

1. 下表の空欄を埋めよ.

表1 半導体の種類

8点 (各1点)

半導体の種類	不純物の材料と元素記号	少数キャリア	多数キャリア	不純物の名称	不純物の価電子の数
n形半導体	リンP またはヒ素As	正孔	電子	ドナー	5個
p形半導体	ホウ素B	電子	正孔	アクセプタ	3個

2. 図1はダイオードの原理図である. 同図の(a) (b)の下線部に当てはまる語句を書き, 図中に, 電子を(●), 正孔を(o)で表しその動きを矢印(→)で図中に書き込み, 動作を説明せよ. また, 図同図(d)にダイオードの端子の記号と名称およびダイオードの回路記号を描け.  
[動作説明] [動作説明]

(a) 順 バイアス

1点

(b) 逆 バイアス

1点

(c) ダイオードの構造

(d) 端子名と回路記号

5点

図1 ダイオードの原理図

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2 トランジスタの接地方式

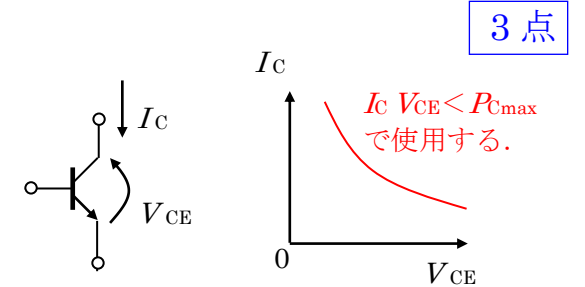
回路図	何接地か	pnpか npnか	$I_B, I_E, I_C$ の関係	入出力電流の関係
	エミッタ接地	npn	$I_E = I_C + I_B$	$I_C = \beta I_B + I_{CEO} = \beta I_B + (1 + \beta) I_{CBO}$
	ベース接地	npn	$I_E = I_C + I_B$	$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$

8点 (各1点)

4. コレクタ損失  $P_{Cmax}$  について図2に記号等を書き加えて説明せよ.

4点

コレクタ損失  $P_C$  は  $P_C = I_C V_{CE}$  で表され, 熱が発生してトランジスタの接合部の温度が上昇する. 温度が上昇し過ぎると特性が元に戻らなくなる. このときの許される最大損失が最大コレクタ損失  $P_{Cmax}$  である.



3点

図2  $P_{Cmax}$  についての説明図

5. 図3において、EからB内に注入されたキャリアの動作を説明せよ。なお、図中には、電子を(●)、正孔を(o)で表し、その動きを矢印(→)で図中に書き込め。

[動作説明]

4点

エミッタからベースに注入された正孔はベース幅が非常に狭いので、ベース内で電子と殆どぶつからないで、コレクタまで達する。即ち、トランジスタはエミッタ電流  $I_E$  をベース電流  $I_B$  とコレクタ電流  $I_C$  に一定の割合  $\alpha$  ( $\approx 0.98 \sim 0.99$ ) で分ける操作を行う。

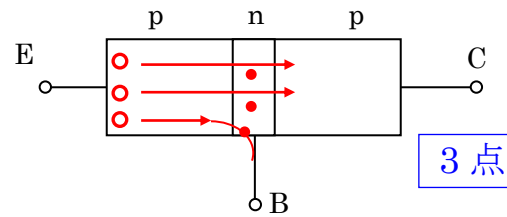


図3 トランジスタ作用の説明図

3点

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、 $I =$  の式を求めよ。

図より、 $E = RI + V$

$RI = -V + E$

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

4点

- (3)  $E = 4.5V$ ,  $R = 10k\Omega$  として  $I =$  の式を求めよ。

$I = -\frac{V}{10} + \frac{4.5}{10} = -0.1V + 0.45(\text{mA})$

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。

$V = 2.5V$

2点

$I = 0.2\text{mA}$

2点

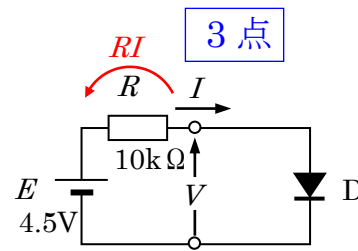


図4 ダイオード

3点

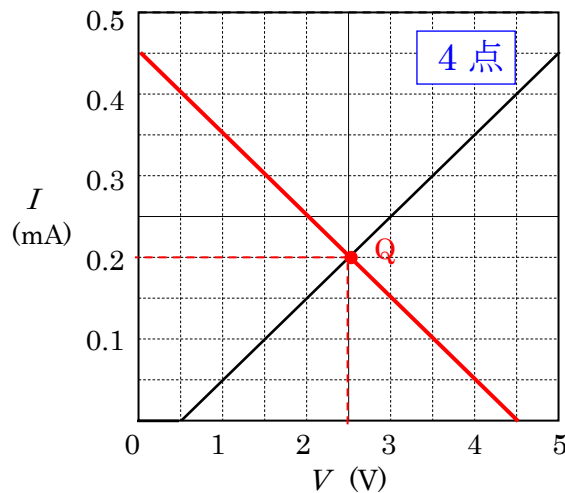
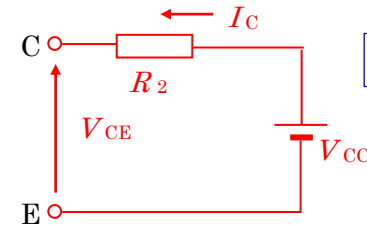


図5 ダイオードの  $V-I$  特性

4点

7. 図6について、以下の問いに答えよ。

- (1) 下線部に回路名を記入，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。



3点

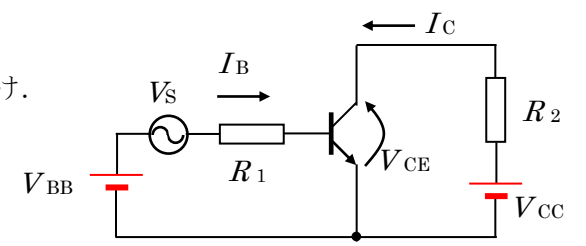


図6 エミッタ接地トランジスタ

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  $V_{CE}$ ,  $R_2$ ,  $V_{CC}$  で表す。

図より、

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

4点

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

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

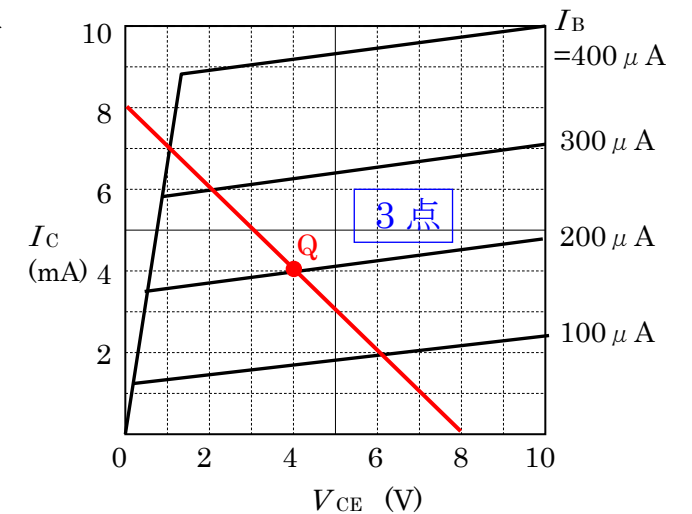


図7  $V_{CE}-I_C$  特性

3点

- (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、 $R_2=1k\Omega$ ,  $V_{CC}=8V$  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。

$V_{CE} = 4V$

2点

$I_C = 4\text{mA}$

2点

- (6) 入力信号  $V_S$  の振幅を  $0.1V$  にしたら、 $I_B$  は  $\pm 100\mu A$  変化 ( $\Delta I_B$ ) した。このときの  $V_{CE}$  と  $I_C$  の変化 ( $\Delta V_{CE}$  と  $\Delta I_C$ ) を求めよ ( $\pm \text{〇〇}$  で答える)。

$V_{CE}$  の変化 =  $\pm 2V$

2点

$I_C$  の変化 =  $\pm 2\text{mA}$

2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。

電圧増幅度  $A_v = \frac{-2}{0.1} = -20$  (倍)

2点

電流増幅度  $A_i = \frac{2 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-6}} = 20$  (倍)

2点

# 令和5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, 配布資料, 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, 電子, 正孔, 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, リン P, ヒ素 As, ドナー,

p形半導体, ホウ素 (ボロン) B, 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.

記号	名称
○	正孔
●	電子

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

## 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.

$$I_E = I_C + I_B \quad (1)$$

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO} \quad (2)$$

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

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (4)$$

(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, 各部の電圧と電流を求める.

## 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.