

1. 図1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

$$\frac{v_1 - v_2}{2R} + \frac{v_o - v_2}{3R} = 0$$

4 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

$$\frac{v_1 - v_2}{2} + \frac{v_o - v_2}{3} = 0$$

従って、

$$3(v_1 - v_2) + 2(v_o - v_2) = 0$$

$$2v_o = 5v_2 - 3v_1$$

$$v_o = 2.5v_2 - 1.5v_1$$

となる。

2. 図2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。

$$\text{図より、} i_1 = C \frac{dv_1}{dt}, v_R = Ri_1 = CR \frac{dv_1}{dt}$$

従って、出力電圧 v_2 は

$$v_2 = -v_R = -CR \frac{dv_1}{dt} \quad \text{となる。}$$

- (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。

$$v_2 = -CR \frac{dv_1}{dt} = -CR \frac{d\{V_m \sin(2\pi f t)\}}{dt} = -2\pi f CR V_m \cos(2\pi f t)$$

となる。従って、振幅の比は

となり、周波数 f の高い信号程大きく増幅される。

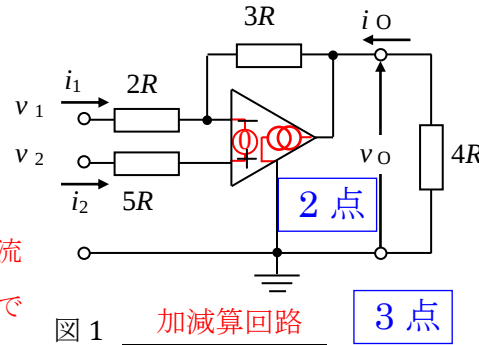


図1 加減算回路 3 点

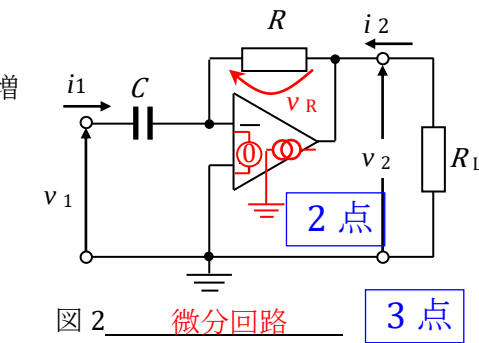


図2 微分回路 または微分器 3 点

3. 図3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} などの回路の単純化はしないこと。
(3) 等価回路より、 I_b を V_1 で表せ。

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

3 点

【等価回路】

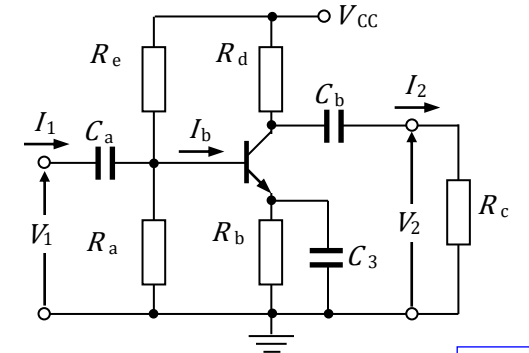
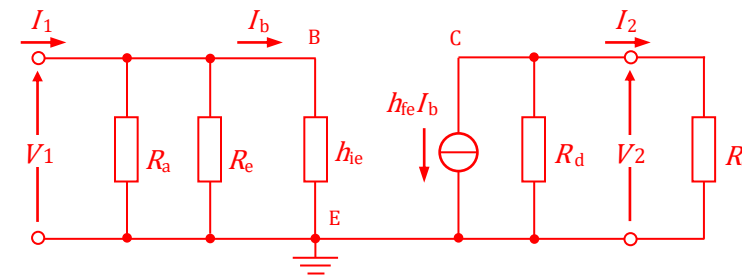


図3 CR 結合増幅器 3 点



4 点

- (4) I_b を I_1 で表せ。

$$I_b = \frac{R_a \parallel R_e}{R_a \parallel R_e + h_{ie}} I_1 = \frac{\frac{R_a R_e}{R_a + R_e}}{\frac{R_a R_e}{R_a + R_e} + h_{ie}} I_1 = \frac{R_a R_e}{R_a R_e + h_{ie} (R_a + R_e)} I_1$$

3 点

- (5) V_2 を I_b で表せ。

$$V_2 = -\frac{R_c R_d}{R_c + R_d} h_{fe} I_b$$

3 点

- (6) I_2 を I_b で表せ。

$$I_2 = -\frac{R_d}{R_c + R_d} h_{fe} I_b$$

3 点

- (7) (3)と(5)から V_2 を V_1 で表せ。

$$V_2 = -\frac{R_c R_d}{R_c + R_d} h_{fe} \frac{V_1}{h_{ie}} = -\frac{R_c R_d}{R_c + R_d} \frac{h_{fe}}{h_{ie}} V_1$$

3 点

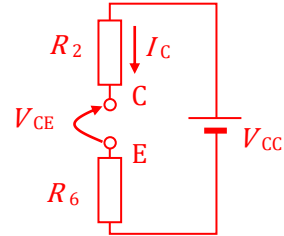
- (8) (4)と(6)から I_2 を I_1 で表せ。

$$I_2 = -\frac{R_d}{R_c + R_d} h_{fe} \frac{R_a R_e}{R_a R_e + h_{ie} (R_a + R_e)} I_1$$

3 点

4. 図4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) 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

- (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。

$$(R_2 + R_6)I_C + V_{CE} = V_{CC} \text{ より}$$

$$I_C = -\frac{1}{R_2 + R_6}V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_2 + R_6}$$

$$I_C = -\frac{1}{8+2}V_{CE} + \frac{10}{8+2} = -\frac{1}{10}V_{CE} + 1(\text{mA})$$

従って、切片 1 mA で、 $I_C=0$ で $V_{CE}=10\text{V}$ を通る直線となる。

- (4) 入力信号が零の場合、 $I_B = 300 \mu\text{A}$ であった。図5に動作点 Q を描け。

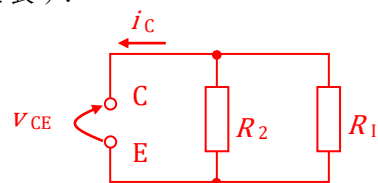
- (5) (4)より、無信号時における T_{r1} の下記の値を求めよ。単位も付ける。

コレクタ電流 $I_C = \underline{0.5 \text{ mA}}$ コレクタ・エミッタ間電圧 $V_{CE} = \underline{5 \text{ V}}$

4点

エミッタ電位 $V_E = \underline{1 \text{ V}}$ コレクタ電位 $V_C = \underline{6 \text{ V}}$

- (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_3 、 R_7 を合成した抵抗は R_1 で表す。



4点

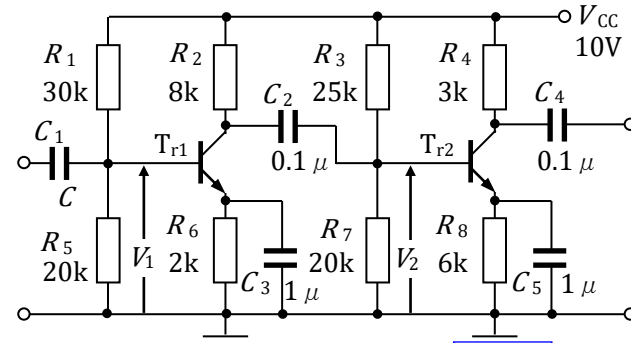
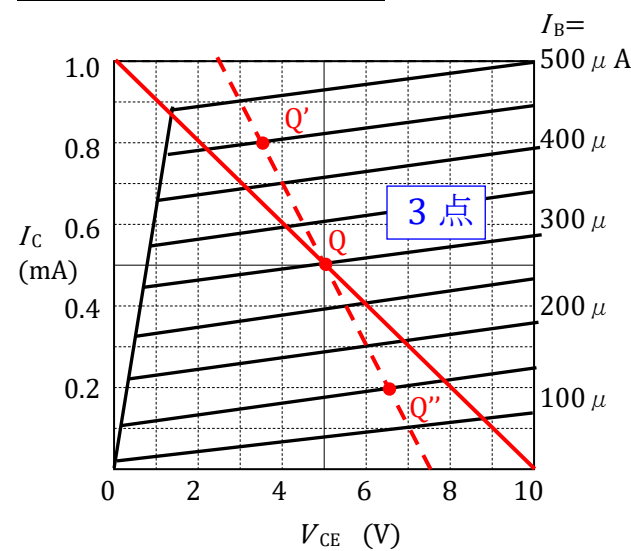


図4

(2段) CR 結合増幅器

3点

図5 $V_{CE}-I_C$ 特性

- (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、 $R_1=12\text{k}\Omega$ とする。

$$\frac{R_2 R_1}{R_2 + R_1} i_C = -v_{CE} \text{ より } i_C = -\frac{R_2 + R_1}{R_2 R_1} v_{CE}$$

$$i_C = -\frac{8+12}{8 \times 12} v_{CE} = -\frac{5}{24} v_{CE} (\text{mA})$$

3点

- (8) 入力電圧 V_1 の振幅を 0.1V にしたら、 I_B は $\pm 150 \mu\text{A}$ 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 ($\pm \text{〇〇}$ で答える)。

V_{CE} の変化 = $\underline{\pm 1.5 \text{ V}}$ I_C の変化 = $\underline{\pm 0.3 \text{ mA}}$

2点

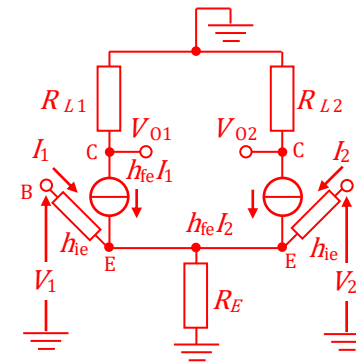
- (9) (8)より、 T_{r1} による電圧増幅度 A_v と電流増幅度 A_i はそれぞれ何倍になるか。

$A_v = \frac{-1.5}{0.1} = -15$ $A_i = \frac{0.3 \text{ mA}}{150 \mu\text{A}} = 2$

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_{ie} と h_{fe} のみで表す。



4点

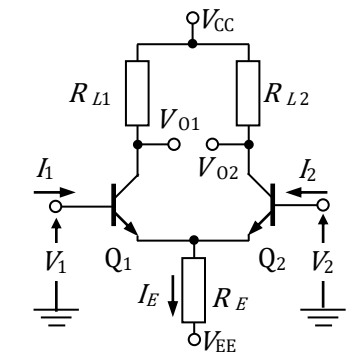


図6

差動増幅器

3点

- (2) I_E を入力電流 I_1 と I_2 で表せ。

$$I_E = (1 + h_{fe}) I_1 + (1 + h_{fe}) I_2 = (1 + h_{fe}) (I_1 + I_2)$$

3点

- (3) 出力電圧 V_{O1} と V_{O2} を入力電流 I_1 と I_2 で表せ。

$$V_{O1} = -R_{L1} h_{fe} I_1, \quad V_{O2} = -R_{L2} h_{fe} I_2$$

3点

- (4) 入力電流 I_1 と I_2 を入力電圧 V_1 と V_2 で求めるための方程式を行列で表せ。

$$h_{ie} I_1 + R_E (1 + h_{fe}) I_1 + R_E (1 + h_{fe}) I_2 = V_1 \quad (1)$$

$$h_{ie} I_2 + R_E (1 + h_{fe}) I_1 + R_E (1 + h_{fe}) I_2 = V_2 \quad (2)$$

式(1),(2)を整理すると

$$\{h_{ie} + R_E (1 + h_{fe})\} I_1 + R_E (1 + h_{fe}) I_2 = V_1 \quad (3)$$

$$R_E (1 + h_{fe}) I_1 + \{h_{ie} + R_E (1 + h_{fe})\} I_2 = V_2 \quad (4)$$

式(3),(4)を整理すると

$$\begin{bmatrix} h_{ie} + R_E (1 + h_{fe}) & R_E (1 + h_{fe}) \\ R_E (1 + h_{fe}) & h_{ie} + R_E (1 + h_{fe}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

4点

令和6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, WebClass 講義資料, 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間に答える(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間に答える(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間に答える(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!