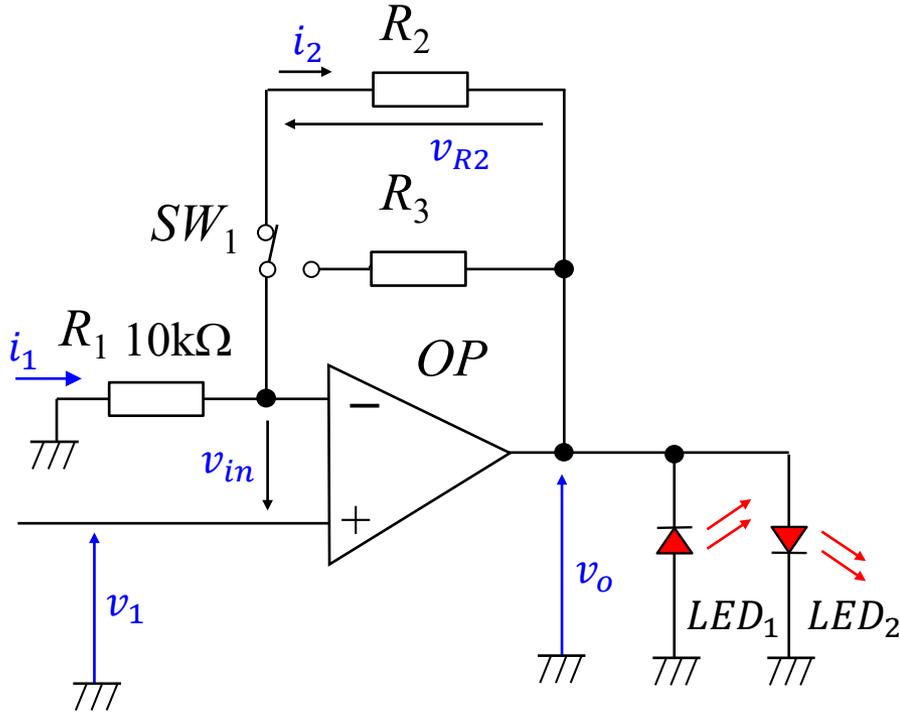


パワーエレクトロニクス講義資料 第8回降圧チョッパによるDCモータ駆動

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



$$v_{in} = 0 \text{より}$$

$$R_{in} = \infty \text{より}$$

$$v_{R2} =$$

$$v_2 = v_1 - v_{in} - v_{R2} \text{より}$$

$$v_2 =$$

$$\therefore A_v = \frac{v_2}{v_1} =$$

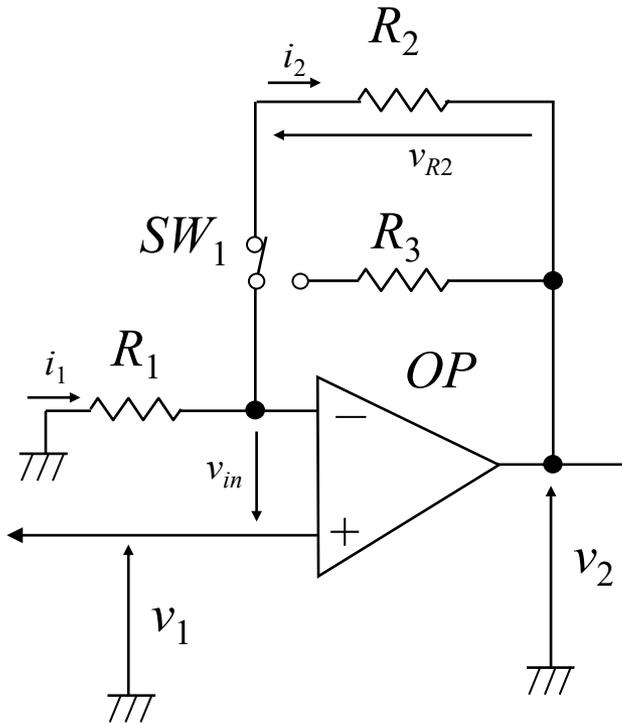
$R_1 = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}, R_2 = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}$ のとき $A_v = 2$

$R_1 = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}, R_2 = 100 \text{ [k}\Omega\text{]}$ のとき $A_v = 11$

オペアンプの $R_{in} > 10 \text{ [M}\Omega\text{]}, R_{out} \approx 300 \text{ [}\Omega\text{]}$ より

$300 \text{ [}\Omega\text{]} \ll \text{数[k}\Omega\text{]} \sim \text{数100[k}\Omega\text{]} \ll 10 \text{ [M}\Omega\text{]}$ の範囲が使用する抵抗値の目安となる.

製作課題 STEP6 解答



$$v_{in} = 0 \text{より}$$

$$R_{in} = \infty \text{より}$$

$$v_{R2} = R_2 i_2$$

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

$$i_2 = i_1$$

$R_1 = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}, R_2 = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}$ のとき $A_v = 2$

$R_1 = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}, R_2 = 100 \text{ [k}\Omega\text{]}$ のとき $A_v = 11$

オペアンプの $R_{in} > 10 \text{ [M}\Omega\text{]}, R_{out} \approx 300 \text{ [}\Omega\text{]}$ より

$300 \text{ [}\Omega\text{]} \ll \text{数[k}\Omega\text{]} \sim \text{数100[k}\Omega\text{]} \ll 10 \text{ [M}\Omega\text{]}$ の範囲が使用する抵抗値の目安となる。

製作課題 STEP6 解答

$$v_{in} = 0 \text{より} \quad i_1 = \frac{-v_1}{R_1}$$

$$R_{in} = \infty \text{より} \quad i_2 = i_1$$

$$v_{R2} = R_2 i_2$$

$$v_2 = v_1 - v_{in} - v_{R2} \text{より}$$

$$v_2 = v_1 + \frac{R_2}{R_1} v_1 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_1$$

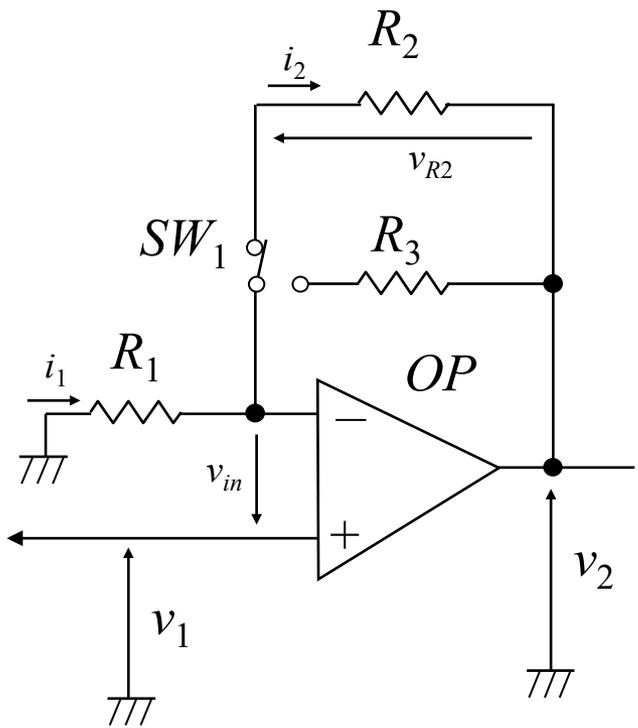
$$\therefore A_v = \frac{v_2}{v_1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$R_1 = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}, R_2 = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}$ のとき $A_v = 2$

$R_1 = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}, R_2 = 100 \text{ [k}\Omega\text{]}$ のとき $A_v = 11$

オペアンプの $R_{in} > 10 \text{ [M}\Omega\text{]}, R_{out} \approx 300 \text{ [}\Omega\text{]}$ より

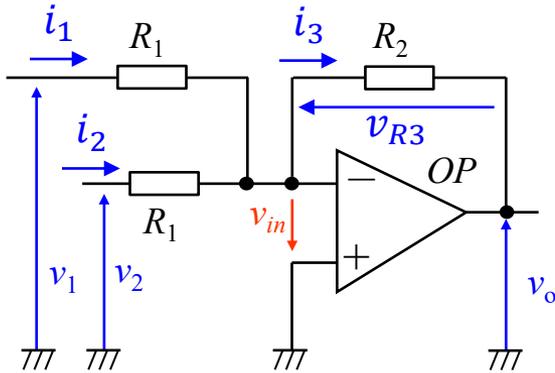
$300 \text{ [}\Omega\text{]} \ll \text{数[k}\Omega\text{]} \sim \text{数100[k}\Omega\text{]} \ll 10 \text{ [M}\Omega\text{]}$ の範囲が使用する抵抗値の目安となる。



レポート課題 Step 6 解答

(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.



バーチャルショートにより

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

$$i_2 = \frac{v_2}{R_1}$$

$$R_{in} = \infty \text{より}$$

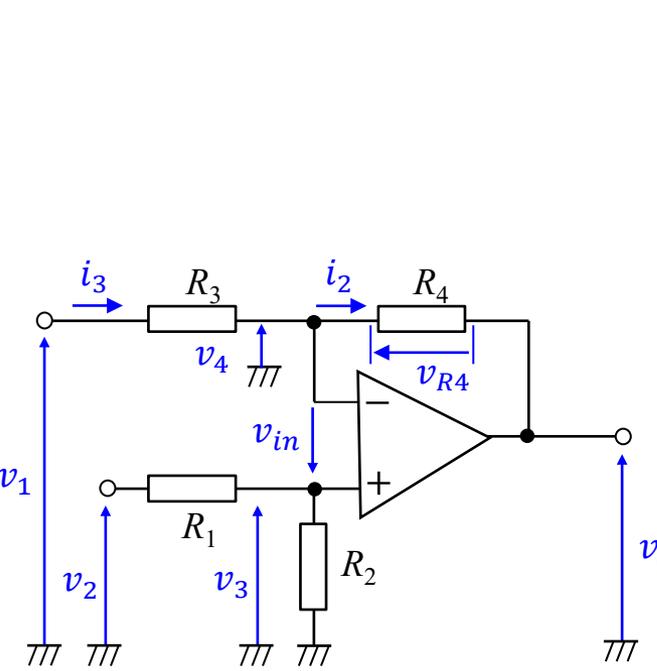
$$i_3 = i_1 + i_2$$

$$v_{R3} = R_2 i_3$$

$$v_o = -v_{R3} = -\frac{R_2}{R_1}(v_1 + v_2)$$

レポート課題(1) Step 6 (引き算回路) 解答

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。



$R_{in} = \infty$ より

$v_3 =$

バーチャルショート
 $(v_{in} = 0)$ より
 $v_4 = v_3$
 よって

$i_3 =$

$R_{in} = \infty$ より

$i_4 = i_3$

$v_{R4} = R_4 i_4$

$= \frac{R_4}{R_3} (v_1 - v_3)$

$= \frac{R_4}{R_3} \left(v_1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 \right)$

$v_o =$

$= \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 - \frac{R_4}{R_3} \left(v_1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 \right)$

$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} = k$ より

$v_o = \frac{k}{1+k} v_2 - k \left(v_1 - \frac{k}{1+k} v_2 \right)$

$= k(v_2 - v_1)$

$= -k(v_1 - v_2)$

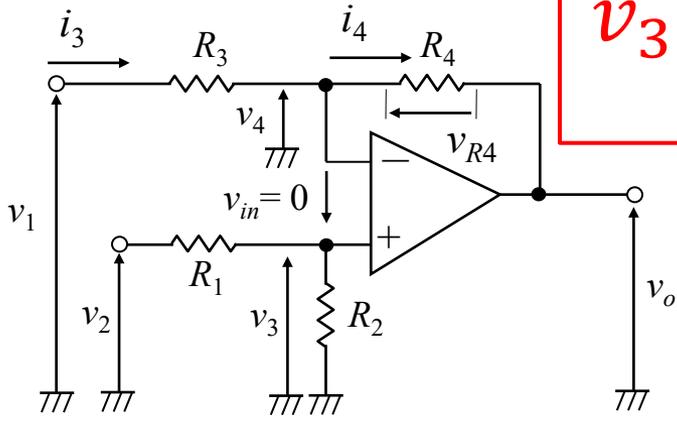
レポート課題(1) Step 6 (引き算回路) 解答

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.

$R_{in} = \infty$ より

$$v_3 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2$$

$$\begin{aligned}
 v_{R4} &= R_4 i_4 \\
 &= \frac{R_4}{R_3} (v_1 - v_3) \\
 &= \frac{R_4}{R_3} \left(v_1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 \right) \\
 v_o &= \\
 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 - \frac{R_4}{R_3} \left(v_1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 \right)
 \end{aligned}$$



バーチャルショート
 $(v_{in} = 0)$ より
 $v_4 = v_3$
 よって

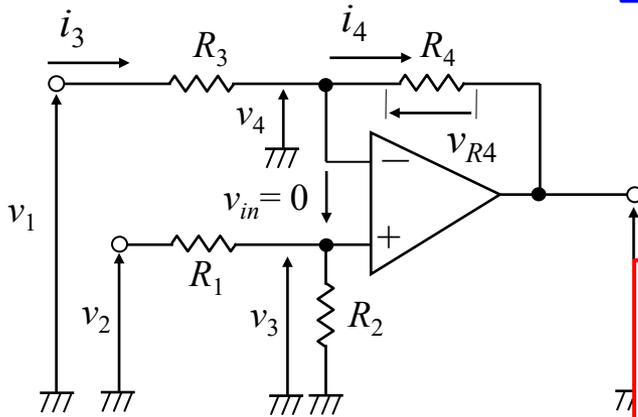
$i_3 =$
 $R_{in} = \infty$ より
 $i_4 = i_3$

$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} = k$ より

$$\begin{aligned}
 v_o &= \frac{k}{1+k} v_2 - k \left(v_1 - \frac{k}{1+k} v_2 \right) \\
 &= k(v_2 - v_1) \\
 &= -k(v_1 - v_2)
 \end{aligned}$$

レポート課題(1) Step 6 (引き算回路) 解答

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。



$R_{in} = \infty$ より

$$v_3 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2$$

バーチャルショート

($v_{in} = 0$)より

$$v_4 = v_3$$

よって

$$i_3 = \frac{v_1 - v_3}{R_3}$$

$R_{in} = \infty$ より

$$i_4 = i_3$$

$$v_{R4} = R_4 i_4$$

$$= \frac{R_4}{R_3} (v_1 - v_3)$$

$$= \frac{R_4}{R_3} \left(v_1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 \right)$$

$$v_o =$$

$$= \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 - \frac{R_4}{R_3} \left(v_1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 \right)$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} = k \text{ より}$$

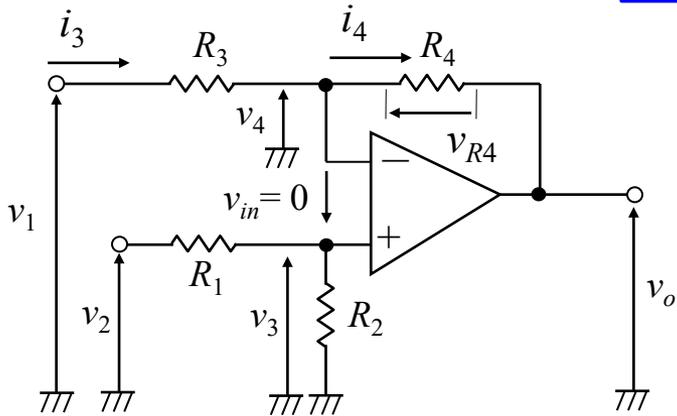
$$v_o = \frac{k}{1+k} v_2 - k \left(v_1 - \frac{k}{1+k} v_2 \right)$$

$$= k(v_2 - v_1)$$

$$= -k(v_1 - v_2)$$

レポート課題(1) Step 6 (引き算回路) 解答

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。



$$v_3 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2$$

$R_{in} = \infty$ より

バーチャルショート

($v_{in} = 0$)より

$$v_4 = v_3$$

よって

$$i_3 = \frac{v_1 - v_3}{R_3}$$

$R_{in} = \infty$ より

$$i_4 = i_3$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} = k \text{ とする。}$$

$$v_{R4} = R_4 i_4$$

$$= \frac{R_4}{R_3} (v_1 - v_3)$$

$$= \frac{R_4}{R_3} \left(v_1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 \right)$$

$$v_o = v_3 - v_{in} - v_{R4}$$

$$= \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 - \frac{R_4}{R_3} \left(v_1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 \right)$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} = k \text{ より}$$

$$v_o = \frac{k}{1+k} v_2 - k \left(v_1 - \frac{k}{1+k} v_2 \right)$$

$$= k(v_2 - v_1)$$

$$= -k(v_1 - v_2)$$

レポート課題 (2) Step6 (積分回路)

解答

$0 \leq t \leq 0.5[\text{ms}]$ にて

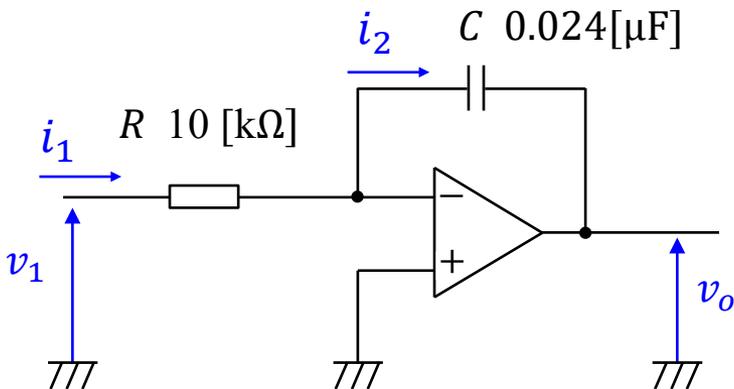
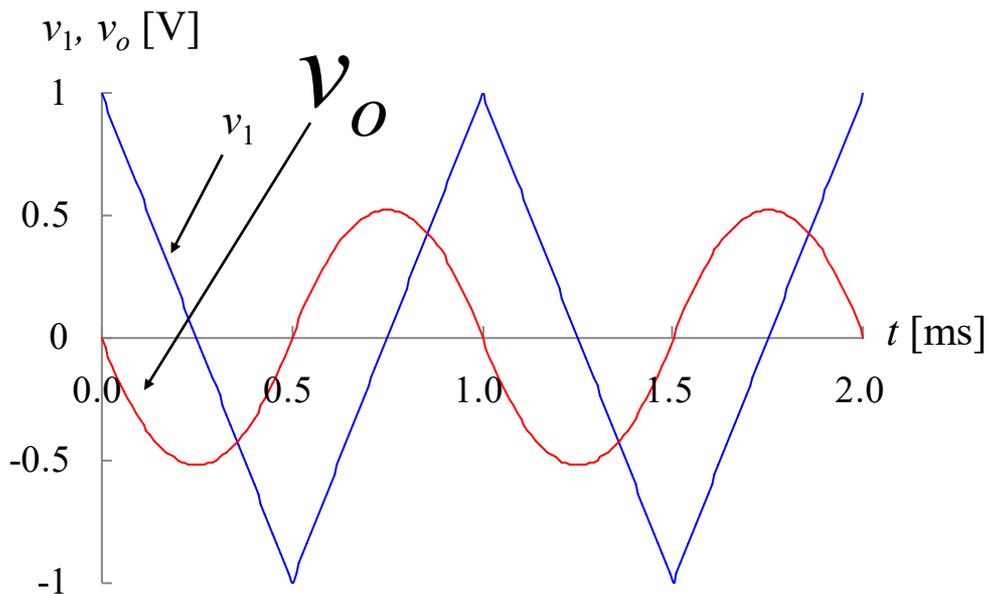


図6.15 積分回路の回路図



$$v_1 =$$

$$v_o = -\frac{1}{CR} \int v dt + Q_0$$

$$= -\frac{1}{CR} (t - 2000t^2) + Q_0$$

$t = 0$ で $v_o = 0$ とすると $Q_0 = 0$

よって,

$$v_o = -\frac{1}{CR} (t - 2000t^2)$$

$C = 0.024[\mu\text{F}], R = 10[\text{k}\Omega]$ より

$$v_o = - (t - 2000t^2)$$

$$= - (t - 2000t^2)$$

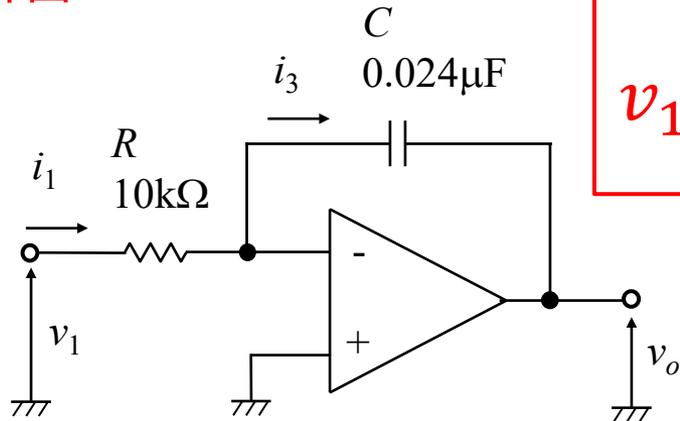
$t = 0.25[\text{ms}]$ で $v_o = -0.52$

$t = 0.5[\text{ms}]$ で $v_o = 0$

レポート課題 (2) Step6 (積分回路)

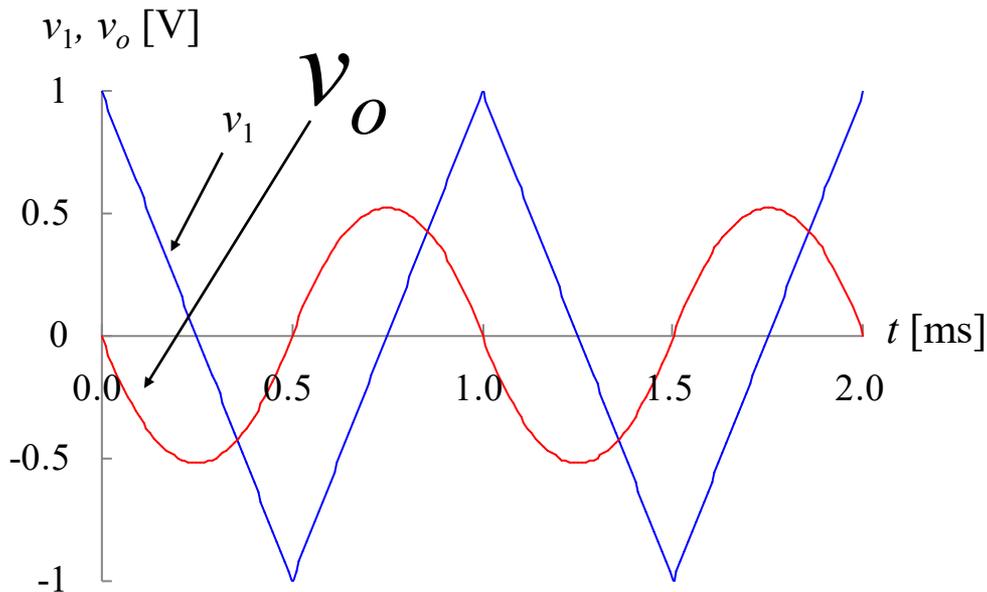
$0 \leq t \leq 0.5[\text{ms}]$ にて

解答



$$v_1 = 1 - 2 \frac{t}{0.5 \times 10^{-3}} = 1 - 4000t$$

図6.15 積分回路の回路図



$$v_o = -\frac{1}{CR} \int v dt + Q_0$$

$$= -\frac{1}{CR} (t - 2000t^2) + Q_0$$

$t = 0$ で $v_o = 0$ とすると $Q_0 = 0$
よって,

$$v_o = -\frac{1}{CR} (t - 2000t^2)$$

$C = 0.024[\mu\text{F}]$, $R = 10[\text{k}\Omega]$ より

$$v_o = - (t - 2000t^2)$$

$$= - (t - 2000t^2)$$

$t = 0.25[\text{ms}]$ で $v_o = -0.52$

$t = 0.5[\text{ms}]$ で $v_o = 0$

レポート課題 (2) Step6 (積分回路)

解答

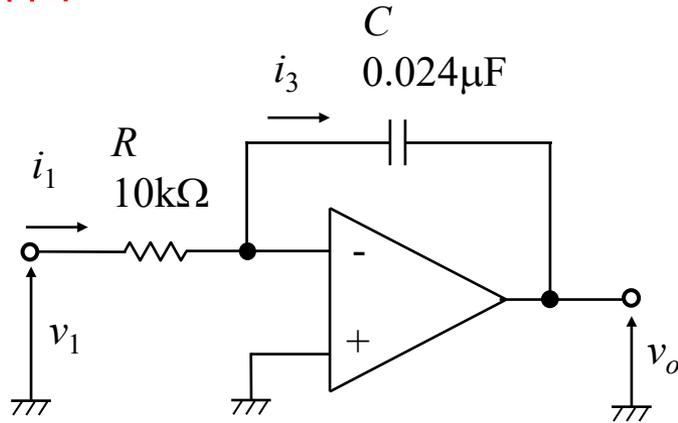
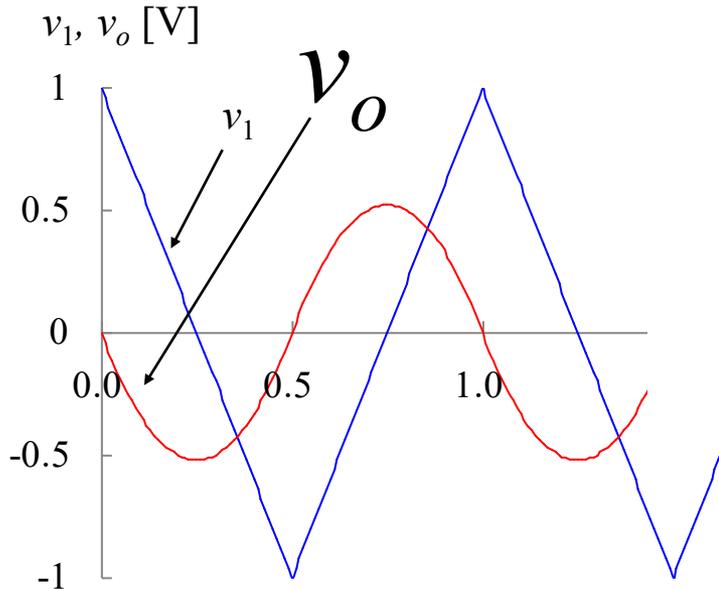


図6.15 積分回路の回路図



$0 \leq t \leq 0.5[\text{ms}]$ において

$$v_1 = 1 - 2 \frac{t}{0.5 \times 10^{-3}} = 1 - 4000t$$

$$v_o = -\frac{1}{CR} \int v dt + Q_0$$

$$= -\frac{1}{CR} (t - 2000t^2) + Q_0$$

$t=0$ で $v_o = 0$ とすると $Q_0 = 0$
よって,

$$v_o = -\frac{1}{CR} (t - 2000t^2)$$

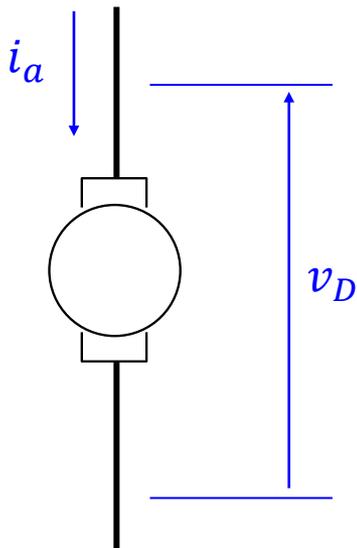
$C = 0.024[\mu\text{F}]$, $R = 10[\text{k}\Omega]$ より

$$v_o = -\frac{1}{0.024 \times 10^{-6} \times 10^4} (t - 2000t^2)$$

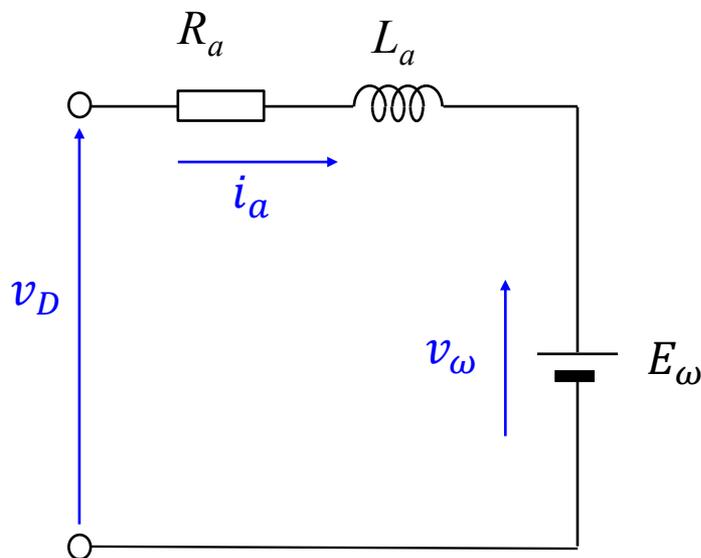
$$= -4167 (t - 2000t^2)$$

$t = 0.25[\text{ms}]$ で $v_o = -0.52$

$t = 0.5[\text{ms}]$ で $v_o = 0$



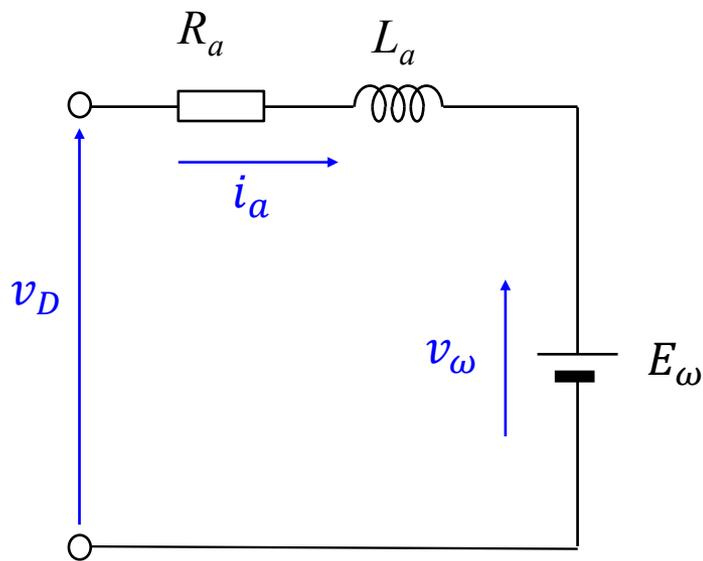
v_D : モータの印加電圧[V]
 I_a : 電機子電流[A],
 R_a : 電機子抵抗[W],
 L_a : 電機子インダクタンス[H],
 v_ω : 電機子起電力[V],



$$L_a \frac{d i_a}{d t} + R_a i_a = v_D - v_\omega \quad (7.9)$$

$v_\omega = K_e \omega$: 電機子起電力
 K_e : 起電力定数

図7.12 DCモータの等価回路

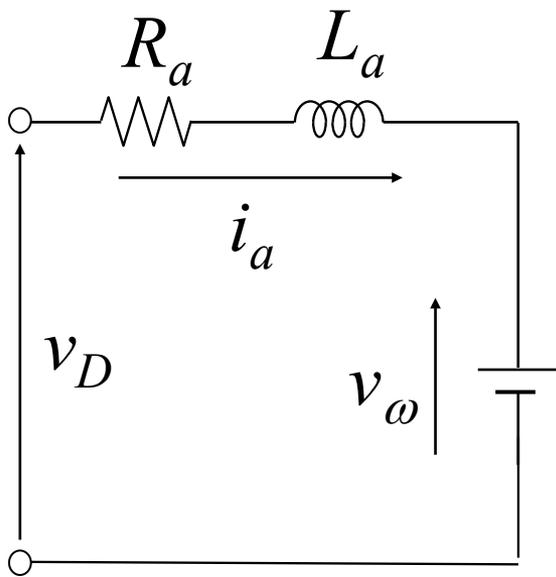


$$L_a \frac{d i_a}{d t} + R_a i_a = v_D - v_\omega$$

(7.9)

$v_D - v_\omega = E$ (一定), $t = 0$ で $i_a = 0$ とすると

$$= \frac{E}{R_a} \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right) \quad \tau : \text{時定数}$$



$$L_a \frac{d i_a}{d t} + R_a i_a = v_D - v_\omega \quad (7.9)$$

$v_D - v_\omega = E$ (一定), $t = 0$ で $i_a = 0$ とすると

$$i_a = \frac{E}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{R_a}{L_a} t} \right)$$

$$= \frac{E}{R_a} \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right) \quad \tau: \text{時定数}$$

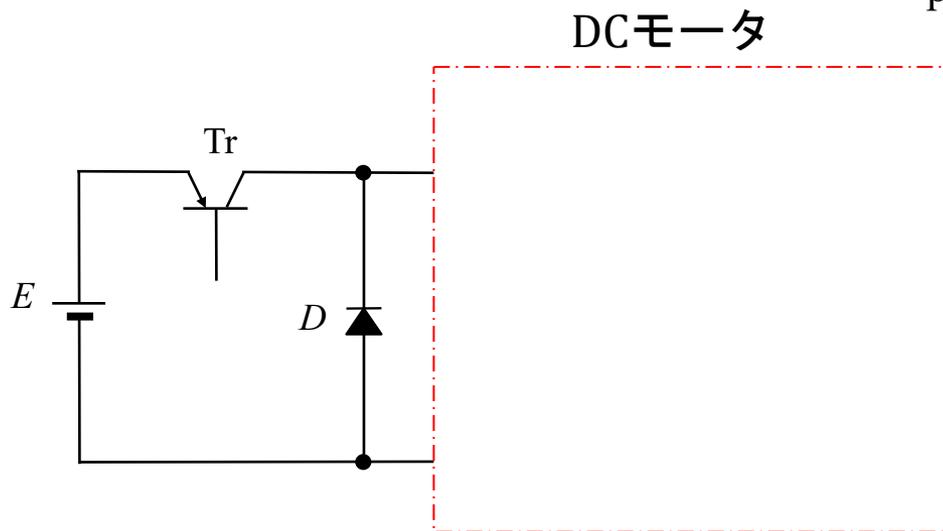
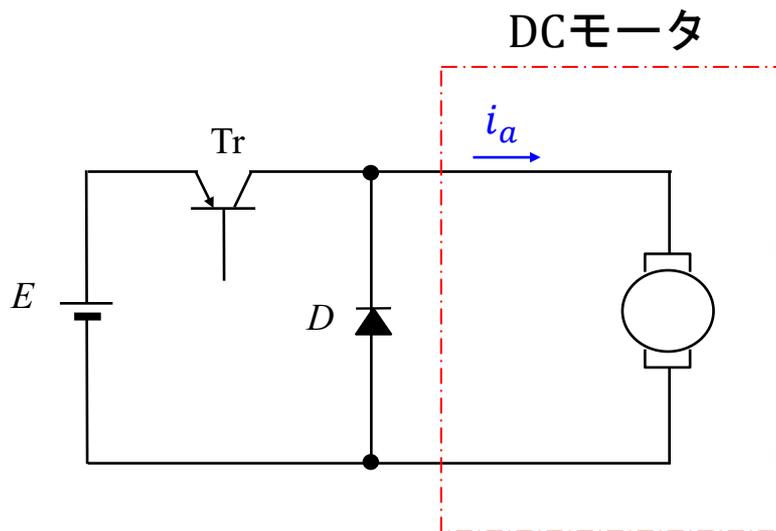


図7.13 降圧チョツパ+DCモータの等価回路

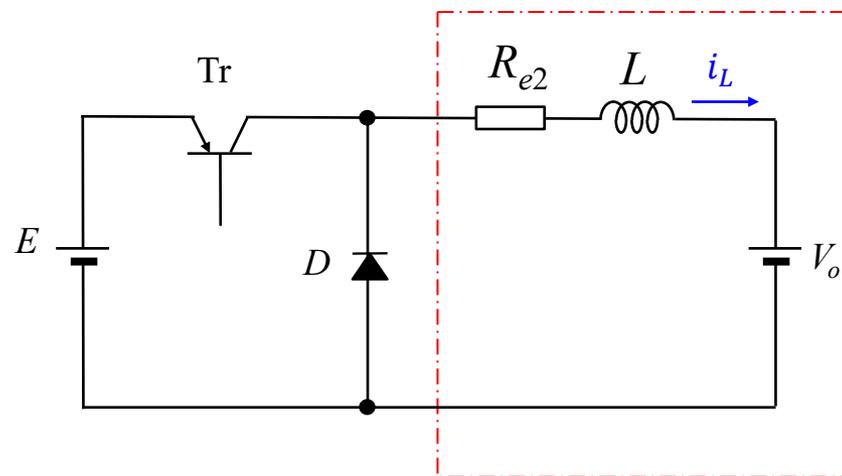
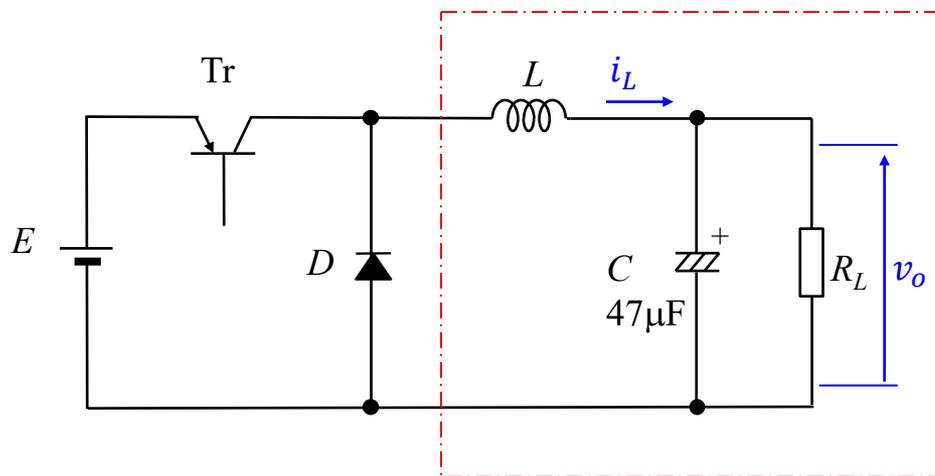


図4.13 降圧チョツパ回路の等価回路

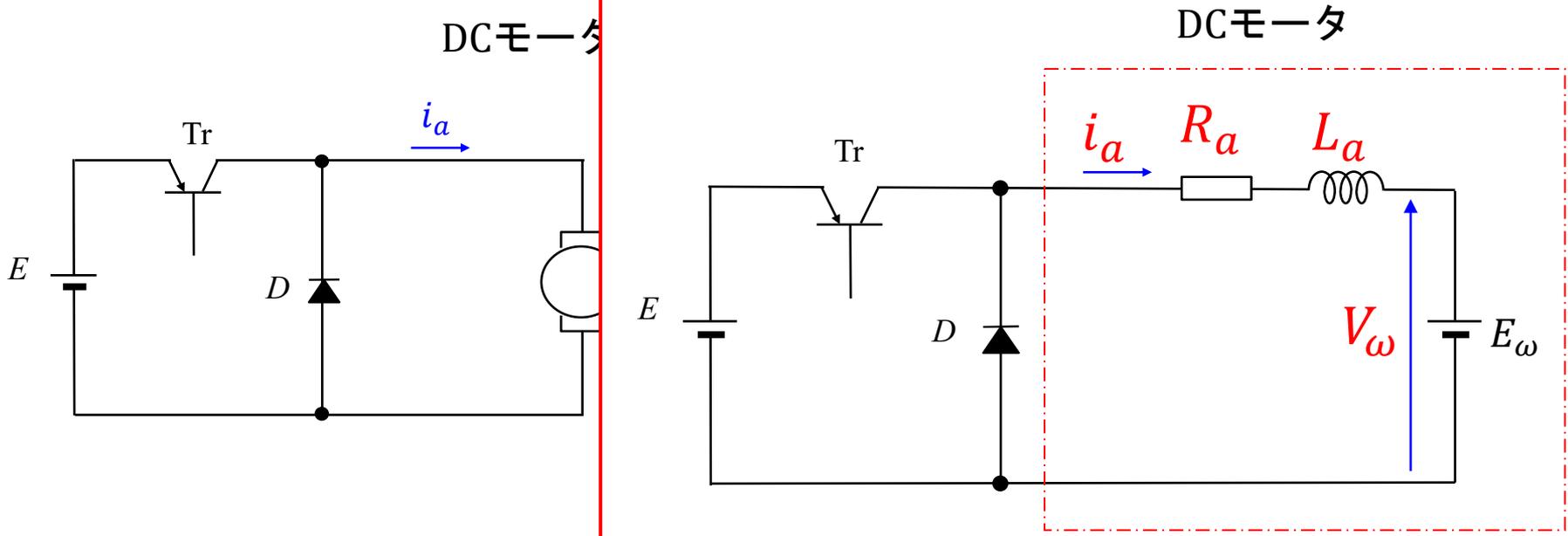


図7.13 降圧チョッパ+DCモータの等価回路

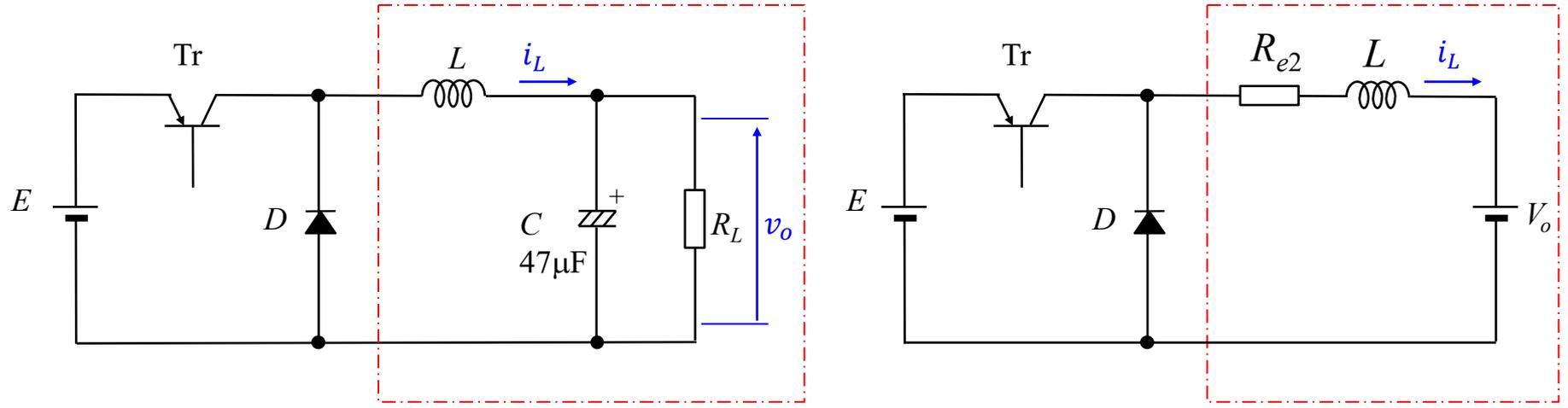
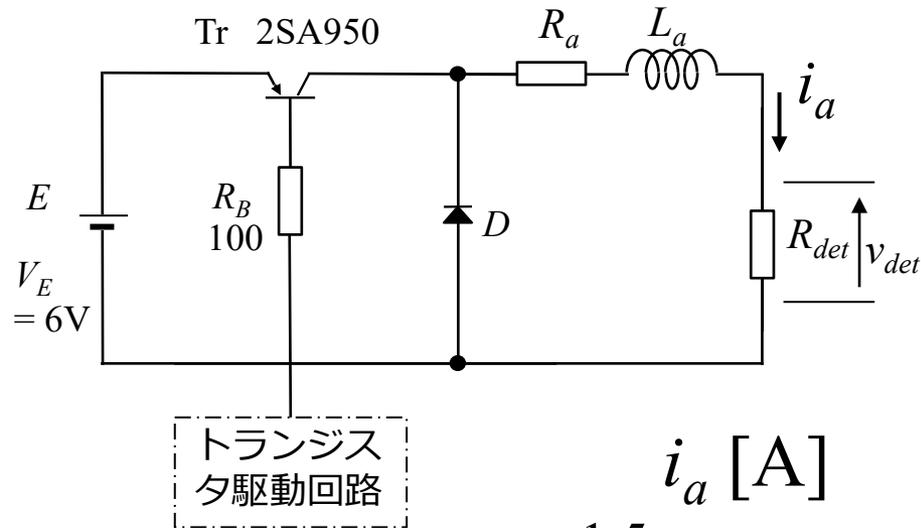


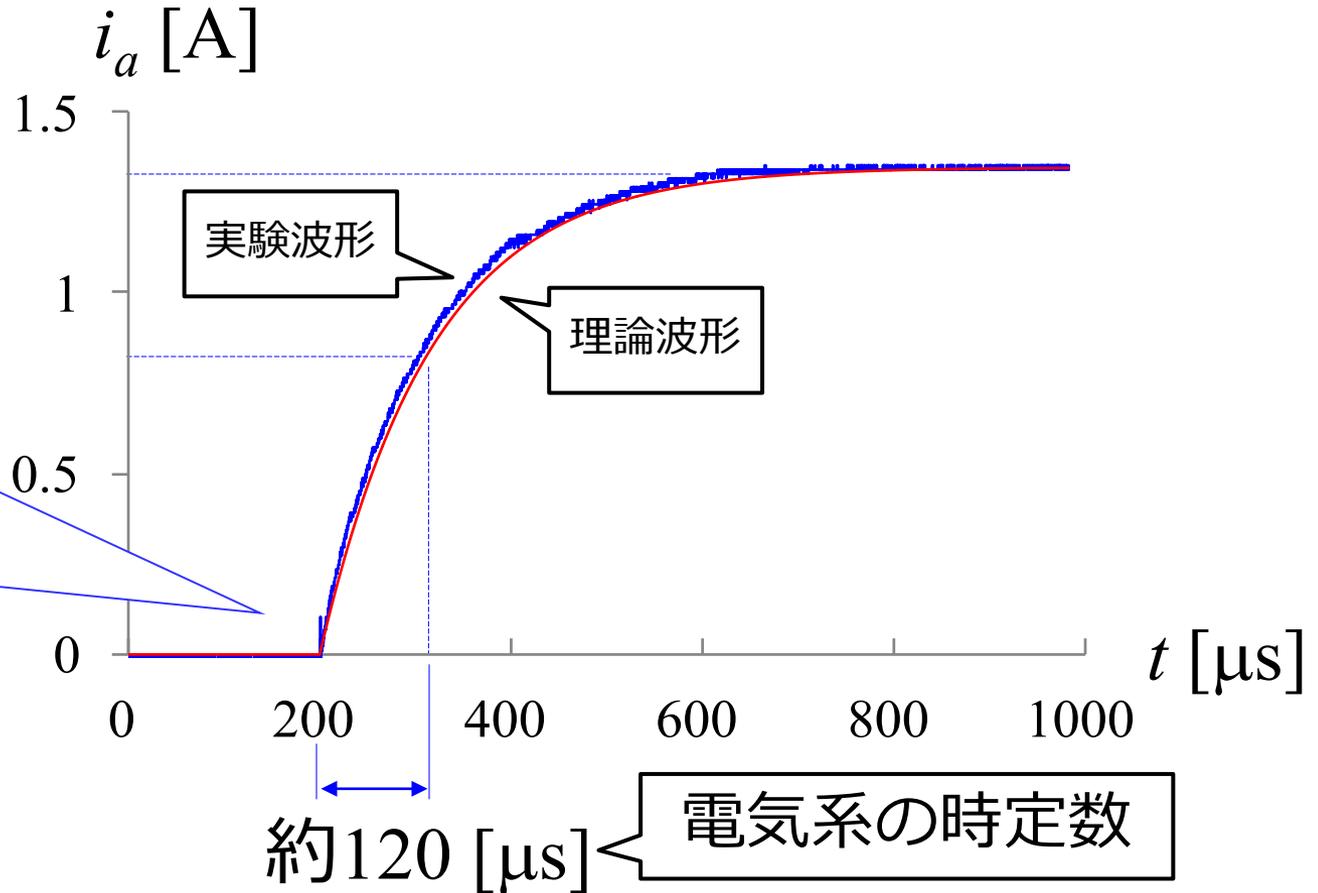
図4.13 降圧チョッパ回路の等価回路

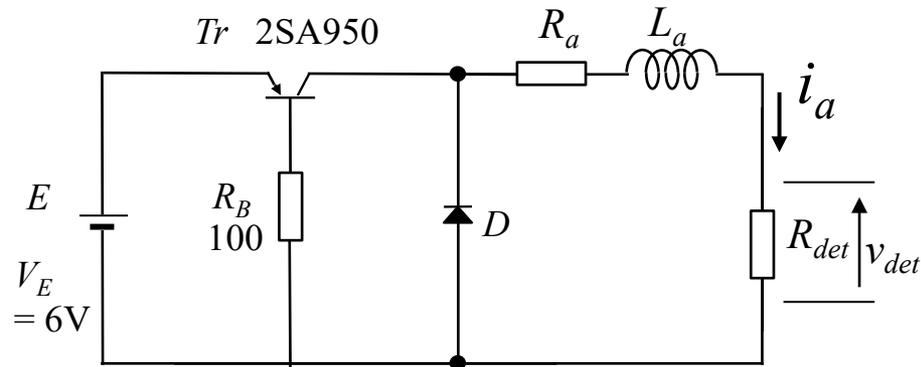


電気系抵抗 : $R_a = 1.25 \text{ } [\Omega]$
 電機系電流検出用抵抗 : $R_{det} = 1.2 \text{ } [\Omega]$

$$i_a = I_0 \left(1 - \exp\left(\frac{t - t_0}{\tau} \right) \right)$$

モータの軸を手でつまんで回転を止めて、 $t = 0.2 \text{ } [\text{ms}]$ の時点にてモータにステップ電圧を印加





電気子抵抗 : $R_a = 1.25 [\Omega]$

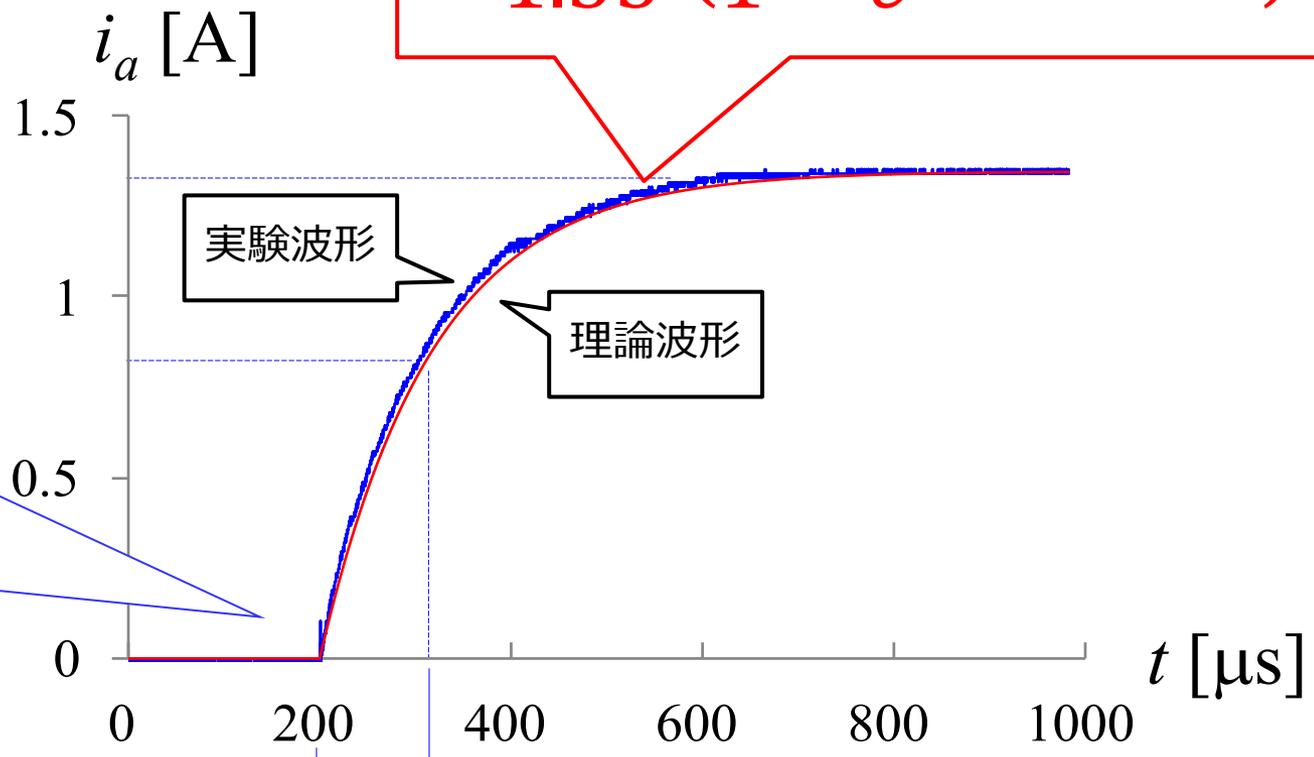
電機子電流検出用抵抗 : $R_{det} = 1.2 [\Omega]$

$$i_a = I_0 \left(1 - \exp\left(-\frac{t-t_0}{\tau}\right) \right)$$

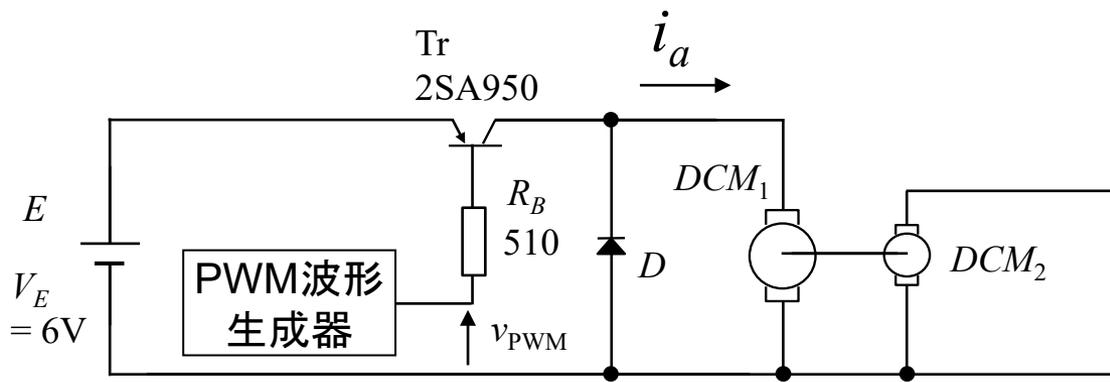
$$= 1.35 \left(1 - e^{-\frac{t-200[\mu s]}{120[\mu s]}} \right)$$

トランジスタ駆動回路

モータの軸を手でつまんで回転を止めて、 $t = 0.2 [\text{ms}]$ の時点にてモータにステップ電圧を印加



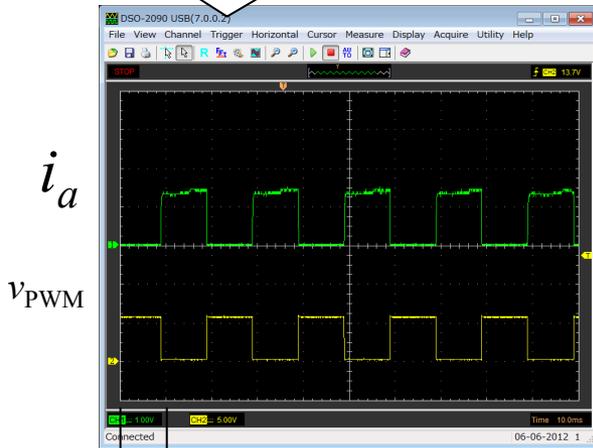
約120 [μs] 電気系の時定数



モータの回転は安定
していても、電機子
電流は断続的

電機子電流は連続的
であるが波打っている。

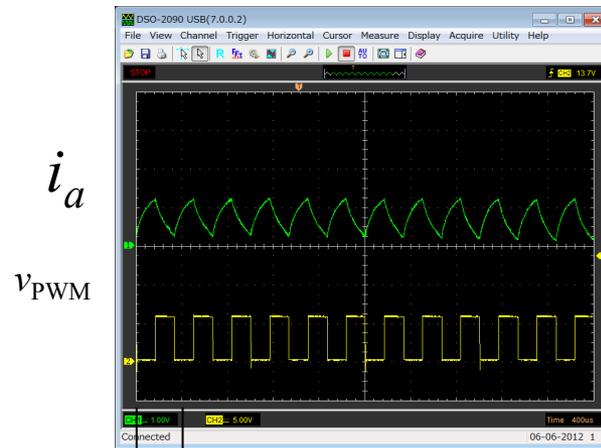
電機子電流は連続的
で波打ちも小さい。



10 [msec]

$$f_{sw} = \quad [\text{Hz}]$$

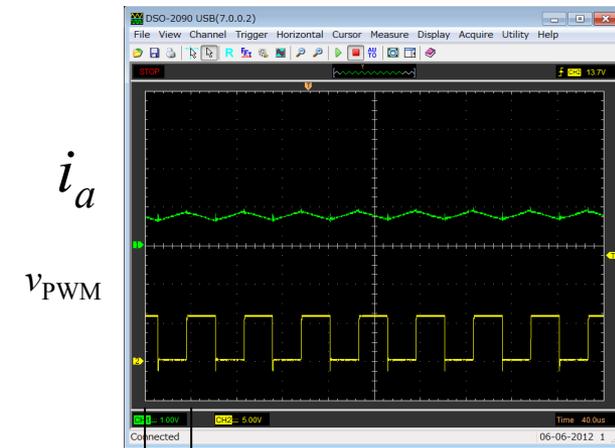
$$(20[\text{ms}] \gg 120[\mu\text{s}])$$



0.4 [msec]

$$f_{sw} = \quad [\text{kHz}]$$

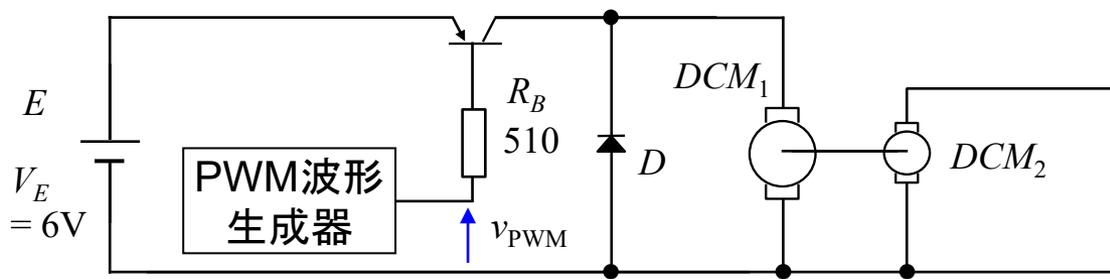
$$(333[\mu\text{s}] > 120[\mu\text{s}])$$



40 [μsec]

$$f_{sw} = \quad [\text{kHz}]$$

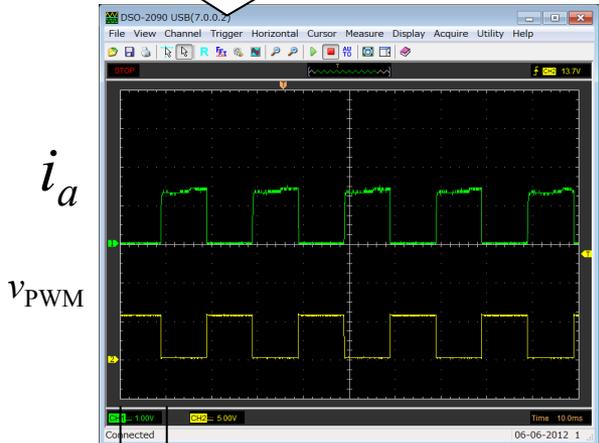
$$(50[\mu\text{s}] < 120[\mu\text{s}])$$



モータの回転は安定していても、電機子電流は断続的

電機子電流は連続的であるが波打っている。

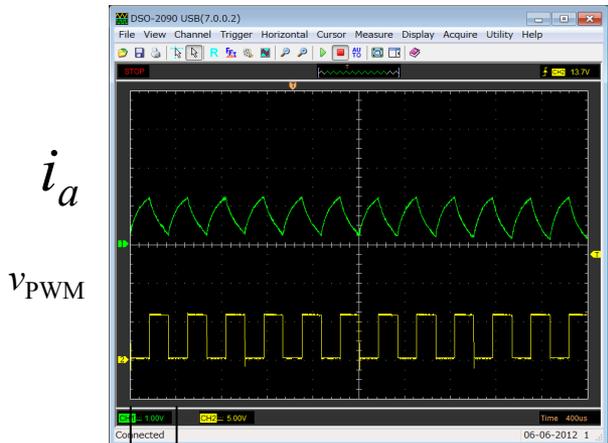
電機子電流は連続的で波打ちも小さい。



10 [msec]

$f_{sw} = 50$ [Hz]

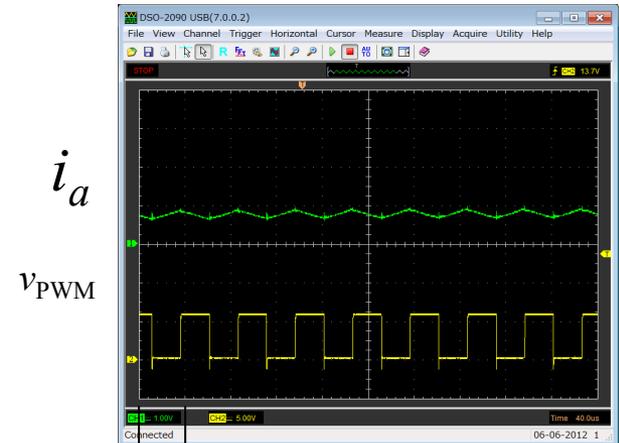
$(20[ms] \gg 120[\mu s])$



0.4 [msec]

$f_{sw} = 3$ [kHz]

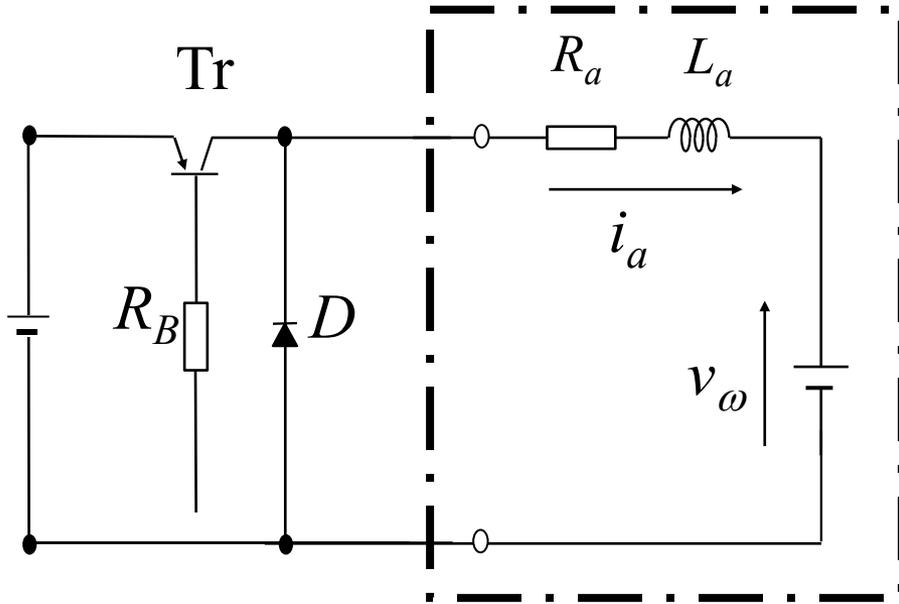
$(333[\mu s] > 120[\mu s])$



40 [usec]

$f_{sw} = 20$ [kHz]

$(50[\mu s] < 120[\mu s])$

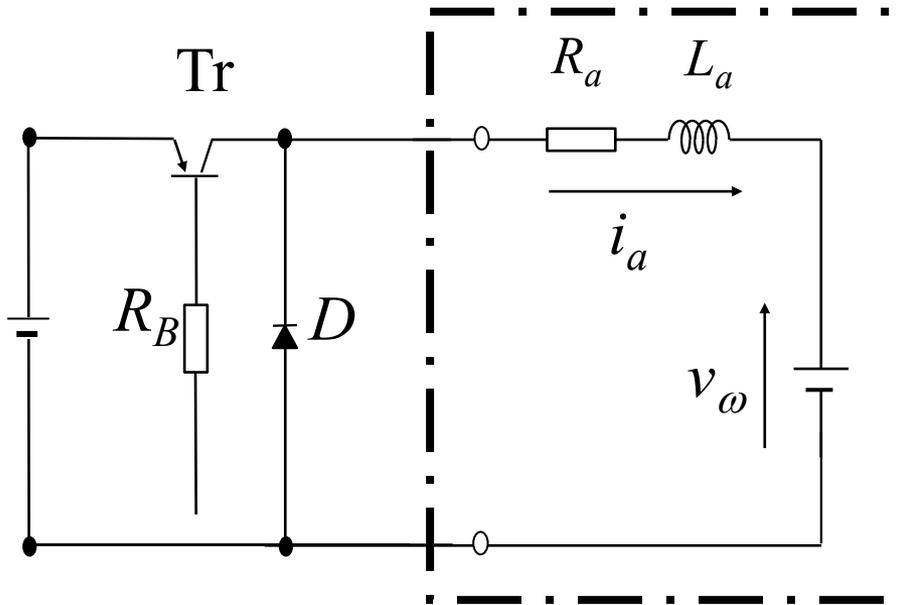


Tr のスイッチング周期 T_{sw}
 電気系の時定数 $\tau = L_a / R_a$

$$L_a = 0.3 \text{ [mH]}$$

$$R_a = 1.3 \text{ [\Omega]}$$

$$\tau = R_a / L_a = 0.23 \text{ [ms]}$$



Tr のスイッチング周期 T_{sw}
 電気系の時定数 $\tau = L_a / R_a$

$$T_{sw} \ll \tau$$

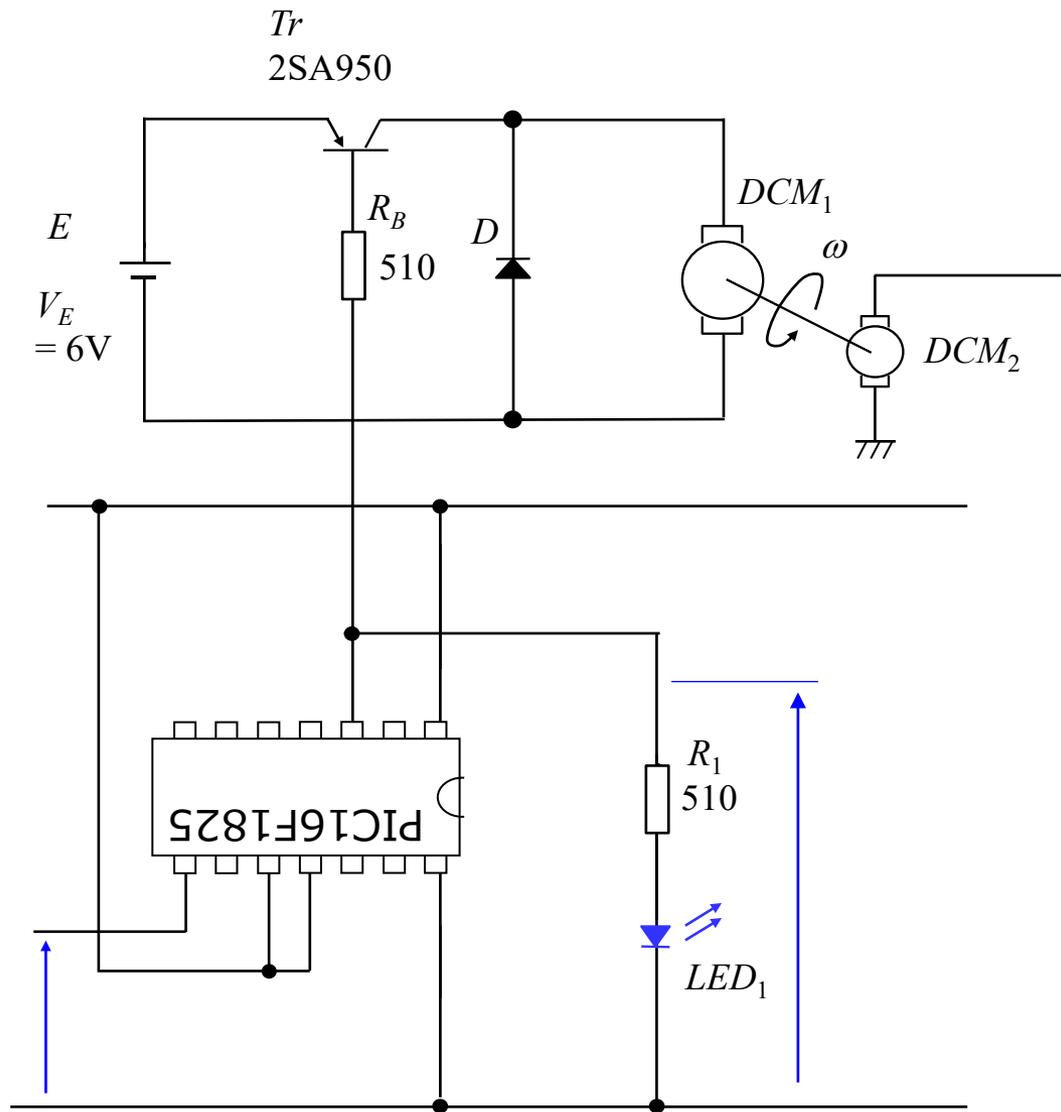
$$L_a = 0.3 \text{ [mH]}$$

$$R_a = 1.3 \text{ [\Omega]}$$

$$\tau = L_a / R_a = 0.23 \text{ [ms]}$$

$$T_{sw} = 0.03 \text{ [ms]}$$

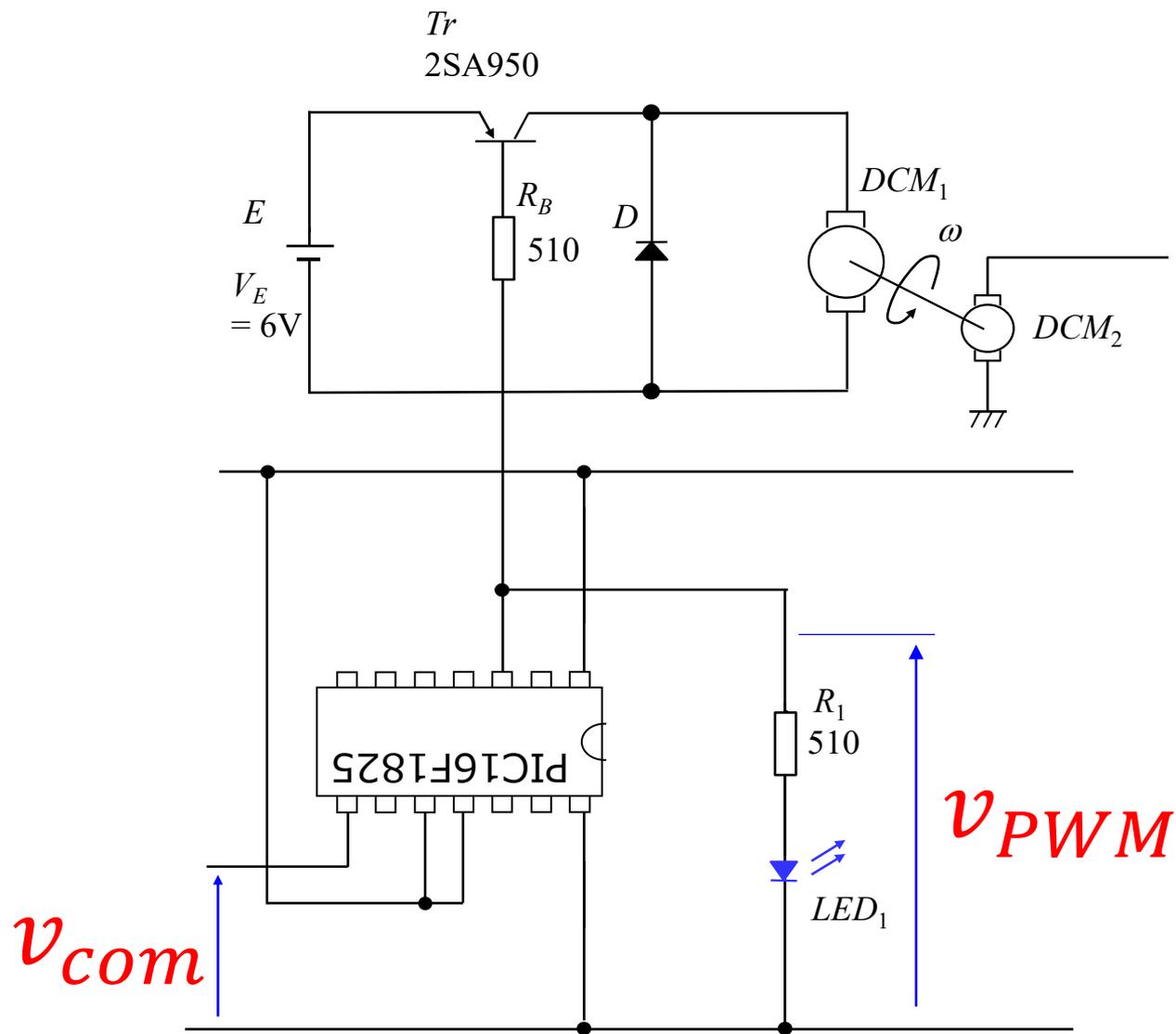
$$\rightarrow f_{sw} = 32 \text{ [kHz]}$$



⑩⑪ = 11: Mode for driving DC motor

③ = 32kHz PWM output

降圧チョッパ回路によるDCモータ駆動

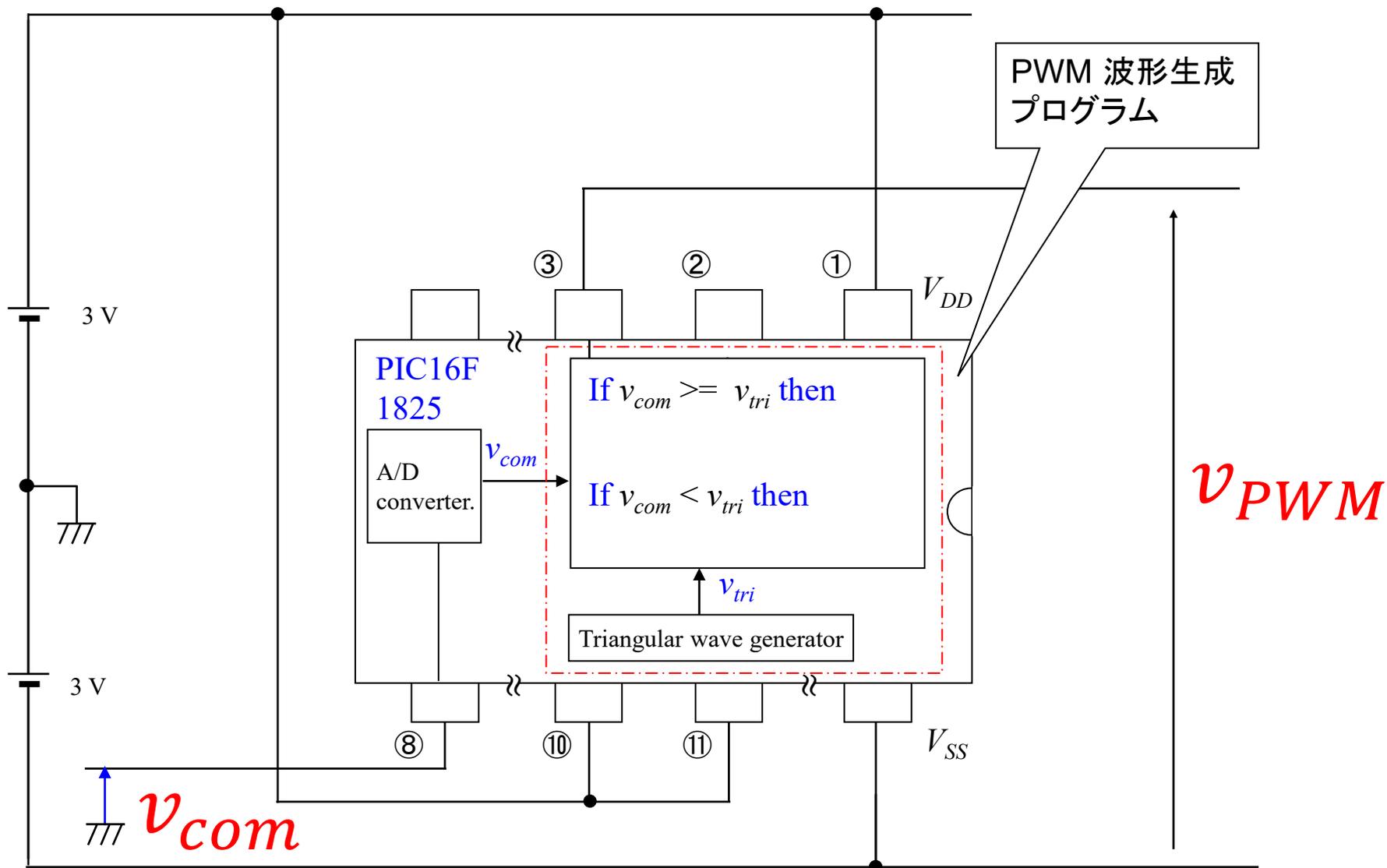


⑩⑪ = 11: Mode for driving DC motor

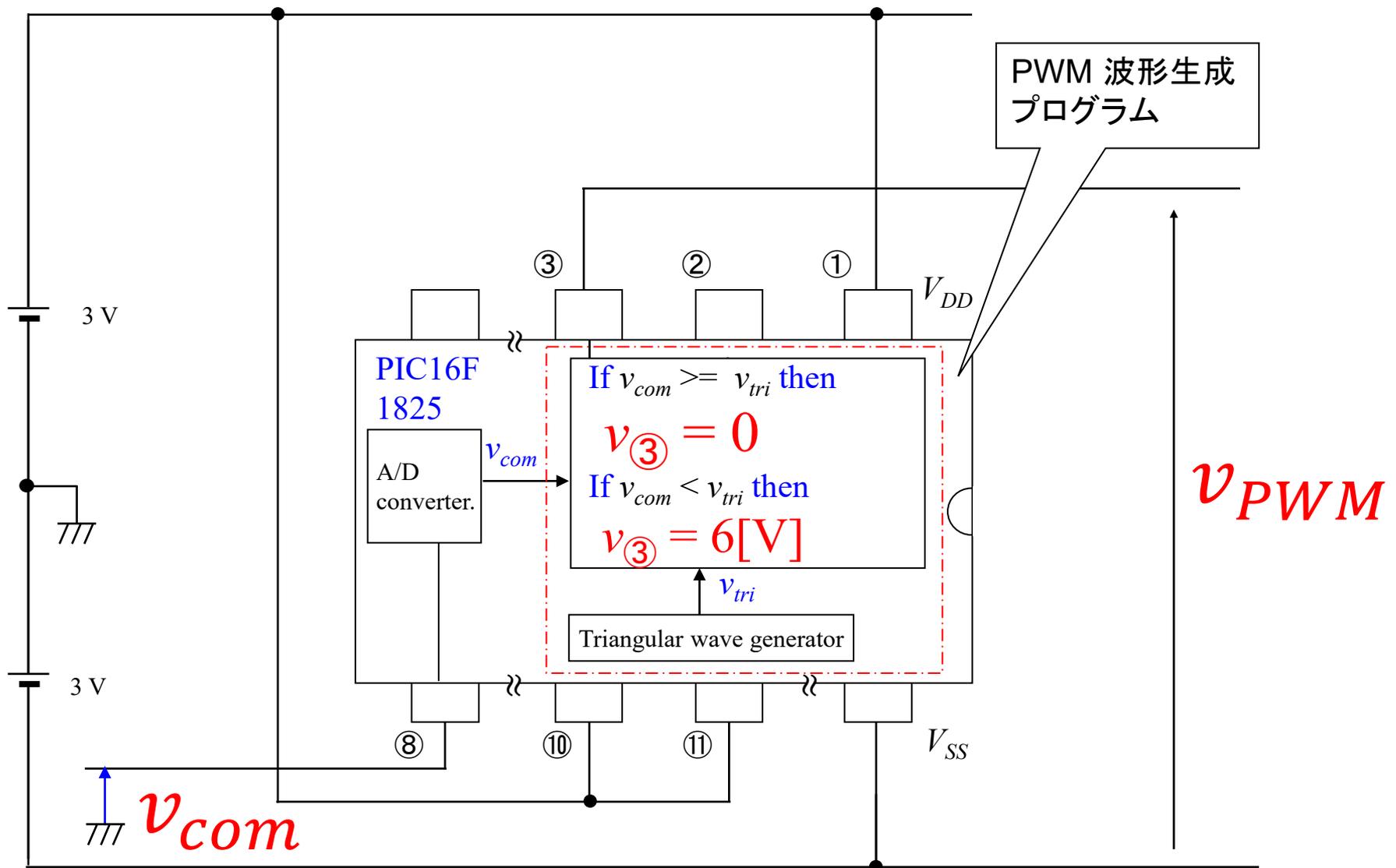
③ = 32kHz PWM output

降圧チョッパ回路によるDCモータ駆動

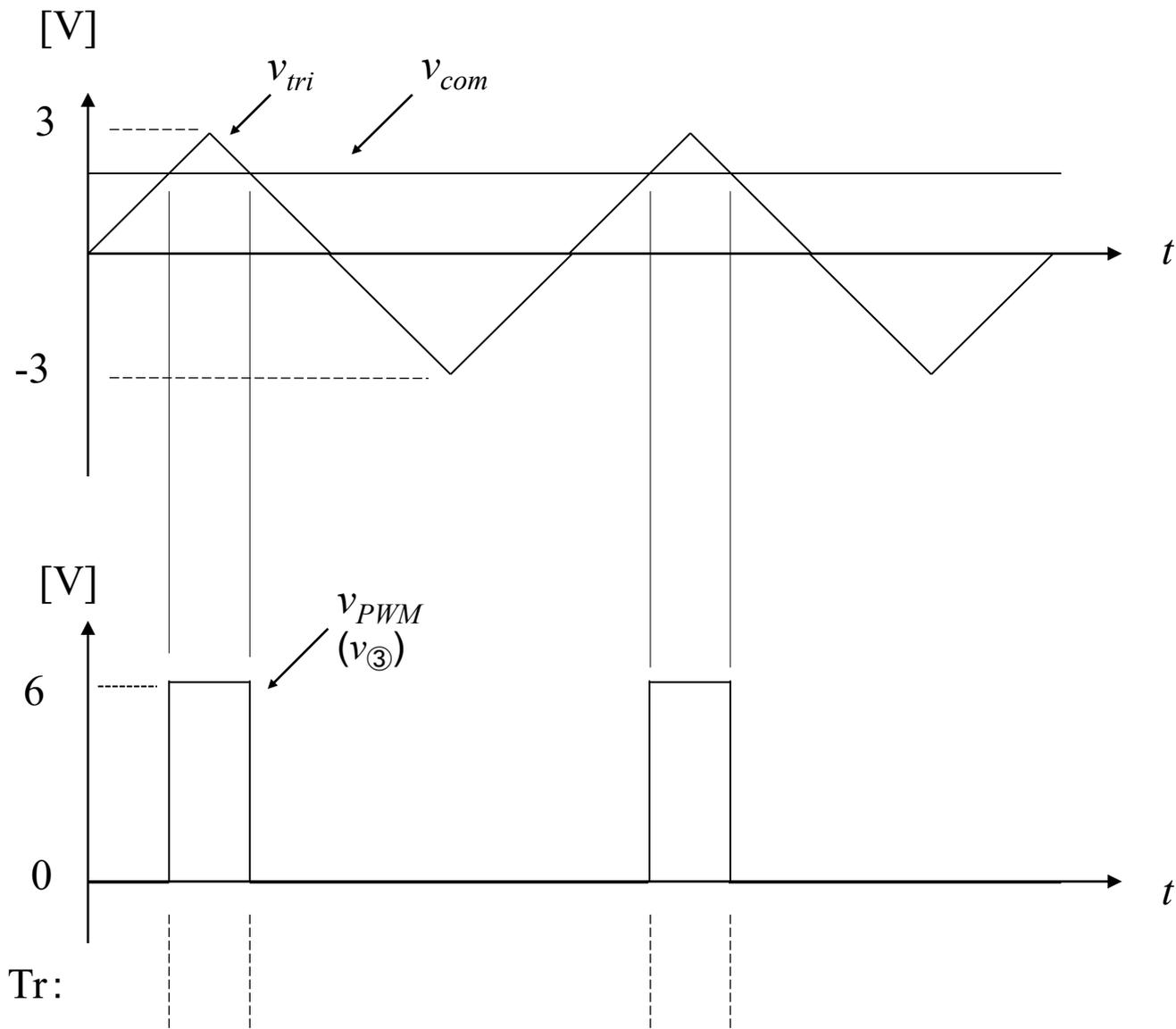
参考 (マイコンの中身) (⑩, ⑪ = 11 : 32kHz PWMモード)



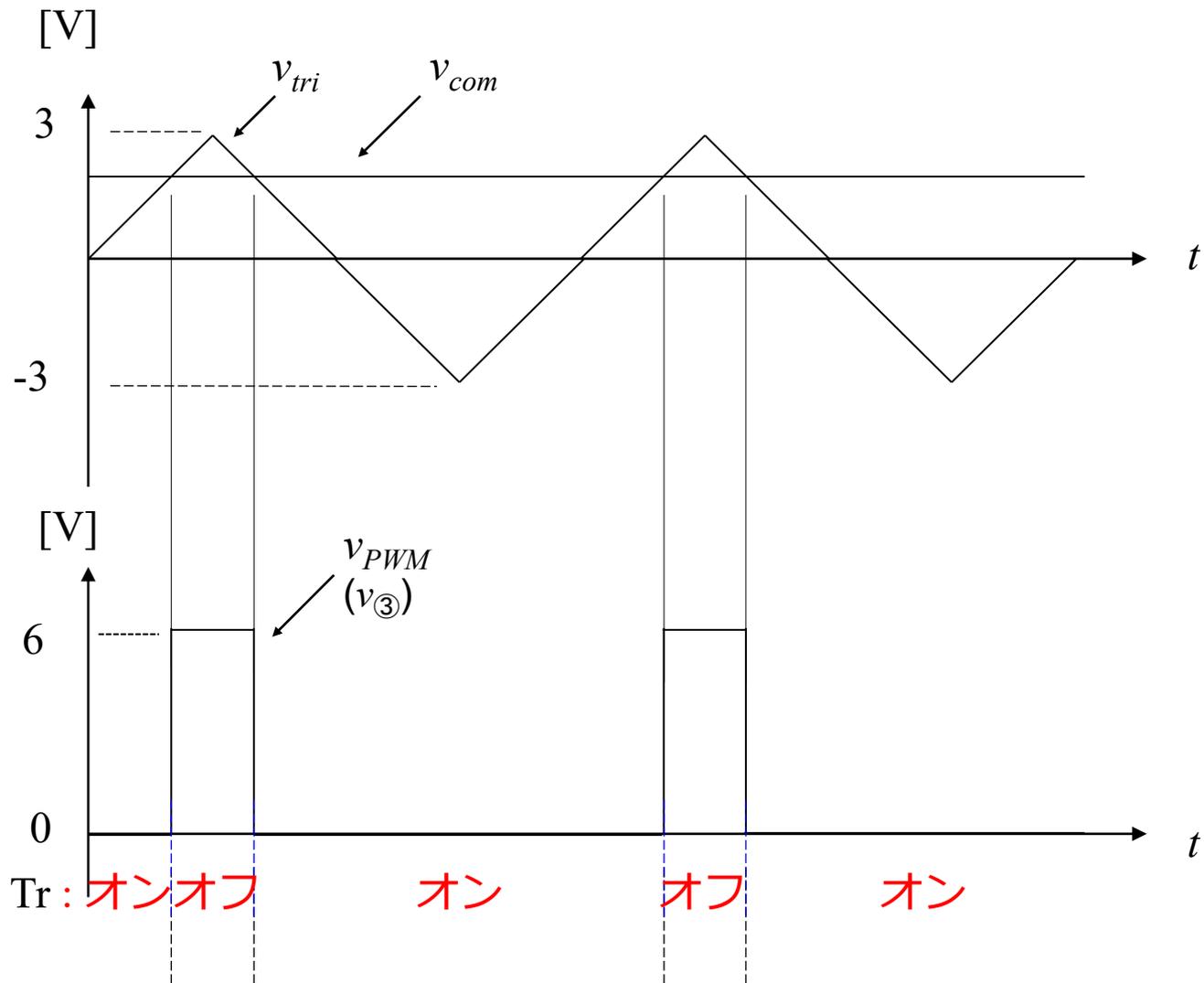
参考 (マイコンの中身) (⑩, ⑪ = 11 : 32kHz PWMモード)



マイコンがやっていること



マイコンがやっていること



P制御回路

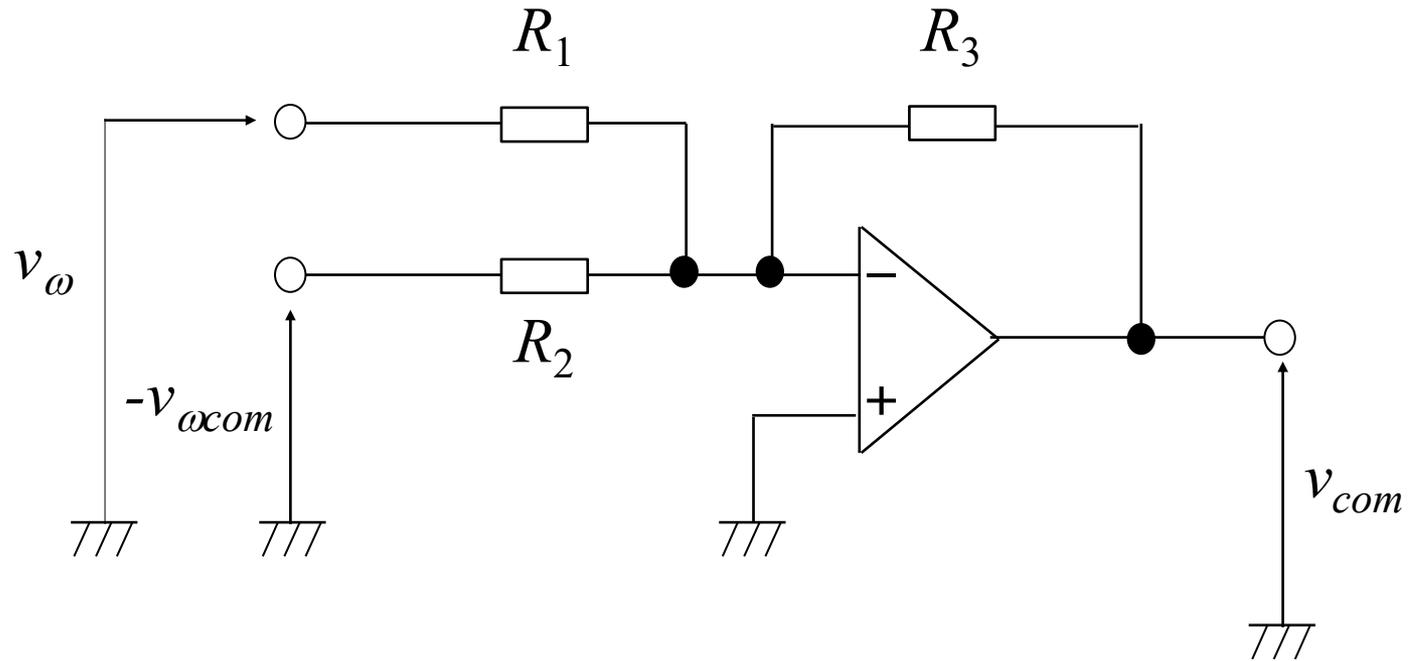


図7.10 オペアンプによるP制御回路

P制御回路

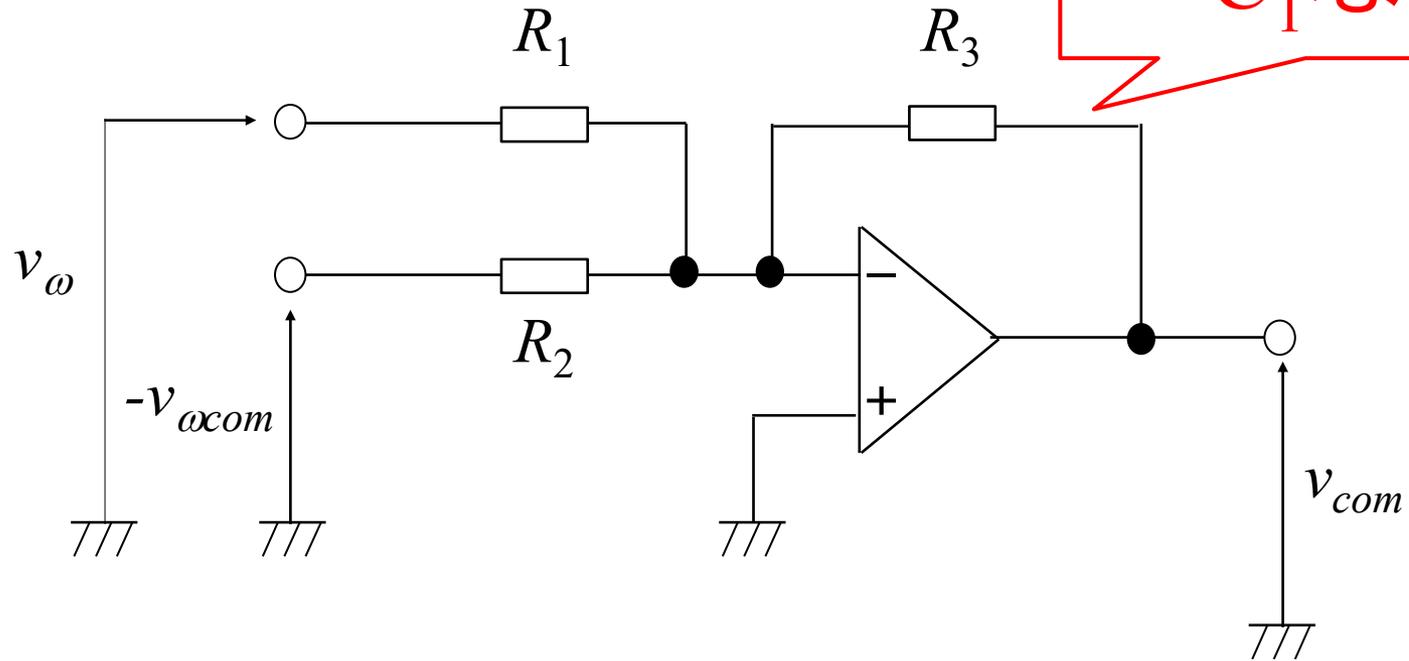


図7.10 オペアンプによるP制御回路

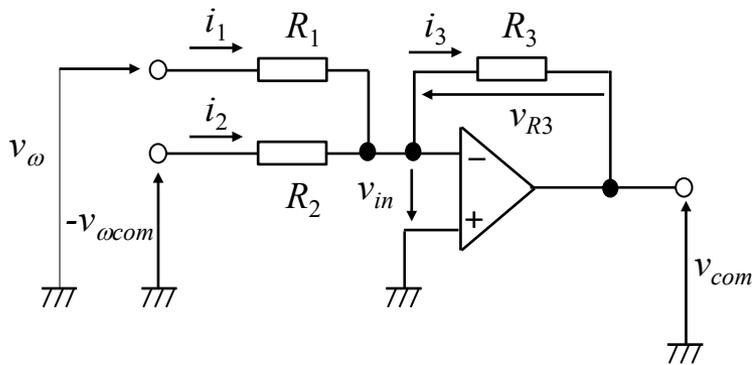


図7.10 オペアンプによるP制御回路

$$v_{in} = 0 \text{ より } i_1 = \quad , \quad i_2 =$$

$$R_{in} = \infty \text{ より } i_3 =$$

$$v_{R3} = R_3 i_3, \quad v_{com} = -v_{in} - v_{R3} \text{ より}$$

$$v_{com} =$$

$$R_1 = R_2 \text{ とすると}$$

$$v_{com} =$$

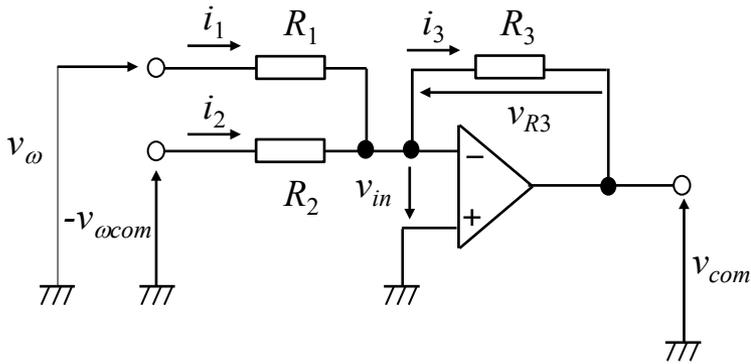


図7.10 オペアンプによるP制御回路

$v_{in} = 0$ より

$$i_1 = \frac{v_{\omega}}{R_1}, \quad i_2 = \frac{-v_{\omega com}}{R_2}$$

$R_{in} = \infty$ より $i_3 =$

$v_{R3} = R_3 i_3, \quad v_{com} = -v_{in} - v_{R3}$ より

$v_{com} =$

$R_1 = R_2$ とすると

$v_{com} =$

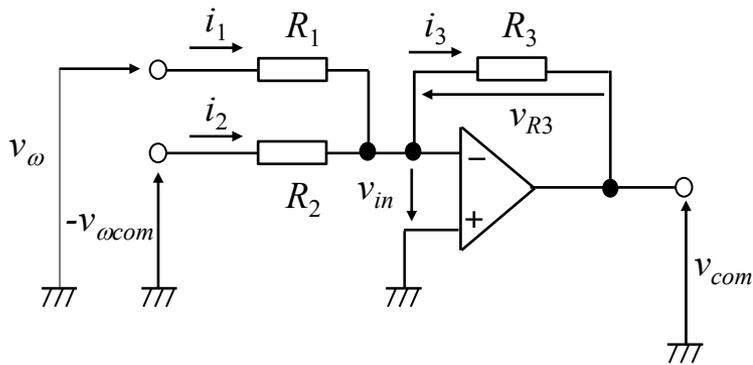


図7.10 オペアンプによるP制御回路

$$v_{in} = 0 \text{より} \quad i_1 = \frac{v_{\omega}}{R_1}, \quad i_2 = \frac{-v_{\omega com}}{R_2}$$

$$R_{in} = \infty \text{より} \quad i_3 = i_1 + i_2$$

$$v_{R3} = R_3 i_3, \quad v_{com} = -v_{in} - v_{R3} \text{より}$$

$$v_{com} =$$

$$R_1 = R_2 \text{とすると}$$

$$v_{com} =$$

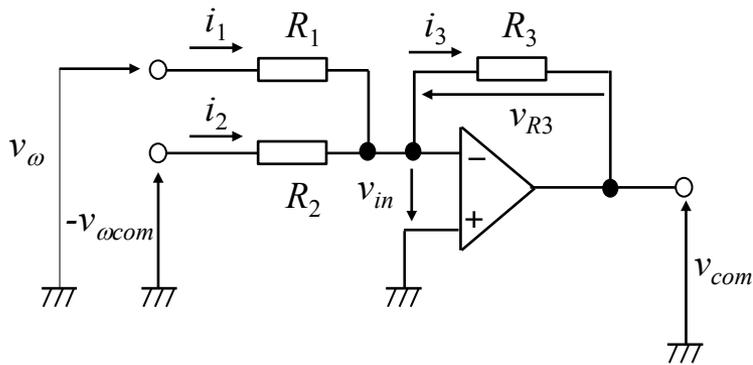


図7.10 オペアンプによるP制御回路
 $v_{in} = 0$ より

$$i_1 = \frac{v_\omega}{R_1}, \quad i_2 = \frac{-v_{\omega com}}{R_2}$$

$R_{in} = \infty$ より

$$i_3 = i_1 + i_2$$

$v_{R3} = R_3 i_3,$

$v_{com} = -v_{in} - v_{R3}$ より

$$v_{com} = \frac{R_3}{R_2} v_{\omega com} - \frac{R_3}{R_1} v_\omega$$

$R_1 = R_2$ とすると

$v_{com} =$

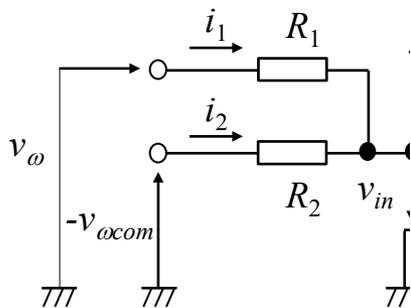


図7.10 オペアンプに

$$v_{in} = 0 \text{より}$$

$$i_1 = \frac{v_\omega}{R_1}, i_2 = \frac{-v_{\omega com}}{R_2}$$

$$R_{in} = \infty \text{より}$$

$$i_3 = i_1 + i_2$$

$$v_{R3} = R_3 i_3, \quad v_{com} = -v_{in} - v_{R3} \text{より}$$

$$v_{com} = \frac{R_3}{R_2} v_{\omega com} - \frac{R_3}{R_1} v_\omega$$

$$R_1 = R_2 \text{とすると}$$

$$v_{com} = \frac{R_3}{R_1} (v_{\omega com} - v_\omega) = K_p (v_{\omega com} - v_\omega)$$

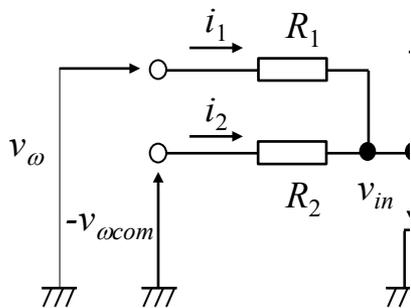


図7.10 オペアンプに

$v_{in} = 0$ より

$$i_1 = \frac{v_{\omega}}{R_1}, i_2 = \frac{-v_{\omega com}}{R_1}$$

$R_{in} = \infty$ より

$$i_3 = i_1 + i_2$$

$v_{R3} = R_3 i_3,$

$v_{com} = -v_{in} - v_{R3}$ より

$$v_{com} = \frac{R_3}{R_2} v_{\omega com} - \frac{R_3}{R_1} v_{\omega}$$

$R_1 = R_2$ とすると

比例ゲイン

$$v_{com} = \frac{R_3}{R_1} (v_{\omega com} - v_{\omega}) = \underline{K_P} (v_{\omega com} - v_{\omega})$$

PI制御回路

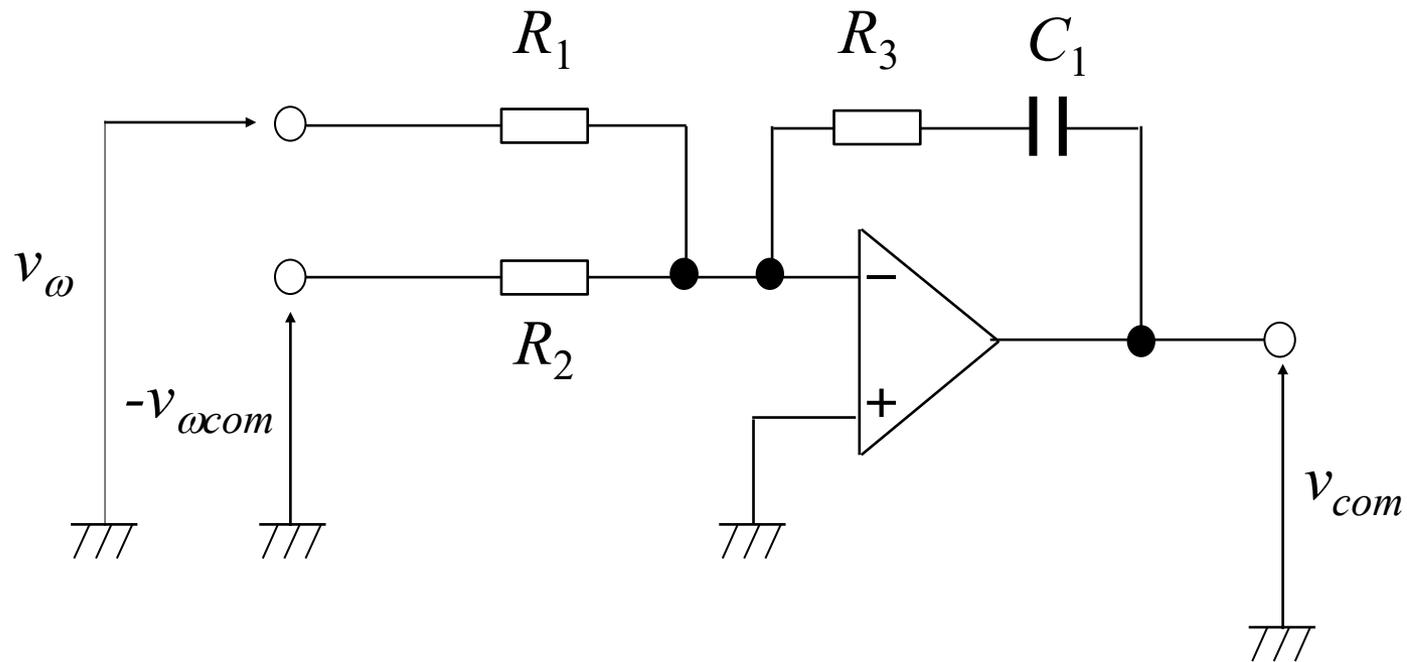


図7.19 オペアンプによるPI制御回路

PI制御回路

コンデンサ
 C_1 あり

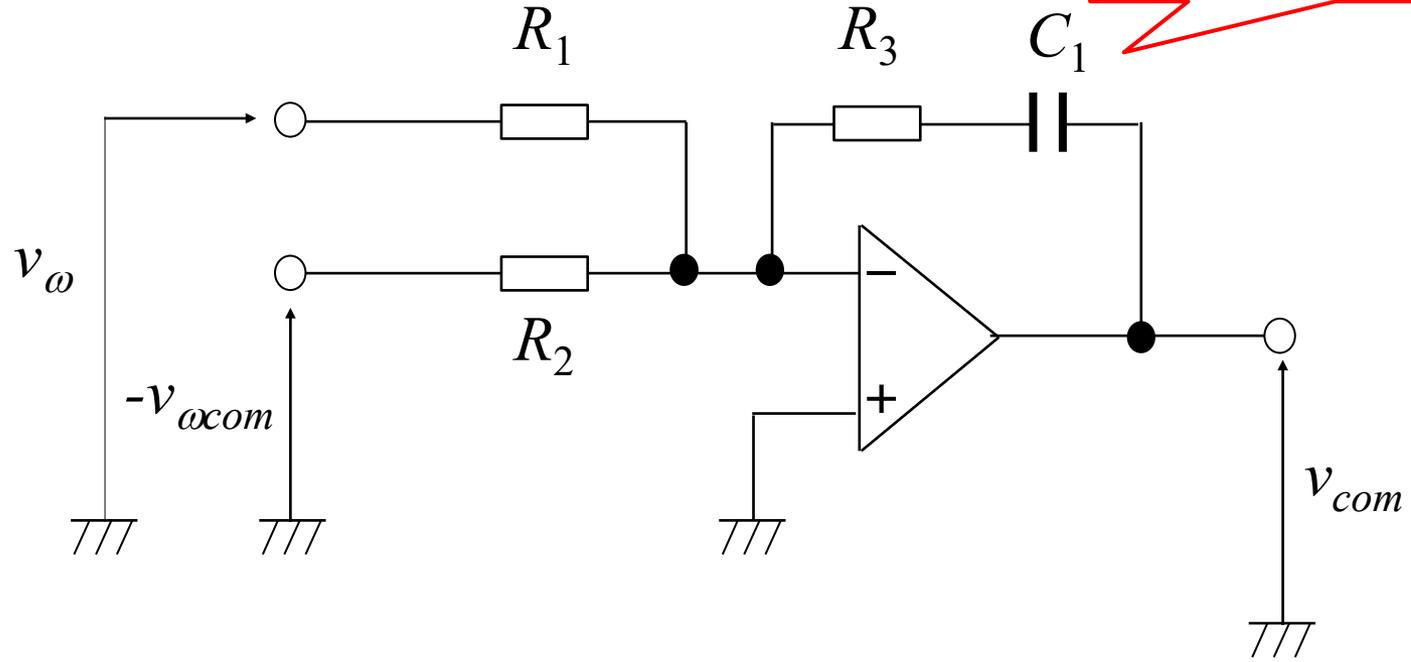


図7.19 オペアンプによるPI制御回路

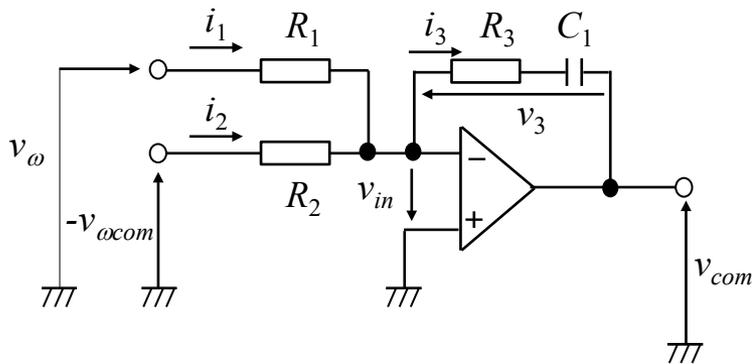


図7.10 オペアンプによるPI制御回路

$$v_{in} = 0 \text{より} \quad i_1 = \frac{v_{\omega}}{R_1}, \quad i_2 = \frac{-v_{\omega com}}{R_1}$$

$$R_{in} = \infty \text{より} \quad i_3 = i_1 + i_2$$

$$v_3 =$$

$v_{com} = -v_{in} - v_3$ であり, また, $R_1 = R_2$ とすると

$$v_{com} = \frac{R_3}{R_1} (v_{\omega com} - v_{\omega}) + \frac{1}{R_1 C_1} \int (v_{\omega com} - v_{\omega}) dt$$

(7.32)

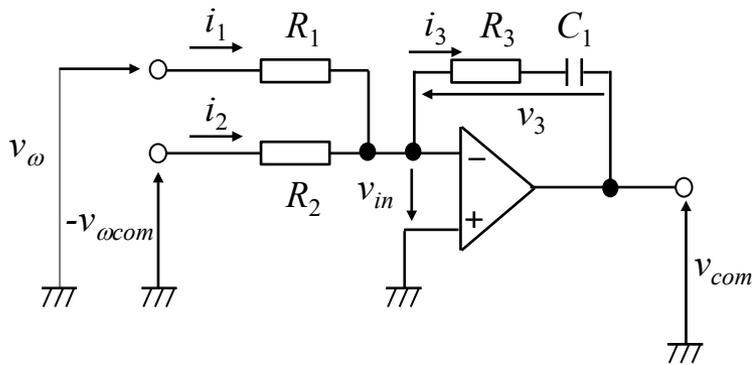


図7.10 オペアンプによるPI制御回路

$$v_{in} = 0 \text{より} \quad i_1 = \frac{v_{\omega}}{R_1}, \quad i_2 = \frac{-v_{\omega com}}{R_1}$$

$$R_{in} = \infty \text{より} \quad i_2 = i_1 + i_3$$

$$v_3 = R_3 i_3 + \frac{1}{C_1} \int i_3 dt$$

$v_{com} = -v_{in} - v_3$ であり，また， $R_1 = R_2$ とすると

$$v_{com} = \frac{R_3}{R_1} (v_{\omega com} - v_{\omega}) + \frac{1}{R_1 C_1} \int (v_{\omega com} - v_{\omega}) dt$$

(7.32)

$\xrightarrow{i_1} R_1 \quad \xrightarrow{i_3} R_3 \quad C_1$

$$v_{in} = 0 \text{より} \quad i_1 = \frac{v_{\omega}}{R_1}, \quad i_2 = \frac{-v_{\omega com}}{R_1}$$

$$R_{in} = \infty \text{より} \quad i_3 = i_1 + i_2$$

$$v_3 = R_3 i_3 + \frac{1}{C_1} \int i_3 dt$$

$v_{com} = -v_{in} - v_3$ であり, また, $R_1 = R_2$ とすると

$$v_{com} = \frac{R_3}{R_1} (v_{\omega com} - v_{\omega}) + \frac{1}{R_1 C_1} \int (v_{\omega com} - v_{\omega}) dt$$

$$= K_P (v_{\omega com} - v_{\omega}) + K_I \int (v_{\omega com} - v_{\omega}) dt$$

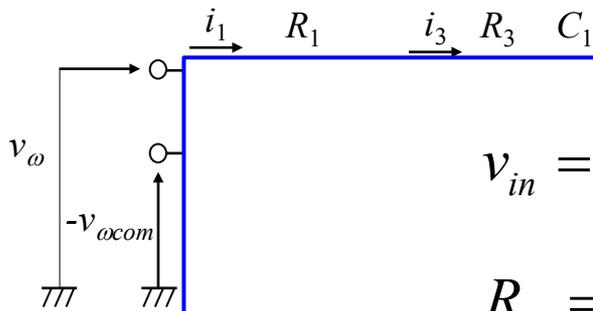


図7.10

$$v_{in} = 0 \text{ より } i_1 = \frac{v_{\omega}}{R_1}, i_2 = \frac{-v_{\omega com}}{R_1}$$

$$R_{in} = \infty \text{ より } i_3 = i_1 + i_2$$

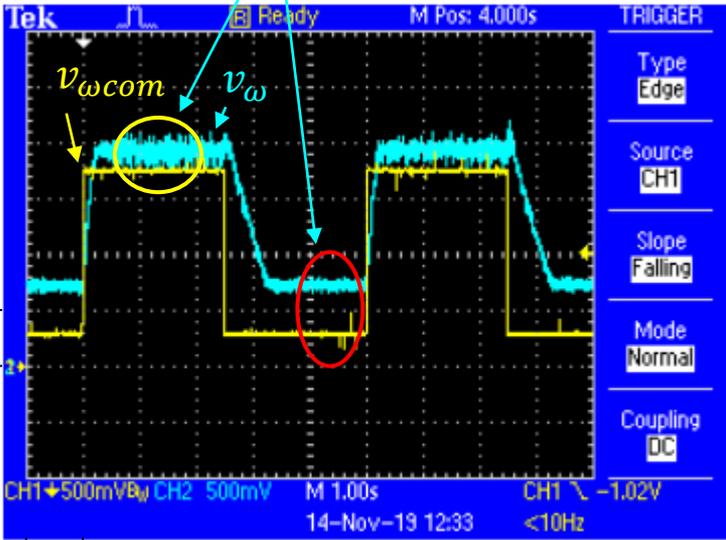
$$v_3 = R_3 i_3 + \frac{1}{C_1} \int i_3 dt$$

$v_{com} = -v_{in} - v_3$ であり，また， $R_1 = R_2$ とすると

$$v_{com} = \frac{R_3}{R_1} (v_{\omega com} - v_{\omega}) + \frac{1}{R_1 C_1} \int (v_{\omega com} - v_{\omega}) dt$$

$$= \underline{K_P} (v_{\omega com} - v_{\omega}) + \underline{K_I} \int (v_{\omega com} - v_{\omega}) dt \quad 2)$$

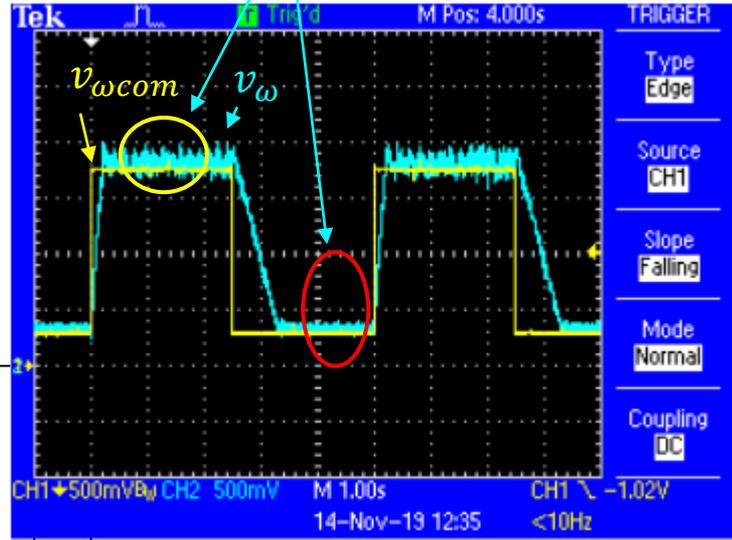
比例ゲイン 積分ゲイン



0.5 [V]

1 [s]

(a) P 制御



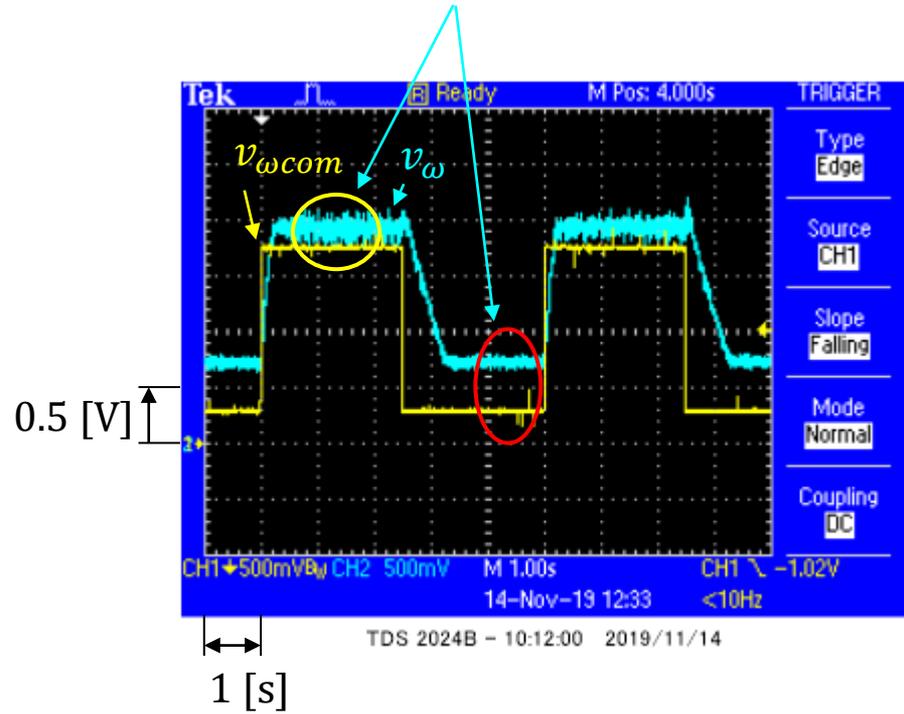
0.5 [V]

1 [s]

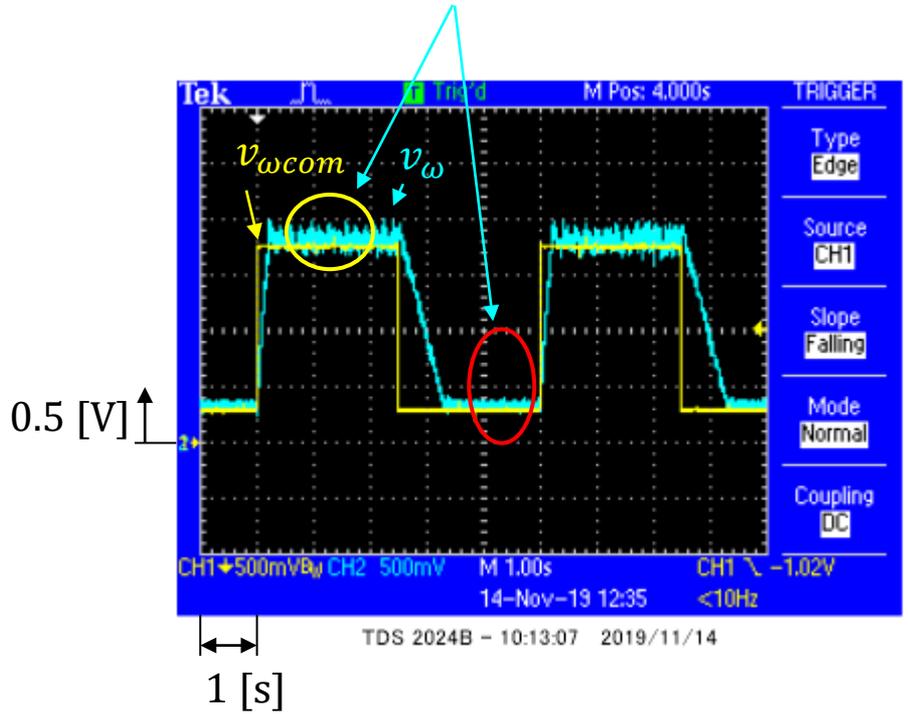
(b) PI 制御

$$v_{\omega com} \neq v_{\omega}$$

$$v_{\omega com} = v_{\omega}$$



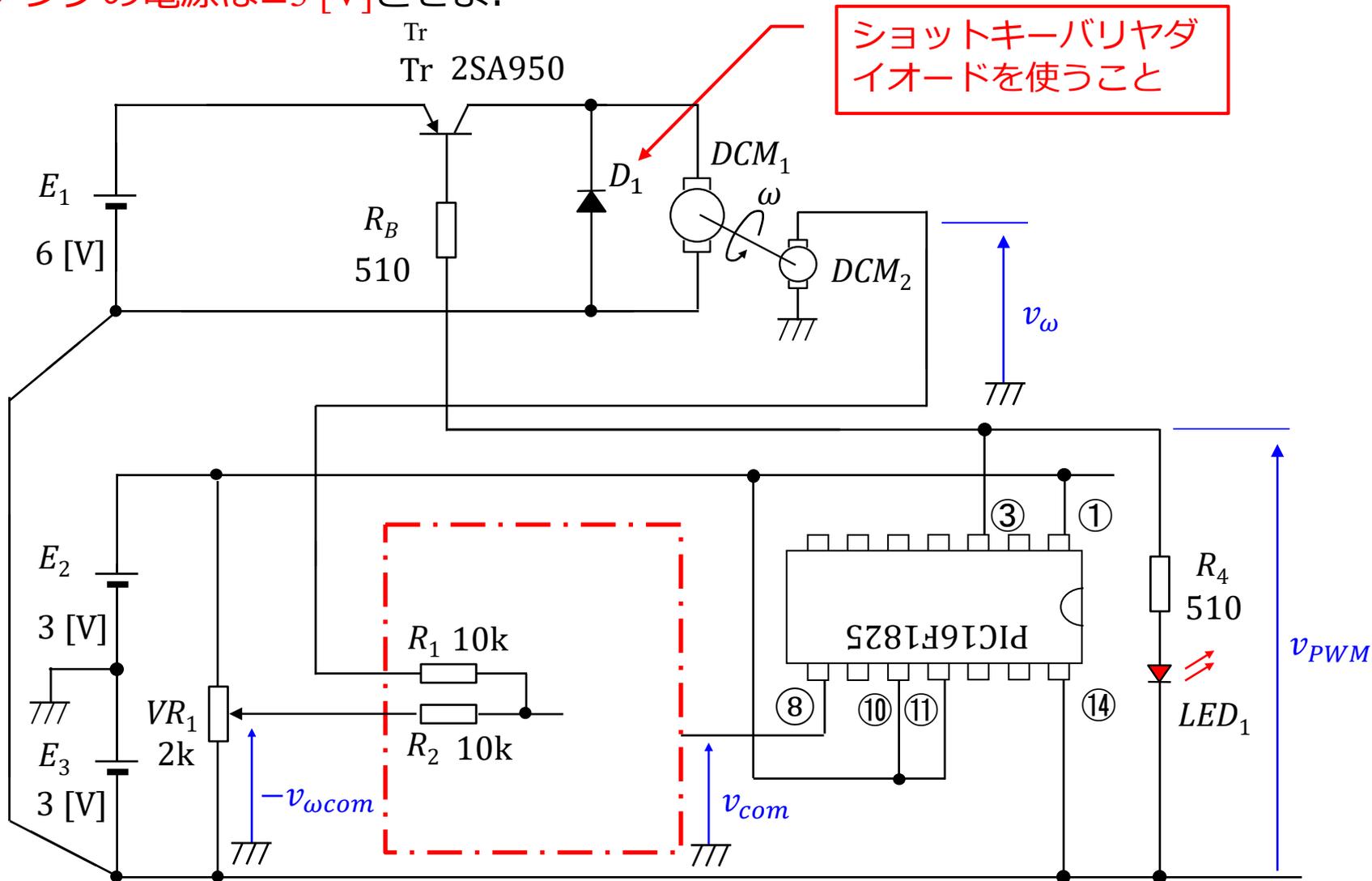
(a) P 制御



(b) PI 制御

STEP7 製作課題 降圧チョッパ回路によるDCモータの回転数制御

一点鎖線で囲まれた部分にオペアンプによるPI制御回路を設計・製作せよ。ただし、比例ゲイン $K_p = 5$, 積分ゲイン $K_I = 1000$ の回路構成とせよ。また、オペアンプの電源は ± 3 [V] とせよ。

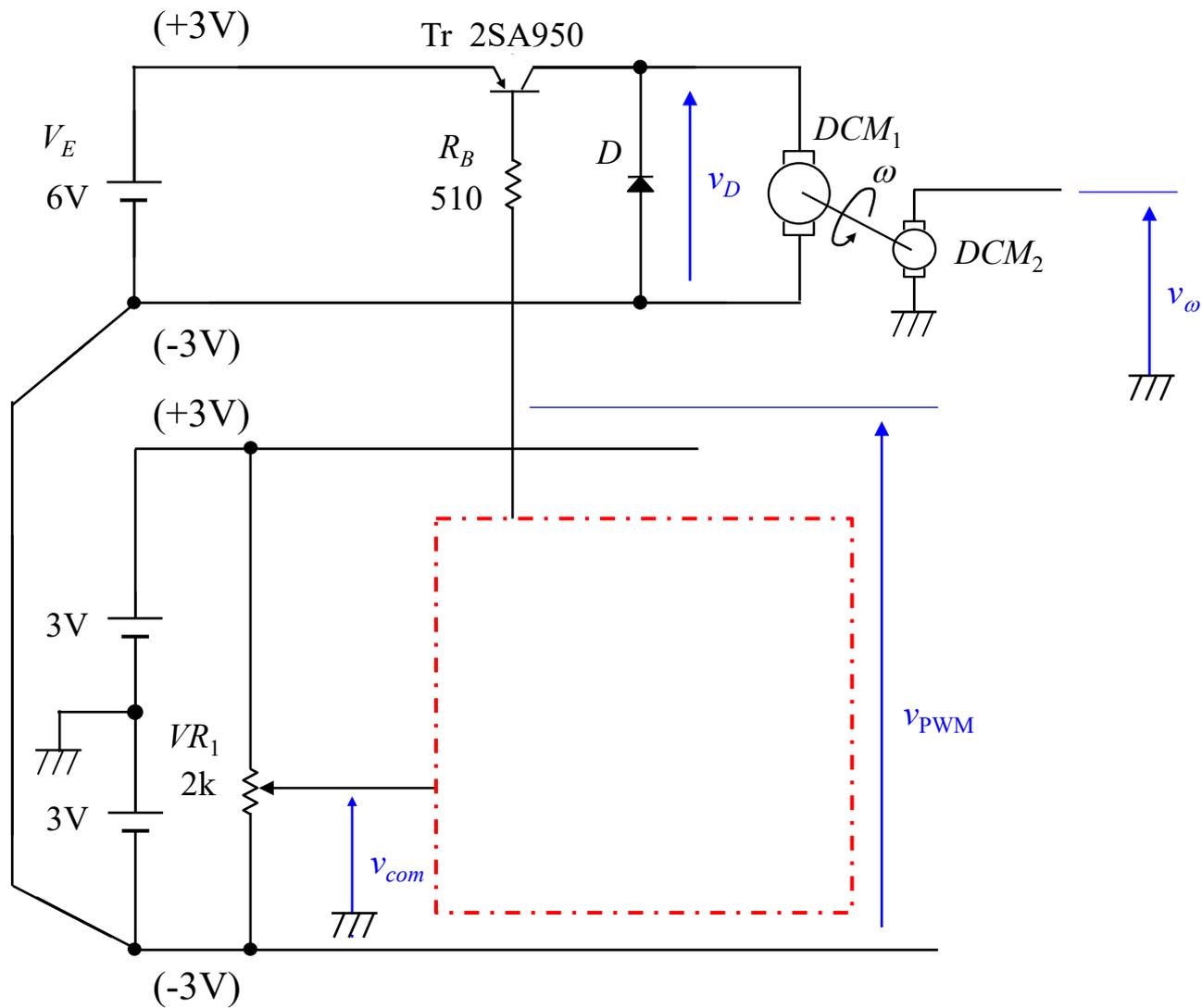


ビデオ

http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/Power_Electronics_Note/Exercise7/Exercise7.mp4

STEP7 レポート課題 (1)

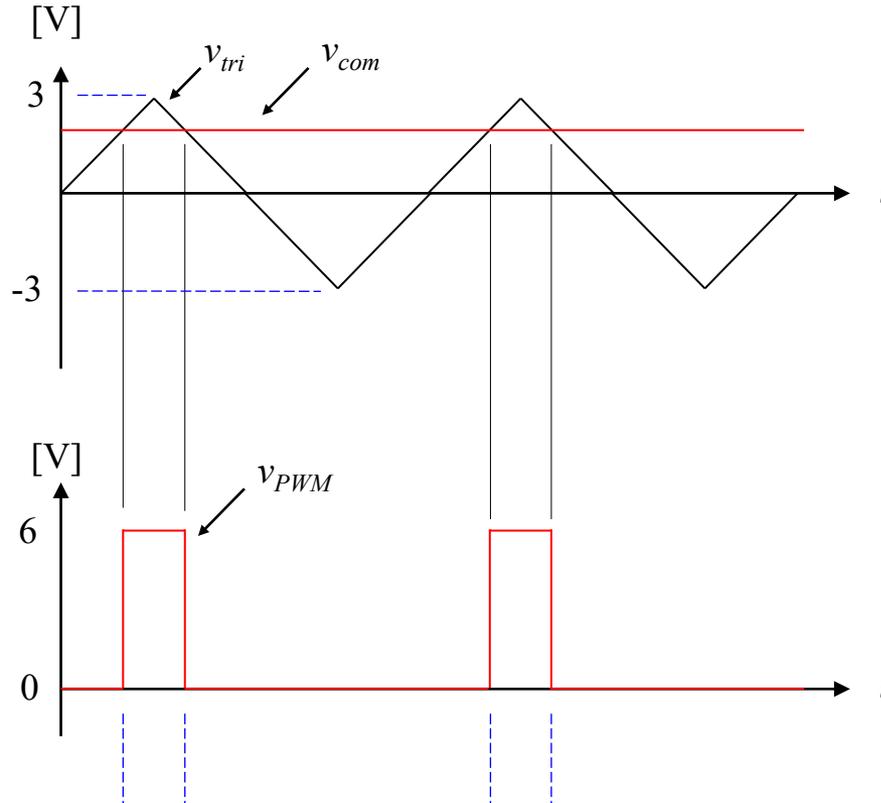
下図において、 v_{com} を大きくするとモータの回転数が上昇する理由を、次ページの問いに従って答えよ。



STEP7 レポート課題(1) つづき

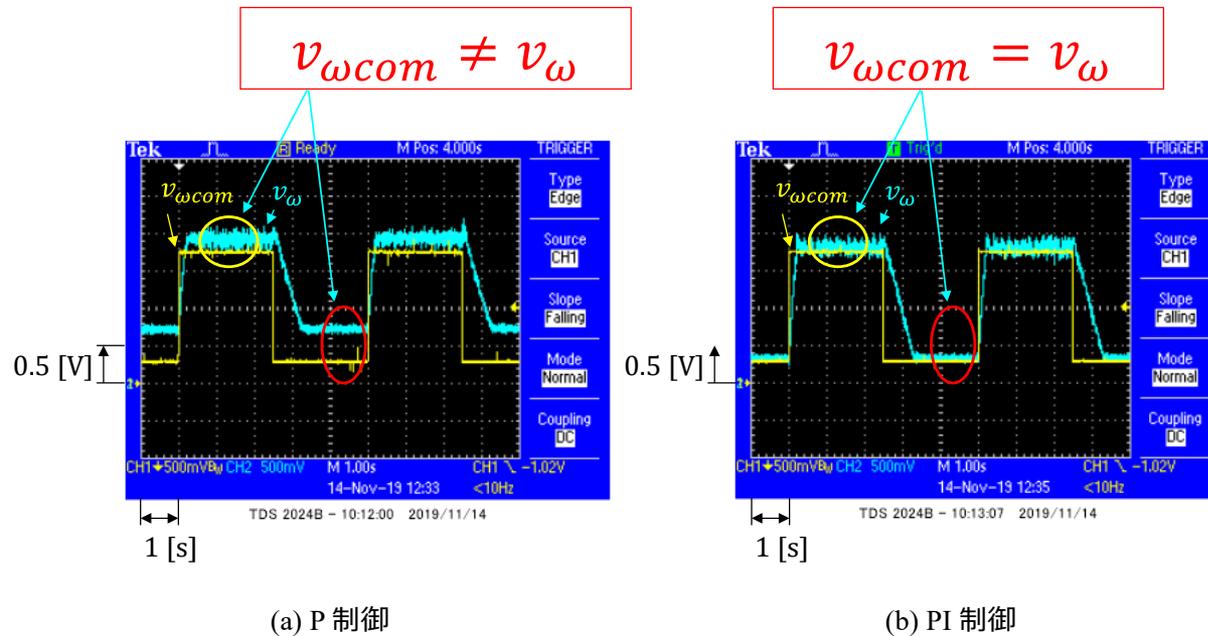
下図はマイコンの中におけるPWM波形生成の仕組みを示す。三角波 v_{tri} と指令電圧 v_{com} の大小関係によりマイコンの出力電圧 v_{PWM} が図示のように決定されている。

- (a) 電圧指令値 v_{com} と三角波電圧 v_{tri} の大小とトランジスタTrのオン/オフの関係を記せ。
- (b) v_{com} の大小と次の2つの値の大小の関係を記せ。
- 1) ダイオードの両端電圧 v_D の平均値
 - 2) モータの回転数 v_ω



STEP7 レポート課題(2)

下図のように, P制御は $v_{\omega com} = v_{\omega}$ とできないが, PI制御ではできる. この理由を述べよ.



解答に際しては, 以下を参考にせよ.

$$\text{P制御: } v_{com} = K_p(v_{\omega com} - v_{\omega})$$

$$\text{PI制御: } v_{com} = K_p(v_{\omega com} - v_{\omega}) + K_I \int (v_{\omega com} - v_{\omega}) dt$$

モータの回転には摩擦が伴う. $v_{\omega com} - v_{\omega} = 0$ のときの v_{com} に着目せよ.