

25 点

25 点

令和 6 年度 電子回路学 前期定期試験問題 (07/26/24)

HI 3 番号 _____ 氏名 _____ 得点 _____ 点 No. 1

1. 図 1 の h パラメータについて、以下の問いに答えよ。

(1) h パラメータを h_{ie} , h_{re} , h_{fe} , h_{oe} で表し、その定義式を書け。

$$\begin{aligned} v_i &= h_{ie} i_i + h_{re} v_o \\ i_o &= h_{fe} i_i + h_{oe} v_o \end{aligned} \quad \text{または} \quad \begin{bmatrix} v_i \\ i_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{ie} & h_{re} \\ h_{fe} & h_{oe} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_i \\ v_o \end{bmatrix} \quad \boxed{4 \text{ 点}}$$

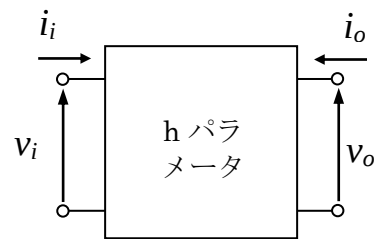


図 1 h パラメータ回路

(2) エミッタ接地トランジスタの場合、 $h_{re} = 0$, $h_{oe} = 0$ で近似できる。この場合の等価回路を図 2 の四角内に描け。なお、入出力の電圧と電流は図 2 の記号を用いて表す。

(3) 図 2 から、入力電流 i_b を入力信号源 v_s と h パラメータで表せ。

$$i_b = \frac{v_s}{h_{ie}} \quad \boxed{3 \text{ 点}}$$

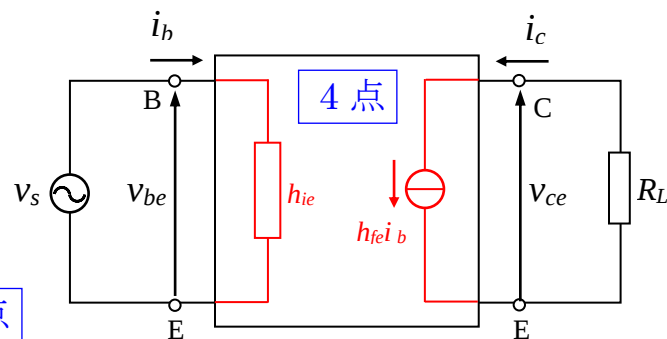


図 2 トランジスタの等価回路

(4) 図 2 から、出力電流 i_c を入力電流 i_b と h パラメータで表せ。

$$i_c = h_{fe} i_b \quad \boxed{3 \text{ 点}}$$

(5) 図 2 から、出力電圧 v_{ce} を入力信号源 v_s , 負荷抵抗 R_L , および h パラメータで表せ。

$$v_{ce} = -h_{fe} i_b R_L = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} R_L v_s \quad \boxed{3 \text{ 点}}$$

(6) 以上より、入力インピーダンス Z_i , 電圧増幅度 A_v , 電流増幅度 A_i および電力増幅度 A_p を求めよ。

$$Z_i = \frac{v_{be}}{i_b} = h_{ie} \quad \boxed{2 \text{ 点}}$$

$$A_v = \frac{v_{ce}}{v_{be}} = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} R_L \quad \boxed{2 \text{ 点}}$$

$$A_i = \frac{i_c}{i_b} = h_{fe} \quad \boxed{2 \text{ 点}}$$

$$A_p = A_v (-A_i) = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} R_L (-h_{fe}) = \frac{h_{fe}^2}{h_{ie}} R_L \quad \boxed{2 \text{ 点}}$$

2. 図 3 の回路名を下線部に記入し、以下の問いに答えよ。

(1) 図 3 中に電池の記号 V_{BB} と V_{CC} を描け。
(2) V_{CE} の端子から右を見た回路を描け。

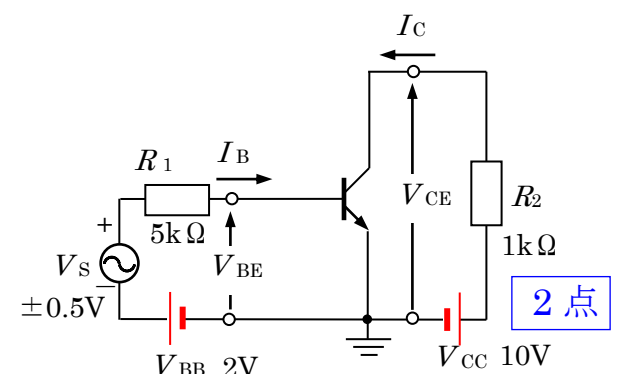
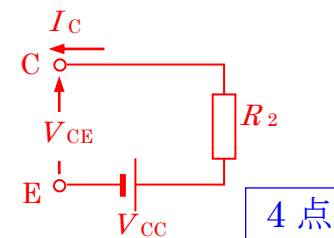


図 3 エミッタ接地トランジスタ増幅器

(3) 記号で表した式で I_C を求めよ。また、数値を代入した式を求めよ (数値を代入した式には単位を付けること!!)。

[記号で表した式]

[数値を代入した式]

左図より

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C$$

$$I_C = -\frac{1}{R_C} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_C} \quad \boxed{4 \text{ 点}}$$

数値を代入すると

$$\begin{aligned} I_C &= -\frac{V_{CE}}{1} + \frac{10}{1} \quad (\text{mA}) \\ &= -V_{CE} + 10 \quad (\text{mA}) \end{aligned} \quad \boxed{4 \text{ 点}}$$

(4) (3) で求めた式のグラフを図 4 の出力特性の中に描け。

(5) $V_s = 0V$ のとき、ベース電流 I_B は $300 \mu A$ であった。このときの動作点 Q を図 4 中に記し、コレクタ電圧 V_{CE} とコレクタ電流 I_C を求めよ。

$$\begin{aligned} V_{CE} &= 6V \\ I_C &= 4mA \end{aligned} \quad \boxed{4 \text{ 点}}$$

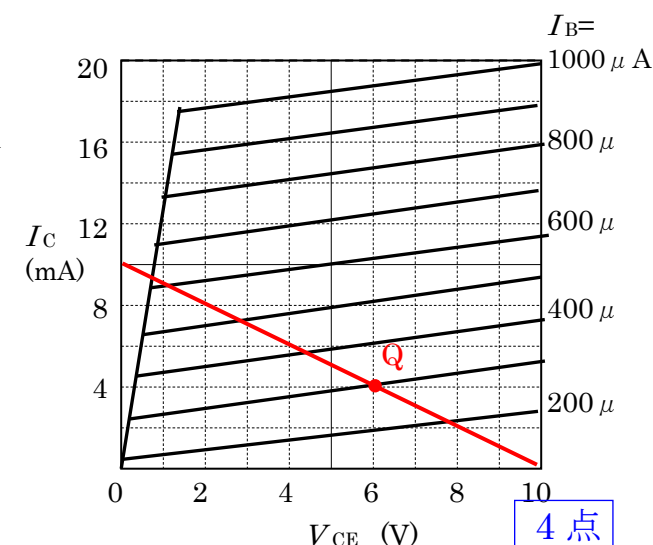


図 4 出力特性 ($V_{CE}-I_C$ 特性)

令和6年度 電子回路学 前期定期試験問題 (07/26/24)

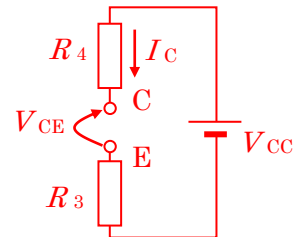
25点

25点

HI 3 番号 _____ 氏名 _____

3. 図5について、以下の問いに答えよ.

- (1) 回路名 (〇〇バイアス回路) 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掛け.



4点

- (3) 直流負荷線の式を導出し、図6の出力特性 ($V_{CE}-I_C$ 特性) のグラフに負荷線を実線で掛け.

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

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

$$I_C = -\frac{1}{2 + 0.4}V_{CE} + \frac{10}{2 + 0.4}$$

$$I_C = -\frac{1}{2.4}V_{CE} + 4.2 \text{ (mA)}$$

3点

- (4) 入力信号が零の場合、 $I_B = 200 \mu A$ であった. 図6に動作点 Q を掛け.

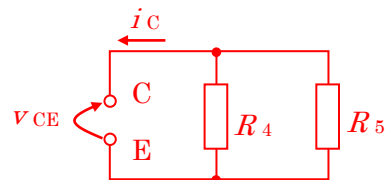
- (5) (4)より、無信号時における T_{r1} の下記の値を求めよ. 単位も付ける.

コレクタ電流 $I_C = 2.4 \text{ mA}$ コレクタ・エミッタ間電圧 $V_{CE} = 4.5 \text{ V}$

エミッタ電位 $V_E = 0.96 \text{ V}$ コレクタ電位 $V_C = 5.5 \text{ V}$

各1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掛け.



4点

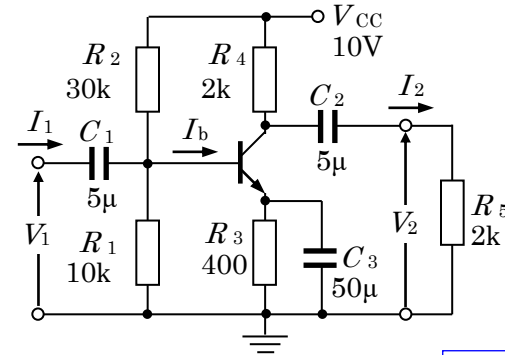


図5 電流帰還 バイアス回路

3点

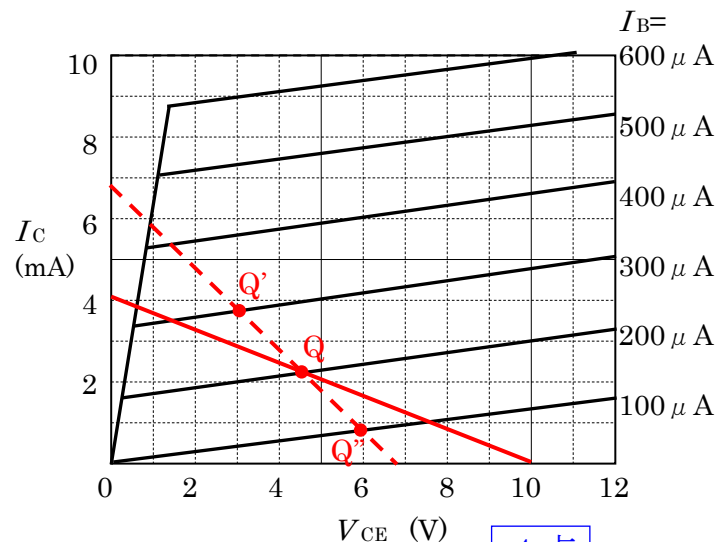


図6 $V_{CE}-I_C$ 特性

4点

- (7) (6)より、交流負荷線の式を導出し、図6の中に破線で表せ.

$$\frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5} i_C = -v_{CE} \text{ より } i_C = -\frac{R_4 + R_5}{R_4 R_5} v_{CE}$$

$$i_C = -\frac{2 + 2}{2 \times 2} v_{CE} = -v_{CE} \text{ (mA)}$$

3点

- (8) 入力電圧 V_1 の振幅を 0.1 V にしたら、 I_B は $\pm 100 \mu A$ 変化した. 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 = $\pm 1.5 \text{ V}$

I_C の変化 = $\pm 1.5 \text{ mA}$

4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.

$A_v = \frac{-1.5}{0.1} = -15$

$A_i = \frac{1.5 \text{ mA}}{100 \mu A} = 15$

4点

- (10) 温度上昇で I_C が増加したとして、図7の下線部に減少、一定、増加、および式を記入せよ. また、下の説明文の下線部に入る語句を埋めよ.

【説明文】
 右図のように一巡すると、 I_C の 変化 を 打ち消す

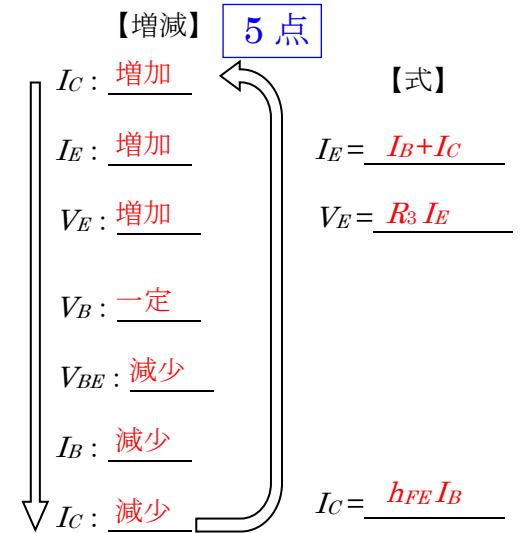
方向に働くので、この回路は 安定 であることが分かる.

ここで、図5のコンデンサ C_1 は 入力 V_1 に直流成分 が流入するのを防ぎ、 C_2 は 負荷抵抗 R_5 に交流成分 のみを出力するようにする. また、 C_3 は 交流成分 をバイパスして 利得 の低下を防いでいる.

また、 C_1 、 C_2 は カプリング コンデンサ、 C_3 は バイパス コンデンサと呼ばれる.

各0.5点

図7 安定性の説明図



- (11) 図5でトランジスタを抜き取ったときの、ベース電位 V_B を求める式と数値を代入した値を求めよ.

V_B は V_{CC} を R_1 、 R_2 で抵抗分圧した値になるので

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

3点

となる. 素子値を代入すると

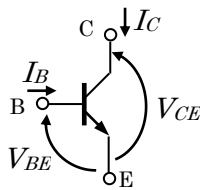
$$V_B = \frac{10 \text{ k}}{10 \text{ k} + 30 \text{ k}} 10 = 2.5 \text{ (V)}$$

3点

となる.

令和6年度 電子回路学 前期定期試験は以下のような問題である。
(試験範囲 4章～5章(pp.39-76), 小テスト, WebClass 講義資料, およびノート) 出題者: 大田

1. トランジスタの増幅回路, 入力特性 (V_{BE} - I_B 特性), 出力特性 (V_{CE} - I_C 特性), 電流伝達特性 (I_B - I_C 特性) および入力信号電圧 v_s を与えるので, 次の間に答える. ★★
- (1) 直流負荷線を求める.
 - (2) 出力特性に負荷線を描く.
 - (3) 各特性に動作点 (P_B や P) を書き込む.
 - (4) 各特性の動作点から, 無信号時 ($v_s=0$) の各部の電圧 V_{BE} , V_{CE} と電流 I_B , I_C を求める.
 - (5) 電流伝達特性から直流電流増幅率 $h_{FE}(=\beta)$ を求める ($I_C = h_{FE} I_B$).
 - (6) 各特性で入力信号 v_s を加えた時の動作点の移動から, 各部の電圧変化分 ΔV_{BE} , ΔV_{CE} と電流変化分 ΔI_B , ΔI_C を求める.
 - (7) この変化分から電圧, 電流, 電力の各増幅度を求める.



$$\text{電圧増幅度 } A_v = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta V_s} \tag{1}$$

$$\text{電流増幅度 } A_i = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \tag{2}$$

$$\text{電力増幅度 } A_p = \frac{P_o}{P_i} = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta V_s} \frac{(-\Delta I_C)}{\Delta I_B} = A_v (-A_i) \tag{3}$$

2. h パラメータについて次の間に答える. ★
- (1) h パラメータの定義を書く.
 - (2) トランジスタの等価回路を h パラメータで表す.
 - (3) 等価回路より, 電流増幅度 A_i , 電圧増幅度 A_v , 入力インピーダンス Z_i を求める.
3. トランジスタのバイアス回路を与えるので次の間に答える. ★★
- (1) 回路名 (固定バイアス, 自己バイアス=電圧帰還バイアス, 電流帰還バイアス) を書く.
 - (2) 電圧や電流を与えたときの各部の電圧, 電流, 抵抗を求める.
 - (3) 直流負荷線と交流負荷線を求める.
 - (4) 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.
 - (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) 電圧帰還や電流帰還バイアスの安定性を定性的に説明する. ★

4. 次の利得の定義式を書いて, 値を計算する.

$$\text{電圧利得 } G_v = 20 \log_{10} |A_v| \text{ (dB)} \tag{4}$$

$$\text{電流利得 } G_i = 20 \log_{10} |A_i| \text{ (dB)} \tag{5}$$

$$\text{電力利得 } G_p = 10 \log_{10} |A_p| \text{ (dB)} \tag{6}$$

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.