

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(○)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]

(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

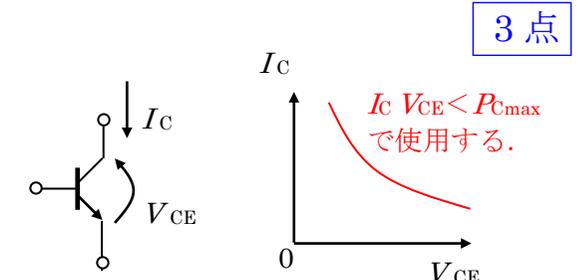
回路図	エミッタ接地	ベース接地
<p>5点</p>	<p>5点</p>	
何接地か	エミッタ接地	ベース接地
npnか pnpか	pnp	nnp
I_B, I_E, I_C の関係	$I_E = I_C + I_B$	$I_E = I_C + I_B$
入出力電流の関係	$I_C = \beta I_B + I_{CEO} = \beta I_B + (1 + \beta) I_{CBO}$	$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$

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

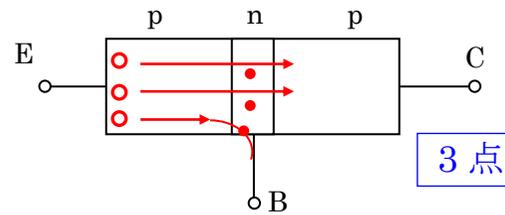
図2 P_{Cmax} についての説明図

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。

4点

[動作説明]

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 α ($\approx 0.98 \sim 0.99$) で分ける操作を行う。



3点

図3 トランジスタ作用の説明図

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

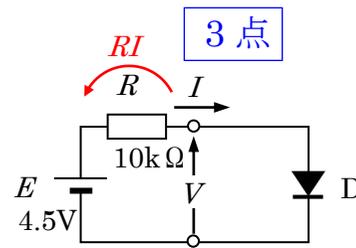


図4 ダイオード

3点

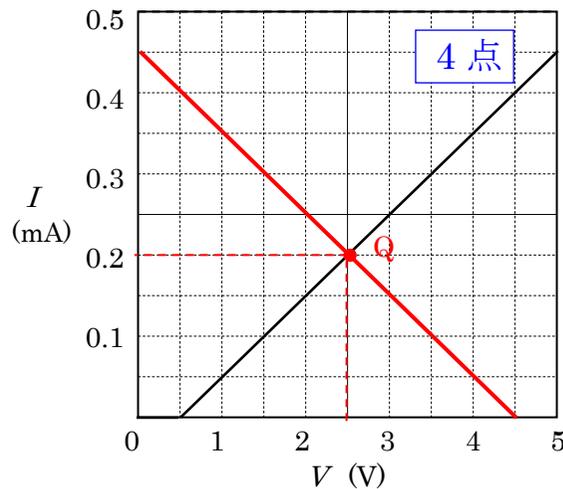
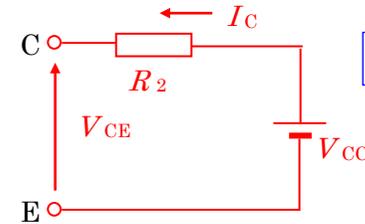


図5 ダイオードの $V-I$ 特性

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

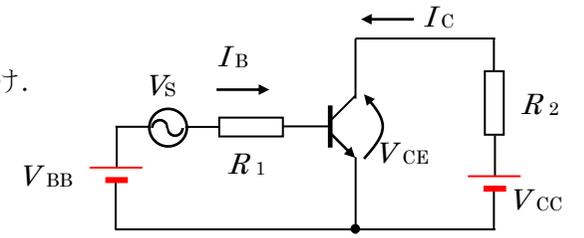


図6 エミッタ接地トランジスタ

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

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

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

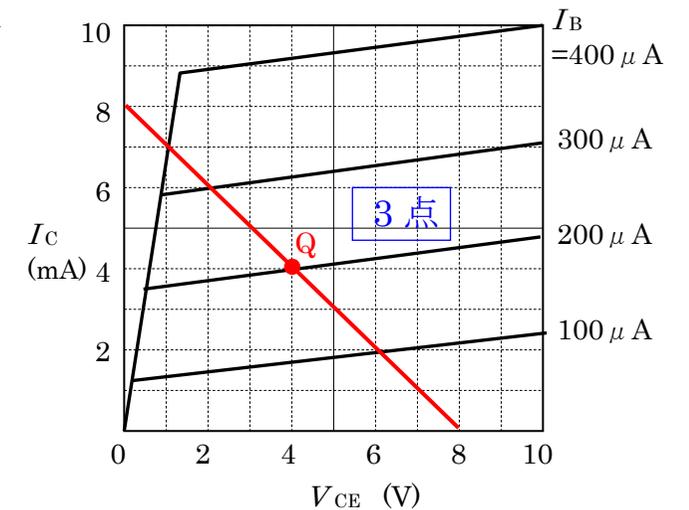


図7 $V_{CE}-I_C$ 特性

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 (ΔI_B) した。このときの V_{CE} と I_C の変化 (ΔV_{CE} と ΔI_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.