

九州大学大学院システム情報科学府

電気電子工学専攻

平成 22 年度入学試験問題

【平成 21 年 8 月 26 日（水）】

数 学 (Mathematics)

(7枚中の1)

解答上の注意 (Instructions):

- 問題用紙は、『始め』の合図があるまで開いてはならない。
Do not open this cover sheet until the start of examination is announced.
- 問題用紙は表紙を含め7枚、解答用紙は3枚つづり(1分野につき1枚)である。
You are given 7 problem sheets including this cover sheet, and 3 answer sheets (1 sheet for each field).
- 以下の6分野から3分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the following 6 fields and answer the problems. You must use a separate answer sheet for each of the fields you selected.

	分野	field	page
1	線形代数	Linear algebra	2
2	微分方程式	Differential equation	3
3	ベクトル解析	Vector analysis	4
4	複素関数論	Complex function theory	5
5	確率・統計	Probability and statistics	6
6	記号論理学	Symbolic logic	7

- 解答用紙の全部に、専攻名、コース名(電気電子工学専攻のみ)、選択分野番号(○で囲む)、受験番号および氏名を記入すること。
Fill in the designated blanks at the top of each answer sheet with the department name, course name (only for the department of electrical and electronic engineering), the selected field number (mark with a circle), your examinee number and your name.
- 解答は解答用紙に記入すること。スペースが足りない場合は裏面を用いても良いが、その場合は、裏面に解答があることを明記すること。
Write your answers on the answer sheets. You may use the back of the answer sheets when you run out of space. If you do so, indicate it clearly on the sheet.

数 学 (Mathematics)

(7枚中の2)

6分野のうちから3分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

1. 【線形代数 (Linear algebra) 分野】

行列 $A = \begin{pmatrix} x & 0 & 1 \\ 0 & x & 1 \\ 1 & 1 & x \end{pmatrix}$ について以下の問に答えよ。ただし、 x は実数である。

- (1) A の固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ($\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \lambda_3$) と、それらに対応する固有ベクトルを求めよ。
(2) $x = 0$ のとき、任意の自然数 n に対して A^n を求めよ。

Let $A = \begin{pmatrix} x & 0 & 1 \\ 0 & x & 1 \\ 1 & 1 & x \end{pmatrix}$, where x is a real number. Answer the following questions.

- (1) Find the eigenvalues $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ($\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \lambda_3$) and corresponding eigenvectors of A .
(2) Let $x = 0$. Find an expression for A^n for any positive integer n .

数 学 (Mathematics)

(7 枚中の 3)

6 分野のうちから 3 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

2. 【微分方程式 (Differential equation) 分野】

2 つの関数 $x(t)$, $y(t)$ について、次の連立微分方程式を解け。

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 2x - y \\ \frac{dy}{dt} = -x + 2y + 2e^t \end{cases}$$

Solve the following simultaneous differential equations for two functions, $x(t)$ and $y(t)$.

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 2x - y \\ \frac{dy}{dt} = -x + 2y + 2e^t \end{cases}$$

数 学 (Mathematics)

(7 枚中の 4)

6 分野のうちから 3 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

3. 【ベクトル解析 (Vector analysis) 分野】

次の各問に答えよ。

Answer the following problems.

(1) 任意のベクトル場 \mathbf{A} について以下の式が成り立つことを証明せよ。

Prove the following equations for any vector field \mathbf{A} .

(a) $\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) = 0$

(b) $\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A}$

(2) 直交座標系において, x, y, z 軸方向の単位ベクトルをそれぞれ $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ とする。ベクトル場 $\mathbf{A} = yz\mathbf{i} - xz\mathbf{j}$ について, 次の曲線 C に沿う \mathbf{A} の線積分を求めよ。

The unit vectors on x, y and z axis of Cartesian coordinates are denoted \mathbf{i}, \mathbf{j} and \mathbf{k} , respectively. Evaluate the line integral for the vector field $\mathbf{A} = yz\mathbf{i} - xz\mathbf{j}$, along the following curve C .

$C: \quad \mathbf{r}(t) = \cos t \mathbf{i} + \sin t \mathbf{j} + 3t^2 \mathbf{k} \quad (0 \leq t \leq \pi)$

数 学 (Mathematics)

(7 枚中の 5)

6 分野のうちから 3 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

4. 【複素関数論 (Complex function theory) 分野】

次の積分の値を複素積分によって求めよ.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{mx}}{1 + e^{nx}} dx$$

ただし, $0 < m < n$ である.

Evaluate

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{mx}}{1 + e^{nx}} dx$$

by complex integration, where $0 < m < n$.

数 学 (Mathematics)

(7 枚中の 6)

6 分野のうちから 3 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

5. 【確率・統計 (Probability and statistics) 分野】

二つの野球チーム A と B とで試合を続けて行い、先に 4 勝した方が優勝する大会について考える。各試合における A の勝率を p とし、引き分けはないものとする。また、各試合の勝敗は独立な事象であると仮定する。次の問いに答えよ。

Consider a series of baseball games between teams A and B, where the team which gets 4 wins first becomes a champion. Suppose that A's winning probability is p for each game, that drawn games never occur, and that each outcome of games is independent. Answer the following questions.

- (1) A が優勝する確率を求めよ。

Find the probability that team A becomes a champion.

- (2) もしも勝敗に関わらず必ず 7 試合行うとしたとき、A が勝ち越す確率を求めよ。

Suppose that we must have 7 games regardless of the outcomes of games. Find the probability that team A has more wins than losses.

- (3) $p = 0.6$ とする。A が 1 試合目に負けた場合、その後 A が逆転優勝する確率を求めよ。

Let $p = 0.6$. Suppose that team A loses the first game. Find the probability that team A becomes a champion.

- (4) $p = 0.6$ とする。A が初めの 2 試合を連敗した場合、その後 A が逆転優勝する確率を求めよ。

Let $p = 0.6$. Suppose that team A loses the first and second games. Find the probability that team A becomes a champion.

数 学 (Mathematics)

(7 枚中の 7)

6 分野のうちから 3 分野を選び解答すること。選んだ分野毎に解答用紙を別にする事。
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the problems. Use a separate answer sheet for each field.

6. 【記号論理学 (Symbolic logic) 分野】

- (1) シーケント $p \rightarrow q, s \vdash (\neg p \wedge s) \vee (q \wedge s)$ を自然演繹法で証明せよ。
- (2) $((p \rightarrow q) \wedge \neg q) \rightarrow \neg(p \vee r)$ の妥当性をタブロー法により判定せよ。もし妥当でなければ、反例を示せ。(与式を偽にするアトムへの真理値割当を示せ)
- (3) (a) “ x は y を知っている” を $K(x, y)$ で, “ x は男性” を $M(x)$, “ x は女性” を $\neg M(x)$ で表すとき, 以下の各文を述語論理式に翻訳せよ。
- i. 自分を知らない者はいない。
 - ii. あらゆる人にはそれぞれ知らない男がいる。
 - iii. あらゆる人はそれぞれ異性の誰かを知っている。
- (b) 上の i~iii がすべて成り立つような人の集合があるか? あれば, その最小の集合に対して, 男性を m_1, m_2, \dots , 女性を f_1, f_2, \dots として, 真となる K, M の具体例を示せ。

- (1) Prove by natural deduction the sequent $p \rightarrow q, s \vdash (\neg p \wedge s) \vee (q \wedge s)$.
- (2) Decide by tableau the validity of $((p \rightarrow q) \wedge \neg q) \rightarrow \neg(p \vee r)$. If it is not valid, give a counter example. (Show a truth assignment to atoms that makes the formula false.)
- (3) (a) Let $K(x, y)$ denote “ x knows y ,” $M(x)$ denote “ x is male,” and $\neg M(x)$ denote “ x is female.” Translate each of the following sentences into a formula of predicate logic.
- i. Nobody does not know oneself.
 - ii. Everybody has a male whom he/she does not know.
 - iii. Everybody knows someone of the opposite sex.
- (b) Can you think of a set of people for which all of i-iii above hold? For such a minimal set, give a set of instances of K and M that evaluate to true. Let the men and women be m_1, m_2, \dots , and f_1, f_2, \dots , respectively.

専門科目 I (Special subjects I)

解答上の注意(Instructions):

1. 問題用紙は、『始め』の合図があるまで開いてはならない。
Do not open this cover sheet until the start of examination is announced.
2. 問題用紙は表紙を含め 9 枚、解答用紙は 4 枚である。
You are given 9 problem sheets including this cover sheet, and 4 answer sheets.
3. 以下の 3 分野から 1 分野を選び解答すること。
Select 1 out of the following 3 fields and answer the problems.

1	電気回路 Electric Circuits
2	電子回路 Electronic Circuits
3	制御工学 Control Engineering
4. 解答用紙の全部に、志望するコース名、選択分野名、受験番号および氏名を記入すること。
Fill in the designated blanks at the top of each answer sheet with the course name, selected field name, your examinee number and your name.
5. 解答は解答用紙に記入すること。大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。スペースが足りない場合は裏面を用いても良いが、その場合は、裏面に解答があることを明記すること。
Your answers should be written on the answer sheets. Use one sheet for each question. You may continue to write your answer on the back of the answer sheets if you need more space. In such a case, please indicate this clearly.

電気回路

4問中3問を選び、回答用紙の問題番号欄に回答した問題番号を記入すること。

【問1】 図1の回路において交流電源の瞬時値を $e(t) = \sqrt{2}E_e \sin(\omega t + \phi)$ とする。

- (1) 端子対 1-1'間の瞬時電圧 $v(t)$ を求めよ。
- (2) $v(t)$ の位相を $e(t)$ の位相より $\pi/2$ [rad] だけ遅らすための条件を求めよ。

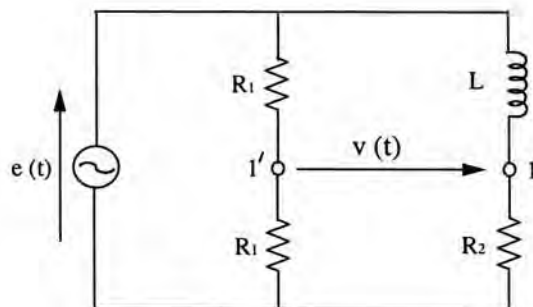


図1

【問2】 図2の回路において電源角周波数 ω の値にかかわらず、インピーダンス Z_1, Z_2 の間に関係式 $Z_1 Z_2 = R$ (正の実定数), $Z_1 + Z_2 \neq 0$ が成立し、入力インピーダンス $Z_{in} = r$ (実定数) とする。以下の問に答えよ。

- (1) r, R を求めよ。
- (2) I を求めよ。

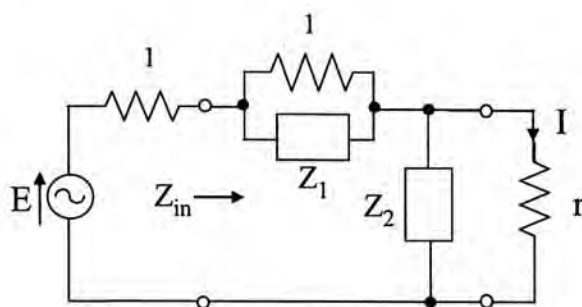


図2

【問3】 図3の回路について次の問に答えよ。ただし、電源 E の角周波数は ω とする。

- (1) 閉路電流 I_1, I_2, I_3 に対する回路方程式を求めよ。
- (2) $\omega CR = 1/\sqrt{3}$ のとき、 E と I_3 の位相差 $\arg(I_3/E)$ を求めよ。

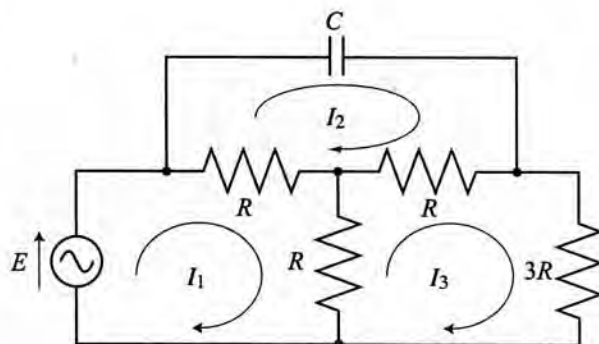


図3

【問4】 図4の回路において、スイッチ S を開く前の回路は定常状態にあるとする。

- (1) $t = 0$ でスイッチを開いた直後の電荷 $q(+0)$, 電流 $i(+0)$ を求めよ。
- (2) $t > 0$ における $q(t), i(t)$ を求めよ。

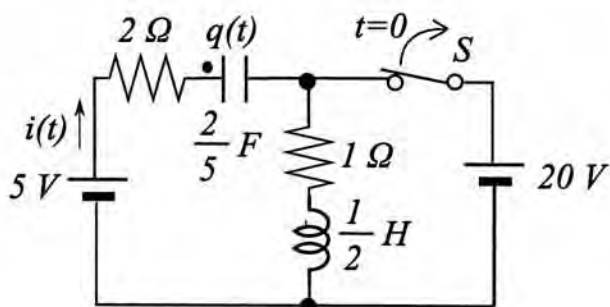


図4

Electric Circuits

Choose three out of the four questions and fill out the "Chosen Question Number" column on each answer sheet.

[Q1] In the circuit of Fig. 1, the instantaneous value of ac source is represented by $e(t) = \sqrt{2}E_e \sin(\omega t + \phi)$. Solve the following problems.

- (1) Find the instantaneous value of $v(t)$ at terminals 1–1'.
- (2) Determine the condition when the phase of $v(t)$ lags the phase of $e(t)$ by $\pi/2$ [rad].

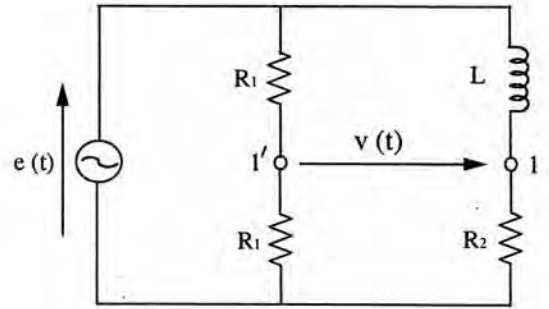


Fig. 1

[Q2] In the circuit shown in Fig. 2, $Z_1 Z_2 = R > 0$, $Z_1 + Z_2 \neq 0$ and $Z_{in} = r$ hold regardless of the angular frequency ω of the voltage source, where R and r are real constants.

- (1) Find r and R .
- (2) Find I .

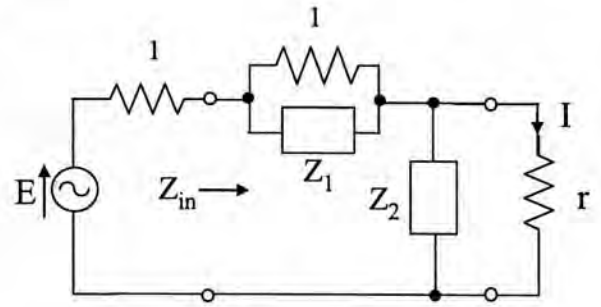


Fig. 2

[Q3] Consider the circuit shown in Fig. 3, where an angular frequency of the source E is ω .

- (1) Write the mesh equations in terms of the mesh currents I_1 , I_2 , and I_3 .
- (2) Find $\arg(I_3/E)$, the phase difference between E and I_3 , under the assumption that $\omega CR = 1/\sqrt{3}$.

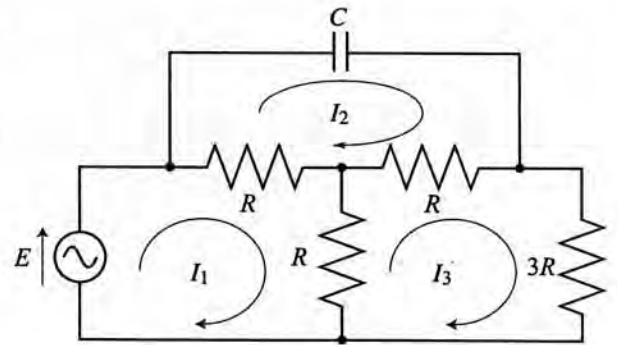


Fig. 3

[Q4] Assume that the circuit shown in Fig. 4 is in steady state before the switch S is opened at $t = 0$.

- (1) Find the charge $q(+0)$ and the current $i(+0)$ just after the switch S is opened.
- (2) Find the charge $q(t)$ and the current $i(t)$ for $t > 0$.

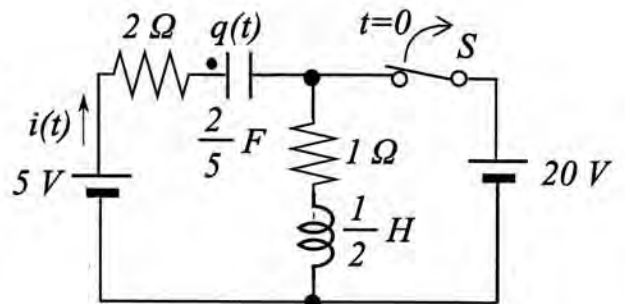


Fig. 4

電子回路

試験問題

平成21年8月26日(水)

1. 図1に示す回路の伝達関数 $G(s) = V_o(s) / V_i(s)$ を求めよ。また、図2の場合について、 $G(s)$ の表式を導き、電圧利得および位相の周波数特性の概形を描け。但し、演算増幅器は理想的であるとする。

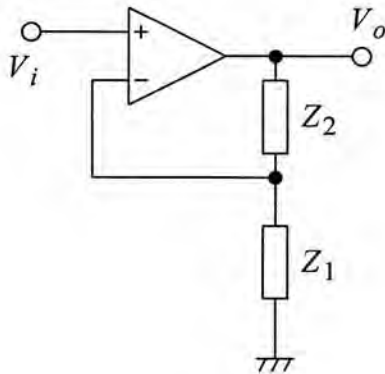


図1

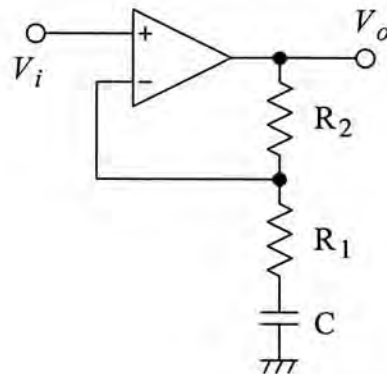


図2

2. 図3(a)に示す特性を持つツェナーダイオード Z を用い、同図(b)に示すように抵抗 R と組み合わせてリミッタを作った。この回路の入出力電圧特性を同図(c)の座標上に示せ。次に、入力電圧 v_i として同図(d)に示すような正弦波を与えたときの出力電圧 v_o の波形を示し、この回路がリミッタとして働くことを示せ。

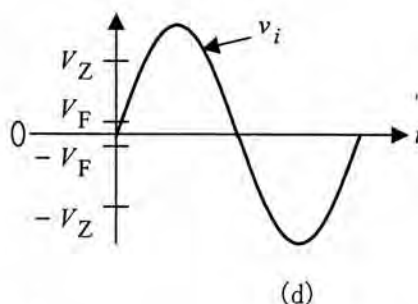
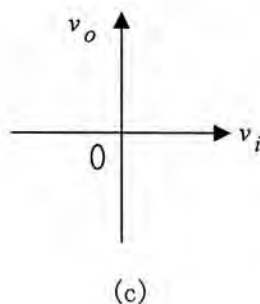
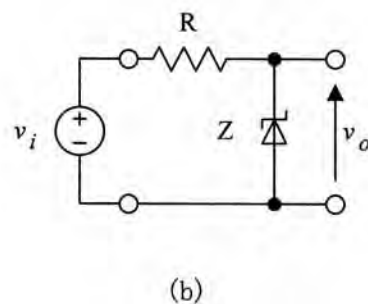
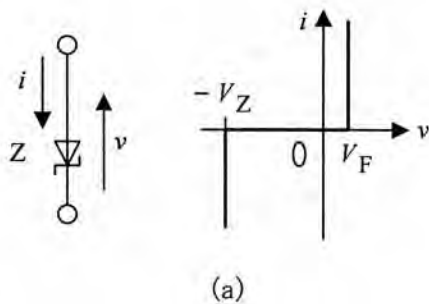


図3

1. Derive the transfer function $G(s) = V_o(s) / V_i(s)$ for the circuit shown in Fig. 1. Then, derive $G(s)$ for the circuit shown in Fig. 2, and sketch the frequency characteristics of the voltage gain and the phase. The operational amplifiers are assumed to be ideal.

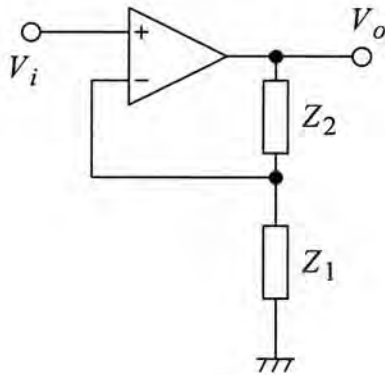


Fig. 1

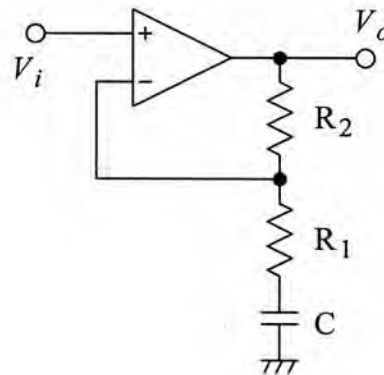
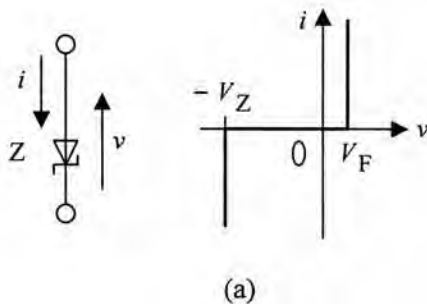
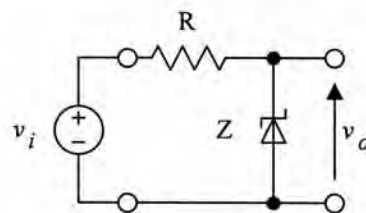


Fig. 2

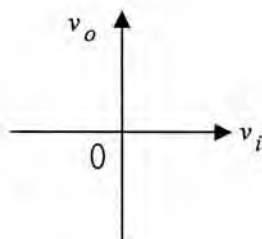
2. By using a Zener diode with its voltage-current characteristic shown in Fig.3 (a), a limiter circuit as shown in Fig. 3 (b) has been constructed with a resistor R . Sketch the input-output voltage characteristic of the limiter circuit on the coordinate plane of Fig.3 (c). By drawing the waveform of the output voltage v_o when the sinusoidal input voltage v_i is applied as shown in Fig. 3 (d), illustrate its operation as a limiter.



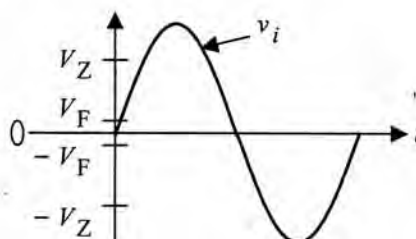
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 3

平成 22 年度九州大学大学院システム情報科学府電気電子工学専攻修士課程
入学試験問題 ー専門 I (制御工学) ー

全 3 問

問題 1

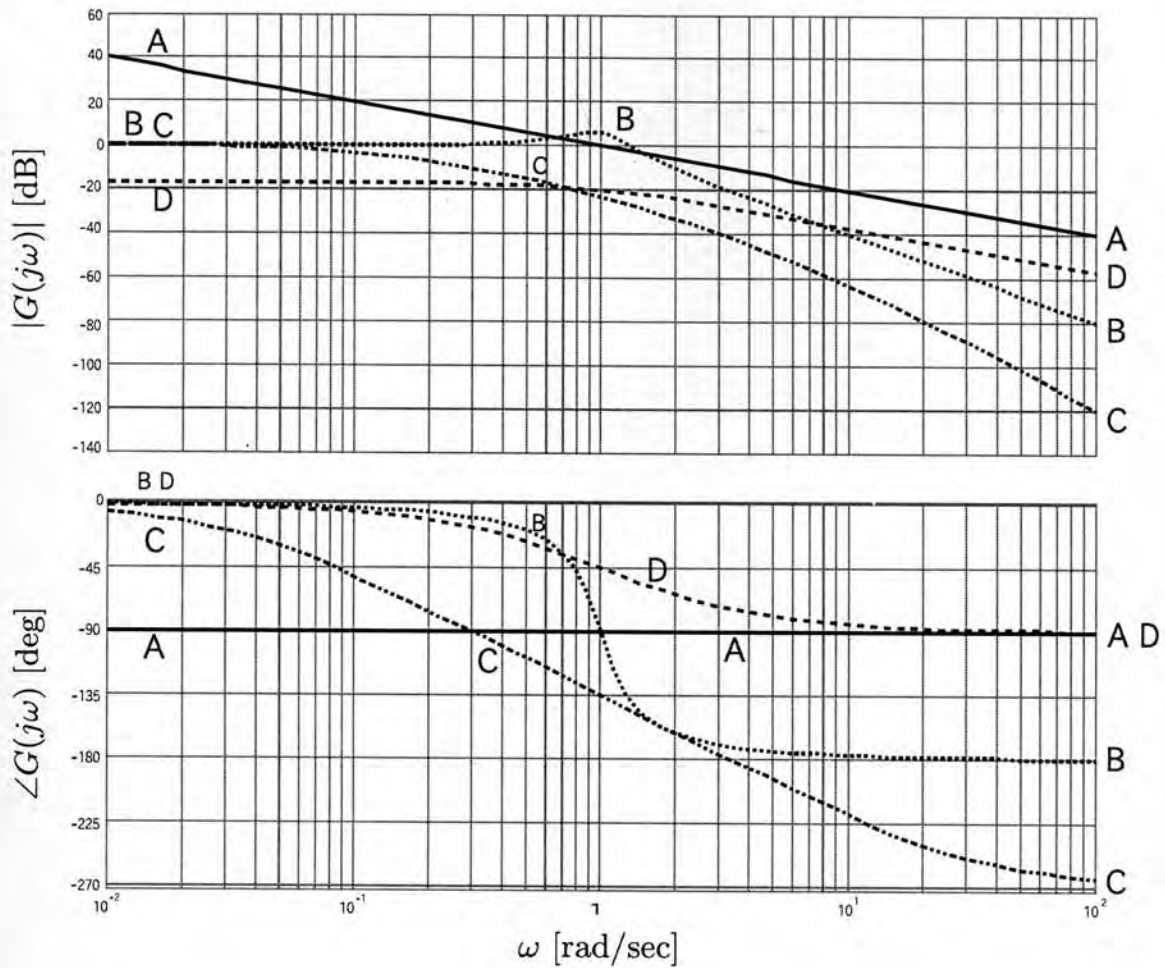
次の各システムは安定か不安定かあるいは安定・不安定が判別不能か、理由とともに答えよ。

1. 開ループ伝達関数（一巡伝達関数）が実部が正の零点をもつフィードバックシステム（閉ループ系）
2. 開ループ伝達関数が実部が正の極をもつフィードバックシステム
3. 閉ループ伝達関数が実部が正の零点をもつフィードバックシステム
4. 閉ループ伝達関数が実部が正の極をもつフィードバックシステム
5. 開ループ伝達関数 $G(s)$ が次の特徴をもつフィードバックシステム。すなわち、 $G(s)$ の極の実部はすべて負であり、かつ $G(j\omega)$ は、 $\omega = 0$ のときに位相が $0[^\circ]$ で、周波数を上げると位相は単調に遅れていく。特に、ゲインが $0[\text{dB}]$ となる周波数において $G(j\omega)$ の位相は $-160[^\circ]$ であり、この周波数からさらに周波数を上げるとゲインは単調に減少する。

問題 2

次の 1 から 3 によって記述される 3 個のシステムがある。また、次ページの図には 4 個の伝達関数 A,B,C および D のボード線図が描いてある。1 から 3 の各システムを表す伝達関数のボード線図を図の中から選べ。

1. 角周波数 $\omega = 1[\text{rad/sec}]$ 、振幅 1 の正弦波をこのシステムに入力し続けたところ、十分時間が経った時点での出力が、同じ角周波数、振幅が 0.1 で、入力に比べて位相が $45[^\circ]$ 遅れている正弦波となった。
2. このシステムの出力は入力を時間について積分したものである。
3. このシステムの伝達関数の分母は s の 3 次多項式、分子は定数である。



問題 3

次の式で表されるシステムのブロック線図を描け。ただし、 $u(t)$ はシステムへの入力、 $y(t)$ はシステムからの出力である。また、各システムを表す式中に現れる信号 $x(t)$, $x_1(t)$, $x_2(t)$, $\frac{d}{dt}x(t)$, $\frac{d}{dt}x_1(t)$, $\frac{d}{dt}x_2(t)$, $\frac{d}{dt}y(t)$, $\frac{d^2}{dt^2}y(t)$ がブロック線図中のどこに流れているかを明記せよ。

1. $\frac{d}{dt}x(t) = x(t) + u(t)$, $y(t) = x(t) + u(t)$
2. $\frac{d}{dt}x_1(t) = x_1(t) + u(t)$, $\frac{d}{dt}x_2(t) = x_1(t) + x_2(t)$, $y(t) = x_1(t) + x_2(t)$
3. $\frac{d^2}{dt^2}y(t) + \frac{d}{dt}y(t) + y(t) = u(t)$

**Questions for Entrance Examination to Master Course, Department of
Electrical and Electronic Engineering, Graduate School of Information
Science and Electrical Engineering, Kyushu University, 2010
– Special Subjects I, Control Engineering –**

Three questions in total

Question 1

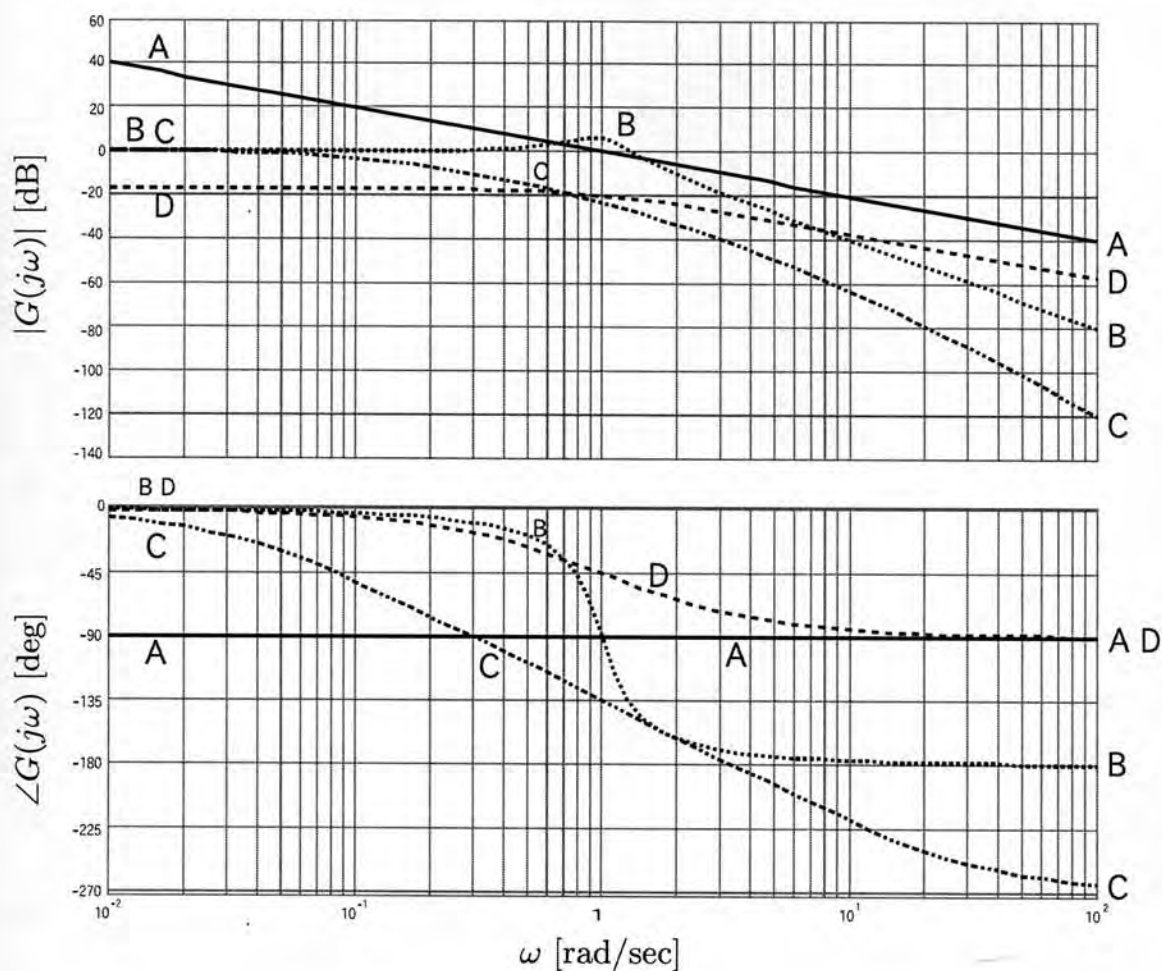
Determine whether each of the following systems is stable or unstable and give its reason. If stability cannot be determined, state so with its reason.

1. A feedback system (closed-loop system) whose open-loop transfer function (loop transfer function) has one or more zeros with positive real parts.
2. A feedback system whose open-loop transfer function has one or more poles with positive real parts.
3. A feedback system whose transfer function (closed-loop transfer function) has one or more zeros with positive real parts.
4. A feedback system whose transfer function has one or more poles with positive real parts.
5. A feedback system whose open-loop transfer function $G(s)$ has the following features: all poles of $G(s)$ have negative real parts; the phase of $G(j\omega)$ is 0 [deg] at $\omega = 0$ and monotonically decreases as the frequency becomes high; in particular the phase is -160 [deg] at the frequency where the gain of $G(j\omega)$ is 0 [dB], and at the frequencies higher than this the gain decreases monotonically.

Question 2

Consider three systems which are described by the following sentences 1, 2 and 3. The figure on the next page shows pairs of gain-frequency plot and phase-frequency plot of four transfer functions A, B, C and D. For each of the systems 1, 2 and 3, find a pair of gain-frequency and phase-frequency plots of the transfer function that represents the system.

1. The output from the system, after sufficiently long time period during which a sinusoidal input has been being fed to the system with the angular frequency $\omega = 1$ [rad/sec] and the amplitude 1, is also a sinusoidal signal with the same frequency but with the amplitude 0.1 and with the phase delayed by 45 [deg].
2. The output of the system is an integral of its input over time.
3. The transfer function of the system has a third-degree polynomial in s as its denominator and a constant as its numerator.



Question 3

Draw a block diagram for each of the systems described by the following equations, where $u(t)$ is the input to the system and $y(t)$ is the output from the system. Mark, in the diagrams, each of the signals $x(t)$, $x_1(t)$, $x_2(t)$, $\frac{d}{dt}x(t)$, $\frac{d}{dt}x_1(t)$, $\frac{d}{dt}x_2(t)$, $\frac{d}{dt}y(t)$ and $\frac{d^2}{dt^2}y(t)$ that appear in the systems.

1. $\frac{d}{dt}x(t) = x(t) + u(t)$, $y(t) = x(t) + u(t)$.
2. $\frac{d}{dt}x_1(t) = x_1(t) + u(t)$, $\frac{d}{dt}x_2(t) = x_1(t) + x_2(t)$, $y(t) = x_1(t) + x_2(t)$.
3. $\frac{d^2}{dt^2}y(t) + \frac{d}{dt}y(t) + y(t) = u(t)$.

専門科目Ⅱ (Special subjects Ⅱ)

解答上の注意(Instructions):

1. 問題用紙は、『始め』の合図があるまで開いてはならない。
Do not open this cover sheet until the start of examination is announced.
2. 問題用紙は表紙を含め 19 枚、解答用紙は 4 枚である。
You are given 19 problem sheets including this cover sheet, and 4 answer sheets.

3. 以下の 3 分野から 1 分野を選び解答すること。
Select 1 out of the following 3 fields and answer the problems.

1	電磁気学	Electromagnetism
2	半導体デバイス	Semiconductor Devices
3	計算機工学	Computer Engineering

4. 解答用紙の全部に、志望するコース名、選択分野名、受験番号および氏名を記入すること。

Fill in the designated blanks at the top of each answer sheet with the course name, selected field name, your examinee number and your name.

5. 解答は解答用紙に記入すること。大問一つあたり一枚の解答用紙を用いよ。スペースが足りない場合は裏面を用いても良いが、その場合は、裏面に解答があることを明記すること。

Your answers should be written on the answer sheets. Use one sheet for each question. You may continue to write your answer on the back of the answer sheets if you need more space. In such a case, please indicate this clearly.

問 1 図 1 のように、接地された広い平面導体上の点 O から d の位置に半径 a ($a \ll d$) の微小な球導体が配置されている。導体間は誘電率 ε の媒質で満たされており、球導体は電荷量 Q に帯電している。以下の問いに答えよ。

- (1) 球導体と平面導体間の電位差を求めよ。
- (2) 平面導体上で点 O から距離 r の点 A の表面電荷密度と単位面積当りに働く力の大きさと向きを求めよ。
- (3) この系に蓄えられている静電エネルギーを求めよ。また、球導体に働く力を求めよ。

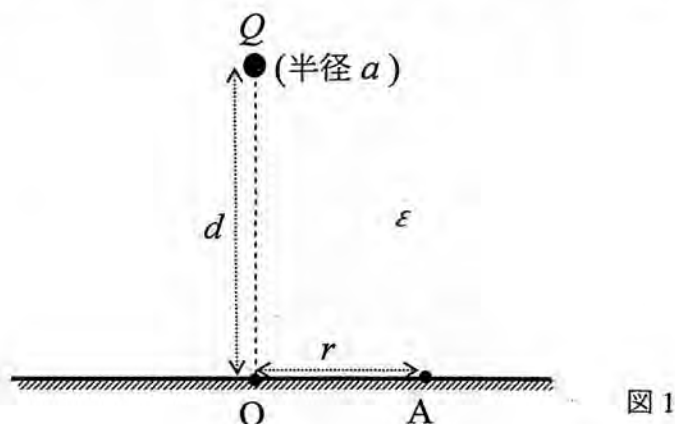


図 1

問 2 図 2 (a) に示すように、真空中 (誘電率 ε_0) で、細いリング状抵抗体 (平均半径 $R \gg$ 円断面半径 a) に一様な磁束密度 B (一定の時間変化率 dB/dt) が印加されている。また、リング状抵抗体は 2 つの半リング (抵抗率 ρ_1 と ρ_2 , 誘電率 ε は共通) を接続して構成されている。次の問いに答えよ。ただし、リングに生じる電流による磁界は無視してよい。

- (1) リングに流れる電流密度 J を求めよ。時計周りを正とする。
- (2) 半リングの境界面 S_1, S_2 に生じる自由電荷を求めよ。
- (3) 図 2 (b) に示すように、リングの上部境界面 S_1 で分離して隙間 δ ($\delta \ll a$) が生じているとき、同様に磁束密度 B を印加することにより、分離している境界面 S_{1a}, S_{1b} に生じる自由電荷を求めよ。

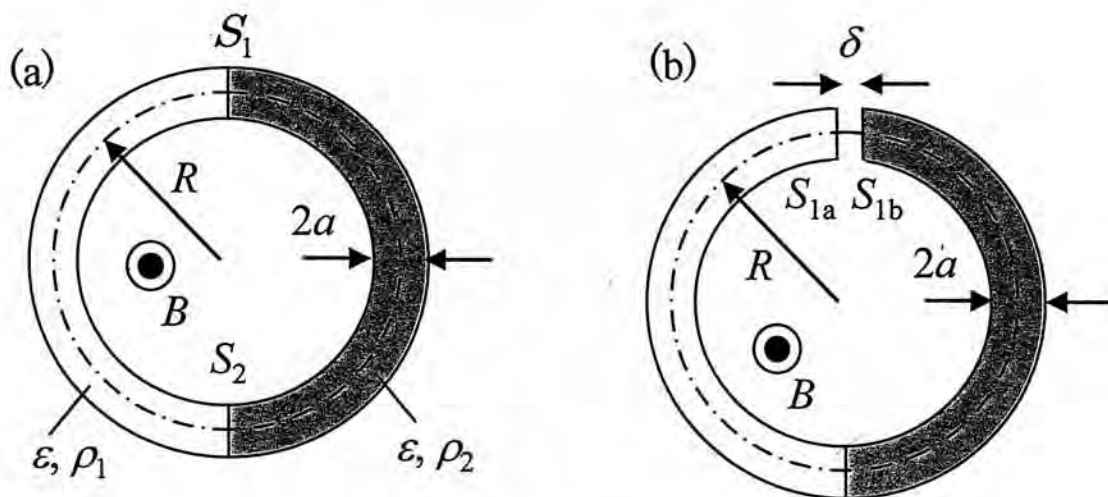


図 2

問3 図3に示すような、内半径 a 、外半径 b 、高さ h の矩形断面を持つ環状の磁性体がある。この磁性体に導線を一樣に N 回巻いてトロイダルコイルを形成する。また、コイルの中心を垂直に直線導体が通過している。直線導体には電流 $I(t)$ が流れており、トロイダルコイルの両端は開放されている。ただし、磁性体の透磁率を μ 、それ以外の領域の透磁率を μ_0 とする。

- (1) 電流 I の作る磁界 $H(r)$ の大きさを求めよ。ただし、 r は直線導体からの距離である。
- (2) 磁性体の矩形断面に鎖交する磁束 Φ を求めよ。
- (3) 電流 I によってトロイダルコイルに誘導される電圧 V の大きさを求めよ。
- (4) トロイダルコイルの自己インダクタンス L を求めよ。

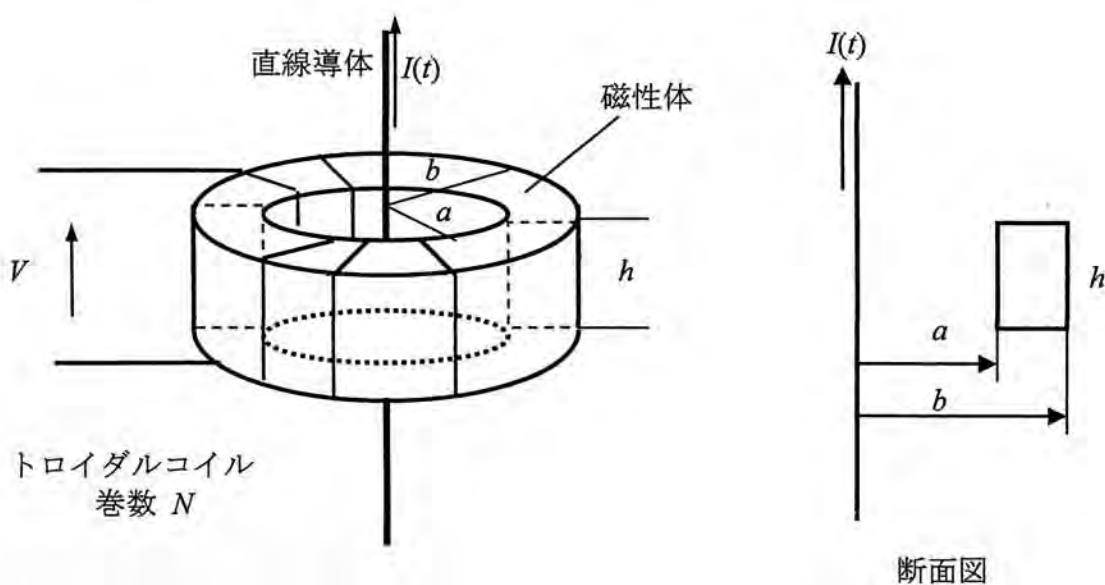


図3

[Problem 1] A small sphere conductor with a radius of a is placed at d ($d \gg a$) from a point O on the infinite plane conductor, as shown in Fig. 1. The space outside the conductors is filled with a dielectric material with a permittivity of ϵ . An electric charge of Q is stored on the sphere conductor. Answer the following questions.

- (1) Give the potential difference between the conductors.
- (2) Give the surface charge density and the force per unit area at a point A on the plane conductor. The distance between the point A and the point O is r .
- (3) Give the electro-static energy stored in this system and obtain the electric force acting on the sphere conductor.

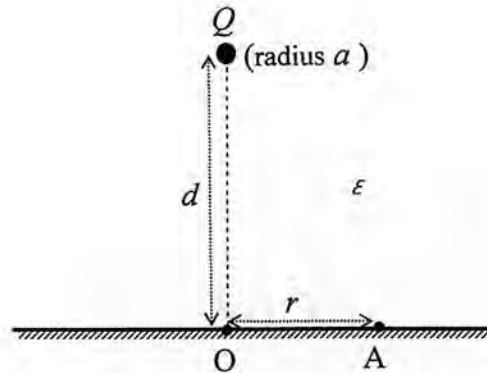


Fig. 1

[Problem 2] As shown in Fig. 2(a), uniform magnetic flux density B is applied with a constant time derivative dB/dt to a thin resistive ring with an average radius R much larger than a radius a of the circular cross-section in a vacuum (permittivity ϵ_0). The ring is composed of two half rings with different resistivities of ρ_1 and ρ_2 and a common permittivity ϵ . Answer the following questions, provided magnetic field by induced current of the ring can be negligible.

- (1) Give the induced current density J in the ring. The clockwise direction is positive.
- (2) Give free electric charges on the boundaries S_1 and S_2 between the two half rings.
- (3) When the ring has a separation with a small gap δ ($\delta \ll a$) at the boundary S_1 , as shown in Fig. 2(b), give free electric charges on the separated boundaries S_{1a} and S_{1b} induced by applying the same magnetic flux density B .

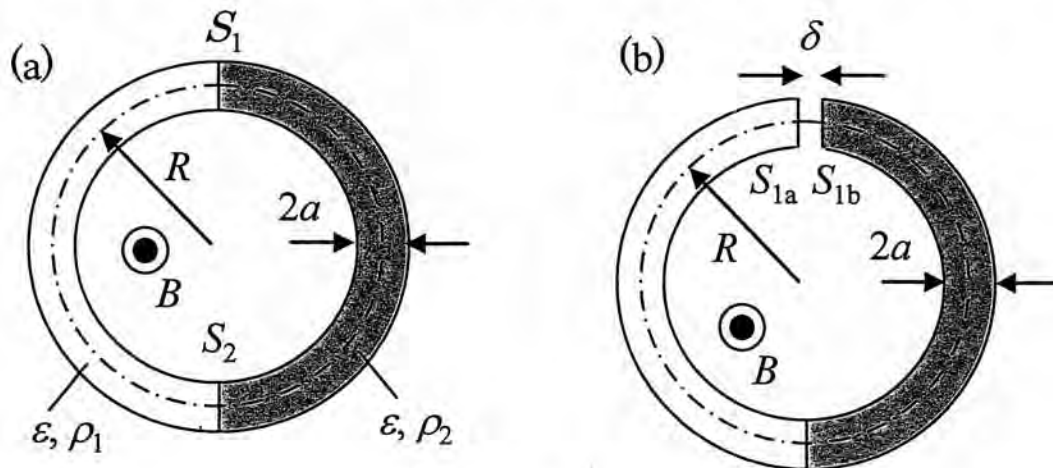


Fig. 2

[Problem 3] As shown in Fig. 3, there is a toroidal coil with inner and outer radius a and b , respectively. Cross section of the coil is rectangle with width $b-a$ and height h , and number of turns is N . Permeability of the magnetic core is μ , and the permeability outside the core is μ_0 . A line conductor passes through the center of the coil perpendicularly to the coil. Current $I(t)$ flows in the line conductor, and the terminals of the toroidal coil are opened.

- (1) Give the magnetic field $H(r)$ produced by the current $I(t)$, where r is a distance from the line conductor.
- (2) Give the magnetic flux Φ that interlinks the cross section of the magnetic core.
- (3) Give the magnitude of the voltage V between the terminals of the toroidal coil.
- (4) Give the self inductance L of the toroidal coil.

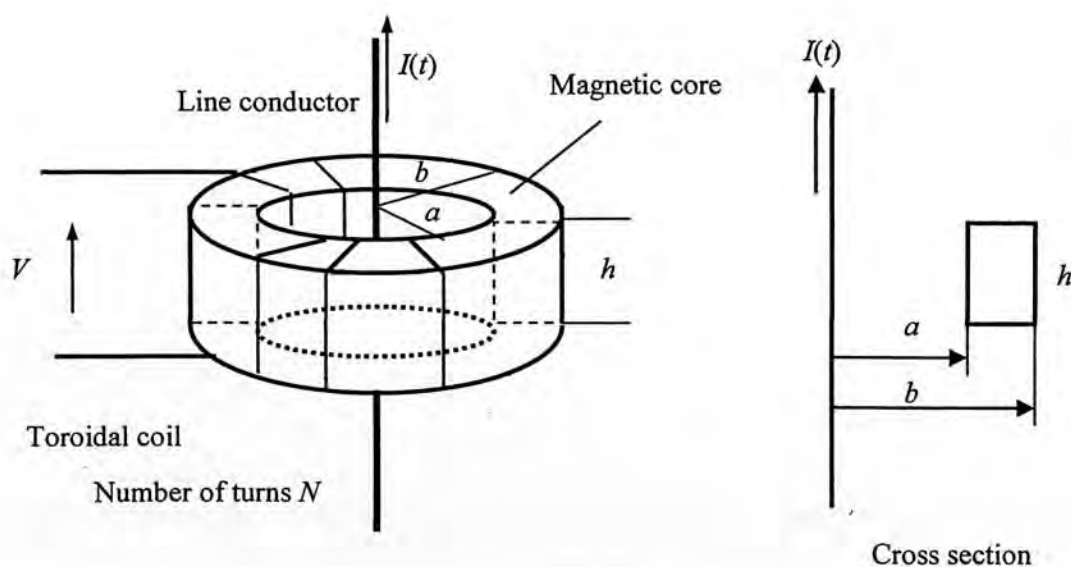


Fig. 3

平成 22 年度・修士課程入学試験・半導体デバイス問題

注意 1：電磁気、半導体デバイス、計算機工学のいずれか 1 科目しか解答できません。

注意 2：答えは、氏名と共に別紙解答用紙に記入のこと。

問題 1 (30 点)

リン(P)原子を添加したシリコン(Si)からなる試料(a)及び試料(b)がある。これらの P 原子密度を、それぞれ、 N_a 及び N_b ($N_a > N_b$) とする。下記の設問に答えよ。

- (1) 試料(a)及び試料(b)のキャリア密度はどのような温度変化を示すか？キャリア密度の対数表示を縦(Y)軸、絶対温度 T の逆数を横(X)軸に取り、これらの試料のキャリア密度の温度変化を模式的に示せ。グラフには、温度依存性の様子に応じ、低温、中温、高温の領域を図示せよ。
- (2) 低温及び中温の領域における試料(a)のバンド図を描け。バンド図には、価電子帯の頂 E_v 、伝導帯の底 E_c 、ドナー準位の位置 E_D を記載すると共に、ドナー準位に束縛された電子及び伝導帯に励起された自由電子を模式的に示せ。
- (3) 中温領域において、試料(a)及び試料(b)のキャリア移動度の温度依存性は、それぞれ、温度 T_a 及び T_b でピークをもつ山型の曲線となる。キャリア移動度の対数表示を縦(Y)軸、絶対温度 T の対数表示を横(X)軸に取り、試料(a)及び試料(b)の移動度の温度変化を模式的に比較して示せ。但し、格子散乱及び不純物散乱で規定される移動度 μ_L 及び μ_I は、それぞれ次式で与えられる。

$$\mu_L = AT^{-3/2}, \quad \mu_I = \frac{B}{N_I} T^{3/2}$$

ここで、 N_I はイオン化した不純物の密度、 A 、 B は定数である。

- (4) 試料(a)及び試料(b)の中温領域の高温側 ($T > T_a$) における電気伝導度の大小関係を示せ。さらに、その理由を述べよ。
- (5) 試料(a)及び試料(b)の中温領域の低温側 ($T < T_b$) における電気伝導度の大小関係を示せ。さらに、その理由を述べよ。
- (6) 上記(1)の低温領域においては、温度の低下につれ、試料(a)のキャリア移動度が増加する領域が存在した。その理由を定性的に説明せよ。

問題 2 (20 点)

p 型シリコン (Si) (多数キャリア密度: N_A) と n 型 Si (多数キャリア密度: N_D) からなる pn 接合に関して、下記の設問に答えよ。

- (1) p 型 Si 及び n 型 Si のフェルミ・エネルギーの位置が、それぞれ、価電子帯の頂(E_V)から 0.15eV だけ上($E_V+0.15\text{eV}$)、及び伝導帯の底(E_C)から 0.30eV だけ下($E_C-0.30\text{eV}$)であった。この時の pn 接合の拡散電位 V_d を求めよ。但し、Si のバンドギャップは 1.12eV とする。
- (2) p 型 Si の不純物密度 N_A は一定のまま、n 型 Si の多数キャリア密度 N_D を 10 倍に増やした。これにより、pn 接合の拡散電位 V_d は増加するか、減少するか? 理由と共に答えよ。
- (3) 順方向バイアス状態(バイアス電圧 V_F)及び逆方向バイアス状態(バイアス電圧 V_R)の pn 接合(p 型 Si の多数キャリア密度: N_A , n 型 Si の多数キャリア密度: N_D)のバンド図を描け。バンド図には、価電子帯の頂 E_V 、伝導帯の底 E_C 、フェルミ・エネルギーの位置 E_F 、pn 接合の拡散電位 V_d を記載すること。更に、p 型領域及び n 型領域の空乏層端の位置 x_p 、 x_n を図示せよ。但し、電気素量を q とし、pn 接合界面の位置を $x=0$ とせよ。
- (4) 逆方向バイアス状態のバイアス電圧 V_R の大きさを上記(3)より増加した。接合界面から p 型側への空乏層領域の幅 x_p 、n 型側への空乏層領域の幅 x_n は、いずれが大きく増加するか? 理由と共に答えよ。

問題 3 (20 点)

エミッタ(E)、ベース(B)、コレクタ(C)からなる pnp バイポーラ接合トランジスタに関して、下記の設問に答えよ。

- (1) pnp バイポーラ接合トランジスタの活性状態におけるバンド図を描け。バンド図には、価電子帯の頂 E_V 、伝導帯の底 E_C 、フェルミ・エネルギーの位置 E_F 、エミッタ・ベース間の pn 接合の拡散電位 V_{dE} 、コレクタ・ベース間の pn 接合の拡散電位 V_{dC} 、及びベース接地回路として用いるときの印加バイアスの大きさ(エミッタ電圧 V_E 及びコレクタ電圧 V_C)を記載すること。但し、電気素量を q とする。
- (2) バイポーラ接合トランジスタのエミッタ接地電流増幅率 β の値を、ベース接地電流増幅率 α を用いて表せ。但し、 α はコレクタ電流 I_C とエミッタ電流 I_E の比(I_C/I_E)、 β はコレクタ電流 I_C とベース電流 I_B の比(I_C/I_B)である。
- (3) エミッタ接地電流増幅率 β を大きくするには、エミッタ領域の不純物密度を高くすべきか、低くすべきか?理由とともに答えよ。
- (4) ベース接地回路において、バイポーラ接合トランジスタのコレクタ電圧 V_C の大きさを増加したとき、ベース接地電流増幅率 α はどの様に変化するか?ベース幅の実効的な変化に着目して説明せよ。

問題 4 (30 点)

シリコン(Si)基板を用いて形成された MOS (Metal-Oxide-Semiconductor) 構造及び MOSFET (MOS 型電界効果トランジスタ) に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 下表に示すような、ボロン(B)密度の異なる 3 つの p 型 Si 基板(a), (b), (c)を用いて形成した MOS 構造(a), (b), (c)がある。無バイアス時の MOS 構造(a)は、酸化膜/Si 界面にバンドの曲がりがないフラットバンド状態であった。MOS 構造(a), (b), (c)のしきい値電圧を、 V_a , V_b , V_c としたとき、これらの大小関係を理由と共に答えよ。但し、MOS 構造(a), (b), (c)の酸化膜厚は同じであり、酸化膜中の電荷や酸化膜/Si 界面の準位はないものとする。

	基板 (a)	基板 (b)	基板 (c)
ボロン(B) 密度 (m^{-3})	1×10^{22}	2×10^{22}	3×10^{22}
反転層形成のしきい値電圧	V_a	V_b	V_c

- (2) MOS 構造(a), (b), (c)の静電容量はどのような印加バイアス依存性を示すか？静電容量を縦(Y)軸、印加バイアスを横(X)軸に取って模式的に示せ。
- (3) B 密度の異なる 2 つの Si 基板①, ②を用いて n チャネル MOSFET①, ②を作製したところ、MOSFET①及び②のしきい値電圧 V_1 及び V_2 は共に正であり、その大小は $V_1 < V_2$ であった。MOSFET①, ②において、ゲート電圧 V_{GS} を同一としたとき、それぞれのドレイン電流 I_D はどのようなドレイン電圧 V_{DS} 依存性を示すか？ドレイン電流 I_D を縦(Y)軸、ドレイン電圧 V_{DS} を横(X)軸にとって模式的に示せ。但し、ドレイン電流 I_D は次式で与えられる。

$$I_D = (W/L)\mu C_{ox} [(V_{GS} - V_{th})V_{DS} - (1/2)V_{DS}^2]$$

ここで、 W はチャネル幅(ゲート幅)、 L はチャネル長(ゲート長)、 μ はチャネル内の電子の移動度、 C_{ox} は単位面積当たりのゲート酸化膜容量、 V_{th} はチャネル形成のためのしきい値電圧である。 W , L , μ , 及び C_{ox} は MOSFET①, ②で同じ値とする。

- (4) MOSFET の相互コンダクタンス g_m は、ドレイン電圧を一定に保ったままゲート電圧を増減した際の、ドレイン電流の変化量で定義される。MOSFET の線形領域及び飽和領域における相互コンダクタンス g_m の式を導け。
- (5) 上記(1)の Si 基板(a), (b), (c)を用いて n チャネル MOSFET(a), (b), (c)を作製した。MOSFET(a), (b), (c)の飽和領域における g_m の大小関係を示し、その理由を述べよ。但し、 W , L , μ , 及び C_{ox} は MOSFET(a), (b), (c)で同じ値とする。
- (6) MOSFET(a)のゲート電極の材料を、仕事関数のより大きな金属に変えた。このとき、しきい値電圧は、どのように変化するか？理由と共に答えよ。

2010 Entrance Examination: Semiconductor Device

1. (30 points)

Answer the following questions concerning the silicon (Si) samples (a) and (b) with phosphorus (P) concentrations (N_a and N_b , respectively), where $N_a > N_b$.

- (1) How do the carrier concentrations in the samples (a) and (b) depend on the temperature? Sketch the temperature dependence of the carrier concentrations, taking the logarithmic carrier concentrations as the y -axis and the inverse of the absolute temperature (T) as the x -axis. In the figure, indicate the low, middle, and high temperature regions, based on the temperature dependence.
- (2) Sketch the band diagrams of the sample (a) in the low and middle temperature regions. The energy positions of the top of the valence band (E_V), the bottom of the conduction band (E_C), and the donor level (E_D) should be given in the drawing. In addition, show schematically the electrons bounded to the donor level and the free electrons excited to the conduction band.
- (3) The temperature dependence of the carrier mobility in the samples (a) and (b) show convex curves with peaks at different temperatures (T_a and T_b , respectively). Show schematically the temperature dependence of the carrier mobility in the samples (a) and (b), taking the logarithmic carrier mobility (μ) as the y -axis and the logarithmic absolute temperature (T) as the x -axis. The mobilities limited by the lattice scattering (μ_L) and impurity scattering (μ_I) are given by the following equations:

$$\mu_L = AT^{-3/2}, \quad \mu_I = \frac{B}{N_I} T^{3/2},$$

where N_I is the ionized impurity concentration, and A and B are constants.

- (4) Which shows the larger conductivity at higher temperatures ($T > T_a$) in the middle temperature region, the sample (a) or (b)? Answer with the reason.
- (5) How is the conductivity of the sample (a) at lower temperatures ($T < T_b$) in the middle temperature region? Is it larger, smaller, or equal compared with that of the sample (b)? Answer with the reason.
- (6) In the low temperature region mentioned in the question (1), there is a temperature region, where the carrier mobility of the sample (a) increase with decreasing temperature. Explain the reason qualitatively.

2. (20 points)

Answer the following questions concerning a pn junction diode, composed of p-type (concentration of majority carriers: N_A) and n-type Si (concentration of majority carriers: N_D).

- (1) The energy positions of the Fermi level in the p-type and n-type Si are above the top of the valence band (E_V) by 0.15eV ($E_V + 0.15\text{eV}$) and below the bottom of the conduction band (E_C) by 0.30eV ($E_C - 0.30\text{eV}$), respectively. Evaluate the built-in potential (V_d) of the pn junction. Assume that the energy band gap of Si is 1.12eV.
- (2) The majority carrier concentration in n-type Si is multiplied by 10 and becomes $10 N_D$, while that in p-type Si is kept as N_A . Is the built-in potential (V_d) increased or decreased compared with that in the previous question (1)? Answer with the reason.
- (3) Sketch the band diagram for the diode (majority carrier concentrations in p-type and n-type Si: N_A and N_D , respectively) under the forward bias condition (applied voltage $V = V_F$) and that under the reverse bias condition (applied voltage $V = V_R$). The energy positions of the top of the valence band (E_V), the bottom of the conduction band (E_C), the Fermi level (E_F), and the built-in potential (V_d) should be given in the drawing. The elementary charge is represented as q . Moreover, show the edge positions (x_p and x_n) of the depletion region in p-type and n-type semiconductors, respectively. Assume that $x=0$ at the pn junction interface.
- (4) The absolute value of the reverse bias (V_R) is increased compared with the previous question (3). Which increases more largely, x_p or x_n ? Answer with the reason.

3. (20 points)

Answer the following questions about a pnp bipolar junction transistor (BJT) consisting of the emitter (E), base (B), and collector regions (C).

- (1) Sketch a band diagram of the BJT under the normal active condition. The energy positions of the top of the valence band (E_V), the bottom of the conduction band (E_C), and the Fermi level (E_F) should be given in the drawing. In addition, the built-in potential of the pn junction between emitter and base (V_{dE}) and that between collector and base (V_{dC}), and the applied bias voltage between base and emitter (V_E) and that between base and collector (V_C) in the common base circuit should be also shown in the drawing. The elementary charge is represented as q .
- (2) Represent the common emitter current gain (β) by using the common base current gain (α), where $\alpha = I_C/I_E$ and $\beta = I_C/I_B$ with the collector current (I_C), the base current (I_B), and the emitter current (I_E).
- (3) In order to increase the common emitter current gain (β), should the impurity concentration in the emitter region be increased or decreased compared with the previous question (2)? Answer with the reason.
- (4) How does the common base current gain (α) change, if the absolute value of the bias voltage between base and collector (V_C) in the common base circuit is increased? Answer with the reason.

4. (30 points)

Answer the following questions concerning Metal-Oxide-Semiconductor (MOS) structures and MOS Field-Effect Transistors (MOSFETs) fabricated on Si substrates.

- (1) Three MOS structures (a)-(c) are fabricated using the following p-type Si substrates (a)-(c) with different boron (B) concentrations. The MOS structure (a) is in the flat band conditions, without bending of the band diagram at the SiO₂/Si interface, under zero-bias condition. The threshold voltages of the MOS structures (a)-(c) are V_a , V_b , and V_c . Select the largest threshold voltage and the smallest threshold voltage among V_a , V_b , and V_c . Assume that the SiO₂ thickness is the same, and no charge in SiO₂ films and no trap states at the SiO₂/Si interfaces exist for the MOS structures (a)-(c).

	Si substrate (a)	Si substrate (b)	Si substrate (c)
B concentration (m ⁻³)	1×10^{22}	2×10^{22}	3×10^{22}
Threshold voltage (V)	V_a	V_b	V_c

- (2) By changing the bias voltage (V) applied on the metal electrode, the capacitance (C) of the MOS structures changes. Sketch the capacitance (C) as a function of the applied bias (V) for the MOS structures (a)-(c).
- (3) Two MOSFETs ① and ② are fabricated on Si substrates with different B concentrations. The threshold voltages of the MOSFETs ① and ② are V_1 and V_2 , respectively. Both of them are positive, and $V_1 < V_2$. Sketch the drain current (I_D) of MOSFETs ① and ② as a function of the drain voltage (V_{DS}) for the same gate voltage (V_{GS}). The drain current (I_D) is given by the following equation:

$$I_D = \frac{W}{L} \mu C_{ox} \left[(V_{GS} - V_{th}) V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2 \right]$$

where W is the gate width, L is the gate length, μ is the electron mobility in the channel region, C_{ox} is the gate oxide capacitance, V_{th} is the threshold voltage. Assume that W , L , μ , and C_{ox} are the same for MOSFETs ① and ②.

- (4) The transconductance (g_m) of a MOSFET is defined as the change in the drain current when the gate bias is changed with applying a constant drain bias. Formulate g_m in the linear and saturated regions.
- (5) Select the MOSFET with the largest g_m and that with the smallest g_m in the saturated region among the MOSFETs (a)-(c). Answer with the reason. Assume that W , L , μ , and C_{ox} are the same for MOSFETs (a)-(c).
- (6) How does the threshold voltage (V_{th}) change, if the gate electrode material of MOSFET (a) is substituted for a metal with a larger work function? Answer with the reason.

平成22年度 九州大学大学院システム情報科学府 電気電子工学専攻
修士課程 入学試験問題

計算機工学 (Computer engineering)

(7枚中の1)

問題A～D全てに解答すること。問題A～Dごとに解答用紙を別にすること。

Answer the following questions; A～D. Use a separate answer sheet for questions; A～D.

A 論理代数において以下の等式が成り立つことを証明せよ。

Prove the following logic equation in logic algebra.

$$abc + \bar{a}\bar{d}\bar{e} + bcd\bar{e} = abc + \bar{a}\bar{d}\bar{e}$$

計算機工学(Computer engineering)

(7枚中の2)

問題A～D全てに解答すること。問題A～Dごとに解答用紙を別にする。

Answer the following questions: A～D. Use a separate answer sheet for questions: A～D.

- B 以下の真理値表で与えられた論理関数 f の最簡積和表現を求めよ。表中の*はドントケアを表す。ただし、最簡積和表現とは、その関数を表す積和表現のうち、積項数最小(積項数が同数のものが複数ある場合にはその中でリテラル数最小)のもののことである。

Show the minimum sum-of-products expression for a logic function f that is given in the following truth table. '*' in the table stands for "don't care". Sum-of-products expression is called minimum when the number of product terms is minimum among all the expressions representing the same logic function. If there are more than one expressions having the same number of product terms, an expression with minimum number of literals becomes the minimum sum-of-products expression.

論理関数 f の真理値表
Truth table for f

a	b	c	d	f	a	b	c	d	f
0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	1	1	0	1	0	*
0	0	1	1	0	1	0	1	1	*
0	1	0	0	*	1	1	0	0	0
0	1	0	1	*	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	*
0	1	1	1	*	1	1	1	1	1

計算機工学 (Computer engineering)

(7枚中の3)

問題A～D全てに解答すること。問題A～Dごとに解答用紙を別にする。

Answer the following questions: A～D. Use a separate answer sheet for questions: A～D.

- C 下記の命令セット仕様を有するプロセッサを対象に以下のCプログラムをコンパイルし、その結果であるアセンブリプログラムを示せ。

Targeting a processor with the following ISA (instruction set architecture), compile the C source program below. A result of the compilation should be represented in an assembly program.

C プログラム:

C Source Program:

```
for (i = 0, j = 15; i < j; i++, j--) {  
    tmp = a[i];  
    a[i] = a[j];  
    a[j] = tmp;  
}
```

- 命令セット仕様 ISA (instruction set architecture) specification

- 汎用レジスタは4バイト長, 32個. アセンブリ表記上は\$0～\$31.

There are 32 GPR (general-purpose registers) of 4 bytes each. They are denoted as \$0 - \$31 in the assembly format.

- メモリは32ビットアドレスによるバイトアドレッシング.

Memory is linear and byte-addressed with 32-bit addresses.

- 備える命令は以下(次ページ)の9種類.

There are the following 9 instructions (see next page):

計算機工学 (Computer engineering)

(7枚中の4)

問題A～D全てに解答すること。問題A～Dごとに解答用紙を別にすること。

Answer the following questions: A～D. Use a separate answer sheet for questions: A～D.

命令区分 Instruction types	命令 Instructions	例 Examples	意味 Meanings
算術論理演算 Arithmetic and logical operations	加算 Add	add \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 + \$3$
	減算 Subtract	sub \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 - \$3$
	論理積 Logical AND	and \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 \text{ AND } \$3$ (ビット毎の論理積) (bitwise logical AND)
	論理和 Logical OR	or \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 \text{ OR } \$3$ (ビット毎の論理和) (bitwise logical OR)
	比較 Compare (Set-less-than)	slt \$1, \$2, \$3	もし $\$2 < \3 なら $\$1 =$ そうでなければ $\$1 = 0$ If $\$2 < \3 then $\$1 = 1$, otherwise $\$1 = 0$
データ転送 (メモリー レジスタ間)	ロードワード Load word	lw \$1, 100(\$2)	$\$1$ にメモリーの $[\$2+100]$ 番地のワードデータ (4 バイト) を読み込む Load \$1 with the word data (4 bytes) from the memory location $[\$2+100]$
	ストアワード Store word	sw \$1, 100(\$2)	メモリーの $[\$2+100]$ 番地に $\$1$ のワードデータ (4 バイト) を書き込む Store the word data (4 bytes) of \$1 into the memory location $[\$2+100]$
分岐 Control (Branch/Jump)	条件分岐 Conditional branch	beq \$1, \$2, L	もし $\$1 == \2 なら ラベル L に分岐 If $\$1 == \2 then go to the label L
		bne \$1, \$2, L	もし $\$1 \neq \2 なら ラベル L に分岐 If $\$1 \neq \2 then go to the label L
	無条件分岐 Jump (Unconditional branch)	j L	ラベル L に分岐 Go to the label L

計算機工学 (Computer engineering)

(7枚中の5)

問題A～D全てに解答すること。問題A～Dごとに解答用紙を別にする。

Answer the following questions; A～D. Use a separate answer sheet for questions; A～D.

ただし、各変数および定数は以下のようにレジスタに割り付けられているものと仮定する。

Assume the following register assignment:

変数／定数 Variables/constants	レジスタ Registers	変数／定数 Variables/constants	レジスタ Registers
i	\$1	配列 a の先頭アドレス Address of a[0]	\$4
j	\$2	定数 15 Constant 15	\$5
tmp	\$3	定数 1 Constant 1	\$6

計算機工学 (Computer engineering)

(7枚中の6)

問題A～D全てに解答すること。問題A～Dごとに解答用紙を別にする。

Answer the following questions: A～D. Use a separate answer sheet for questions: A～D.

D クイックソートの疑似コードは以下のように記述される。

A pseudo code for quicksort can be described as follows.

QUICKSORT(A, p, r)

```
1  if  $p < r$ 
2      then  $q \leftarrow \text{PARTITION}(A, p, r)$ 
3          QUICKSORT( $A, p, q$ )
4          QUICKSORT( $A, q + 1, r$ )
```

PARTITION(A, p, r)

```
1   $x \leftarrow A[p]$ 
2   $i \leftarrow p - 1$ 
3   $j \leftarrow r + 1$ 
4  while TRUE
5      do repeat  $j \leftarrow j - 1$ 
6          until  $A[j] \leq x$ 
7      repeat  $i \leftarrow i + 1$ 
8          until  $A[i] \geq x$ 
9      if  $i < j$ 
10         then exchange values  $A[i] \leftrightarrow A[j]$ 
11         else return  $j$ 
```

A

4	1	5	6	2	3
---	---	---	---	---	---

- (a) 上記の配列 A に対して、PARTITION($A, 1, 6$) を実行した場合に手続き PARTITION の返す値 (q に代入される値)、および実行後の配列の状態を示せ。こ

計算機工学 (Computer engineering)

(7枚中の7)

問題A~D全てに解答すること。問題A~Dごとに解答用紙を別にする。

Answer the following questions: A~D. Use a separate answer sheet for questions: A~D.

の記法では、配列の最初の要素の添字は1から始まることに注意。

Let us assume $\text{PARTITION}(A, 1, 6)$ is applied for array A (shown above). Describe the return value of PARTITION (i.e., the value substituted for q) and the state of array A . Note that we assume the first element of the array is $A[1]$.

- (b) 上記の配列 A に対して、クイックソートが終了するまでに、手続き PARTITION が呼び出される回数を求めよ。

Find the total number of calls of PARTITION in order to complete quicksort for array A (shown above).

- (c) 手続き PARTITION の1行目で、 x の値を、最初の要素 $A[p]$ ではなく、最後の要素 $A[r]$ を用いるように変更した場合の問題点を示せ。

Identify a possible shortcoming when we use $A[r]$ (the last element) instead of $A[p]$ (the first element) for the value of x in the first line of PARTITION .