# 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）

2024年9月7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、コイル、コンデンサー並びに電池からなる回路がある。抵抗値、自己インダクタンス、容量並びに起電力はそれぞれ$R$、$L$、$C$、$V$である。スイッチSWはa側またはb側に切り替えられる。

(1) 時刻$t=0$の時スイッチSWをa側に入れた。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。

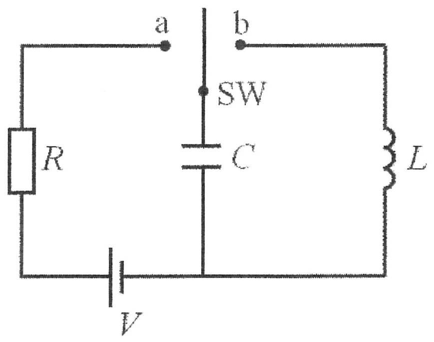
(2) このとき$V$、$C$、$R$、$Q(t)$の間で成り立つ微分方程式を書きなさい。

(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。

(4) コンデンサーの電荷が$Q_0=CV$のとき、スイッチSWをb側に切り替える。このときコイルに生じる誘導起電力とコンデンサーの電位差の間で成り立つ微分方程式を$C$、$L$、$Q(t)$を用いて書きなさい。

(5) (4)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、スイッチを切り替えた時刻$t=t_1$とし、$Q(t_1)=Q_0$、$[dQ(t)/dt]_{t=t_1}=0$である。

(6) (4)の時の回路に流れる電流の式を求め、電流がどのような時間変化を示すか説明しなさい。



Ｉ B（電磁気学）

図 1 のように半径が $a$ と $b$ $(a<b)$ の 2 つの球殻状の導体が、ともに原点 O を中心にして真空中に置かれている。球殻は厚みが無視できるものとし、内側を球殻 A、外側を球殻 B と名づける。球殻 A に $-q$、球殻 B に $+q$ $(q>0)$ の電荷を与えた時、以下の問いに答えなさい。なお、太字はベクトルを表し、$\boldsymbol{r}$ は原点 O を基準とする位置ベクトルで $|\boldsymbol{r}|=r$、$\varepsilon_0$ は真空の誘電率であるとする。

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

$$\iint_{Sa}\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S}=\frac{Q}{\varepsilon_0} \qquad (\mathrm{I})$$

の関係がある。電磁気学では、(Ｉ)式の関係を何の法則というか答えなさい。

(2) 2 つの球殻 A-B の間に存在する電場の向きは、A から B であるか、B から A であるかを答えなさい。

(3) 図 2 の点線で表すように半径 $r$ の仮想球を考える。この時、(Ｉ)式の左辺にある面要素ベクトルは $\mathrm{d}\boldsymbol{S}={}^{\boldsymbol{r}}/_{r}\ \mathrm{d}S$ とおくことができる。(ｉ)$0<r<a$, (ii)$a<r<b$, (iii)$r>b$ の 3 通りに場合分けし、(Ｉ)式を適用することにより、この仮想球面上における法線方向の電場の大きさ $|\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})|$ を、(ｉ)〜(iii)の場合で求めなさい。なお、$E_a(r)$ というスカラー関数により $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})=E_a(r)\ {}^{\boldsymbol{r}}/_{r}$ と表すことができ、$|\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})|=|E_a(r)|$ である。

(4) 球殻 A-B 間はコンデンサであるとみなすことができ、球殻 A-B 間には静電容量 $C$ が存在する。電圧測定の基準を球殻 A とした時(つまり球殻 A の電位をゼロと考える時)、球殻 B の電圧を $V$ とする。球殻 B に蓄えられている電荷量(この場合は与えた電荷量)$q$ と球殻 A-B 間の電圧 $V$、および静電容量 $C$ の間に成り立つ関係式を書きなさい。

(5) 積分経路を $Ca$ とする時、電場ベクトル $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})$ と電圧($Ca$ の始点に対する終点の電位差)$V$ の間には

$$V=-\int_{Ca}\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} \qquad (\mathrm{II})$$

の関係がある。また、$Ca$ が半径方向の経路の時、線要素ベクトルは $\mathrm{d}\boldsymbol{l}={}^{\boldsymbol{r}}/_{r}\ \mathrm{d}r$ とおける。$a$、$b$、$\varepsilon_0$、$q$ の記号を用いて、球殻 A-B 間の電圧 $V$ を求めなさい。

(6) (4)および(5)の関係から、$a$、$b$、$\varepsilon_0$ の記号を用いて静電容量 $C$ を具体的に求めなさい。

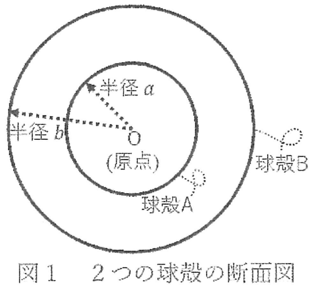



図 1　2 つの球殻の断面図

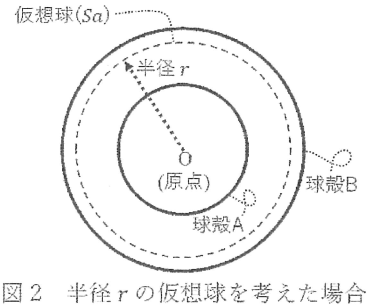



図 2　半径 $r$ の仮想球を考えた場合

I C（電子物性・材料）

(1) n 型半導体とは何か、その物性を説明しなさい。

(2) n チャネル MOSFET の断面図を書きなさい。

(3) n チャネル MOSFET のドレーン電流の式を書き、どのように導出するか説明しなさい。

I D（電子工学）

金属の表面に光を照射して金属内の電子を外部に放出させることができる。これを(　①　)という。一方、半導体の場合には、入射光子のエネルギーを吸収した電子は、価電子帯から伝導帯に励起されて電子−正孔対が発生し、実効的なキャリアが増加して抵抗率が減少する。また、光の照射により半導体中で電子−正孔対が発生するためには、光子のエネルギーが禁制帯幅よりも大きいエネルギーをもっていることが必要である。以下の問いに答えなさい。ただし、実験は常温で行われたとする。また、プランク定数：$6.6\times10^{-34}$ Js, 光速度：$3.0\times10^{8}$ m/s, 電気素量：$1.6\times10^{-19}$ C とし、数値を計算する問題には有効数字 2 桁で答えなさい。

(1) (　①　)に当てはまる適当な言葉を記入しなさい。

(2) 上記半導体が均質な真性半導体であることが分かった。この真性半導体のエネルギーバンド図の概略を描きなさい。また、伝導帯下端のエネルギー$E_c$、価電子帯の上端のエネルギー$E_v$、禁制帯幅 $E_g$をその図に示しなさい。さらに、フェルミエネルギー$E_f$を点線で記しなさい。

(3) この真性半導体の禁制帯幅 $E_g$は 1.12eV であったとする。電子−正孔対が発生するための限界周波数$\nu_0$ [Hz]を求めなさい。

(4) 求めた限界周波数から光の限界波長$\lambda_0$ [m]を求めなさい。

(5) この真性半導体の抵抗率$\rho$を計測すると、$3\times10^{5}$ Ωcm であった。この真性半導体の導電率$\sigma$を求めなさい。単位も記入すること。

(6) この真性半導体に不純物を添加したところ一様に分布した。その後、このような不純物半導体に対し、常温における電気特性の測定を行い、抵抗率を算出した。試料の構造を図 1 に示す。厚み $t = 0.001$cm、幅 $W = 0.01$cm、電極間長さ $L = 0.1$cm であり、電圧 $V$を 6.25V 印加し、電流 $I$ が 1mA 流れた。算出した抵抗率を求めなさい。

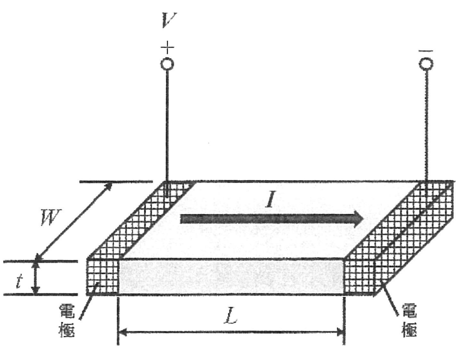



図 1　抵抗率を測定するための試料の構造

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。

ⅡＡ（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25%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)、H(Y|X)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。

ⅡＢ（プログラミング）

(1)ソート済みの数列データとして[14, 24, 35, 43, 52, 65, 78, 85, 92]が与えられている場合に、二分探索（バイナリサーチ）で85を探す場合の手順を説明しなさい。(図を用いても良い)

(2)下記のPythonプログラムコードは二分探索の関数を表現したものである。①、②、③に適当なコードを挿入し、二分探索の関数として機能するように記述しなさい。ただし、関数binary_search()の引数であるdataにはソート済みの数列リストが渡され、targetには探索する値が渡される。また、戻り値として、探索する値(target)が数列リスト(data)の何番目に格納されていたかを返す。例えば、[14, 24, 35, 43, 52, 65, 78, 85, 92]のリストから85を探す場合は、dataには[14, 24, 35, 43, 52, 65, 78, 85, 92]が渡され、targetには85が渡され、戻り値は7となる。

```
def binary_search(data, target):
    left = 0
    right = len(data) - 1
    while left <= right:
        ①
        if data[middle] == target:
            return middle
        elif data[middle] < target:
            ②
        else:
            ③
    return -1
```

II C（ディジタル論理）

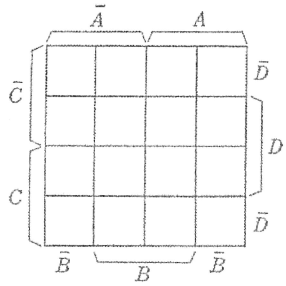
４変数の論理式から論理回路を構成したい。以下では、４つの入力を $A$、$B$、$C$、$D$、出力を $Y$ で表すとして、各問に答えなさい。

(1) 出力 $Y$ が下記の論理式で表されるとき、この回路の真理値表を書きなさい。真理値表の形式は下記を参考にすること。

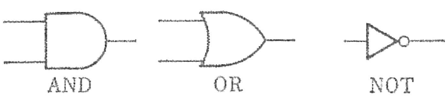
$$
\begin{aligned}
Y = &AB\overline{C}D + A\overline{B}C\overline{D} + A\overline{B}\,\overline{C}D + A\overline{B}\,\overline{C}\,\overline{D} \\
&+ \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}\,\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}D + \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}\,\overline{D}
\end{aligned}
$$

| $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $Y$ | $A$ | $B$ | $C$ | $D$ | $Y$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | | | | | 1 | | | | |
| 0 | | | | | 1 | | | | |
| 0 | | | | | 1 | | | | |
| 0 | | | | | 1 | | | | |
| 0 | | | | | 1 | | | | |
| 0 | | | | | 1 | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |

(2) この回路のカルノー図を描き、もし簡略化できる場合は簡略化（グループ化）したうえで、その論理式を示しなさい。なお、４変数のカルノー図については、下図を参考にすること。




(3) 以上の結果の回路を構成し、図を具体的に描きなさい。ただし、使用できるのは、NOT ゲート、OR ゲート、AND ゲートとする。ここでは、３入力以上のゲートの記号を用いてもよいとする。なお、ゲート記号は下記を用いること。



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$(0011)$と符号語$(0101)$間のハミング距離

(b) 符号語$(1100)$と符号語$(1010)$間のハミング距離

（２）　線形符号の最小距離は、非零の符号語の重みの最小値（最小重み）に等しいという定理がある。ブロック符号$C$の最小距離$d_{\min}$を求めなさい。

（３）　ブロック符号$C$は、１ビットの誤り（単一誤り）を検出することが出来る。誤り検出の原理について、最小距離$d_{\min}$を用いて説明しなさい。

（４）　さらに単一誤りを訂正出来るようにするためには、最小距離$d_{\min}$がどのようになるようにブロック符号を設計すればいいか、説明しなさい。

（５）　符号理論で用いられるシンドロームという用語の意味を説明しなさい。また、受信語に誤りがない場合、シンドロームはどうなるのか答えなさい。

Ⅲ B（高周波回路）

図１に示す２ポート回路を考える。左端をポート１，右端をポート２と定義し，それぞれのポートに接続される信号源インピーダンスを$Z_0$とする。また，信号源電圧はそれぞれ$E_1$および$E_2$である。ポート１における電圧，電流を$V_1$，$I_1$とし，ポート２における電圧，電流を$V_2$，$I_2$とする。各ポートにおける進行波電圧・電流を$V_{1+}$，$I_{1+}$，$V_{2+}$，$I_{2+}$とし，後進波電圧・電流を$V_{1-}$，$I_{1-}$，$V_{2-}$，$I_{2-}$とすれば，それぞれ以下の式で与えられる。

$$V_{1+}=\frac{V_1+Z_0I_1}{2}\quad V_{2+}=\frac{V_2+Z_0I_2}{2}\quad V_{1-}=\frac{V_1-Z_0I_1}{2}\quad V_{2-}=\frac{V_2-Z_0I_2}{2}$$

$$I_{1+}=\frac{V_1+Z_0I_1}{2Z_0}\quad I_{2+}=\frac{V_2+Z_0I_2}{2Z_0}\quad I_{1-}=\frac{V_1-Z_0I_1}{2Z_0}\quad I_{2-}=\frac{V_2-Z_0I_2}{2Z_0}$$

ここで，２ポート回路の一例として，図２に示すインピーダンス$Z_S$を１つ有する回路について考える。以下の問いに答えなさい。

（１）ポート２に接続される信号源を取り外し，信号源の代わりにインピーダンス$Z_0$で終端した場合の$S_{11}$および$S_{21}$を$Z_0$と$Z_S$を用いて表しなさい。ただし，ポート１に接続される信号源は図２に示す通り変更しないものとする。

（２）ポート１に接続される信号源を取り外し，信号源の代わりにインピーダンス$Z_0$で終端した場合の$S_{22}$および$S_{12}$を$Z_0$と$Z_S$を用いて表しなさい。ただし，ポート２に接続される信号源は図２に示す通り変更しないものとする。

（３）（１），（２）の結果を用いて，図２に示す回路のフル２ポートＳパラメータを行列表示しなさい。

（４） $Z_S$が50 Ω の抵抗の場合，5 GHz におけるフル２ポートＳパラメータの値を計算し，行列表示しなさい。ただし， $Z_0=50\ \Omega$とする。

（５） $Z_S$が1 pF のコンデンサの場合，5 GHz におけるフル２ポートＳパラメータの値を計算し，行列表示しなさい。ただし， $Z_0=50\ \Omega$とする。

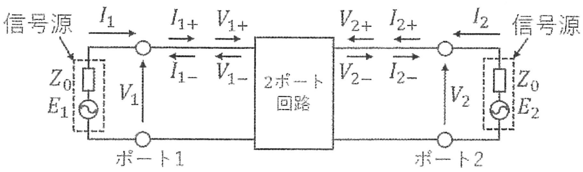



図1

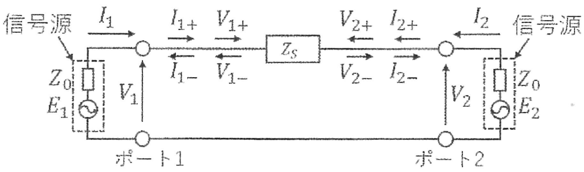


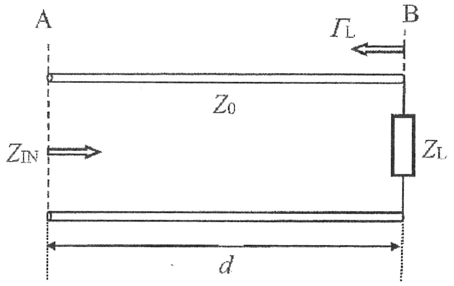

図2

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。終端 B における反射係数を$\Gamma_L$とする。負荷から距離 $d$ 離れた点 A において、負荷側を見込んだインピーダンス $Z_{IN}$ は以下のように表わされる。

$$Z_{\mathrm{IN}} = Z_0 \frac{Z_{\mathrm{L}}\cos\beta d + jZ_0\sin\beta d}{jZ_{\mathrm{L}}\sin\beta d + Z_0\cos\beta d}$$

ここで、$\beta$は位相定数であり、$Z_0$ は伝送線路の特性インピーダンスで、無損失線路のため、実数である。終端 B での反射係数$\Gamma_L$およびインピーダンス $Z_{IN}$ 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、終端 B での反射係数$\Gamma_L$を求めなさい。

(2) 線路の終端 B に純リアクタンスの負荷 $Z_L=j2Z_0$ を接続した場合に、終端 B での反射係数$\Gamma_L$を求めなさい。

(3) 線路の終端 B に純抵抗の負荷 $Z_L=2Z_0$ を接続した場合に、終端 B での反射係数$\Gamma_L$を求めなさい。

(4) 線路の終端 B に純抵抗 $R$（$Z_L=R$、$R\neq Z_0$）を接続した場合に、インピーダンス $Z_{IN}$ の実数部と虚数部を求めなさい。