

パワーエレクトロニクス講義資料

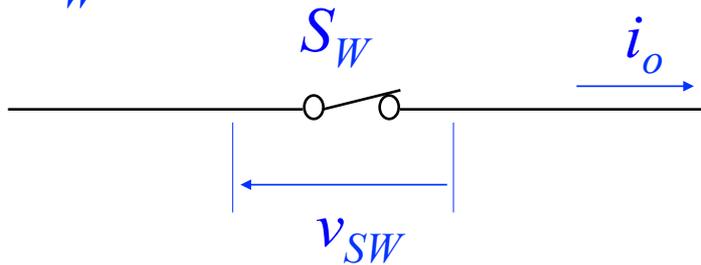
第5回 降圧チョッパ回路

担当：古橋武

furuhashi@cse.nagoya-u.ac.jp

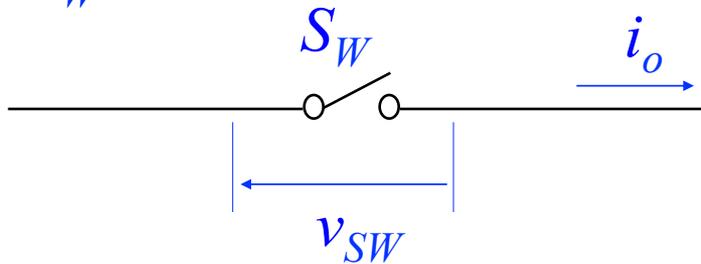
高効率化の方策

S_W オン



$$\begin{aligned} v_{SW} &= 0 \\ P_{SW} &= v_{SW} i_o \\ &= 0 \end{aligned} \quad (4.4)$$

S_W オフ



$$\begin{aligned} i_o &= 0 \\ P_{SW} &= v_{SW} i_o \\ &= 0 \end{aligned} \quad (4.5)$$

➡ 損失ゼロ

出力電圧の制御

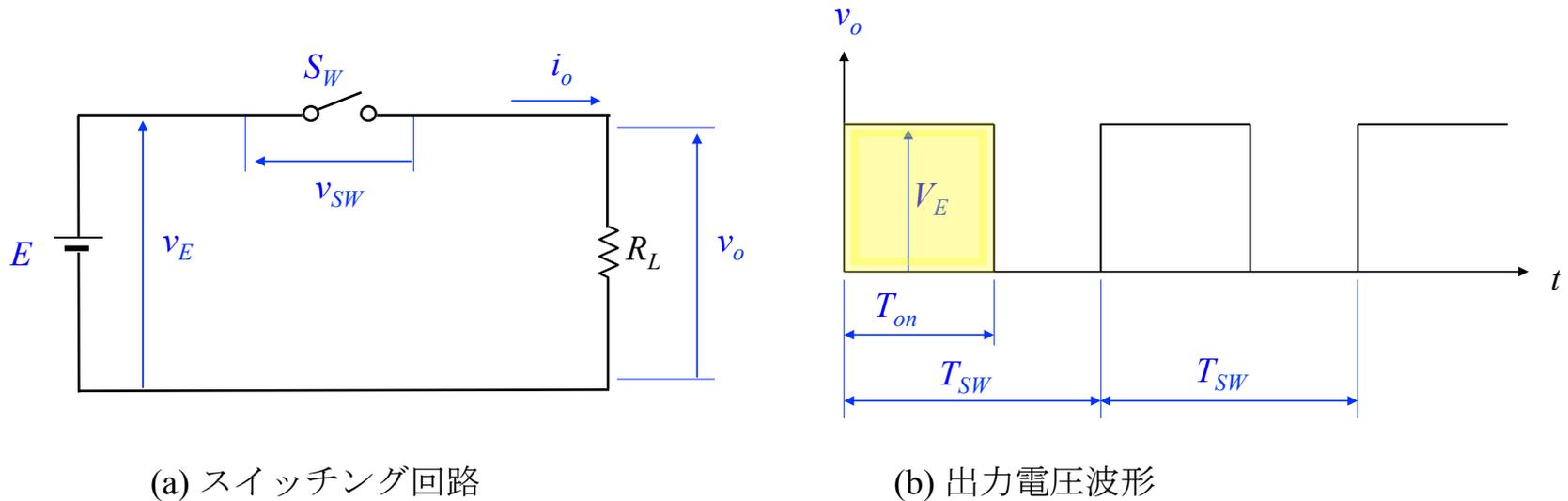


図4.2 スイッチング電源

$$\bar{v}_o = \frac{1}{T_{SW}} \int_0^{T_{on}} V_E dt =$$

T_{SW} : スイッチング周期

出力電圧の制御

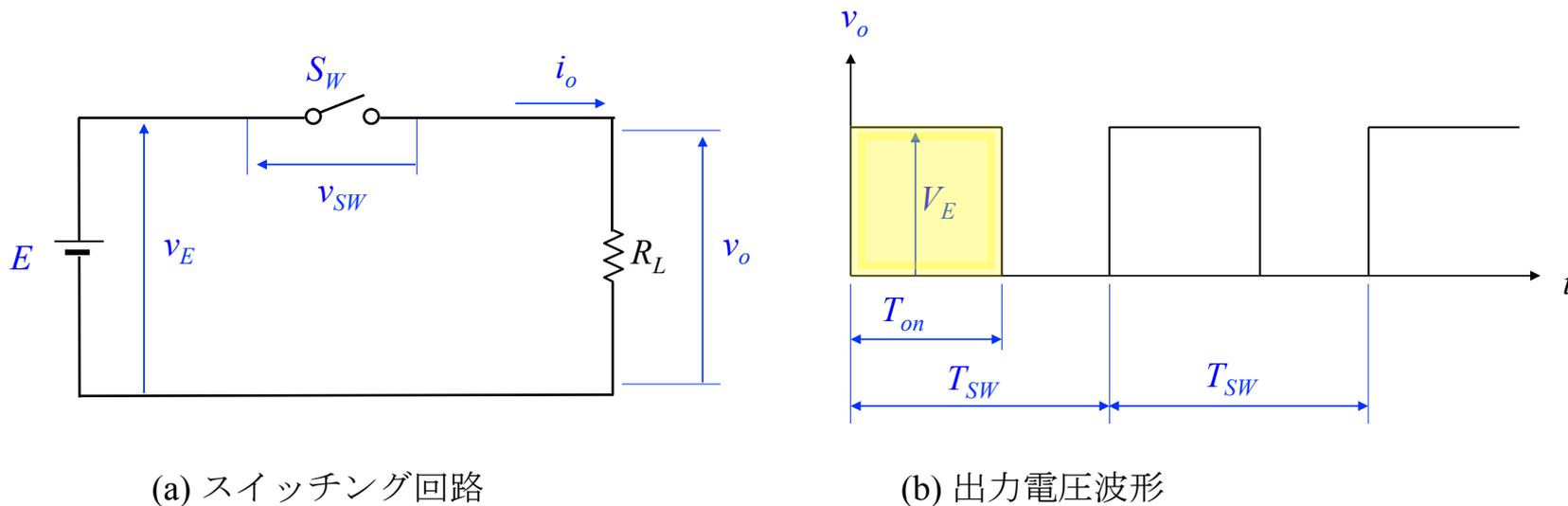
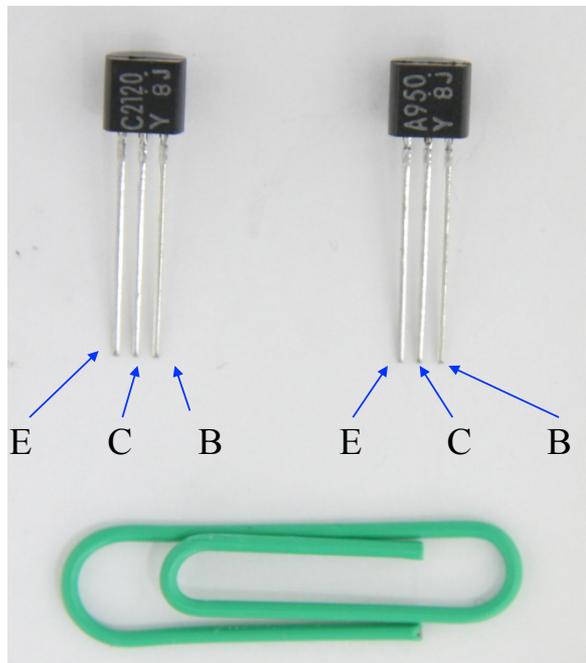


図4.2 スイッチング電源

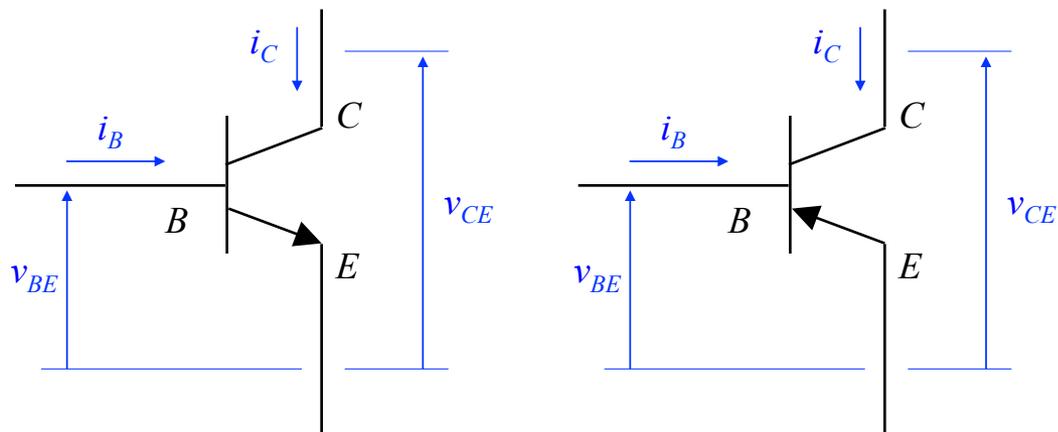
$$\bar{v}_o = \frac{1}{T_{SW}} \int_0^{T_{on}} V_E dt = \frac{T_{on}}{T_{SW}} V_E \quad (4.6)$$

T_{SW} : スイッチング周期

トランジスタ → スイッチとして利用



トランジスタ
 (左：2SC2120(NPN型)
 右：2SA950(PNP型))



(a) NPN型トランジスタ (b) PNP型トランジスタ

図4.9 トランジスタの電圧・電流の向きの定義

A級増幅回路などでの使用領域

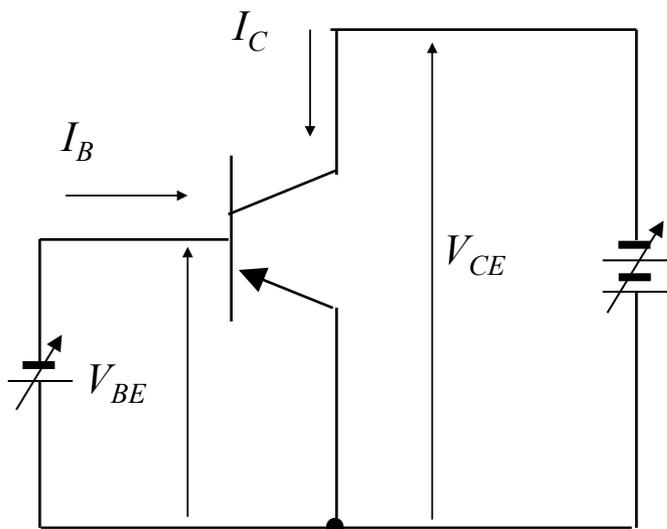
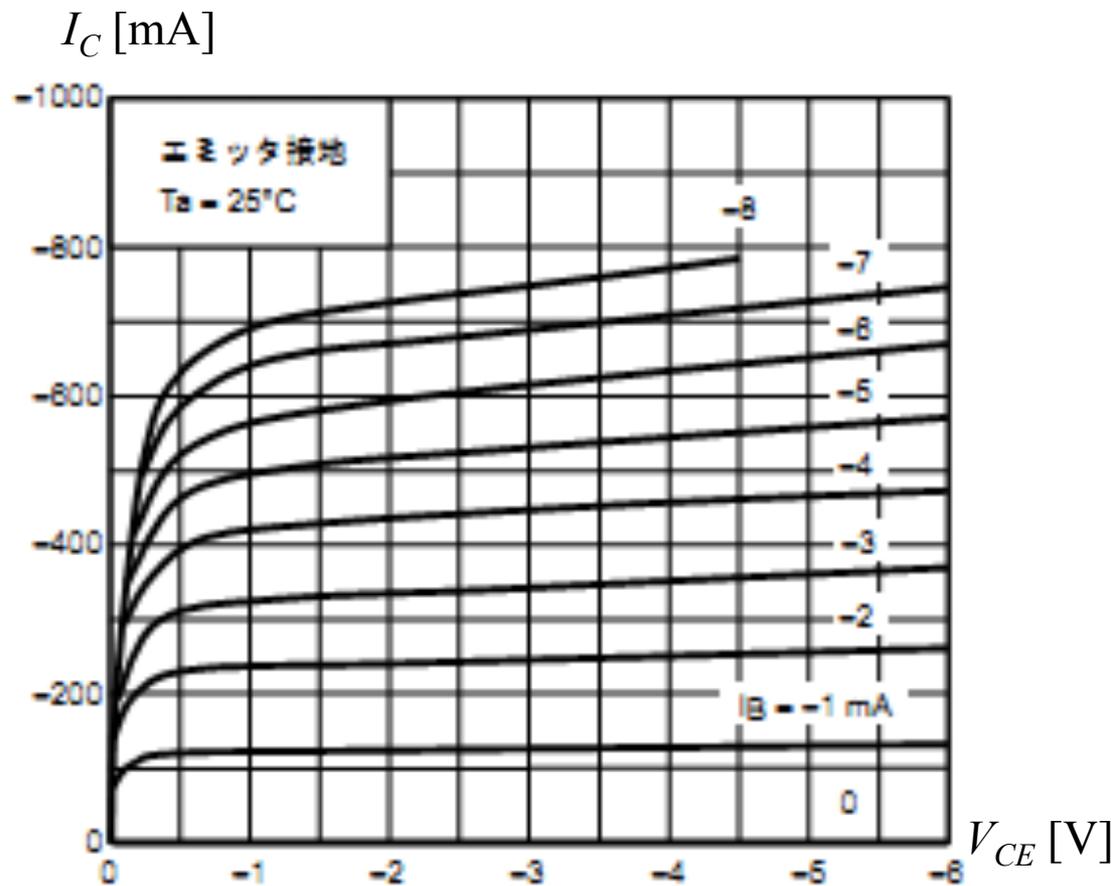


図4.10 PNP型トランジスタの電源
接続方向



A級増幅回路などでの使用領域

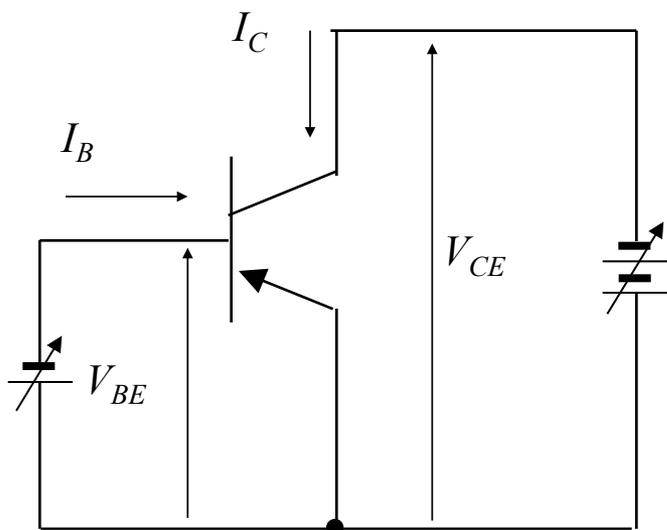
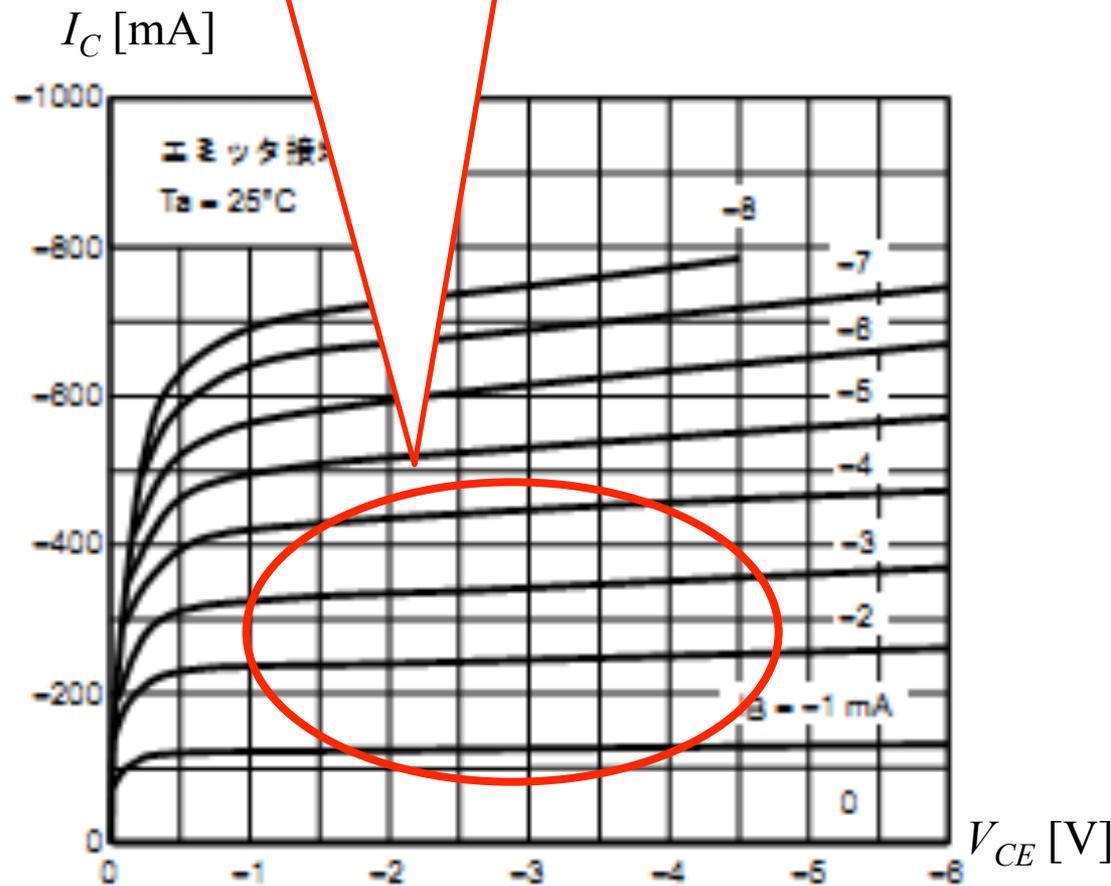


図4.10 PNP型トランジスタの電源
接続方向

コレクタ電流



コレクタ-エミッタ電圧

トランジスタをスイッチとして使用する領域

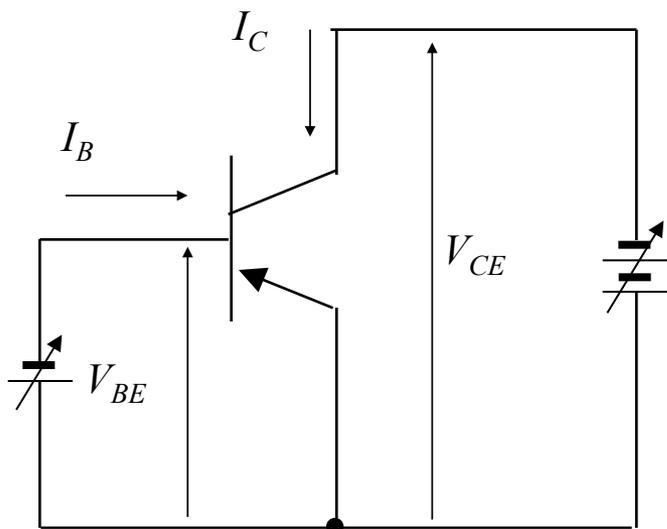
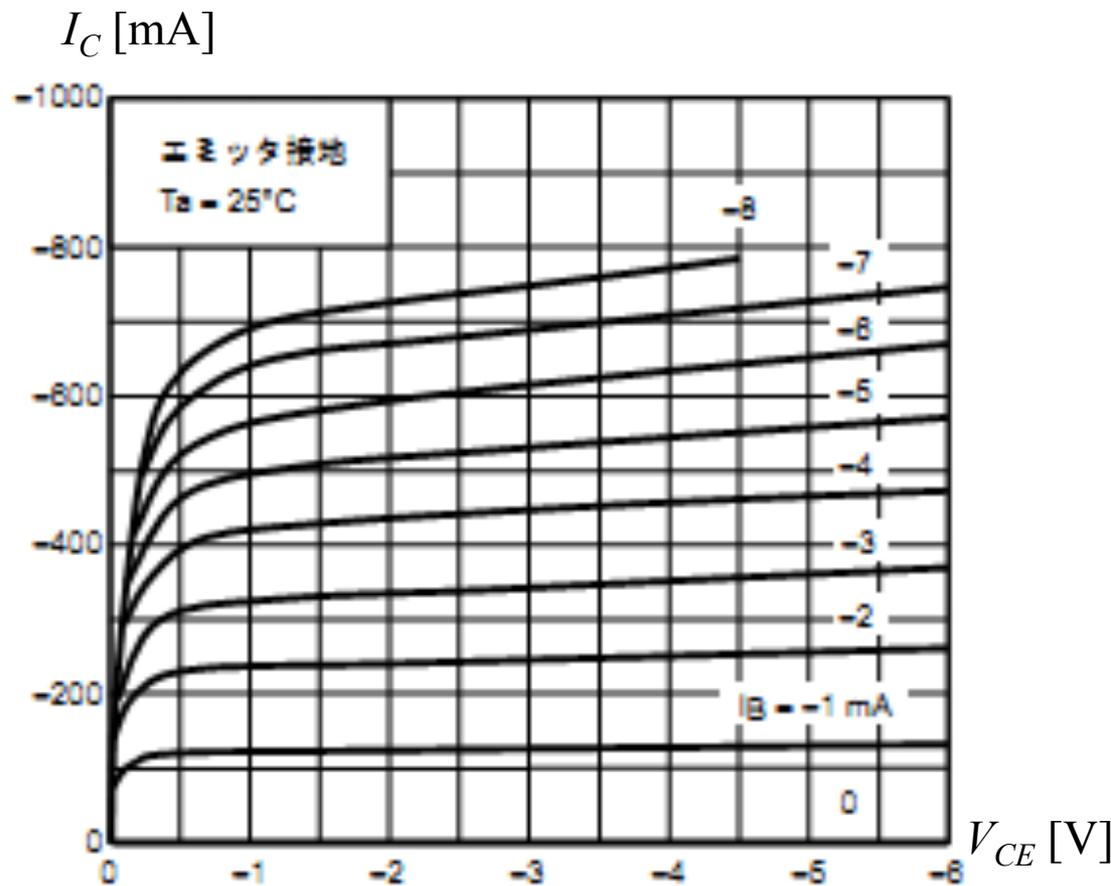


図4.10 PNP型トランジスタの電源
接続方向



トランジスタをスイッチとして使用する領域

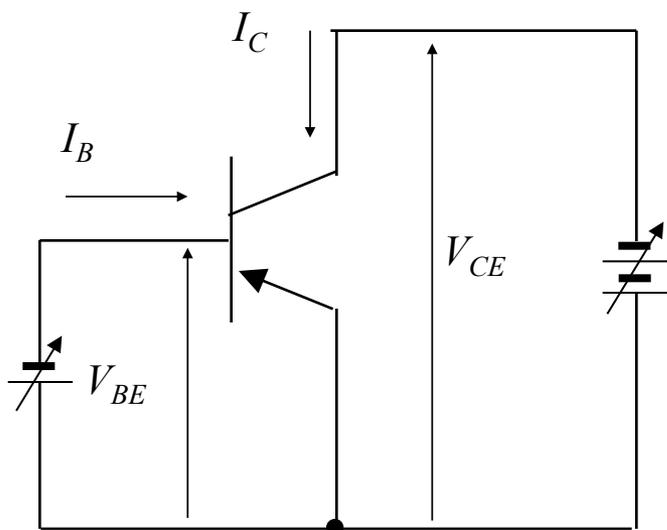
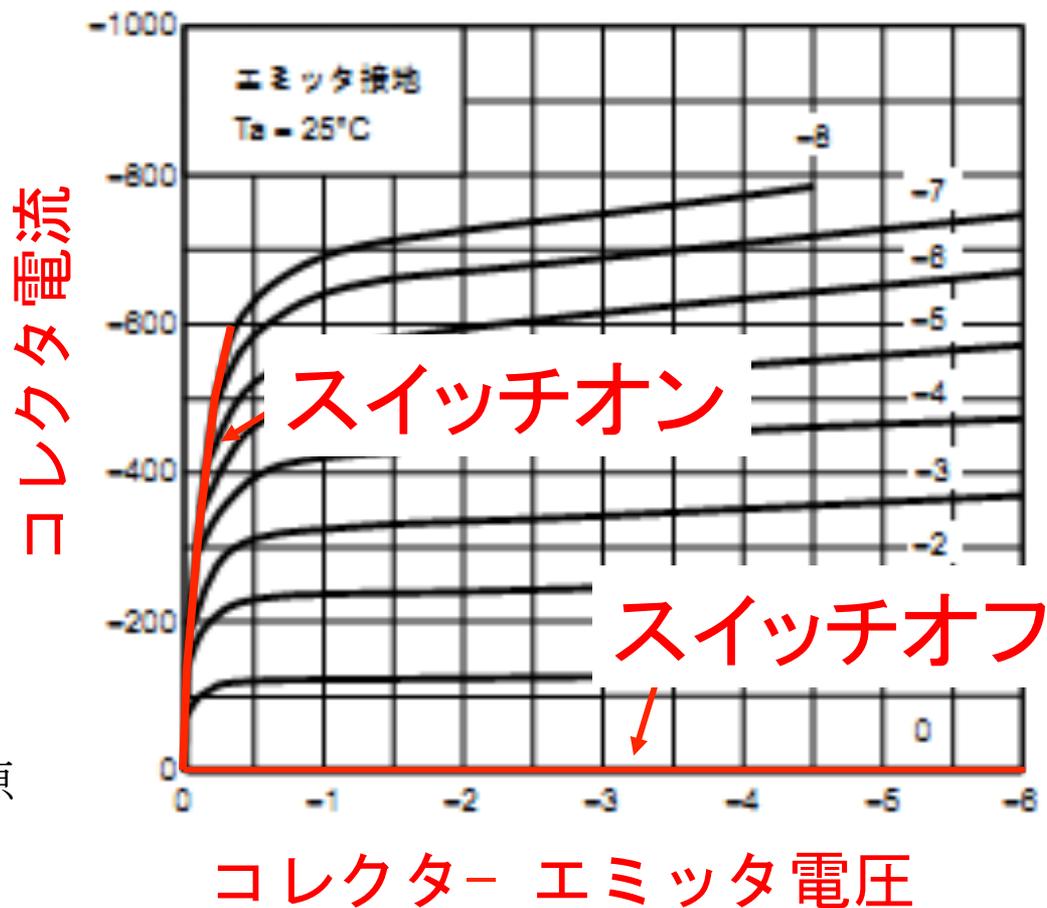
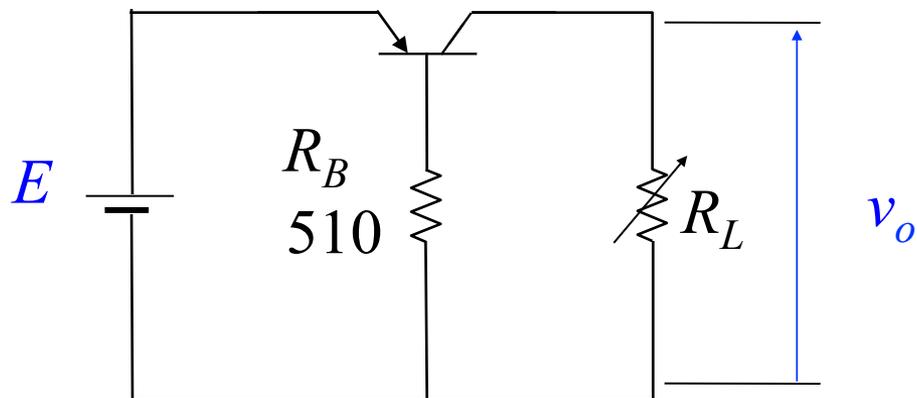


図4.10 PNP型トランジスタの電源
接続方向

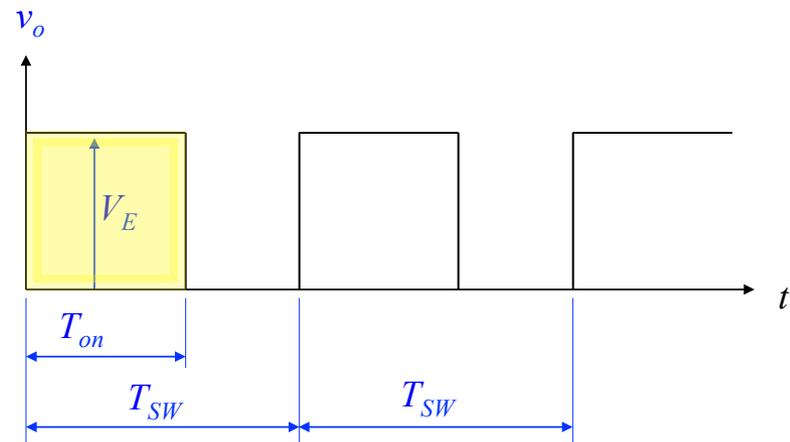


Tr 2SA950



トランジスタ
駆動回路

(a) スイッチング回路



(b) 出力電圧波形

どのようにTrをオン, オフすればよいか

PWM (Pulse Width Modulation, パルス幅変調) 制御法

$v_{com} \geq v_{tri}$ のときトランジスタ オン

$v_{com} < v_{tri}$ のときトランジスタ オフ

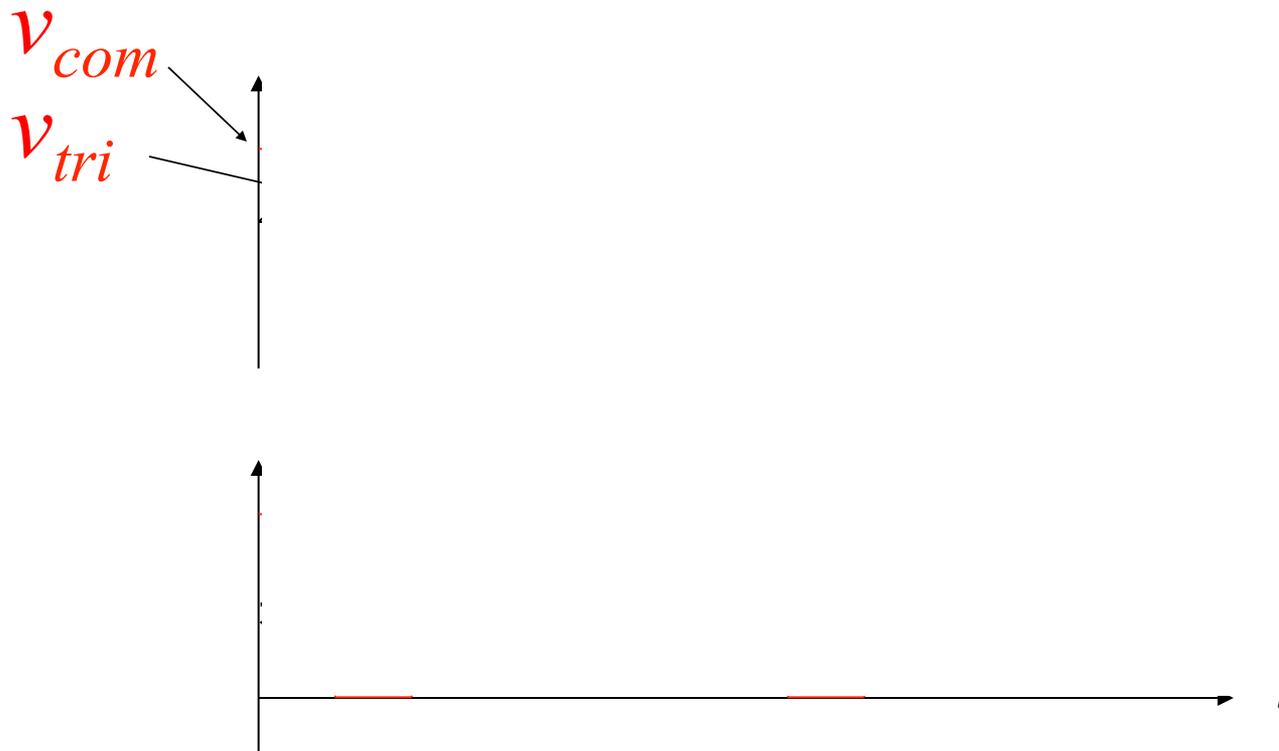


図4.23 PWM制御法

PWM (Pulse Width Modulation, パルス幅変調) 制御法

$v_{com} \geq v_{tri}$ のときトランジスタ オン

$v_{com} < v_{tri}$ のときトランジスタ オフ

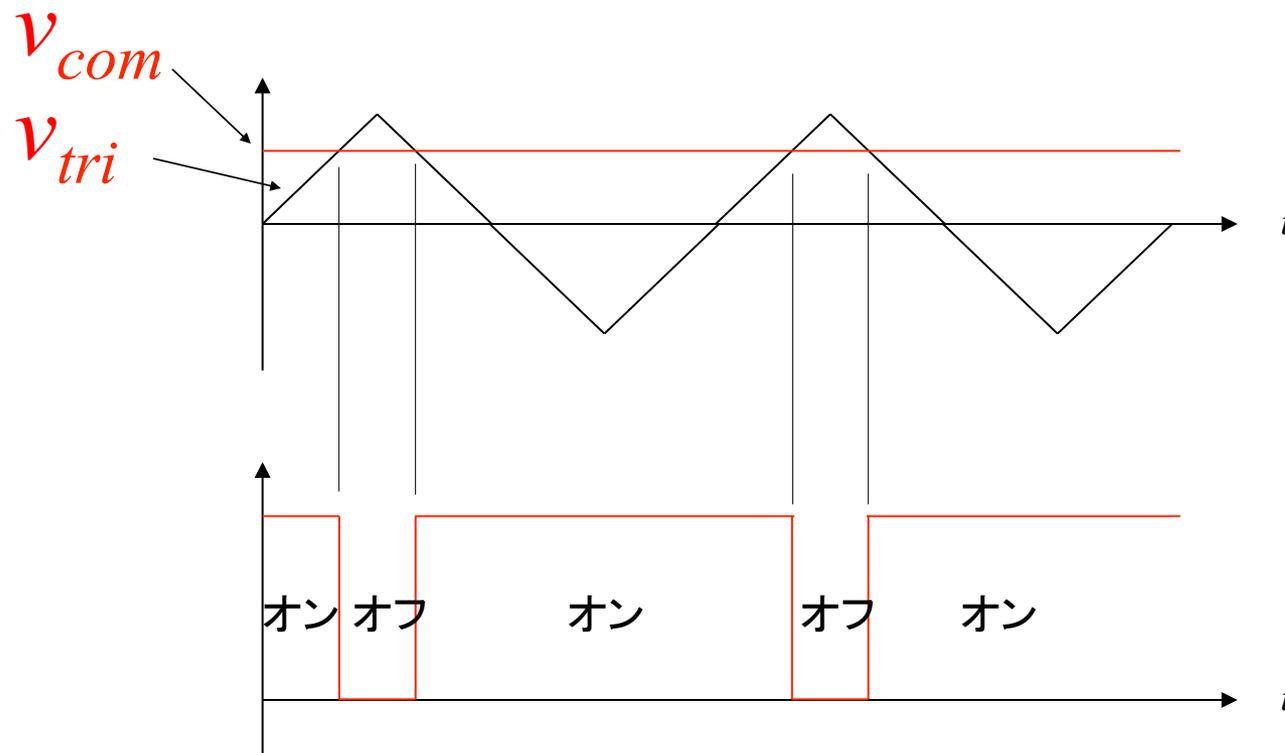


図4.23 PWM制御法

PWM (Pulse Width Modulation, パルス幅変調) 制御法

$v_{com} \geq v_{tri}$ のときトランジスタ オン

$v_{com} < v_{tri}$ のときトランジスタ オフ

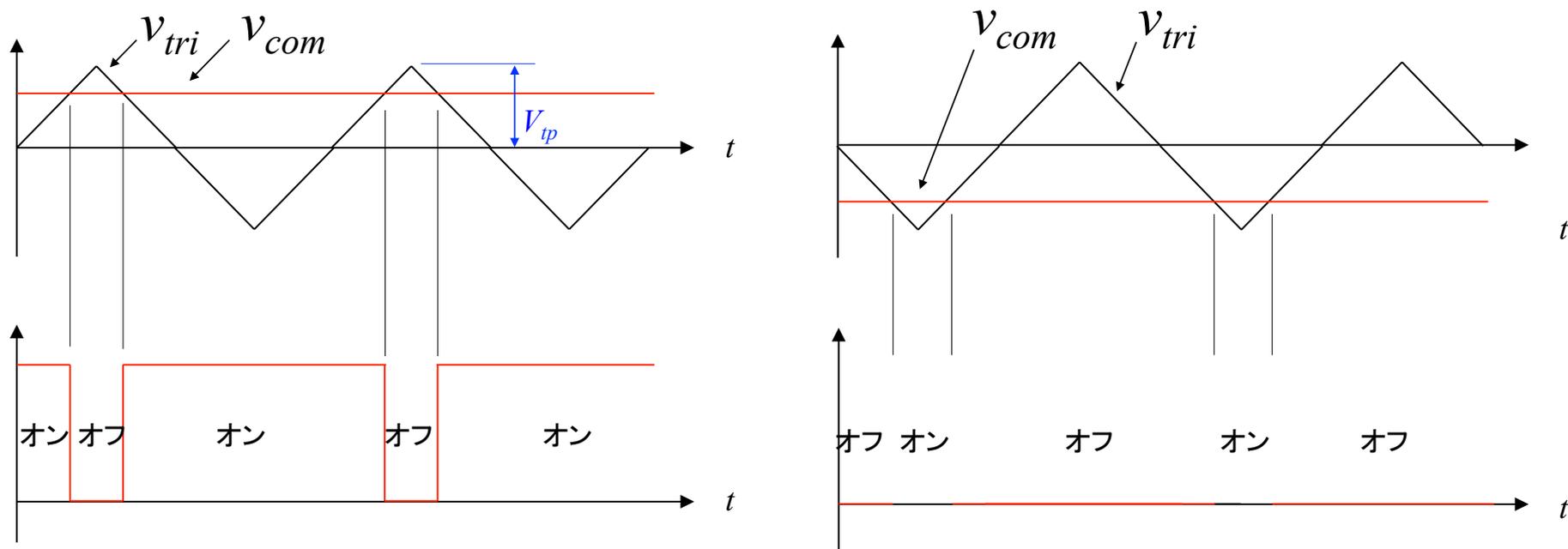


図4.23 PWM制御法

PWM (Pulse Width Modulation, パルス幅変調) 制御法

$v_{com} \geq v_{tri}$ のときトランジスタ オン

$v_{com} < v_{tri}$ のときトランジスタ オフ

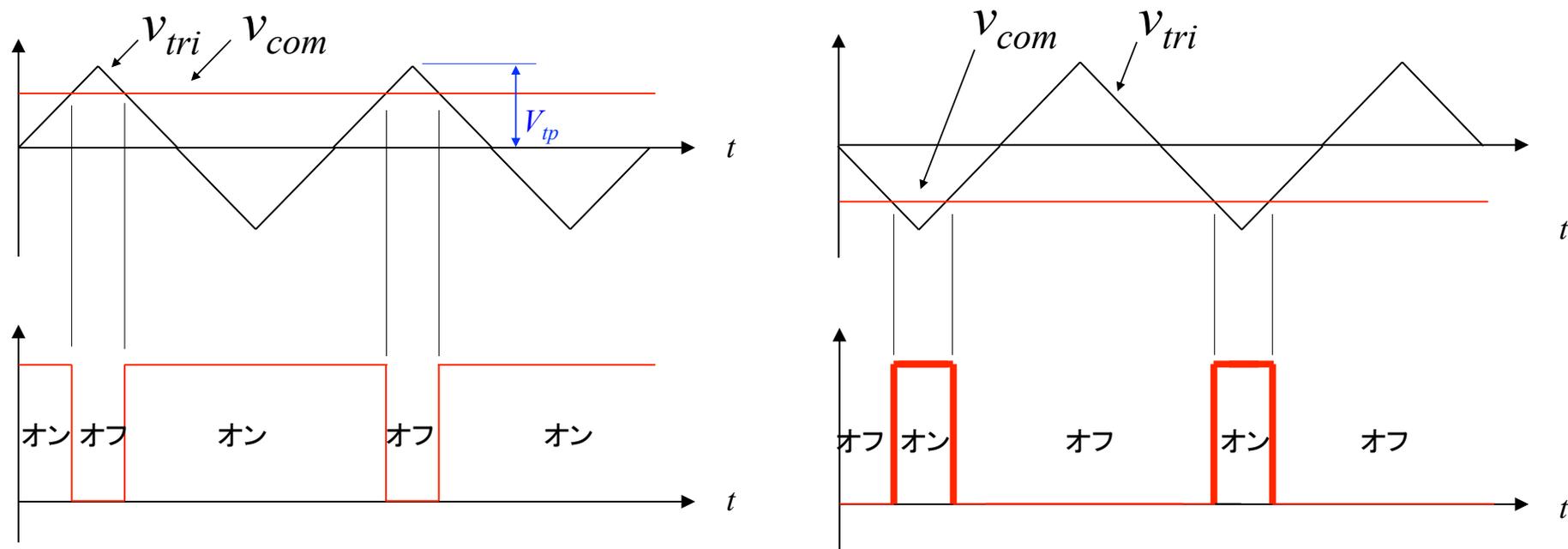
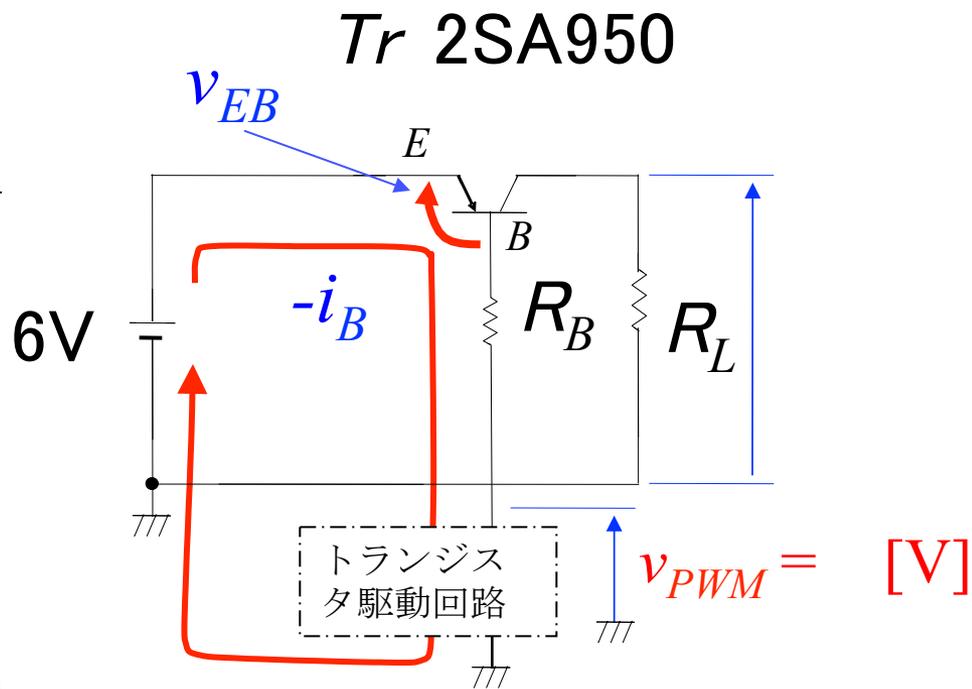
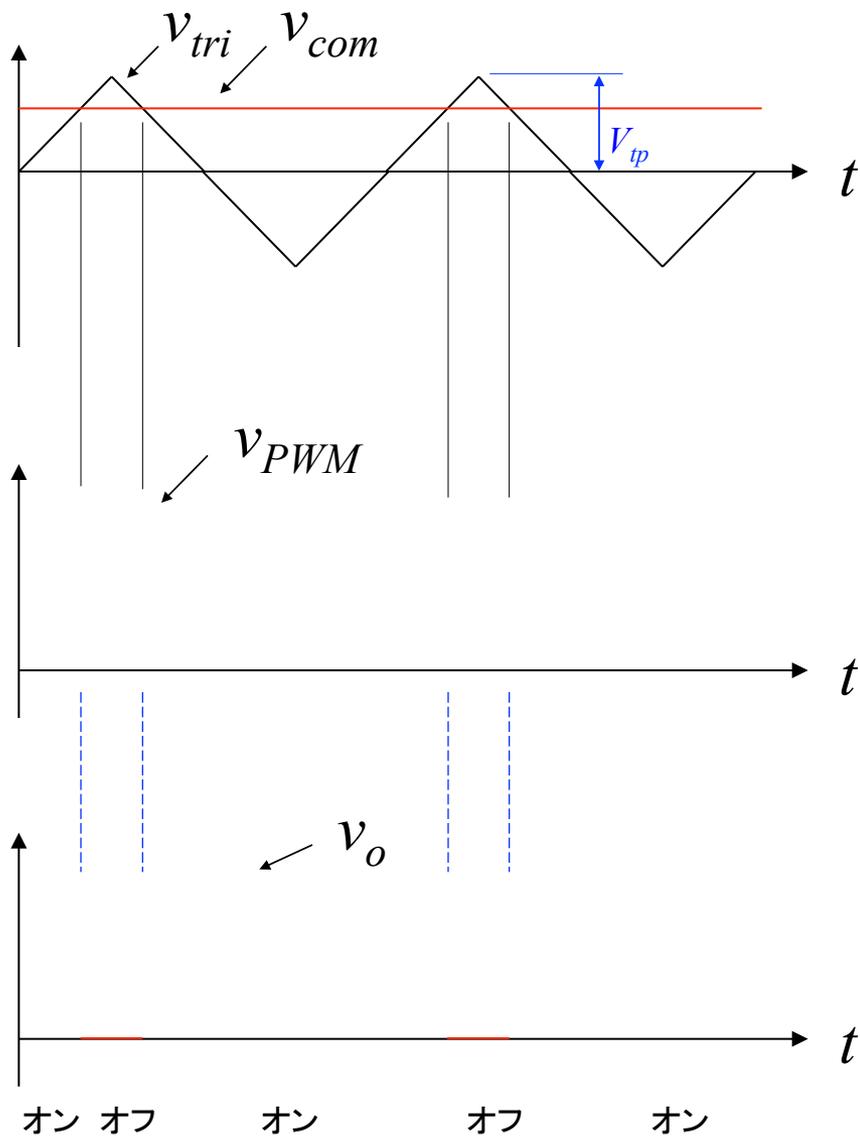
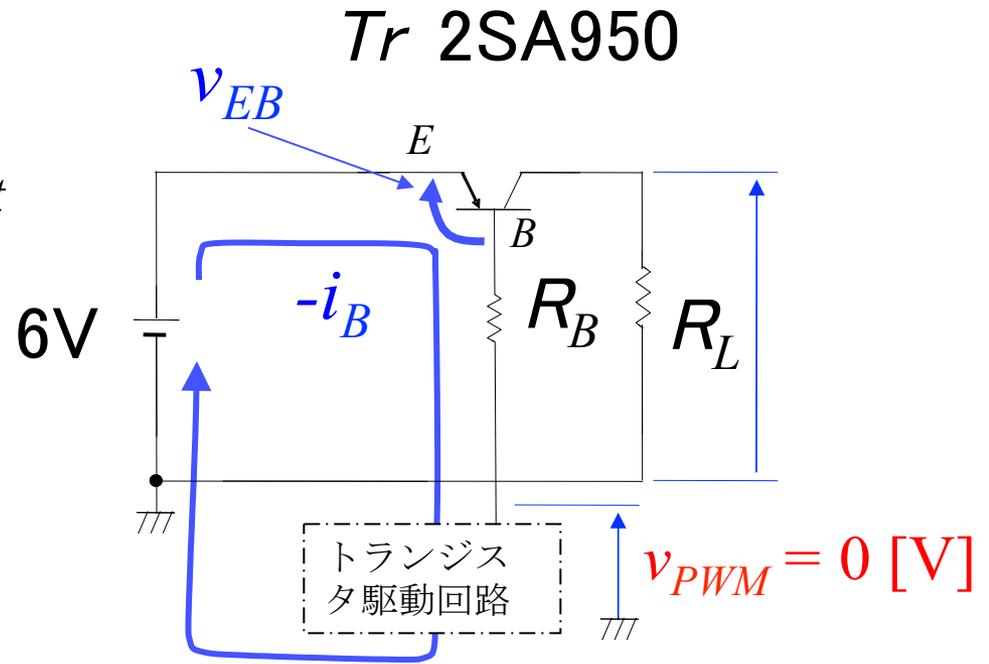
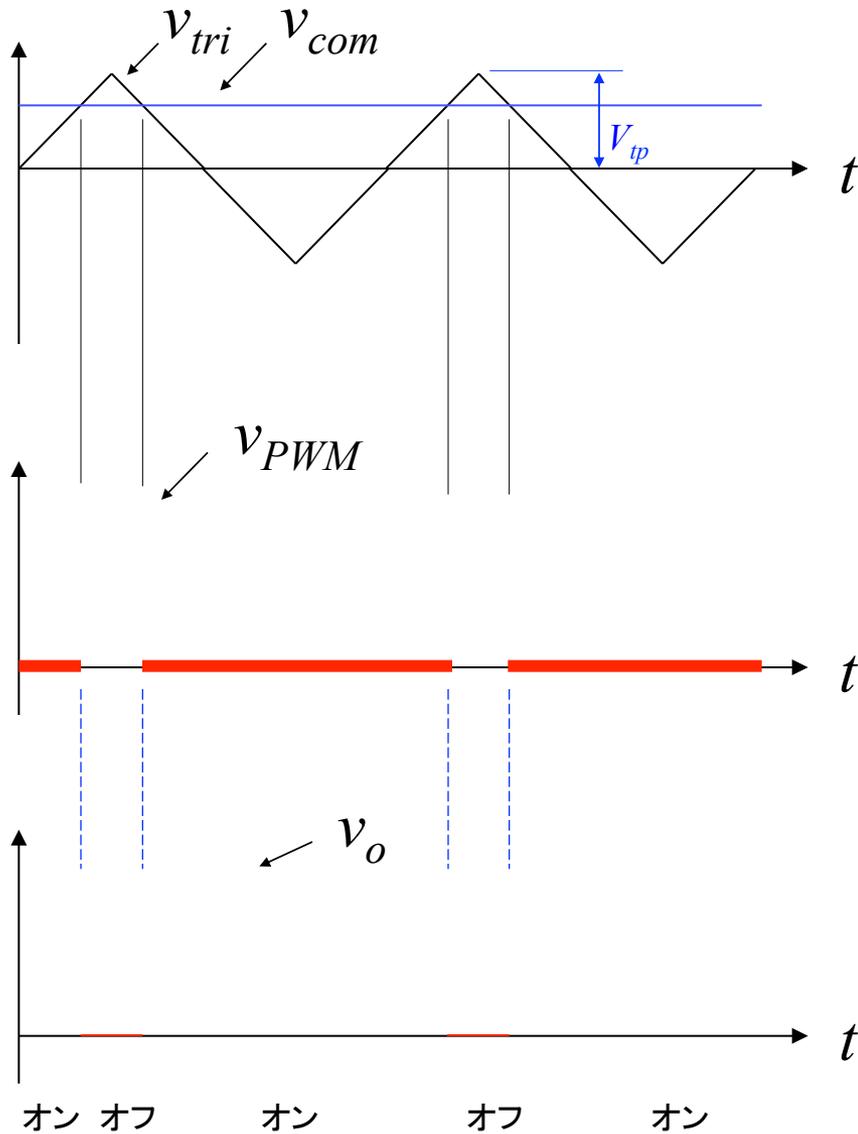


図4.22 PWM制御法

トランジスタの駆動法



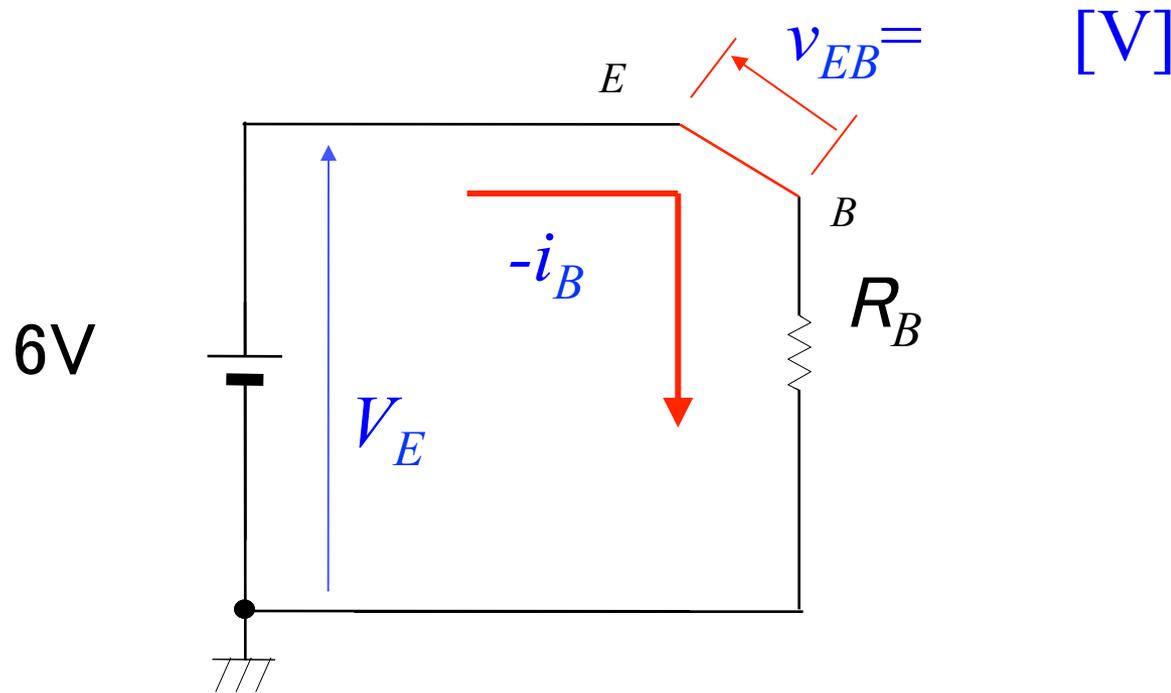
トランジスタの駆動法(Tr:オン)



トランジスタの駆動法(Tr:オン)

$v_{PWM} = 0$ [V]のとき

2SA950のようなPNPトランジスタはエミッタ・ベース間を図のようなダイオードでモデル化できる。

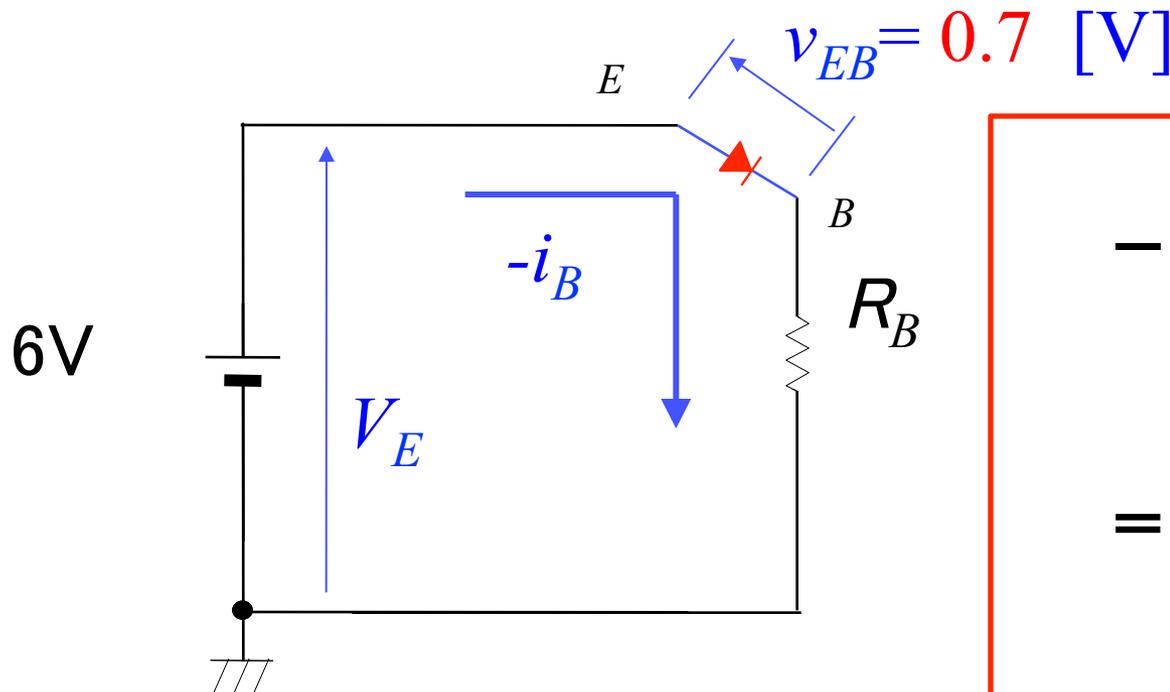


ベース・エミッタ等価回路

トランジスタの駆動法(Tr:オン)

$v_{PWM} = 0$ [V]のとき

2SA950のようなPNPトランジスタはエミッタ・ベース間を図のようなダイオードでモデル化できる。



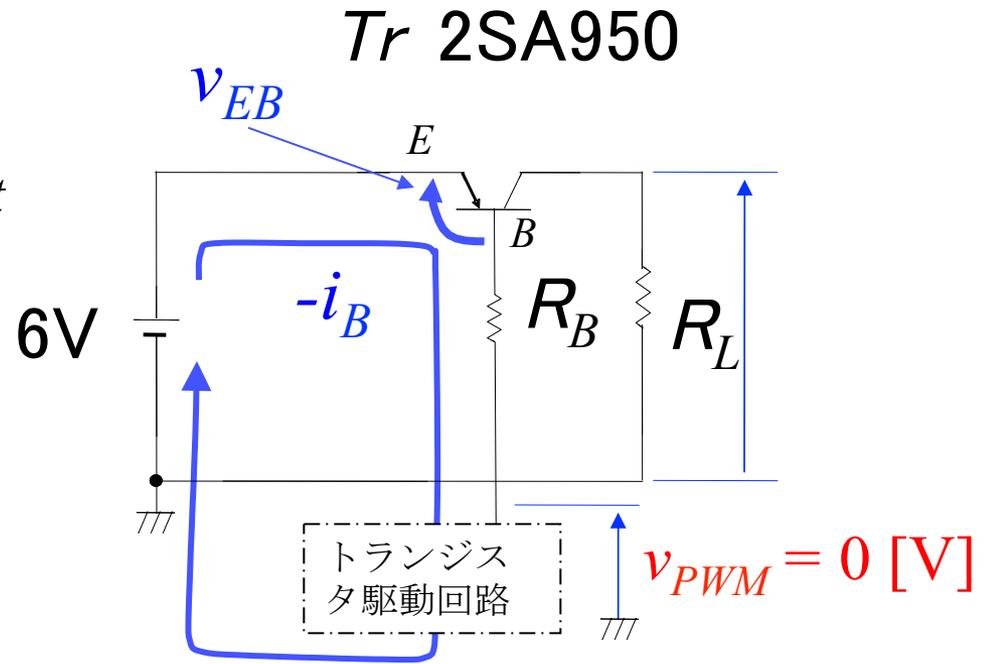
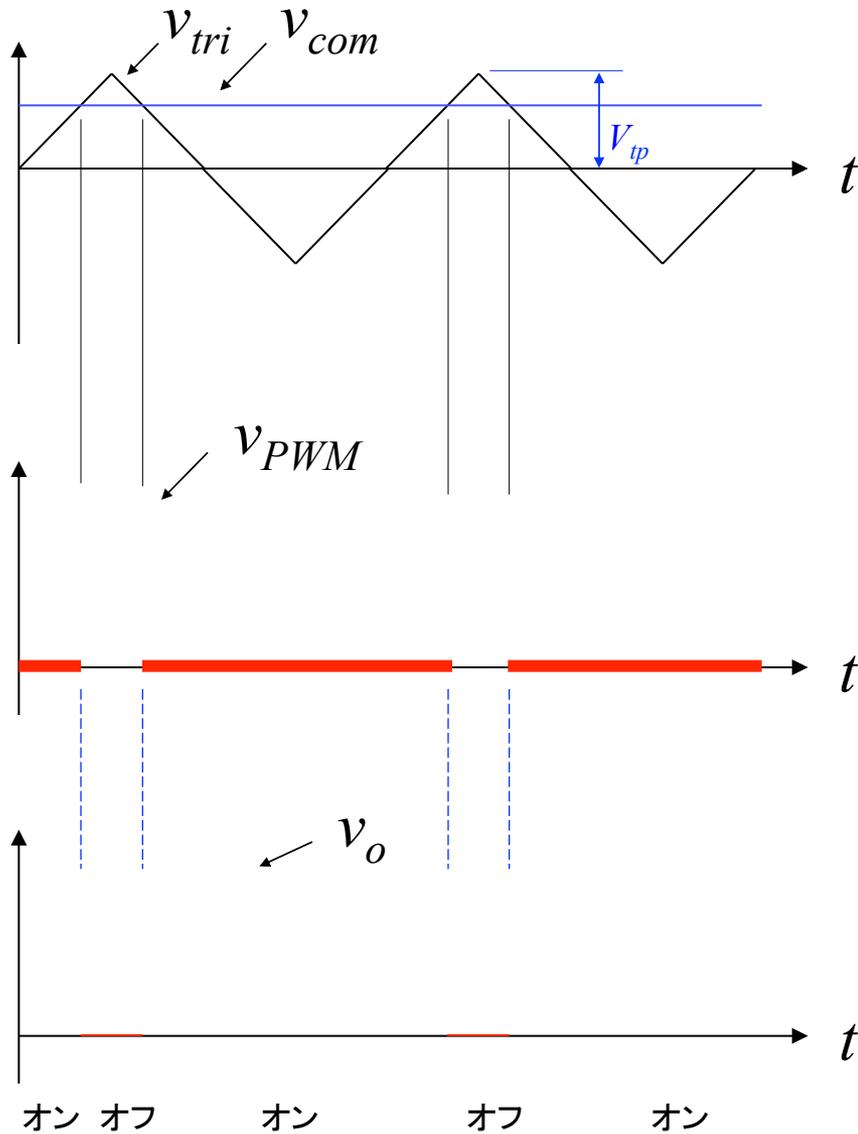
$$-i_B = \frac{V_E - v_{EB}}{R_B}$$

$$= \frac{6 - 0.7}{R_B}$$

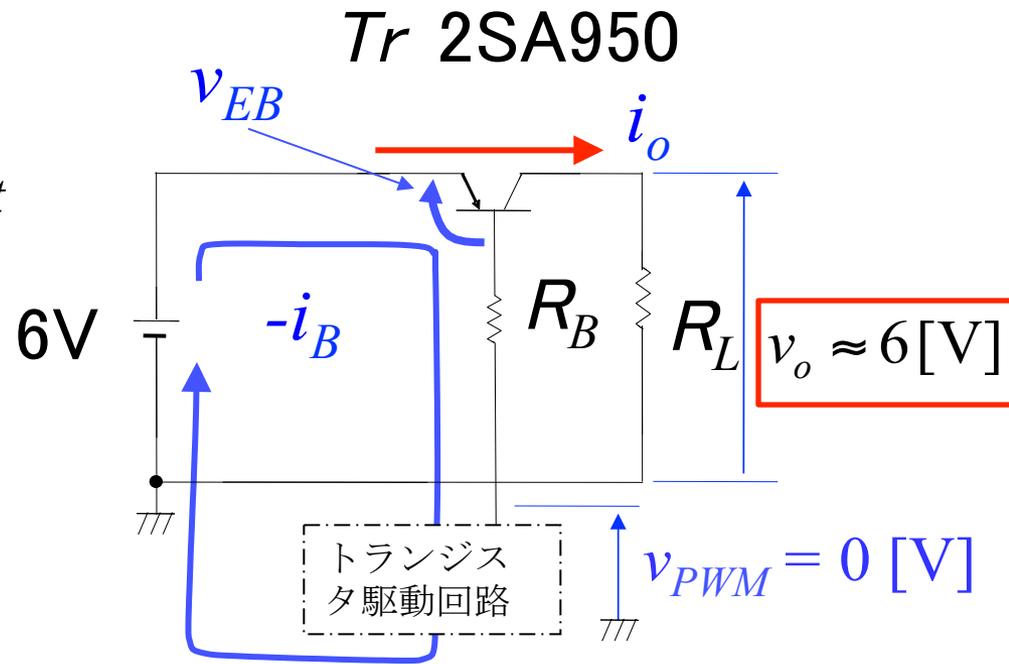
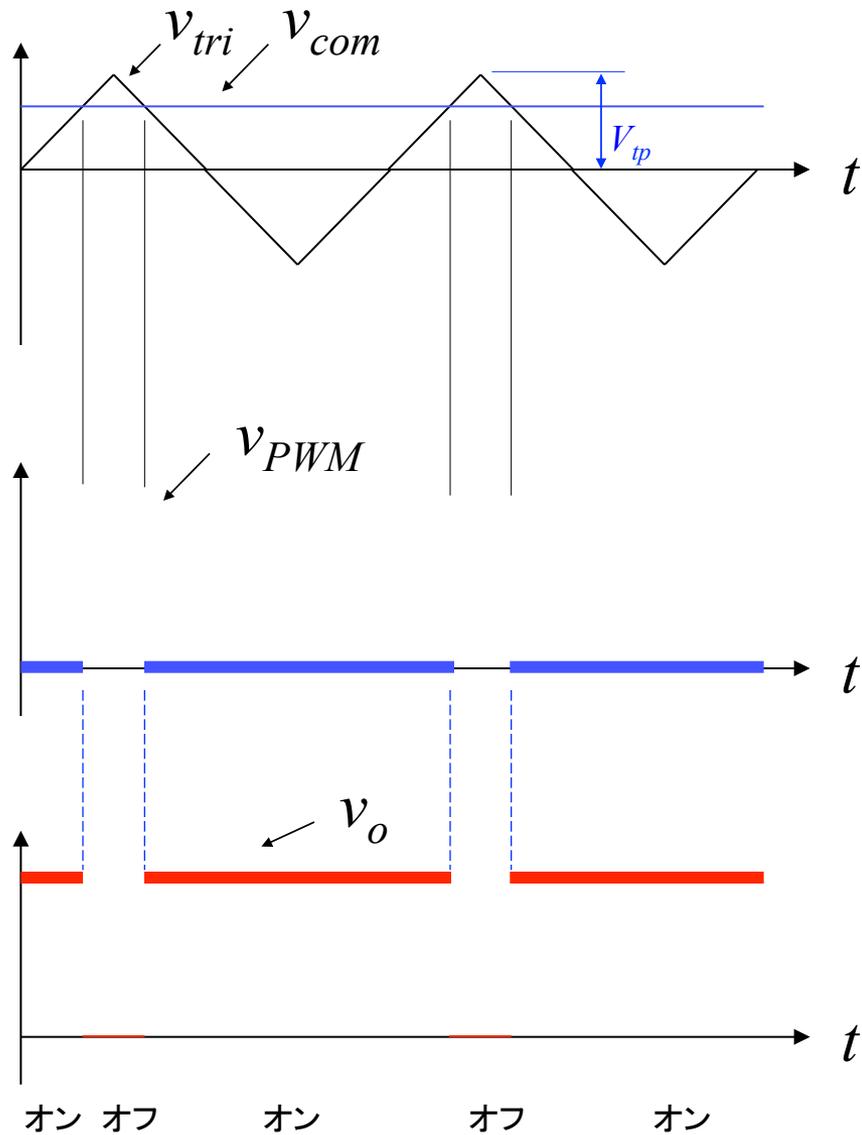
$$i_B < -6 \text{ [mA]}$$

ベース・エミッタ等価回路

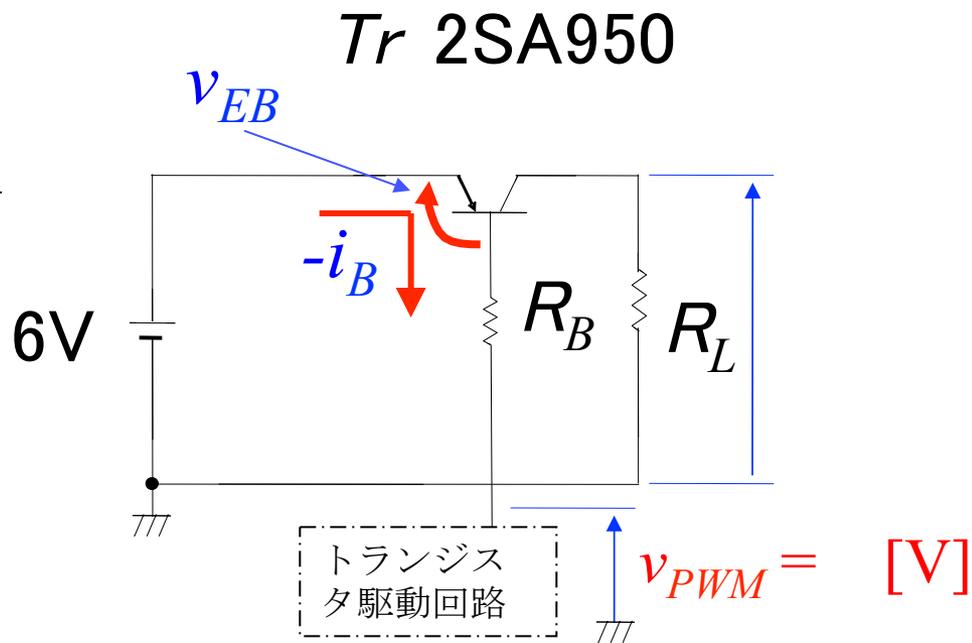
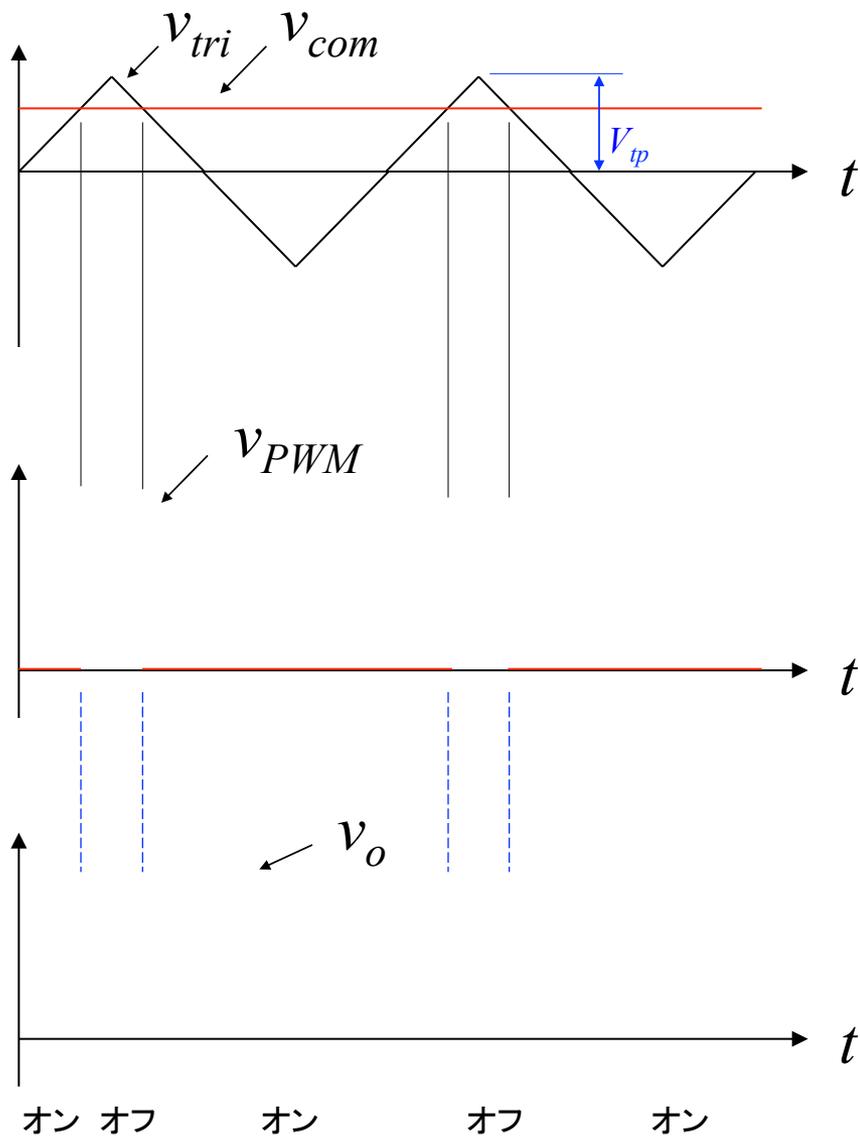
トランジスタの駆動法(Tr:オン)



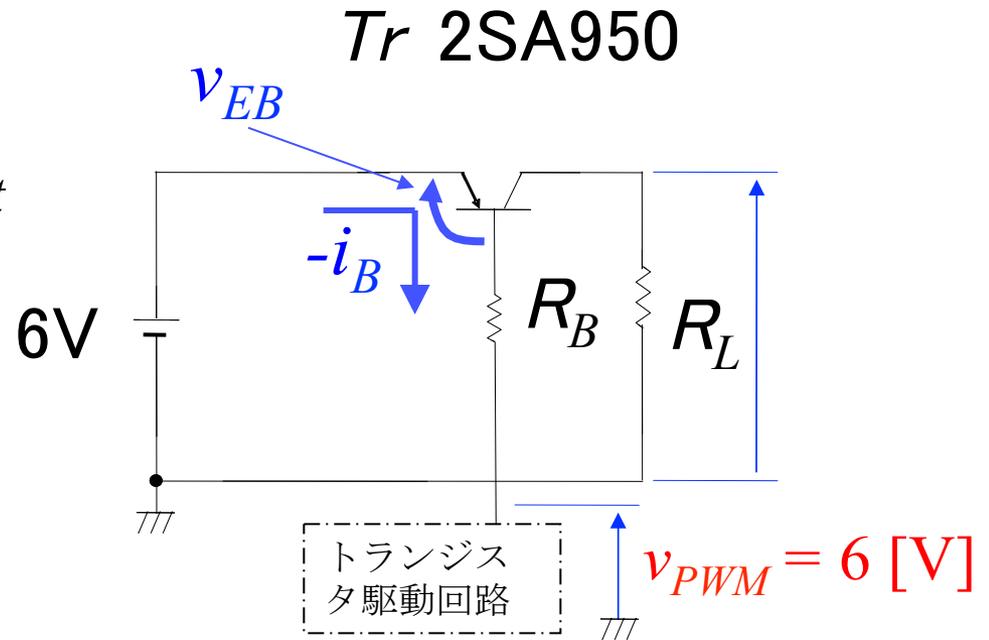
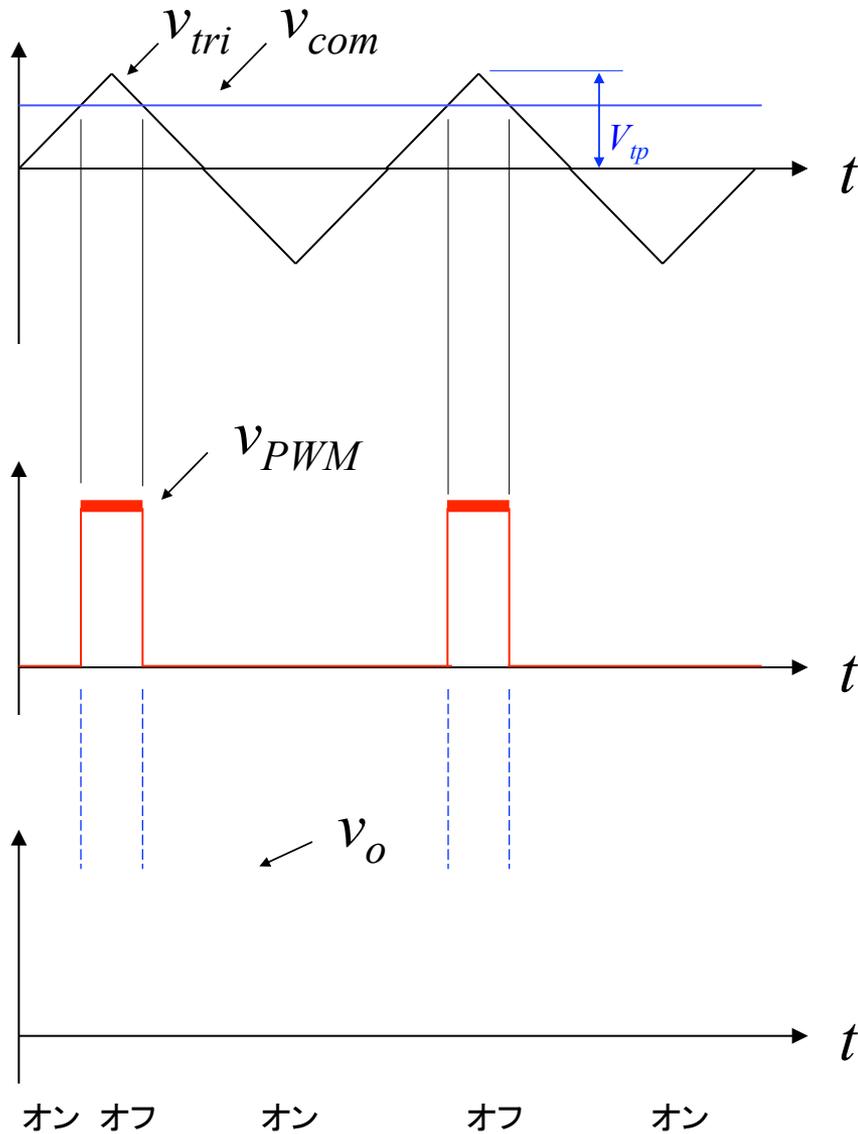
トランジスタの駆動法(Tr:オン)



トランジスタの駆動法

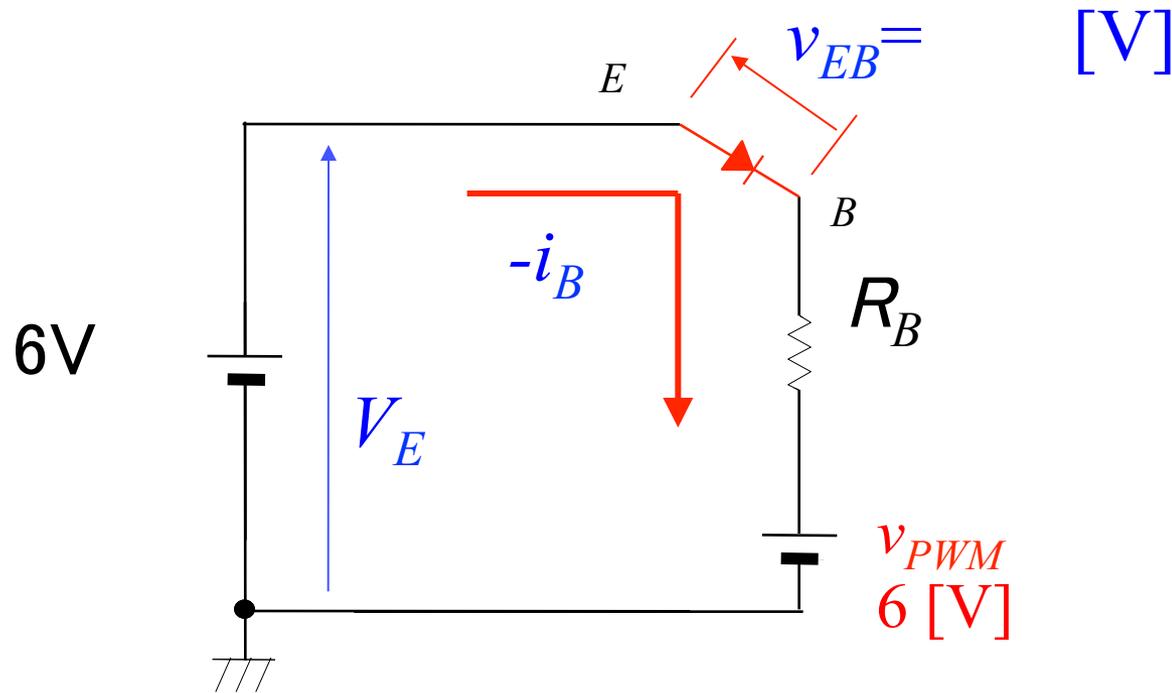


トランジスタの駆動法(Tr:オフ)



トランジスタの駆動法(Tr:オフ)

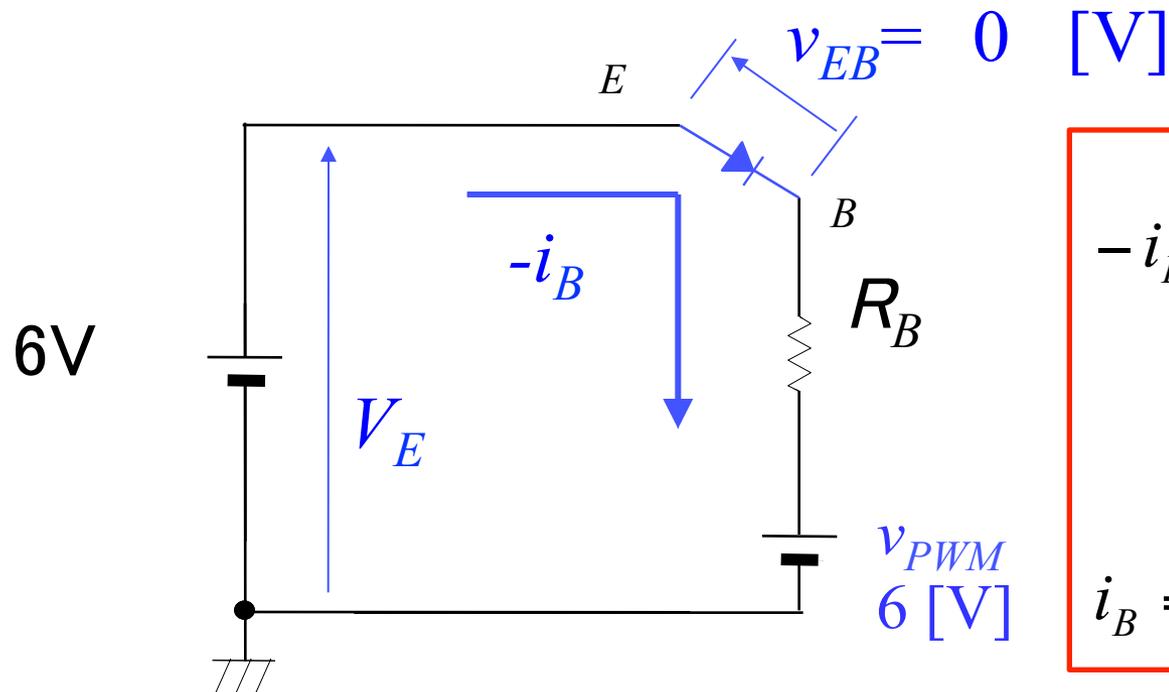
$v_{PWM} = 6$ [V]のとき



ベース・エミッタ等価回路

トランジスタの駆動法(Tr:オフ)

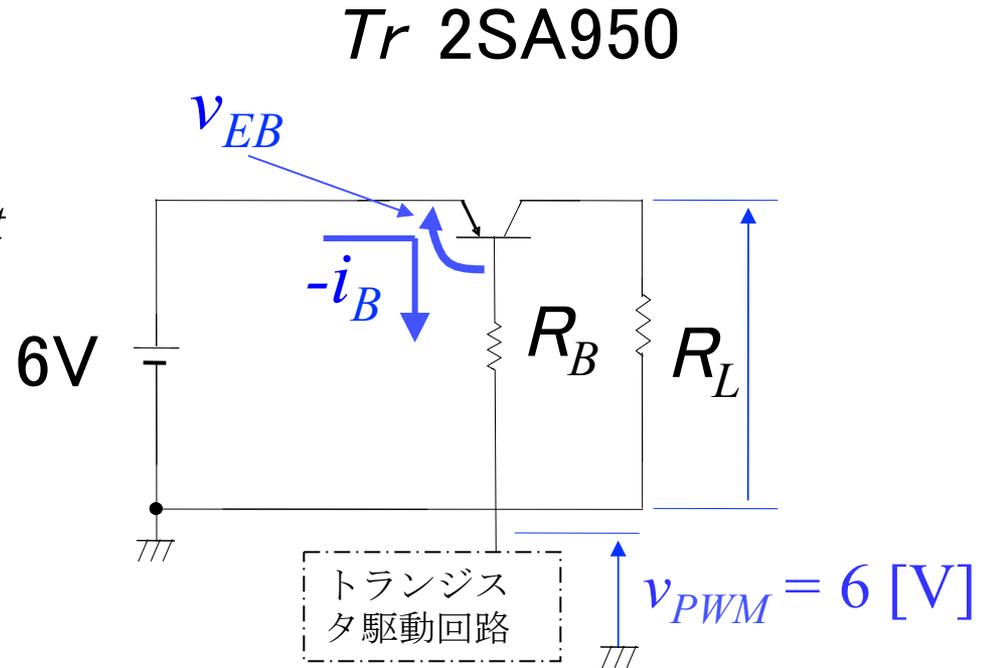
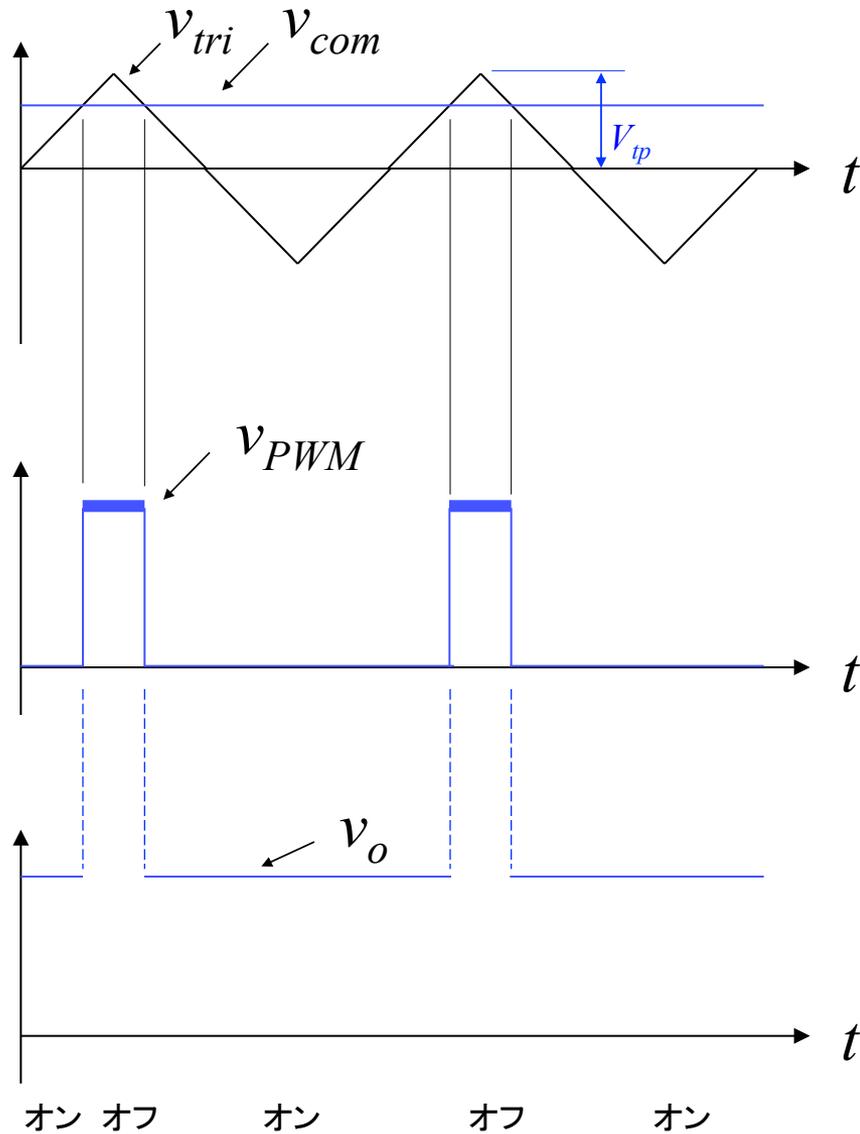
$v_{PWM} = 6$ [V] のとき



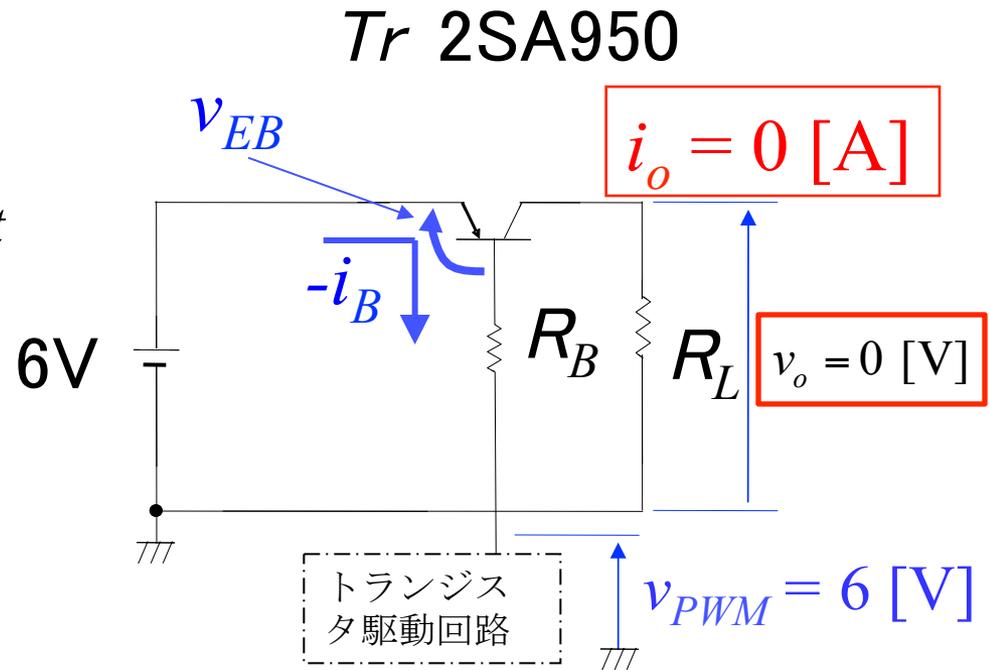
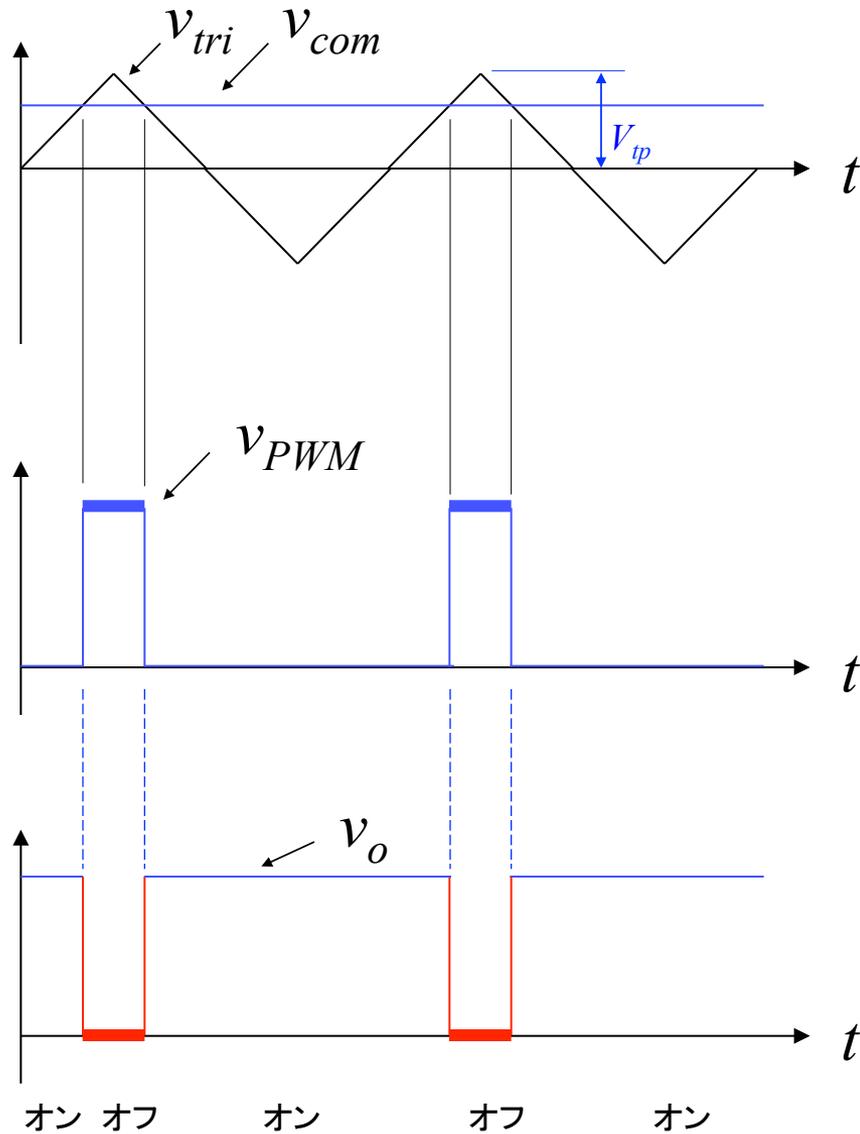
$$\begin{aligned} -i_B &= \frac{V_E - v_{BE} - v_{PWM}}{R_B} \\ &= \frac{6 - 0 - 6}{R_B} = 0 \text{ [mA]} \\ i_B &= 0 \text{ [mA]} \end{aligned}$$

ベース・エミッタ等価回路

トランジスタの駆動法(Tr:オフ)



トランジスタの駆動法(Tr:オフ)

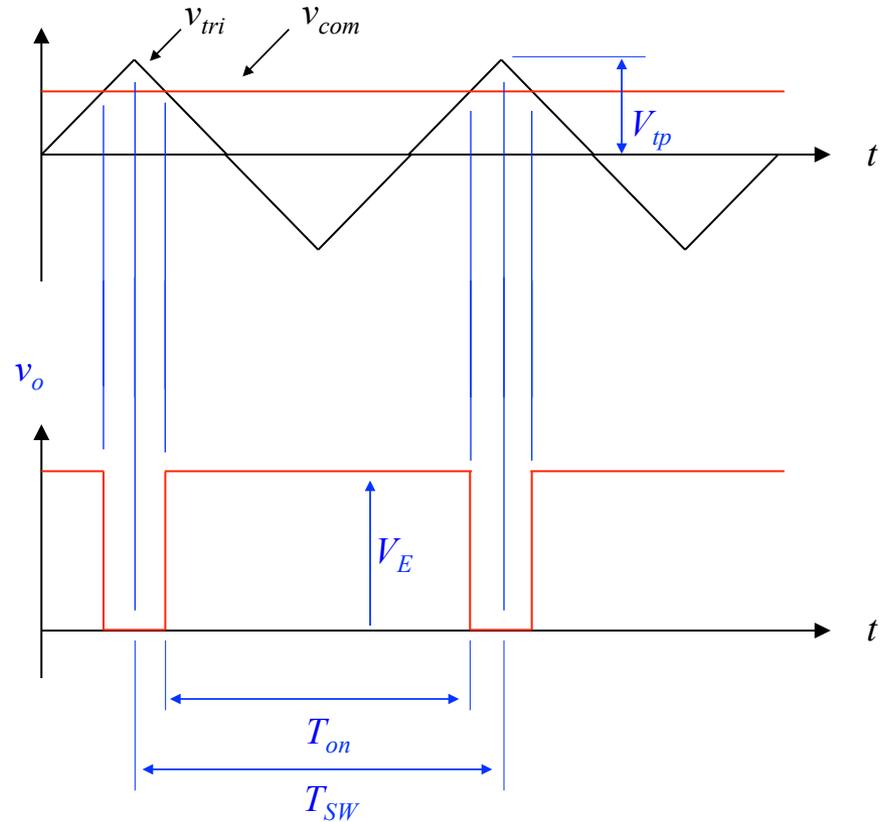


Step3 レポート課題(1)

トランジスタのオン期間 T_{on} とスイッチング周期 T_{sw} の比を通流率 δ という. 三角波の電圧 v_{tri} と指令電圧 v_{com} およびチョッパ回路の出力電圧 v_o が図に示す関係にあるとき, 以下を求めよ. ただし, 三角波のピーク値を V_{tp} , トランジスタオン時のチョッパ回路の出力電圧を V_E とする.

- (a) 通流率 δ と v_{com} の関係
- (b) 出力電圧の平均値 V_o と v_{com} の関係

いずれの解答も導出の過程を記せ.



$$\delta = \frac{T_{on}}{T_{sw}}$$

δ : 通流率

T_{on} : トランジスタのオン期間

T_{sw} : スイッチング周期

Step3 レポート課題(2)

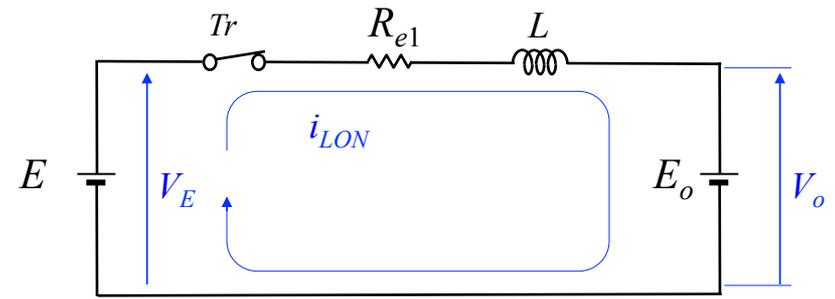
図4.16は降圧チョッパ回路においてトランジスタをスイッチとみなし、スイッチ・オン時とスイッチ・オフ時の等価回路を示す。電源 E の電圧 V_E 、出力側の等価電源 E_o の電圧を V_o 、インダクタンスを L 、スイッチ・オン時の等価抵抗を R_{e1} 、オフ時の等価抵抗を R_{e2} とする。また、スイッチ・オン時のスイッチの抵抗はゼロ、ダイオード D のオン電圧も0 [V]とする。以下の問いに答えよ。

(a) スイッチ・オン時の回路方程式を示し、時刻 $t = 0$ にて電流 $i_{LON} = 0$ としてこの微分方程式を解け。

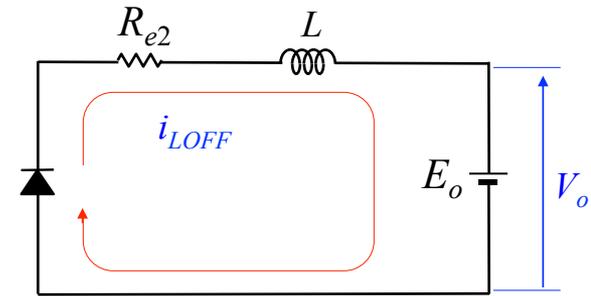
(b) スイッチ・オフ時の回路方程式を示し、時刻 $t = 0$ にて電流 $i_{LOFF} = i(0)$ としてこの微分方程式を解け。

(c) スイッチング周期 $T_{sw} = 100[\mu s]$ 、通流率 $\delta = 0.5$ 、 $V_E = 6 [V]$ 、 $V_o = 3 [V]$ 、 $R_{e1} = R_{e2} = 10 [\Omega]$ 、 $L = 400 [\mu H]$ のときの i_{LON} 、 i_{LOFF} の波形の概形は右下の図となる。この設定において通流率 $\delta = 0.8$ としたときの i_{LON} 、 i_{LOFF} の波形の概形を最初の1周期について描け。

(d) (c)の設定において $\delta = 0.8$ 、 $T_{sw} = 4 [\mu s]$ としたときの i_{LON} 、 i_{LOFF} の波形の概形を最初の1周期について描け。



(a) スイッチ・オン



(b) スイッチ・オフ

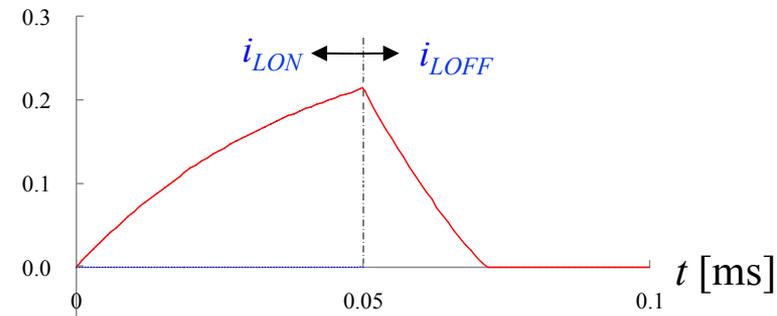


図4.16 降圧チョッパ回路の簡略等価回路