

電気電子工学  
電子物理工学

注 意 事 項

1. 次の4つの問題分野（I～IV）の中から1つの問題分野を選択して解答せよ。

- I. 電力・エネルギー
- II. 波動・通信
- III. 電気物性
- IV. 電子デバイス・回路システム

ただし、2つ以上の問題分野を選択した場合はすべて無効とする。

2. 解答は問題ごとに指定されている答案用紙に記入せよ。

3. その際、選択した問題分野の答案用紙には、「問題分野選択」欄に「○」印を記せ。

4. 選択の有無にかかわらず、すべての答案用紙に受験番号を記入せよ。

5. 電子式卓上計算機等の使用は認めない。

---

1. 電力系統における交流発電機に関連する以下の問に答えよ。なお、三相交流電圧  $\dot{E}_a, \dot{E}_b, \dot{E}_c$  に対して、対称分電圧  $\dot{E}_0, \dot{E}_1, \dot{E}_2$  は次式で与えられる。ここで  $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$  である。

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_0 \\ \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_a \\ \dot{E}_b \\ \dot{E}_c \end{bmatrix}$$

- 1) インピーダンス  $\dot{Z}$  が Y 型に接続され、その中性点はインピーダンス  $\dot{Z}_n$  で接地されている図 I.1.1 の回路について、端子  $a, b, c$  から見た零相インピーダンス  $\dot{Z}_0$ 、正相インピーダンス  $\dot{Z}_1$ 、逆相インピーダンス  $\dot{Z}_2$  をそれぞれ求めよ。

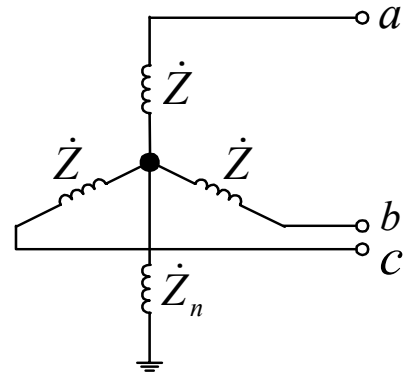


図 I.1.1

- 2) 三相交流発電機について、 $a$  相の内部誘起起電力が  $\dot{E}_a$  で、零相インピーダンス  $\dot{Z}_0$ 、正相インピーダンス  $\dot{Z}_1$ 、逆相インピーダンス  $\dot{Z}_2$  であり、中性点が直接接地されている。この発電機が無負荷で運転しているとき、端子  $a$  で地絡故障が発生した。地絡電流  $\dot{I}_a$  を求めよ。
- 3) 同期リアクタンス  $X_s$  で内部誘起起電力  $\dot{E}_a$  の三相同期発電機(円筒機)がある。この発電機が無限大母線に接続されているとき、端子電圧  $\dot{V}$  は内部誘起起電力を基準とすると位相差角  $\delta$  だけ遅れている。このとき、無限大母線に流れ込む電流  $\dot{I}$  を求めよ。次に、端子電圧及び内部誘起起電力の実効値は、それぞれ  $V$ 、 $E_a$  として、発電機の端子における有効電力  $P$  と無効電力  $Q$  をそれぞれ求めよ。
- 4) 同期発電機が並行 2 回線の送電線を介して無限大母線に接続されている。健全時では発電機への機械的入力  $P_M$  で一定であり、位相差角は  $\delta_0$  であった。いま、送電線の 1 回線に地絡故障が生じた。さらに故障回線を系統から遮断したときの位相差角が  $\delta_c$  であるとき、健全時、故障時、故障回線遮断後の三つの場合について、有効電力  $P$  と位相差角  $\delta$  の関係を表す電力相边角曲線はそれぞれどのようなようになるか、一つの図にまとめて描くとともに、そのようになる理由を説明せよ。
- 5) 前問において、故障回線を遮断しても発電機が安定に運転できるためには、 $\delta_c$  の範囲がどのようにして定められるか、前問の図を使いながら説明せよ。

## I. 電力・エネルギー

2. 直流電流源で誘導電動機を回転させるために、図 I.2.1 のように、スイッチ回路を構成し固定子巻線に接続した。そして、図 I.2.2 のスイッチングパターンで運転した。以下の問に答えよ。

- 1) 固定子巻線により発生する磁界のベクトルの時間変化を、解答用紙の図に示した区間ごとに図示せよ。また、直流電流源により誘導電動機を回転できる原理を説明せよ。
- 2) この電動機の同期速度[rpm]を、スイッチングパターンの周期  $T$ [s]を用いて表せ。
- 3) 周期  $T=20\text{ms}$  の時、この電動機が  $2700\text{rpm}$  で回転していた。すべりを求めよ。
- 4) この電動機の回転方向を逆転させるには、スイッチングパターンをどのように変更すればよいか述べよ。
- 5) このスイッチ回路の S1 と S4 の直列部分を、半導体素子により実現する方法を1つ示せ。

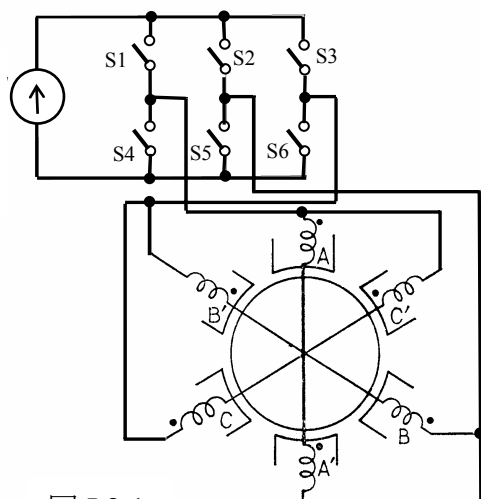


図 I.2.1

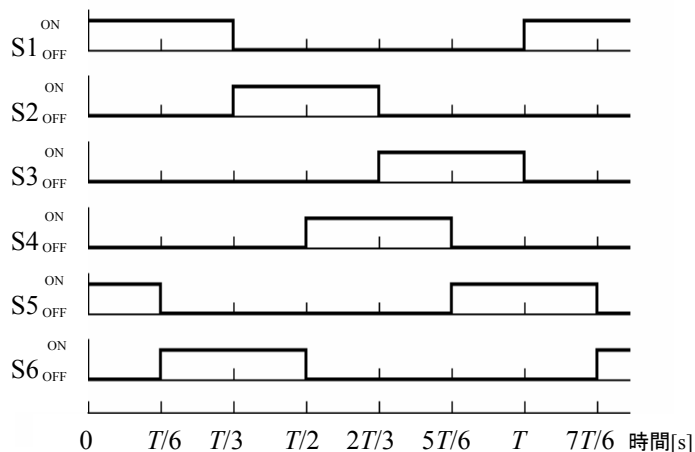


図 I.2.2

3. 伝達関数が1次遅れ要素  $\frac{K}{1+Ts}$  である制御対象を、フィードバック制御した。以下の問に答えよ。

- 1) 図 I.3.1 のように、比例コントローラ  $K_p$  により制御した場合、単位ステップ応答を図示せよ。
- 2) 図 I.3.2 のように、1)のコントローラに積分要素  $\frac{1}{T_I s}$  を付加した。単位ステップ入力に対する定常偏差を求めよ。
- 3) フィードバック制御系において、積分要素の個数を0個から1個、2個と増やしていった場合、応答特性がどのように改善されるかを説明せよ。
- 4) フィードバック制御系においてゲインを大きくすることの長所と短所を述べよ。

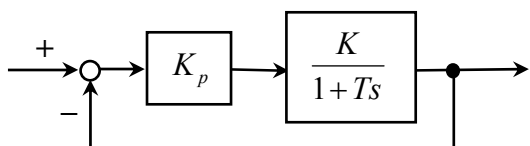


図 I.3.1

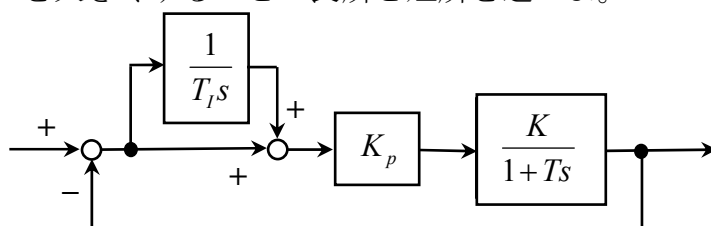


図 I.3.2

1. 電磁波の表皮効果に関する以下の問に解答せよ。ただし  $\varepsilon_0$ ,  $\mu_0$ ,  $z$  そして  $t$  は、それぞれ真空誘電率, 真空透磁率, 直角座標系の  $z$  座標そして時間である。

- 1) 自由空間における電界  $\mathbf{E}$ , 磁界  $\mathbf{H}$ , 電束密度  $\mathbf{D}$  および磁束密度  $\mathbf{B}$  についてのマクスウエルの方程式を書け。また  $\mathbf{E}$  と  $\mathbf{D}$  の関係および  $\mathbf{H}$  と  $\mathbf{B}$  の関係を表す構成方程式も書け。
- 2) 自由空間を  $+z$  方向に伝搬する平面波に対して成り立つ次式を 1) で答えた方程式から導き出せ。ただし  $E_x$  は電界  $\mathbf{E}$  の直角座標系の  $x$  成分である。

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} \quad (\text{II.1.1})$$

- 3) 式 (II.1.1) を解いて平面波を表す次式を導き出せ。ただし  $A$  は定数, また  $\omega$  および  $j$  は、それぞれ角周波数および  $\sqrt{-1}$  であり, 時間変化を  $\exp(j\omega t)$  とする。

$$E_x(z, t) = A \exp(j\omega t - j\omega \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} z) \quad (\text{II.1.2})$$

- 4) 導電性をもつ媒質中の平面波を表す式は, 式 (II.1.2) の中で真空誘電率  $\varepsilon_0$  を次式の複素数量  $\hat{\varepsilon}$  に置き換えたものとなることを説明せよ。

$$\hat{\varepsilon} = \varepsilon - j \frac{\sigma}{\omega} \quad (\text{II.1.3})$$

説明には虚数部が現れる理由を含めよ。ただし, 媒質は等方性, 均質そして非磁性とする。 $\varepsilon$  および  $\sigma$  はそれぞれ誘電率および導電率である。電流密度と電界との関係は  $\mathbf{i} = \sigma \mathbf{E}$  で与えられる。

ヒント: 自由空間を導電性媒質に換えると, マクスウエル方程式および構成方程式がどのように変化するかを考えよ。

- 5) 導電性をもつ媒質中では平面波は伝搬とともに振幅が減衰する。 $+z$  方向に伝搬する平面波の振幅の  $z$  座標依存性を表す式を導き出せ。そして表皮の厚さ (電界の大きさが  $1/e$  に減衰する距離) を表す式を書け。その式を用いて各パラメータと表皮の厚さとの関係を説明せよ。ただし  $\sigma \gg \omega \varepsilon$  とせよ。
- 6) 導電率が  $10^8 \text{ S/m}$  で非磁性の媒質がある。周波数  $1 \text{ MHz}$  の電磁波に対するこの媒質の表皮の厚さを求めよ。 $\mu_0$  の値は  $4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$  である。
- 7) 電磁波の遮へいに必要な導体板の厚さは遮へいする周波数を変えたときにどう変化させたらよいか説明せよ。

## 2. 標本化定理に関する以下の問に答えよ。

図 II.2.1 において  $\otimes$  は乗算器,  $L$  は理想低域通過フィルタを示す。周期  $T$  のインパルス列  $s(t)$  の振幅をアナログ入力信号  $x(t)$  で変調して, インパルス信号により標本化された信号  $x_s(t)$  が得られ, 理想低域通過フィルタの出力を  $x_L(t)$  とする。

$s(t)$  はデルタ関数  $\delta(t)$  を用いて

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(t - nT) \quad (\text{II.2.1})$$

と書け,  $s(t)$  のフーリエ変換  $S(\omega)$  は

$$S(\omega) = \frac{2\pi}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(\omega - n\omega_s) \quad (\text{II.2.2})$$

で与えられる。ここで  $\omega_s = 2\pi/T$  である。理想低域通過フィルタの遮断角周波数は  $\omega_s/2$  である, すなわちその周波数応答を  $H_L(\omega)$  とすると

$$H_L(\omega) = \begin{cases} A & (|\omega| \leq \omega_s/2) \\ 0 & (|\omega| > \omega_s/2) \end{cases} \quad (\text{II.2.3})$$

であり,  $A$  は定数である。入力信号  $x(t)$  は帯域制限されている, すなわち  $x(t)$  のフーリエ変換  $X(\omega)$  は

$$X(\omega) = 0 \quad (|\omega| \geq \omega_B) \quad (\text{II.2.4})$$

を満たす。

なおフーリエ変換対を  $\Leftrightarrow$  で表し,  $f(t) \Leftrightarrow F(\omega)$ ,  $g(t) \Leftrightarrow G(\omega)$  であれば以下の関係式が成立する。

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt, \quad f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega \quad (\text{II.2.5})$$

$$f(t) * g(t) \Leftrightarrow F(\omega)G(\omega), \quad f(t)g(t) \Leftrightarrow \frac{1}{2\pi} F(\omega) * G(\omega) \quad (\text{II.2.6})$$

ここで  $*$  は畳込み演算を示し, 次式で与えられる。

$$f(t) * g(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau)g(t-\tau)d\tau \quad (\text{II.2.7})$$

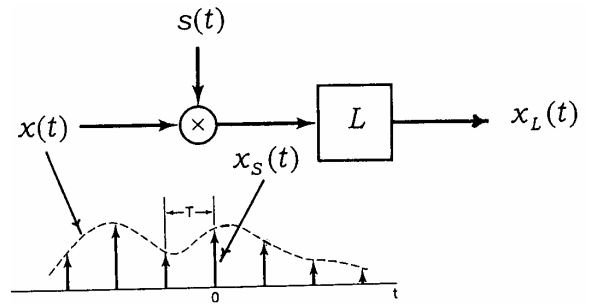


図 II.2.1

- 1)  $x_s(t)$  のフーリエ変換  $X_s(\omega)$  を求め,  $\omega_B > \omega_s/2$  および  $\omega_B < \omega_s/2$  の場合の  $|X_s(\omega)|$  の概略を図示せよ。
- 2)  $\omega_B$  をどのように設定したら,  $x_L(t)$  より  $x(t)$  を再生することが可能になるか。
- 3) 前問において  $\omega_B$  を設定した入力信号  $x(t)$  に対して,  $H_L(\omega)$  の振幅  $A$  をどのように設定したら,  $x_L(t) = x(t)$  となるか。
- 4)  $x_L(t) = x(t)$  となるとき,  $x(t)$  を  $x(t)$  の標本値  $x(nT)$  を用いて表せ。ただし  $n$  は整数である。
- 5) 以下の入力信号が与えられたとき,  $x_L(t) = x(t)$  となるか, 否か, 理由とともに示せ。  
 $x_L(t) \neq x(t)$  の場合には  $x_L(t)$  を示せ。

a)  $x(t) = \frac{1}{t} \sin\left(\frac{3t}{T}\right)$

b)  $x(t) = 1 + \frac{1}{3} \sin\left(\frac{0.6\pi t}{T}\right) + \frac{1}{5} \sin\left(\frac{1.2\pi t}{T}\right)$

1. 半導体物性に関して以下の問に答えよ。なお解答欄には、単位も必ず記入すること。

1) 断面積  $1 \text{ mm}^2$ 、長さ  $1 \text{ cm}$  の薄板状の  $n$  形半導体がある。

a) 両端に  $1 \text{ V}$  の電圧を加えたところ、 $24 \text{ mA}$  の電流が流れた。

電子移動度  $\mu_e = 1000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  とする。また素電荷は  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  である。

i) この半導体の電子濃度  $n$  を求めよ。

ii) 電子の平均ドリフト速度  $v_d$  を求めよ。

iii) 単位時間あたり、この半導体の断面を横切る電子数  $N$  を求めよ。

iv) 電子は繰り返し散乱を受けながらドリフトしている。電子の有効質量  $m_e^*$  を  $0.16m_0$  とする。一度散乱を受けてから再度散乱を受けるまでの平均時間  $\tau$  (緩和時間) を求めよ。ここで  $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$  である。

b) 次にこの半導体に赤外線を照射したところ、均一に毎秒  $1.5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$  の電子-正孔対が生成した。真性キャリア濃度  $n_i = 1.5 \times 10^{10} / \text{cm}^3$  である。

i) 少数キャリアの寿命時間を  $1 \times 10^{-5} \text{ s}$  とすると、光照射時の電子濃度  $n_n$ 、正孔濃度  $p_n$  はいくらになるか。

ii) このときの  $p_n n_n$  積は、熱平衡状態の何倍になるか。

iii) 電子、正孔の擬フェルミ準位  $E_{Fe}$ 、 $E_{Fh}$  が、それぞれ禁制帯の中央  $E_i$  から何  $\text{meV}$  離れているか求め図に示せ。ここで室温での  $k_B T = 25 \text{ meV}$  ( $k_B$ : ボルツマン定数),  $\log(e) = 0.43$  ( $e = 2.718 \dots$ ) を用いよ。

2) Si は禁制帯幅  $1.1 \text{ eV}$  の代表的な間接遷移半導体である。一般論として、下記の下線部分が正しいかどうか判定し、間違っていればどのように修正したらよいか答えよ。

a) 光学的吸収係数

直接遷移半導体と比べ Si の吸収係数は、フォノンとの相互作用のため非常に大きい。

b) 少数キャリアの再結合過程

Si は間接遷移だから少数キャリアが再結合する際、再結合のエネルギーがフォトンとして効率良く放出される。

c) 温度特性

Si は禁制帯幅が  $1.1 \text{ eV}$  と小さく、高温で真性キャリア濃度が高くなるので、高温で動作する電子デバイス材料として有望である。

2. 量子力学に関して以下の問に答えよ。

1) 次の文章の、ア～シにあてはまる数式あるいは語句を所定の解答欄に書け(説明不要)。

a) 金属内の電子が真空中に飛び出す量子力学的現象を、図 III.2.1 に示すような高さ  $V_0$  の 1 次元階段型ポテンシャルを用いて考える。

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0) \\ V_0 & (x \geq 0) \end{cases} \quad \text{(III.2.1)}$$

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0) \\ V_0 & (x \geq 0) \end{cases} \quad \text{(III.2.2)}$$

$V_0$  は、金属内での電子の ア を基準として測った真空準位であり、イ と呼ばれる。

ここで  $x = -\infty$  から、質量  $m$ 、エネルギー  $E$  ( $E > V_0$  であるとする) の電子が進行してきて、このポテンシャル障壁で散乱されるものとする。この時、電子に対するシュレーディンガー方程式は、以下で与えられる。

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} = \text{ウ} \psi(x) \quad (x < 0) \quad \text{(III.2.3)}$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} = \text{エ} \psi(x) \quad (x \geq 0) \quad \text{(III.2.4)}$$

$\hbar$  は、プランク定数  $h$  を  $2\pi$  で割った値 ( $h/2\pi$ ) である。

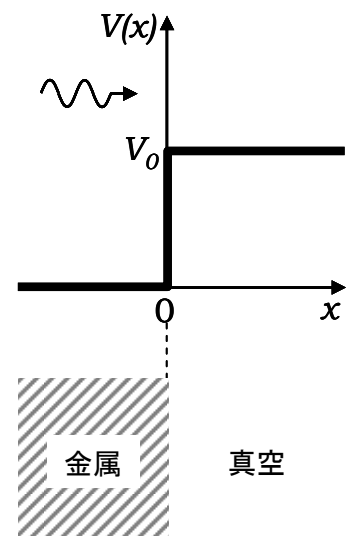


図 III.2.1

この時、電子の波動関数は以下のように与えられる。

$$\psi(x) = A \exp(i\alpha x) + B \exp(-i\alpha x) \quad (x < 0) \quad (\text{III.2.5})$$

$$\psi(x) = C \exp(i\beta x) \quad (x \geq 0) \quad (\text{III.2.6})$$

ここで、 $i = \sqrt{-1}$  である。電子の波数  $\alpha$ ,  $\beta$  は、 $\alpha = \boxed{\text{オ}}$ ,  $\beta = \boxed{\text{カ}}$  と求められる。  
電子の確率の流れ密度  $S$  は、1次元の波動関数に対しては、

$$S = \frac{\hbar}{2im} \left( \psi^* \frac{d\psi}{dx} - \psi \frac{d\psi^*}{dx} \right) \quad (\text{III.2.7})$$

で与えられ(\* は複素共役を表す)、式(III.2.5)、式(III.2.6)を代入すると

$$S = \boxed{\text{キ}} \quad (x < 0) \quad (\text{III.2.8})$$

$$S = \boxed{\text{ク}} \quad (x \geq 0) \quad (\text{III.2.9})$$

を得る。ここで式(III.2.8)は、金属内から表面に向かう進行波と、表面での反射波の確率の流れ密度の差を、式(III.2.9)は真空中へ透過して行く波の確率の流れ密度を表している。従って、電子の透過率  $T$  は、エネルギー  $E$  とポテンシャル高さ  $V_0$  を用いて以下のように与えられる。

$$T = \boxed{\text{ケ}} \quad (\text{III.2.10})$$

- b) 次に、電子のエネルギーがポテンシャル高さより小さい ( $E < V_0$ ) 場合、式(III.2.6)において電子の波数は虚数になり、 $x \geq 0$  における波動関数として、

$$\psi(x) = C \boxed{\text{コ}} \quad (x \geq 0) \quad (\text{III.2.11})$$

を得る。そのため、 $x \geq 0$  における電子の確率の流れ密度  $S$  は  $\boxed{\text{サ}}$  となり、電子の透過率  $T$  は

$$T = \boxed{\text{シ}} \quad (\text{III.2.12})$$

となる。

- 2) 次の文章を読んで、以下の問に答えよ。

- a) 二つの金属を真空中で距離  $d$  まで近づけた場合を、図 III.2.2 のような高さ  $V_0$ 、厚さ  $d$  の1次元ポテンシャル障壁を用いて考える。

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0 \text{ および } x > d) \\ V_0 & (0 \leq x \leq d) \end{cases} \quad (\text{III.2.13})$$

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0 \text{ および } x > d) \\ V_0 & (0 \leq x \leq d) \end{cases} \quad (\text{III.2.14})$$

この場合には、電子のエネルギーがポテンシャル障壁高さより小さくても ( $E < V_0$ )、電子は障壁を透過する。この現象を何と言うか。

- b) a) において、透過率  $T$  のエネルギー依存性は、図 III.2.3 のように単調増加関数となり、 $E \rightarrow V_0$  で  $T_0$  ( $T_0 < 1$ ) に達する。一方、 $E > V_0$  の場合、電子の透過率は以下の式で与えられる。

$$T = \left[ 1 + \frac{V_0^2 \sin^2 \left\{ d \sqrt{2m(E - V_0)} / \hbar \right\}}{4E(E - V_0)} \right]^{-1} \quad (\text{III.2.15})$$

この時、電子の透過率が 100% となるエネルギー  $E$  ( $E > V_0$ ) の条件を求め、その物理的な意味を説明せよ。  
また、図 III.2.3 において、 $E > V_0$  での透過率  $T$  の大まかな振る舞いを解答欄の図に描き加え、図を完成せよ。

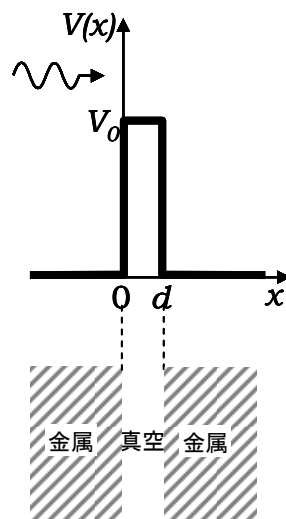
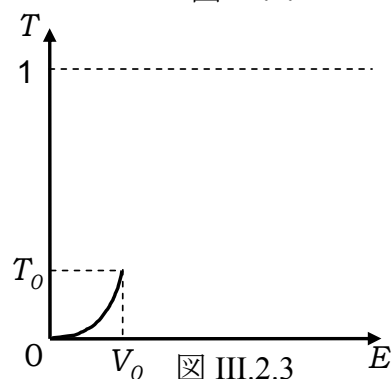
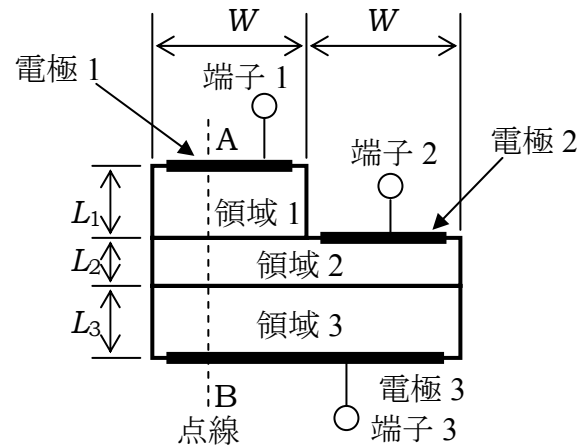


図 III.2.2



## 1. バイポーラトランジスタの断面構造を

図IV.1.1に示す。領域1と3はドナーを、領域2はアクセプタをドーピングした領域である。領域1, 2, 3のドーピング濃度はそれぞれ  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  である。簡単のため、電極1, 2, 3はそれぞれ領域1, 2, 3に対してオーミックコンタクトになっており、接触面でキャリアの再結合速度は十分に速いとする。さらに、移動度  $\mu$ , 少数キャリアの拡散長  $L$ , 少数キャリアの寿命  $\tau$  はドーピング濃度やキャリアの種類に関係なく一定であると考えてよいとする。また、空乏層中の再結合効果は無視できるとしてよい。寸法  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  は  $W$  よりも充分短いとする。



図IV.1.1

- 1) 回路図で使う記号の中で、このトランジスタを示すのに適切な記号を解答欄に記入せよ。さらに、その記号の3つの端子に適切な名称（ベース、エミッタ、コレクタ）を記入せよ。
- 2) ドーピング濃度を  $N_1 = 10N_2 = 100N_3$  にした。トランジスタを活性状態にするため、ベース・エミッタ間には順バイアス  $V_{BE}$ 、コレクタ・ベース間には逆バイアス  $V_{CB}$  を印加した。この時、 $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  からそれぞれ空乏層領域を除いた電荷中性領域のみの厚さを  $L_1'$ ,  $L_2'$ ,  $L_3'$  と表し、 $\exp(eV_{BE}/kT)$  ならびに  $\exp(eV_{CB}/kT)$  は1より充分大きいとして以下の間に答えよ。（ $e$  は素電荷、 $k$  はボルツマン定数、 $T$  は絶対温度）
  - a) ベース、エミッタ、コレクタはそれぞれ端子1, 2, 3のうちどれにすべきか答えよ。
  - b) 図IV.1.1中の点線AB上におけるバンド図を示せ。なお、バイアス電圧  $V_{BE}$  と  $V_{CB}$  がバンド図のどの部分に表れているかも記すこと。
  - c) 点線AB上におけるエミッタならびにベースの電荷中性領域における少数キャリア分布を示せ。なお少数キャリアの拡散長  $L$  は  $L_1'$ ,  $L_2'$ ,  $L_3'$  より充分長いとしてよい。
  - d) 上記設問 c) で答えた少数キャリア濃度分布をもとにエミッタ接地回路の電流増幅率  $\beta$  を導出せよ。なお、適宜近似を用いて簡素な数式で  $\beta$  を表すこと。
  - e) 上記設問 c) で仮定した少数キャリアの拡散長に関する条件は、少数キャリアの寿命  $\tau$  がある時間よりも充分長い場合に成り立つ。それはどのような時間であるか数式を使わずに答えよ。
- 3) 上記設問2)のドーピング濃度よりも  $N_3$  の濃度を下げ、さらに  $L_3$  を大きくしたトランジスタはどのような用途に適したトランジスタとなるか理由を添えて答えよ。
- 4) 上記設問2)のトランジスタに対して、領域1と3のドーピング濃度を入れ換え、さらに端子1と3の役割を入れ換えた場合、エミッタ接地回路の電流増幅率は大きくなるか、小さくなるか、変わらないか、理由を添えて答えよ。



2. マイクロプロセッサ (MPU) とメモリ, A/D コンバータから構成されるシステムについて, 以下の問に答えよ。

1) システム内のメモリの各ビットは図 IV.2.1 もしくは図 IV.2.2 の回路で構成されている。

MOS トランジスタの記号は図 IV.2.3 に示すものを用い, B はビット線,  $\bar{B}$  はその反転信号, W はワード線とする。

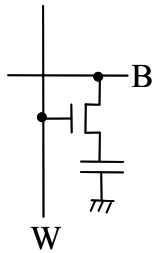


図 IV.2.1 メモリ回路 A

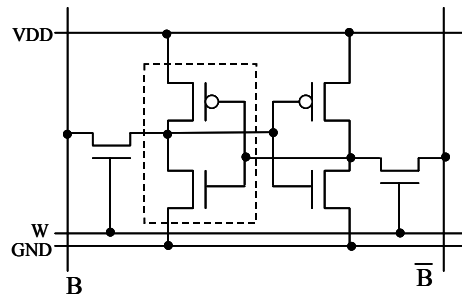
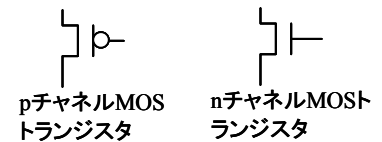


図 IV.2.2 メモリ回路 B

図 IV.2.3 MOS トランジスタ  
の記号

- 図 IV.2.1 及び図 IV.2.2 のメモリは, それぞれスタティック RAM, ダイナミック RAM のいずれであるか。
- a)における 2 種類のメモリの特徴をそれぞれ述べよ。
- 図 IV.2.2 における破線部の回路の働きを説明せよ。
- 図 IV.2.2 の回路でデータを保持できるのはなぜかを説明せよ。

2) 図 IV.2.4 に示す全体システムについて以下の問に答えよ。

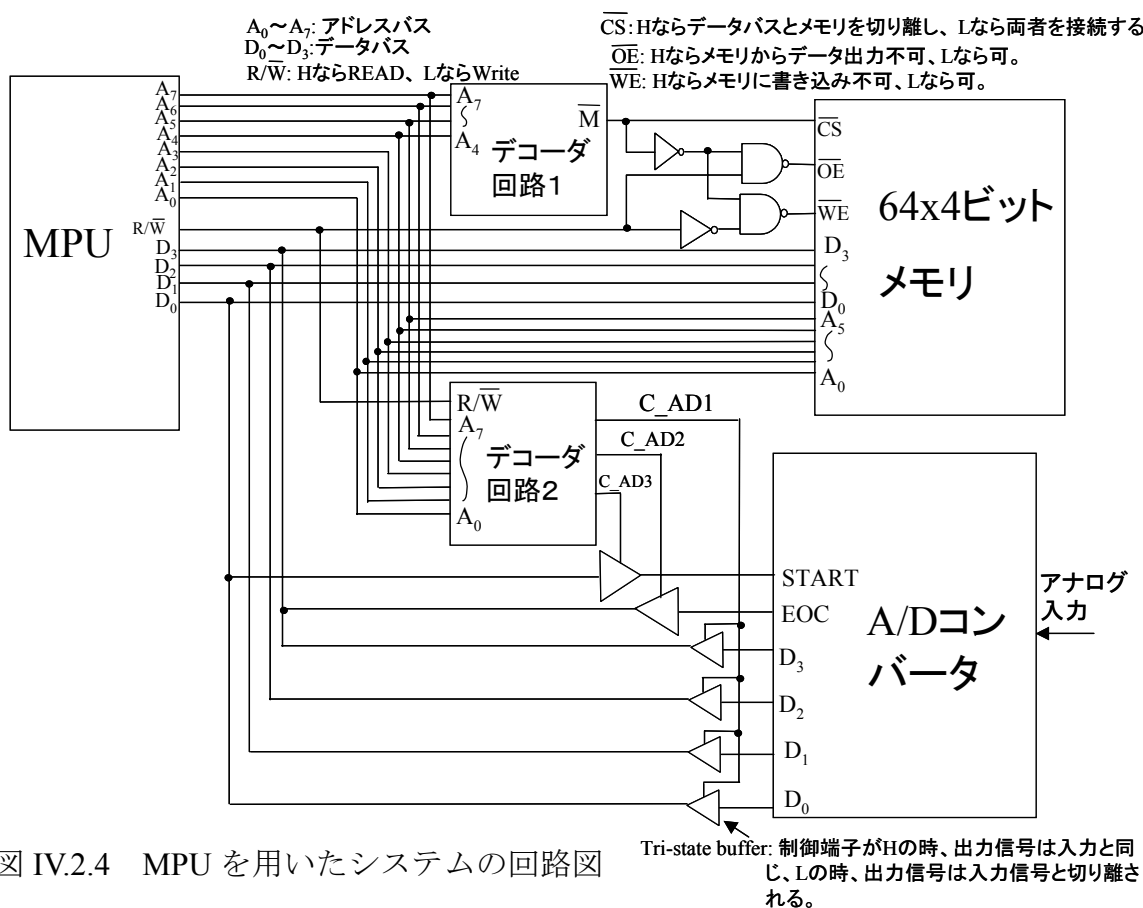


図 IV.2.4 MPU を用いたシステムの回路図

MPU のデータバスは 4 ビットとする。また, MPU は I/O コントロール線を持たないので, メモリと A/D コンバータのアドレスを重複させることはできない。また, アドレスの割り当ては, 図 IV.2.4 内のメモリと A/D コンバータのみを考慮すればよいものとする。解答欄には計算過程も記入すること。

a) 64 x 4 bit 構成のメモリを MPU に接続するものとする。メモリのアドレスを  $(20)_{16}$  進から  $(5F)_{16}$  進に割り当てる時, 図 IV.2.4 内のデコーダ回路 1 を求め, その出力信号を  $\bar{M}$  として回路図を描け。ここで, ゲート数をできる限り少なくするように工夫し, 2 入力 NAND 及び NOT 回路のみを使用すること。入力信号すべてを使う必要はない。

b) 図 IV.2.4 内のデコーダ回路 2 は, 図 IV.2.5 のようになっている。また, A/D コンバータは START 端子が L から H に立ち上がると A/D 変換を開始する。さらに, EOC 端子は, 最初は H であるが A/D 変換中は L となり, 変換終了すると H になる。図 IV.2.6 に示す A/D コンバータの制御プログラムの処理フローについて, (A)～(D)に入れるべき数値を求めよ。解答が複数ある場合にはすべて書け。

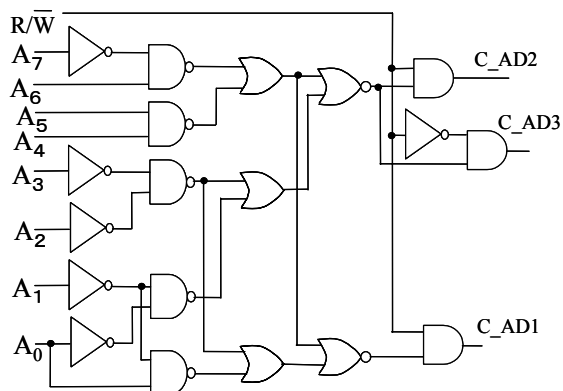


図 IV.2.5 図 IV.2.4 内のデコーダ回路 2

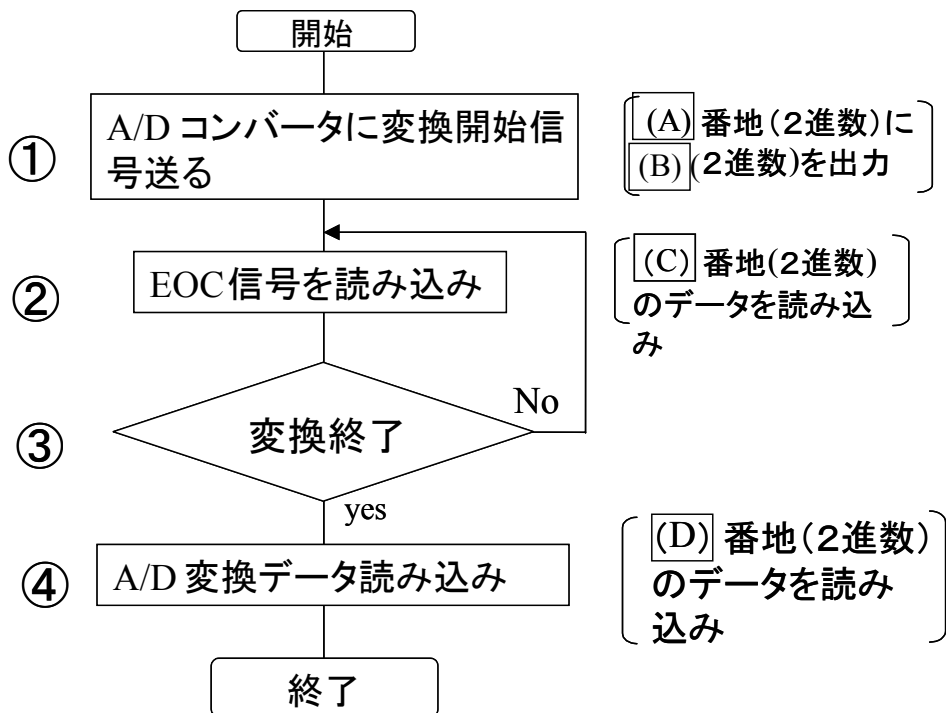


図 IV.2.6 A/D コンバータ制御プログラムのフローチャート