

2025 年 8 月

慶應義塾大学大学院 理工学研究科

前期博士課程 入学試験問題

教育研究分野：H 電気情報工学

----- 受験生への注意 -----

- この問題冊子の総ページ数は 5 ページです。問題は片面で 2 ページから 5 ページに印刷されており、各ページの裏面は白紙です。白紙は計算等に使用してもかまいません。
- この問題冊子には 4 つの問題 (H1～H4) があり、すべて必須問題です。
- 答案用紙は問題 H1～H4 用の罫線タイプの用紙が 4 枚 (両面) です。問題 1 問につき必ず 1 枚の答案用紙を使って解答しなさい。
- すべての答案用紙の所定欄に、問題番号 (例：H1) と受験番号を記入しなさい。(氏名は記入しない)
- 答案用紙は切り離さないでください。

H1. (電気回路)

1. 電源 V 、抵抗 R 、コンデンサ C 、インダクタ L 、スイッチ SW からなる図1の回路について、以下の問いに答えなさい。なお、印加している電源 V の角周波数 ω は一定とし、スイッチ SW は開放時には無限大の抵抗として、短絡時には抵抗成分を持たない理想的なスイッチとして動作するものとする。
- なお、電源 V の電圧の大きさ $|V|$ は実効値とする。

- (1) スイッチが開いている時、電流の大きさ $|I|$ を求めよ。
- (2) スイッチが閉じている時、電源側から見た回路のアドミッタンス Y を求めよ。
- (3) スイッチが閉じている時、電流の大きさ $|I|$ を求めよ。

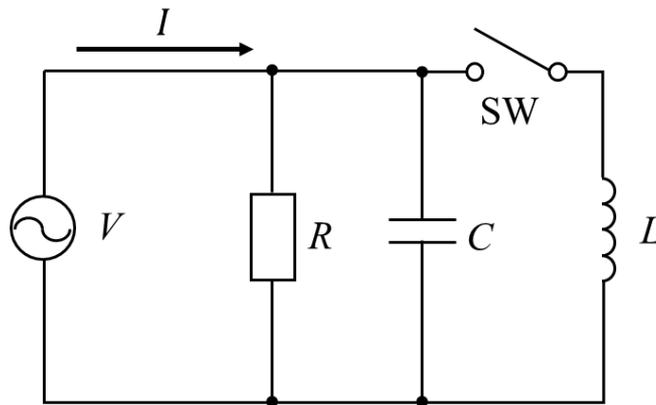


図1

2. 電源 E 、抵抗 R 、コンデンサ C 、スイッチ SW からなる図2の回路について、以下の問いに答えなさい。コンデンサ C が十分に充電された後、 $t = 0$ においてスイッチ SW が端子1から端子2に切り替わる。

- (1) $t \geq 0$ の AB 間の電圧 $v(t)$ を求めよ。
- (2) C に蓄えられるエネルギー $U(t)$ を時間 t の関数として表せ。
- (3) $t = 0$ から $t = RC$ までに、抵抗 R で消費されたジュール熱量を求めよ。

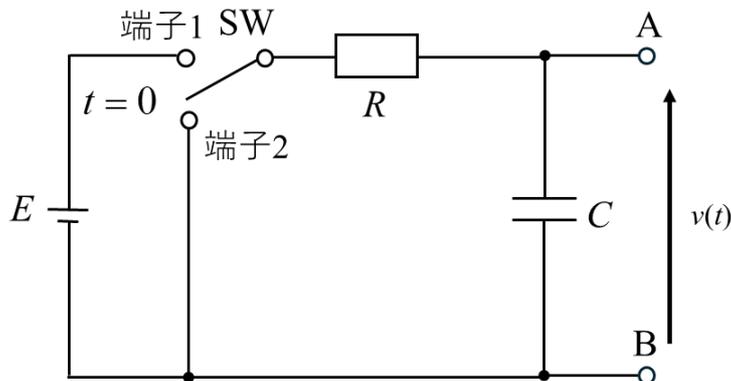


図2

H2. (情報工学)

記憶のない定常情報源 S で発生した情報を伝送する。情報のアルファベットは $\{S_1, S_2, S_3, S_4\}$ の 4 種類であり、その生起確率は $\{1/2, 1/4, 1/8, 1/8\}$ とする。それぞれに対して “0”、“1” 記号により符号が割り当てられる。以下の問いに、答えだけでなく導出過程の数式も示して解答しなさい。必要に応じて以下の値を使うこと。

$\log_2 3 = 1.59, \log_2 5 = 2.32, \log_2 7 = 2.81, \log_2 11 = 3.46, \log_2 13 = 3.70, \log_2 17 = 4.09, \log_2 19 = 4.25$

- (1) ハフマン符号により情報アルファベットを “0”、“1” 記号で符号化しなさい。
- (2) “0”、“1” 記号を伝送するのに各 1 秒かかる。このとき T 秒で送ることのできる情報アルファベットの組み合わせを $N(T)$ であるとする。 $N(T)$ に関する線形差分方程式を示せ。
- (3) この通信システムの通信速度の最大値を求めよ。
- (4) S_2, S_3 の順で情報アルファベットを送信する際、巡回符号により冗長度を付加した。生成多項式を $G(x) = x^3 + x + 1$ とした場合、送信する符号語を求めよ。
- (5) (4) の符号語を受信したら “1 0 1 0 0 0 0 0” であった。この符号語に誤りがあるか生成多項式 $G(x)$ を用いて確認せよ。

H3. (物性工学)

1. n型不純物半導体中でドナー不純物濃度が x 方向に1次元的に変化している。位置 x におけるドナー不純物濃度 $N_D(x)$ が以下の式で与えられる。

$$N_D(x) = N_{D,0} \exp\left(\frac{x}{a}\right)$$

ただし、 $N_{D,0}$ 、 a は定数であり、 $N_D(x)$ は常に真性キャリア密度（真性キャリア濃度）よりも十分に大きいとする。さらに、この半導体は熱平衡状態で、出払い領域にあり、位置 x における電子濃度 $n(x)$ はドナー不純物濃度 $N_D(x)$ と等しい。フェルミエネルギー（フェルミ準位）はバンドギャップ内に存在する。必要であればボルツマン定数 k_B 、温度 T 、電子の移動度 μ 、電子の拡散係数（拡散定数） D 、素電荷 q 、伝導帯の有効状態密度 N_c を使用してもよい。

- (1) 伝導帯下端とフェルミエネルギー（フェルミ準位）の差 $E_c - E_F$ を x の関数として答えよ。
 - (2) x 方向の電界の値を答えよ。
 - (3) x 方向のドリフト電流密度を x の関数として答えよ。
 - (4) x 方向の拡散電流密度を x の関数として答えよ。
 - (5) 電子の移動度 μ と電子の拡散係数（拡散定数） D の関係を記せ。
2. n型不純物半導体中の電子濃度 n について、横軸を温度の逆数 $1/T$ 、縦軸を電子濃度 n の対数 $\ln(n)$ とした際のグラフの概形を描きなさい。また、異なる温度範囲に存在する特徴的な3つの領域名とその温度範囲をグラフ中に図示しなさい。

H4. (数学)

1. 以下の問いに答えなさい。

- (1) n 次元実ベクトル \mathbf{x}, \mathbf{y} に対して、 $\|\mathbf{x} + t\mathbf{y}\|^2$ を実数 t の2次関数として表現せよ。ここで、 $\|\mathbf{x}\|^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2$ とする (x_i は \mathbf{x} の第 i 成分を表す)。
- (2) 任意のベクトル \mathbf{x} に対して $\|\mathbf{x}\|^2 \geq 0$ が成り立つことを利用して、コーシー・シュワルツの不等式 $\langle \mathbf{x}, \mathbf{y} \rangle^2 \leq \|\mathbf{x}\|^2 \|\mathbf{y}\|^2$ を証明せよ。ここで、 $\langle \mathbf{x}, \mathbf{y} \rangle$ は内積を表す。

2. 行列

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 4 \\ 2 & 4 & 8 \end{pmatrix}$$

を考える。このとき、以下の問いに答えなさい。

- (1) 行列 \mathbf{A}, \mathbf{B} の階数(ランク)をそれぞれ求めよ。
- (2) 一般に、連立方程式 $\mathbf{Ax} = \mathbf{0}$ の解全体の集合を解空間という。3次元実ベクトル \mathbf{x} に関する連立方程式 $\mathbf{Ax} = \mathbf{0}, \mathbf{Bx} = \mathbf{0}$ の解空間の次元をそれぞれ求めよ。
- (3) $n \times m$ 行列 \mathbf{C} ($n \leq m$) の階数 r と $\mathbf{Cx} = \mathbf{0}$ の解空間の次元 d の間に成り立つ関係式を答えよ。

3. 以下の時間関数をフーリエ変換しなさい。

(1) $x(t) = 1$

(2) $x(t) = \sin Wt$ ($W > 0$)

(3) $x(t) = e^{-t^2}$