



問1 (計18点)

(1)

$V_{ab} = \underline{3E}$

個数 3

$$I = \frac{V_{ab}}{R_{ab}} = \frac{E}{R}$$

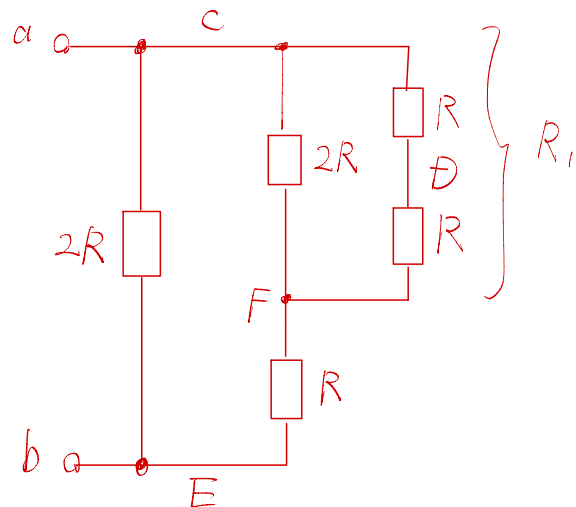
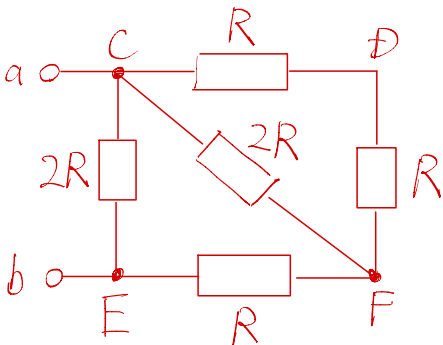
$V_{ab} = 3E$ より、

$$\frac{3E}{R_{ab}} = \frac{E}{R}$$

$$R_{ab} = 3R$$

(2)

$R_{ab} = \underline{R}$



合成抵抗 R_1 は

$$R_1 = \frac{2R \times 2R}{2R + 2R} = \frac{4R^2}{4R} = R$$

全体の合成抵抗 R_{ab} は

$$R_{ab} = \frac{2R \times (R_1 + R)}{2R + (R_1 + R)} = \frac{4R^2}{4R} = R$$

問2 (計 22 点)

(1)

実部 $R_L = \frac{RX^2}{R^2 + X^2}$ 虚部 $X_L = \frac{R^2X}{R^2 + X^2}$

$$Z_L = \frac{jRX}{R + jX} = \frac{jRX(R - jX)}{(R + jX)(R - jX)} = \frac{jR^2X + RX^2}{R^2 + X^2} = \frac{RX^2}{R^2 + X^2} + j \frac{R^2X}{R^2 + X^2} = R_L + jX_L$$

(2)

$$P_L = \frac{V^2RX^2}{r^2R^2 + (rX + RX)^2}$$

$$\begin{aligned} P_L &= |I|^2 R_L \\ &= \left| \frac{V}{r + Z_L} \right|^2 \cdot \frac{RX^2}{R^2 + X^2} \\ &= \left| \frac{V}{r + \frac{jRX}{R + jX}} \right|^2 \frac{RX^2}{R^2 + X^2} \\ &= \left| \frac{V(R + jX)}{rR + jrX + jRX} \right|^2 \frac{RX^2}{R^2 + X^2} \\ &= \frac{|V(R + jX)|^2}{|rR + j(rX + RX)|^2} \frac{RX^2}{R^2 + X^2} \\ &= \frac{(V\sqrt{R^2 + X^2})^2}{(\sqrt{r^2R^2 + (rX + RX)^2})^2} \frac{RX^2}{R^2 + X^2} \end{aligned}$$

$$= \frac{V^2(R^2 + X^2)}{r^2R^2 + (rX + RX)^2} \frac{RX^2}{R^2 + X^2}$$

$$= \frac{V^2RX^2}{r^2R^2 + (rX + RX)^2}$$

(3)

$$R = \frac{rX}{\sqrt{r^2 + X^2}}$$

P_L が最大となる R は、 $\frac{\partial P_L}{\partial R} = 0$ から求めらる。
 ここで、 P_L の分子を $f(R) = V^2RX^2$
 分母を $g(R) = r^2R^2 + (rX + RX)^2$ とすると、

$$\frac{\partial P_L}{\partial R} = \frac{f(R)g'(R) - f'(R)g(R)}{g(R)^2} = 0$$

とらる。

$$\begin{aligned} f'(R) &= \frac{\partial}{\partial R}(V^2RX^2) = V^2X^2 \\ g'(R) &= \frac{\partial}{\partial R}\{r^2R^2 + (rX + RX)^2\} \\ &= 2r^2R + 2(rX + RX)X \\ &= 2r^2R + 2rX^2 + 2RX^2 \end{aligned}$$

よって、

$$\frac{f(R)g'(R) - f'(R)g(R)}{g(R)^2} = 0$$

$$f(R)g'(R) - f'(R)g(R) = 0$$

$$V^2X^2\{r^2R^2 + (rX + RX)^2\} - V^2RX^2\{2r^2R + 2rX^2 + 2RX^2\} = 0$$

$$r^2R^2 + r^2X^2 + 2rRX^2 + R^2X^2 - 2r^2R^2 - 2rRX^2 - 2R^2X^2 = 0$$

$$-r^2R^2 - R^2X^2 + r^2X^2 = 0$$

$$R^2(r^2 + X^2) = r^2X^2$$

$$R^2 = \frac{r^2X^2}{r^2 + X^2}$$

$$R = \frac{rX}{\sqrt{r^2 + X^2}}$$

問3 (20点)

(1)

$$V_B = \underline{1.67 \text{ V}}$$

ベース電流 I_b が十分に小さいという仮定より、ベース電圧 V_B は R_A と R_B による V_{CC} の分圧で近似でき、
 $V_B \approx V_{CC} \cdot R_A / (R_A + R_B) = 10 \cdot 80 \text{ k} / (80 \text{ k} + 400 \text{ k}) \approx 1.67 \text{ V}$

(2)

$$I_C = \underline{1.21 \text{ mA}}$$

まず、エミッタ電圧 V_E を求めると、

$$V_E = V_B - V_{be} = 1.67 - 0.7 \approx 0.97 \text{ V}$$

次に、エミッタ電流 I_E を求めると、

$$I_E = V_E / R_D = 0.97 / 0.8 \text{ k} \approx 1.21 \text{ mA}$$

コレクタ電流 I_C はエミッタ電流 I_E とほぼ等しいと近似できるため、

$$I_C \approx I_E \approx 1.21 \text{ mA}$$

(3)

$$V_{ce} = \underline{4.19 \text{ V}}$$

コレクタ電圧 V_C を求めると、

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 10 - 1.21 \text{ mA} \times 4 \text{ k} \approx 5.16$$

よって、コレクター-エミッタ間電圧 V_{ce} は

$$V_{ce} = V_C - V_E = 5.16 - 0.97 = 4.19$$

(4) 結合コンデンサ C_1 は、入力信号源に含まれる可能性のある直流成分を遮断してトランジスタのバイアス回路に影響を与えないようにし、目的の交流信号成分のみを通過させる。

問4 (18点)

(1)

$$\text{関係式 } v_o = -\left(\frac{R_f}{R_1} v_1 + \frac{R_f}{R_2} v_2 + \frac{R_f}{R_3} v_3\right)$$

$$\frac{-v_o}{R_f} = \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} + \frac{v_3}{R_3}$$

$$\therefore v_o = -\left(\frac{R_f}{R_1} v_1 + \frac{R_f}{R_2} v_2 + \frac{R_f}{R_3} v_3\right)$$

(2)

$$v_o = \underline{-3.5 \text{ V}}$$

$$\begin{aligned} v_o &= -\left(\frac{R_f}{R_1} v_1 + \frac{R_f}{R_2} v_2 + \frac{R_f}{R_3} v_3\right) \\ &= -\left(\frac{500k}{50k} \times 100m + \frac{500k}{10k} \times 40m + \frac{500k}{20k} \times 20m\right) \\ &= -(1 + 2 + 0.5) \\ &= -3.5 \text{ [V]} \end{aligned}$$

(3)

$$\underline{-2.48} \leq v_2 \leq \underline{1.52}$$

$$\begin{aligned} v_o &= -\left(\frac{R_f}{R_1} v_1 + \frac{R_f}{R_2} v_2 + \frac{R_f}{R_3} v_3\right) \\ &= -\left(\frac{200k}{20k} \times 0.2 + \frac{200k}{10k} v_2 + \frac{200k}{50k} \times 0.1\right) \\ &= -(2 + 5v_2 + 0.4) \end{aligned}$$

$$v_o = -5v_2 - 2.4 \quad \dots \textcircled{1}$$

$-10 \leq v_o \leq 10$ に $\textcircled{1}$ 式を代入すると

$$-10 \leq -5v_2 - 2.4 \leq 10$$

$$-7.6 \leq -5v_2 \leq 12.4$$

$$-1.52 \leq -v_2 \leq 2.48$$

$$-2.48 \leq v_2 \leq 1.52$$

問5 (14点)

(1) 10進数 195 16進数 C3

$$128 + 64 + 2 + 1 = 195$$

$$\begin{array}{r} 11000011 \\ \underline{C \quad 3} \end{array}$$

(2) 符号付き10進数 -61

11000011

↓ 0/1反転

00111100

↓ +1

00111101

$$32 + 16 + 8 + 4 + 1 = 61$$

問6

