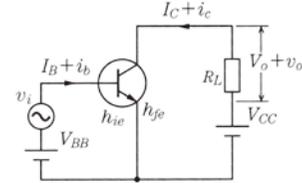


公式1 基本増幅回路(エミッタ接地)の増幅度

電圧増幅度  $A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{h_{fe}}{h_{ie}} R_L$

電流増幅度  $A_i = \frac{i_o}{i_i} = h_{fe}$

電力増幅度  $A_p = \frac{h_{fe}^2}{h_{ie}} R_L = A_v A_i$



公式2 バイアス回路の抵抗

	回路図	バイアス抵抗を求める式
固定バイアス		$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}$ $\left( I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} \right)$
電圧帰還バイアス		$R_B = \frac{V_{CC} - R_C I_C - V_{BE}}{I_B}$ $\left( I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} \right)$
電流帰還バイアス		$R_A = \frac{V_{BE} + V_E}{I_A}$ $R_B = \frac{V_{CC} - V_E - V_{BE}}{I_A + I_B}$ $\left( I_B = \frac{I_C}{h_{FE}}, I_E \approx I_C \right)$

\*  $R_A, R_B$ をフリーダ抵抗という。  
 \* シリコントランジスタの場合  $V_{BE} = 0.6 \sim 0.8V$ である。

公式3 RC結合増幅回路の増幅度

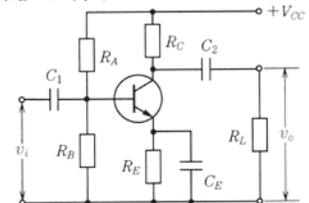
電圧増幅度  $A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{h_{fe}}{h_{ie}} R_L'$

電流増幅度  $A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{h_{fe}}{h_{ie}} \times \frac{R_L' R_i}{R_L}$

$R_i$ : 入力インピーダンス  
 (=  $R_A // R_B // h_{ie}$ )

$R_L'$ : 出力インピーダンス  
 (=  $R_C // R_L$ )

- \* // : 並列合成抵抗
- \*  $R_L$ : 次段の増幅回路の入力インピーダンス



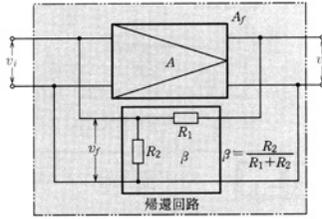
トランジスタ・オペアンプによる増幅回路(公式) (2/3)

公式4 負帰還増幅回路の増幅度

$$A_f = \frac{v_o}{v_i} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

A: 負帰還をかけないときの増幅度

$$\beta: \text{帰還率} \left( = \frac{v_f}{v_o} \right)$$



公式5 トランジスタ直列帰還増幅回路の増幅度

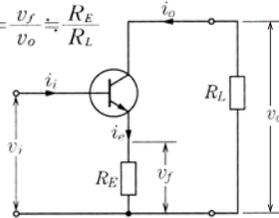
(1) 電圧増幅度

$$A_f = \frac{A}{1 + A\beta} = \frac{h_{fe}R_L}{h_{ie} + h_{fe}R_E}$$

(2) 入力インピーダンス

$$R_i = h_{ie} + h_{fe}R_E = h_{ie}(1 + A\beta) \quad [\text{k}\Omega]$$

ただし  $A = \frac{h_{fe}R_L}{h_{ie}}$      $\beta = \frac{v_f}{v_o} = \frac{R_E}{R_L}$



公式6 エミッタフォロワ(コレクタ接地)の増幅回路の増幅度

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{R_E(1 + h_{fe})}{h_{ie} + R_E(1 + h_{fe})}$$

$$\approx \frac{h_{fe}R_E}{h_{ie} + h_{fe}R_E} \approx 1$$

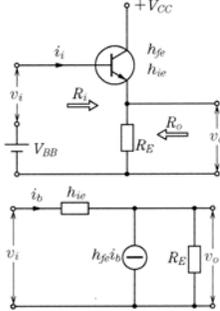
(∵  $1 \ll h_{fe}$ ,  $h_{ie} \ll h_{fe}R_E$ )

入力インピーダンス

$$R_i = h_{ie} + h_{fe}R_E \quad [\Omega]$$

出力インピーダンス

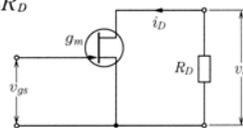
$$R_o = \frac{h_{ie}}{1 + h_{fe}} \approx \frac{h_{ie}}{h_{fe}} \quad [\Omega]$$



公式7 FET小信号増幅回路の増幅度

(1) 基本増幅回路

$$A = \frac{v_o}{v_{gs}} = g_m \frac{r_{DS}R_D}{r_{DS} + R_D} \approx g_m R_D$$



図(a) 基本増幅回路

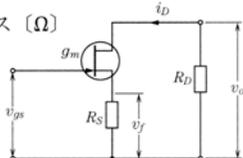
(2) 直列帰還回路

$$A_f = \frac{v_o}{v_{gs}} = \frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S} \approx \frac{R_D}{R_S}$$

(∵  $1 \ll g_m R_S$ )

gm: 相互コンダクタンス [S]

rDS: 出力インピーダンス [Ω]



図(b) 直列帰還回路

公式8 増幅器の増幅度と利得

電流増幅度  $A_i = \frac{I_o}{I_i}$

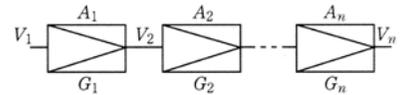
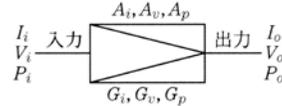
電流利得  $G_i = 20 \log A_i \quad [\text{dB}]$

電圧増幅度  $A_v = \frac{V_o}{V_i}$

電圧利得  $G_v = 20 \log A_v \quad [\text{dB}]$

電力増幅度  $A_p = \frac{P_o}{P_i} = A_i A_v$

電力利得  $G_p = 10 \log A_p \quad [\text{dB}]$



公式9 トランジスタの直流電流増幅率

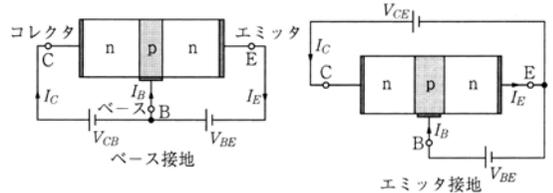
(1)  $h_{FB} = \frac{I_C}{I_E} = \frac{h_{FE}}{1 + h_{FE}}$  (ベース接地)

(2)  $h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{h_{FB}}{1 - h_{FB}}$  (エミッタ接地)

IB: ベース電流 [A]    IC: コレクタ電流 [A]

IE: エミッタ電流 [A]

\* hFB を α, hFE を β で表すこともある



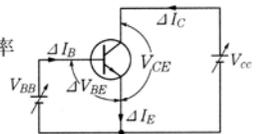
公式10 トランジスタのh定数

$h_{oe} = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}} \right|_{I_B \text{一定}}$  出力アドミタンス [S]

$h_{ie} = \left. \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE} \text{一定}}$  入力インピーダンス [Ω]

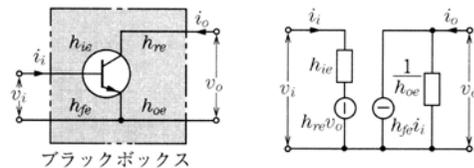
$h_{fe} = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE} \text{一定}}$  電流増幅率

$h_{re} = \left. \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta V_{CE}} \right|_{I_B \text{一定}}$  電圧帰還率



公式11 h定数と小信号交流電圧・電流の関係式

$v_i = h_{ie}i_i + h_{re}v_o \quad [\text{V}]$      $i_o = h_{fe}i_i + h_{oe}v_o \quad [\text{V}]$



トランジスタ・オペアンプによる増幅回路(公式) (3/3)

論理回路における公式(1/2)

(試験によく出る電子・通信重要公式マスターブック、(株)オーム社、2002年)

公式12 FETの相互コンダクタンスとドレイン-ソース間抵抗

(1)  $g_m = \left| \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} \right|_{V_{DS} \text{一定}}$  [S]

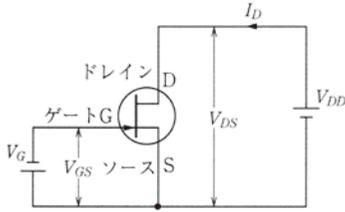
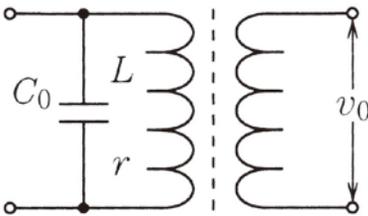


図 (a) 接合形 N チャンネル FET

(2)  $r_{DS} = \left| \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} \right|_{V_{GS} \text{一定}}$  [Ω]



公式13 演算増幅回路(オペアンプ)の増幅度

反転増幅回路

$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_s}$

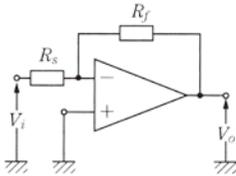


図 (a)

非反転 (正相) 増幅回路

$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_f}{R_s} + 1$

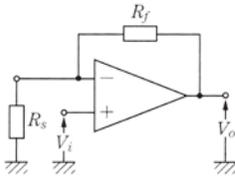
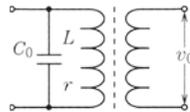


図 (b)

公式14 高周波増幅同調回路のQ

(1) 無負荷 Q

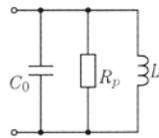
$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{r} = \frac{R_p}{\omega_0 L} = \omega_0 C_0 R_p$



(2) 負荷 Q

$Q_L = \frac{R_T}{\omega_0 L} = \omega_0 C_0 R_T$

ただし、 $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_0'} + \frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_i'}$



$r$  の並列変換:  $R_p = \frac{(\omega L)^2}{r}$

