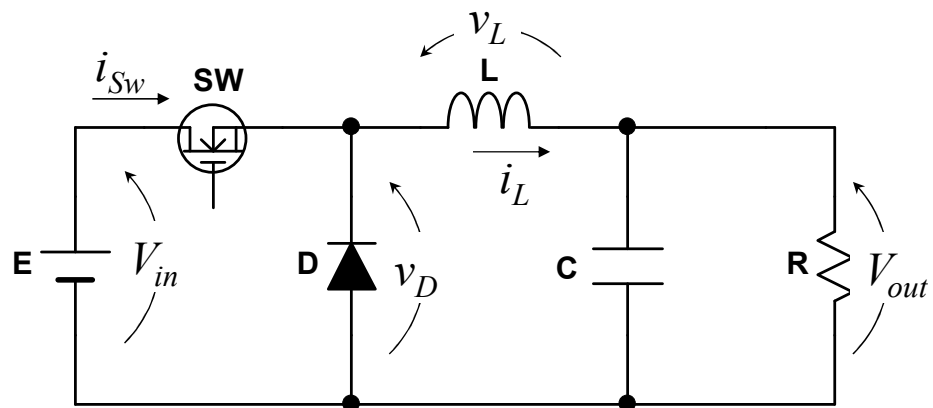


# パワーエレクトロニクス (第7回目)

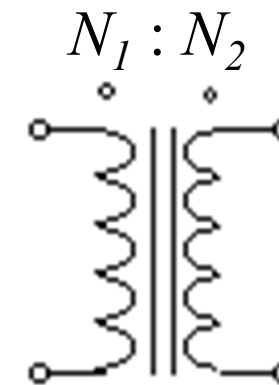
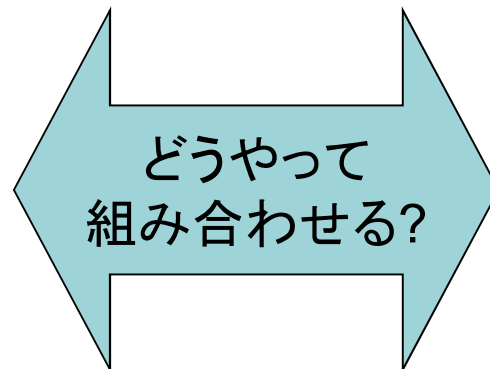
## この授業のポイント

- フォワードコンバータの動作
  - 電流経路と動作波形
  - 励磁電流のリセット
- フライバックコンバータの動作
  - 電流経路と動作波形
  - スナバ回路の必要性と動作概要

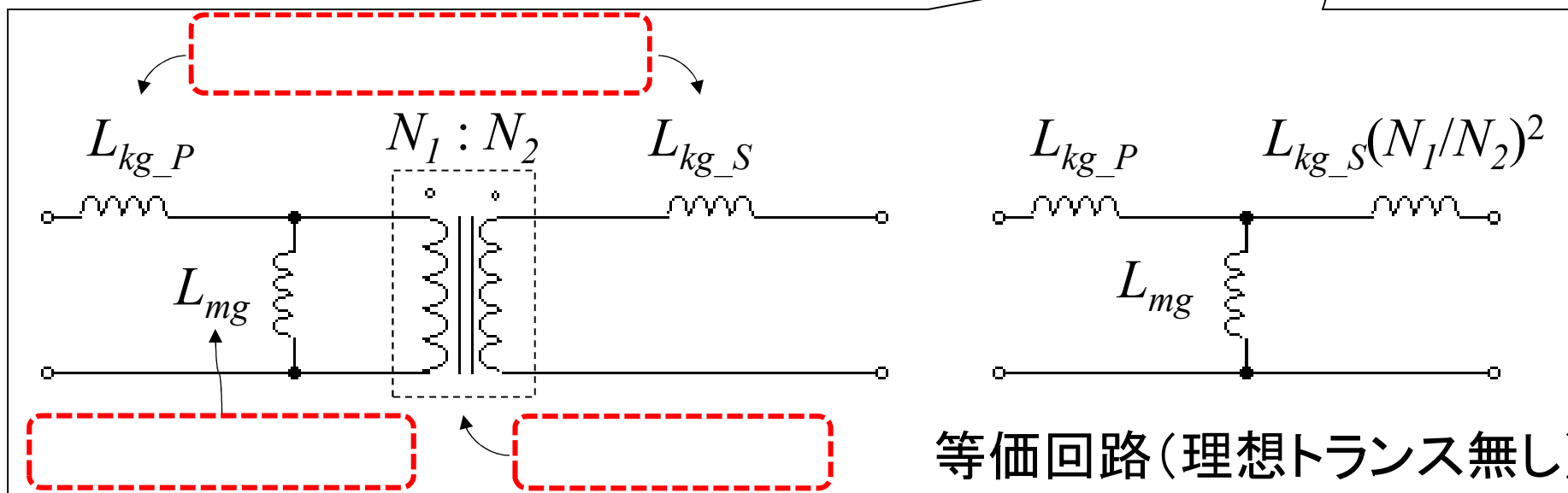
# チョツパ回路の絶縁化—トランスの追加—



降圧チョツパ(非絶縁)

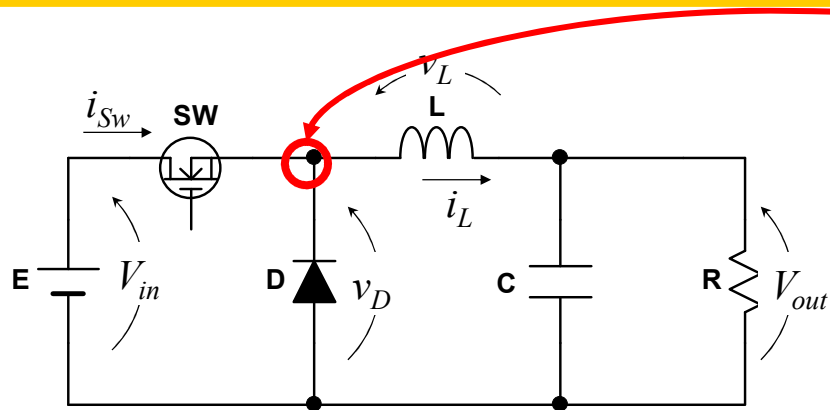


トランス(絶縁)

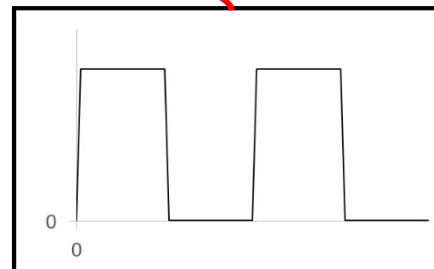


等価回路(理想トランス無し)

# 励磁電流増加による鉄心の飽和

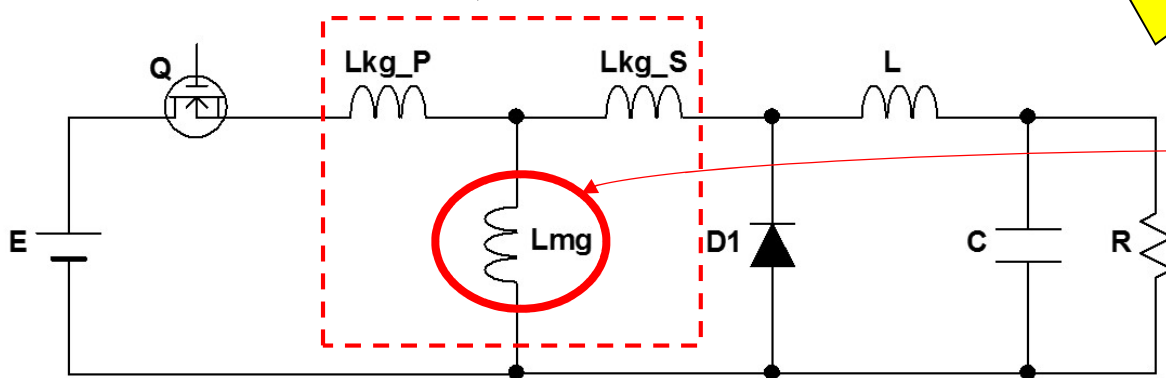


降圧チョッパ(非絶縁)



スイッチングノードの電圧波形

トランス

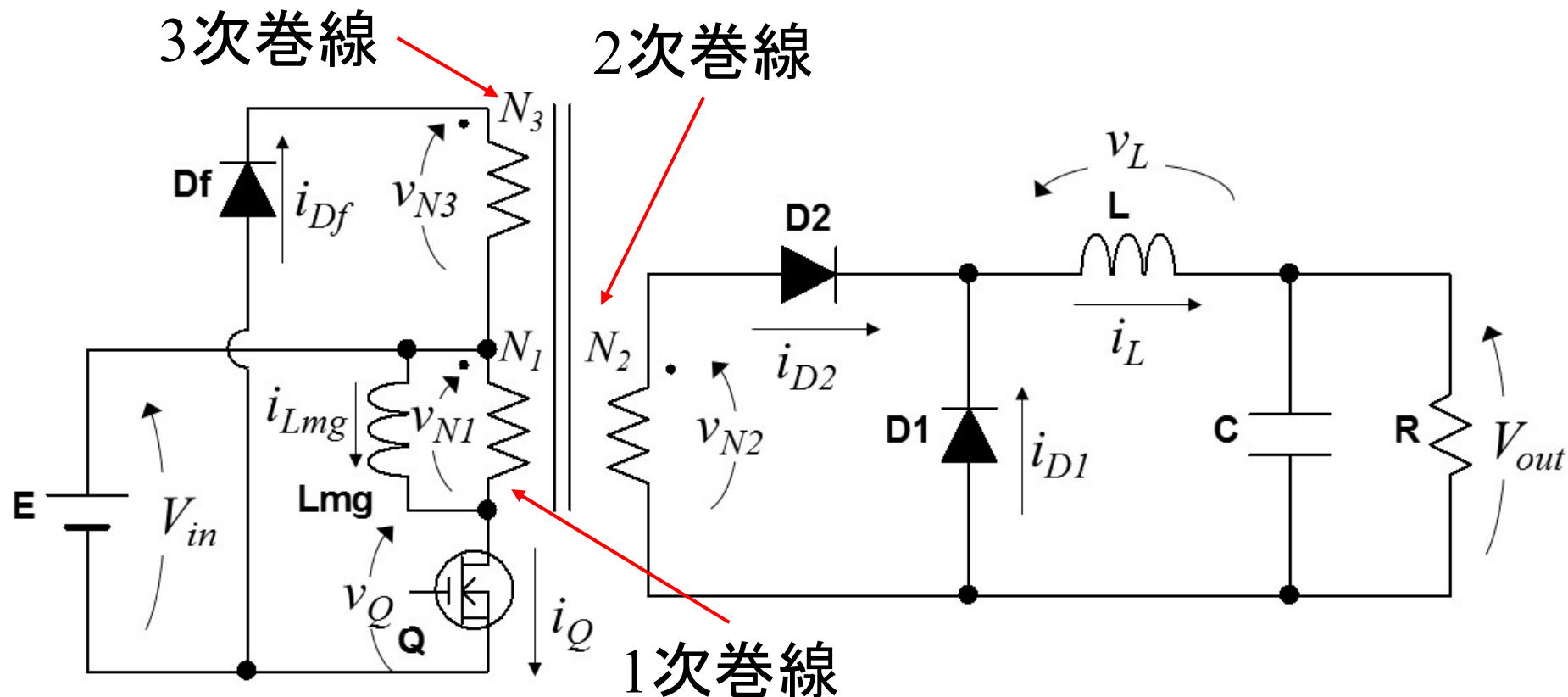


降圧チョッパに単にトランスを挿入した回路

直流成分により励磁電流が増加し、鉄心が飽和!!

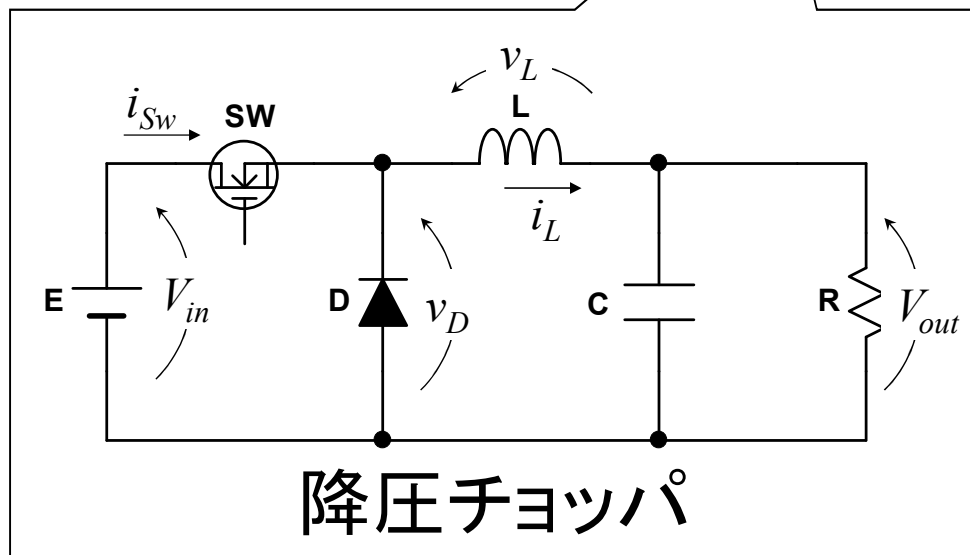
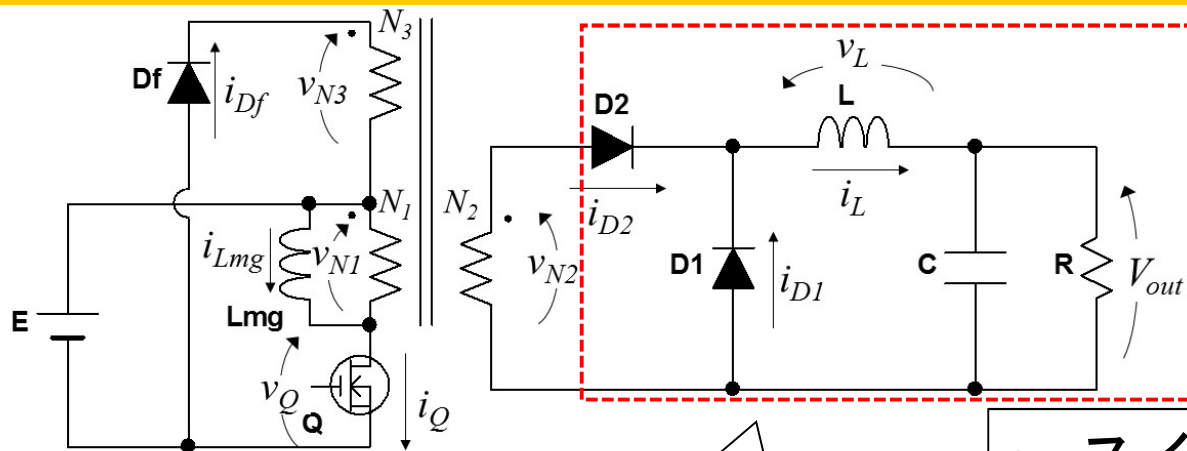
が必要

# フォワードコンバータの回路構成



- 降圧チョッパにトランスを挿入した回路構成と等価
- 補助巻線 $N_3$ とダイオード $D_f$ を用いて \_\_\_\_\_  
(電源に回生)

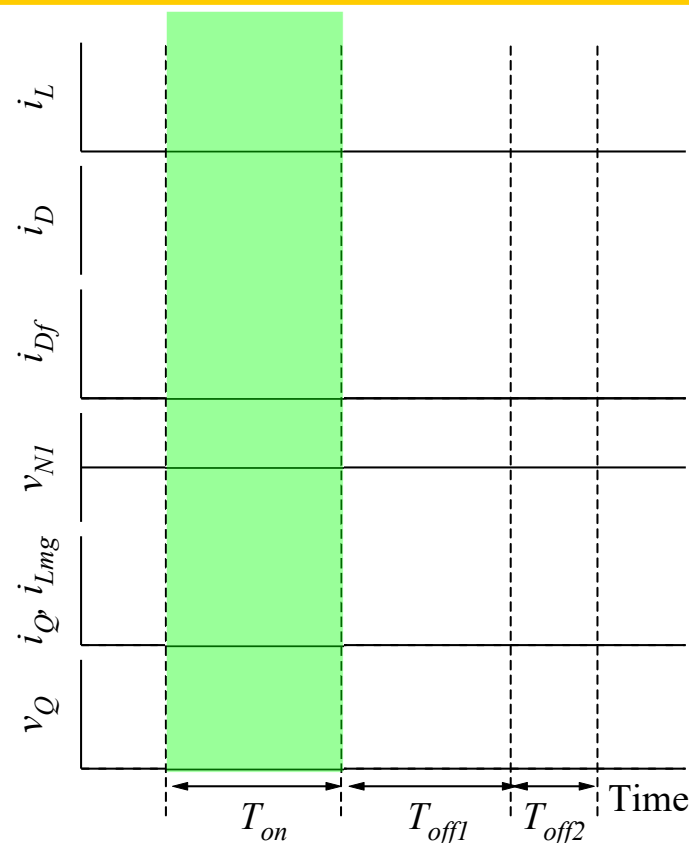
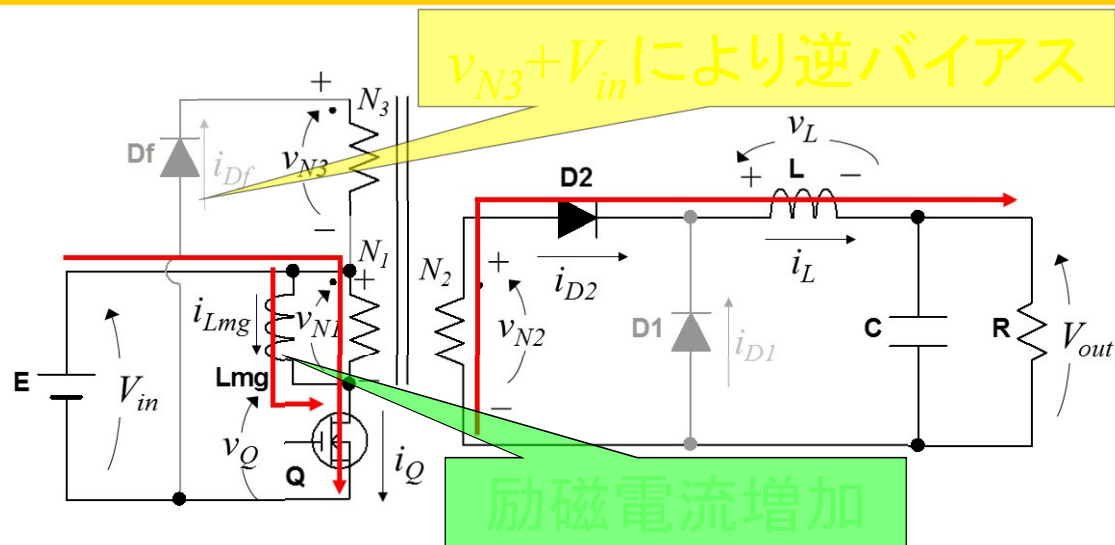
# フォワードコンバータの回路構成



- スイッチQとダイオードD<sub>2</sub>は同期(トランス2次側回路は\_\_\_\_\_と等価)
- 励磁電流  $i_{Lmg}$  は \_\_\_\_\_ に回生される
- \_\_\_\_\_ 降圧・昇圧のどちらにも適応可能

$$V_{out} =$$

# フォワードコンバータの動作原理(オン期間)



$$v_{N1} = V_{in} \quad v_{N2} = \frac{N_2}{N_1} V_{in} \quad v_{N3} = \frac{N_3}{N_1} V_{in}$$

励磁インダクタ $L_{mg}$	$i_{Lmg} = \frac{V_{in}}{L_{mg}} t$	$I_{Lmg\_peak} = \frac{V_{in}}{L_{mg}} dT_{Sw}$
---------------------	-------------------------------------	---

インダクタL	$\frac{di_L}{dt} = \frac{v_{N2} - V_{out}}{L} = \frac{\frac{N_2}{N_1} V_{in} - V_{out}}{L}$
--------	---

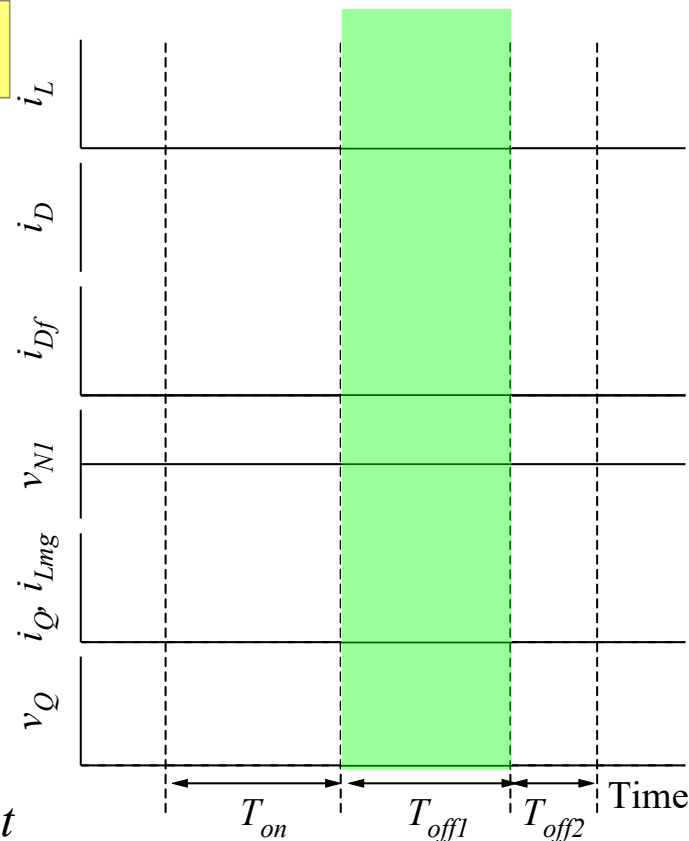
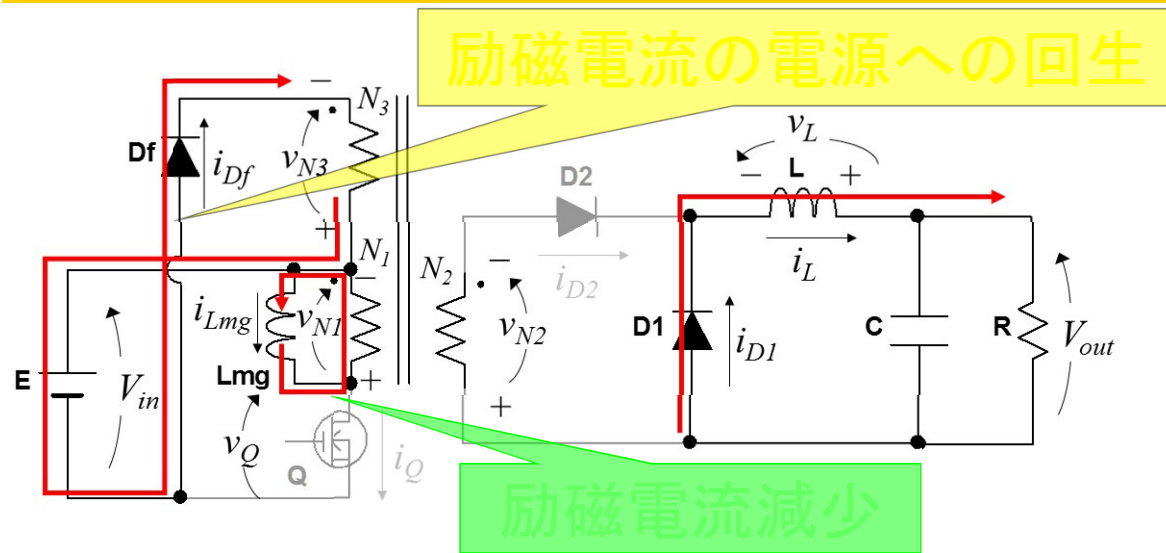
$$v_L = v_{N2} - V_{out} = \frac{N_2}{N_1} V_{in} - V_{out} \quad \text{式(1)}$$

スイッチQ	$i_Q = i_{Lmg} + \frac{N_2}{N_1} i_L$	$v_Q = 0$
-------	---------------------------------------	-----------

リセット電流  
 $i_{Df} = 0$

ダイオードD	$i_{D1} = 0 \quad i_{D2} = i_L$	$v_{D1} = v_{N2} \quad v_{D2} = 0$
--------	---------------------------------	------------------------------------

# フォワードコンバータの動作原理(オフ期間1)



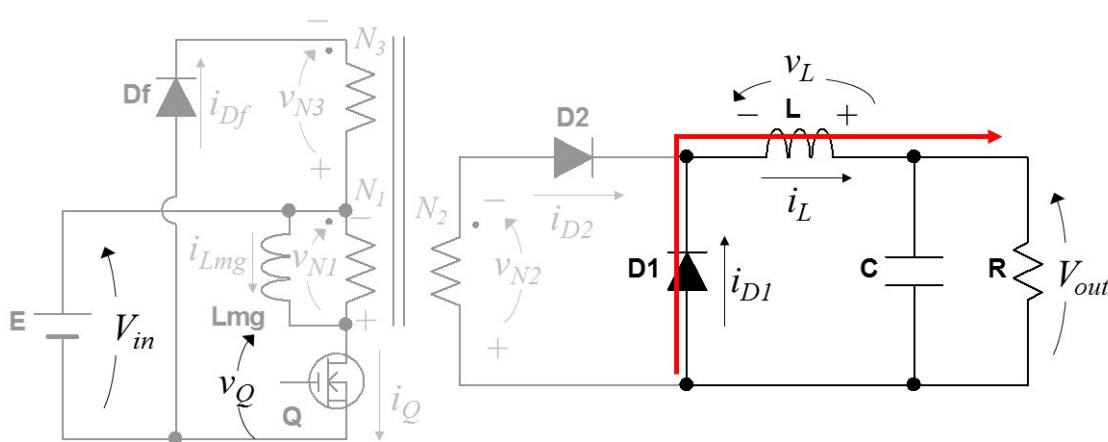
$$v_{N1} = -\frac{N_1}{N_3} V_{in} \quad v_{N2} = -\frac{N_2}{N_3} V_{in} \quad v_{N3} = -V_{in}$$

励磁インダクタ $L_{mg}$	$i_{Lmg} = I_{Lmg\_peak} - \frac{-v_{N1}}{L_{mg}} t = I_{Lmg\_peak} - \frac{N_1}{N_3} \frac{V_{in}}{L_{mg}} t$	
インダクタL	$\frac{di_L}{dt} = \frac{-V_{out}}{L}$	$v_L = -V_{out}$ 式(2)
スイッチQ	$i_Q = 0$	$v_Q = V_{in} - v_{N1} = V_{in} + \frac{N_1}{N_3} V_{in}$
ダイオードD	$i_{D1} = i_L \quad i_{D2} = 0$	$v_{D1} = 0 \quad v_{D2} = -v_{N2} = -\frac{N_2}{N_1} V_{in}$

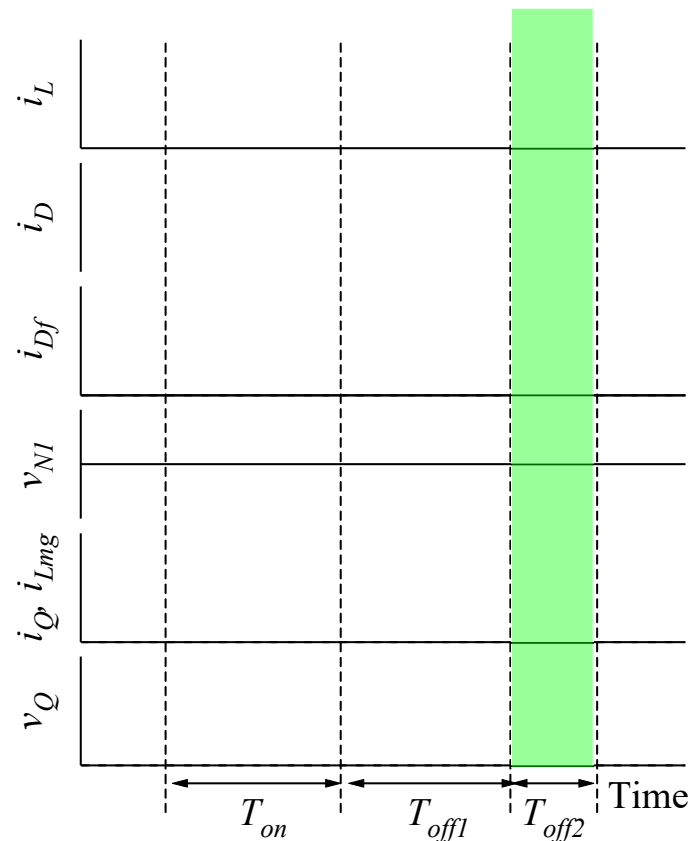
リセット電流

$$i_{Df} = \frac{N_1}{N_3} i_{Lmg}$$

# フォワードコンバータの動作原理(オフ期間2)



$$v_{N1} = v_{N2} = v_{N3} = 0$$



励磁インダクタ  
 $L_{mg}$

$$i_{Lmg} = 0$$

インダクタL

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{-V_{out}}{L}$$

$$v_L = -V_{out} \quad \text{式(2)}$$

スイッチQ

$$i_Q = 0$$

$$v_Q = V_{in} - v_{N1} = V_{in}$$

ダイオードD

$$i_{D1} = i_L \quad i_{D2} = 0$$

$$v_{D1} = 0 \quad v_{D2} = -v_{N2} = 0$$

リセット電流

$$i_{Df} = 0$$



# フォワードコンバータの入出力特性

- 各期間の長さとの関係より入出力電圧の比を導出  
インダクタLの1周期 $T_{SW}$ の\_\_\_\_\_となるため、(式1),(式2)より、

$$T_{on} + T_{off} = 0$$

オン期間 ( $dT_{SW}$ ) の  $v_L$

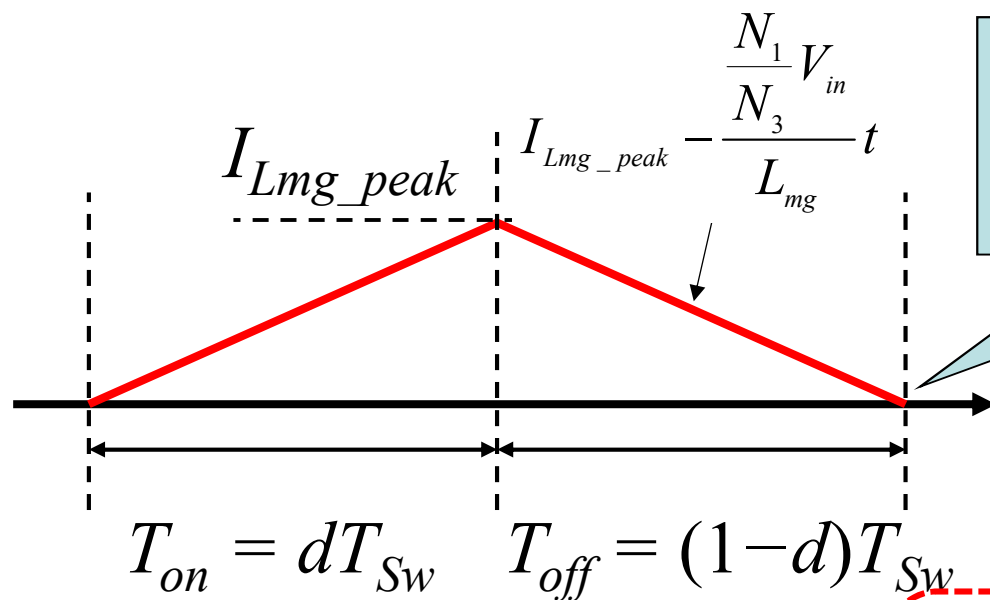
オフ期間 ( $(1-d)T_{SW}$ ) の  $v_L$

整理

$V_{out} =$

$V_{out}$  は  $d$  に依存

# 励磁電流リセットの境界条件



励磁電流リセットのためには \_\_\_\_\_ 必要あり

$$I_{Lmg\_peak} = \frac{V_{in}}{L_{mg}} dT_{Sw}$$

励磁電流リセットの条件式:

リセット用巻線  $N_3$  と  
デューティー  $d$  に依存

整理



## 例題

$$L_{mg} = 5 \text{ mH}$$

$$L = 100 \text{ } \mu\text{H}$$

$$f_{Sw} = 50 \text{ kHz}$$

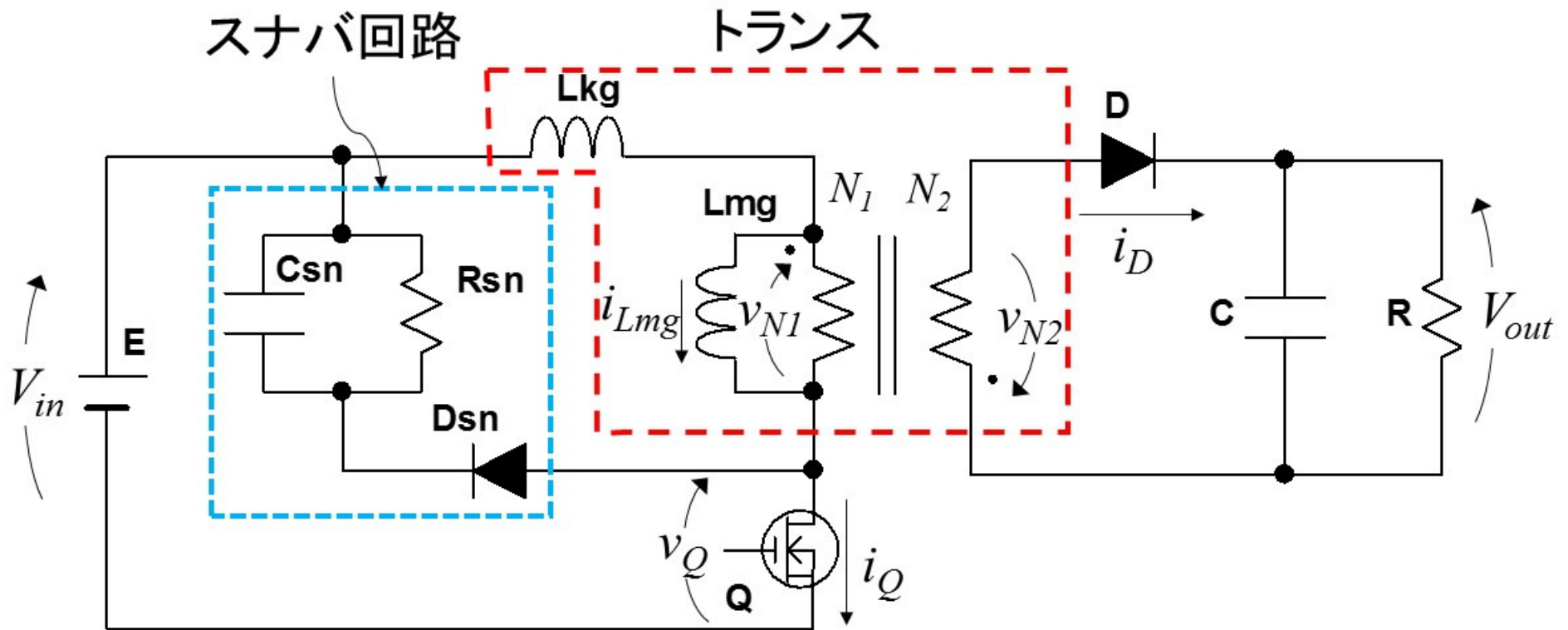
$$V_{in} = 100 \text{ V}$$

$$N_1:N_2:N_3 = 4:1:3$$

$$d = 0.5$$

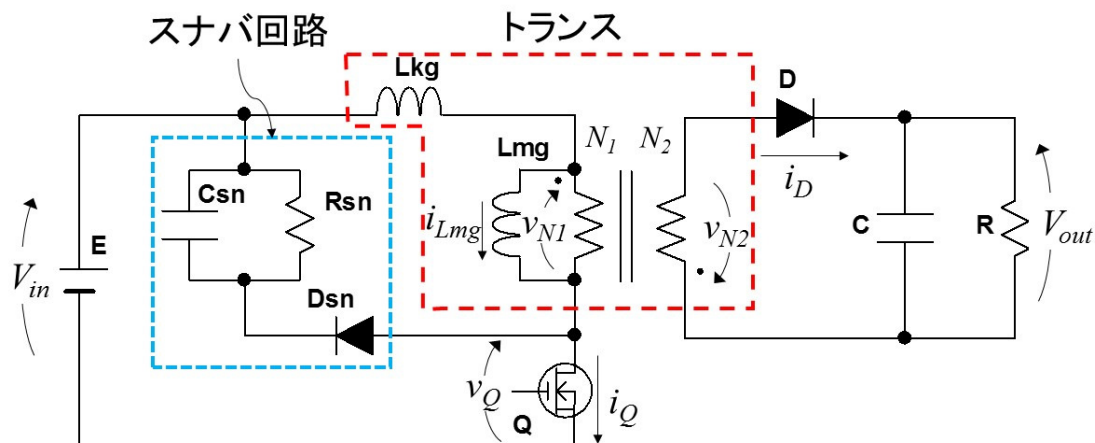
左記の条件における  $I_{Lmg\_peak}$ ,  $V_{out}$  ならびにトランス励磁電流リセットの境界条件を求めよ

# フライバックコンバータの回路構成と概要

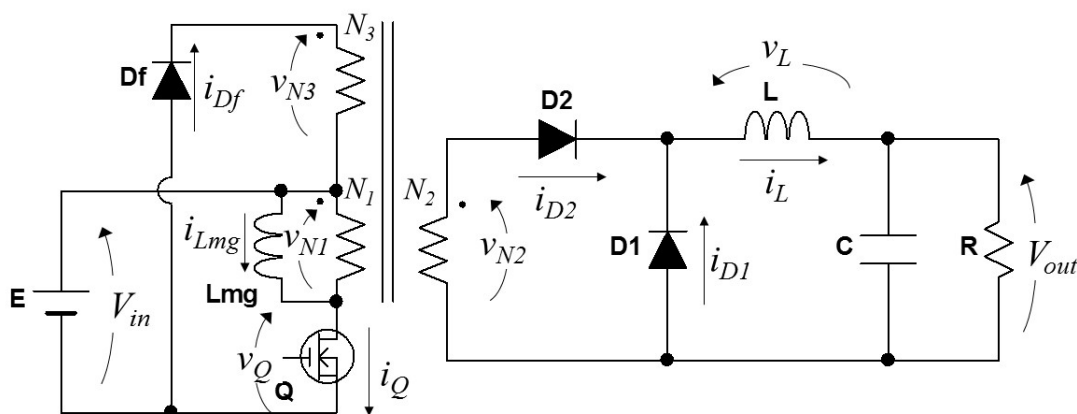


- \_\_\_\_\_ にトランスを挿入した回路構成
- \_\_\_\_\_ のエネルギーを \_\_\_\_\_ で消費させる(\_\_\_\_\_が無ければスパイク電圧によりスイッチが破壊される)

# フォワードコンバータとの主な相違点



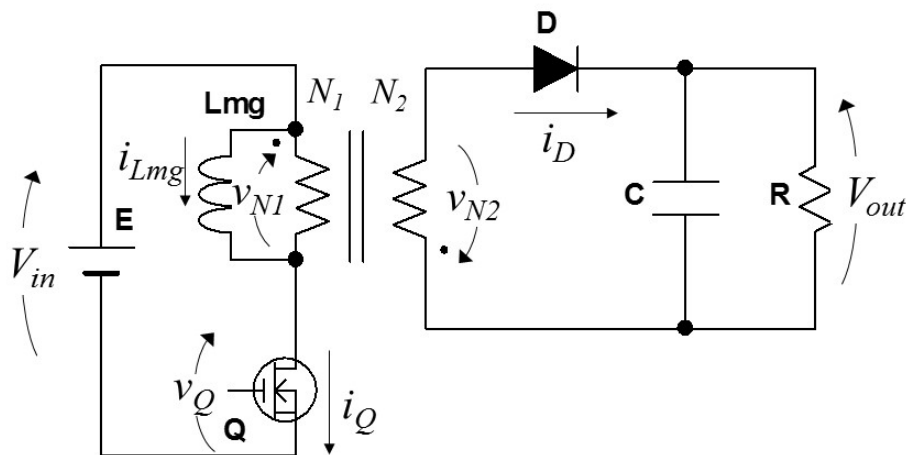
フライバックコンバータ



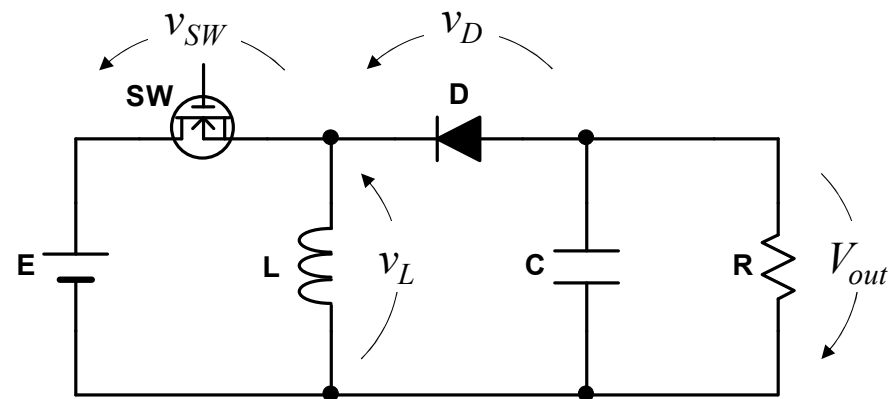
フォワードコンバータ

- トランスの極性が逆
- トランスの役割が異なる (フライバックでは \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, フォワードでは基本的に \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ は無し)
- 2次側のインダクタの有無 (フライバックでは不要、フォワードでは不可欠)

# 簡素化したフライバックコンバータ



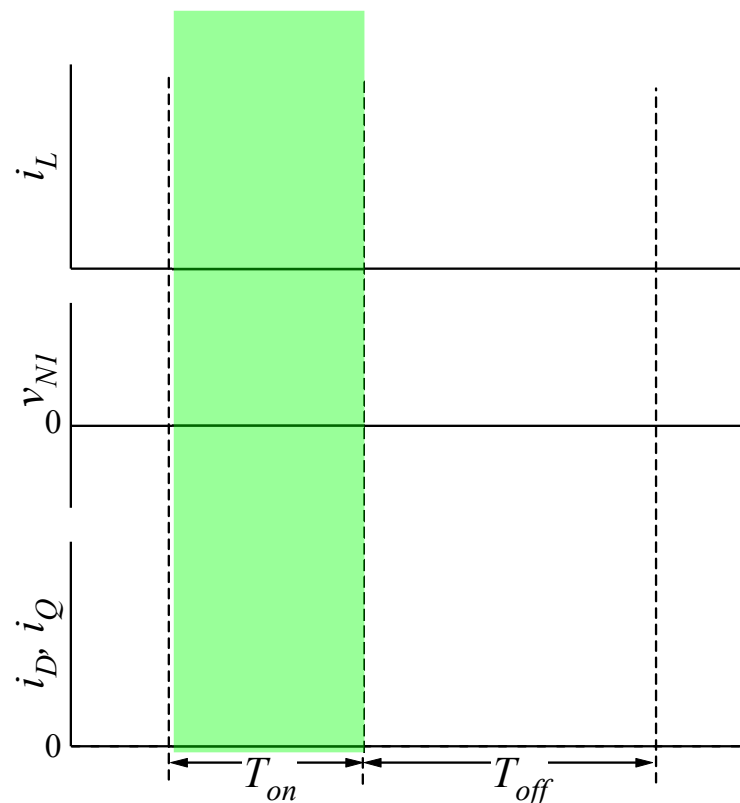
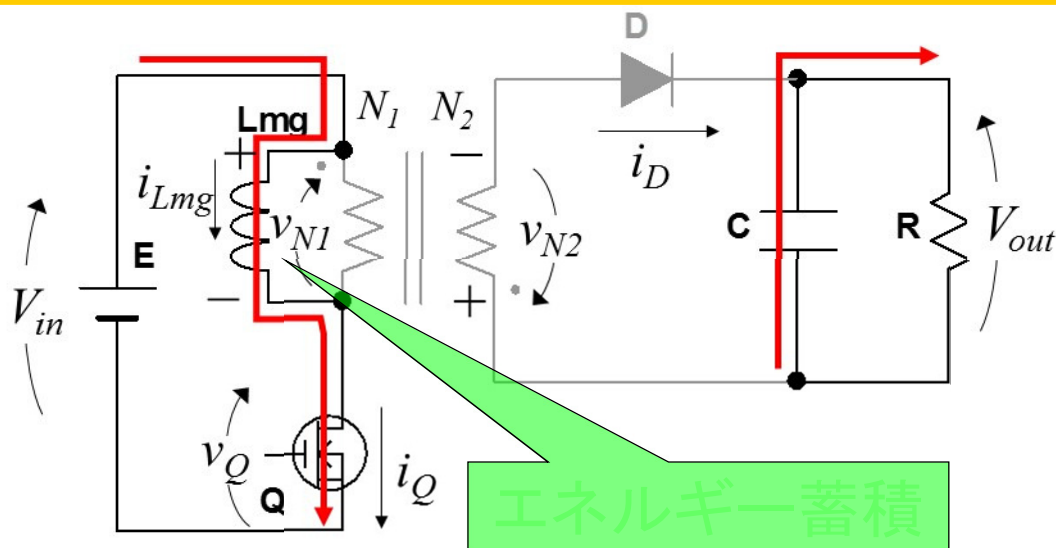
フライバックコンバータ



昇降圧チョツパ

- 大まかな動作については漏洩インダクタンス $L_{kg}$ やスナバ回路を無視してよい
- 昇降圧チョツパと基本的に同じ動作(ただし、フライバックコンバータではトランスにより極性反転の問題は回避できる)

# フライバックコンバータの動作原理(オン期間)

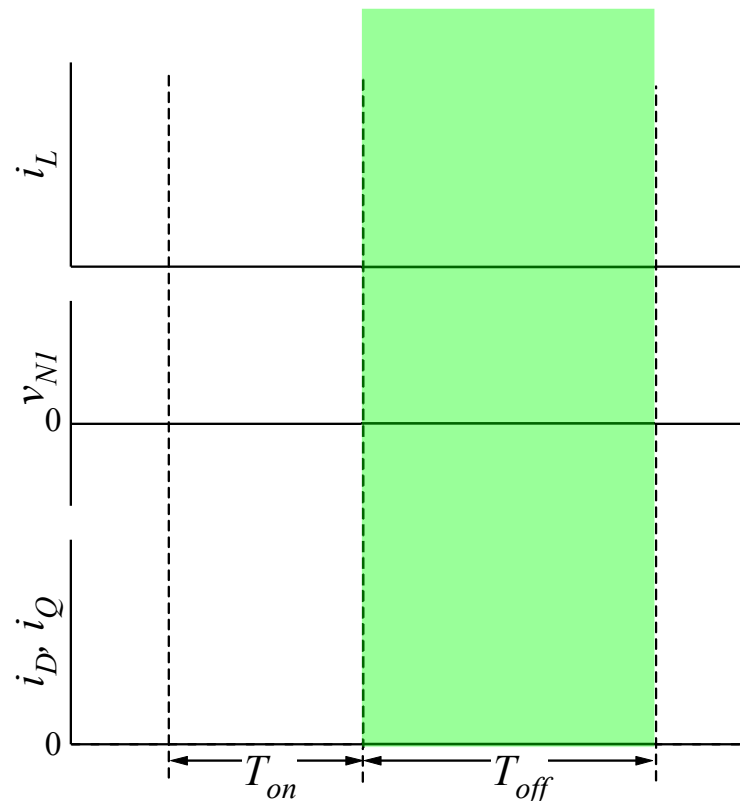
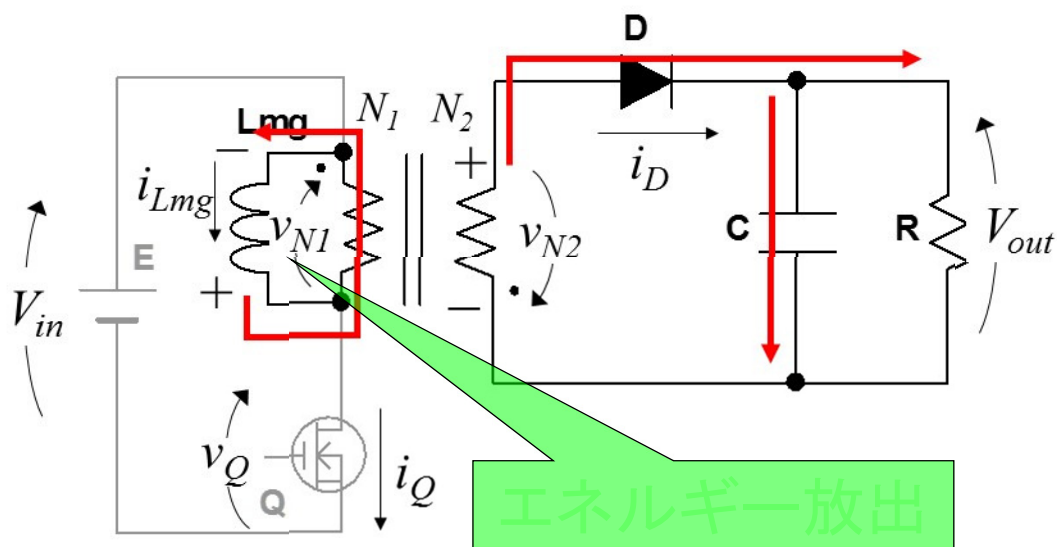


オン期間 ( $T_{on}$ ) の動作状態

$$v_{N1} = V_{in} \quad v_{N2} = \frac{N_2}{N_1} V_{in}$$

励磁インダクタ $L_{mg}$	$\frac{di_{Lmg}}{dt} = \frac{V_{in}}{L_{mg}}$	$v_{N1} = V_{in}$ 式(1)
スイッチQ	$i_Q = i_{Lmg}$	$v_Q = 0$
ダイオードD	$i_D = 0$	$v_D = V_{out} + v_{N2} = V_{out} + \frac{V_2}{N_1} V_{in}$

# フライバックコンバータの動作原理(オフ期間)



オン期間 ( $T_{off}$ ) の動作状態

$$v_{N1} = -\frac{N_1}{N_2} V_{out} \quad v_{N2} = -V_{out}$$

励磁インダクタ $L_{mg}$	$\frac{di_{Lmg}}{dt} = -\frac{N_1}{N_2} \frac{V_{out}}{L_{mg}}$	$v_{N1} = -\frac{N_1}{N_2} V_{out}$ 式(2)
スイッチQ	$i_Q = 0$	$v_Q = 0$
ダイオードD	$i_D = \frac{N_1}{N_2} i_{Lmg}$	$v_D = 0$



# フライバックコンバータの入出力特性

- 各期間の長さ $v_L$ の関係より入出力電圧の比を導出  
励磁インダクタンス $L_{mg}$ の1周期 $T_{SW}$ の\_\_\_\_\_となるため、  
式(1)、式(2)より、

$$T_{on} + T_{off} = 0$$

オン期間( $dT_{SW}$ )の $v_L$

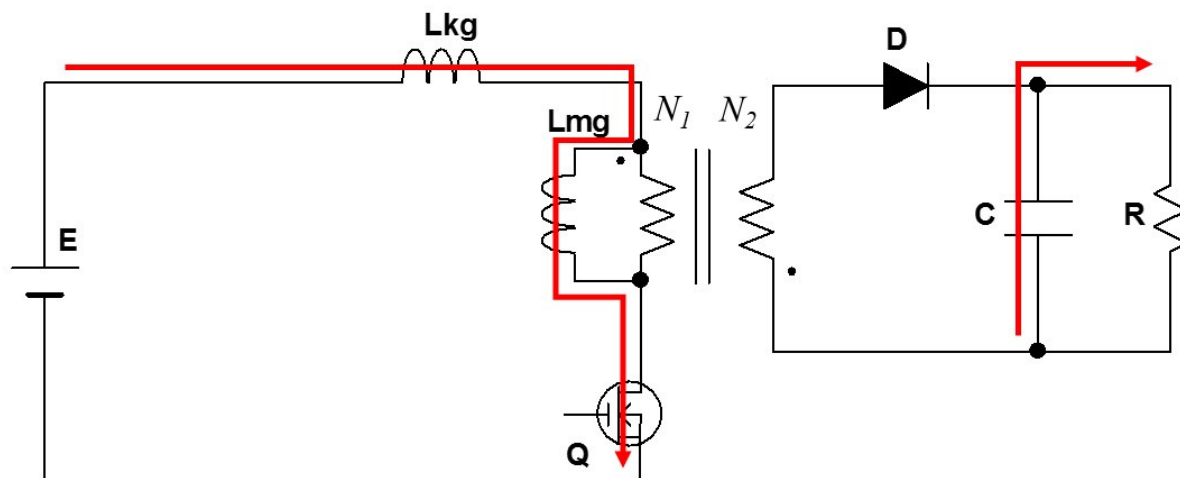
オフ期間( $(1-d)T_{SW}$ )の $v_L$

整理

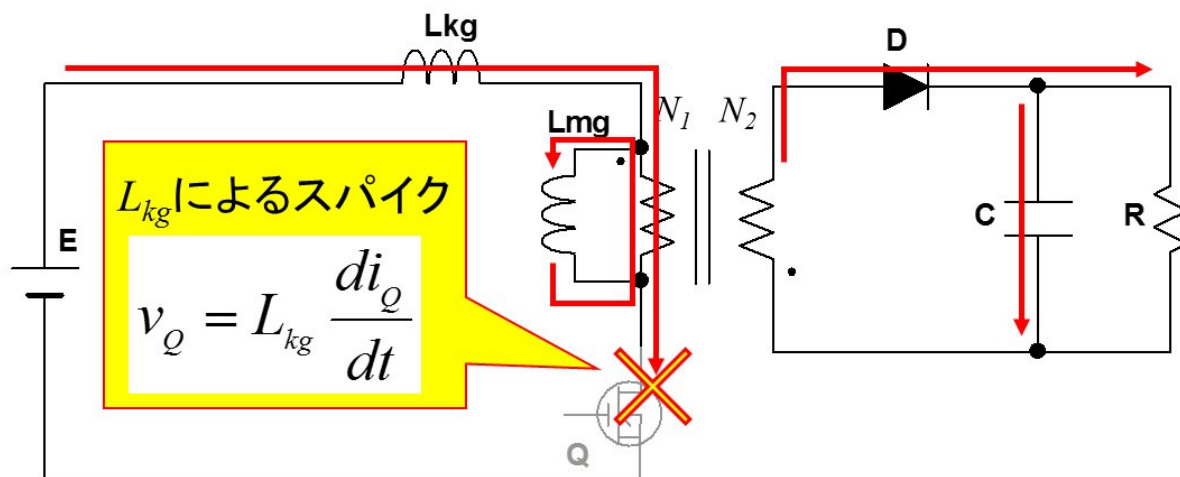
$V_{out} =$

$V_{out}$ は $d$ に依存

# スナバ回路の必要性

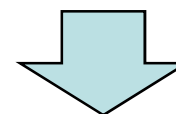


オン期間 ( $T_{on}$ )



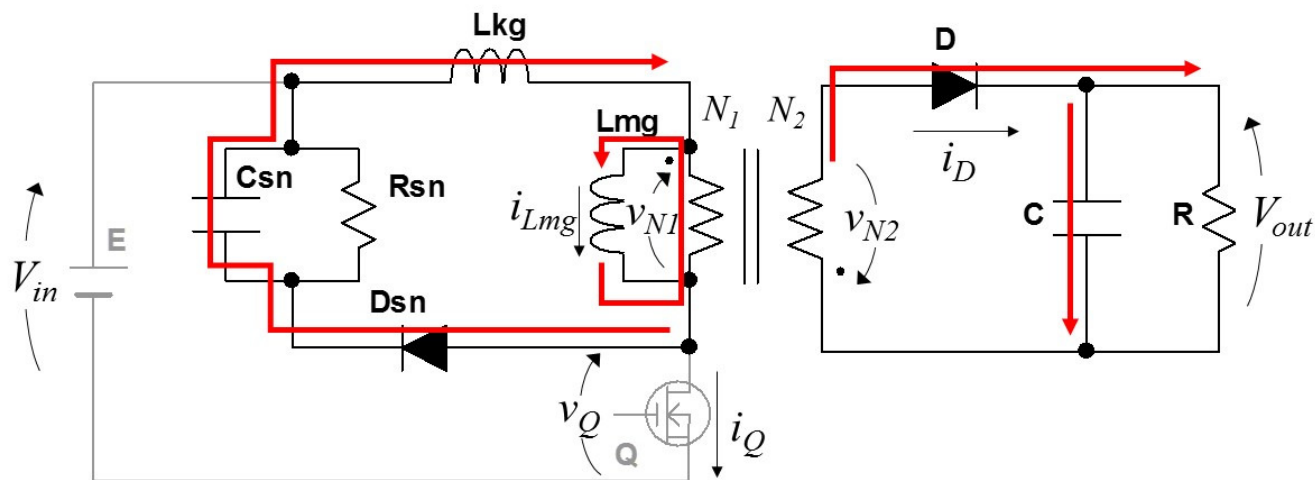
オフの瞬間

スイッチのオフされると  
 $L_{kg}$ に蓄積されたエネルギーの行き場がなくなる

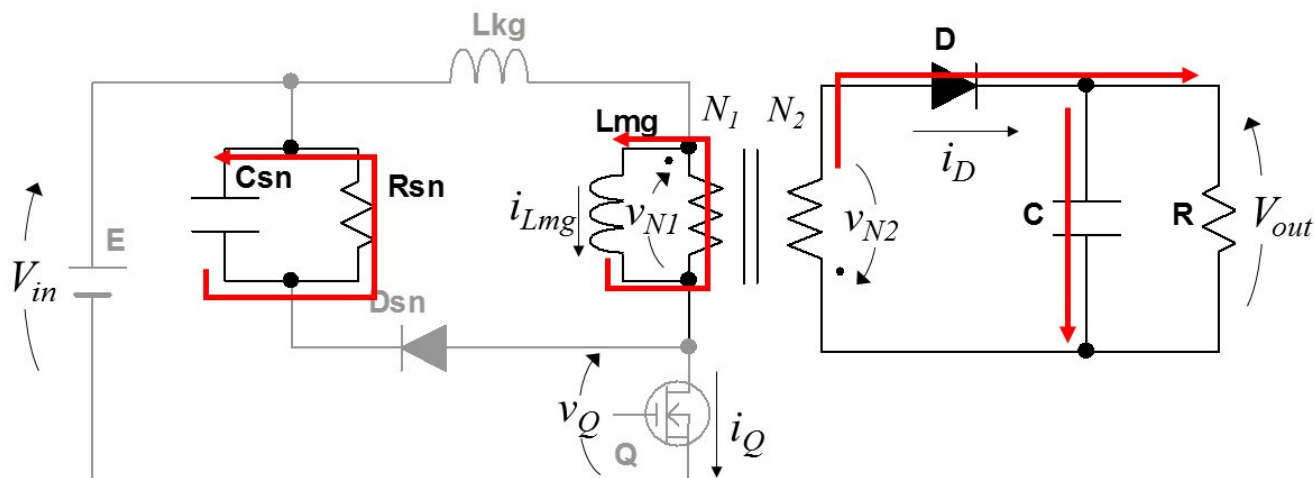
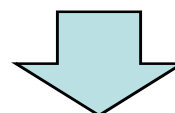


スイッチに対してスパイク電圧の形でエネルギーが放出され、スイッチが破壊される

# スナバ回路の動作概要



スナバコンデンサ  $C_{sn}$  で \_\_\_\_\_ を吸収し \_\_\_\_\_ を抑制



$C_{sn}$  の蓄積エネルギーを  $R_{sn}$  で消費させる

## 例題

$$L_{mg} = 1 \text{ mH}$$

$$f_{Sw} = 50 \text{ kHz}$$

$$V_{in} = 100 \text{ V}$$

$$N_1:N_2 = 4:3$$

左記の条件において、 $V_{out} = 50 \text{ V}$ とした場合のデューティー $d$ を求めよ。

