

パワーエレクトロニクス講義資料 第10回 ハーフブリッジインバータ

担当：古橋武

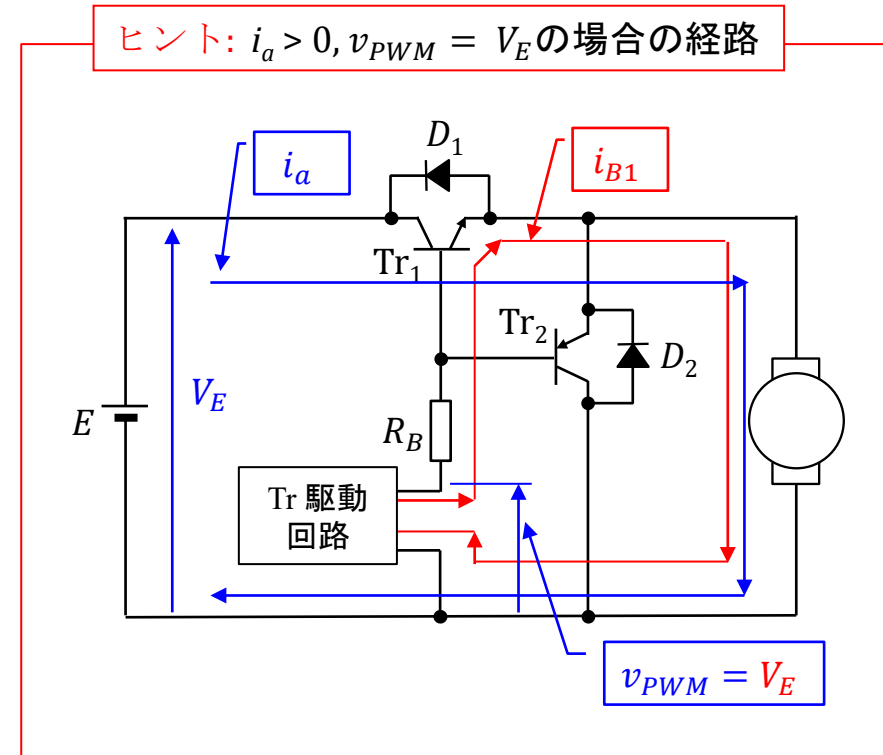
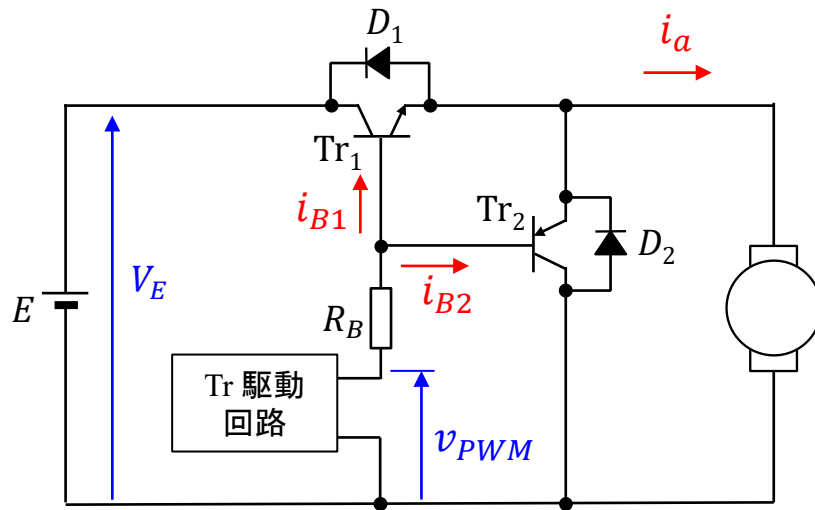
[本稿掲載のWebページ](http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/Power_Electronics_Note/index.html)

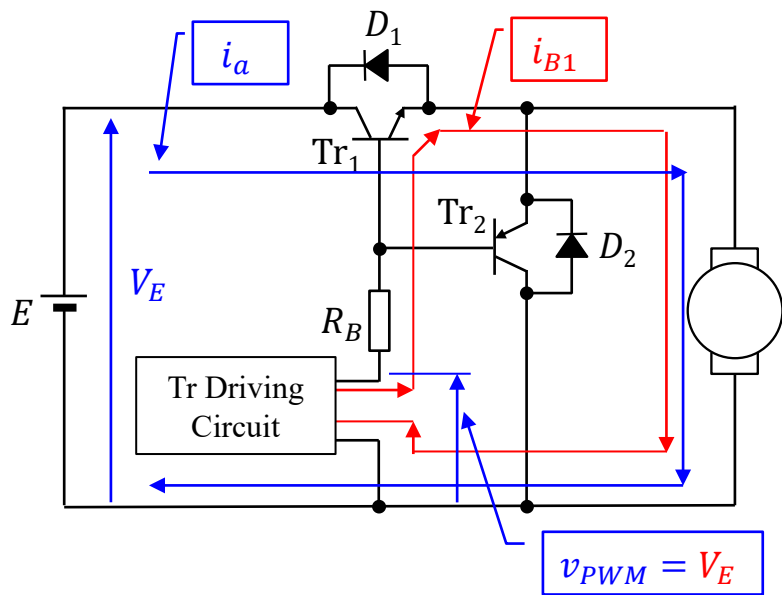
http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/Power_Electronics_Note/index.html

Step 8 レポート課題 1 解答

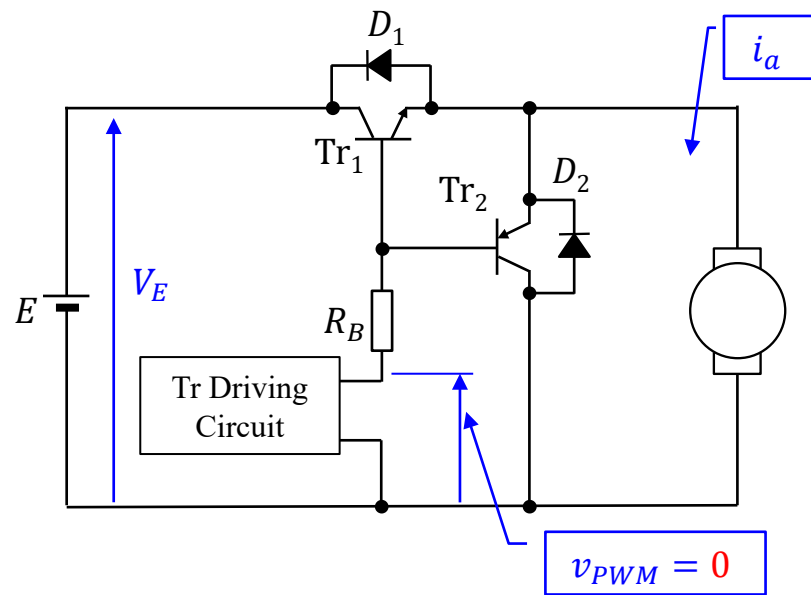
以下の3つの場合について、ベース電流 i_{B1} , i_{B2} と電気子電流 i_a の経路を描け。

- (1) $i_a > 0, v_{PWM} = 0$
- (2) $i_a < 0, v_{PWM} = V_E$
- (3) $i_a < 0, v_{PWM} = 0$.

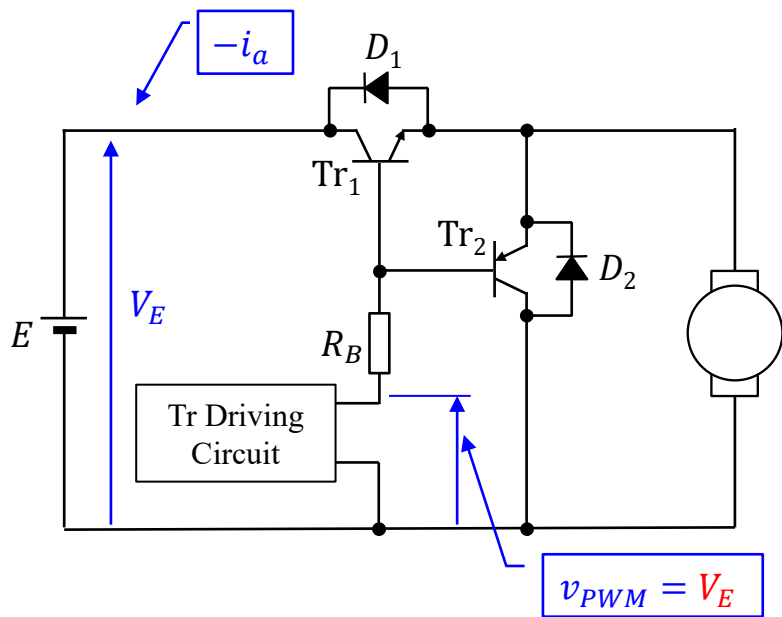




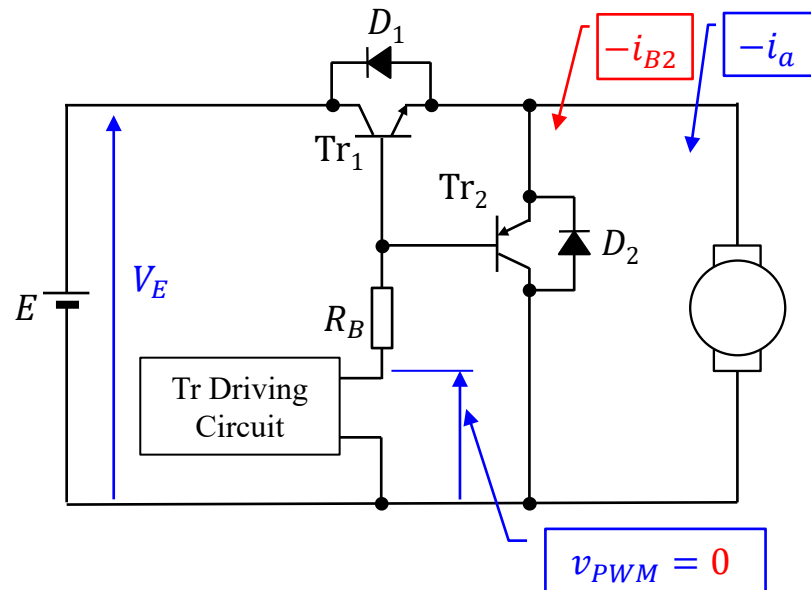
(a) $i_a > 0, v_{PWM} = V_E$



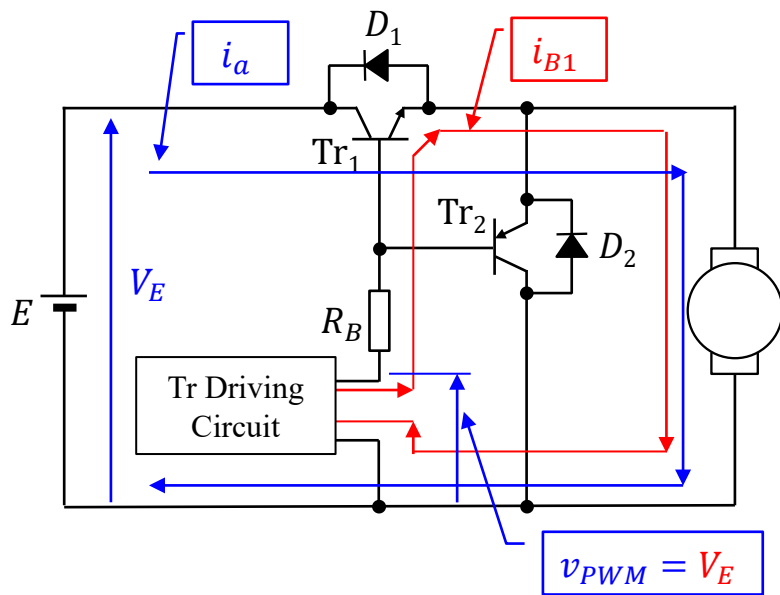
(b) $i_a > 0, v_{PWM} = 0$



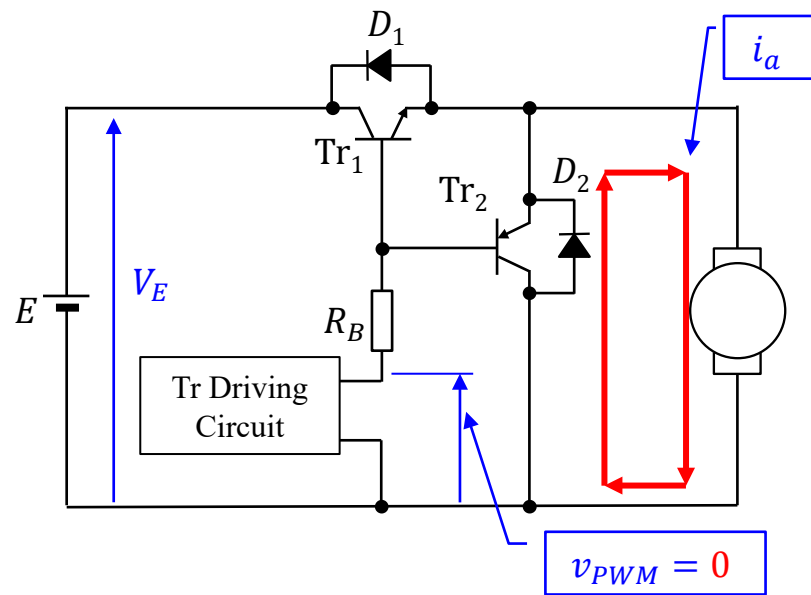
(c) $i_a < 0, v_{PWM} = V_E$



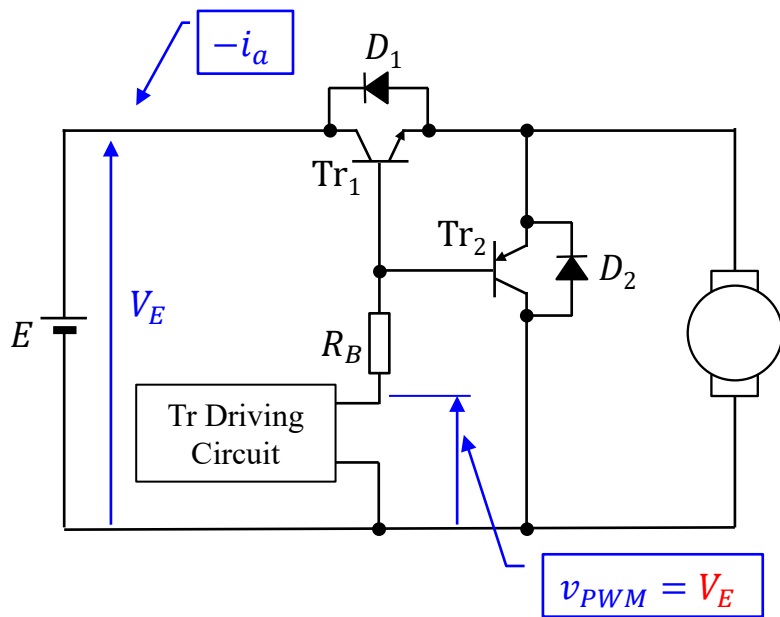
(d) $i_a < 0, v_{PWM} = 0$



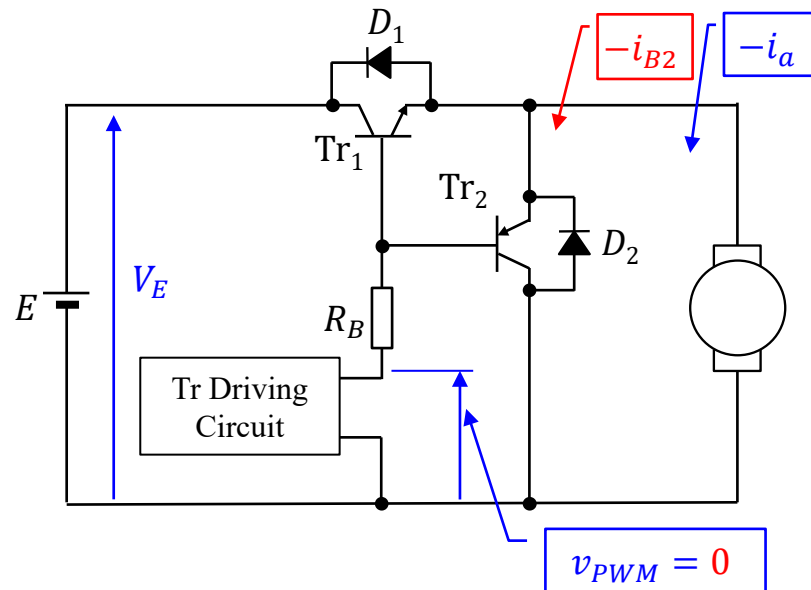
(a) $i_a > 0, v_{PWM} = V_E$



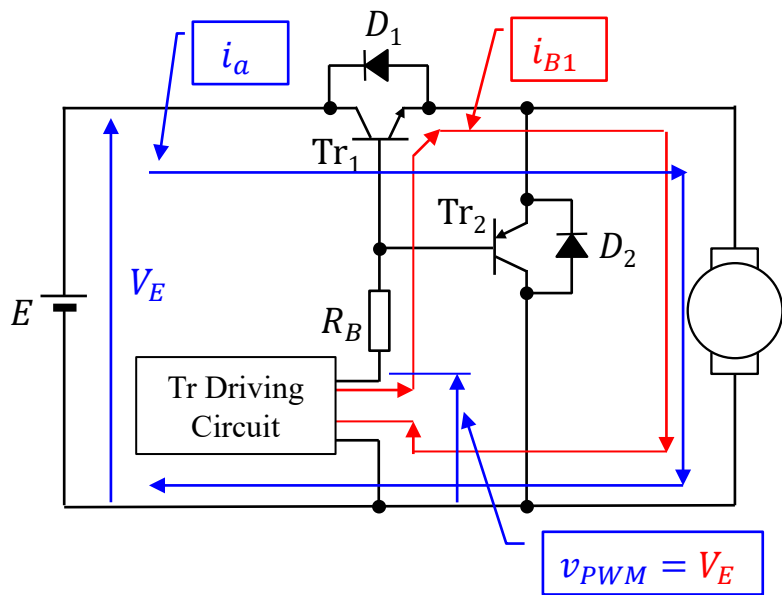
(b) $i_a > 0, v_{PWM} = 0$



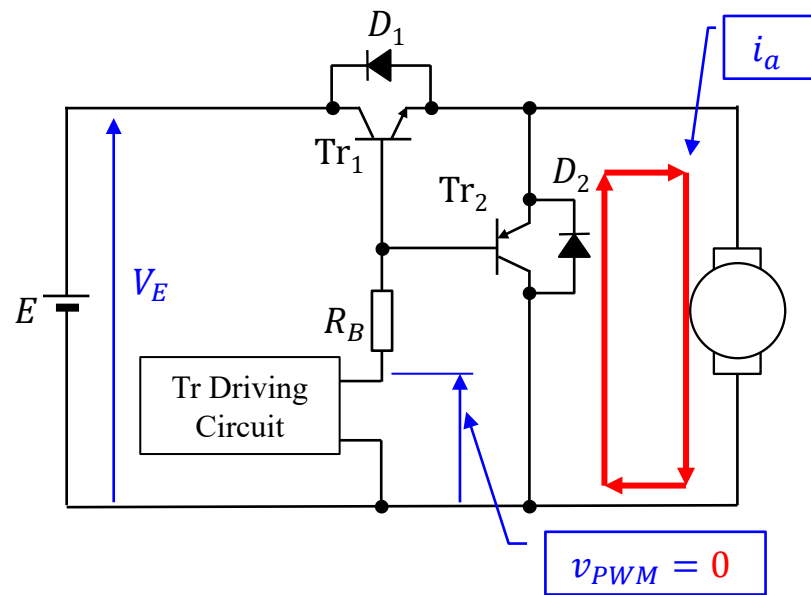
(c) $i_a < 0, v_{PWM} = V_E$



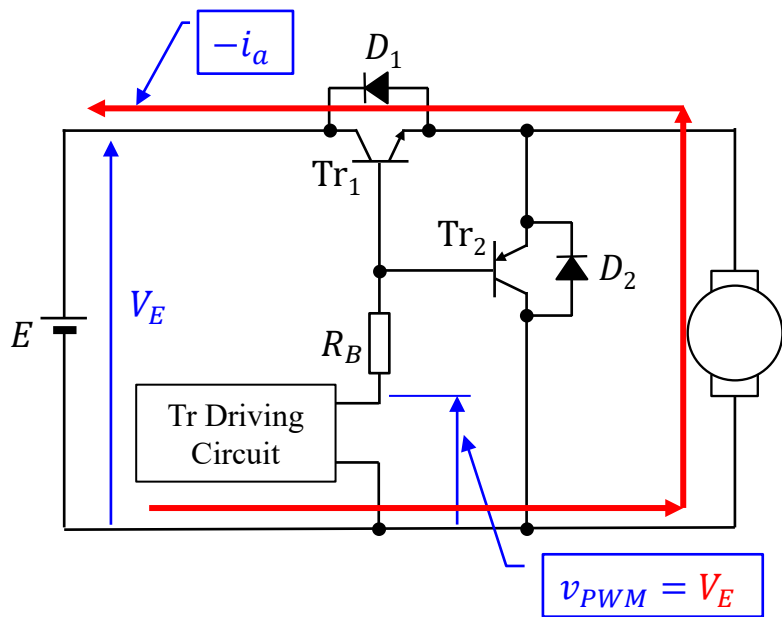
(d) $i_a < 0, v_{PWM} = 0$



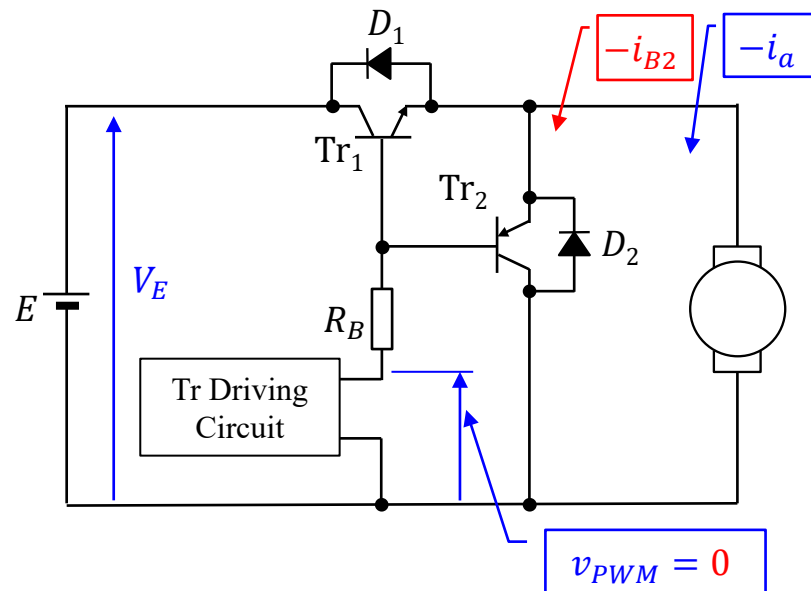
(a) $i_a > 0, v_{PWM} = V_E$



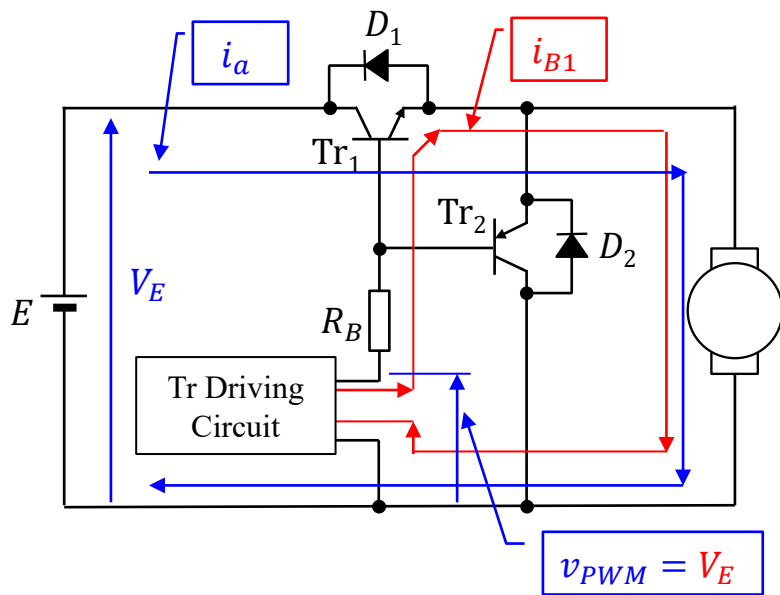
(b) $i_a > 0, v_{PWM} = 0$



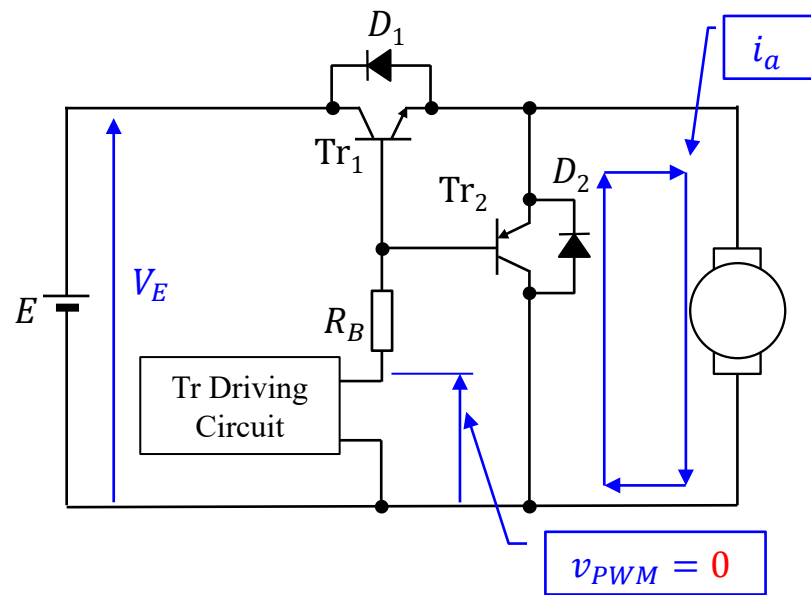
(c) $i_a < 0, v_{PWM} = V_E$



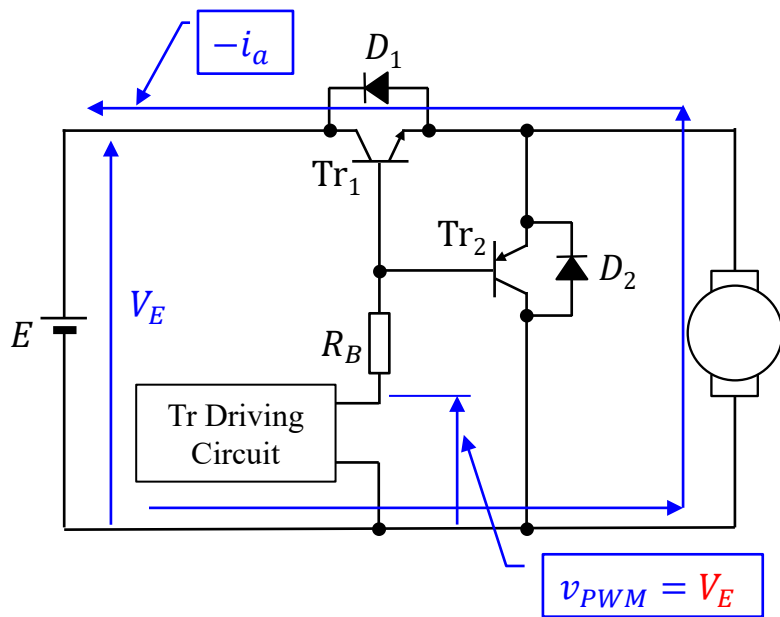
(d) $i_a < 0, v_{PWM} = 0$



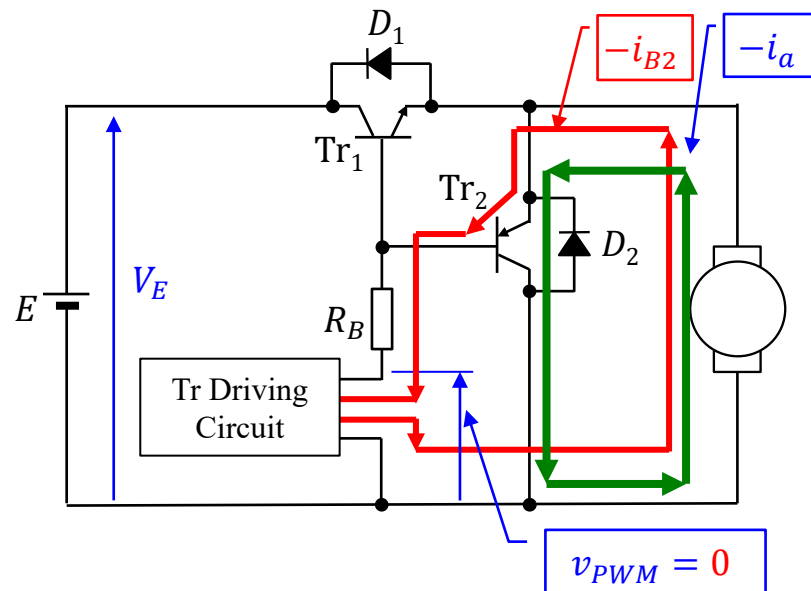
(a) $i_a > 0, v_{PWM} = V_E$



(b) $i_a > 0, v_{PWM} = 0$



(c) $i_a < 0, v_{PWM} = V_E$

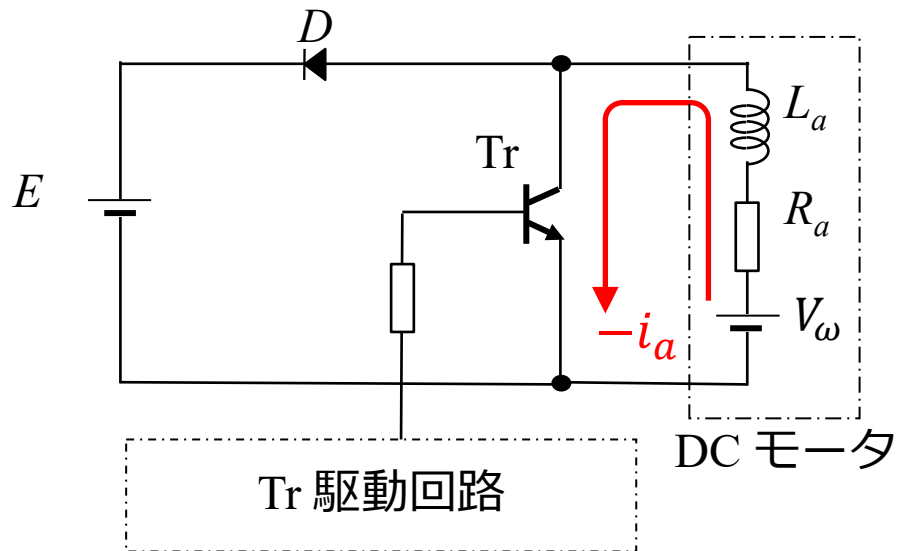


(d) $i_a < 0, v_{PWM} = 0$

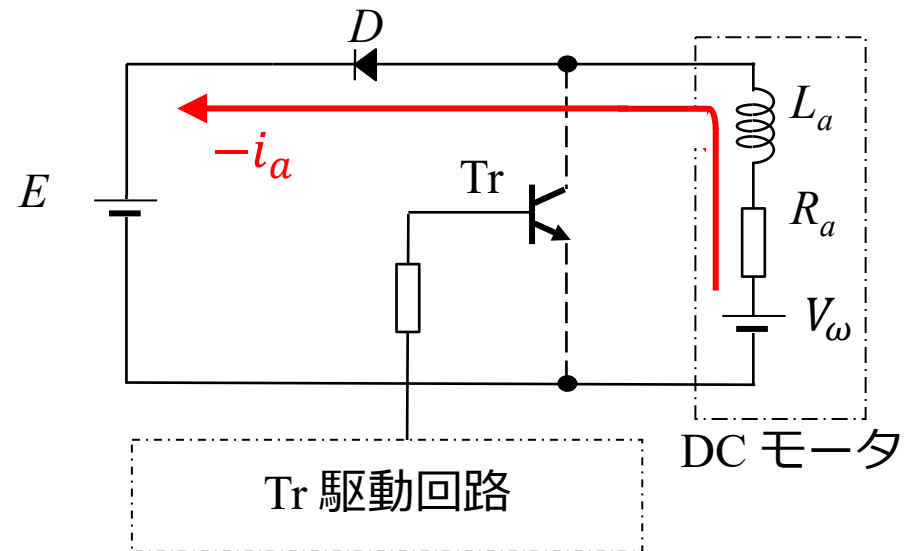
Step 8 レポート課題 2 解答

以下はブレーキをかけられるチョッパ回路である。(a) はトランジスタTrオンの場合, (b) はTr オフの場合を示す. いずれの場合も電機子電流 i_a は負である. 図中には $-i_a$ の経路を示してある.

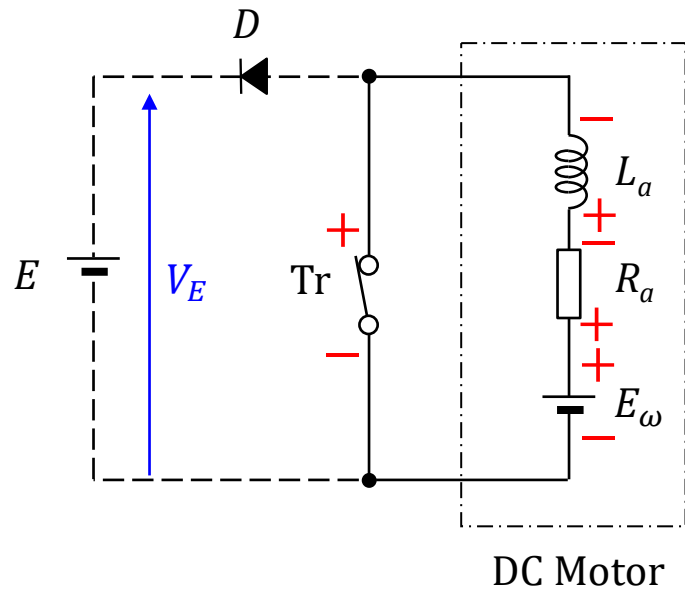
- (1) ダイオード D , 電機子インダクタンス L_a , 電機子抵抗 R_a とトランジスタ Tr にかかる電圧の極性を示せ.
- (2) 各場合のエネルギーの流れを描け.



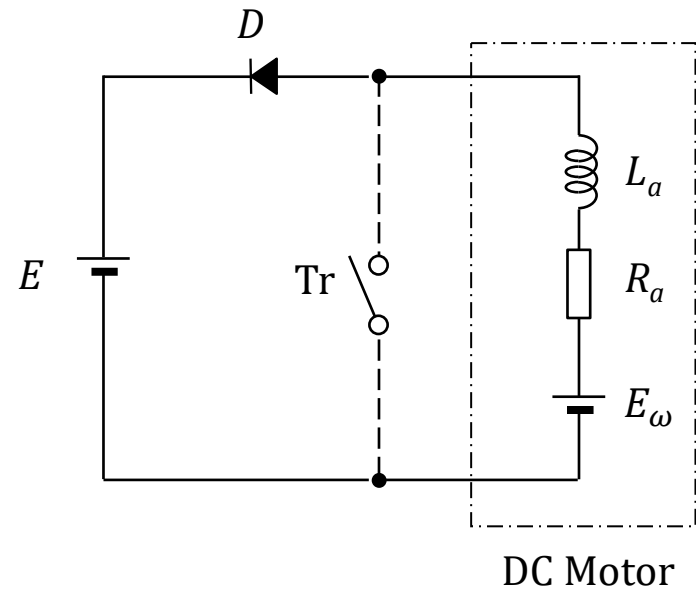
(a) Tr : オン



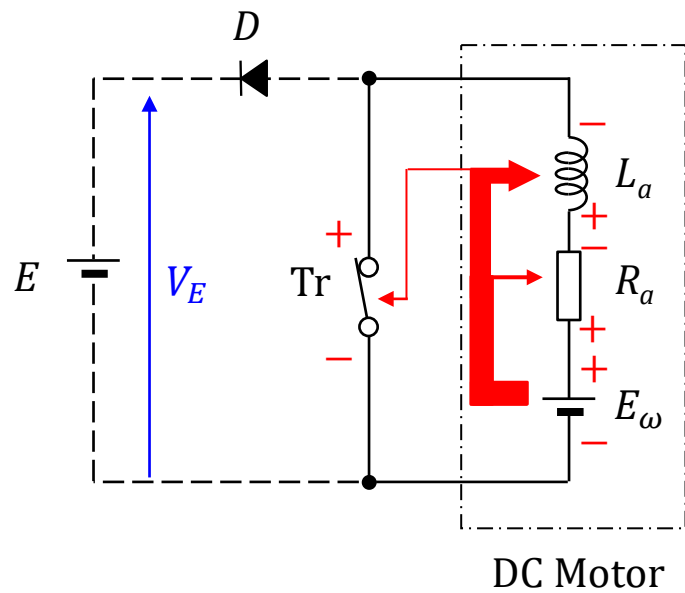
(b) Tr : オフ



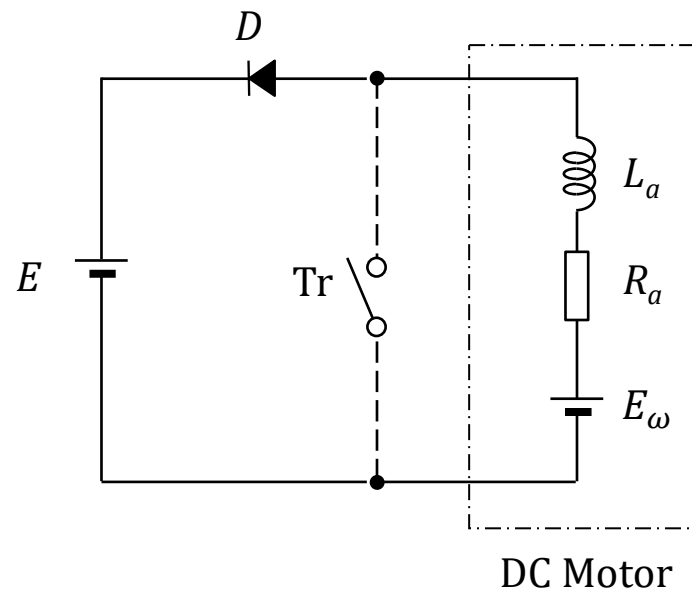
(a) $Tr : ON$



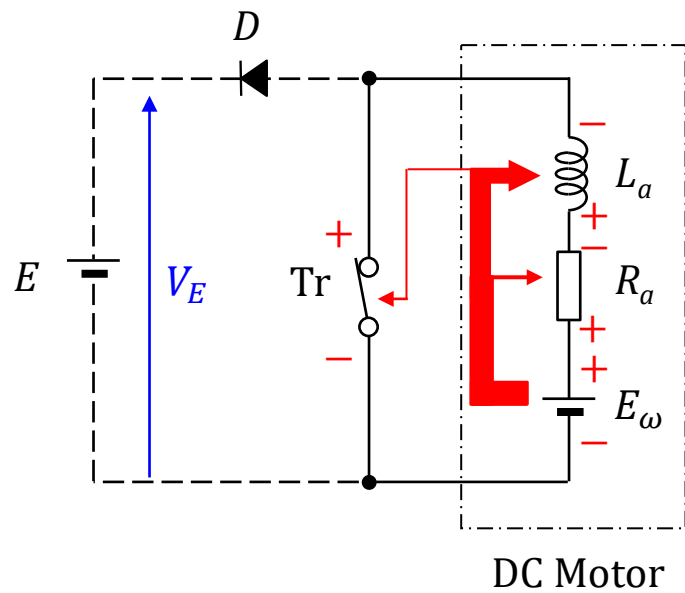
(b) $Tr : OFF$



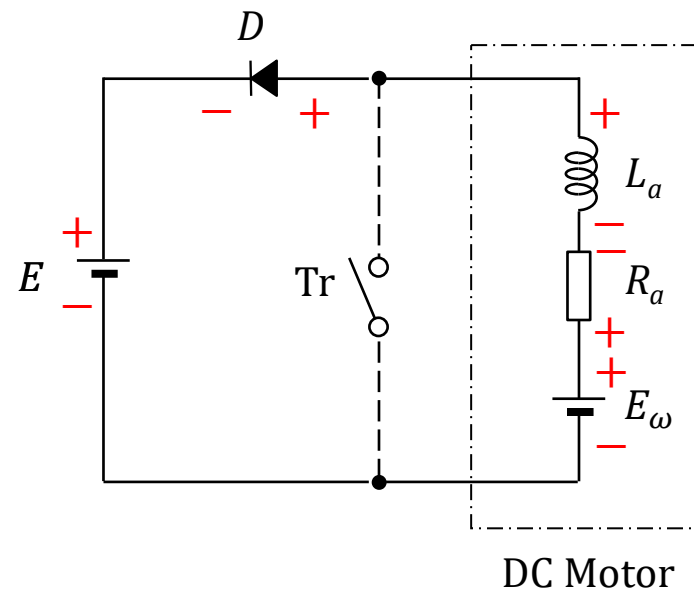
(a) $Tr : ON$



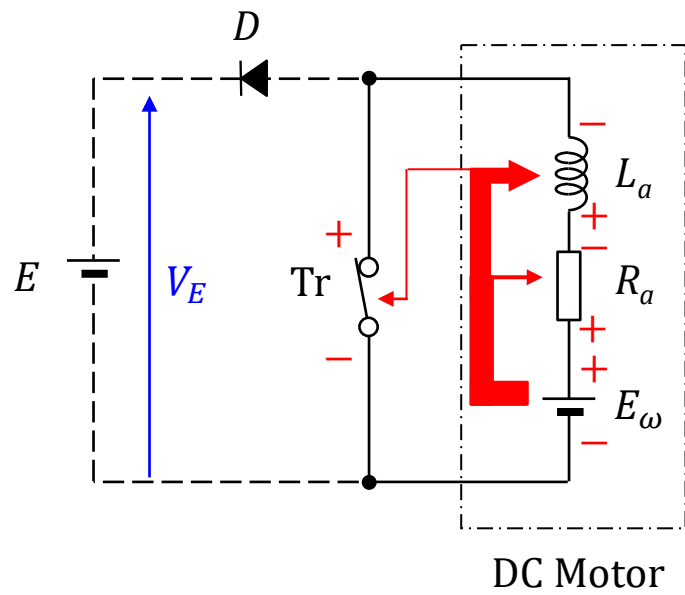
(b) $Tr : OFF$



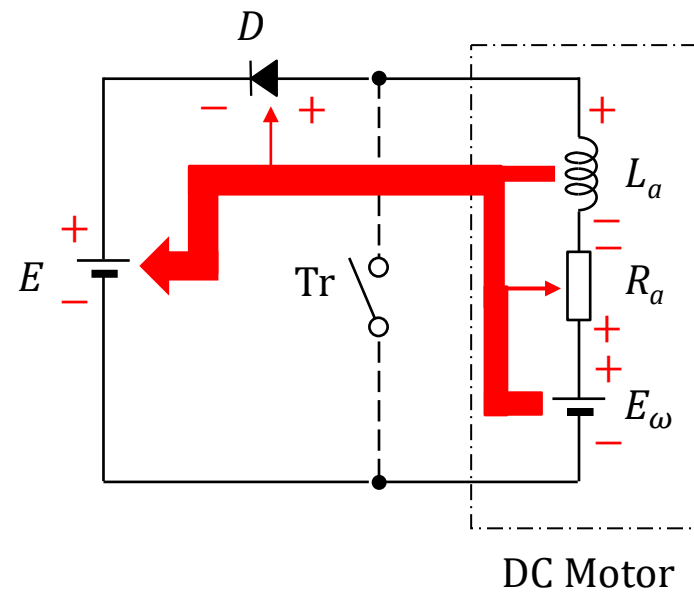
(a) $Tr : ON$



(b) $Tr : OFF$

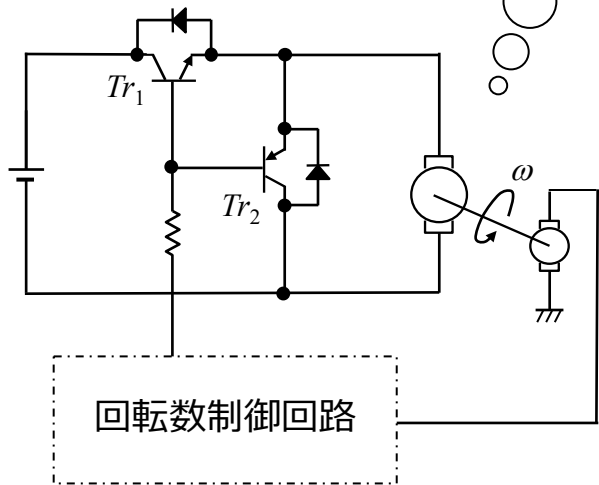


(a) Tr : ON

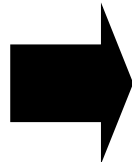


(b) Tr : OFF

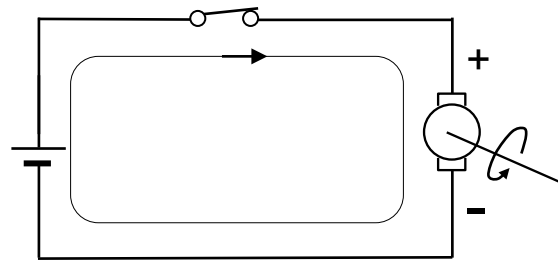
この回路では
モータの逆転
はできない。



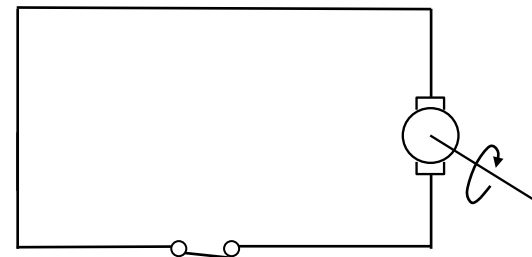
モータの駆動・ブレーキ回路



正転

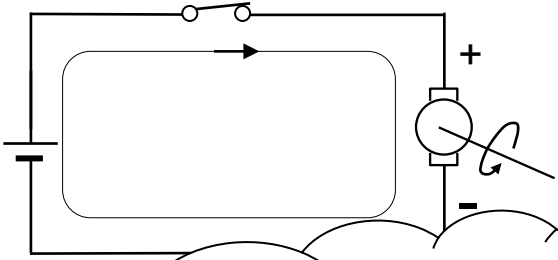
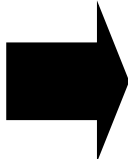
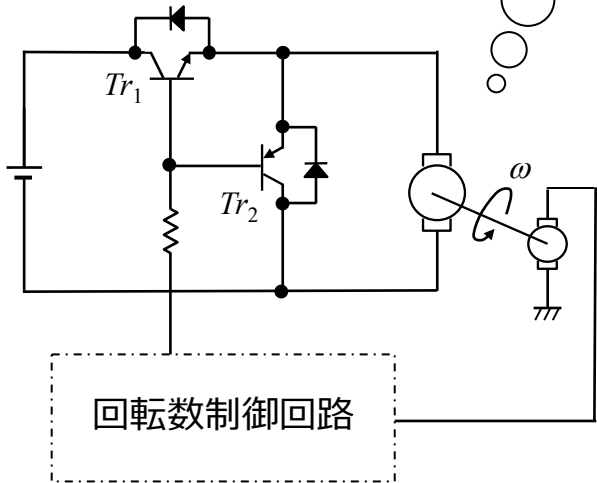


逆転させるには、逆転させるエネルギー源が必要



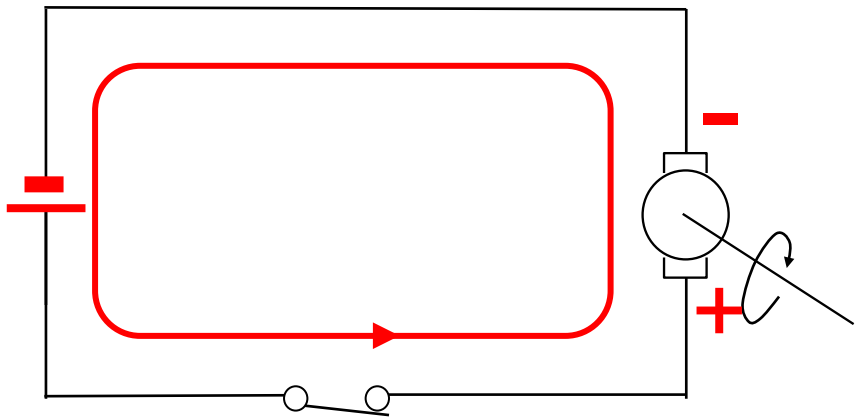
この回路では
モータの逆転
はできない。

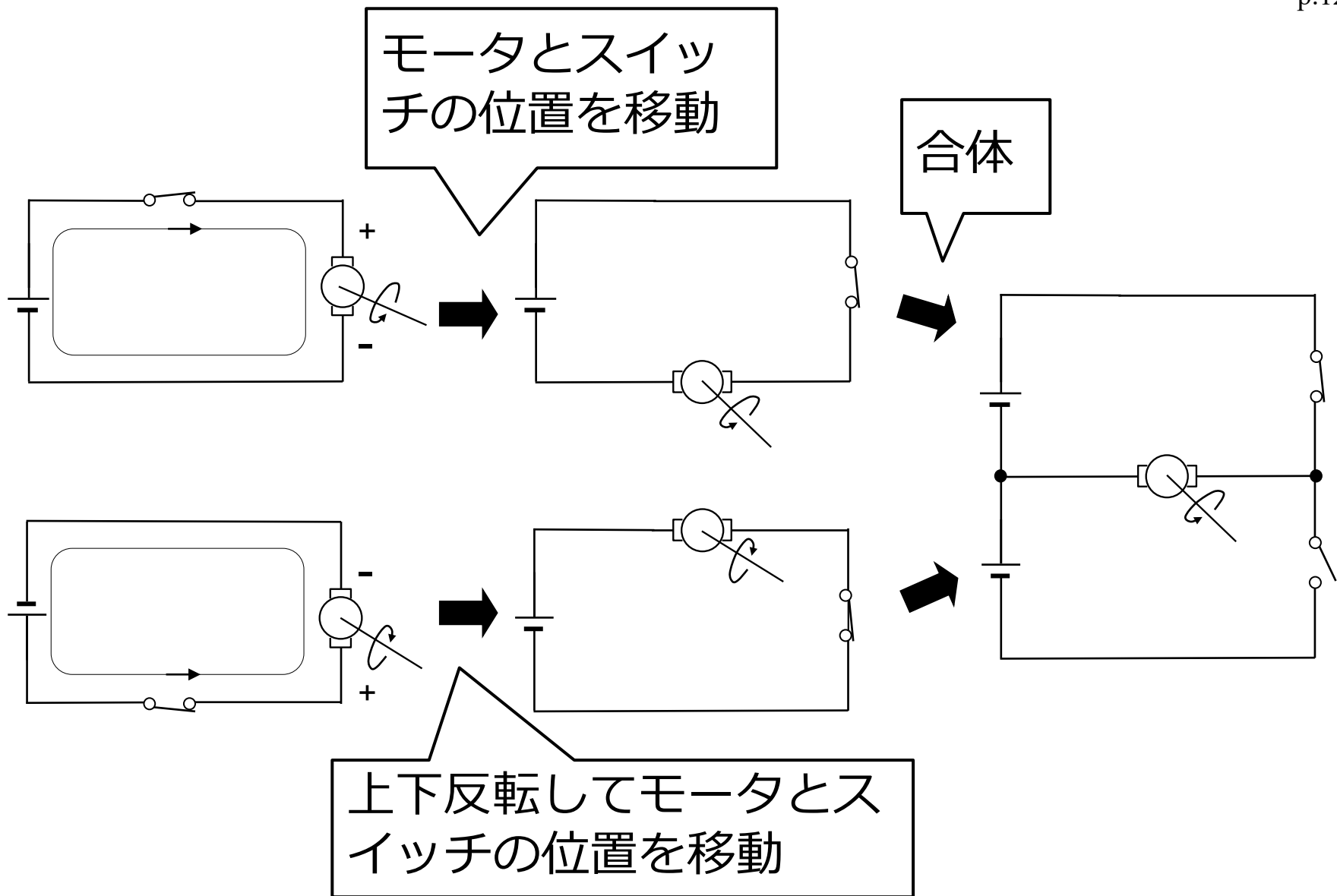
正転



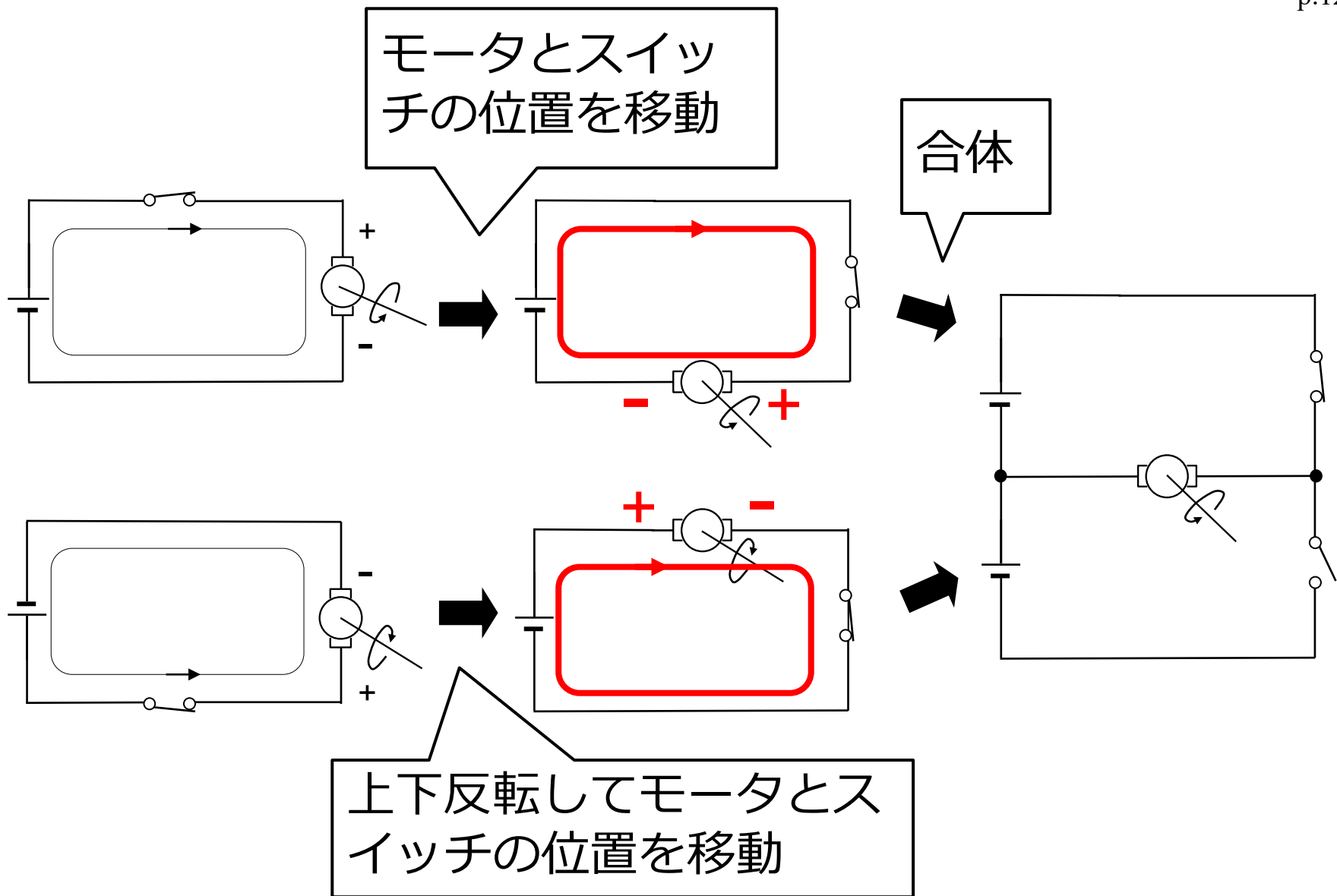
逆転させるには、逆転させるエネルギー源が必要

モータの駆動・ブレーキ回路





正転用と逆転用の回路の合体



正転用と逆転用の回路の合体

こうするだけで
実現できる

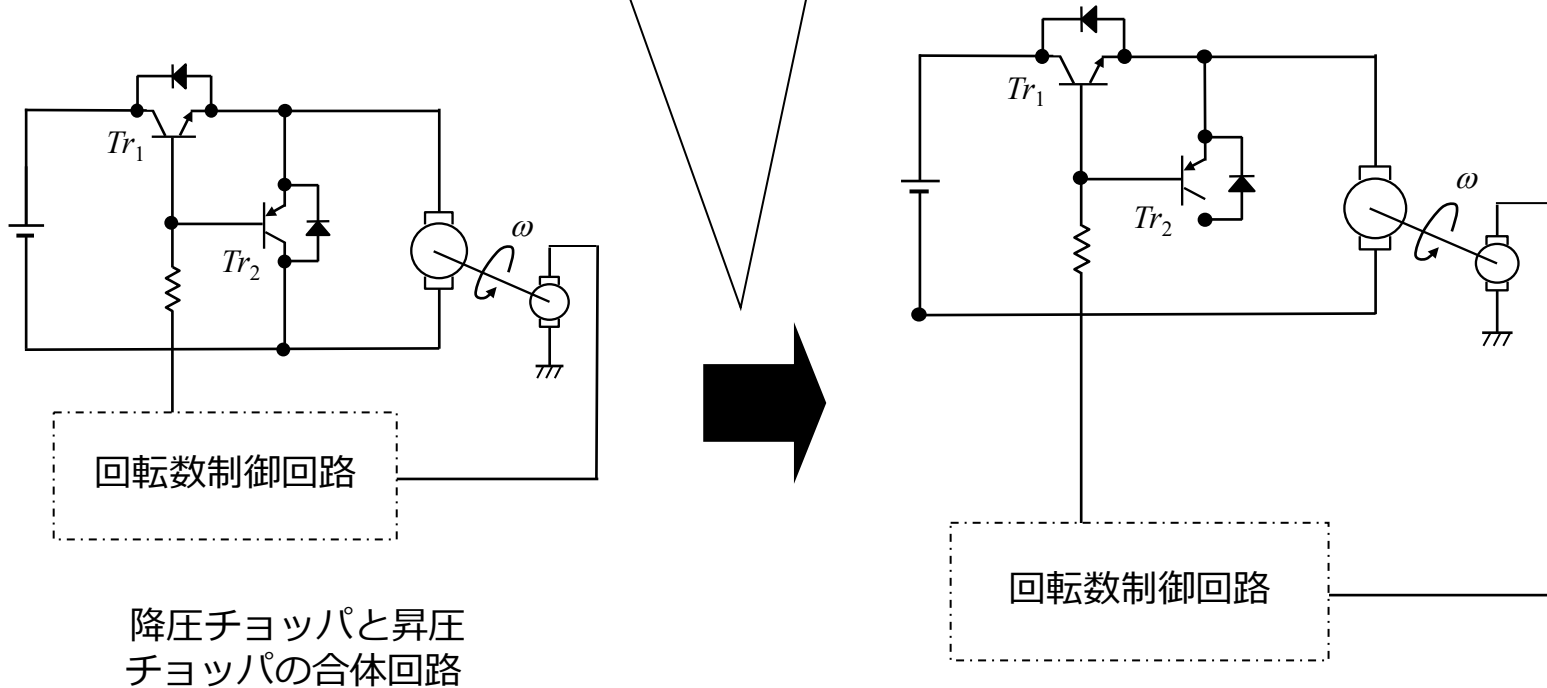


図9.1 逆転駆動を可能とするインバータによるモータ駆動

こうするだけで
実現できる

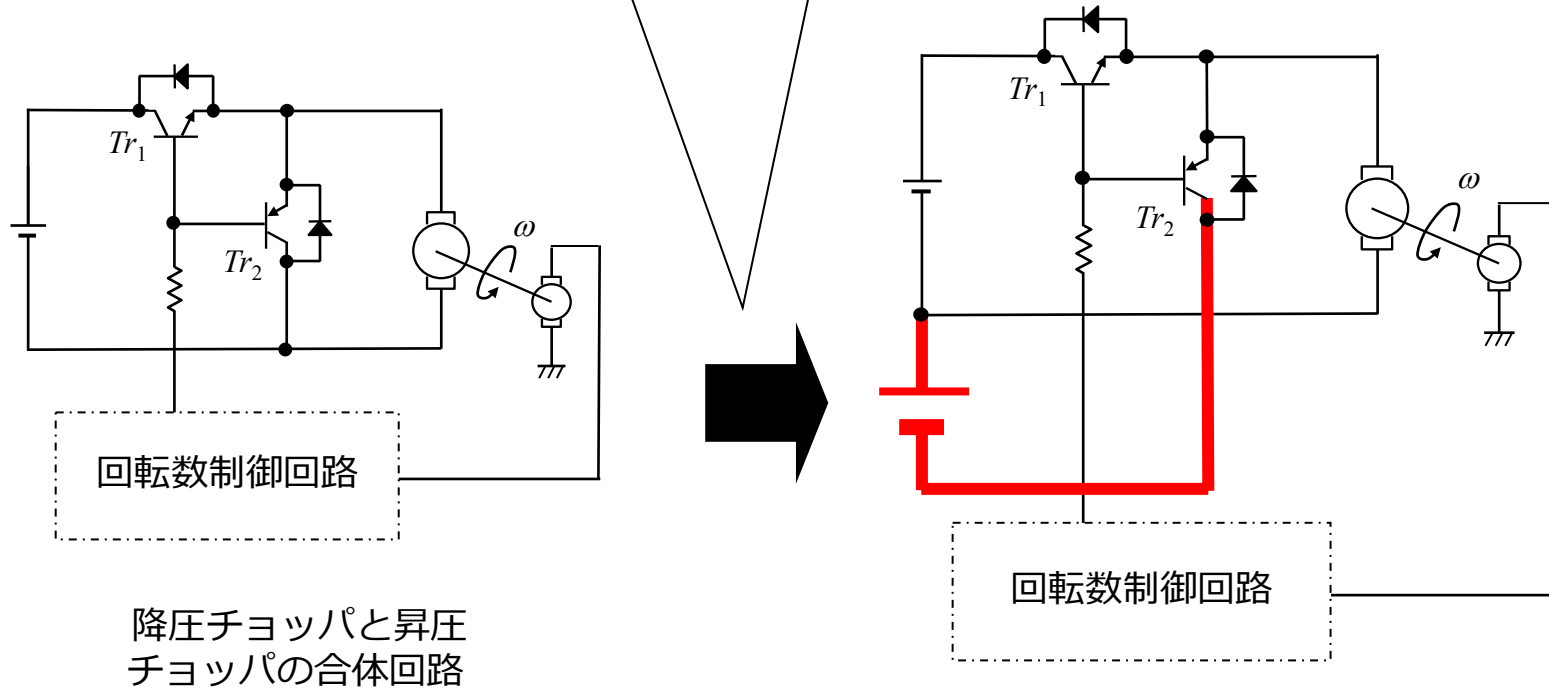


図9.1 逆転駆動を可能とするインバータによるモータ駆動

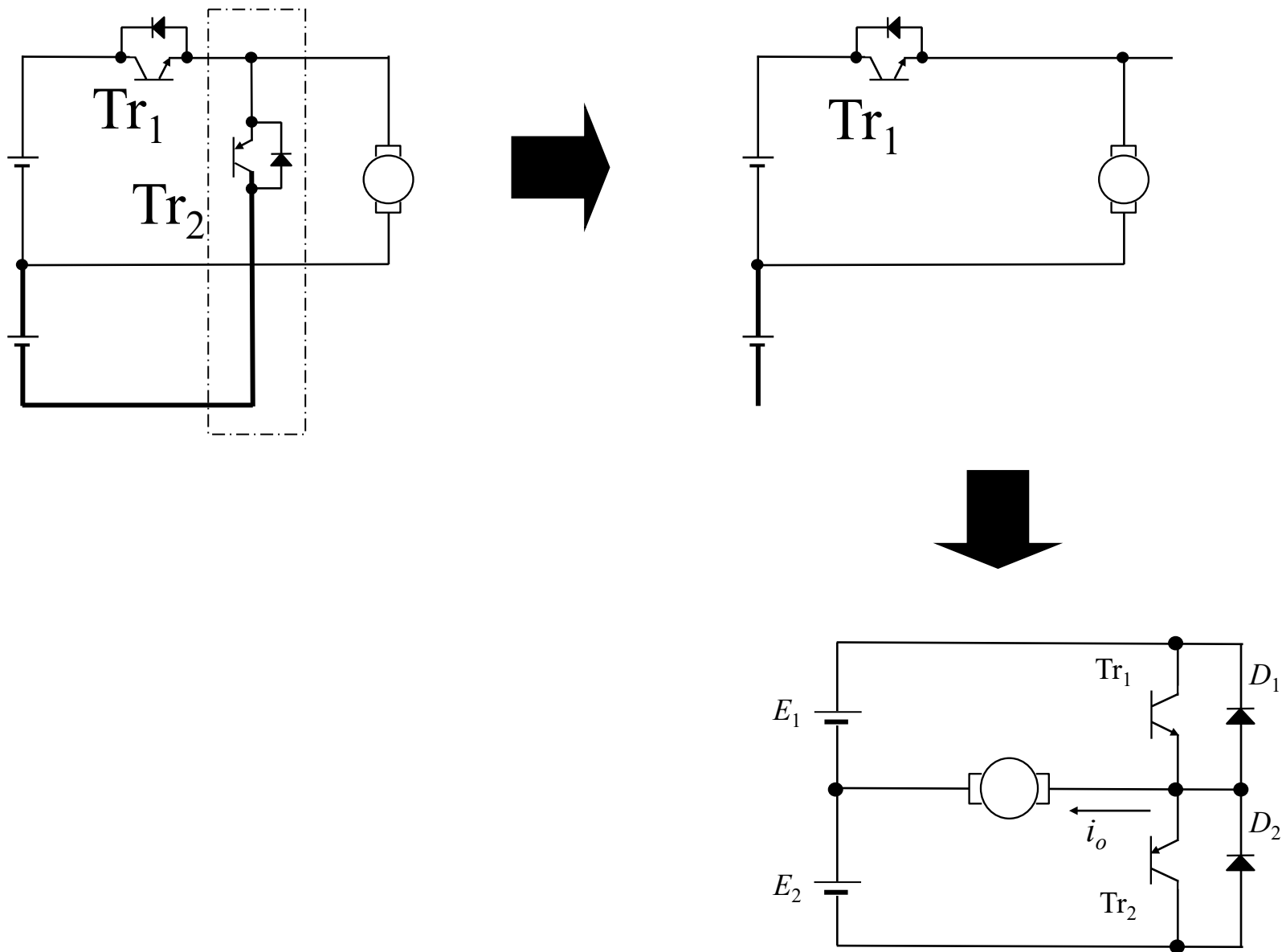


図9.2 ハーフブリッジインバータ

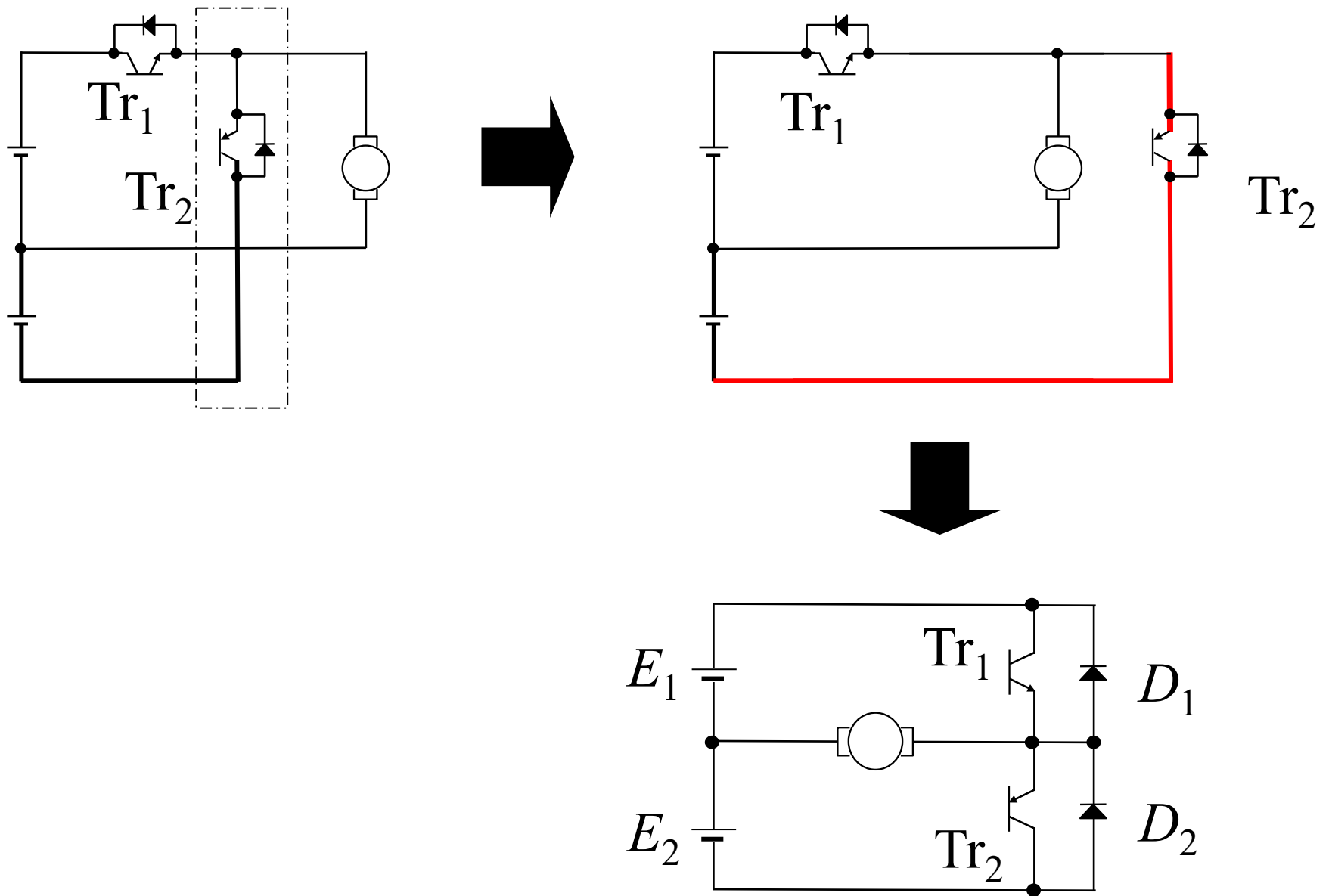


図9.2 ハーフブリッジインバータ

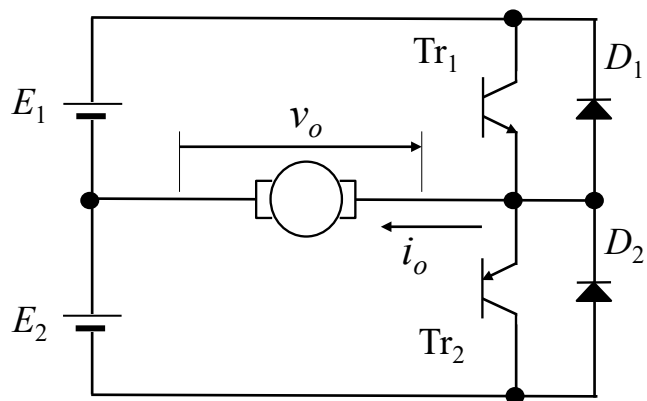
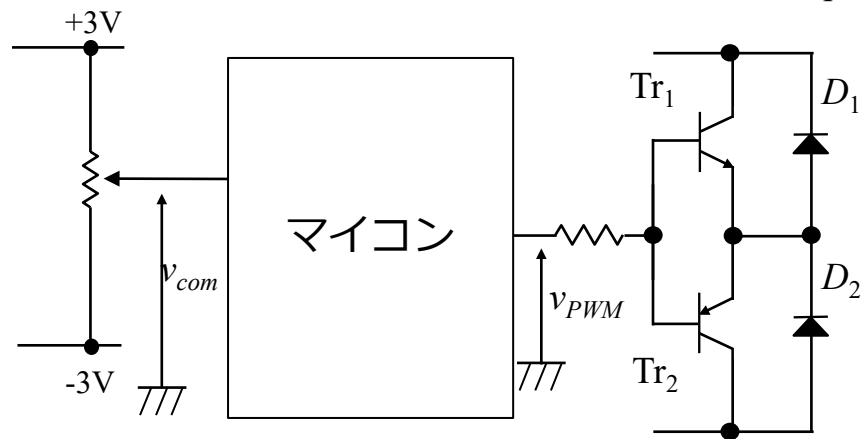


図9.2 ハーフブリッジインバータ



(a) PWM波形生成回路

ハーフブリッジインバータの
PWM制御方式

$v_{com} \geq v_{tri}$ のとき Tr_1 : , Tr_2 :
 $v_{com} < v_{tri}$ のとき Tr_1 : , Tr_2 :

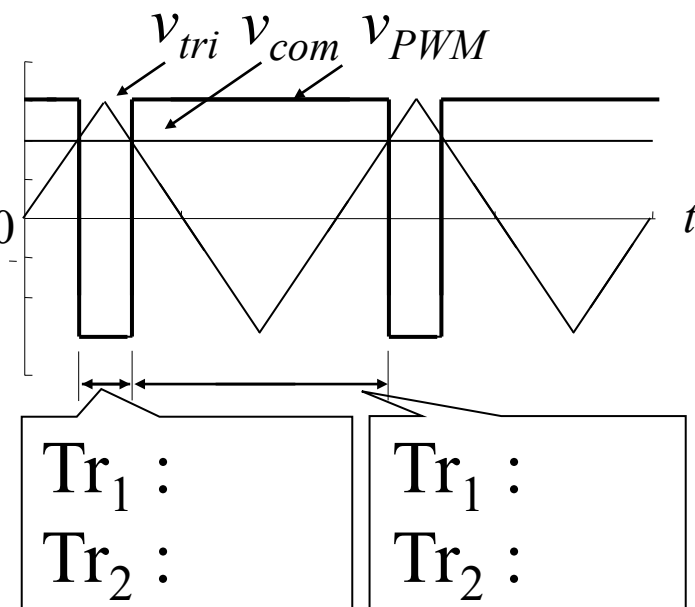


図9.3 PWM波形生成回路とPWM波形例

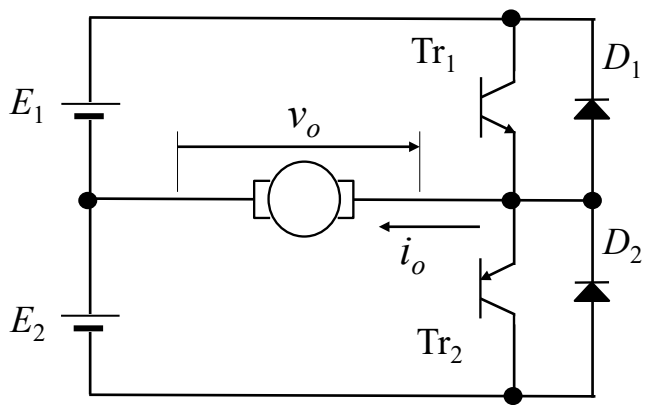
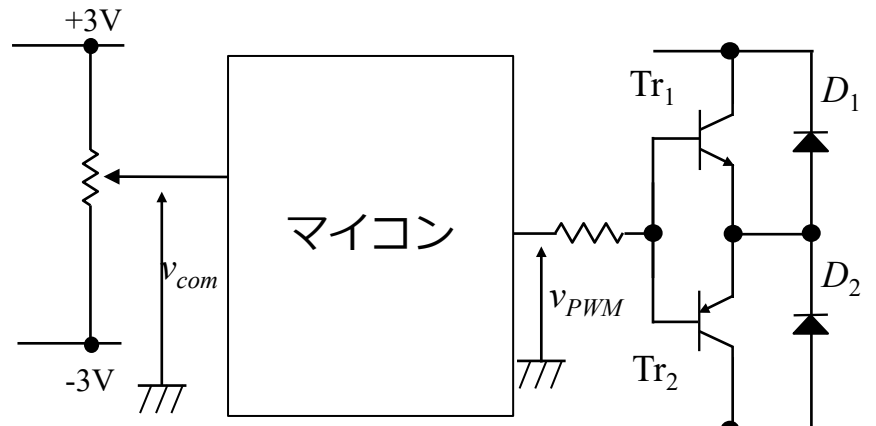


図9.2 ハーフブリッジインバータ

ハーフブリッジインバータの
PWM制御方式

$v_{com} \geq v_{tri}$ のとき Tr_1 : オン Tr_2 : オフ
 $v_{com} < v_{tri}$ のとき Tr_1 : オフ Tr_2 : オン



(a) PWM波形生成回路

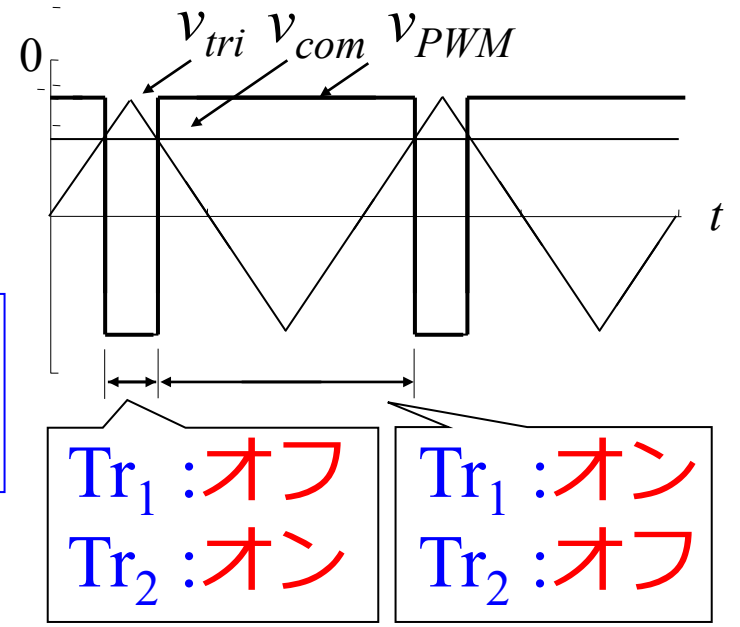
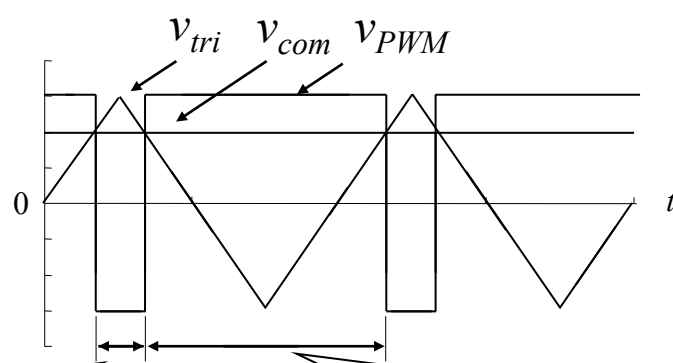


図9.3 PWM波形生成回路とPWM波形例

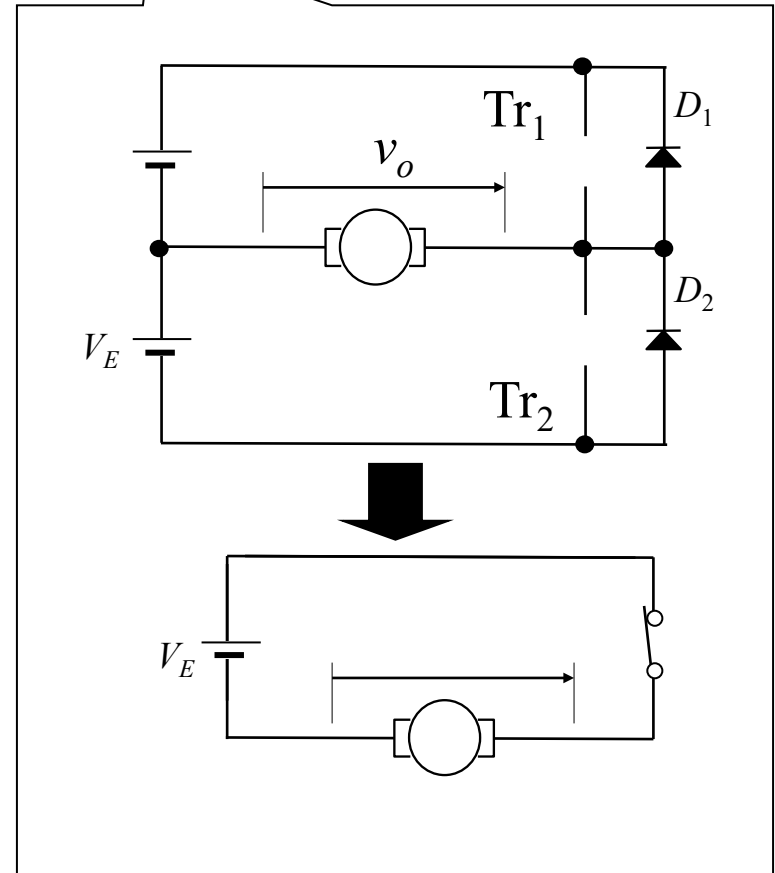
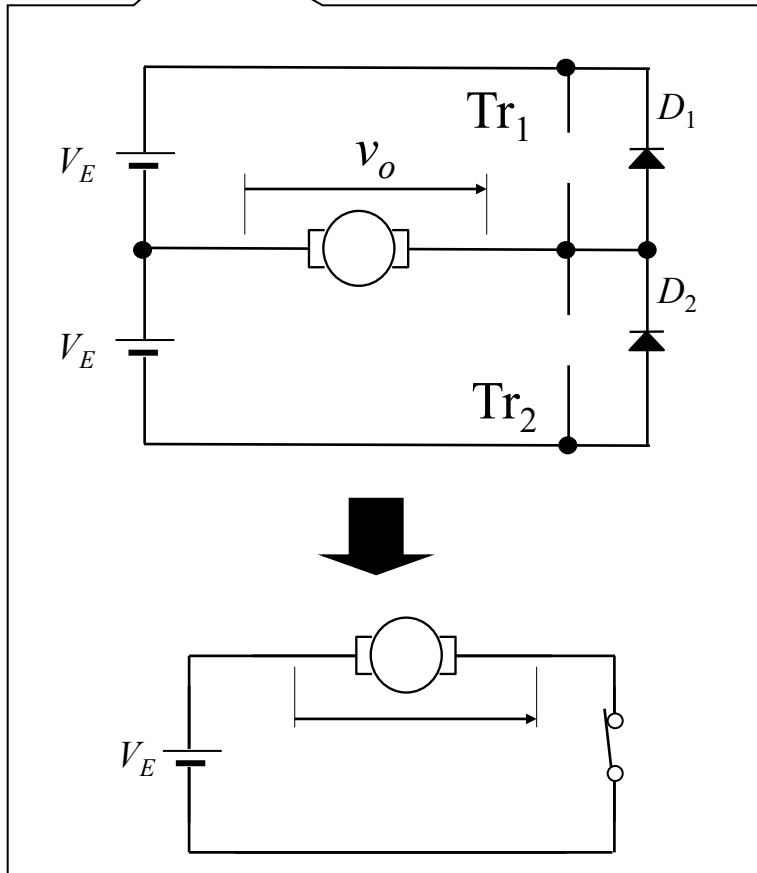


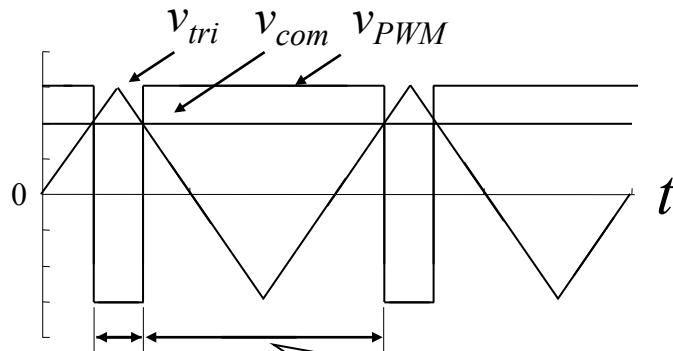
$Tr_1 :$

$Tr_2 :$

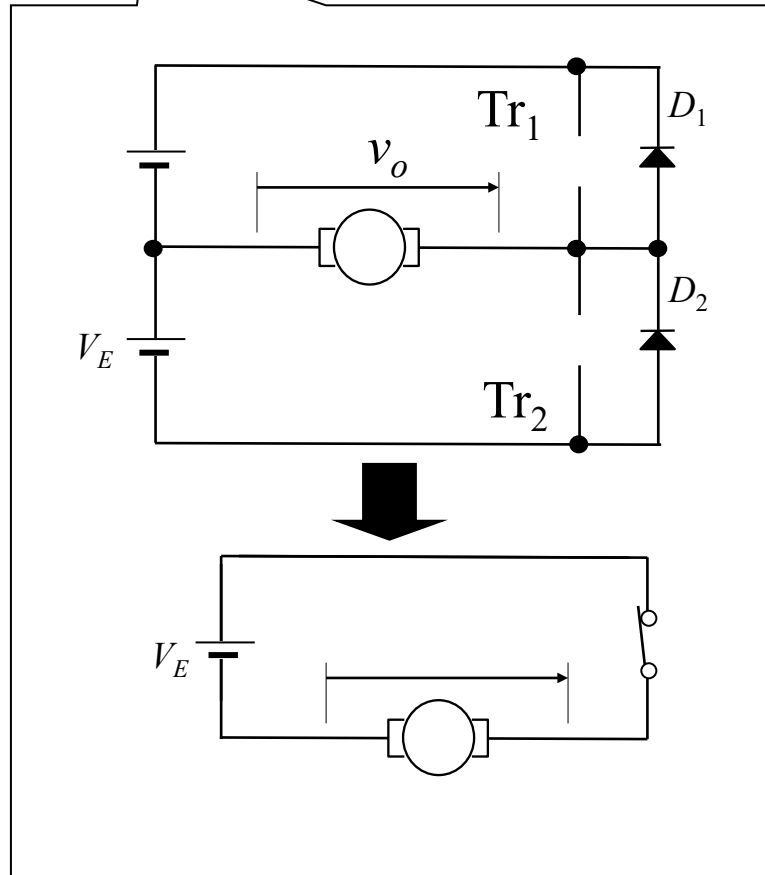
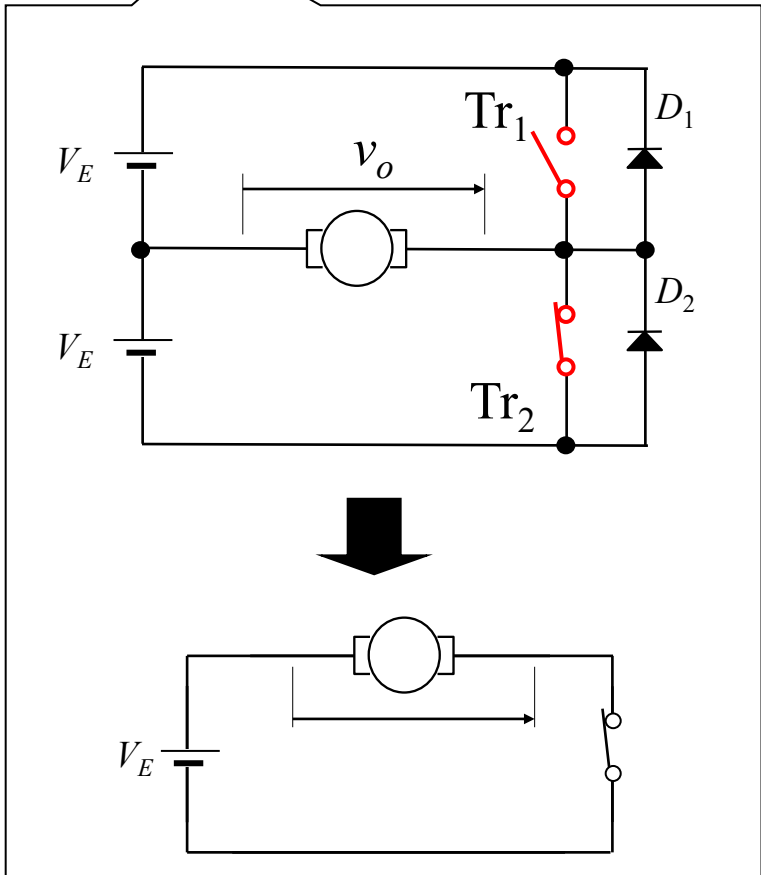
$Tr_1 :$

$Tr_2 :$

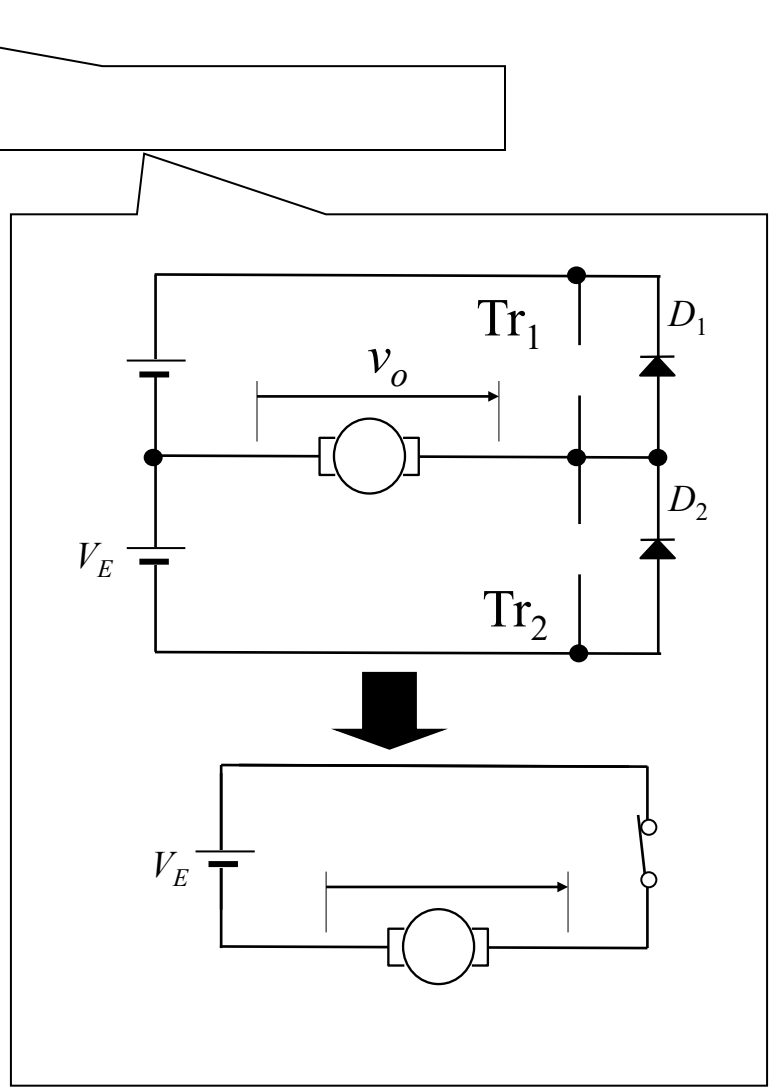
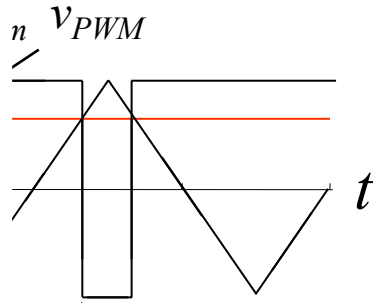
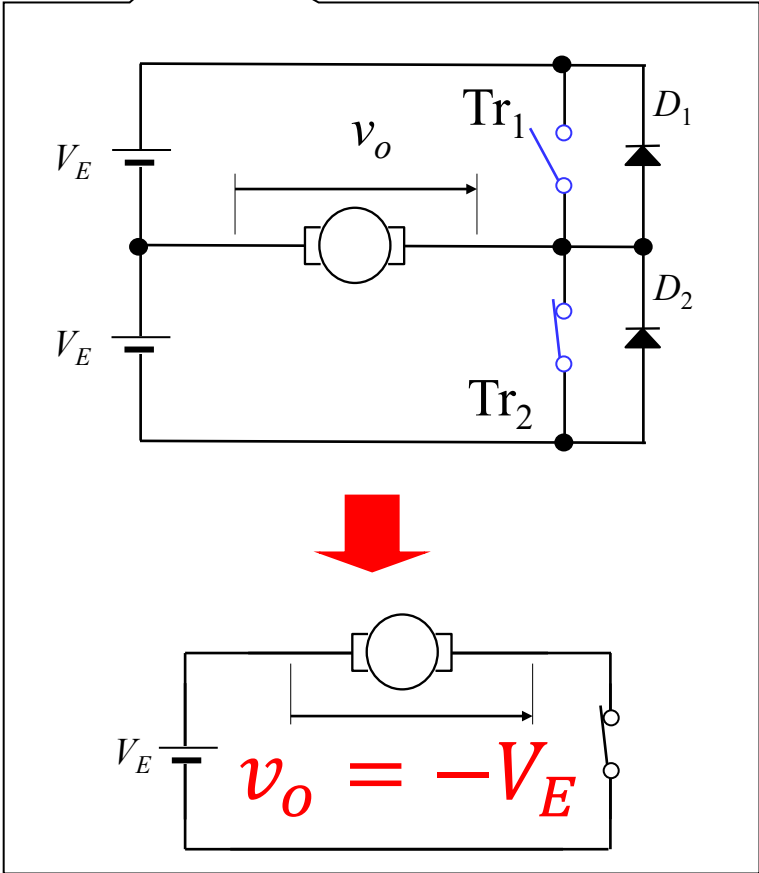


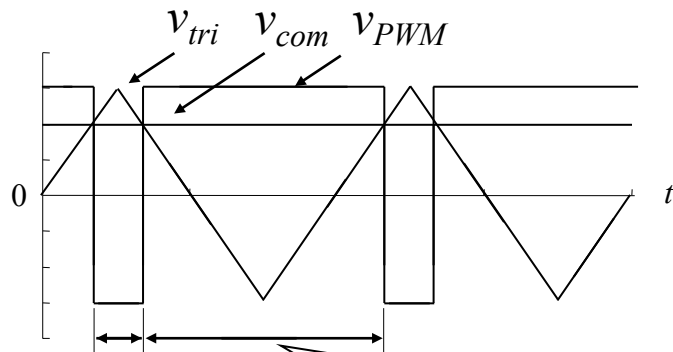


Tr₁ : オフ Tr₂ : オン



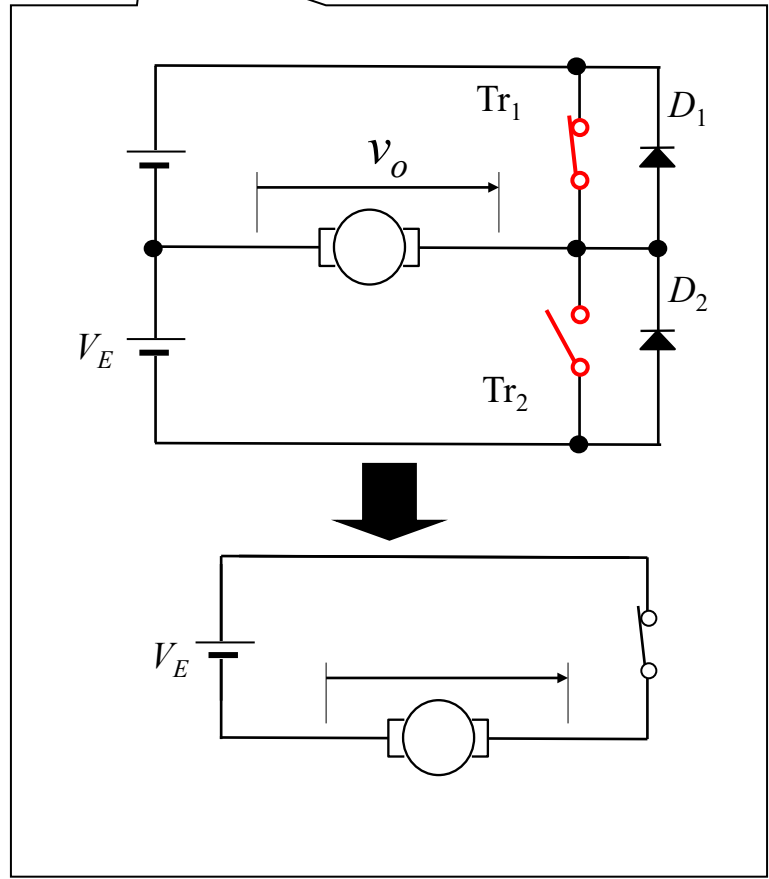
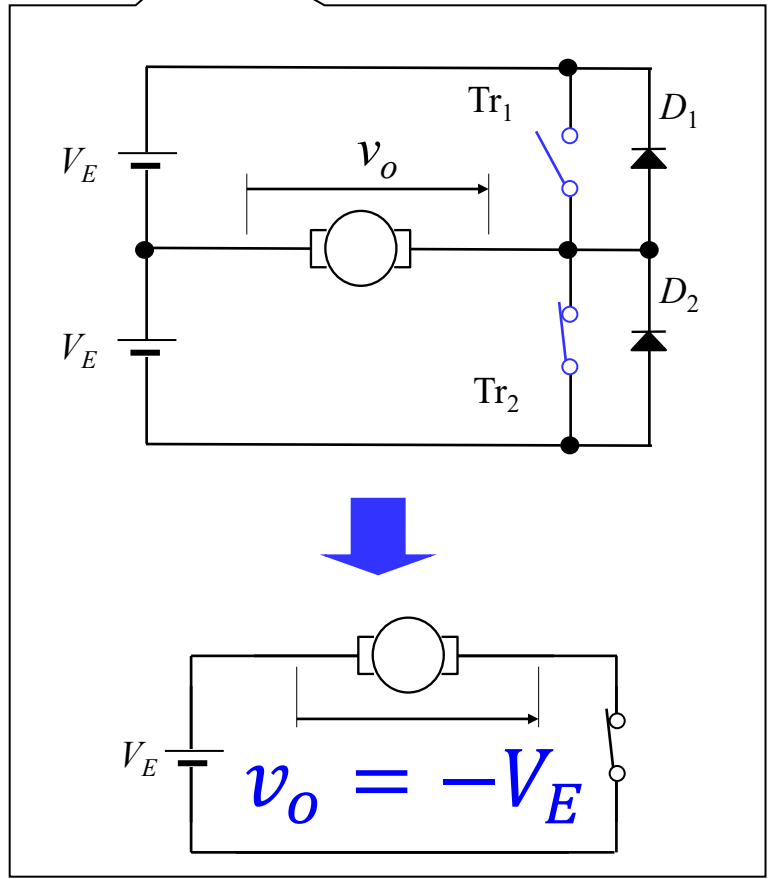
T_{r1} : オフ T_{r2} : オン

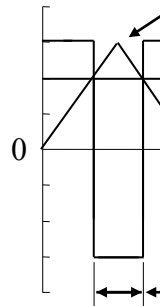




T_{r1} : オフ T_{r2} : オン

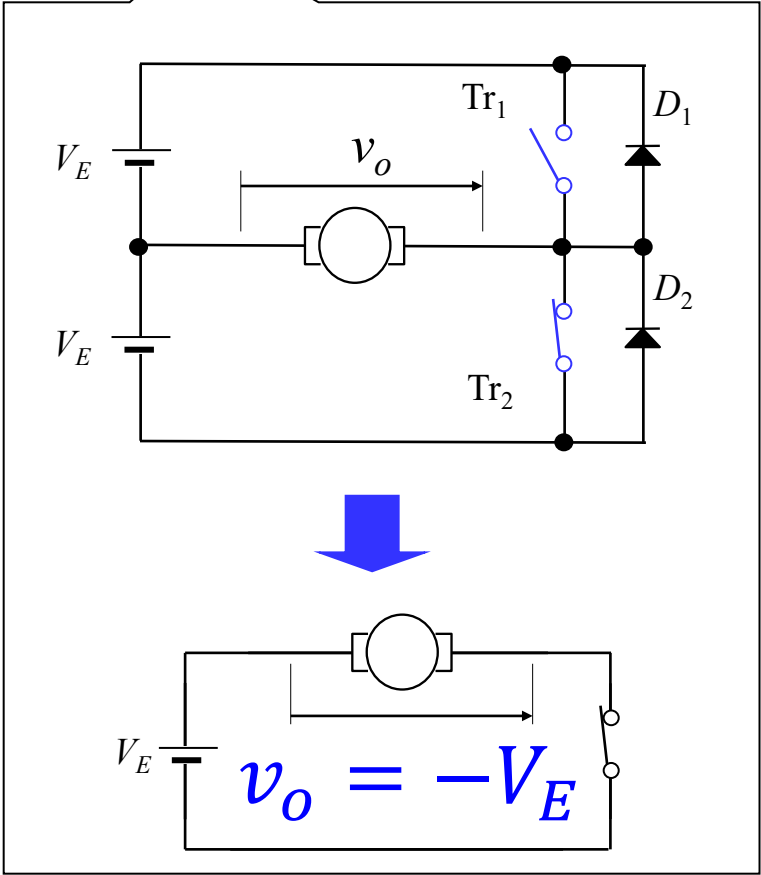
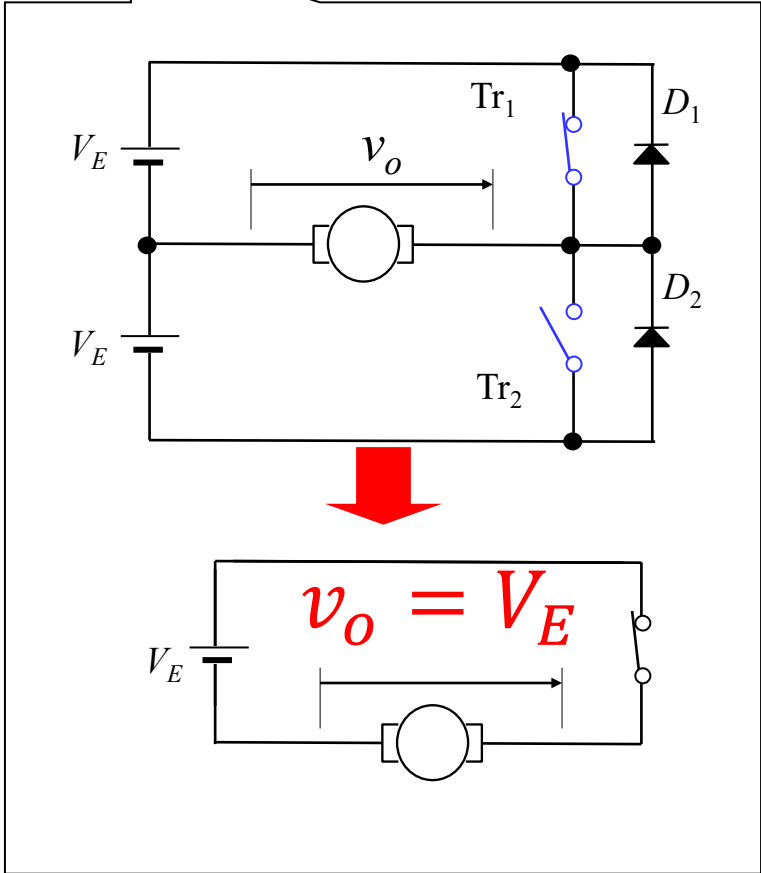
T_{r1} : オン T_{r2} : オフ

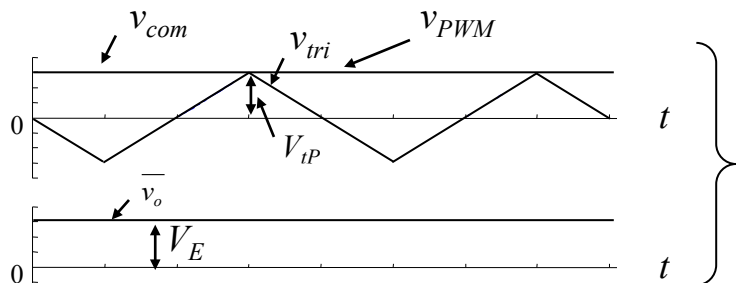




T_{r1} : オン T_{r2} : オフ

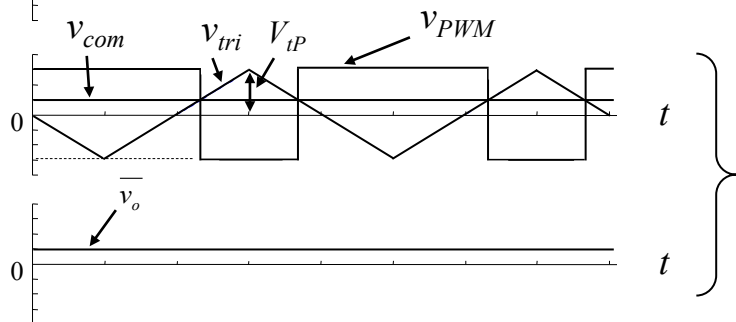
T_{r1} : オフ T_{r2} : オン





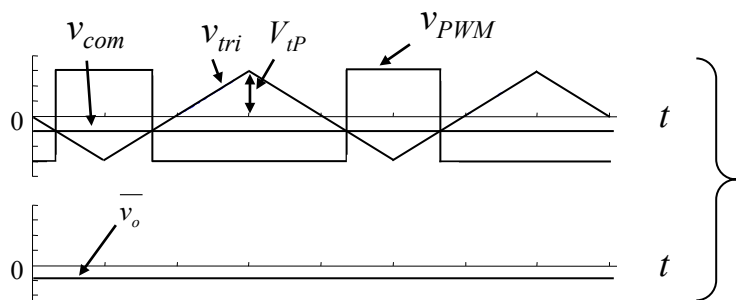
$$v_{com} = V_{tP} \text{ のとき } \delta_1 = 1$$

$$\Rightarrow \bar{v}_o =$$



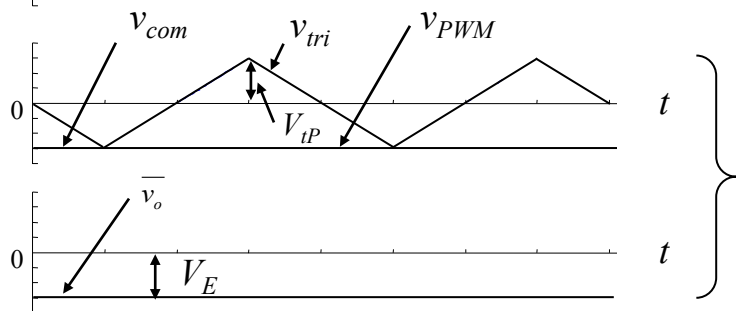
$$v_{com} = \frac{1}{3} V_{tP} \text{ のとき } \delta_1 = \frac{2}{3}$$

$$\Rightarrow \bar{v}_o =$$



$$v_{com} = -\frac{1}{3} V_{tP} \text{ のとき } \delta_1 = \frac{1}{3}$$

$$\Rightarrow \bar{v}_o =$$

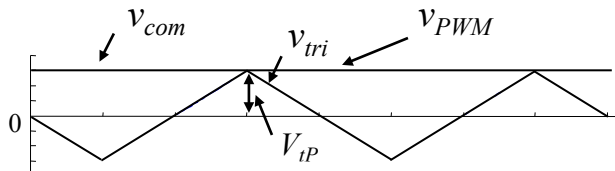


$$v_{com} = -V_{tP} \text{ のとき } \delta_1 = 0$$

$$\Rightarrow \bar{v}_o =$$

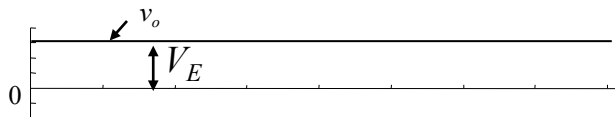
課題9.2

$$\delta_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{v_{com}}{V_{tP}} + 1 \right)$$



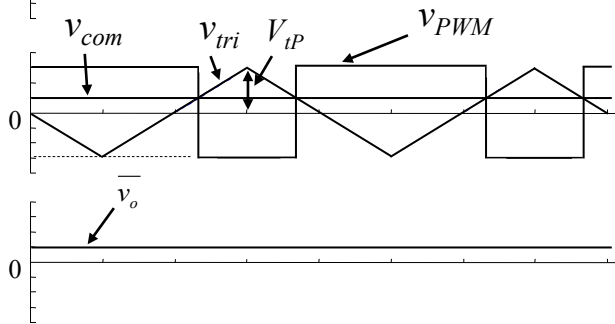
$v_{com} = V_{tP}$ のとき $\delta_1 = 1$

$$\bar{v}_o = V_E$$

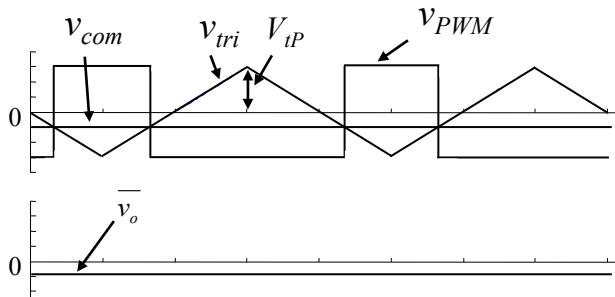


$v_{com} = \frac{1}{3} V_{tP}$ のとき $\delta_1 = \frac{2}{3}$

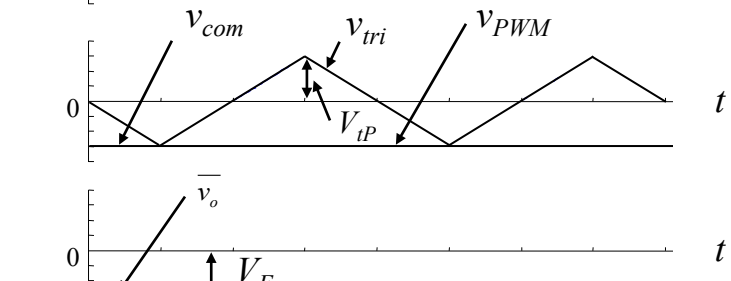
$$\bar{v}_o = \frac{1}{3} V_E$$



$v_{com} = -\frac{1}{3} V_{tP}$ のとき $\delta_1 = \frac{1}{3}$

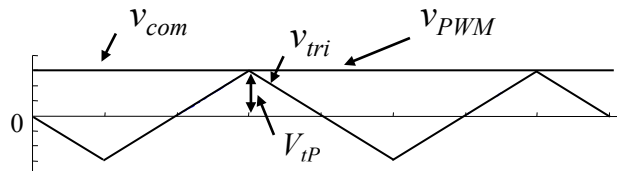


$v_{com} = -V_{tP}$ のとき $\delta_1 = 0$



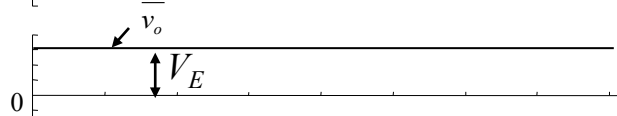
ハーフブリッジインバータとPWM制御波形
 ハーフブリッジインバータとPWM制御波形

課題9.2 $\delta_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{v_{com}}{V_{tP}} + 1 \right)$



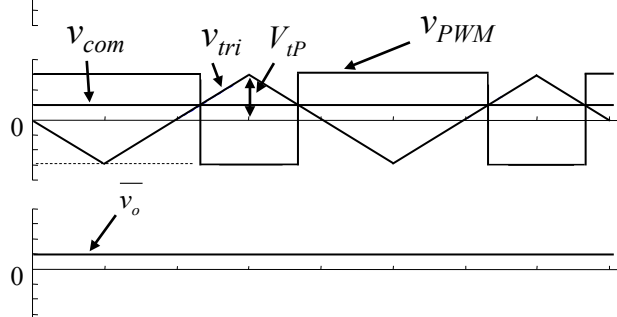
$v_{com} = V_{tP}$ のとき $\delta_1 = 1$

$$\bar{v}_o = V_E$$



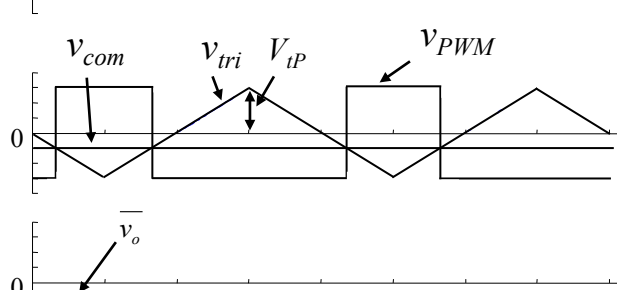
$v_{com} = \frac{1}{2} V_{tP}$ のとき $\delta_1 = \frac{2}{3}$

$$\bar{v}_o = \frac{1}{3} V_E$$



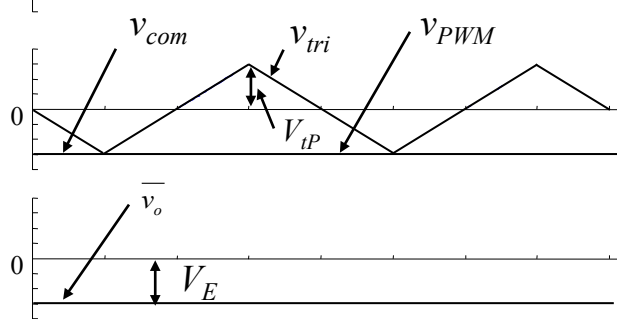
$v_{com} = -\frac{1}{3} V_{tP}$ のとき $\delta_1 = \frac{1}{3}$

$$\bar{v}_o = -\frac{1}{3} V_E$$



$v_{com} = -V_{tP}$ のとき $\delta_1 = 0$

$$\bar{v}_o = -V_E$$



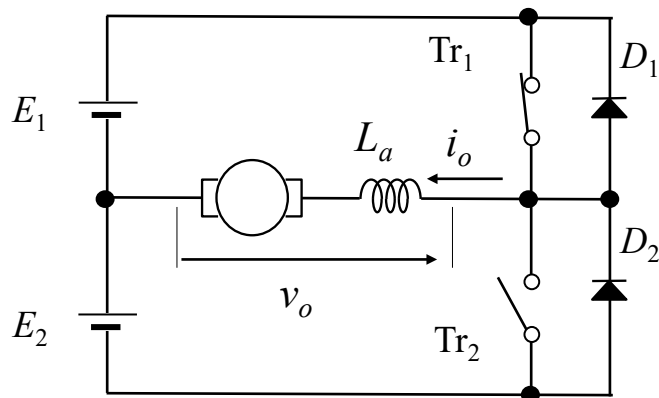
課題9.2 $\delta_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{v_{com}}{V_{tP}} + 1 \right)$

ハーフブリッジインバータとPWM制御波形

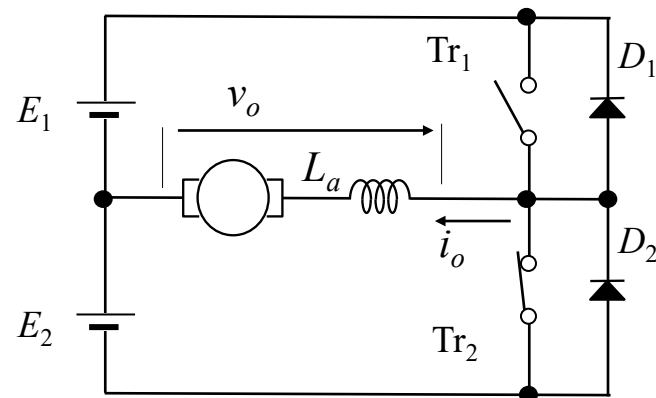
ハーフブリッジインバータの4つのモード

$i_o > 0$ のとき

$v_{com} > v_{tri}$ のとき Tr₁ ON, Tr₂ OFF

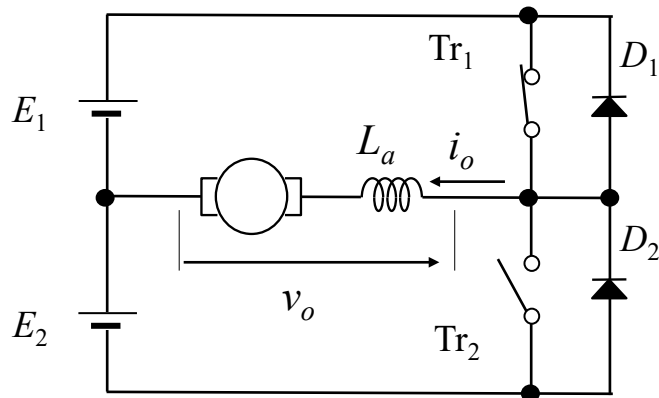


$v_{com} < v_{tri}$ のとき Tr₁ OFF, Tr₂ ON

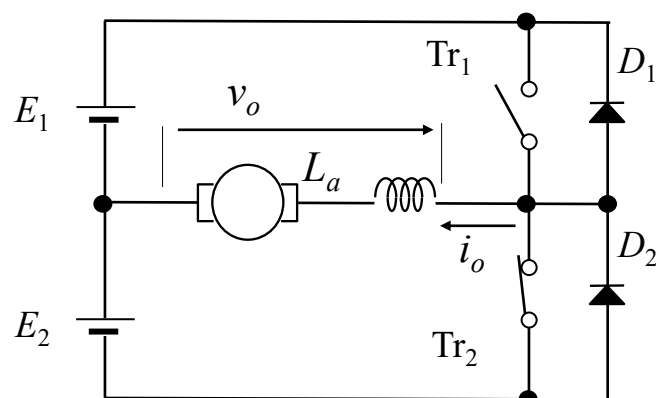


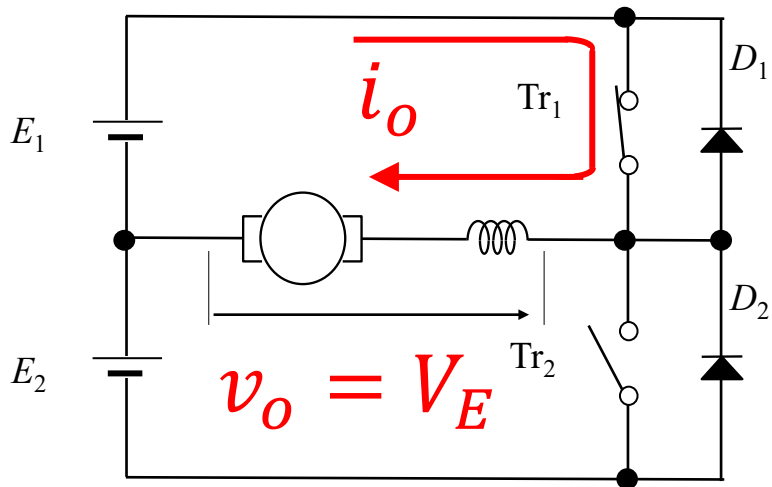
$i_o < 0$ のとき

$v_{com} > v_{tri}$ のとき Tr₁ ON, Tr₂ OFF

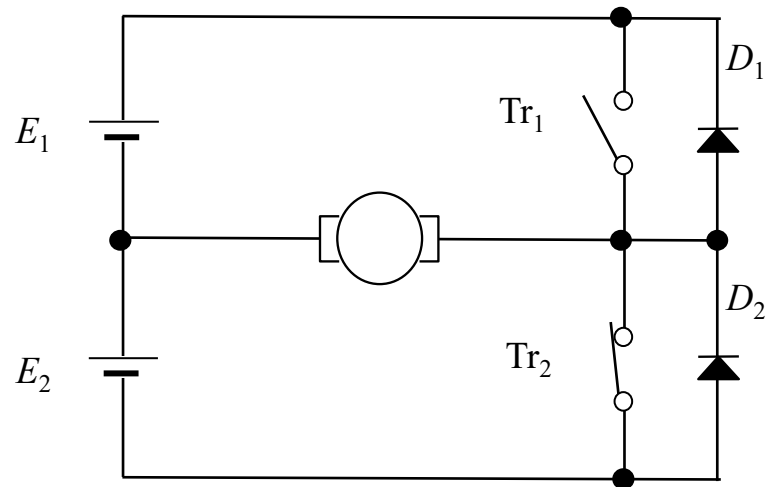


$v_{com} < v_{tri}$ のとき Tr₁ OFF, Tr₂ ON

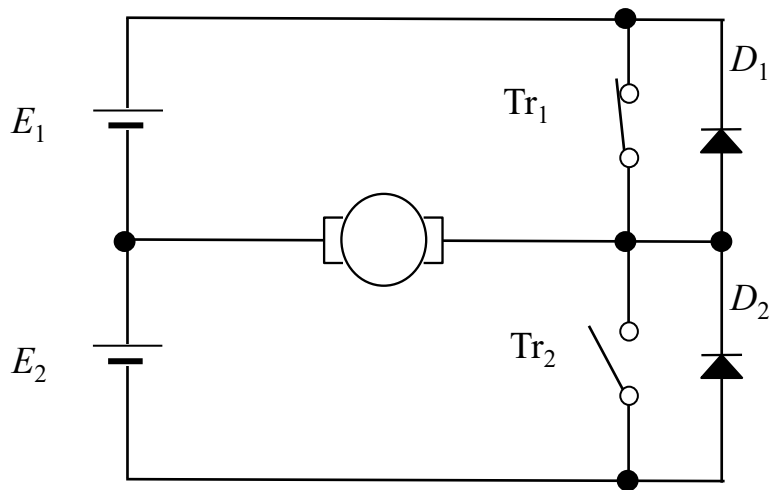




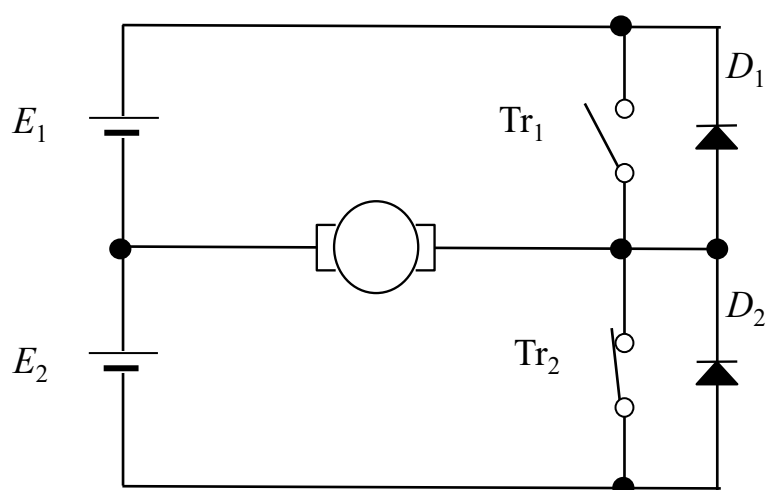
(a) $i_o > 0$, Tr_1 : オン, Tr_2 : オフ



(b) $i_o > 0$, Tr_1 : オフ, Tr_2 : オン

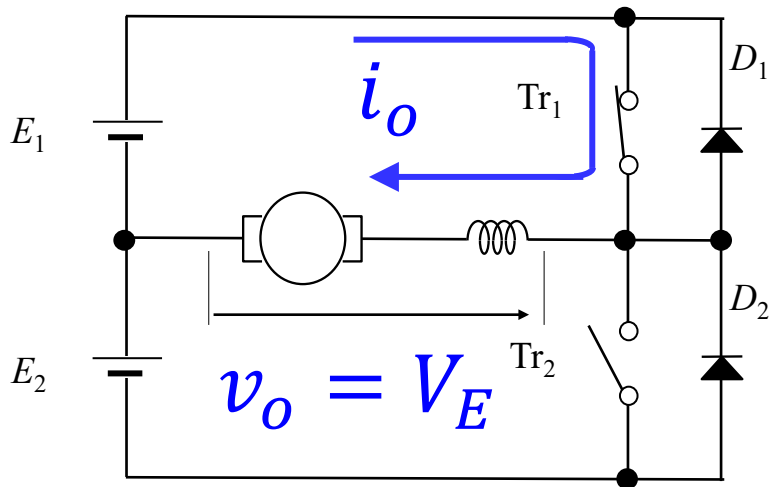


(c) $i_o < 0$, Tr_1 : オン, Tr_2 : オフ

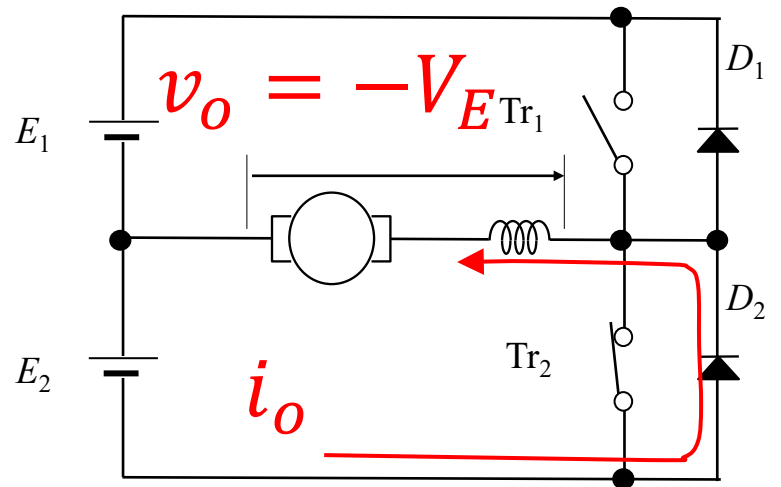


(d) $i_o < 0$, Tr_1 : オフ, Tr_2 : オン

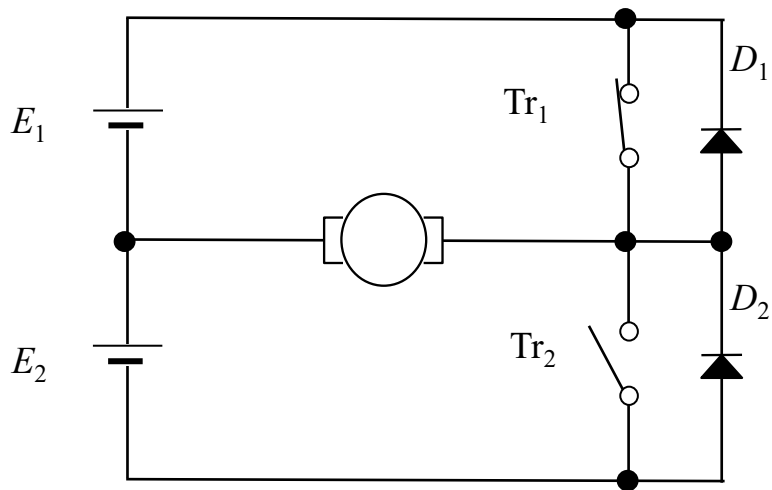
図9.4 ハーフブリッジインバータの4つの動作モード



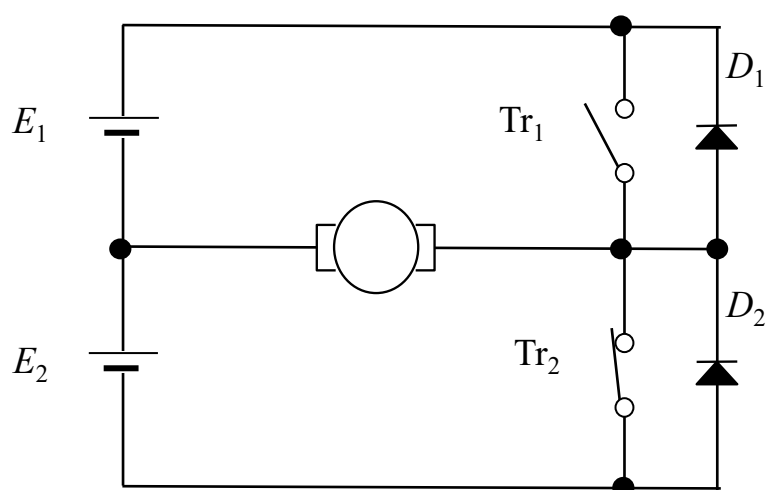
(a) $i_o > 0$, Tr_1 : オン, Tr_2 : オフ



(b) $i_o > 0$, Tr_1 : オフ, Tr_2 : オン

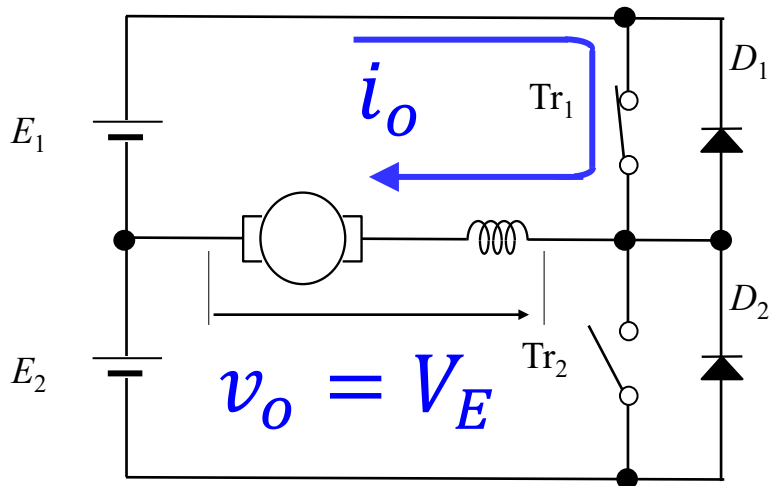


(c) $i_o < 0$, Tr_1 : オン, Tr_2 : オフ

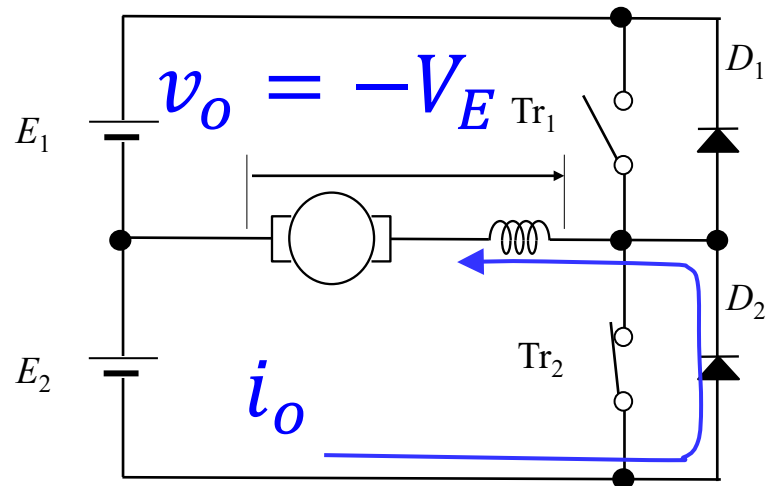


(d) $i_o < 0$, Tr_1 : オフ, Tr_2 : オン

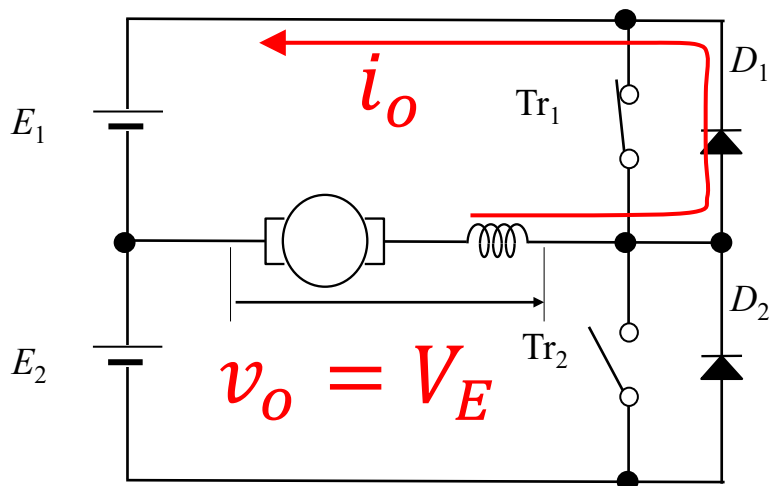
図9.4 ハーフブリッジインバータの4つの動作モード



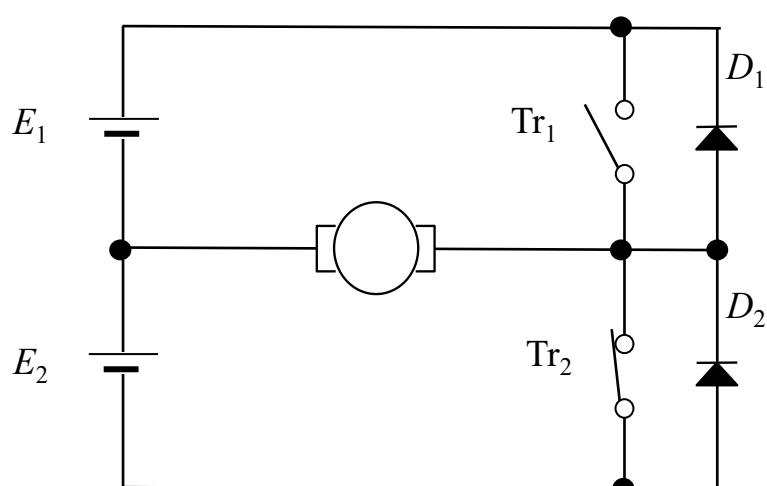
(a) $i_o > 0$, Tr_1 : オン, Tr_2 : オフ



(b) $i_o > 0$, Tr_1 : オフ, Tr_2 : オン

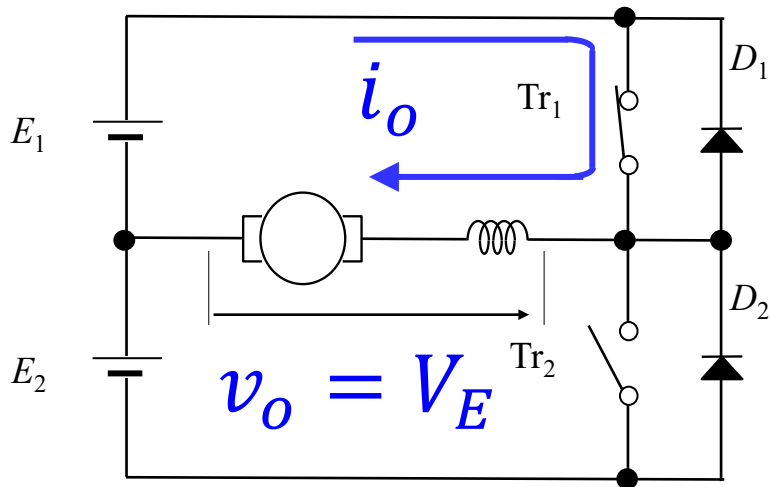


(c) $i_o < 0$, Tr_1 : オン, Tr_2 : オフ

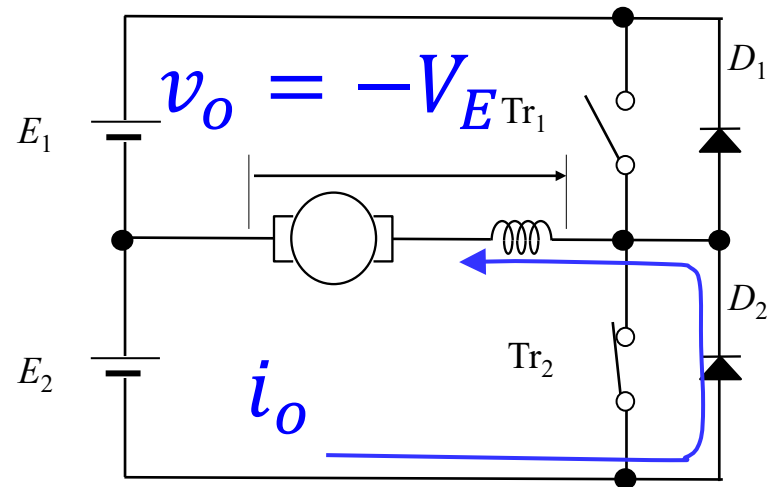


(d) $i_o < 0$, Tr_1 : オフ, Tr_2 : オン

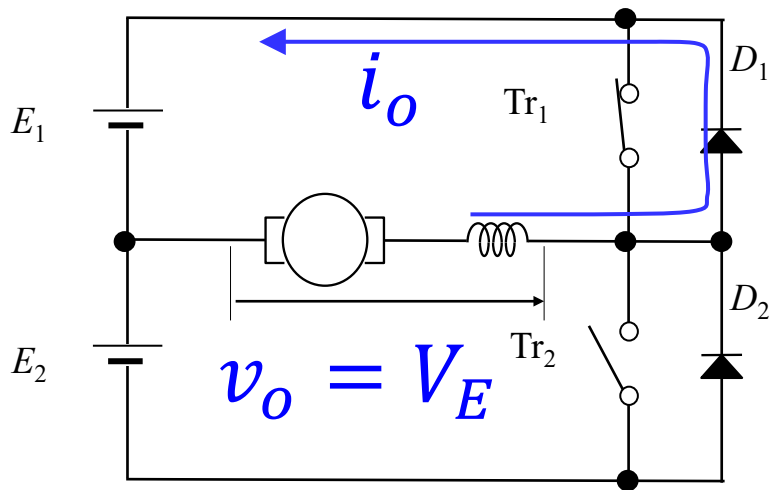
図9.4 ハーフブリッジインバータの4つの動作モード



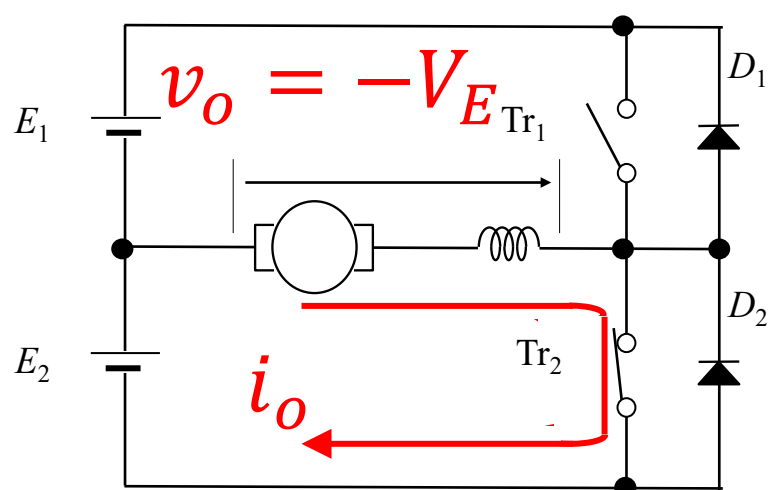
(a) $i_o > 0$, Tr_1 : オン, Tr_2 : オフ



(b) $i_o > 0$, Tr_1 : オフ, Tr_2 : オン



(c) $i_o < 0$, Tr_1 : オン, Tr_2 : オフ



(d) $i_o < 0$, Tr_1 : オフ, Tr_2 : オン

図9.4 ハーフブリッジインバータの4つの動作モード

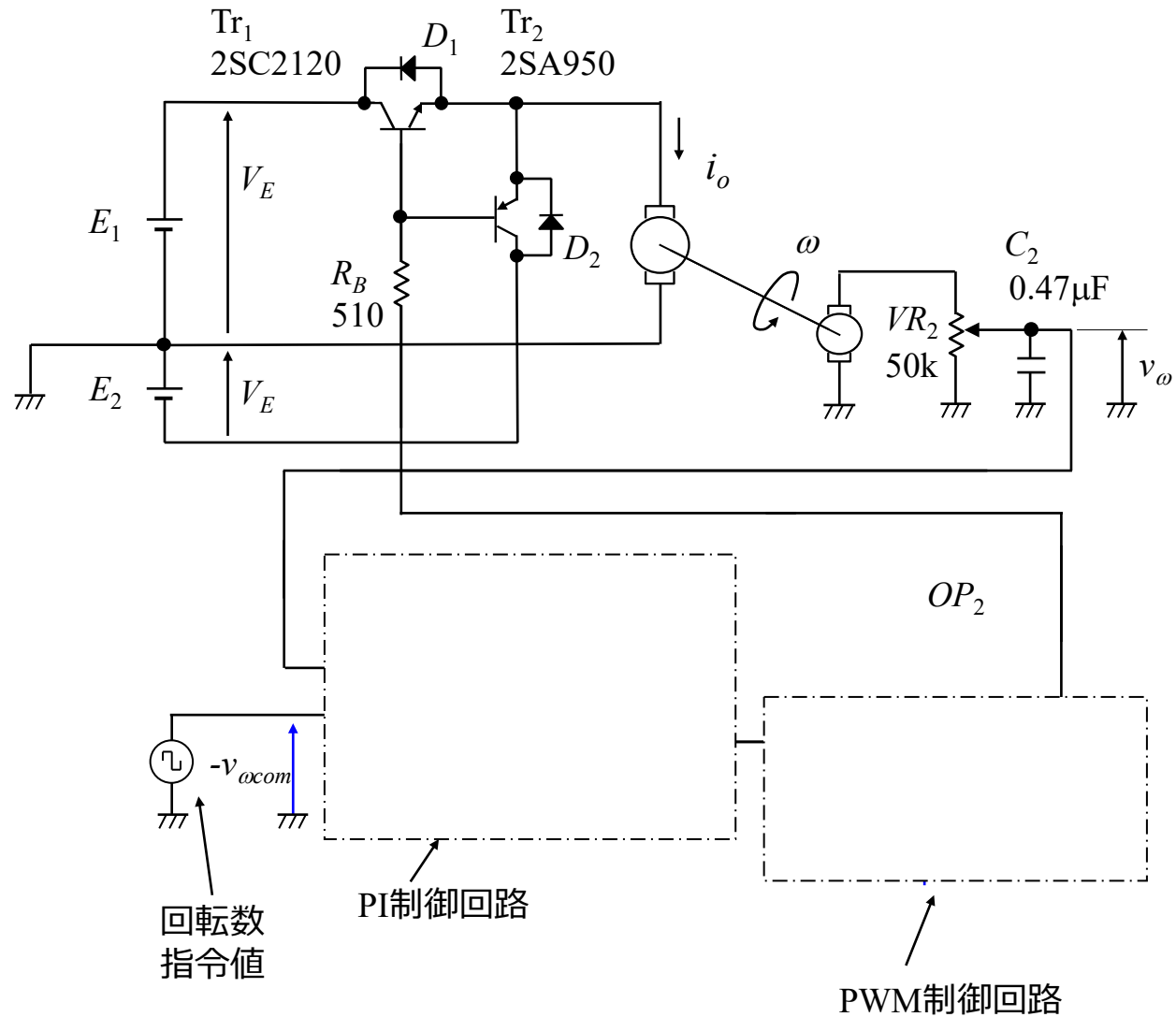


図9.5 ハーフブリッジインバータによるDCモータの回転数制御回路

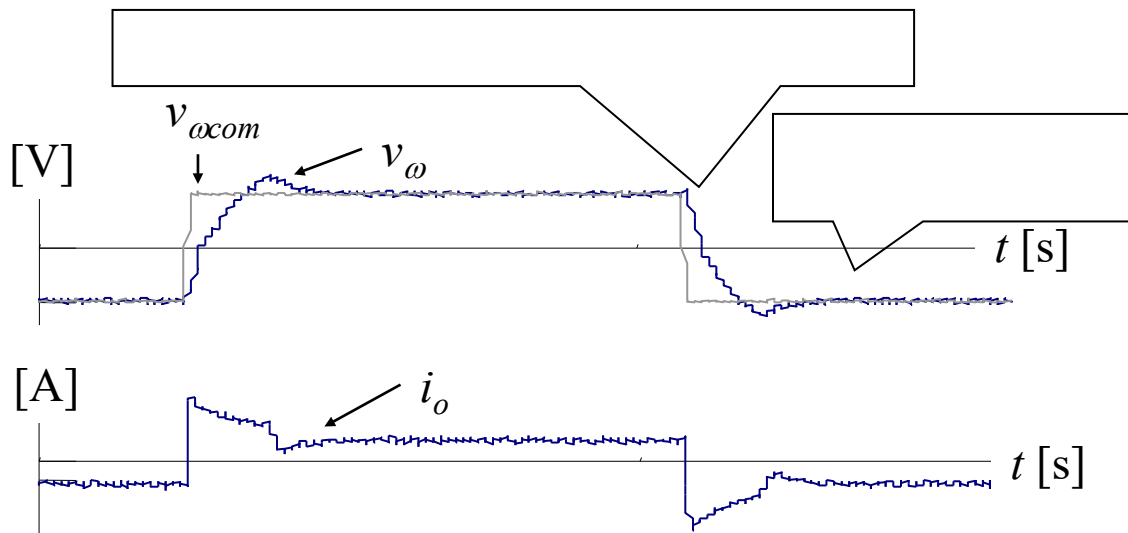
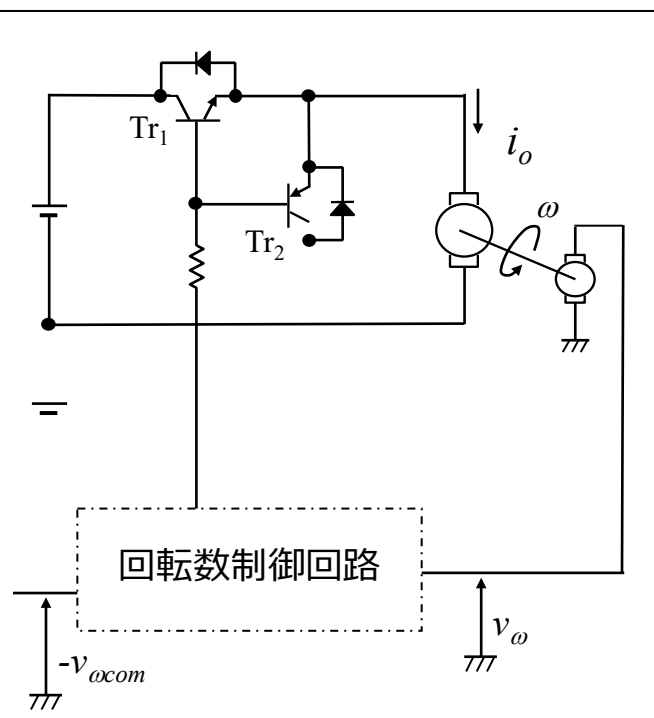
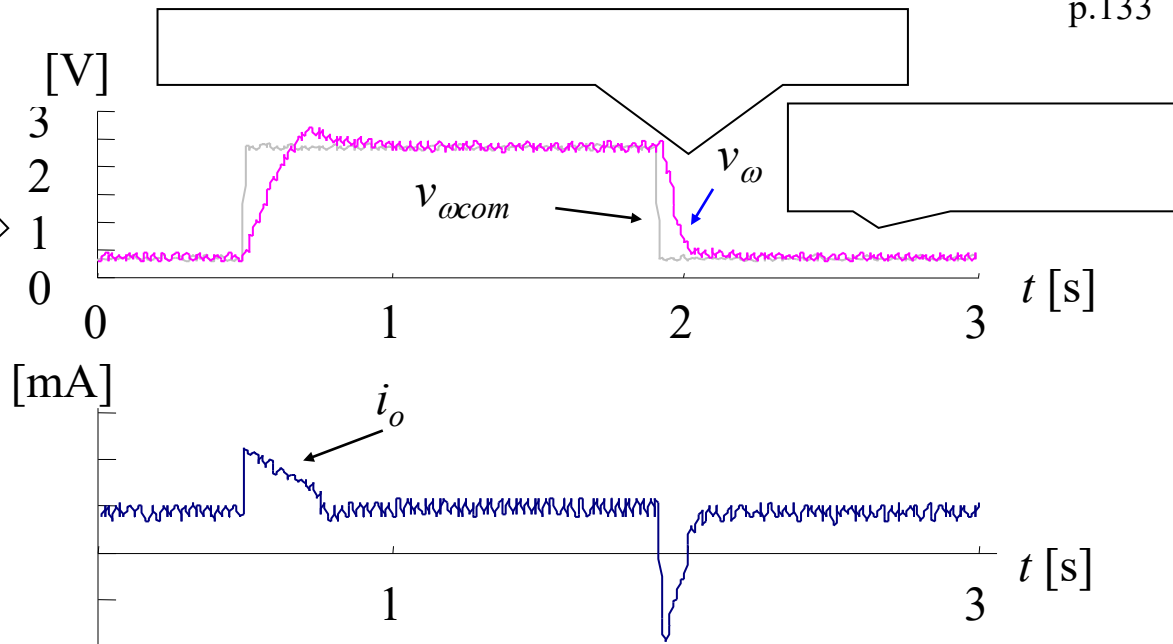
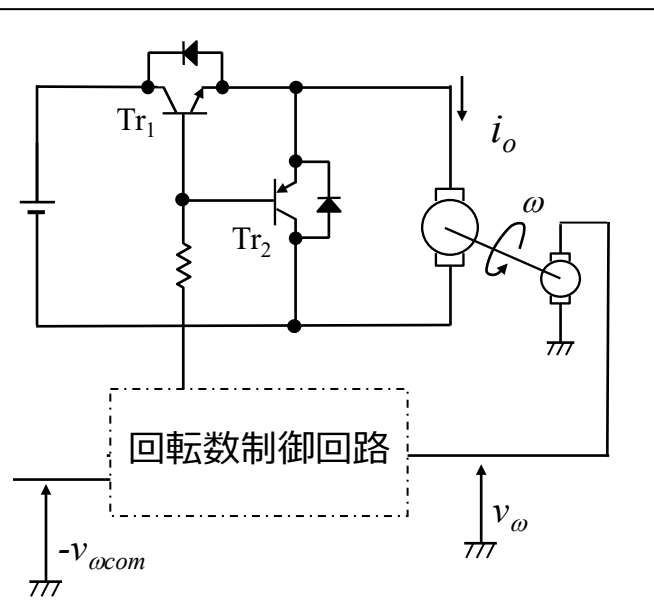


図9.6 ハーフブリッジインバータによるDCモータ駆動

ブレーキを掛けられる。

逆転はできない

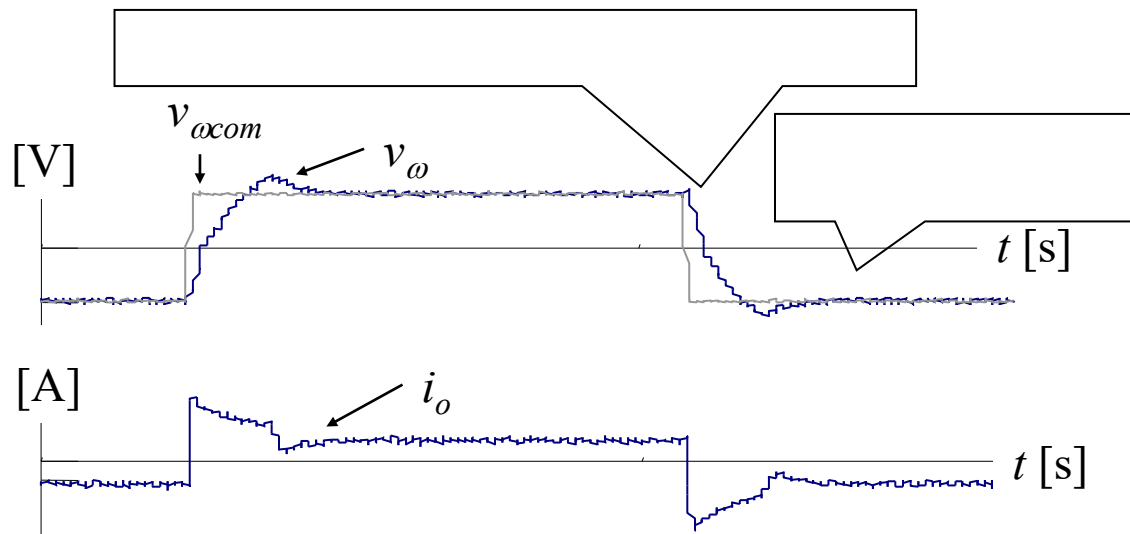
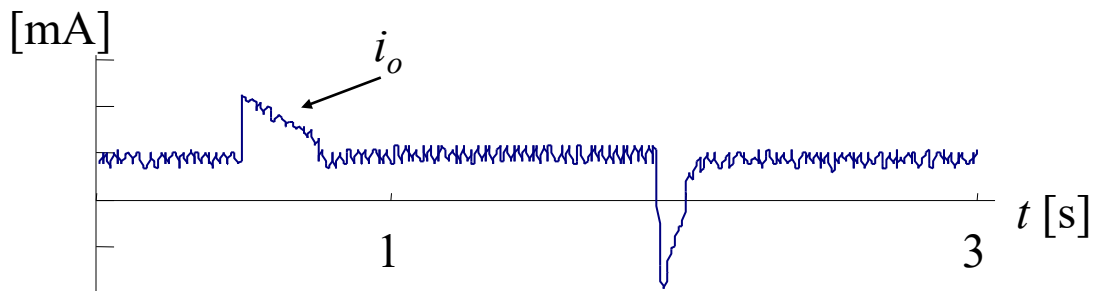
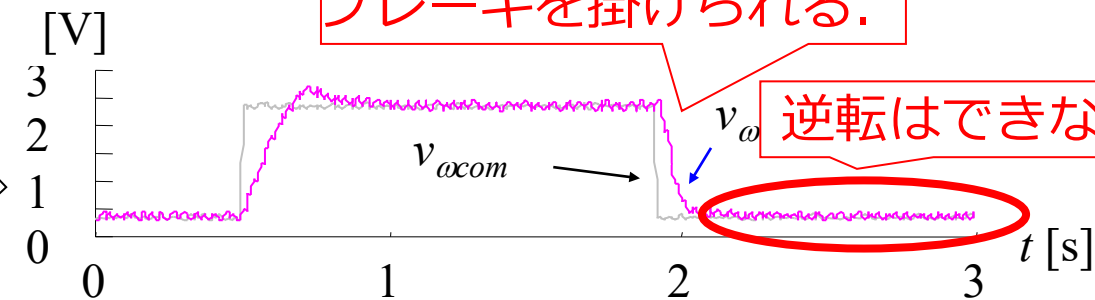
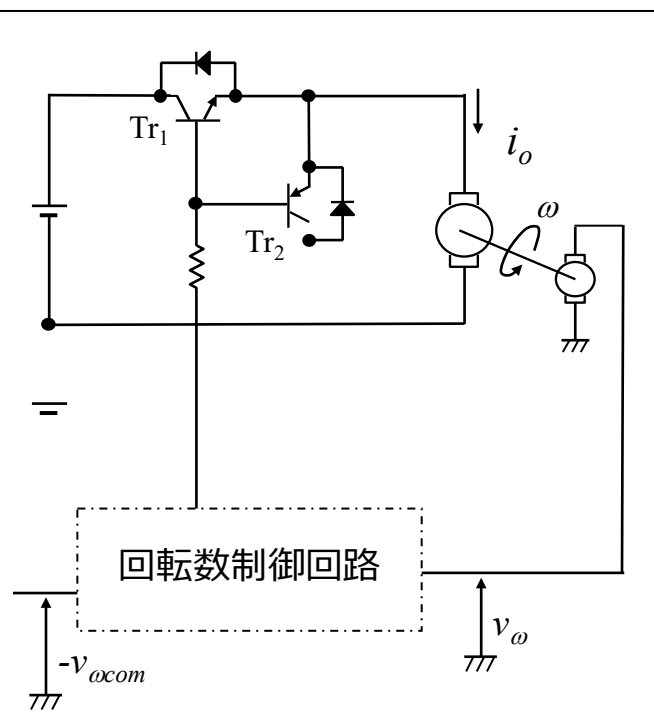
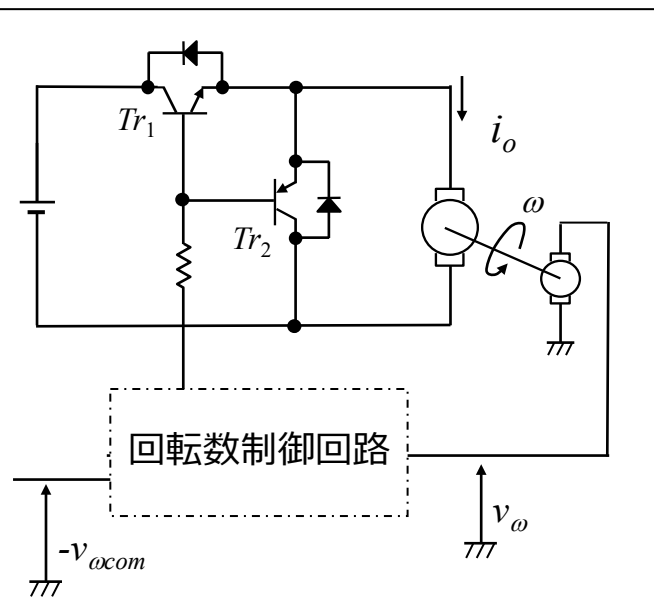
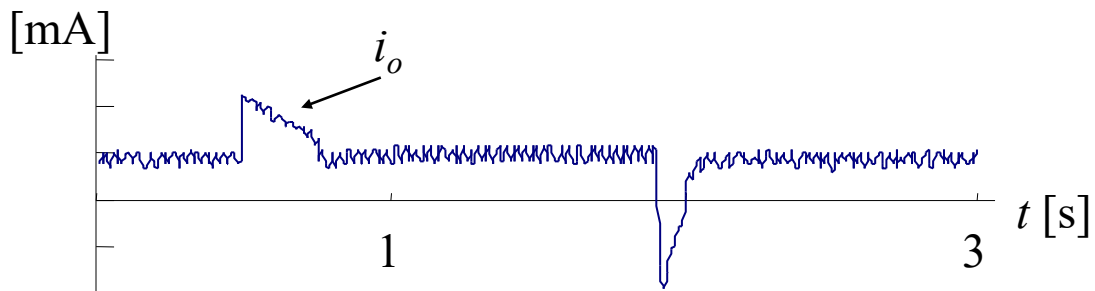
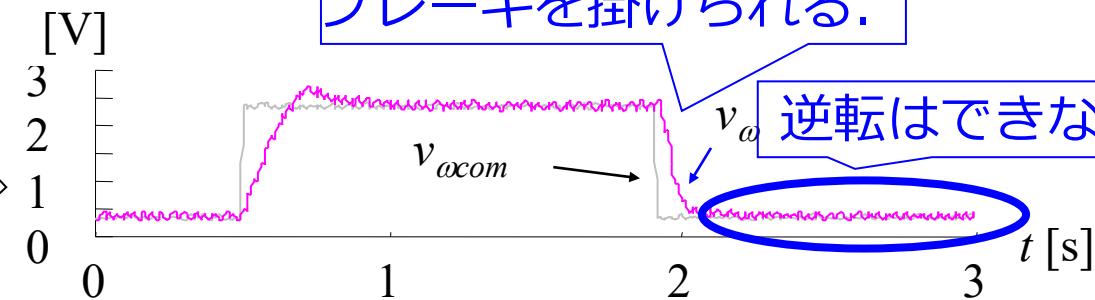


図9.6 ハーフブリッジインバータによるDCモータ駆動



ブレーキを掛けられる。

逆転はできない



ブレーキを掛けられる。

逆転もできる

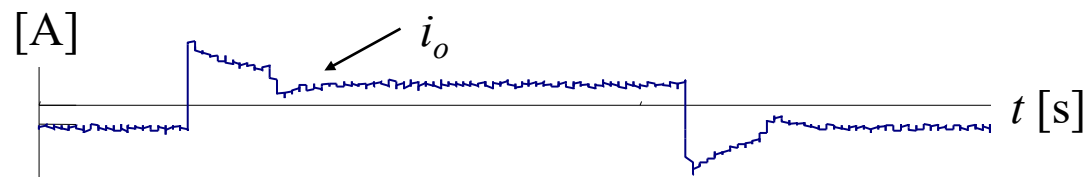
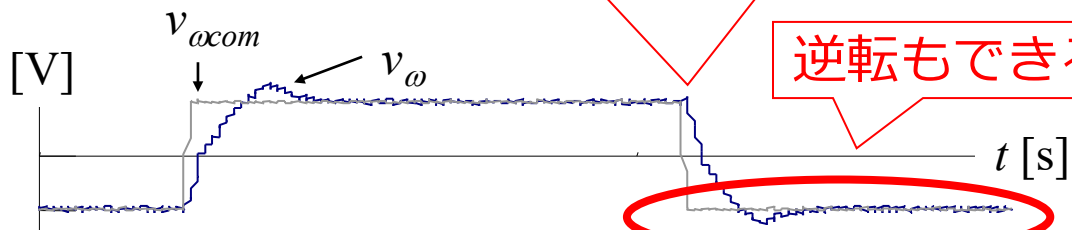
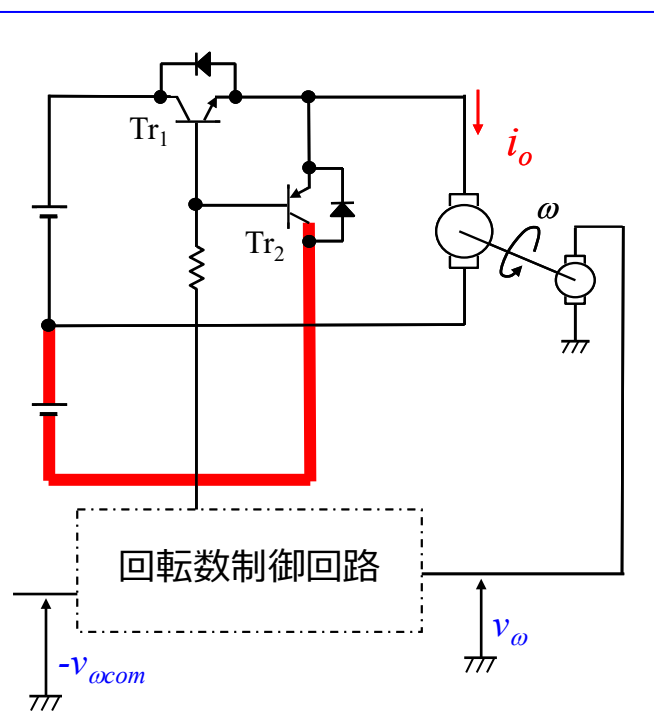
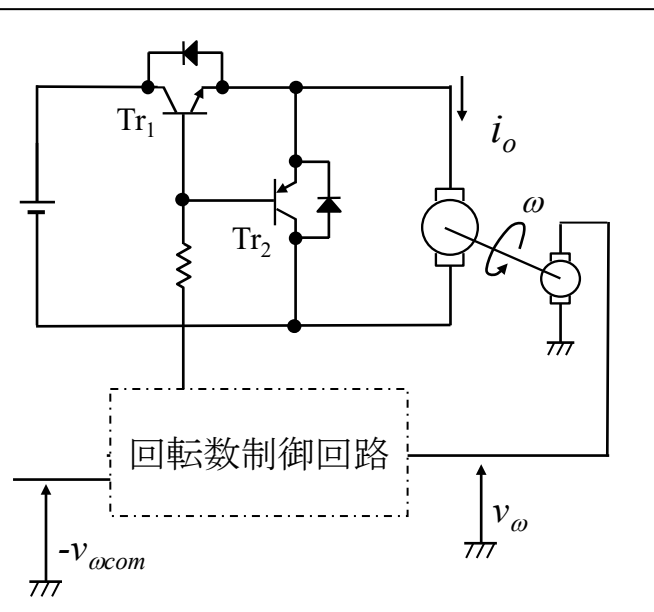


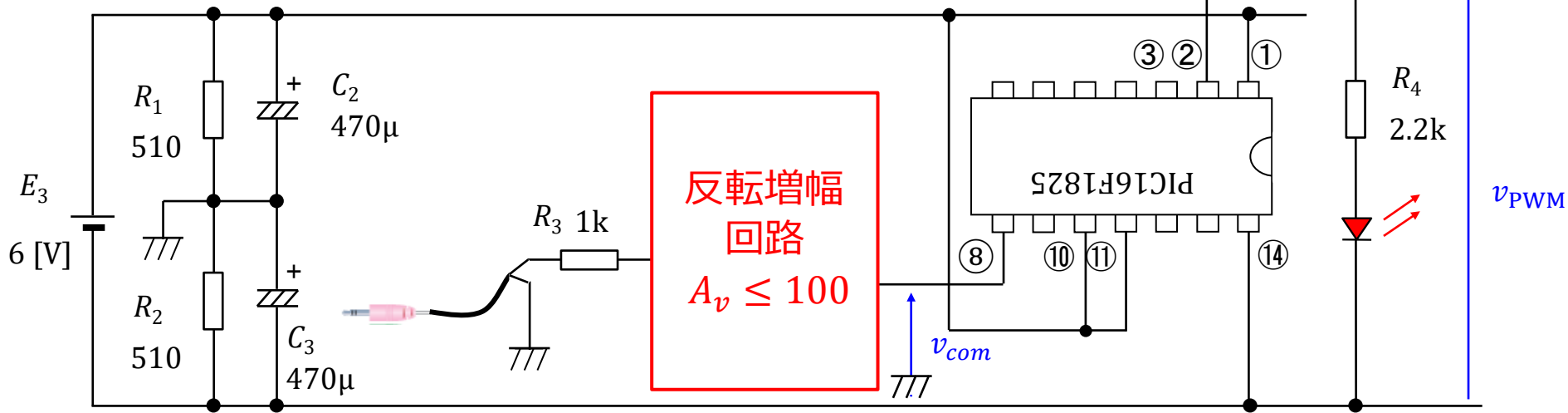
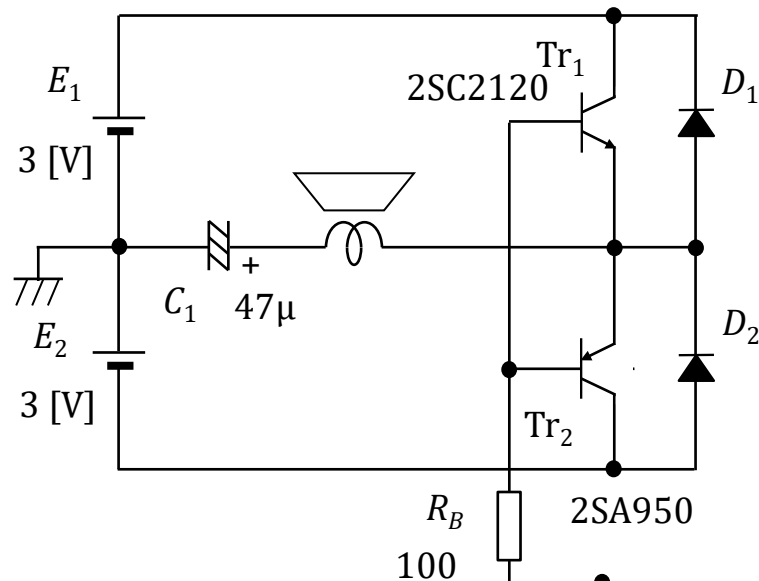
図9.6 ハーフブリッジインバータによるDCモータ駆動



STEP9 製作課題

増幅度 $A_v \leq 100$ の反転増幅回路を設計し，下図のD級アンプ回路を製作せよ。

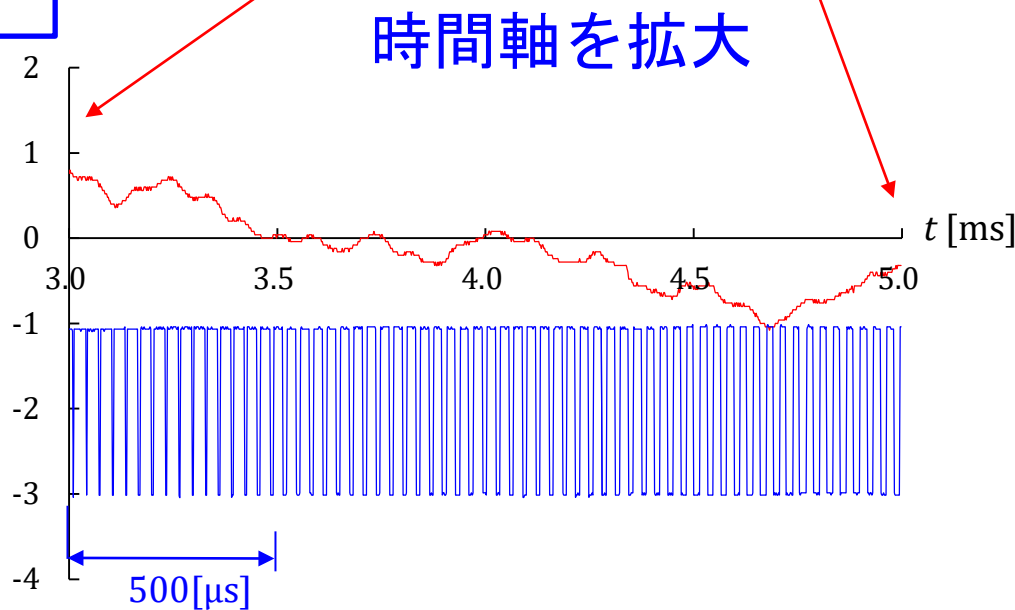
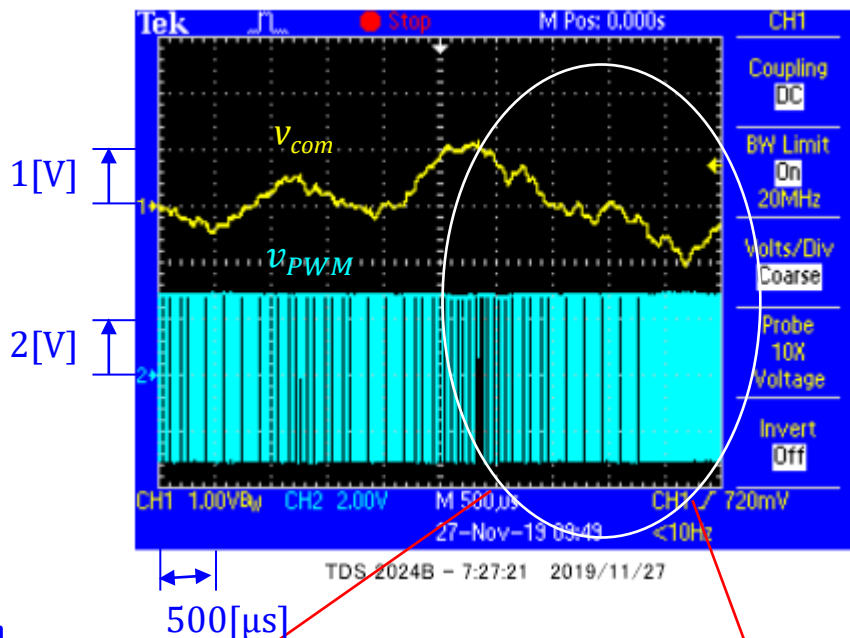
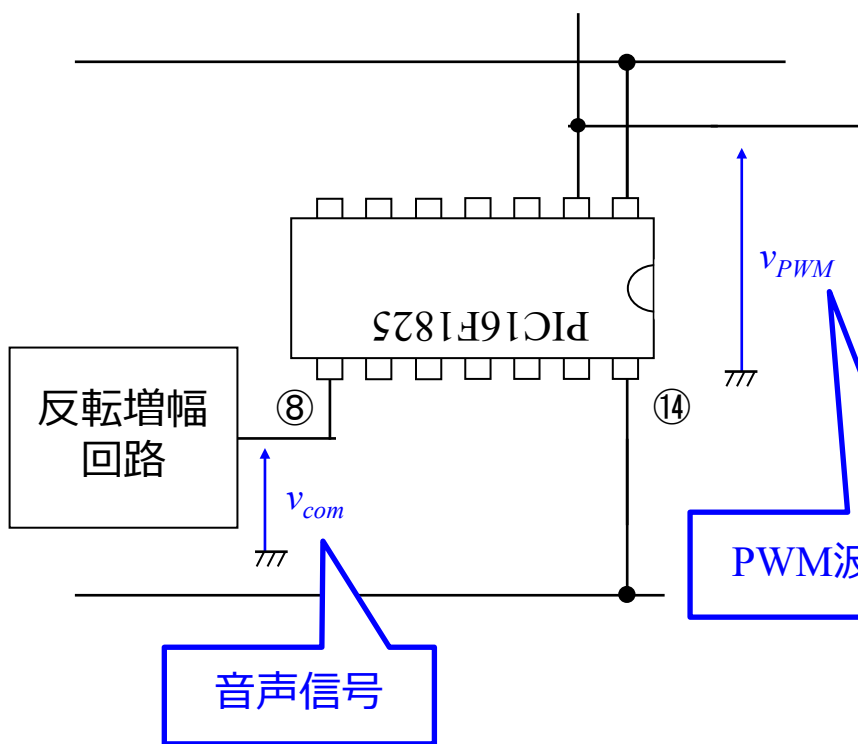
音響機器を壊す心配のある人は，電源スイッチを入れる前に，製作回路のチェックを講師から受けるようにして下さい。



ハーフブリッジインバータによる再生音

http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/Power_Electronics_Note/Exercise9/Exercise9.html

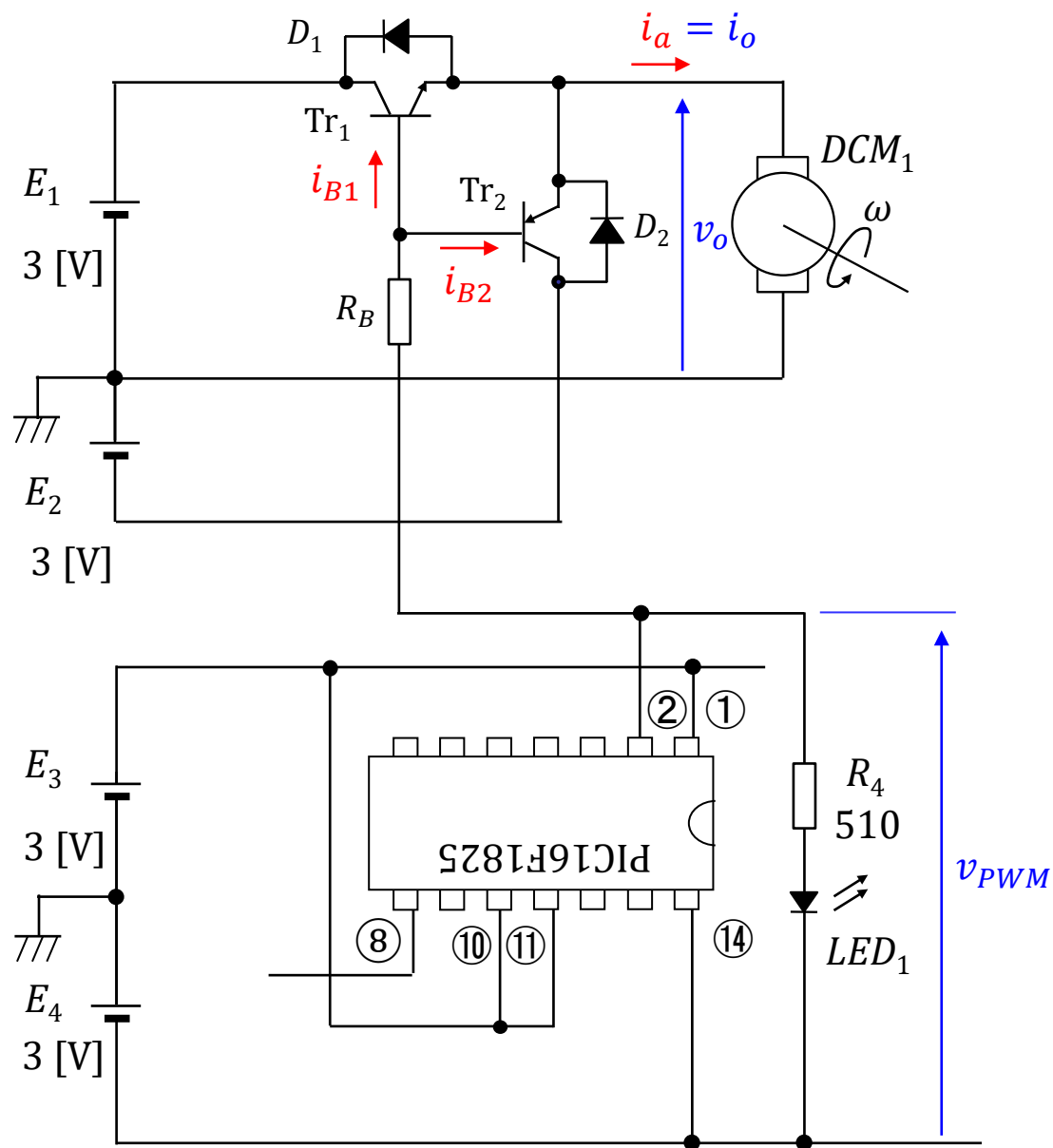
音声信号 v_{com} とPWM波形 v_{PWM} の例



STEP9 レポート課題 (1) 次の二つの場合について, 電流 i_{B1}, i_{B2}, i_a の経路を示せ.

(1) $v_{PWM} = 6 [V], i_a > 0$

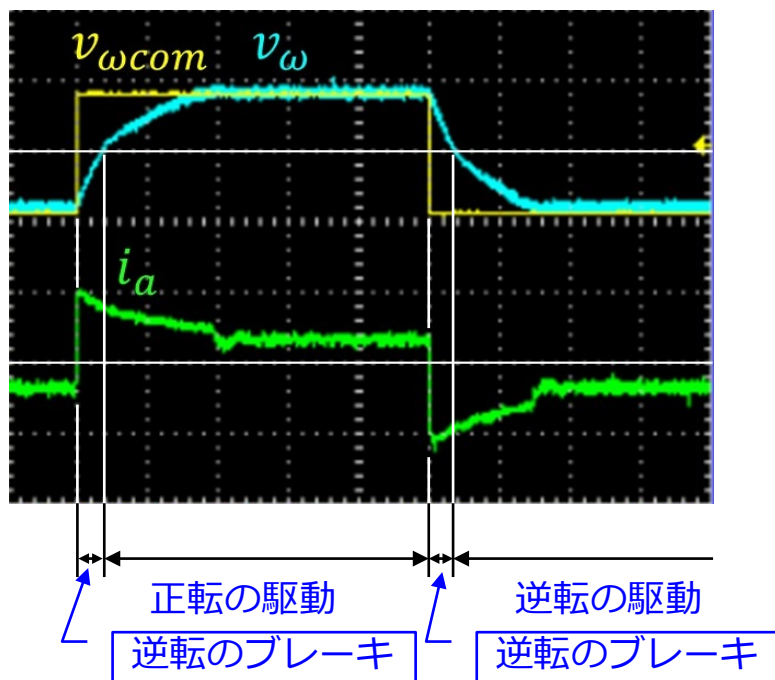
(2) $v_{PWM} = 0 [V], i_a < 0$.



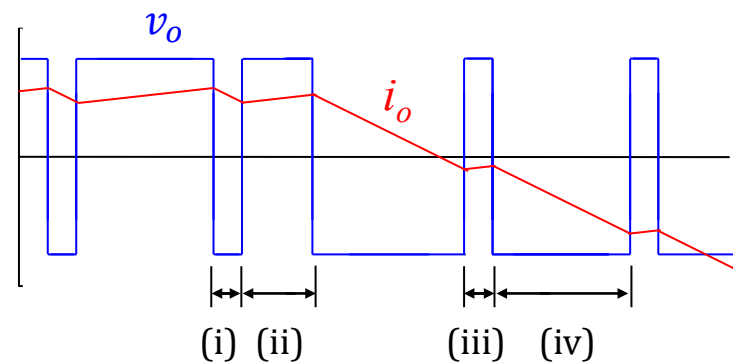
STEP9 レポート課題 (2)

図(a)はハーフブリッジインバータによりDCモータを駆動したときの波形例である。 $v_{\omega com}$ は回転数指令値, v_{ω} は回転数検出値, i_a はDCモータの電気子電流である。 図(b)はハーフブリッジインバータの出力電圧 v_o と出力電流 i_o 波形例である。 次の問いに答えよ。

- (1) ハーフブリッジインバータの動作モード (a) – (d) が図(b)の (i) – (iv) のどの期間と対応するか答えよ。
- (2) 図(a)の正転／逆転の駆動／ブレーキの4つの各期間において発生し得るハーフブリッジインバータの動作モードを答えよ。



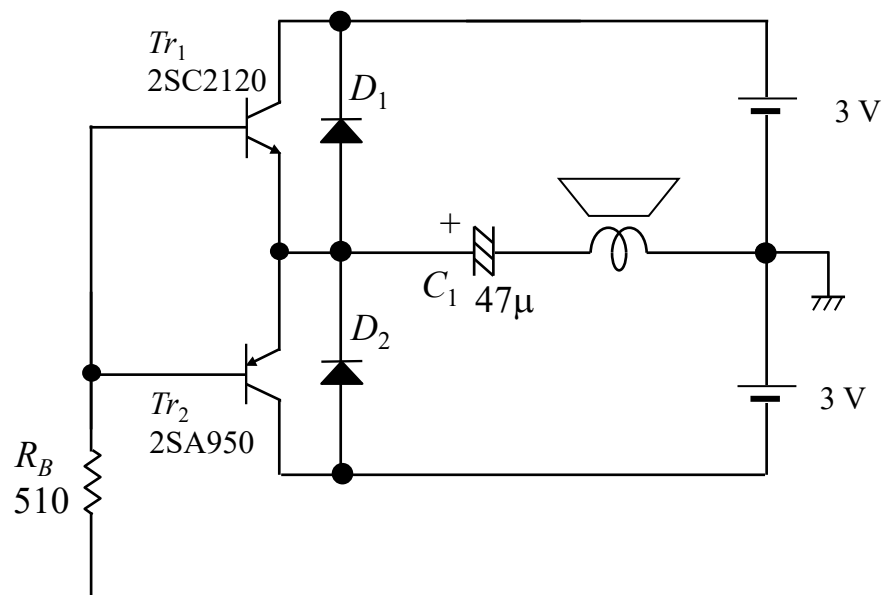
(a) DCモータの駆動／ブレーキと電気子電流



(b) ハーフブリッジインバータの出力電圧／電流

STEP9 レポート課題 (3)

D級アンプ回路はハーフブリッジインバータを応用しているが、コンデンサ C_1 が挿入されている。コンデンサ C_1 の働きを述べよ。



STEP7 製作課題 解答

