

令和5年度 電子回路学 前期定期試験問題 (07/31/23)

1. 図1について、以下の問いに答えよ。  
 (1) 下線部に回路名を記入し、直流電源も記入せよ。  
 (2) トランジスタのC-E端子から右を見た回路を描け。

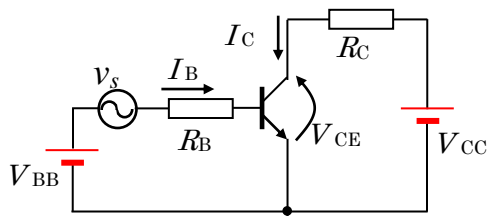
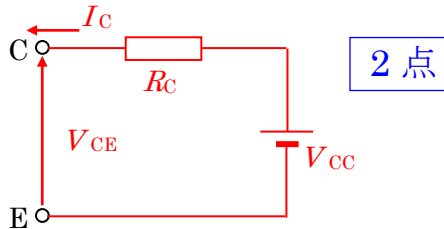


図1 エミッタ接地トランジスタ 2点



2点

- (3) 負荷線の式を導出せよ。即ち、(2)で描いた図で IC を VCE, RC, VCC で表す。

図より、

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

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

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

2点

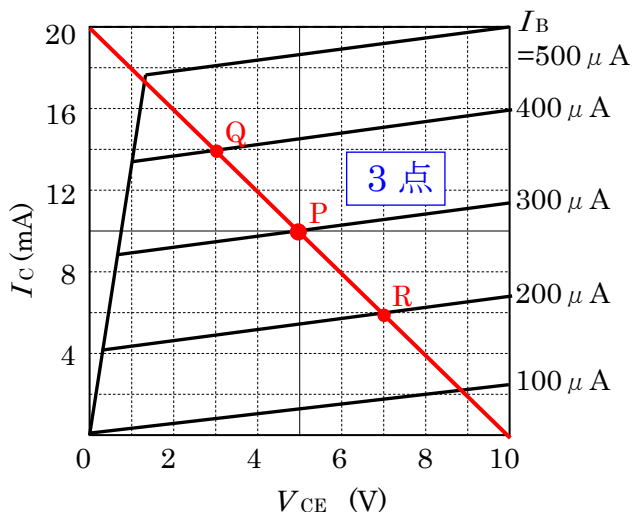


図2 VCE-IC 特性

- (4) 図2の出力特性 (VCE-IC特性)のグラフに負荷線と動作点Pを描け。但し、VCC=10V, RC=500Ωで、入力信号がない場合 (vs=0), IB=300μAであった。

- (5) 信号がない場合のコレクタ電圧 VCE とコレクタ電流 IC を求めよ。単位も付ける。

VCE = 5 V 2点

IC = 10 mA 2点

- (6) 入力信号 vs の振幅を 0.08V にしたら、IB は ±100μA 変化 (ΔIB) した。このときの動作点の移動点 Q と R を図2中に描き、VCE と IC の変化 (ΔVCE と ΔIC) を求めよ (±〇〇で答える)。

VCE の変化 = ±2 V 2点

IC の変化 = ±4 mA 2点

- (7) (6)より、電圧増幅度 Av と電流増幅度 Ai を求めよ。

電圧増幅度 Av =  $\frac{-2}{0.08} = -25$  2点

電流増幅度 Ai =  $\frac{4 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-6}} = 40$  2点

- (8) 電力増幅度 Ap と電力利得 Gp の定義式と値をそれぞれ求めよ。

電力増幅度 Ap = Av (-Ai) = -25 × (-40) = 1,000 2点

電力利得 Gp = 10 log10 |Ap| = 10 log10 |10<sup>3</sup>| = 30 dB 2点

2. 図3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 hie, hre, hfe, hoe で表し、その定義式を書け。

$$v_i = h_{ie} i_i + h_{re} v_o$$

$$i_o = h_{fe} i_i + h_{oe} v_o$$

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

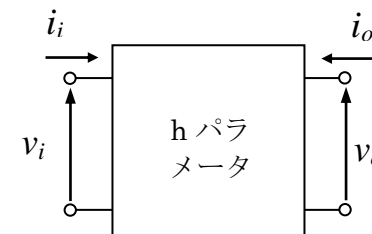


図3 hパラメータ回路

- (2) エミッタ接地トランジスタの場合、hre=0, hoe=0 で近似できる。この場合の等価回路を図4の四角内に描け。なお、入出力の電圧と電流は図4の記号を用いて表す。

- (3) 図4から、入力電流 ib を入力信号源 vs と hパラメータで表せ。

$$i_b = \frac{v_s}{h_{ie}}$$

3点

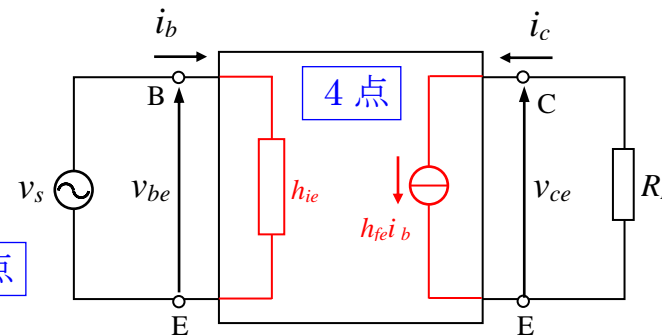


図4 トランジスタの等価回路

- (4) 図4から、出力電流 ic を入力電流 ib と hパラメータで表せ。

$$i_c = h_{fe} i_b$$

3点

- (5) 図4から、出力電圧 vce を入力信号源 vs, 負荷抵抗 RL, および hパラメータで表せ。

$$v_{ce} = -h_{fe} i_b R_L = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} R_L v_s$$

3点

- (6) 以上より、入力インピーダンス Zi, 電圧増幅度 Av, 電流増幅度 Ai および電力増幅度 Ap を求めよ。

$$Z_i = \frac{v_{be}}{i_b} = h_{ie}$$

2点

$$A_v = \frac{v_{ce}}{v_{be}} = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} R_L$$

2点

$$A_i = \frac{i_c}{i_b} = h_{fe}$$

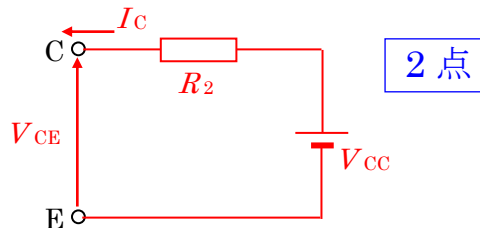
2点

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

2点

3. 図5について、以下の問いに答えよ。

- (1) 下線部に回路名(〇〇バイアス回路)を記入し、直流電源も記入せよ。
- (2) C-E 端子から右を見た直流回路を描け。



2点

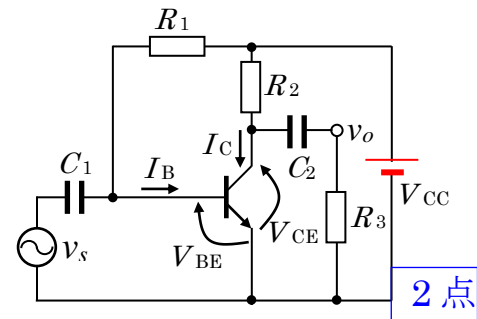


図5 固定バイアス回路

2点

(3) (2)より直流負荷線の式を導出せよ。

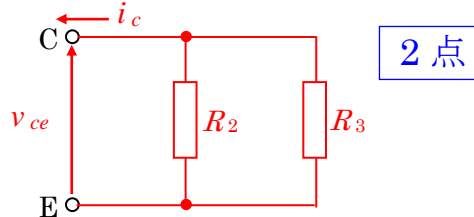
$$V_{CC} = V_{CE} + R_2 I_C$$

$$R_2 I_C = -V_{CE} + V_{CC}$$

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

2点

(4) C-E 端子から右を見た交流回路を描け。



2点

(5) (4)より交流負荷線の式を導出せよ。

$$v_{ce} = -(R_2 // R_3) i_c$$

2点

$$i_c = -\frac{R_2 + R_3}{R_2 R_3} v_{ce}$$

1/3kΩのミスでした (R<sub>Ac</sub>=200Ωになるように).  
1/3kΩで計算すると赤色の回答例となります.  
10/3 kΩで計算すると青色の回答例となります.

(6) 図6の出力特性のグラフに直流負荷線を実線で、交流負荷線を破線で描き、 $v_s=0$ での動作点P、 $v_s=\pm 10\text{mV}$ 変化で移動した動作点QとRを描け。但し、 $V_{CC}=10\text{V}$ 、 $R_1=3\text{k}\Omega$ 、 $R_2=0.5\text{k}\Omega$ 、 $R_3=10/3\text{k}\Omega (\approx 3.33\text{k}\Omega)$ で、 $v_s=0$ で $I_B=50\mu\text{A}$ で、入力信号 $v_s$ の振幅を10mVにしたら、 $I_B$ は $\pm 20\mu\text{A}$ 変化したとする。

(7) (6)から下の値を求めよ。

$$\text{電圧増幅度 } A_v = \frac{-1}{10 \times 10^{-3}} = -100$$

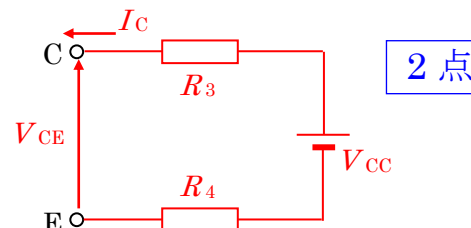
$$= \frac{-2}{10 \times 10^{-3}} = -200 \quad \text{3点}$$

$$\text{電流増幅度 } A_i = \frac{5 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-6}} = 250$$

$$= \frac{4.7 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-6}} = 235 \quad \text{3点}$$

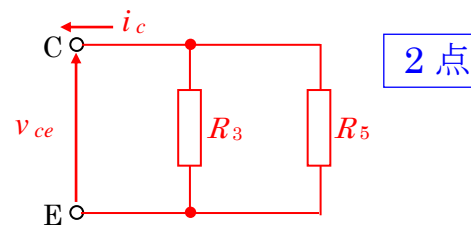
4. 図7について、以下の問いに答えよ。

- (1) 下線部に回路名(〇〇バイアス回路)を記入し、直流電源も記入せよ。
- (2) C-E 端子から右を見た直流回路を描け。



2点

(3) C-E 端子から右を見た交流回路を描け。



2点

(4) (2)と(3)から直流負荷線および交流負荷線の式を導出せよ。

【直流負荷線】

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

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

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

2点

【交流負荷線】

$$v_{ce} = -(R_3 // R_5) i_c$$

$$i_c = -\frac{R_3 + R_5}{R_3 R_5} v_{ce}$$

1点

(5) 温度変化で $I_C$ が減少したとして、図8の下線部に増加、減少、一定、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。 11点

【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、コンデンサ $C_1$ は入力信号 $v_s$ 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。

【増減】	$I_C$ : <u>減少</u>	【式】	$I_E = I_B + I_C$
	$I_E$ : <u>減少</u>		$V_E = \frac{R_4 I_E}{R_1 + R_2}$
	$V_E$ : <u>減少</u>		$V_{BE} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$
	$V_{BE}$ : <u>一定</u>		
	$V_{CE}$ : <u>増加</u>		
	$I_B$ : <u>増加</u>		
	$I_C$ : <u>増加</u>		$I_C = h_{FE} I_B$

図8 安定性の説明図 11点

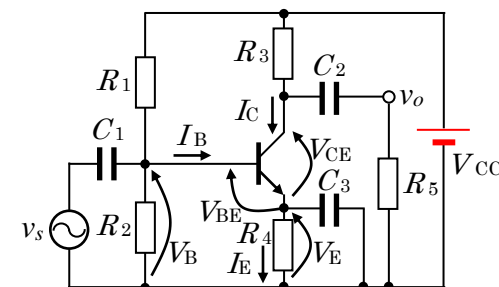


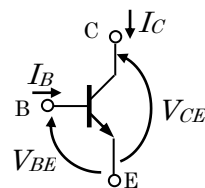
図7 電流帰還バイアス回路

1点

# 令和5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, 配布資料, 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  $\Delta V_{BE}$ ,  $\Delta V_{CE}$  と電流変化分  $\Delta I_B$ ,  $\Delta I_C$  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.

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

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

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

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.

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

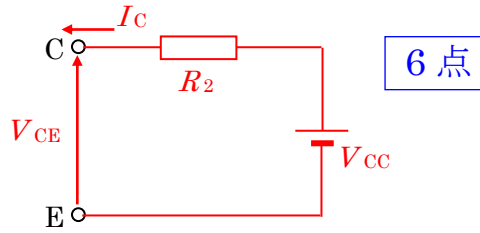
$$\text{電流利得 } G_i = 20 \log_{10} |A_i| \text{ (dB)} \quad (5)$$

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

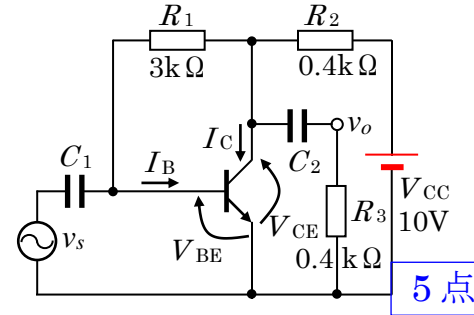
以上を何も見ずに全て解けるようになれば, 90点以上は取れる問題を出す.

1. 図1について、以下の問いに答えよ。

- (1) 下線部に回路名 (〇〇バイアス回路) を記入し、直流電源も記入せよ。
- (2) C-E 端子から右を見た直流回路を描け。



6点



5点

図1 自己バイアス回路または電圧帰還バイアス回路

- (3) (2)より直流負荷線の式を導出し、素子値を入力した  $I_C = \dots$  の式も書け。

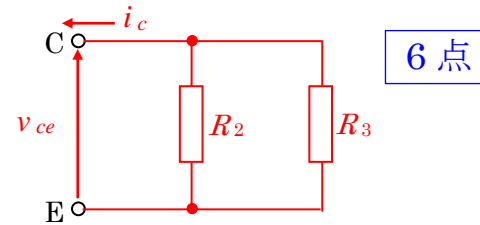
$$V_{CC} = V_{CE} + R_2 I_C$$

$$R_2 I_C = -V_{CE} + V_{CC}$$

$$I_C = -\frac{1}{R_2} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_2}, \quad I_C = -\frac{1}{0.4} V_{CE} + 25 \text{ (mA)}$$

6点

- (4) C-E 端子から右を見た交流回路を描け。



6点

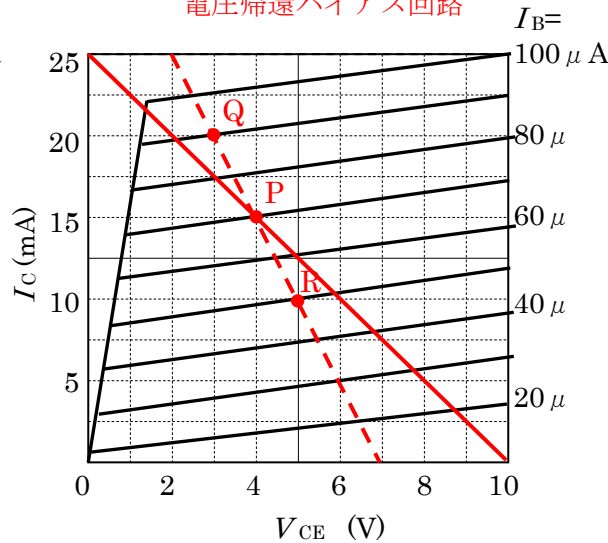


図2  $V_{CE}-I_C$  特性

5点

- (5) (4)より交流負荷線の式を導出し、素子値を入力した  $i_c = \dots$  の式も書け。

$$v_{ce} = -(R_2 // R_3) i_c$$

$$i_c = -\frac{R_2 + R_3}{R_2 R_3} v_{ce}, \quad i_c = -\frac{0.4k + 0.4k}{0.4k \times 0.4k} v_{ce} = -\frac{2}{0.4k} v_{ce} = -5v_{ce} \text{ (mA)}$$

6点

- (6) (3)と(5)で得られた直流負荷線と交流負荷線の式を図2にそれぞれ実線と破線で描き、また、動作点Pを描け。但し、 $v_s = 0$  で  $I_B = 70 \mu A$  で、入力信号  $v_s$  の振幅を  $10mV$  にしたら、 $I_B$  は  $\pm 20 \mu A$  変化したとする。

16点(各2点)

動作点:  $V_{CE} = 4 \text{ V}$        $I_C = 15 \text{ mA}$

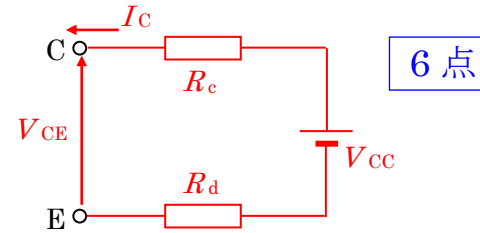
$V_{CE}$  の変化 =  $\pm 1 \text{ V}$        $I_C$  の変化 =  $\pm 5 \text{ mA}$

$$\text{電圧増幅度 } A_v = \frac{-1}{10 \times 10^{-3}} = -100$$

$$\text{電流増幅度 } A_i = \frac{15 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-6}} = 250$$

2. 図3について、以下の問いに答えよ。

- (1) 下線部に回路名 (〇〇バイアス回路) を記入し、直流電源も記入せよ。
- (2) C-E 端子から右を見た直流回路を描け。



6点

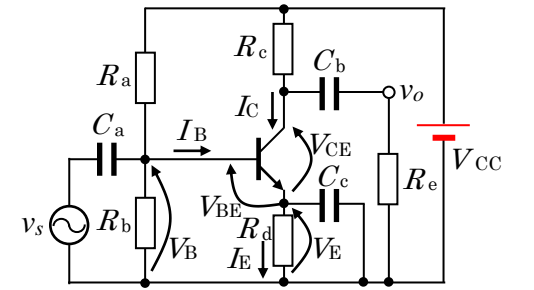
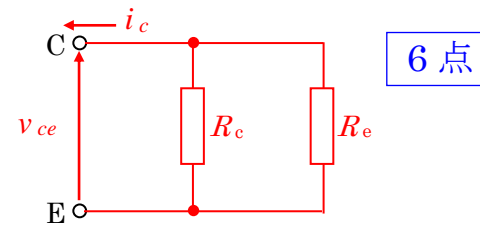


図3 電流帰還バイアス回路

5点

- (3) C-E 端子から右を見た交流回路を描け。



6点

- (4) (2)と(3)から直流負荷線および交流負荷線の式を導出せよ。

【直流負荷線】

$$V_{CC} = V_{CE} + (R_c + R_d) I_C$$

$$(R_c + R_d) I_C = -V_{CE} + V_{CC}$$

$$I_C = -\frac{1}{R_c + R_d} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_c + R_d}$$

6点

【交流負荷線】

$$v_{ce} = -(R_c // R_e) i_c$$

$$i_c = -\frac{R_c + R_e}{R_c R_e} v_{ce}$$

5点

- (5) 温度上昇で  $I_C$  が増加したとして、図4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。

11点

【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、コンデンサ  $C_a$  は 入力信号  $v_s$  に 直流成分 が流入するのを防ぎ、 $C_b$  は 負荷抵抗  $R_e$  に 交流成分 のみを出力するようにする。また、 $C_c$  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、 $C_a, C_b$  は カプリング コンデンサ、 $C_c$  は バイパス コンデンサと呼ばれる。

【増減】		【式】
$I_C$ : 増加	↻	$I_E = I_B + I_C$
$I_E$ : 増加		$V_E = R_a I_E$
$V_E$ : 増加		$V_B = \frac{R_b}{R_a + R_b} V_{CC}$
$V_B$ : 一定		$V_{BE} = \dots$
$V_{BE}$ : 減少		$I_C = h_{FE} I_B$
$I_B$ : 減少		
$I_C$ : 減少		

図4 安定性の説明図

11点