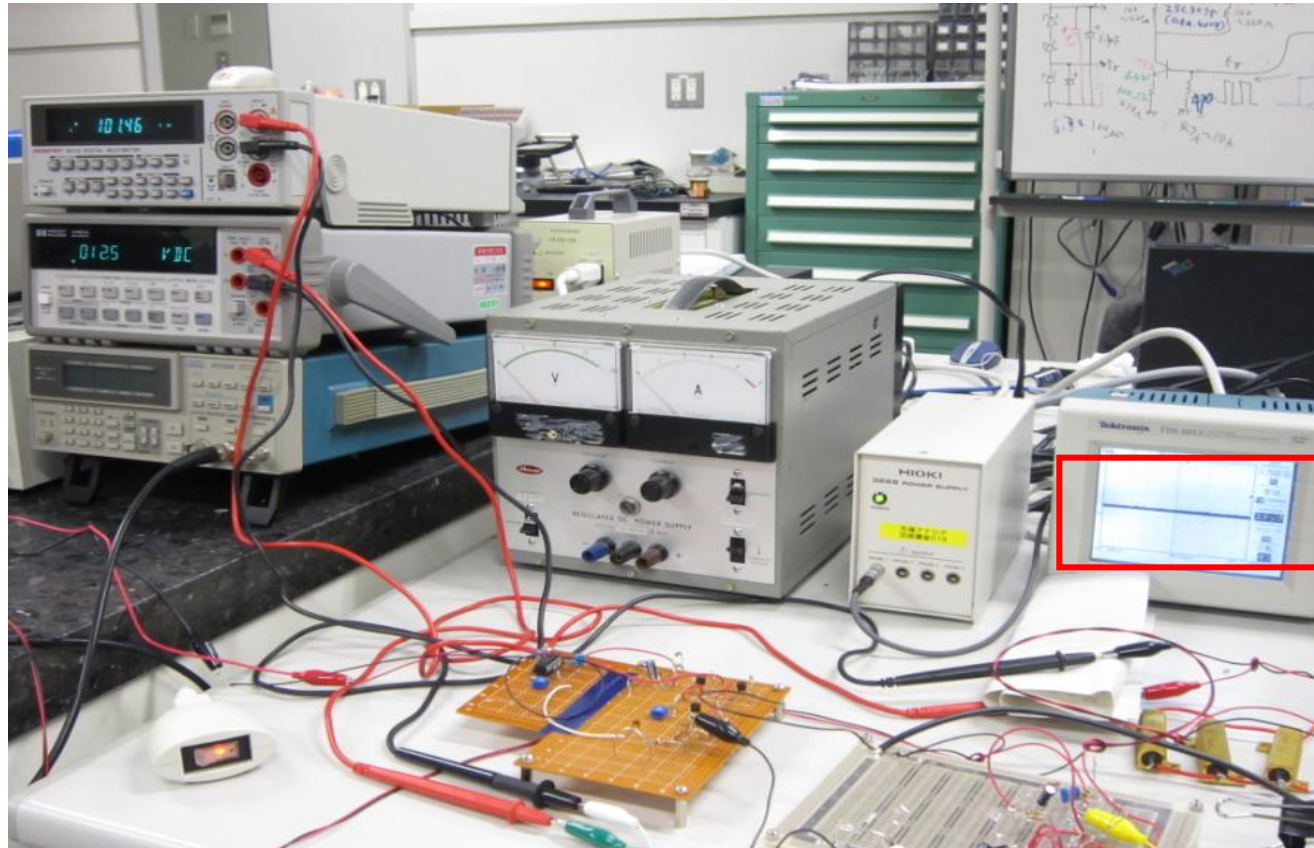
# のこぎり波とPWM信号



のこぎり波生成回路



# 実験の写真



出力電圧  
12.5V

C	220 $\mu$ F
R1	110 $\Omega$
R9	2.2 k $\Omega$
R10	2.2 k $\Omega$
L	47 $\mu$ 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)

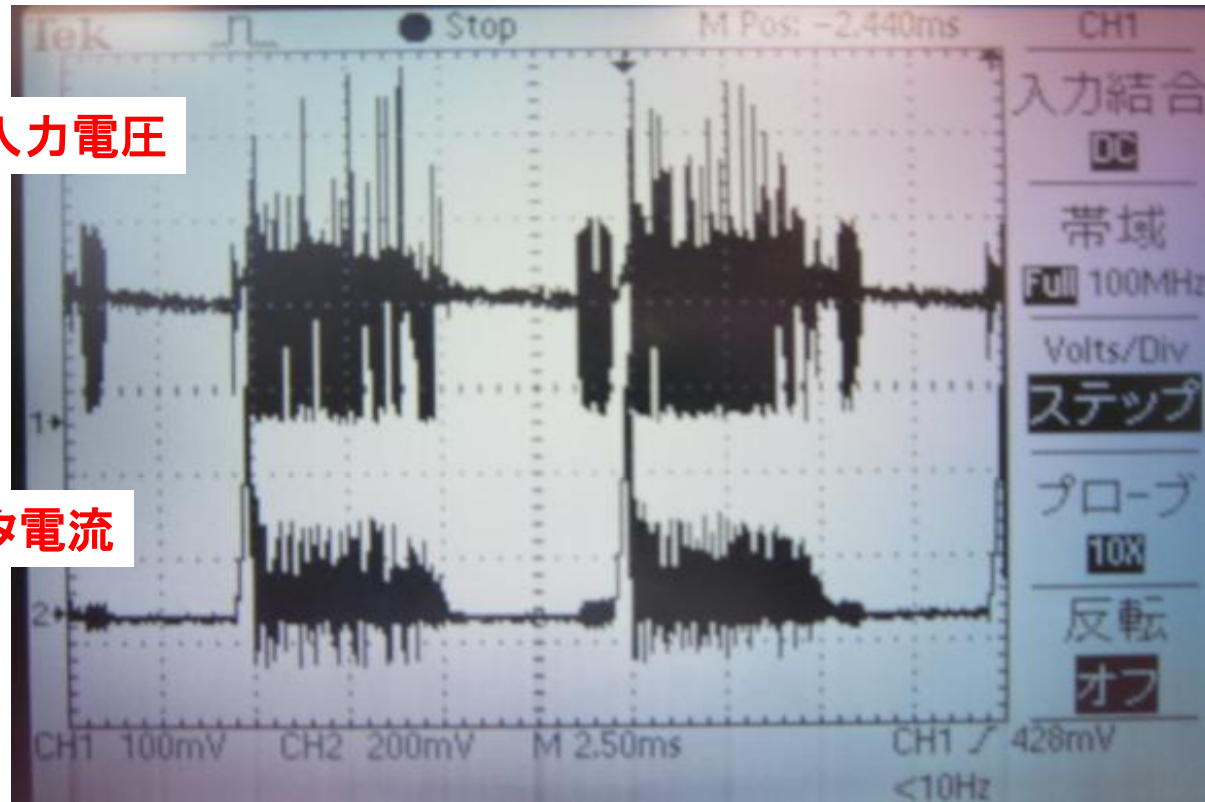


出力DC電圧

# 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

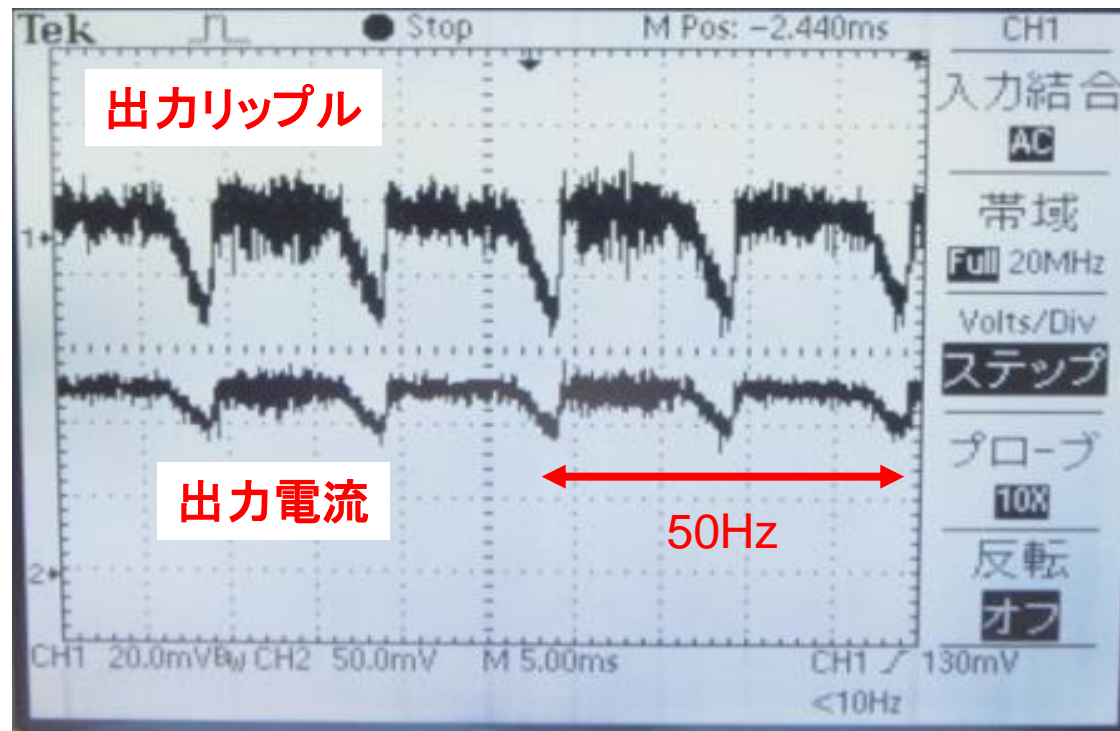


入力電圧50V(50Hz)

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。



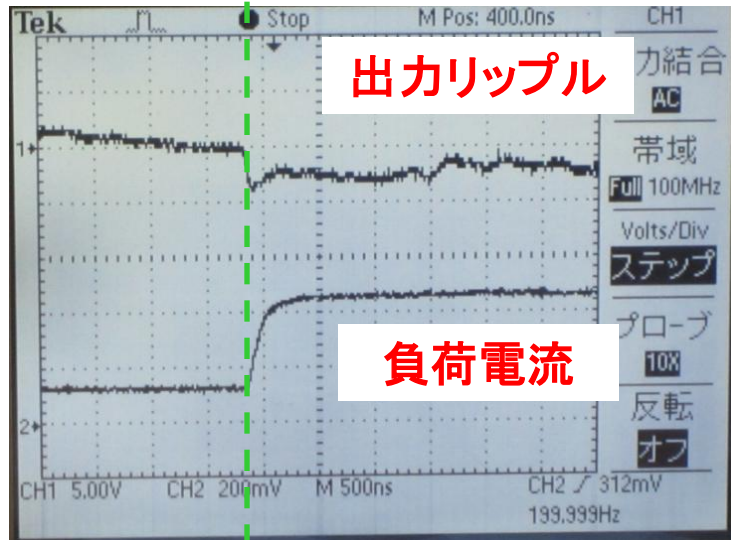
# 出力電圧と出力電流の波形写真



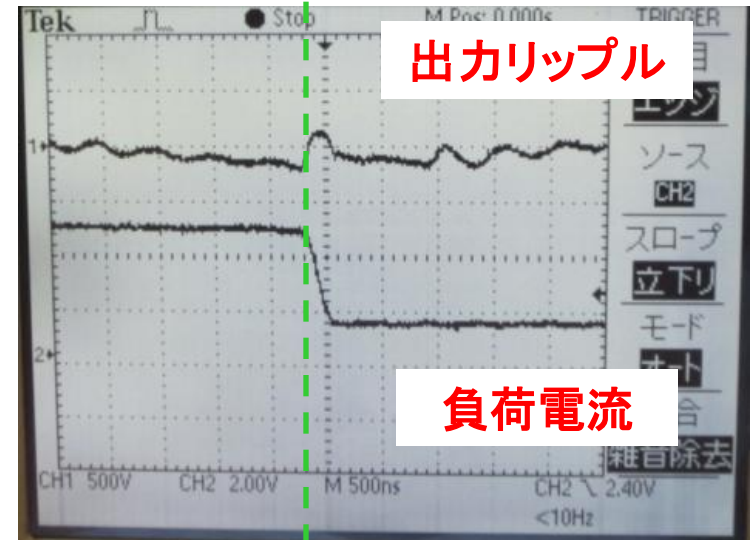
入力電圧50V(50Hz)

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

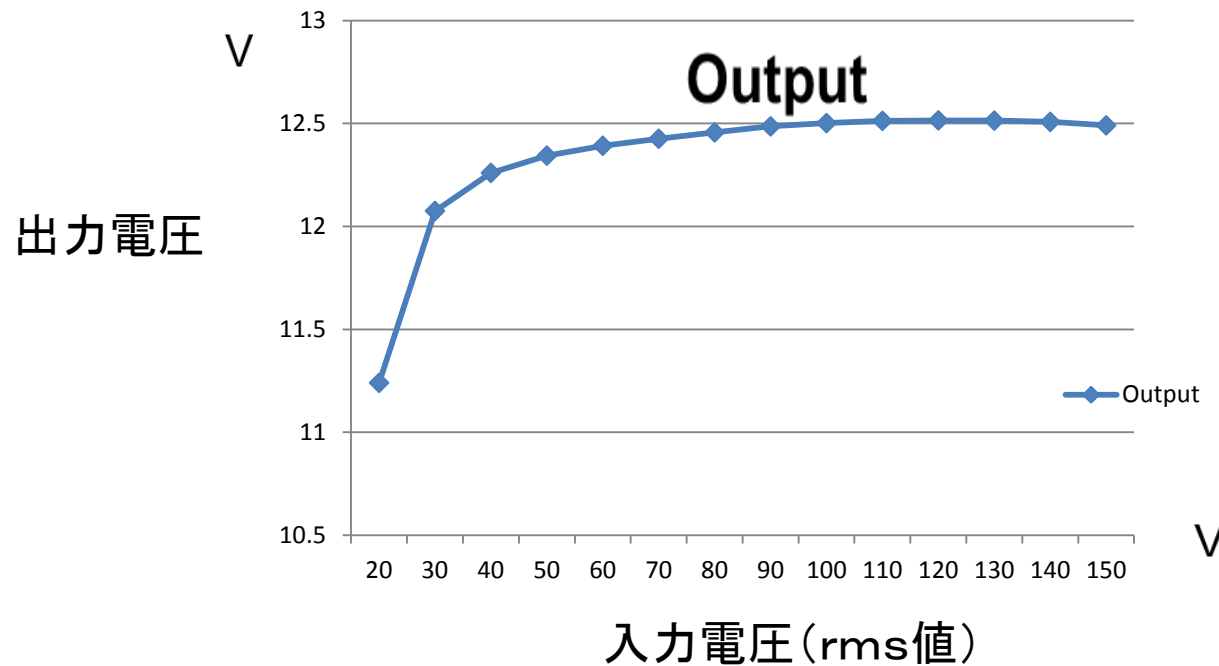


負荷110Ωから27.5Ωまで  
電流は0.1Aから0.5Aまで



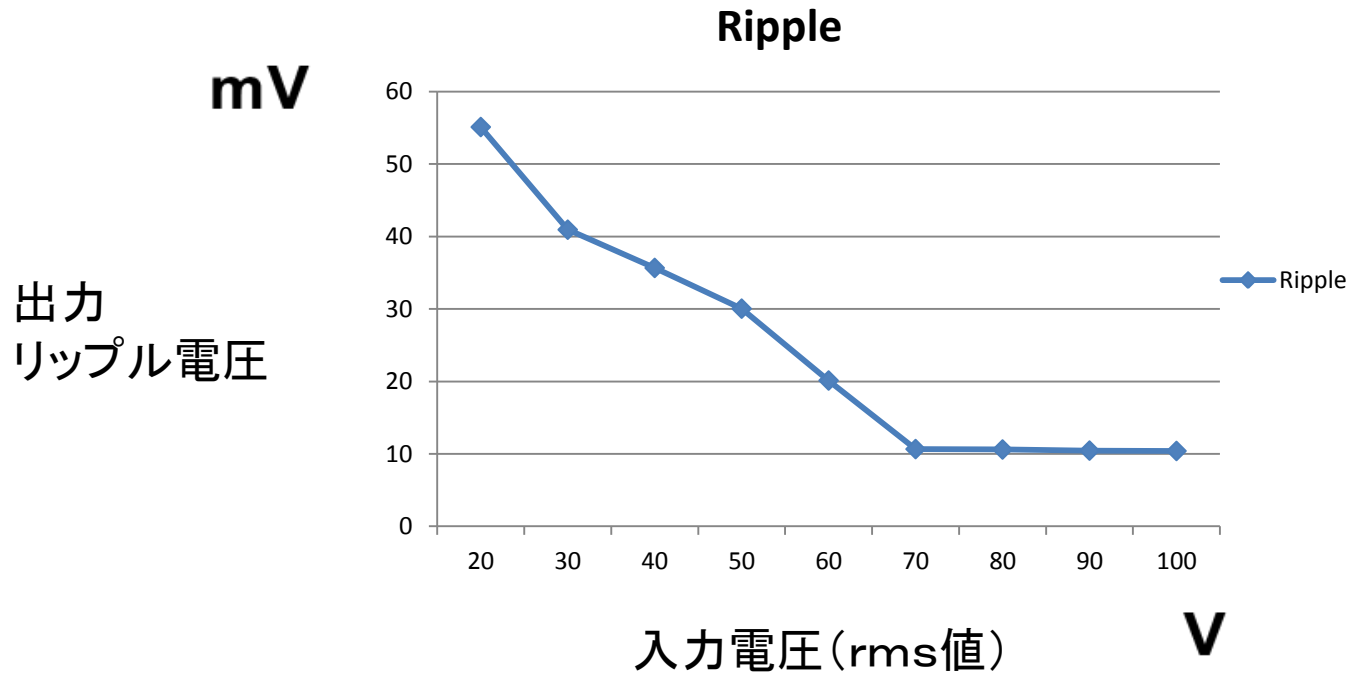
負荷27.5Ωから110Ωまで  
電流は0.1Aから0.5Aまで

# 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**