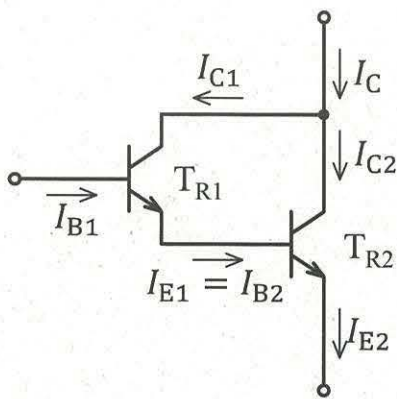


ページ (1/4)	受験番号	氏名
-----------	------	----

【1】 図に示す回路において、次の間に答えよ。なお、2つのトランジスタ T_{R1} と T_{R2} はどちらもベースエミッタ電圧は $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ とする。電流増幅率はそれぞれ h_{FE1} 、 h_{FE2} とする。また、飽和領域におけるコレクタエミッタ電圧はどちらも 0 V と見なせるものとする。



(1) I_{E1} と I_{B1} の関係を求めよ。 T_{R1} は活性領域 (能動領域) で動作しているものとする。

(2) I_{C2} と I_{B2} の関係を求めよ。 T_{R2} は活性領域で動作しているものとする。

(3) この回路を1つのトランジスタであるとしたとき、電流増幅率 h_{FE0} を求めよ。

(4) I_{B1} が次式を満たす十分大きな電流の場合、 T_{R1} と T_{R2} それぞれのコレクタエミッタ電圧を求めよ。

$$I_{B1} > \frac{I_{C1}}{h_{FE1}}$$

解答例

(1) $I_{E1} = (1 + h_{FE1})I_{B1}$

(2) $I_{C2} = h_{FE2}I_{B2}$

(3) $h_{FE0} = h_{FE1}h_{FE2} + h_{FE1} + h_{FE2}$

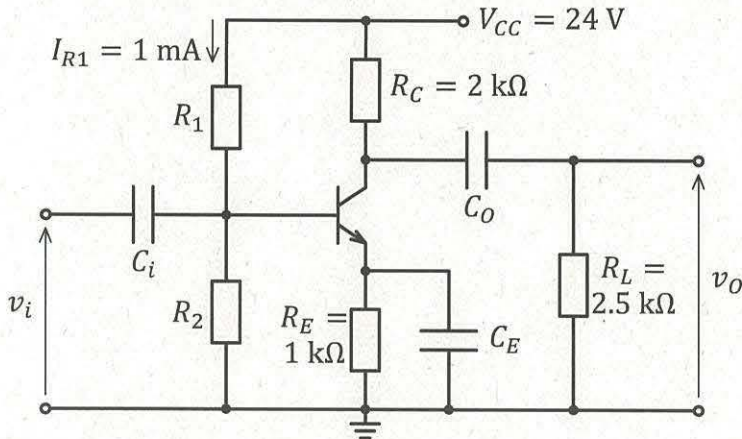
(4) T_{R1} のコレクタエミッタ電圧 $V_{CE1} = 0 \text{ V}$

T_{R2} のコレクタエミッタ電圧 $V_{CE2} = 0.7 \text{ V}$

ページ (2/4)	受験番号	氏名
-----------	------	----

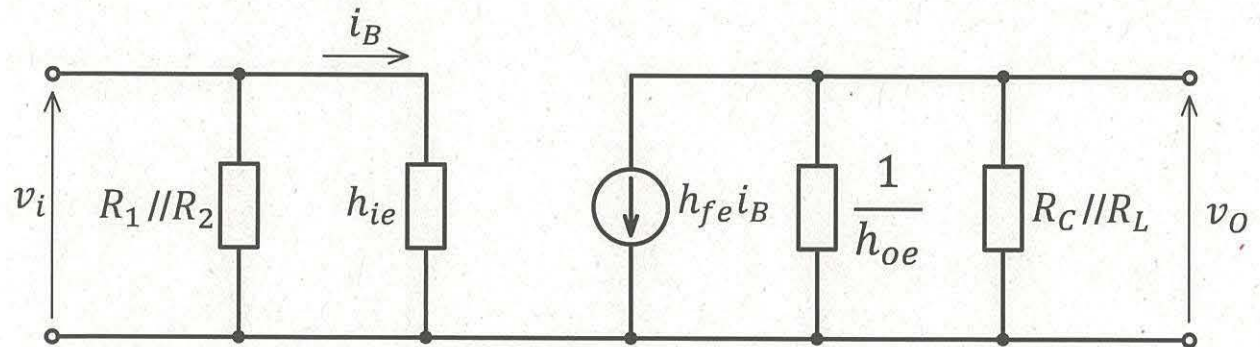
【2】図に示すトランジスタ増幅回路について次の問に答えよ。トランジスタの h パラメータは、 $h_{ie} = 600 \Omega$ 、 $h_{fe} = 240$ 、 $h_{re} = 0$ 、 $h_{oe} = 100 \mu\text{S}$ 、ベースエミッタ電圧は $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ とする。 C_i 、 C_o 、 C_E は十分大きなキャパシタンスである。

- (1) 交流小信号増幅回路を描きなさい。
- (2) 出力電圧 v_o が最大振幅を得られるよう最適化されているとして、動作点を求めよ。
- (3) R_1 と R_2 をそれぞれ求めよ。なお、ベース電流 I_B は I_{R1} よりも十分小さく無視できるものとする。
- (4) 出力電圧 $v_o = 2\sin \omega t$ [V] である場合、入力電圧 v_i を時間関数で求めよ。



解答例

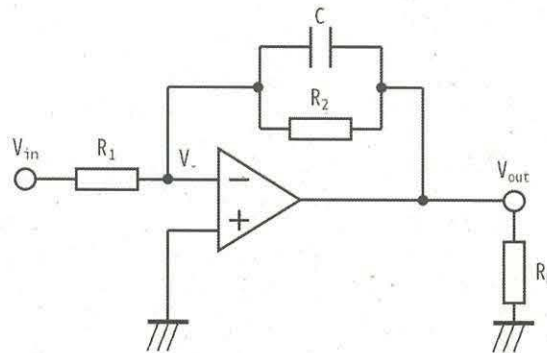
(1)



- (2) $I_{CQ} = 6 \text{ mA}$ 、 $V_{CEQ} = 6 \text{ V}$
- (3) $R_1 = 17.3 \text{ k}\Omega$ 、 $R_2 = 6.7 \text{ k}\Omega$
- (4) $V_i = -5\sin \omega t$ [mV]

ページ (3/4)	受験番号	氏名
-----------	------	----

【3】



- (1) 信号電圧 V_{in} と V_{out} に関して、伝達特性 $H = V_{out} / V_{in}$ を求めよ。オペアンプは理想オペアンプとする。

$$H = - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + j\omega CR_2}$$

- (2) (1) で求めた H の大きさ $|H|$ を求め、各周波数 ω の関数として表せ。

$$|H| = \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega CR_2)^2}}$$

- (3) (2) の結果から、直流利得 A_0 と遮断角周波数 ω_c を R_1 , R_2 , C で表せ。

$$\omega_c = 1/(R_2 C)$$

- (4) この回路は何パスフィルタであるか。また、その理由を簡潔に述べよ。

$$|H| = \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega CR_2)^2}}$$

周波数が低いとき ($\omega \rightarrow 0$) は $|H| \approx R_2/R_1$ となって出力が入力に比例して通過する。一方、周波数が高いとき ($\omega \rightarrow \infty$) は、 $H \approx R_2/R_1/(\omega R_2 C)$ で小さくなる。したがって、ローパスフィルタである。

- (5) $C=10\text{nF}$, 遮断周波数 $f_c=1.0\text{kHz}$, 直流利得が 10 となるように R_1 , R_2 を求めよ (有効桁 3 桁)。

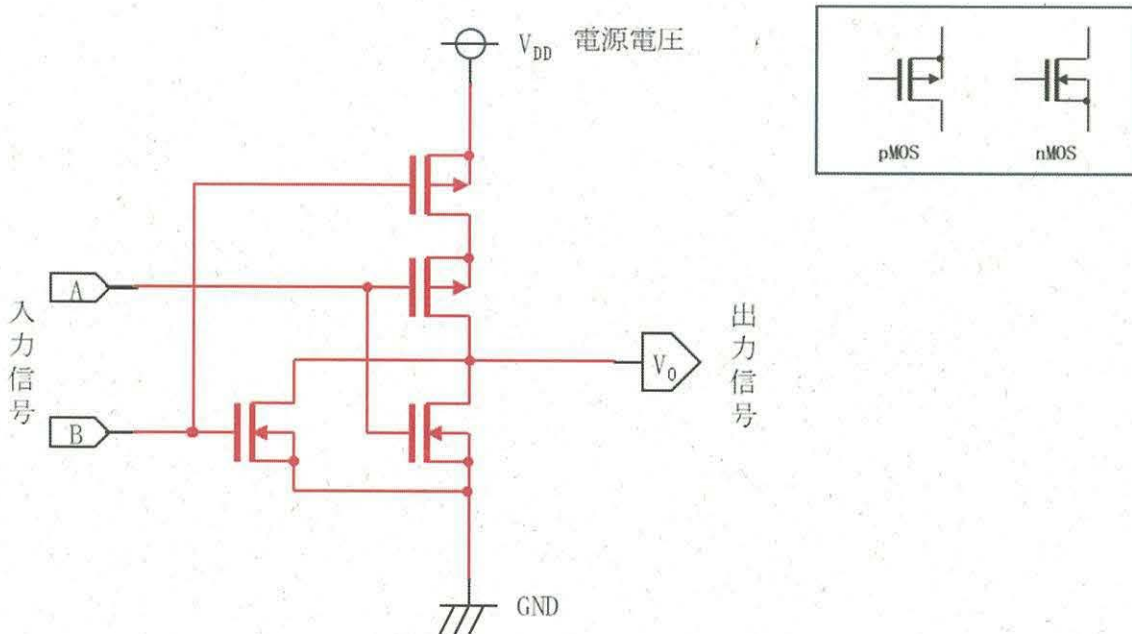
$$f_c = \frac{1}{2\pi CR_2} = 1.0\text{kHz} \qquad R_2 = \frac{1}{2\pi C f_c} = \frac{1}{2\pi \cdot 1\text{k} \cdot 10\text{n}} \approx 15.9\text{K}\Omega$$

$$A_0 = R_2 / R_1 = 10 \qquad R_1 = R_2 / 10 \approx 1.59\text{K}\Omega$$

ページ (4/4)	受験番号	氏名
-----------	------	----

【4】

- (1) 2入力論理回路で $A=0, B=0$ のときのみ出力が1となる NOR 回路を設計せよ。使用する pMOS, nMOS のトランジスタには右の簡略図を用いること。



- (2) 電源電圧を 3.3V, 論理1を 3.3V, 論理0を 0V とする。
 (a) $A = 0, B = 0$ のときの出力の電圧と論理値を求めよ。

出力電圧 V_0 は 3.3V, 論理値は 1

- (b) $A = 1, B = 0$ のときの出力の電圧と論理値を求めよ。

出力電圧 V_0 は 0V, 論理値は 0

- (3) 下記の条件における NOR 回路の出力信号の伝搬遅延を求めよ。

- ・伝搬遅延 t_p は, 抵抗 R を介したコンデンサ C の充放電により決まり, $t_p \approx 0.69 \cdot R \cdot C$ で近似できるものとする。
- ・NOR 回路の出力負荷 $C_L = 50\text{fF}$, pMOS と nMOS のオン抵抗 $R_{ON} = 2.1\text{k}\Omega$ とする。

- (a) $A = 0, B = 0$ から $A = 1, B = 0$ への遷移時の出力信号の伝搬遅延 t_{pHL} を求めよ。

72.5 [ps]

- (b) $A = 1, B = 0$ から $A = 0, B = 0$ への遷移時の出力信号の伝搬遅延 t_{pLH} を求めよ。

145 [ps]