

1. 図1について、以下の問いに答えよ.

- (1) 回路名を下線部に書け.
- (2)  $V_1$  から  $V_2$  まで増幅度を求めるための等価回路を描け. 但し, トランジスタの等価回路は  $h_{ie}$  と  $h_{fe}$  のみで表す. また, コンデンサは十分大きいとする. なお, 並列合成抵抗  $R_{AC}$  などの回路の簡単化はしないこと.
- (3) 等価回路より,  $I_b$  を  $V_1$  で表せ.

$$I_b = \frac{V_1}{h_{ie}}$$

3点

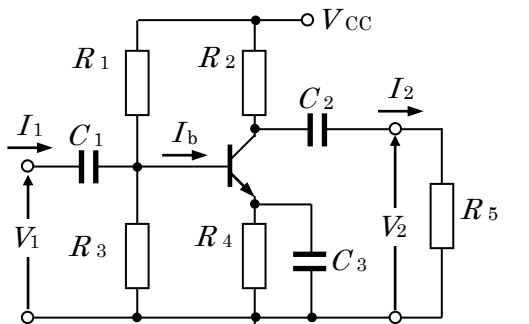
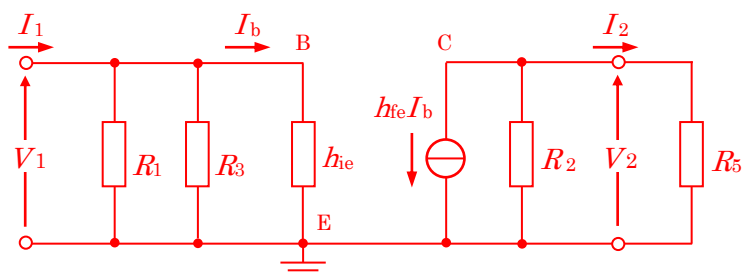


図1 CR 結合増幅器 3点

【等価回路】



4点

(4)  $I_b$  を  $I_1$  で表せ.

$$I_b = \frac{R_1 // R_3}{R_1 // R_3 + h_{ie}} I_1 = \frac{\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}}{\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + h_{ie}} I_1 = \frac{R_1 R_3}{R_1 R_3 + h_{ie} (R_1 + R_3)} I_1$$

3点

(5)  $V_2$  を  $I_b$  で表せ.

$$V_2 = -\frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5} h_{fe} I_b$$

3点

(6)  $I_2$  を  $I_b$  で表せ.

$$I_2 = -\frac{R_2}{R_2 + R_5} h_{fe} I_b$$

3点

(7) (3)と(5)から  $V_2$  を  $V_1$  で表せ.

$$V_2 = -\frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5} h_{fe} \frac{V_1}{h_{ie}} = -\frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5} \frac{h_{fe}}{h_{ie}} V_1$$

3点

(8) (4)と(6)から  $I_2$  を  $I_1$  で表せ.

$$I_2 = -\frac{R_2}{R_2 + R_5} h_{fe} \frac{R_1 R_3}{R_1 R_3 + h_{ie} (R_1 + R_3)} I_1$$

3点

2. 図2の回路について、以下の問いに答えよ. 但し, 演算増幅器は理想的とする.

(1) 図中に回路名とナレータ・ノレータの等価回路を記入せよ.

(2) 反転入力端子 (-) におけるキルヒホッフの電流則を式で表せ ( $v_1, v_2, v_o, R$  のみで表す).

図より, ナレータだから非反転入力端子 (+ 端子) には電流が流れないので, 非反転入力端子の電位  $v_+$  は  $v_1$  となるので

$$\frac{v_2 - v_1}{2R} + \frac{v_o - v_1}{0.5R} = 0$$

4点

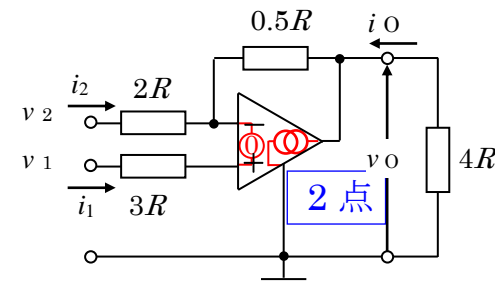


図2 加減算回路 3点

(3) (2)を解いて出力電圧  $v_o$  を  $v_1, v_2$  の式で表せ.

(3)より, 出力電圧  $v_o$  は

$$v_o = v_1 - \frac{v_2 - v_1}{4}$$

$$\frac{v_2 - v_1}{4} + v_o - v_1 = 0$$

$$v_o = \frac{5}{4} v_1 - \frac{1}{4} v_2$$

4点

従って,

となる.

3. 図3の回路について、以下の問いに答えよ.

(1) 回路名を下線部に書け.

(2) 等価回路を図中に描き, 出力電圧  $v_2$  を求めよ. 但し, 演算増幅器は理想的で,  $v_1$  は正弦波ではないとする.

$$\text{図より, } i_1 = \frac{v_1}{R_2}, v_c = \frac{1}{C} \int \frac{v_1}{R_2} dt = \frac{1}{CR_2} \int v_1 dt$$

従って, 出力電圧  $v_2$  は

$$v_2 = -v_c = -\frac{1}{CR_2} \int v_1 dt$$

3点

となる.

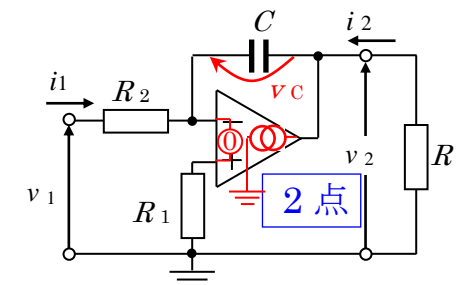


図3 積分回路

または積分器 3点

(3) 入力電圧が  $v_1 = V_m \sin(2\pi f t)$  の正弦波の場合の増幅度  $A$  を求めよ.

$$v_2 = -\frac{1}{CR_2} \int V_m \sin(2\pi f t) dt$$

$$A = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2\pi f CR_2}$$

4点

$$= \frac{1}{2\pi f CR_2} V_m \cos(2\pi f t)$$

となり, 周波数  $f$  の低い信号程大きく増幅される.

となる. 従って, 振幅の比は

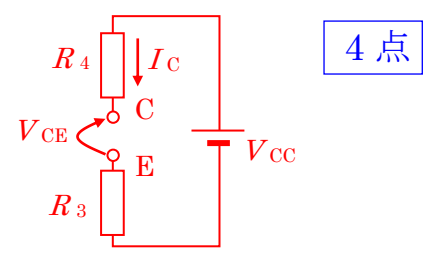
令和5年度 電子回路学 後期中間試験問題 (11/20/23)

25点

25点

HI 3 番号 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_

4. 図4の回路について以下の問に答えよ.  
 (1) 回路名を下線部に書き.  
 (2) トランジスタ  $T_{r1}$  の C-E 端子から右を見た場合の直流等価回路を描け.



4点

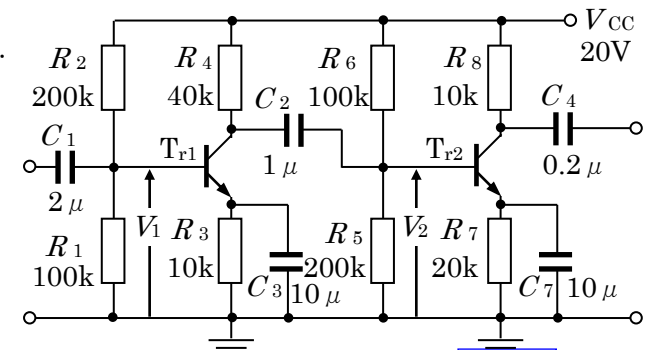


図4 (2段) CR 結合増幅器 3点

- (3) 直流負荷線の式を導出し, 図5の出力特性 ( $V_{CE}-I_C$  特性) のグラフに負荷線を実線で描け.

$(R_3 + R_4)I_C + V_{CE} = V_{CC}$  より

$$I_C = -\frac{1}{R_3 + R_4}V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_3 + R_4}$$

$$I_C = -\frac{1}{50}V_{CE} + \frac{20}{50} = -\frac{1}{50}V_{CE} + 0.4 \text{ (mA)}$$

従って, 切片  $0.4\text{mA}$  で,  $I_C=0$  で  $V_{CE}=20\text{V}$  を通る直線となる.

4点

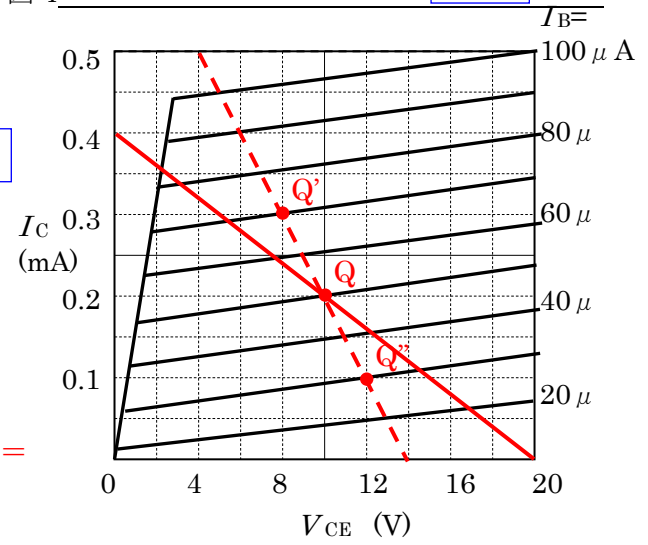


図5  $V_{CE}-I_C$  特性 3点

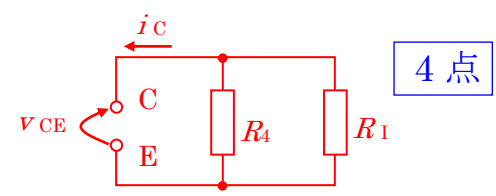
- (4) 入力信号が零の場合,  $I_B=50\mu\text{A}$  であった. 図5に動作点  $Q$  を描け.  
 (5) (4)より, 無信号時における  $T_{r1}$  の下記の値を求めよ. 単位も付ける.

コレクタ電流  $I_C = 0.2\text{mA}$     コレクタ・エミッタ間電圧  $V_{CE} = 10\text{V}$

エミッタ電位  $V_E = 2\text{V}$     コレクタ電位  $V_C = 12\text{V}$

4点

- (6) トランジスタ  $T_{r1}$  の C-E 端子から右を見た場合の交流等価回路を描け. 但し, トランジスタ  $T_{r2}$  の入力抵抗と抵抗  $R_5, R_6$  を合成した抵抗は  $R_I$  で表す.



4点

- (7) (6)より, 交流負荷線の式を導出し, 図5の中に破線で表せ. 但し,  $R_I=40\text{k}\Omega$  とする.

$$\frac{R_4 R_I}{R_4 + R_I} i_c = -v_{CE} \text{ より } i_c = -\frac{R_4 + R_I}{R_4 R_I} v_{CE}$$

$$i_c = -\frac{40 + 40}{40 \times 40} v_{CE} = -\frac{1}{20} v_{CE} \text{ (mA)}$$

3点

- (8) 入力電圧  $V_1$  の振幅を  $10\text{mV}$  にしたら,  $I_B$  は  $\pm 20\mu\text{A}$  変化した. 図5中に移動した動作点  $Q'$  と  $Q''$  を記入し, このときの  $V_{CE}$  と  $I_C$  の変化を求めよ ( $\pm$  で答える).

$V_{CE}$  の変化 =  $\mp 2\text{V}$  2点

$I_C$  の変化 =  $\pm 0.1\text{mA}$  2点

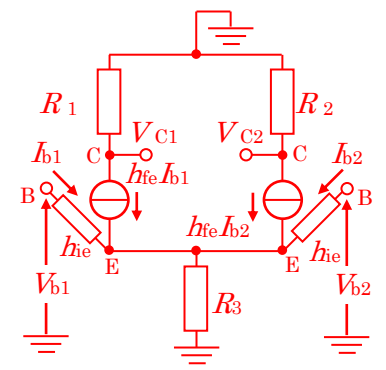
- (9) (8)より,  $T_{r1}$  による電圧増幅度  $A_v$  と電流増幅度  $A_i$  はそれぞれ何倍になるか.

$$A_v = \frac{-2}{10 \times 10^{-3}} = -200 \quad 2点$$

$$A_i = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-6}} = 5 \quad 2点$$

5. 図6の回路名を下線部に書き, 以下の問いに答えよ.

- (1) 等価回路を描け. 但し, トランジスタの等価回路は共に同じ  $h_{fe}$  と  $h_{ie}$  のみで表す.



4点

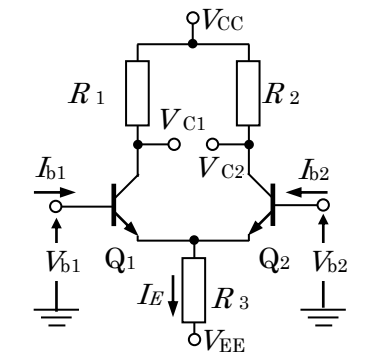


図6 差動増幅器

3点

- (2)  $I_E$  を入力電流  $I_{b1}$  と  $I_{b2}$  で表せ.

$$I_E = (1 + h_{fe})I_{b1} + (1 + h_{fe})I_{b2} = (1 + h_{fe})(I_{b1} + I_{b2}) \quad 3点$$

- (3) 出力電圧  $V_{C1}$  と  $V_{C2}$  を入力電流  $I_{b1}$  と  $I_{b2}$  で表せ.

$$V_{C1} = -R_1 h_{fe} I_{b1}, \quad V_{C2} = -R_2 h_{fe} I_{b2} \quad 3点$$

- (4) 入力電流  $I_{b1}$  と  $I_{b2}$  を入力電圧  $V_{b1}$  と  $V_{b2}$  で求めるための方程式を行列で表せ.

$$h_{ie} I_{b1} + R_3 (1 + h_{fe}) I_{b1} + R_3 (1 + h_{fe}) I_{b2} = V_{b1} \quad (1)$$

$$h_{ie} I_{b2} + R_3 (1 + h_{fe}) I_{b1} + R_3 (1 + h_{fe}) I_{b2} = V_{b2} \quad (2)$$

式(1),(2)を整理すると

$$\{h_{ie} + R_3 (1 + h_{fe})\} I_{b1} + R_3 (1 + h_{fe}) I_{b2} = V_{b1} \quad (3)$$

$$R_3 (1 + h_{fe}) I_{b1} + \{h_{ie} + R_3 (1 + h_{fe})\} I_{b2} = V_{b2} \quad (4)$$

式(3),(4)を整理すると

$$\begin{bmatrix} h_{ie} + R_3 (1 + h_{fe}) & R_3 (1 + h_{fe}) \\ R_3 (1 + h_{fe}) & h_{ie} + R_3 (1 + h_{fe}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{b1} \\ I_{b2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{b1} \\ V_{b2} \end{bmatrix} \quad (5)$$

4点

## 令和5年度 電子回路学 後期中間試験は以下のような問題である。

(試験範囲 6章(pp.77-108), 12章(pp. 211-220), ★小テスト, 配布資料, およびノート)  
出題者: 大田

### 1. エミッタ接地トランジスタ (CR 結合増幅回路) の回路を与えるので次の問に答える(p.77~)

【前期の復習と応用】. ★★

- (1) 直流負荷線を求める回路 (コンデンサを開放除去して C-E から右を見た回路) を描き, 直流負荷線の式を求める.
- (2) 交流負荷線を求める回路 (コンデンサと電源を短絡除去して C-E から右を見た回路) を描き, 交流負荷線の式を求める.
- (3) 出力特性 ( $V_{CE}$ - $I_C$  特性) 上に直流負荷線, 動作点, 交流負荷線を描く.
- (4) 動作点から, 無信号時の  $V_{CE}$  や  $I_C$  を求める.
- (5) 交流負荷線上の動作点の移動から, 交流の電圧変化分と電流変化分を求める.
- (6) この変化分から電圧, 電流, 電力の各増幅度を求める.
- (7) トランジスタを  $h$  定数 ( $h$  パラメータ) の等価回路で表す【定義式と回路を書けること】.
- (8) 等価回路より, 電流 (電圧) 増幅度  $A_i$  ( $A_v$ ), 入 (出) カインピーダンス  $Z_i$  ( $Z_o$ ) を求める.

### 2. 差動増幅回路の回路を与えるので次の問に答える(p.100). ★★

- (1) 回路名を書く (差動増幅器).
- (2) 等価回路を描く. 但し, トランジスタの等価回路は  $h_{ie}$  と  $h_{fe}$  のみで表す.
- (3) 各部の電圧・電流を式で表す.
- (4) 入力電流  $I_{b1}$  と  $I_{b2}$  を入力電圧  $V_{b1}$  と  $V_{b2}$  で求めるための方程式を行列で表す.

### 3. 演算増幅器 (オペアンプ) の回路を与えるので次の問に答える(p.212). ★★

- (1) 回路名を書く (反転増幅器, 差動増幅器 (加減算器), 積分器, 微分器).
- (2) 演算増幅器をナレータ, ノレータの等価回路で表す.
- (3) 各部の電圧 (電流) を求め, 出力電圧を入力電圧で表す.

### 4. 次の語句を図と式を用いて説明する.

- ① オフセット電圧 → 入力電圧=0 での出力電圧 (理想は 0 であるが僅かに現れる).
- ② ドリフト → オフセット電圧が時間的に変動すること
- ③ 増幅器の周波数特性曲線 (中域, 低域, 高域周波数帯, 3dB 低下) の説明
- ④ ナレータ, ノレータ

★★各自, 配布資料, ★小テストをもう一度, 何も見ずに解いてみること. ★★

以上を何も見ずに全て解けるようになれば, 90 点以上は取れる問題を出す.  
普段できないことは, 試験でもできません! 必ず, 各自解いてみること!