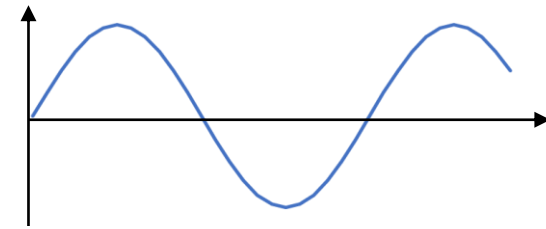
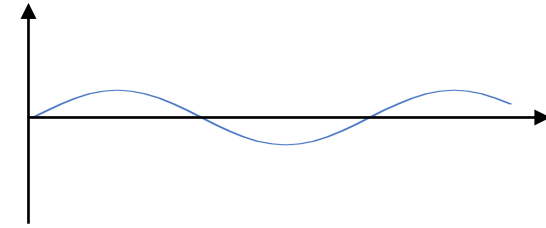




# 増幅回路

- 増幅 (Amplification)
  - 入力信号を大きくすること
    - ◆ 電圧, 電流
- 本講義での増幅の対象
  - 電圧を中心とする
  - 小信号
    - ◆ 十分に小さい信号
      - トランジスタを線形回路とみなせる
    - ◆ ここでは,  $\mu\text{V} \sim \text{mV}$  のオーダーを想定



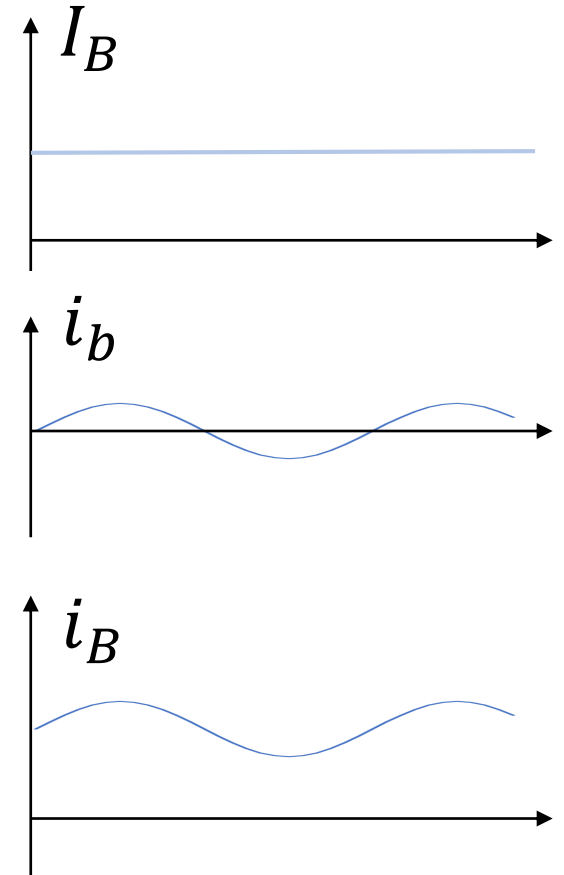
# 接合トランジスタを用いた増幅回路

---

- 3端子のどれを入出力両方に使うか？
  - エミッタ共通回路（エミッタ接地回路）
    - ◆ 電流増幅, 電圧増幅
  - コレクタ共通回路（コレクタ接地回路）
    - ◆ 電流増幅
      - エミッタフォロアーと呼ぶ：電圧はエミッタに従うため
  - ベース共通回路（コレクタ接地回路）
    - ◆ 電圧増幅
- 主要なエミッタ共通回路
  - 固定バイアス回路
    - ◆ 簡易な回路
  - 電流帰還バイアス回路

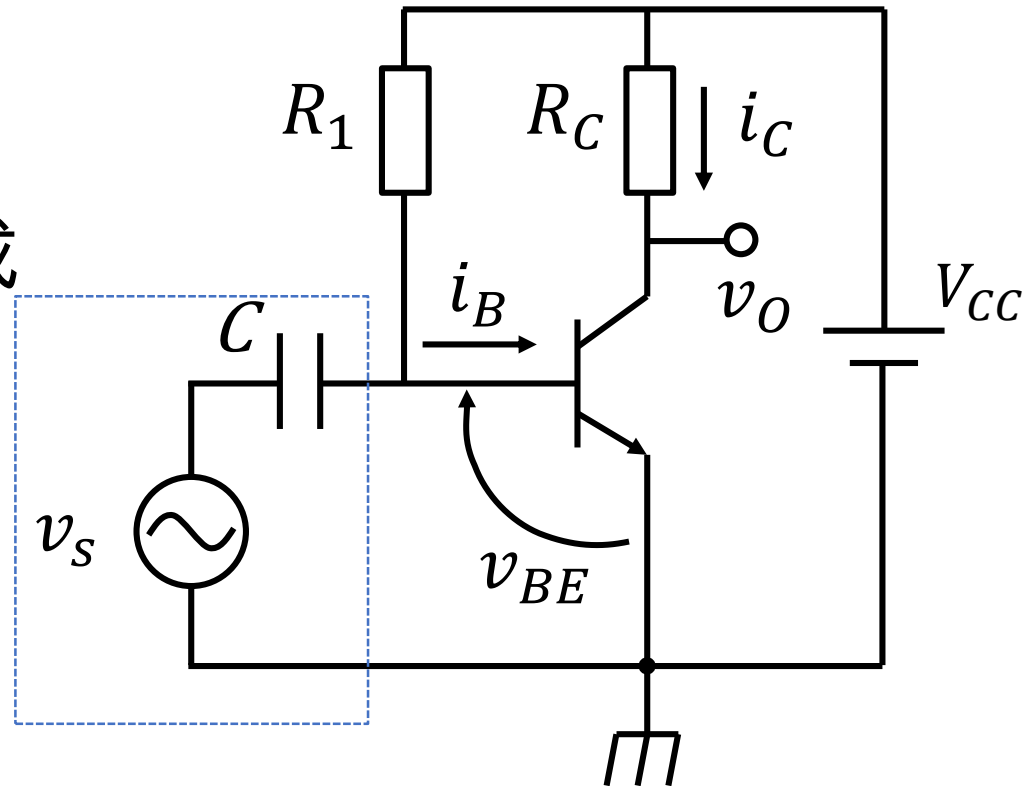
# バイアス

- トランジスタに電流を流すには, ベース電流・電圧は正でないといけない  
→ 全体を正の方向に移動する必要
- バイアス電流, バイアス電圧
  - 正の方向に足す電流(直流), 電圧
- 記号の使い方
  - 大文字<sub>大文字</sub>: 定常値
    - ◆ 例.  $I_B$
  - 小文字<sub>小文字</sub>: 時間変化する平均0の値, 交流
    - ◆ 例.  $i_b$
  - 小文字<sub>大文字</sub>: 時間変化する正の値. バイアス分 + 交流分
    - ◆ 例.  $i_B (= I_B + i_b)$



# 固定バイアス回路

- 入力部分(点線の四角)
  - $C$ で交流のみを通過
- 回路本体
  - $R_1$ でバイアス電流・電圧を生成



# トランジスタの等価回路

- 簡易等価回路(p.7)より詳細なモデルを考える

- $v_{BE}$  と  $i_B$  の関係

- 実際は指数関数

- バイアス電流  $I_B$  付近では、  
直線と見なせる  
→ 電圧源と抵抗で表現

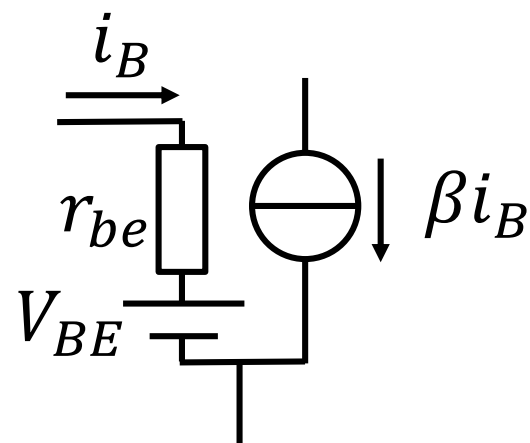
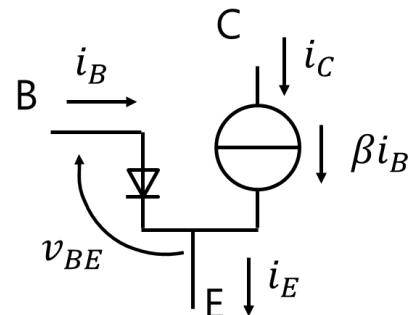
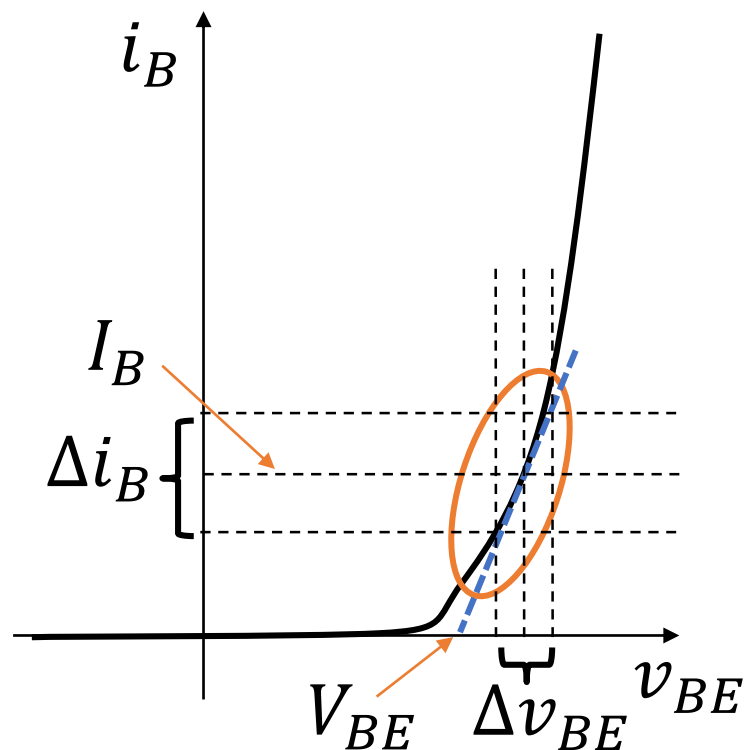
- ◆ 電圧源  $V_{BE}$

- 0.6Vくらい

- ◆ 抵抗  $r_{be} = \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta i_B}$

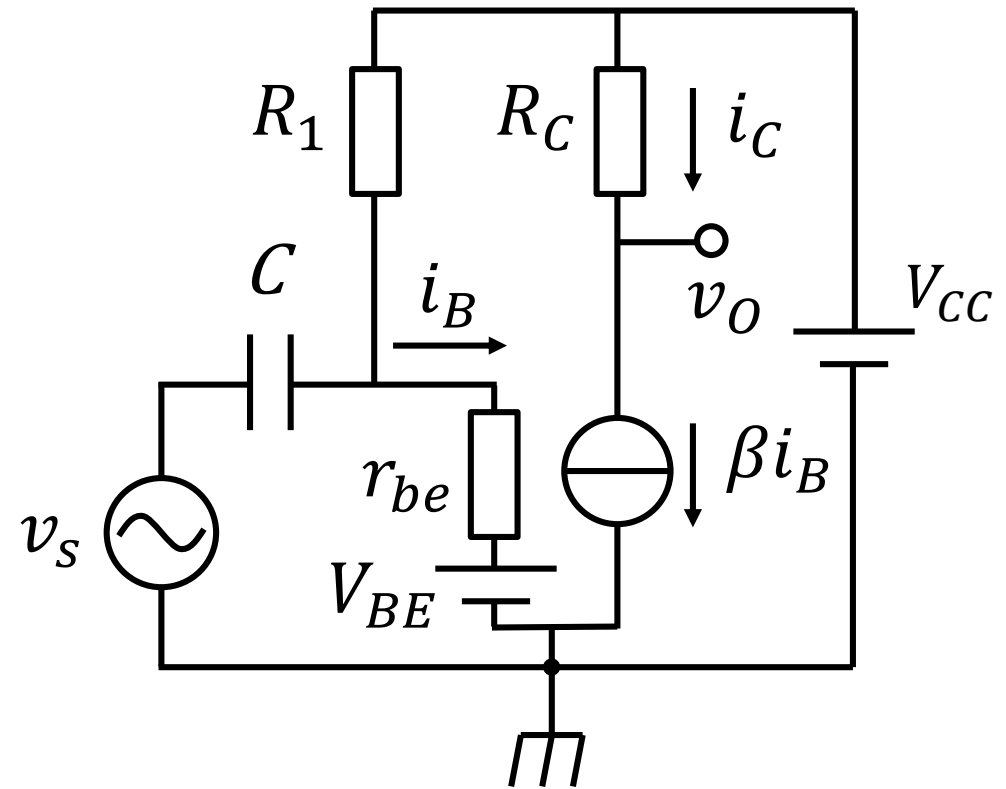
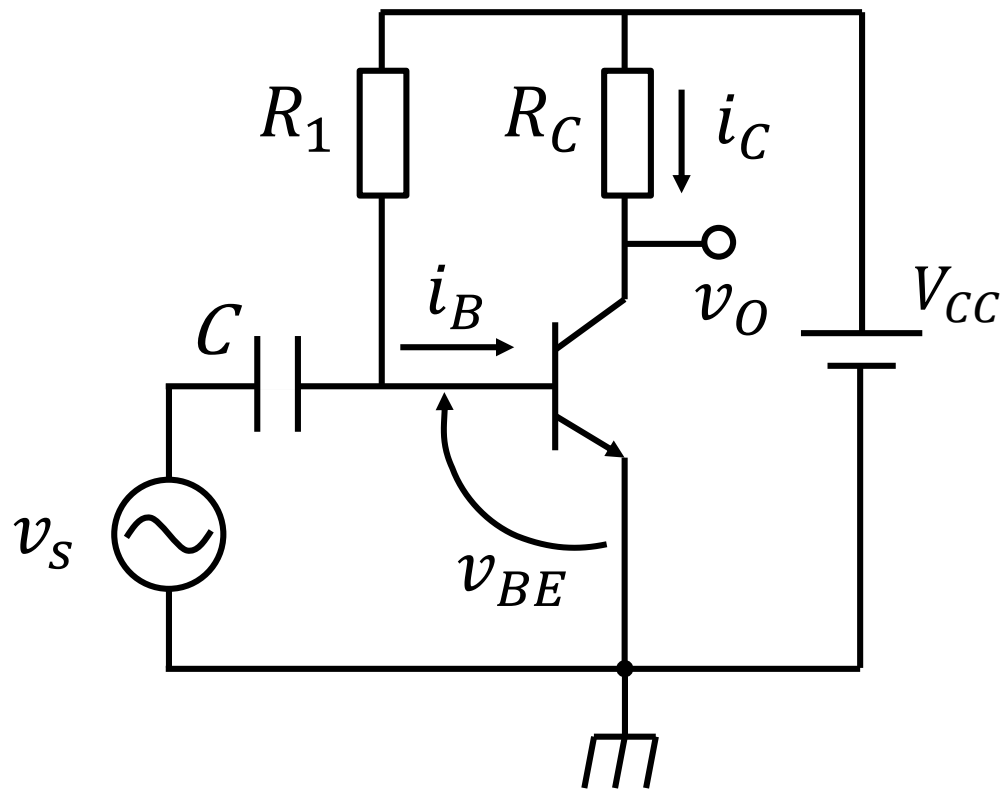
- 数Ω～数kΩくらい

- ◆  $I_B$  に依存



# 固定バイアス回路の等価回路

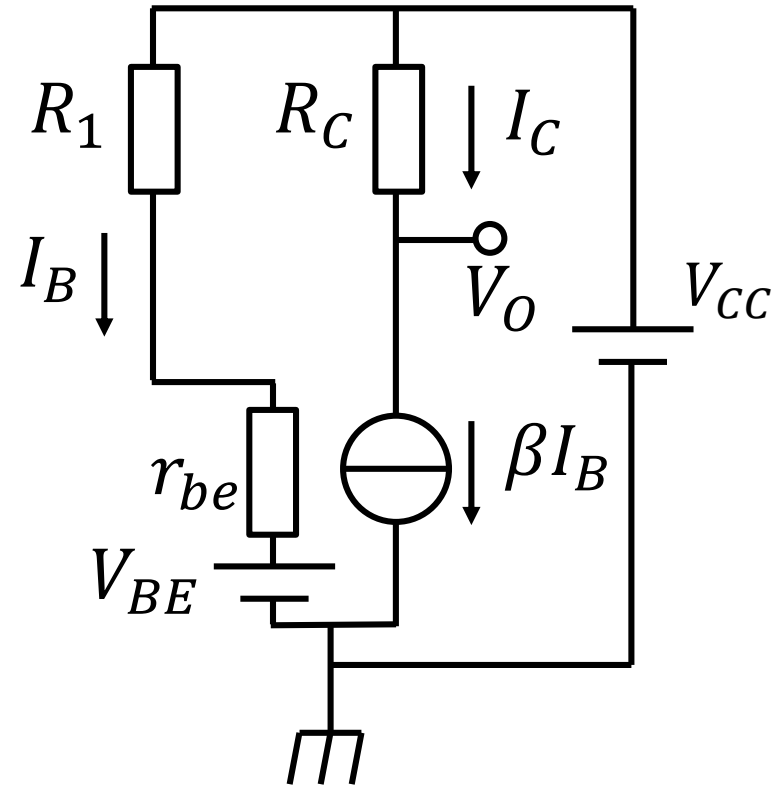
## 等価回路



直流回路と交流回路の重ね合わせ  
→ 直流回路と交流回路とに分けて考える

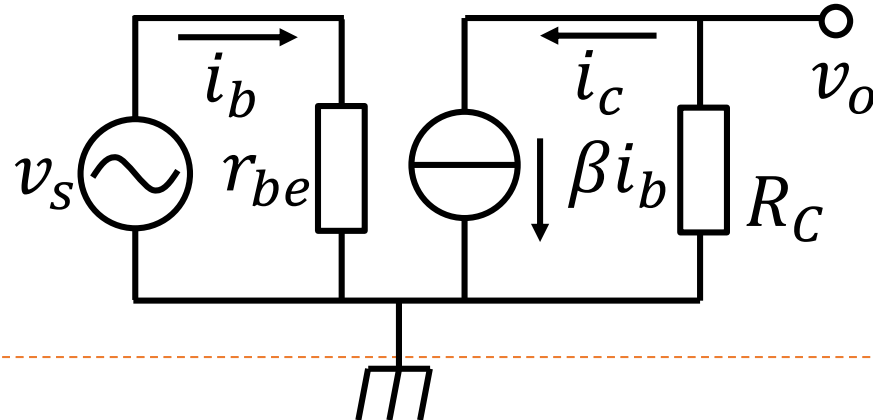
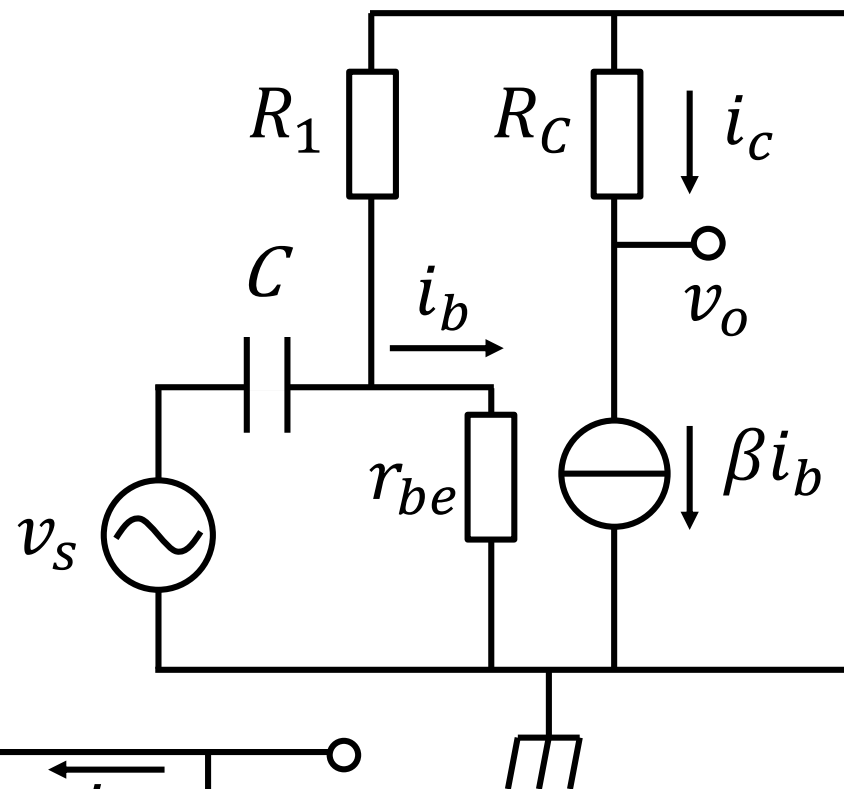
## 固定バイアス回路の直流等価回路

- 交流電圧源を短絡, キャパシタを削除
  - キャパシタは直流を通さない
- $I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_1}$ 
  - $R_1 \gg r_{be}$  としてよい
- $I_C = \beta I_B$
- $V_O = V_{CC} - I_C R_C$



# 固定バイアス回路の交流等価回路

- 直流電圧源を短絡
- 更に簡単化
  - $R_1$  を無視
    - ◆  $R_1 \gg r_{be}$  としてよい
  - $C$  は短絡と考える
    - ◆ 信号を十分通すように  $C$  を設定
      - $\frac{1}{j\omega C} + r_{be} \approx r_{be}$  としてよい
- $i_b = \frac{v_s}{r_{be}}$
- $i_c = \beta i_b$
- $v_o = -i_c R_C$





## $i_B, i_C, v_O$ (重ね合わせの結果)

- $i_B = I_B + i_b$

- $I_C = \beta I_B$

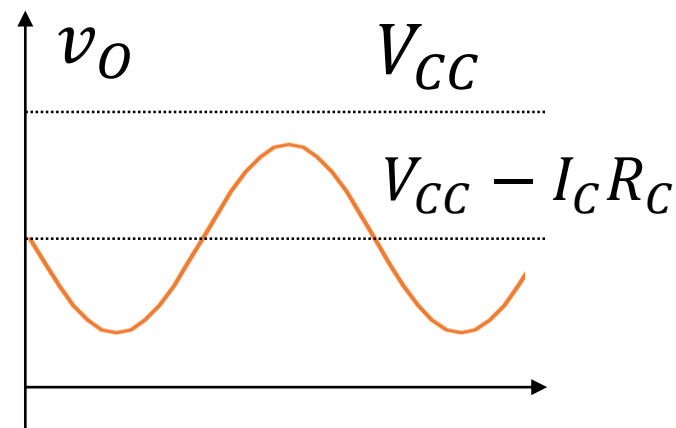
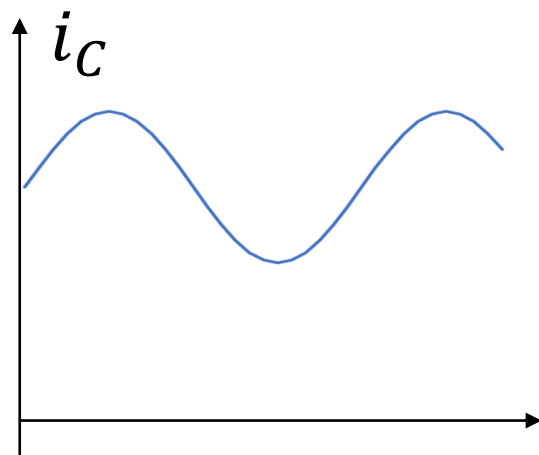
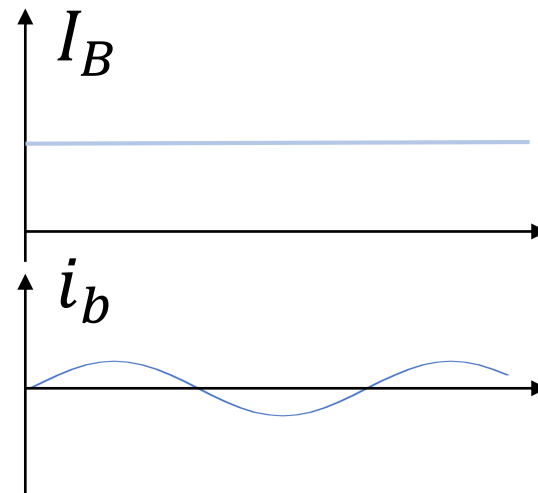
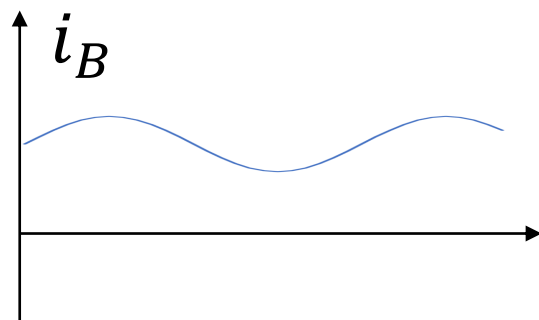
- $i_c = \beta i_b$

$$\rightarrow i_c = \beta(I_B + i_b) = \beta i_b + I_C$$

- $V_O = V_{CC} - I_C R_C$

- $v_o = -i_c R_C$

$$\rightarrow v_o = V_{CC} - I_C R_C - i_c R_C$$



# 電圧増幅率

- 電圧増幅率

- 入出力交流成分の比  $\frac{v_o}{v_s}$

- $V_O = \frac{V_{CC}}{2}$  を仮定

- $I_C = \frac{V_{CC}}{2} \div R_C = \frac{V_{CC}}{2R_C}$

- $I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{V_{CC}}{2\beta R_C}$

- $r_{be}$  と  $I_B$  ほぼ反比例

- $r_{be} = \frac{1}{aI_B}$  とおく

- ◆  $a$  は係数 (20~40 くらい)

- $r_{be} = \frac{1}{aI_B} = \frac{2\beta R_C}{aV_{CC}}$

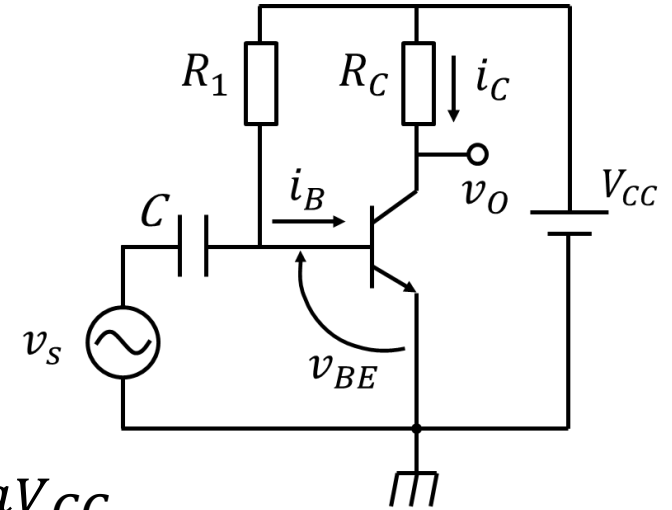
- $i_b = \frac{v_s}{r_{be}} = \frac{v_s a V_{CC}}{2\beta R_C}$

- $i_c = \beta i_b = \frac{v_s a V_{CC}}{2R_C}$

- $v_o = -R_C i_c = -\frac{v_s a V_{CC}}{2}$

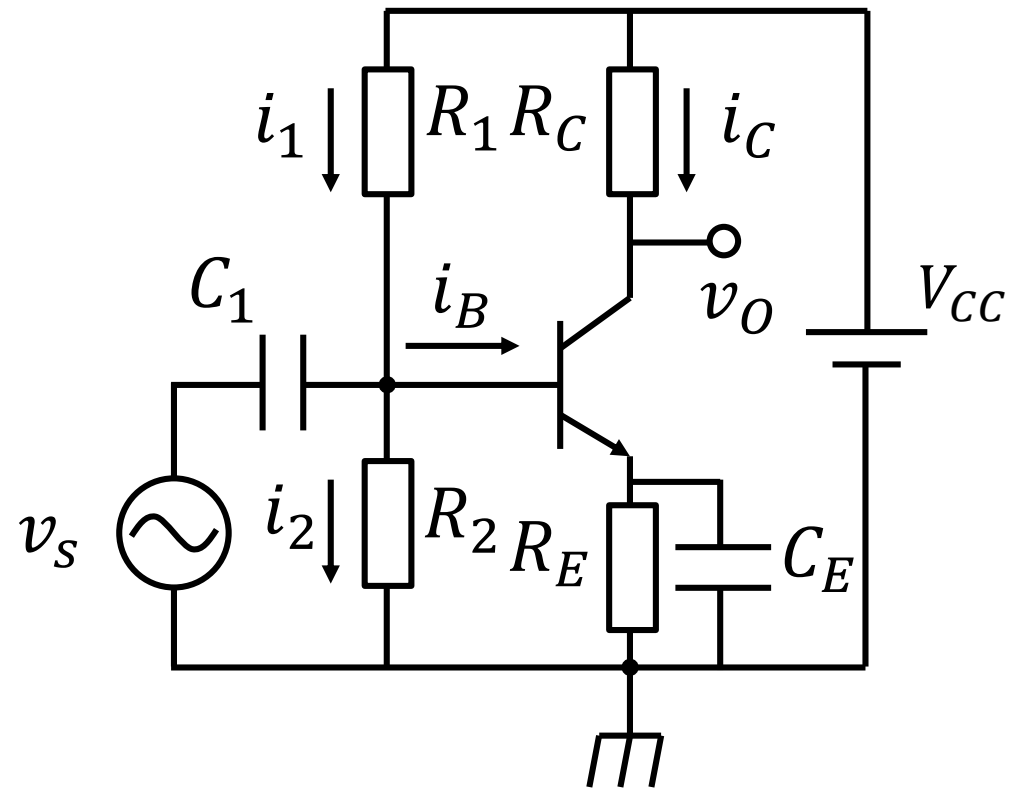
- 電圧増幅率

$$\frac{v_o}{v_s} = -\frac{aV_{CC}}{2}$$



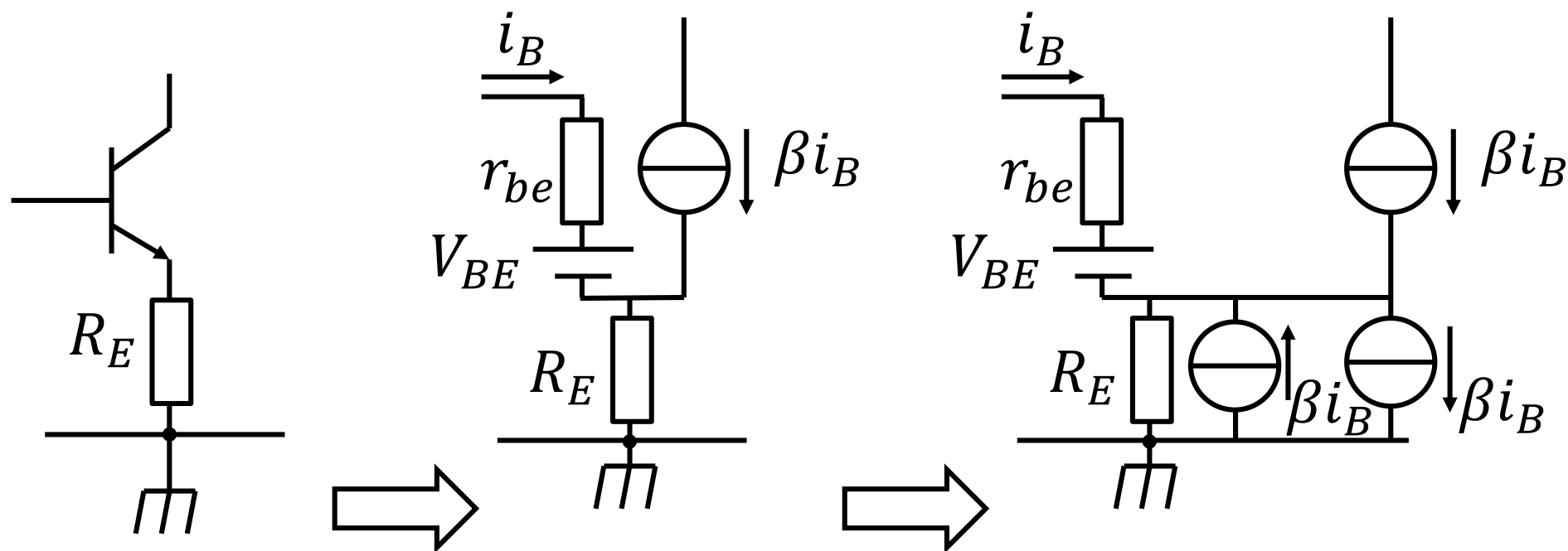
# 電流帰還バイアス回路

- 固定バイアス回路の問題
  - 電流増幅率  $\beta$  は温度により変化  
→  $I_C$  が安定しない
- 電流帰還バイアス回路
  - 安定性を付加  
 $\beta$  が変化しても  $I_C$  ほぼ一定



## 等価回路を得るための準備

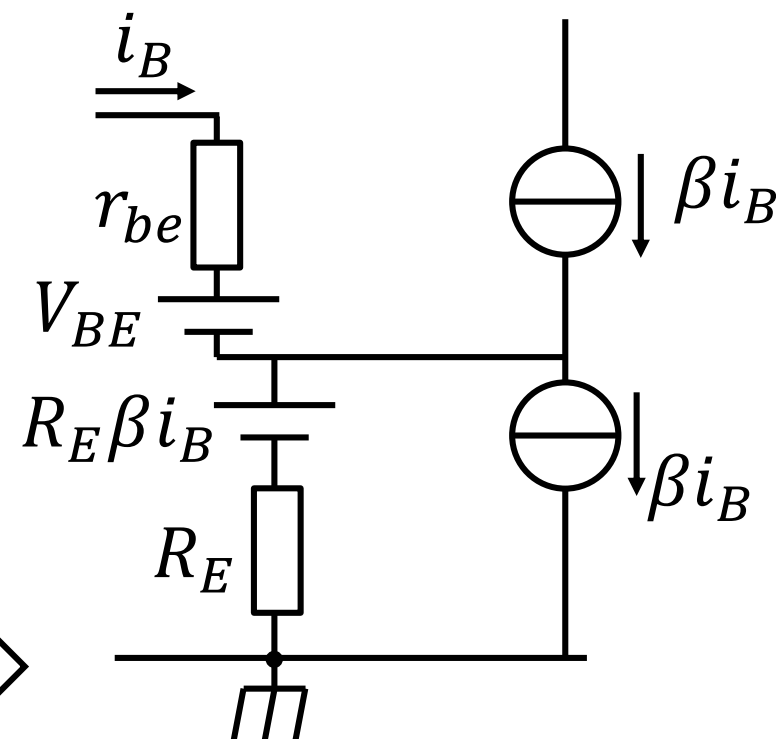
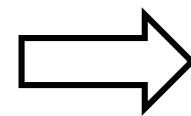
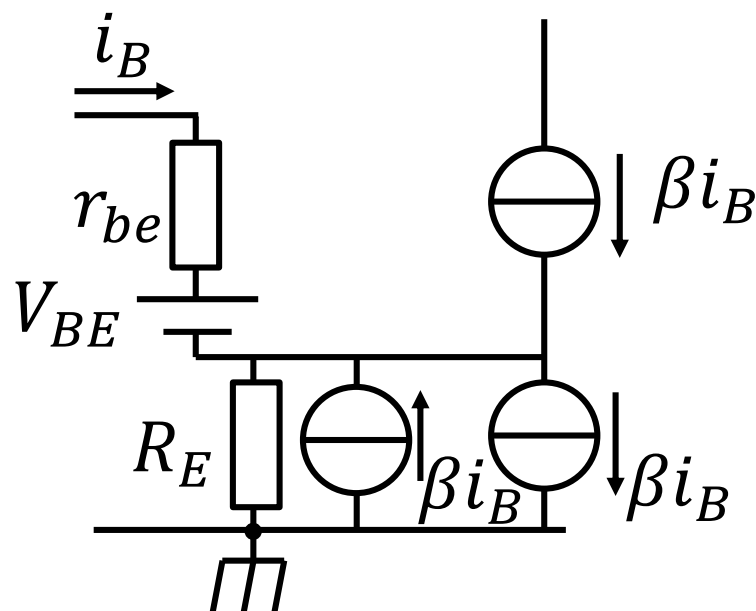
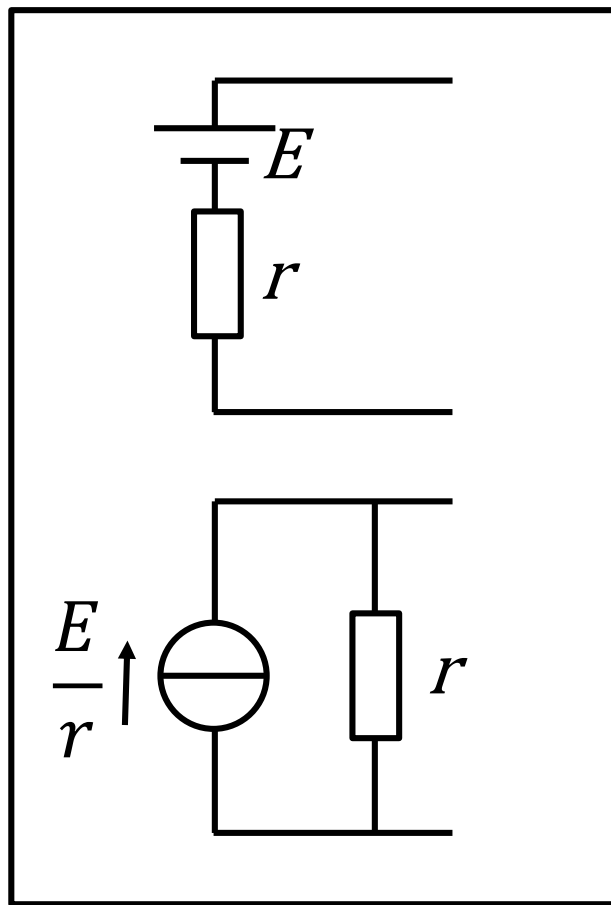
- エミッタ-GND間の抵抗を扱いやすくするように回路を変換



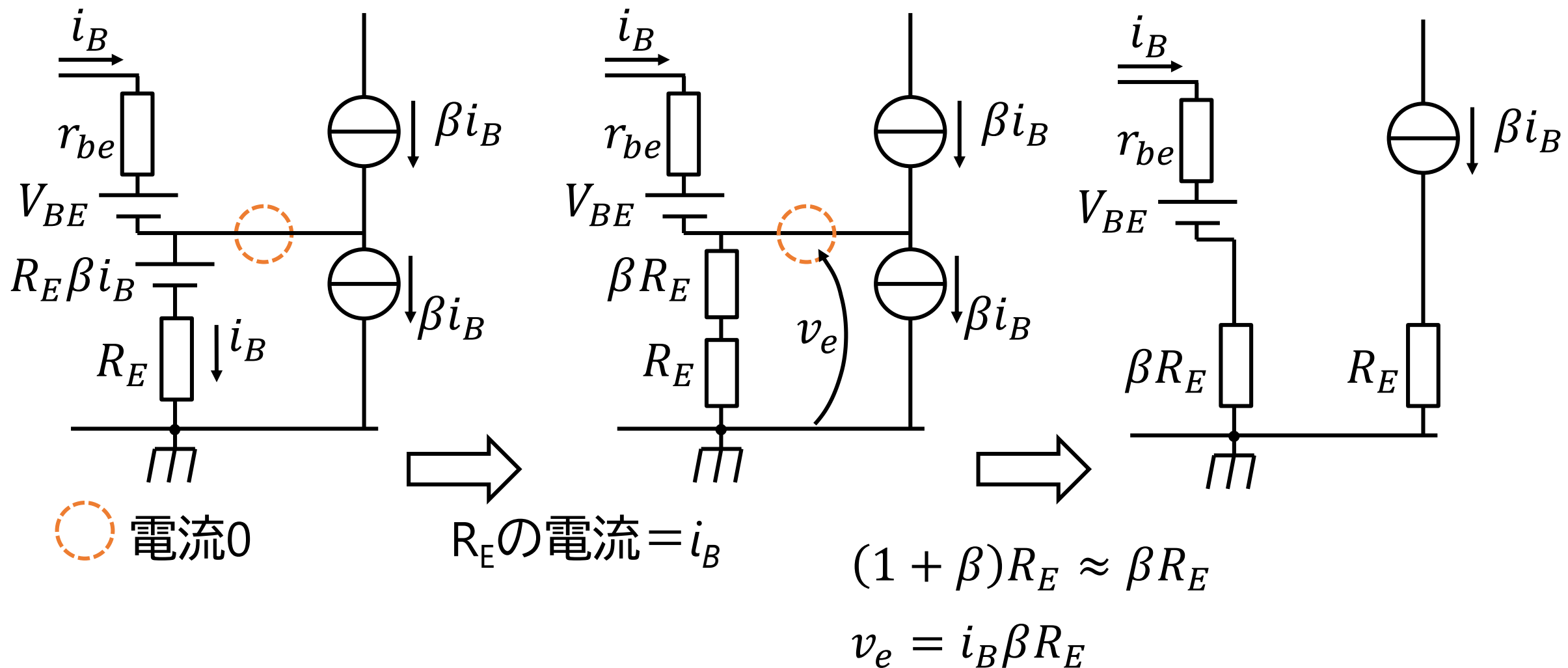
2点に逆方向の同じ電流源を接続

# 等価回路を得るための準備

- 電圧源と電流源の等価性を利用

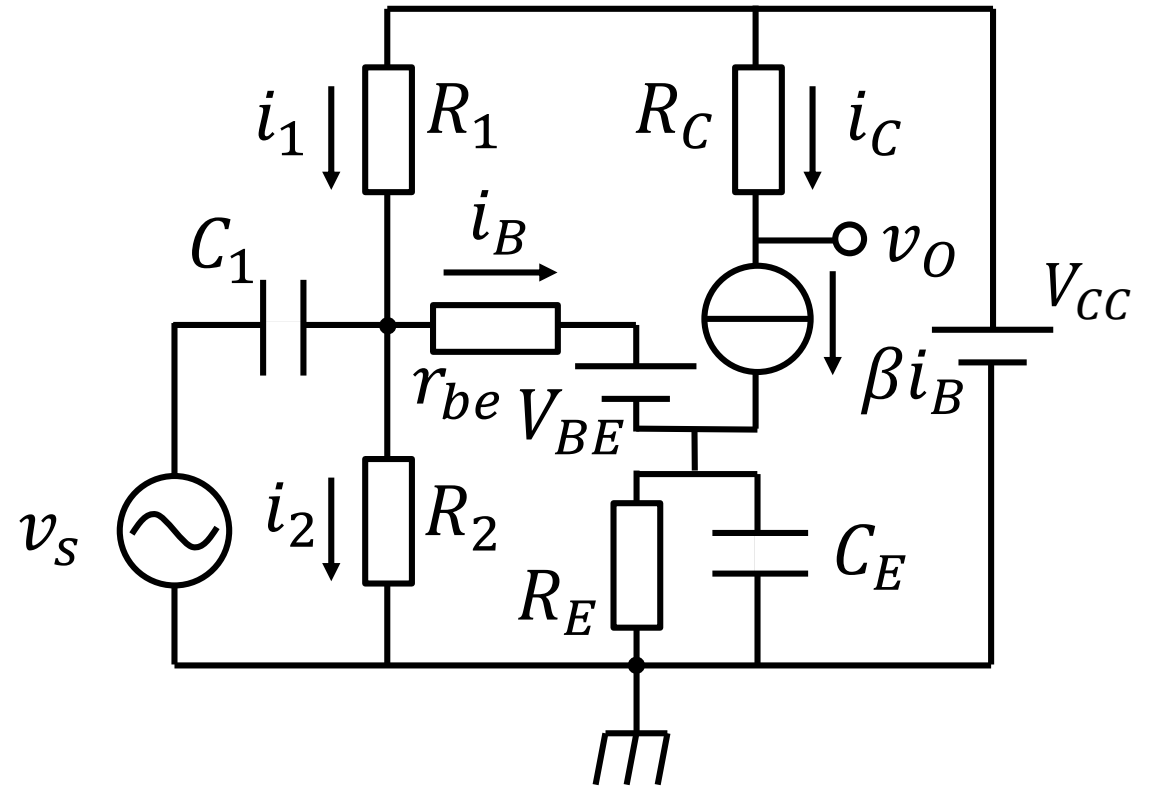
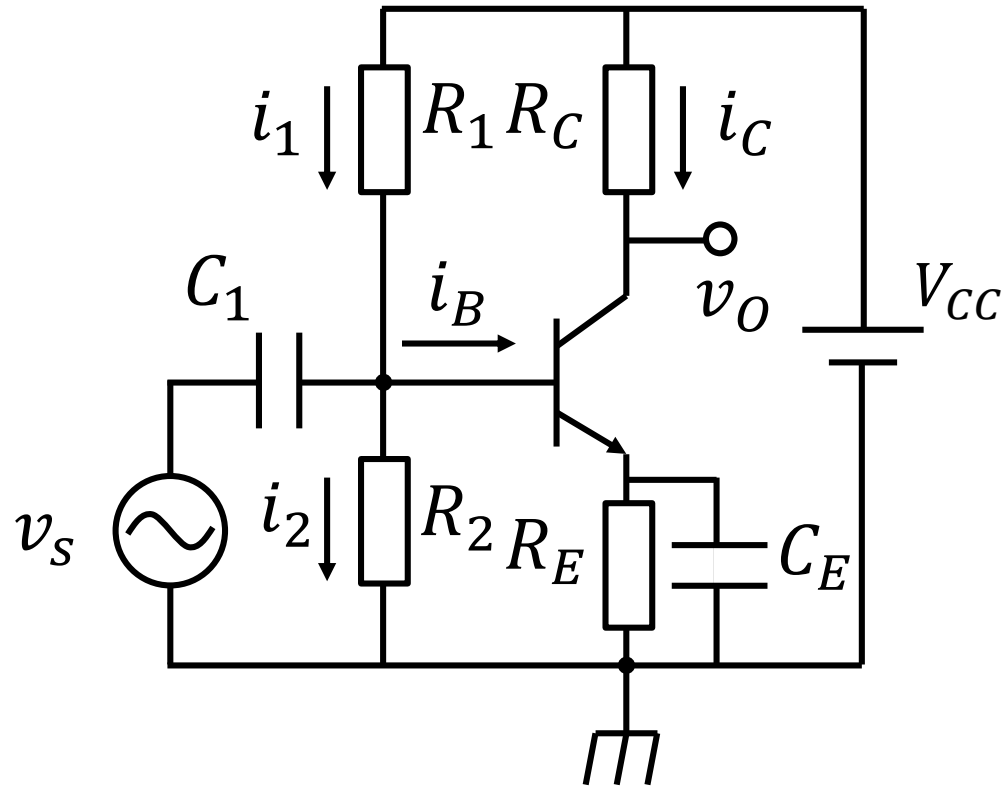


# 等価回路を得るための準備



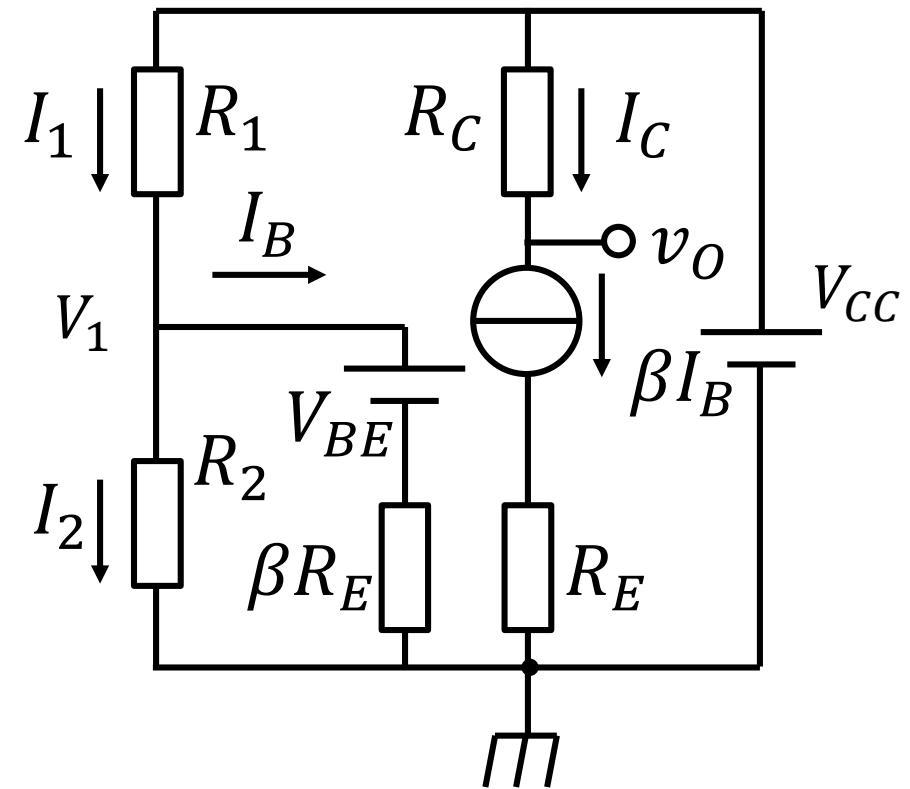
# 固定バイアス回路の等価回路

等価回路



# 電流帰還バイアス回路の直流等価回路

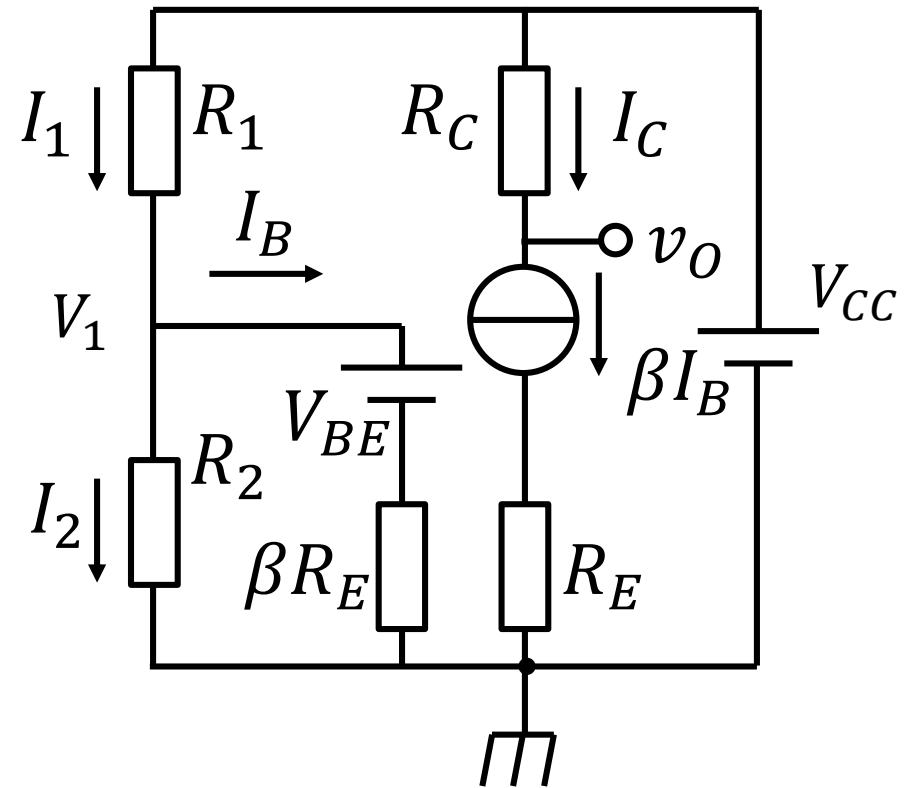
- 交流電圧源を短絡, キャパシタを削除
  - キャパシタは直流を通さない
  - 準備で説明した手法を適用
  - $r_{BE}$  は  $r_{BE} \ll \beta R_E$  なので省略





# 安定性の説明

- $I_1, I_2 \gg I_B$  を仮定
  - そのように  $R_1, R_2, R_E$  を設定
- $V_1, V_{BE}$  を一定と見なす
- $V_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$
- $I_B = \frac{V_1 - V_{BE}}{\beta R_E}$ 
  - $\beta$  が大きくなる  $\rightarrow I_B$  が小さくなる
- $I_C = \beta I_B = \frac{V_1 - V_{BE}}{R_E}$ 
  - $\beta$  に関わらず  $I_C$  は一定



# 固定バイアス回路の交流等価回路

- 直流電圧源を短絡
- $C_1, C_E$  を短絡
  - $\frac{1}{j\omega C_1} \approx 0, \frac{1}{j\omega C_E} \approx 0$
- 更に簡約
  - $R_1, R_2$  を省略
    - ◆  $R_1, R_2 \gg r_{be}$
- 固定バイアス回路の場合と同じ

