

# パワーエレクトロニクス講義資料 第10回 ブレーキのかけられる回路

担当：古橋武

[furuhashi@cse.nagoya-u.ac.jp](mailto:furuhashi@cse.nagoya-u.ac.jp)

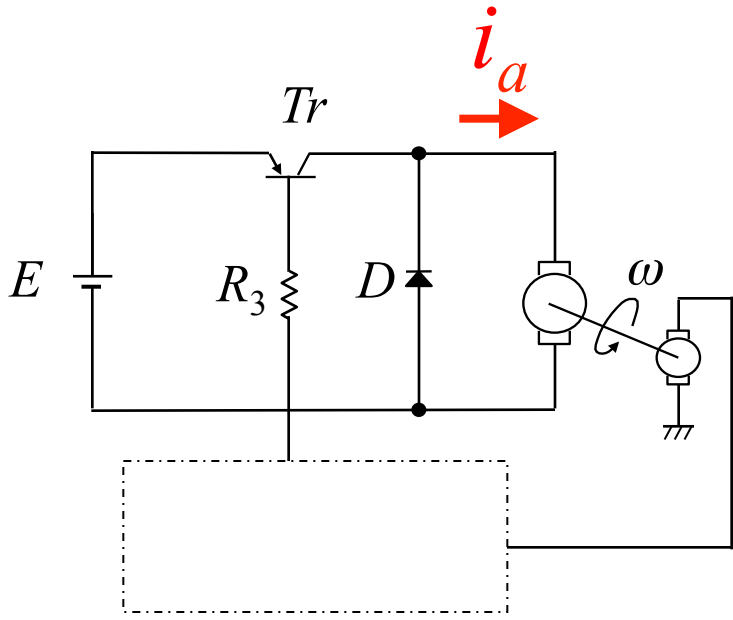


図8.1 降圧チョッパによるDCモータの回転数制御回路

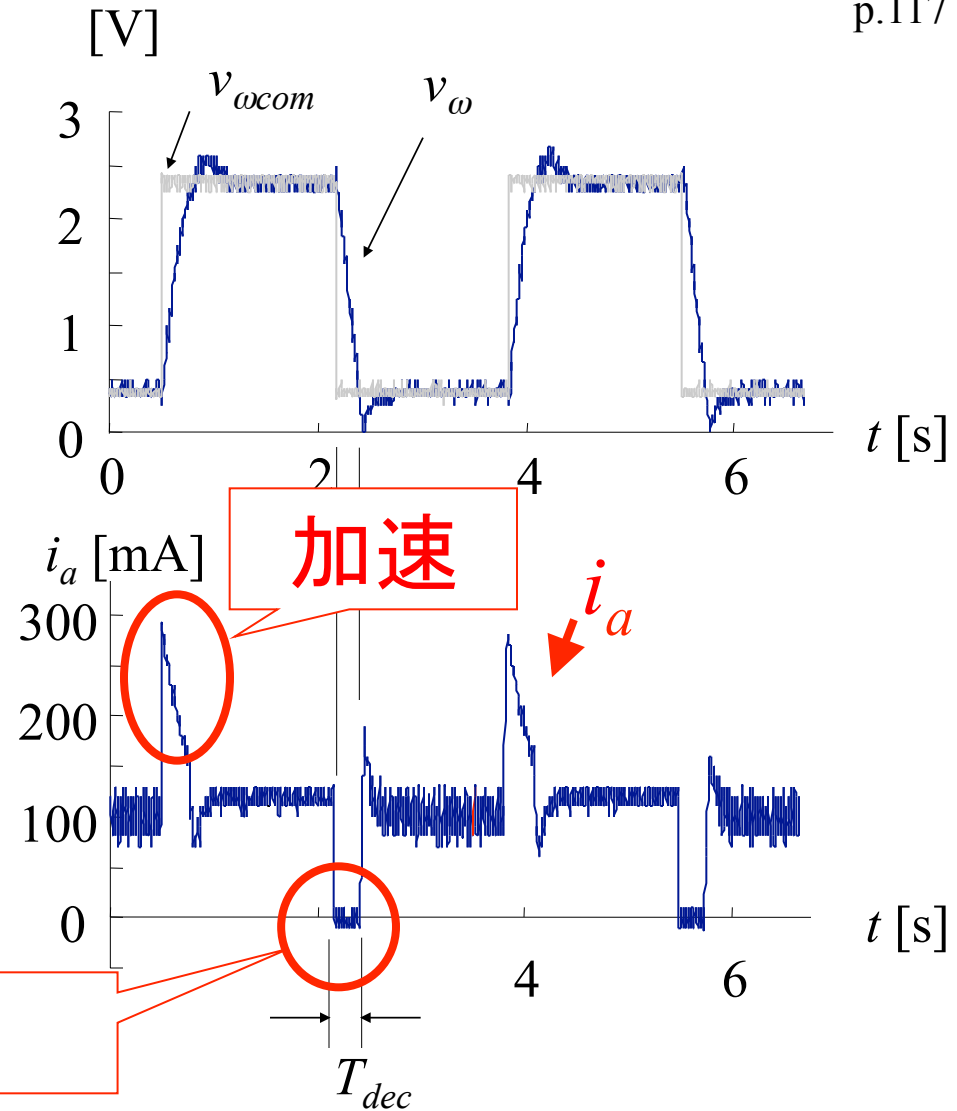


図8.2 モータの回転数制御と電機子電流

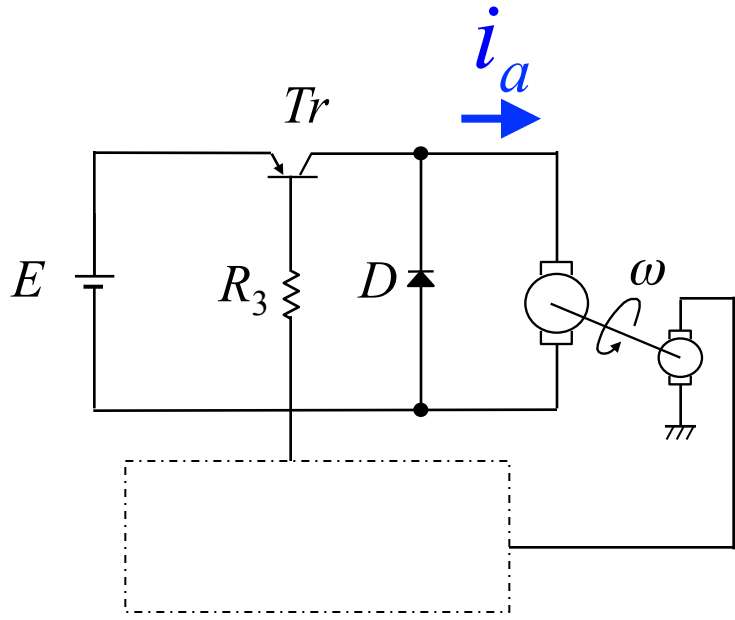
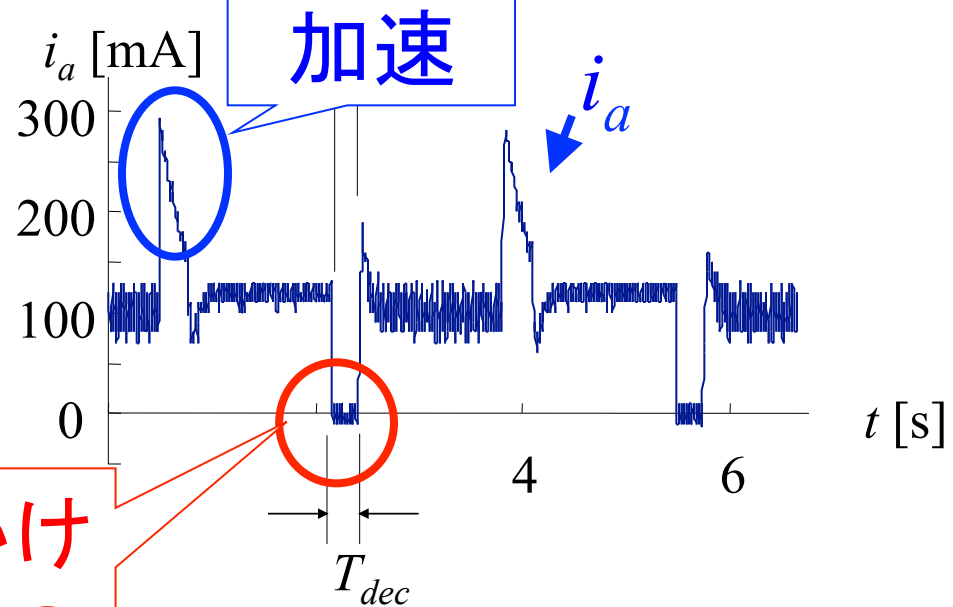
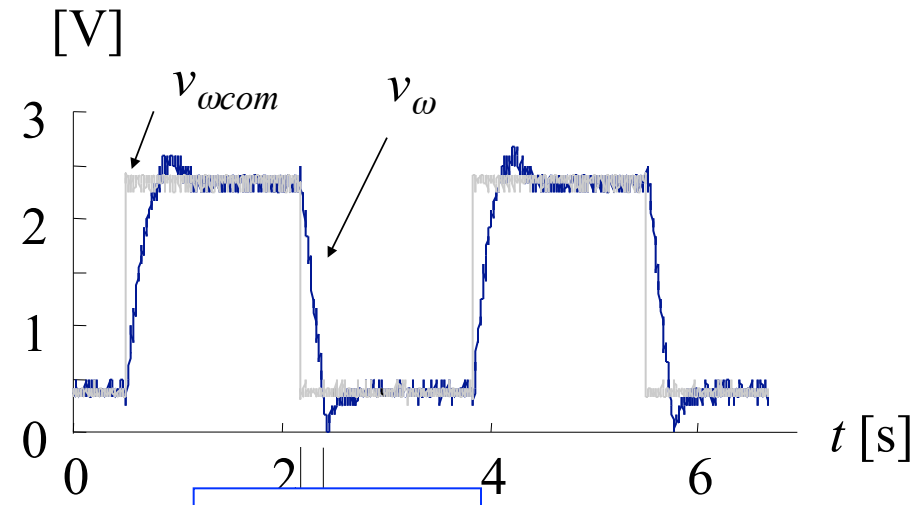
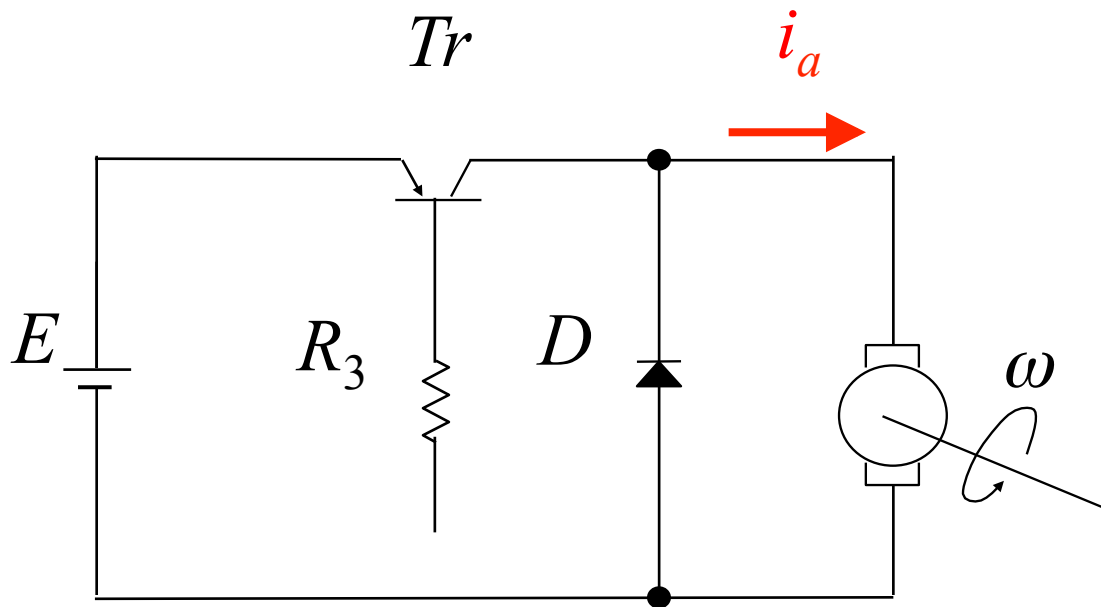


図8.1 降圧チョッパによるDCモータの回転数制御回路



ブレーキはかけられているか？

図8.2 モータの回転数制御と電機子電流



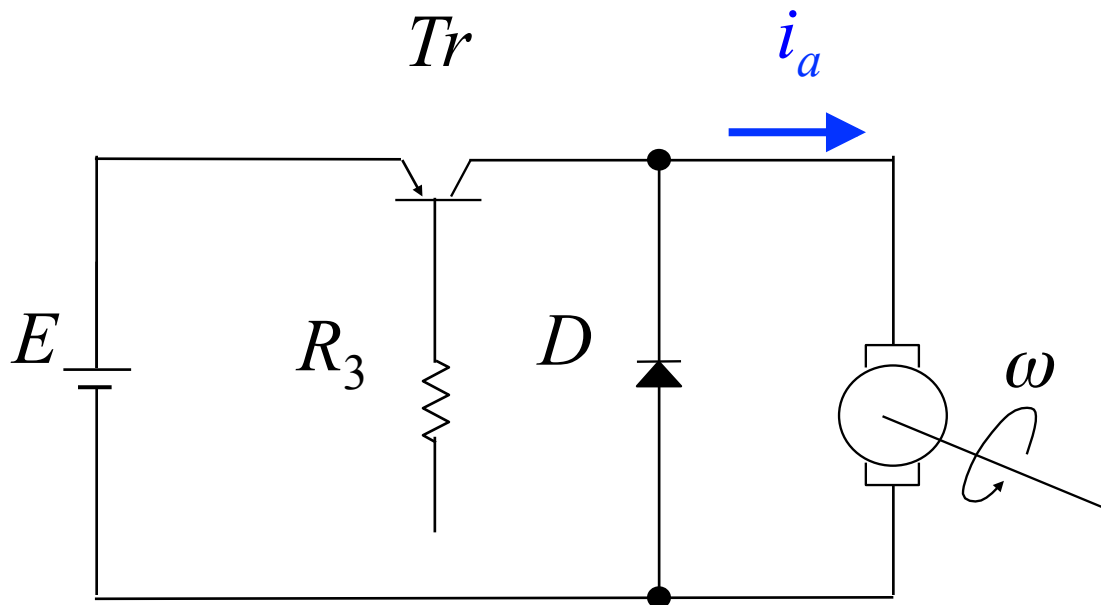
モータにブレーキを掛けるには

$$\tau =$$

であるので、

としなければならない。

図8.1 降圧チョッパによるDCモータの回転数制御回路



モータにブレーキを掛けるには

$$\tau = K_{\tau} i_a \quad (7.12)$$

であるので、

$$i_a < 0$$

としなければならない。

図8.1 降圧チョッパによるDCモータの回転数制御回路

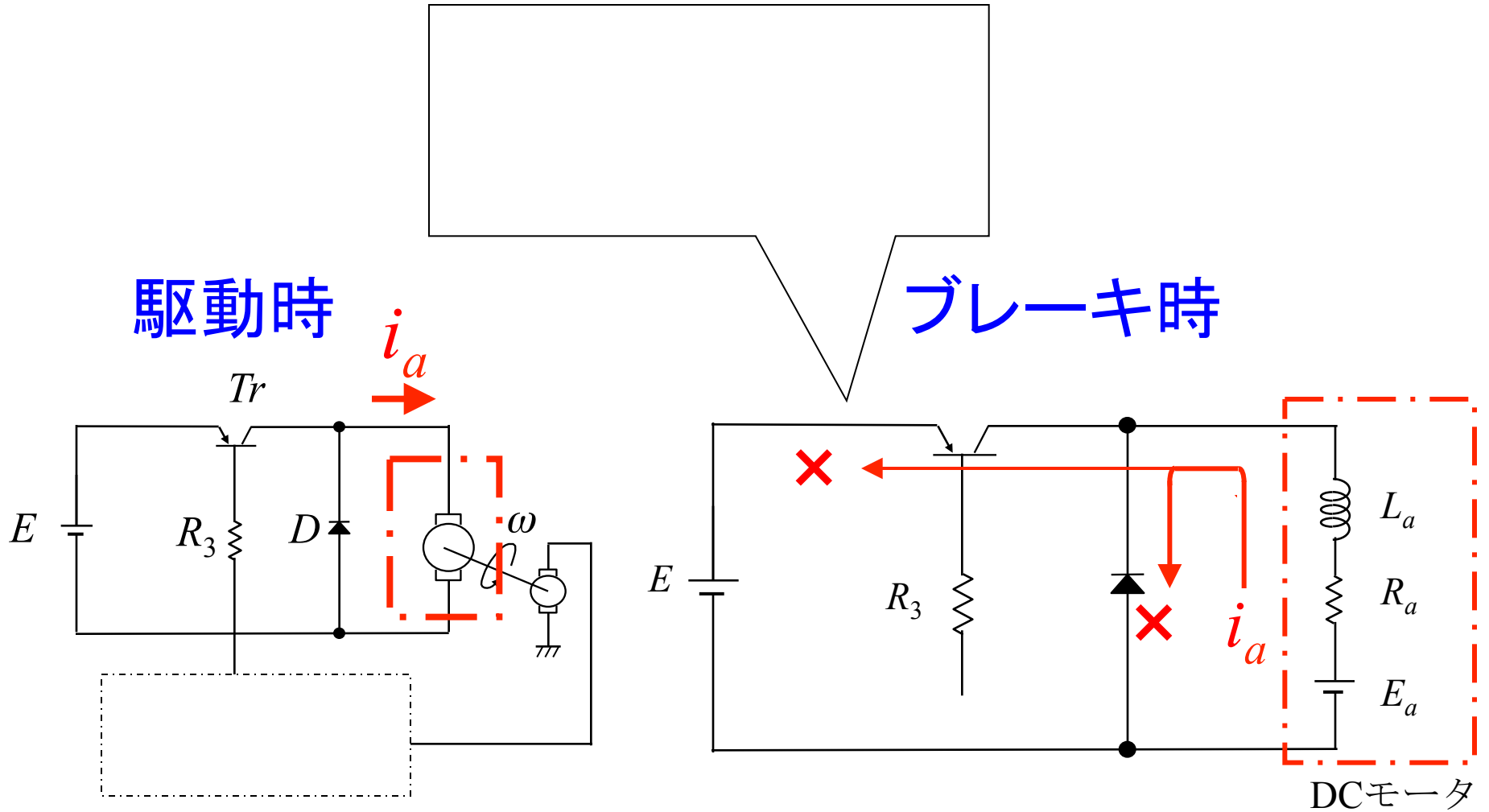


図8.1 降圧チョッパによるDCモータの回転数制御回路

図8.3 降圧チョッパによるDCモータ駆動回路の等価回路

逆方向に流す  
経路がない

駆動時

ブレーキ時

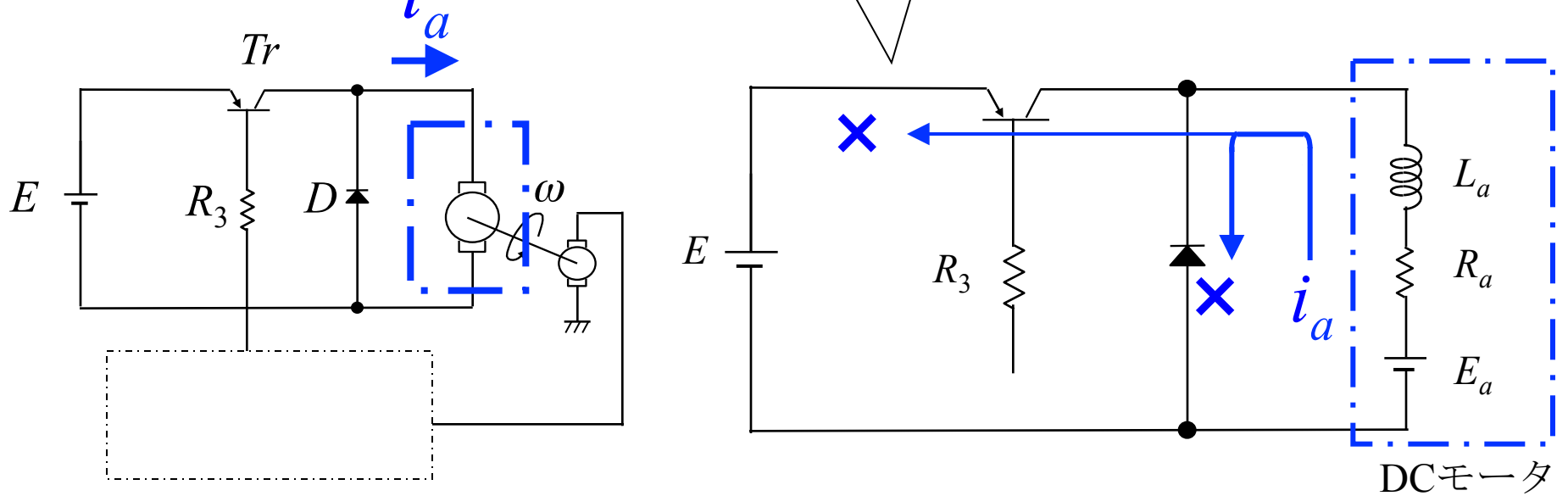
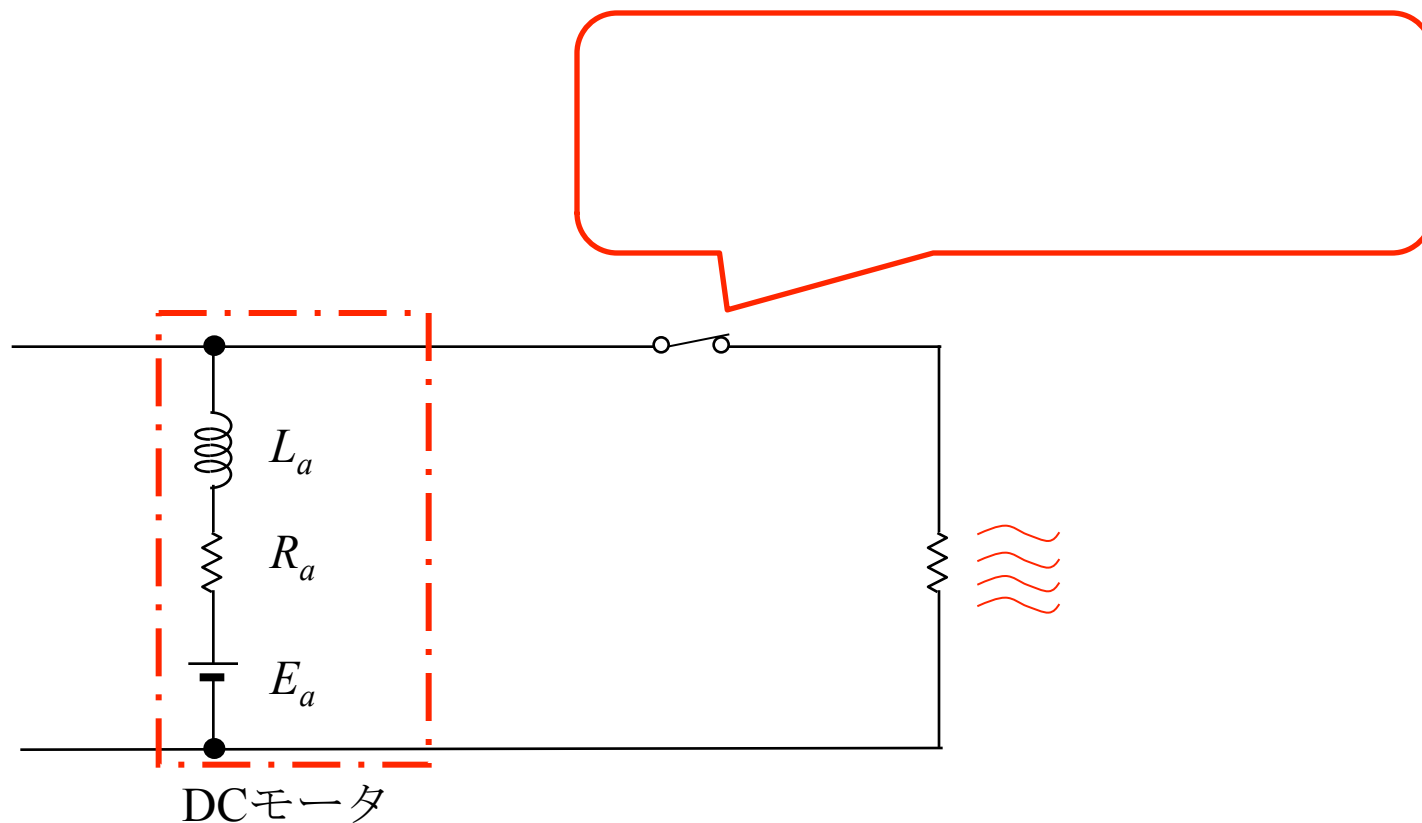


図8.1 降圧チョッパによるDCモータの回転数制御回路

図8.3 降圧チョッパによるDCモータ駆動回路の等価回路

# 昔の(東山線の全身黄色の)電車は

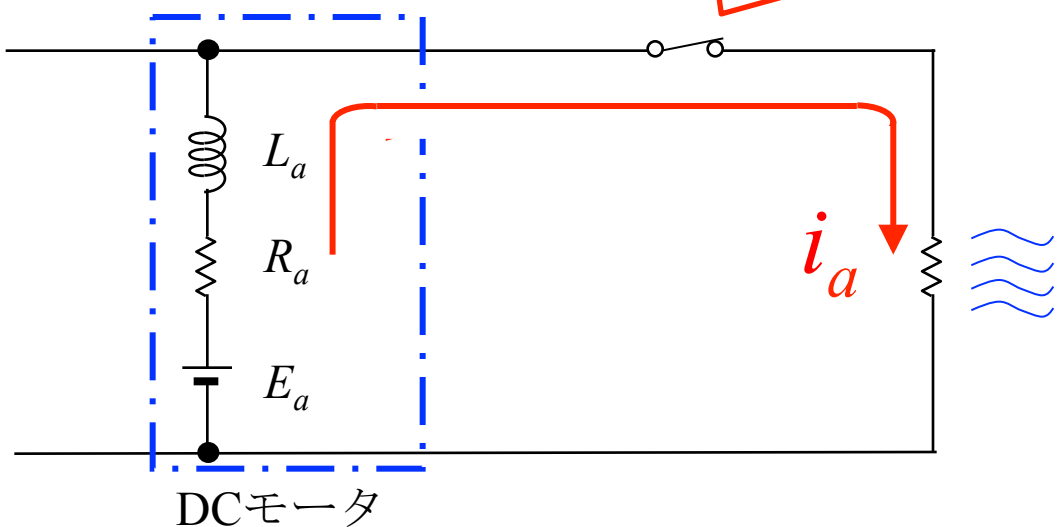


運動エネルギー → 電気エネルギー → 熱エネルギー



# 昔の(東山線の全身黄色の)電車は

ブレーキを掛ける  
ときにスイッチオン



運動エネルギー → 電気エネルギー → 熱エネルギー

# 現代のチョッパ電車では

であることに

注意

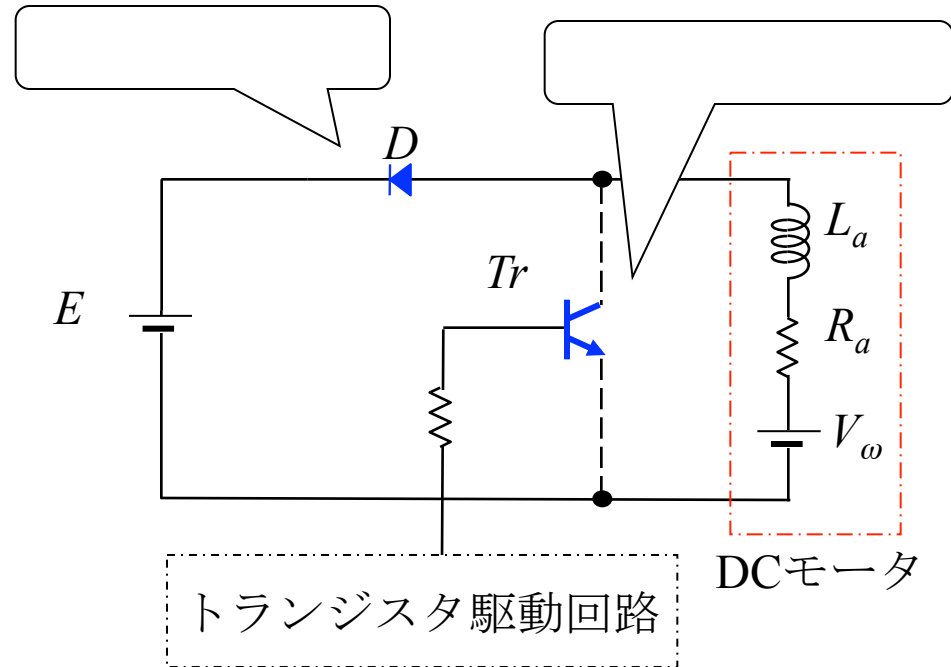
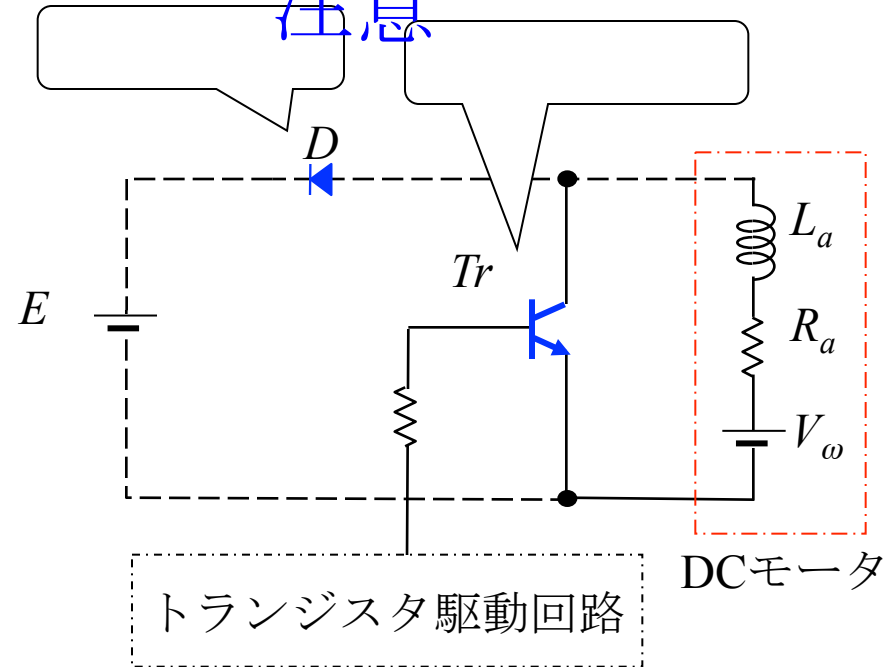


図8.4 昇圧チョッパ回路によるブレーキの原理

# 現代のチョッパ電車では

$V_E > V_\omega$  であることに注意

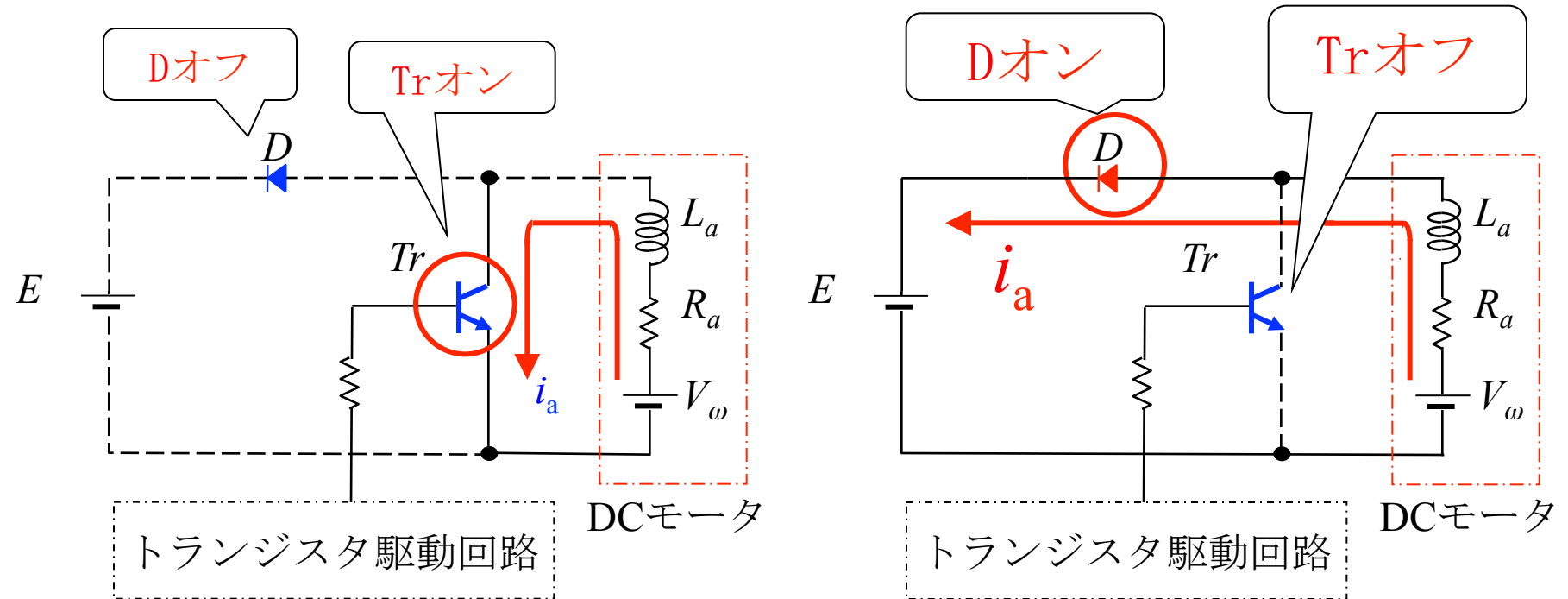
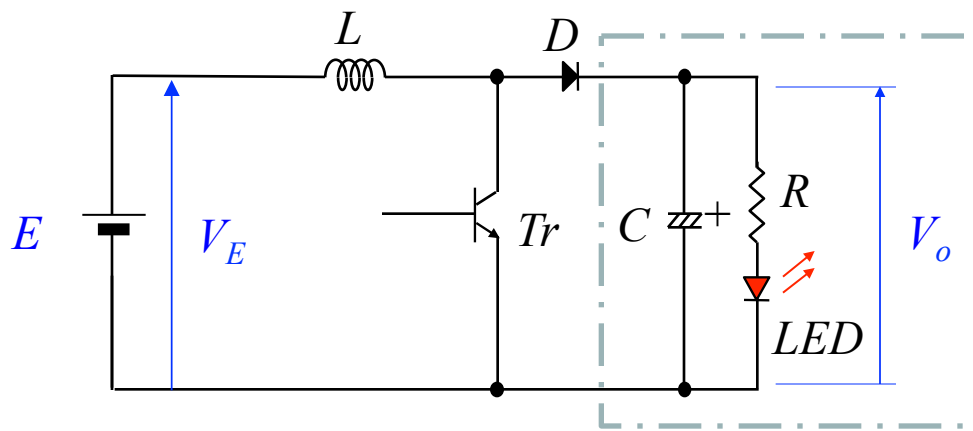


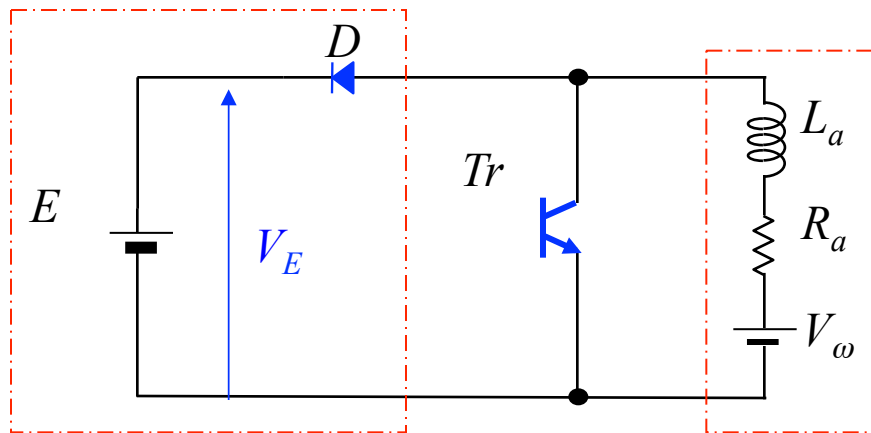
図8.4 昇圧チョッパ回路によるブレーキの原理



## 昇圧チョッパ回路



電源と出力が  
入れ替わる.

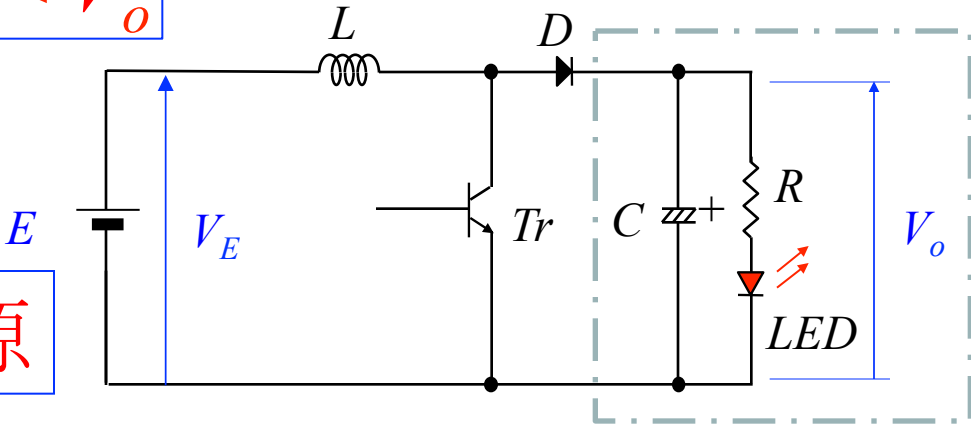


DCモータ

## DCモータにブレーキを掛ける回路

$$V_E < V_o$$

電源



昇圧チョッパ回路

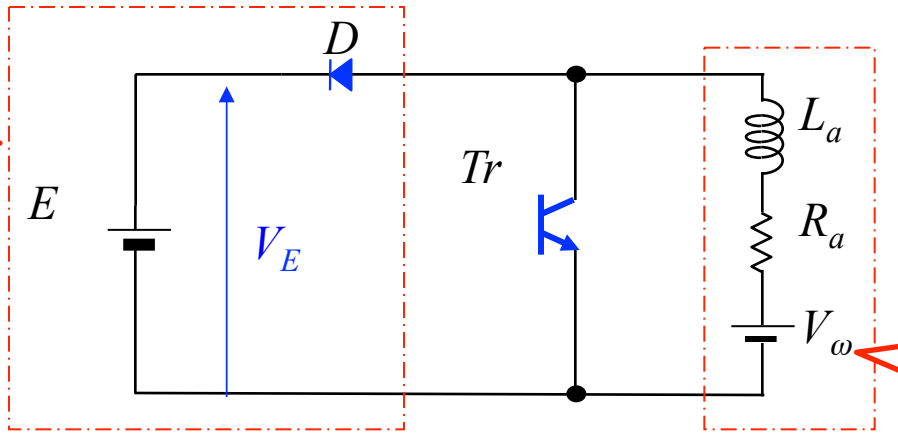
出力

$$V_E > V_\omega$$



電源と出力が入れ替わる.

出力



DCモータ

モータの逆起電力を電源とする.

DCモータにブレーキを掛ける回路

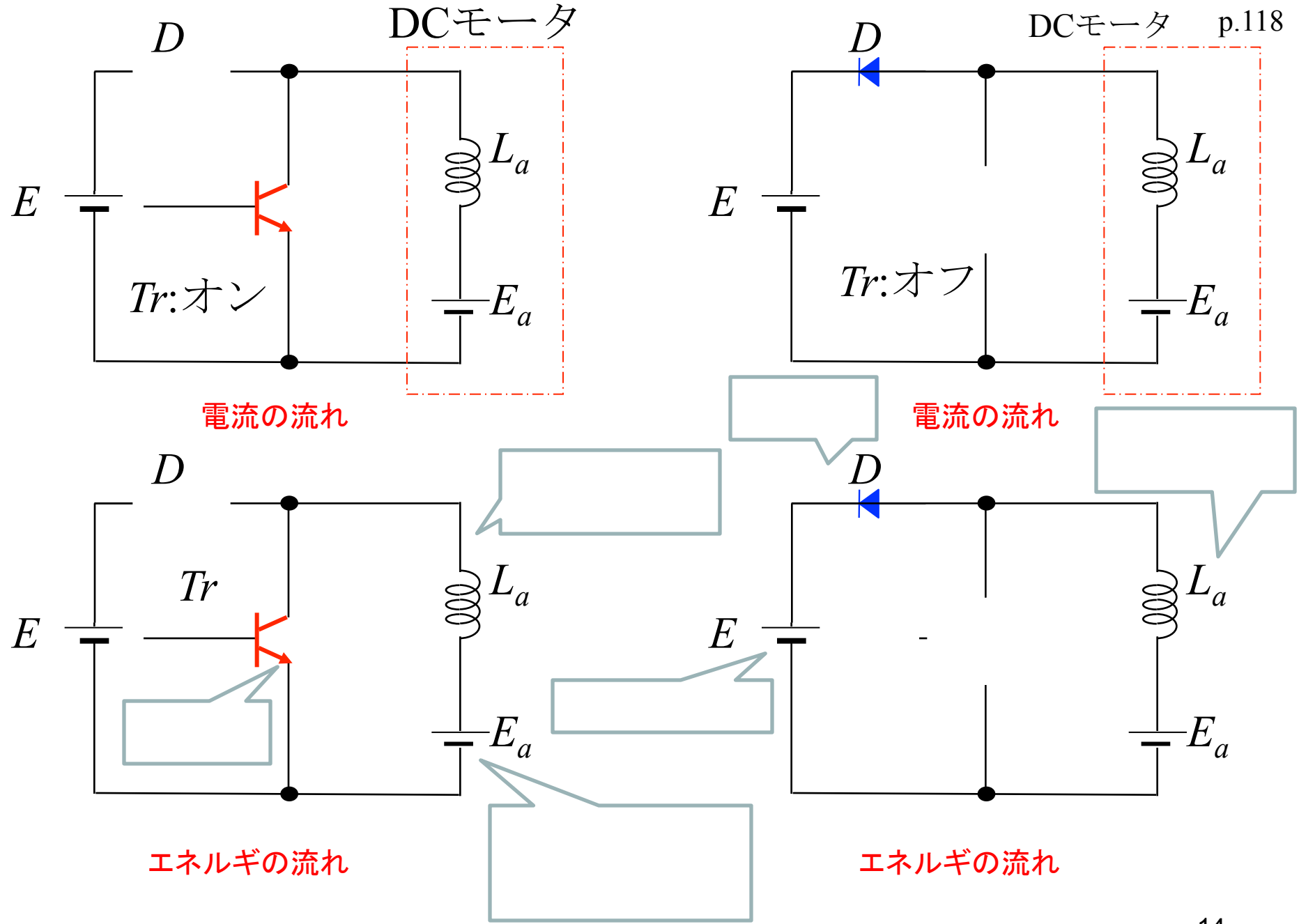


図8.6 トランジスタのオン/オフと動作モード

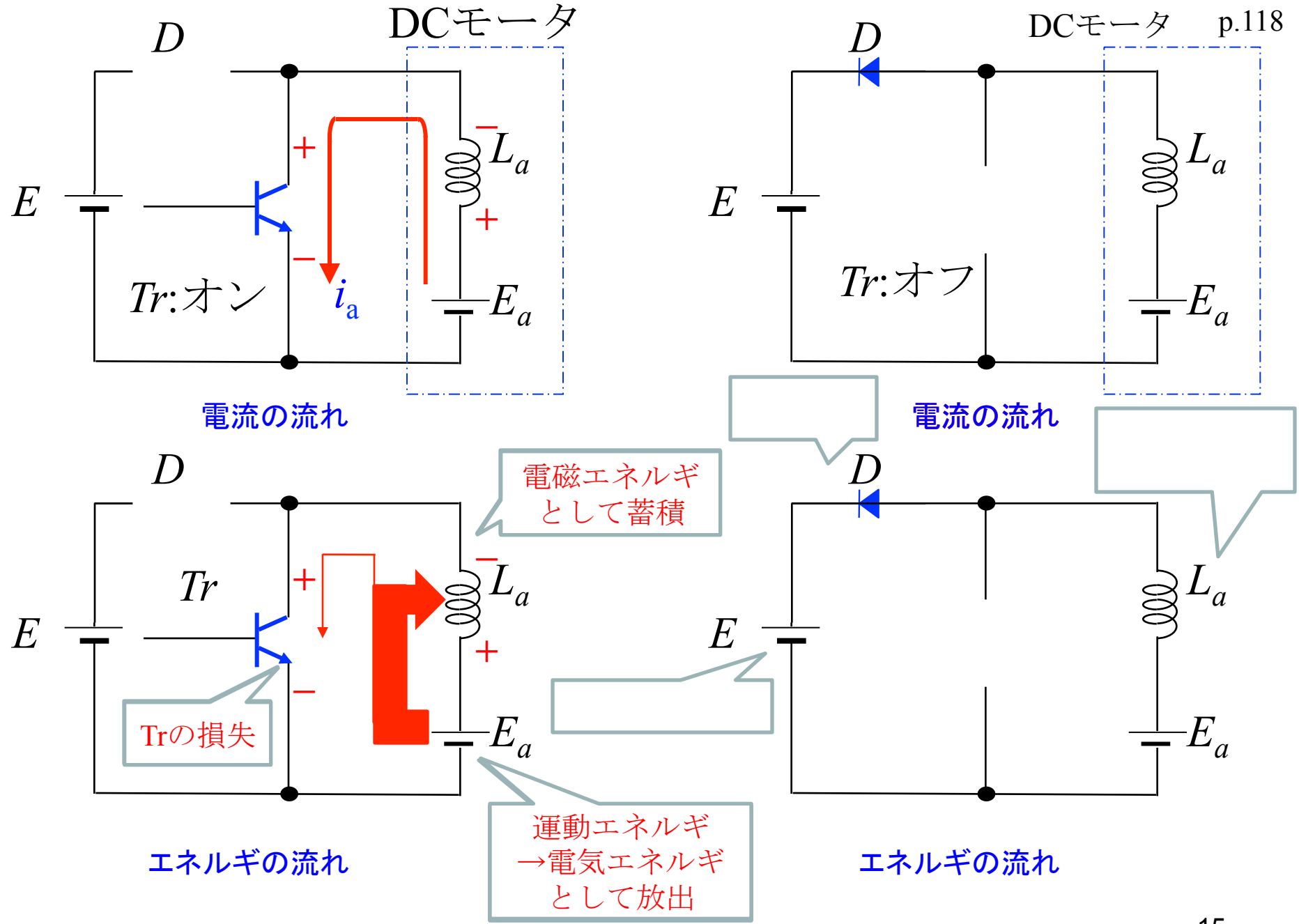


図8.6 トランジスタのオン/オフと動作モード

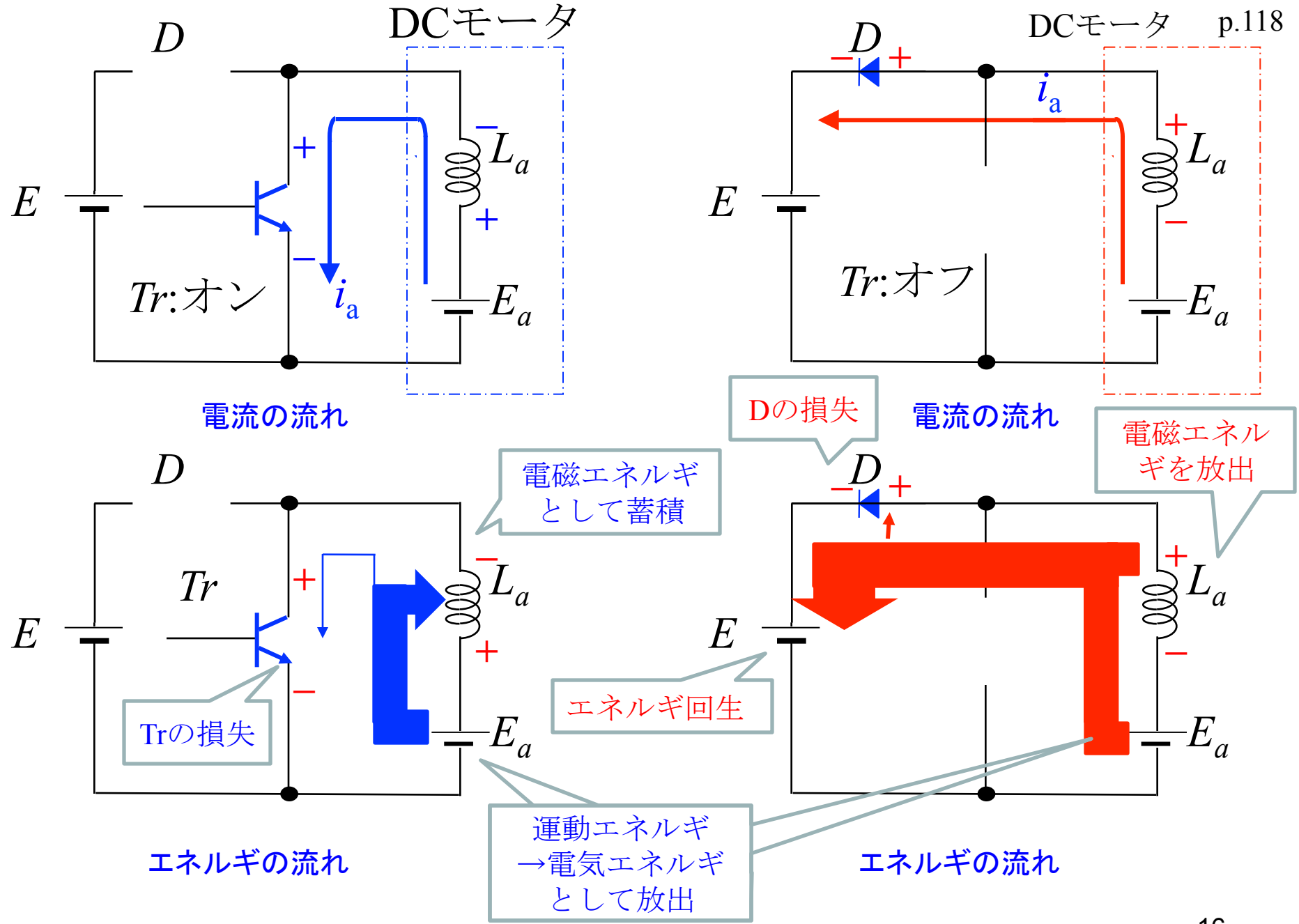
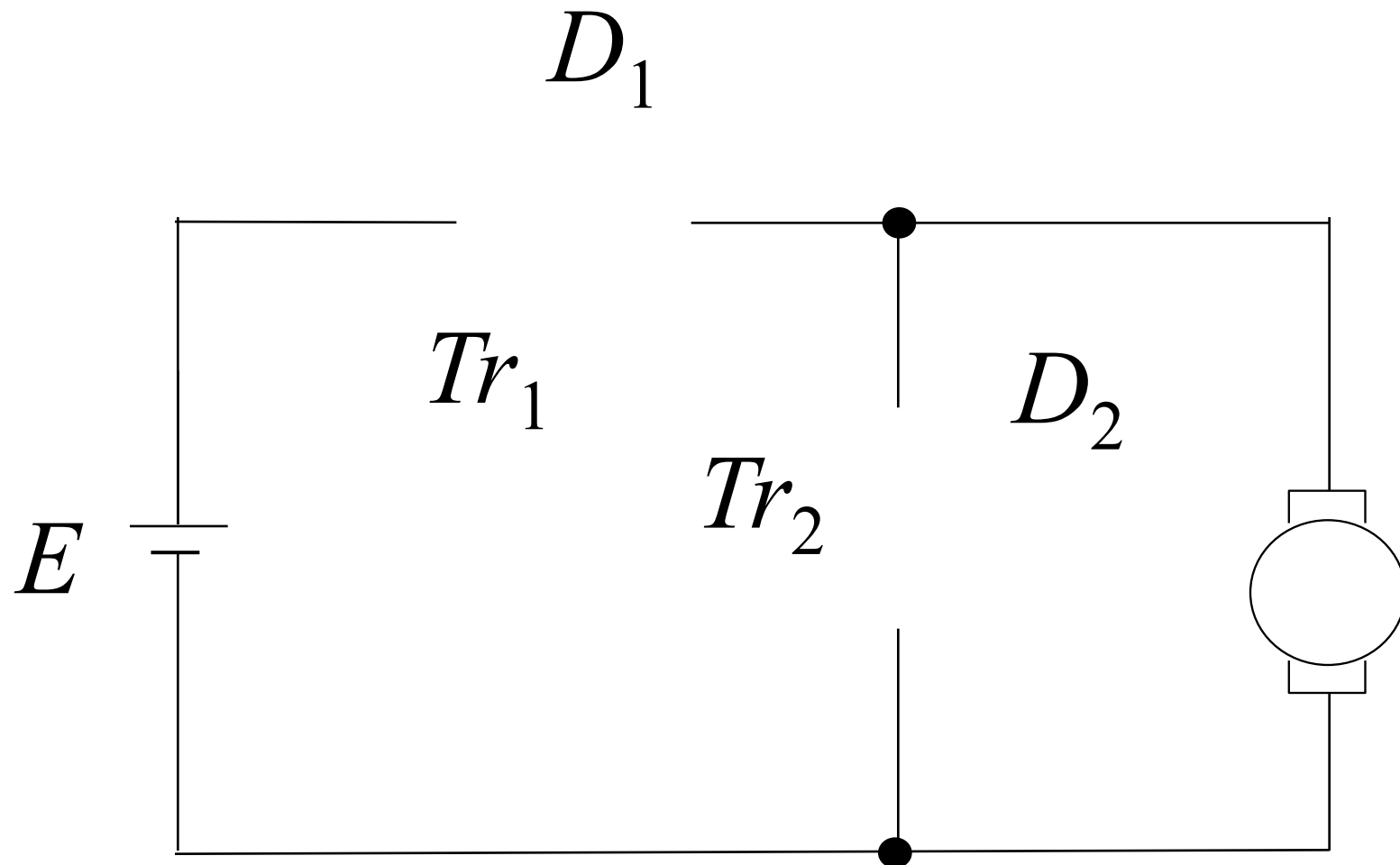


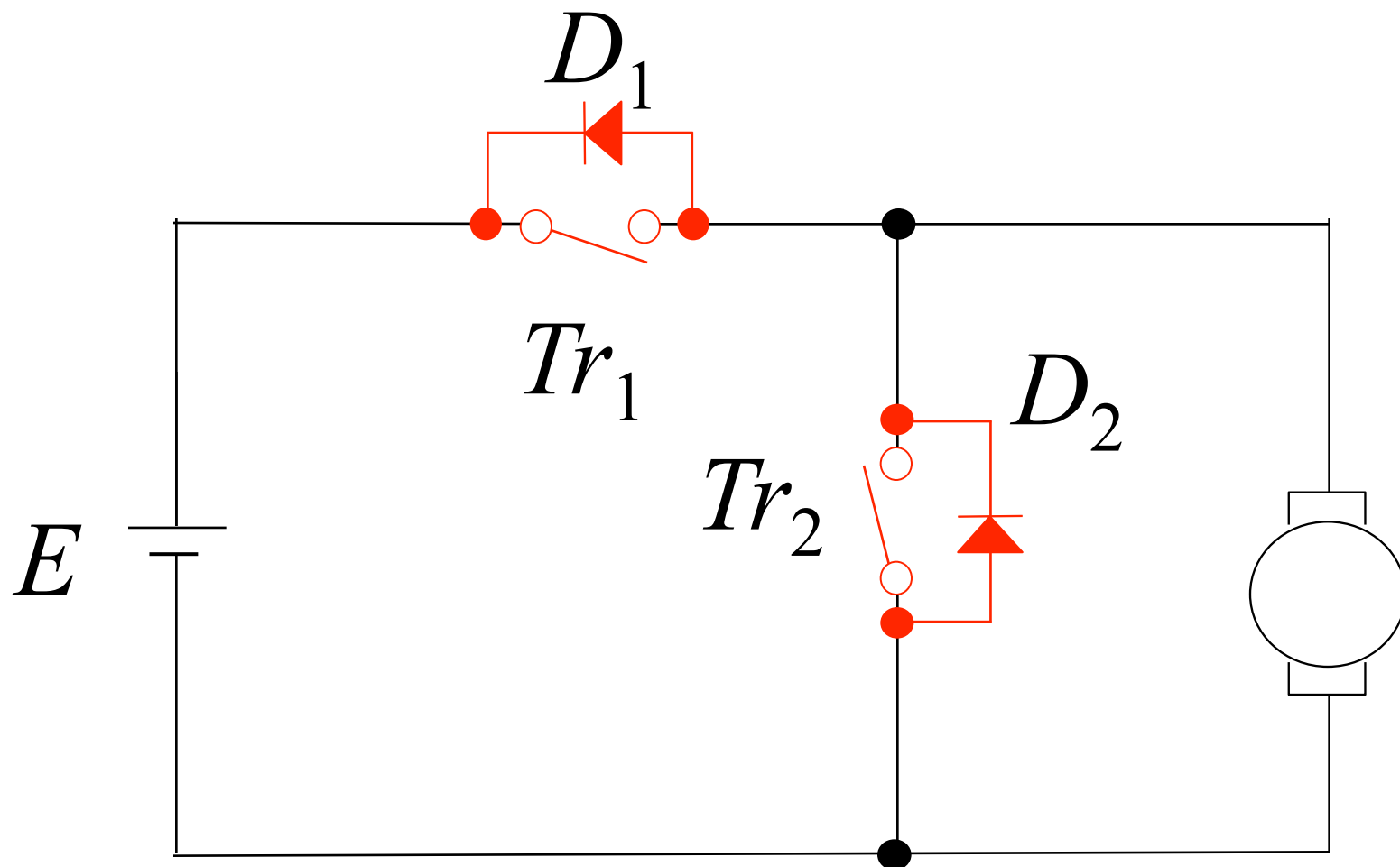
図8.6 トランジスタのオン/オフと動作モード

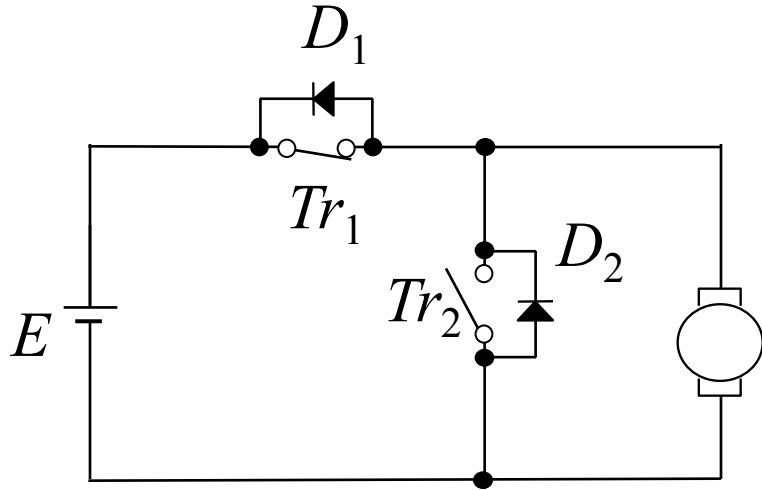


## 昇圧チョッパと降圧チョッパの共存

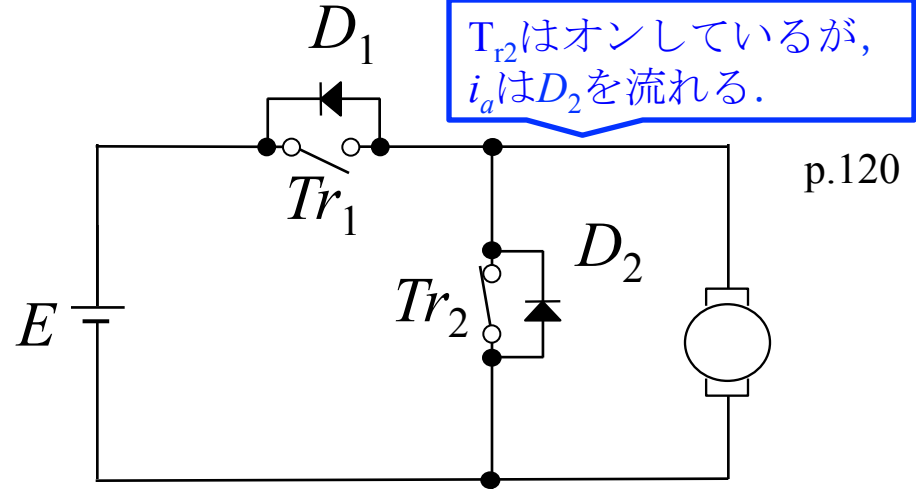


# 昇圧チョップパと降圧チョップパの共存



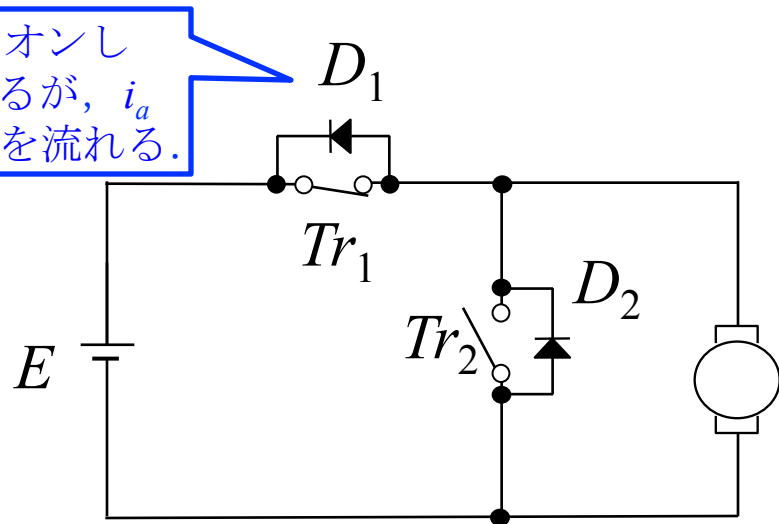


(a)  $i_a > 0$ ,  $Tr_1$ : オン,  $Tr_2$ : オフ

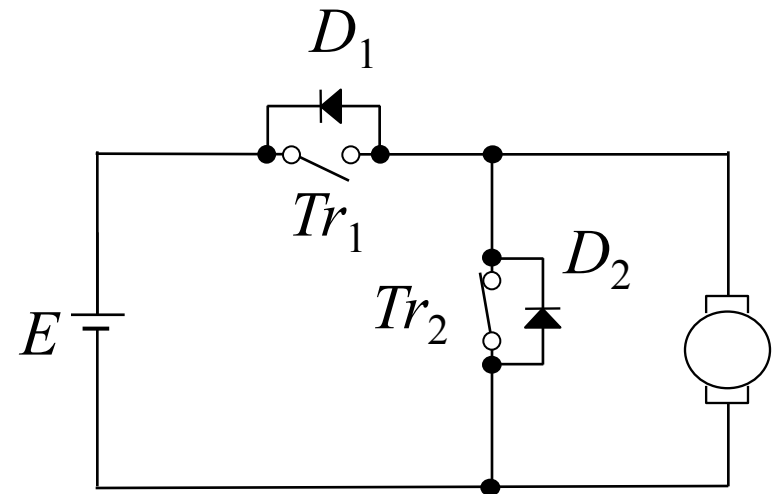


p.120

(b)  $i_a > 0$ ,  $Tr_1$ : オフ,  $Tr_2$ : オン

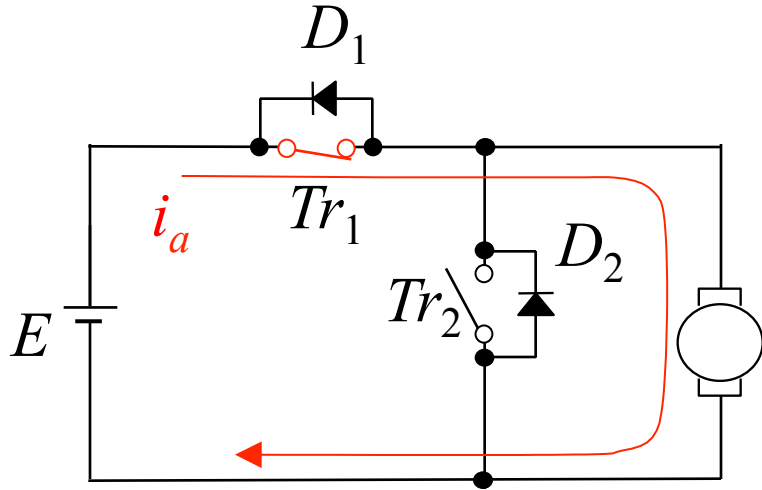


(c)  $i_a < 0$ ,  $Tr_1$ : オン,  $Tr_2$ : オフ

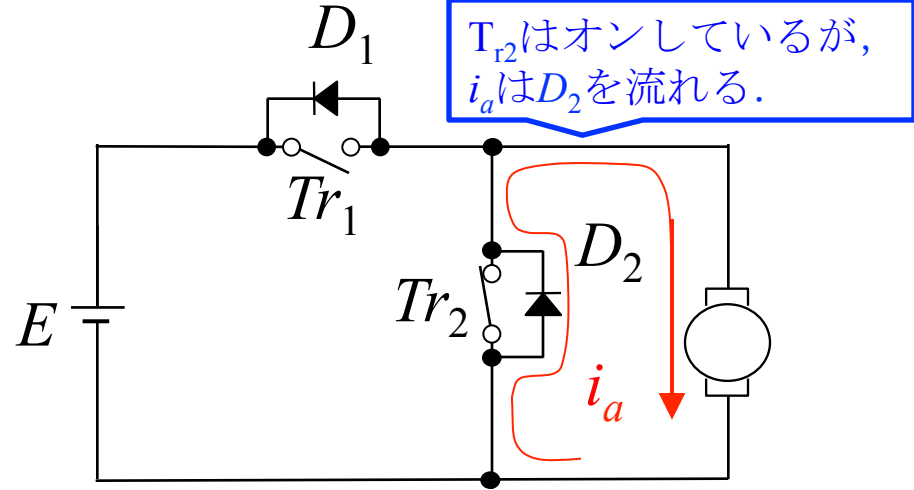


(d)  $i_a < 0$ ,  $Tr_1$ : オフ,  $Tr_2$ : オン

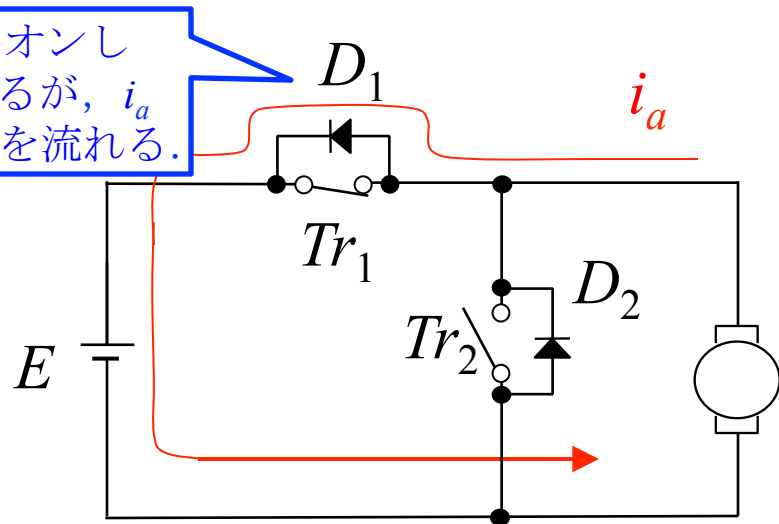
図8.6 トランジスタのオン/オフと動作モード



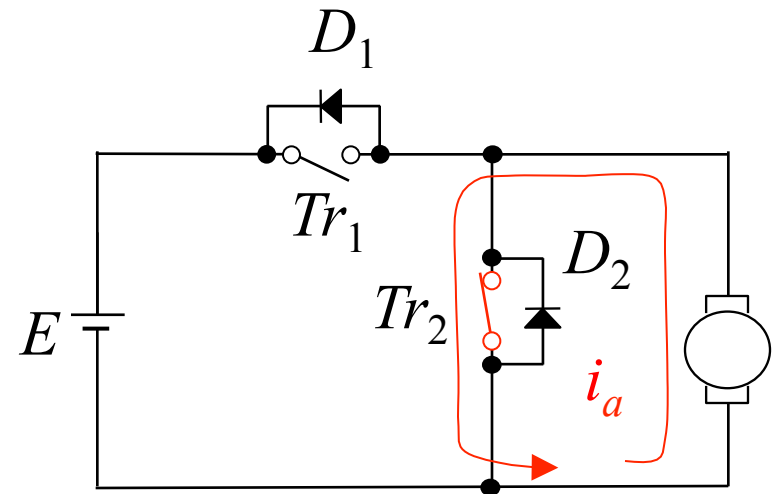
(a)  $i_a > 0$ ,  $Tr_1$ : オン,  $Tr_2$ : オフ



(b)  $i_a > 0$ ,  $Tr_1$ : オフ,  $Tr_2$ : オン



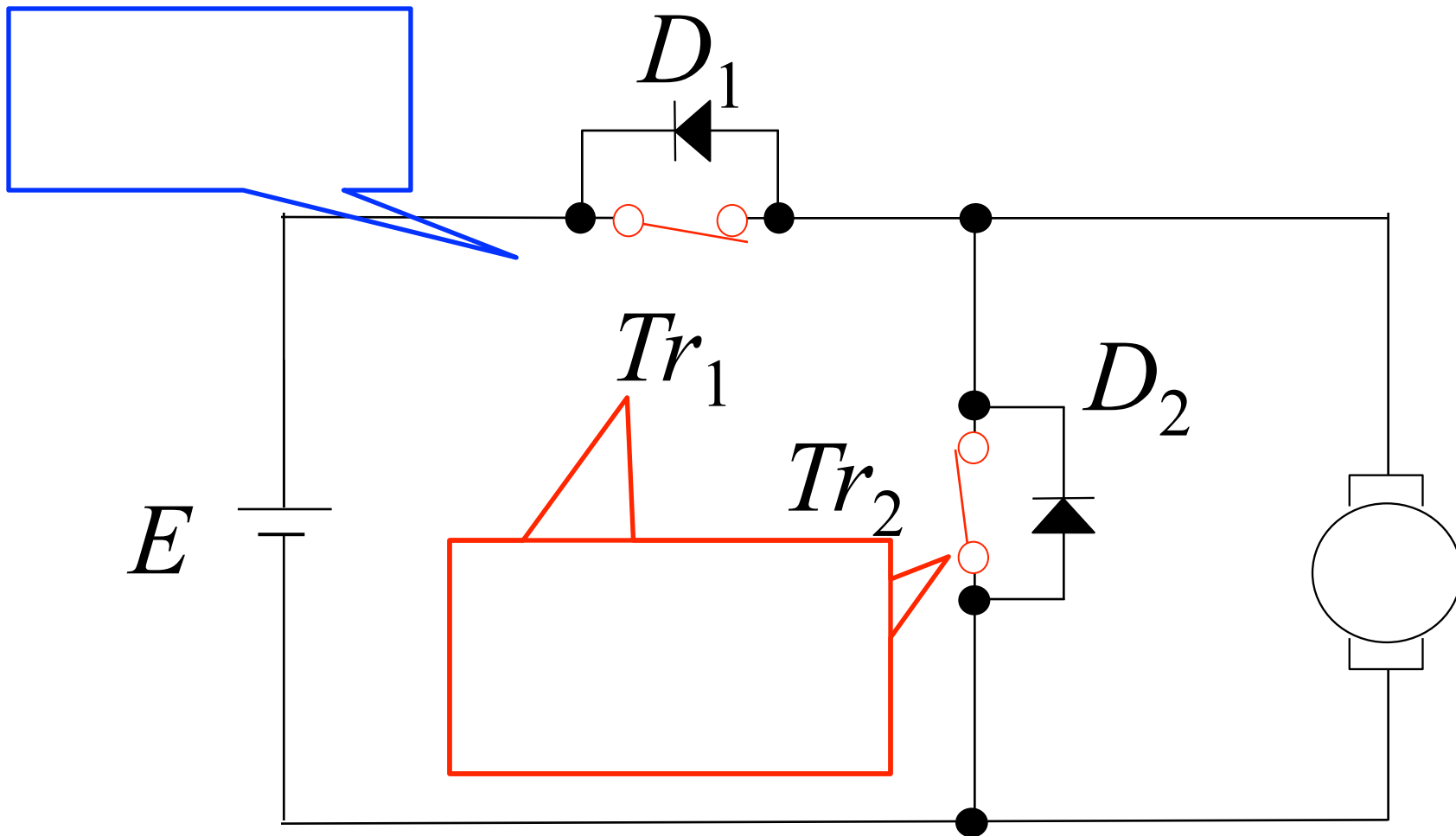
(c)  $i_a < 0$ ,  $Tr_1$ : オン,  $Tr_2$ : オフ



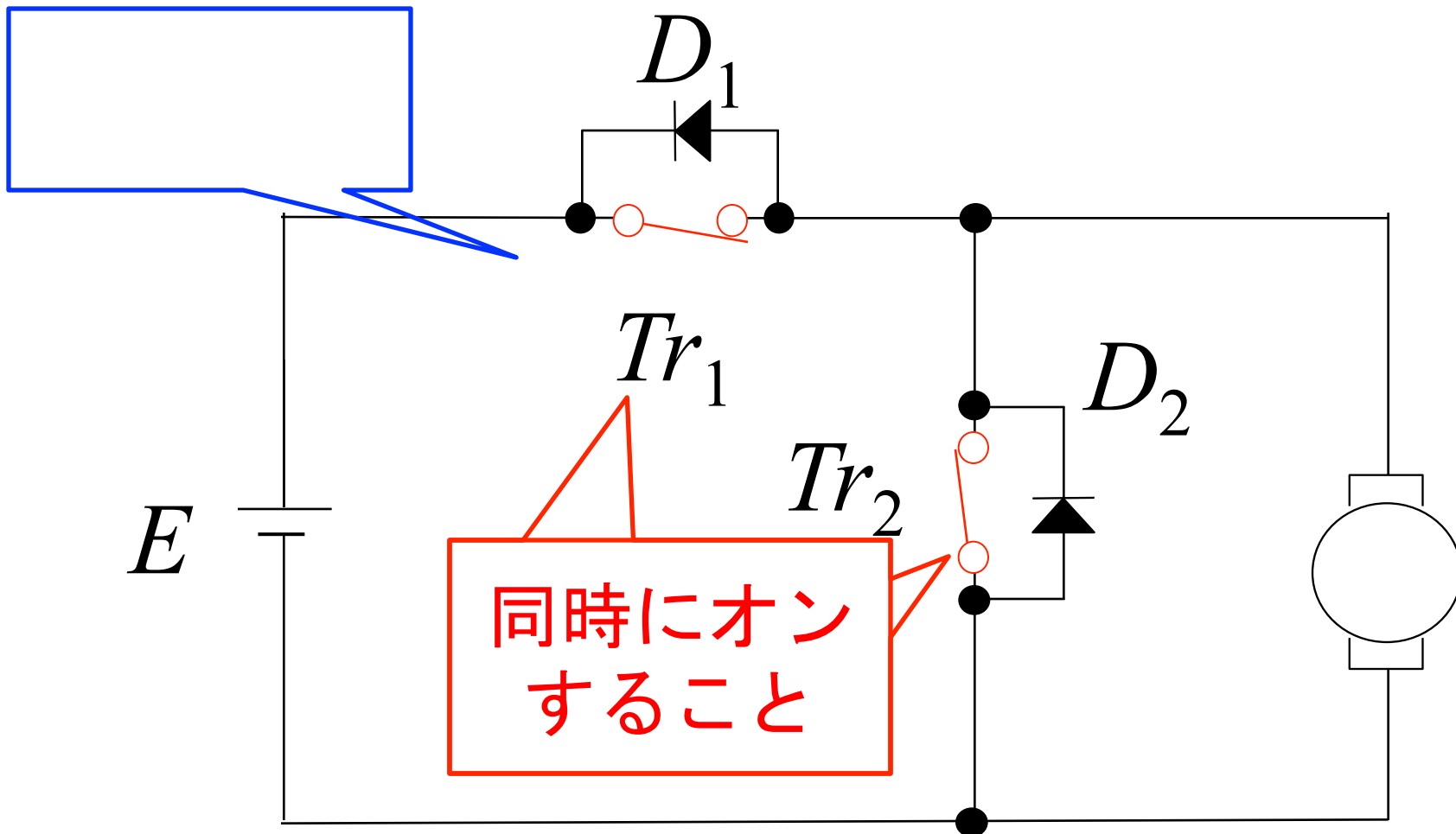
(d)  $i_a < 0$ ,  $Tr_1$ : オフ,  $Tr_2$ : オン

図8.6 トランジスタのオン/オフと動作モード

絶対にやってはいけないこと

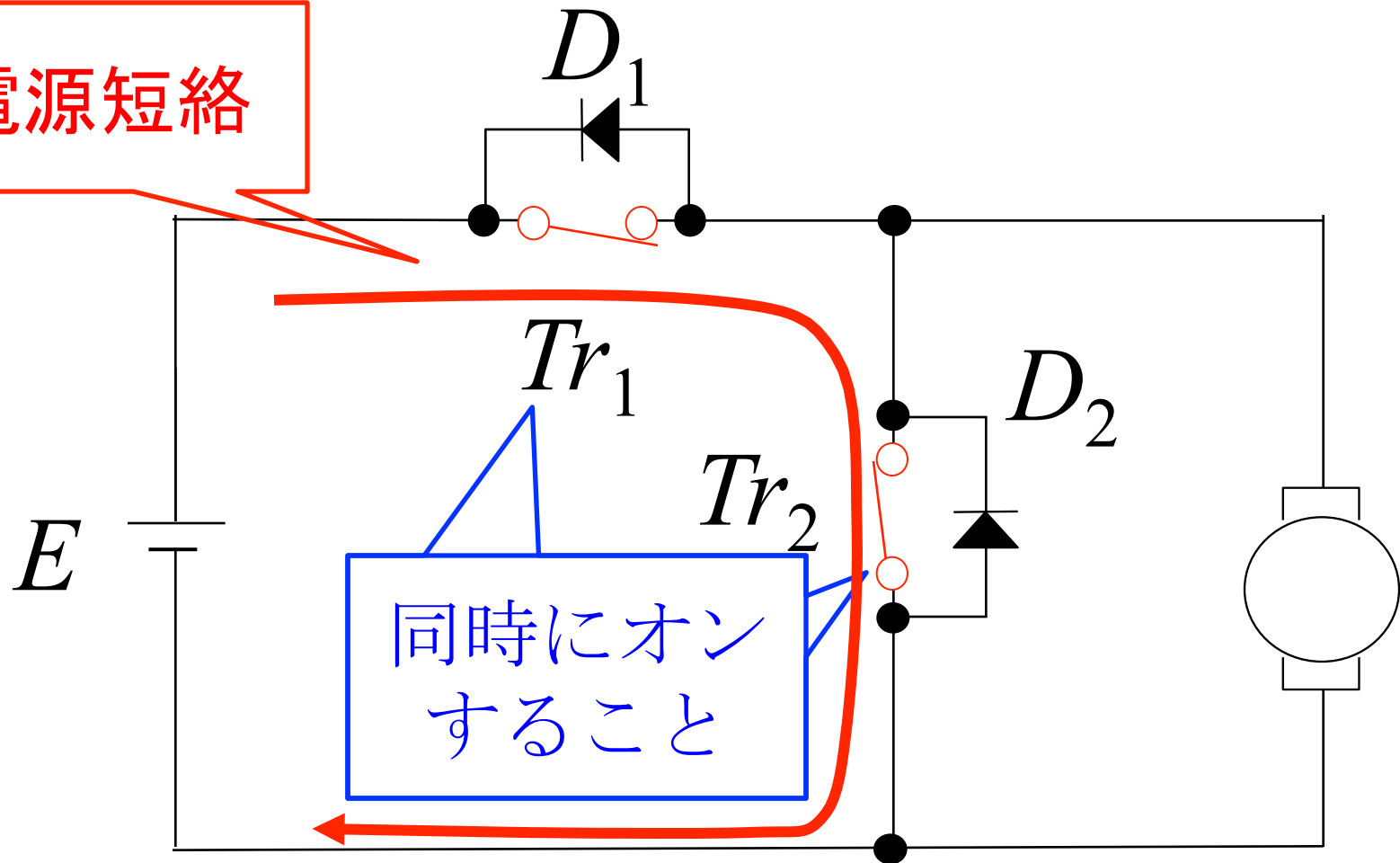


絶対にやってはいけないこと



# 絶対にやってはいけないこと

電源短絡



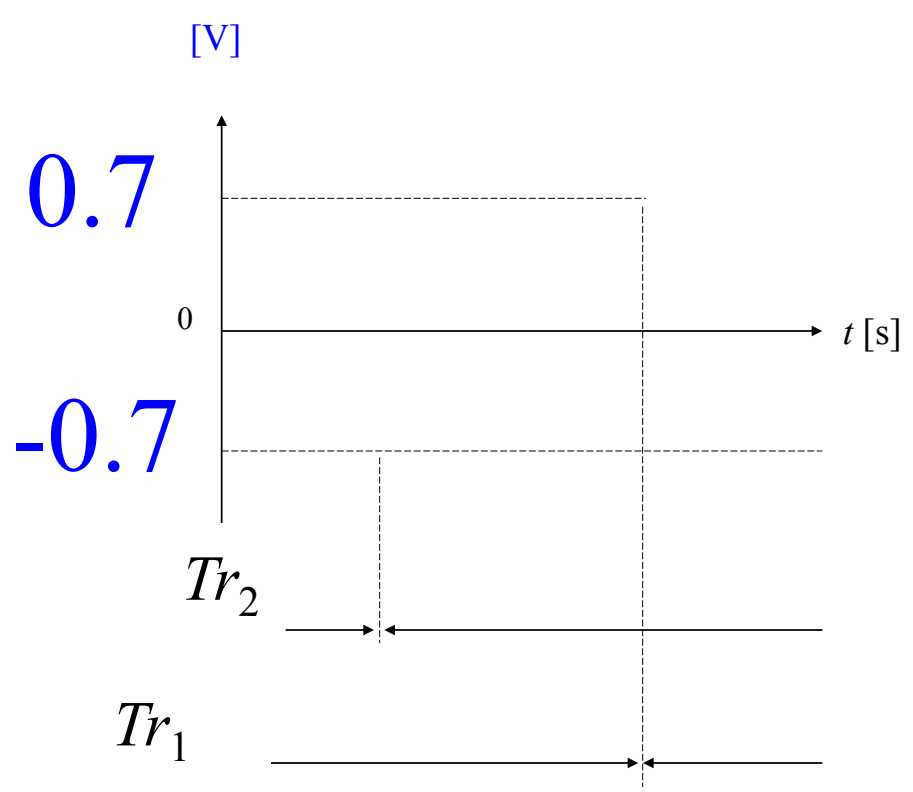
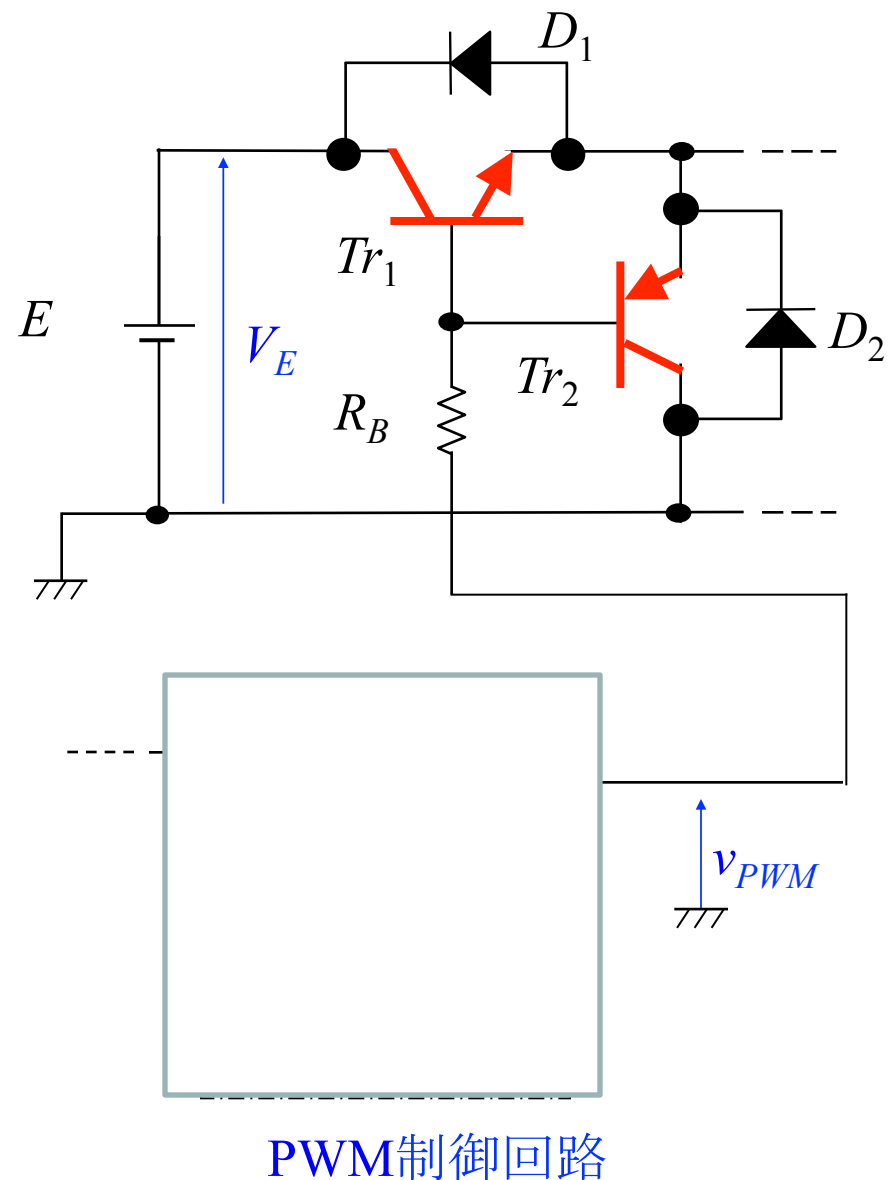
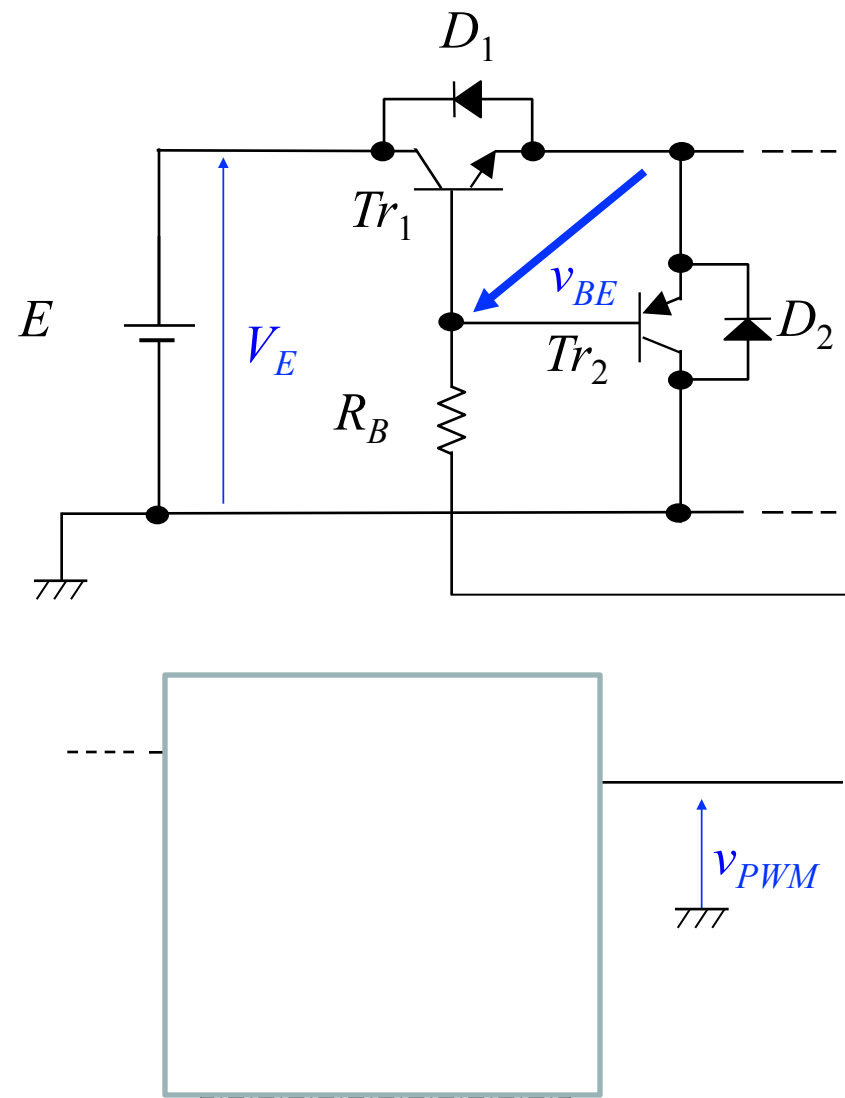


図8.9 ベース・エミッタ間電圧と  $Tr_1$ ,  $Tr_2$  のオン/オフ

図8.8 トランジスタ駆動回路  
(電源短絡対策あり)





PWM制御回路

図8.8 トランジスタ駆動回路  
(電源短絡対策あり)

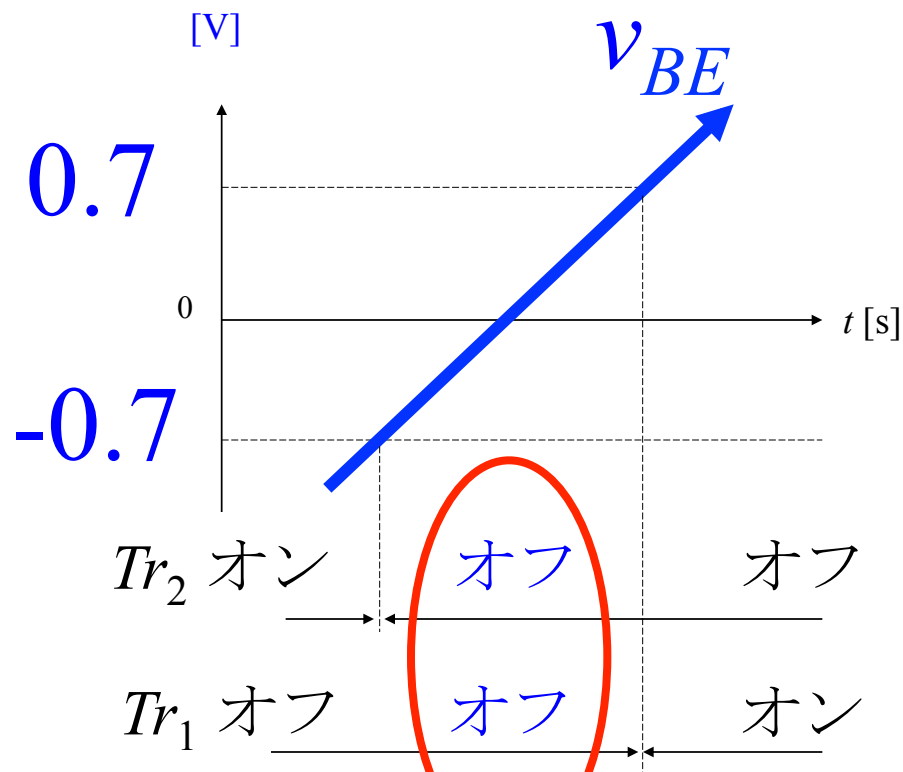
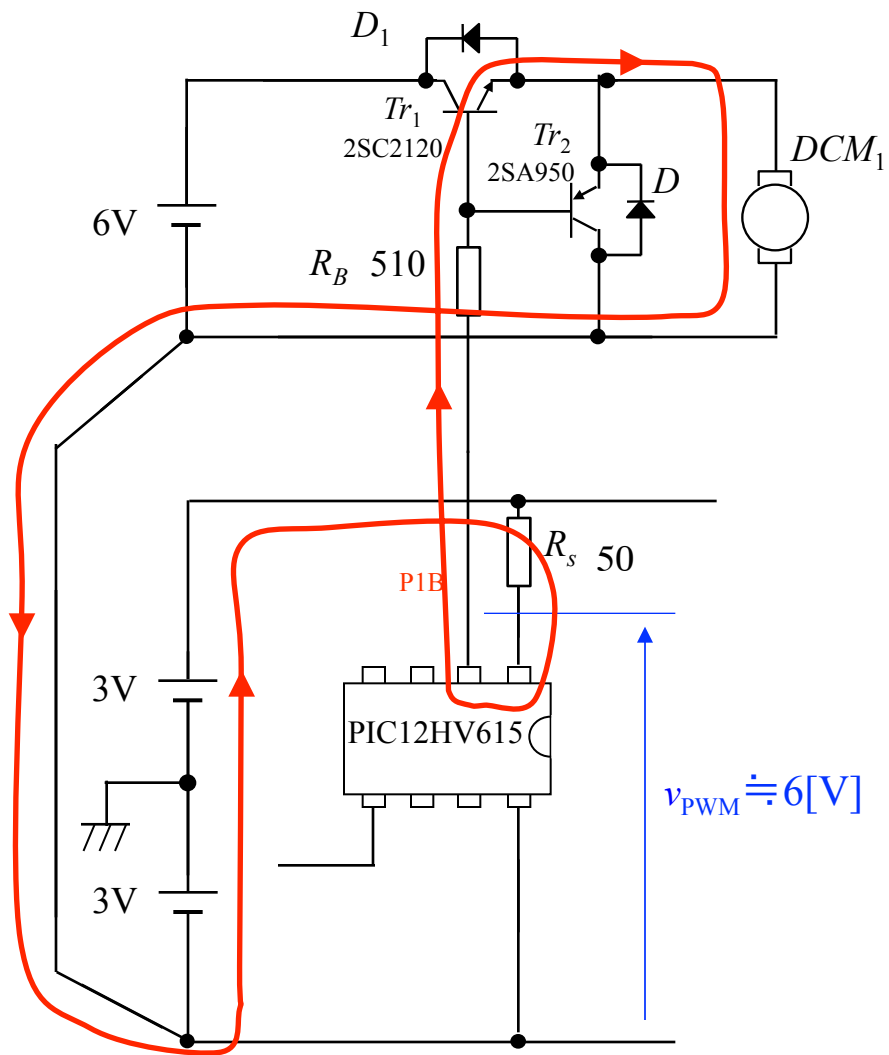
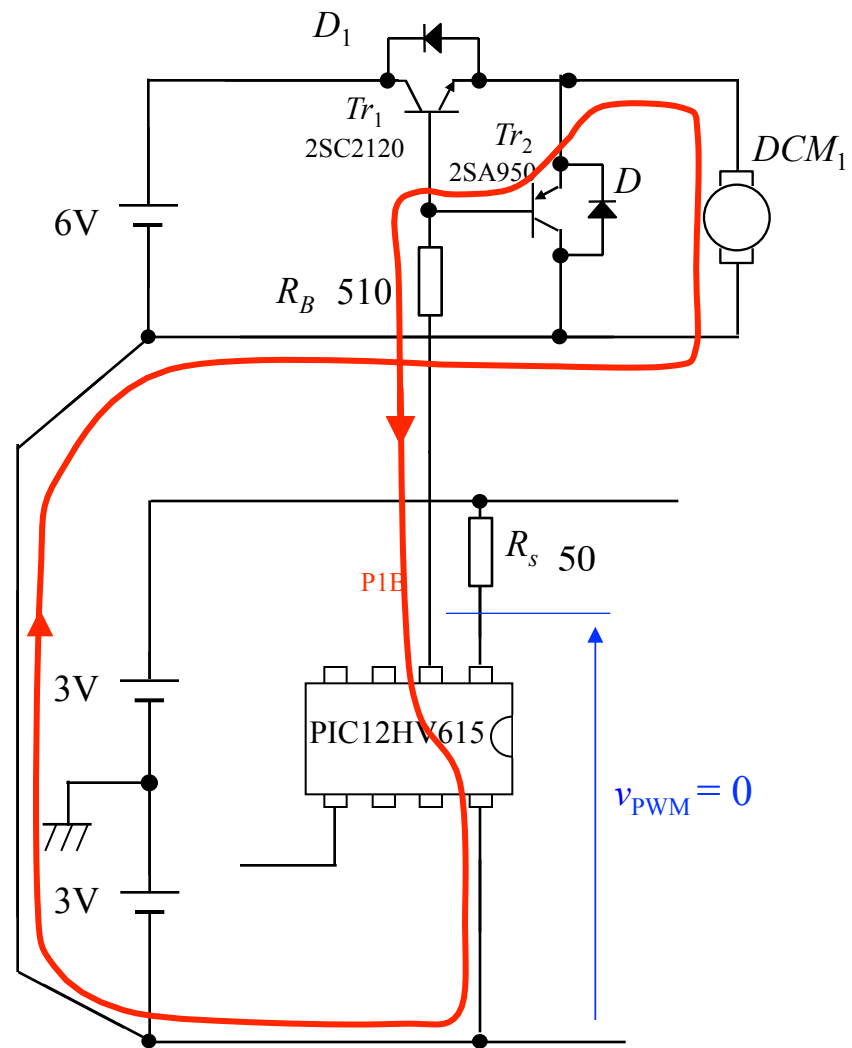


図8.9 エミッタ間電圧と  $Tr_1$ ,  $Tr_2$  の動作

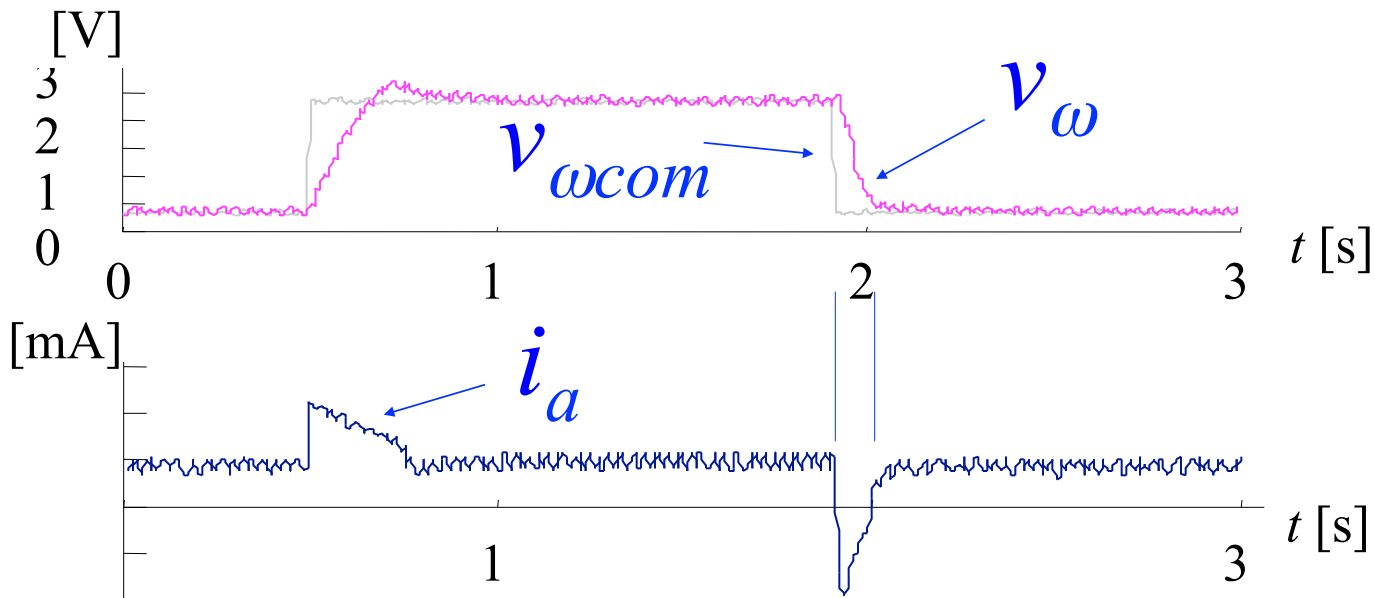
**電源を短絡させない**



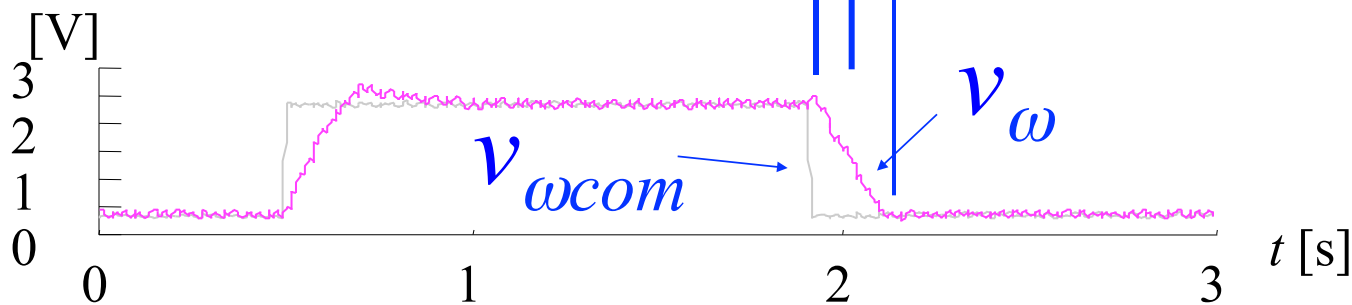
$Tr_1$ オン時の $Tr_1$ のベース電流の経路



$Tr_2$ オン時の $Tr_2$ のベース電流の経路

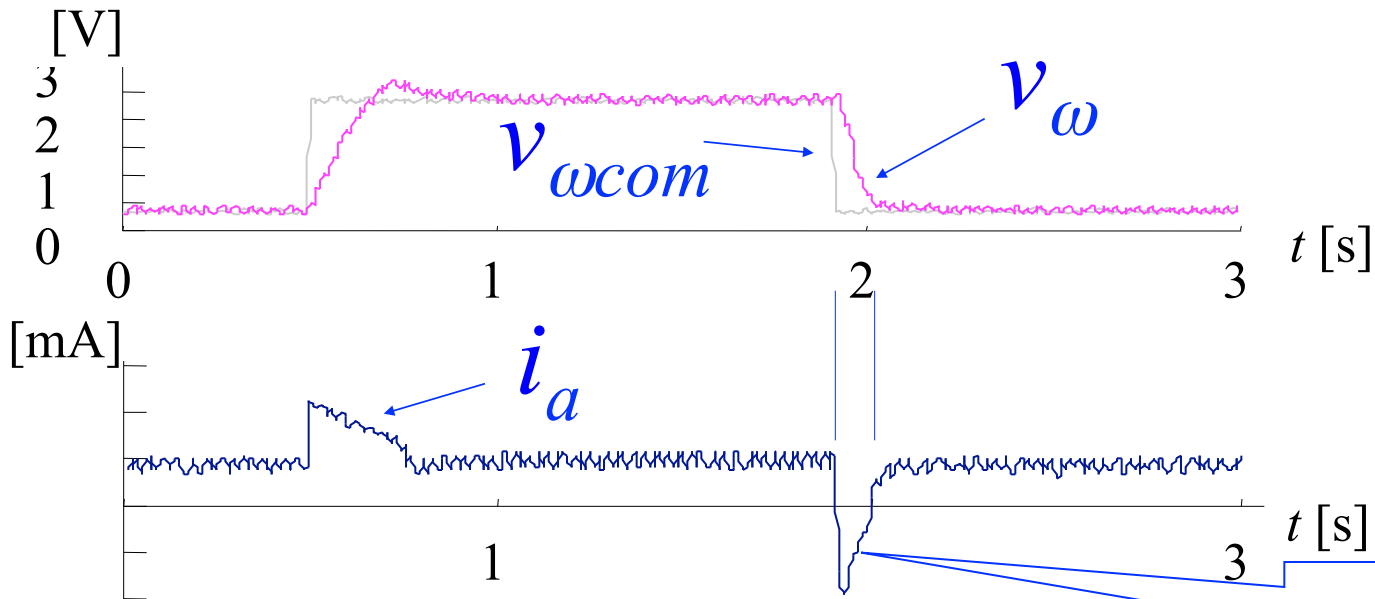


(a) ブレーキあり



(b) ブレーキなし

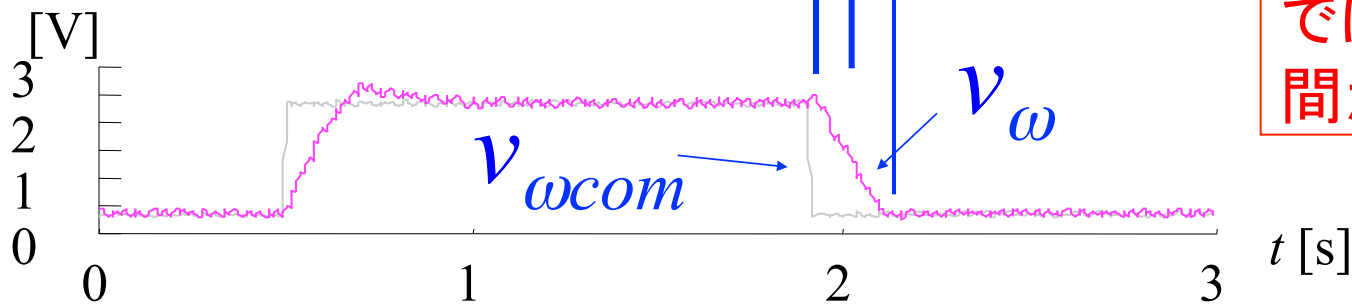
図8.14 モータの回転数と電機子電流



(a) ブレーキあり

$i_a < 0$

ブレーキあり  
では減速時  
間が短い

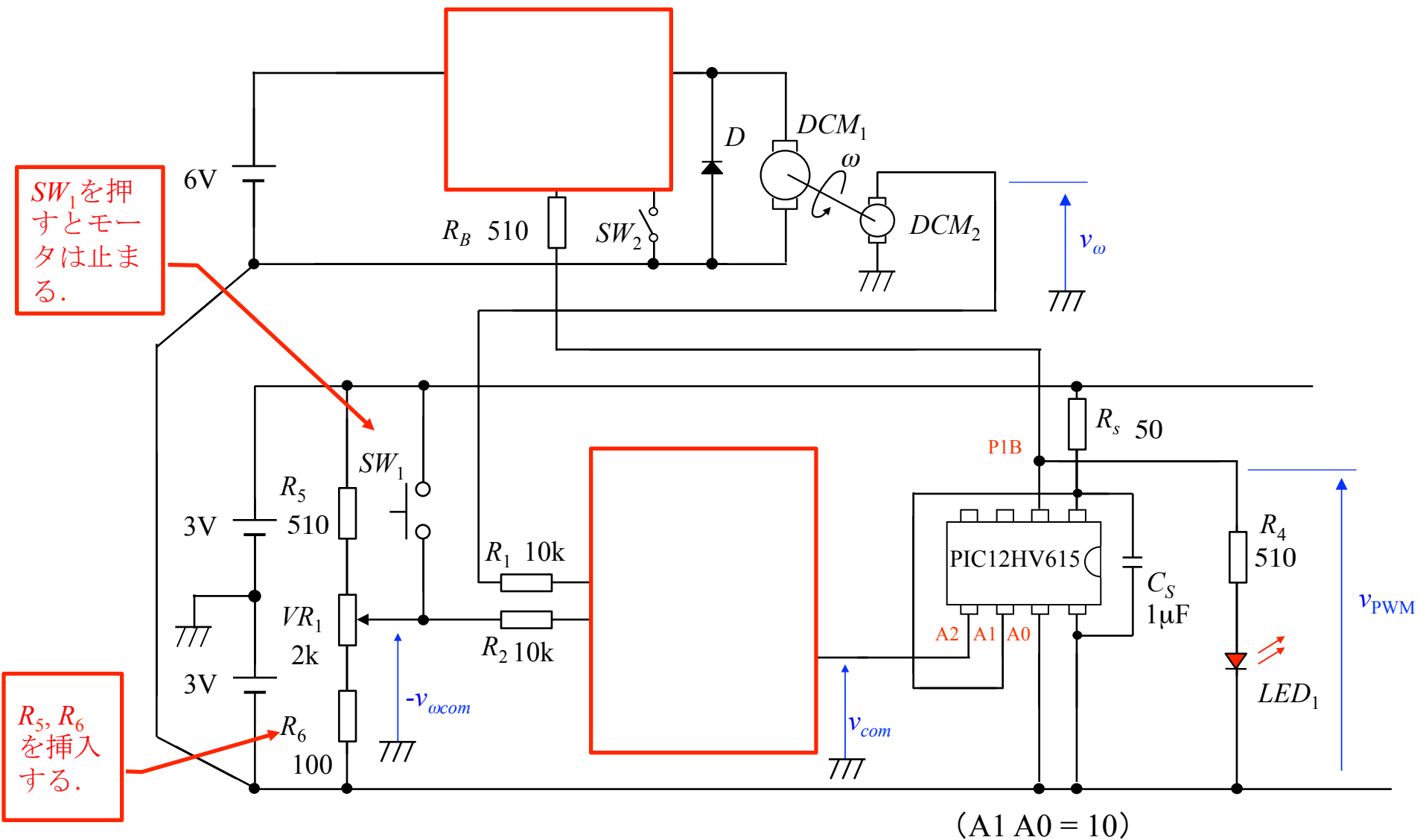


(b) ブレーキなし

図8.14 モータの回転数と電機子電流

## Step8 製作課題 ブレーキのかけられるチョップ回路によるDCモータの回転数制御

- (1) 空白部分を設計せよ. ただし, オペアンプによるPI制御回路の比例ゲイン  $K_p = 5$ , 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 $\pm 3$  [V]とせよ. チョップ回路は,  $SW_2$ オンのときブレーキがかけられ,  $SW_2$ オフのときはこれまでの降圧チョップ回路と同じ働きをする回路とせよ. 設計した回路を製作し, 次ページのことを確認せよ.



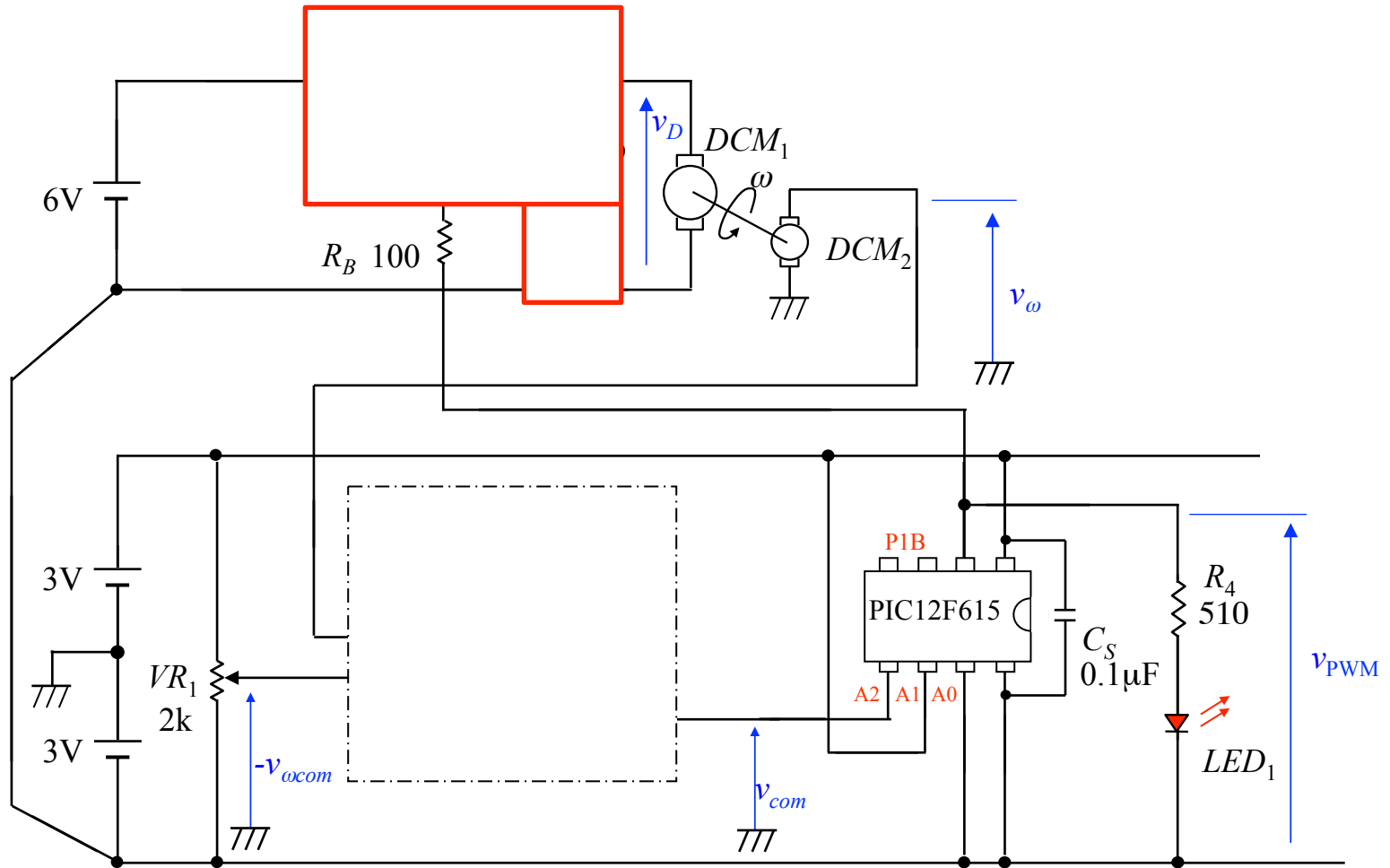
## Step8 製作課題 (つづき)

(2) ブレーキの効果を確認せよ. この効果は, モータの高速回転時に $sw_1$ を押すときの停止までの所要時間, ブレーキ音の差によって分かる.

## Step8 レポート課題

- (1) 下図のDCモータのフィードバック制御回路において、指令電圧 $v_{ocom}$ とモータ $DCM_1$ の回転数に相当する電圧 $v_{\omega}$ が一致している状態から、 $v_{ocom}$ が大きくなったとする。各部の電圧はどのように変化するか？

$$v_{ocom} \rightarrow \text{大} \quad v_{com} \rightarrow ? \quad \overline{v_{PWM}} \rightarrow ? \quad v_D \rightarrow ? \quad v_{\omega} \rightarrow ?$$



(A1 A0 = 10)

## Step8 レポート課題

(2) P制御では回転数指令値 $v_{\omega com}$ と回転数 $v_{\omega}$ を一致させることはできず（(7.32)式）、PI制御では両者を一致させることができる（(7.37)式）。このことを定性的に説明せよ。すなわち、図7.10では何故 $v_{\omega com} = v_{\omega}$ を維持できないのか？図7.19では、何故 $v_{\omega com} = v_{\omega}$ を維持できるのか？

（ヒント）モータの回転数を維持するには図7.2においてモータの印加電圧の平均値（チョッパ回路のダイオード両端電圧の平均値） $v_D > 0$ としつづけなければならない。そうでなければモータの回転数は摩擦などにより低下し、やがて止まってしまう。図7.10と図7.19の違いはコンデンサ $C_1$ である。

解答はコンデンサ $C_1$ の役割に焦点を絞って論ぜよ。