

電験二種 オンライン講座

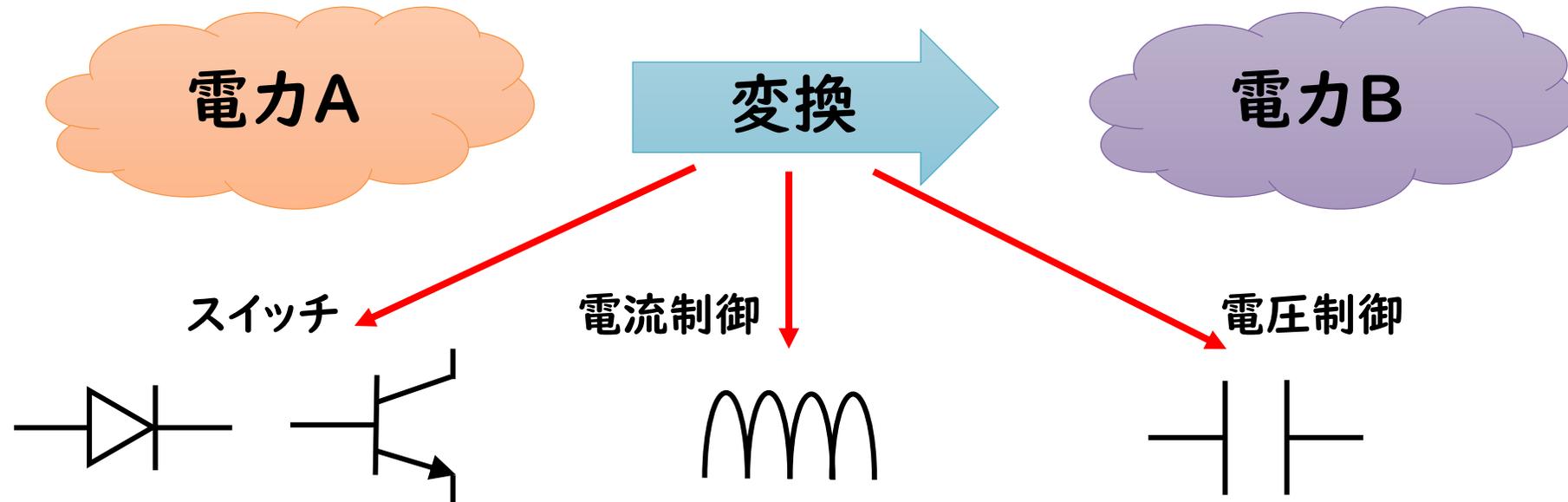
機械制御 パワエレ チョツパ回路

パワーエレとは

パワーエレクトロニクス

電力用半導体スイッチング素子を利用して電力の変換や制御とそれらの応用を取り扱う技術分野

ダイオード、トランジスタなど → “スイッチ”として使用する

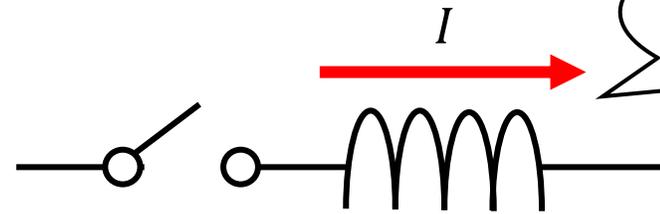
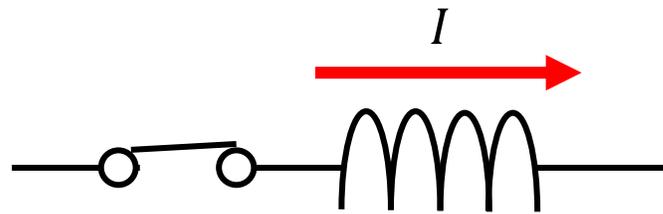


パワエレの分類

		出力	
		直流 (DC)	交流 (AC)
入力	直流 (DC)	コンバータ (降圧チョッパ) ・昇圧チョッパ ・昇降圧チョッパ	インバータ ・太陽光発電用電力変換器 ・三相インバータ
	交流 (AC)	コンバータ (半波整流回路) ・全波整流回路	インバータ ・三相サイリスタ変換装置 ・サイクロコンバータ ・無効電力補償装置 (SVC)

パワエレの勘所

1. 電流の流れを意識する（電圧に惑わされないこと）
2. コイルの役割を意識する（コイルは電流を維持する）



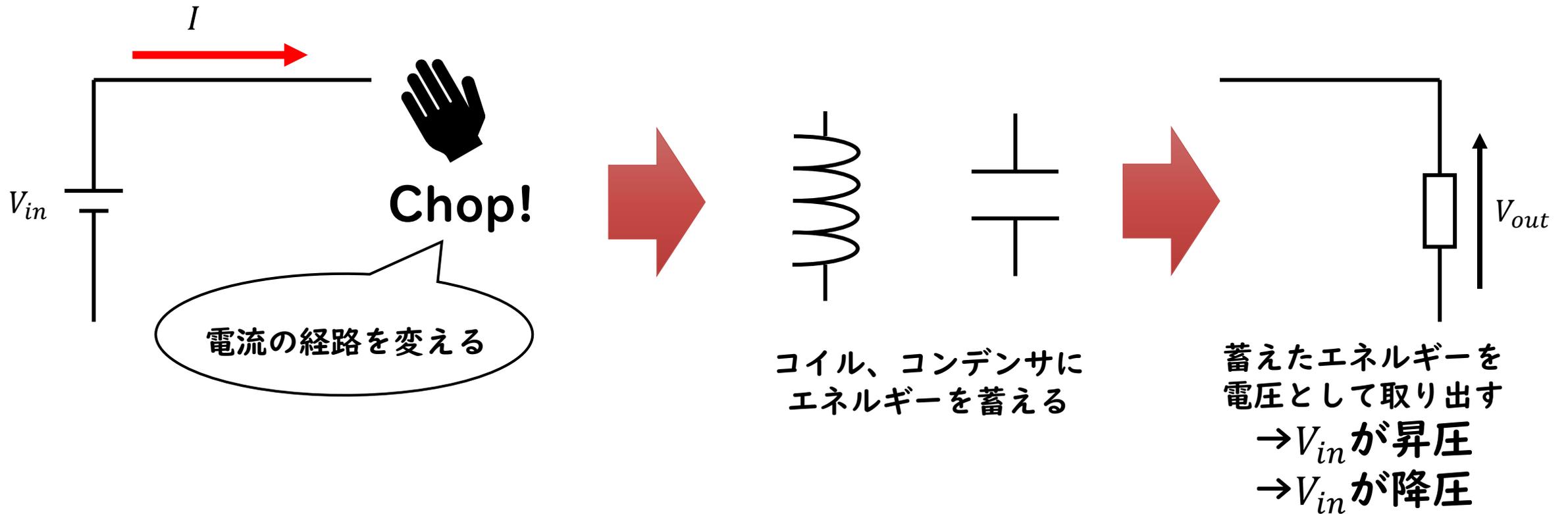
スイッチが開いても
電流は流れ続ける

3. 過渡応答を意識する

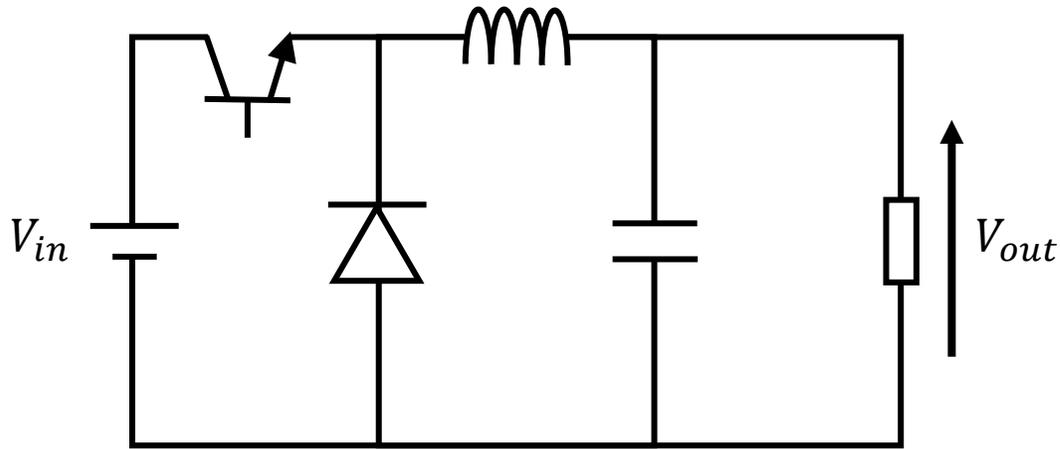
直流回路や交流回路の考え方とパワエレの回路の動きは全く別物

チョツパ回路

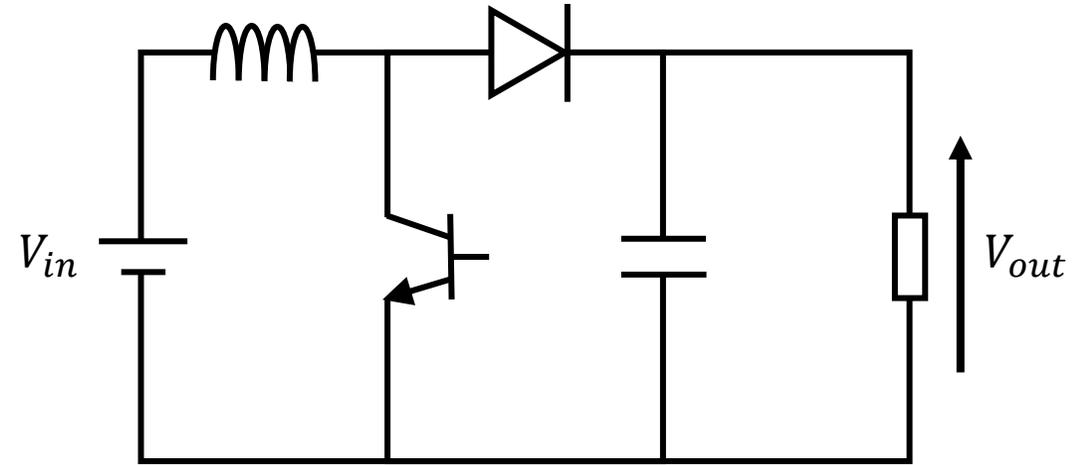
半導体スイッチ素子を使い、電圧のレベルを変換する回路



チョツパ回路

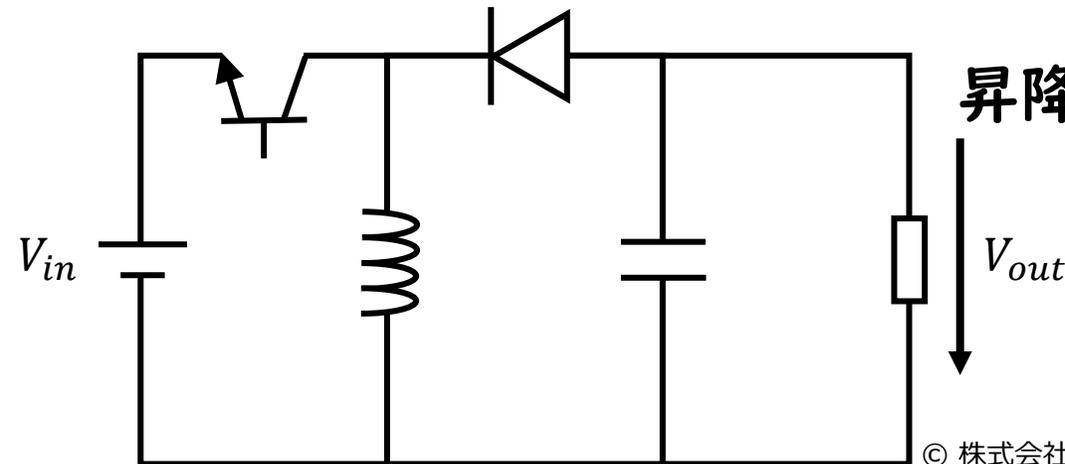


降压チョツパ回路 $V_{out} = \alpha V_{in} = \frac{T_{ON}}{T} V_{in}$



昇圧チョツパ回路 $V_{out} = \frac{1}{1-\alpha} V_{in} = \frac{T}{T_{OFF}} V_{in}$

昇降圧チョツパ回路



$$V_{out} = \frac{\alpha}{1-\alpha} V_{in} = \frac{T_{ON}}{T_{OFF}} V_{in}$$

通流率

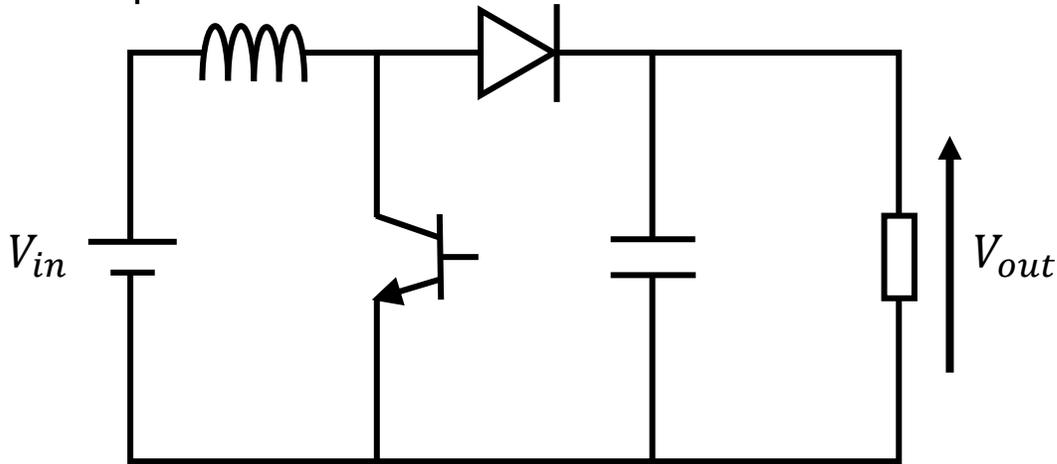
$$\alpha = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = \frac{T_{ON}}{T}$$

T : 周期

T_{ON} : トランジスタON時間

T_{OFF} : トランジスタOFF時間

昇圧チョツパ回路



$$V_{out} = \frac{1}{1 - \alpha} V_{in} = \frac{T}{T_{OFF}} V_{in}$$

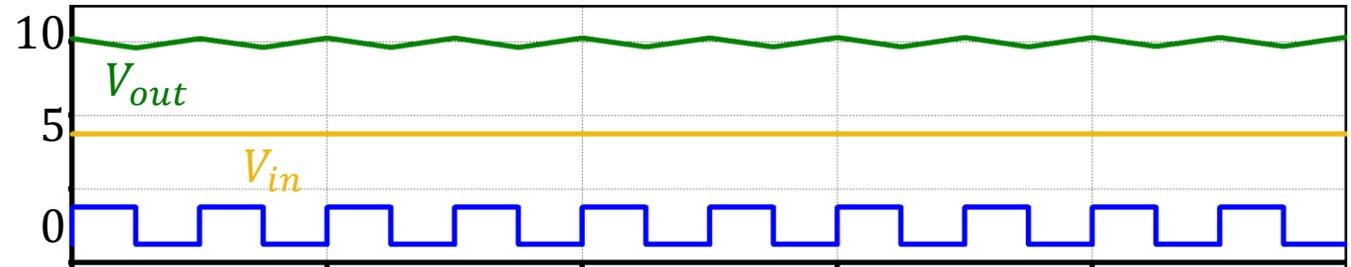
通流率

$$\alpha = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = \frac{T_{ON}}{T}$$

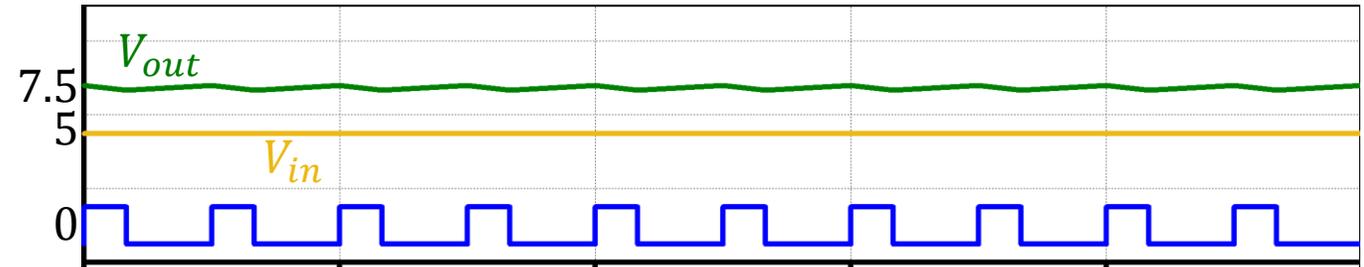
T : 周期

T_{ON} : トランジスタON時間

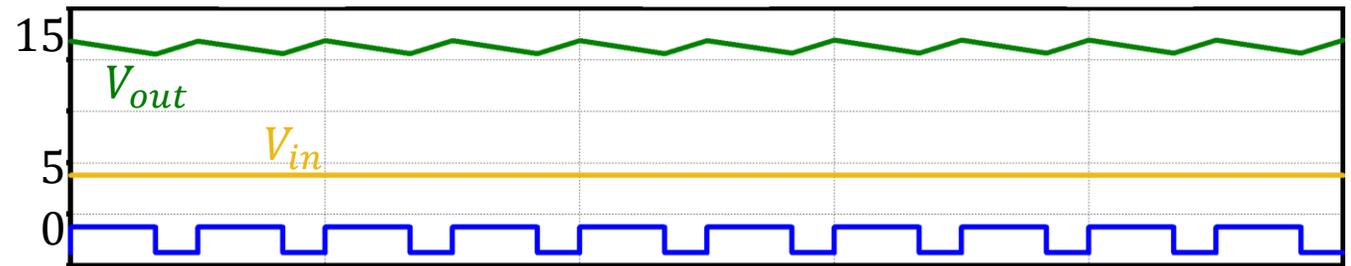
T_{OFF} : トランジスタOFF時間



$$T_{ON} = 0.5, T_{OFF} = 0.5, \alpha = 0.5$$

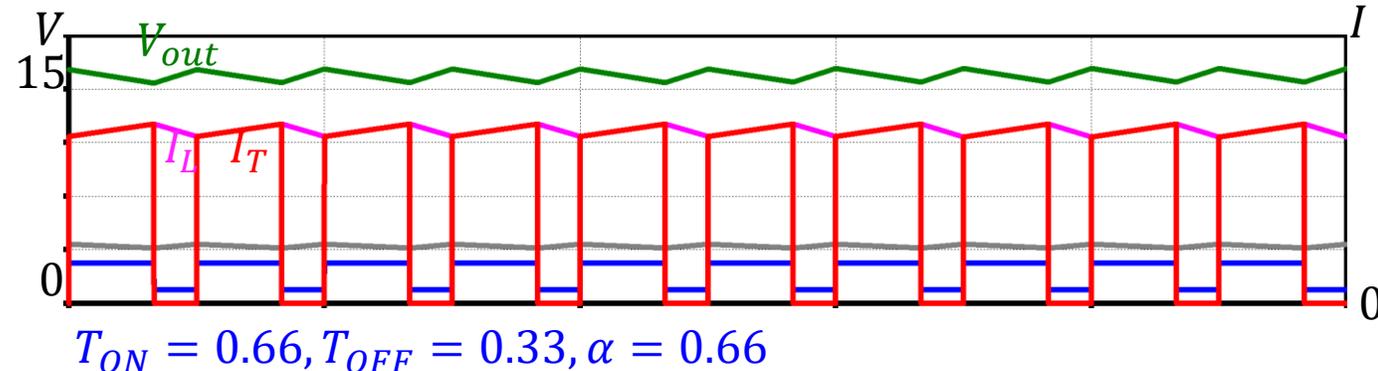
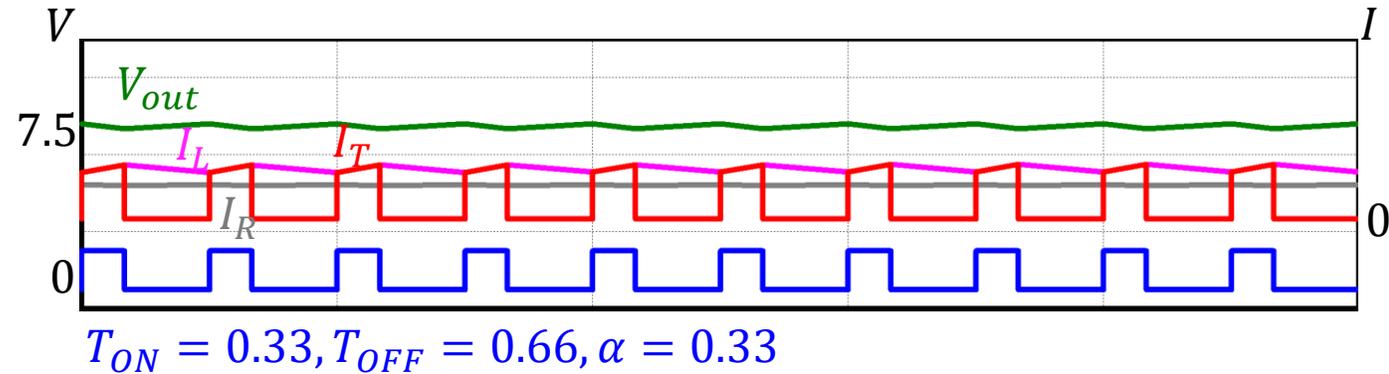
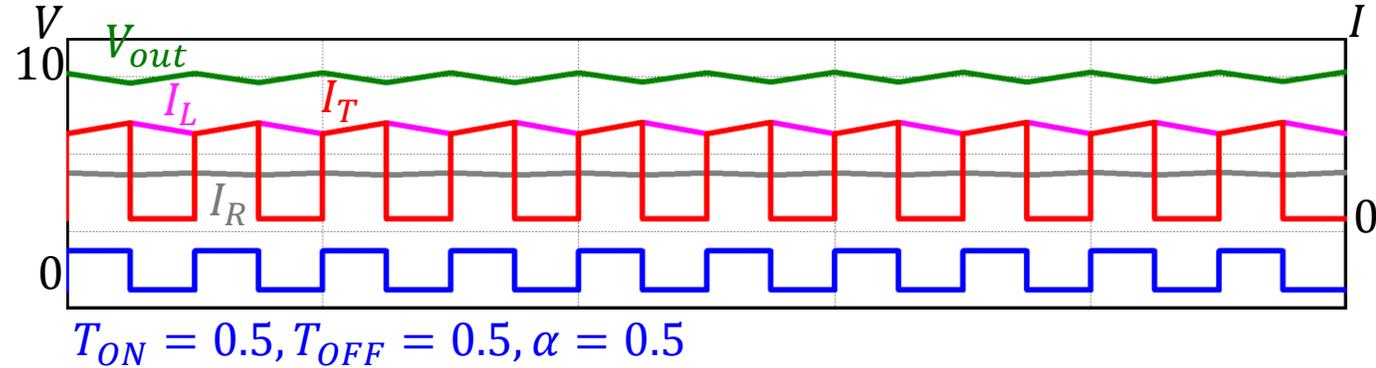
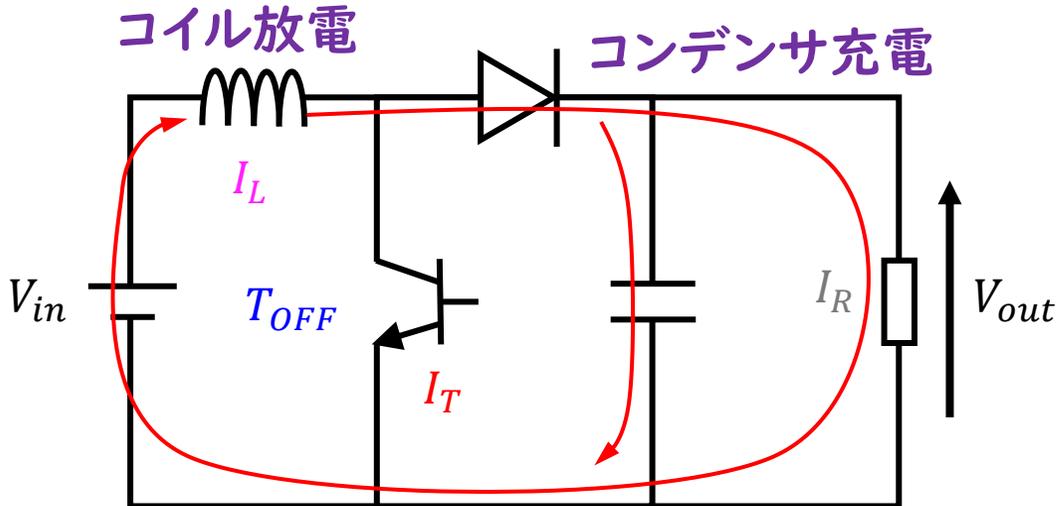
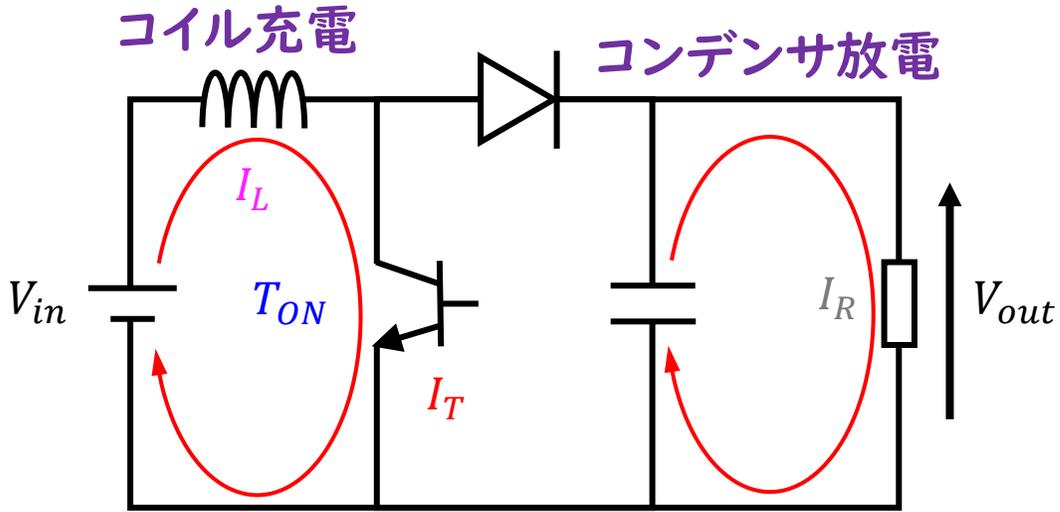


$$T_{ON} = 0.33, T_{OFF} = 0.66, \alpha = 0.33$$



$$T_{ON} = 0.66, T_{OFF} = 0.33, \alpha = 0.66$$

昇圧チョツパ回路



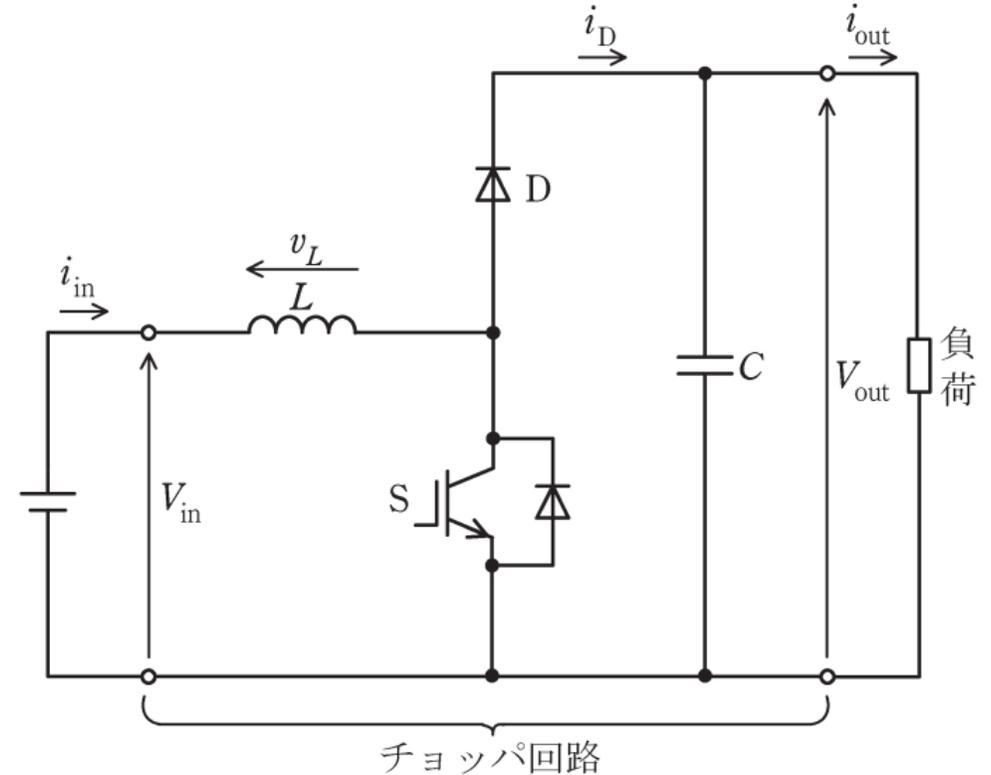
R03 問3

問3 図はIGBTをスイッチングデバイスS(以下,デバイスSと略す)に用いたチョップパ回路である。このチョップパの機能は,キャパシタンス C のコンデンサとリアクタンス L のリアクトルの働きによって実現されている。入力は直流電圧 V_{in} (一定値), 出力は V_{out} である。デバイスSは, T_{on} の時間はオン, T_{off} の時間はオフを繰り返し, 周期は一定で, $T_{on} + T_{off}$ である。入力電流 $i_{in} > 0$, 全ての回路素子は理想的と仮定して, 次の問に答えよ。

- (1) このチョップパ回路は太陽光発電でよく用いられている。その理由についてチョップパ回路の V_{in} と V_{out} の大小関係に触れつつ簡単に述べよ。
- (2) T_{on} の時間において, リアクトルの電圧 v_L を求めよ。また, 求めた式をもとに電流 i_{in} は増加するか, 減少するか述べよ。
- (3) T_{off} の時間において, リアクトルの電圧 v_L を求めよ。また, 求めた式をもとに電流 i_{in} は増加するか, 減少するか述べよ。

次に, コンデンサのキャパシタンス C は十分に大きく, チョップパの出力電圧は一定値 V_{out} に平滑されているものとする。さらに, 電流 i_{in} のリップルが十分に小さく一定値 I_{in} と見なせると仮定する。このとき,

- (4) ダイオードDに流れる電流 i_D の平均値 I_D を T_{on} , T_{off} , I_{in} を用いて示せ。
- (5) 出力電圧 V_{out} を T_{on} , T_{off} , V_{in} を用いて示せ。



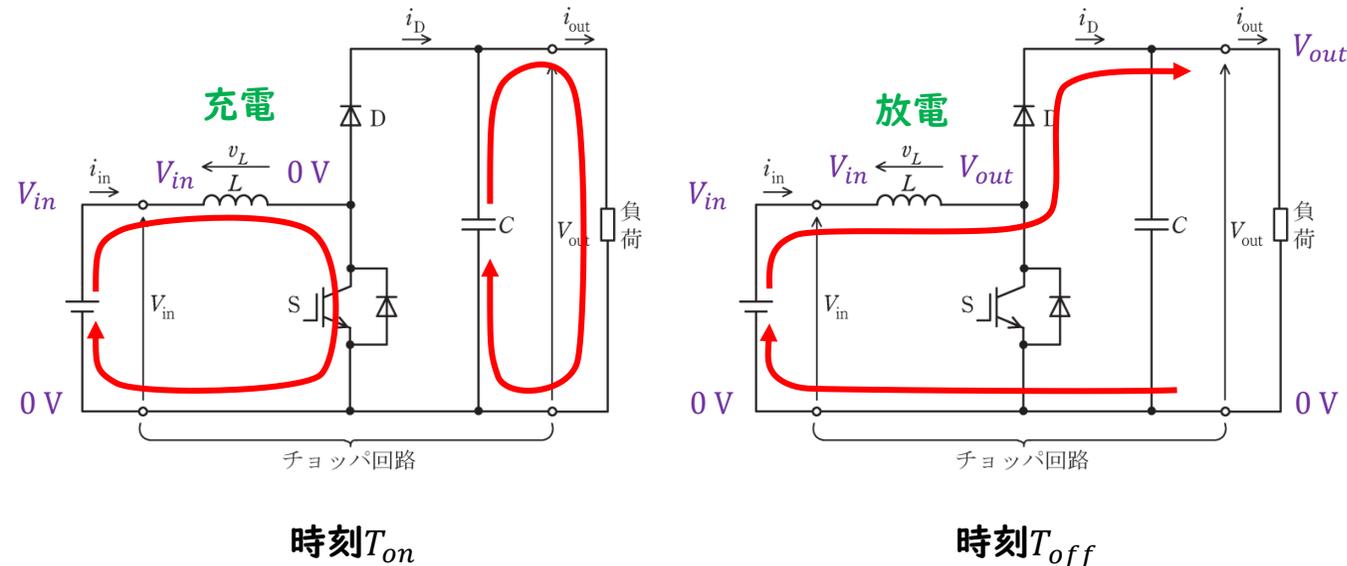
R03 問3

問3 図はIGBTをスイッチングデバイスS(以下、デバイスSと略す)に用いたチョップ回路である。このチョップの機能は、キャパシタンス C のコンデンサとリアクタンス L のリアクトルの働きによって実現されている。入力は直流電圧 V_{in} (一定値)、出力は V_{out} である。デバイスSは、 T_{on} の時間はオン、 T_{off} の時間はオフを繰り返し、周期は一定で、 $T_{on} + T_{off}$ である。入力電流 $i_{in} > 0$ 、全ての回路素子は理想的と仮定して、次の問に答えよ。

(1) このチョップ回路は太陽光発電でよく用いられている。その理由についてチョップ回路の V_{in} と V_{out} の大小関係に触れつつ簡単に述べよ。

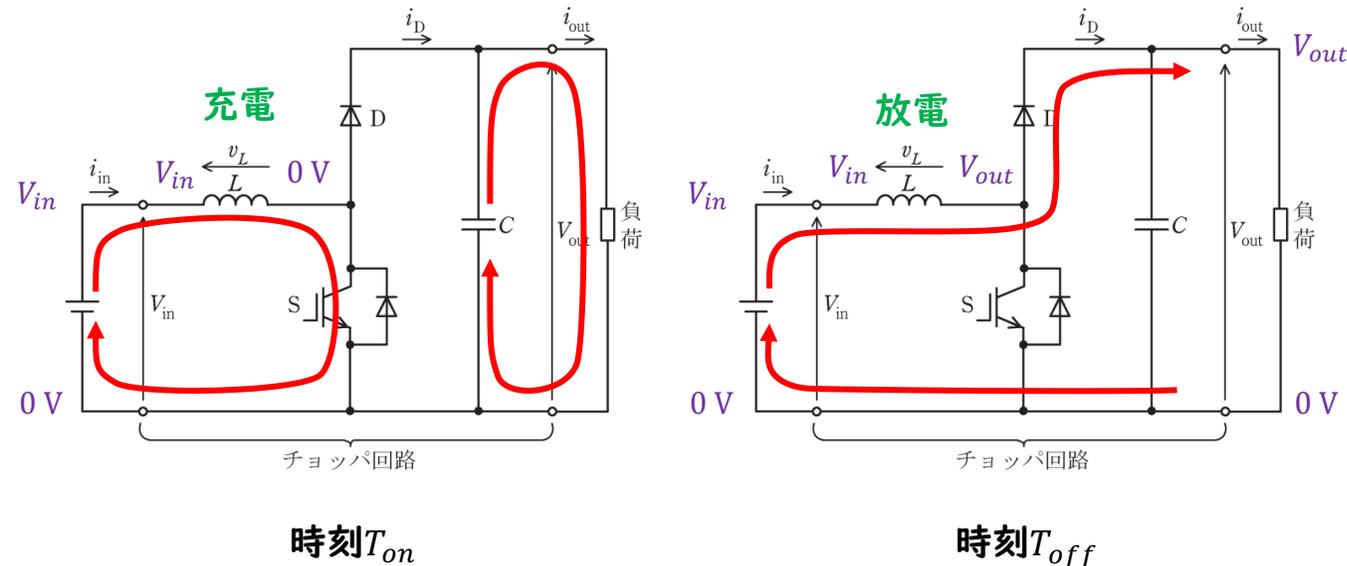
(2) T_{on} の時間において、リアクトルの電圧 v_L を求めよ。また、求めた式をもとに電流 i_{in} は増加するか、減少するか述べよ。

(3) T_{off} の時間において、リアクトルの電圧 v_L を求めよ。また、求めた式をもとに電流 i_{in} は増加するか、減少するか述べよ。



R03 問3

問3 図はIGBTをスイッチングデバイスS(以下、デバイスSと略す)に用いたチョップパ回路である。このチョップパの機能は、キャパシタンス C のコンデンサとリアクタンス L のリアクトルの働きによって実現されている。入力直流電圧 V_{in} (一定値)、出力は V_{out} である。デバイスSは、 T_{on} の時間はオン、 T_{off} の時間はオフを繰り返し、周期は一定で、 $T_{on} + T_{off}$ である。入力電流 $i_{in} > 0$ 、全ての回路素子は理想的と仮定して、次の問に答えよ。



- (1) このチョップパ回路は太陽光発電でよく用いられている。その理由についてチョップパ回路の V_{in} と V_{out} の大小関係に触れつつ簡単に述べよ。

図のチョップパ回路は昇圧チョップパ回路であり、 V_{in} よりも高い出力電圧 V_{out} を得るために用いられる。太陽光発電で発電した直流電圧よりも高い電圧のバッテリーに充電するため、昇圧チョップパ回路が適切となる。

- (2) T_{on} の時間において、リアクトルの電圧 v_L を求めよ。また、求めた式をもとに電流 i_{in} は増加するか、減少するか述べよ。

ファラデーの法則より

$$v_L = V_{in} = L \frac{\Delta i_{in}}{\Delta t} = L \frac{\Delta i_{in}}{T_{on}} \rightarrow \Delta i_{in} = \frac{1}{L} V_{in} T_{on} > 0$$

電流 i_{in} は増加する

- (3) T_{off} の時間において、リアクトルの電圧 v_L を求めよ。また、求めた式をもとに電流 i_{in} は増加するか、減少するか述べよ。

$$v_L = V_{in} - V_{out} = L \frac{\Delta i_{in}}{\Delta t} = L \frac{\Delta i_{in}}{T_{off}} \rightarrow \Delta i_{in} = \frac{1}{L} (V_{in} - V_{out}) T_{off} < 0$$

電流 i_{in} は減少する

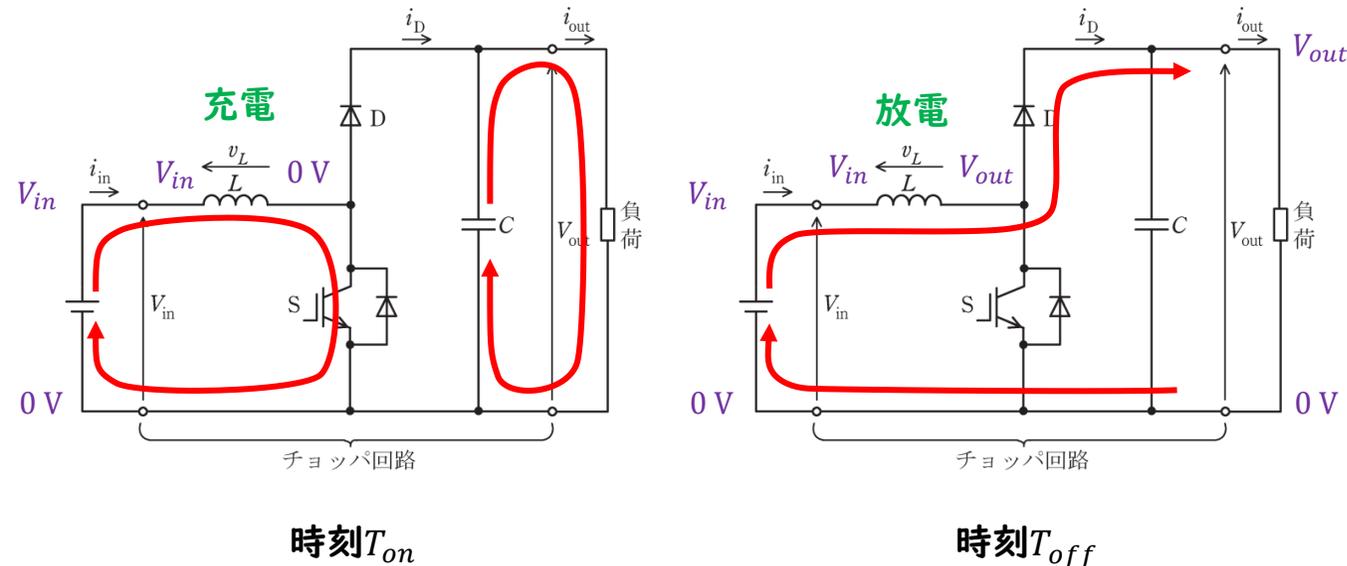
R03 問3

問3 図はIGBTをスイッチングデバイスS(以下、デバイスSと略す)に用いたチョップ回路である。このチョップの機能は、キャパシタンス C のコンデンサとリアクタンス L のリアクトルの働きによって実現されている。入力は直流電圧 V_{in} (一定値)、出力は V_{out} である。デバイスSは、 T_{on} の時間はオン、 T_{off} の時間はオフを繰り返し、周期は一定で、 $T_{on} + T_{off}$ である。入力電流 $i_{in} > 0$ 、全ての回路素子は理想的と仮定して、次の問に答えよ。

次に、コンデンサのキャパシタンス C は十分に大きく、チョップの出力電圧は一定値 V_{out} に平滑されているものとする。さらに、電流 i_{in} のリップルが十分に小さく一定値 I_{in} と見なせると仮定する。このとき、

(4) ダイオードDに流れる電流 i_D の平均値 I_D を T_{on} , T_{off} , I_{in} を用いて示せ。

(5) 出力電圧 V_{out} を T_{on} , T_{off} , V_{in} を用いて示せ。



R03 問3

問3 図はIGBTをスイッチングデバイスS(以下、デバイスSと略す)に用いたチョップ回路である。このチョップの機能は、キャパシタンス C のコンデンサとリアクタンス L のリアクトルの働きによって実現されている。入力は直流電圧 V_{in} (一定値)、出力は V_{out} である。デバイスSは、 T_{on} の時間はオン、 T_{off} の時間はオフを繰り返し、周期は一定で、 $T_{on} + T_{off}$ である。入力電流 $i_{in} > 0$ 、全ての回路素子は理想的と仮定して、次の問に答えよ。

次に、コンデンサのキャパシタンス C は十分に大きく、チョップの出力電圧は一定値 V_{out} に平滑されているものとする。さらに、電流 i_{in} のリップルが十分に小さく一定値 I_{in} と見なせると仮定する。このとき、

(4) ダイオードDに流れる電流 i_D の平均値 I_D を T_{on} 、 T_{off} 、 I_{in} を用いて示せ。

ダイオードにはデバイスがオフの期間に電流が流れる

$$I_D = \frac{T_{off}}{T_{on} + T_{off}} I_{in}$$

(5) 出力電圧 V_{out} を T_{on} 、 T_{off} 、 V_{in} を用いて示せ。

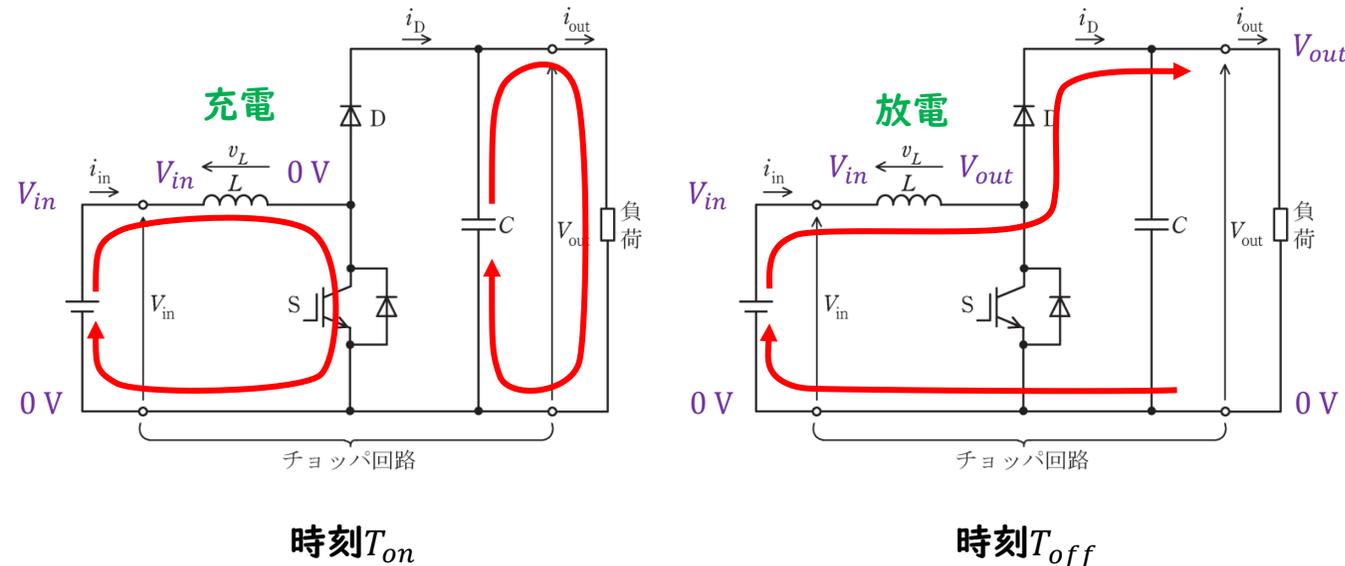
定常状態において、電流 i_{in} の増加と減少は釣り合い、平均値は一定となることから、

$$\text{増加} : \Delta i_{in} = \frac{1}{L} V_{in} T_{on} \quad \text{減少} : \Delta i_{in} = \frac{1}{L} (V_{in} - V_{out}) T_{off}$$

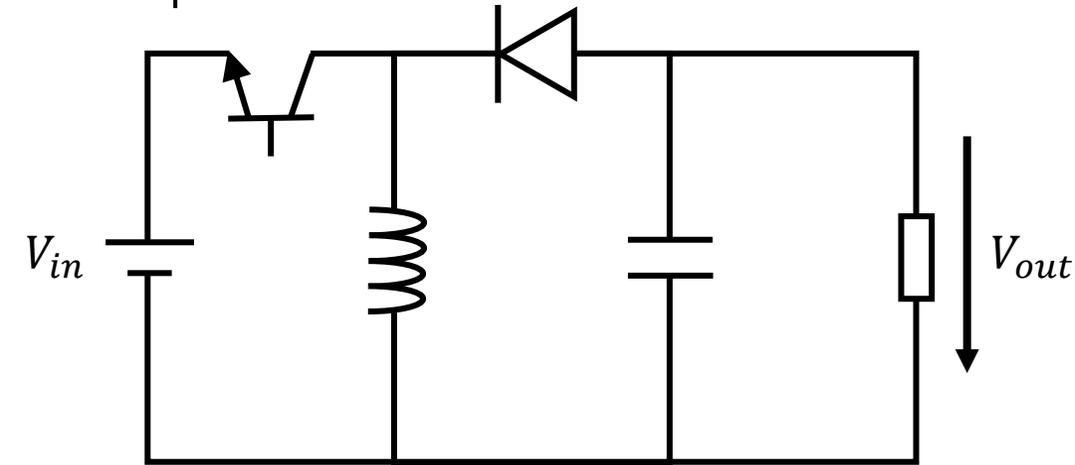
$$\frac{1}{L} V_{in} T_{on} + \frac{1}{L} (V_{in} - V_{out}) T_{off} = 0$$

$$V_{in} T_{on} + (V_{in} - V_{out}) T_{off} = 0 \rightarrow V_{in} T_{on} + V_{in} T_{off} - V_{out} T_{off} = 0$$

$$V_{out} = \frac{T_{on} + T_{off}}{T_{off}} V_{in}$$



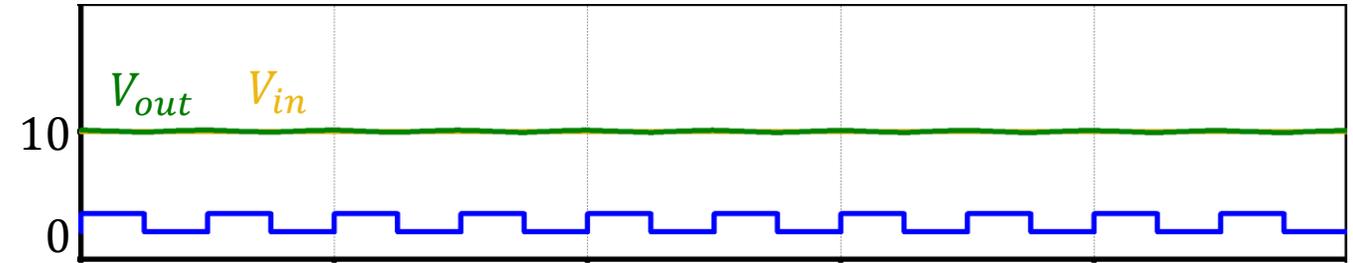
昇降圧チョツパ回路



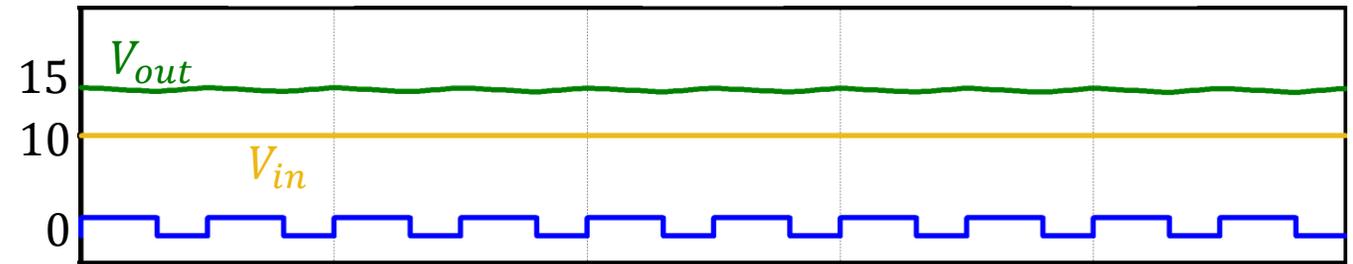
$$V_{out} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} V_{in} = \frac{T_{ON}}{T_{OFF}} V_{in}$$

$$\alpha = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

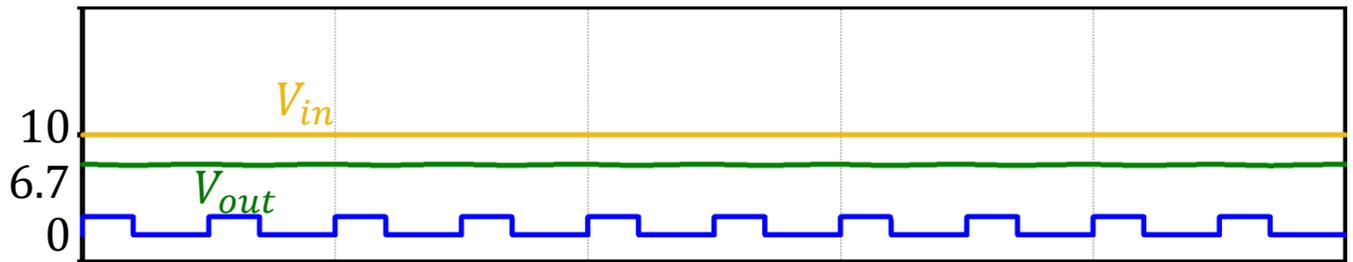
T_{ON} : トランジスタON時間
 T_{OFF} : トランジスタOFF時間



$$T_{ON} = 0.5, T_{OFF} = 0.5, \alpha = 0.5$$

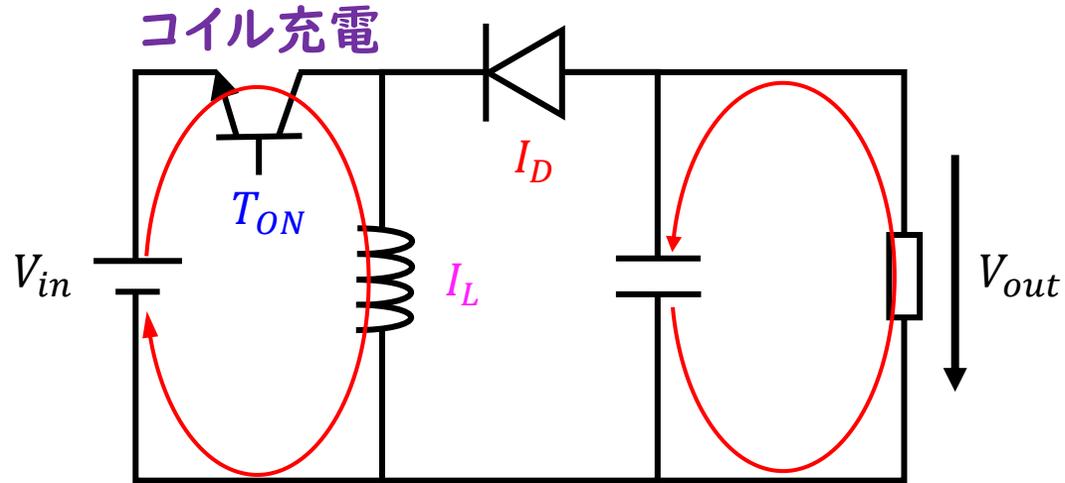


$$T_{ON} = 0.6, T_{OFF} = 0.4, \alpha = 0.6$$

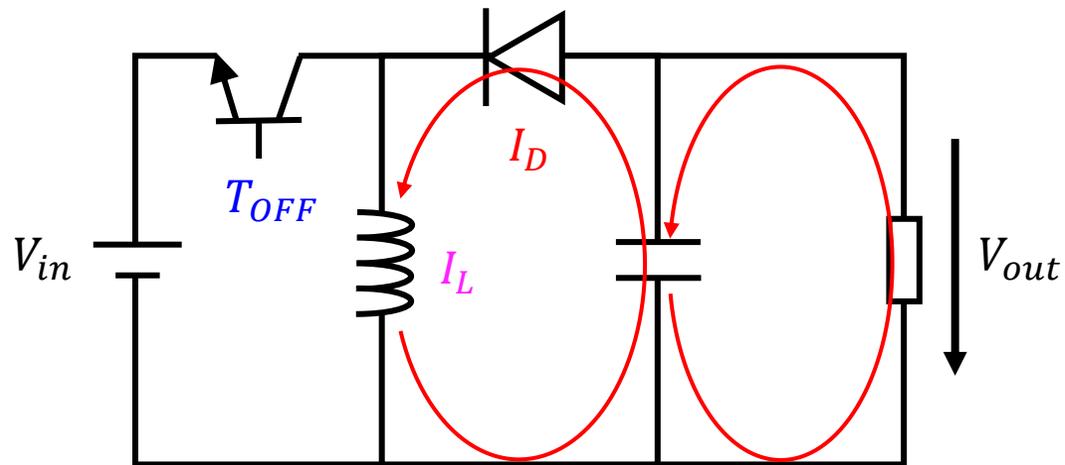
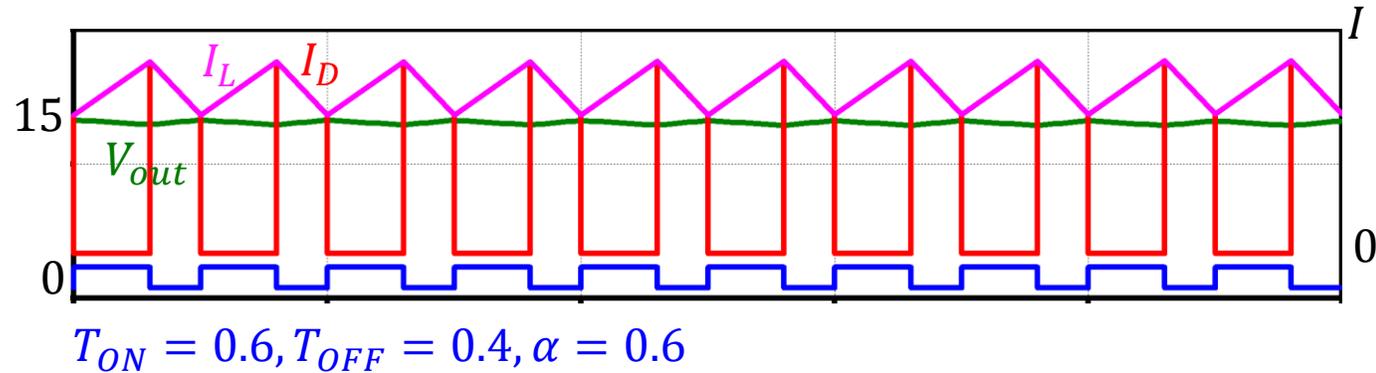
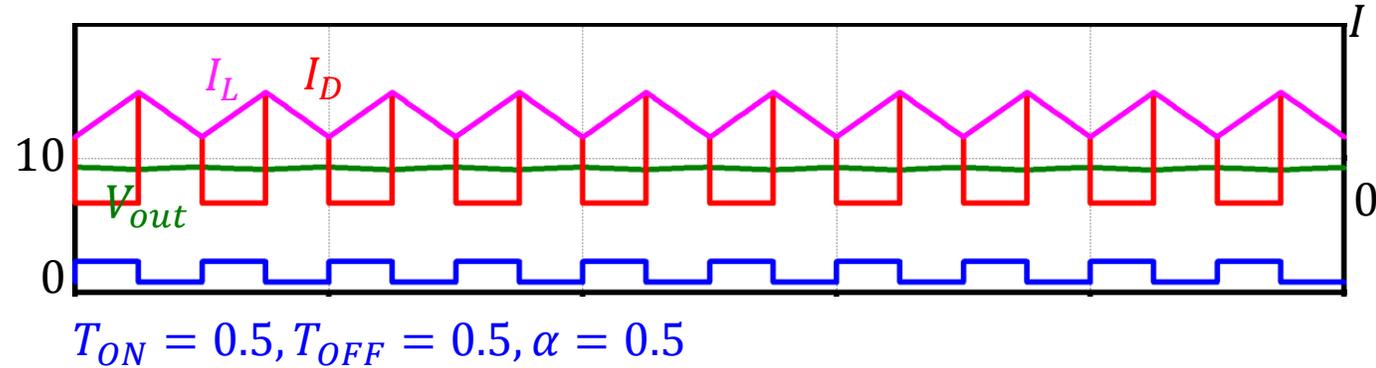


$$T_{ON} = 0.4, T_{OFF} = 0.6, \alpha = 0.4$$

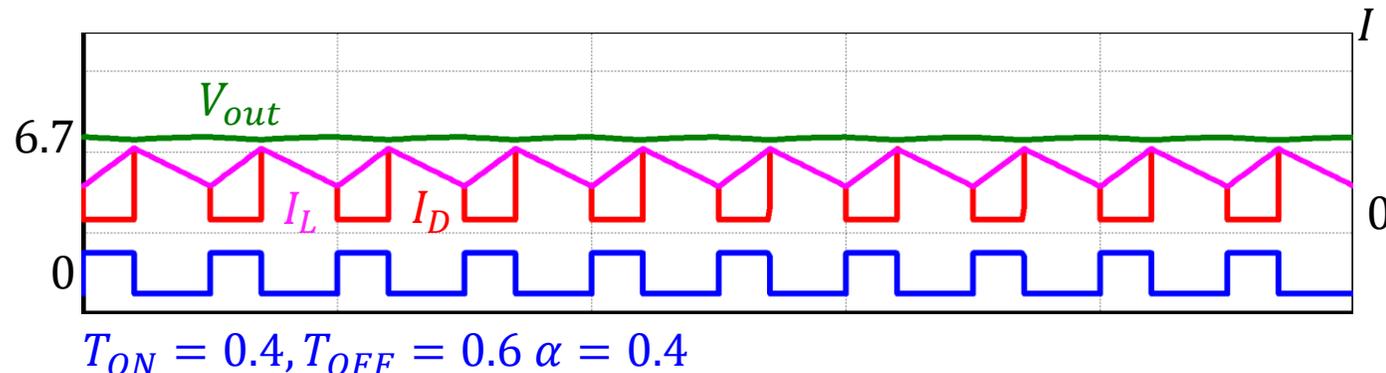
昇降圧チョツパ回路



コンデンサ放電



コンデンサ充電/放電



H26 問3

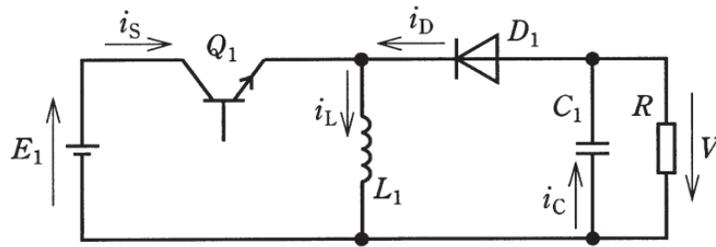


図1

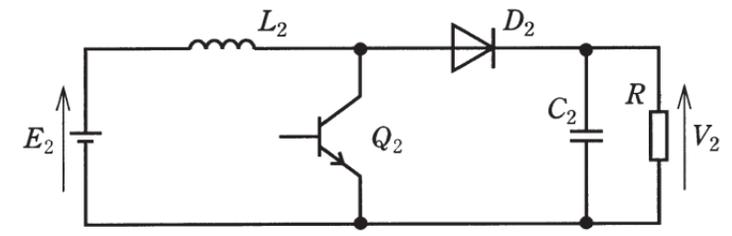


図3

問3 図1に示す昇降圧チョップ及び図3に示す昇圧チョップは、運転が定常状態にあるものとする。この動作特性について、次の問に答えよ。ただし、両図において、リアクトルのインダクタンスはその電流が連続するほどに適度に大きく、また、コンデンサの静電容量は出力直流電圧が一定とみなせるほど十分に大きいものとし、損失のない理想的なチョップとする。

- (1) 図1の昇降圧チョップにおいて、トランジスタ Q_1 が時刻0でターンオン、時刻 T_1 でターンオフ、時刻 T_2 でターンオンするという1周期の動作を繰り返しているとする。図2は、この昇降圧チョップの各部の電流波形を示す。図1に示す各部の電流 i_S 、 i_D 、 i_L 及び i_C の波形を図2の波形の中から選び、その記号で答えよ。
- (2) 図2から T_1 及び T_2 を用いて通流率（時比率） α を表せ。
- (3) 図1の出力電圧 V_1 を入力電圧 E_1 及び通流率 α を用いて表せ。
- (4) 図3の昇圧チョップにおいて、トランジスタ Q_2 が時刻0でターンオン、時刻 T_a でターンオフ、時刻 T_b でターンオンするという1周期の動作を繰り返しているとする。このときの通流率（時比率） β を T_a 及び T_b を用いて表し、出力電圧 V_2 を入力電圧 E_2 及び通流率 β を用いて表せ。
- (5) 図1の昇降圧チョップと図3の昇圧チョップとにおいて、同じ入力電圧で同じ通流率のときに出力電圧がより高いのはどちらのチョップであるか。また、その理由を示せ。

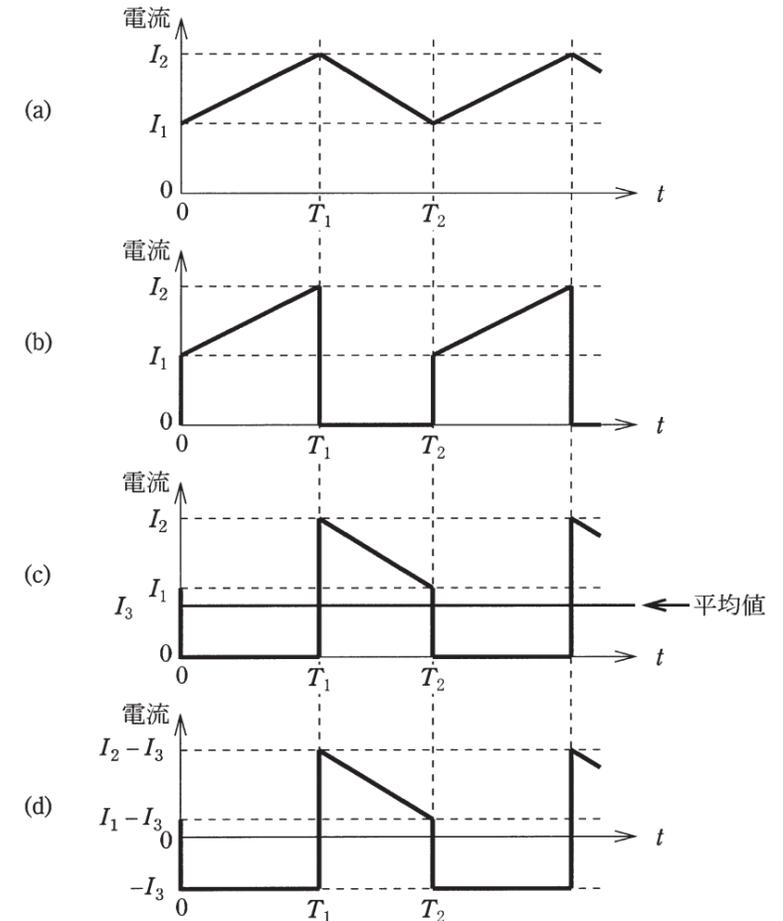


図2

H26 問3

問3 図1に示す昇降圧チョップ及び図3に示す昇圧チョップは、運転が定常状態にあるものとする。この動作特性について、次の問に答えよ。ただし、両図において、リアクトルのインダクタンスはその電流が連続するほどに適度に大きく、また、コンデンサの静電容量は出力直流電圧が一定とみなせるほど十分に大きいものとし、損失のない理想的なチョップとする。

(1) 図1の昇降圧チョップにおいて、トランジスタ Q_1 が時刻0でターンオン、時刻 T_1 でターンオフ、時刻 T_2 でターンオンするという1周期の動作を繰り返しているとする。図2は、この昇降圧チョップの各部の電流波形を示す。図1に示す各部の電流 i_s 、 i_D 、 i_L 及び i_C の波形を図2の波形の中から選び、その記号で答えよ。

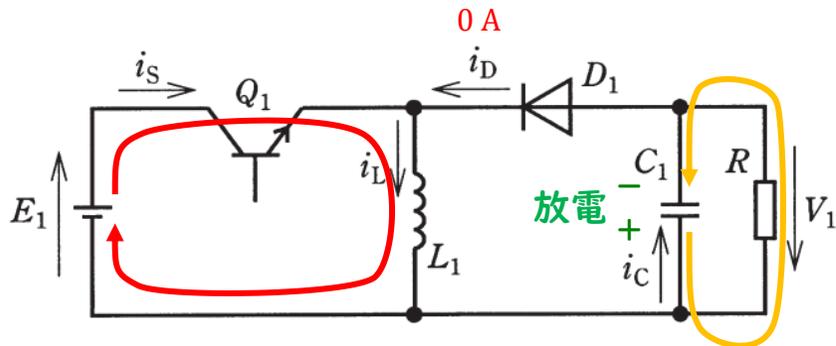


図1

時刻 $0 < T_1$

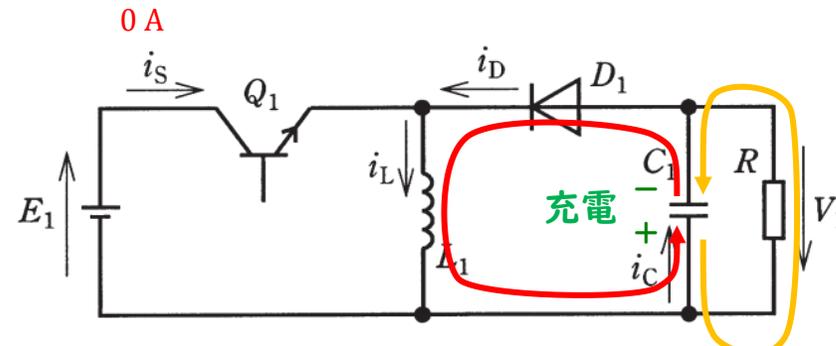


図1

時刻 $T_1 < T_2$

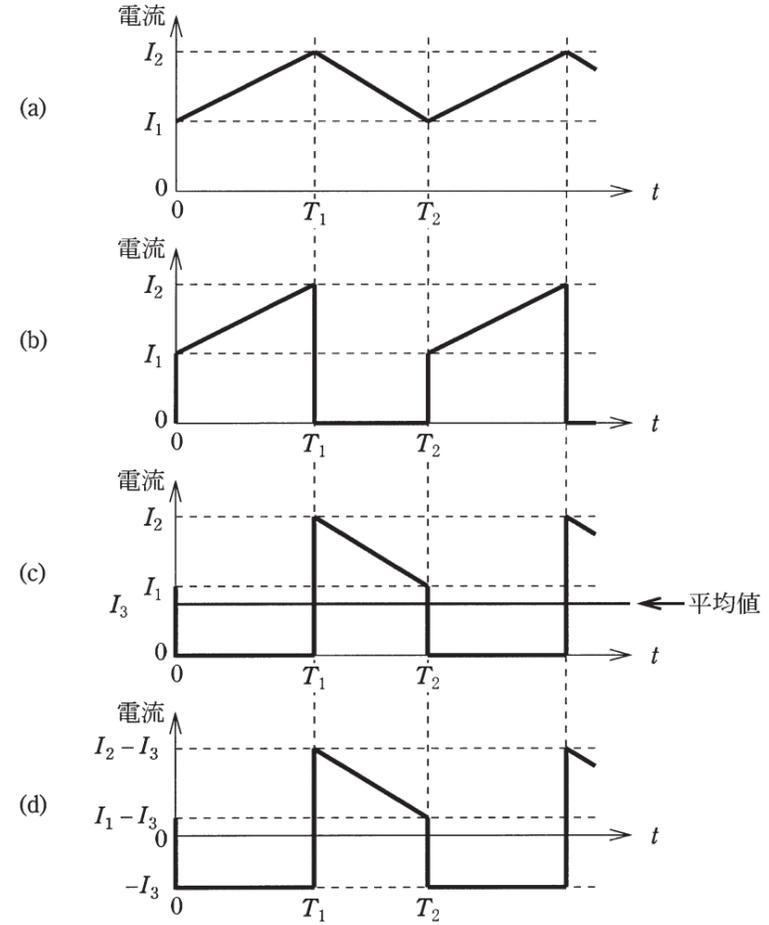


図2

H26 問3

問3 図1に示す昇降圧チョップ及び図3に示す昇圧チョップは、運転が定常状態にあるものとする。この動作特性について、次の問に答えよ。ただし、両図において、リアクトルのインダクタンスはその電流が連続するほどに適度に大きく、また、コンデンサの静電容量は出力直流電圧が一定とみなせるほど十分に大きいものとし、損失のない理想的なチョップとする。

(1) 図1の昇降圧チョップにおいて、トランジスタ Q_1 が時刻0でターンオン、時刻 T_1 でターンオフ、時刻 T_2 でターンオンするという1周期の動作を繰り返しているとする。図2は、この昇降圧チョップの各部の電流波形を示す。図1に示す各部の電流 i_s 、 i_D 、 i_L 及び i_C の波形を図2の波形の中から選び、その記号で答えよ。

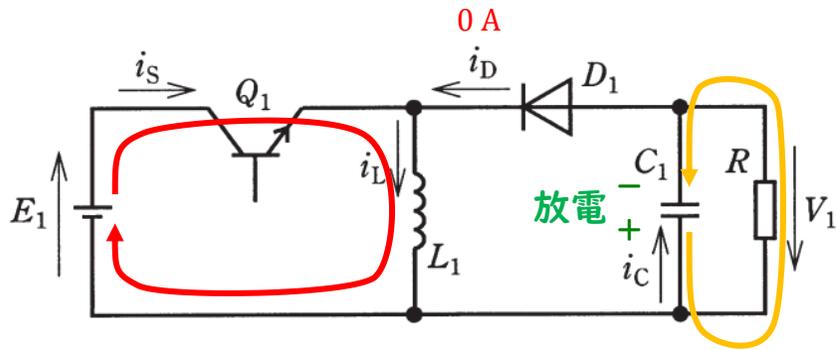


図1

時刻 $0 < T_1$

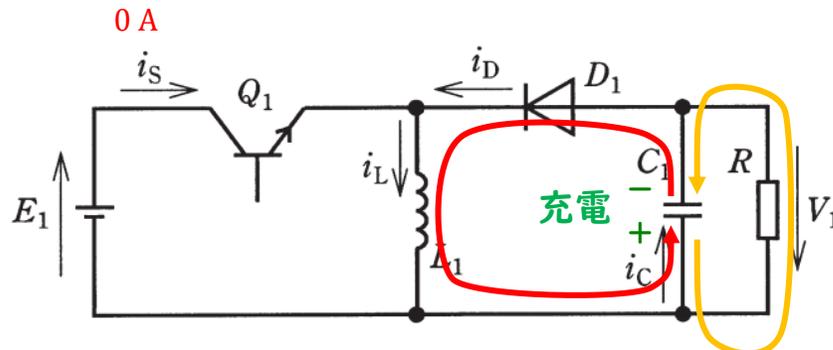


図1

時刻 $T_1 < T_2$

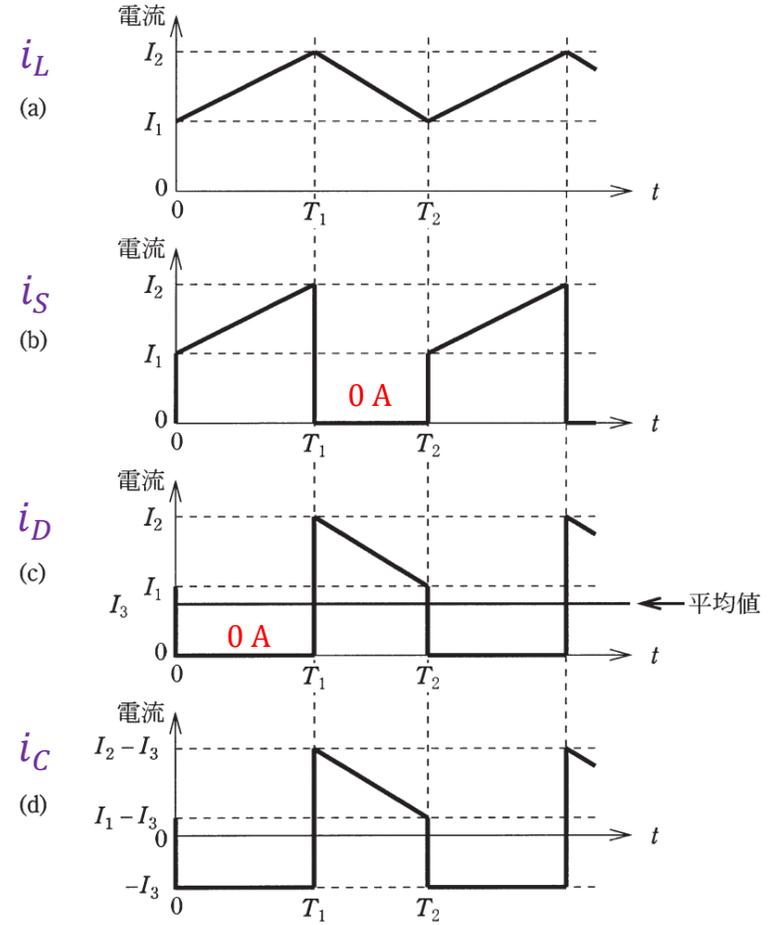


図2

H26 問3

(2) 図2から T_1 及び T_2 を用いて通流率 (時比率) α を表せ。

(3) 図1の出力電圧 V_1 を入力電圧 E_1 及び通流率 α を用いて表せ。

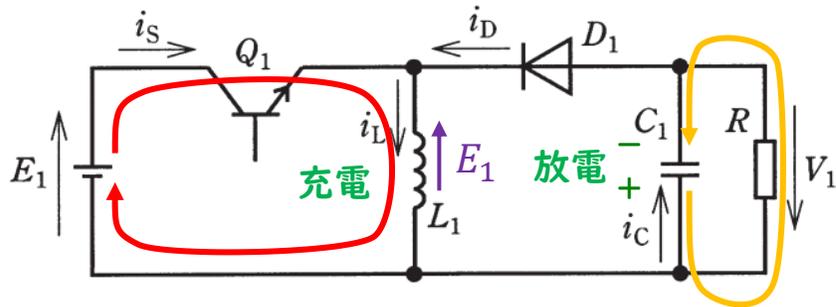


図1

時刻 $0 < T_1$

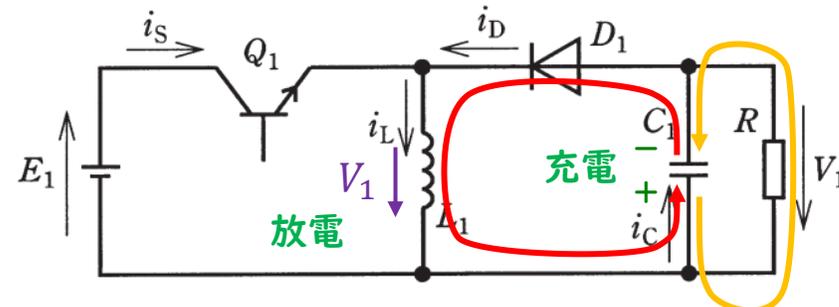


図1

Copyright © 株 時刻 $T_1 < T_2$ 電気事業部e-DEN & 電験どうでしょう

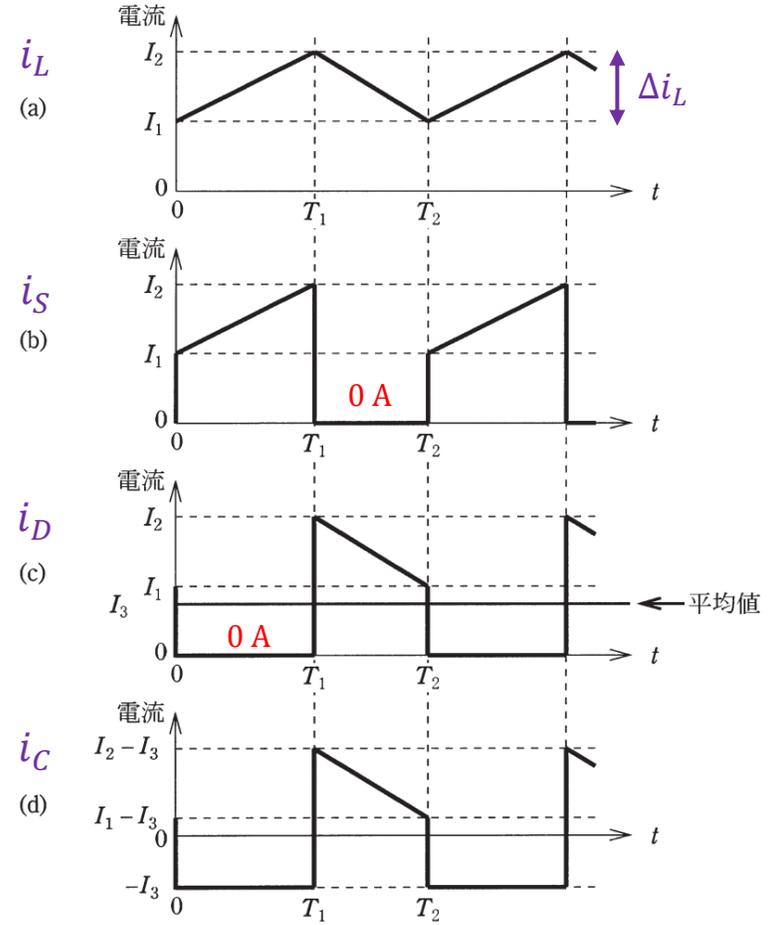


図2

H26 問3

(2) 図2から T_1 及び T_2 を用いて通流率 (時比率) α を表せ。

$$\alpha = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} = \frac{T_1}{T_2}$$

(3) 図1の出力電圧 V_1 を入力電圧 E_1 及び通流率 α を用いて表せ。

増加 ($T \rightarrow T_1$) : $\Delta i_L = \frac{1}{L} E_1 T_1$ 減少 ($T_1 \rightarrow T_2$) : $\Delta i_L = -\frac{1}{L} V_1 (T_2 - T_1)$

$$\frac{1}{L} E_1 T_1 - \frac{1}{L} V_1 (T_2 - T_1) = 0$$

$$E_1 T_1 - V_1 (T_2 - T_1) = 0 \rightarrow V_1 = \frac{T_1}{T_2 - T_1} E_1 = \frac{\frac{T_1}{T_2}}{\frac{T_2}{T_2} - \frac{T_1}{T_2}} E_1 = \frac{\alpha}{1 - \alpha} E_1$$

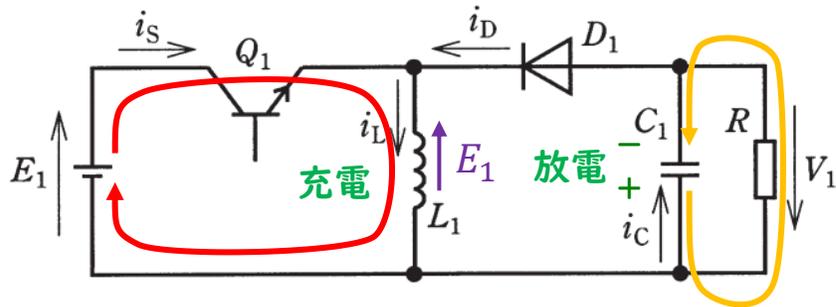


図1

時刻 $0 < T_1$

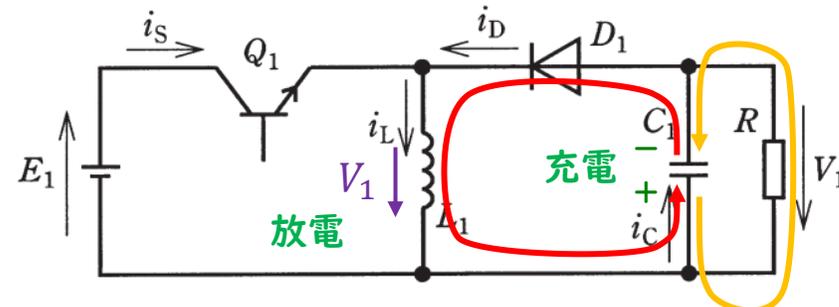


図1

時刻 $T_1 < T_2$ 電気事業部e-DEN & 電験どうでしょう

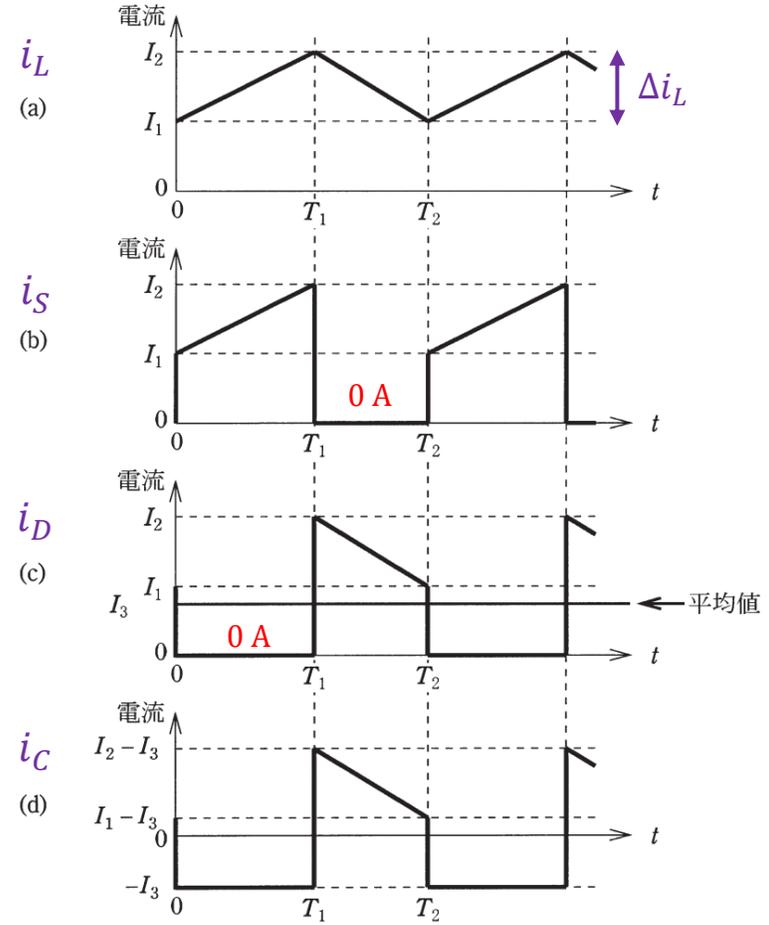


図2

H26 問3

(4) 図3の昇圧チョップにおいて、トランジスタ Q_2 が時刻 0 でターンオン、時刻 T_a でターンオフ、時刻 T_b でターンオンするという 1 周期の動作を繰り返しているとする。このときの通流率（時比率） β を T_a 及び T_b を用いて表し、出力電圧 V_2 を入力電圧 E_2 及び通流率 β を用いて表せ。

(5) 図1の昇降圧チョップと図3の昇圧チョップとにおいて、同じ入力電圧で同じ通流率のときに出力電圧がより高いのはどちらのチョップであるか。また、その理由を示せ。

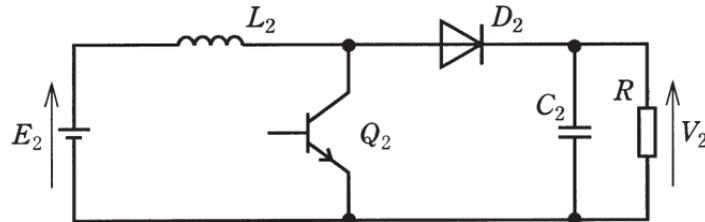


図3

H26 問3

(4) 図3の昇圧チョップにおいて、トランジスタ Q_2 が時刻 0 でターンオン、時刻 T_a でターンオフ、時刻 T_b でターンオンするという 1 周期の動作を繰り返しているとする。このときの通流率（時比率） β を T_a 及び T_b を用いて表し、出力電圧 V_2 を入力電圧 E_2 及び通流率 β を用いて表せ。

$$\beta = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} = \frac{T_a}{T_b}$$

$$V_2 = \frac{T_{on} + T_{off}}{T_{off}} E_2 = \frac{T_b}{T_b - T_a} E_2 = \frac{\frac{T_b}{T_b}}{\frac{T_b}{T_b} - \frac{T_a}{T_b}} E_2 = \frac{1}{1 - \beta} E_2$$

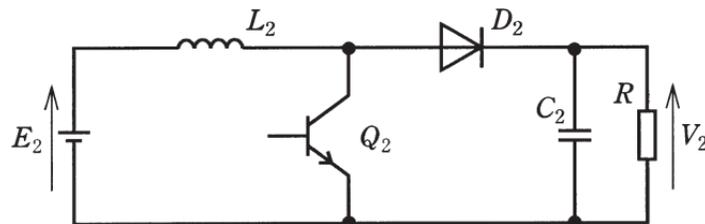


図3

(5) 図1の昇降圧チョップと図3の昇圧チョップとにおいて、同じ入力電圧で同じ通流率のときに出力電圧がより高いのはどちらのチョップであるか。また、その理由を示せ。

昇降圧チョップ

$$V_1 = \frac{\alpha}{1 - \alpha} E_1 \rightarrow E_1 = \frac{1 - \alpha}{\alpha} V_1$$

昇圧チョップ

$$V_2 = \frac{1}{1 - \beta} E_2 \rightarrow V_2 = \frac{1}{1 - \alpha} E_1 \rightarrow E_1 = \frac{1 - \alpha}{1} V_2$$

$$\frac{1 - \alpha}{\alpha} V_1 = \frac{1 - \alpha}{1} V_2 \rightarrow \frac{1}{\alpha} V_1 = V_2 \rightarrow V_1 = \alpha V_2$$

$\alpha < 1$ より、 $V_1 < V_2$ となることから、

同じ通流率のとき、出力電圧は昇圧チョップの方が高くなる。

ご聴講ありがとうございました!!