2020.8.7　初版作成

# $R_E$ にかかる電圧

p.302 の誤りを修正し、

$v_O$ の取りうる範囲は $R_EI_C \sim V_{CC}$

と記述した。電流帰還バイアス回路において $v_O$ の波形は図 1 のようになる。本文書では $v_O$ の下限が $R_EI_C$ となることを説明する。

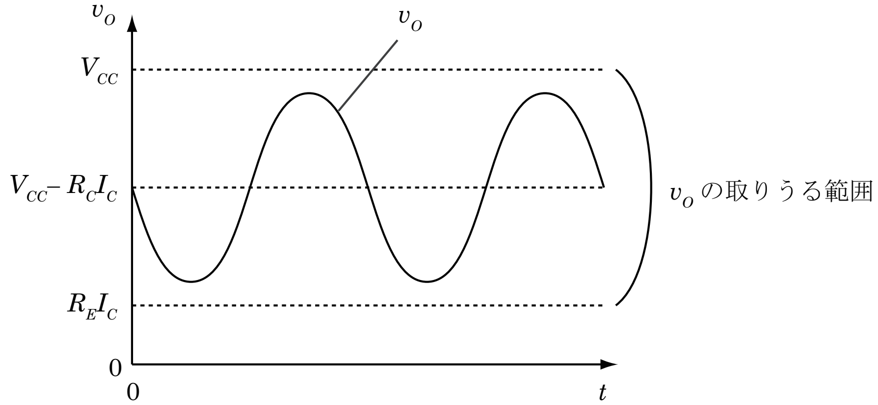



図 1　$v_O$ の波形

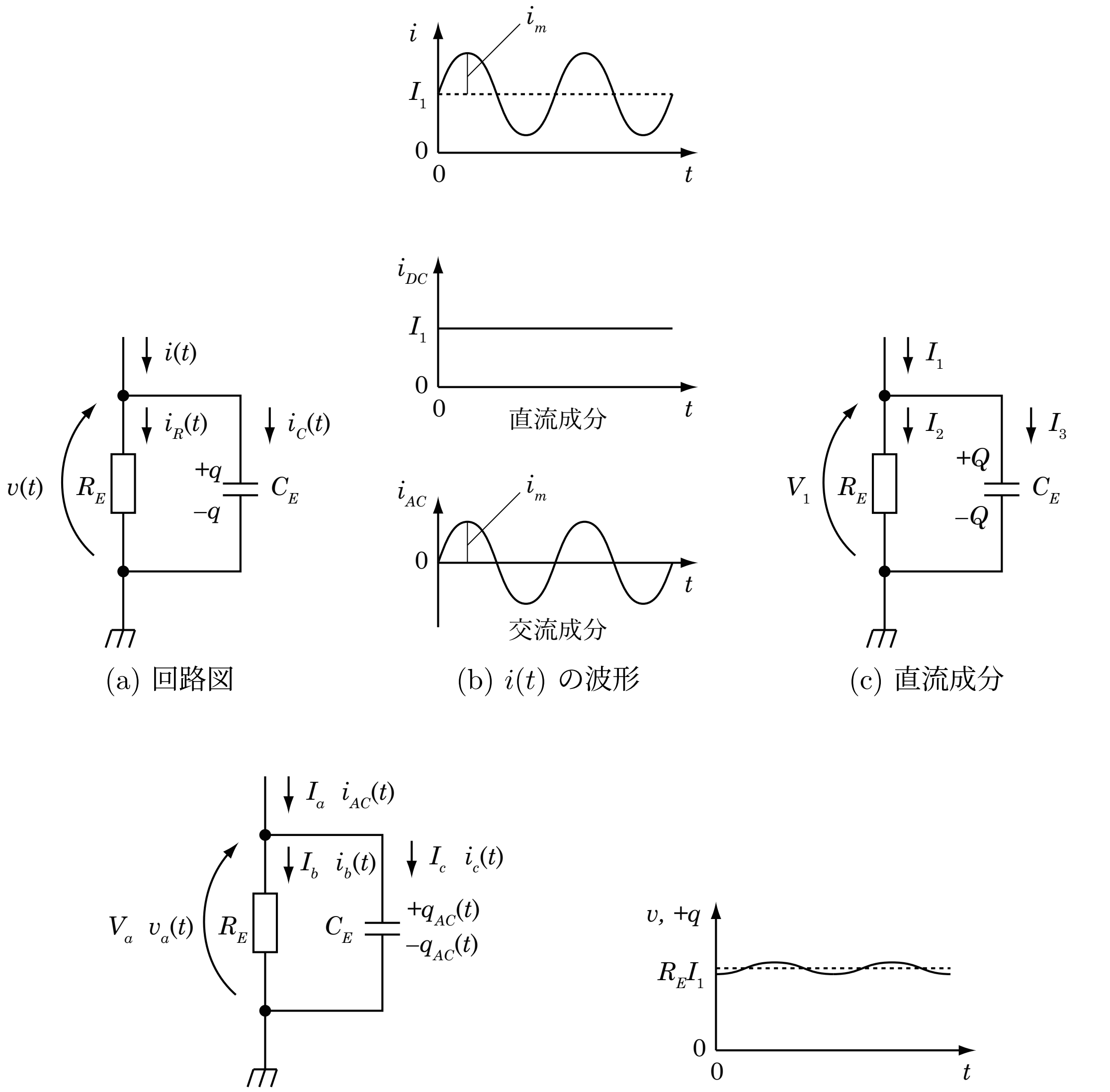
エミッタより下側について考える。エミッタより下側を取り出すと図 2(a) となる。この回路の $i(t)$ が同図 (b) の波形の場合、$i_R(t)$, $i_C(t)$, $v(t)$ がどうなるかを考える。$C_E$ は非常に大きな値であることを仮定する。

電流 $i(t)$ は直流成分 $i_{DC}(t)$ と交流成分 $i_{AC}(t)$ が重畳されたものである。直流と交流に分けて考え、重ねあわせることで結果を得る。

図 2(c) のように直流成分について考える。コンデンサは直流を通さないので、$I_1 = I_2$, $I_3 = 0$ である。$V_1 = R_EI_1$ であり、コンデンサには $Q = C_EV_1$ の電荷が蓄積される。$C_E$ は非常に大きな値なので、$Q$ も大きな値である。

次に、図 2(d) のように交流成分について考える。複素記号法を用いて考える。$i_{AC}$ を複素記号法で表したものを $I_a$ とする。$C_E$ は非常に大きな値であり、

$$\frac{1}{j\omega C_E} \simeq 0 \tag{1}$$




(a) 回路図 (b) $i(t)$ の波形 (c) 直流成分

(d) 交流成分 (e) $v(t)$ の波形

図 2 回路と波形

であることを仮定する。p.25 において、「抵抗の並列接続において、抵抗値が大きく異なるとき、大きい方の抵抗は無視できる」ことを学んだ。インピーダンスについても同様に、

$$\left|\frac{1}{j\omega C_E}\right| \ll R_E \tag{2}$$

なので、

$$\begin{aligned} I_b &\simeq 0 \quad (3) \\ I_c &= I_a \quad (4) \end{aligned}$$

である。時間領域で表すと、

$$\begin{aligned} i_b(t) &\simeq 0 \quad (5) \\ i_c(t) &= i_{AC}(t) \quad (6) \end{aligned}$$

である。

$$V_a = \frac{1}{j\omega C_E} I_c \tag{7}$$

であり、$\frac{1}{j\omega C_E} \simeq 0$ より $V_a \simeq 0$ である。すなわち、電圧の交流成分はほぼ 0 である。時間領域においては $v_a(t) \simeq 0$ となる。

以上を重ねあわせる。$i_R(t)$ は一定値 $I_{DC}$ であり、$i_C(t) = i_{AC}(t)$ である。$v(t)$ は図 2(e) のようになり、ほぼ一定値 $R_E I_1$ となる。ゆえに、教科書の電流帰還バイアス回路の出力 $v_O$ の下限は $R_E I_C$ である。

コンデンサに蓄えられる電荷量について考察する。交流 $i_c(t)$ がコンデンサを流れるとき、コンデンサには

$$q_{AC}(t) = \int i_c(t)\ dt \tag{8}$$

の電荷が蓄えられる。$i_c(t)$ はプラスマイナスに変化するので、$q_{AC}$ もプラスマイナスに変化する。「コンデンサの電圧」と「蓄積される電荷」は

$$q_{AC}(t) = C_E v_a(t) \tag{9}$$

の関係がある。(9) の $C_E$ は非常に大きな値であるため、$q_{AC}(t)$ がある程度の大きさの値であっても $v_a(t) \simeq 0$ である。

コンデンサに蓄えられる電荷の直流成分と交流成分を比べると、

$$Q \gg q_{AC}(t) \tag{10}$$

である。