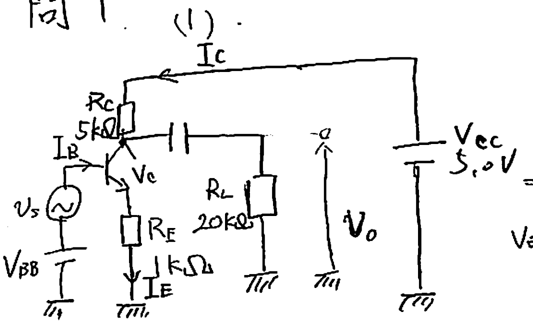
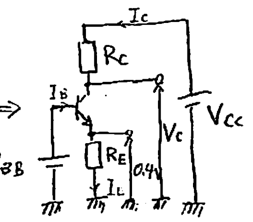
2017年　電子回路

問 1

(1)



⇒



電圧 V_c は

$V_c = V_{cc} - R_c I_c$ で表される ―①

抵抗 R_E の両端の電圧は0.4Vであったので

$$I_E = \frac{0.4V}{1k\Omega} = 0.4\times10^{-3}[A]$$

直流電流増幅率 β が200なので

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} = \frac{200}{201}$$

(α : ベース接地直流電流増幅率

$$\alpha = \frac{I_c}{I_E} \quad (\alpha = 0.99\sim0.998) \doteqdot 1$$

β : エミッタ接地直流電流増幅率

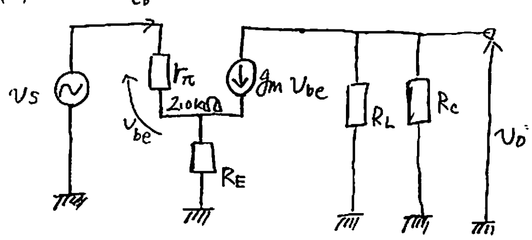
$$\beta = \frac{I_c}{I_B} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad (\beta = 100\sim500)$$)

$I_c = \alpha I_E$ ―②

①、②より

$$V_c = V_{cc} - R_c \times \alpha I_E$$
$$= 5.0 - 5.0\times10^3 \times \frac{200}{201}\times0.4\times10^{-3}$$
$$= 5.0 - 1.990\ldots \doteqdot \underline{3.0\ (V)}$$

(2)



直流電圧は考慮しない。

(3) $G = \dfrac{v_o}{v_s}$ を求める。

$$\begin{cases} v_s = r_\pi i_b + R_E(i_b + g_m v_{be}) & \text{―①} \\ v_o = -g_m v_{be}(R_c /\!/ R_L) & \text{―②} \\ v_{be} = r_\pi i_b & \text{―③} \end{cases}$$

①、③より

$$v_s = \{r_\pi + R_E(1+g_m r_\pi)\} i_b \quad \text{―④}$$

②、④より

$$G = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{g_m r_\pi (R_c /\!/ R_L)}{r_\pi + R_E(1+g_m r_\pi)}$$

(もしくは

$$G = -\frac{g_m r_\pi R_c R_L}{\{r_\pi + R_E(1+g_m r_\pi)\}(R_c+R_L)}$$) ―(*)

(4)

$$|G| = \frac{125m\times2k\times5k\times20k}{\{2k+1k(1+2k\times125m)\}(5k+20k)}$$

$$= \frac{1000}{253}$$

$$\Rightarrow 20\log|G| = 20\log\frac{1000}{253}$$

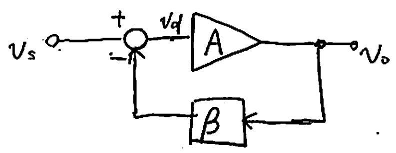
$$= 20\log_{10}10^3 - 20\log_{10}253$$

$$\doteqdot 20\log 2^2 = 12.02 \doteqdot \underline{12}$$

($\doteqdot 60 - 20\log_{10}2^8 = 60 - 8\times6.02$

$= 11.84 \doteqdot \underline{12}$)

(5)



アンプの入力電圧 Vd は

$$\begin{cases} v_d = v_s - \beta v_o \\ v_o = A v_d \end{cases}$$

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

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{A}{1+A\beta} \quad \text{—— Ⅰ}$$

オープンループ利得 A は (※) を用いて

$$A = -\frac{g_m R_C R_L}{R_C + R_L} = -\frac{125m \times 5k \times 20k}{5k + 20k}$$

$$= -500. \quad \text{—— Ⅱ}$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{1000}{253} \quad \text{Ⅲ}$$

Ⅰ. Ⅱ Ⅲ より

$$\frac{1000}{253} = \frac{-500}{1 - 500\beta}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{51}{200} \quad \text{—— Ⅳ}$$

$$\boxed{\text{帰還率}\beta\text{は } \beta \leq 1}$$

Ⅱ. Ⅳ より 帰還量 F は

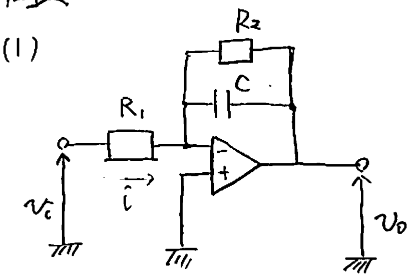
$$F = 1 + |A|\beta$$

$$= 1 + 500 \times \frac{51}{200} = 256.$$

$$\fallingdotseq 2.6 \times 10^2$$

問2

(1)



$$\begin{cases} v_i = R_1 i + e \\ e = \left(R_2 \parallel \frac{1}{j\omega C}\right) i + v_o. \end{cases}$$

⇒ イマジナリーショート $e = 0$

$$\frac{v_o}{v_i} = -\frac{\left(R_2 \parallel \frac{1}{j\omega C}\right)}{R_1} = -\frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + j\omega C R_2}$$

(2)

$$H_0 = |H(0)| = \frac{R_2}{R_1}$$

$$|H(\omega)| = \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R_2^2}}$$

遮断角周波数 ω_c は

$$1 + \omega_c^2 C^2 R_2^2 = 2$$

$$\omega_c = \frac{1}{CR_2}$$

遮断角周波数 ω_c は $|H(\omega_c)| = \frac{H_0}{\sqrt{2}}$ となる角周波数

(3) (1) の式を微分方程式に書き直す。

このとき 抵抗 R_2 に流れる電流を i_R
コンデンサ 〃 i_C とする

$$\begin{cases} v_i = R_1 (i_R + i_C) + e \\ e = R_2 i_R + v_o \\ R_2 i_R = \frac{1}{C} \int i_C \, dt \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_i = R_1 (i_R + i_C) & \text{—①} \\ v_o = -R_2 i_R & \text{—②} \\ i_C = C R_2 \frac{\partial i_R}{\partial t} & \text{—③} \end{cases}$$

①〜③ より

$$v_i = -\frac{R_1}{R_2} v_o - C R_1 \frac{\partial v_o}{\partial t}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial v_o}{\partial t} + \frac{1}{CR_2} v_o + \frac{1}{CR_1} v_i = 0.$$

(4) $v_i = V_0 u(t)$

(3) の式より

$$\frac{\partial v_0}{\partial t} + \frac{v_0}{CR_2} = -\frac{V_0}{CR_1}u(t).$$

ラプラス変換より

$$sV_s - v_0(0) + \frac{V_s}{CR_2} = -\frac{V_0}{CR_1 s}$$

$(v_0(0) = 0)$
コンデンサ初期電荷 0 のため

$\frac{1}{C}\int i\,dt \Rightarrow \frac{1}{C}\left(\frac{I}{s}+\frac{q(0)}{s}\right) = \frac{I}{Cs} + \frac{q(0)}{s}$

$$\left(s + \frac{1}{CR_2}\right)V_s = -\frac{V_0}{CR_1 s}$$

$$V_s = \frac{-V_0}{CR_1 s\left(s+\frac{1}{CR_2}\right)}$$

$$= -\frac{R_2}{R_1}\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s+\frac{1}{CR_2}}\right)V_0$$

$$v_0(t) = -\frac{R_2}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{t}{CR_2}}\right)V_0 u(t)$$

$$= -\frac{R_2}{R_1}\left(1 - e^{-\omega_c t}\right)V_0 u(t)$$

別解) 微分方程式

i) 定常解のとき $\frac{\partial v_0}{\partial t} = 0$ より

$$v_s = -\frac{R_2}{R_1}V_0$$

ii) 過渡解では

$$\frac{\partial v_0}{\partial t} + \frac{v_0}{CR_2} = 0$$

$$\left(e^{\frac{t}{CR_2}} v_0(t)\right)' = 0$$

$$v_t = Ce^{-\frac{t}{CR_2}}$$

よって出力 $v_0(t) = Ce^{-\frac{t}{CR_2}} - \frac{R_2}{R_1}V_0$

$v_0(0) = 0$ なので

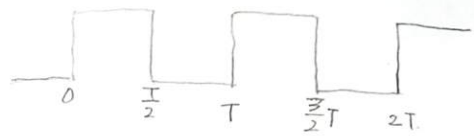
$$C = \frac{R_2}{R_1}V_0$$

$$v_0(t) = \frac{R_2}{R_1}\left(e^{-\frac{t}{CR_2}} - 1\right)V_0 u(t)$$

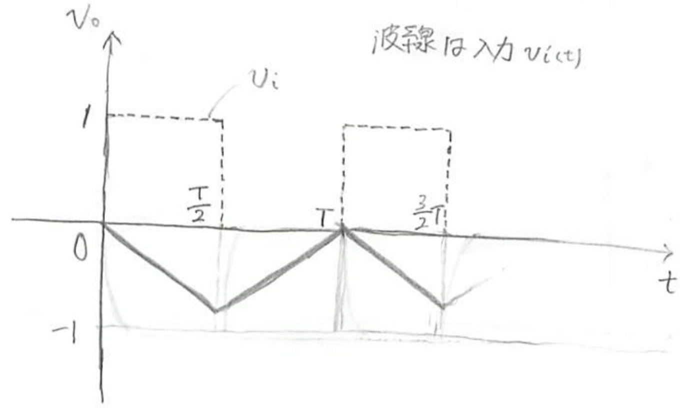
$$= \frac{R_2}{R_1}\left(e^{-\omega_c t} - 1\right)V_0 u(t)$$

(5) デューティ比 $D = \frac{\tau}{T}$ 　τは信号が0でない期間
T は周期

デューティ比 50% の方形波 ⇒ 矩形波



$T \ll \frac{1}{\omega_c}$ のとき　(4) で導出した波形は



教科書の後半に載っている
スルーレートの考え方も覚えておいた
方が良い。どの科目も教科書と
同じような問題が出ているので
過去問が終ったら教科書や期末問題
はやっておいた方がよい。