

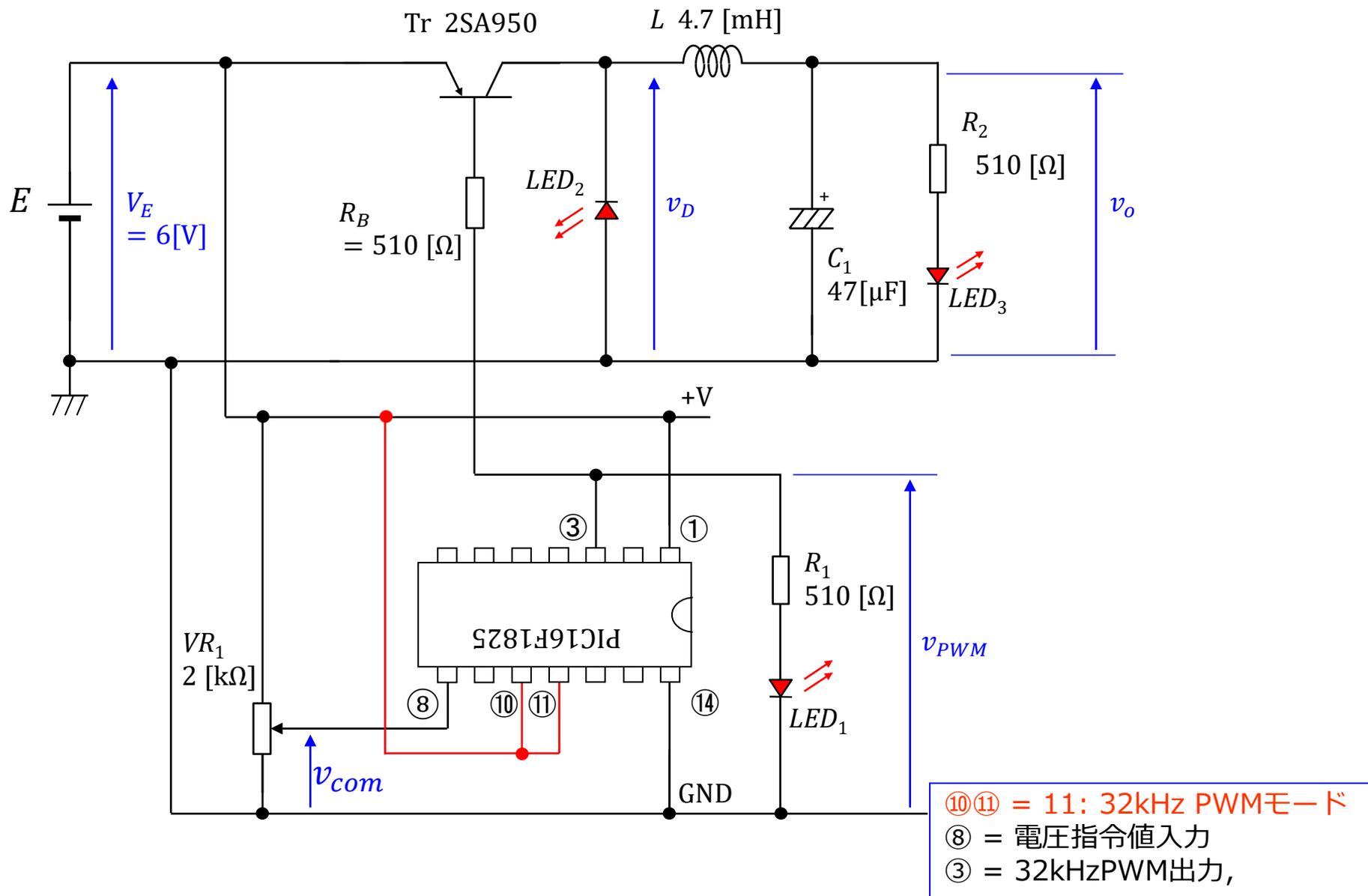
パワーエレクトロニクス講義資料 第7回オペアンプ

担当：古橋武

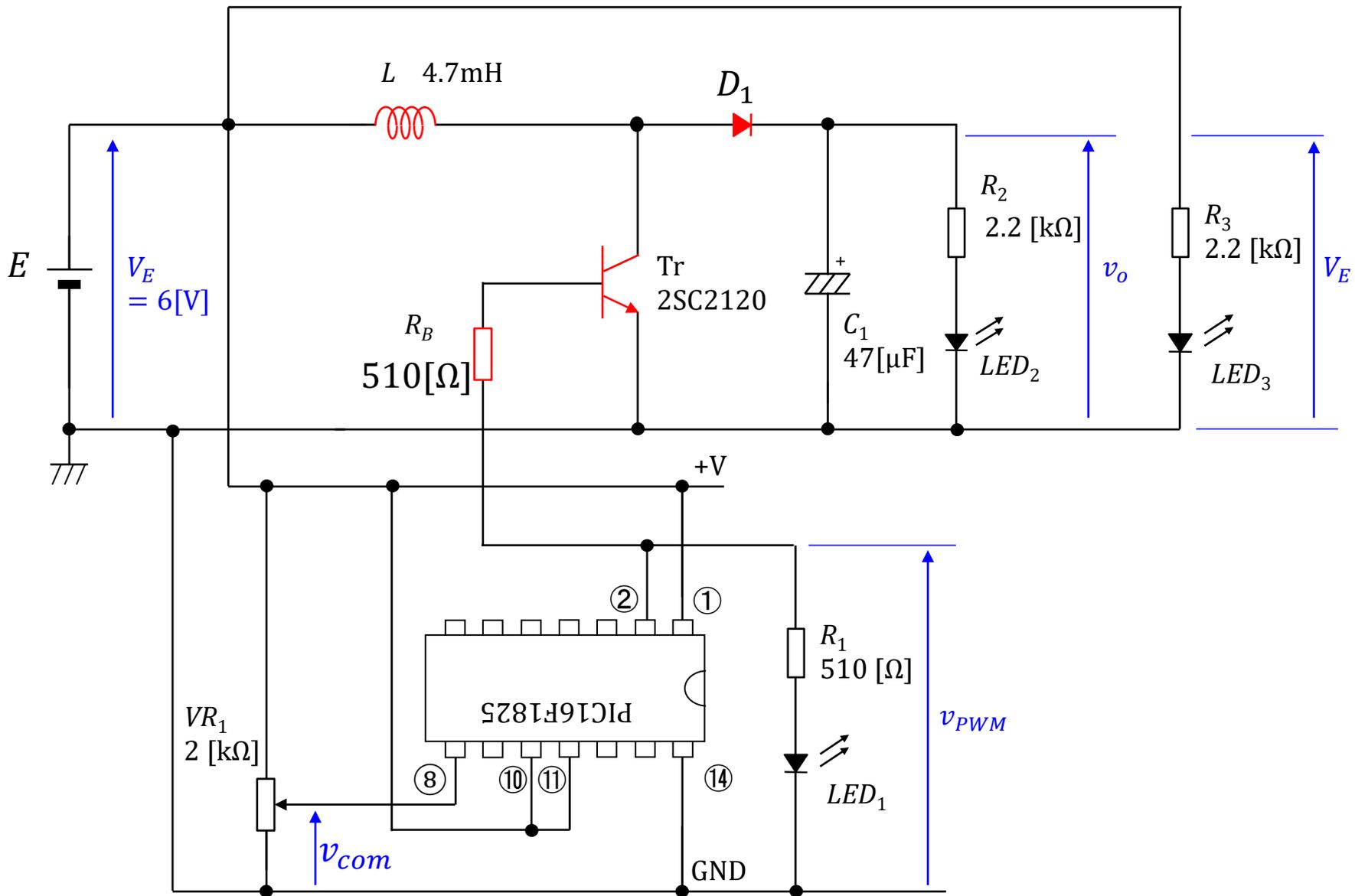
[本稿掲載のWebページ](http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/Power_Electronics_Note/index.html)

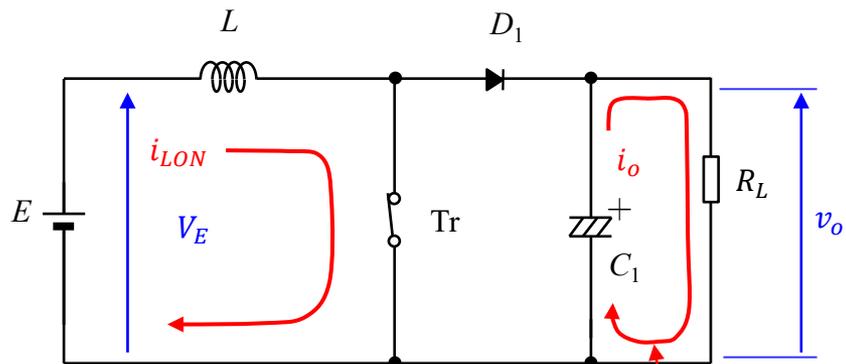
http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/Power_Electronics_Note/index.html

STEP4 製作課題 解答



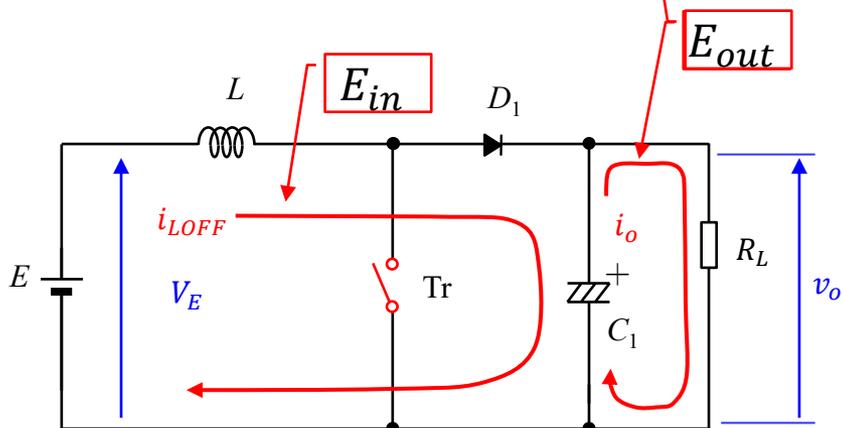
STEP 5 製作課題 解答





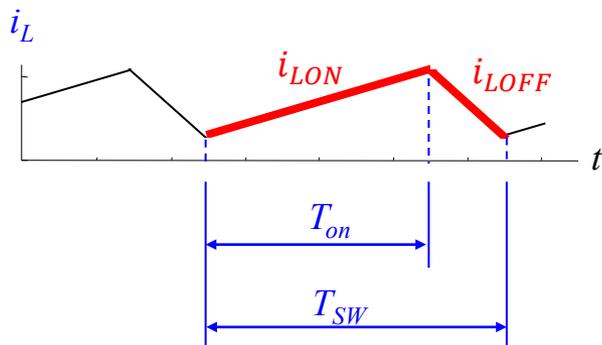
$$v_o = V_o \text{ (一定値)} \quad (1)$$

E_{in} : C_1 への注入エネルギー
 E_{out} : C_1 からの放出エネルギー

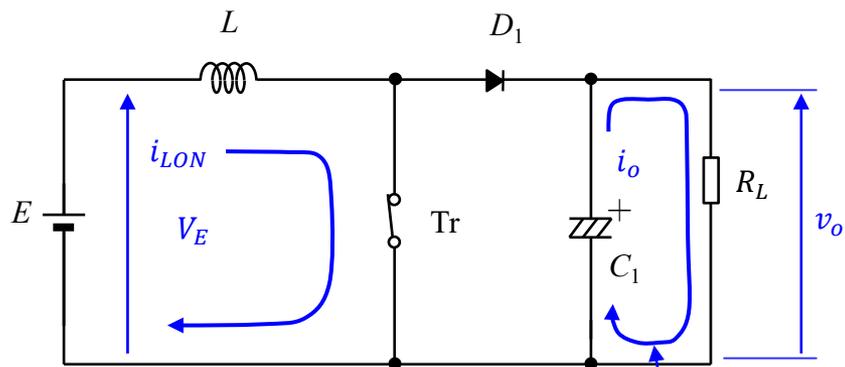


$$\text{ここで} \quad (2)$$

$$\bar{i}_{LOFF} = \frac{1}{T_{SW} - T_{on}} \int_{T_{on}}^{T_{SW}} i_{LOFF} dt$$



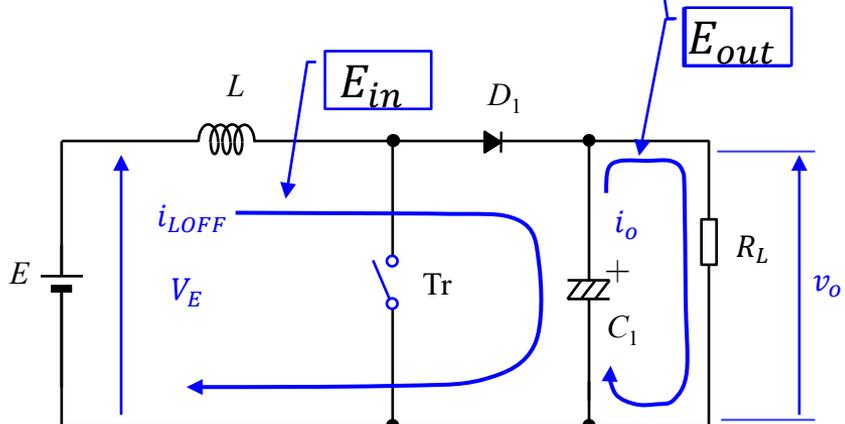
$$(3)$$



$$v_o = V_o \text{ (一定値)}$$

$$V_o = \frac{1}{1 - \delta} V_E \quad (1)$$

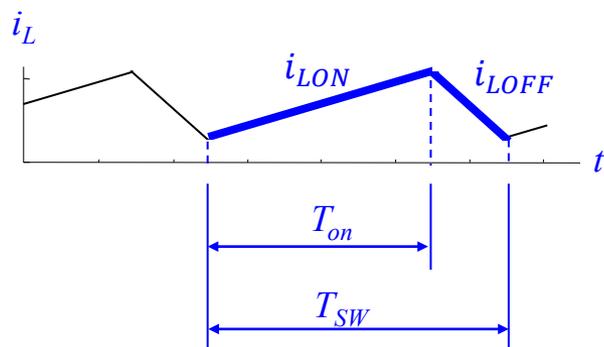
E_{in} : C_1 への注入エネルギー
 E_{out} : C_1 からの放出エネルギー



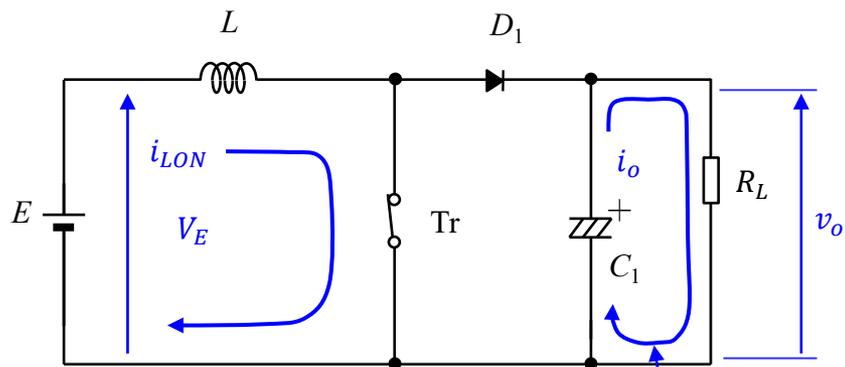
$$(2)$$

ここで

$$\bar{i}_{LOFF} = \frac{1}{T_{SW} - T_{on}} \int_{T_{on}}^{T_{SW}} i_{LOFF} dt$$



$$(3)$$

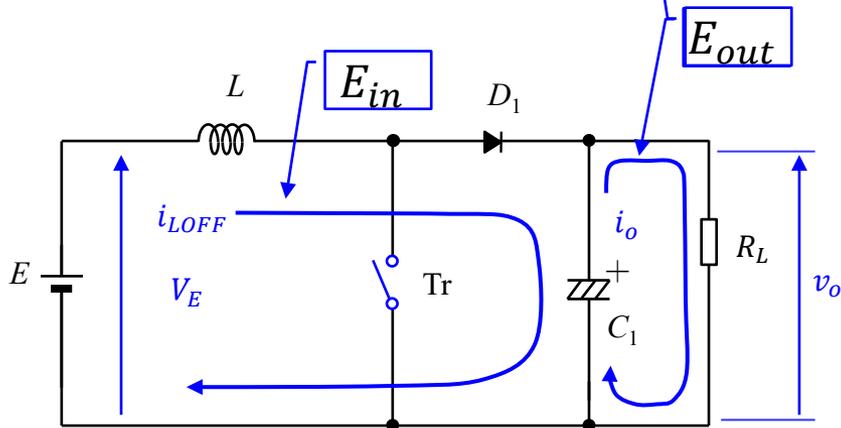


$$v_o = V_o \text{ (一定値)}$$

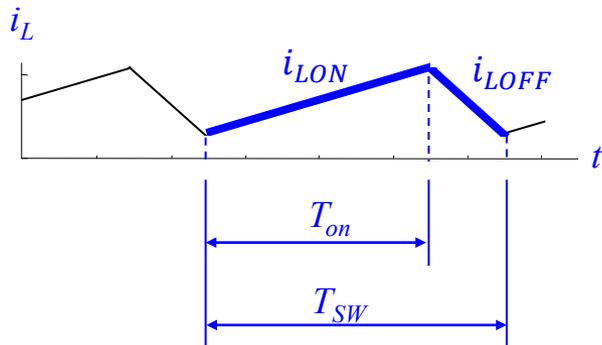
$$V_o = \frac{1}{1 - \delta} V_E \quad (1)$$

E_{in} : C_1 への注入エネルギー

E_{out} : C_1 からの放出エネルギー

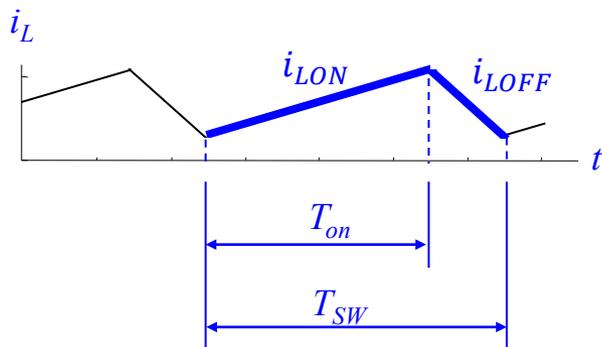
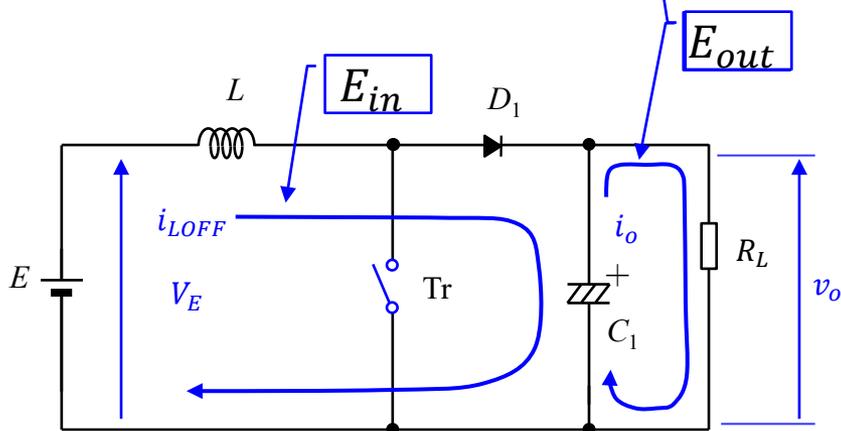
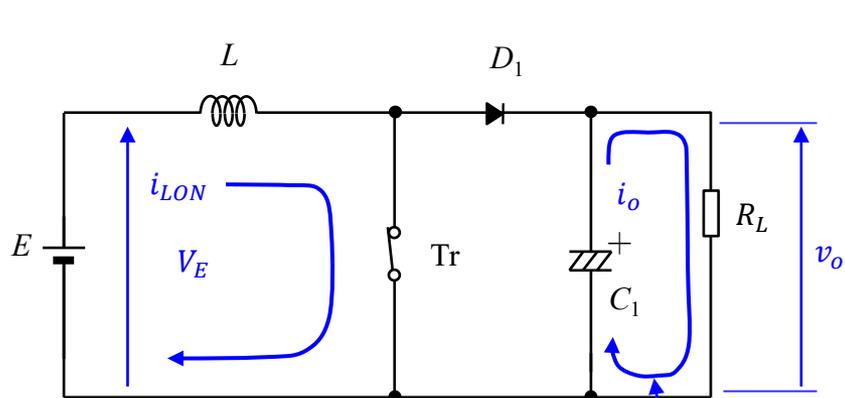


$$\begin{aligned} E_{in} &= \int_{T_{on}}^{T_{SW}} V_o i_{LOFF} dt \\ &= V_o \bar{i}_{LOFF} (T_{SW} - T_{on}) \end{aligned} \quad (2)$$



ここで

$$\bar{i}_{LOFF} = \frac{1}{T_{SW} - T_{on}} \int_{T_{on}}^{T_{SW}} i_{LOFF} dt$$



$$V_o = \frac{1}{1 - \delta} V_E \quad (1)$$

E_{in} : C_1 への注入エネルギー

E_{out} : C_1 からの放出エネルギー

$$\begin{aligned} E_{in} &= \int_{T_{on}}^{T_{SW}} V_o i_{LOFF} dt \\ &= V_o \bar{i}_{LOFF} (T_{SW} - T_{on}) \end{aligned} \quad (2)$$

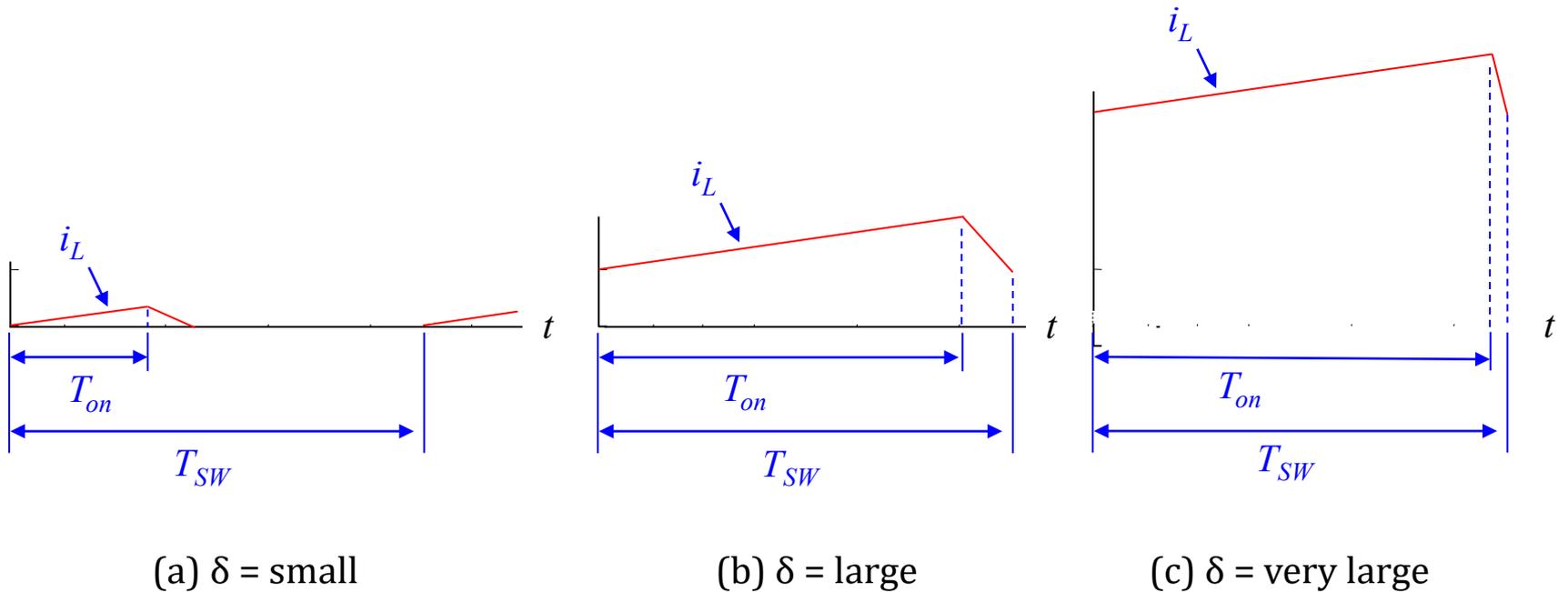
ここで

$$\bar{i}_{LOFF} = \frac{1}{T_{SW} - T_{on}} \int_{T_{on}}^{T_{SW}} i_{LOFF} dt$$

$$E_{out} = V_o I_o T_{SW} = \frac{V_o^2}{R_L} T_{SW} \quad (3)$$

損失0とすると, (2) = (3). よって,

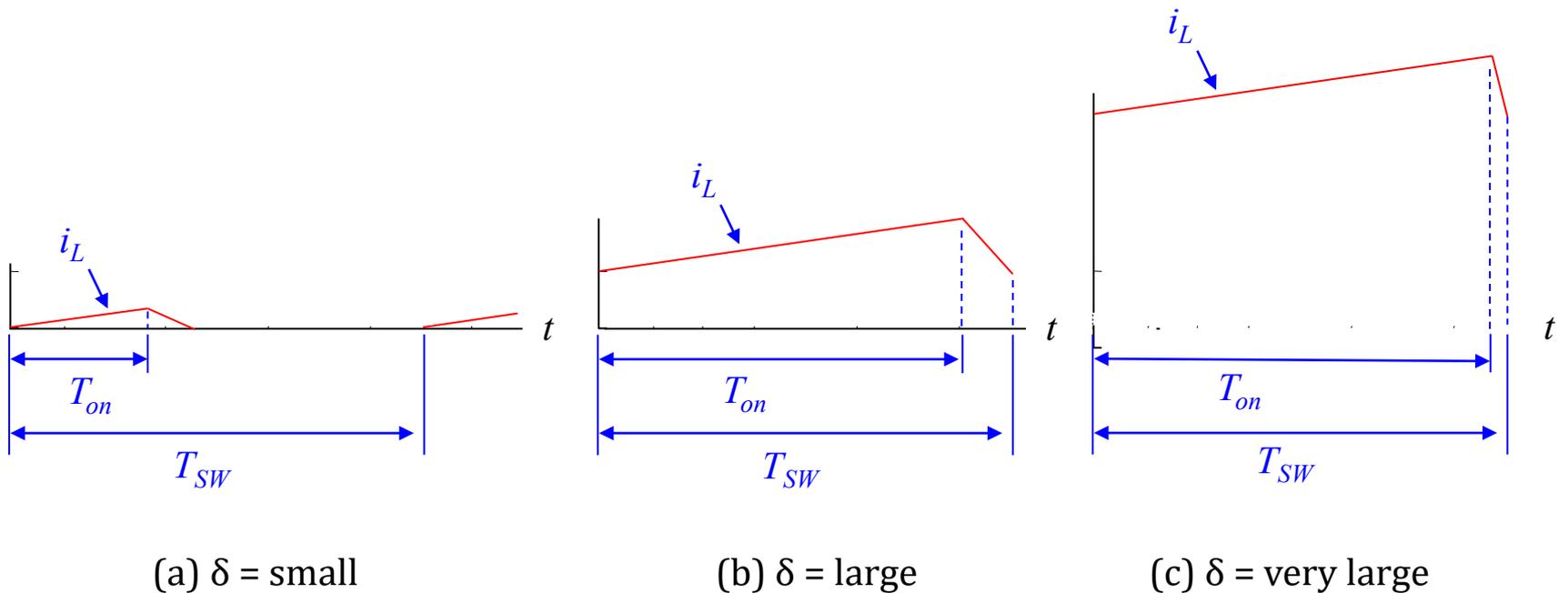
上式に(1)式を代入すると,



損失0とすると, (2) = (3). よって,

$$\bar{i}_{LOFF} = \frac{T_{SW}}{T_{SW} - T_{on}} \frac{V_o}{R_L} = \frac{1}{1 - \delta} \frac{V_o}{R_L}$$

上式に(1)式を代入すると,

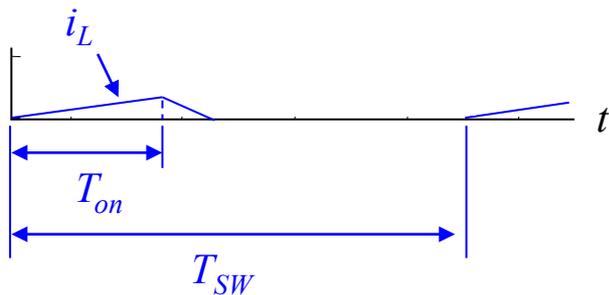


損失0とすると, (2) = (3). よって,

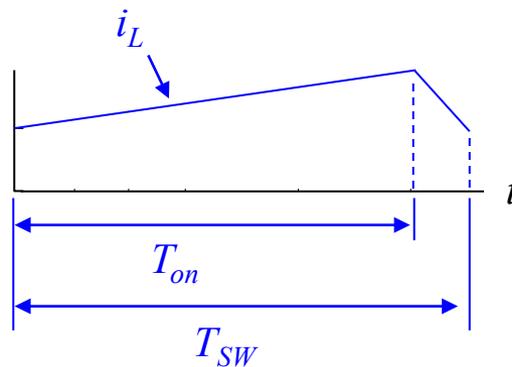
$$\bar{i}_{LOFF} = \frac{T_{SW}}{T_{SW} - T_{on}} \frac{V_o}{R_L} = \frac{1}{1 - \delta} \frac{V_o}{R_L}$$

上式に(1)式を代入すると,

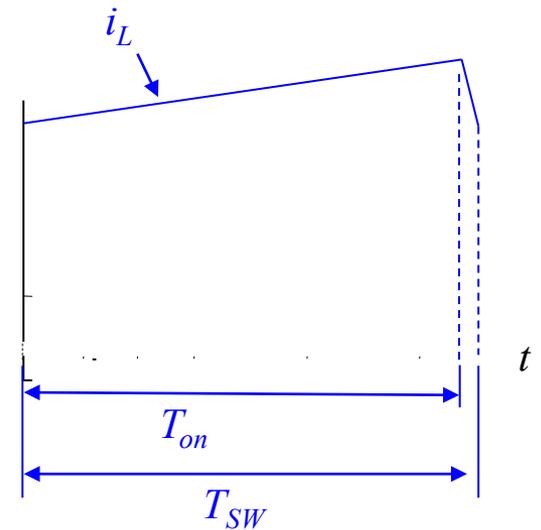
$$\bar{i}_{LOFF} = \frac{1}{(1 - \delta)^2} \frac{V_E}{R_L} \rightarrow \infty (\delta \rightarrow 1)$$



(a) $\delta = \text{small}$

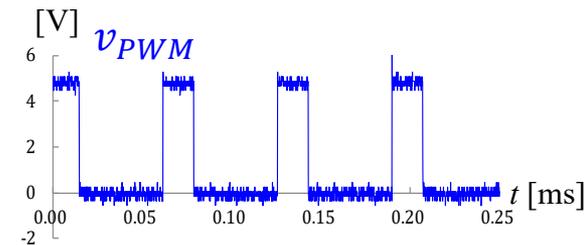
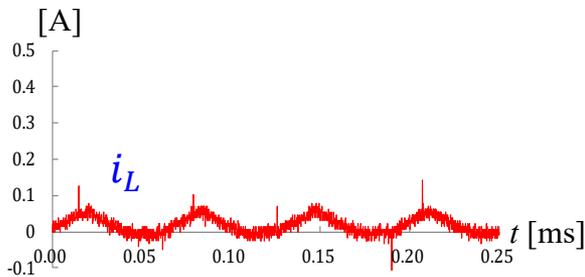
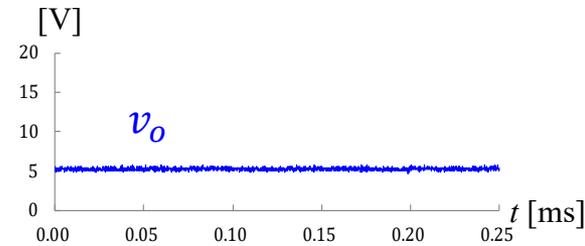


(b) $\delta = \text{large}$

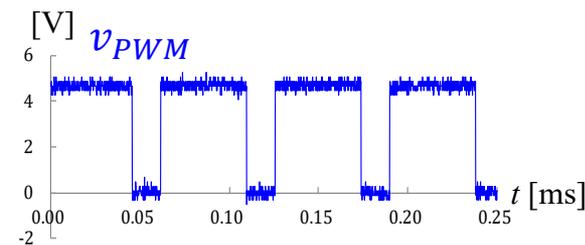
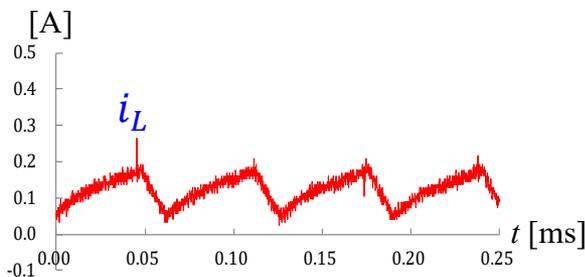
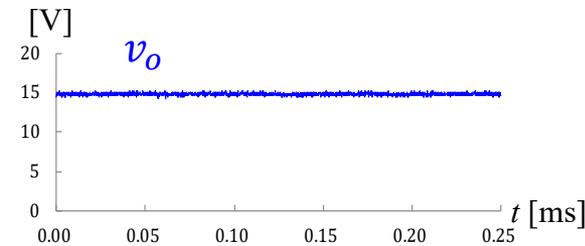


(c) $\delta = \text{very large}$

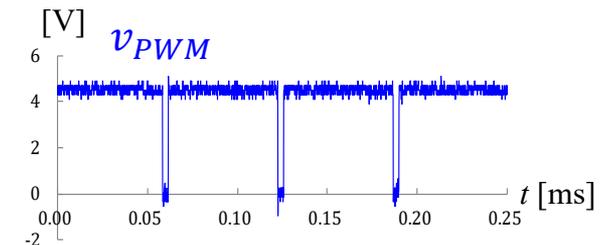
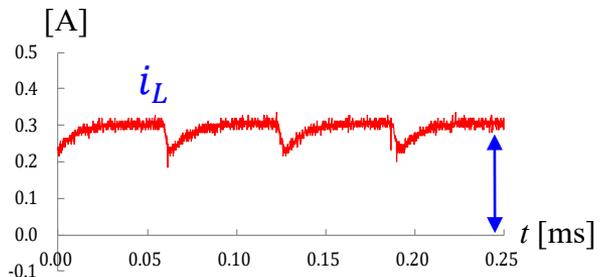
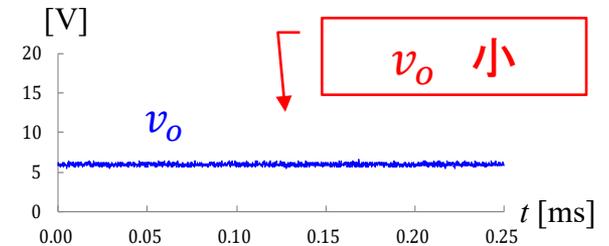
実際の回路では損失成分がある。Trオンのときのコイル電流 i_L の経路内の損失成分 R_{e1} とすると、 $\delta \rightarrow 1$ にて $i_L \rightarrow \infty$ ではなくて、 $i_L \rightarrow \frac{V_E}{R_{e1}}$ に飽和する。一方で、 $T_{SW} - T_{on}$ の時間は短くなり、注入エネルギー $E_{in} \rightarrow 0$ となる。



(a) $\delta = \text{small}$

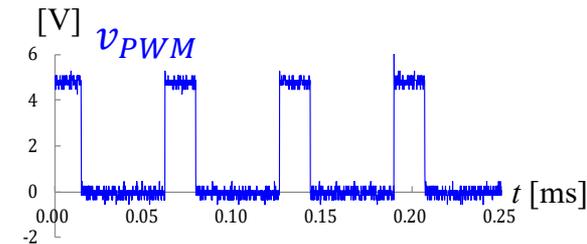
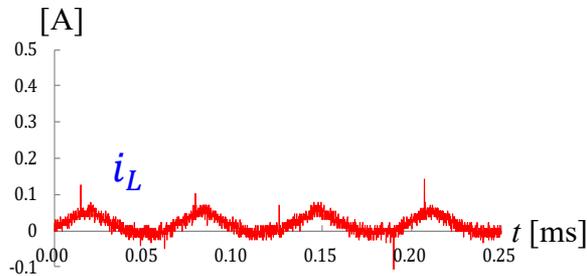
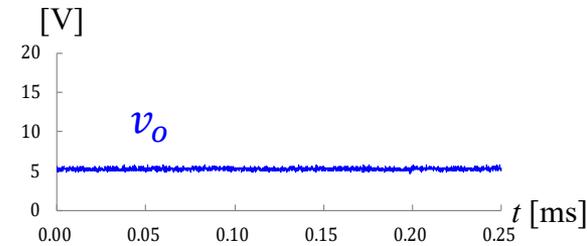


(b) $\delta = \text{large}$

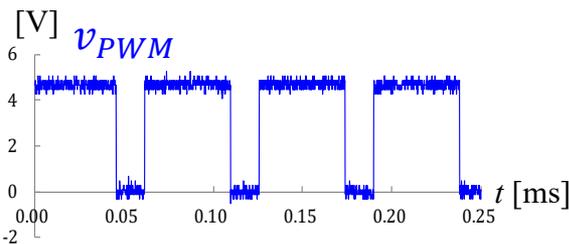
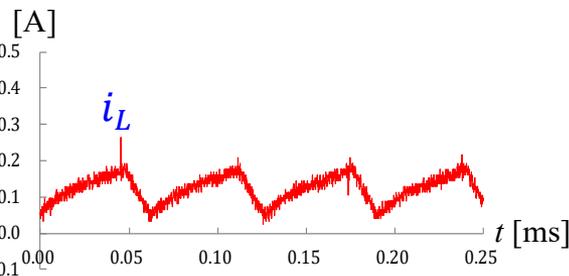
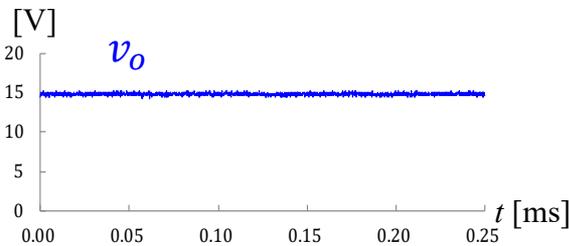


(c) $\delta = \text{very large}$

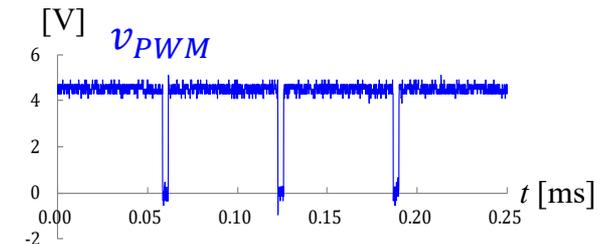
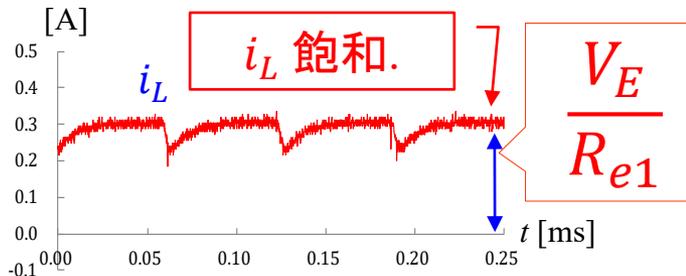
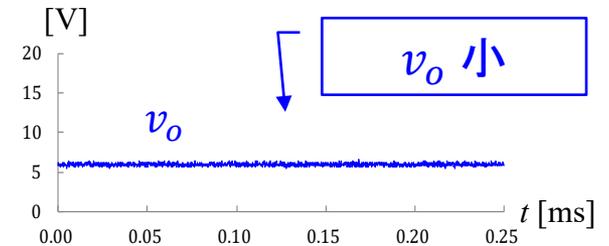
実際の回路では損失成分がある。Trオンのときのコイル電流 i_L の経路内の損失成分 R_{e1} とすると、 $\delta \rightarrow 1$ にて $i_L \rightarrow \infty$ ではなくて、 $i_L \rightarrow \frac{V_E}{R_{e1}}$ に飽和する。一方で、 $T_{SW} - T_{on}$ の時間は短くなり、注入エネルギー $E_{in} \rightarrow 0$ となる。



(a) $\delta = \text{small}$



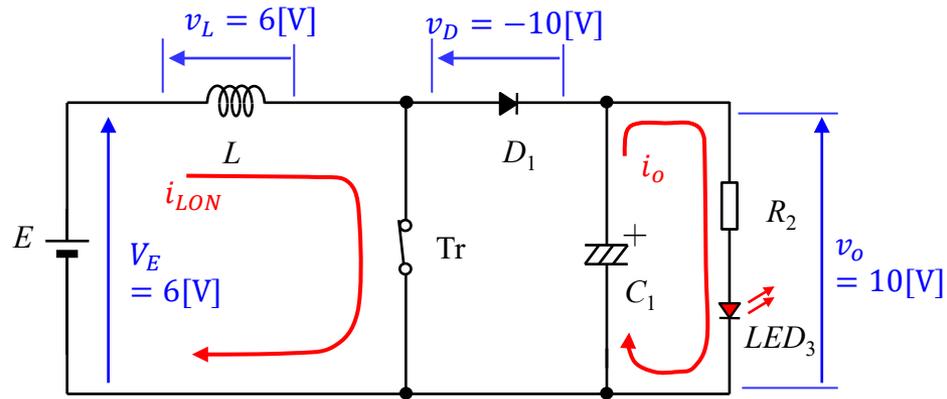
(b) $\delta = \text{large}$



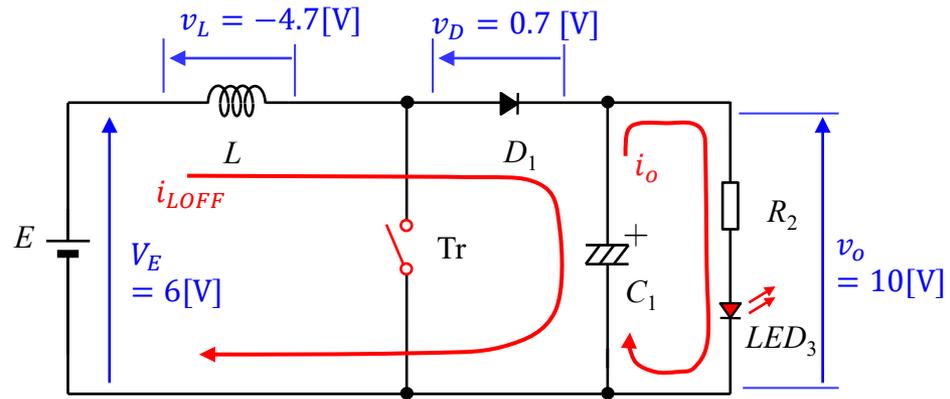
(c) $\delta = \text{very large}$

レポート課題 step5 (1) 解答

(a)昇圧チョッパ回路においてトランジスタTrオン時とオフ時のエネルギーの流れを図示せよ.



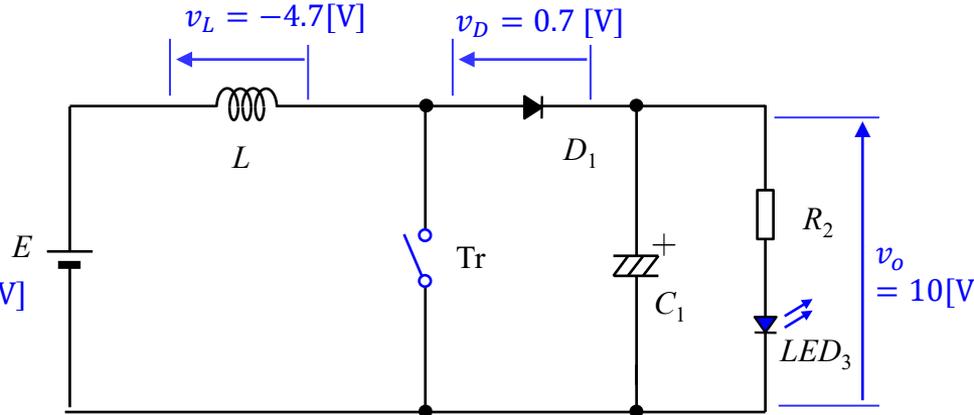
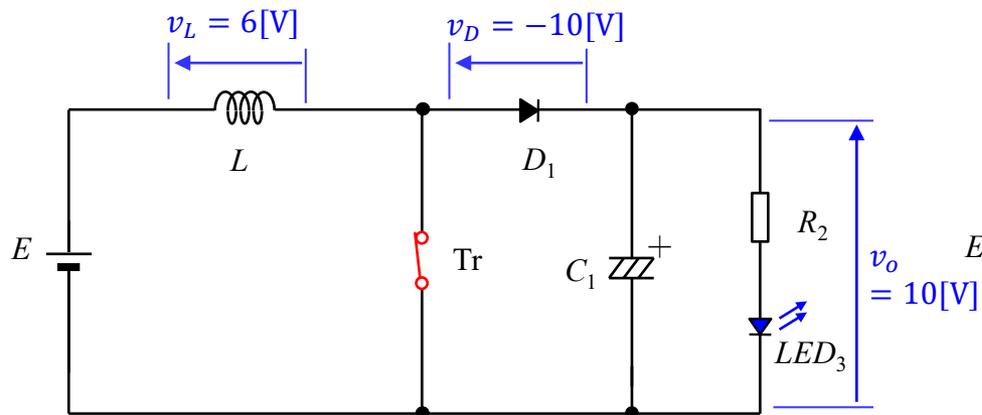
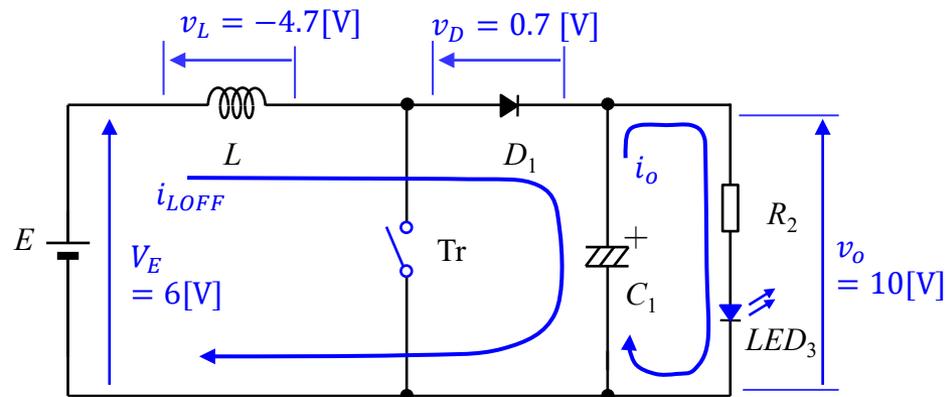
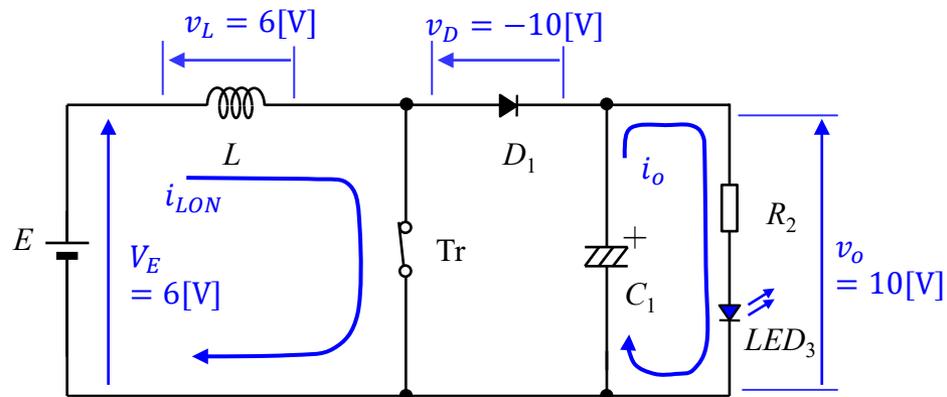
Tr: オン



Tr: オフ

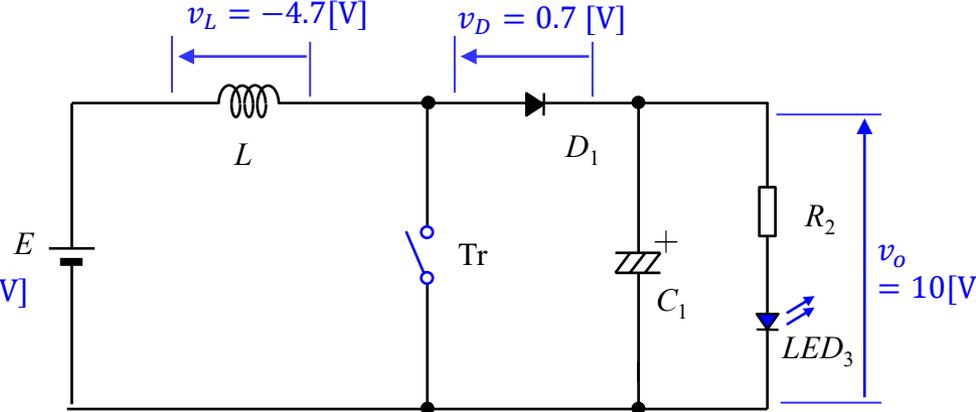
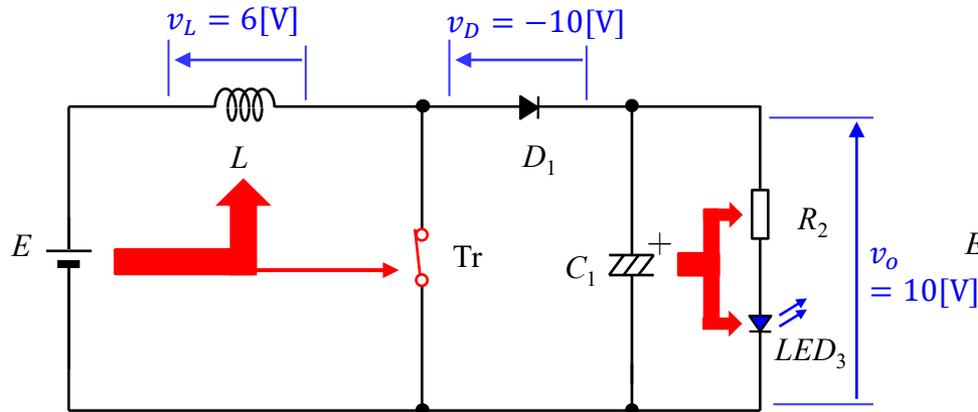
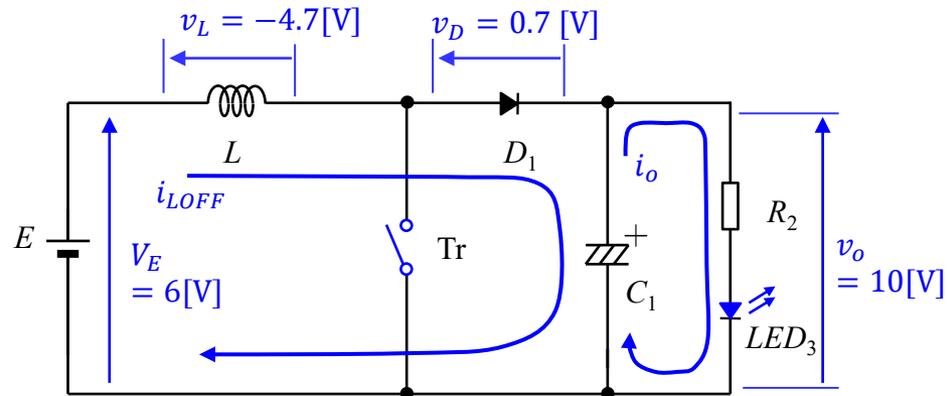
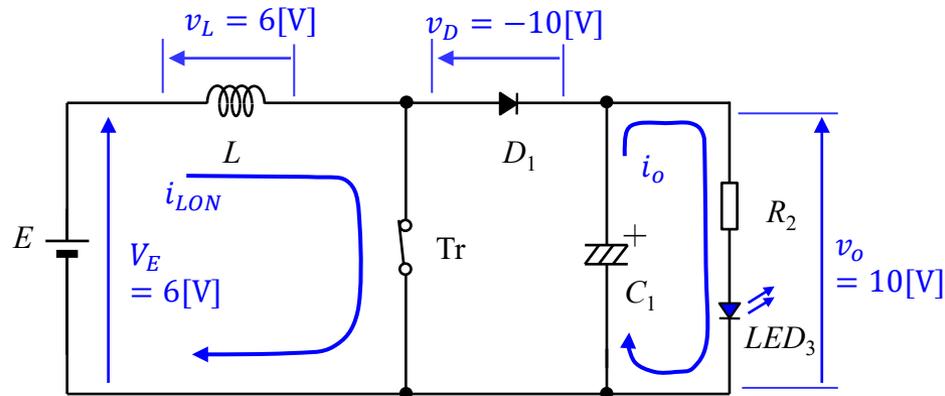
レポート課題 step5 (1) 解答

(a)昇圧チョッパ回路においてトランジスタTrオン時とオフ時のエネルギーの流れを図示せよ.



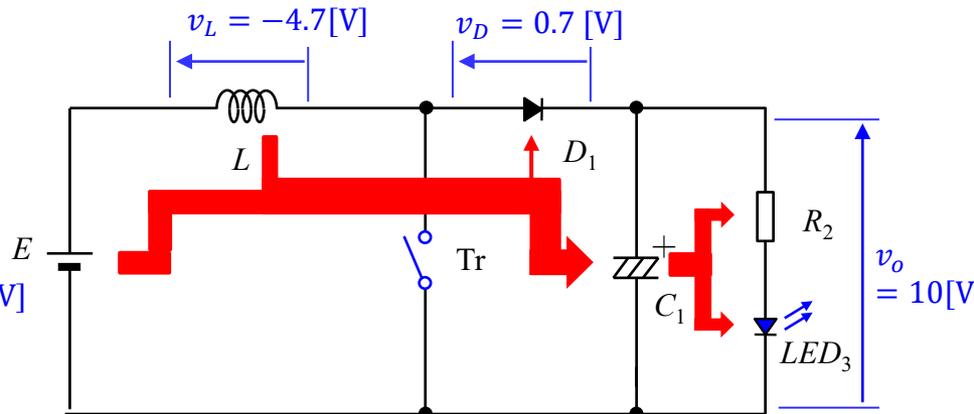
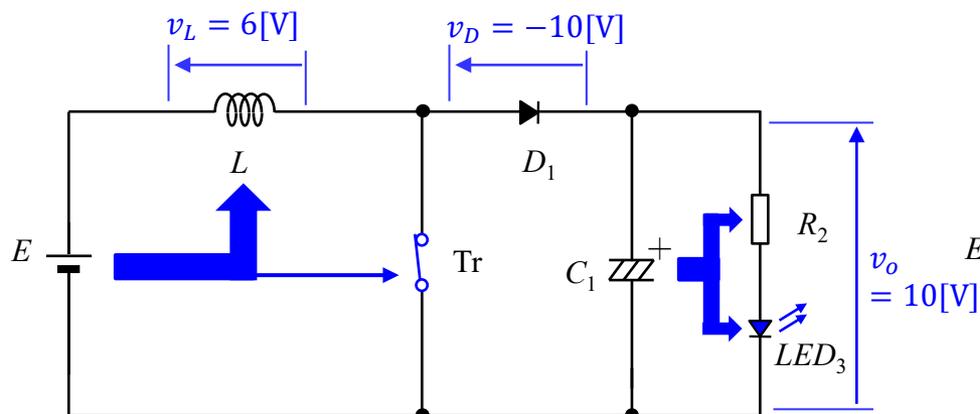
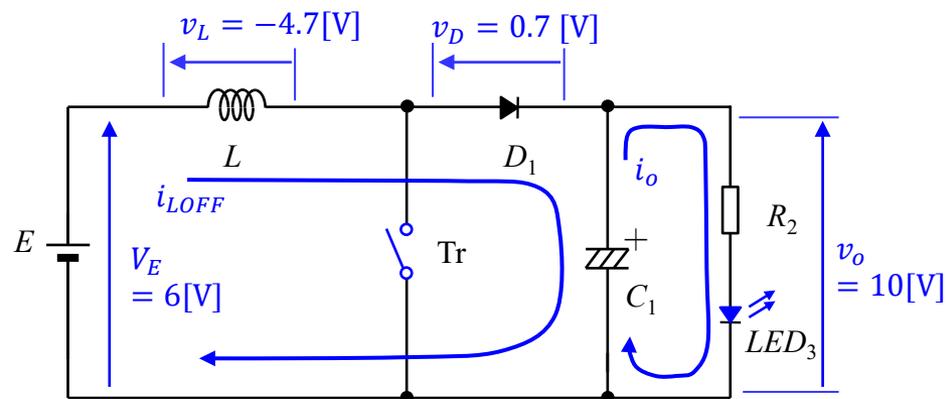
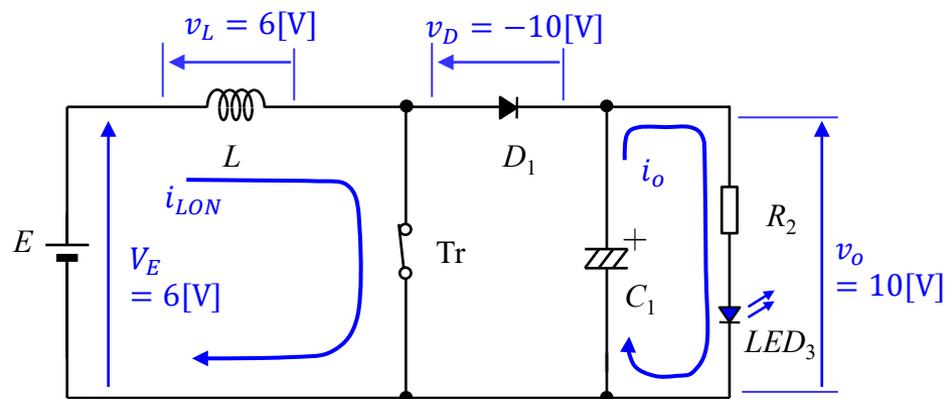
レポート課題 step5 (1) 解答

(a)昇圧チョッパ回路においてトランジスタTrオン時とオフ時のエネルギーの流れを図示せよ。



レポート課題 step5 (1) 解答

(a)昇圧チョッパ回路においてトランジスタTrオン時とオフ時のエネルギーの流れを図示せよ.



レポート課題 step5 (2) 解答

昇圧チョップ回路において通流率 $\delta=2/3$ のときの指令電圧 v_{com} , トランジスタ駆動電圧 v_{PWM} , ダイオード両端電圧 v_D , コイル両端電圧 v_L , コイル電流 i_L , ダイオード電流 i_D , 出力電流 i_o の各波形を求めよ. ただし, 電源電圧 $V_E = 6$ [V], 三角波電圧のピーク値 $V_{tp} = 3$ [v], 出力抵抗 $R_L = 20$ [Ω], コイルのインダクタンス $L_a = 400$ [μ H], スイッチング周期 $T_{sw} = 50$ [μ s] (スイッチング周波数 $f_{sw} = 20$ [kHz]) とする. ただし, コンデンサ C_2 の静電容量は出力電圧が直流であると見なせるに十分な大きさであり, 回路内の損失は無視できるものとする.

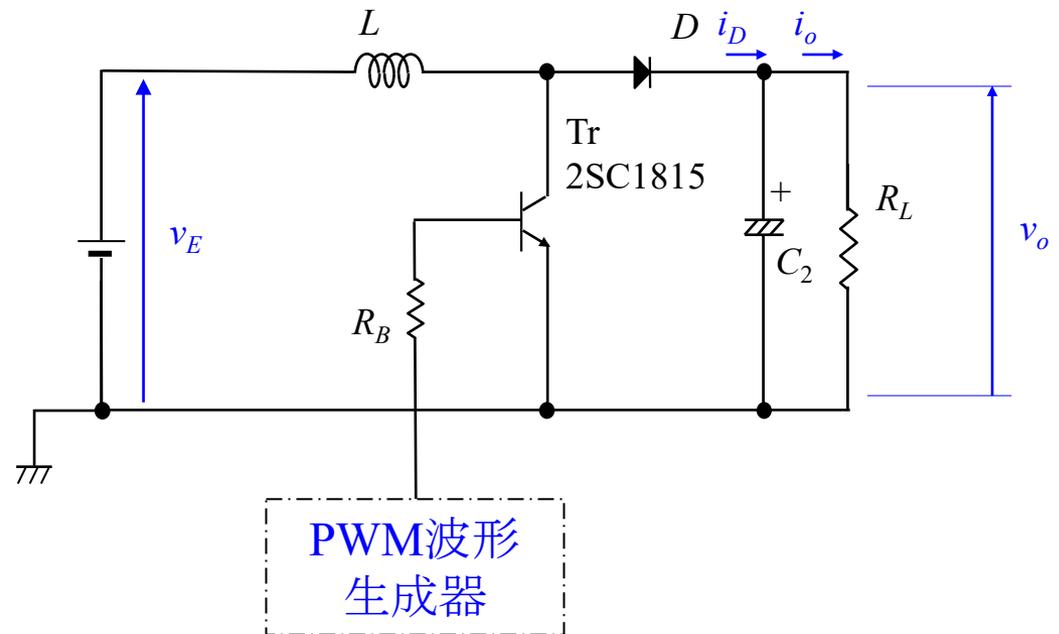
ヒント

テキストの図5.3, 図5.5,
p. 69, 70の各式参照

v_o を求める. $\rightarrow i_o$ を求める.
 $\rightarrow \bar{i}_L$ を求める.

また, (5.6)式から ΔI を求める.

図5.5を参考に v_{com} , v_{PWM} , v_{tri} , v_L ,
 i_L , v_o , i_o の波形を描く. v_D , i_D の
波形はがんばって考えて描く.



$$v_o = V_o = \frac{1}{1 - \delta} V_E = \frac{1}{1 - \frac{2}{3}} 6 = 18 \text{ [V]}$$

$$i_o = I_o = \frac{V_o}{R_L} = \frac{18 \text{ [V]}}{20 \text{ [\Omega]}} = 0.9 \text{ [A]}$$

Trオン時

$$E_{in} = \int_{T_{on}}^{T_{SW}} V_o i_L dt = V_o \bar{i}_L (T_{SW} - T_{on})$$

$$E_{out} = V_o I_o T_{SW}$$

$$\bar{i}_L = \frac{T_{SW}}{T_{SW} - T_{on}} V_E = \frac{1}{1 - \delta} I_o = \frac{1}{1 - \frac{2}{3}} 0.9 = 2.7 \text{ [A]}$$

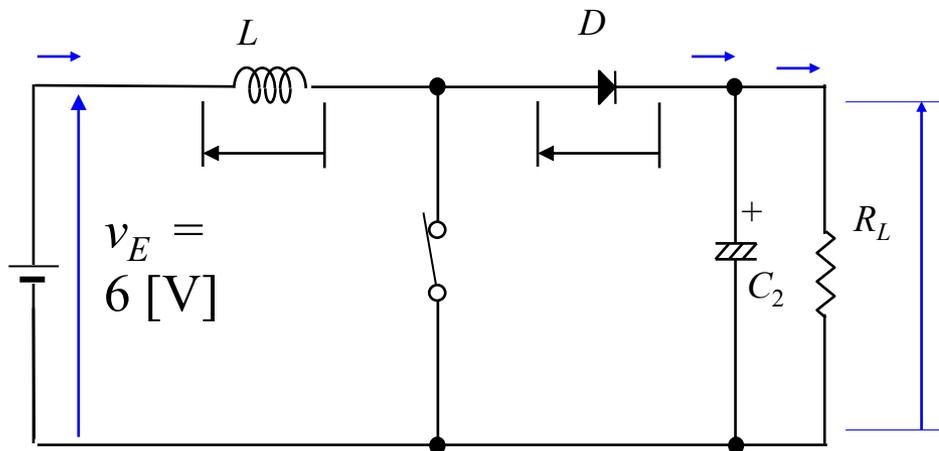
$$-\Delta I = \frac{V_E - V_o}{L} T_{SW} (1 - \delta) = \frac{6 - 18}{400 \times 10^{-6}} \times 50 \times 10^{-6} \times \left(1 - \frac{2}{3}\right) = -0.5 \text{ [A]}$$

$$i_L = i_D = \bar{i}_L \pm \frac{\Delta I}{2} = 2.45 \rightarrow 2.95 \text{ [A]}$$

Trオフ時

$$i_L = 2.95 \rightarrow 2.45 \text{ [A]}$$

レポート課題 step5 (2) 解答



$$v_o = V_o = 18 \text{ [V]}$$

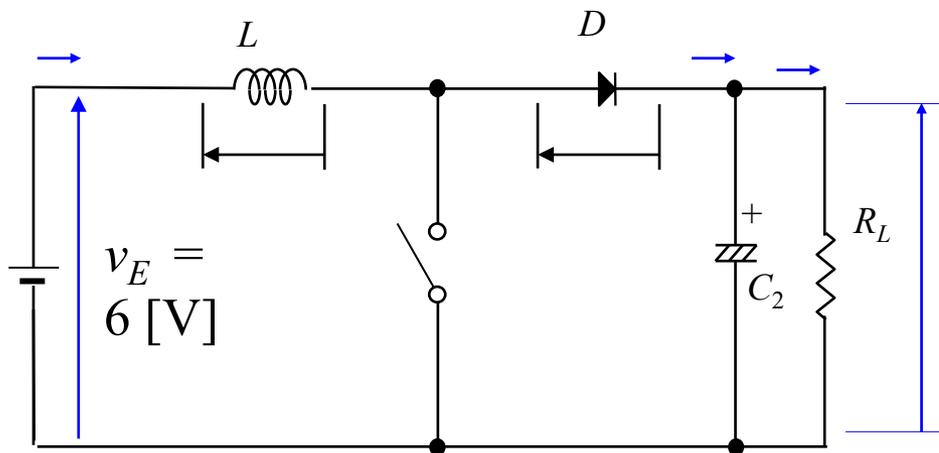
$$i_o = I_o = 0.9 \text{ [A]}$$

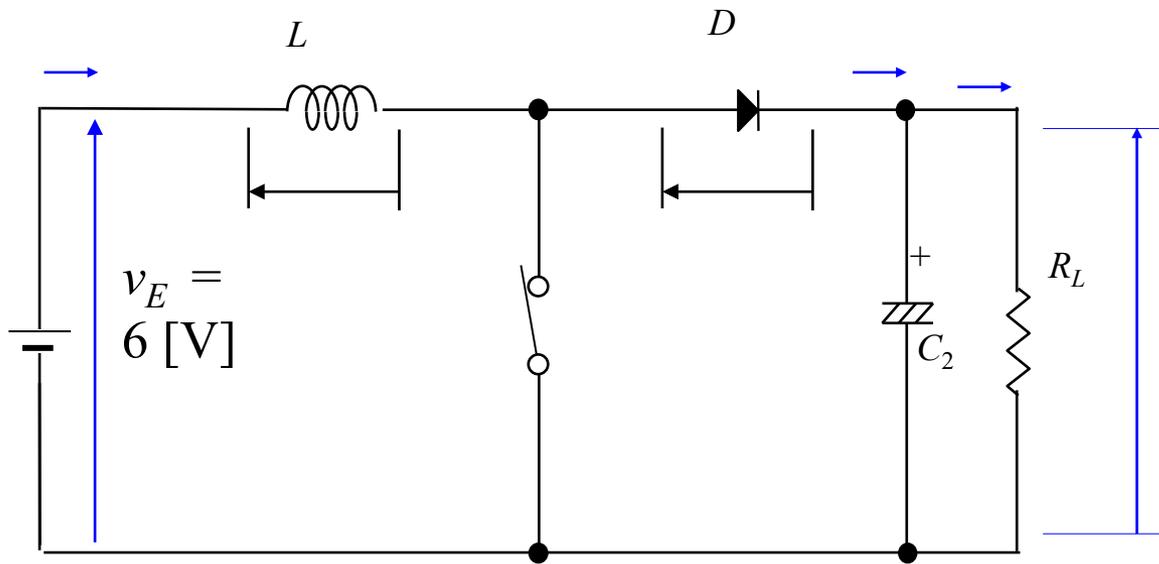
Trオン時

$$i_L = i_D = 2.45 \rightarrow 2.95 \text{ [A]}$$

Trオフ時

$$i_L = 2.95 \rightarrow 2.45 \text{ [A]}$$





$$v_o = V_o = 18 \text{ [V]}$$

$$i_o = I_o = 0.9 \text{ [A]}$$

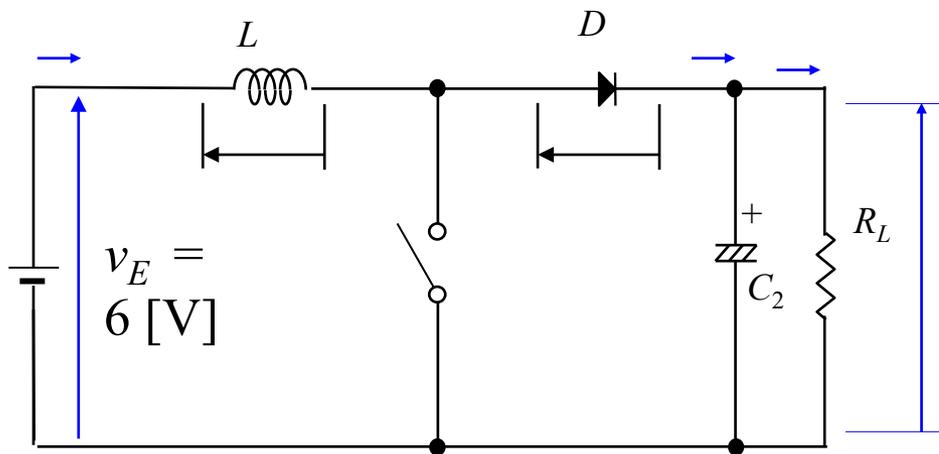
Trオン時

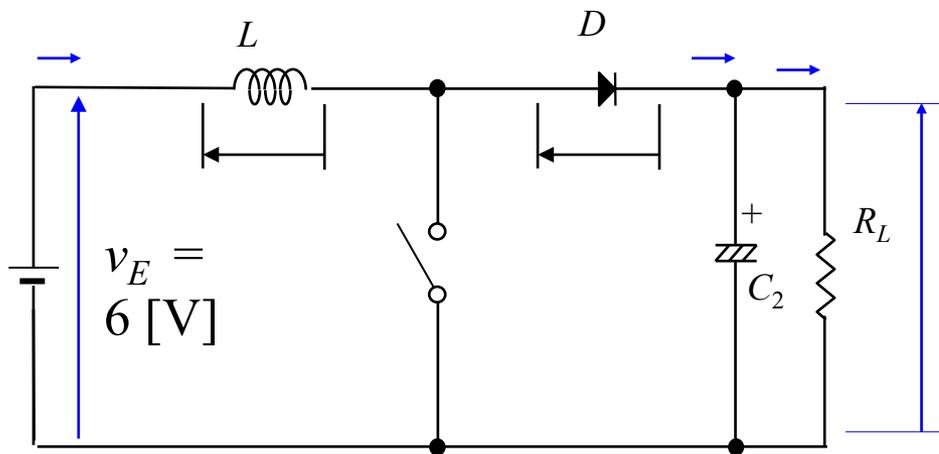
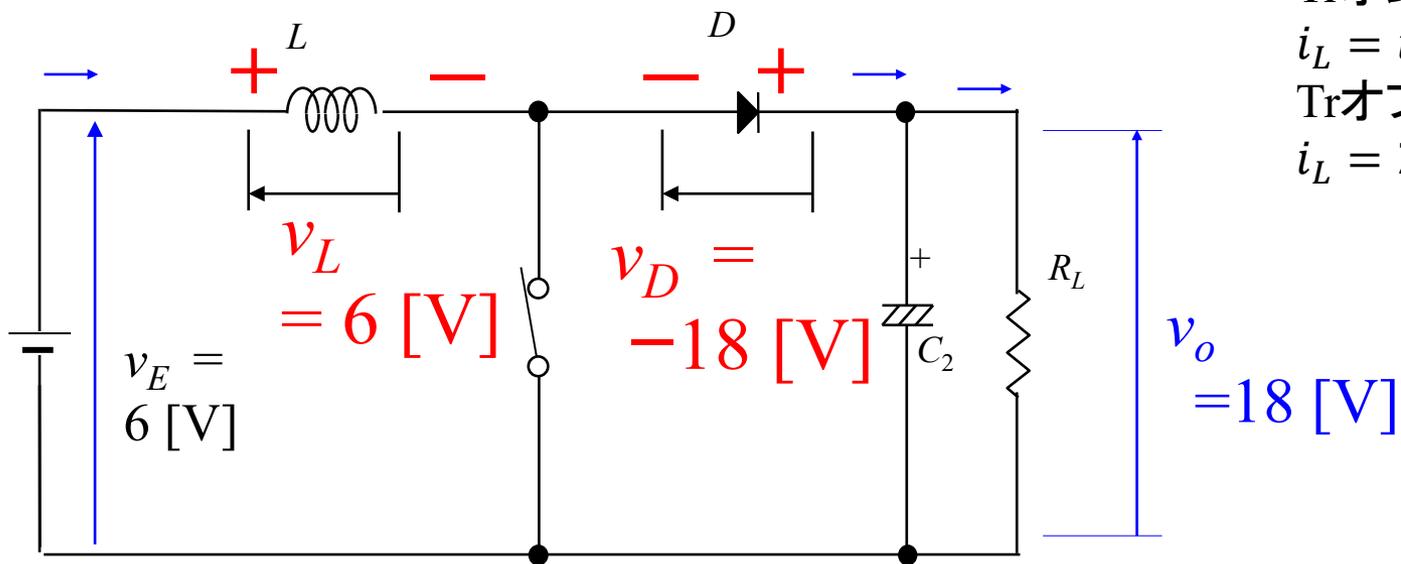
$$i_L = i_D = 2.45 \rightarrow 2.95 \text{ [A]}$$

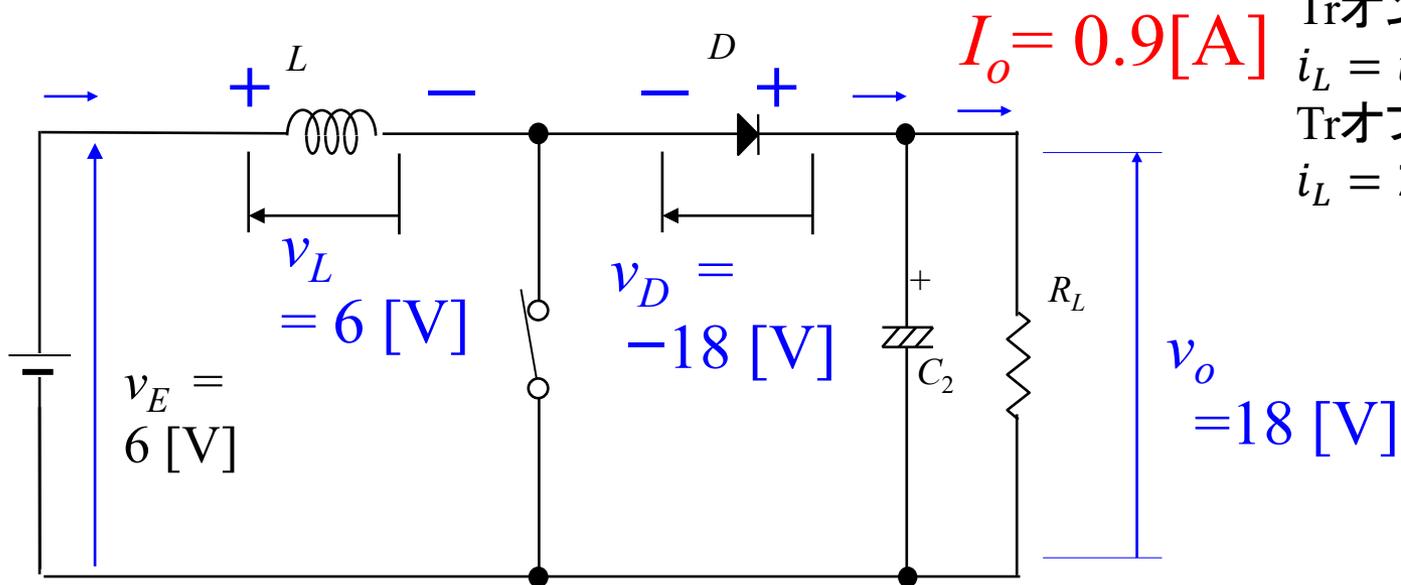
Trオフ時

$$i_L = 2.95 \rightarrow 2.45 \text{ [A]}$$

$$v_o = 18 \text{ [V]}$$







$$v_o = V_o = 18 \text{ [V]}$$

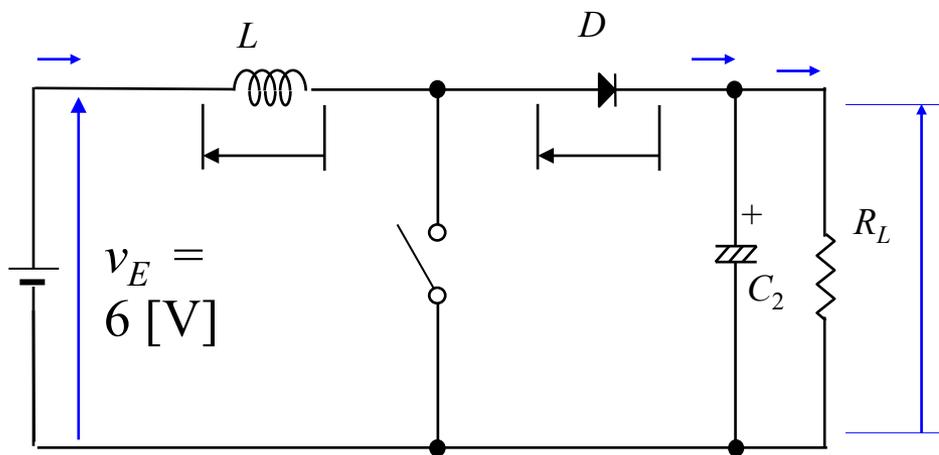
$$i_o = I_o = 0.9 \text{ [A]}$$

Trオン時

$$i_L = i_D = 2.45 \rightarrow 2.95 \text{ [A]}$$

Trオフ時

$$i_L = 2.95 \rightarrow 2.45 \text{ [A]}$$



$$i_L = 2.45 \rightarrow 2.95 \text{ [A]}$$

$$i_D = 0 \text{ [A]}$$

$$v_o = V_o = 18 \text{ [V]}$$

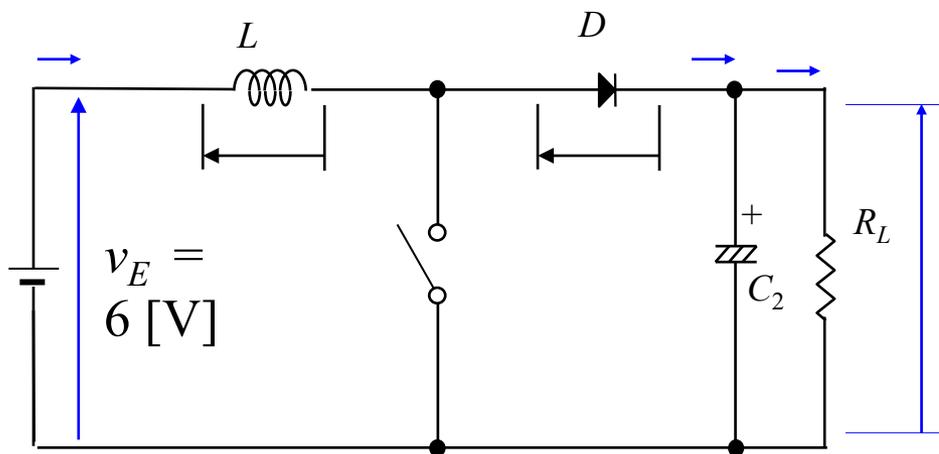
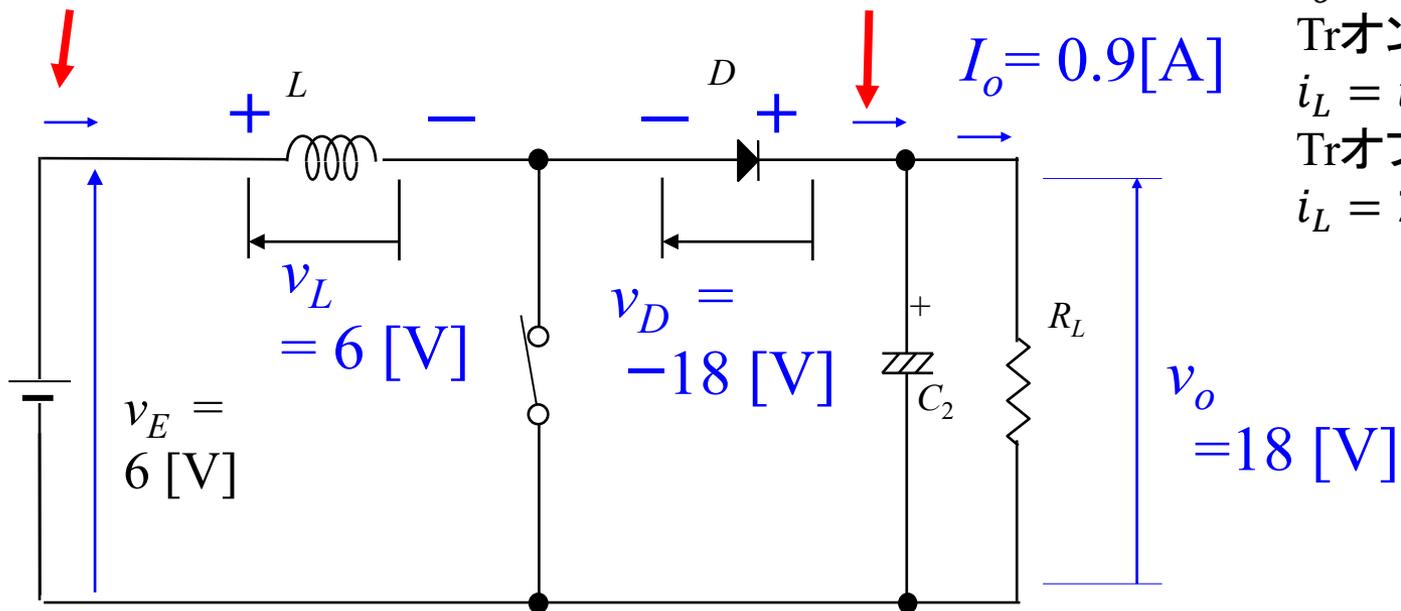
$$i_o = I_o = 0.9 \text{ [A]}$$

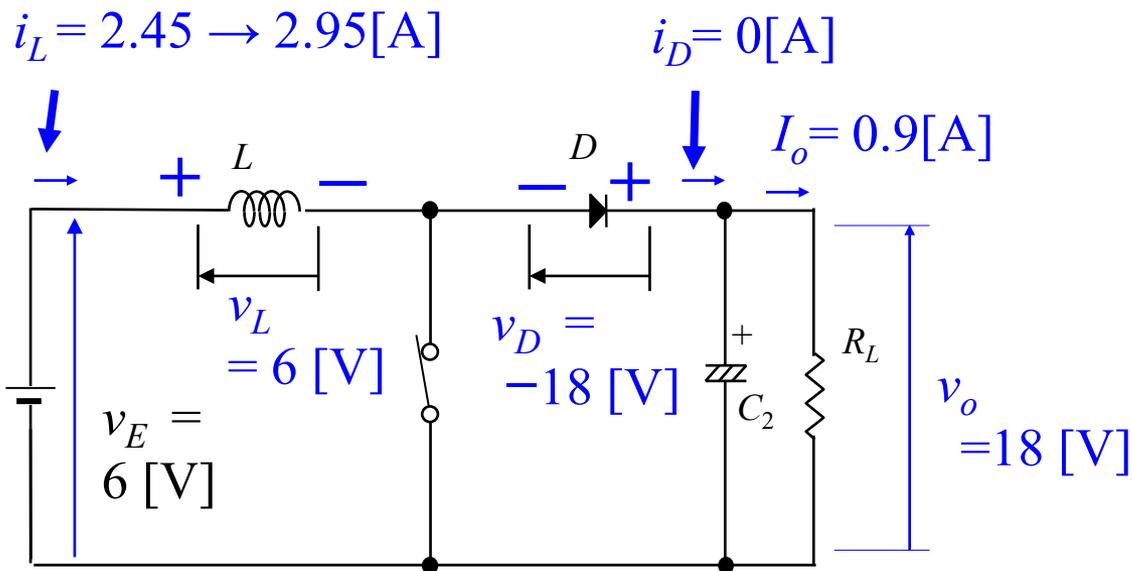
Trオン時

$$i_L = i_D = 2.45 \rightarrow 2.95 \text{ [A]}$$

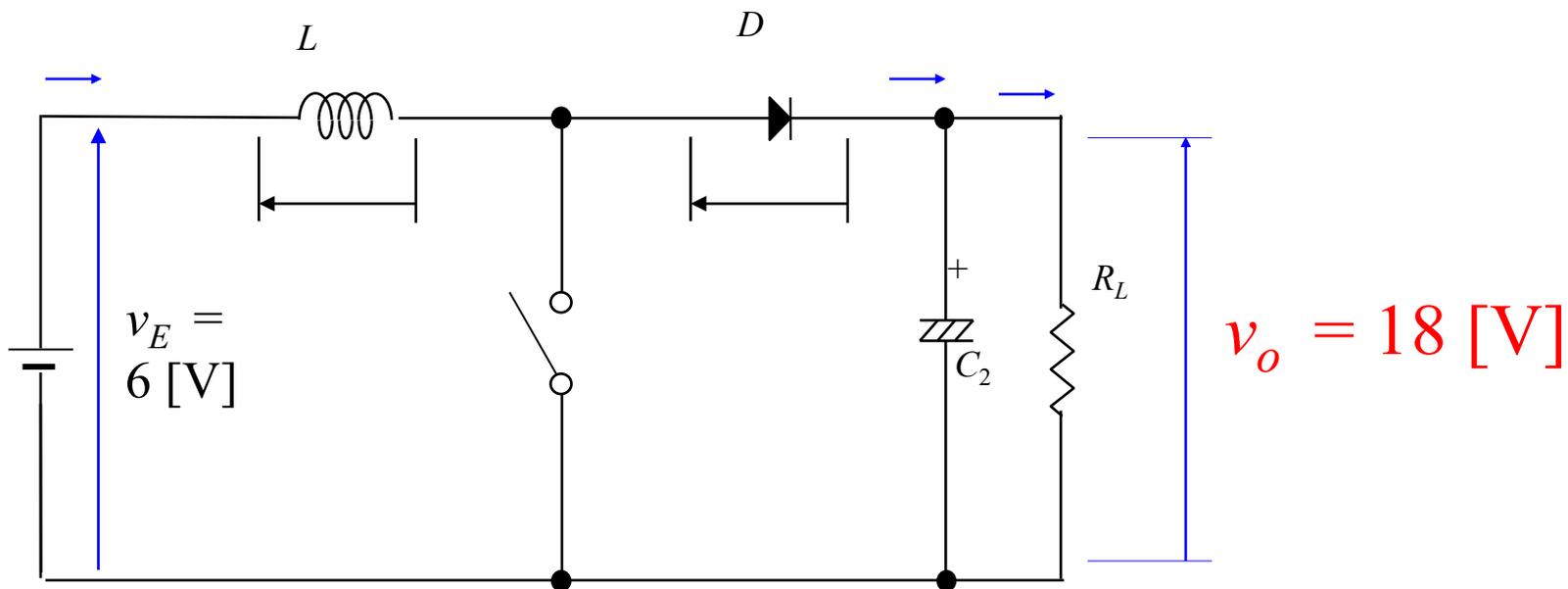
Trオフ時

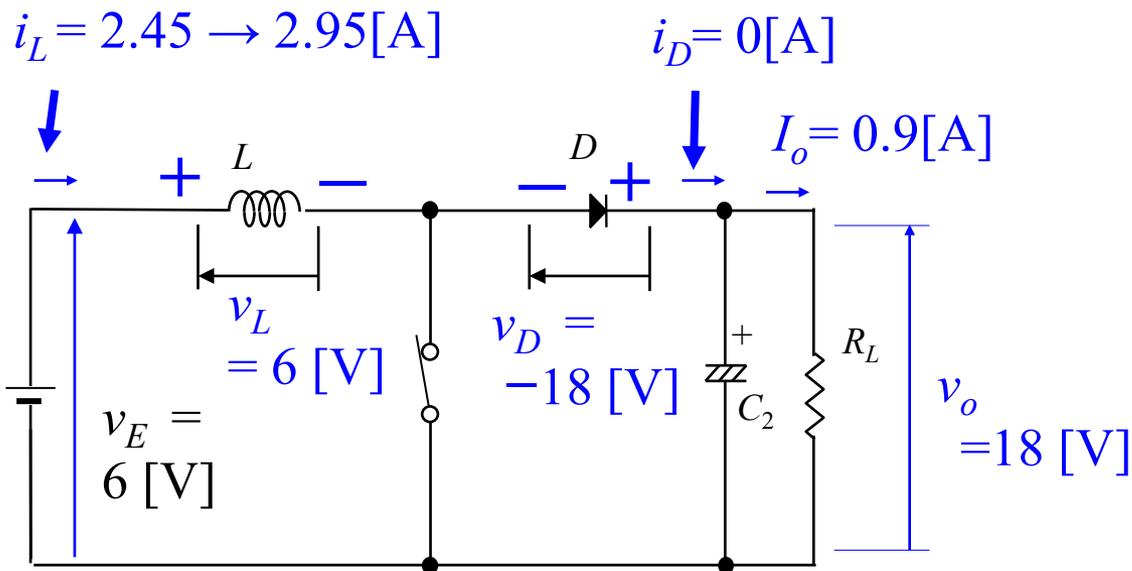
$$i_L = 2.95 \rightarrow 2.45 \text{ [A]}$$



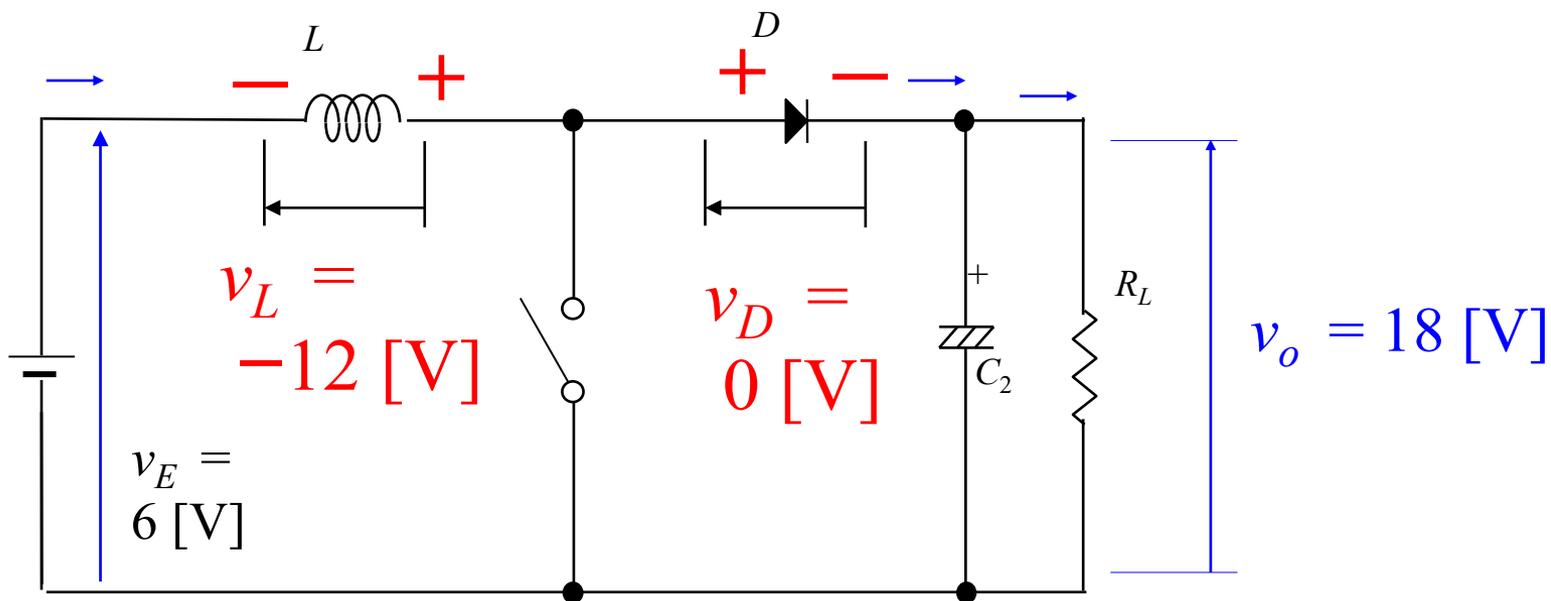


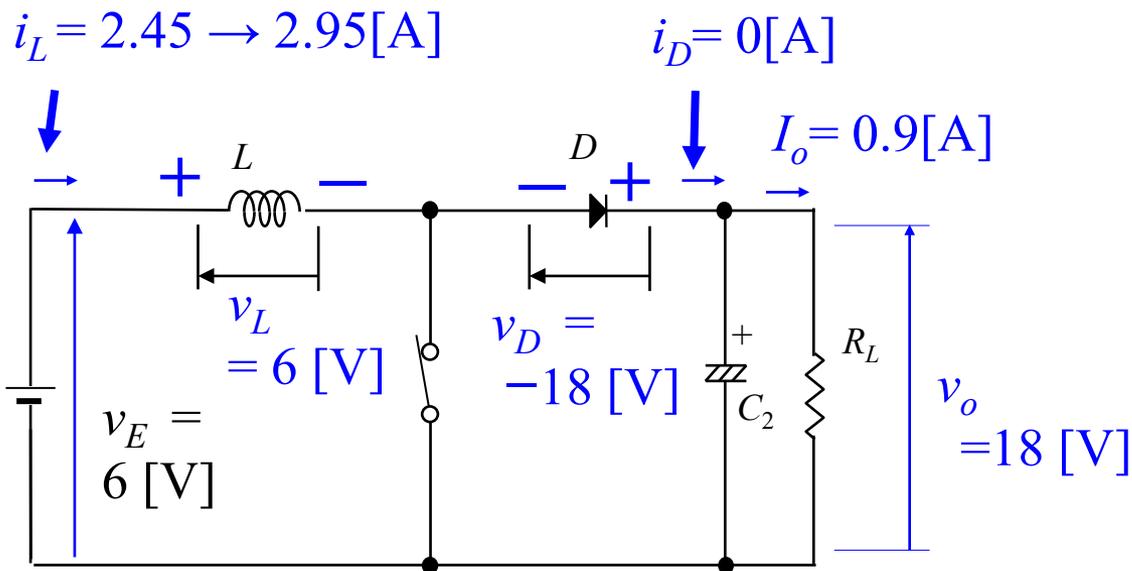
$v_o = V_o = 18 \text{ [V]}$
 $i_o = I_o = 0.9 \text{ [A]}$
 Trオン時
 $i_L = i_D = 2.45 \rightarrow 2.95 \text{ [A]}$
 Trオフ時
 $i_L = 2.95 \rightarrow 2.45 \text{ [A]}$



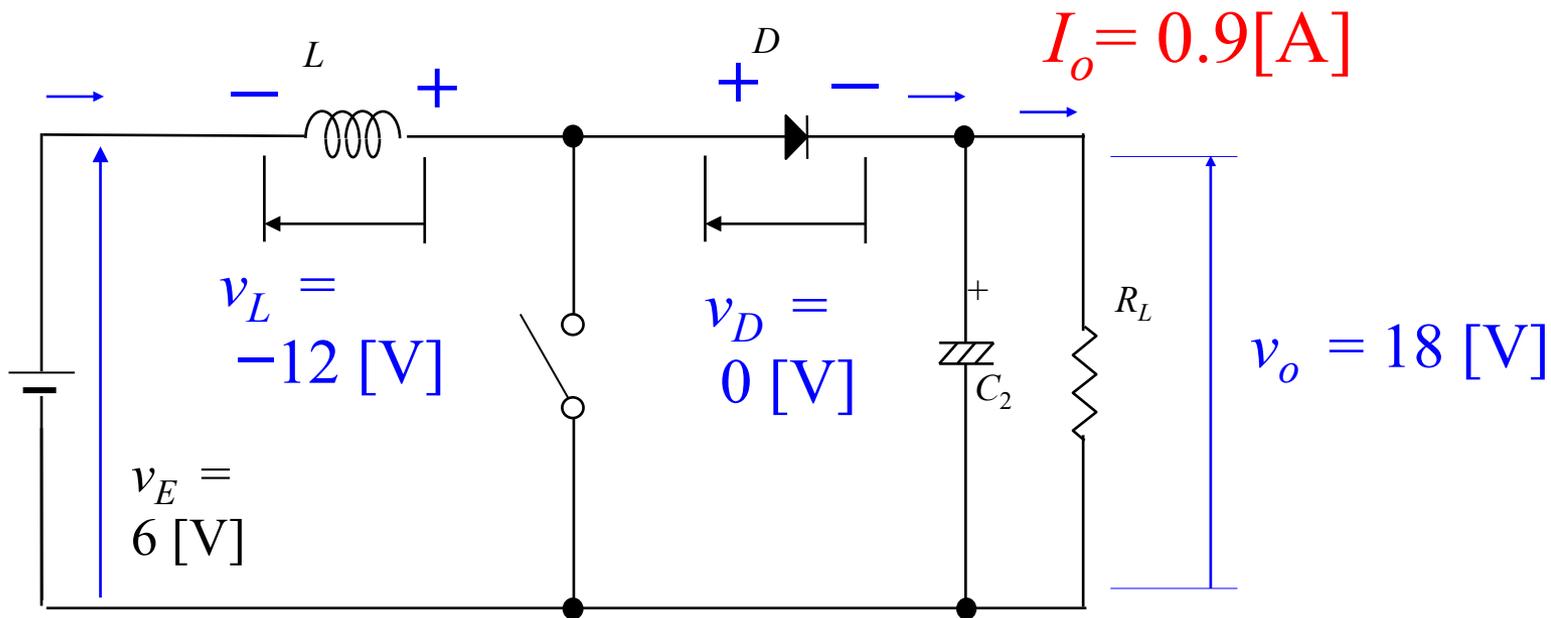


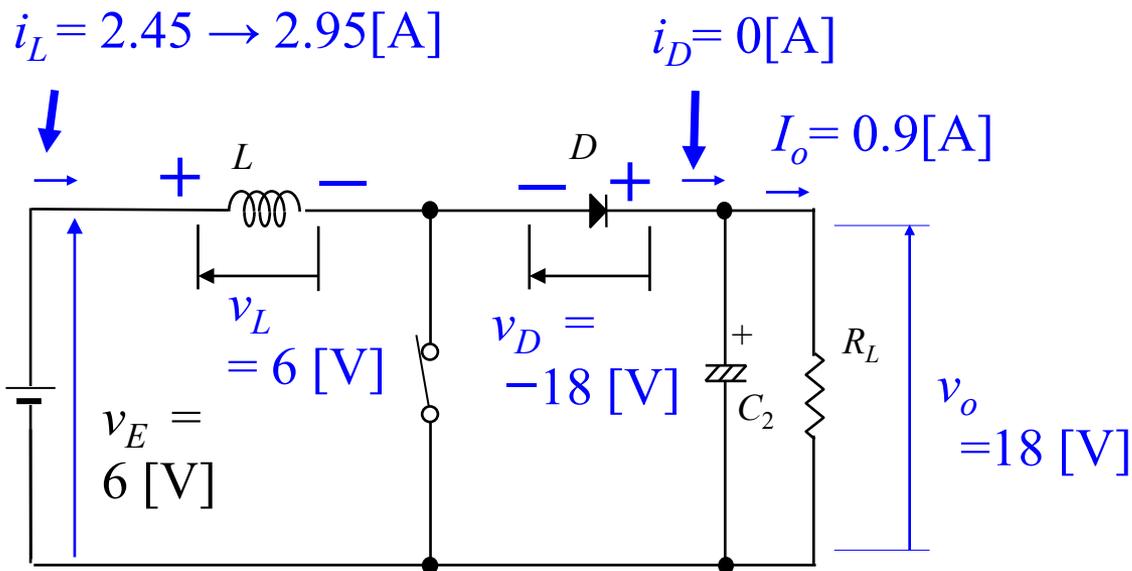
$v_o = V_o = 18 \text{ [V]}$
 $i_o = I_o = 0.9 \text{ [A]}$
 Trオン時
 $i_L = i_D = 2.45 \rightarrow 2.95 \text{ [A]}$
 Trオフ時
 $i_L = 2.95 \rightarrow 2.45 \text{ [A]}$



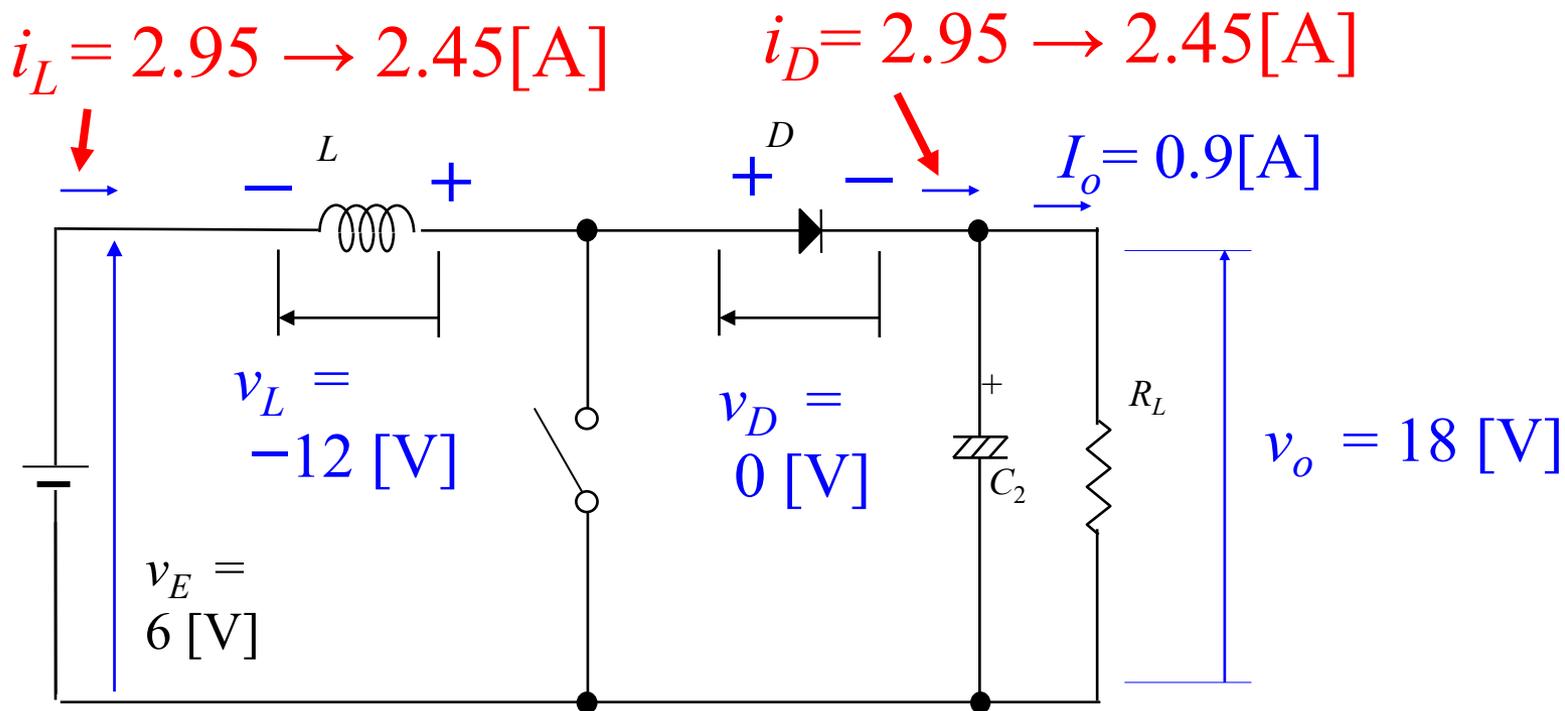


$v_o = V_o = 18 \text{ [V]}$
 $i_o = I_o = 0.9 \text{ [A]}$
 Trオン時
 $i_L = i_D = 2.45 \rightarrow 2.95 \text{ [A]}$
 Trオフ時
 $i_L = 2.95 \rightarrow 2.45 \text{ [A]}$

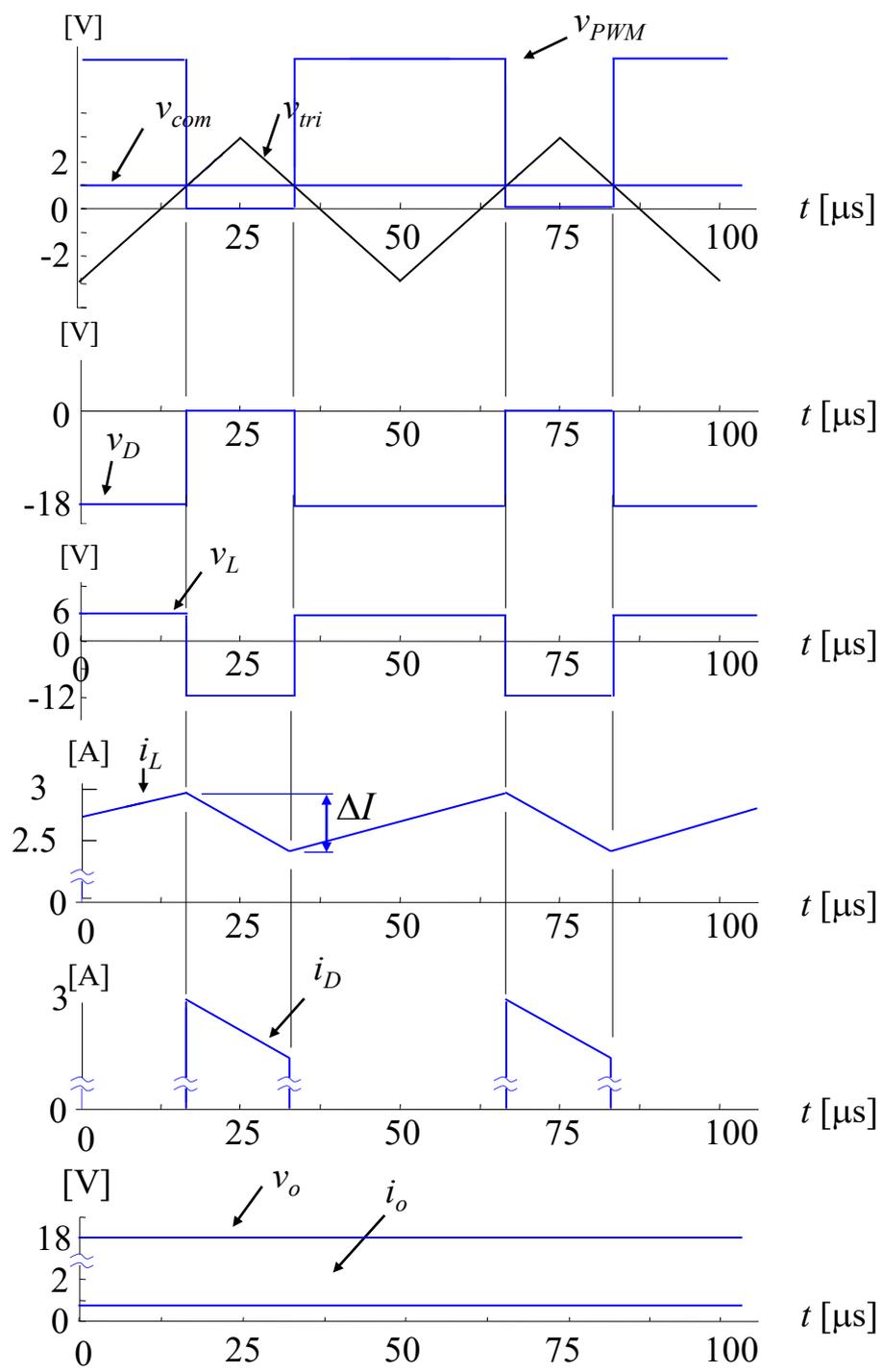




$v_o = V_o = 18 \text{ [V]}$
 $i_o = I_o = 0.9 \text{ [A]}$
 Trオン時
 $i_L = i_D = 2.45 \rightarrow 2.95 \text{ [A]}$
 Trオフ時
 $i_L = 2.95 \rightarrow 2.45 \text{ [A]}$

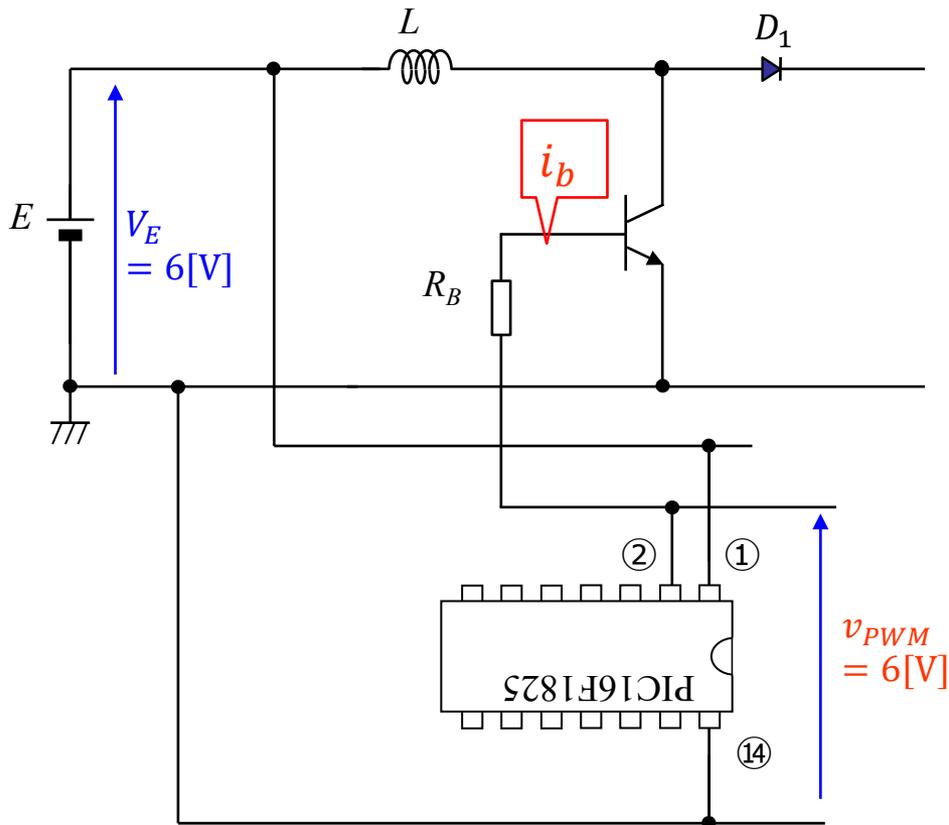


レポート課題
Step5 (2) 解答

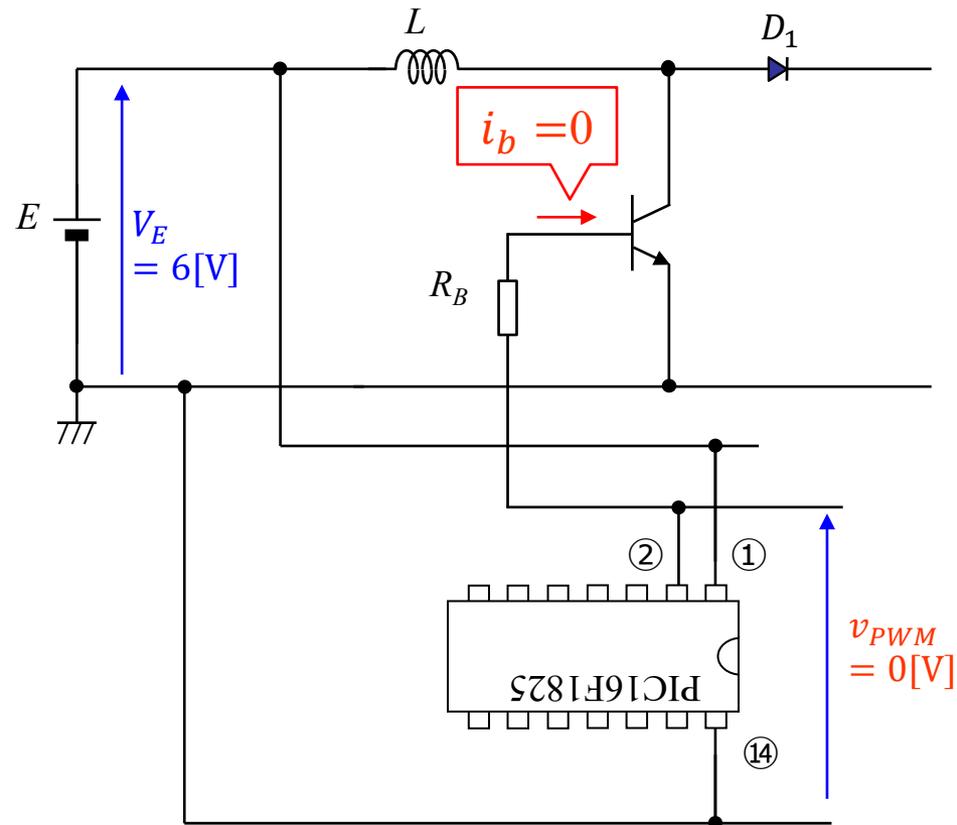


レポート課題 STEP5(3) 解答

昇圧チョッパ回路において、Trオン時とオフ時のベース電流 i_B の経路をマイコン内も含めて示せ。



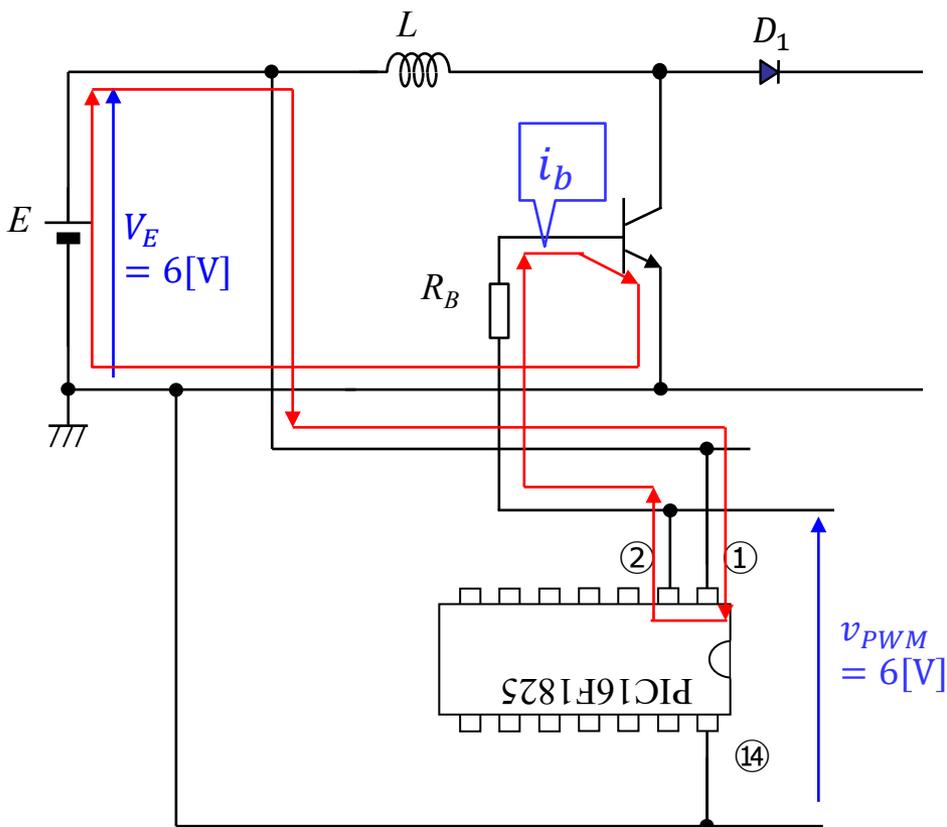
(a) $v_{PWM} = 6[V]$ のとき



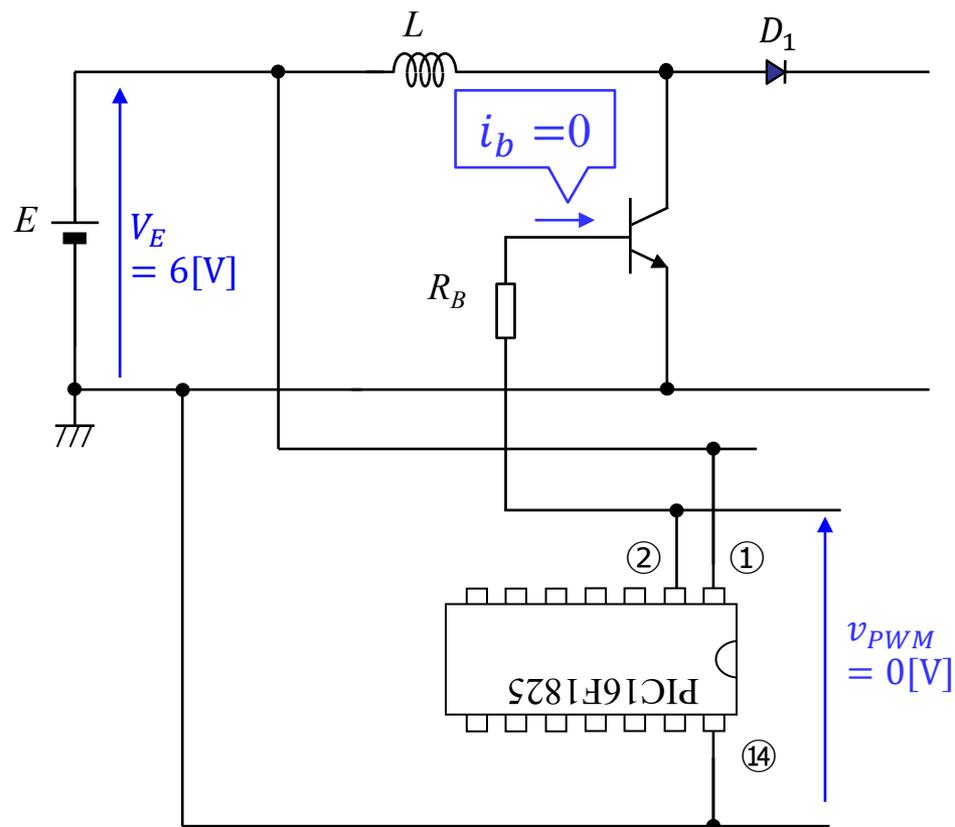
(a) $v_{PWM} = 0[V]$ のとき

レポート課題 STEP5(3) 解答

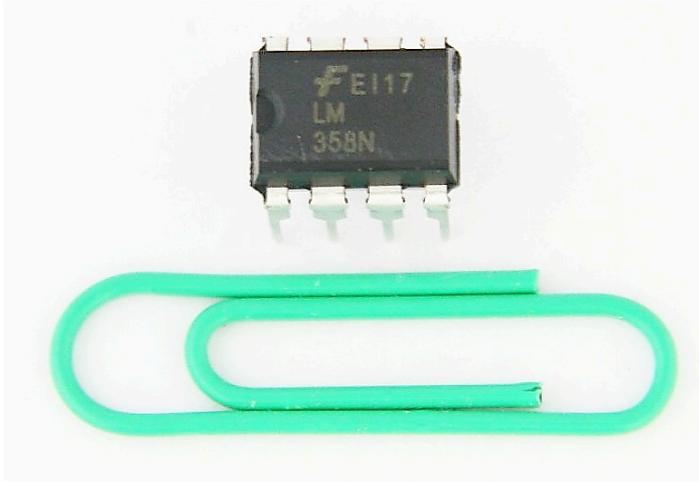
昇圧チョッパ回路において、Trオン時とオフ時のベース電流 i_B の経路をマイコン内も含めて示せ。



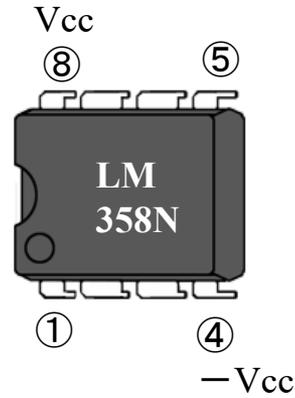
(a) $v_{PWM} = 6[V]$ のとき



(a) $v_{PWM} = 0[V]$ のとき

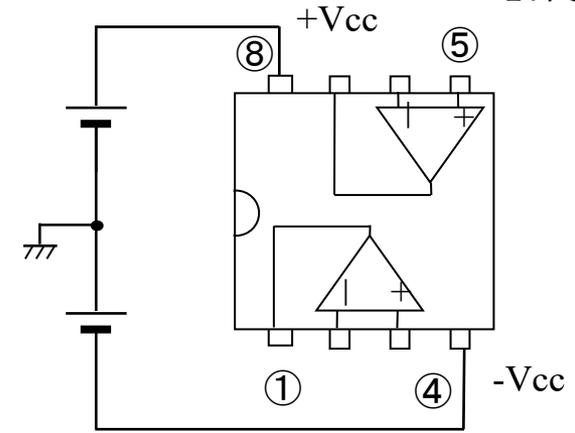


オペアンプ(LM358N)の外観



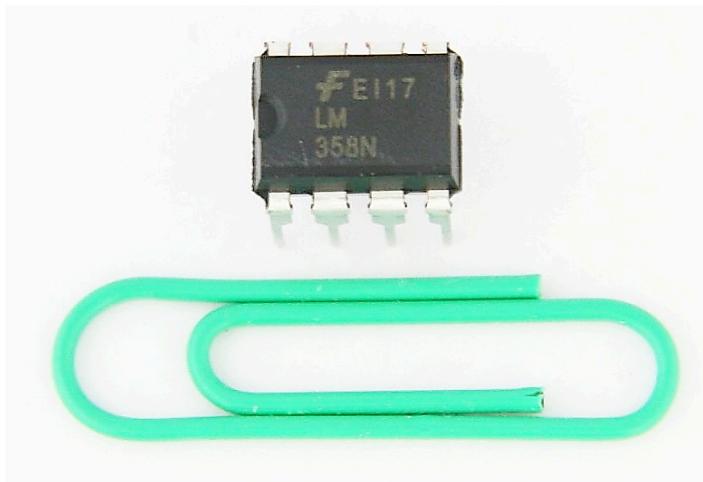
オペアンプの立体図

オペアンプ(LM358N)

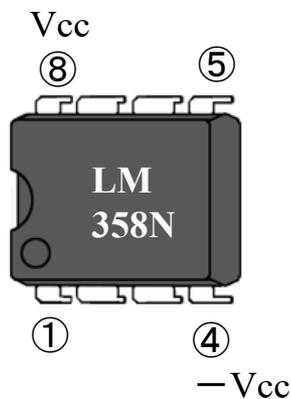


オペアンプ(LM358N)
の内部配線

図6.2 オペアンプの記号

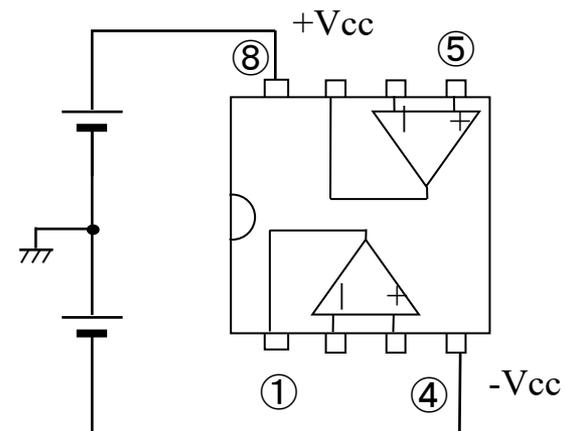


オペアンプ(LM358N)の外観



オペアンプの立体図

オペアンプ(LM358N)



オペアンプ(LM358N)
の内部配線

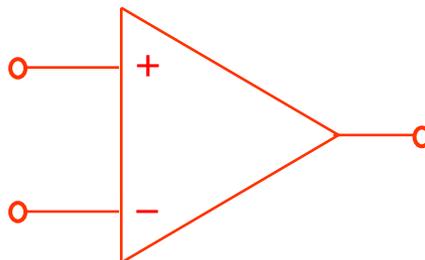
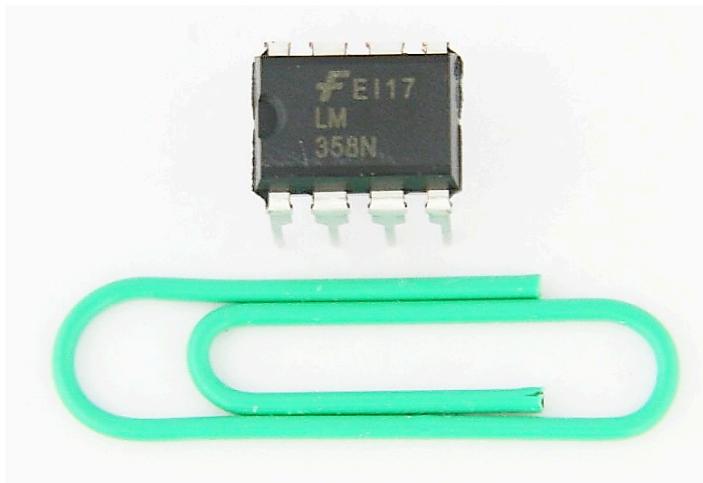
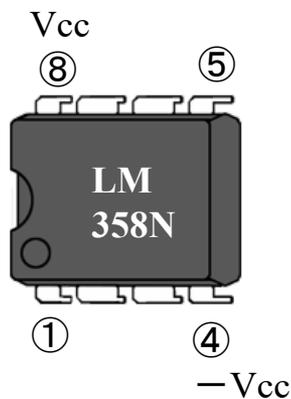


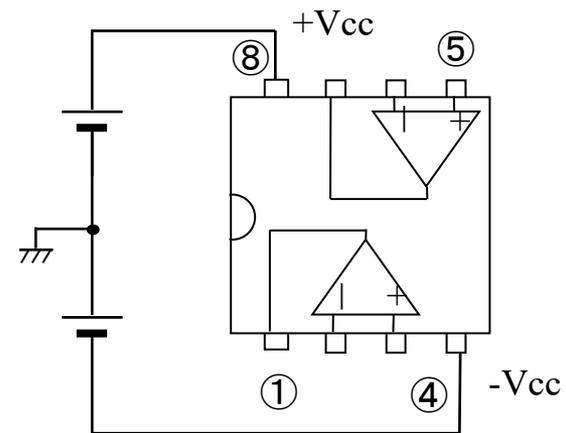
図6.2 オペアンプの記号



オペアンプ(LM358N)の外観



オペアンプの立体図
オペアンプ(LM358N)



オペアンプ(LM358N)
の内部配線

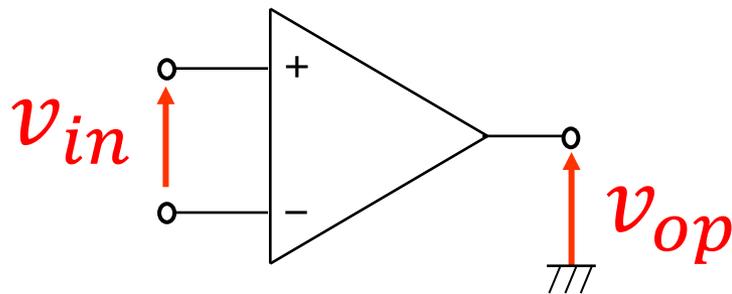
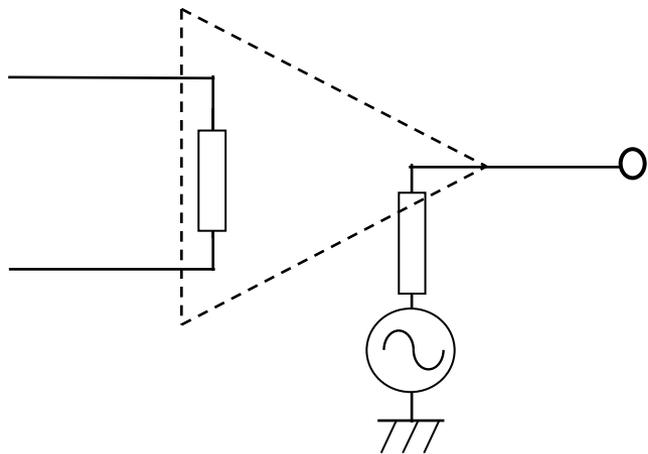
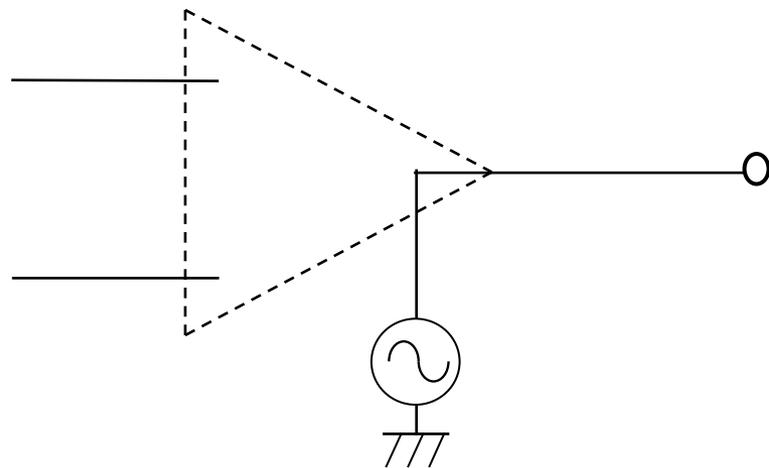


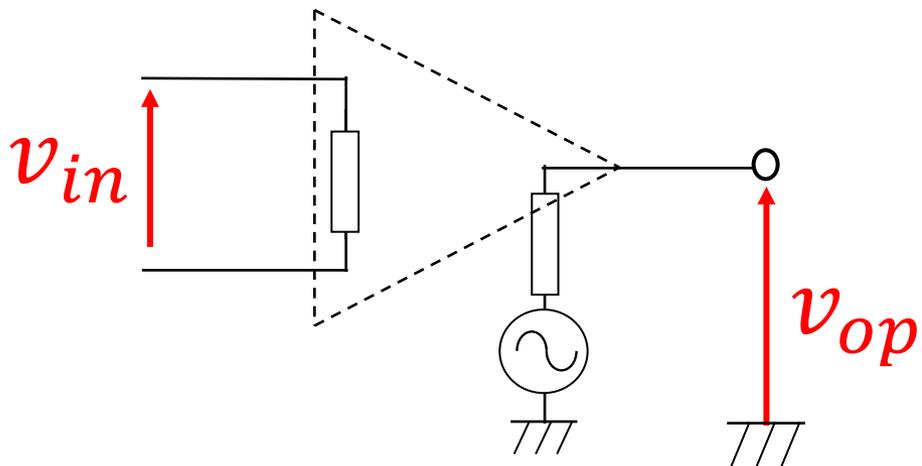
図6.2 オペアンプの記号



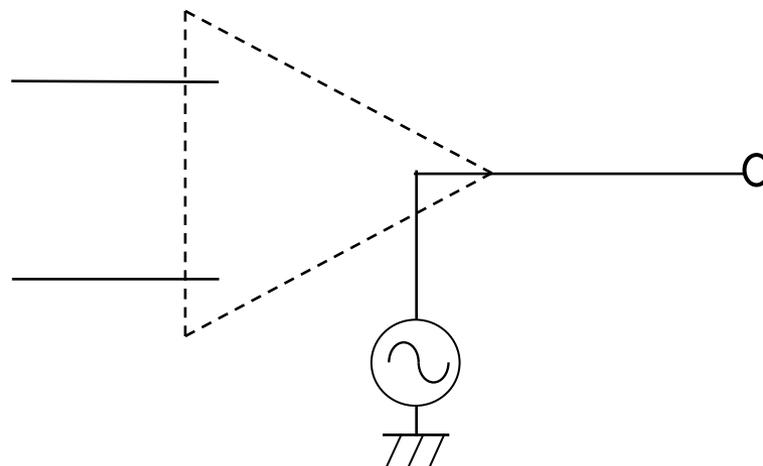
オペアンプの等価回路



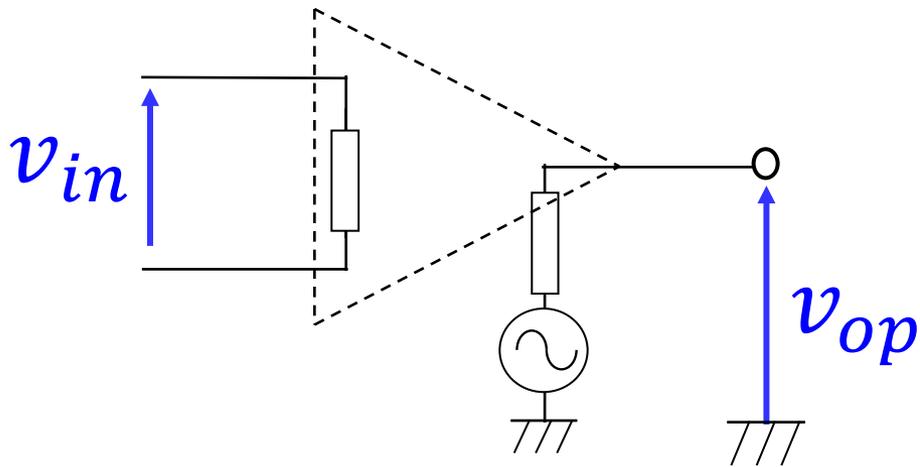
オペアンプの近似等価回路



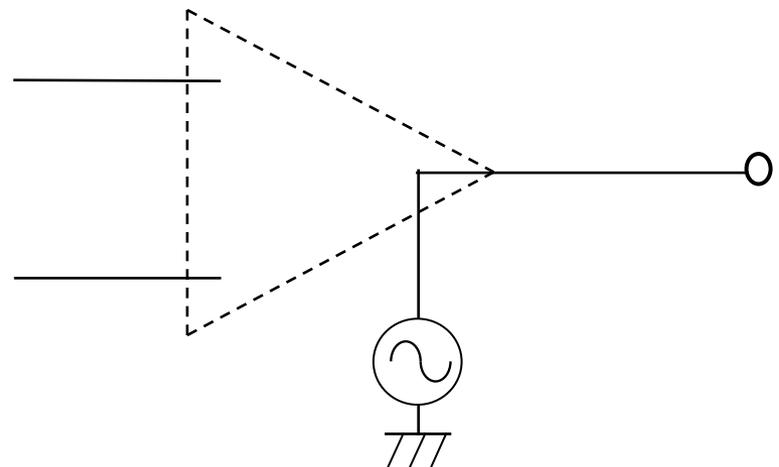
オペアンプの等価回路



オペアンプの近似等価回路

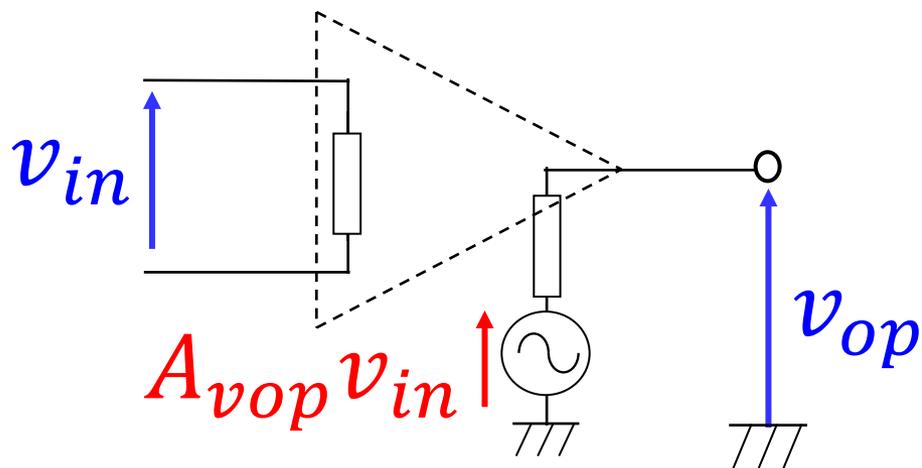


オペアンプの等価回路

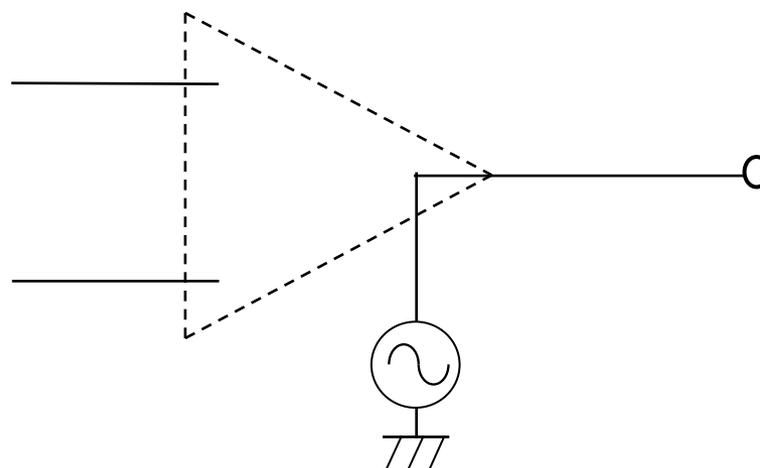


オペアンプの近似等価回路

電圧増幅度 ($A_{vop} = v_{op}/v_{in}$)



オペアンプの等価回路

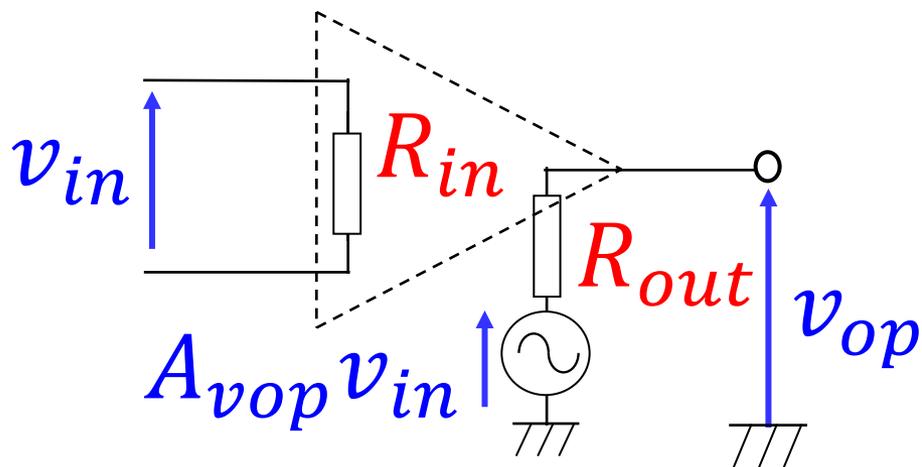


オペアンプの近似等価回路

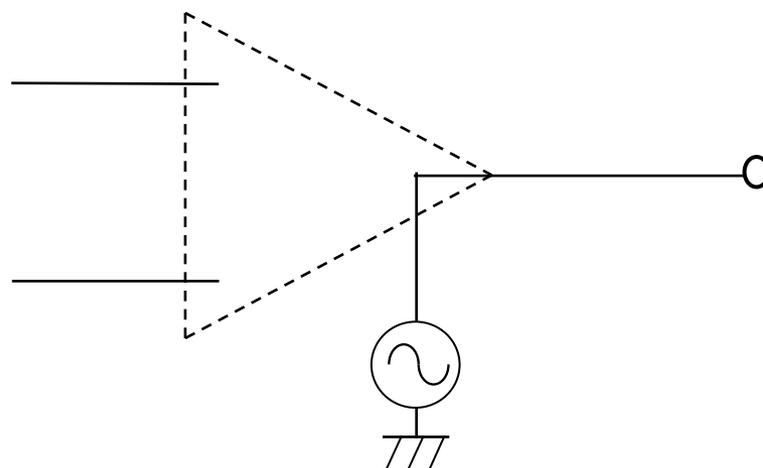
電圧増幅度 ($A_{vop} = v_{op}/v_{in}$)

入力抵抗: R_{in}

出力抵抗: R_{out}



オペアンプの等価回路

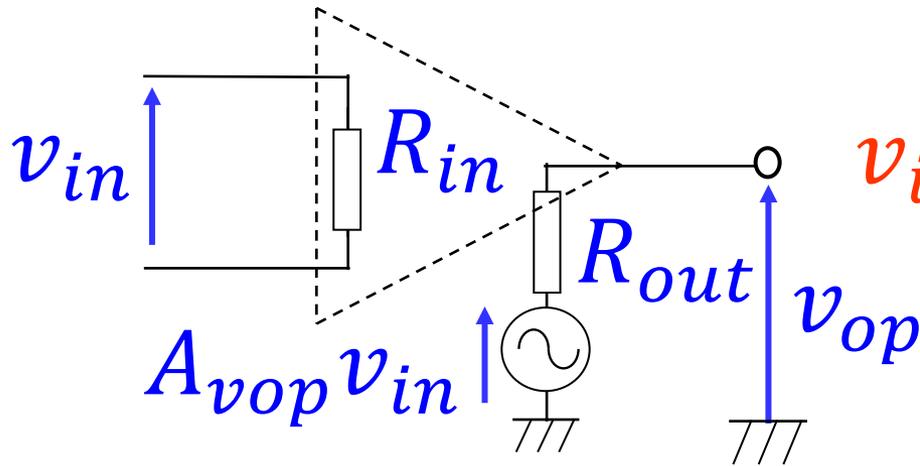


オペアンプの近似等価回路

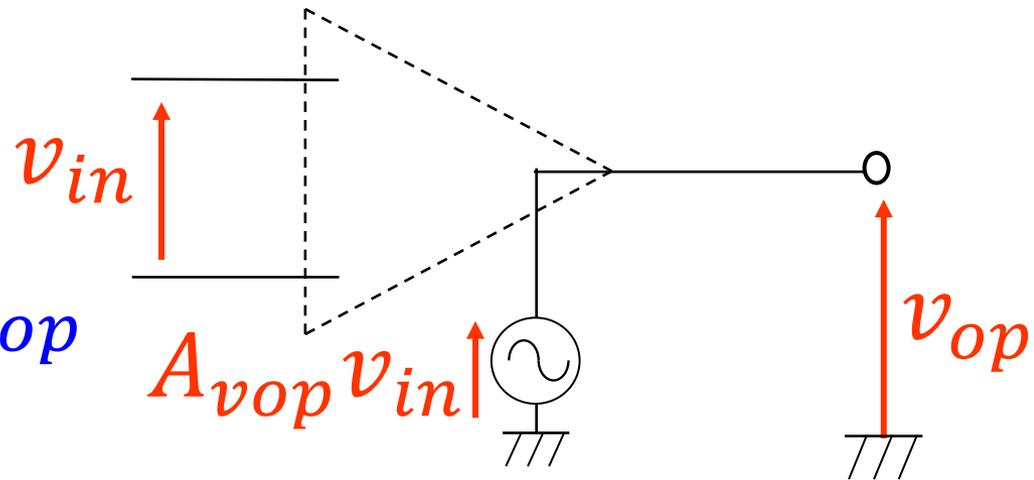
電圧増幅度 ($A_{vop} = v_{op}/v_{in}$)

入力抵抗: R_{in}

出力抵抗: R_{out}



オペアンプの等価回路



オペアンプの近似等価回路

電圧増幅度 ($A_{vop} = v_{op}/v_{in}$)

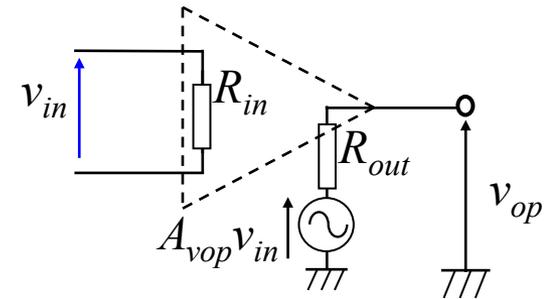
増幅回路の原理

オペアンプの主な特徴は次の3つである。

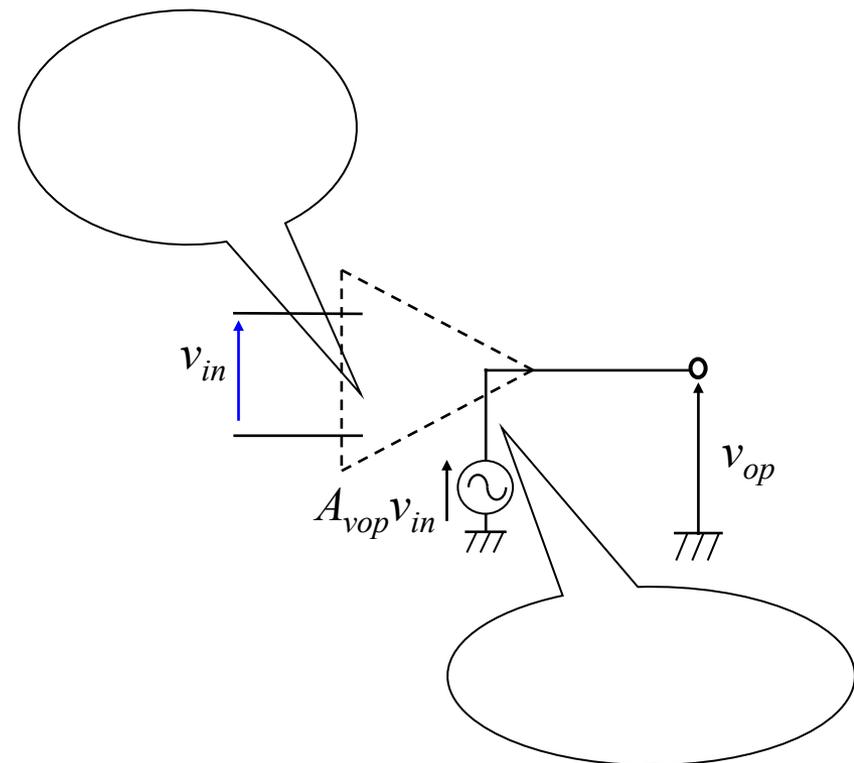
(a) 電圧増幅度($A_{vop} = v_{op} / v_{in}$)がとても大きい。LM358Nの標準値は 倍である。すなわち入力電圧が10 [μ V]のときに出力電圧は1[V]となる。

(b) 入力抵抗(R_{in})が大きい。LM358Nの標準値は $R_{in} >$ [Ω] である。

(c) 出力抵抗(R_{out})が小さい。
 [Ω]程度



オペアンプの等価回路

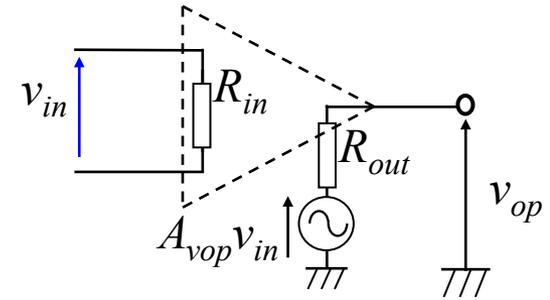


オペアンプの近似等価回路

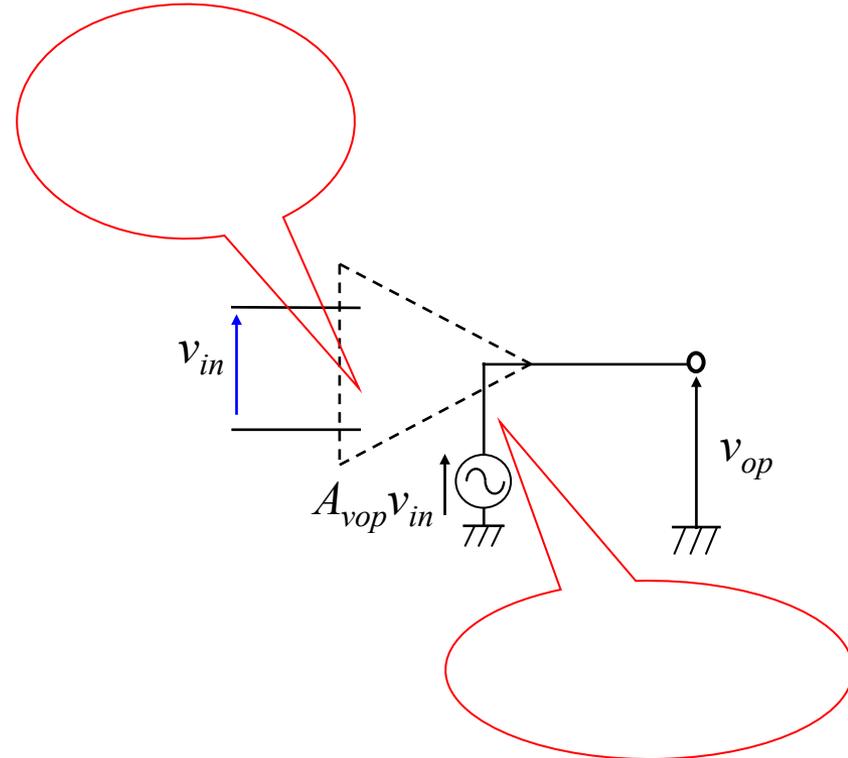
増幅回路の原理

オペアンプの主な特徴は次の3つである.

- (a) 電圧増幅度($A_{vop} = v_o / v_{in}$)がとても大きい. LM358Nの標準値は **100000** 倍である. すなわち入力電圧が10 [μV]のときに出力電圧は1[V]となる.
- (b) 入力抵抗(R_{in})が大きい. LM358Nの標準値は $R_{in} >$ **10^7** [Ω]である.
- (c) 出力抵抗(R_{out})が小さい. **数百** [Ω]程度



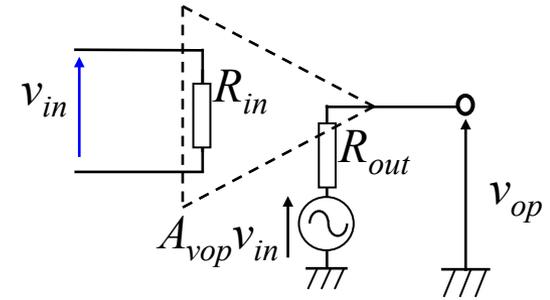
オペアンプの等価回路



オペアンプの近似等価回路

増幅回路の原理

オペアンプの主な特徴は次の3つである。



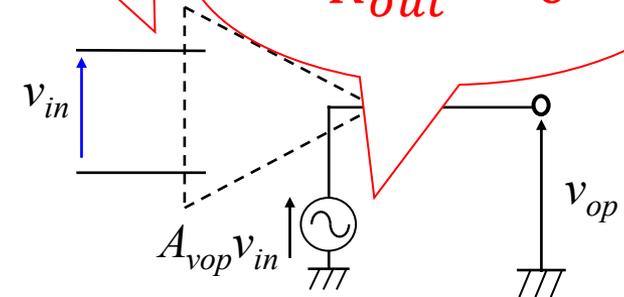
(a) 電圧増幅度($A_{vop} = v_o / v_{in}$)がとても大きい。LM358Nの標準値は **100000** 倍である。すなわち入力電圧が10 [μV]のときに出力電圧は1[V]となる。

入力抵抗
無限大
 $R_{in} = \infty$

出力抵抗零
 $R_{out} = 0$

(b) 入力抵抗(R_{in})が大きい。LM358Nの標準値は $R_{in} >$ **10^7** [Ω]である。

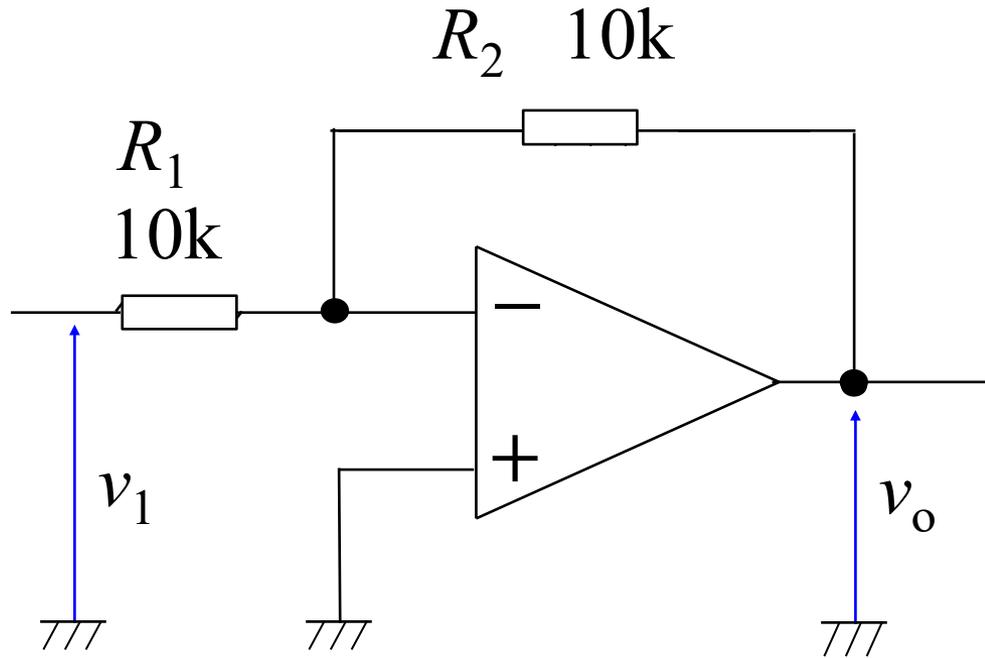
(c) 出力抵抗(R_{out})が小さい。**数百** [Ω]程度



オペアンプの近似等価回路

6.2 反転増幅回路

$$v_o =$$



A_v :増幅回路の電圧
増幅度

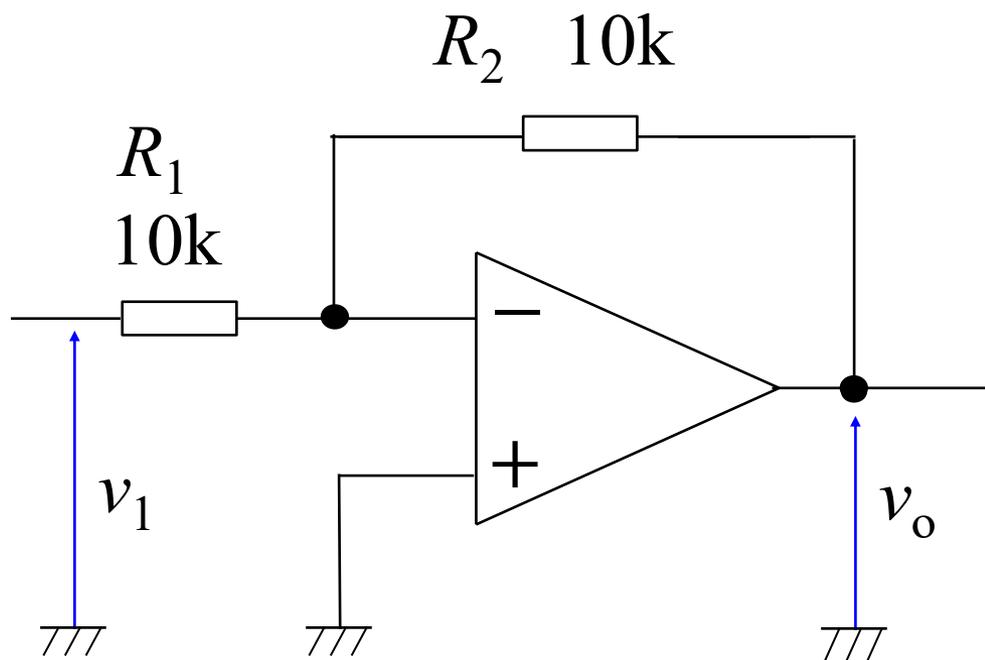
この例では

$$v_o =$$

図6.8 反転増幅回路

$$A_v =$$

6.2 反転増幅回路



$$v_o = -\frac{R_2}{R_1} v_1$$
$$= A_v v_1$$

A_v :増幅回路の電圧
増幅度

この例では

$$v_o =$$

図6.8 反転増幅回路

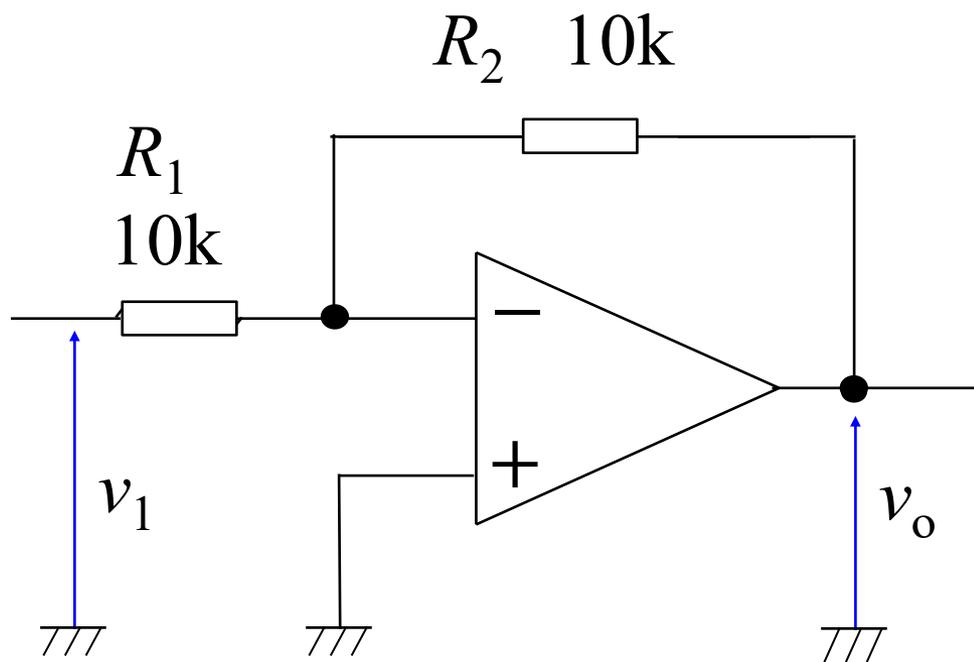
$$A_v =$$

6.2 反転増幅回路

$$v_o = -\frac{R_2}{R_1} v_1$$

$$= A_v v_1$$

A_v : 増幅回路の電圧
増幅度



$$v_o = -\frac{10 \text{ [k}\Omega]}{10 \text{ [k}\Omega]} v_1$$
$$= -v_1$$

$$A_v = -1$$

図6.8 反転増幅回路

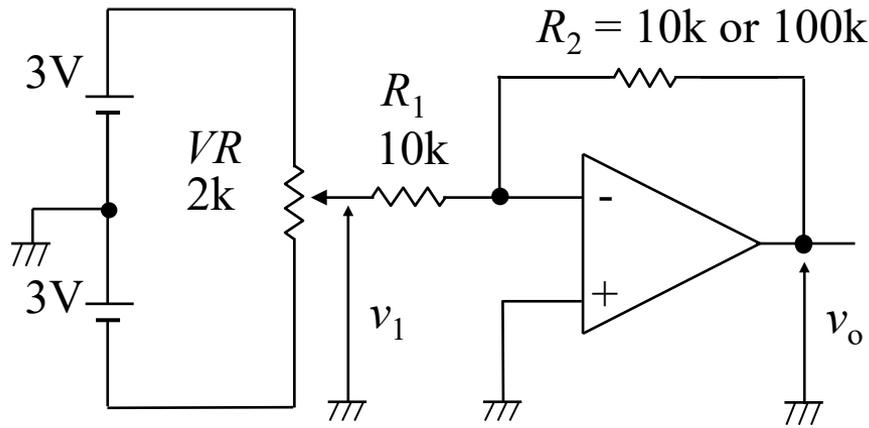
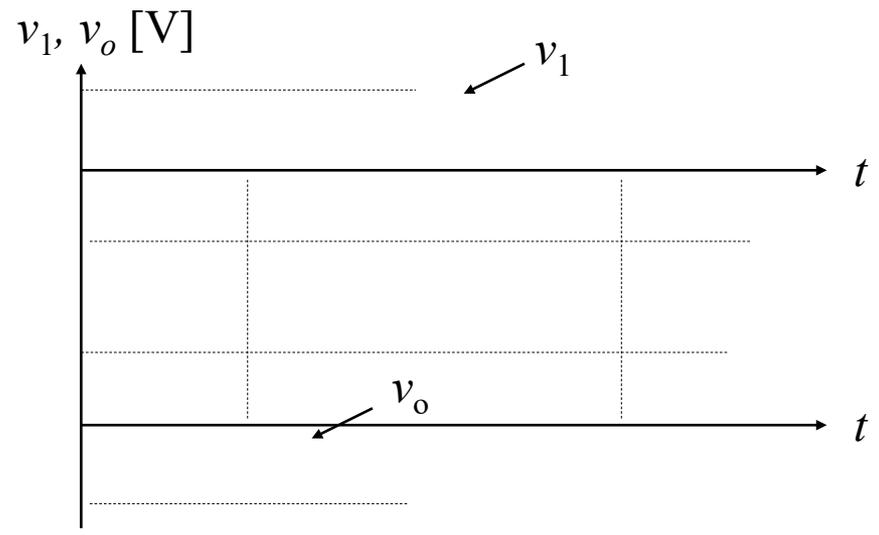
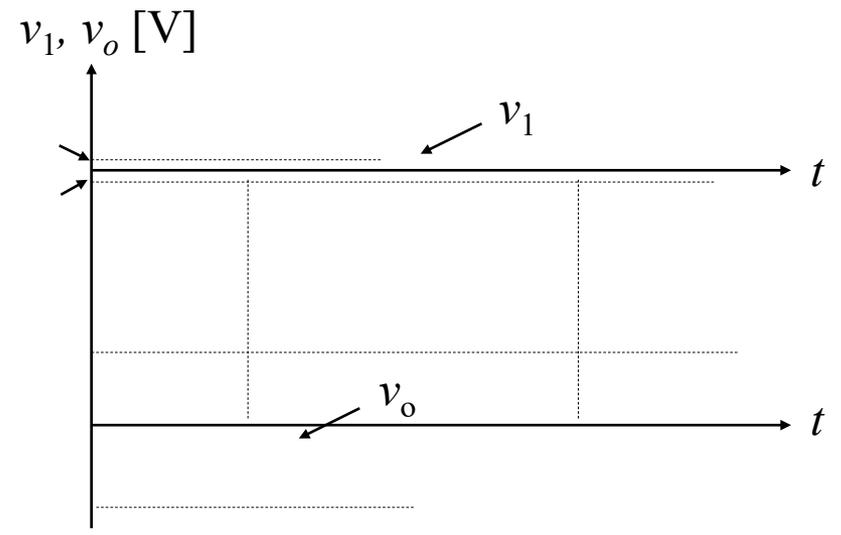


图6.8 反転増幅回路

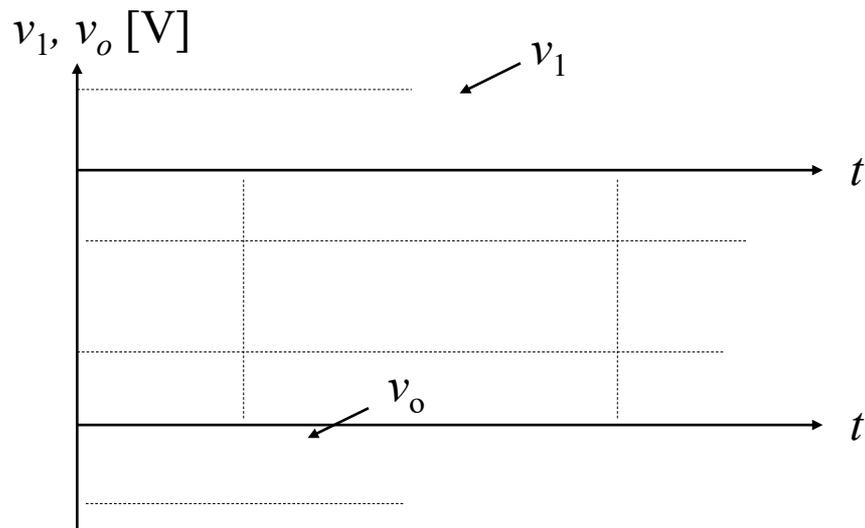
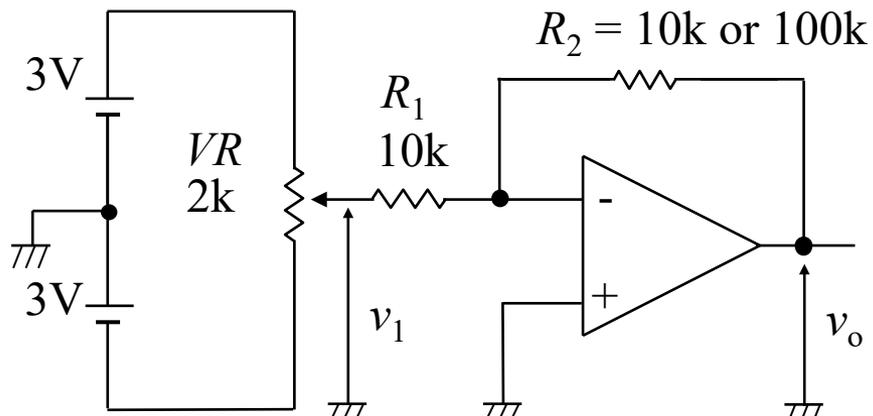


(a)

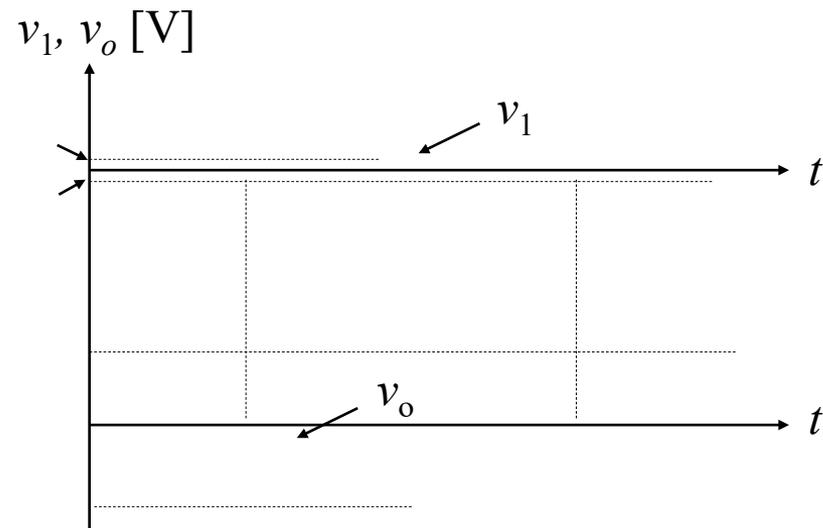


(b)

图6.11 入出力波形

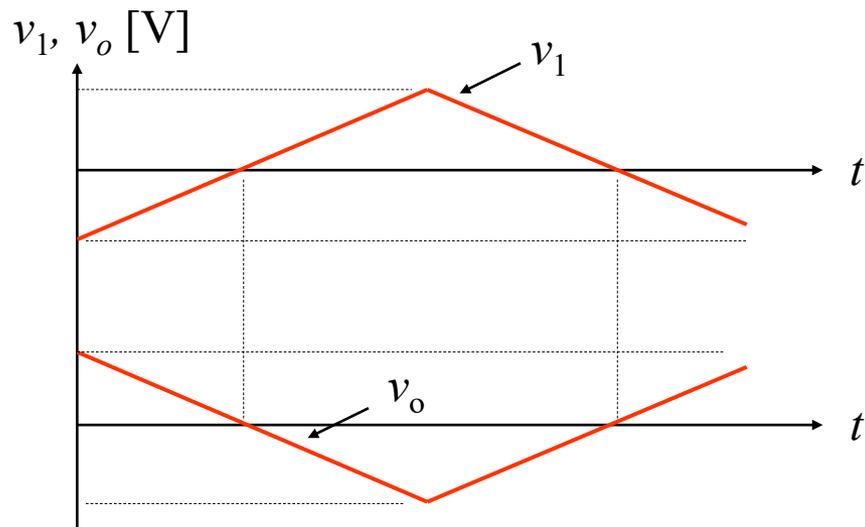
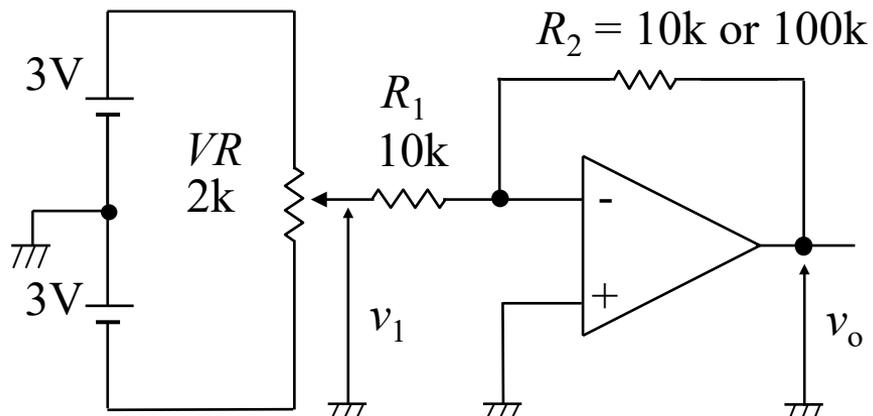


(a) $R_2 = 10[\text{k}\Omega](A_v = -1)$ のとき

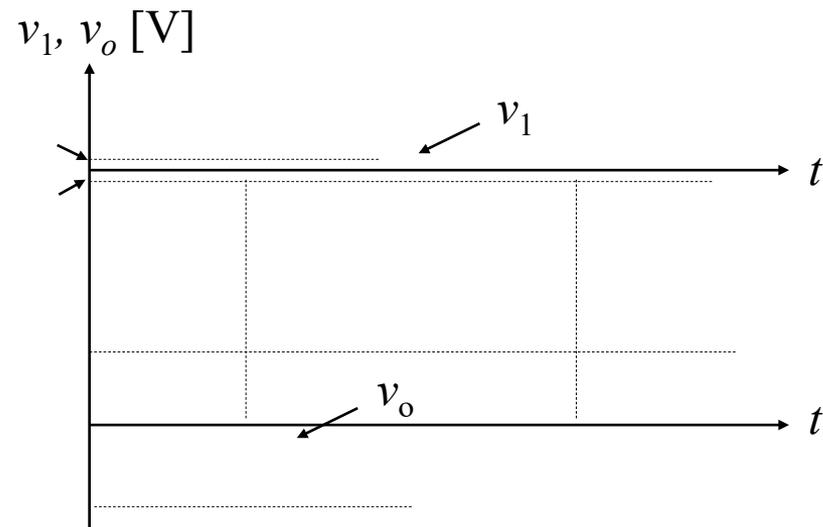


(b)

図6.11 入出力波形

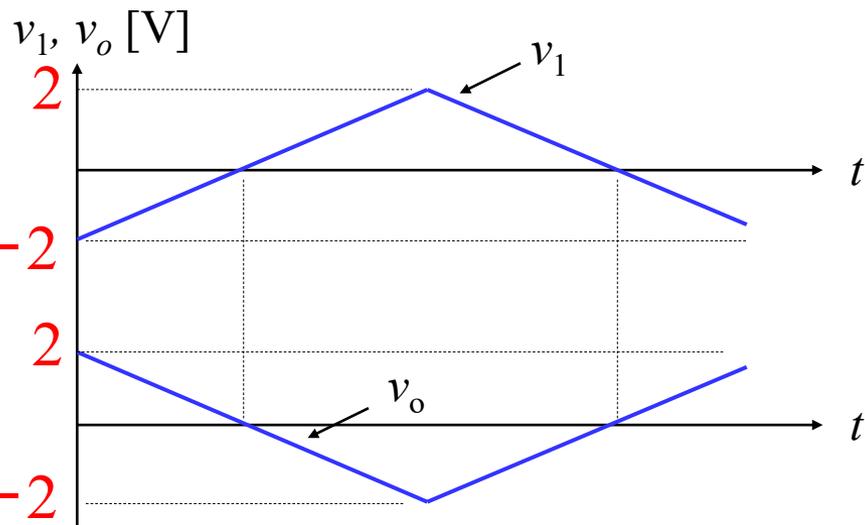
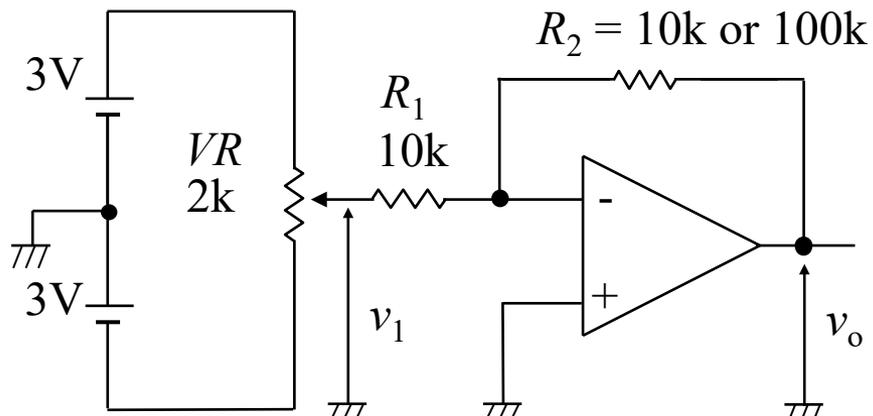


(a) $R_2 = 10[\text{k}\Omega](A_v = -1)$ のとき

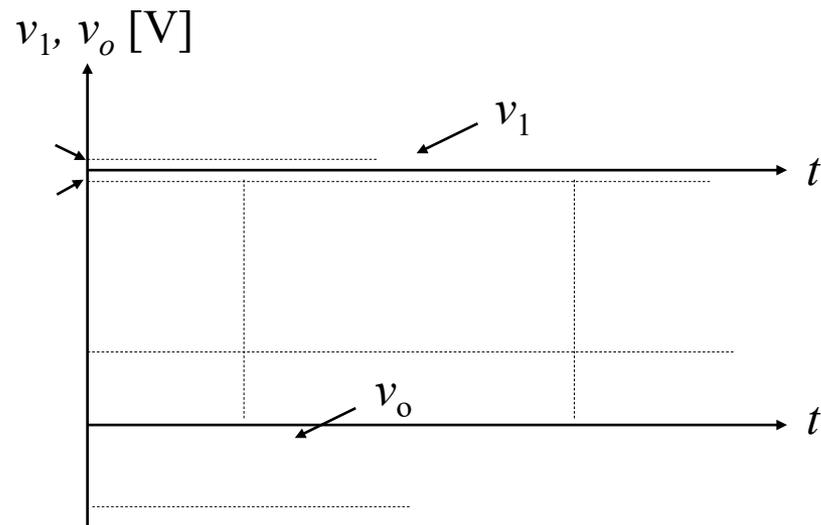


(b)

図6.11 入出力波形

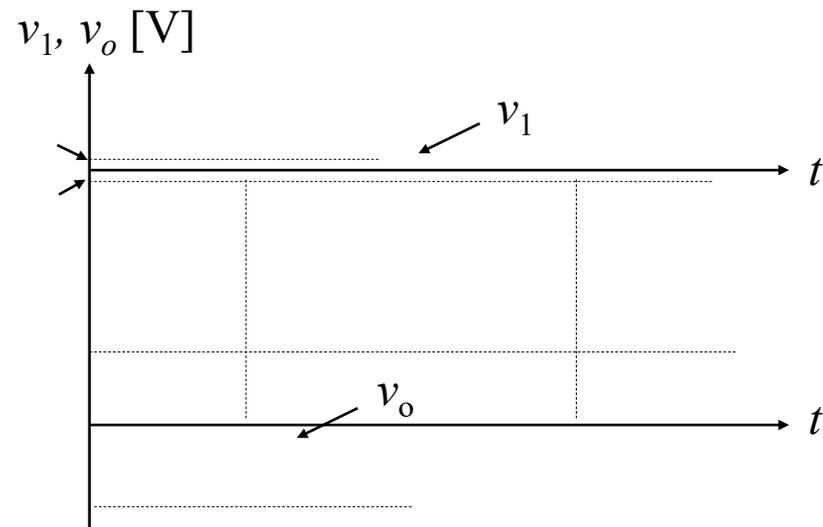
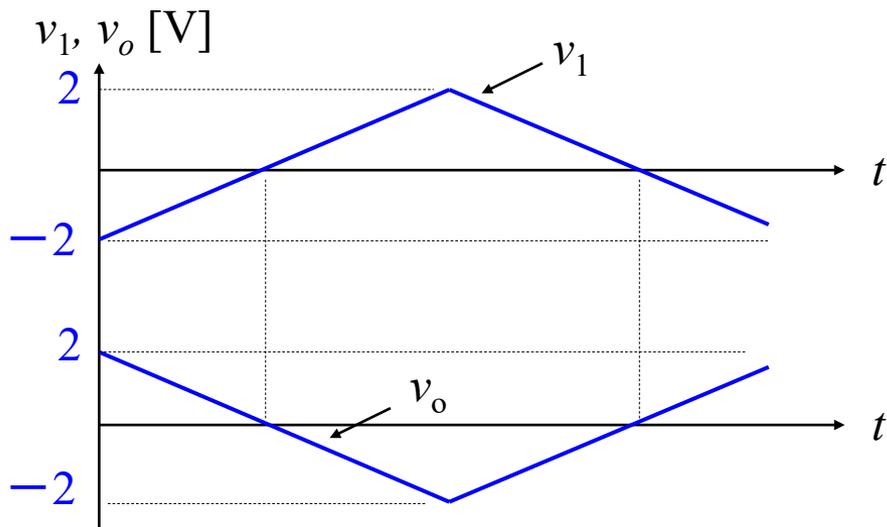
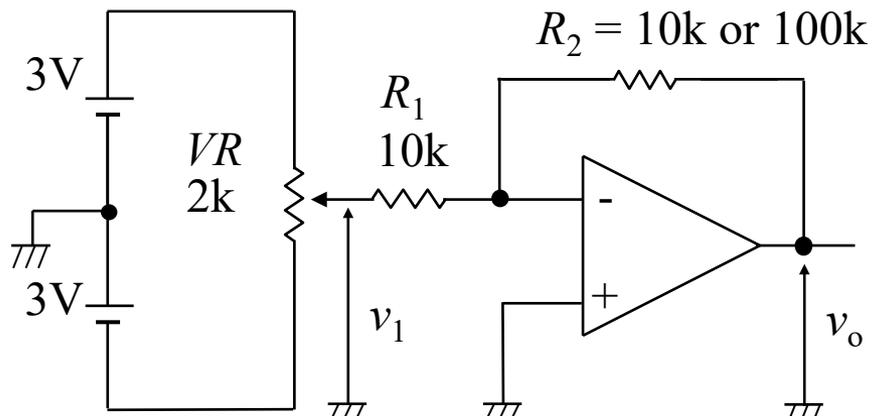


(a) $R_2 = 10[\text{k}\Omega](A_v = -1)$ のとき



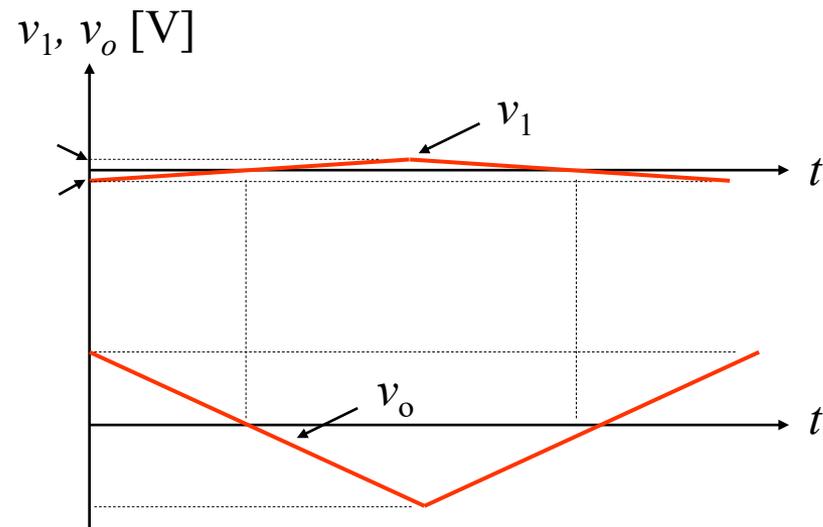
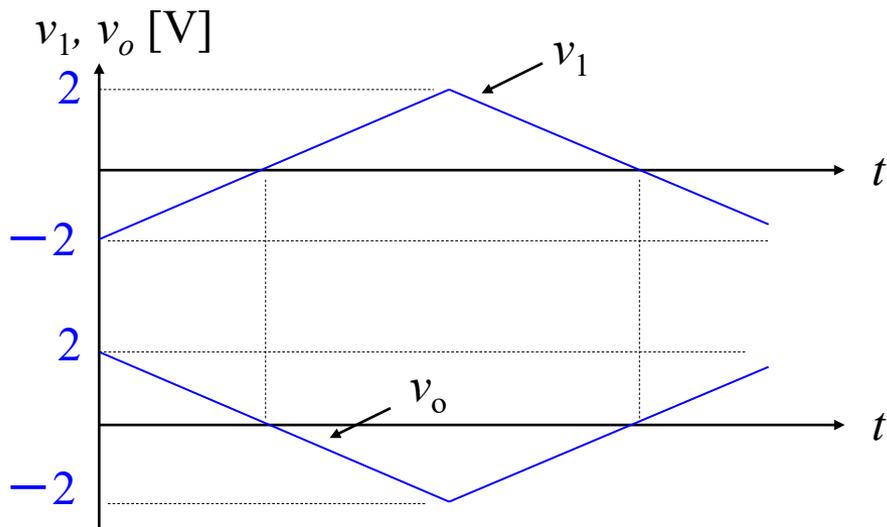
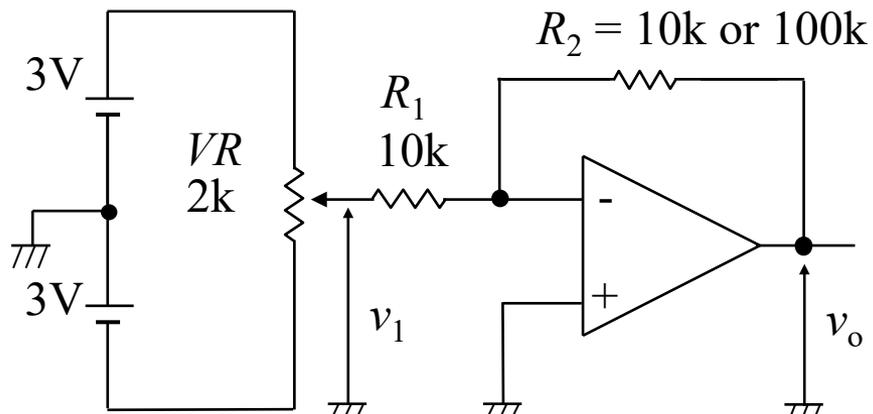
(b)

図6.11 入出力波形



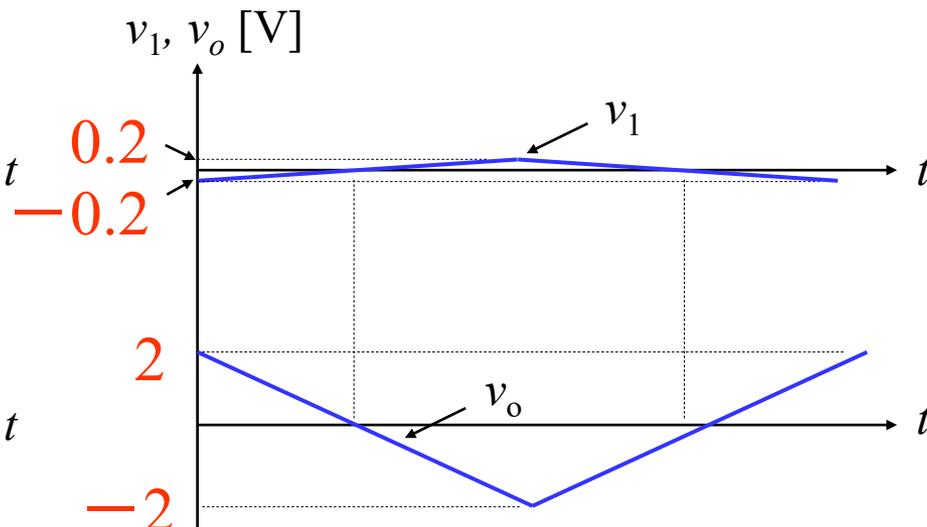
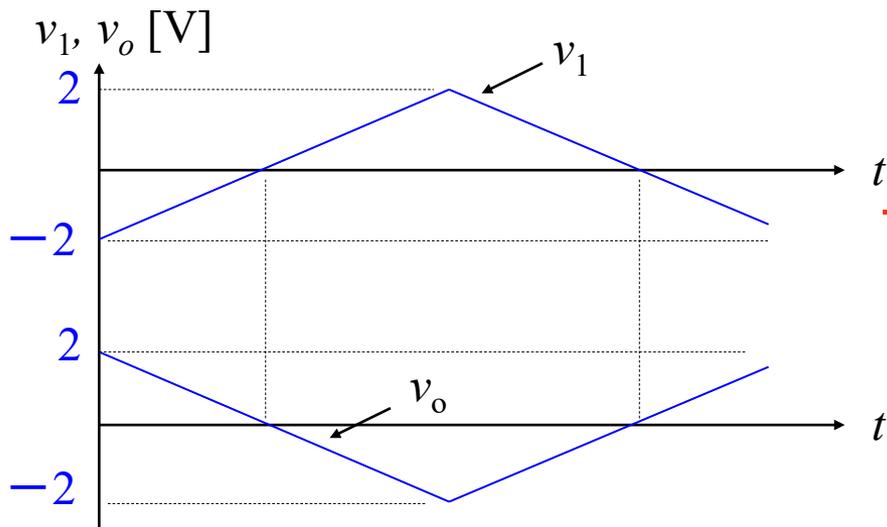
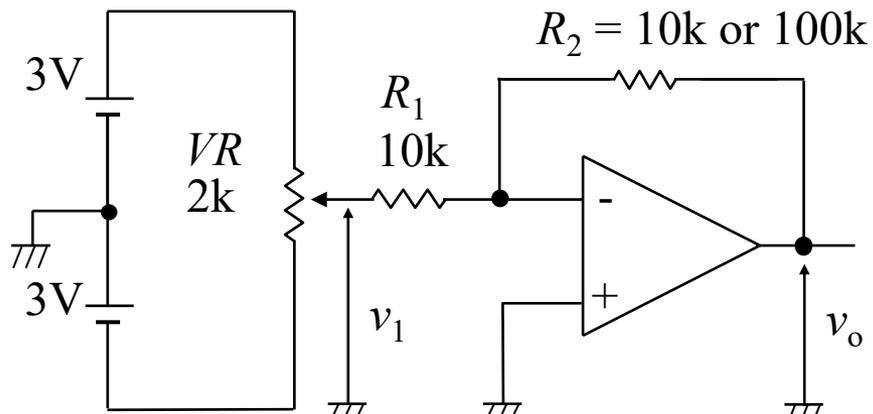
(a) $R_2 = 10[\text{k}\Omega](A_v = -1)$ のとき (b) $R_2 = 100[\text{k}\Omega](A_v = -10)$ のとき

図6.11 入出力波形



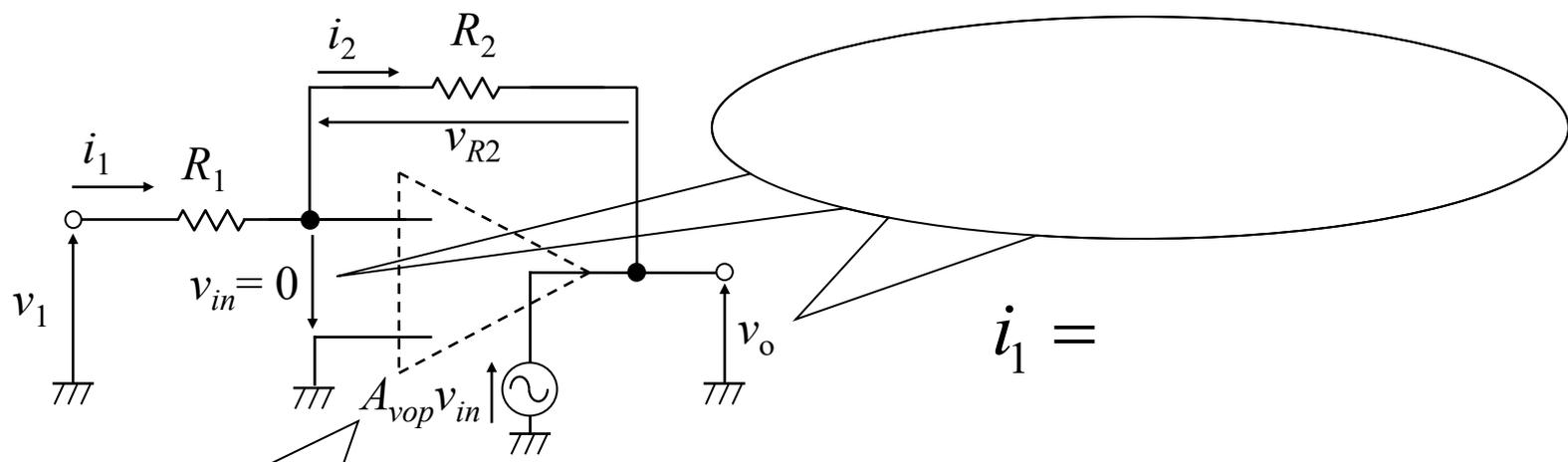
(a) $R_2 = 10[\text{k}\Omega](A_v = -1)$ のとき (b) $R_2 = 100[\text{k}\Omega](A_v = -10)$ のとき

図6.11 入出力波形



(a) $R_2 = 10[\text{k}\Omega](A_v = -1)$ のとき (b) $R_2 = 100[\text{k}\Omega](A_v = -10)$ のとき

図6.11 入出力波形



(a) 等価回路

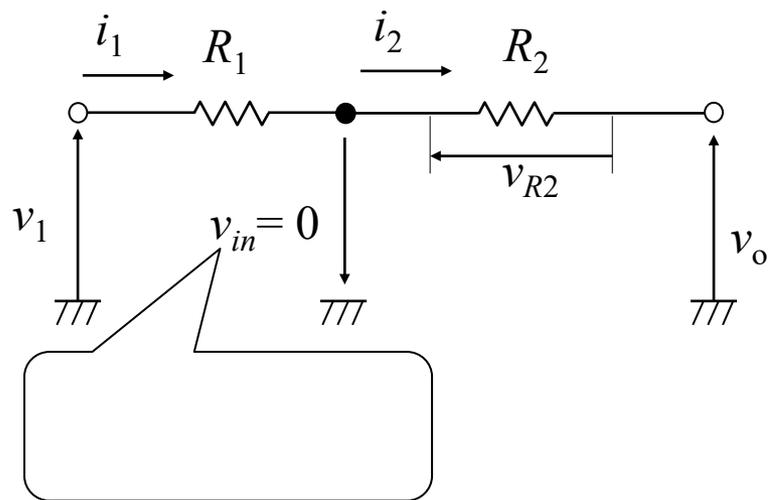
$$i_1 =$$

$$i_1 =$$

$$v_{R2} =$$

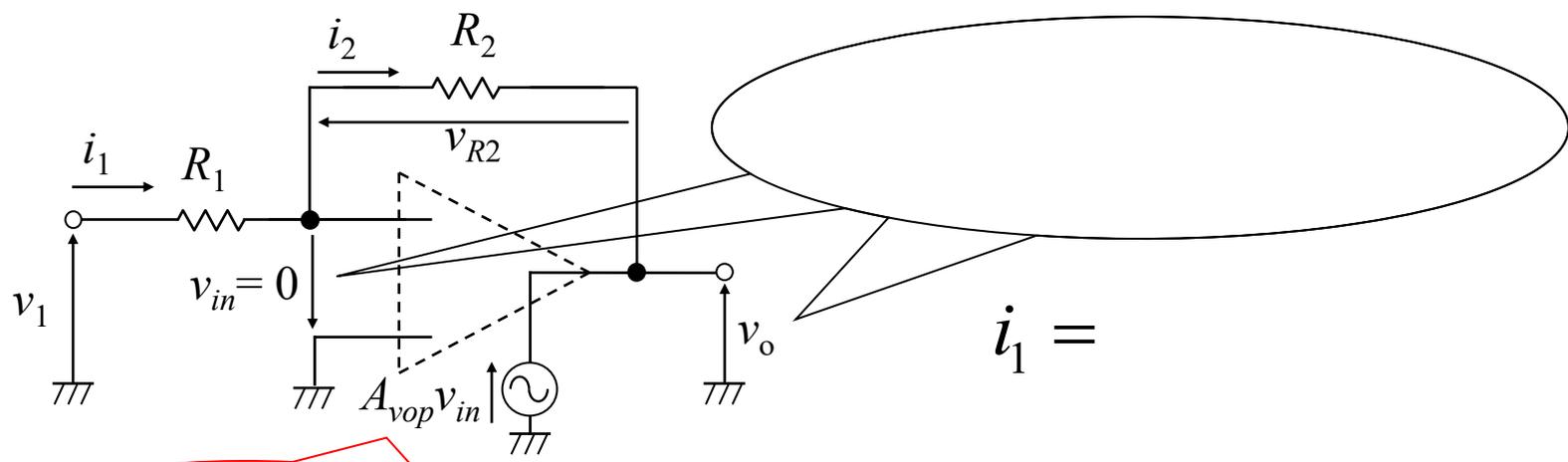
$$v_o =$$

$$=$$



(b) 簡略等価回路

反転増幅回路の等価回路



増幅度無限大

$$A_{vop} = \infty$$

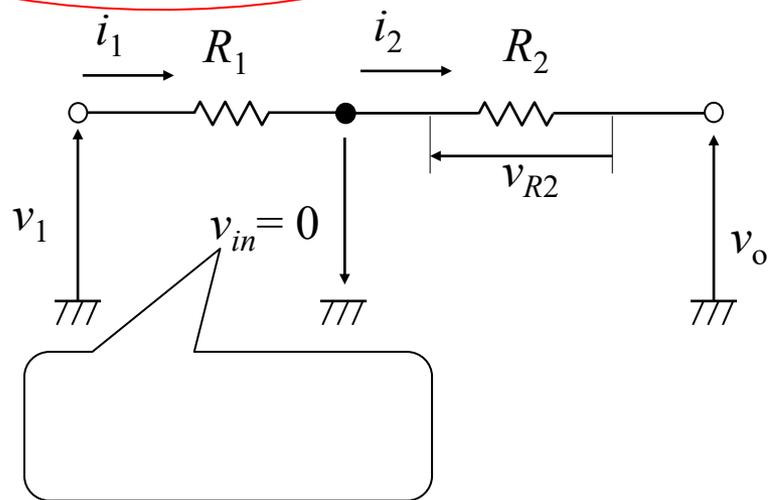
$$i_1 =$$

$$i_1 =$$

$$v_{R2} =$$

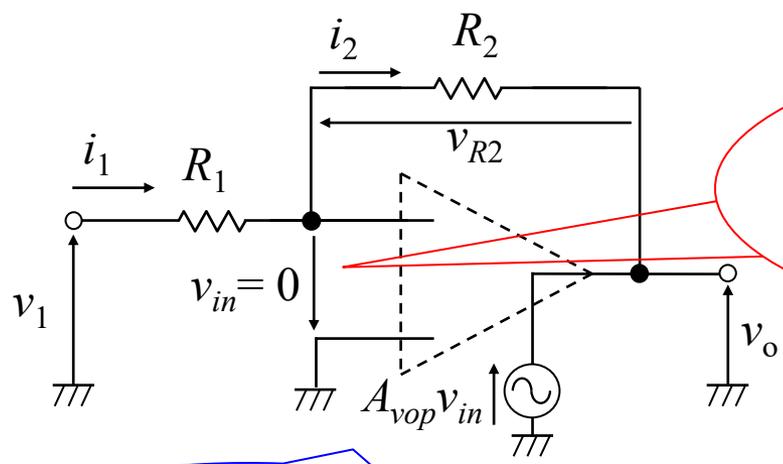
$$v_o =$$

$$=$$



(b) 簡略等価回路

反転増幅回路の等価回路



出力電圧 v_o が有限であるためには入力電圧 $v_{in} = 0$ でなければならない

増幅度無限大
 $A_{vop} = \infty$

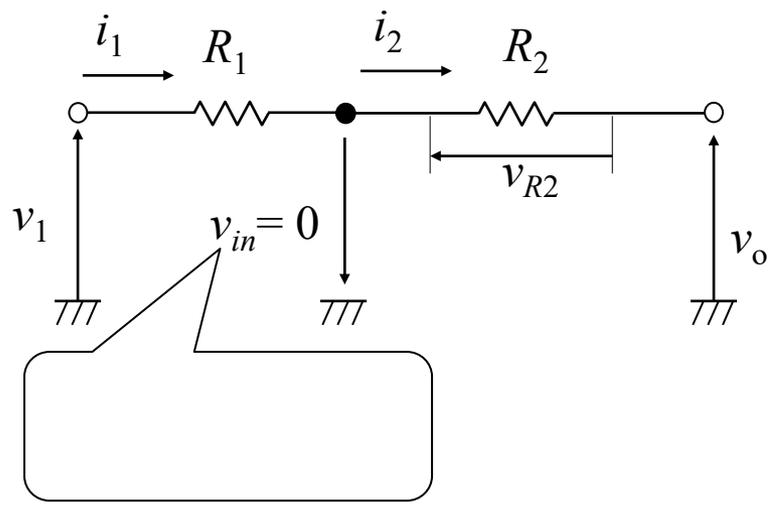
(a) 等価回路

$$i_1 =$$

$$v_{R2} =$$

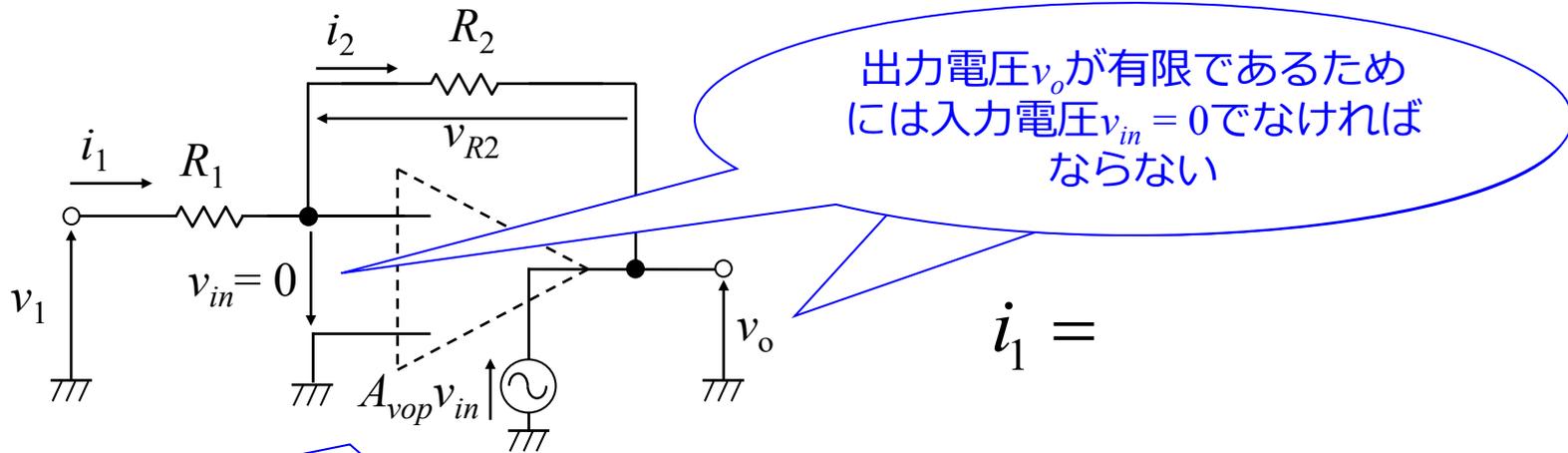
$$v_o =$$

$$=$$



(b) 簡略等価回路

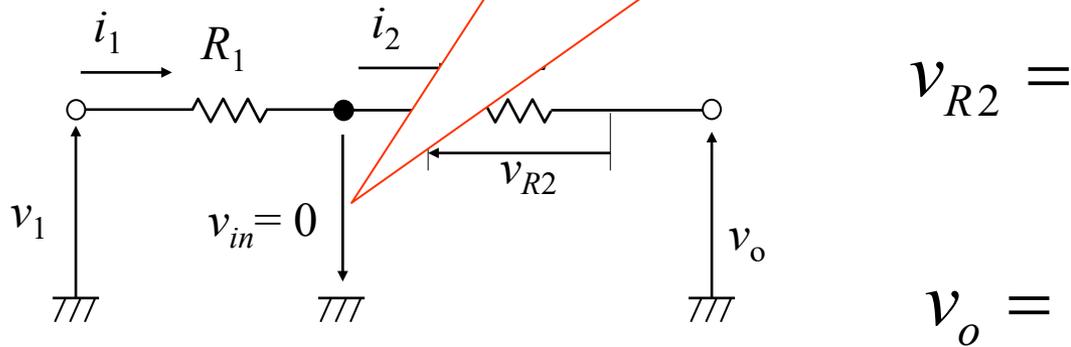
反転増幅回路の等価回路



増幅度無限大
 $A_{vop} = \infty$

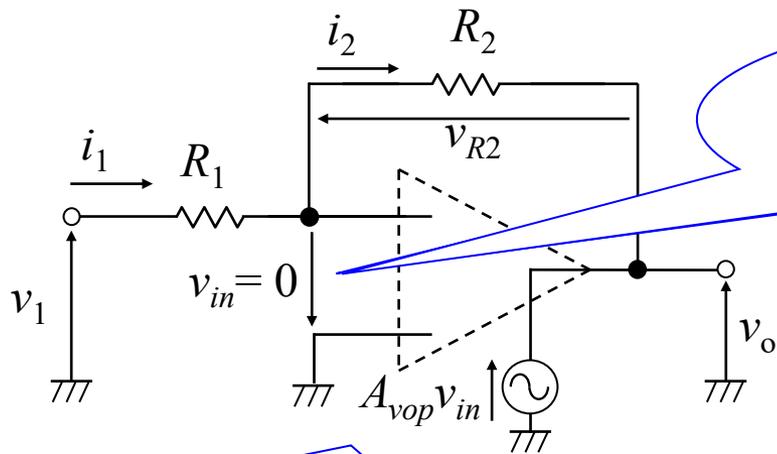
バーチャル
ショートと呼ぶ

(a) 等価回路



(b) 簡略等価回路

反転増幅回路の等価回路



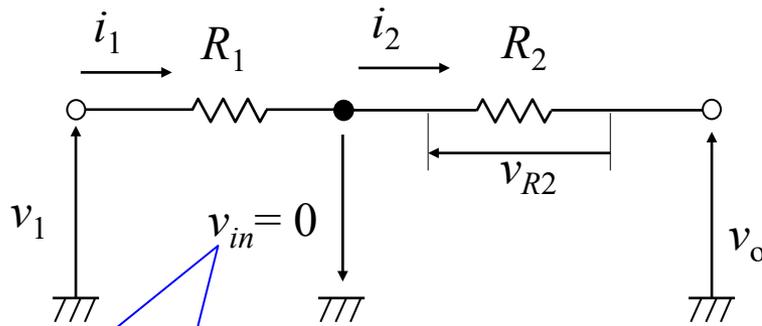
出力電圧 v_o が有限であるため
には入力電圧 $v_{in} = 0$ でなければ
ならない

増幅度無限大

$$A_{vop} = \infty$$

(a) 等価回路

$$i_1 = \frac{v_1}{R_1}$$



バーチャル
ショートと呼ぶ

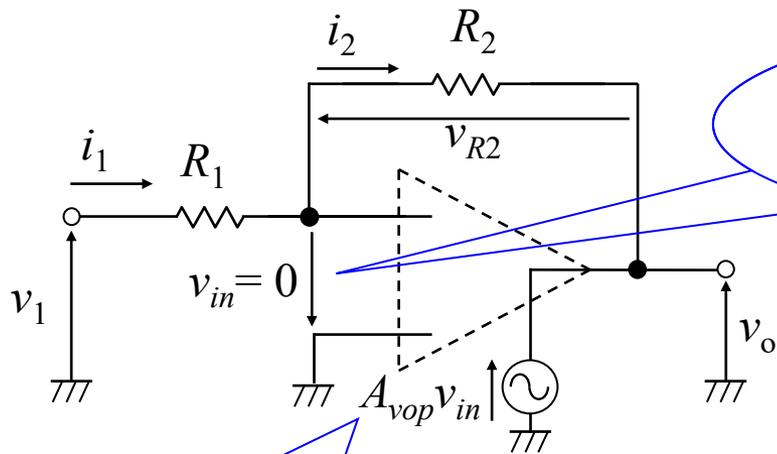
(b) 簡略等価回路

$$v_{R2} =$$

$$v_o =$$

=

反転増幅回路の等価回路



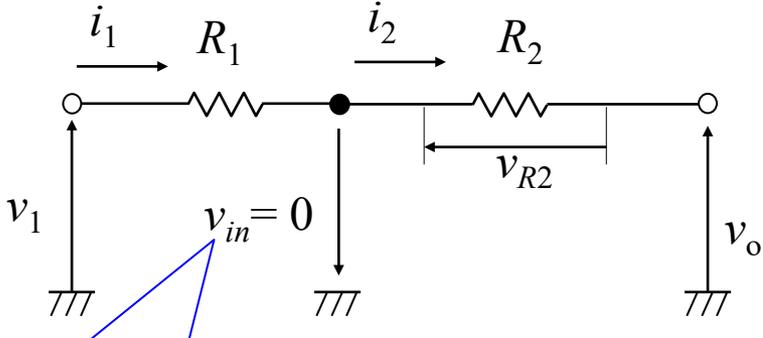
出力電圧 v_o が有限であるためには入力電圧 $v_{in} = 0$ でなければならない

$$i_1 = \frac{v_1}{R_1}$$

$$i_1 = i_2$$

増幅度無限大
 $A_{vop} = \infty$

(a) 等価回路



バーチャル
ショートと呼ぶ

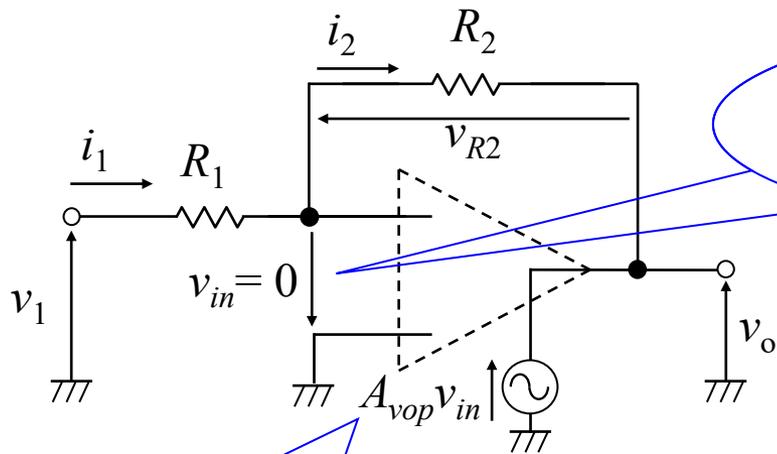
(b) 簡略等価回路

$$v_{R2} =$$

$$v_o =$$

$$=$$

反転増幅回路の等価回路



出力電圧 v_o が有限であるためには入力電圧 $v_{in} = 0$ でなければならない

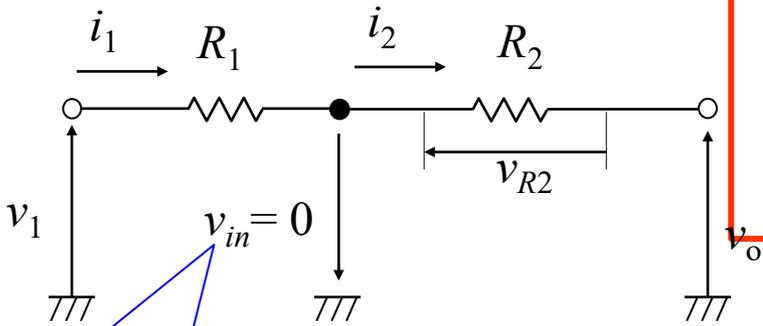
$$i_1 = \frac{v_1}{R_1}$$

$$i_1 = i_2$$

増幅度無限大
 $A_{vop} = \infty$

(a) 等価回路

$$v_{R2} = R_2 i_2 = \frac{R_2}{R_1} v_1$$



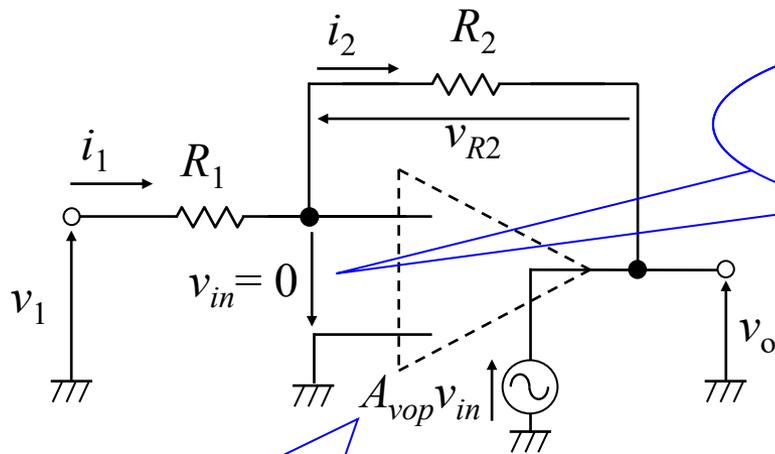
バーチャル
ショートと呼ぶ

(b) 簡略等価回路

反転増幅回路の等価回路

$$v_o =$$

=



出力電圧 v_o が有限であるためには入力電圧 $v_{in} = 0$ でなければならない

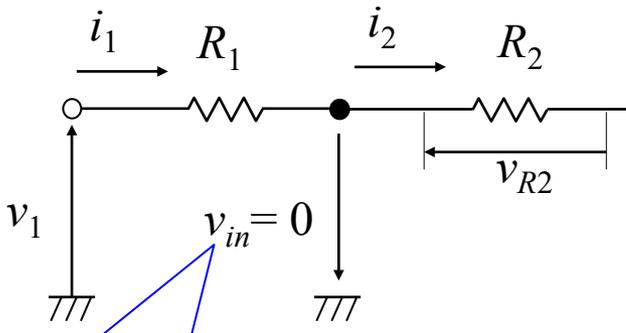
増幅度無限大
 $A_{vop} = \infty$

$$i_1 = \frac{v_1}{R_1}$$

$$i_1 = i_2$$

$$v_{R2} = R_2 i_2 = \frac{R_2}{R_1} v_1$$

(a) 等価回路



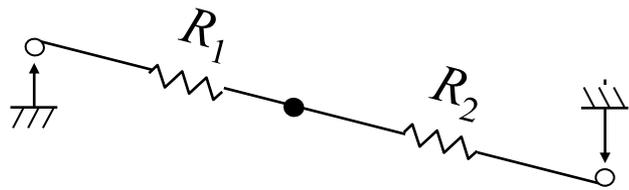
バーチャル
ショートと呼ぶ

$$v_o = -v_{R2} = -\frac{R_2}{R_1} v_1$$

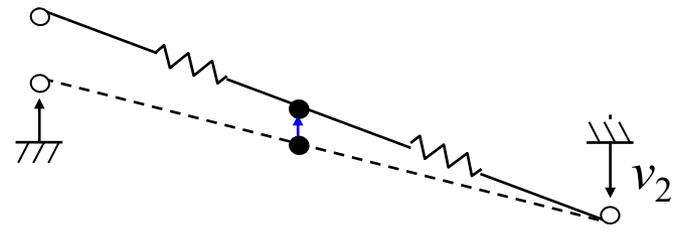
$$= A_v v_1$$

(b) 簡略等価回路

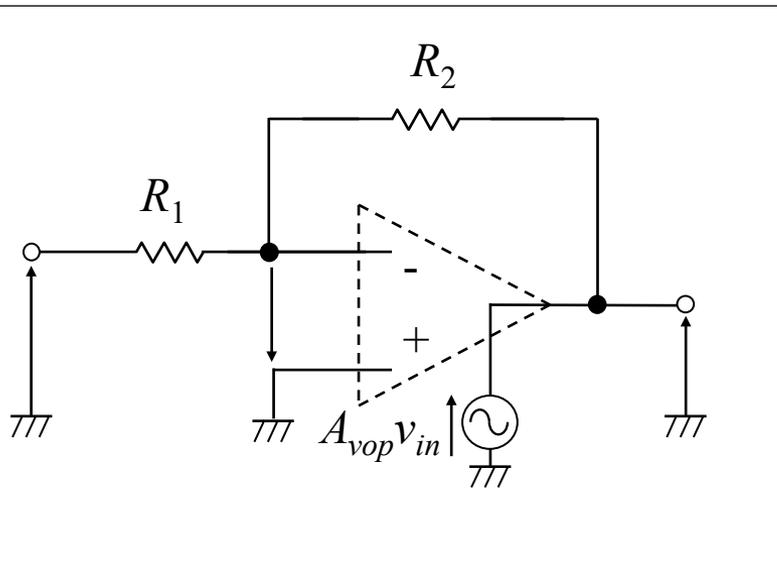
反転増幅回路の等価回路



(a) 初期状態

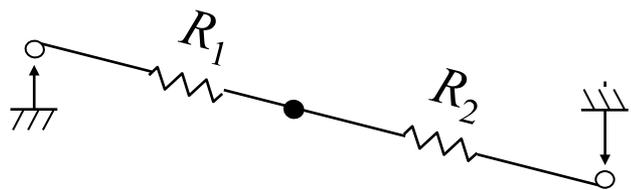


(b) 入力電圧上昇

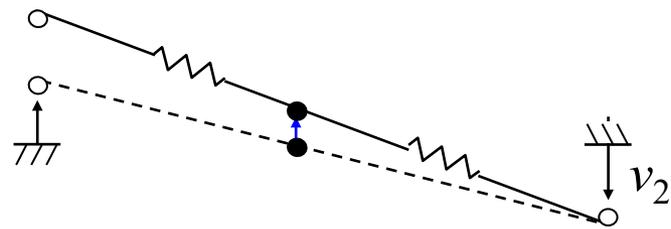
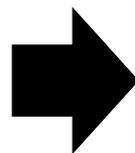


(c) バーチャルショートへ

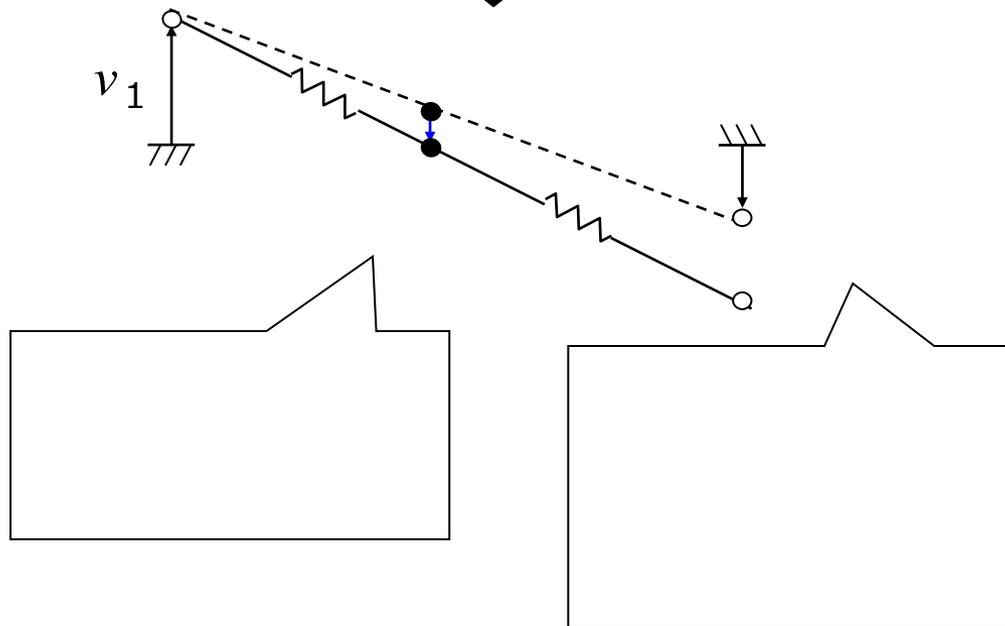
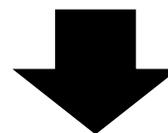
図6.13 バーチャルショートのイメージ図



(a) 初期状態



(b) 入力電圧上昇



(c) バーチャルショートへ

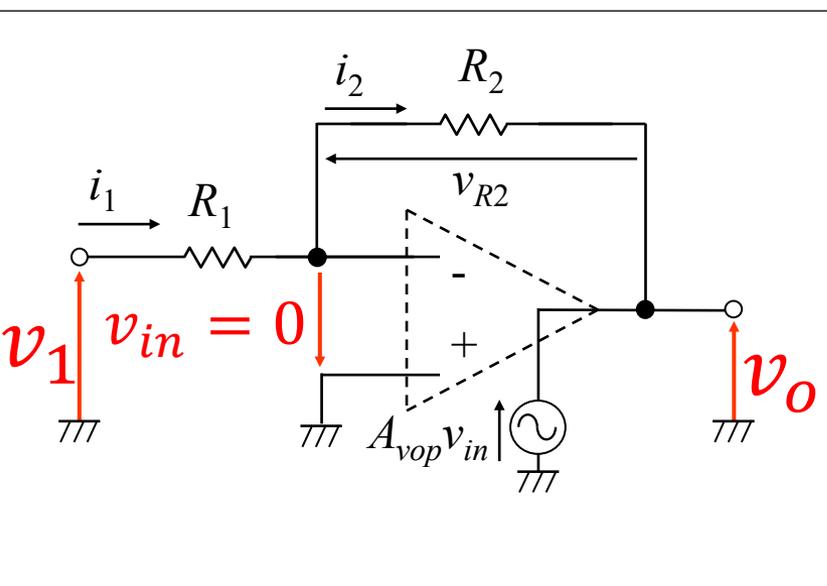
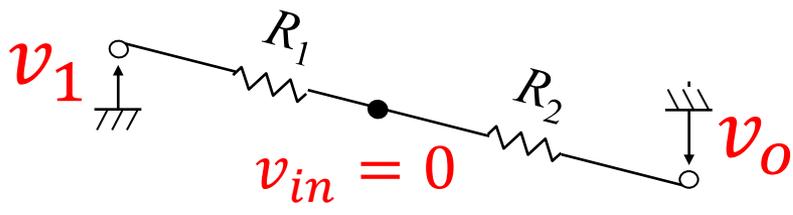
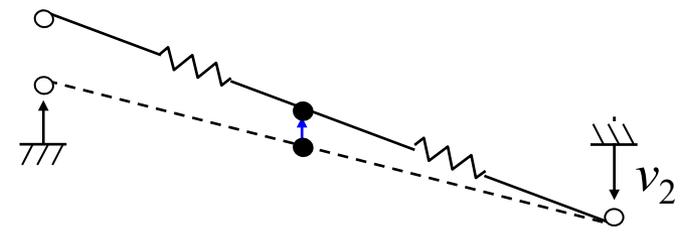


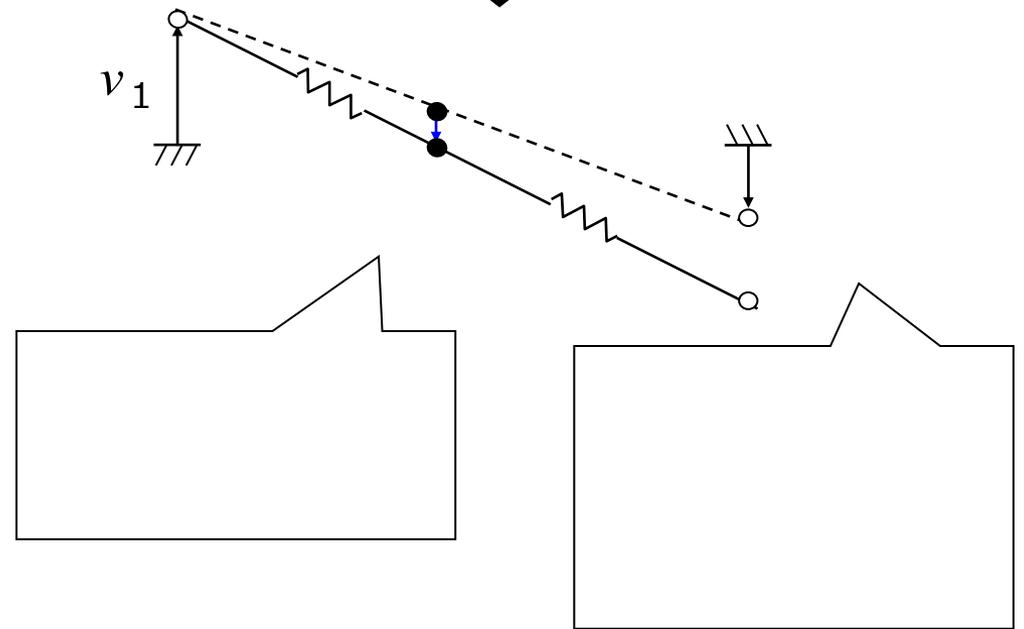
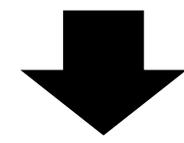
図6.13 バーチャルショートのイメージ図



(a) 初期状態



(b) 入力電圧上昇



(c) バーチャルショートへ

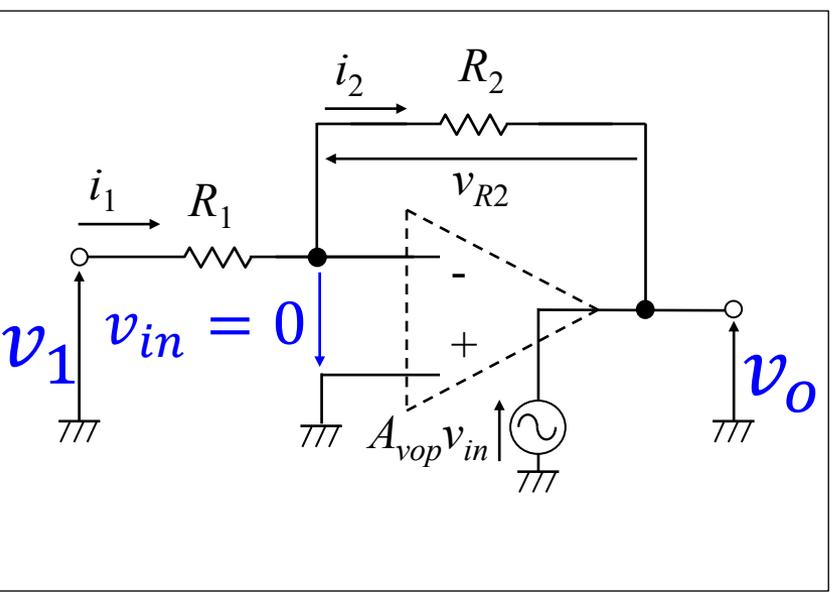
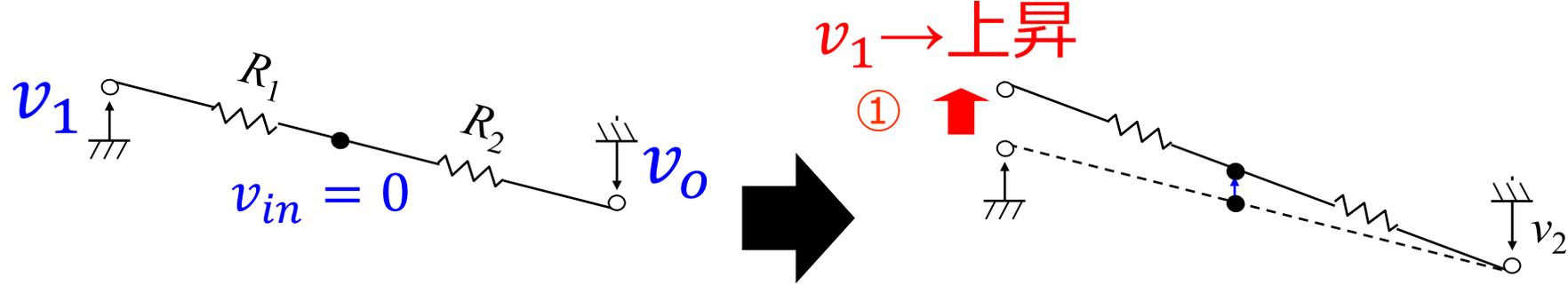
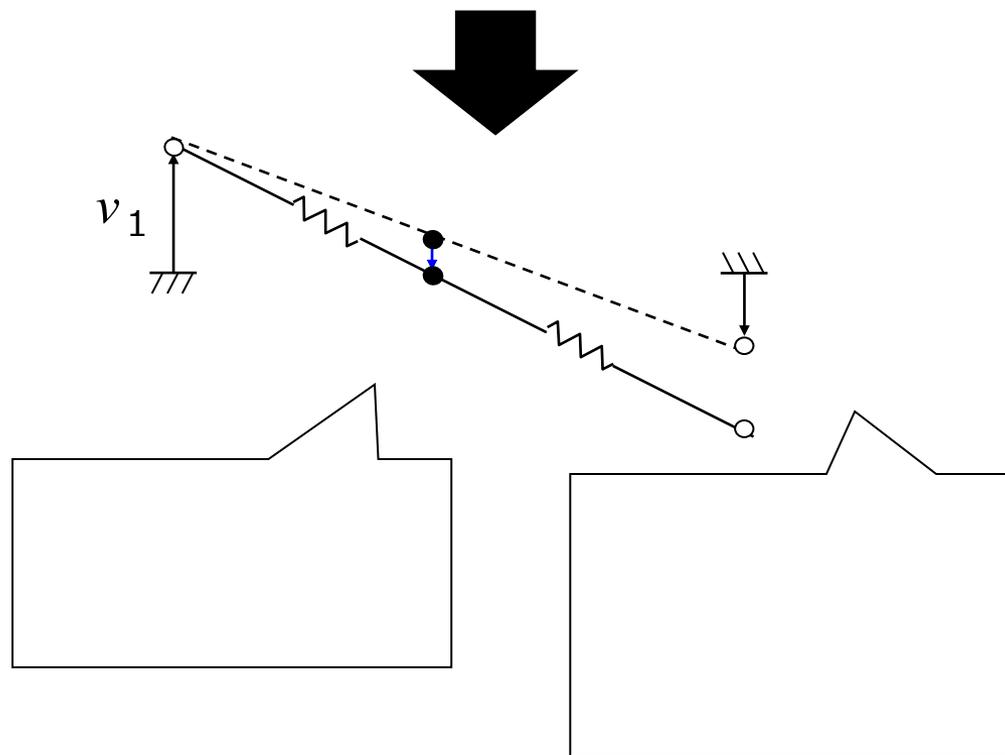
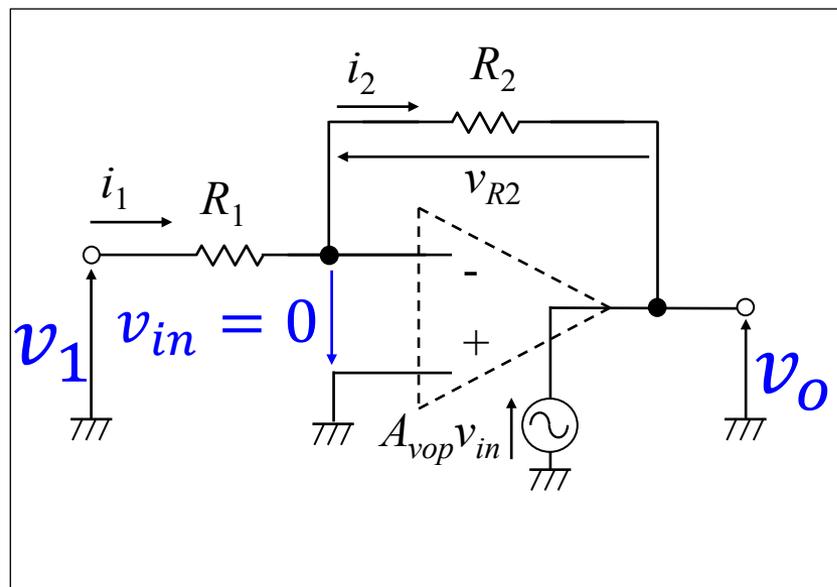


図6.13 バーチャルショートのイメージ図



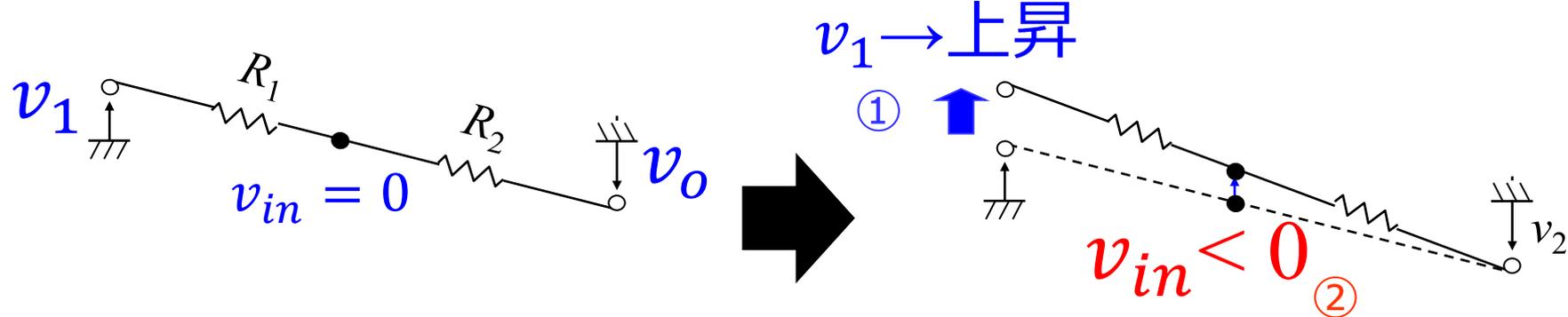
(a) 初期状態

(b) 入力電圧上昇



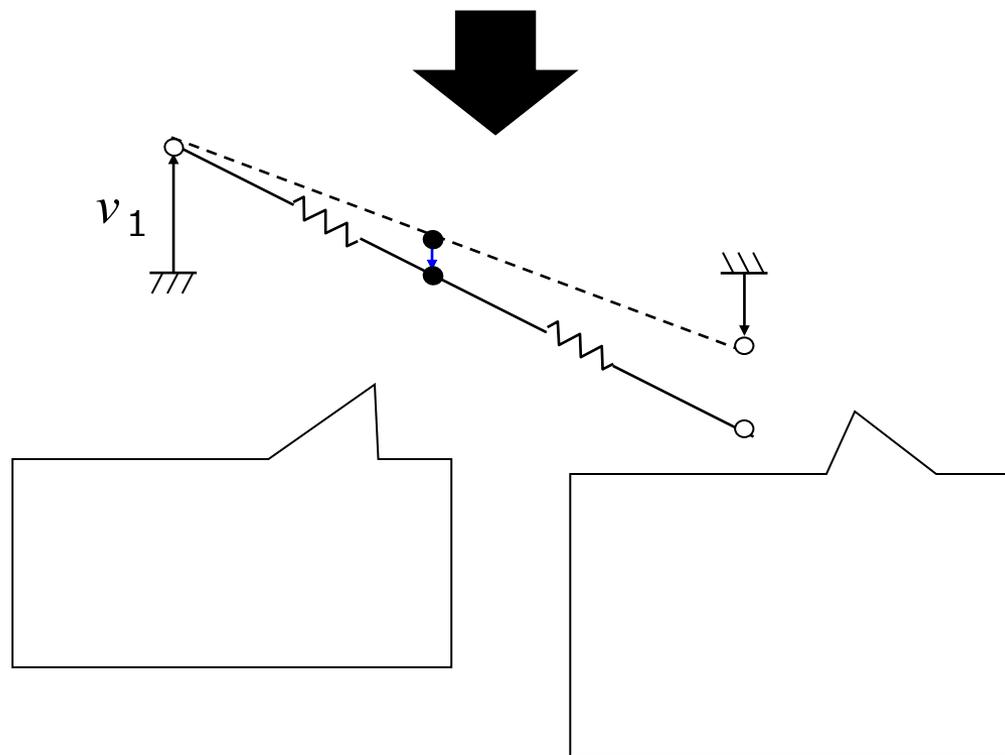
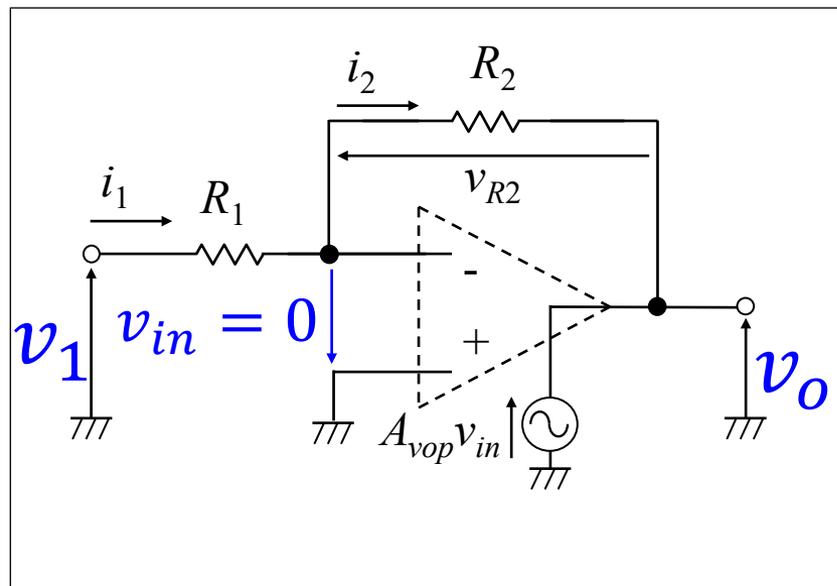
(c) バーチャルショートへ

図6.13 バーチャルショートのイメージ図



(a) 初期状態

(b) 入力電圧上昇



(c) バーチャルショートへ

図6.13 バーチャルショートのイメージ図

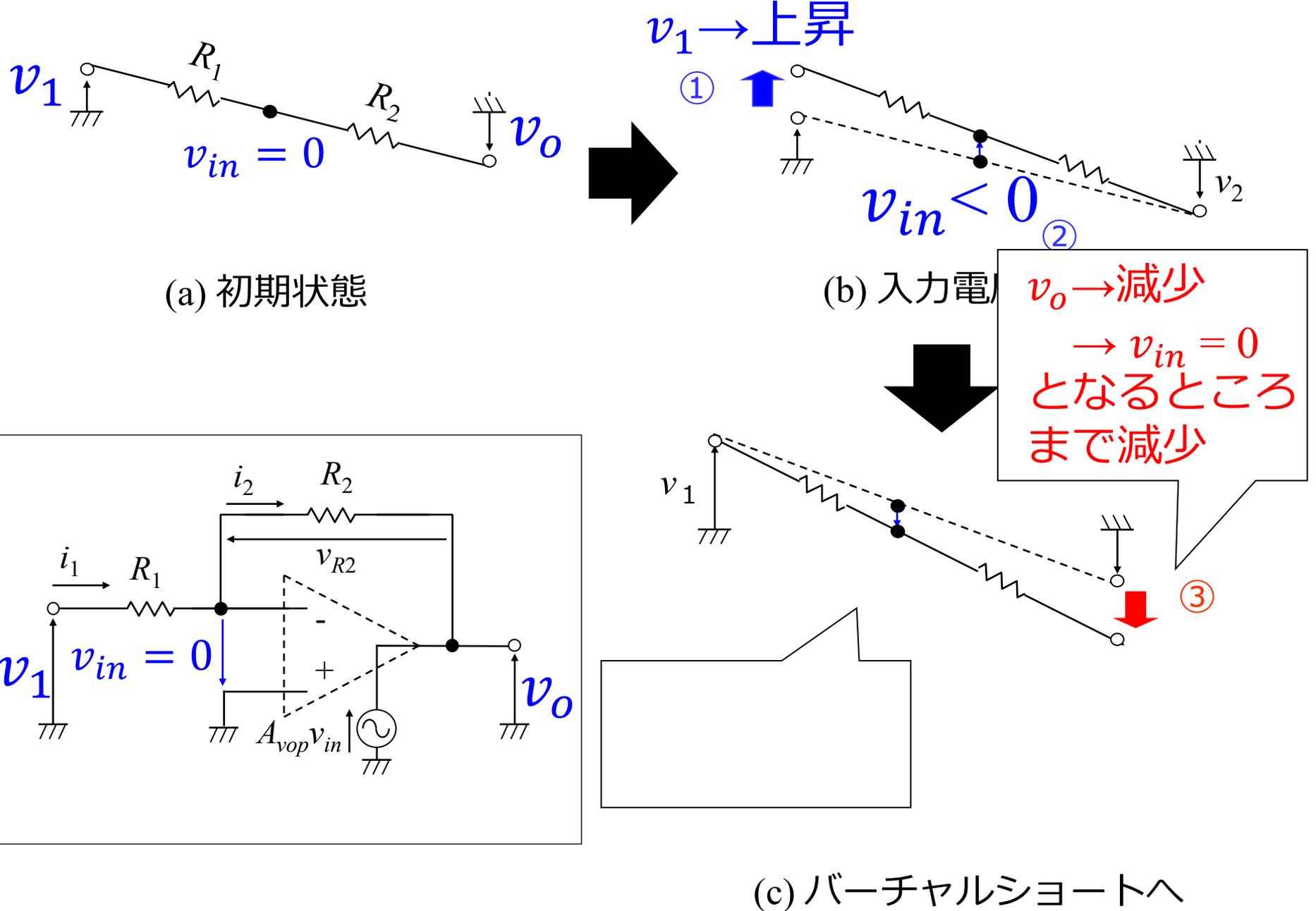


図6.13 バーチャルショートイメージ図

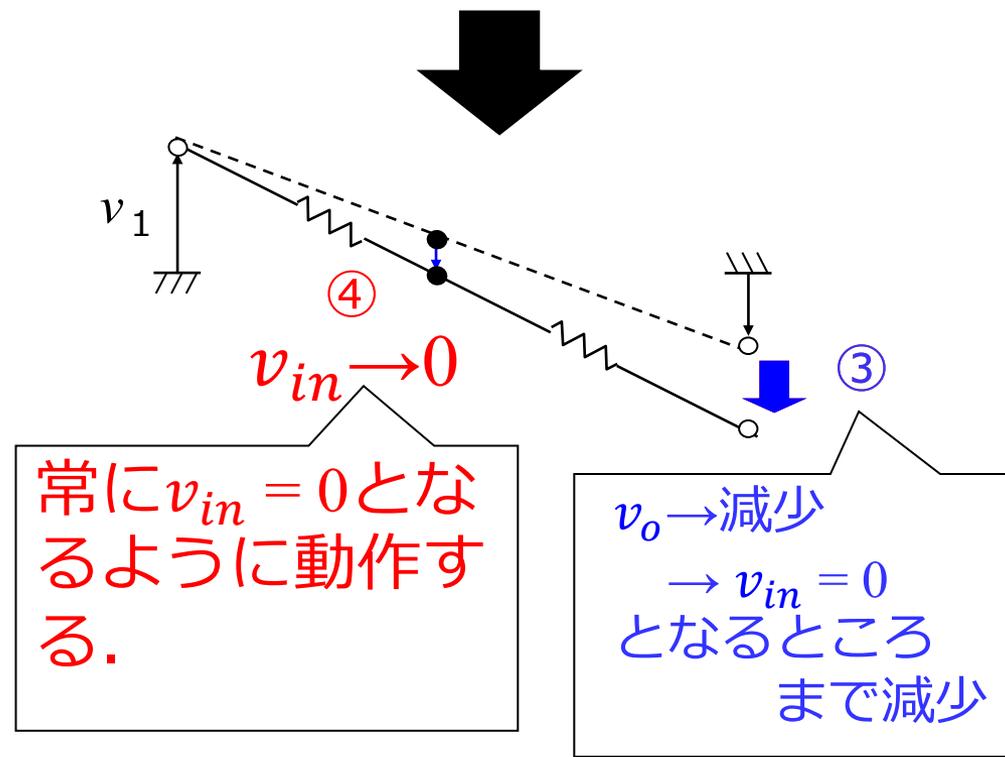
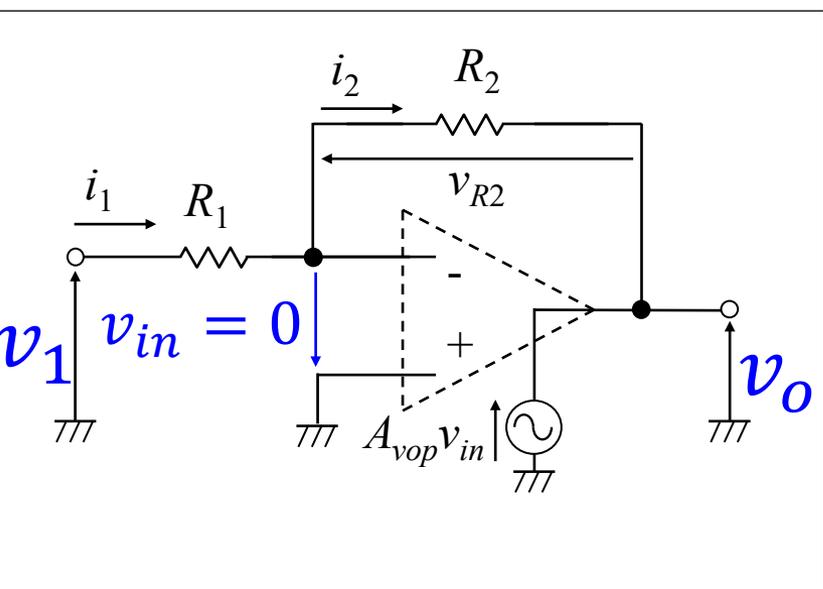
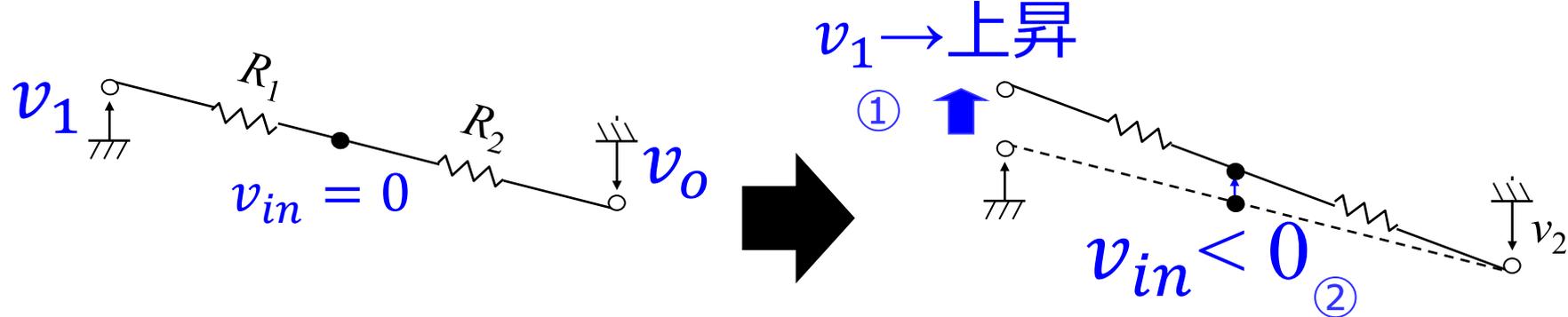


図6.13 バーチャルショートのイメージ図

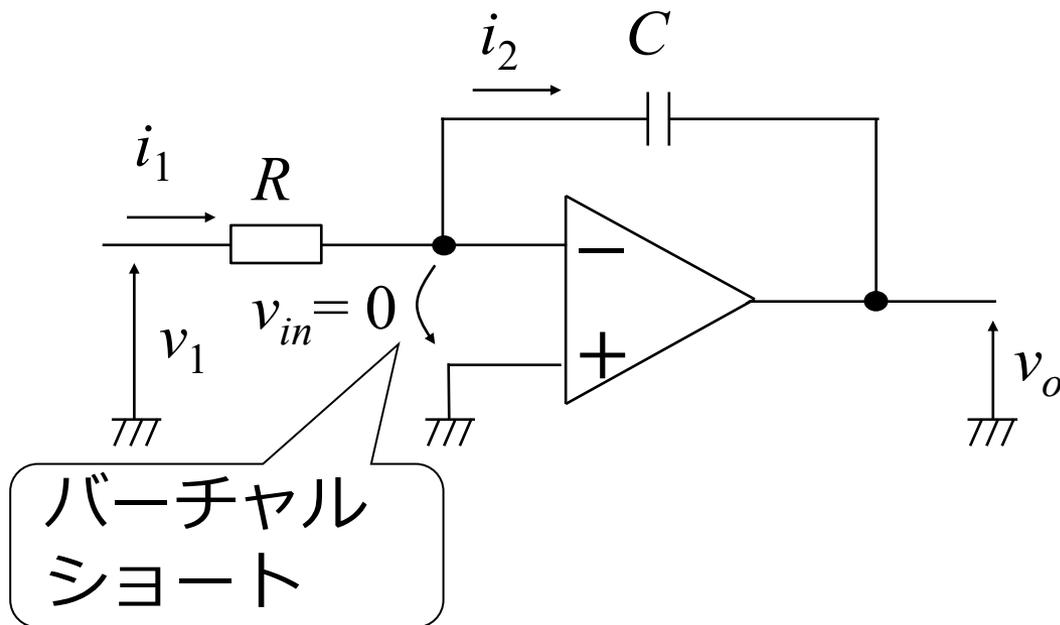
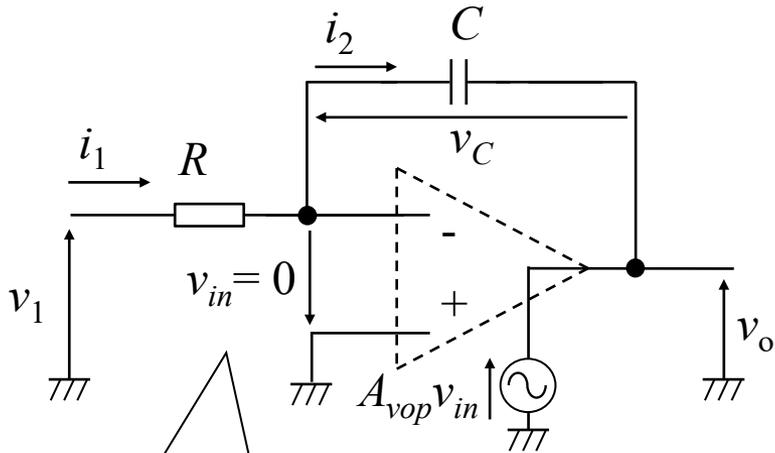
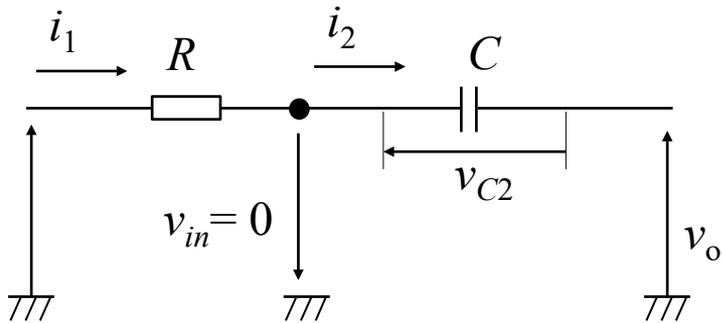
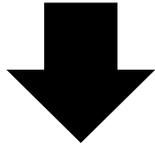


図6.15 積分回路の回路図



バーチャル
ショート

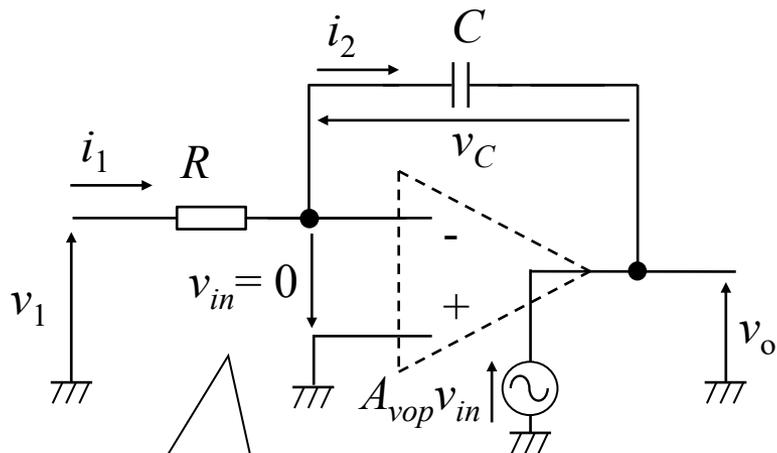


$$i_1 =$$

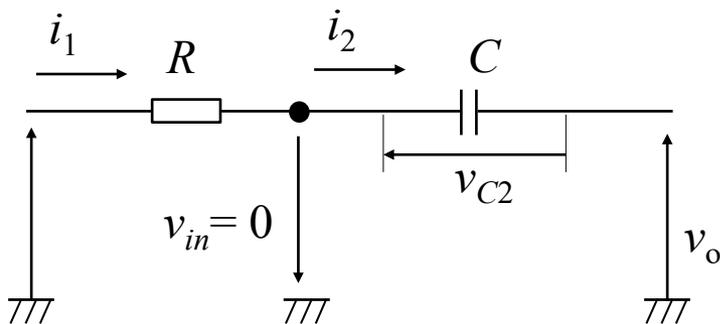
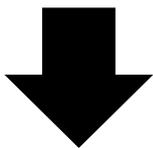
$$i_1 = i_2$$

$$v_o =$$

積分回路



バーチャル
ショート



$$i_1 = \frac{v_1}{R}$$

$$i_1 = i_2$$

$$v_o = -v_C = -\frac{1}{C} \int i_2 dt$$

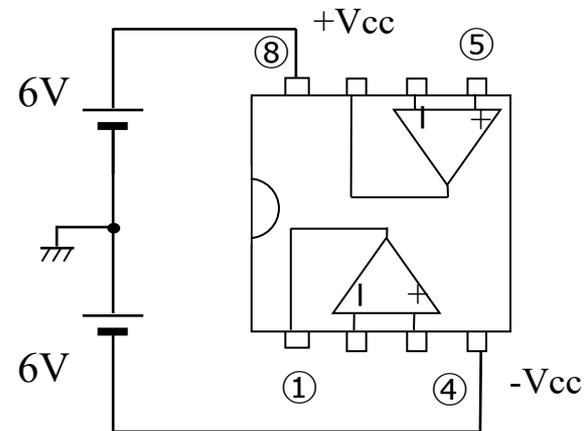
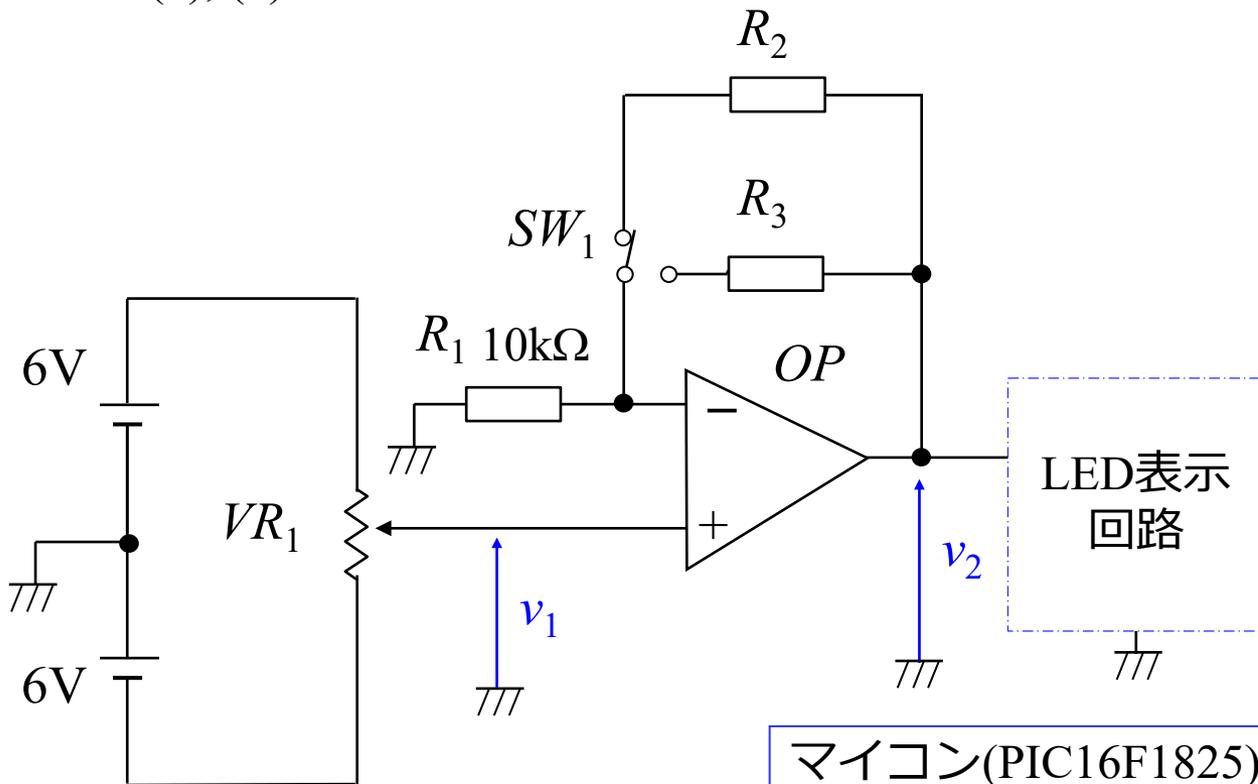
$$= -\frac{1}{RC} \int v_1 dt$$

製作課題 STEP6

図は非反転増幅回路を用いたLED調光回路である。

- (1) 回路の電圧増幅度 $A_v = v_2/v_1$ を求めよ。ただし、スイッチ SW_1 は抵抗 R_2 側に倒してあるものとする。
- (2) スイッチ SW_1 を切り替えることで電圧増幅度 $A_v = 2, 11$ となるように各定数を決め、設計した回路を製作して、電圧増幅度の違いをLEDの付き方の違いにより確かめよ。

(1), (2)の計算結果もTAのチェックを受けること。



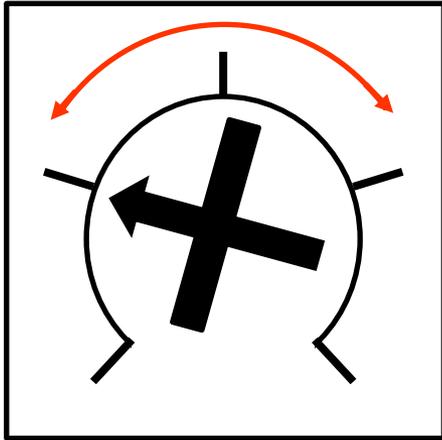
オペアンプの内部配線と電源接続の様子

マイコン(PIC16F1825)には12[V]の電圧がかからないように注意すること。

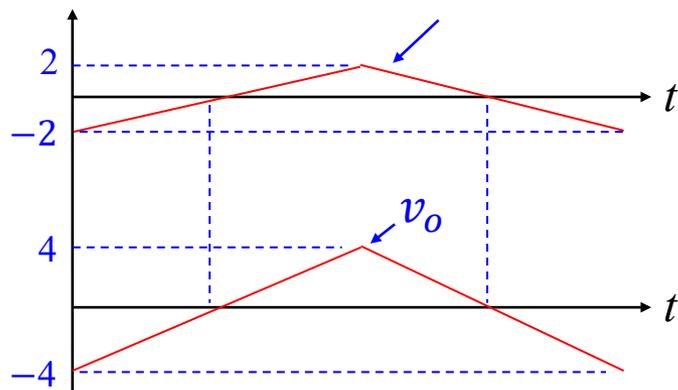
ビデオ

http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/Power_Electronics_Note/Exercise6/Exercise6.mp4

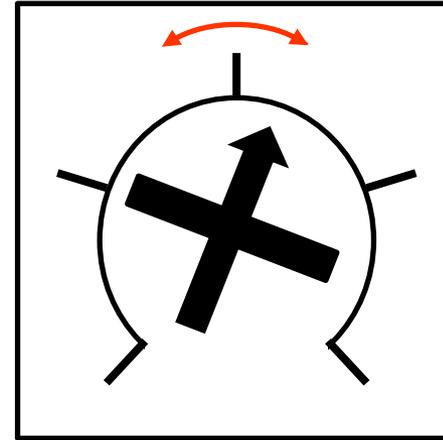
$A_v = 2$ のとき



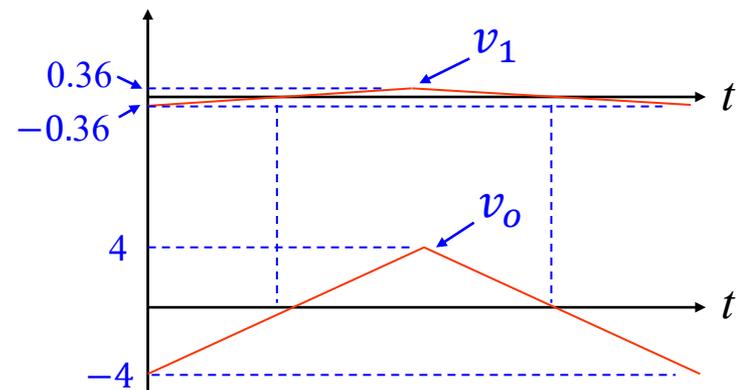
VR1を大きく廻すことでLEDの明るさが変化する.



$A_v = 11$ のとき



VR1を図の辺りで少し廻すだけでLEDの明るさが変化する.

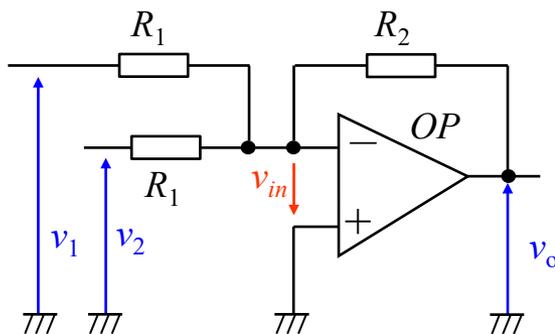


入出力波形のイメージ

レポート課題 Step 6

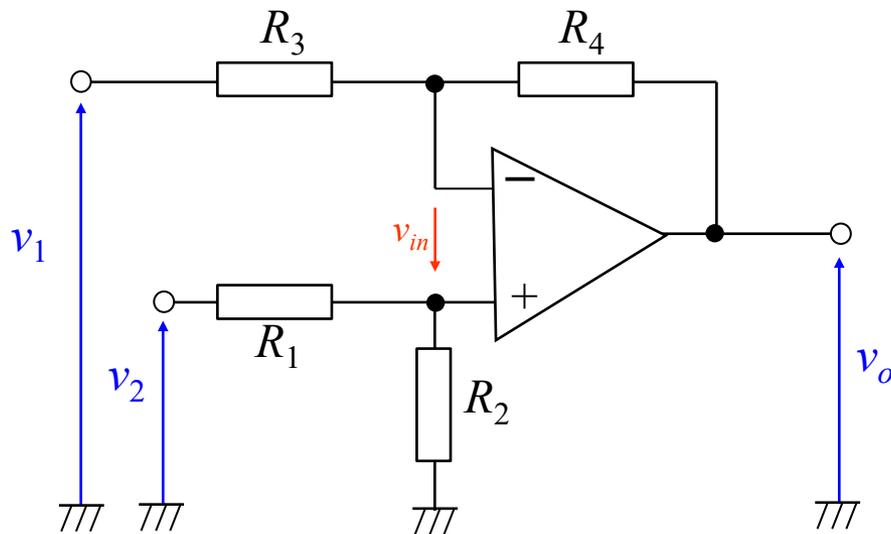
(1-1) 足し算回路

下図の回路において、 $v_o = -\frac{R_2}{R_1}(v_1 + v_2)$ となることを示せ。



(1-2) 引き算回路

下図の回路において、 $v_o = -k(v_1 - v_2)$ となることを示せ。ただし、 $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} = k$ とする。



レポート課題 (2) Step6 (積分回路)

積分回路の入力電圧 v_1 が下図に示すように振幅1[V], 繰り返し周波数 $f=1$ [kHz]の三角波であるとき, v_o を求め, 波形も描け. ただし, コンデンサ C の静電容量は 0.024 [μF], 抵抗 $R=10$ [$\text{k}\Omega$]とする.

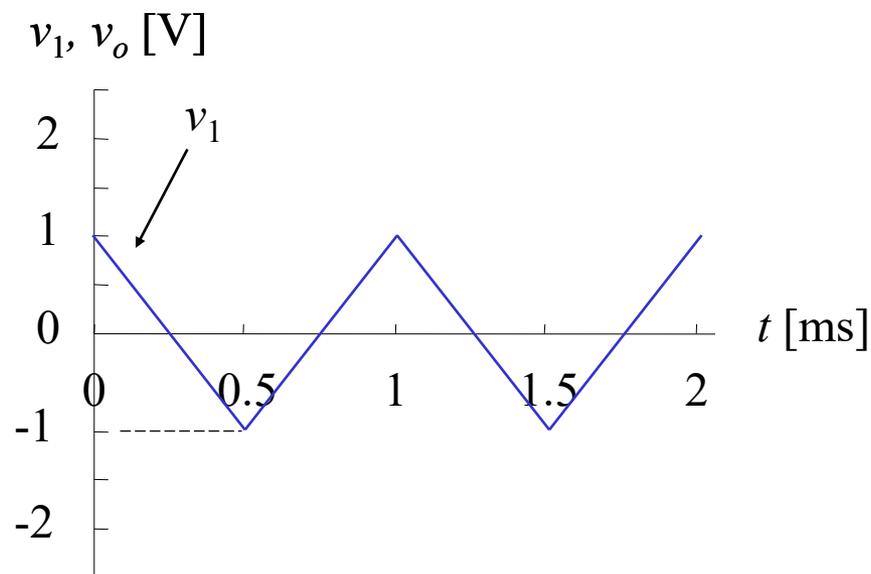
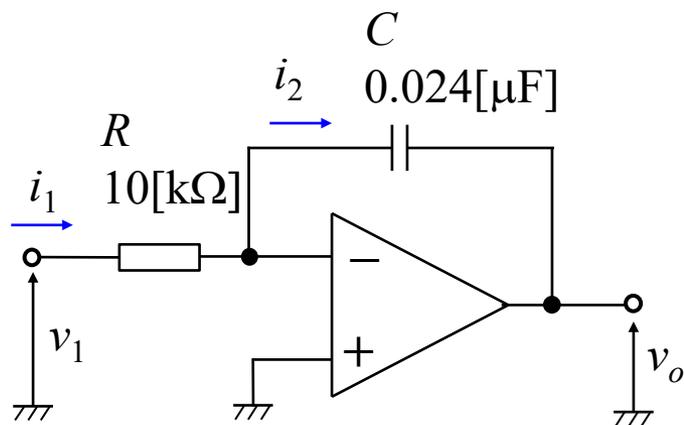
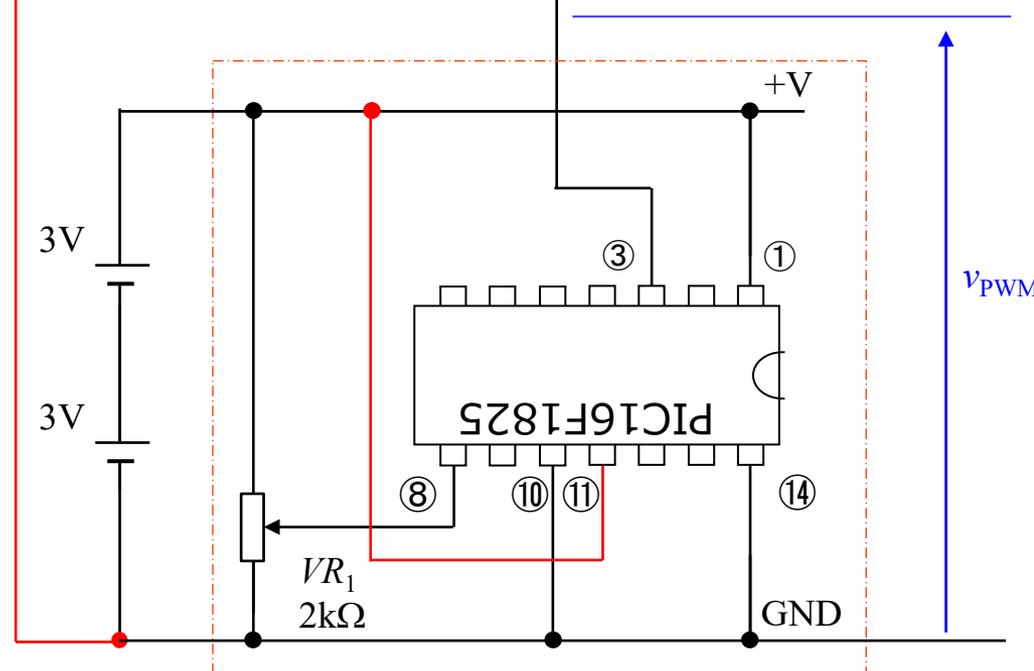
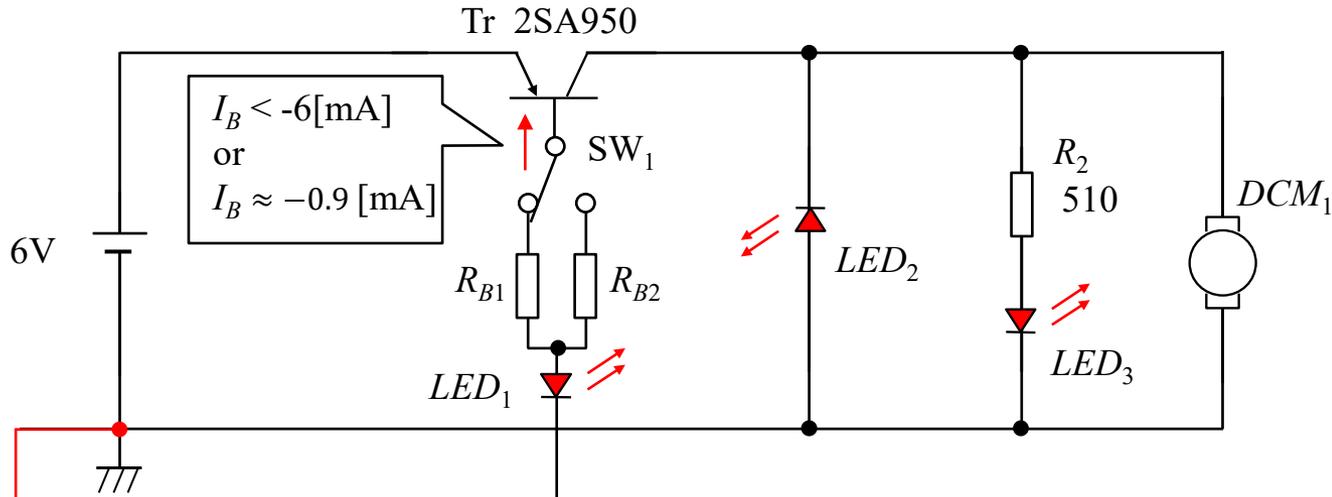


図6.15 積分回路の回路図

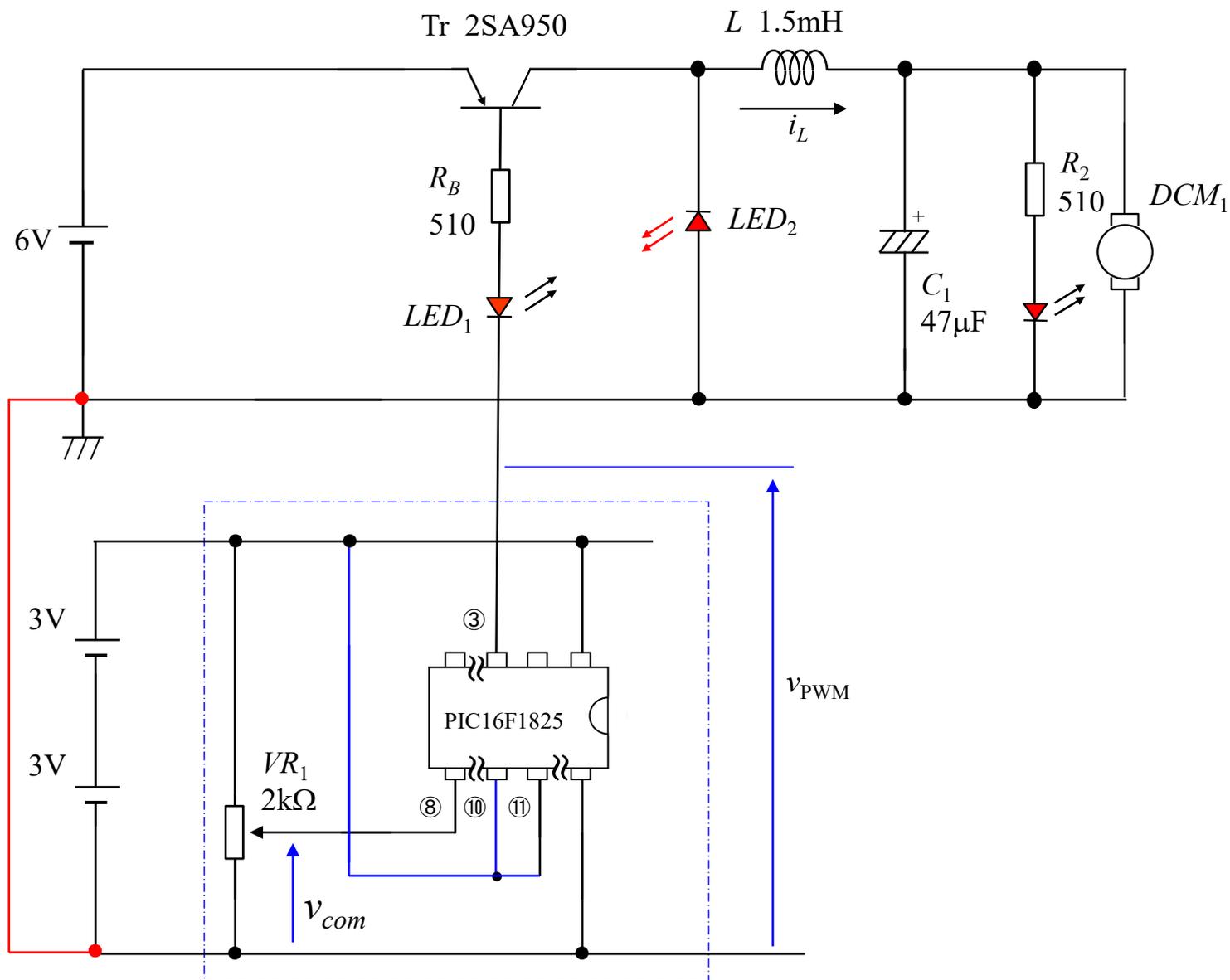
Step 3 製作課題 解答



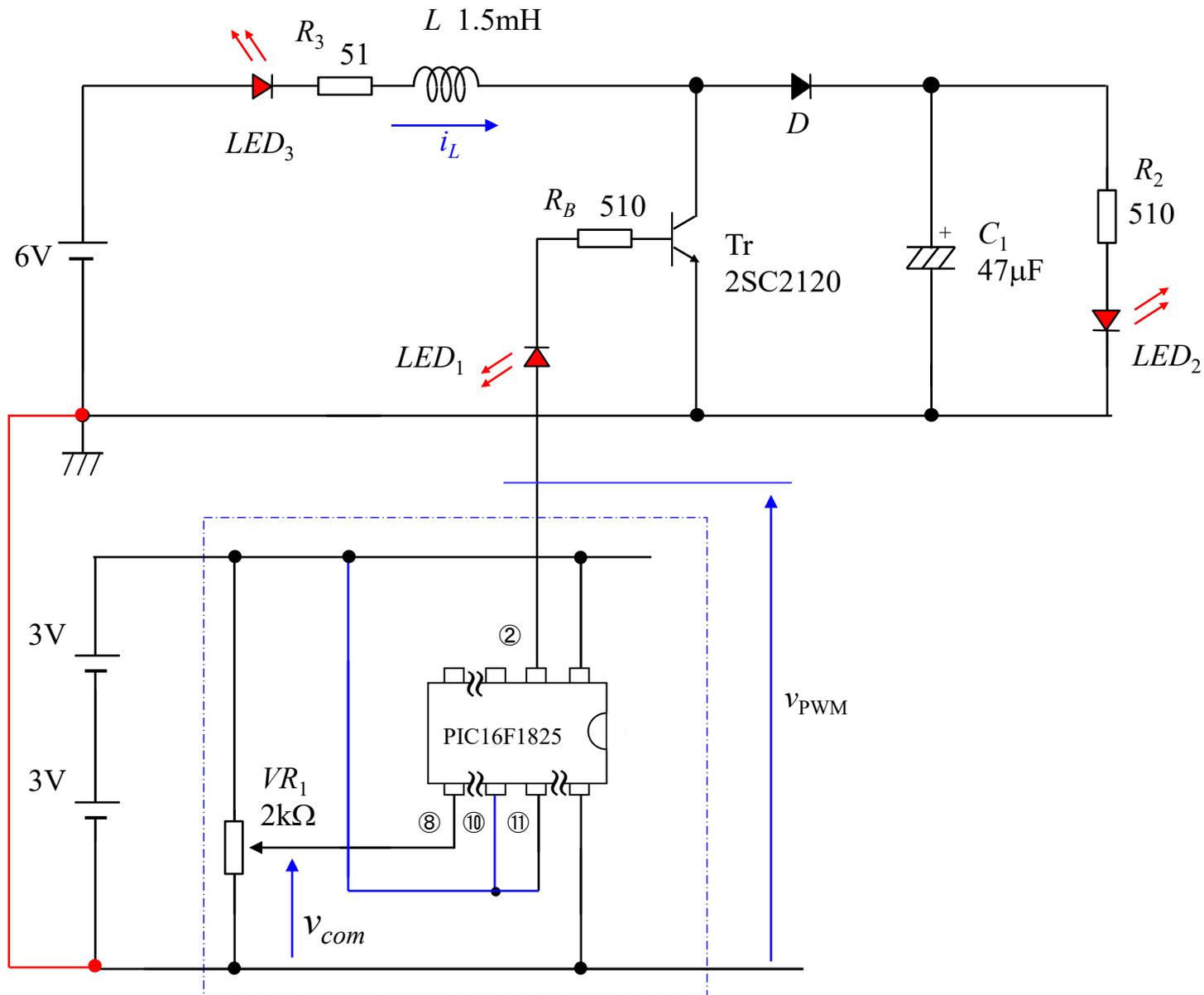
$$R_{B1} < \frac{6 - 0.7 - 1.7}{6 \times 10^{-3}} = 600 [\Omega]$$

$$R_{B2} \approx \frac{6 - 0.7 - 1.7}{0.9 \times 10^{-3}} \approx 5 [\text{k}\Omega]$$

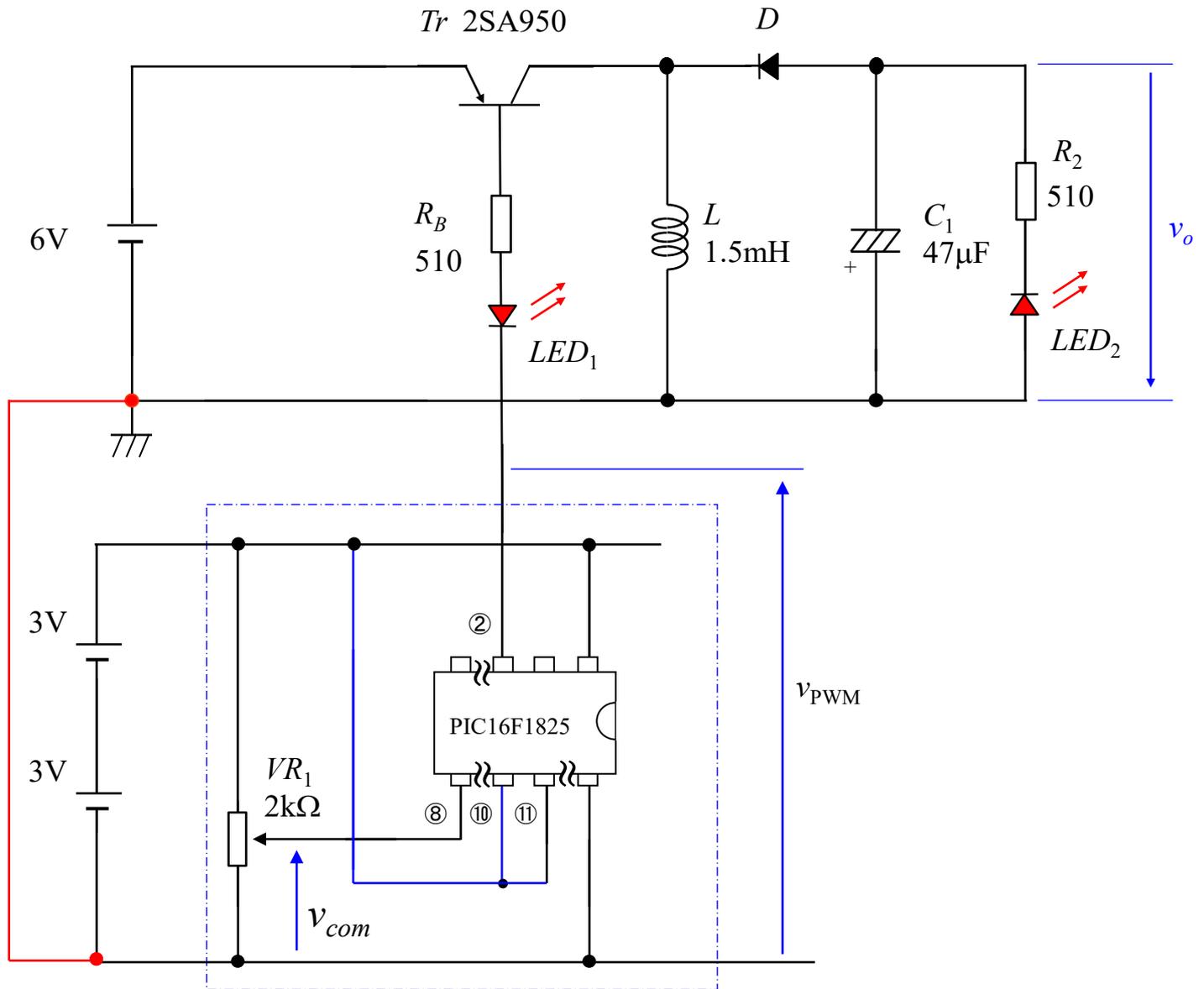
STEP4 製作課題 解答



製作課題 STEP5 解答



参考 昇降圧チョッパ回路



参考 足し算回路

下図の回路において $v_3 = -k(v_1 + v_2)$ となる。ただし、 $k = R_2 / R_1$ とする。

