

# 部品点数を低減した直接AC-DC変換器

◎ 邢 林 高 虹 小堀康功 村上和貴  
小野澤昌徳 小林春夫 高井伸和 新津葵一  
(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 一部の実験
- 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 一部の実験
- 5 まとめ

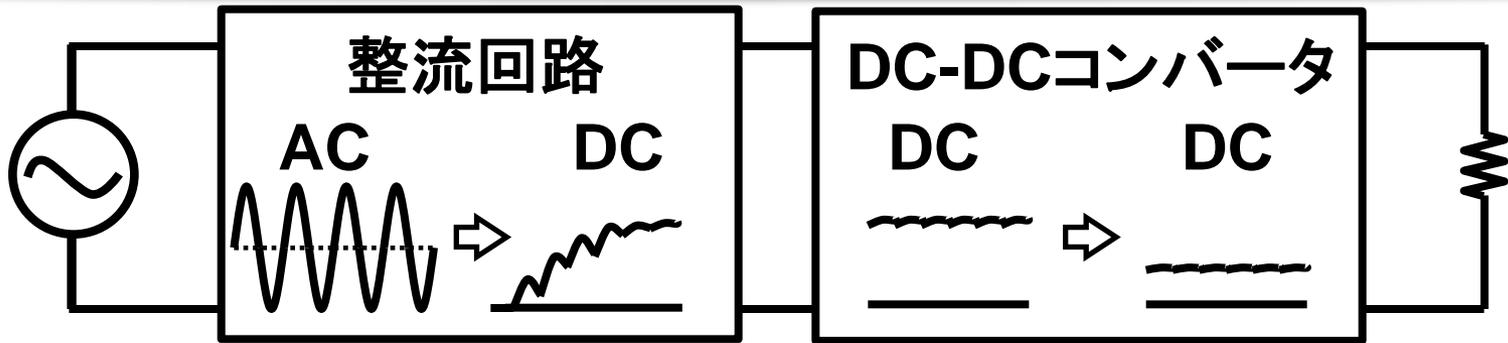
# 研究背景



# 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  
検討する。

# 研究のアプローチ

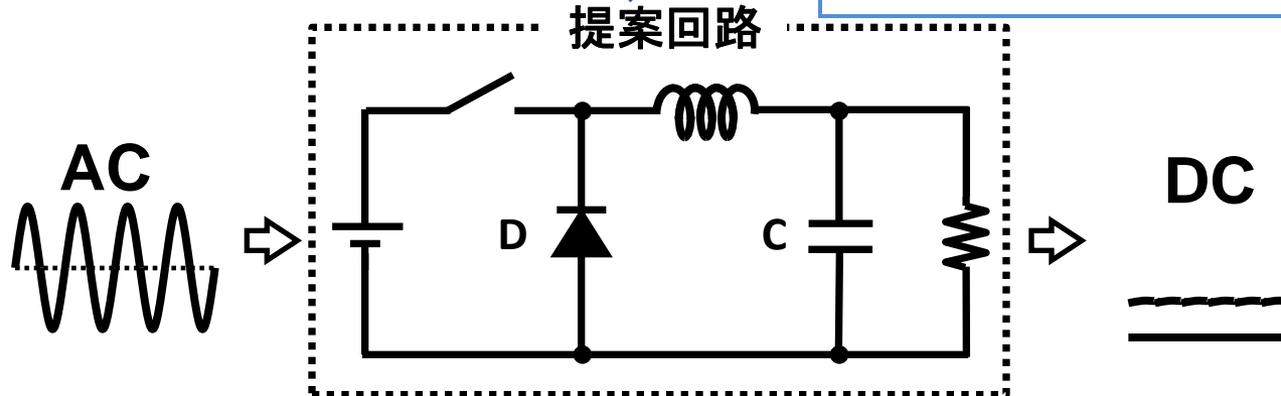


従来回路

{ 多段回路: 低変換効率 ☹️  
回路面積大: 高コスト



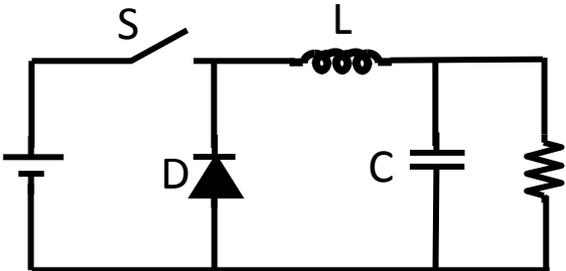
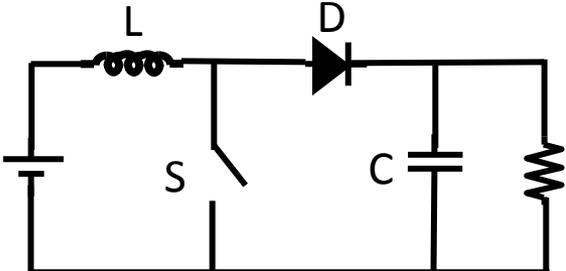
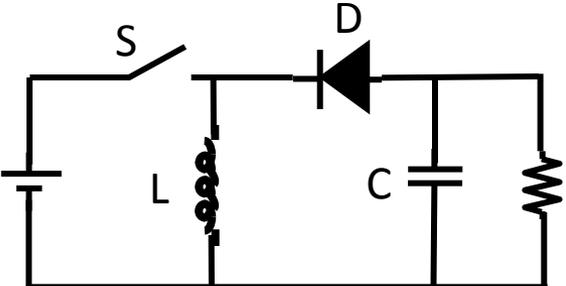
DC-DCコンバータの原理を  
AC-DCコンバータに応用



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

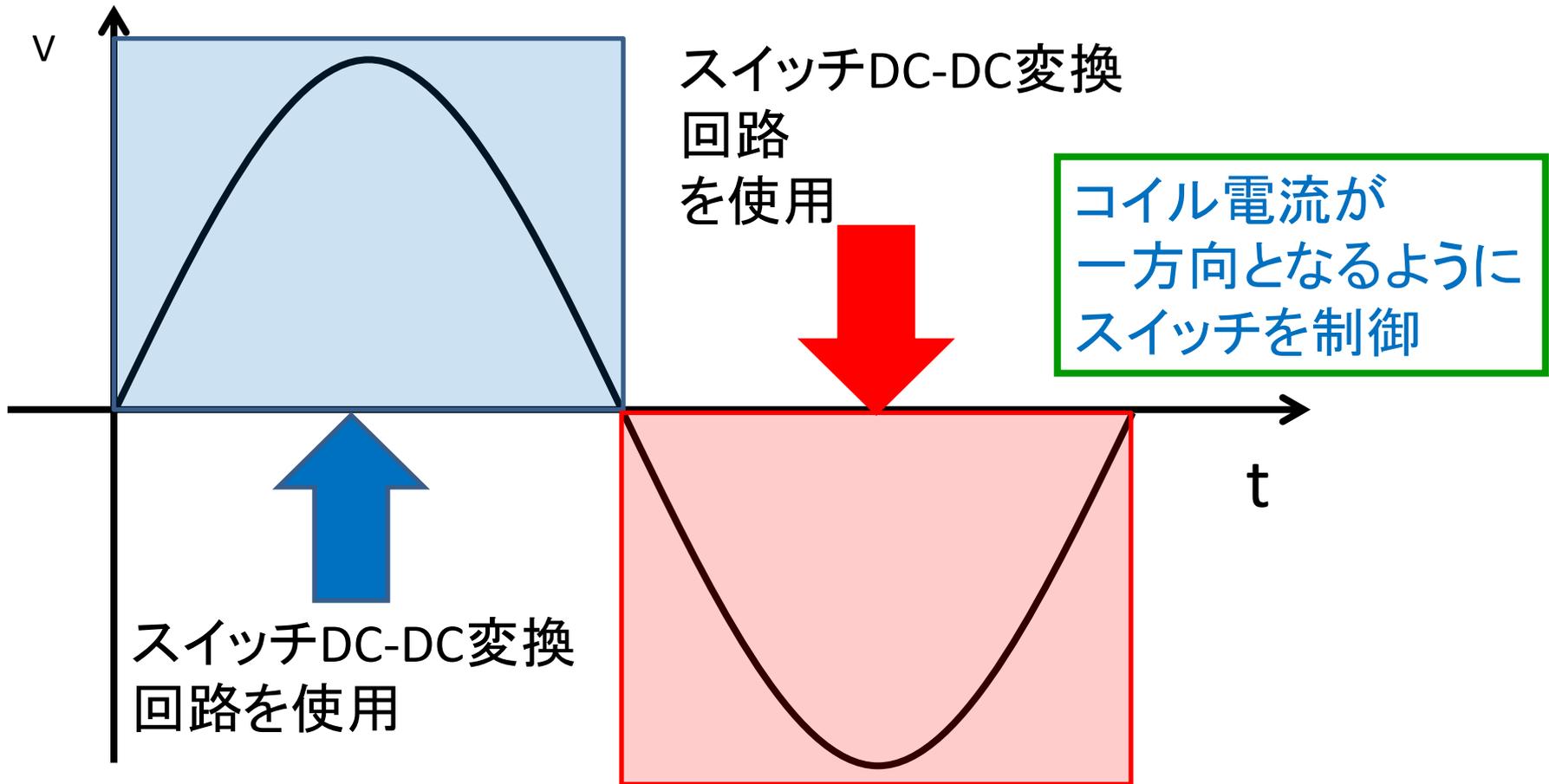
名称	回路構成	特徴
降圧型		入力電圧より低い電圧を発生
昇圧型		入力電圧より高い電圧を発生
昇降圧型		入力電圧の昇圧と降圧が両方が可能。入力電圧と出力電圧の方向が逆です。

# OUTLINE

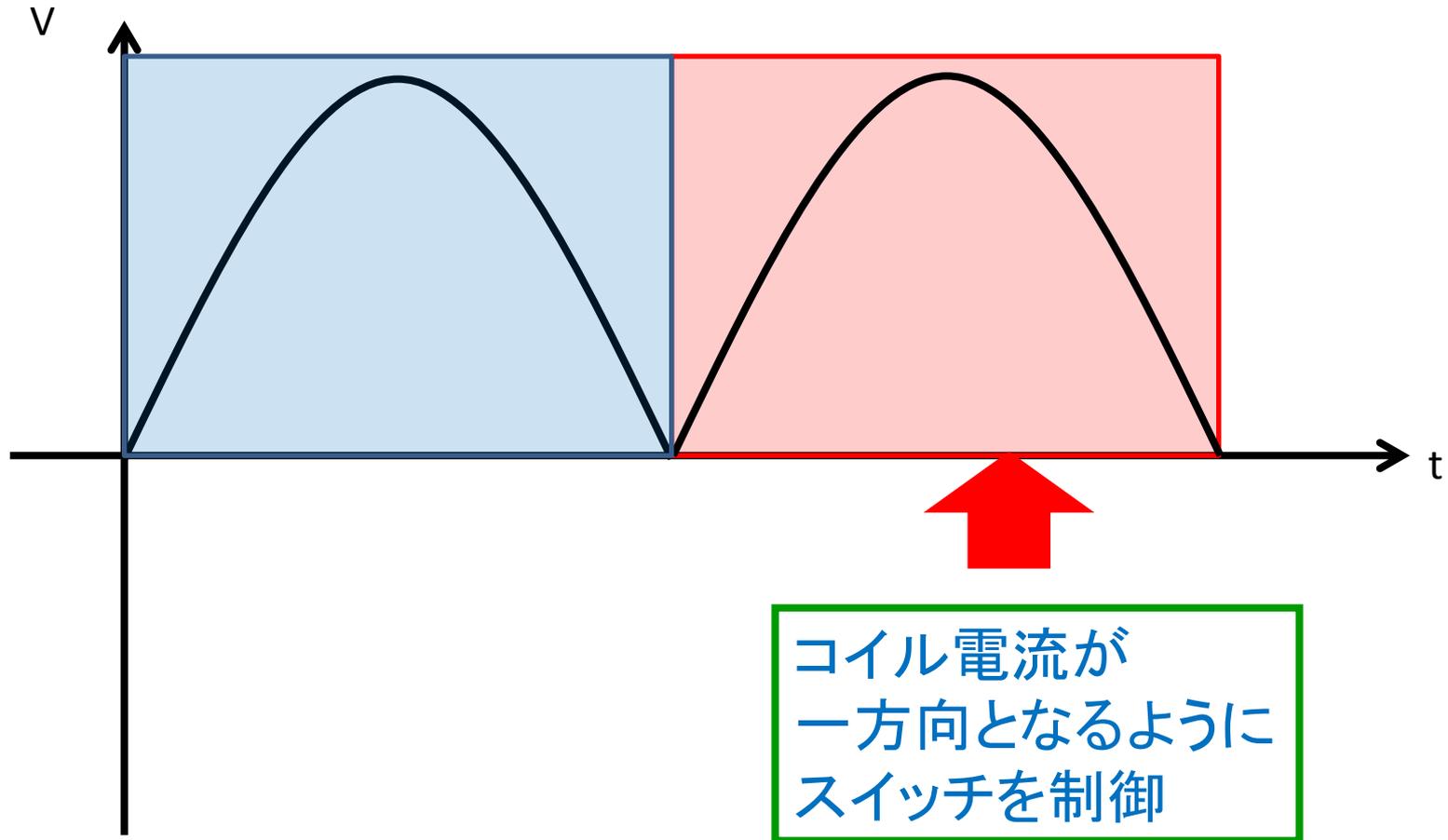
- 1 研究背景
- 2 新提案1 降圧-降圧AC-DC変換器
- 3 新提案2 フォワード絶縁型AC-DC変換器
- 4 一部の実験
- 5 まとめ

# 提案 1 の構成の原理 (1)

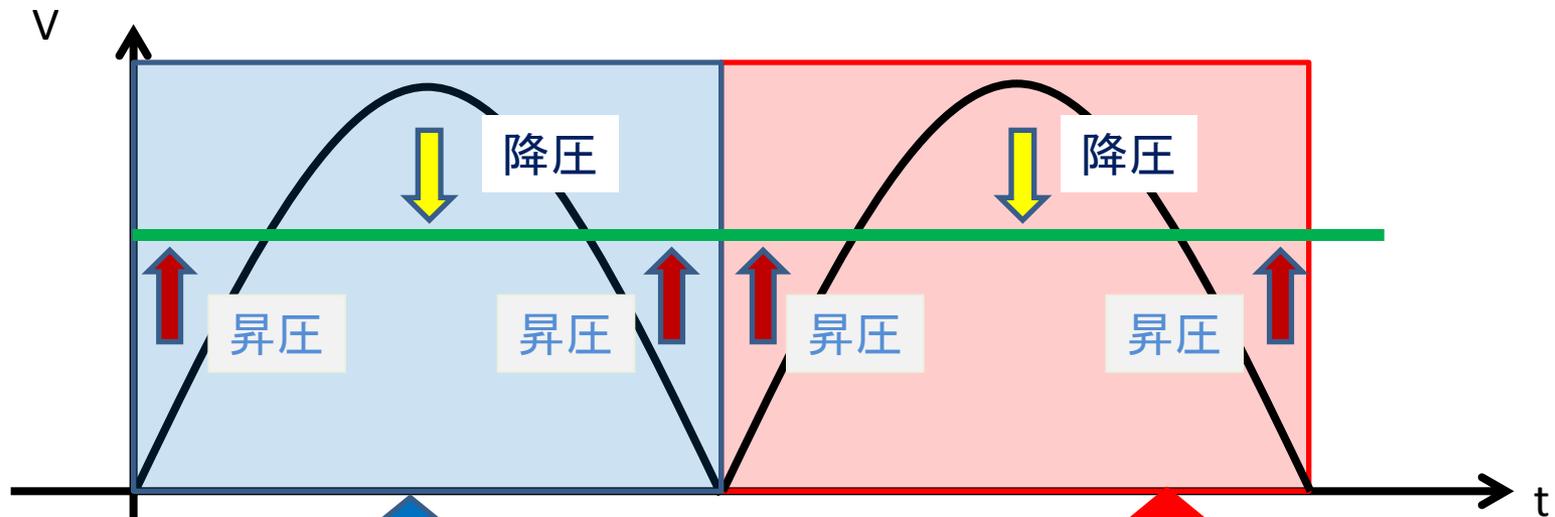
AC入力電圧からDC出力電圧を生成



# 提案 1 の構成の原理 (2)



# 提案 1 の構成の原理 (3)

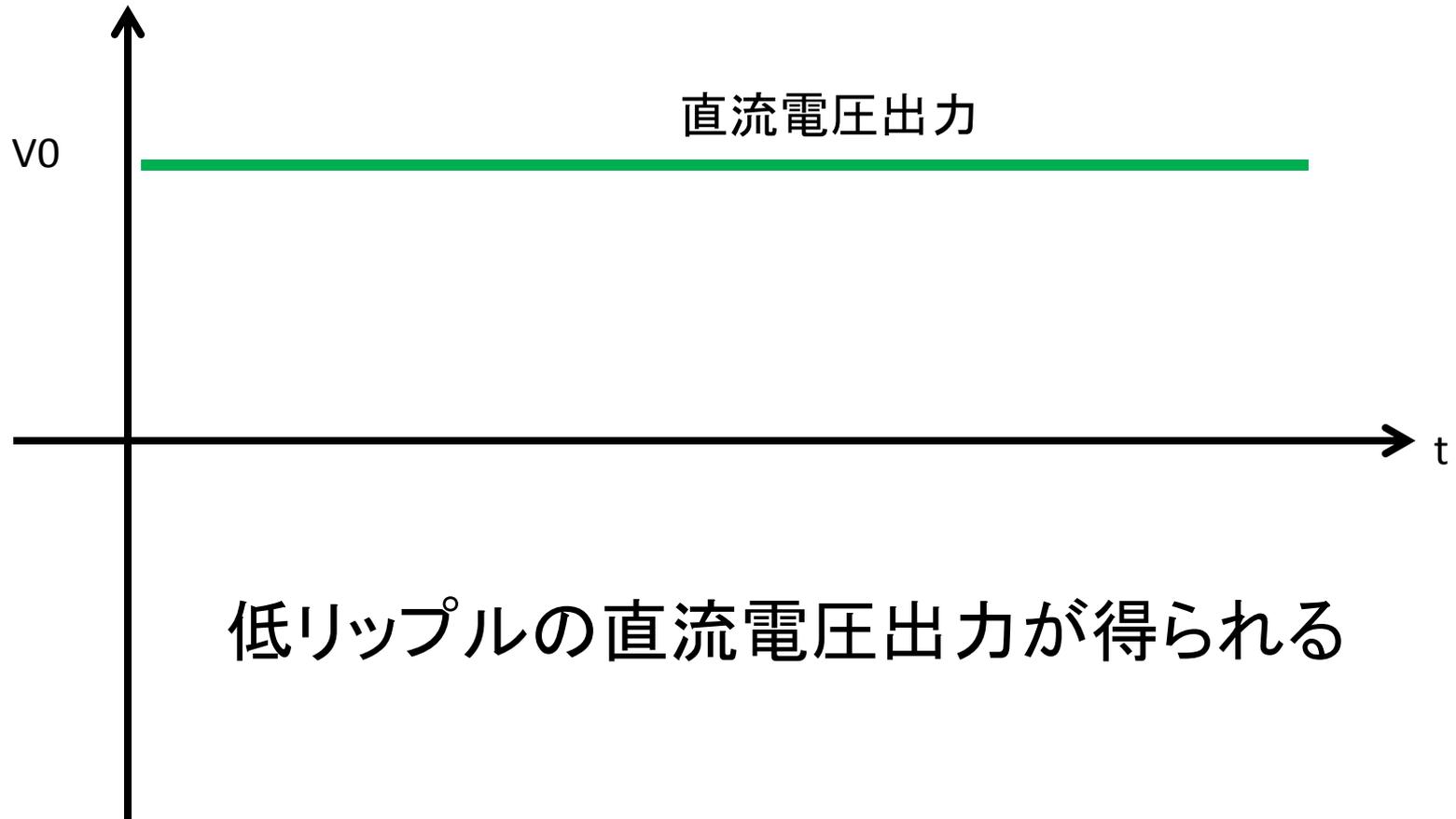


スイッチ回路を使用

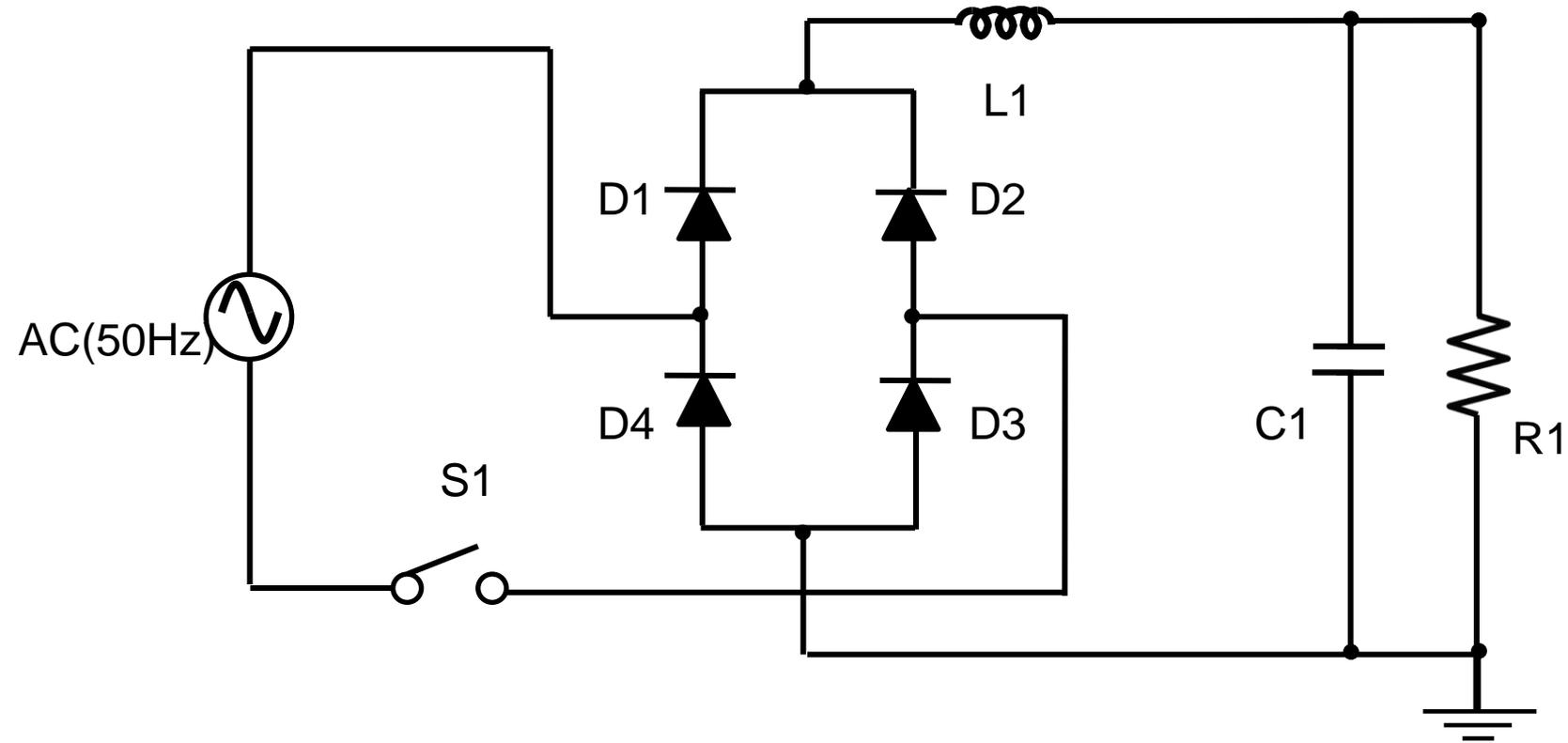
スイッチ回路を使用

コイル電流が  
一方向となるように  
スイッチを制御

# 提案 1 の構成の原理 (4)

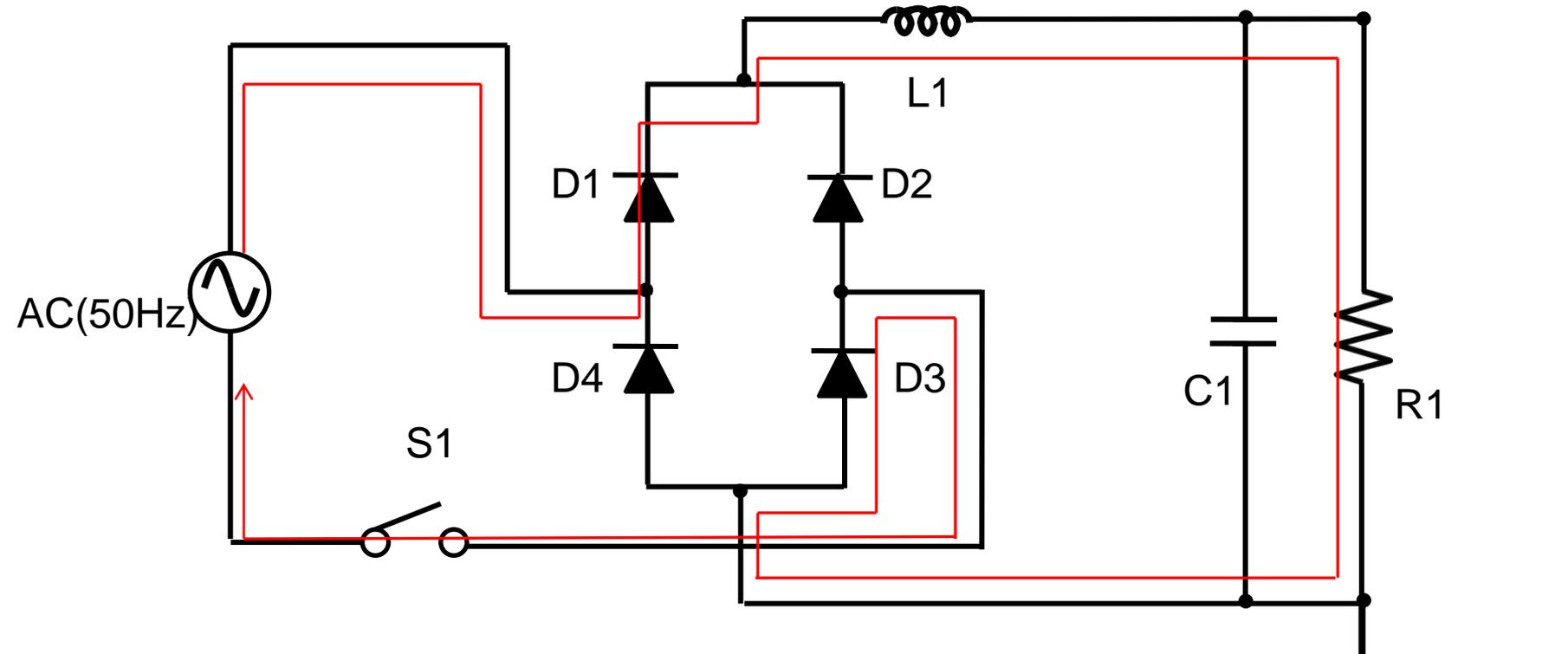


# 新提案 1 降圧一降圧型コンバータ

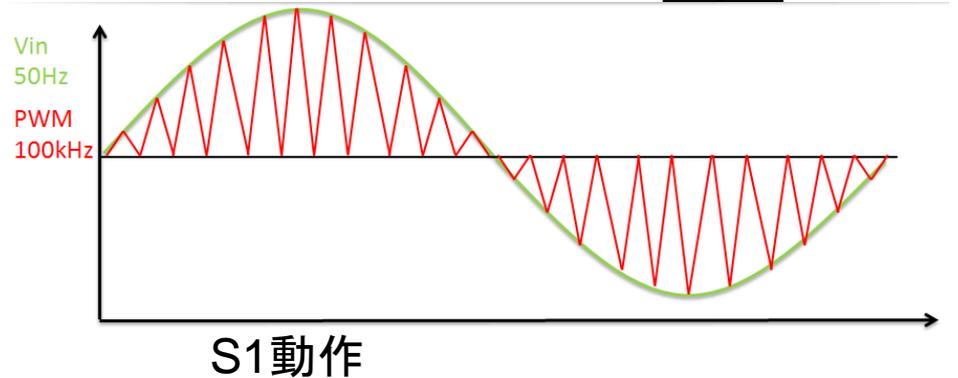


理想スイッチを使った回路図

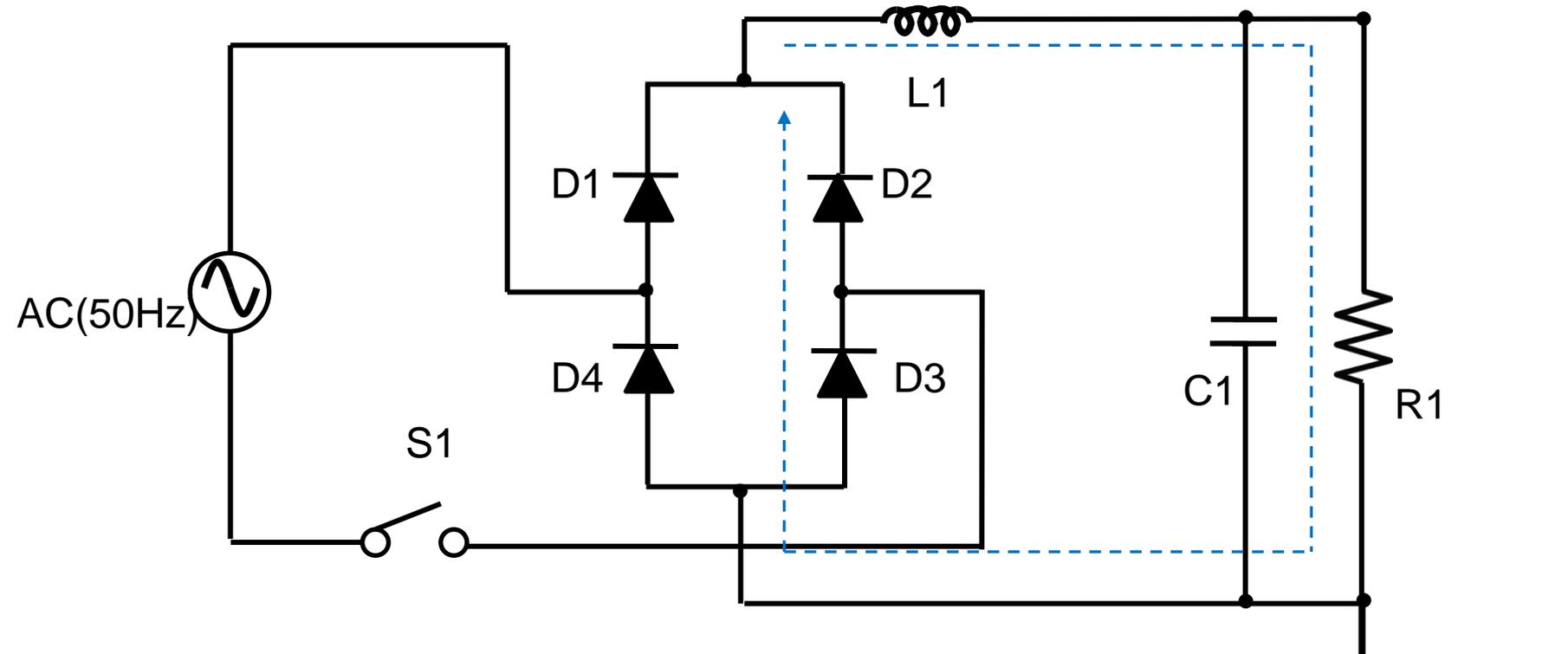
# 動作原理 $V_{in} > 0$



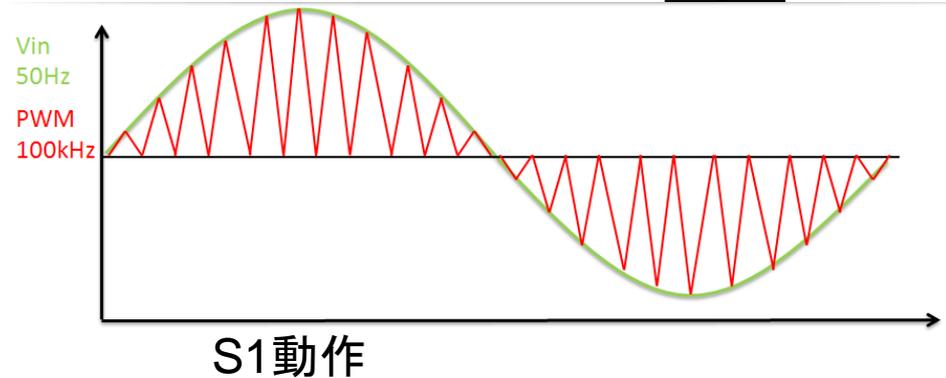
$V_{in} > 0$ : S1 制御され(ON)、  
回路は降圧コンバータである



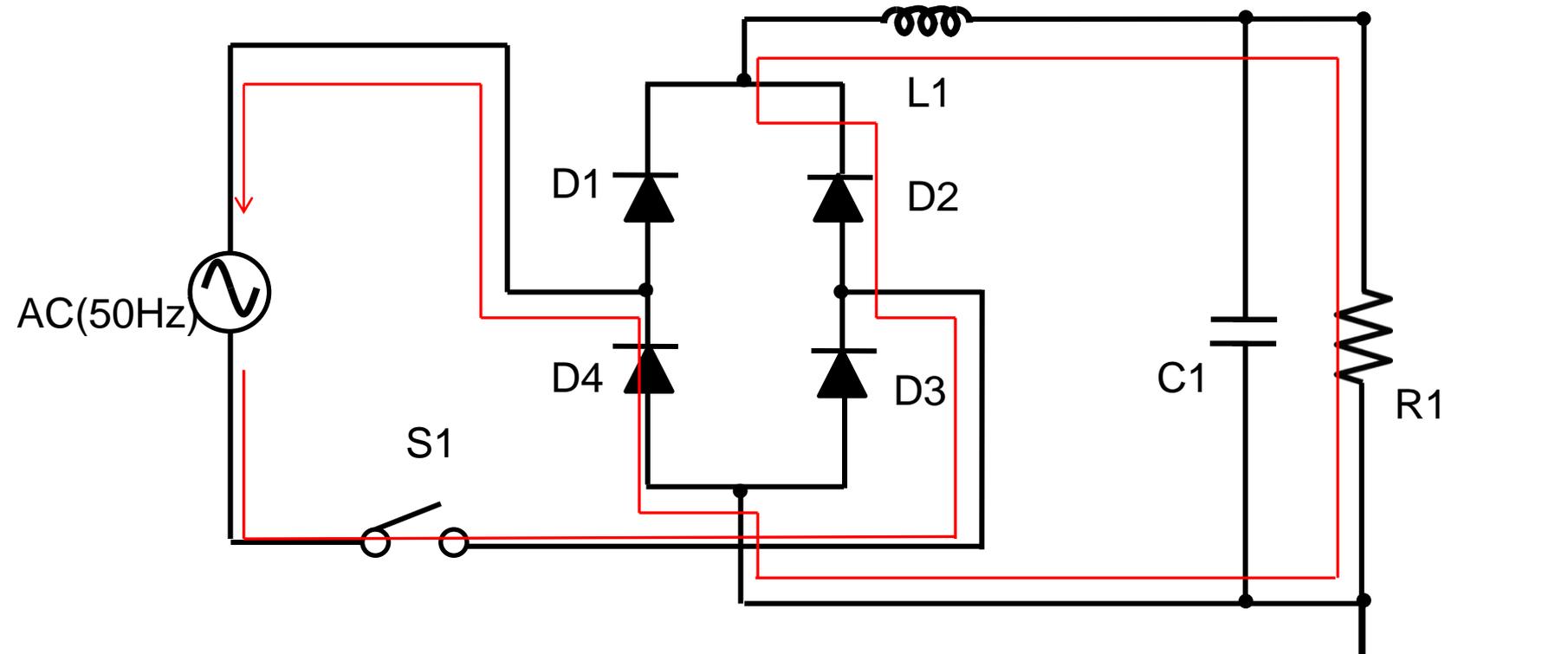
# 動作原理 $V_{in} > 0$



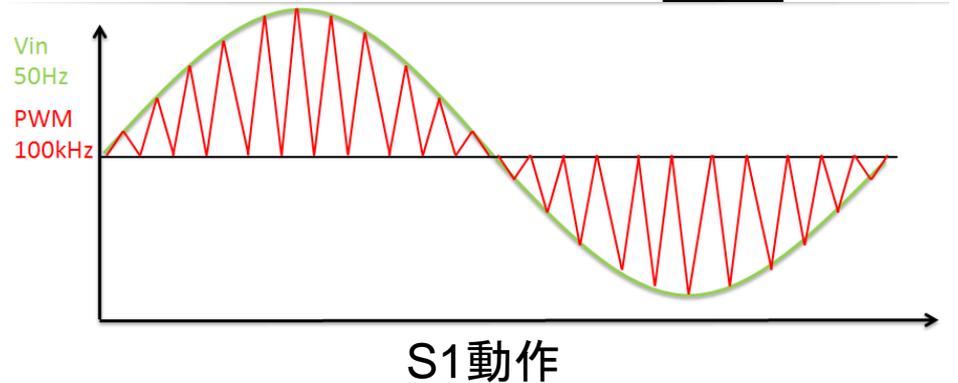
$V_{in} > 0$ : S1 制御され(OFF)、  
回路は降圧コンバータである



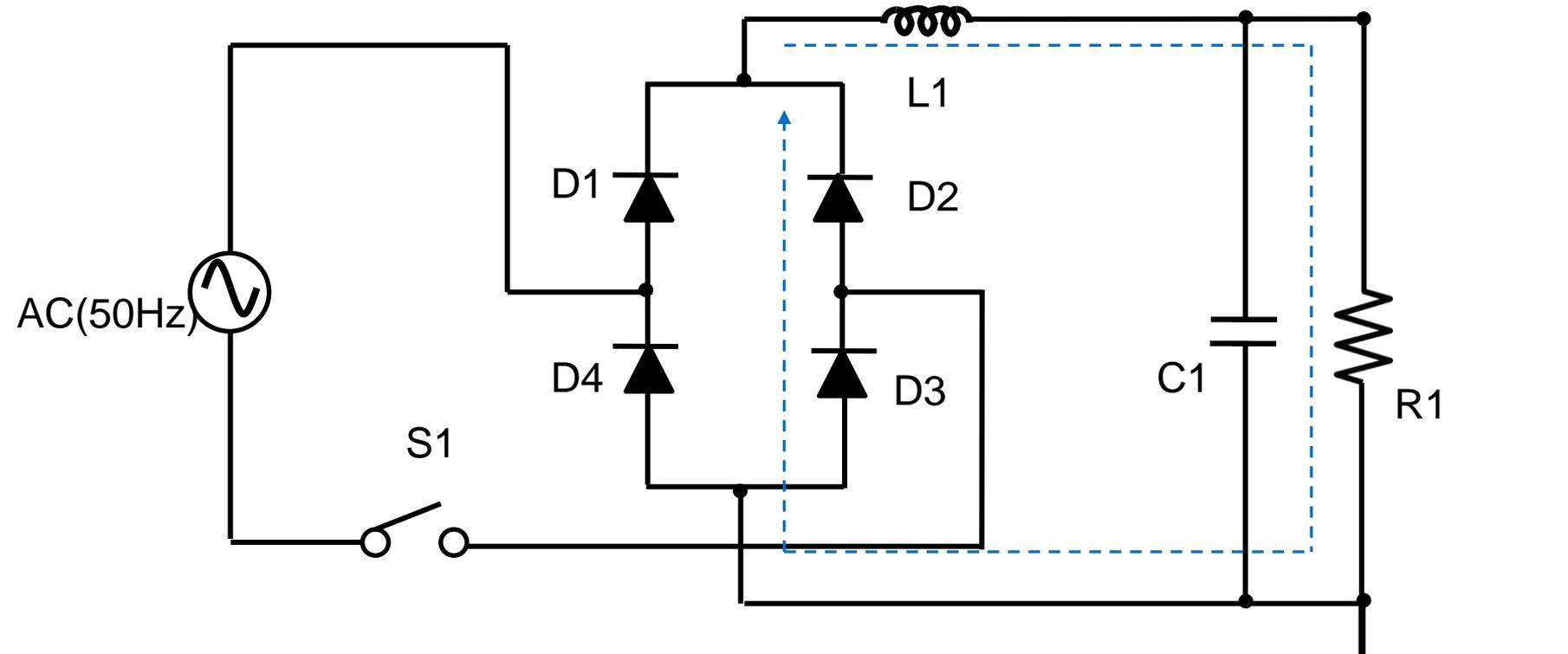
# 動作原理 $V_{in} < 0$



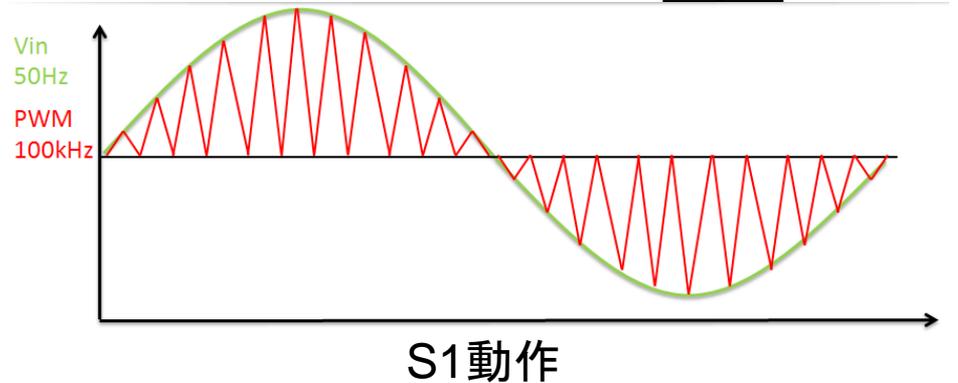
$V_{in} < 0$ : S1 制御され(ON)、  
回路は降圧コンバータである



# 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。

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

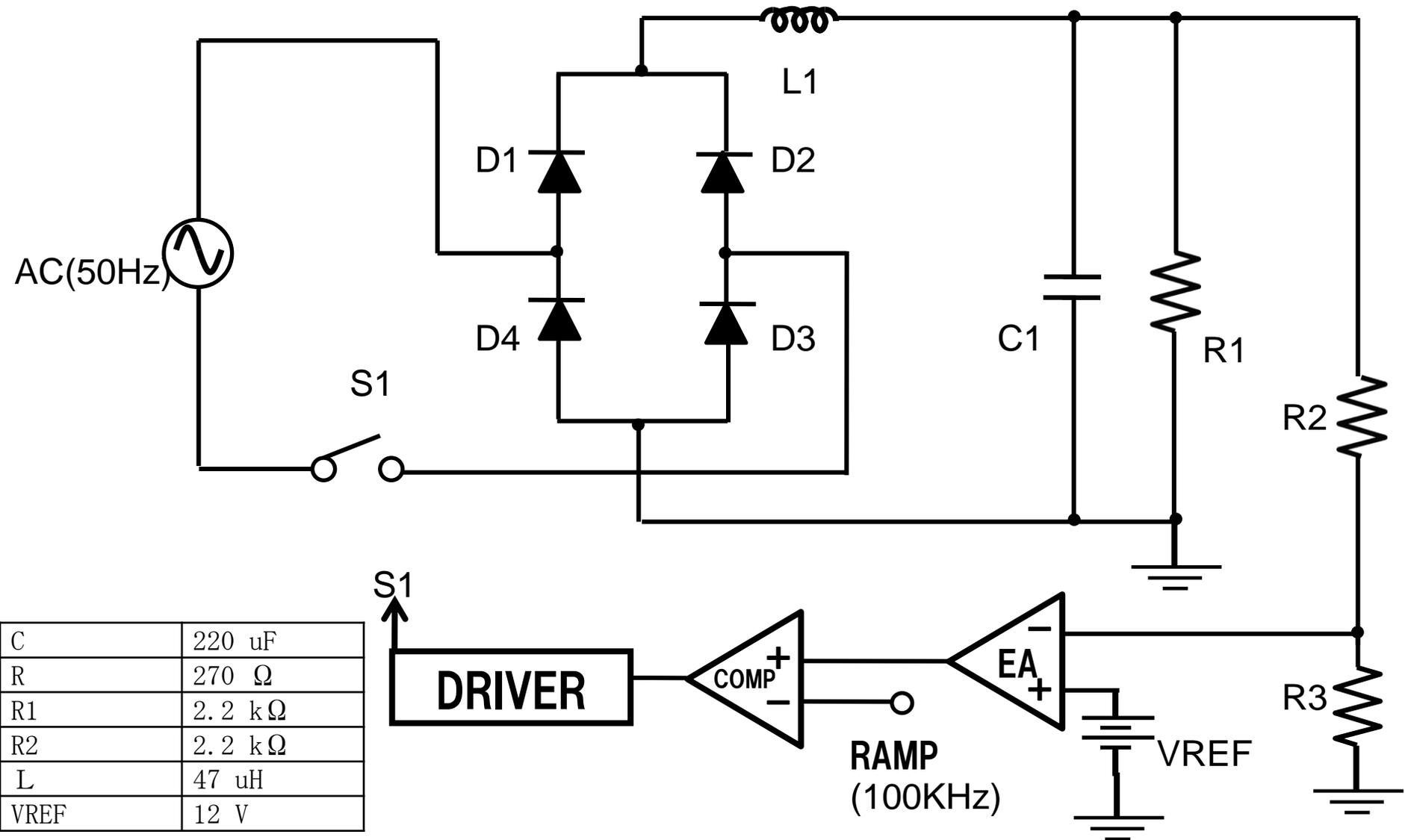
必要なデューティD:

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

半周期の平均デューティ  $D^*$  :

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

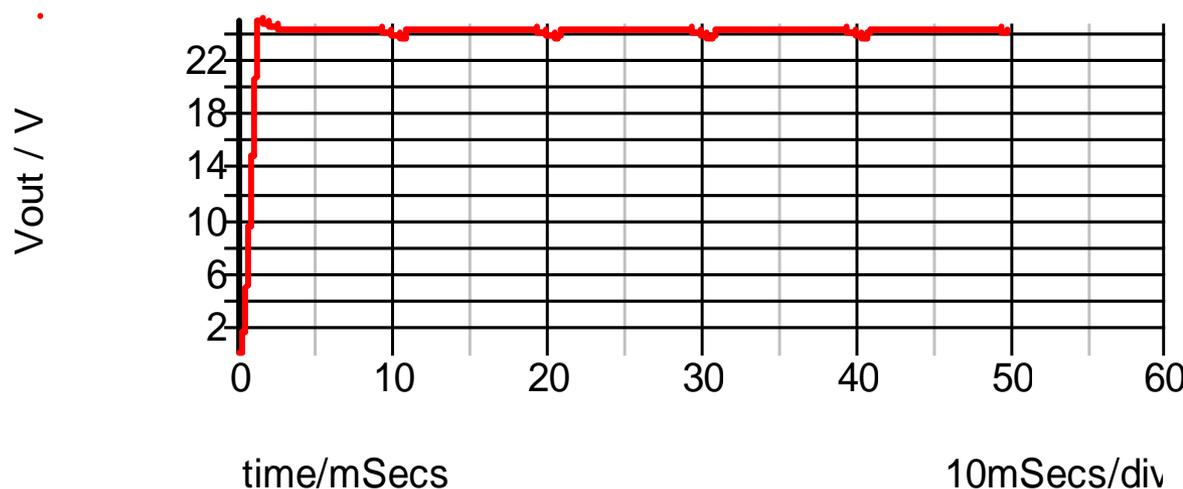
# シミュレーション回路図



# 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:  $V_o=24.00V$



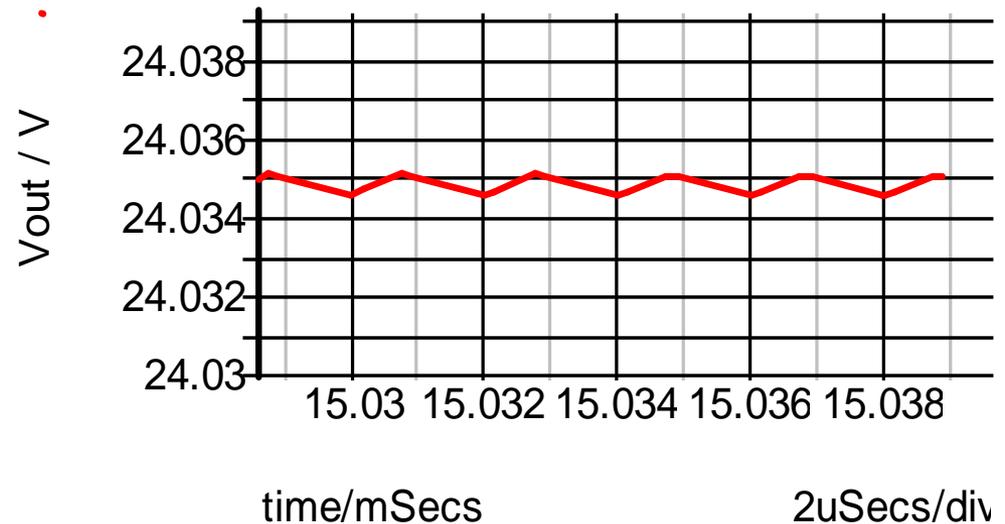
— DC出力電圧

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

# 出力電圧のリプル

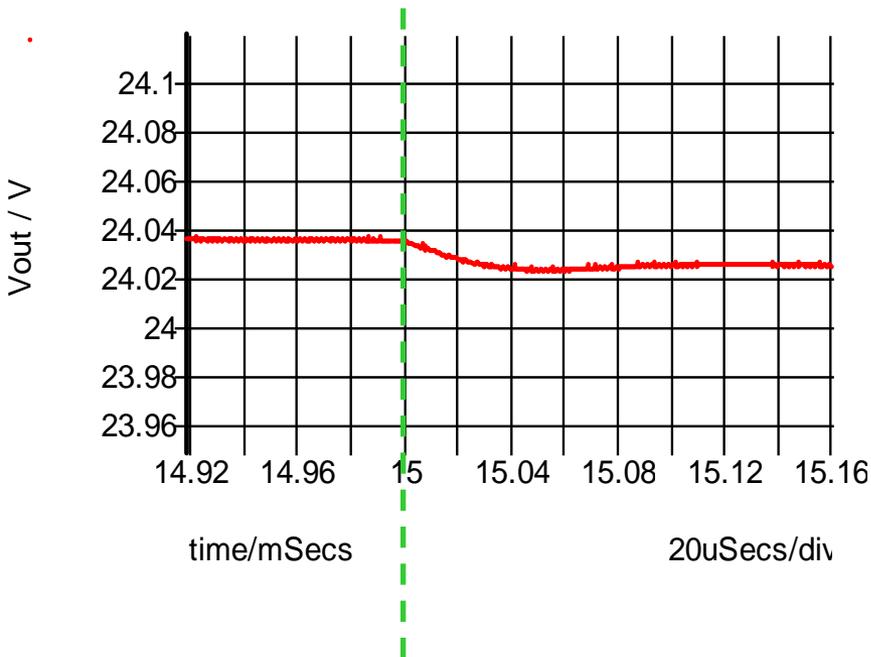
シミュレーション結果

・電圧リプル:  $\Delta V_o = 1\text{mVpp}$



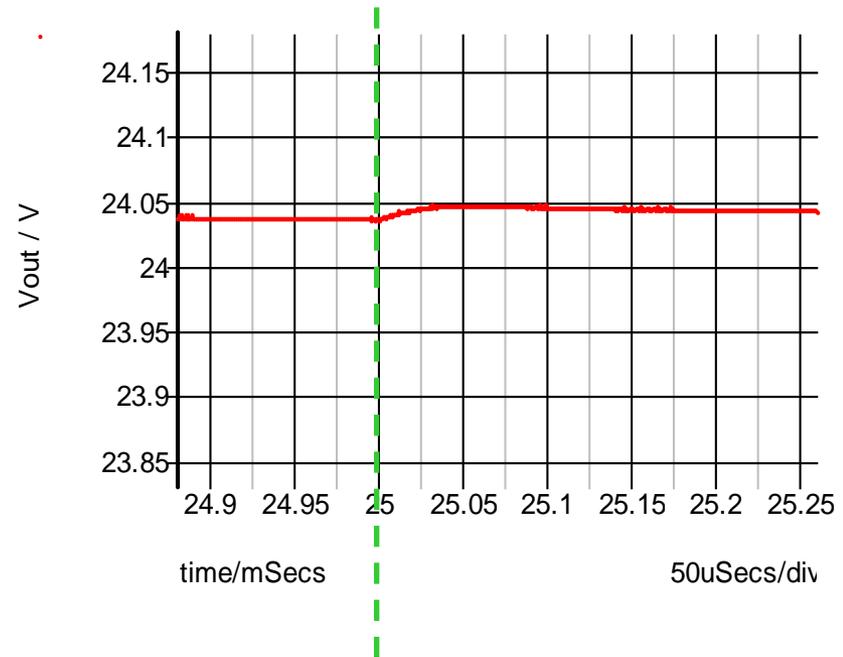
C	220 uF
R	270 $\Omega$
R1	2.2 k $\Omega$
R2	2.2 k $\Omega$
L	47 uH
VREF	12 V

# 過渡応答：負荷 $270\ \Omega$ から $135\ \Omega$ のシミュレーション



15msecs

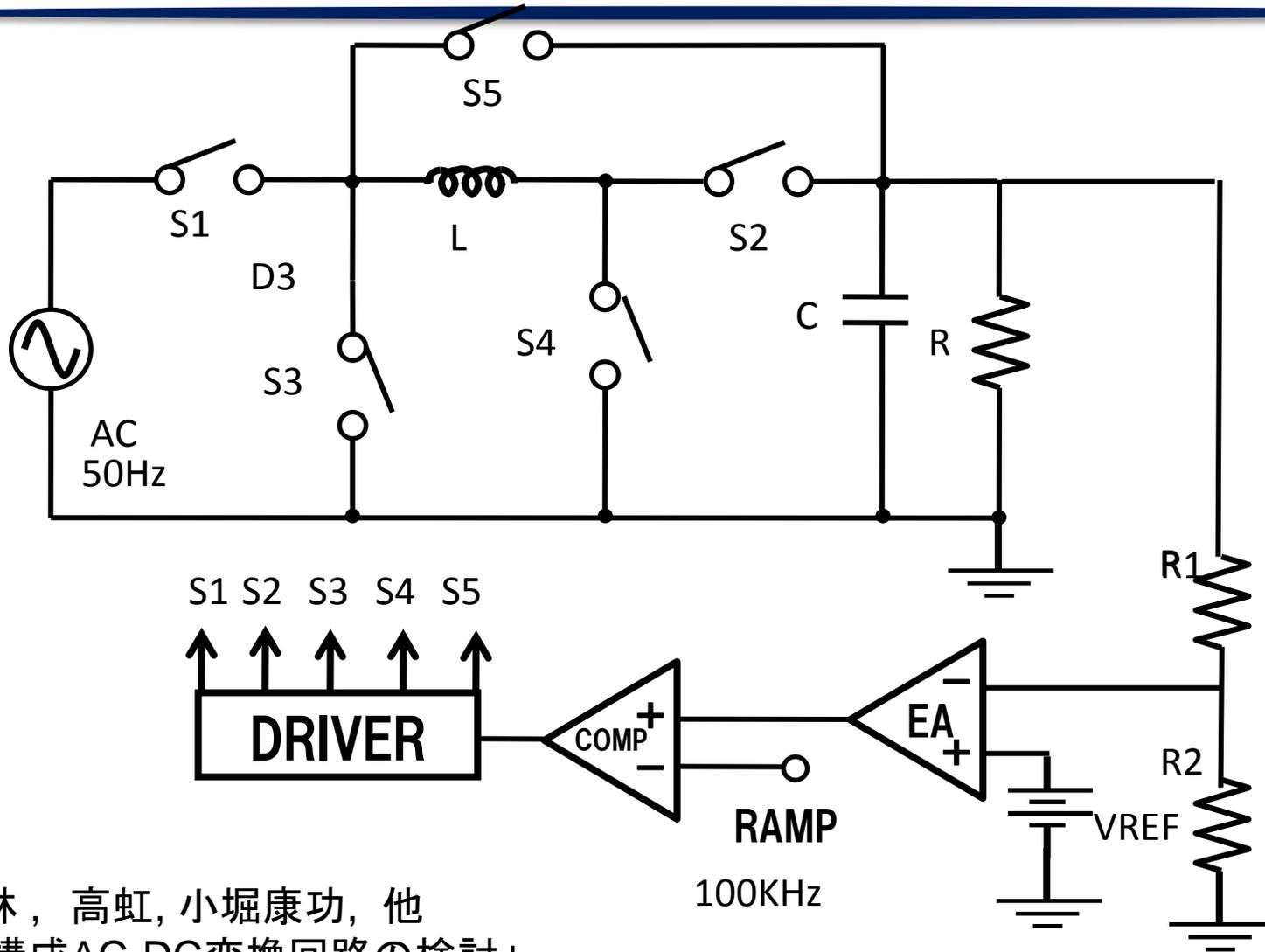
負荷  $270\ \Omega$  から  $135\ \Omega$  まで  
電流は  $0.1\text{A}$  から  $0.2\text{A}$  まで



25msecsの時

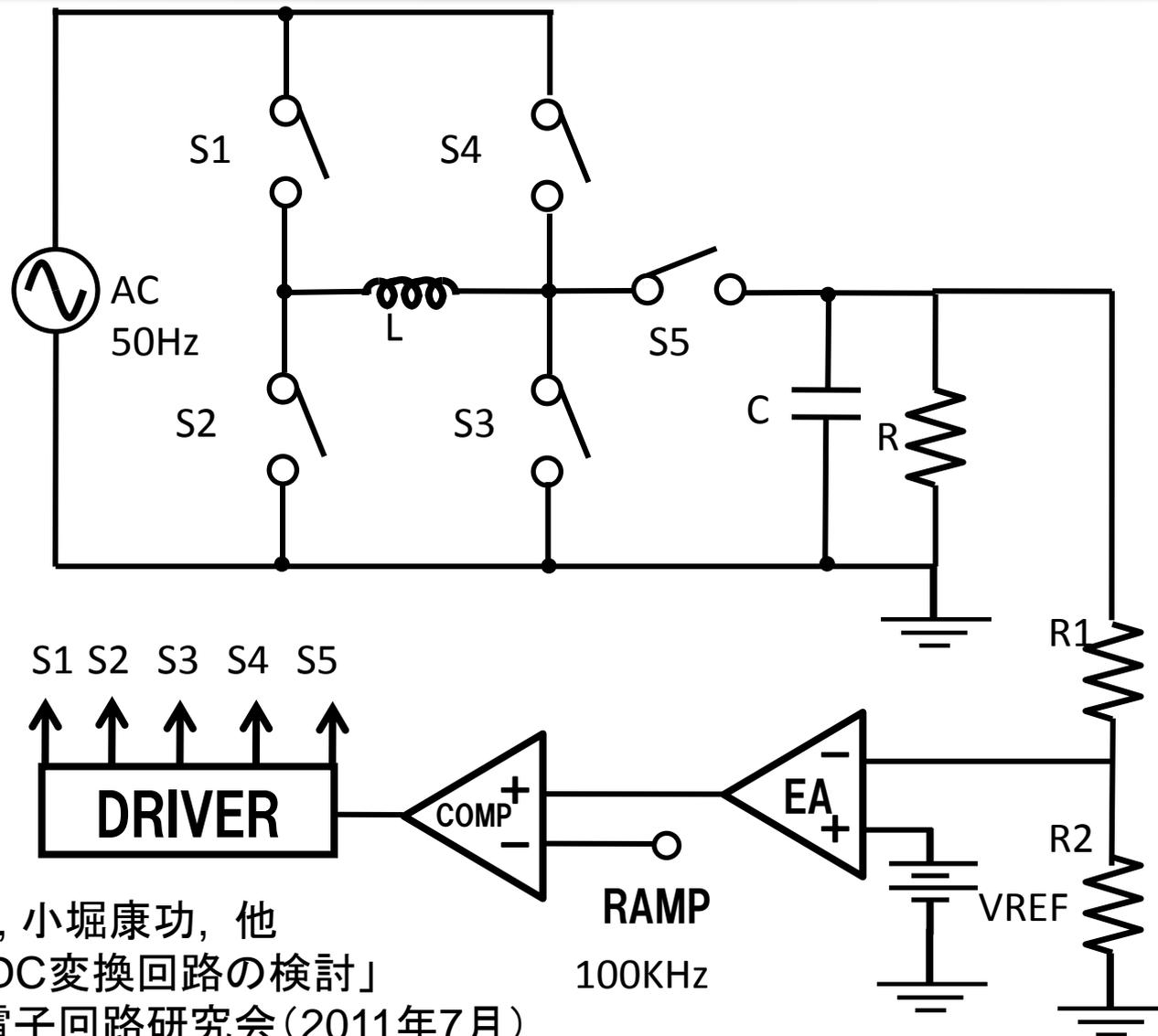
負荷  $135\ \Omega$  から  $270\ \Omega$  まで  
電流は  $0.2\text{A}$  から  $0.1\text{A}$  まで

# 先に提案した直接AC-DC変換回路 1



- [1] 邢林，高虹，小堀康功，他  
「新構成AC-DC変換回路の検討」  
電気学会 電子回路研究会(2011年7月)

# 先に提案した直接AC-DC変換回路 2



- [1] 邢林, 高虹, 小堀康功, 他  
「新構成AC-DC変換回路の検討」  
電気学会 電子回路研究会(2011年7月)

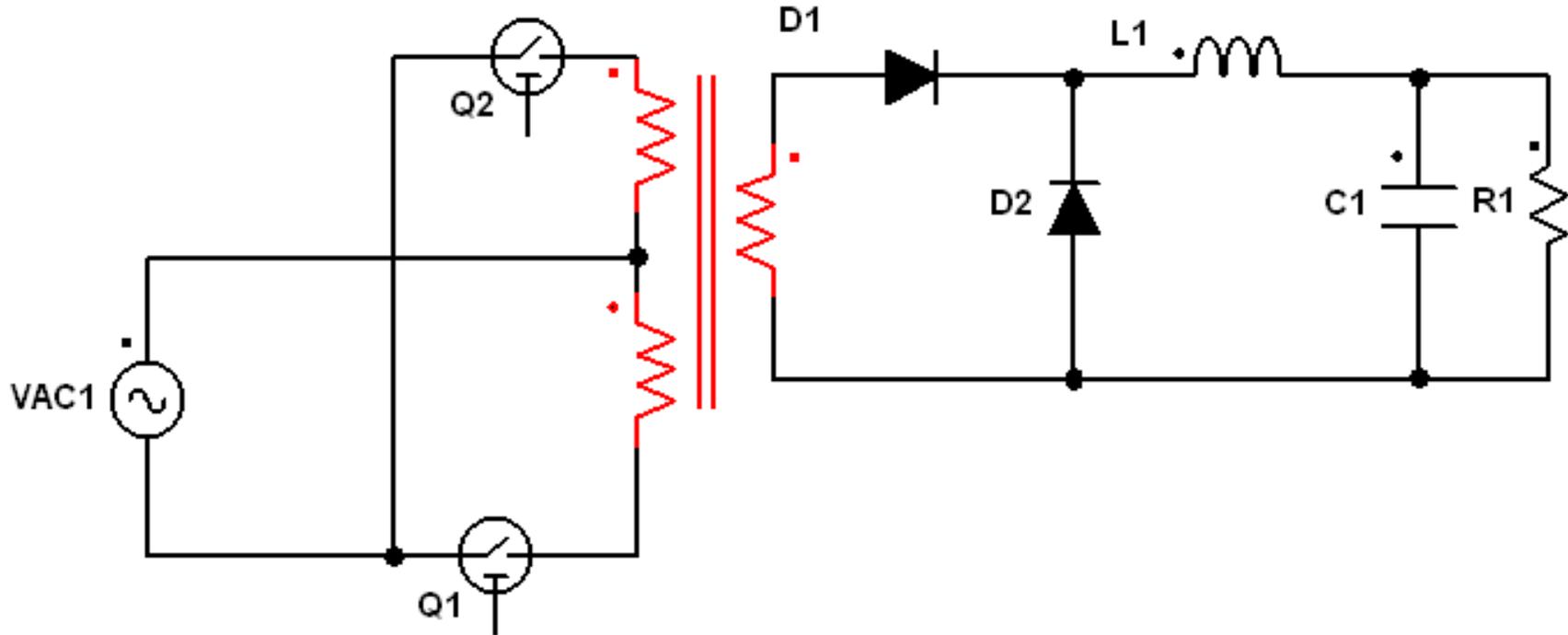
# 使用デバイス数の比較

今回の提案1	先の提案1	先の提案2
スイッチ 1	スイッチ 5	スイッチ 5
ダイオード4	ダイオード 0	ダイオード 0
コンデンサ 1	コンデンサ 1	コンデンサ 1
インダクタ 1	インダクタ 1	インダクタ 1

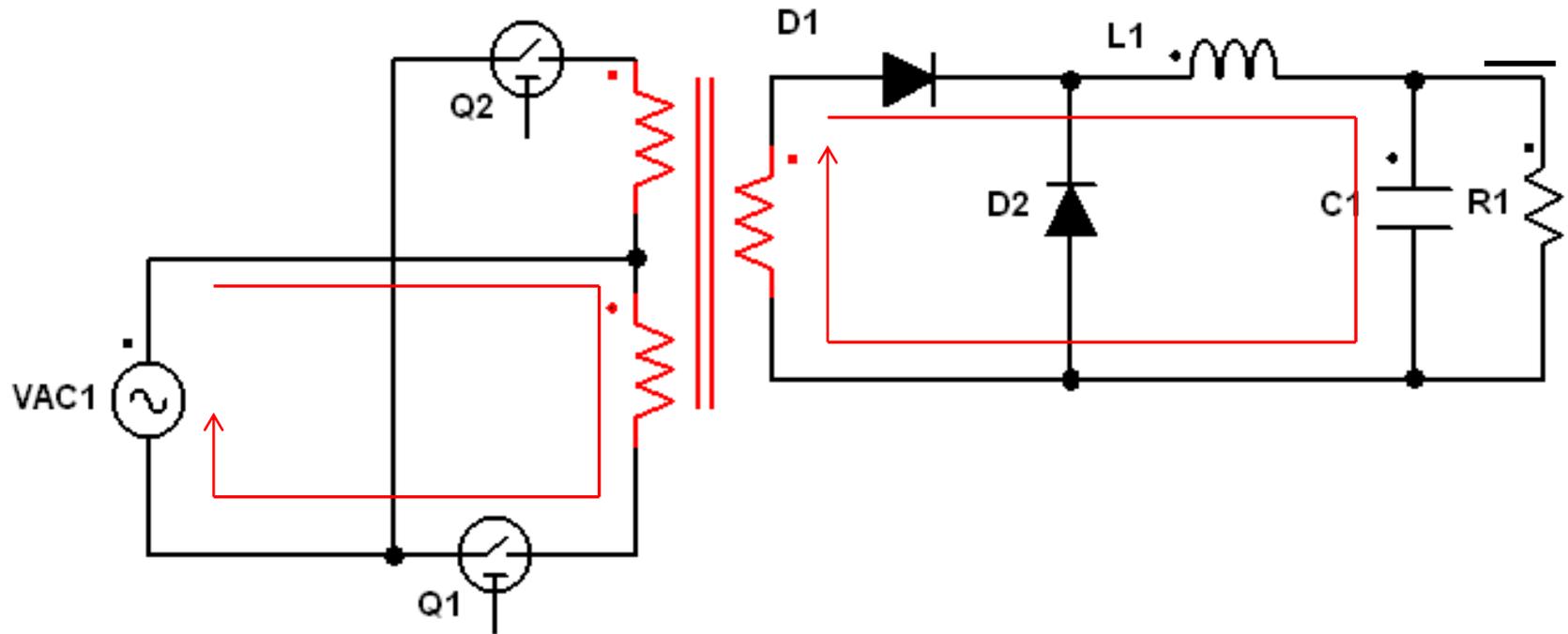
# OUTLINE

- 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

# 提案回路



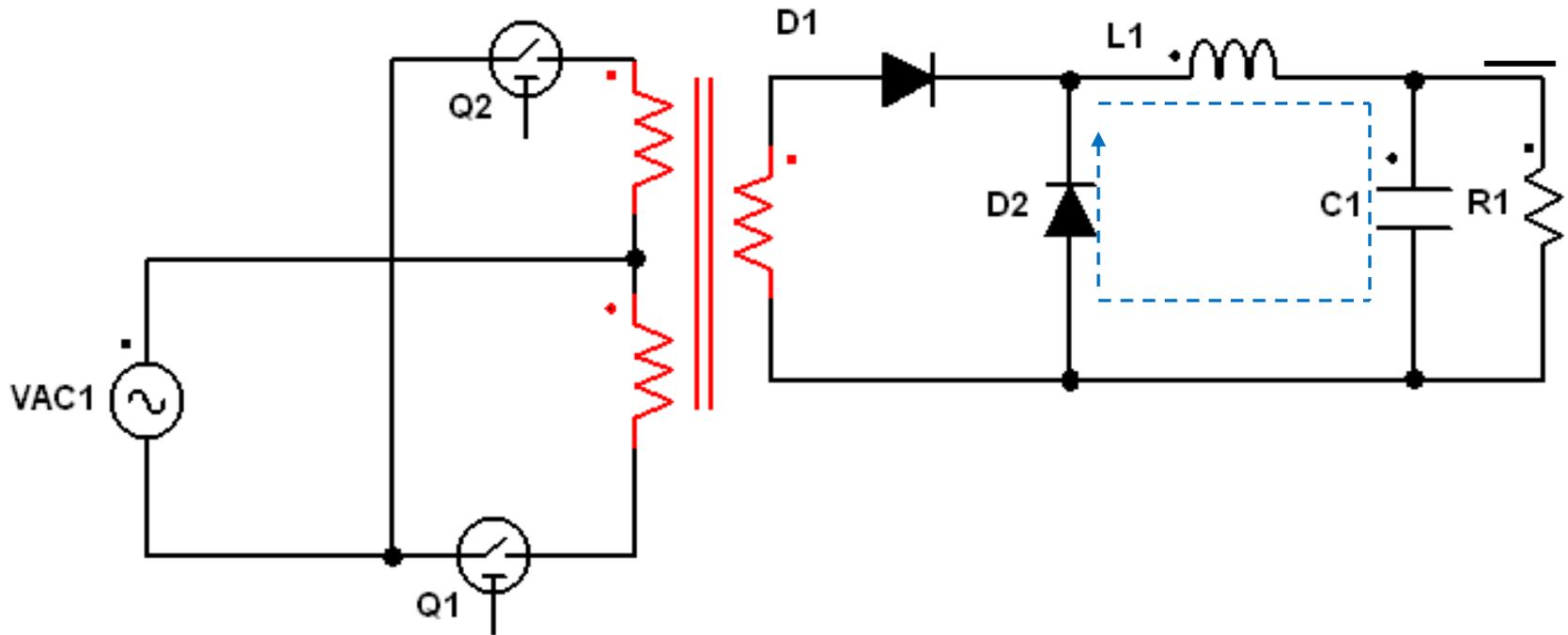
# 動作原理 $V_{in} > 0$



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

回路は降圧コンバータである

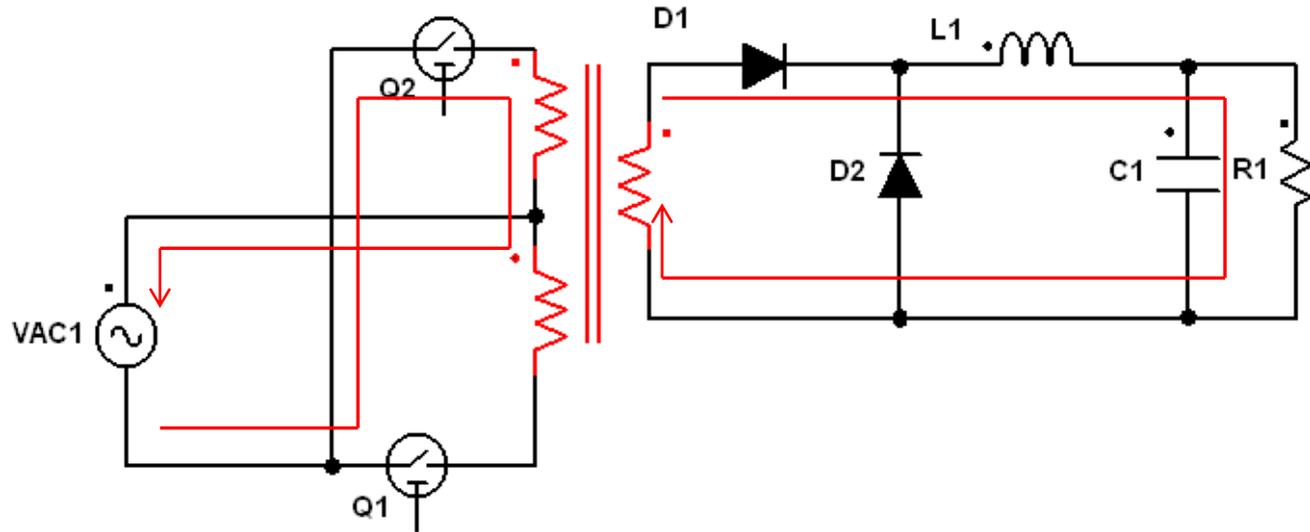
# 動作原理 $V_{in} > 0$



$V_{in} > 0$ : Q1 制御され(OFF)  
Q2 OFF

回路は降圧コンバータである

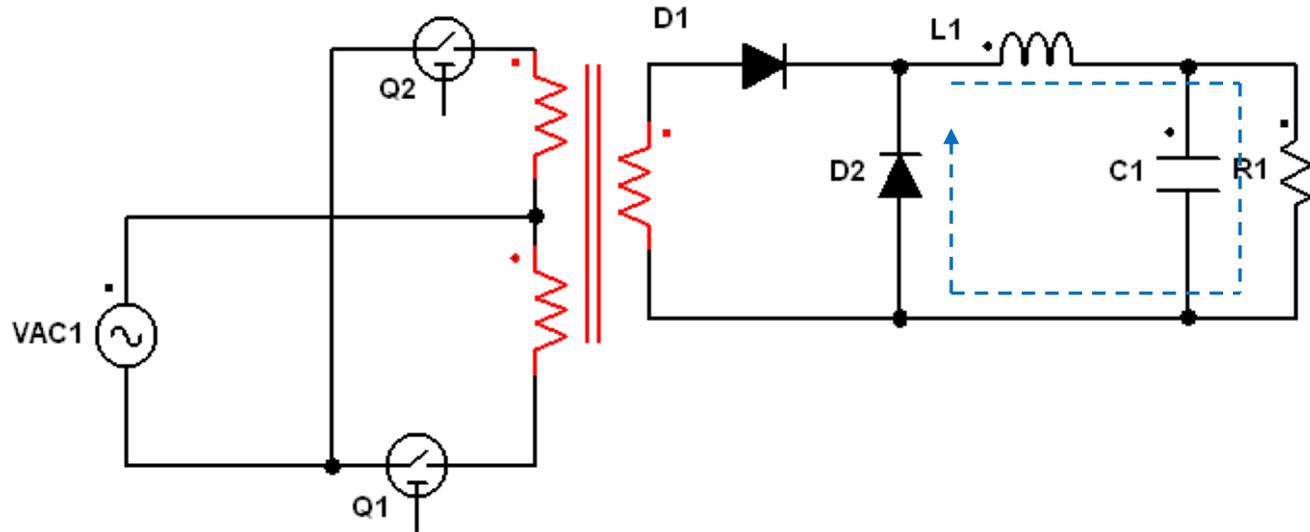
# 動作原理 $V_{in} < 0$



$V_{in} < 0$ : Q2 制御され (ON)  
Q1 OFF

回路は降圧コンバータである

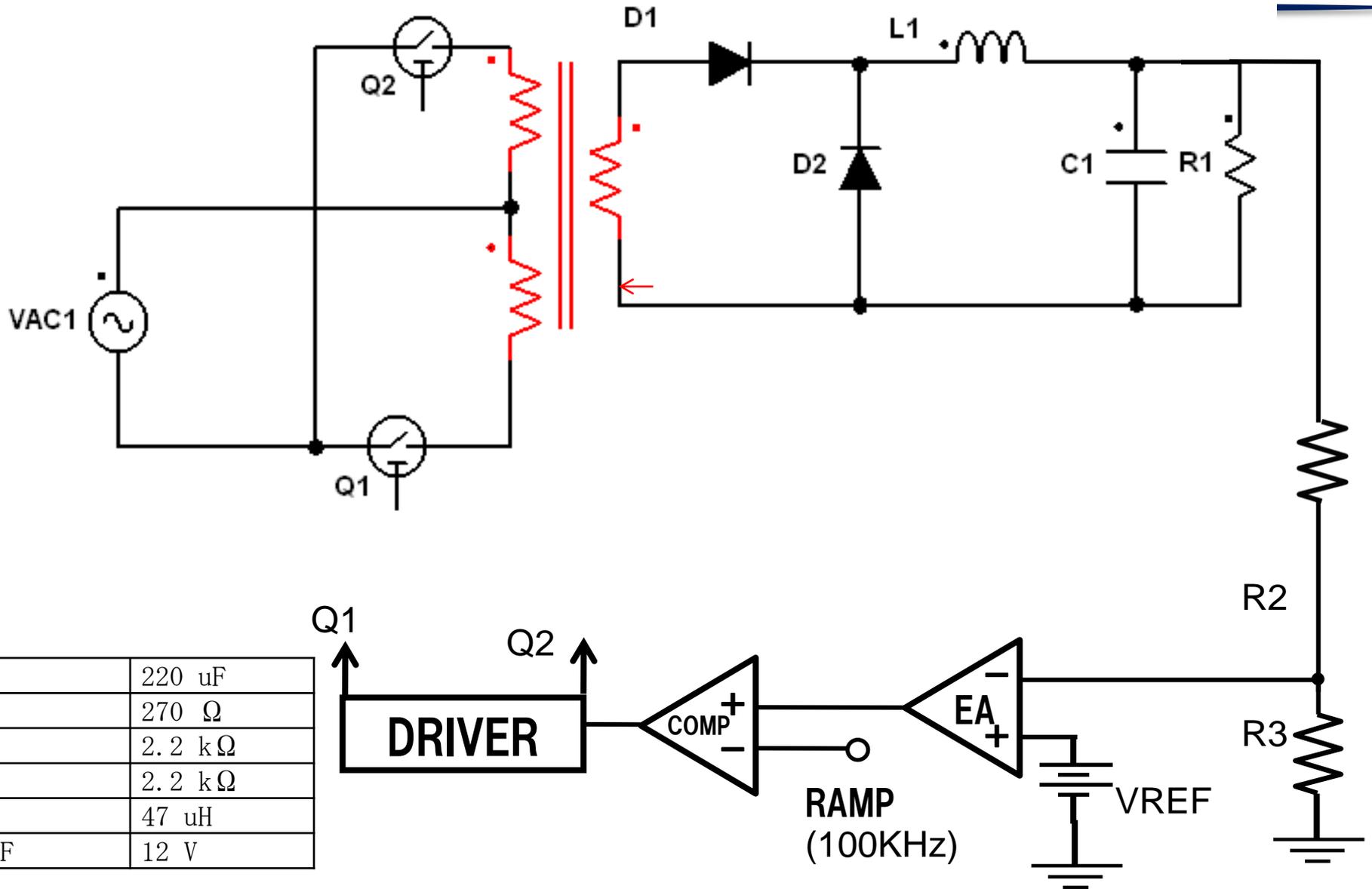
# 動作原理 $V_{in} < 0$



$V_{in} < 0$ : Q2 制御され(OFF)  
Q1 OFF

回路は降圧コンバータである

# シミュレーション回路

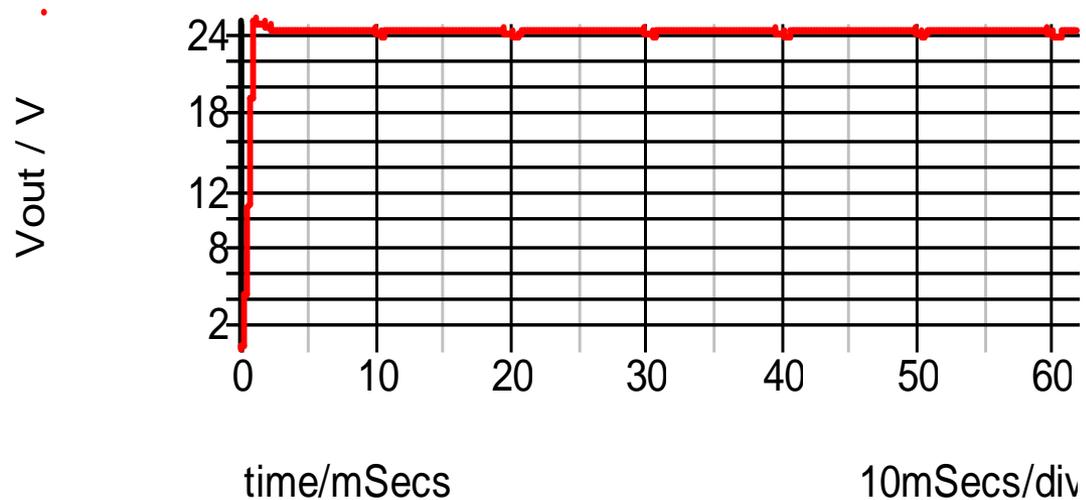


C	220 uF
R	270 Ω
R1	2.2 kΩ
R2	2.2 kΩ
L	47 uH
VREF	12 V

# 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:  $V_o=24.00V$

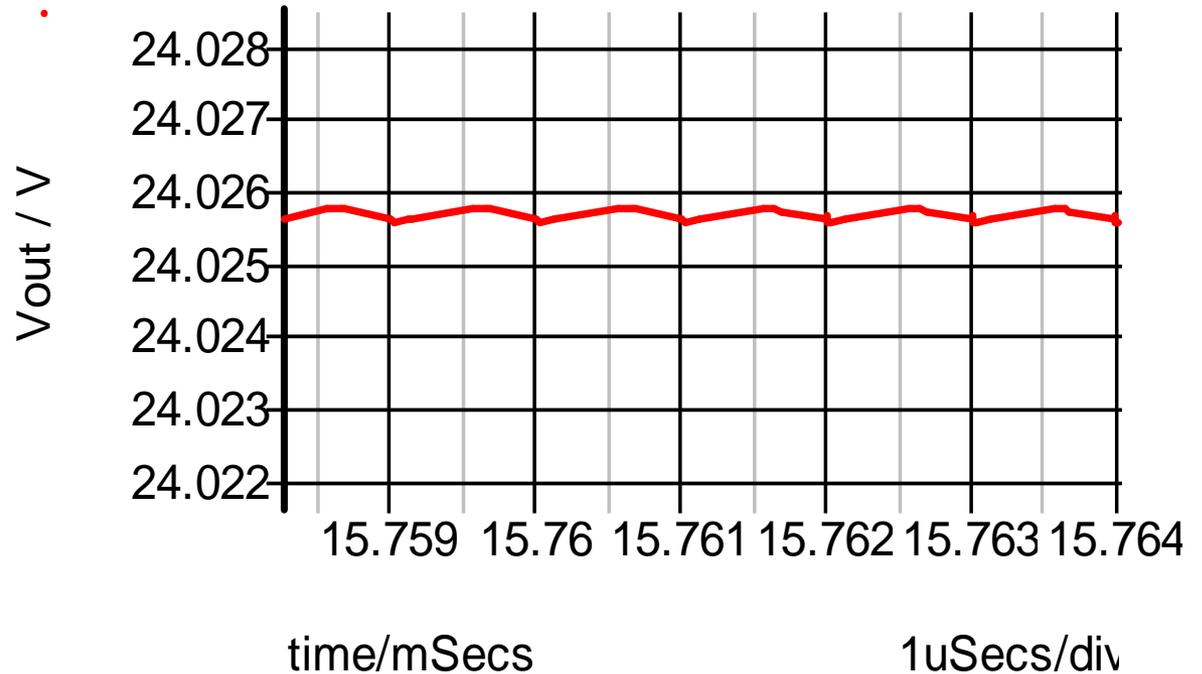


C	220 uF
R	270 $\Omega$
R1	2.2 k $\Omega$
R2	2.2 k $\Omega$
L	47 uH
VREF	12 V

# 出力電圧のリプル

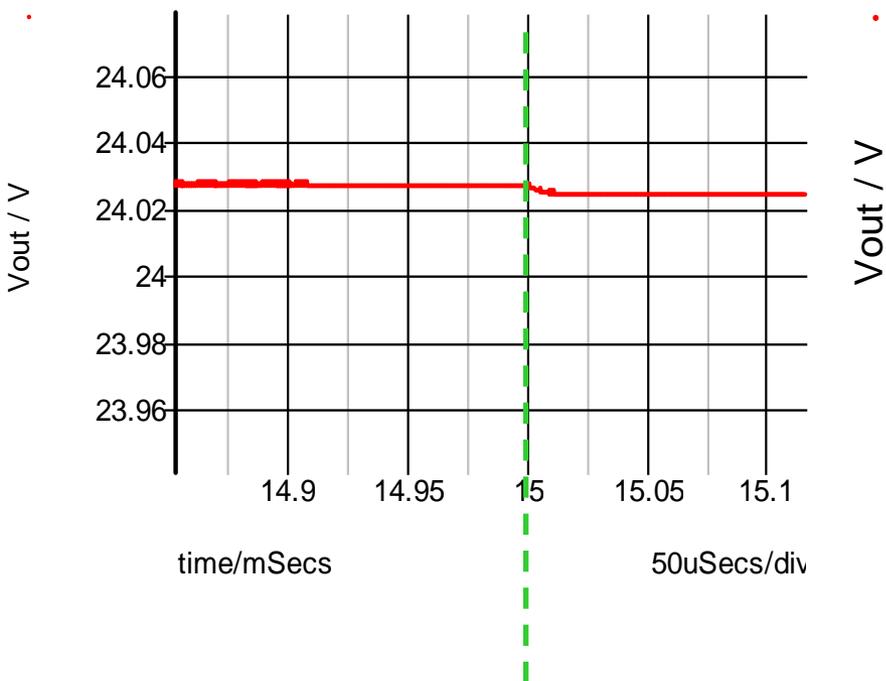
シミュレーション結果

・電圧リプル:  $\Delta V_o = 1\text{mVpp}$



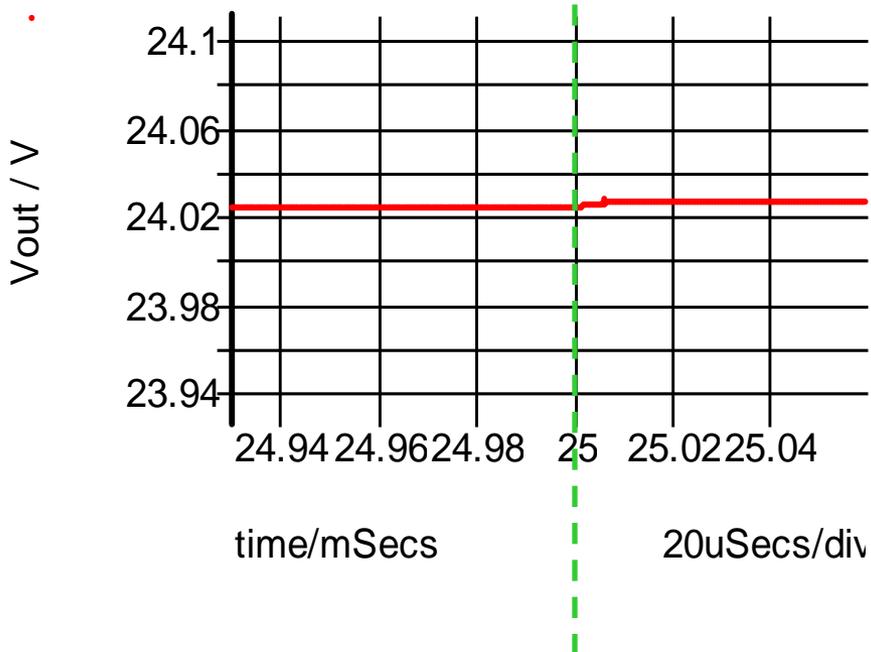
C	220 uF
R	270 $\Omega$
R1	2.2 k $\Omega$
R2	2.2 k $\Omega$
L	47 uH
VREF	12 V

# 過渡応答：負荷 $270\ \Omega$ から $135\ \Omega$ のシミュレーション



15msecs

負荷  $270\ \Omega$  から  $135\ \Omega$  まで  
電流は  $0.1\text{A}$  から  $0.2\text{A}$  まで



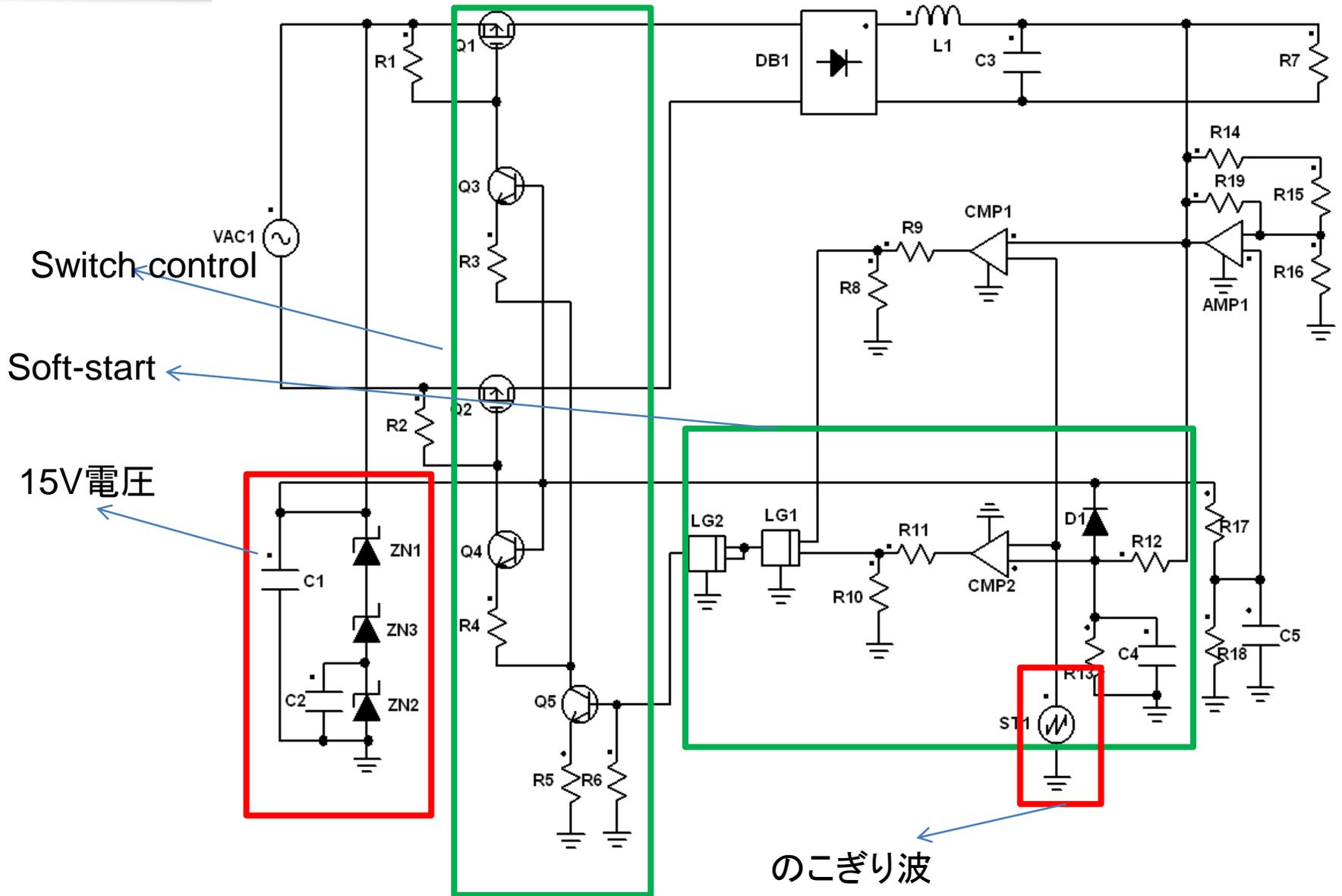
25msecs

負荷  $135\ \Omega$  から  $270\ \Omega$  まで  
電流は  $0.2\text{A}$  から  $0.1\text{A}$  まで

# OUTLINE

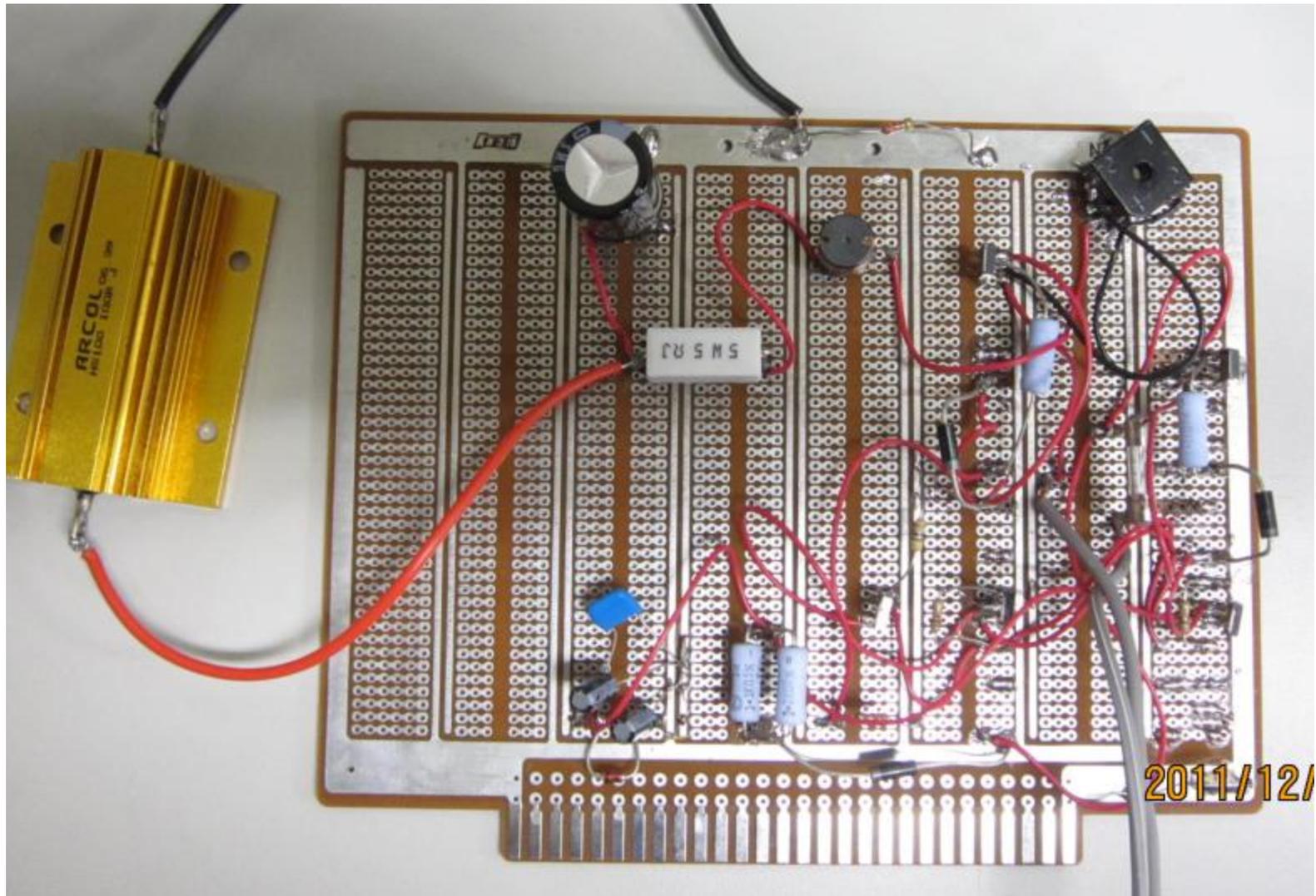
- 1 研究背景
- 2 新提案1 降圧-降圧AC-DC変換器
- 3 新提案2 フォワード絶縁型AC-DC変換器
- 4 一部の実験
- 5 まとめ

# 回路図





# 基本回路



# 実験結果

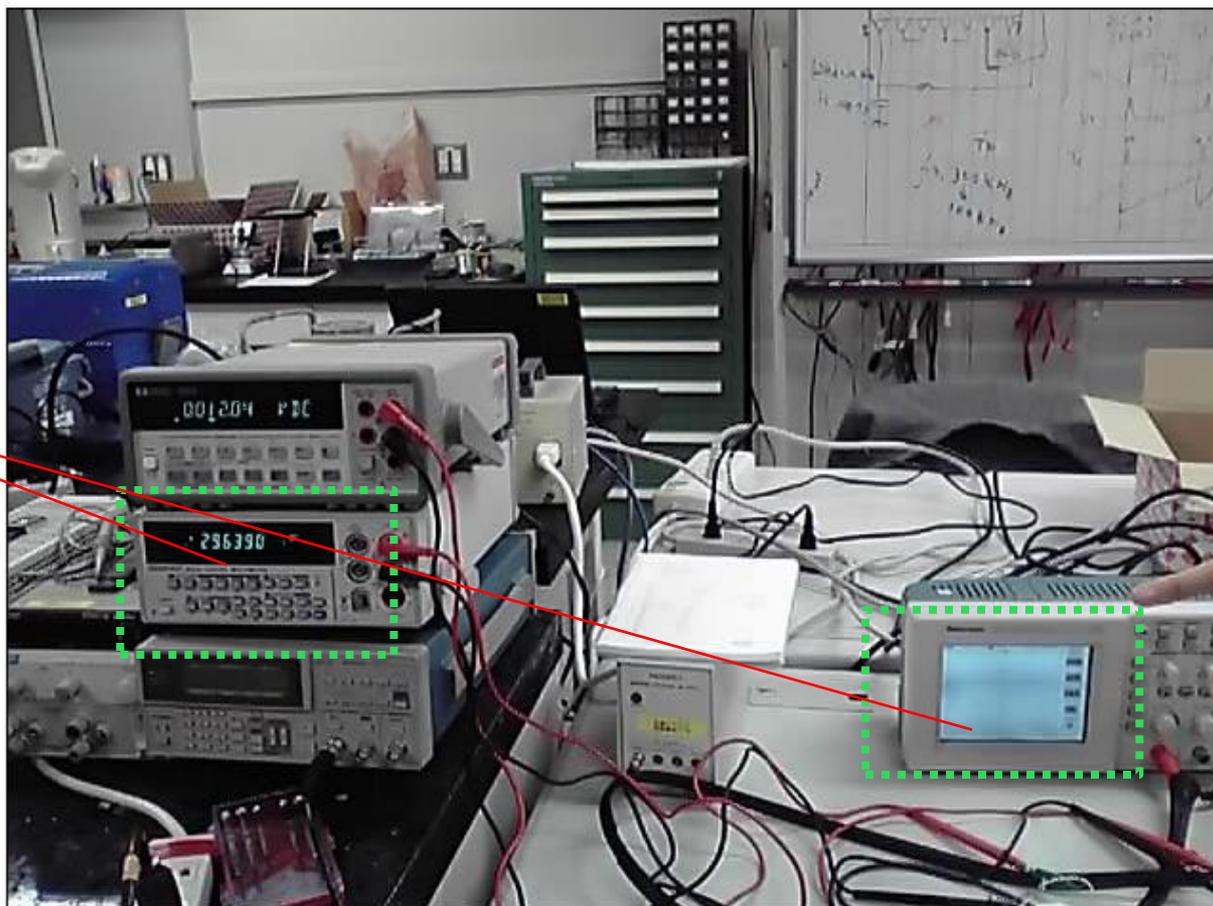
$V_{in} = 60V$  50Hz

発信器

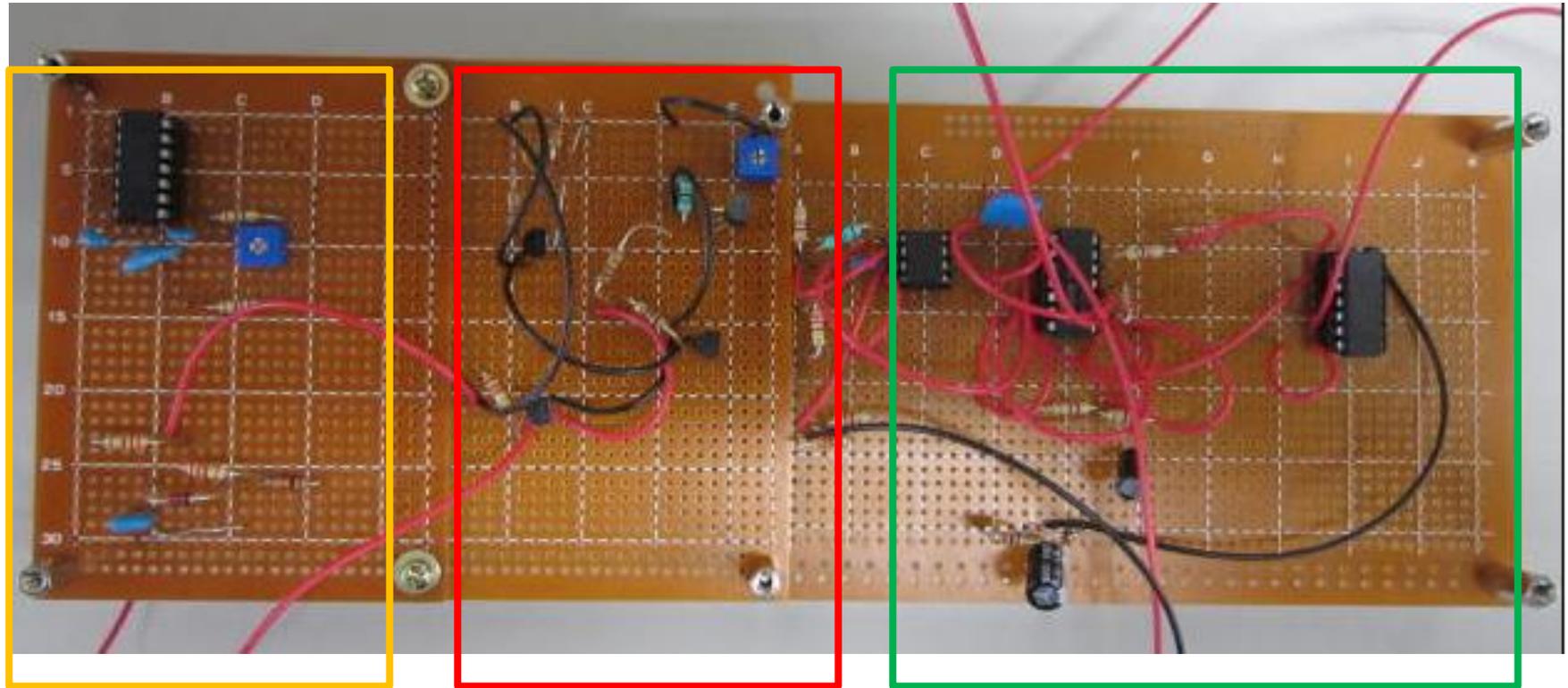
$D = 50\%$

50KHz

$V_{out} = 29.6V$



# 制御回路

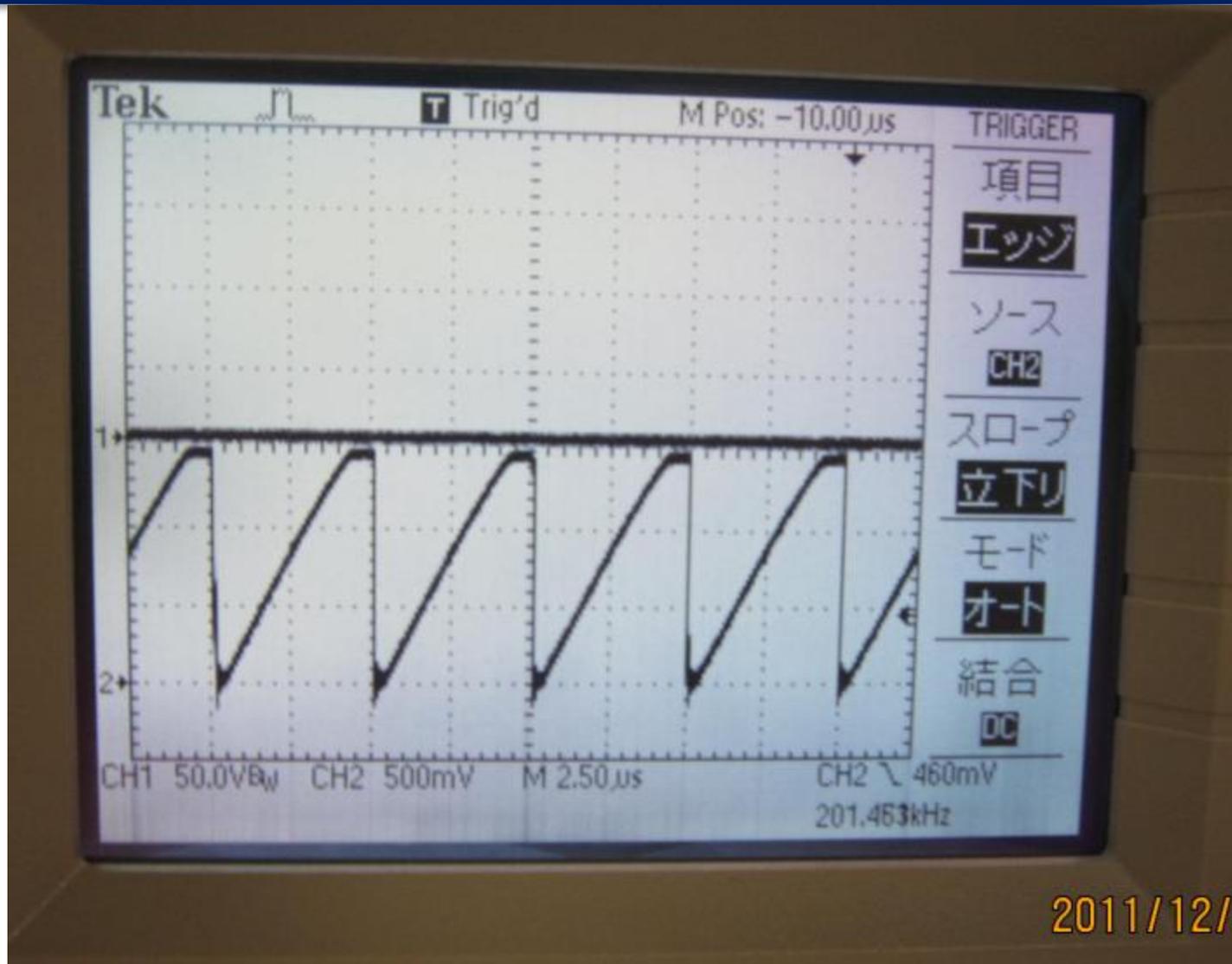


square

triangle

PWM

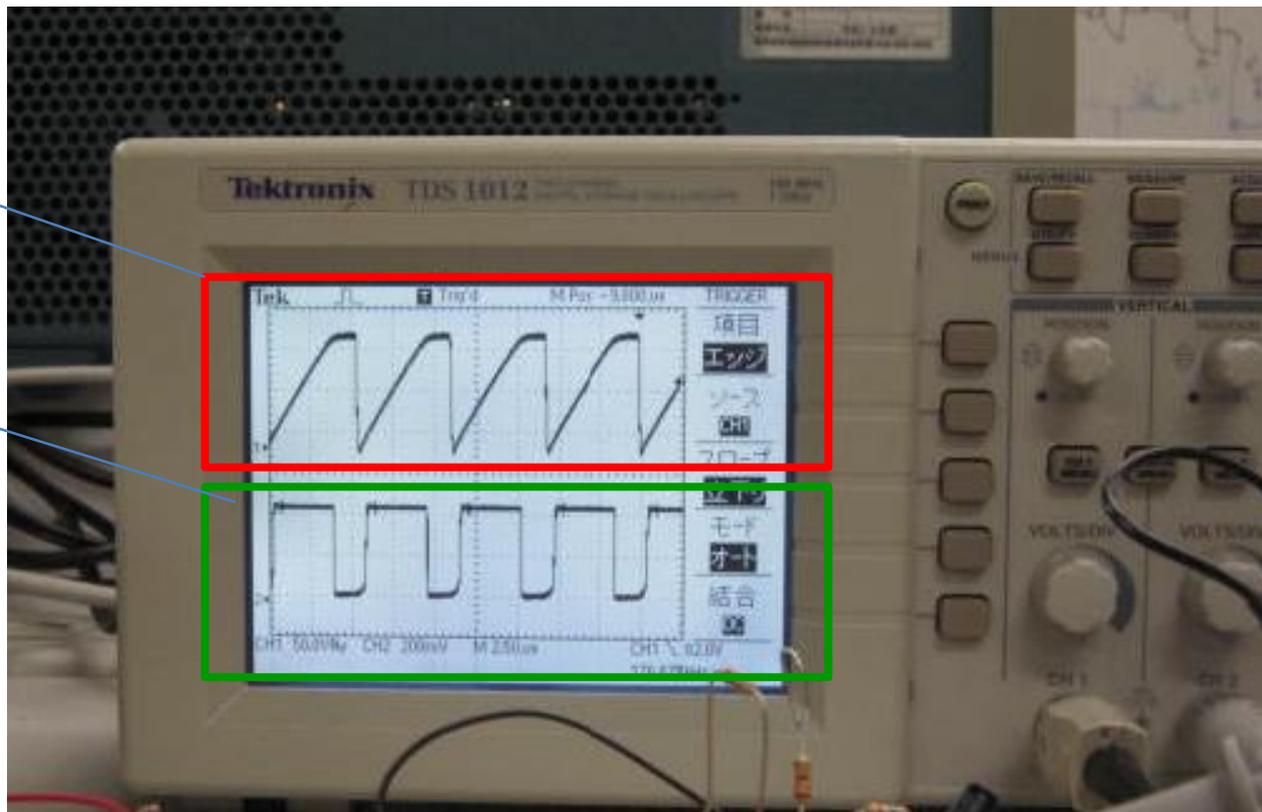
# のこぎり波の出力波形



# PWM制御回路

のこぎり波

PWM



# 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60Vで一部実験を行った。



高変換効率、低コストのAC-DC変換器が実現可

# 今後の課題

- 入力100V(rms) 出力24Vで  
実験を行う。
- 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**