

1. 以下の文章の [1] から [10] にあてはまる語句を選択肢の中から選び、答欄に記入せよ。

ゲルマニウムやシリコンなどの 4 個の価電子を持つ真性半導体の結晶中に、[1] の価電子を持つ、[2] などの物質をわずかに混ぜて、[3] より [4] の数を多くしたものを [5] 半導体という。また、[6] の価電子を持つ [7] などの物質を真性半導体の結晶中にわずかに混ぜて、[4] より [3] の数を多くしたものを [8] 半導体という。半導体の抵抗率は [9] より大きく、[10] より小さい。

選択肢： n 形, p 形, 陽子, 電子, 正孔, 3 個, 4 個, 5 個, As(ヒ素), B(ホウ素), 導体, 絶縁体

回答： 10 点 (各 1 点)

[1]	5 個	[2]	As(ヒ素)	[3]	正孔	[4]	電子	[5]	n 形
[6]	3 個	[7]	B(ホウ素)	[8]	p 形	[9]	導体	[10]	絶縁体

2. 図 1 はダイオードの図である。以下の問いに答えよ。

(1) 電圧 V をどうすると逆バイアスになるか。

V を正にする。

3 点

(2) このときの電子を (●), 正孔を (○) で表し、その動きを矢印 (→) で、図 1(a) 中に書き込みめ。

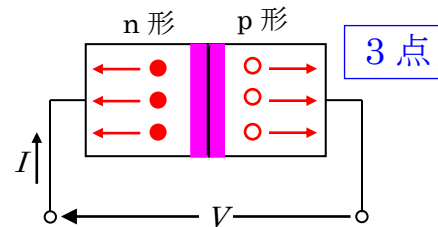


図 1 (a) 逆バイアスの原理

(3) このときの動作を説明せよ。

3 点

$V > 0$ にすると n 形の電子は正に引かれ左に移動し、p 形の正孔は負に引かれ右に移動し、接合部にキャリアのない空乏層が生じ、電流 I は流れない。

(4) 図 1(b) にダイオードの回路記号を描き、括弧内に端子の名称を書け。

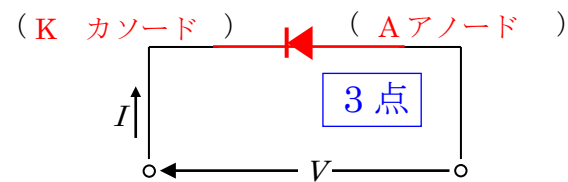


図 1 (b) 回路記号と端子名

(5) 同図(c)に概略の V - I 特性を描け。

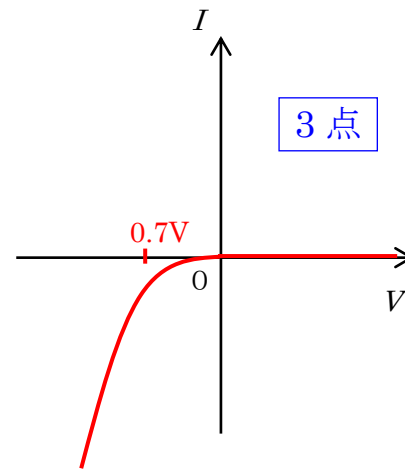


図 1(c) 図 1 (a) の V - I 特性

3. 下表の空欄を埋めよ。また、回路図中の () 内には端子の記号を記入し、各端子に実際に流れる電流の方向に矢印とその横に電流の記号 (I) を記入し、バイアスの電池とその横に電源の記号 V^{**} を記入せよ。

表 1 トランジスタの接地方式

回路図		
何接地か	コレクタ接地	ベース接地
npn か pnp か	pnp	pnp
I_B, I_E, I_C の関係	$I_E = I_C + I_B$	$I_E = I_C + I_B$
入出力電 流の関係	$I_C \approx \beta I_B$	$I_C = \alpha I_E$

8 点 (各 1 点)

4. 図 2 の増幅器の記号を用いて、下のそれぞれの定義式を書け。

6 点 (各 1 点)



図 2 増幅器の増幅度と利得

電圧増幅度 $A_v = \frac{V_o}{V_i}$

電流増幅度 $A_i = \frac{I_o}{I_i}$

電力増幅度 $A_p = \frac{P_o}{P_i} = \frac{V_o(-I_o)}{V_i I_i}$

電圧利得 $G_v = 20 \log_{10} |A_v| = 20 \log_{10} \left| \frac{V_o}{V_i} \right|$ (dB)

電流利得 $G_i = 20 \log_{10} |A_i| = 20 \log_{10} \left| \frac{I_o}{I_i} \right|$ (dB)

電力利得 $G_p = 10 \log_{10} |A_p| = 10 \log_{10} \left| \frac{V_o I_o}{V_i I_i} \right|$ (dB)

5. 図3の回路について、以下の問いに答えよ。

- (1) 直流電源 V_{BB} と V_{CC} の記号を記入せよ。
- (2) 各端子に実際に流れる電流の向きを矢印で記入せよ。
- (3) 電子を●で、正孔を○で、その動きを矢印で表し、図中に描け。
- (4) ベース接地の電流増幅率 α を電流の関係で表せ。

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

2点

- (5) (4)の式と I_B , I_E , I_C の関係式から I_C/I_B を α で表せ。

上式と $I_E = I_B + I_C$ より、

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_C}{I_B + I_C}$$

$$\alpha(I_B + I_C) = I_C$$

$$\alpha I_B + \alpha I_C = I_C$$

$$\alpha I_B = (1 - \alpha) I_C$$

$$\frac{I_C}{I_B} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

となる (上記はエミッタ接地の電流増幅率 β である)。

6. 図4について、以下の問いに答えよ。

- (1) 図4中に抵抗 R の電圧を記入せよ (円弧の矢印と式)。
- (2) V から左を見た式を導出して、 $I =$ の式を R , V , E を用いて求めよ。

図より、 $E = RI + V$

$$RI = -V + E$$

$$I = -\frac{V}{R} + \frac{E}{R}$$

3点

- (3) 図4の素子値を代入した $I =$ の式を求めよ。

$$I = -\frac{V}{0.25} + \frac{2.5}{0.25} = -4V + 10 \text{ (mA)}$$

3点

- (4) (3)で求めた式を図5中に描いて、動作点 Q を付けて V と I の値を求めよ。

$$V = 1.5 \text{ V}$$

2点

$$I = 4 \text{ mA}$$

2点

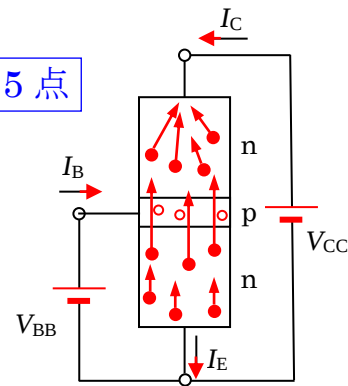


図3 トランジスタの原理

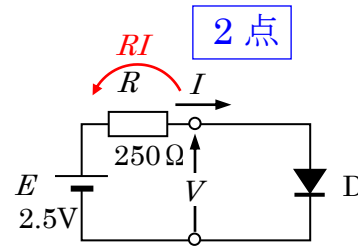


図4 ダイオードの回路

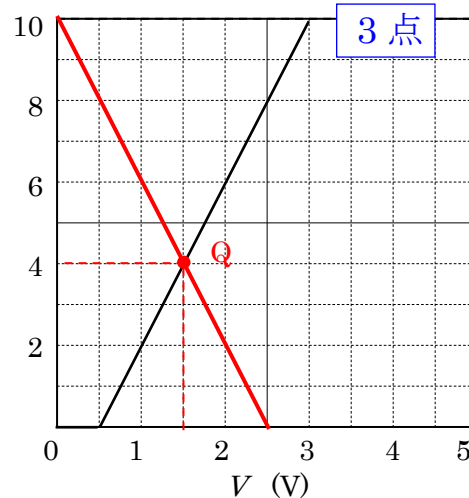
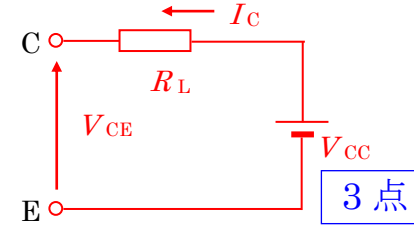


図5 Dの V - I 特性

7. 図6について、以下の問いに答えよ。

- (1) 直流電源 V_{BB} と V_{CC} と流れる電流の向きを矢印で記入せよ。
- (2) トランジスタの C - E 端子から右を見た回路を描け。



3点

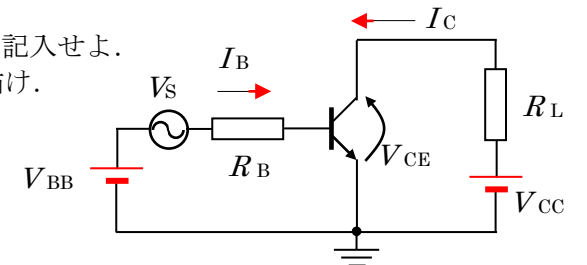


図6 エミッタ接地増幅器

3点

- (3) 負荷線の式を導出せよ。即ち、(2)で描いた図で I_C を V_{CE} , R_L , V_{CC} で表す。また、(4)の素子値を代入した式も書け。

図より、

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

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

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

2点

となる。これに素子値を代入すると

$$I_C = -\frac{1}{1k} V_{CE} + \frac{10}{1k} \text{ (A)}$$

$$I_C = -V_{CE} + 10 \text{ (mA)}$$

2点

となる。

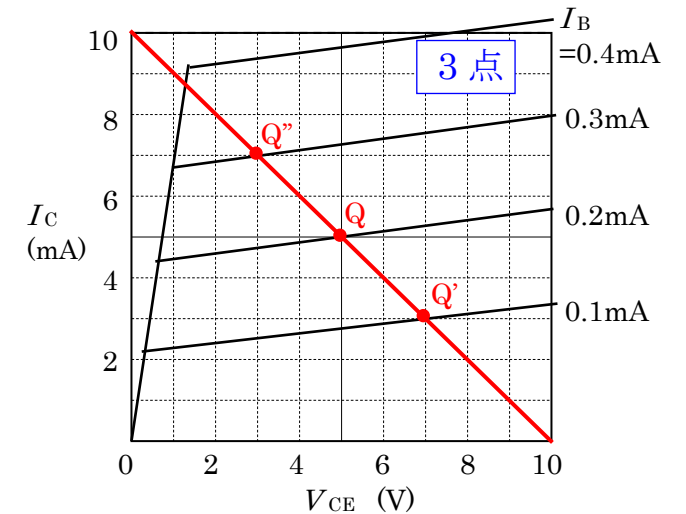


図7 V_{CE} - I_C 特性

- (4) 図7の出力特性 (V_{CE} - I_C 特性) のグラフに負荷線と動作点 Q を描け。但し、 $R_L = 1k\Omega$, $V_{CC} = 10V$ で、入力信号がない場合 ($V_S = 0$), $I_B = 200\mu A$ であった。
- (5) 信号がない場合のコレクタ電圧 V_{CE} とコレクタ電流 I_C を求めよ。単位も付ける。

$$V_{CE} = 5 \text{ V}$$

$$I_C = 5 \text{ mA}$$

4点

- (6) 入力信号 V_S の振幅を 20 mV 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 ($\pm$ 〇〇で答える)。

$$V_{CE} \text{ の変化} = \pm 2 \text{ V}$$

$$I_C \text{ の変化} = \pm 2 \text{ mA}$$

4点

- (7) (6)より、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。

$$A_v = \frac{-2}{0.02} = -100 \text{ (倍)}$$

$$A_i = \frac{2 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-6}} = 20 \text{ (倍)}$$

4点

令和 6 年度電子回路学前期中間試験は以下のような問題である。
(試験範囲pp.1-38, 小テスト, WebClass講義資料, およびノート) 出題者：大田

1. 半導体に関する下の語句の説明や文章の穴埋め等★
導体, 半導体, 絶縁体, 共有結合, 価電子, キャリア, 多数キャリア, 少数キャリア
真性半導体, ゲルマニウムGe, シリコン (ケイ素) Si, ダイヤモンド (炭素) C
n形半導体, 電子, As(ヒ素), ドナー,
p形半導体, 正孔, B(ホウ素), アクセプタ,
pn接合, ダイオード, 空乏層, アノード(A), カソード(K), 順方向, 逆方向, 整流回路, ツェナー
ダイオード, トランジスタ, バイアス, 何接地のpnpかnpnか, 半導体素子の型番, 最大定格

2. ダイオードやツェナーダイオードの回路図を与えるので, 次の問いに答える. ★

- (1) ダイオードがオンかオフかの判断.
- (2) 電源 E と抵抗 R と電流 I の式を求める (抵抗 R の両端電圧は電流 I と逆向きに RI) .
- (3) ダイオードの V - I 特性に(2)の式のグラフを描く.
- (4) (3)よりダイオードの電圧 V と電流 I を求める.

3. ダイオードやトランジスタ (〇〇接地) の原理図を与えるので, 次の問いに答える. ★

- (1) 直流電源 (V_{CC} , V_{BB} , V_{EE}) の加え方を図に書き込む.
- (2) 右の記号とその動きを矢印 (→) で図中に書き込み, 動作を下の語句を用いて説明する.
p形半導体, n形半導体, 順方向バイアス, 逆方向バイアス, キャリア, 電子, 正孔, 空乏層, 再結合, ベース幅が非常に狭い

記号	名称
○	正孔
●	電子

4. 〇〇接地のトランジスタ回路を与えるので, 次の問いに答える. ★★

- (1) 回路名 (〇〇接地トランジスタ) を書く.
- (2) 直流 (バイアス) 電源 (V_{CC} , V_{BB} , V_{EE}) を回路図に書き込む.
- (3) エミッタの矢印の向きで, pnpかnpnの判断をする.
- (4) 実際に流れる電流 (I_B , I_E , I_C) の向きを矢印で示す.
- (5) I_B , I_E , I_C の関係を求める. 下の式(1)と(2)は暗記して, 式(3)と(4)は導出できるようになっておくこと.

$$I_E = I_C + I_B \tag{1}$$

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO} \tag{2}$$

$$I_C = \beta I_B + (1 + \beta) I_{CBO} \tag{3}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \tag{4}$$

- (6) トランジスタの入力特性 (V_{BE} - I_B 特性) と出力特性 (V_{CE} - I_C 特性) のグラフを与えるので, 入出力負荷線の式を導出し, 入力特性と出力特性のグラフに負荷線と動作点Qを描く.
- (7) 図式解法によって, 無信号時の各部の電圧と電流を求める.
- (8) 図式解法によって, 信号時の各部の電圧と電流の振幅を求め, 増幅器を求める.

5. 次の語句を図と式を用いて説明する.

- ① p 形半導体と n 形半導体②キャリアと空乏層
- ③トランジスタ作用④トランジスタの定格 (下の三つ)

最大電流 ($I_{E\max}$, $I_{C\max}$) , 最大許容電圧 (V_{CEO} , V_{EBO}) , コレクタ損失 $P_{C\max}$

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.