

スイッチトキャパシタ形昇圧回路の キャパシタ電圧リップルの低減

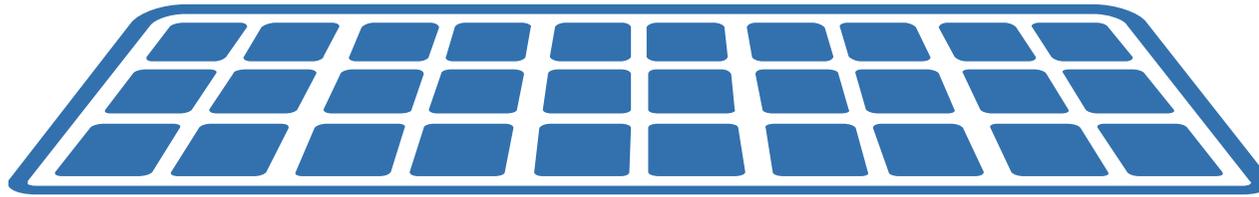
東京理科大学 工学部 電気工学科
教授 小泉 裕孝

2021年10月7日

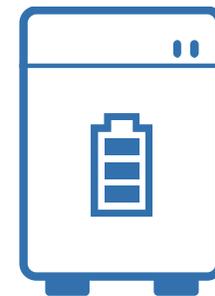
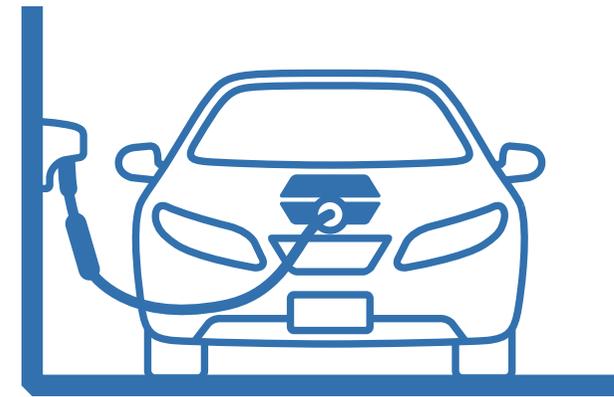
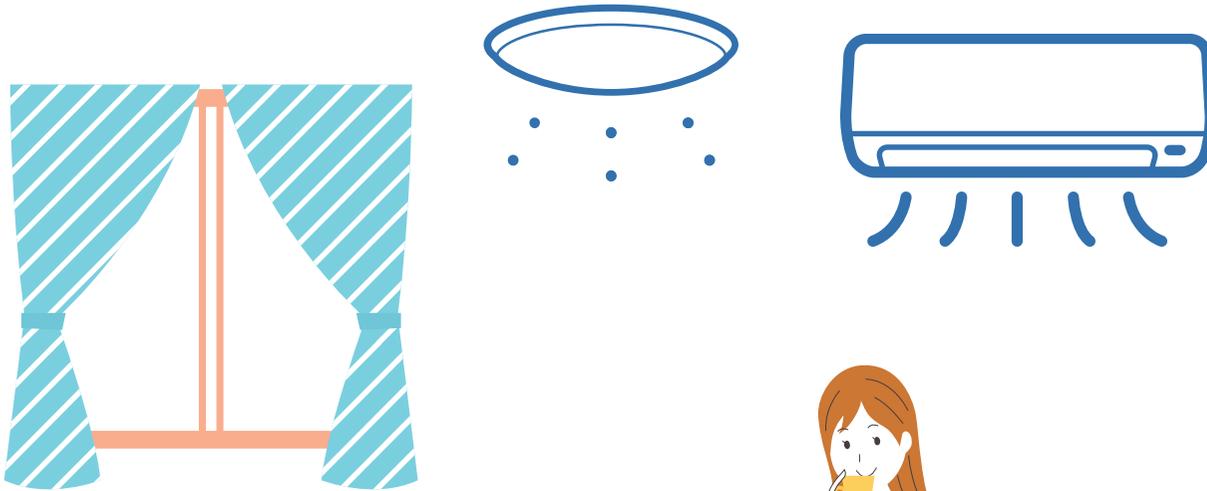
本日の発表内容

- 新技術の背景
- 直流電圧の昇圧
- スイッチトキャパシタの動作と新技術の着想
- 直流／交流変換への応用
- まとめ
- 関連情報

電力を変換する

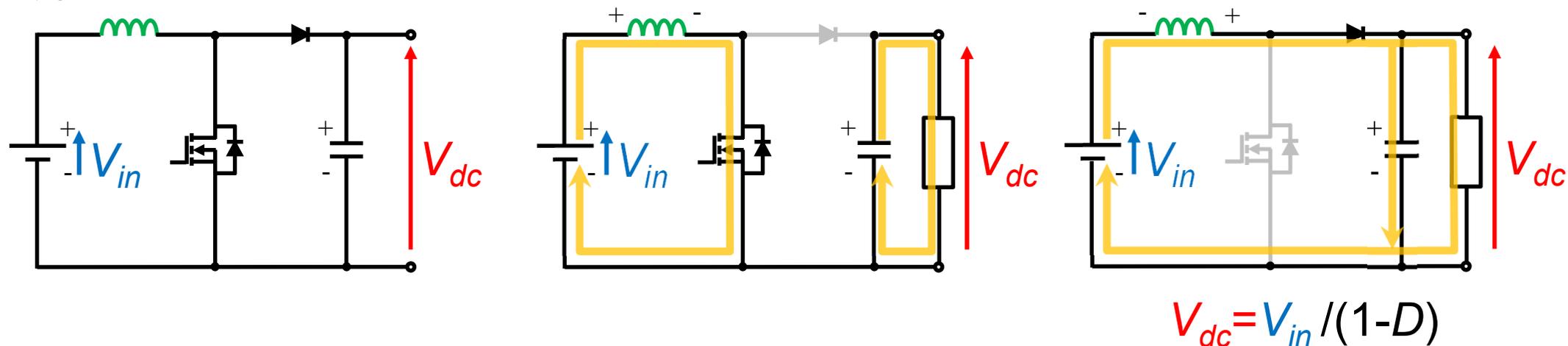


日常生活において
必要不可欠の技術

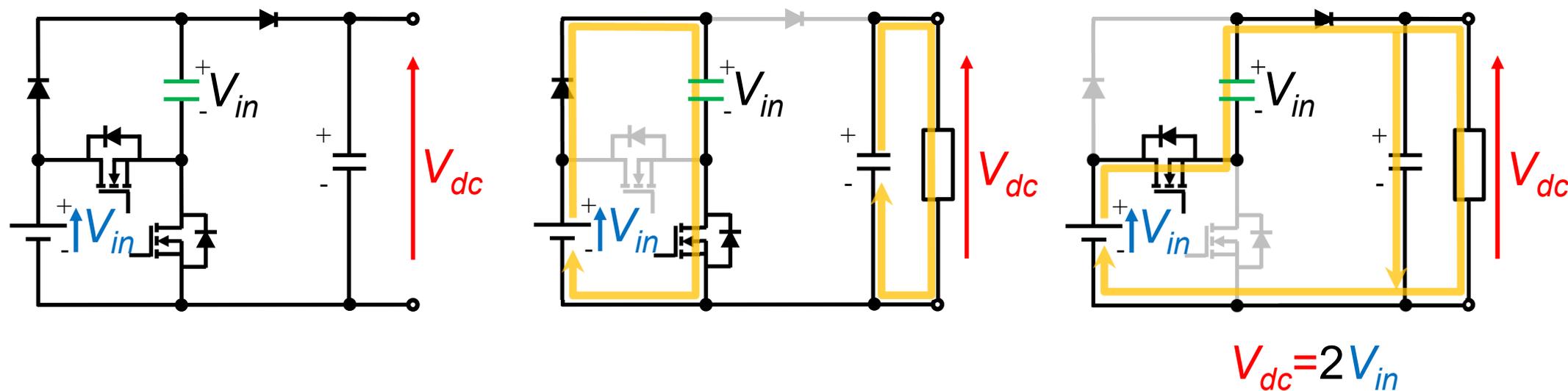


直流電圧を上げる

昇圧チョッパ

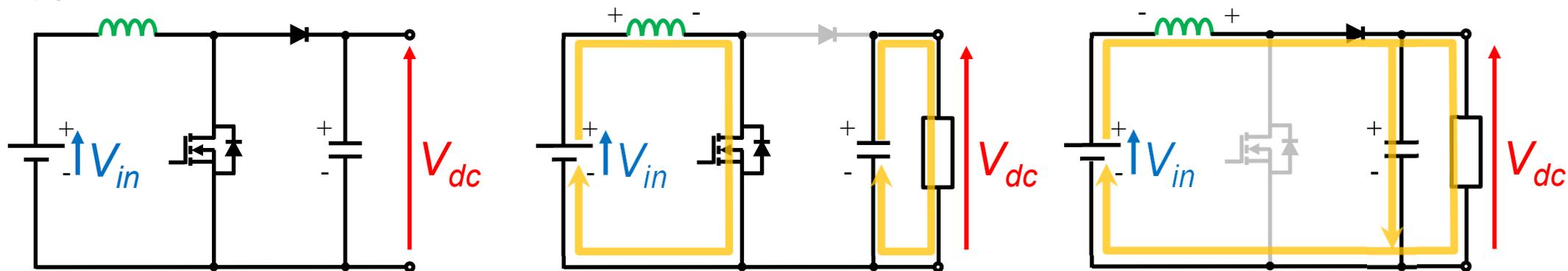


スイッチトキャパシタ



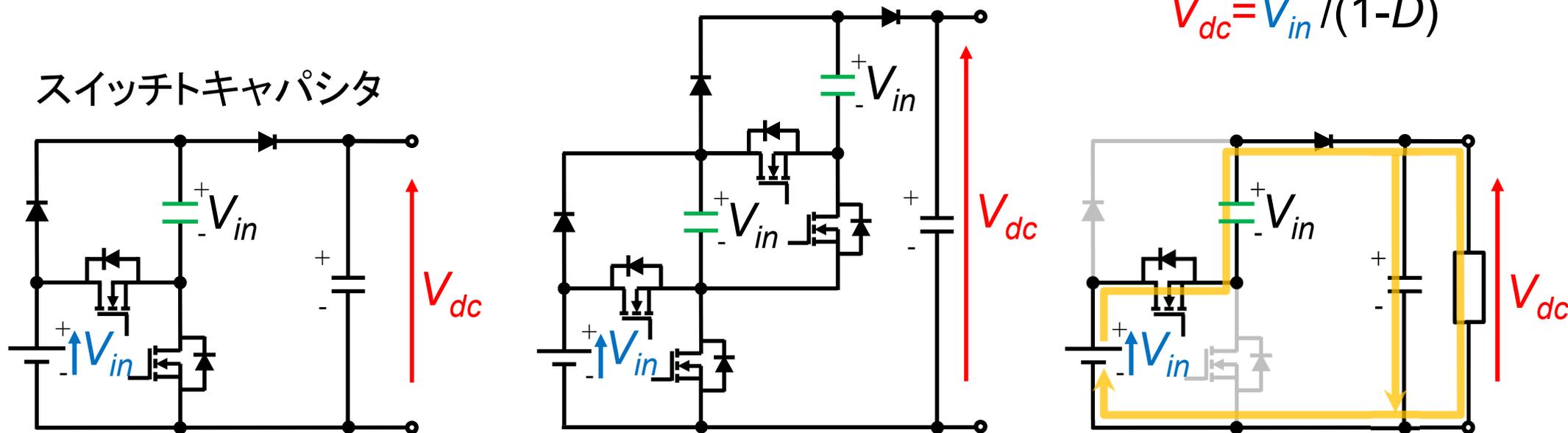
直流電圧を上げる

昇圧チョッパ



$$V_{dc} = V_{in} / (1 - D)$$

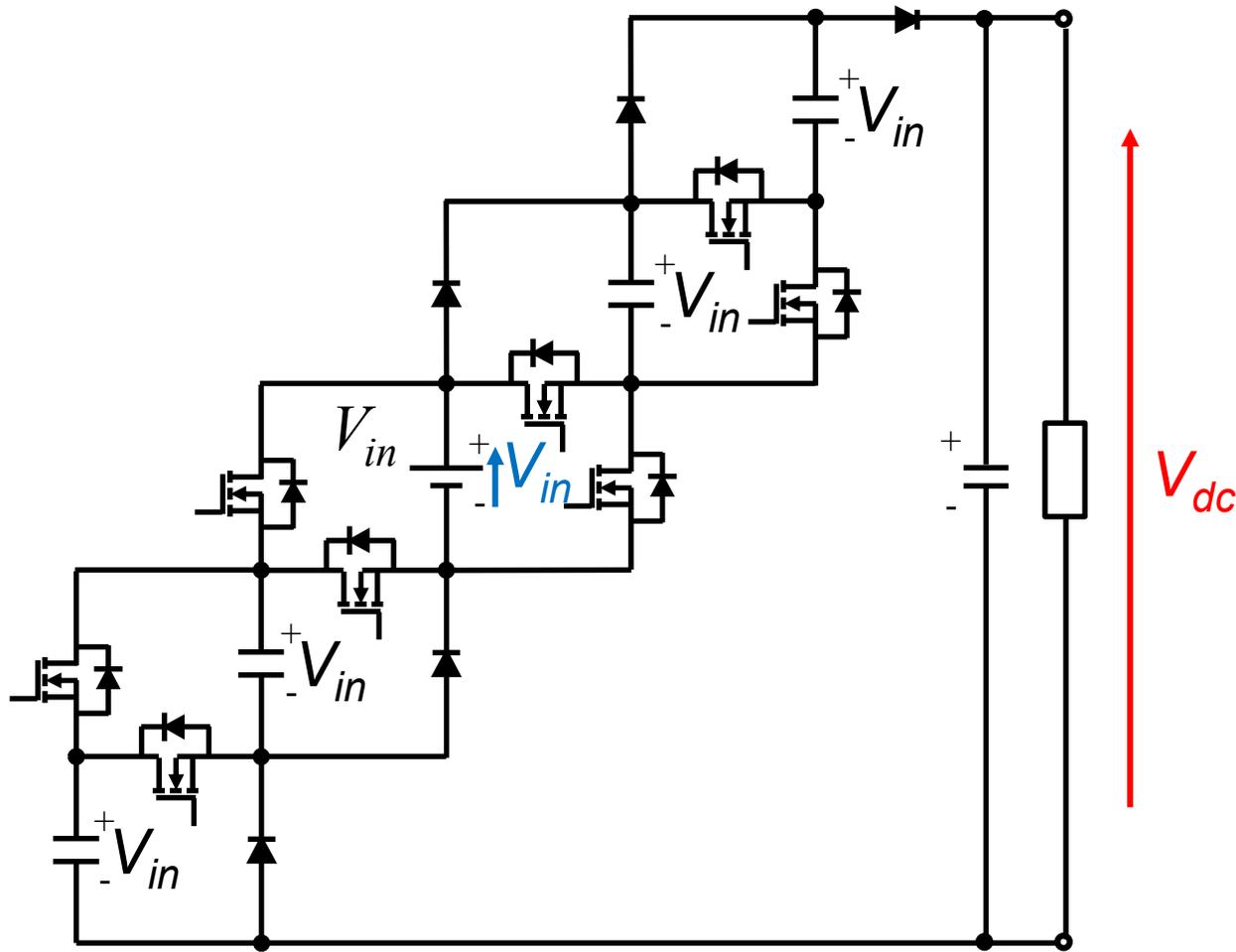
スイッチトキャパシタ



$$V_{dc} = 3V_{in}$$

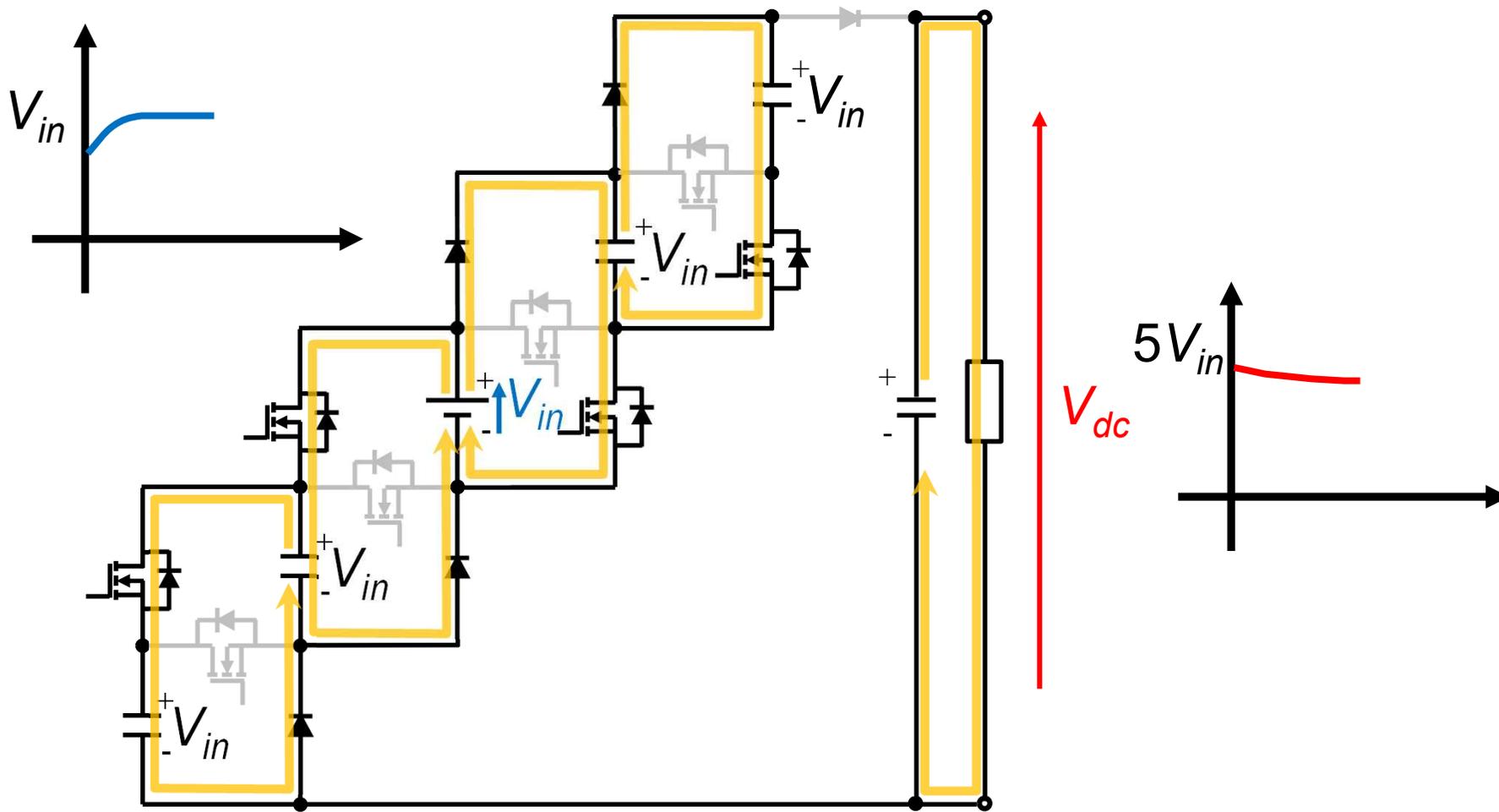
$$V_{dc} = 2V_{in}$$

スイッチトキャパシタ



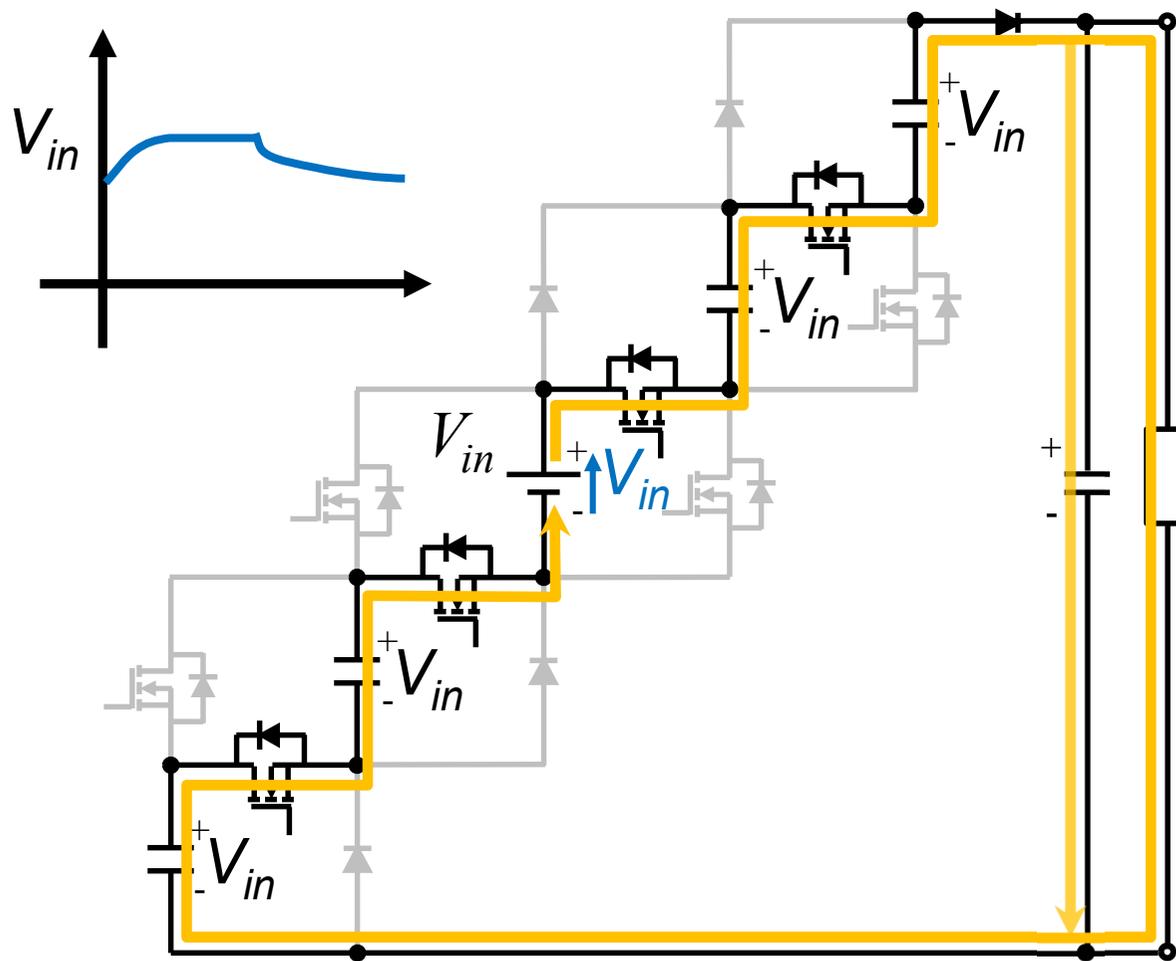
$$V_{dc} = 5V_{in}$$

スイッチトキャパシタ 並列時

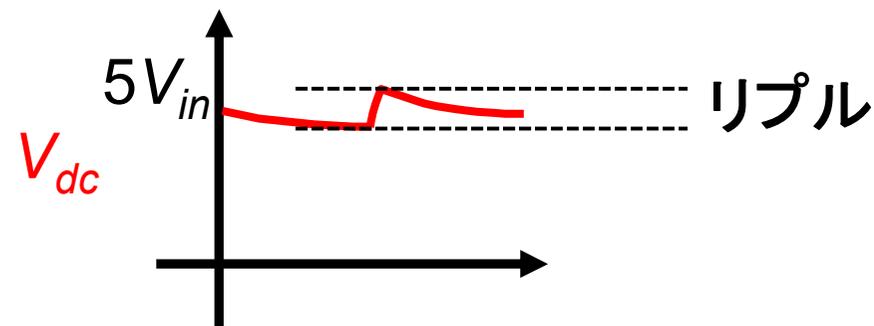


$$V_{dc} = 5V_{in}$$

スイッチトキャパシタ 直列時

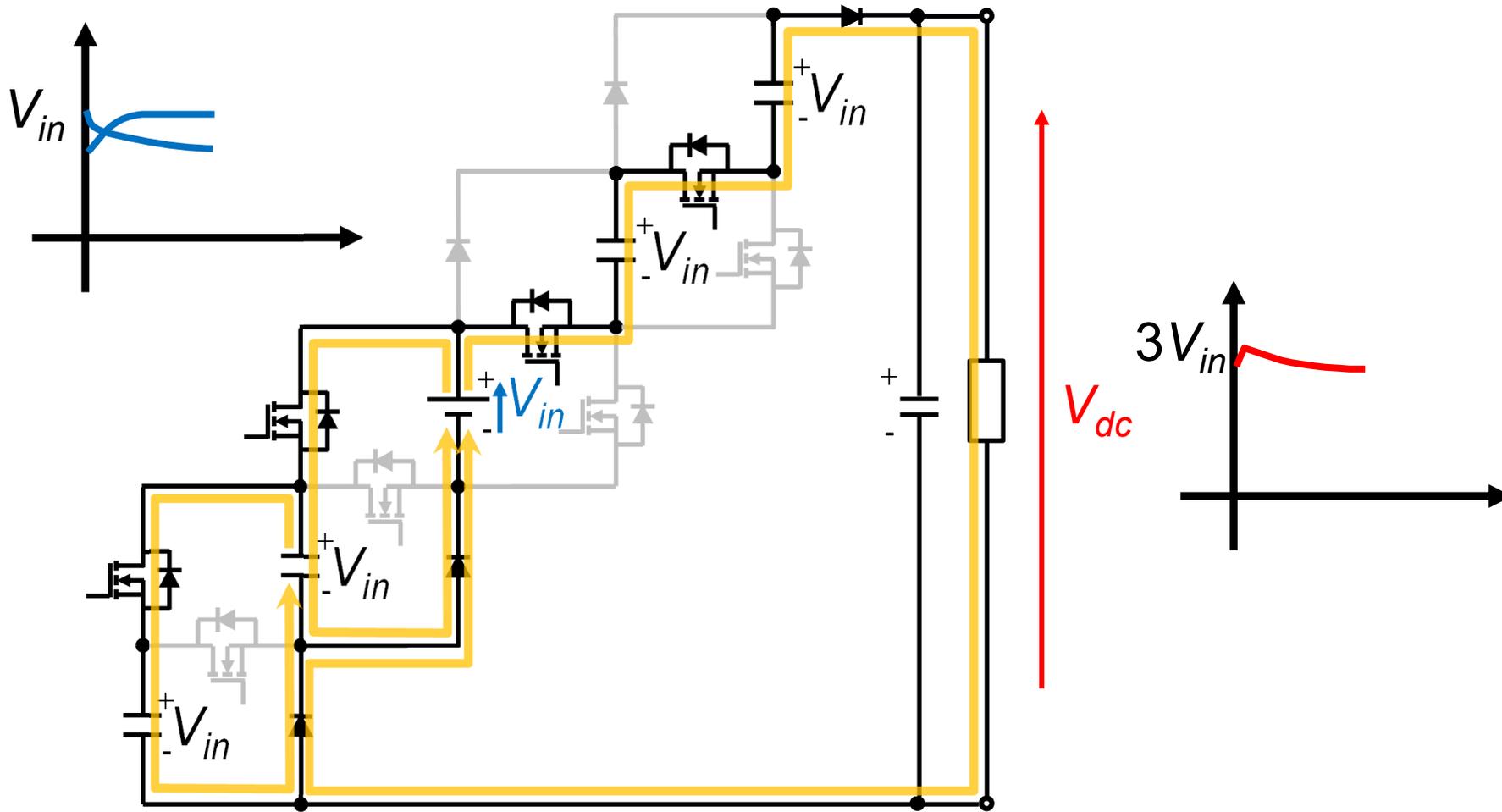


$$V_{dc} = 5V_{in}$$



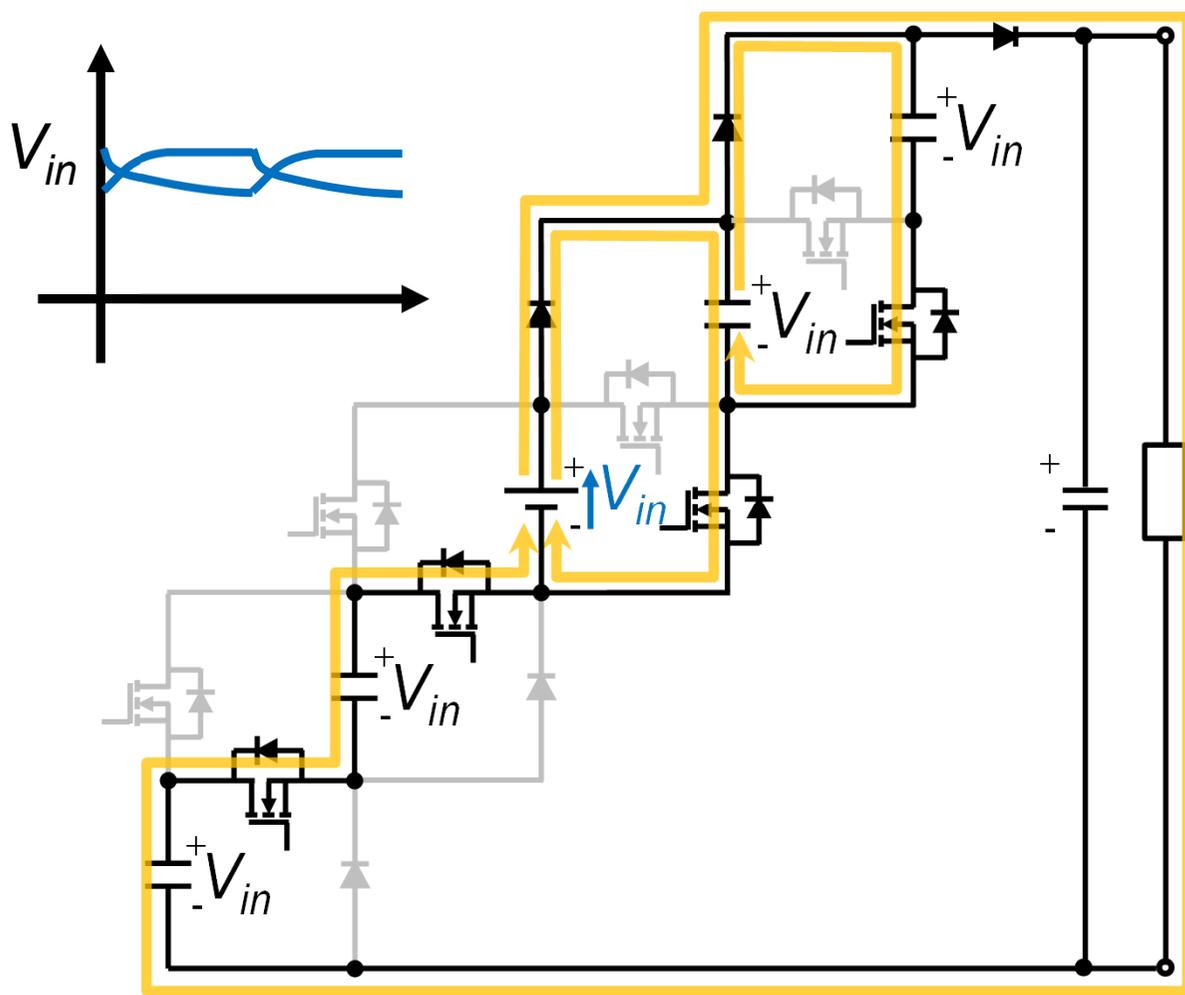
- キャパシタの放電による電圧低下
- リップルの発生
- リップル抑制にはキャパシタの大容量化

スイッチトキャパシタ 新技術の着想

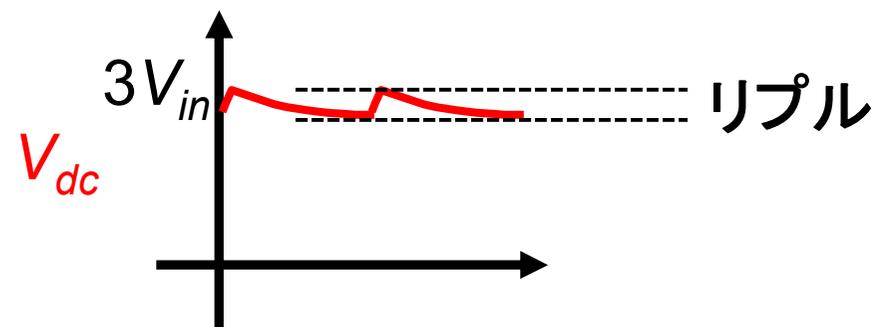


$$V_{dc} = 3V_{in}$$

スイッチトキャパシタ 新技術の着想

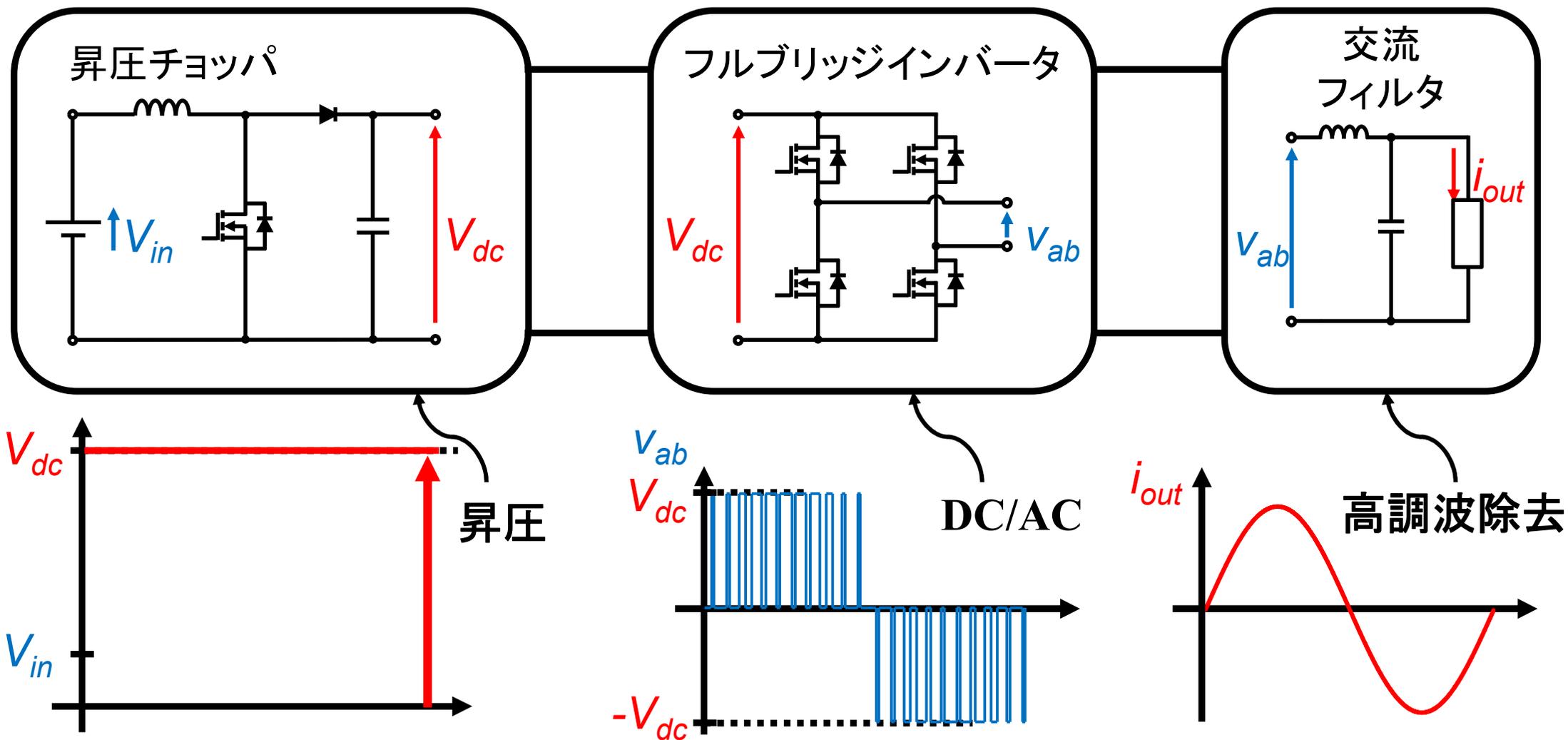


$$V_{dc} = 3V_{in}$$

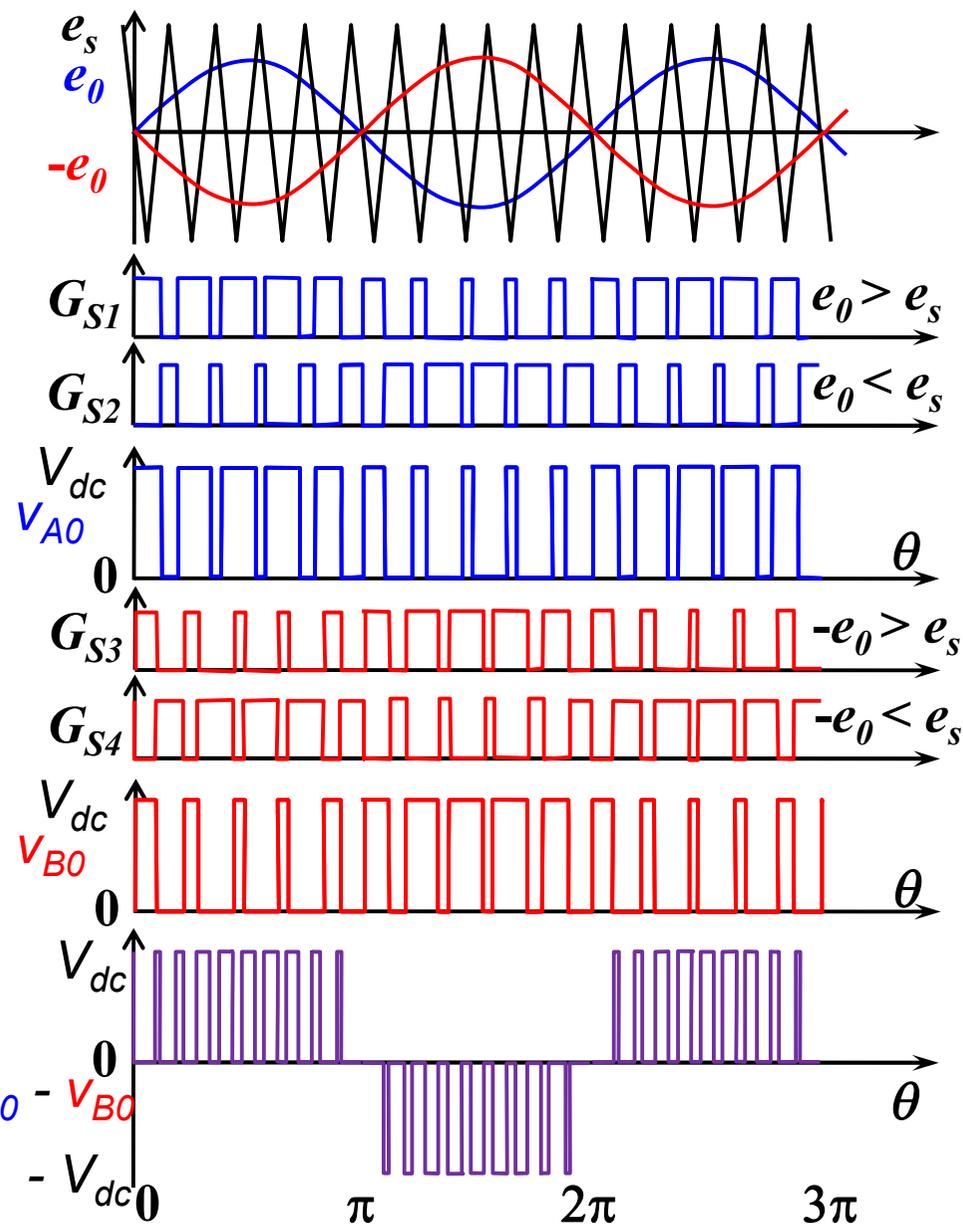
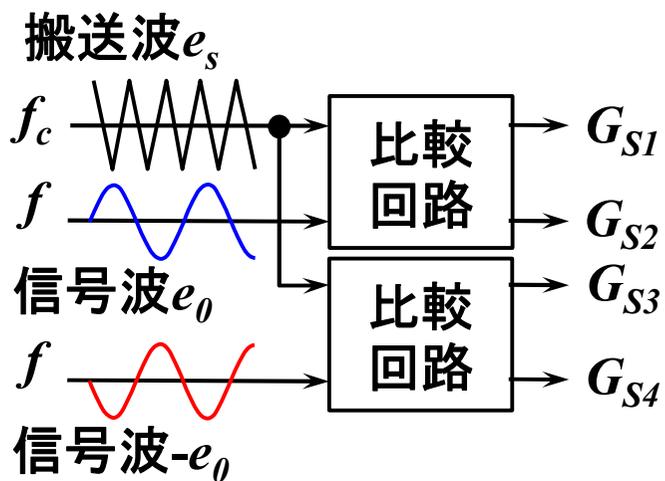
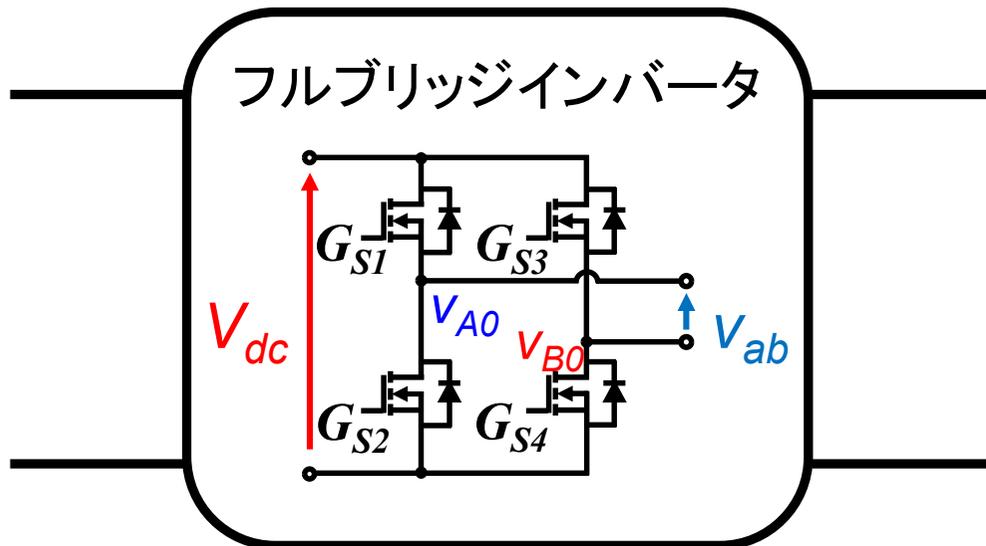


- キャパシタの個数に余裕
- 放電と充電を同時進行
- リプル抑制
- 出力キャパシタの小容量化

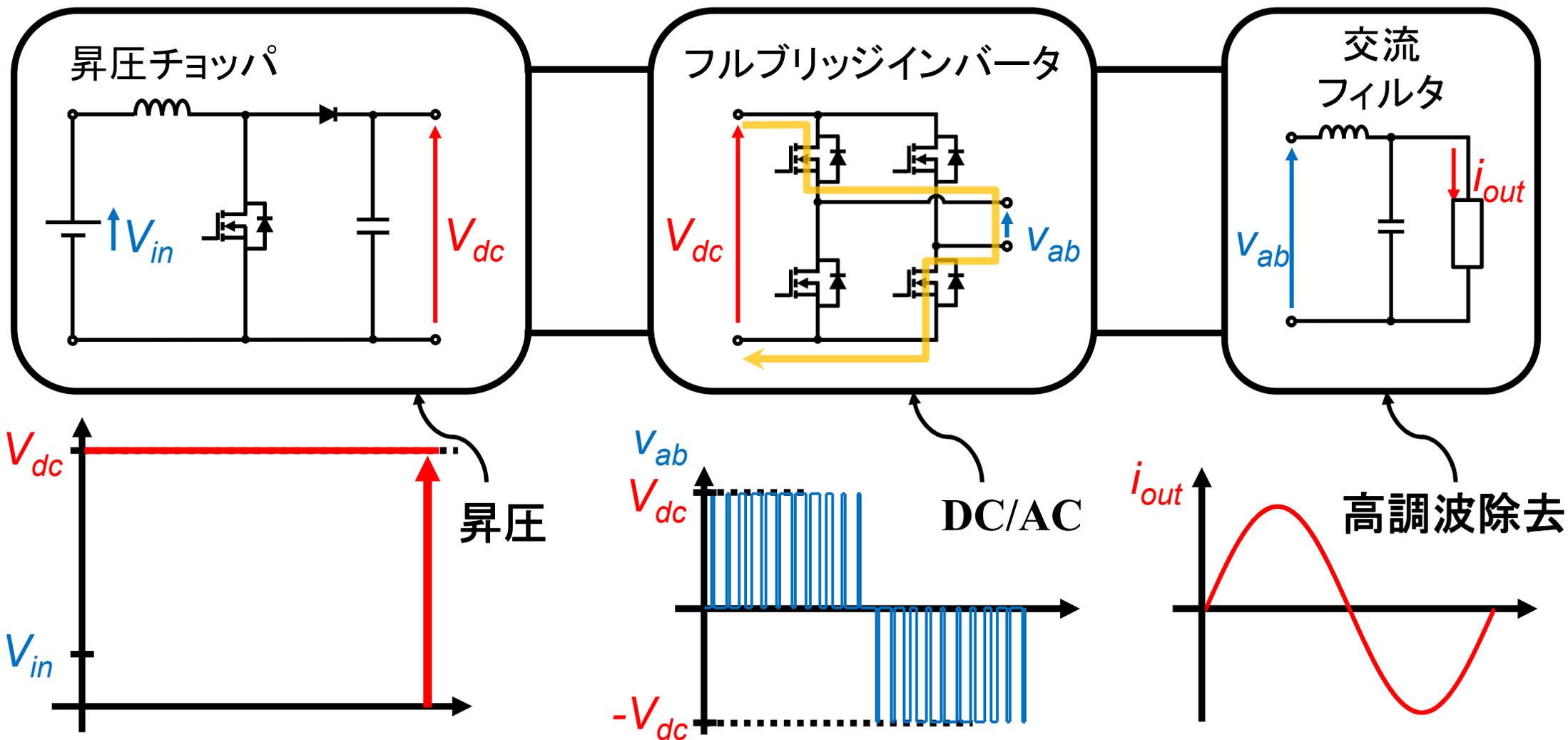
交流に変換 基本



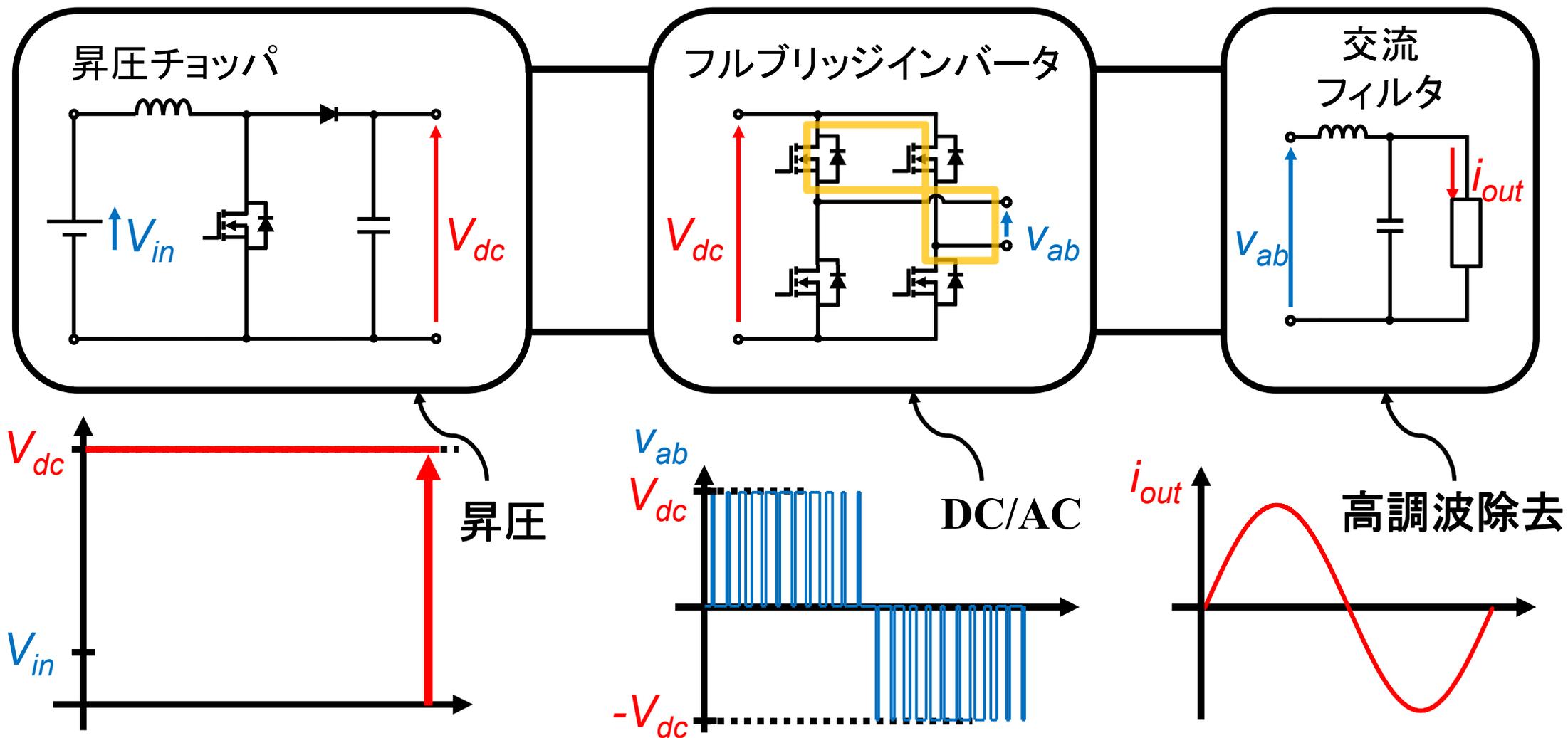
交流に変換 基本



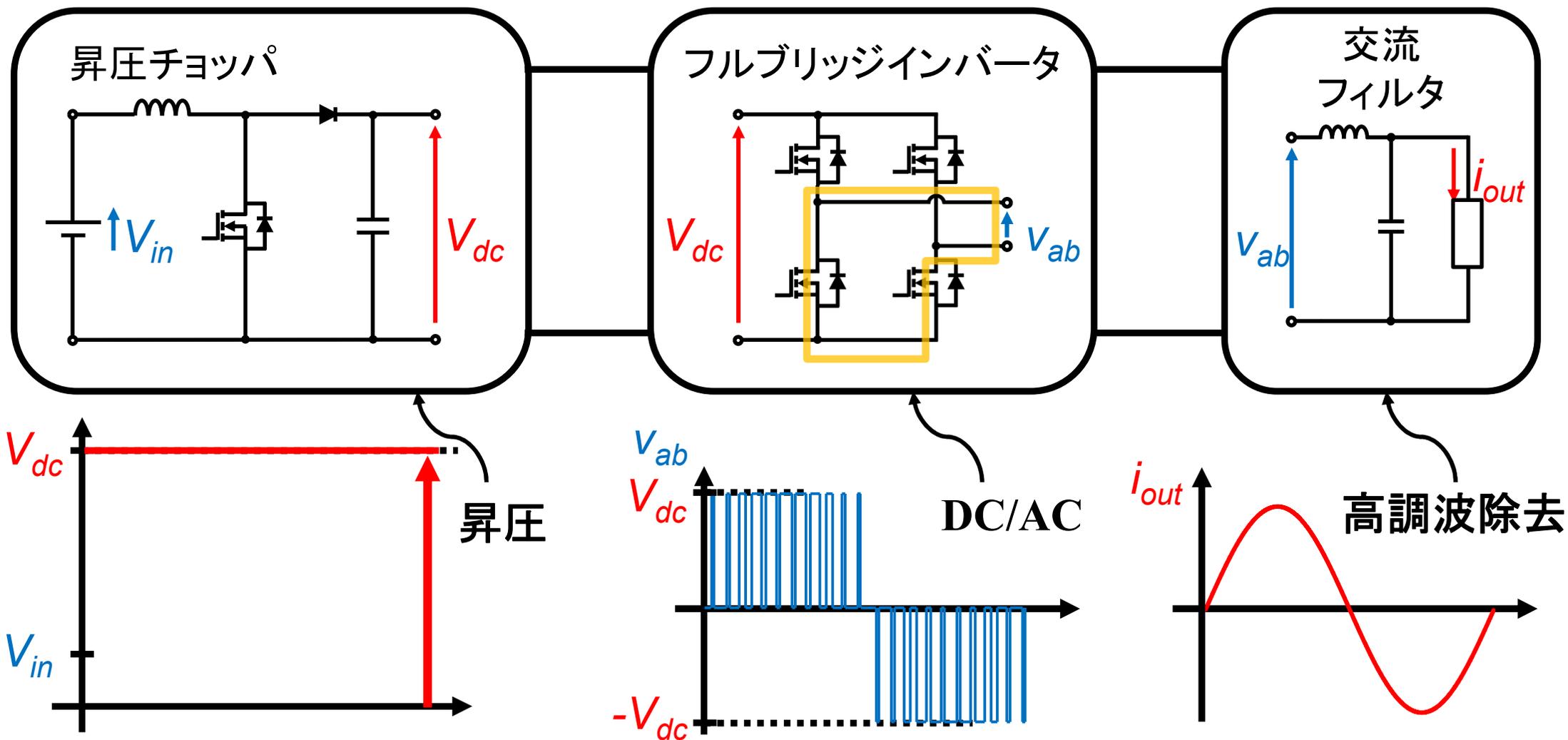
交流に変換 基本



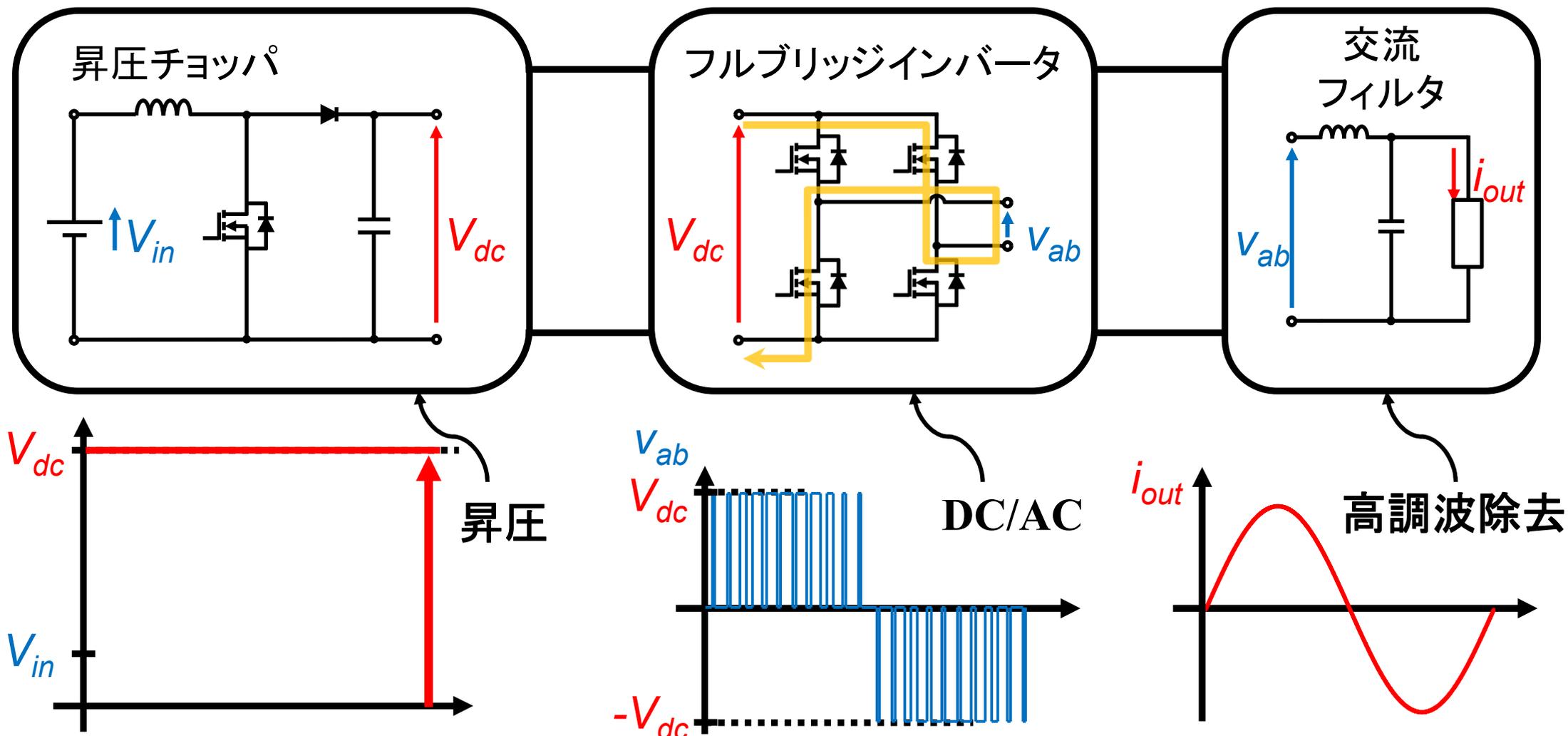
交流に変換 基本



交流に変換 基本

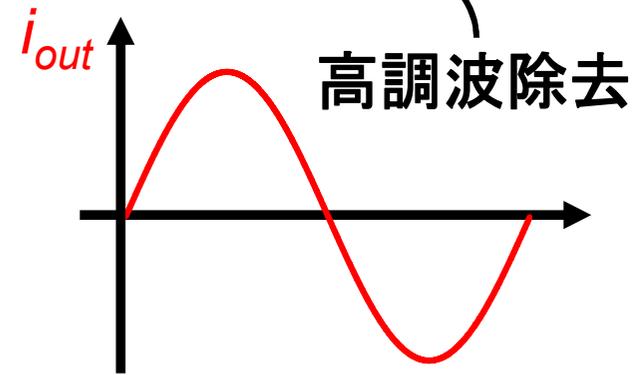
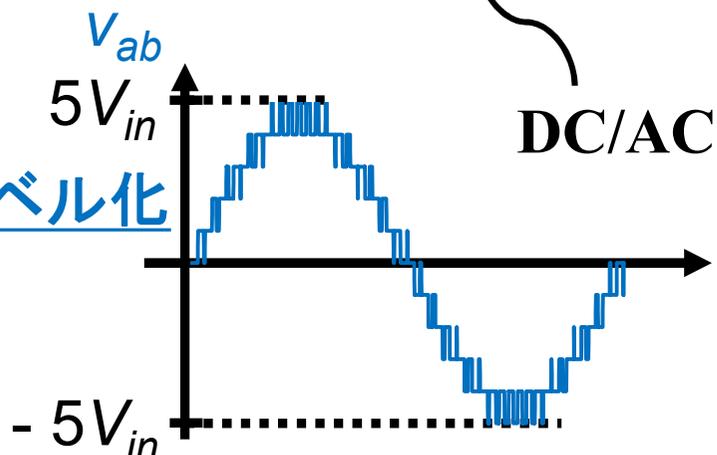
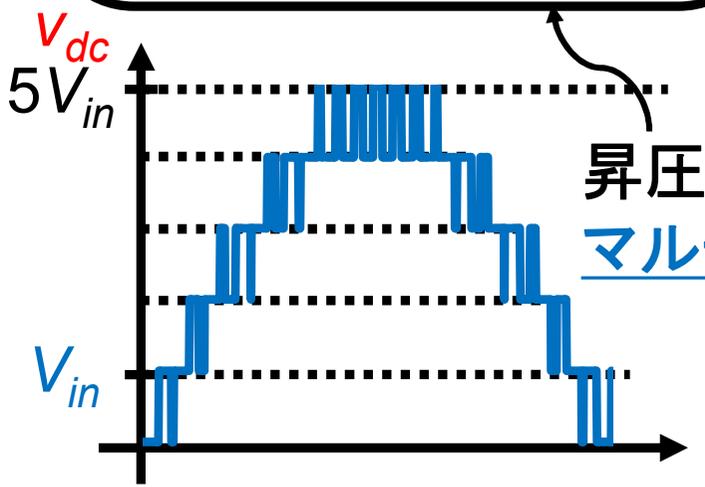
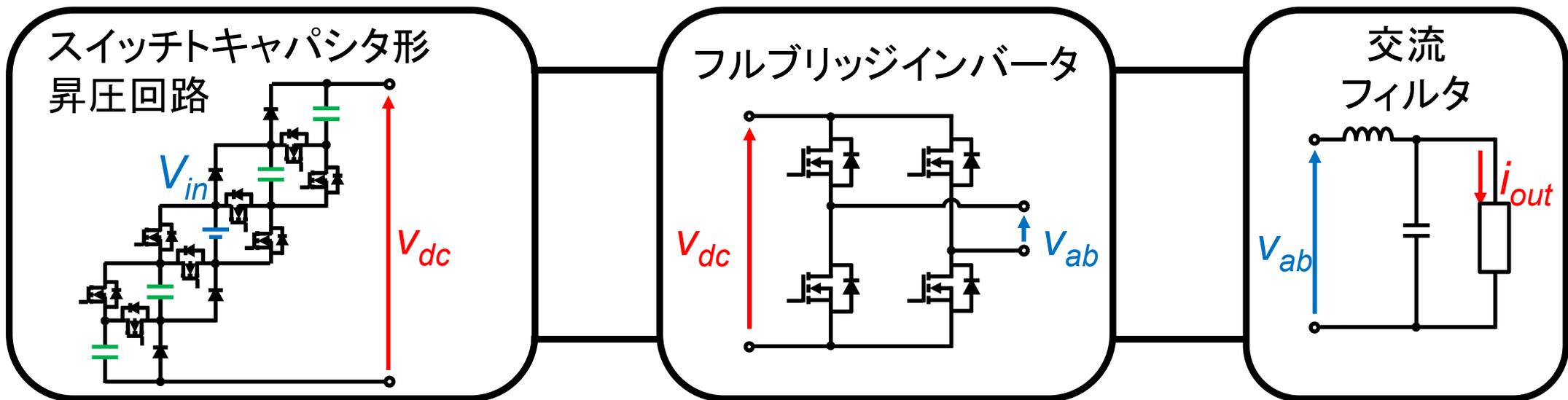


交流に変換 基本



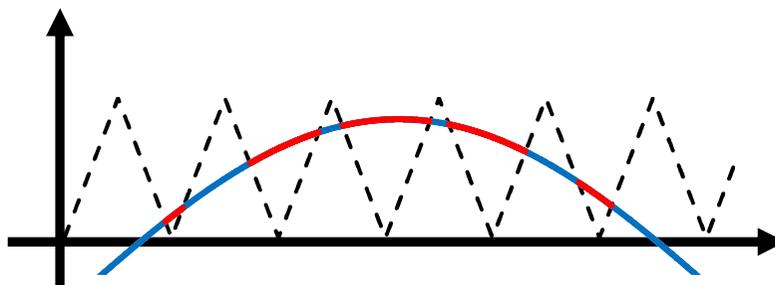
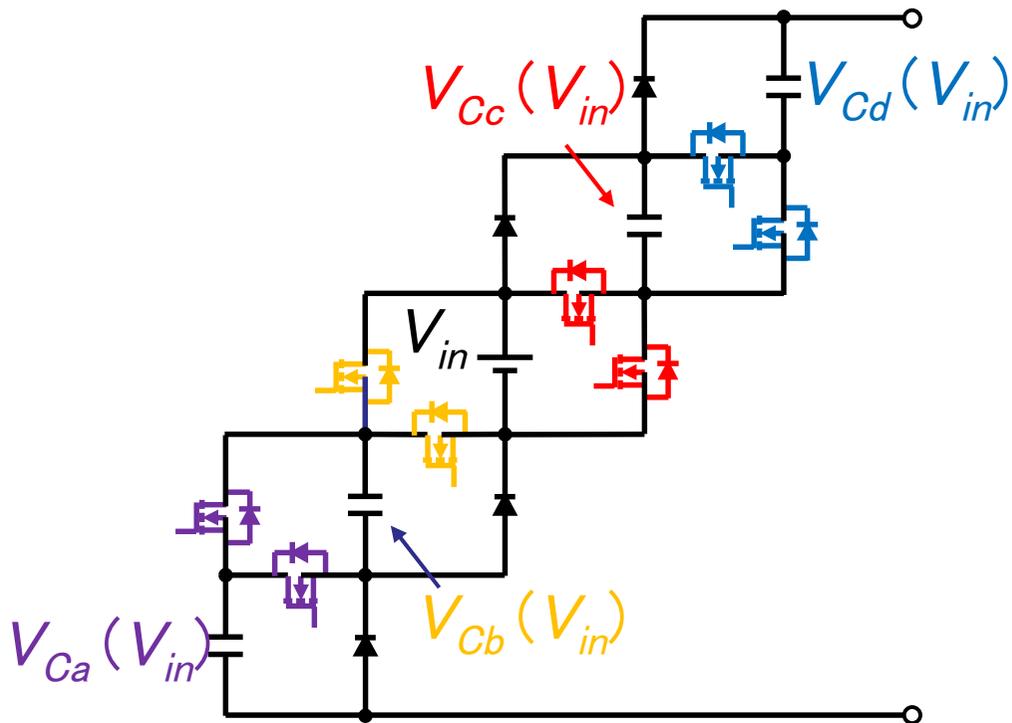
- 全てのMOSFETに V_{dc} の電圧がかかる
- 耐圧の高い素子が必要
- スイッチング損失が増大

交流に変換 スイッチトキャパシタ



- スイッチトキャパシタのMOSFETは V_{in} の電圧がかかる
- 耐圧の高い素子はフルブリッジのみ
- スイッチング損失が減少

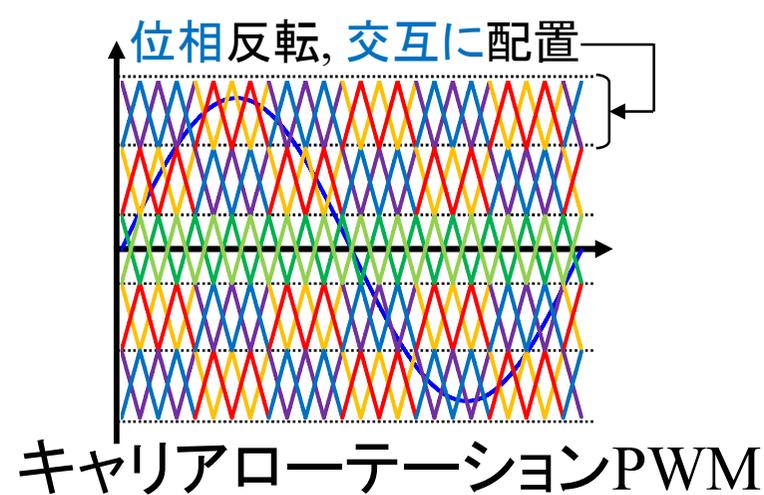
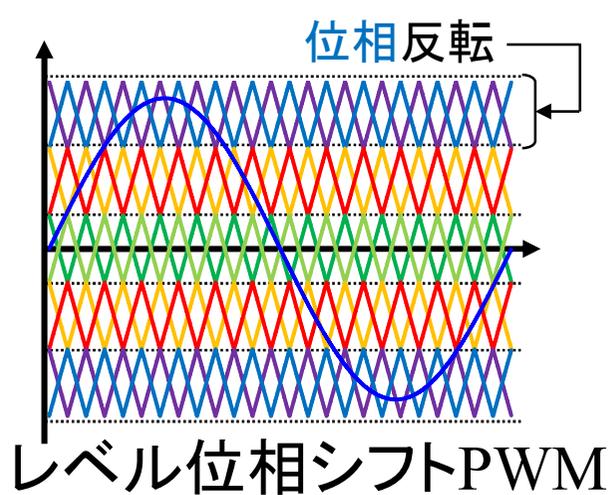
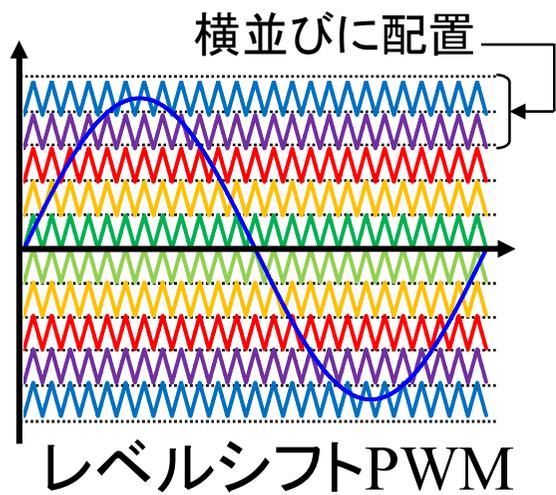
波形形成



信号波と搬送波

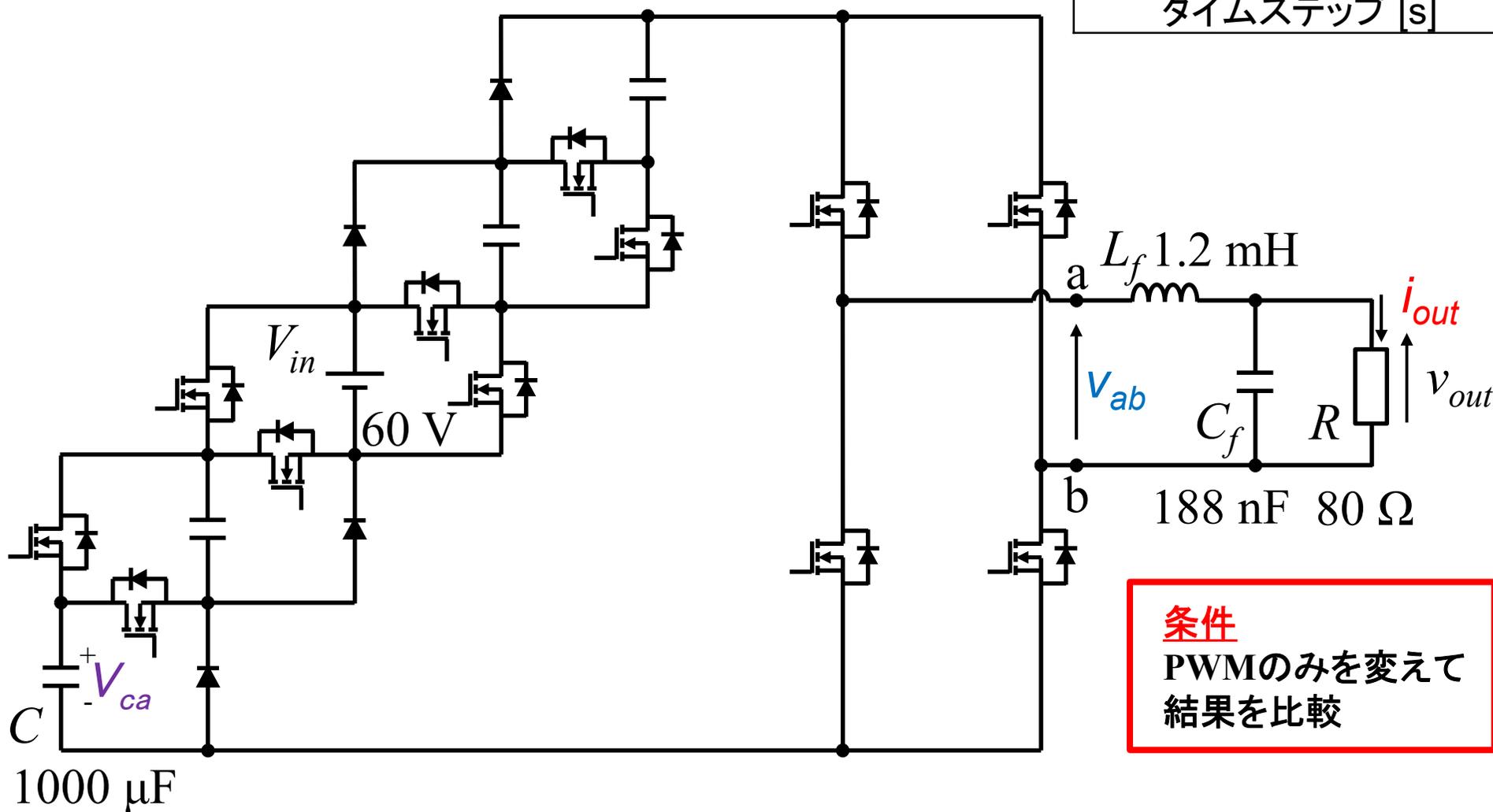
提案技術の適用

キャリア配置



シミュレーションモデル

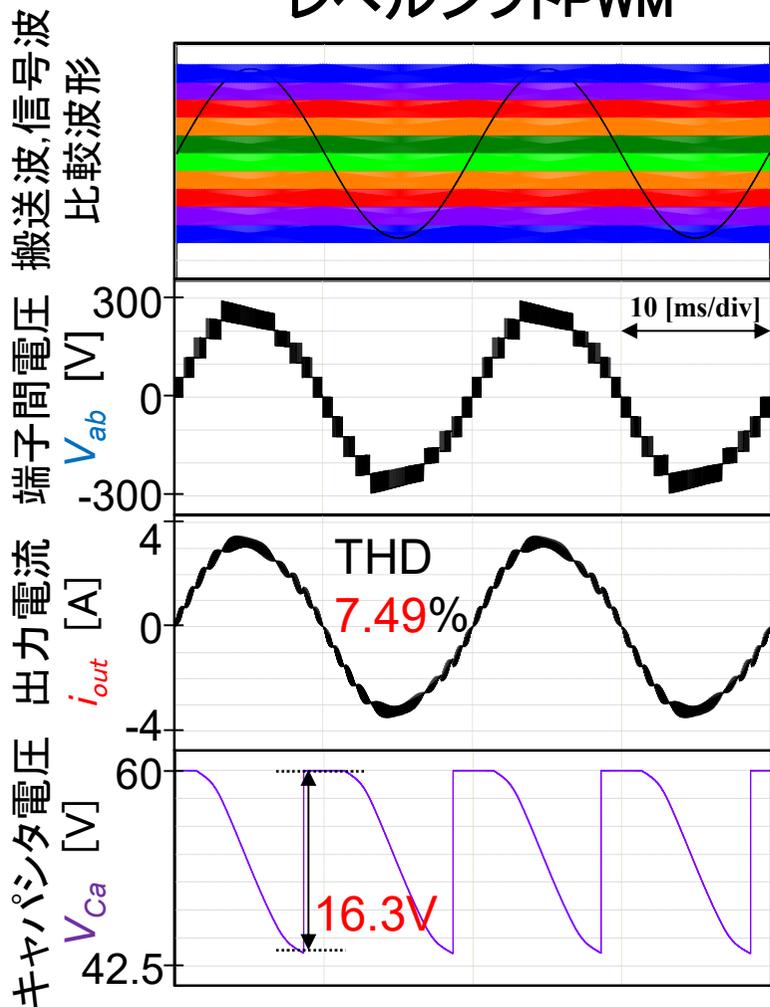
出力周波数 f_{out} [Hz]	50
変調度 M	0.95
スイッチング周波数 f_s [kHz]	15.0
タイムステップ [s]	1.0×10^{-6}



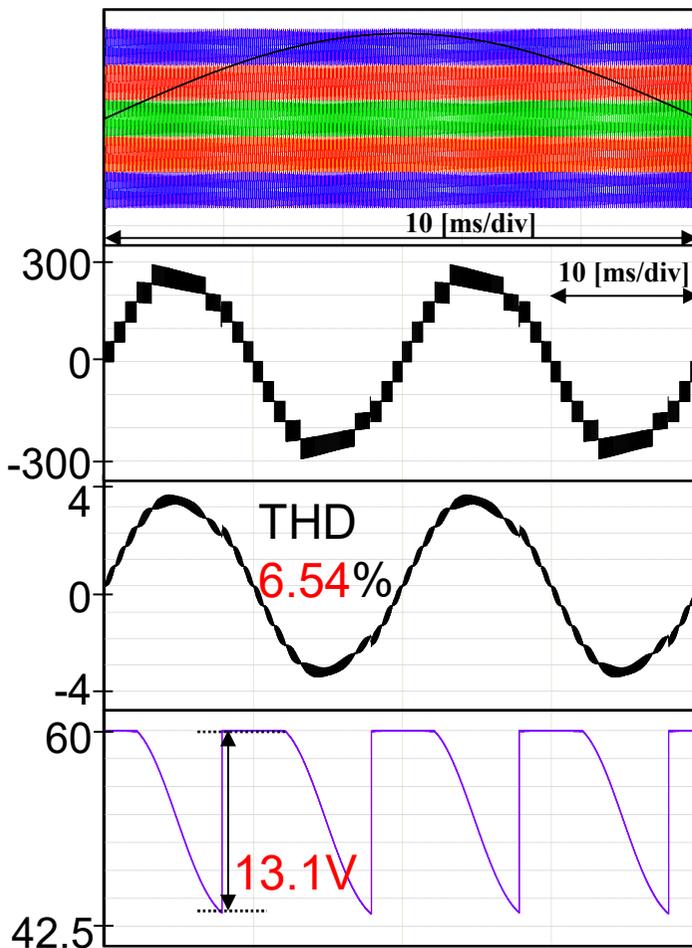
条件
PWMのみを変えて
結果を比較

シミュレーション結果

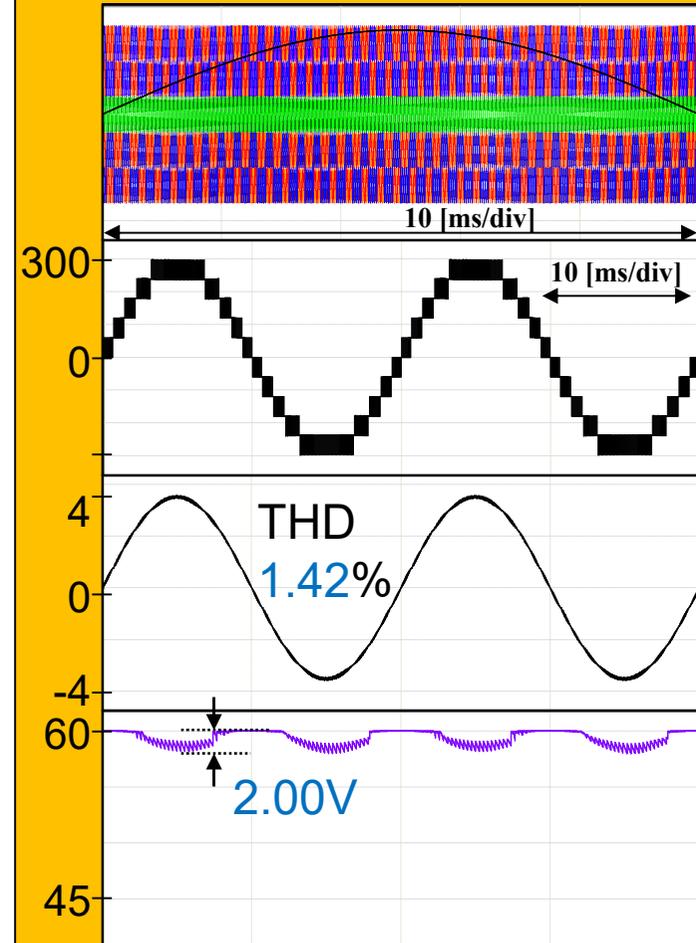
レベルシフトPWM



レベル位相シフトPWM

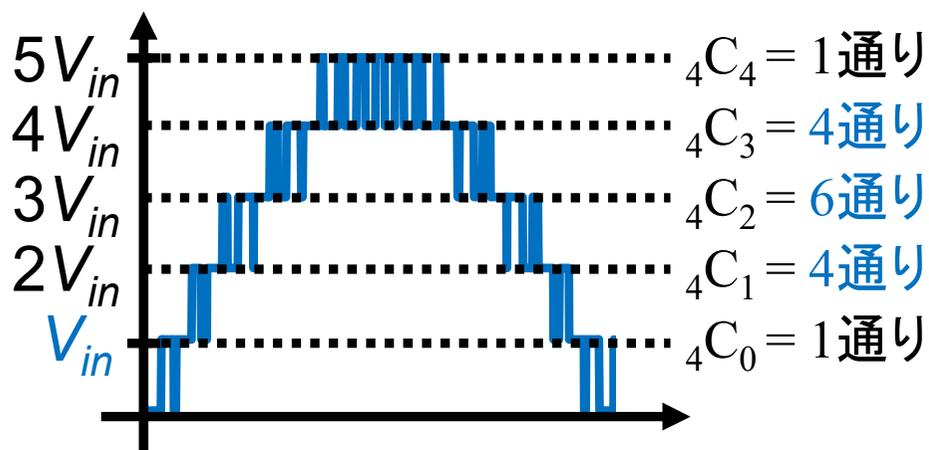


キャリアローテーションPWM



- リプル抑制
- ひずみ小

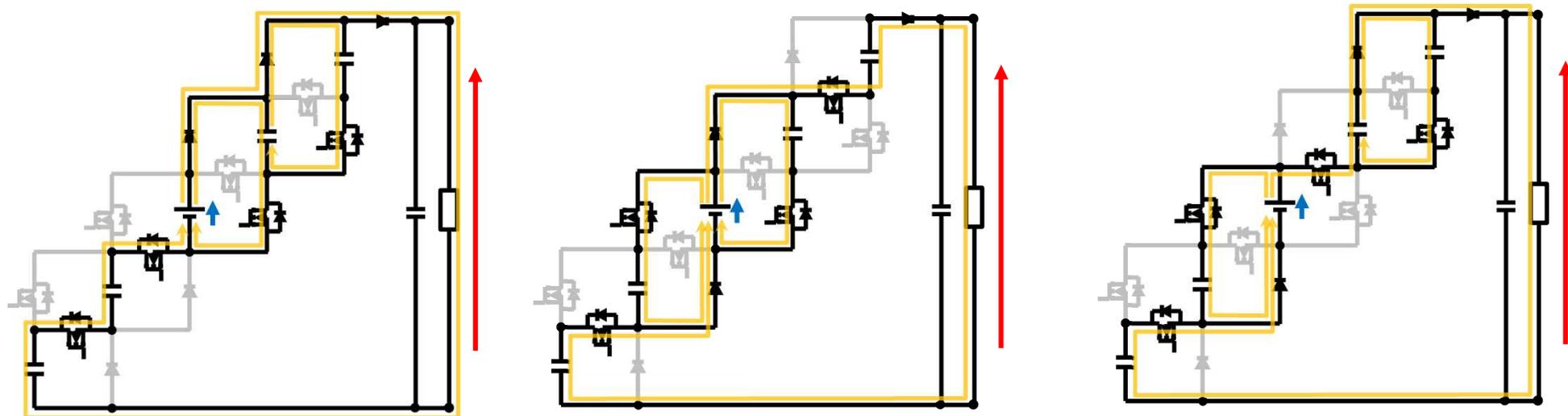
キャパシタ選択の自由度



解決手段

自由度を活用し充放電を分散

例: $V_{dc} = 3V_{in}$ を出力する6形態の内3形態



まとめ

- スイッチトキャパシタに**自由度**を与え動作
- 直流昇圧回路
 - **リップルの低減**
 - 小容量キャパシタの選択
 - 回路は複雑化
- 直流／交流変換回路（マルチレベルインバータ）
 - **リップルの低減**
 - 小容量キャパシタの選択
 - ひずみの改善

想定される用途

- マイクロインバータ
- 数十ワットから数百ワット程度のインバータ
- 複数の出力電圧を設定できるDC-DCコンバータ

実用化に向けた課題

- 現在、シミュレーションにて各種キャリアローテーションの方式を検討中。
- オープンループにて回路動作を確認。
- 用途の明確化とパラメータの最適化。

企業への期待

- 電源装置の技術を持つ企業
 - スイッチング電源メーカー
 - インバータメーカーとの共同研究を希望。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 電源装置
- 出願番号 : 特願2021-028948
- 出願人 : 東京理科大学
- 発明者 : 杉山正樹, 山口大輝
小泉裕孝

お問い合わせ先

東京理科大学

研究戦略・産学連携センター 辻本 明

TEL 03-5228-7431

FAX 03-5228-7442

e-mail tsujimoto_akira@admin.tus.ac.jp