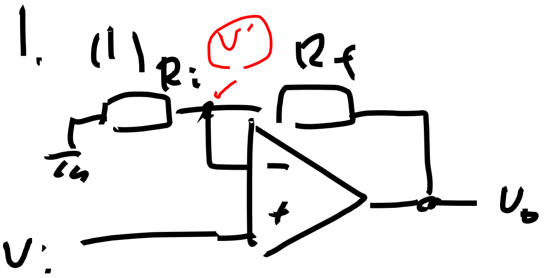
1. (1)



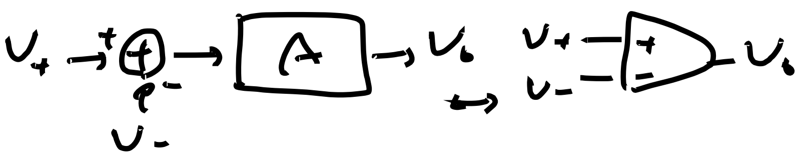
(2) 図のようにV'を定義する

仮想ショートより $V_i = V'$

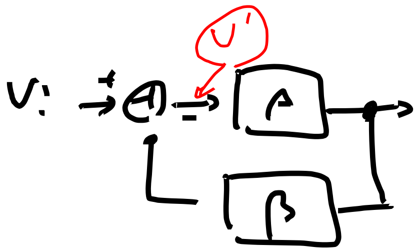
また、分圧の法則より $V' = \frac{R_i}{R_i+R_f}V_o$

以上より $G = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_i+R_f}{R_i}$

(3) オペアンプのブロック図は以下



よって、(1)は



(ただし $\beta = \frac{R_i}{R_i+R_f}$)

(4) (3)より $\frac{V_o}{V_i} = H = \frac{A}{1+A\beta}$ となる (~~※ここでは図示したが、過程は~~)

(証明) 上図のようにV'をおくと、

$V' = V_i - \beta V_o$, $V_o = AV'$ → $V_o = A(V_i - \beta V_o)$ より上式。

(5) $G = 10 \leftrightarrow \beta = \frac{1}{10}$

(4)より $H = \frac{A}{1+\frac{1}{10}A} = \frac{10A}{A+10}$

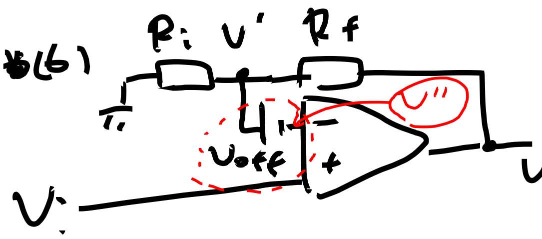
$A = 10 \rightarrow H = \frac{100}{20} = 5$

$A = 100 \rightarrow H = \frac{1000}{110} \fallingdotseq$ ~~9.09~~ 9.1

$A = 1000 \rightarrow H = \frac{10000}{1010} \fallingdotseq 10$

(ちなみに $A \rightarrow \infty \rightarrow H = 10$)

(6)



等価回路に直した図

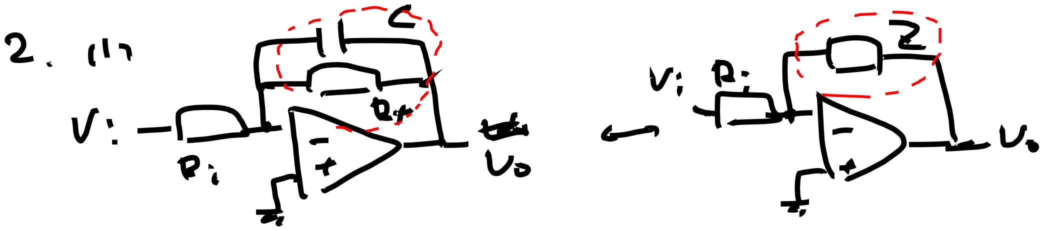
図のようにV'をおくと

$V' = \frac{R_i}{R_i+R_f}V_o$, $V'' = V' - V_{off}$, 仮想ショートより $V'' = V_i$

以上より

$V_i = \frac{R_i}{R_i+R_f}V_o - V_{off}$ ∴ $V_o = \frac{R_i+R_f}{R_i}(V_i + V_{off})$

2. (1)



$R_f \parallel \frac{1}{j\omega C} = Z$ とおいて左図になる

並列合成

→ 反転アンプになるので

$$H(\omega) = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{Z}{R_1}$$

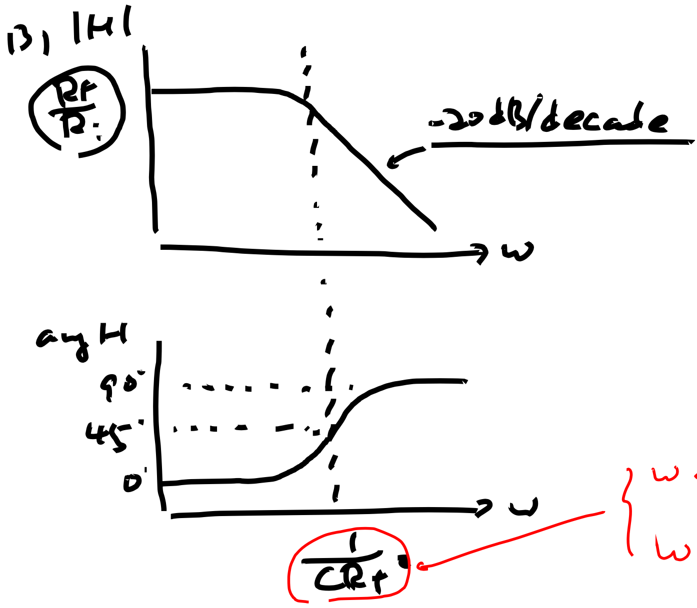
また $Z = \dfrac{\frac{R_f}{j\omega C}}{R_f + \frac{1}{j\omega C}} = \dfrac{R_f}{1 + j\omega C R_f}$

よって $H(\omega) = -\dfrac{R_f}{R_i} \cdot \dfrac{1}{1 + j\omega C R_f}$

(2) $|H(\omega)| = \dfrac{R_f}{R_i} \dfrac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R_f^2}}$

$\arg(H(\omega)) = + \tan^{-1}(\omega C R_f)$

(3)



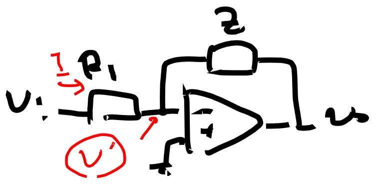
$\omega \ll \frac{1}{CR_f}$

$\omega \gg \frac{1}{CR_f}$

で場合分け

2 (4)

$A = \frac{A_{DC}}{1+j\omega/\omega_1}$



この回路でオペアンプのAに有限
図のように v' をおいて。(v' と I)

$H = \frac{v_o}{v_i}$ を求める

$I = \frac{v_i - v'}{R_i}$ 、これが、すべてZへ流れる(∵オペアンプの入力に電流は流れない)

つまり $I = \frac{v' - v_o}{Z}$ 。これより $\frac{v_i - v'}{R_1} = \frac{v' - v_o}{Z}$

$v_i - v' = \frac{R_i}{Z}(v' - v_o) = \frac{R_i}{Z}v' - \frac{R_i}{Z}v_o$

$v_i - \left(1 + \frac{R_i}{Z}\right)v' = -\frac{R_i}{Z}v_o$

また、オペアンプの性質より

$v_o = A(0 - v') = -Av' \rightarrow v' = -\frac{v_o}{A}$

以上より

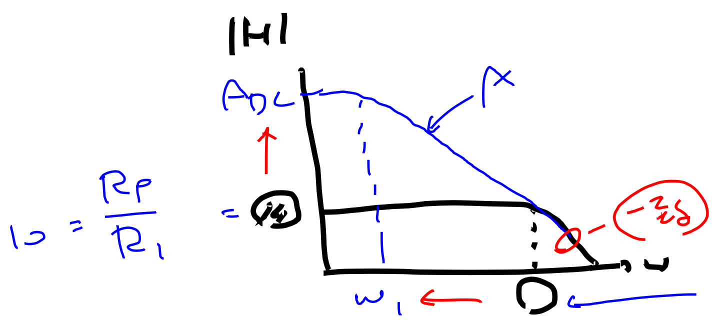
$v_i + \left(1 + \frac{R_i}{Z}\right)\left(\frac{v_o}{A}\right) = -\frac{R_i}{Z}v_o$

$v_i = -\left(\frac{R_i}{Z} + \frac{R_i + Z}{AZ}\right)v_o$

∴ $H = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{1}{\frac{R_1}{Z} + \frac{R_i + Z}{AZ}}$ (ここで $Z = \frac{1}{j\omega C} // R_f$)

$= -\frac{AZ}{AR_i + R_i + Z} = \cdots$ (略)

$\cdots \frac{[illegible]}{1 + j\omega/\Omega}$



[別解] ゲインの性質を使って、Hを求め、そこから描く

※ $\omega_1 \ll \frac{1}{CR_f}$

2(4)つづき

$$H = -\frac{A\cdot\frac{R_f}{1+j\omega CR_f}}{AR_i + R_i + \frac{R_f}{1+j\omega CR_f}} \quad (Z)$$

$$= \frac{\frac{A_{bc}}{1+j\omega/\omega_1}\cdot\frac{R_f}{1+j\omega CR_f}}{\frac{A_{bc}R_i}{1+j\omega/\omega_1} + R_i + \frac{R_f}{1+j\omega CR_f}} \quad (A)$$

→ ① $\omega \ll \omega_1$
② $\omega_1 \ll \omega \ll \frac{1}{CR_f}$
③ $\omega \gg \frac{1}{CR_f}$

[illegible]

① → $A \fallingdotseq A_{bc}$, $Z \fallingdotseq R_f$ とみなせるので

$$H \fallingdotseq \frac{A_{bc}R_f}{A_{bc}R_i + R_i + R_f} \fallingdotseq \frac{R_f}{R_1}$$

② → $A \fallingdotseq \frac{A_{bc}}{j\omega/\omega_1} = \frac{A_{bc}\omega_1}{j\omega}$　$Z \fallingdotseq R_f$ とみなして

$$H \fallingdotseq \frac{R_f\cdot\frac{A_{bc}\omega_1}{j\omega}}{\frac{A_{bc}R_i\omega_1}{j\omega} + R_i + R_f} = \frac{R_fA_{bc}\omega_1}{(R_i+R_f)j\omega + A_{bc}R_i\omega_1}$$

$$= \frac{\frac{R_f}{R_i}}{1 + j\omega/\frac{A_{bc}R_i}{R_i+R_f}\omega}$$

③ → $A \fallingdotseq \frac{A_{bc}\omega_1}{j\omega}$, $Z \fallingdotseq \frac{1}{j\omega CR_f}$ とみなして

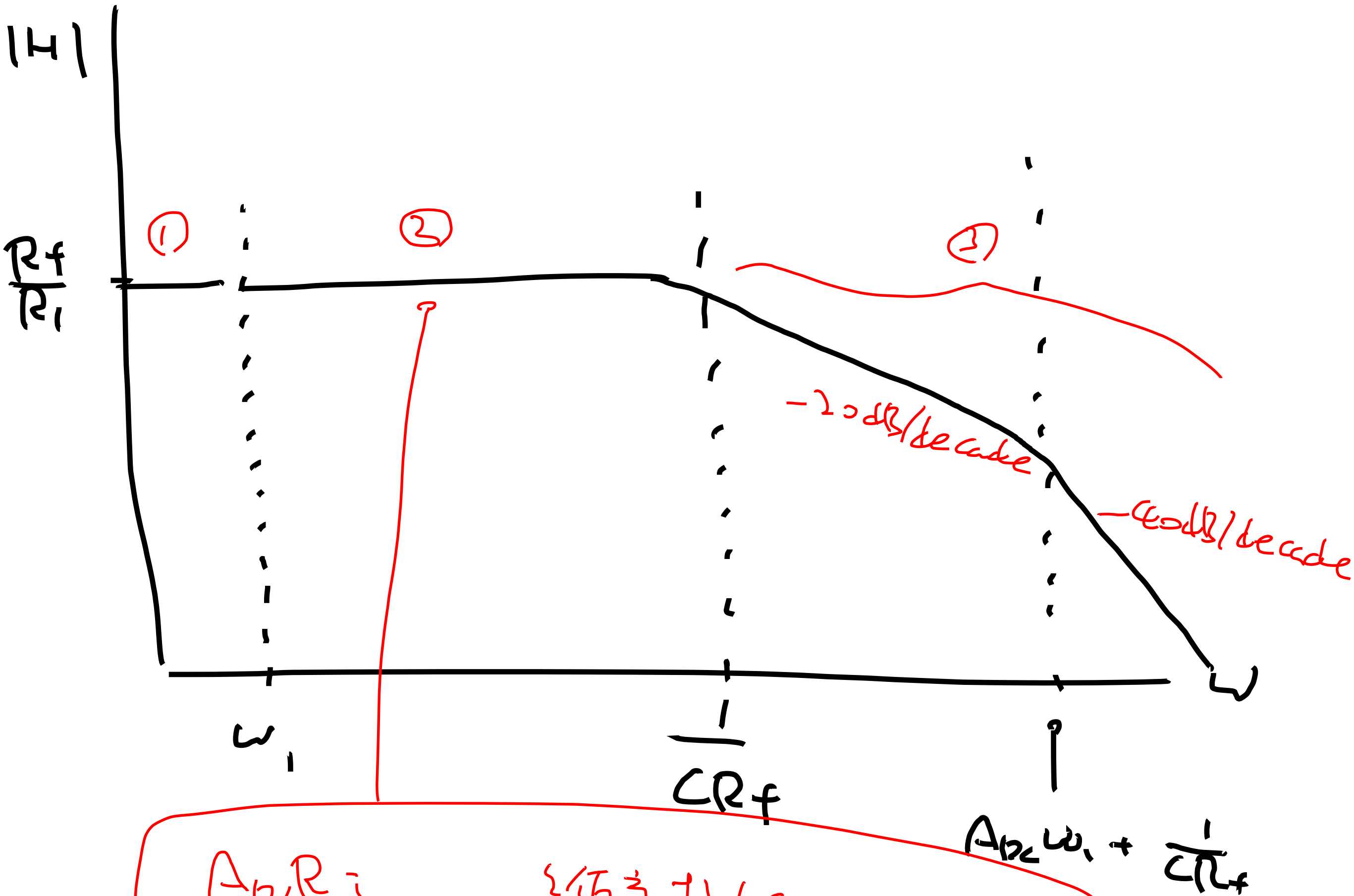
$$H \fallingdotseq \frac{\frac{A_{bc}\omega_1}{j\omega}\cdot\frac{1}{j\omega CR_f}}{\frac{A_{bc}\omega_1}{j\omega} + R_1 + \frac{1}{j\omega CR_f}} = \frac{\frac{A_{bc}\omega_1}{j\omega CR_f}}{A_{bc}\omega_1 + j\omega R_1 + \frac{1}{CR_f}} \quad (\times j\omega)$$

$(\times j\omega)$

$$= \frac{\frac{A_{bc}\omega_1}{CR_f}}{j\omega\left(A_{bc}\omega_1 + \frac{1}{CR_f}\right) - \omega^2}$$

$A_{bc}\omega_1 + \frac{1}{CR_f} \gg \omega \rightarrow H \fallingdotseq \frac{\frac{A_{bc}\omega_1}{CR_f}}{j\omega\left(A_{bc}\omega_1 + \frac{1}{CR_f}\right)}$

$A_{bc}\omega_1 + \frac{1}{CR_f} \ll \omega \rightarrow H \fallingdotseq -\frac{\frac{A_{bc}\omega_1}{CR_f}}{\omega^2}$



$\frac{A_{DC}R_i}{R_i+R_f} \gg 1$ を仮定すれば(近似できれば)なので

$H \fallingdotseq \frac{R_f}{R_i}$