

2025年度 大学院(修士課程)入学試験問題

(先端理工学研究科 電子情報通信コース)

2025年2月22日(土)

(科目名:専門科目)

受験番号		氏名	
------	--	----	--

問題群 I、II、IIIにはそれぞれ3問または4問の問題がありますが、各問題群から必ず1問ずつを選択し、合計3問、解答しなさい。別紙の解答用紙は3枚配布されますが、用紙は1問について1枚ずつ使用し、必ず問題記号 (IAなど)を記入しなさい(解答が白紙であっても、すべての用紙に受験番号、氏名、問題記号を記入すること)。

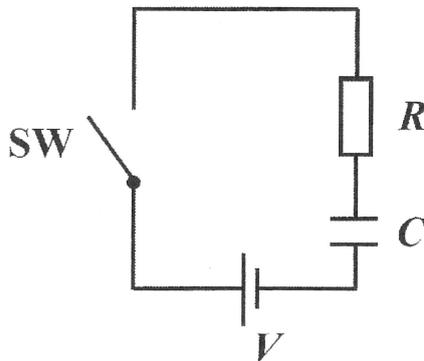
問題群 I (電子分野)

※以下の4問から必ず1問を選択し、解答しなさい。

IA (電気回路)

図の様な、抵抗、コンデンサー並びに電池からなる回路がある。抵抗値、容量並びに起電力はそれぞれ R 、 C 、 V である。スイッチ SW で回路を ON または OFF に切り替えられる。

- (1) 時刻 $t = 0$ の時スイッチ SW を ON にした。時刻 t のときコンデンサーに蓄えられている電荷を $Q(t)$ とする。また、回路に流れる電流を $I(t) = dQ(t)/dt$ とする。このときコンデンサーと抵抗にかかる電位差をそれぞれ書きなさい。
- (2) このとき V 、 C 、 R 、 $Q(t)$ の間で成り立つ微分方程式を書きなさい。
- (3) (2) で求めた微分方程式を解き、 $Q(t)$ の式を求めなさい。ただし、 $Q(0) = 0$ である。



I B (電磁気学)

図 1 のように、原点 O を中心とする半径 a (定数) の球状物質があるとする。この物質内部には正の電荷が密度 ρ_0 で一様に分布しているとする時、以下の問いに答えなさい。なお、太字はベクトルを表し、 \mathbf{r} は原点を基準とする位置ベクトル、 ϵ_0 は真空の誘電率である。

(1) ある閉曲面 Sa 上の電場ベクトル $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ とその Sa 内部に含まれる総電荷量 Q の間には

$$\iint_{Sa} \mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{S} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad (\text{I})$$

の関係がある ($d\mathbf{S}$ は面要素ベクトル)。また、位置 \mathbf{r} において電場ベクトル $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ が与えられている時、その位置における電荷密度 $\rho(\mathbf{r})$ は

$$\text{div } \mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{\rho(\mathbf{r})}{\epsilon_0} \quad (\text{II})$$

の関係がある。電磁気学では、(I)式、あるいは(II)式には人名に由来する法則名が付けられているが、何の法則というか答えなさい。

- (2) この球状物質の外に存在する電場の向きは、原点から遠ざかる向きなのか、近づく向きなのかを、答えなさい。
- (3) 次に、図 1 の点線で表すように半径 $r (= |\mathbf{r}|)$ の仮想的な球を考える。(i) $0 < r < a$, (ii) $a < r$ の 2 通りに場合分けし、(I)式を適用することで、この仮想的な球面上における法線方向の電場の大きさ $|\mathbf{E}(\mathbf{r})|$ を、それぞれの場合に対し求めなさい。
- (4) (3)で求めた答えを電場 $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ の式に、 \mathbf{r} および r を用いて書き直しなさい。
- (5) (4)で求めた答えに対し、(II)の関係を用いることで、 $\rho(\mathbf{r})$ を求めなさい。

内部が一様な電荷で満たされた球状物質

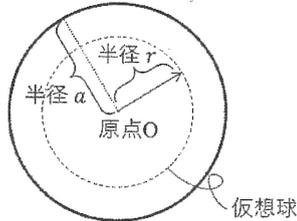


図 1:球状物質と半径 r の仮想球.

I C (電子物性・材料)

次の間に答えなさい。

- (1) p 型半導体とは何か、その物性を説明しなさい。
- (2) p チャネル MOSFET の断面図を書きなさい。
- (3) p チャネル MOSFET のドレイン電流の式を書き、どのように導出するか説明しなさい。

I D (電子工学)

次の間に答えなさい。

- (1) 真性半導体とは何かを、抵抗率、電子の数、正孔の数などの言葉を使って説明しなさい。
- (2) 典型的な真性半導体のエネルギー帯構造を図示しなさい。このとき、図中に禁制帯、価電子帯、伝導帯の言葉を記しなさい。
- (3) 比抵抗の単位を SI 単位系で記入しなさい。また、一般的な導体、半導体、および絶縁体の比抵抗値の大小関係を議論し、違いを明らかにしなさい。さらに、一般的な半導体と絶縁体のエネルギー帯構造の両方を比較する形で図示しなさい。このとき、両者の禁制帯のエネルギー幅の違いが区別できるように表しなさい。
- (4) 真性半導体に特定の不純物を添加すると、n 型半導体や p 型半導体になる。この n 型半導体や p 型半導体の一般的なエネルギー帯構造を図示しなさい。ただし、ドナー準位もしくはアクセプタ準位も図中に記入しなさい。
- (5) 一様な半導体に光を照射すると電気抵抗が減少することが知られている。この現象を何というかを答えなさい。また、エネルギー帯構造を用いてこの現象を説明しなさい。さらに、光の波長が λ [m] のとき、照射した光の光子 1 個のエネルギー E [J] を求める式も答えなさい。ただし、プランク定数を h [J·s] とする。

問題群II (情報分野)

※以下の3問から必ず1問を選択し、解答しなさい。

II A (情報理論)

送信記号の集合 X が $\{x_0, x_1\} = \{0, 1\}$ であり、受信記号の集合 Y が $\{y_0, y_1\} = \{0, 1\}$ である、2元通信路を考える。送信記号の発生確率は $p(x_0) = p(x_1) = 0.5$ とする。また、 y_0 を受信したときに x_0 を送った確率を、 $p(x_0|y_0)$ とする。この伝送路を通すと 0 は正しく受信できるが、1 は 50% が 0 と誤って受信する。このとき、以下の問いに答えなさい。

- (1) 受信記号の発生確率 $p(y_0)$ と $p(y_1)$ を求めなさい。
- (2) $p(x_0|y_0)$ 、 $p(x_0|y_1)$ 、 $p(x_1|y_0)$ 、 $p(x_1|y_1)$ を求めなさい。
- (3) $H(X)$ 、 $H(Y)$ 、 $H(X|Y)$ で示す各平均情報量 (entropy) を求めなさい。ただし $\log_2 3 = 1.58$ 、 $\log_2 5 = 2.32$ とする。

II B (プログラミング)

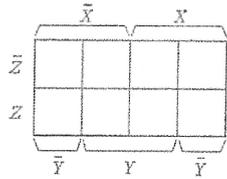
次の C 言語プログラムでは、マージソートを用いて、配列 $a[1]$ 、 $a[2]$ 、 $a[3]$ 、 $a[4]$ 、 $a[5]$ 、 $a[6]$ 、 $a[7]$ が昇順にソートされ、その結果が標準出力に出力される。ただし、プログラム中の空欄 ①、② には適切なコードが記述されているものとする。この C 言語プログラムについて、以下の問いに答えなさい。

<pre>#include <stdio.h> #define nmax 100000 int bf[nmax + 1]; void merge_sort(int *d, int p, int q) { int i, j, k, m; if (p < q) { m = (p + q) / 2; merge_sort (d, p, m); merge_sort (①); for (i = m + 1; i > p; i--) { bf[i - 1] = d[i - 1]; } for (j = m; j < q; j++) { bf[q + m - j] = d[j + 1]; } for (k = p; k <= q; k++) { d[k] = (bf[i] < bf[j]) ? ② : bf[j--]; } } }</pre>	<pre>int main(void) { int a[8] = {0, 7, 5, 2, 1, 4, 3, 6}; int i; merge_sort(a, 1, 7); for(i = 1; i <= 7; i++){ printf("%d\n", a[i]); } return 0; }</pre>
--	--

- (1) 配列を昇順にソートする場合のマージソートのアルゴリズムを説明しなさい。
- (2) 空欄 ①、② に入るコードを答えなさい。

II C (デジタル論理)

カルノー図は論理の隣接性を図で表現し、論理式を簡略化することができるようにしたものである。論理式 $f = \bar{X}YZ + X\bar{Y}Z + XY\bar{Z} + XYZ$ を3変数のカルノー図に示して簡略化し、どのように簡略化しているか、また、カルノー図がどのように論理の隣接性を表現しているか、説明しなさい。なお、3変数のカルノー図については、下図を参考にして描きなさい。



問題群Ⅲ（通信分野）

※以下の3問から必ず1問を選択し、解答しなさい。

ⅢA（符号理論）

下記のブロック符号 C について、以下の問いに答えなさい。

$$C = \{(0000), (0011), (0101), (0110), (1001), (1010), (1100), (1111)\}$$

- (1) 以下に示す符号語間のハミング距離を求めなさい。
 - (a) 符号語(1001)と符号語(1111)間のハミング距離
 - (b) 符号語(0011)と符号語(1010)間のハミング距離
- (2) ブロック符号 C の非零の符号語の重みの最小値（最小重み）を求めなさい。
- (3) ブロック符号 C の最小距離 d_{\min} を求めなさい。
- (4) ブロック符号 C の検査行列 H は $H = [1111]$ で与えられる。受信側で(1110)が受信された時のシンδροーム S を求めなさい。
- (5) シンδροーム S を使って受信語に1ビットの誤り（単一誤り）があるかどうかを検出する方法を説明しなさい。

III B (高周波回路)

図1で示すスミスチャートは高周波回路設計で用いられる。以下の問いについて、各々のインピーダンスを計算して解答すると共に、解答用紙に図1のスミスチャートを描き、それぞれの正規化インピーダンスをスミスチャート上に記入しなさい。ただし、全ての問において、周波数は1 GHz とし、正規化インピーダンスは $50\ \Omega$ とする。

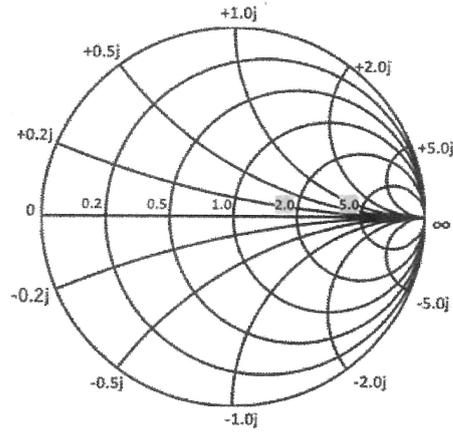


図1 スミスチャート

(1) 図2に示す回路のインピーダンス Z_1 を計算しなさい。また、スミスチャート上に正規化インピーダンス \bar{Z}_1 を■印でプロットしなさい。

(2) 図3に示す回路のインピーダンス Z_2 を計算しなさい。また、スミスチャート上に正規化インピーダンス \bar{Z}_2 を▲印でプロットしなさい。

(3) 図4に示す回路のインピーダンス Z_3 を計算しなさい。また、スミスチャート上に正規化インピーダンス \bar{Z}_3 を×印でプロットしなさい。

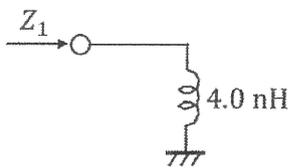


図2

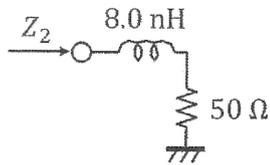


図3

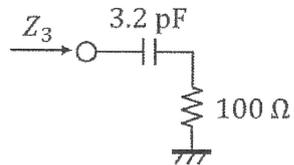
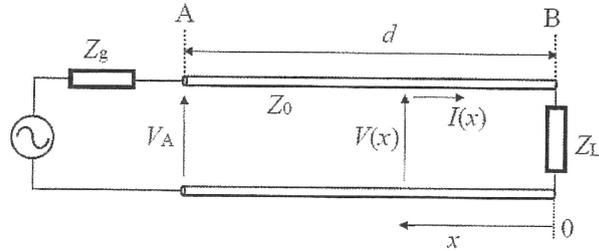


図4

III C (伝送線路)

下図に示すような損失のない分布定数線路の終端 B に負荷インピーダンス Z_L が接続されている。伝送線路の特性インピーダンスを Z_0 、入射波と反射波の波長を λ とする。

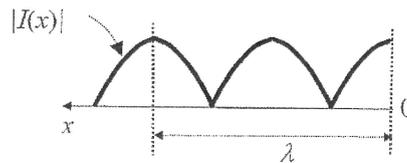


負荷から距離 d 離れた線路入力端 A での電圧を V_A とすると、線路上任意の点 x での電圧 $V(x)$ と電流 $I(x)$ は以下の式で表わされる。ただし、 $\sin \beta d \neq 0$ 且つ $\cos \beta d \neq 0$ 。

$$V(x) = V_A \frac{Z_L \cos \beta x + j Z_0 \sin \beta x}{Z_L \cos \beta d + j Z_0 \sin \beta d} \qquad I(x) = \frac{V_A}{Z_0} \frac{Z_0 \cos \beta x + j Z_L \sin \beta x}{Z_L \cos \beta d + j Z_0 \sin \beta d}$$

ここで、 β は位相定数である。この線路上の電圧 $V(x)$ と電流 $I(x)$ について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 線路終端が短絡された ($Z_L=0$) 時、任意点 x での電圧 $V(x)$ と電流 $I(x)$ を V_A の式で表しなさい。
- (2) 線路終端が短絡された ($Z_L=0$) 時、 x を変化させて線路上の電流の実効値 $|I(x)|$ を描くと下図のようになる。下図に、線路上の電圧の実効値 $|V(x)|$ の分布を描きなさい。



- (3) 線路終端が開放された ($Z_L=\infty$) 時、任意点 x での電圧 $V(x)$ と電流 $I(x)$ を V_A の式で表しなさい。
- (4) 線路終端が開放された ($Z_L=\infty$) 時、線路上の電圧の実効値 $|V(x)|$ と電流の実効値 $|I(x)|$ の分布を描きなさい。