

電子回路 I

第13回

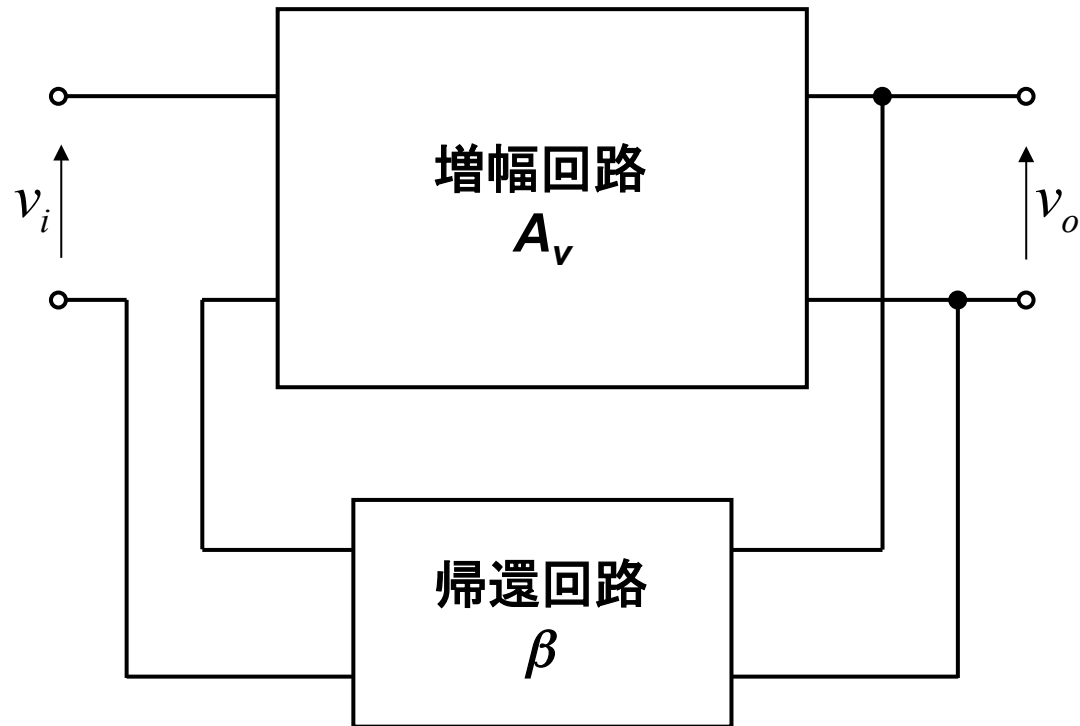
講義内容

1. 半導体素子(ダイオードとトランジスタ)
2. 基本回路
3. 増幅回路

負帰還増幅回路(3)

- ・ 並列帰還回路
- ・ 負帰還増幅回路の安定性

負帰還増幅回路



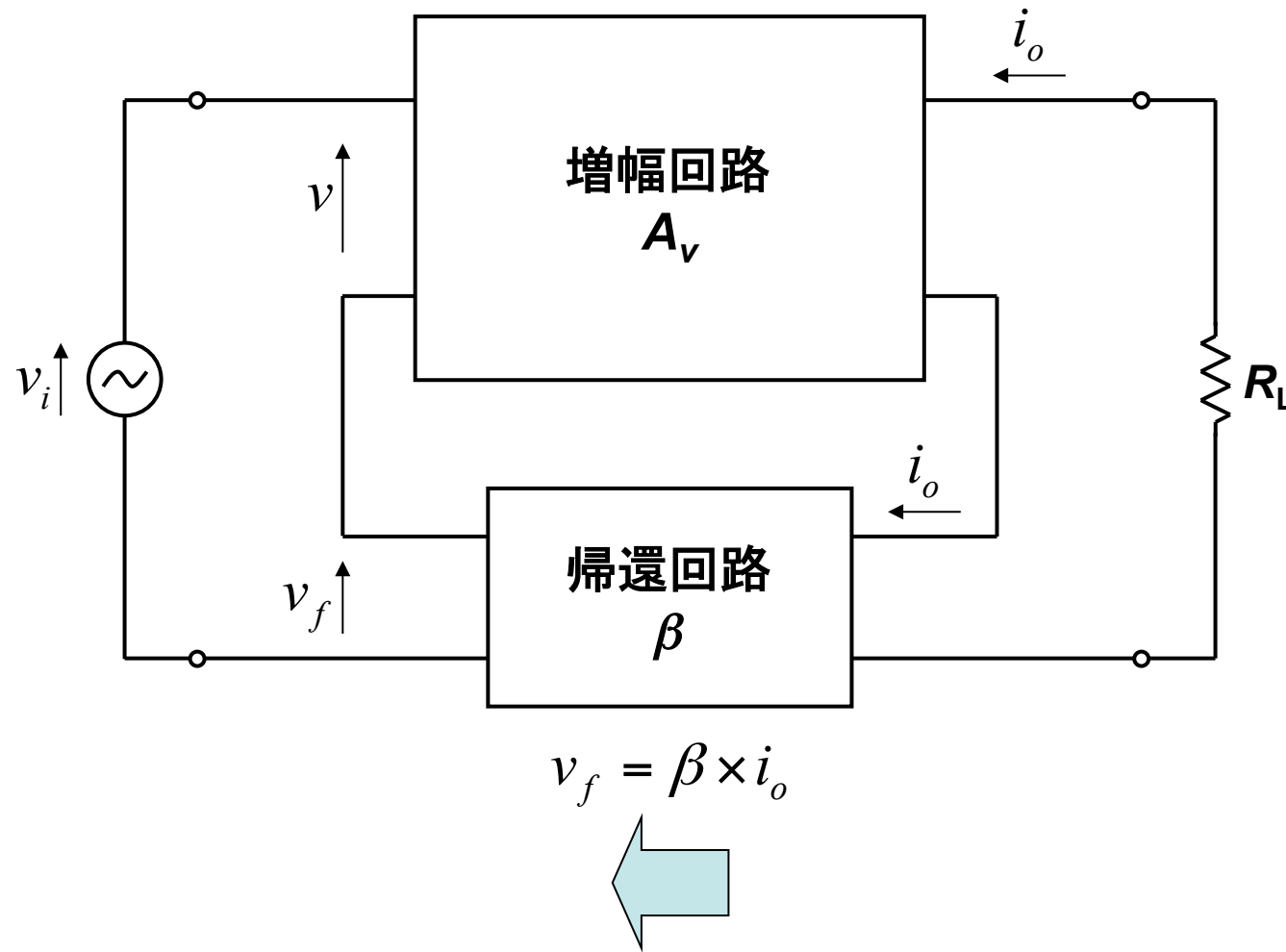
直列-並列帰還回路の場合

負帰還の種類

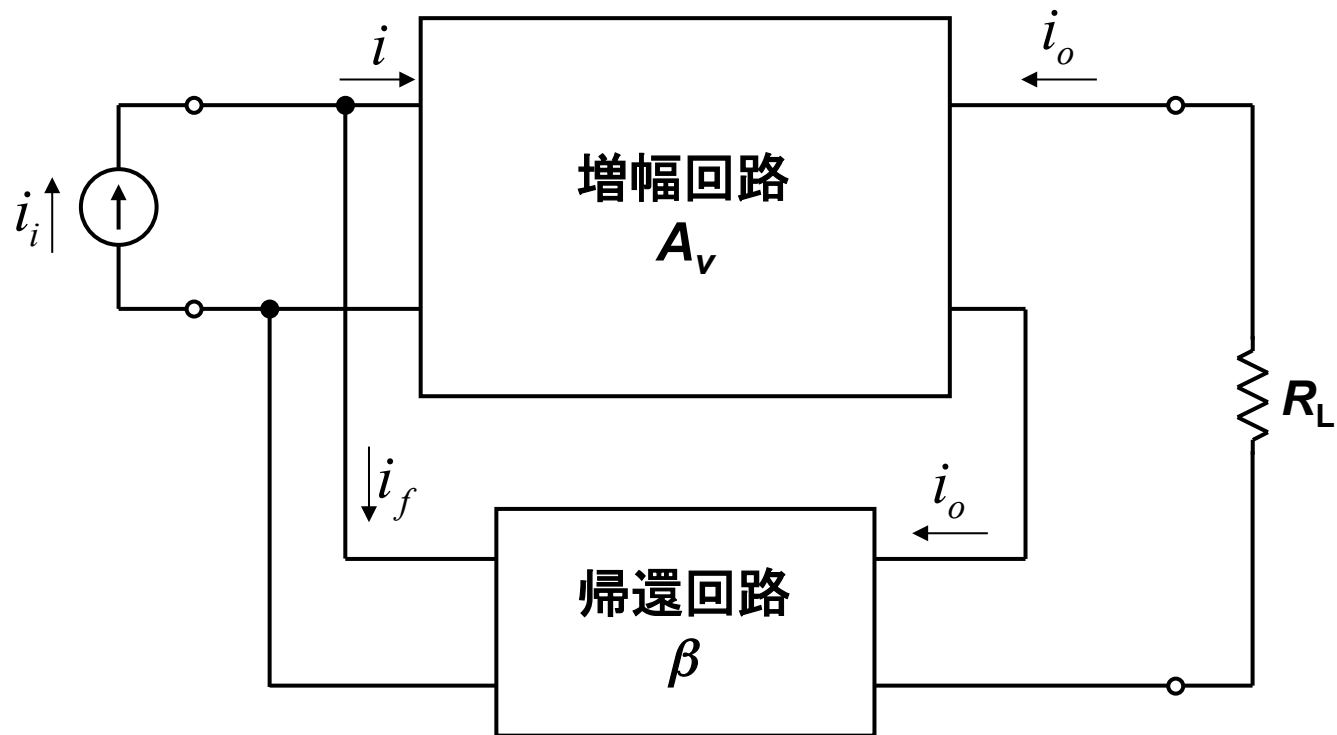
負帰還の種類

- 直列-直列帰還
- 並列-直列帰還
- 直列-並列帰還
- 並列-並列帰還

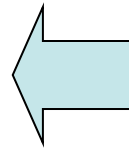
直列-直列帰還



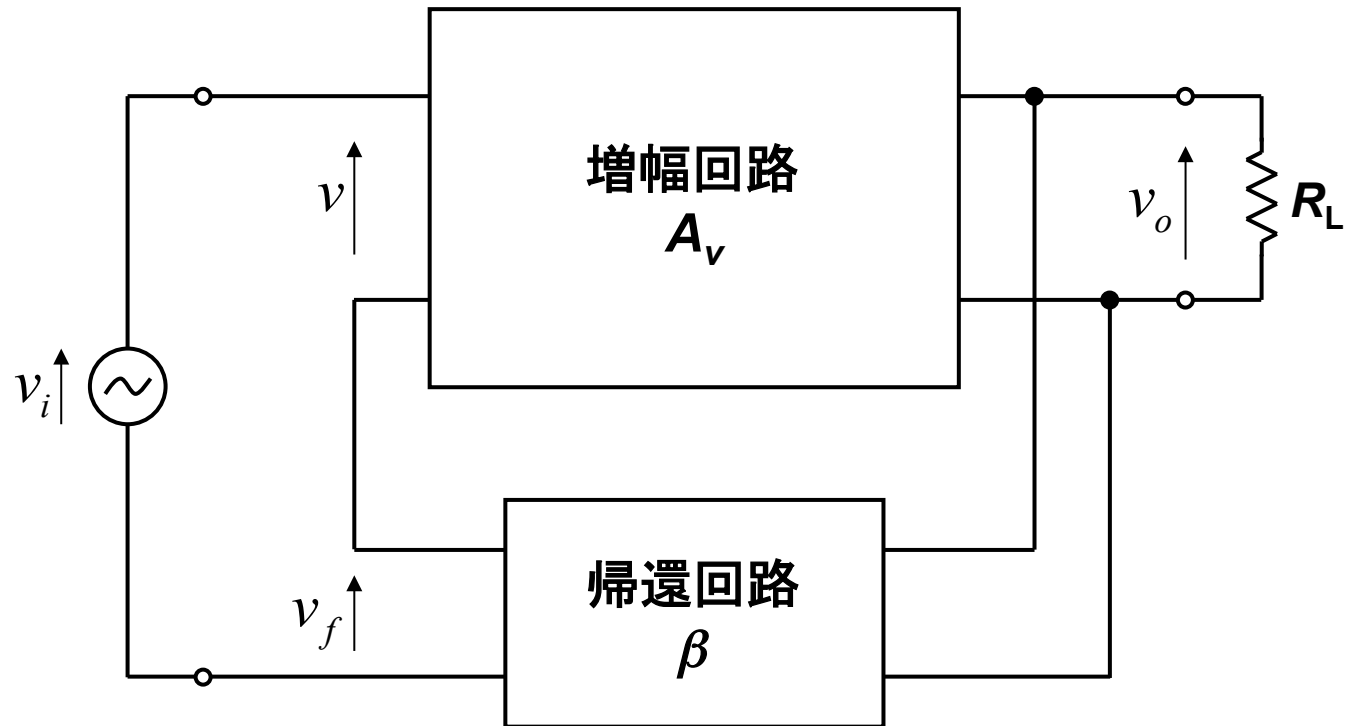
並列-直列帰還



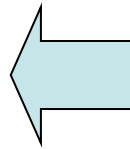
$$i_f = \beta \times i_o$$



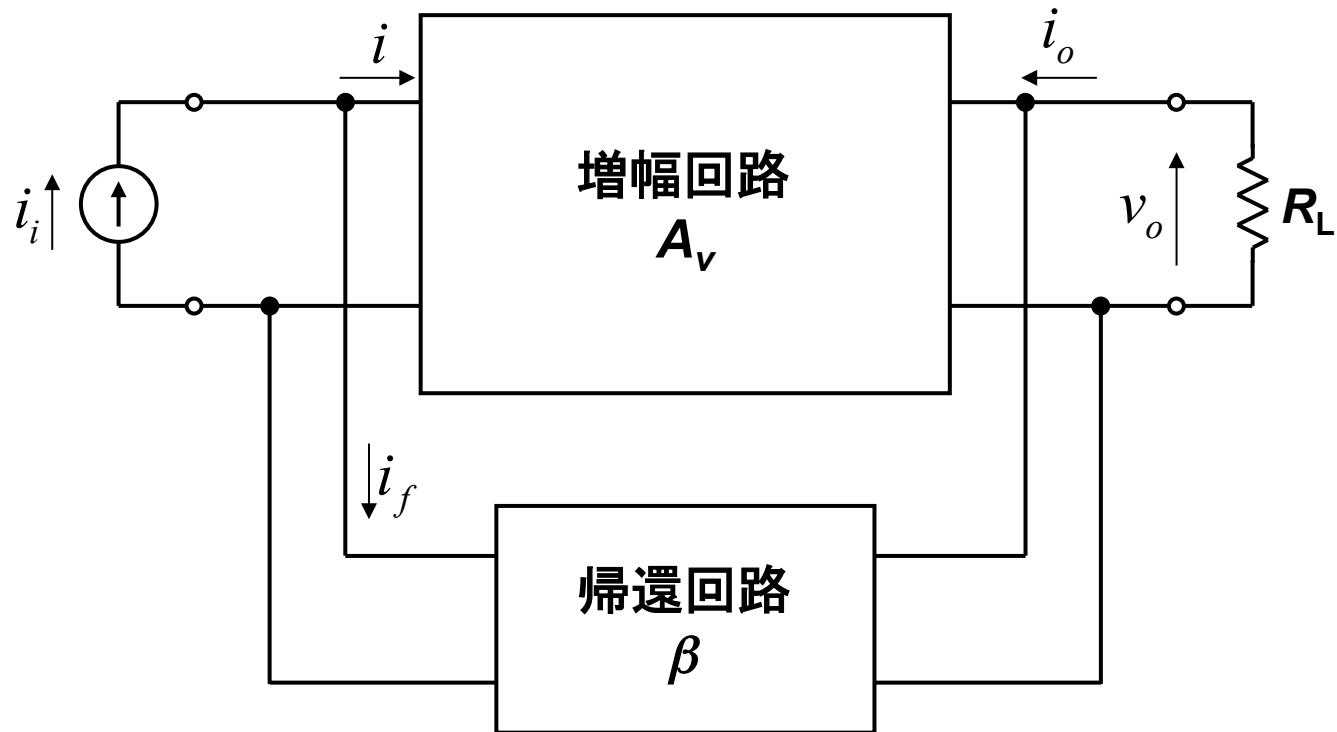
直列-並列帰還



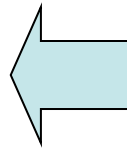
$$v_f = \beta \times v_o$$



並列-並列帰還



$$i_f = \beta \times v_o$$



負帰還と入出力インピーダンス

・直列-直列帰還

$$Z_{in} = Z_i(1 + A_v\beta)$$
$$Z_{out} = Z_o(1 + A_v\beta)$$

・並列-直列帰還

$$Z_{in} = Z_i / (1 + A_v\beta)$$
$$Z_{out} = Z_o(1 + A_v\beta)$$

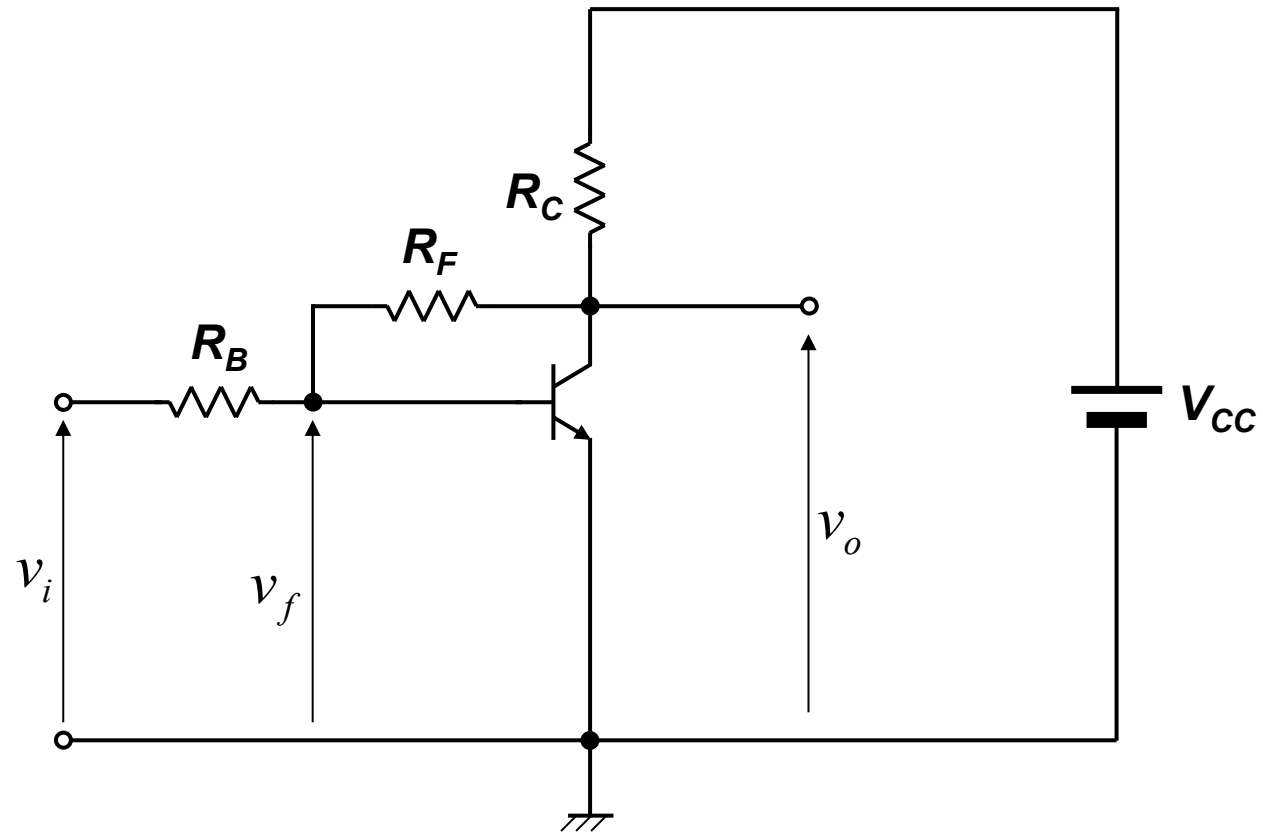
・直列-並列帰還

$$Z_{in} = Z_i(1 + A_v\beta)$$
$$Z_{out} = Z_o / (1 + A_v\beta)$$

・並列-並列帰還

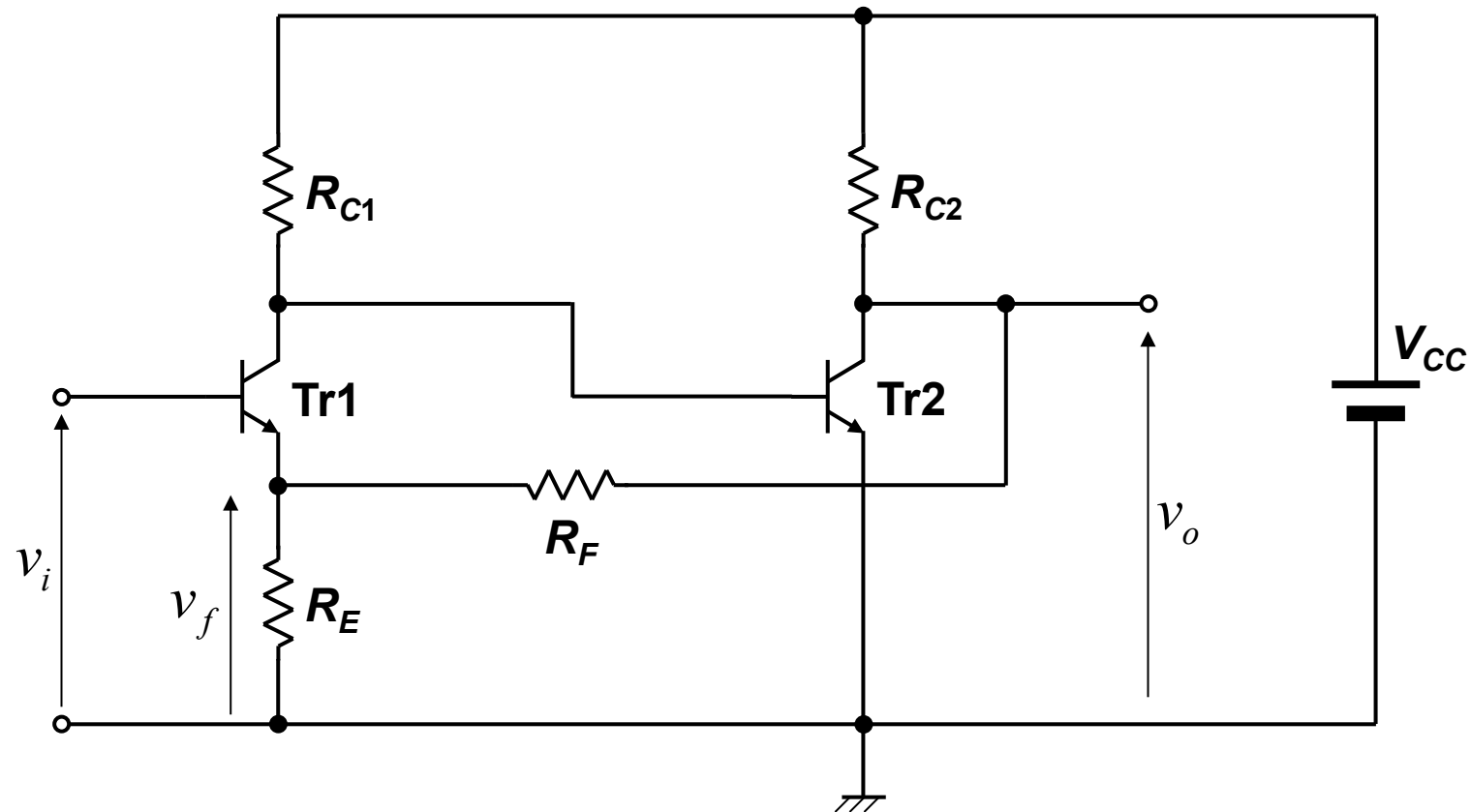
$$Z_{in} = Z_i / (1 + A_v\beta)$$
$$Z_{out} = Z_o / (1 + A_v\beta)$$

並列帰還回路(1)



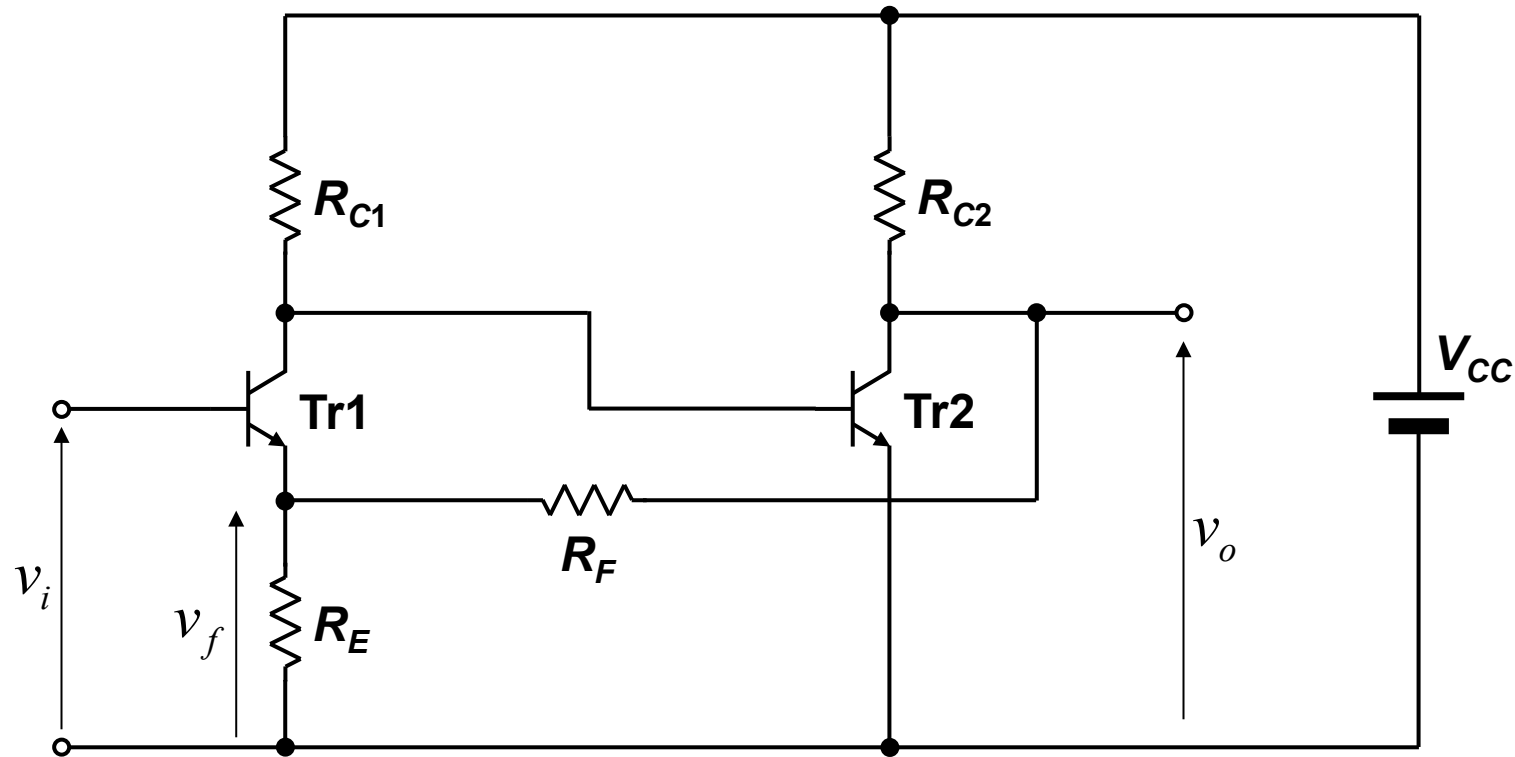
並列-並列帰還

並列帰還回路(2)



直列-並列帰還

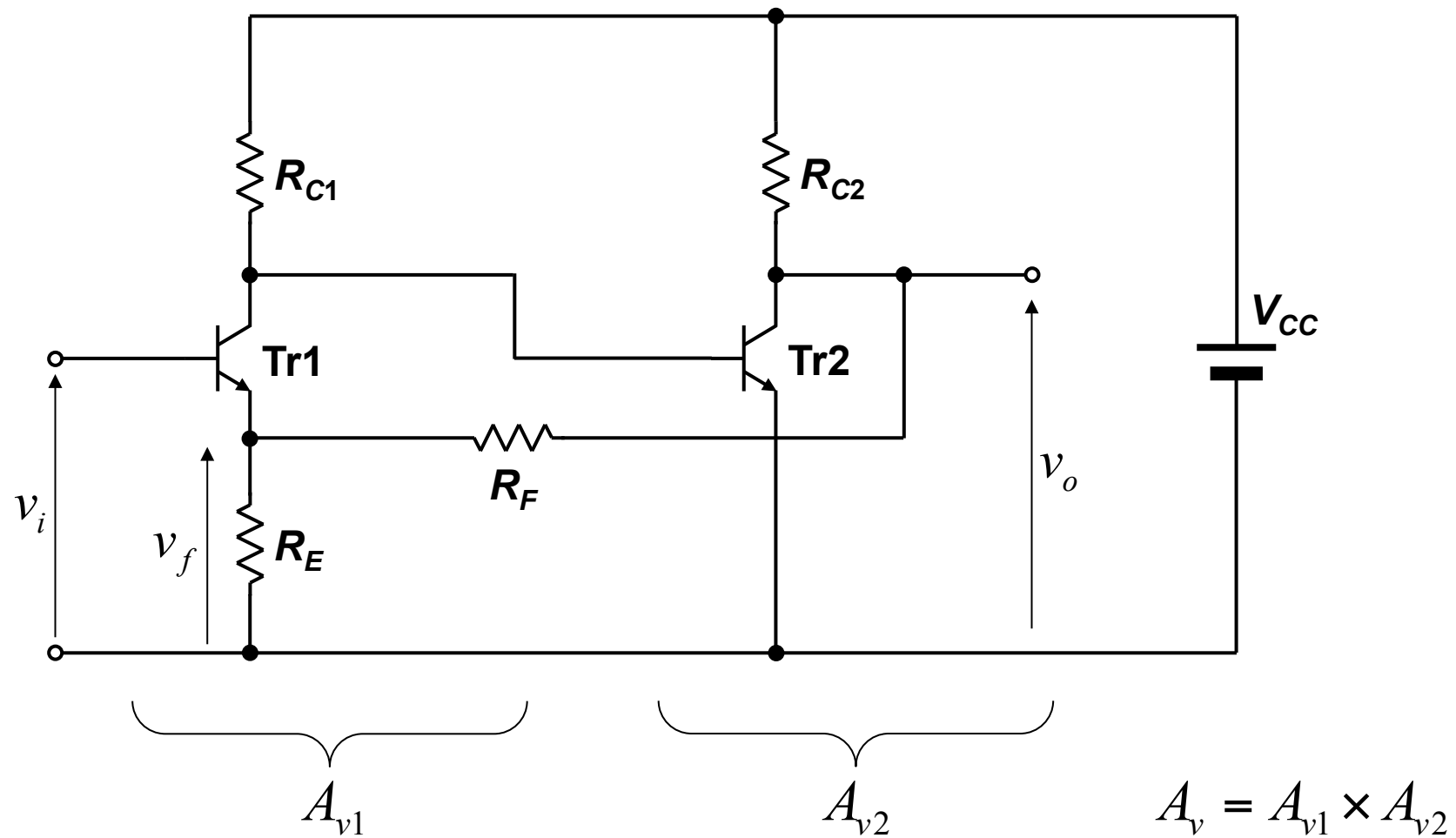
並列帰還回路の解析(1)



帰還率 β

$$\beta = \frac{v_f}{v_o} = \frac{R_E}{R_E + R_F} \approx \frac{R_E}{R_F} \quad R_F \gg R_E, R_F \gg R_{C2}$$

並列帰還回路の解析(2)



並列帰還回路の解析(3)

$$A_v = A_{v1} \times A_{v2}$$

$$\beta = \frac{v_f}{v_o} = \frac{R_E}{R_E + R_F} \approx \frac{R_E}{R_F}$$

$$A_{vf} = \frac{A_{v1}A_{v2}}{1 + A_{v1}A_{v2}\beta}$$
$$\approx \frac{1}{\beta} \approx \frac{R_F}{R_E}$$

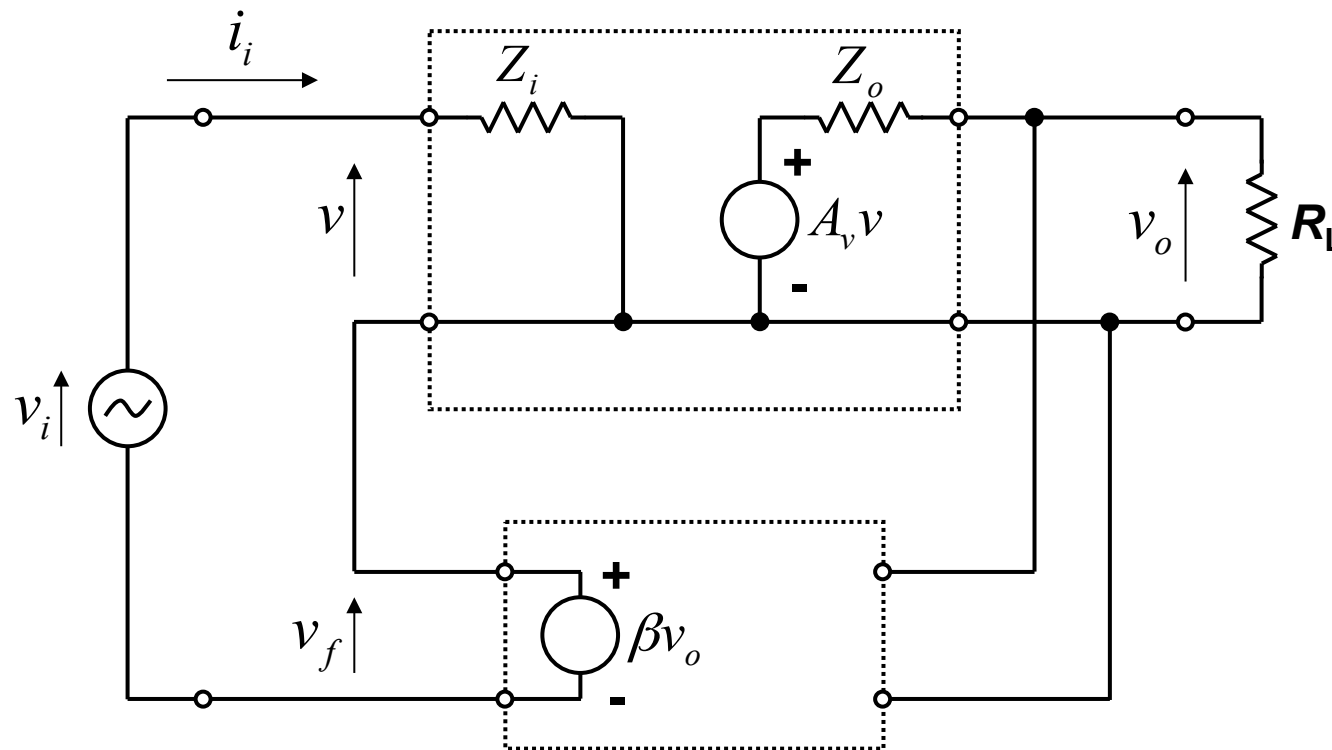
直列-並列帰還の入出カインピーダンス

$$Z_{in} = Z_i(1 + A_v\beta)$$

$$Z_{out} = Z_o / (1 + A_v\beta)$$

$$Z_{in} = h_{ie}(1 + A_v\beta)$$

直列-並列帰還回路の等価回路



$$v_i = v + v_f = v + \beta v_o$$

$$v = i_i Z_i$$

$$v_o = \frac{R_L}{Z_o + R_L} A_v v$$

直列-並列帰還回路の入カインピーダンス

$$v_i = v + v_f = v + \beta v_o$$

$$v = i_i Z_i$$

$$v_o = \frac{R_L}{Z_o + R_L} A_v v$$

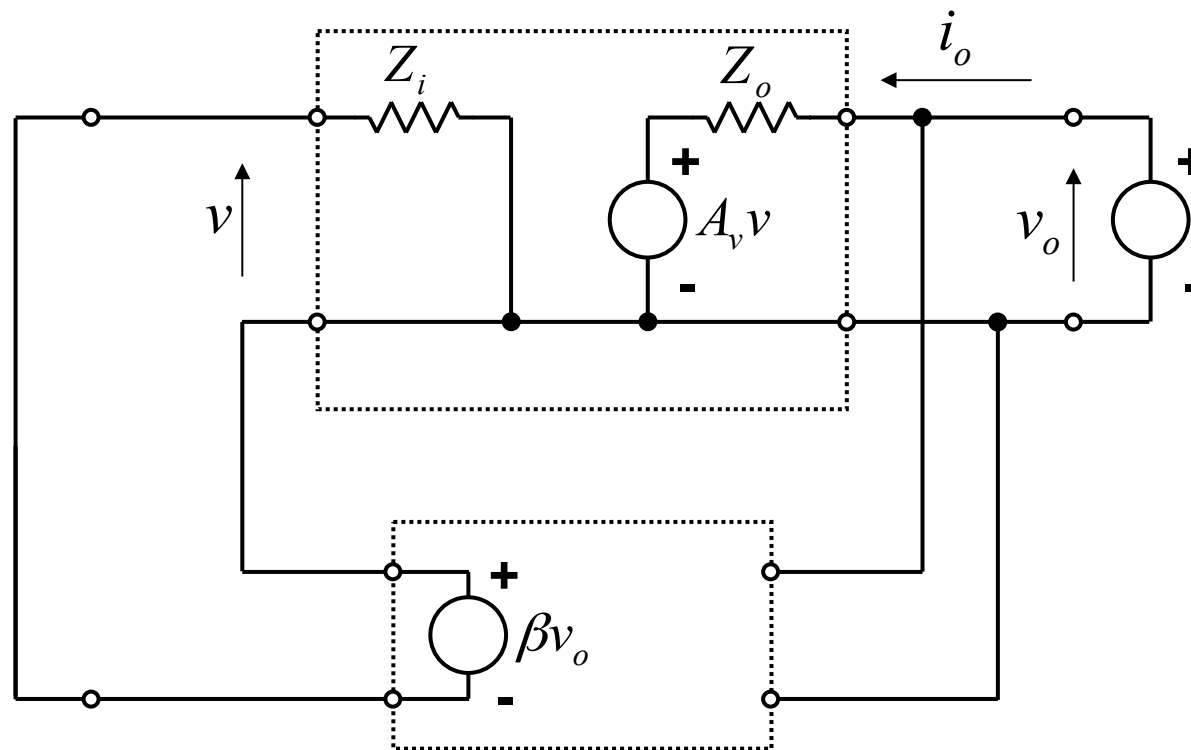
$$Z_{in} = \frac{v_i}{i_i} = \frac{v + \beta v_o}{i_i}$$

$$= \frac{i_i Z_i + \beta v_o}{i_i}$$

$$= \frac{i_i Z_i + \beta \frac{R_L}{Z_o + R_L} A_v i_i Z_i}{i_i}$$

$$= Z_i \left(1 + \frac{R_L}{Z_o + R_L} A_v \beta \right) \cong Z_i (1 + A_v \beta) \quad R_L \gg Z_o$$

直列-並列帰還回路の出カインピーダンス



$$v = -\beta v_o$$

$$v_o = A_v v + i_o Z_o$$

$$Z_o = \frac{v_o}{i_o} = \frac{Z_o}{1 + A_v \beta}$$

直列-並列帰還回路の出力インピーダンス

$$v = -\beta v_o$$

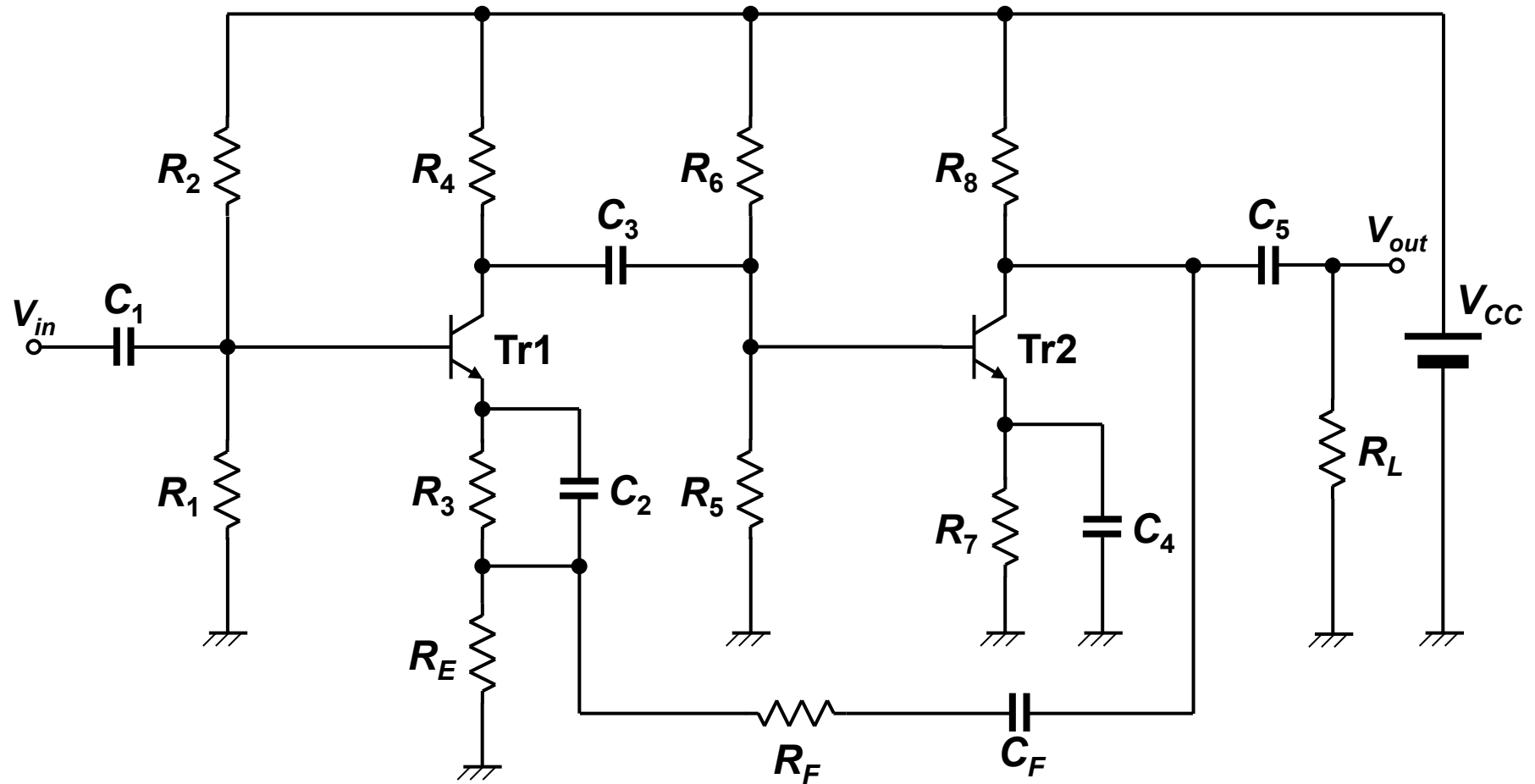
$$v_o = A_v v + i_o Z_o$$

$$\begin{aligned} v_o &= A_v v + i_o Z_o \\ &= -A_v \beta v_o + i_o Z_o \end{aligned}$$

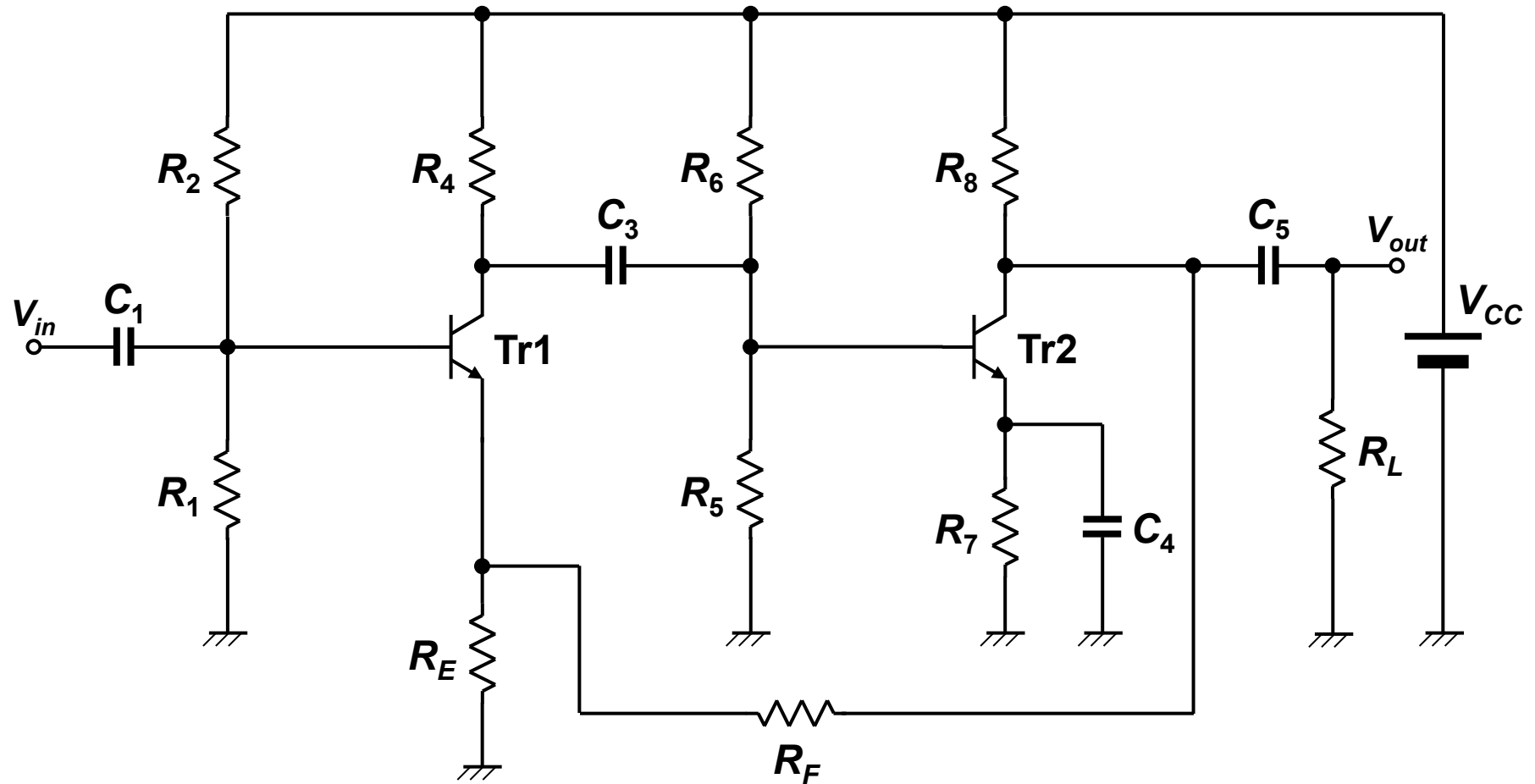
$$v_o (1 + A_v \beta) = i_o Z_o$$

$$Z_o = \frac{v_o}{i_o} = \frac{Z_o}{1 + A_v \beta}$$

CR結合2段増幅回路(並列帰還)

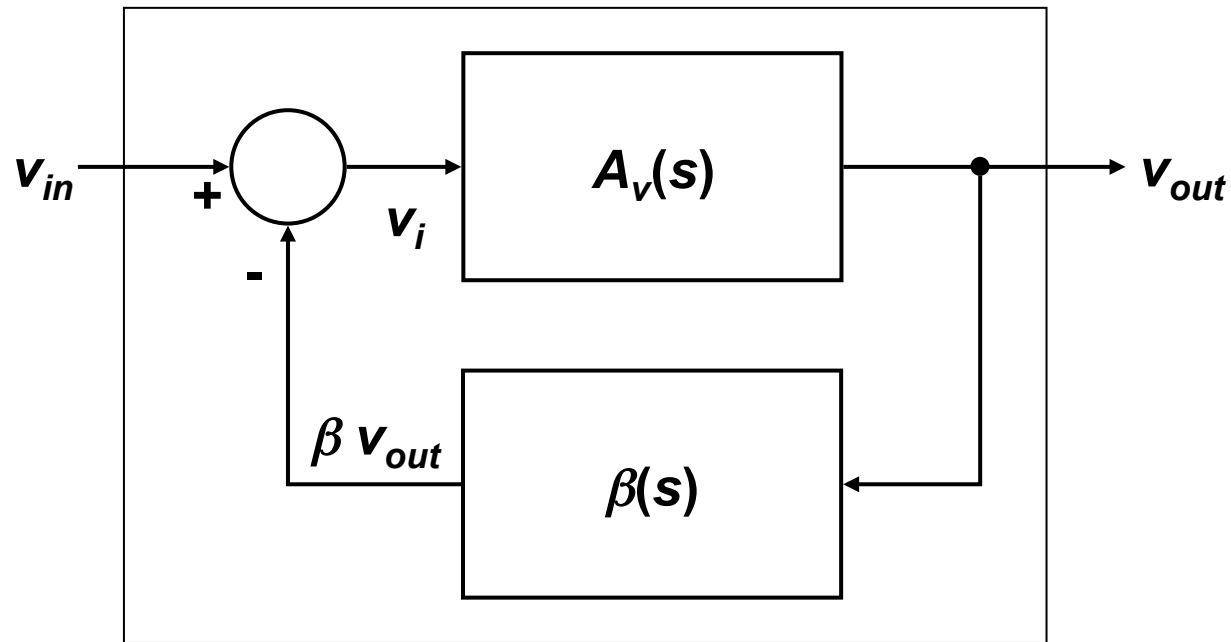


CR結合2段増幅回路(並列帰還)の解析



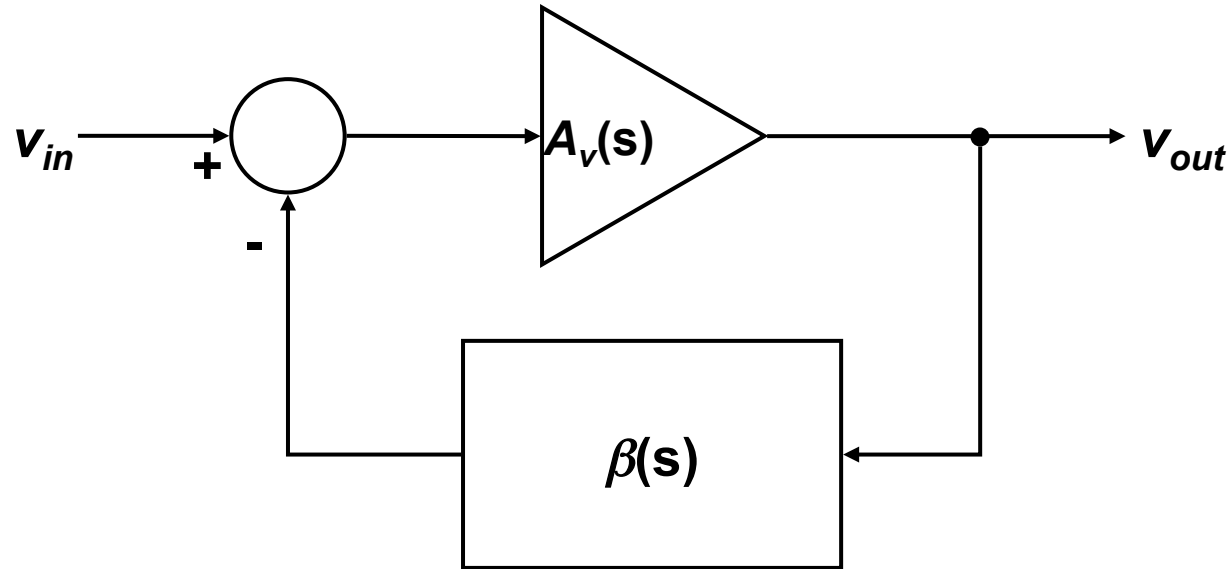
負帰還回路の安定性

安定性が問題 → 位相補償



$$A_f(s) = \frac{A_v(s)}{1 + A_v(s)\beta(s)} = \frac{1}{\beta(s)} \left(\frac{A_v(s)\beta(s)}{1 + A_v(s)\beta(s)} \right) = \frac{1}{\beta(s)} \left(\frac{T(s)}{1 + T(s)} \right)$$

帰還増幅回路の周波数特性



$$A_f(s) = \frac{A_v(s)}{1 + A_v(s)\beta(s)} = \frac{1}{\beta(s)} \left(\frac{A_v(s)\beta(s)}{1 + A_v(s)\beta(s)} \right) = \frac{1}{\beta(s)} \left(\frac{T(s)}{1 + T(s)} \right)$$

$$H(s) = a_0 \frac{(s/z_0 + 1)(s/z_1 + 1)(s/z_2 + 1)\cdots}{(s/p_0 + 1)(s/p_1 + 1)(s/p_2 + 1)\cdots}$$

伝達関数と周波数特性

伝達関数と周波数特性

- ・ 伝達関数
- ・ ボード線図
- ・ ゼロと極

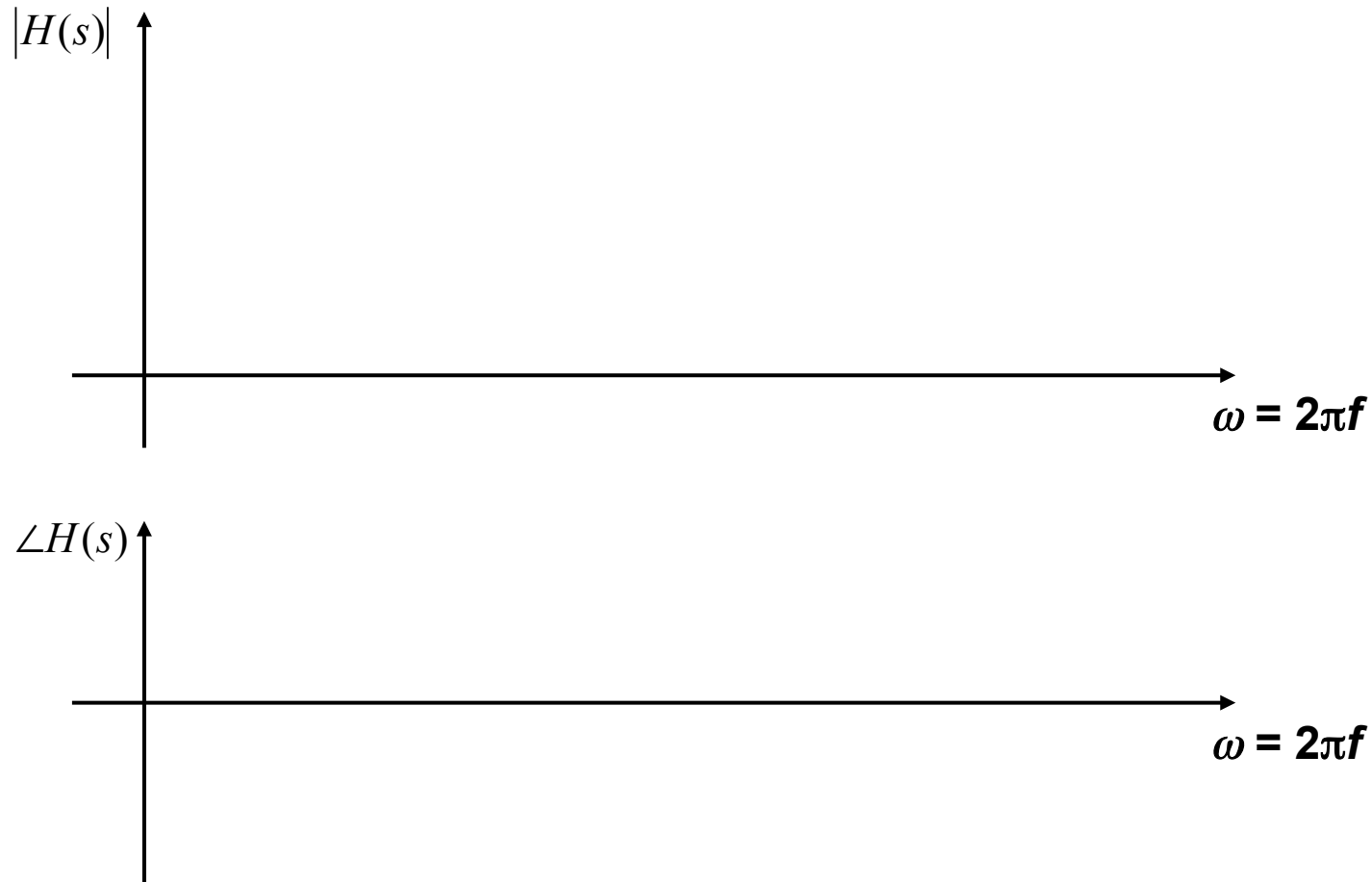
$$H(s) = \frac{(s + z_0)(s + z_1) \cdots (s + z_m)}{(s + p_0)(s + p_1) \cdots (s + p_n)}, \quad s = j\omega$$

増幅回路の周波数特性

- ・ 伝達関数

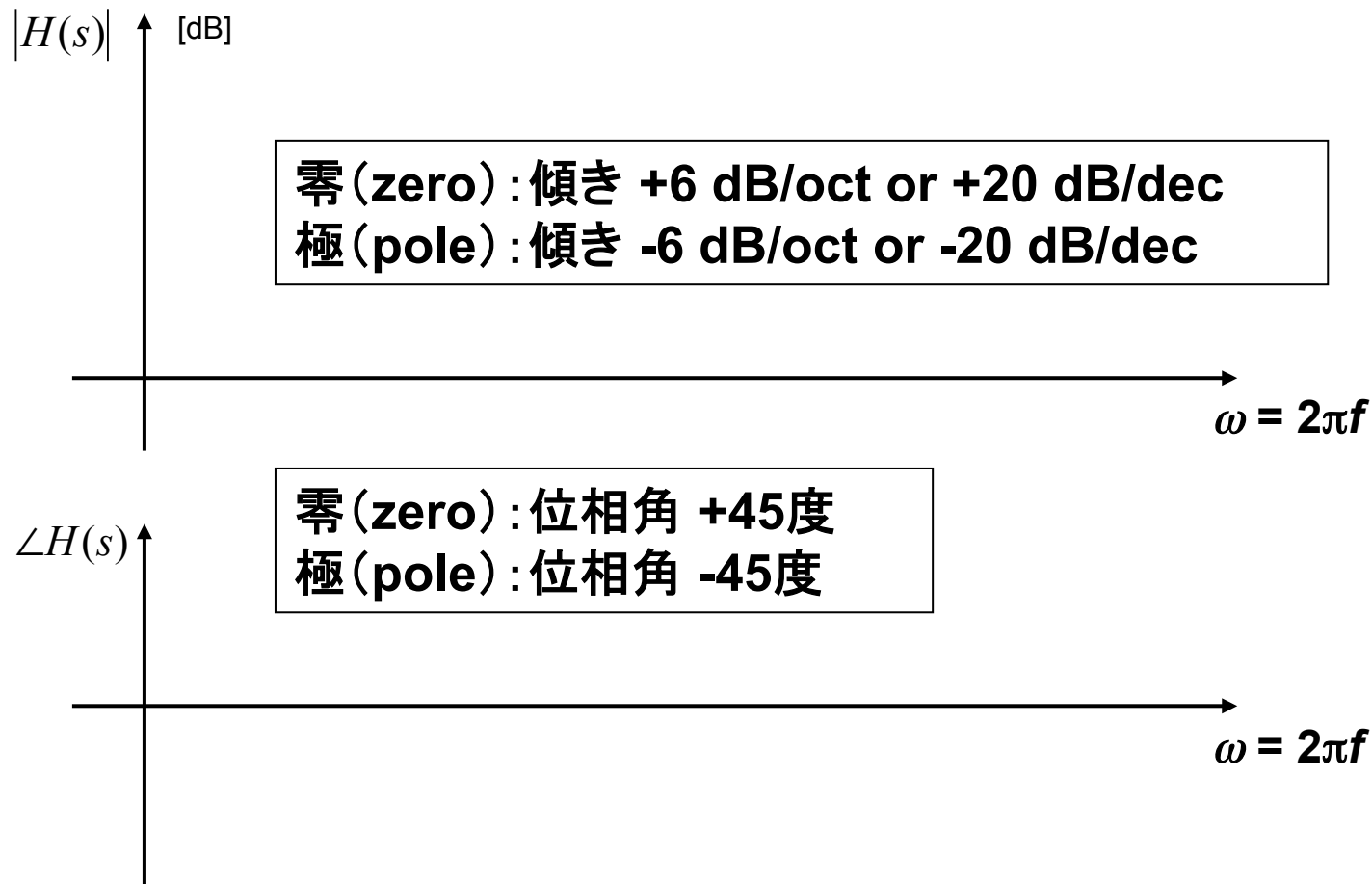
伝達関数とボード線図

$$H(s) = \frac{(s + z_0)(s + z_1) \cdots (s + z_m)}{(s + p_0)(s + p_1) \cdots (s + p_n)}, \quad s = j\omega$$



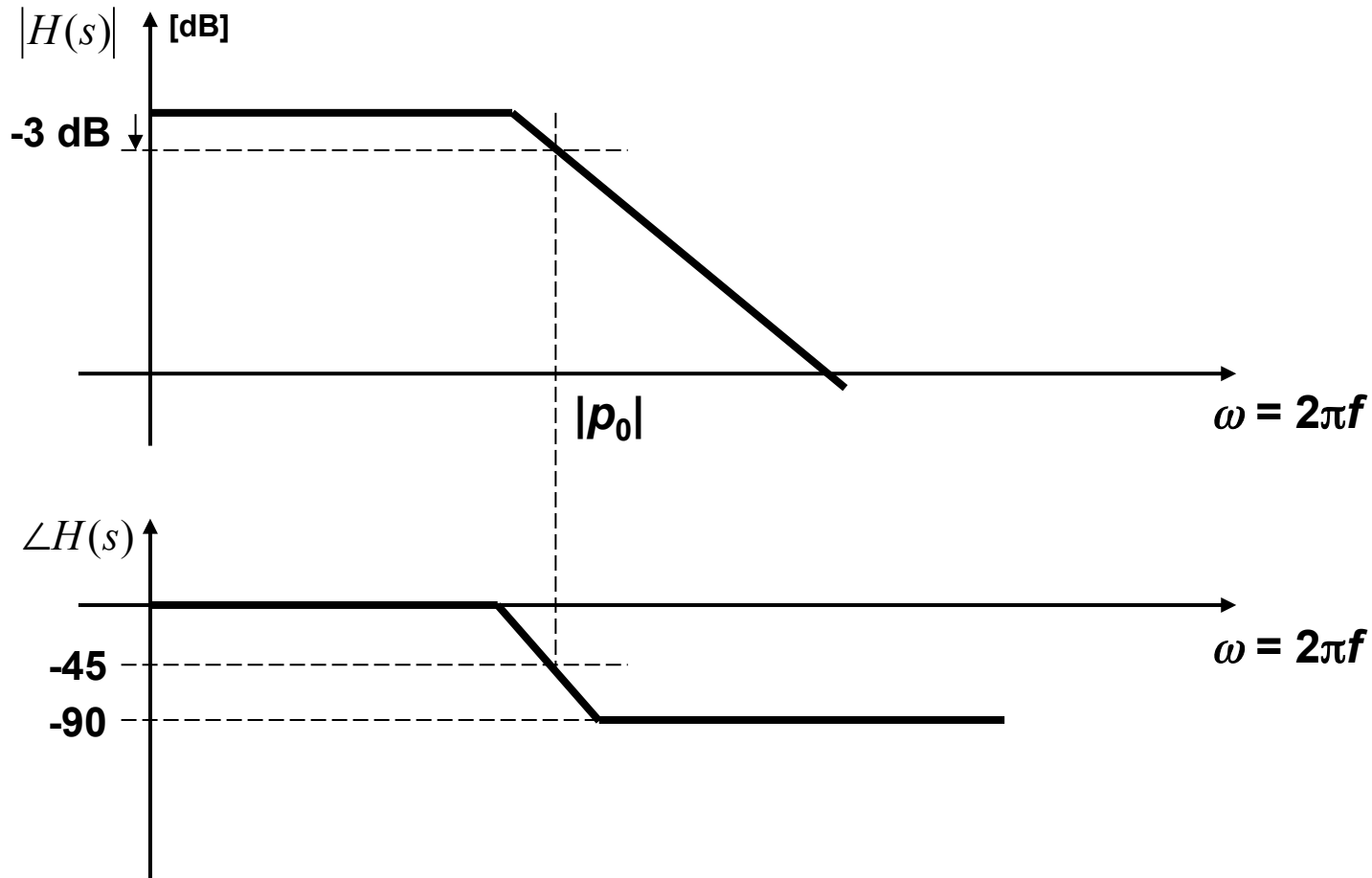
伝達関数 $H(s)$ とボード線図

$$|H(s)| = \left| \frac{(s + z_0)(s + z_1) \cdots (s + z_m)}{(s + p_0)(s + p_1) \cdots (s + p_n)} \right| \quad \angle H(s)$$



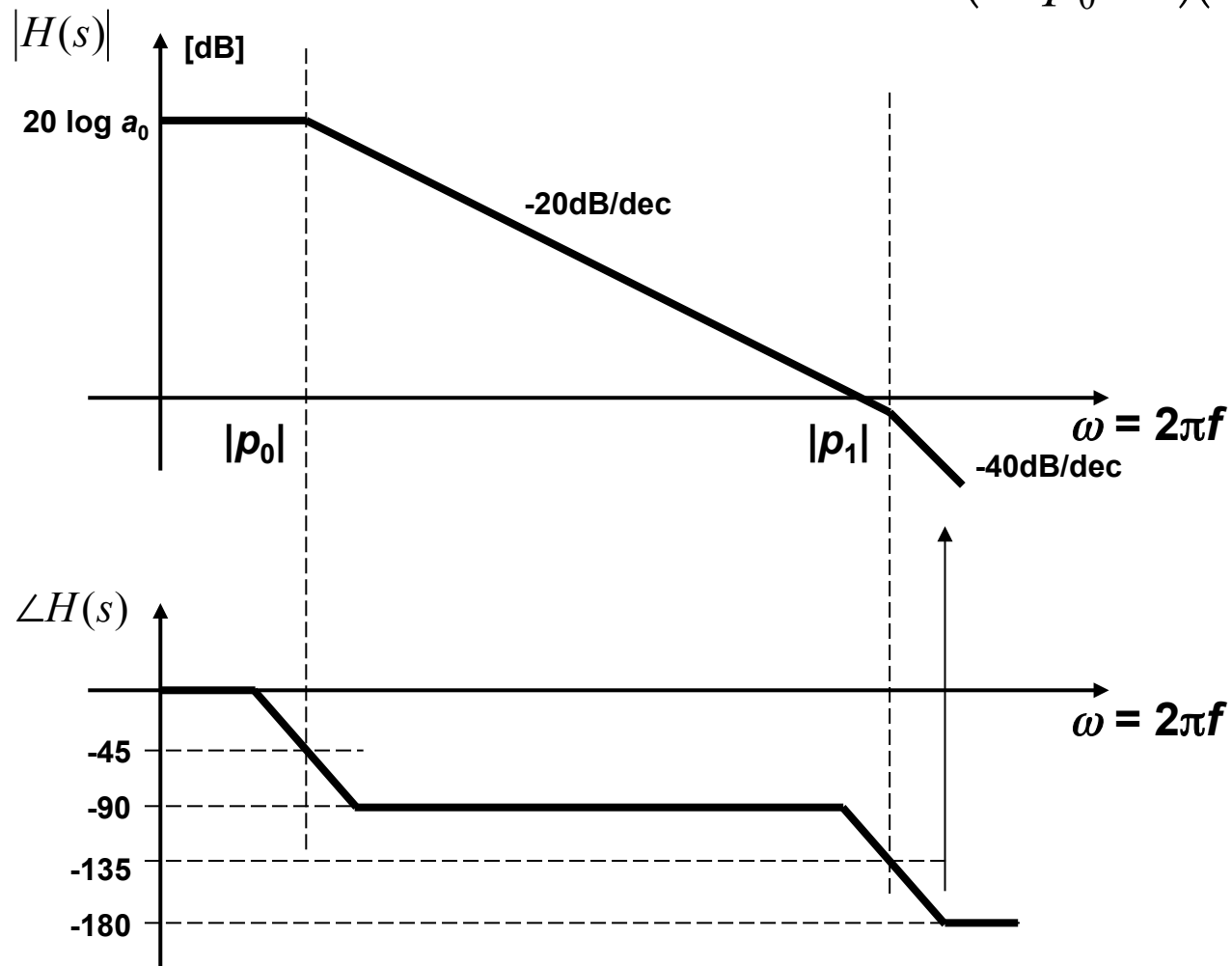
伝達関数 $H(s)$ のボード線図

$$H(s) = \frac{1}{s/p_0 + 1}$$



周波数特性(2ポールシステム)

$$H(s) = \frac{a_0}{(s/p_0 + 1)(s/p_1 + 1)}$$



周波数特性(2ポールシステム)

$$H(s) = \frac{a_0}{(s/p_0 + 1)(s/p_1 + 1)}$$

