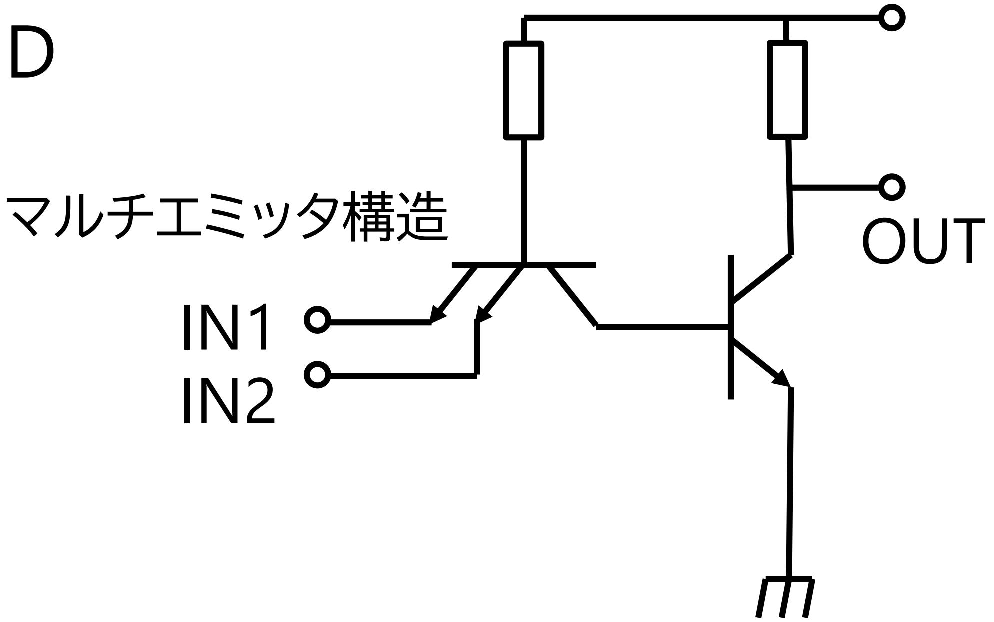
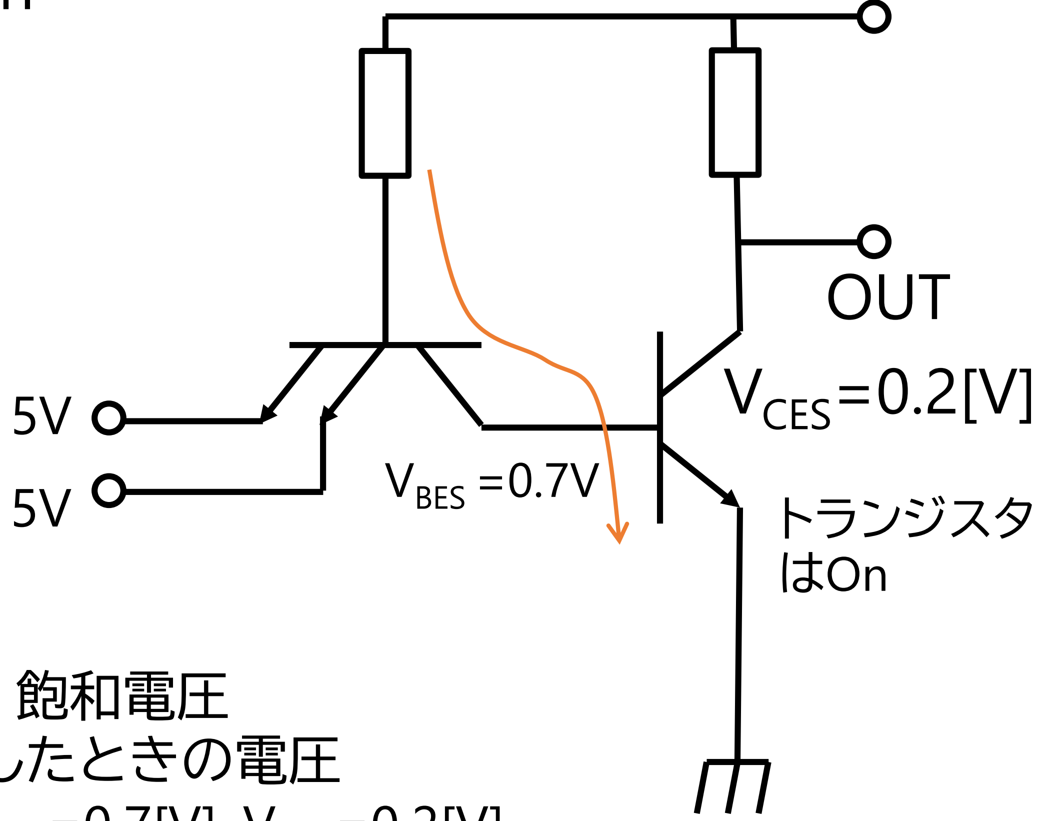
接合トランジスタによる論理回路

- Transistor-transistor logic (TTL)
  - 接合トランジスタを組合せて作られる論理回路
    - 接合トランジスタによる論理回路の方式としては，もっとも普及
- 簡易的な回路の例
  - NAND

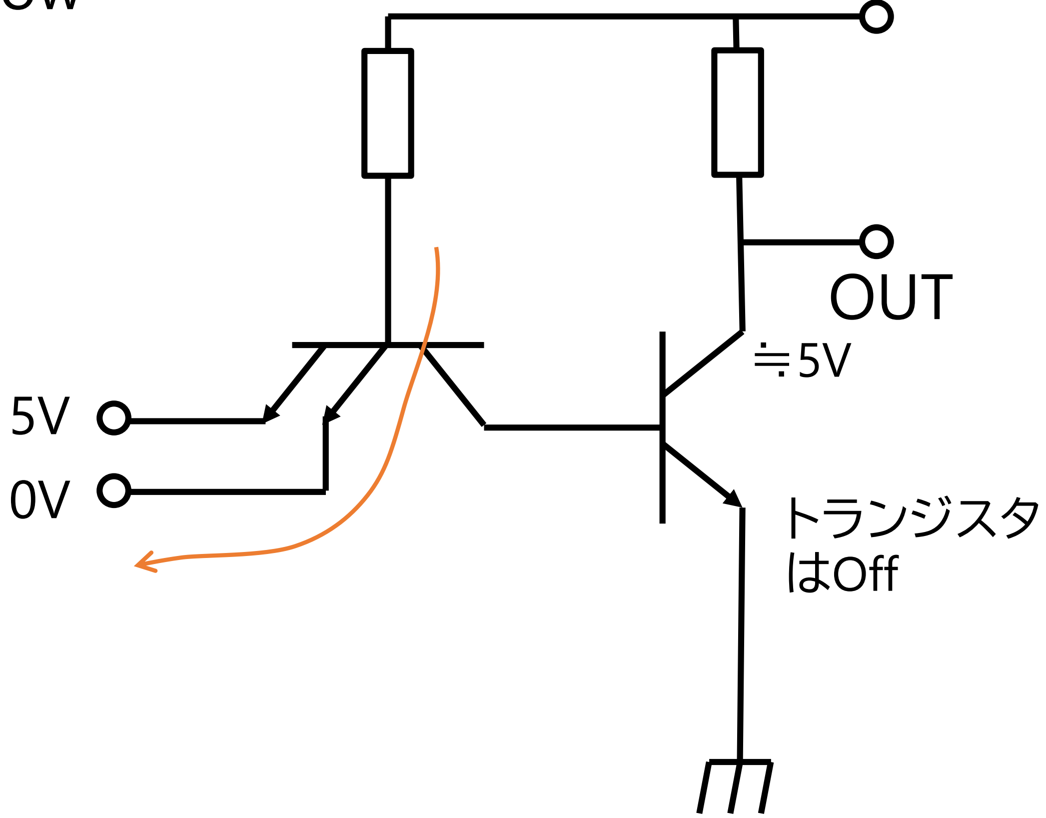


接合トランジスタによる論理回路
簡易的な回路

- 入力が両方
  high



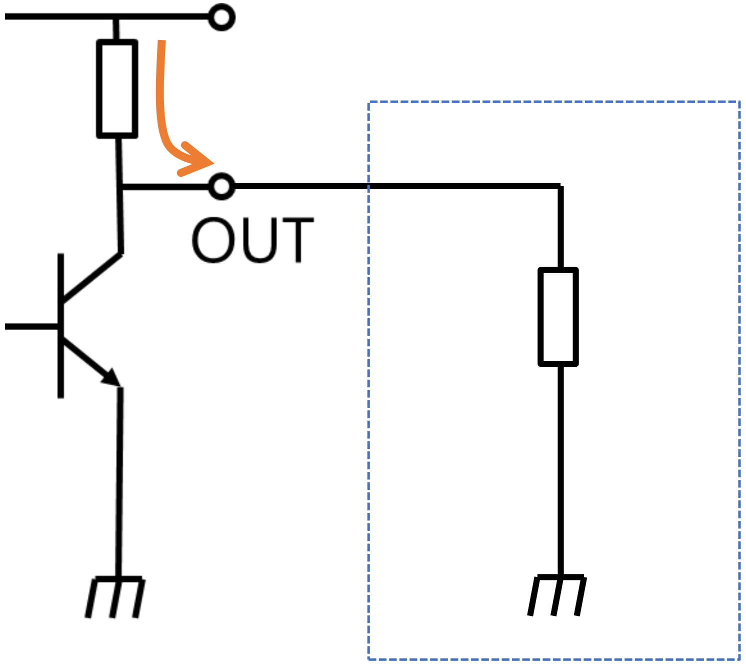
- 入力一方が
  low



V_{BES}, V_{CES}: 飽和電圧
飽和したときの電圧
例. V_{BES}=0.7[V], V_{CES}=0.2[V]

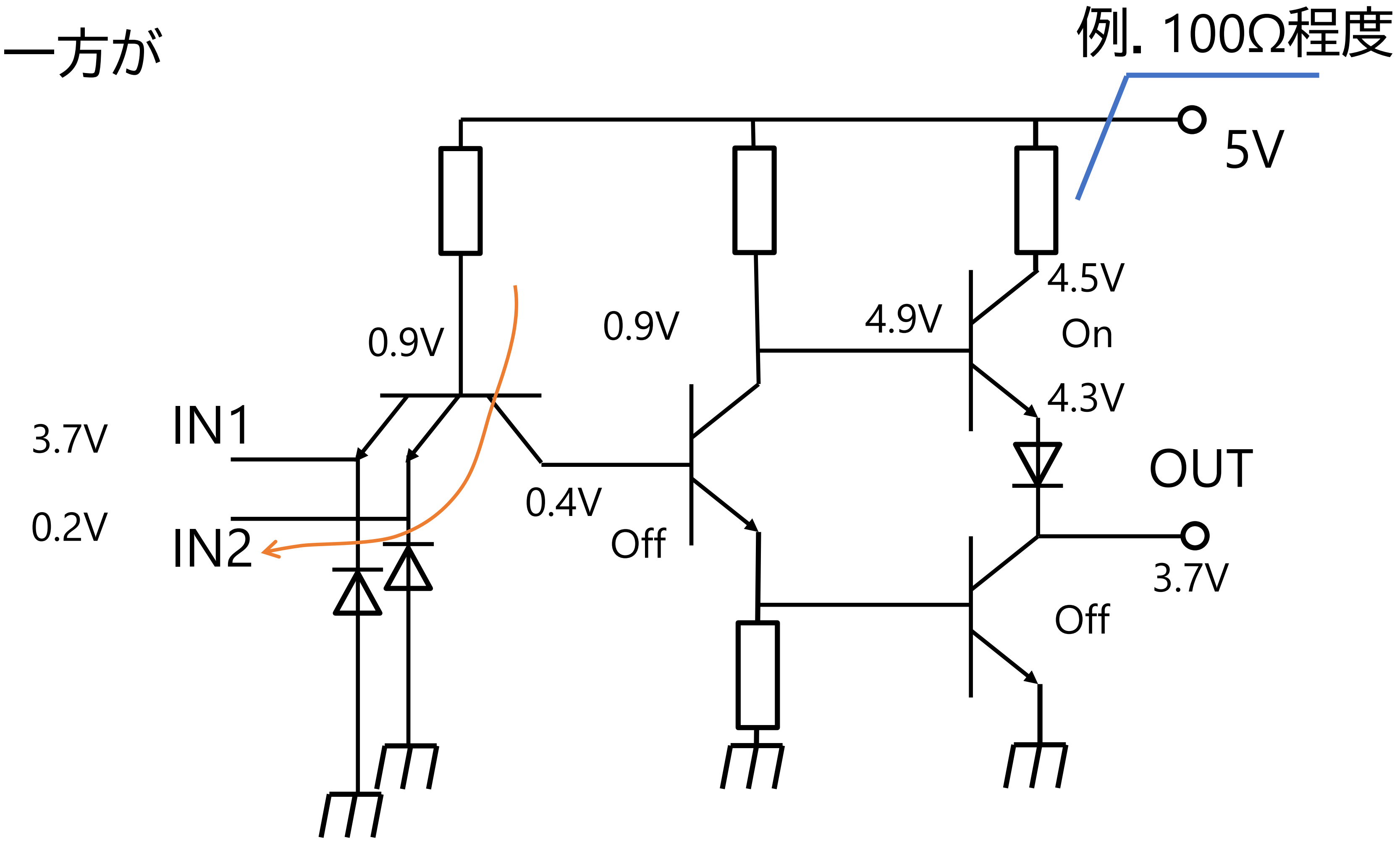
単純な回路の問題点

- 抵抗値が比較的大きい
  - 数KΩ
  - （出力インピーダンスが高いという）
- 出力がHighのとき, 回路を接続すると, 電圧の低下が大きい



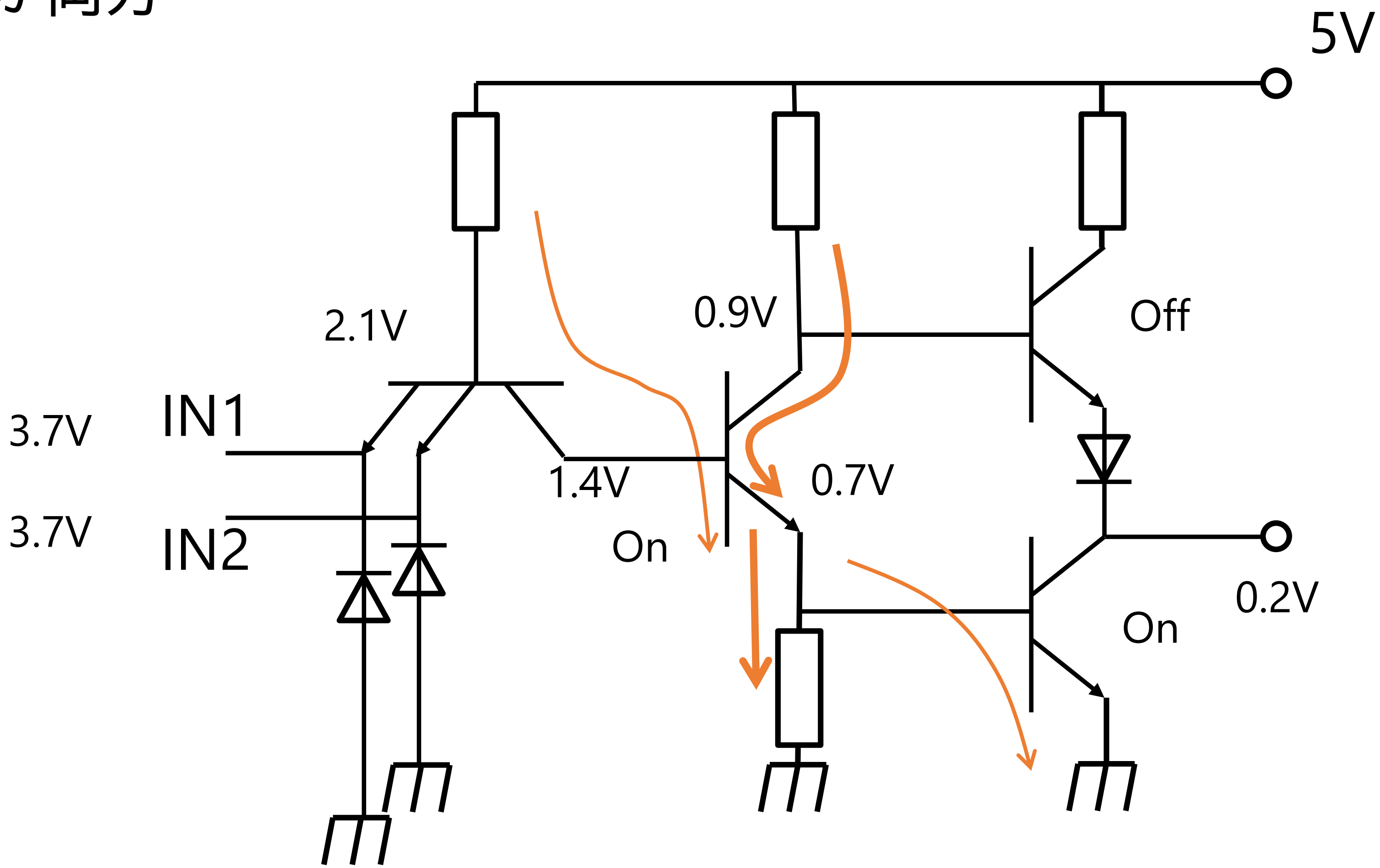
トーテムポール出力を用いた回路(NAND)

- 入力一方が low



トーテムポール出力を用いた回路(NAND)

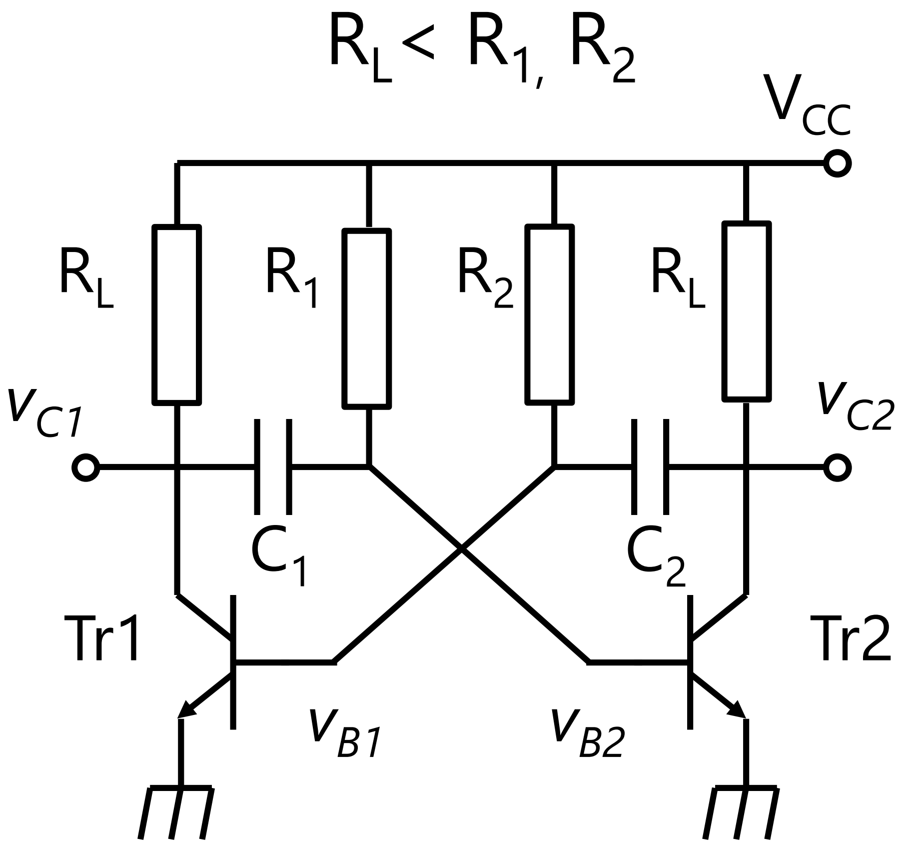
- 入力が両方
  high

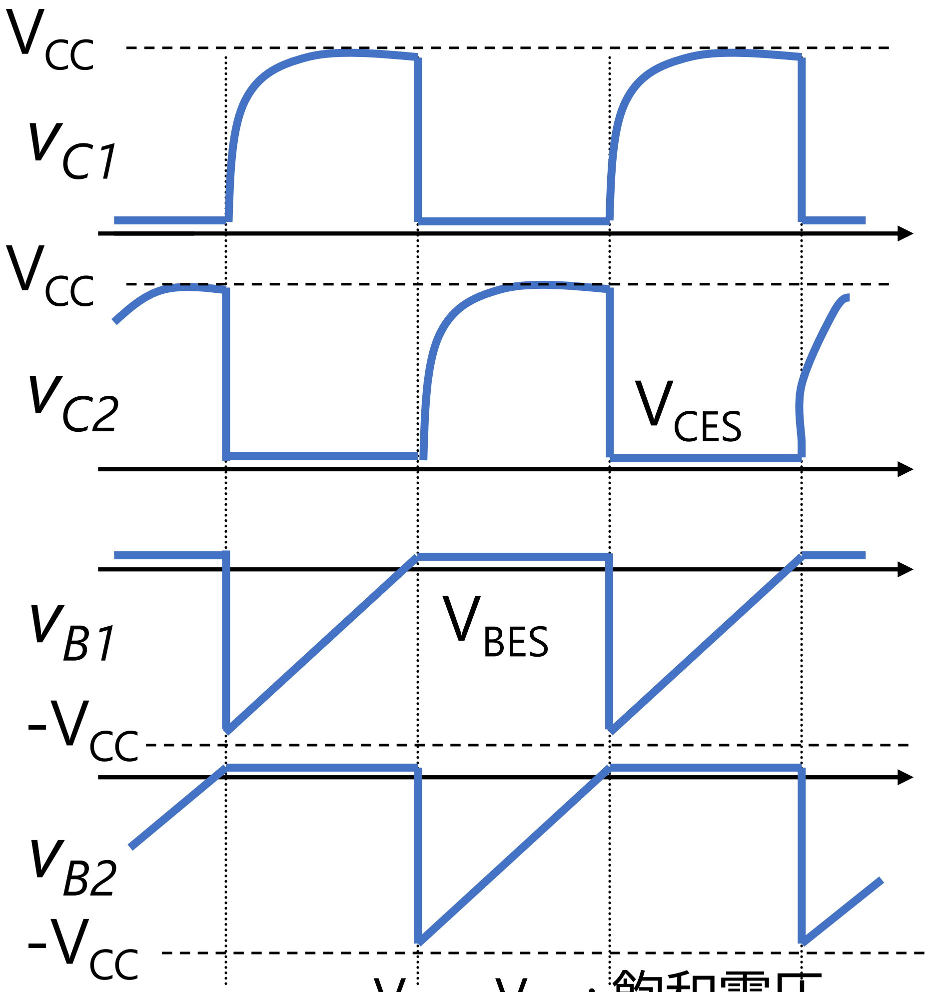


マルチバイブレータ
multivibrator

- 2個の増幅用素子(トランジスタなど)で構成される, 2状態を遷移する回路
- 種類
  - 非安定 (無安定, astable) ☚
    - 安定せず2状態を行き来して発振
  - 単安定(monostable)
    - 外部イベントで非安定状態に遷移
    - 一定時間たつと安定状態に遷移
  - 双安定(bistable)
    - 外部イベントで, 異なる安定状態に遷移
    - Flip-flop
      - 1ビットを保存できる回路

非安定マルチバイブレータ



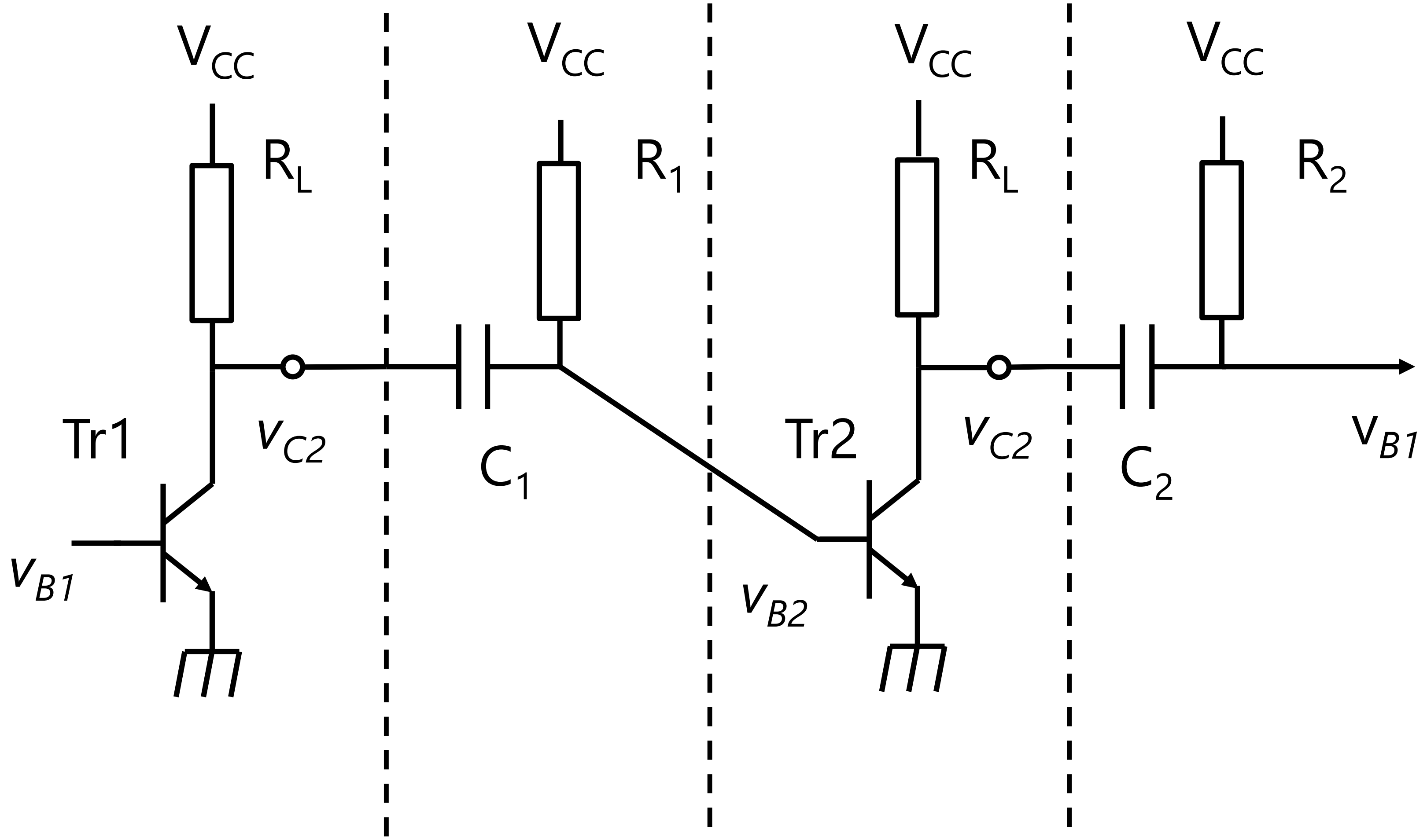


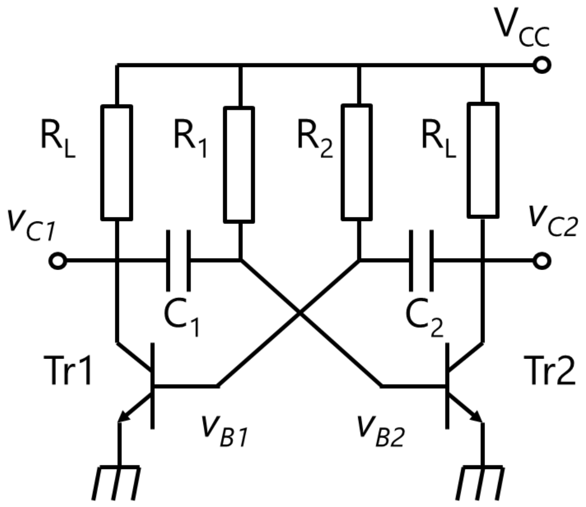
V_{BES}, V_{CES}: 飽和電圧

飽和したときの電圧

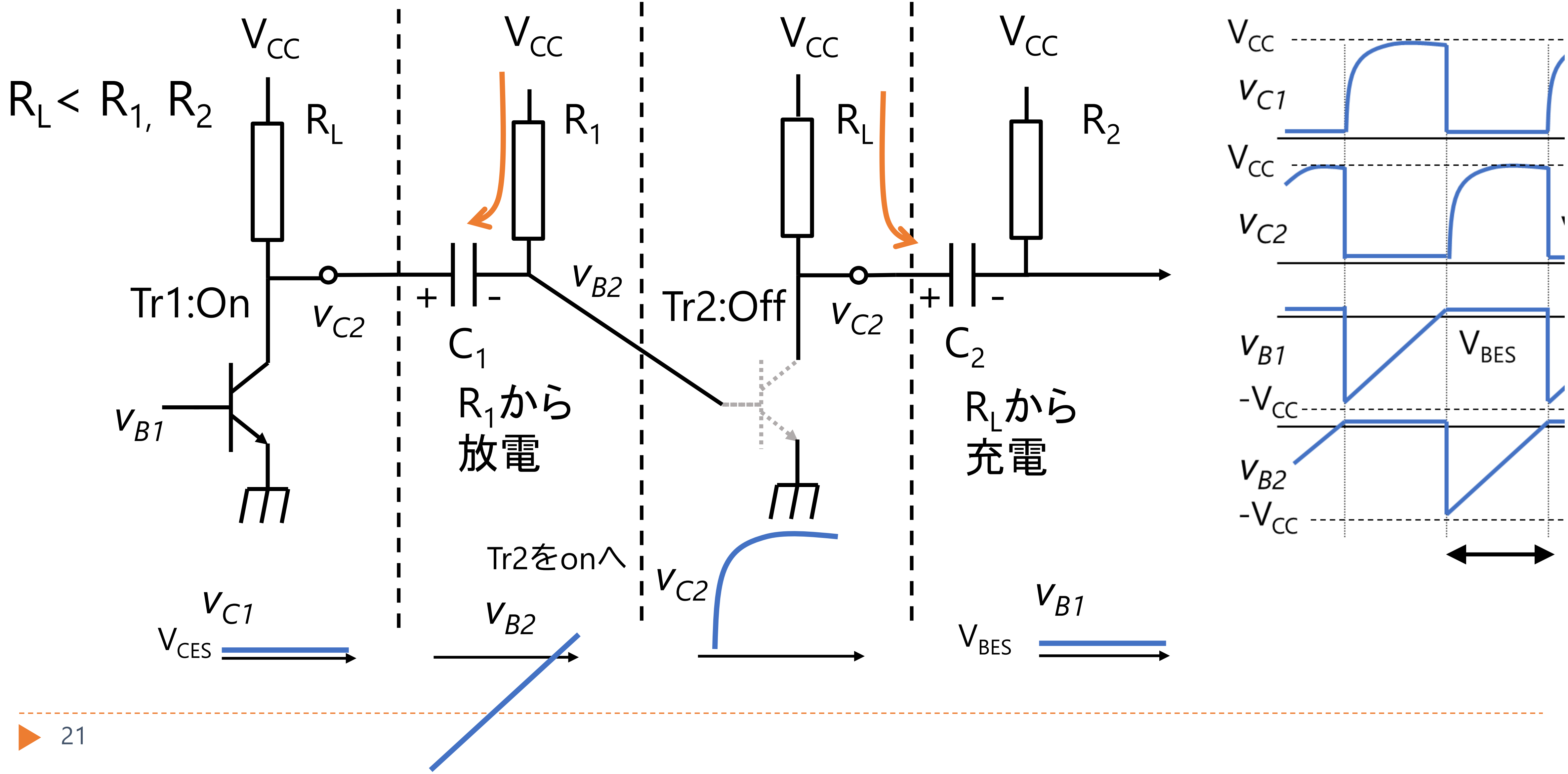
例. V_{BES}=0.6[V], V_{CES}=0.1[V]

非安定マルチバイブレータの展開図



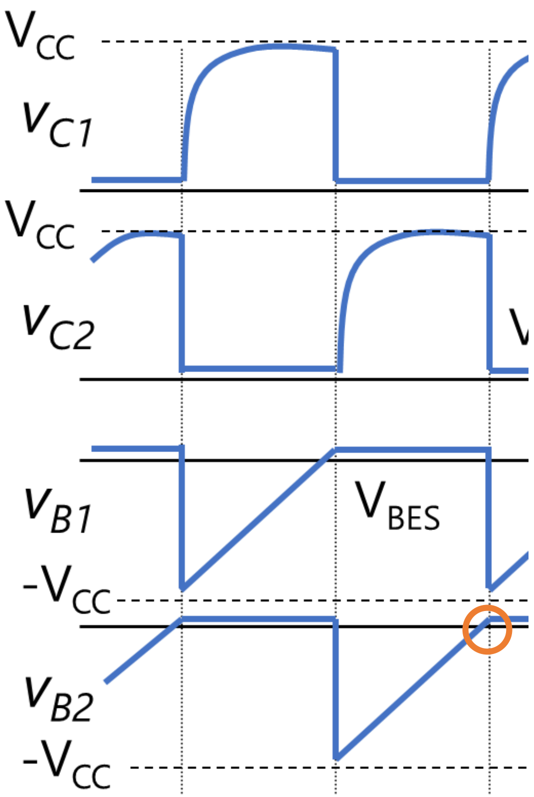


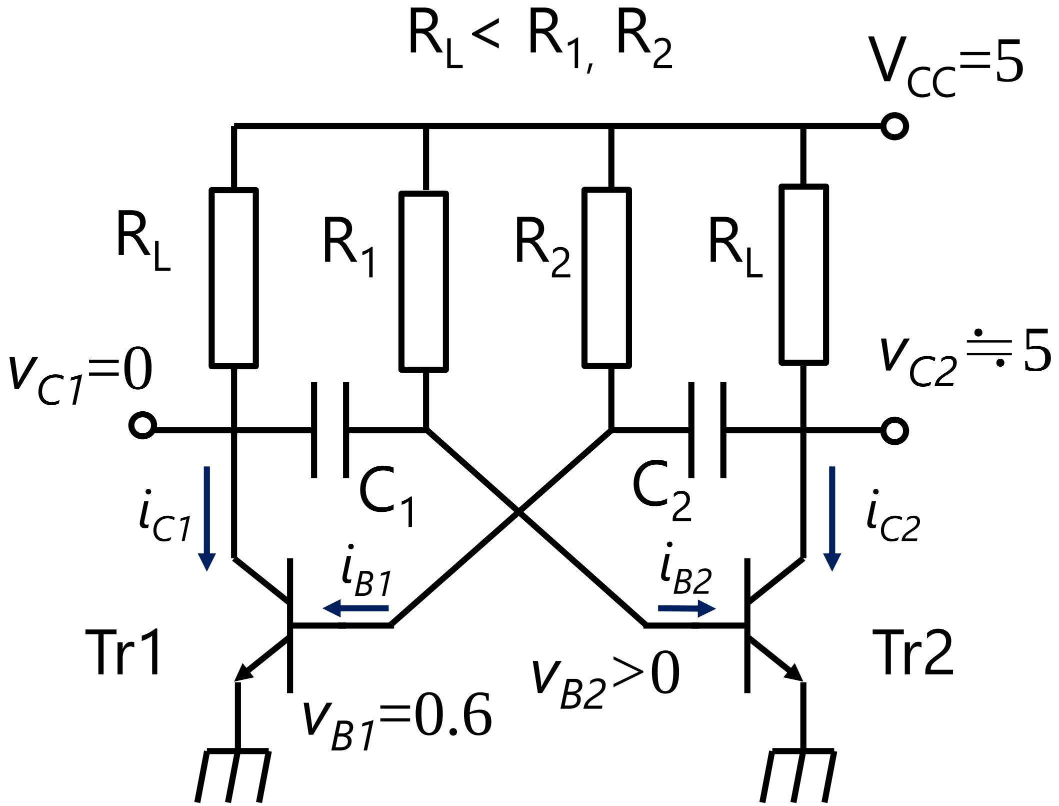
非安定マルチバイブレータの動作



Tr2がOnする場合の動作

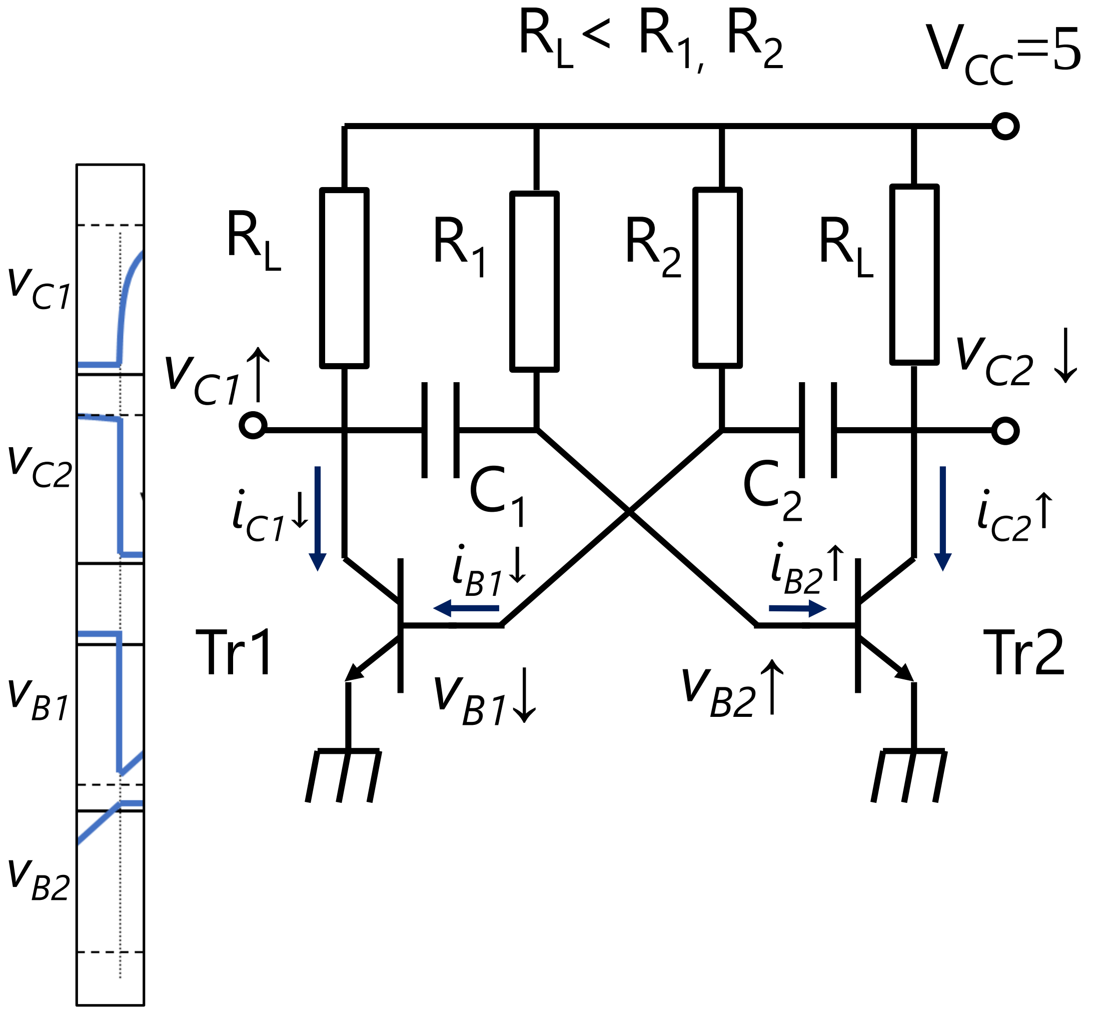
- v_{B2}が0をすこし超えてB2に電流が流れだす状況を考える





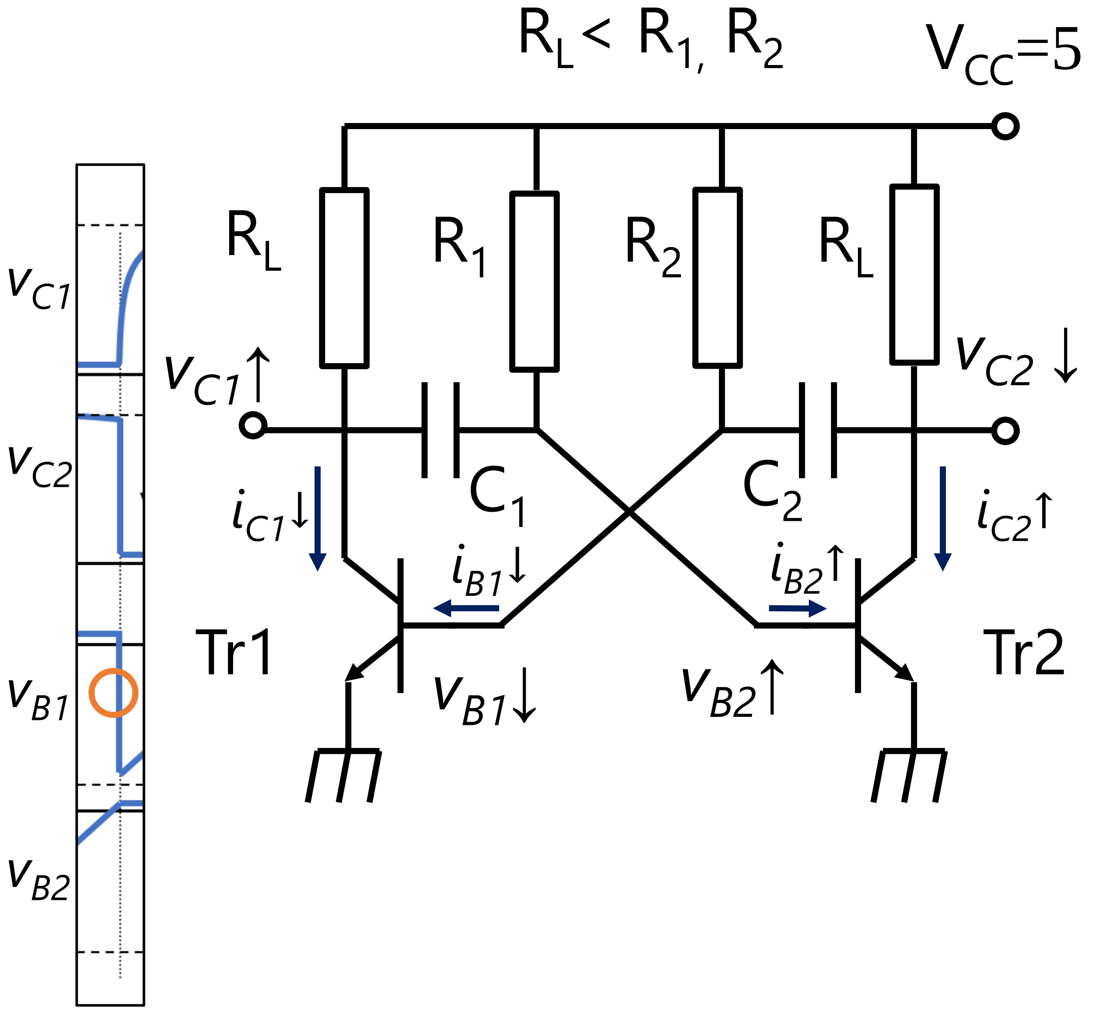
Tr2がOnする場合の動作

- v_{B2}が0をすこし超えてB2に電流が流れだす状況を考える
- 以下のような連鎖が発生
  - i_{B2}増 → i_{C2}増 → v_{C2}減→ v_{B1}減 → i_{B1}減→ i_{C1}減 → v_{C1}増 → v_{B2}増 → i_{B2}増→. . .
  - 正帰還 (positive feedback)
    - 出力の一部を入力に加算するシステムのこと
- v_{B2}, v_{C2}は急速に飽和電圧(V_{BES}, V_{BES})になる
  - Tr2→On, Tr1→Off



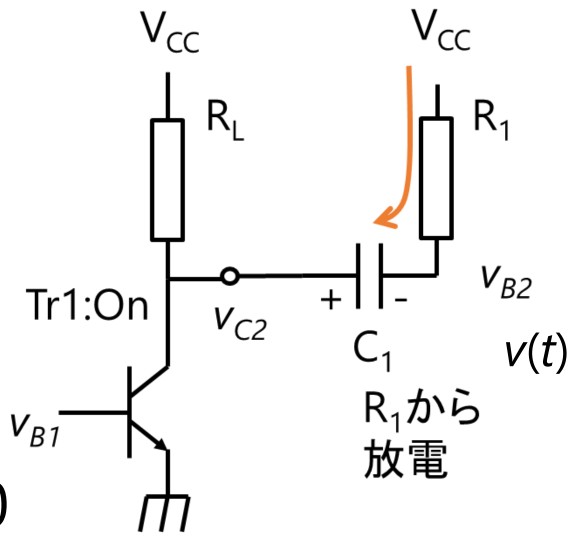
Tr2がOnする場合の動作

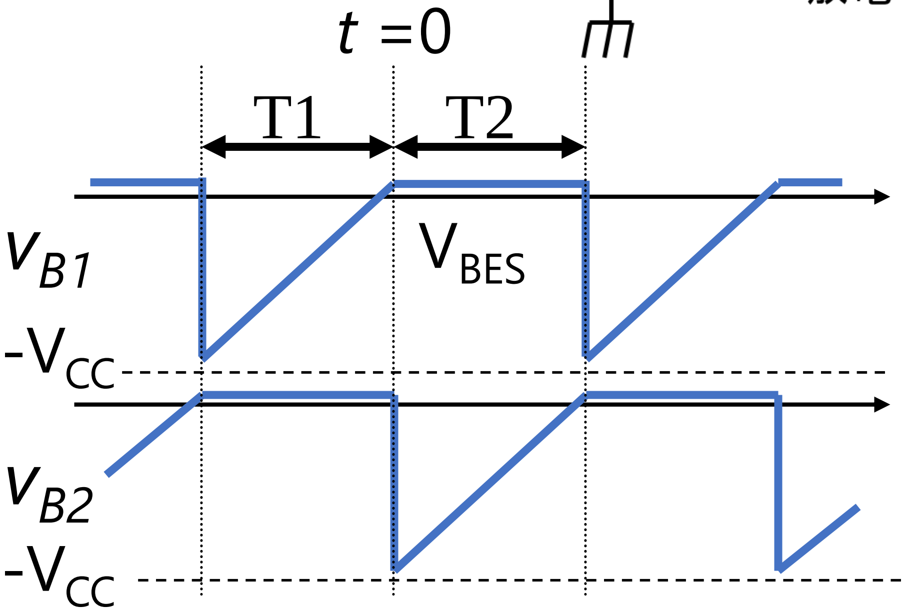
- v_{B1}の変化について考える
  - v_{B1}: Tr1がOnのとき V_{BES}
  - v_{C2}: $V_{CC} \rightarrow V_{CES}$
  - C_2の電荷はすぐには変わらない
  - v_{B1}はV_{CC}-V_{CES}分 降下
    - v_{B1}: $V_{BES} \rightarrow V_{BES}$- ($V_{CC}$-$V_{CES}$)

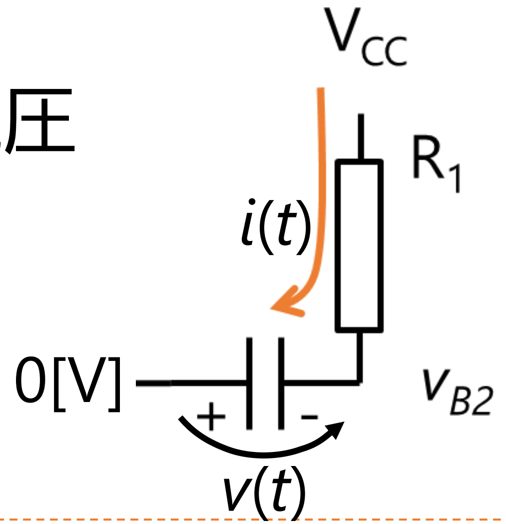


発振周期

- 飽和電圧 V_{BES}=0, V_{CES}=0として簡易的に計算
- 周期：T1 + T2
  - T1: C_2の放電時間
  - T2: C_1の放電時間
    - キャパシタの電圧変化: $-V_{cc} \to 0$
- まずT2を考える
  - キャパシタの電圧 $v(t)$をもとめる





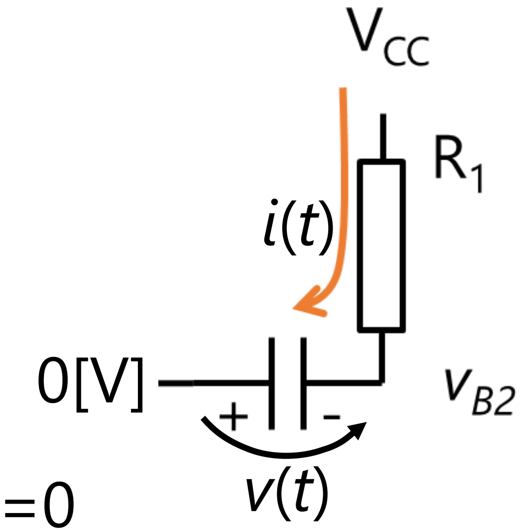


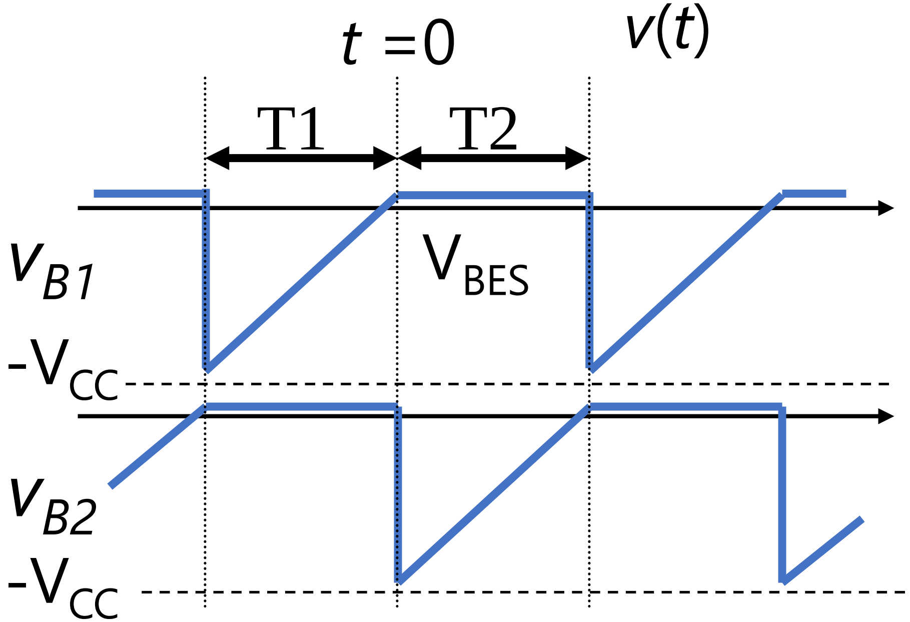
発振周期

- vに関する微分方程式をもとめる
  - $i(t) = C_1 \frac{dv(t)}{dt}, i(t) = \frac{V_{CC-v(t)}}{R_1}, v(0) = -V_{CC}$

  よって $v(t) + R_1 C_1 \frac{dv(t)}{dt} = V_{CC}$
- 定常解: $v = V_{CC}$
- 過渡解: $v = A\mathrm{e}^{-\frac{1}{R_1 C_1}t}$
- 一般解: $v = A\mathrm{e}^{-\frac{1}{R_1 C_1}t} + V_{CC}$
- $v(0) = -V_{CC}$より, $A = -2V_{CC}$

  よって　$v = V_{CC}(1 - 2\mathrm{e}^{-\frac{1}{R_1 C_1}t})$





発振周期

- $T2$をもとめる
  - $v = V_{CC}(1 - 2\mathrm{e}^{-\frac{1}{R_1 C_1}t})$
  - $v(T2) = 0$
- $e^{-\frac{T2}{R_1 C_1}} = \frac{1}{2}$
- $e^{\frac{T2}{R_1 C_1}} = 2$ （逆数をとる）
- $\frac{T2}{R_1 C_1} = \log_e 2$
- $T2 = R_1 C_1 \log_e 2$
  - 同様に, $T1 = R_2 C_2 \log_e 2$
- 周期: $T1 + T2$