

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 2 3 年度入学試験問題

【平成 2 2 年 8 月 2 6 日（木）、2 7 日（金）】

数 学 (Mathematics)

(7 枚中の 1)

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 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).

3. 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こと。

Select 3 fields out of the following 6 fields and answer the questions. 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

4. 解答用紙の全部に，専攻名，コース名（情報学専攻を除く），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 (except the department of informatics), the selected field number (mark with a circle), your examinee number and your name.

5. 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．
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

1. 【線形代数 (Linear algebra) 分野】

$(n+1) \times (n+1)$ 行列 $A = (a_{ij})$ を

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & & & \\ n & 0 & 2 & & O \\ & n-1 & 0 & 3 & \\ & & n-2 & \ddots & \ddots \\ O & & & \ddots & \ddots & n \\ & & & & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

とする．すなわち，

$$a_{ij} = \begin{cases} j-1 & (i=j-1) \\ n+1-j & (i=j+1) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases}$$

である．このとき， $Ax = nx$ を満たす非零ベクトル x が存在するか否か，理由と共に述べよ．
特に，存在する場合には，条件を満たすベクトル x を一つ求めよ．

Let $A = (a_{ij})$ be an $(n+1) \times (n+1)$ matrix defined by

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & & & \\ n & 0 & 2 & & O \\ & n-1 & 0 & 3 & \\ & & n-2 & \ddots & \ddots \\ O & & & \ddots & \ddots & n \\ & & & & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

meaning that

$$a_{ij} = \begin{cases} j-1 & (i=j-1) \\ n+1-j & (i=j+1) \\ 0 & (\text{otherwise}). \end{cases}$$

Establish the presence or absence of a non-zero vector x satisfying that $Ax = nx$. In particular, find a vector x satisfying the condition if it exists.

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．
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

2. 【微分方程式 (Differential equation) 分野】

関数 $y(x)$ の微分方程式

$$(x-1) \frac{dy}{dx} - x(4x+5) + 4(2x+1)y - 4y^2 = 0$$

について，以下の各問に答えよ．

(1) 1 つの特殊解 y_1 を求めよ．

(2) 特殊解 y_1 と関数 $u(x)$ を用いて $y = y_1 + \frac{1}{u}$ とおき，一般解を求めよ．

Consider the differential equation

$$(x-1) \frac{dy}{dx} - x(4x+5) + 4(2x+1)y - 4y^2 = 0$$

for a function $y(x)$. Answer the following questions.

(1) Find one of the particular solutions, y_1 .

(2) Obtain the general solution with the replacement $y = y_1 + \frac{1}{u}$ for the particular solution y_1 and a function $u(x)$.

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．
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

3. 【ベクトル解析 (Vector analysis) 分野】

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 i, j, k とする .

- (1) $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$, $r = |\mathbf{r}|$ とするとき , スカラー場 $\varphi(x, y, z) = f(r)$ について , 以下の式が成り立つことを証明せよ .

(a) $\nabla\varphi = f' \frac{\mathbf{r}}{r}$

(b) $\nabla \times (\varphi\mathbf{r}) = \mathbf{0}$

- (2) ベクトル場 $\mathbf{A} = xz\mathbf{i} + xy\mathbf{j}$ について , 次の曲面 S に対する \mathbf{A} の面積分を求めよ .

$$S : 2x + 2y + z = 2 \quad (x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0)$$

The unit vectors on x, y and z axes of Cartesian coordinates are denoted by \mathbf{i}, \mathbf{j} and \mathbf{k} , respectively.

- (1) Let $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$ and $r = |\mathbf{r}|$. Prove the following formulas for a scalar field $\varphi(x, y, z) = f(r)$.

(a) $\nabla\varphi = f' \frac{\mathbf{r}}{r}$

(b) $\nabla \times (\varphi\mathbf{r}) = \mathbf{0}$

- (2) Evaluate the surface integral of the vector field $\mathbf{A} = xz\mathbf{i} + xy\mathbf{j}$ over the following surface S .

$$S : 2x + 2y + z = 2 \quad (x \geq 0, y \geq 0, z \geq 0)$$

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．
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

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

複素変数 $z = x + iy$ ($z \neq 0$) の対数を考える．

$$w(z) = \ln z = u(x, y) + iv(x, y)$$

ここで, x と y は実数に値を取る変数, $u(x, y)$ と $v(x, y)$ は実数値関数である．

- (1) 関数 $u(x, y)$ と $v(x, y)$ を求めよ．
- (2) 偏導関数 $\partial u / \partial x$, $\partial u / \partial y$, $\partial v / \partial x$, $\partial v / \partial y$ を求めよ．
- (3) 導関数 dw/dz を求めよ．

Consider the logarithm of a complex variable $z = x + iy$ ($z \neq 0$):

$$w(z) = \ln z = u(x, y) + iv(x, y),$$

where the variables x and y , and the functions $u(x, y)$ and $v(x, y)$ are real-valued.

- (1) Find the functions $u(x, y)$ and $v(x, y)$.
- (2) Find the partial derivatives $\partial u / \partial x$, $\partial u / \partial y$, $\partial v / \partial x$, and $\partial v / \partial y$.
- (3) Find the derivative dw/dz .

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こと．
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

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

以下の各問に答えよ．

- (1) 各 $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ ($n \geq 1$) について, X_i を $\{0, 1\}$ に値を取る確率変数とする．それぞれは $P(X_i = 1) = p$ なる確率分布に独立に従うと仮定する．確率変数 $K_n = \sum_{i=1}^n X_i$ について, その期待値と分散を求めよ．
- (2) K_n の期待値を μ_n で表すとき, $(K_n - \mu_n)^3$ および $(K_n - \mu_n)^4$ の期待値を求めよ．

Answer the following questions.

- (1) For each $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ ($n \geq 1$), let X_i be a random variable with the range $\{0, 1\}$. Assume that each X_i is independently distributed according to the probability distribution $P(X_i = 1) = p$. Find the expectation and the variance of the random variable K_n defined as $K_n = \sum_{i=1}^n X_i$.
- (2) Let μ_n denote the expectation of the random variable K_n . Find the expectations of $(K_n - \mu_n)^3$ and $(K_n - \mu_n)^4$.

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．
Select 3 fields out of the 6 fields and answer the questions. Use a separate answer sheet for each field.

6. 【記号論理学 (Symbolic logic) 分野】

以下の各問に答えよ．

- (1) シーケント $\neg(p \vee q), r \rightarrow p \vdash \neg(q \vee r)$ を自然演繹法で証明せよ．
- (2) $F_1 = p \rightarrow (q \wedge r)$, $F_2 = (q \wedge r) \rightarrow s$, $G = p \rightarrow s$ とする．
 - (a) $F_1 \wedge F_2 \wedge \neg G$ を節集合 (CNF) に変換せよ．
 - (b) 求めた節集合が充足不能であることを導出法により証明せよ．
- (3) (a) $\exists x \exists y [(x < y) \wedge \forall z \{(x \geq z) \vee (z \geq y)\}]$ の否定にあたる論理式 P を書け．
ただし，否定記号 ($\neg R$ や R' や \bar{R} など) を使わないこと．
 - (b) $<$ を数の大小関係とするととき， P の意味を自然言語で表せ．
 - (c) P の真偽値を，議論領域が整数の集合の場合について定めよ．

Answer the following questions.

- (1) Give a natural deduction proof of the sequent $\neg(p \vee q), r \rightarrow p \vdash \neg(q \vee r)$.
- (2) Let $F_1 = p \rightarrow (q \wedge r)$, $F_2 = (q \wedge r) \rightarrow s$, and $G = p \rightarrow s$.
 - (a) Convert $F_1 \wedge F_2 \wedge \neg G$ into a clause set (CNF).
 - (b) Show by resolution that the obtained clause set is unsatisfiable.
- (3) (a) Write a formula P that corresponds to the negation of
$$\exists x \exists y [(x < y) \wedge \forall z \{(x \geq z) \vee (z \geq y)\}].$$

Do not use the negation connectives (as in $\neg R$, R' , or \bar{R}).
 - (b) Let $<$ be the usual “less than” relation on numbers. Express P in a natural language.
 - (c) Determine the truth value of P when the domain of discourse is the set of integers.

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 8 枚、解答用紙は 4 枚である.

You are given 8 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において $e(t) = 100\sqrt{2}\sin\omega t$ V である。

- (1) 端子対 1-1' から見たインピーダンス Z_{in} を求めよ。
- (2) $R_1 = 0.8\Omega$, $R_2 = 1\Omega$, $L = 1$ H, $C = 0.25$ F, $\omega = 2$ rad/s のとき、瞬時電流 $i(t)$ を求めよ。また、回路全体で消費される平均電力を求めよ。
- (3) $v(t)$ が $e(t)$ より $\frac{\pi}{2}$ 遅れるときの C の値を求めよ。ただし、 R_1 , R_2 , L , ω は与えられているとする。

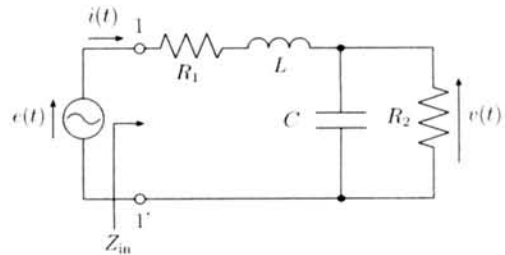


図1

【問2】 図2において密結合条件 $M^2 = L_1 L_2$ が成立するとき、

- (1) 端子対 1-1' から左を見た等価電圧源を求めよ。
- (2) 端子対 1-1' と 2-2' を接続したとき、 R で消費される電力 P を最大とする R の値を求めよ。

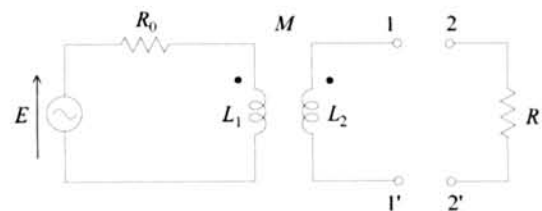


図2

【問3】 図3の回路について、次の問いに答えよ。ただし、電源の角周波数を 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) 抵抗 R_5 に流れる電流 I_3 がゼロとなる抵抗 R_4 およびインダクタンス L_4 が満たす条件を求めよ。

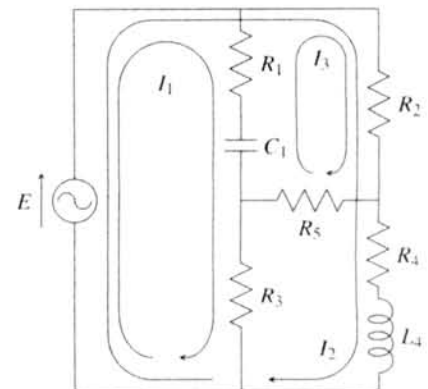


図3

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

- (1) $t = 0$ でスイッチを閉じた直後の電流 $i(+0)$ を求めよ。
- (2) スイッチを閉じた後の $i(t)$ を求めよ。

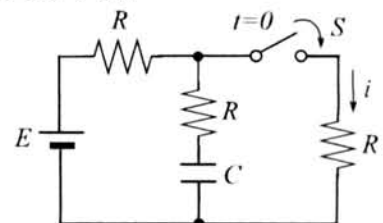


図4

Electric Circuits

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

【Q1】 Consider the circuit shown in Fig.1 where $e(t) = 100\sqrt{2}\sin\omega t$ V.

- (1) Find the impedance Z_{in} seen at the terminal pair 1-1'.
- (2) Suppose that $R_1 = 0.8\ \Omega$, $R_2 = 1\ \Omega$, $L = 1$ H, $C = 0.25$ F and $\omega = 2$ rad/s. Find $i(t)$ and calculate the average power dissipated in the circuit.
- (3) Find the value of C when $v(t)$ lags $e(t)$ by $\frac{\pi}{2}$. Suppose the values of R_1 , R_2 , L and ω are known.

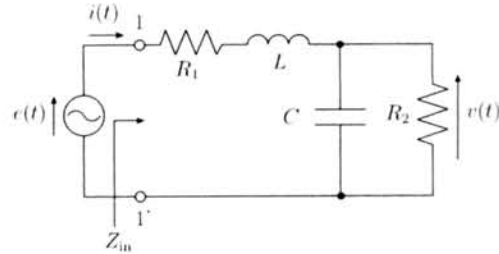


Fig.1

【Q2】 In Fig.2, the condition $M^2 = L_1 L_2$ holds.

- (1) Find an equivalent voltage source seen from the terminal pair 1-1'.
- (2) Find the value of R which maximizes the power consumption P in R when terminal pairs 1-1' and 2-2' are connected.

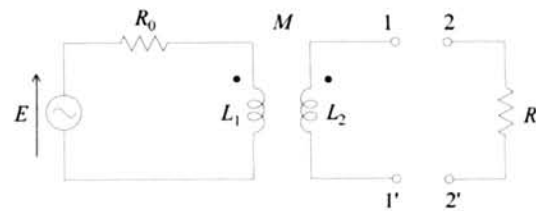


Fig.2

【Q3】 Consider the circuit shown in Fig.3, where the angular frequency of the source E is ω .

- (1) Write the loop equations in terms of the loop currents I_1 , I_2 and I_3 .
- (2) Find the requirements for the resistance R_4 and the inductance L_4 under the assumption that the current I_3 in the resistance R_5 is equal to zero.

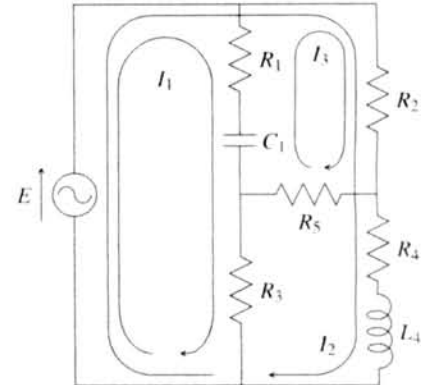


Fig.3

【Q4】 Assume that the circuit shown in Fig. 4, is in steady state before the switch S is closed.

- (1) Find the current $i(+0)$, just after the switch is closed.
- (2) Find the current $i(t)$, after the switch is closed.

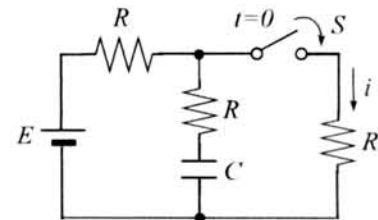


Fig.4

電子回路

試験問題

平成22年8月26日(木)

- 図1に示すトランジスタ増幅器について、次の問に答えよ。但し、式の導出の過程において、一般的に成り立つ近似を想定して式を簡単化してよい。
 - 負荷 R_L に最大対称交流振幅を与えるバイアス点 (I_{CQ}, V_{CEQ}) を求めよ。
 - トランジスタの簡略化モデル (h_{ie}, h_{fe} (又は g_m) 以外は無視する) を用いて、増幅器全体の交流小信号等価回路を求めよ。
 - 上記の交流等価回路を用いて、電流利得 $A_i = I_L / I_i$ を導出せよ。
 - 増幅器の入力抵抗 Z_i および出力抵抗 Z_o を求めよ。

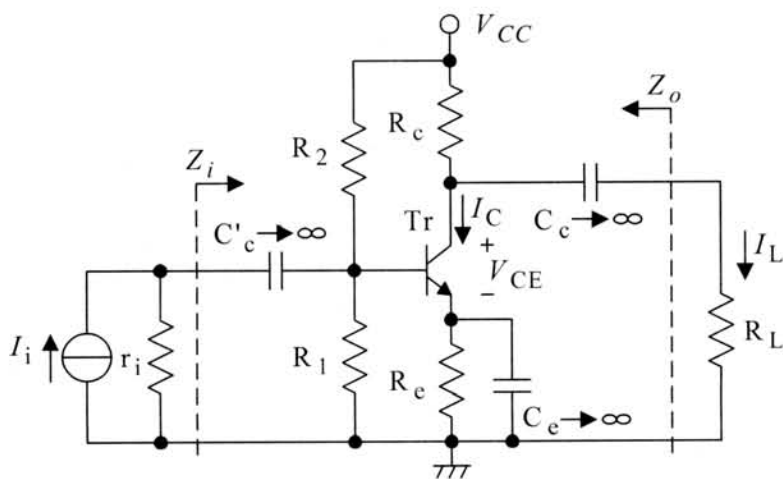


図1

- 図2に示すCR発振回路 (Wien-bridge oscillator) において、発振周波数と振幅条件を導出せよ。但し、演算増幅器 (オペアンプ) は理想的であるとする。

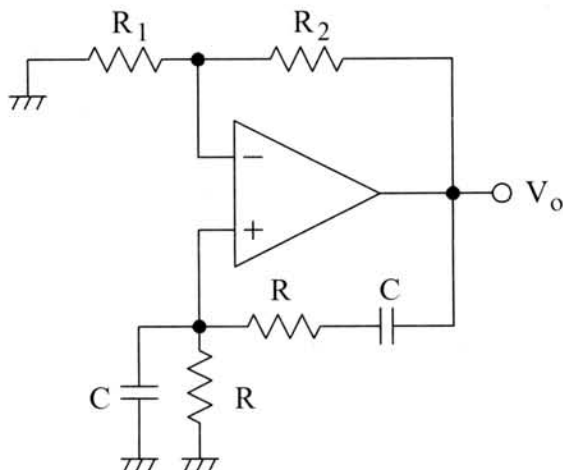


図2

1. Solve the following problems on the transistor amplifier shown in Fig. 1. You can use some possible assumptions to simplify some equations.
- (1) Find the quiescent point (bias point), I_{CQ} , V_{CEQ} , to provide the maximum symmetrical swing of ac current to the load resistance R_L .
 - (2) Show a small-signal equivalent circuit of the amplifier by using a simple transistor model composed of parameters of h_{ie} and h_{fe} (or g_m) only.
 - (3) Derive the current gain $A_i = I_L / I_i$ from the above equivalent circuit.
 - (4) Derive the input resistance Z_i and the output resistance Z_o of this amplifier.

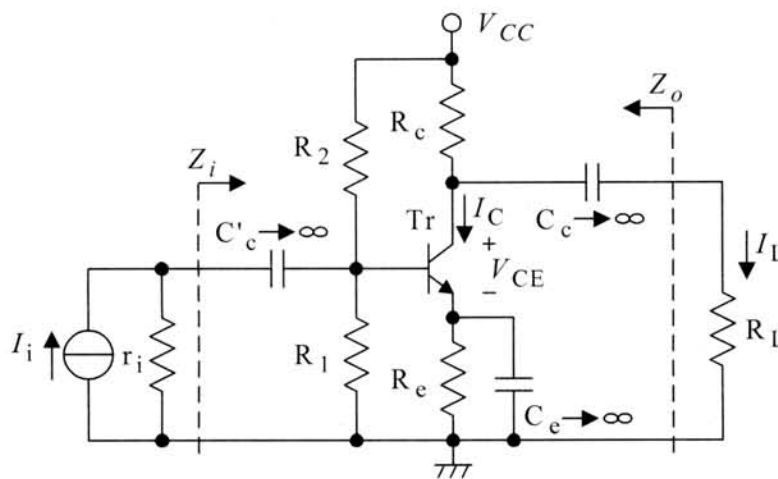


Fig. 1

2. Fig. 2 shows a Wien-bridge oscillator circuit, where the operational amplifier is assumed to be ideal. Derive the oscillation frequency and condition for the amplitude.

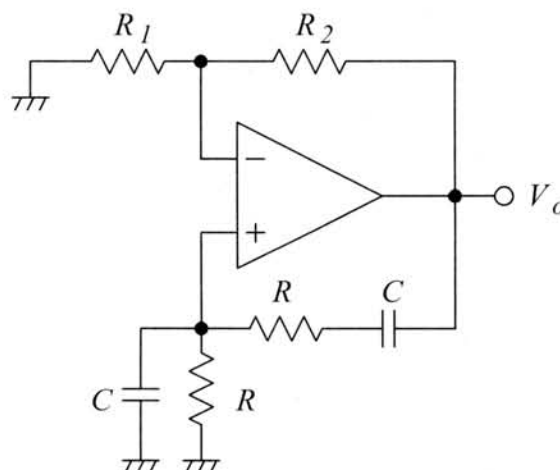


Fig. 2

平成 23 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 専門 I (制御工学)

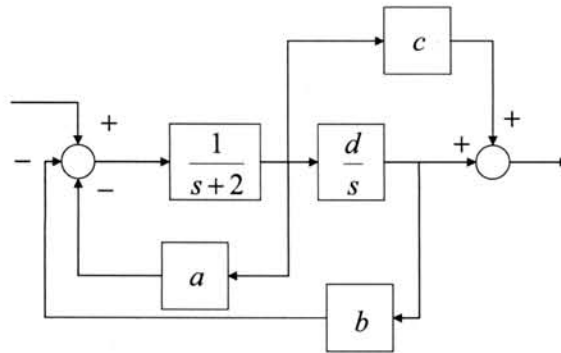
全3 問

問題 1

下のブロック線図が、次の伝達関数

$$\frac{4s+1}{s^2+2s+5}$$

を表すように、定数 a, b, c, d の値を決定せよ。



問題 2

次の式で表される制御系を考える。

$$y(s) = G(s)\{u(s) + d(s)\}, \quad G(s) = \frac{1}{s-2}$$

$$u(s) = K(s)e(s), \quad e(s) = r(s) - y(s), \quad K(s) = \frac{k(s+b)}{s+a}$$

ここで G は制御対象, K は制御装置, y は制御量, u は操作量, d は外乱, e は制御誤差, k, a, b は定数である。

1. この制御系をブロック図で表わせ。
2. $r(s) = 1/s, d(s) = 2/s$ とする。制御誤差が 0 に収束し、しかも u が有界である（発散しない）ために k, a, b が満たすべき条件を述べよ。また、その理由を説明せよ。

問題 3

次の状態方程式で表されるシステムがある。

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

1. このシステムは安定か不安定か、理由とともに述べよ。
2. 入力 u を状態フィードバック $u = -\begin{bmatrix} k_1 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ で与えたとき、システムが安定になるための k_1, k_2 に関する条件を示せ。

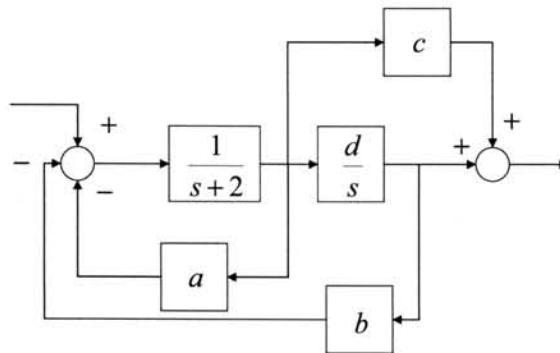
Questions for Entrance Examination to Master Course, Department of
Electrical and Electronic Engineering, Graduate School of Information
Science and Electrical Engineering, Kyushu University, 2011
– Special Subjects I, Control Engineering –

Three questions in total

Question 1

Determine the values of a , b , c and d so that the block diagram represents a transfer function

$$\frac{4s + 1}{s^2 + 2s + 5}.$$



Question 2

Consider a feedback control system depicted by the following equations:

$$y(s) = G(s)\{u(s) + d(s)\}, \quad G(s) = \frac{1}{s - 2}$$

$$u(s) = K(s)e(s), \quad e(s) = r(s) - y(s), \quad K(s) = \frac{k(s + b)}{s + a}$$

where G is a plant, K a controller, y a controlled output, u a control, d a disturbance, e an error, k , a and b constants.

1. Draw a block diagram that represents the feedback system.
2. Assume $r(s) = 1/s$, $d(s) = 2/s$. Then discuss conditions for values of k , a and b such that the error converges to 0, as well as u is bounded.

Question 3

Consider a system represented by the following state equation:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u.$$

1. Discuss the stability of the system.

2. Suppose that the input u is given as a state feedback $u = - \begin{bmatrix} k_1 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$. Then show the condition(s) on k_1 and k_2 so that the system is stable.

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 21 枚、解答用紙は 4 枚である.

You are given 21 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 Device
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 真空中で半径 b の導体球が電荷 Q を有している。次の問に答えよ。ただし、真空の誘電率は ϵ_0 とする。

- (1) 静電容量を求めよ。
- (2) 導体球の中心から距離 r ($r > b$) の位置における電界のエネルギー密度を求めよ。
- (3) 空間に蓄えられている電界の全エネルギーを求めよ。
- (4) 電荷 q を有する導体球に無限遠から微量な電荷 dq を運んでくる仕事はいくらか。この結果を利用して、導体球の電荷を 0 から Q まで増やすのに必要な仕事を求めよ。

問2 図2に示すような半径 a 、単位長さ当たりの巻数 n の無限長ソレノイドコイルがある。またソレノイドコイルの内部には、半径が b の無限長円柱鉄心と半径が c で巻数が N_2 の円形コイルが同軸に配置されている。ソレノイドコイルと円形コイルに流す電流をそれぞれ I_1, I_2 とする。また、円柱鉄心の透磁率を μ_2 、その他の領域の透磁率を μ_1 とする。

- (1) $I_1 = I_0, I_2 = 0$ の時、鉄心内部の磁束密度 B_2 と磁界の強さ H_2 、及び鉄心外部の B_1, H_1 を求めよ。
- (2) 上記の場合、ソレノイドコイルの単位長さ当たりに蓄えられる磁気エネルギー U_m 、およびソレノイドコイルの単位長さ当たりの自己インダクタンス L を求めよ。
- (3) ソレノイドコイルと円形コイルの間の相互インダクタンス M を求めよ。
- (4) $I_1 = I_0 \sin(\omega t), I_2 = I_0 \sin(\omega t)$ の電流を流したとき、円形コイルの両端の電圧は $V_2 = 0$ となった。この結果より、円形コイルの自己インダクタンス L_2 を求めよ。

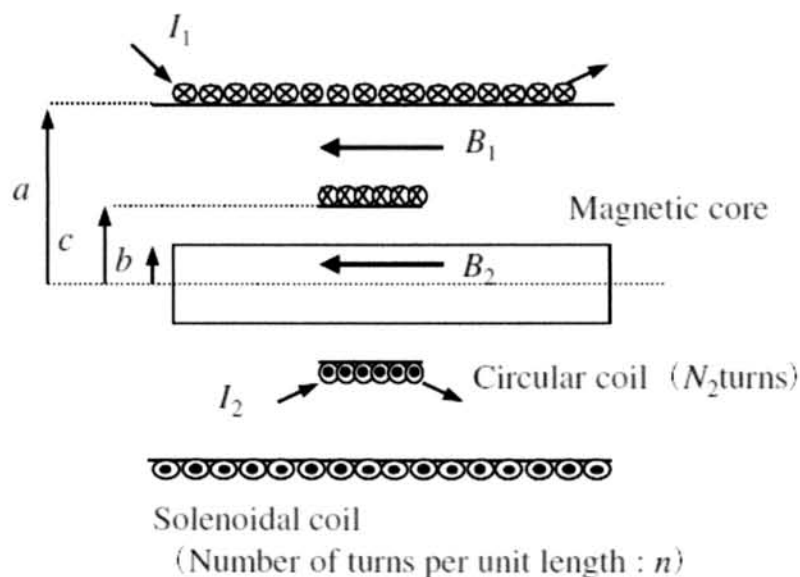


図2

問 3 図 3 に示すように、半径が a, b で長さが共に L の薄い円筒状導体と同軸に配置され、その間は抵抗率 ρ の物質で満たされている。内外導体の左端間に電圧 V_0 の電池を接続したとき次の問に答えよ。ただし、円筒状導体の抵抗、導体と物質間の接触抵抗および端効果は無視してよい。

- (1) 内外導体間の抵抗 R を求めよ。
- (2) 内外導体間の電流密度 J を求めよ。
- (3) 内導体を流れている電流 I を座標 z の関数として求めよ。
- (4) 内外導体間の座標 (r, z) における電界の半径方向成分 E_r と磁界の円周方向成分 H_θ の大きさを示せ。
- (5) 座標 z の断面($0 < z < L$)を単位時間あたりに通過する電磁エネルギーを求めよ。

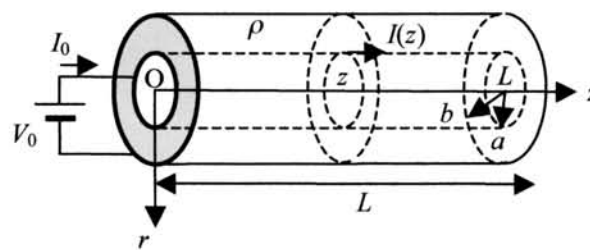


図 3

[Problem 1] A spherical conductor with a radius of b has an electric charge Q in vacuum. The permittivity of the vacuum is ϵ_0 . Answer the following questions.

- (1) Give the capacitance.
- (2) Give the energy density of the electric field at a distance r from the sphere's center.
- (3) Give the total energy of the electric field of the whole space.
- (4) When the spherical conductor has a charge q , give the work to carry a trace of charge dq from the infinite distance to the spherical conductor. Using this result, give the work to increase the charge on the spherical conductor from 0 to Q .

[Problem 2] As shown in Fig. 2, there is an infinite solenoidal coil with a radius of a and number of turns per unit length n . Inside the solenoidal coil, a cylindrical magnetic core with a radius of b and a circular coil with a radius of c and number of turns N_2 are coaxially placed. Currents I_1 and I_2 are supplied to the solenoidal coil and the circular coil, respectively. The permeability of the magnetic core is μ_2 , while the permeability outside the core is μ_1 . Answer the following questions.

- (1) The currents $I_1=I_{10}$ and $I_2=0$ are supplied. Give the magnetic flux density B_2 and the magnetic field strength H_2 inside the magnetic core. Also, give B_1 and H_1 outside the magnetic core.
- (2) In the above case, give the magnetic energy U_m per unit length stored in the solenoidal coil. Also, give the self inductance L per unit length of the solenoidal coil.
- (3) Give the mutual inductance M between the solenoidal coil and the circular coil.
- (4) When the currents $I_1 = I_{10}\sin(\omega t)$ and $I_2 = I_{20}\sin(\omega t)$ are supplied, the voltage across the circular coil becomes zero. Using this result, give the self inductance L_2 of the circular coil.

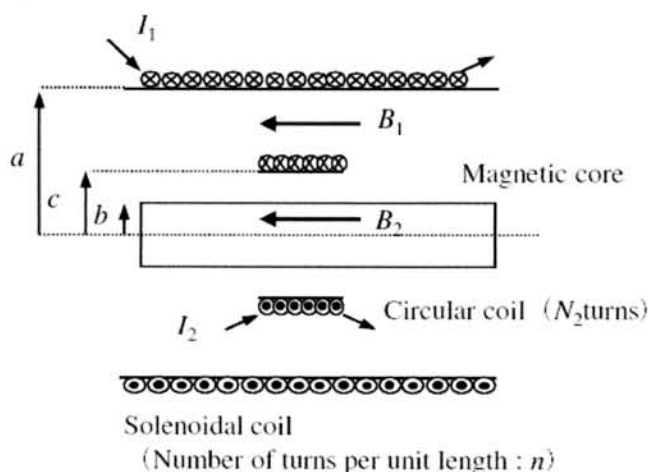


Fig. 2

[Problem 3] As shown in Fig. 3, a battery with a voltage V_0 is connected to the left ends of two thin cylindrical coaxial conductors with a radius of a and b and a common length L . A space between the coaxial cylinders is filled up by a material with a resistivity of ρ . Answer the following questions, provided the resistance of the conductors, the contact resistance between the conductors and the material, and the edge effects can be neglected.

- (1) Give the resistance between the coaxial conductors.
- (2) Give the current density J in the material between the coaxial conductors.
- (3) Give the current $I(z)$ in the inner conductor at the coordinate z .
- (4) Give the radial component of the electric field E_r and the azimuthal component of the magnetic field H_θ between the coaxial conductors at the coordinate z .
- (5) Give the electromagnetic power that flows through the cross-section at the coordinate z .

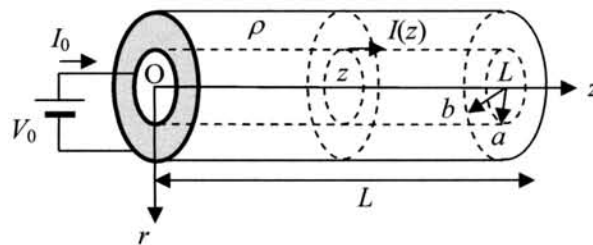


Fig. 3

半導体デバイス

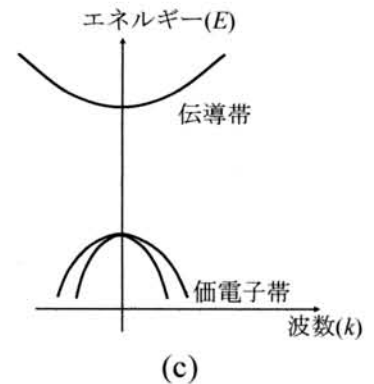
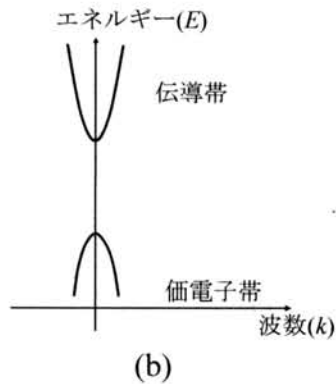
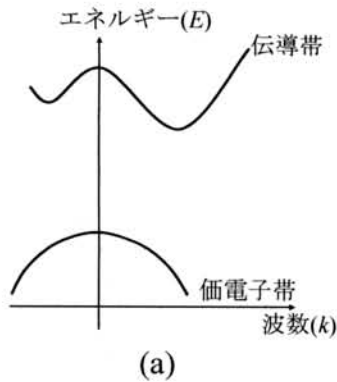
注意 1 : 電磁気、半導体デバイス、計算機工学のいずれか 1 科目しか解答できません。

注意 2 : 答えは、氏名と共に別紙解答用紙に記入のこと。

1

半導体中の正孔に関して、下記の設問に答えよ。

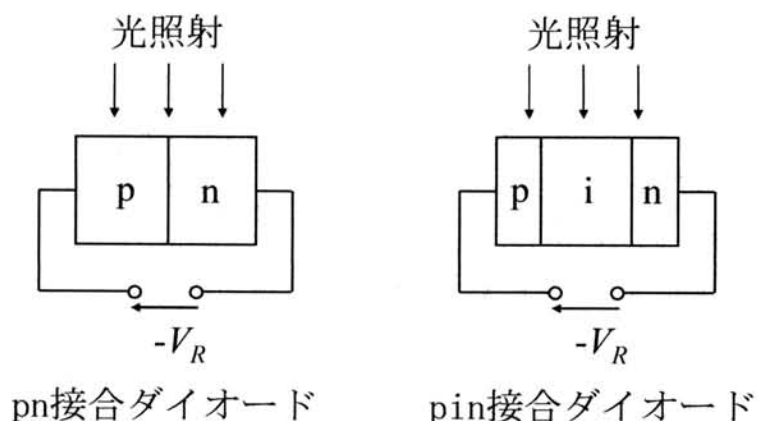
- (1) 正孔のドリフト移動度 μ を、正孔の有効質量 m^* 、平均自由時間(衝突緩和時間) $\langle \tau \rangle$ 、電気素量 q で記述せよ。
- (2) 下記のバンド構造(a) (b) (c) を有する半導体があったとする。これらの半導体における正孔の平均自由時間(衝突緩和時間) $\langle \tau \rangle$ は同一と仮定した時、正孔のドリフト移動度 μ の大きな順に並べよ。



- (3) 正孔のドリフトと拡散により、半導体中を電流が x 方向に流れている。このときの電流密度 J を与える表式を示せ。ただし、正孔の密度を p 、移動度を μ 、拡散係数を D 、電気素量を q とし、 x 方向の電界を \mathcal{E} とする。

p 型 Si と n 型 Si からなる pn 接合に関して、以下の問いに答えよ。ただし、Si の電子及び正孔の移動度を各々 $0.15\text{m}^2/\text{Vs}$ 、 $0.05\text{m}^2/\text{Vs}$ 、真性キャリア密度を $1.5 \times 10^{16}\text{m}^{-3}$ とし、電気素量を $1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ とする。

- (1) Si を p 型および n 型にするのに有効な不純物の元素記号をそれぞれ 1 つずつ挙げよ。
- (2) p 型 Si の中性領域の抵抗率を測定した処、 $1.25 \times 10^{-2}\Omega\text{m}$ の値であった。この領域における多数キャリア密度を求めよ。
- (3) 上記の p 型 Si の中性領域における少数キャリア密度を求めよ。
- (4) pn 接合の逆方向バイアス状態(バイアス電圧: V_R)におけるバンド図を描け。図には、価電子帯の頂き(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)、および印加バイアスの大きさ(V_R)を記入すること。ただし、電気素量を q とせよ。
- (5) p 型 Si と n 型 Si の間に真性の Si (i 型 Si) 層を挿入した pin 接合ダイオードを作製した。この pin 接合ダイオードの、逆方向バイアス状態(バイアス電圧: V_R)におけるバンド図を描け。図には、価電子帯の頂き(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)、および印加バイアスの大きさ(V_R)を記入すること。ただし、電気素量を q とせよ。
- (6) 逆方向バイアス状態の pn 接合ダイオードおよび pin 接合ダイオードに、下記の図のように、Si のバンドギャップ(禁制帯)以上のエネルギーの光を照射した。逆方向電流は、どちらのダイオードの方が、より顕著に増加するか。理由と共に答えよ。



3 図1に模式的に示す npn 型バイポーラ接合トランジスタについて、以下の問いに答えよ。

(1) 活性状態で動作させようとする場合においては、図中の V_{EB} , V_{CB} の両方あるいはいずれか一方のバイアス方向に誤りがある。誤りであるバイアス名を記するとともに、誤りである理由を簡潔に述べよ。

(2) エミッタ/ベース接合において、エミッタからベース中に密度 $10^3 n_{B0}$ の自由電子を注入するのに必要な V_{EB} の値を求めよ。ここで n_{B0} は熱平衡状態におけるベース中の自由電子密度であり、ボルツマン定数を k 、絶対温度を T 、電気素量を q とするとき、 $\frac{kT}{q} = 0.025 \text{ V}$ であるとする。なお、 $\ln 10^3 = 7.0$ である。

(3) このトランジスタのベースの輸送効率が 0.98 であるとする。(2) の条件でバイアスした状態で、ベース中で 1 秒当たりに消滅する自由電子の個数を求めよ。ただし、ベース中の電界はゼロであり、ベース中の自由電子の拡散長はベース中性領域の幅 (図中の W_B) よりも十分に大きいとする。また、ベース中の自由電子の拡散係数を $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ 、エミッタ接合の面積を 10^{-10} m^2 、ベース中性領域の幅 $W_B = 10^{-6} \text{ m}$ とする。

(4) エミッタ/ベース接合の注入効率を 0.99 とする。このトランジスタをエミッタ接地増幅回路に用いた場合の電流増幅率 (コレクタ電流/ベース電流) を求めよ。

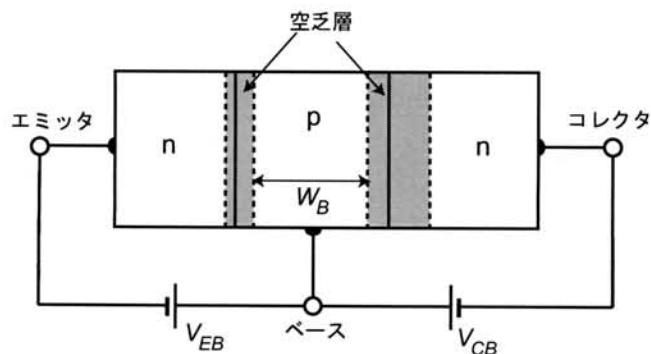


図 1

4 図2のようなMOS構造について考える．ゲート電極には，位置 x に対してドナー密度が $N_d(x) = N_{d0}x^m$ で変化するようにドーピングしたSi薄膜を用いている．Si薄膜の厚さを t_{Si} とし，ドナー密度は厚さ方向には一定であるとする．ゲート電極の両端には端子1および端子2が設けられており，これらの端子間に直流電圧が加えられている．端子1の電位を V_1 とする．端子2の電位 V_2 は V_1 よりも高く，ゲート電極中には端子2から端子1に向かう方向に電流 I_G が流れている．p型Si基板内の端子1側にはn型領域が形成されており，p型Si基板とともに接地されている．ゲート電極の長さと幅をそれぞれ L と W とする．以下の問いに答えよ．

- (1) ゲート電極であるn型Si中の自由電子の移動度は μ_n で一定であるとする．このとき，位置 x におけるこのSiの抵抗率 $\rho(x)$ を求めよ．
- (2) 位置 x と $x + dx$ の間のゲート電極の抵抗 dR を求めよ．ここで，自由電子密度の分布は $N_d(x)$ に等しいと仮定する．
- (3) 位置 x におけるゲート電極の電位 $V_G(x)$ を求めよ．
- (4) このMOS構造におけるしきい電圧は，ゲート電極のドーピングによらず一定で，その値を V_T とする． $V_1 > V_T$ のとき， $x = L$ における反転層内電荷密度 $Q_I(L)$ を求めよ．なお，ゲート酸化膜の容量を C_{OX} とする．

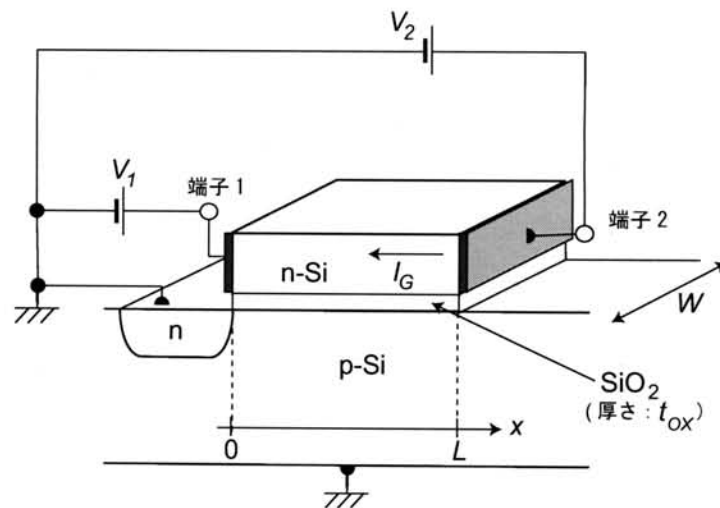


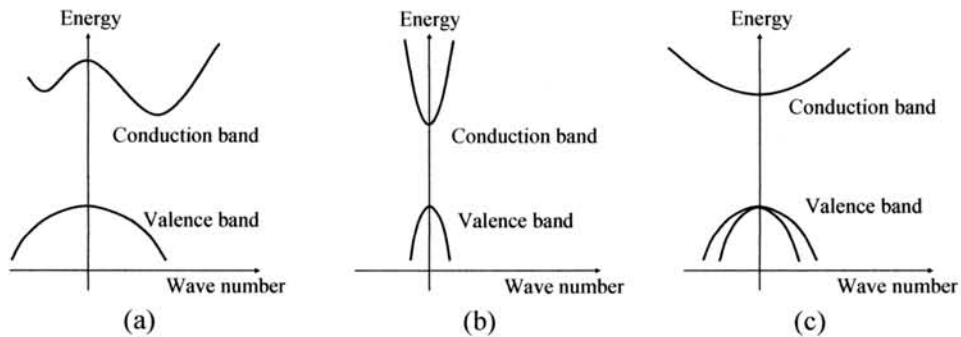
図2

Semiconductor Device

1

Answer the following questions concerning holes in semiconductors.

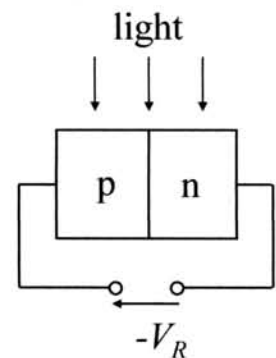
- (1) Give an expression for the drift mobility of holes μ , using elementary charge q , effective mass m^* , and mean free time $\langle \tau \rangle$.
- (2) There are three types of semiconductors, whose energy band structures are schematically shown in (a)-(c). Write the labels (a)-(c) in the order from that with the highest hole mobility to that with the lowest hole mobility, assuming that the value of $\langle \tau \rangle$ is the same for these semiconductors.



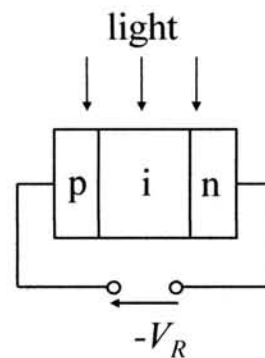
- (3) Assume that a current, generated by drift and diffusion of holes, flows along the x-axis in a semiconductor. Show an expression of the current density J using hole concentration p , hole mobility μ , diffusion constant of holes D , elementary charge q , and the electric field \mathcal{E} along the x-axis.

Answer the following questions about a pn junction consisting of p -type Si and n -type Si. Assume that the drift mobilities of electrons and holes are 0.15 and $0.05\text{m}^2/\text{Vs}$, respectively, the intrinsic carrier concentration is $1.5 \times 10^{16}\text{m}^{-3}$, and the elementary charge is $1.6 \times 10^{-19}\text{C}$.

- (1) Give i) a chemical symbol of the impurity effective to obtain p -type Si and ii) that effective to obtain n -type Si.
- (2) The resistivity of the neutral region of the p -type Si is $1.25 \times 10^{-2}\Omega\text{m}$. Evaluate the concentration of the majority carriers in this neutral region.
- (3) Evaluate the concentration of the minority carriers in the neutral region of the p -type Si.
- (4) Sketch the band diagrams for the pn junction 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), the built-in potential (V_D), and the applied voltage (V_R) should be given in the drawing. The elementary charge is represented as q .
- (5) A pin junction is fabricated by inserting an intrinsic Si (i -type Si) layer between the p -type Si and the n -type Si of the pn junction. Sketch the band diagram for the pin junction 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), the built-in potential (V_D), and the applied voltage (V_R) should be given in the drawing. The elementary charge is represented as q .
- (6) A pn junction diode and a pin junction diode under the reverse bias condition (applied voltage $V=V_R$) are illuminated with light having energy larger than the band gap of Si, as schematically shown below. Which of diodes (pn or pin) does show more significant increase of the reverse current? Answer with the reason.



pn junction diode



pin junction diode

3 Answer the following questions on an npn bipolar-junction transistor schematically shown in Fig. 1.

- (1) There is a mistake either in V_{EB} or in V_{CB} concerning the direction of bias to operate the transistor in the active mode. Indicate the incorrect bias, V_{EB} or V_{CB} , and describe the reason why you decide it is incorrect.
- (2) Evaluate V_{EB} required to inject electrons of $10^3 n_{B0}$ in density from the emitter to the base through the emitter/base junction. Here, n_{B0} is free electron density in the base at thermal equilibrium. If necessary, use the following values; $\frac{kT}{q} = 0.025$ V and $\ln 10^3 = 7.0$, where k is the Boltzmann constant, T is absolute temperature, and q is elementary charge.
- (3) Assume that the base transport factor of this transistor is 0.98. Under the bias condition determined in (2), evaluate the number of free electrons which recombines with holes per second. Assume that no electric field is present in the base neutral region and that the diffusion length of electrons in the base is much larger than the width of the base neutral region W_B . Use the following values if necessary; diffusion constant of electrons in the base is 2.5×10^{-3} m²/s, emitter junction area is 10^{-10} m², and width of the base neutral region is $W_B = 10^{-6}$ m.
- (4) Assume that the emitter injection efficiency is 0.99. Obtain the value of current amplification factor, which is defined as the ratio of collector current to base current, in the emitter common operation.

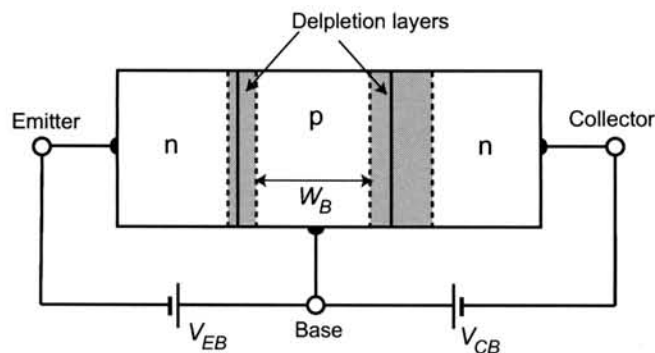


Fig. 1

4 Consider a MOS structure shown in Fig. 2. A film of Si which is doped with donors whose density changes with position x as $N_d(x) = N_{d0}x^m$ is used as the gate electrode. The thickness of the doped Si film is t_{Si} . Assume that doping density is constant along the thickness direction, i.e. the surface normal direction. The Si gate has two contact electrodes at the both ends, which are designated as terminal-1 and terminal-2. These two terminals are independently biased by the voltage sources V_1 and V_2 . V_2 is kept larger than V_1 to flow a current I_G in the direction from the terminal-2 to the terminal-1. In the p-type Si, an n-type region is formed. The n-type region and the p-type substrate are both grounded. The length and the width of the gate electrode are L and W , respectively. Answer the following questions.

- (1) Obtain the resistivity of the Si film, $\rho(x)$, at the position x by assuming the mobility of free electrons in the film is constant and is equal to μ_n .
- (2) Obtain resistance dR in the n-type Si gate in the region between x and $x + dx$. Assume that free electron density in the Si gate is equal to $N_d(x)$.
- (3) Obtain electrical potential $V_G(x)$ of the gate electrode at the position x .
- (4) Assume that the threshold voltage of this MOS structure is constant and is V_T . The gate oxide capacitance per unit area is C_{OX} . Obtain charge density in the inversion layer, $Q_I(L)$, at the position $x = L$ when $V_1 > V_T$.

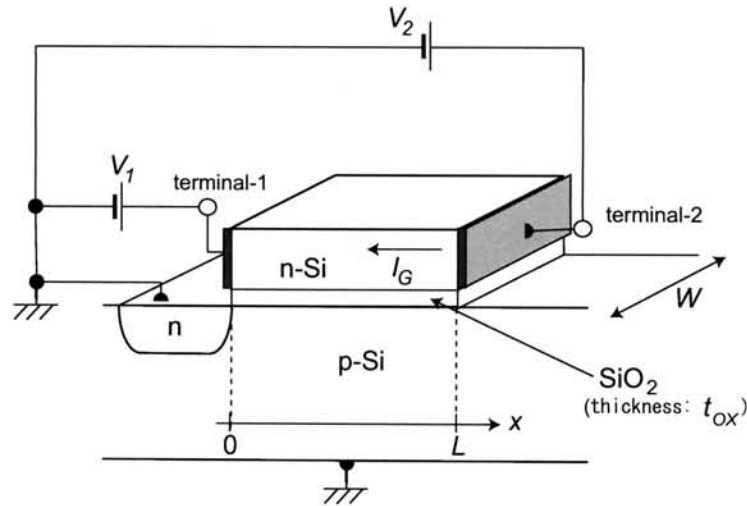


Fig. 2

平成23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)
(8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。

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。

$$(ab + c + \bar{d}e)(ad + \bar{c} + de)(ab + ad + e) = (ab + c + \bar{d}e)(ad + \bar{c} + de)$$

[illegible]

平成23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)
 (8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事。
 Answer the following questions: A～D. Use a separate answer sheet for questions: A～D.

C 以下の命令セット仕様を有するプロセッサを対象に下記の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。

● 命令セット仕様

- － 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。
- － 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。
- － 備える命令は以下の9種類。

命令区分	命令	例	意味
算術論理演算	加算	add \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 + \$3$
	減算	sub \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 - \$3$
	論理積	and \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 \text{ AND } \$3$ (ビット毎の論理積)
	論理和	or \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 \text{ OR } \$3$ (ビット毎の論理和)
	比較	slt \$1, \$2, \$3	もし $\$2 < \3 なら $\$1=1$, そうでなければ $\$1=0$
データ転送 (メモリーレジスタ間)	ロードワード	lw \$1, 100(\$2)	\$1 にメモリの $[\$2+100]$ 番地の ワードデータ (4バイト) を読み込む
	ストアワード	sw \$1, 100(\$2)	メモリの $[\$2+100]$ 番地に \$1 のワードデータ (4バイト) を書き込む
分岐	条件分岐	beq \$1, \$2, L	もし $\$1 == \2 ならラベル L に分岐
		bne \$1, \$2, L	もし $\$1 \neq \2 ならラベル L に分岐
	無条件分岐	j L	ラベル L に分岐

C プログラム：

```
for (i = 0, j = 15; i < j; i++, j--) {
    tmp = a[i] * 2;
    a[i] = a[j] * 2;
    a[j] = tmp;
}
```

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。

変数／定数	レジスタ	変数／定数	レジスタ
i	\$1	配列 a の先頭アドレス	\$4
j	\$2	定数 15	\$5
tmp	\$3	定数 1	\$6

計算機工学 (Computer engineering)

(8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。

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

D 整数キーの集合 $I = \{4, 8, 10, 22, 49, 73\}$ を格納するハッシュ表を考える。 $h(k) = k \bmod 8$ として、以下の方法でキー k を、サイズが8のハッシュ表 (0から7までのスロットを持つ) に格納することを考える。

1. $i \leftarrow h(k)$, $j \leftarrow 0$ とする。
 2. スロット i が空いていれば、 k をスロット i に格納して終了する。そうでなければ、 $j \leftarrow j+1$ とする。
 3. $j = 8$ なら終了する。そうでなければ、 $i \leftarrow (i + j) \bmod 8$ として2に戻る。
- (1) I の要素を小さい順に挿入した後のハッシュ表を書け。その際、この方法が通常の線形探索の手続きとは異なることに注意せよ ($h(k)$ から順に空きスロットを探索するわけではない)。
- (2) この方法を用いた場合、ハッシュ表に空きスロットがある場合に、必ずキーを格納できることが保証できるだろうか？ 保証できる場合はその理由を、保証できない場合は反例を示せ。

平成23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)

(8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こと。

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

A Prove the following logic equation in logic algebra.

$$(ab + c + \bar{d}e)(ad + \bar{c} + de)(ab + ad + e) = (ab + c + \bar{d}e)(ad + \bar{c} + de)$$

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

平成23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)
 (8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.

C 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.

- ISA (instruction set architecture) specification:
 - There are 32 GPR (general-purpose registers) of 4 bytes each. They are denoted as \$0 - \$31 in the assembly format.
 - Memory is linear and byte-addressed with 32-bit addresses.
 - There are the following 9 instructions:

Instruction types	Instructions	Examples	Meanings
Arithmetic and logical operations	Add	add \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 + \$3$
	Subtract	sub \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 - \$3$
	Logical AND	and \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 \text{ AND } \$3$ (bitwise logical AND)
	Logical OR	or \$1, \$2, \$3	$\$1 = \$2 \text{ OR } \$3$ (bitwise logical OR)
	Compare (Set-less-than)	slt \$1, \$2, \$3	If $\$2 < \3 then $\$1=1$, otherwise $\$1=0$
Memory-register data transfer	Load word	lw \$1, 100(\$2)	Load \$1 with the word data (4 bytes) from the memory location $[\$2+100]$
	Store word	sw \$1, 100(\$2)	Store the word data (4 bytes) of \$1 into the memory location $[\$2+100]$
Control (Branch/Jump)	Conditional branch	beq \$1, \$2, L	If $\$1 == \2 then go to the label L
		bne \$1, \$2, L	If $\$1 \neq \2 then go to the label L
	Jump (Unconditional branch)	j L	Go to the label L

```
C source program:
for (i = 0, j = 15; i < j; i++, j--) {
    tmp = a[i] * 2;
    a[i] = a[j] * 2;
    a[j] = tmp;
}
```

Assume the following register assignment:

Variables/constants	Registers	Variables/constants	Registers
i	\$1	Address of a[0]	\$4
j	\$2	Constant 15	\$5
tmp	\$3	Constant 1	\$6

平成23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)
(8枚中の8)

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 Let us consider a hash table to store a set of integer keys $I = \{4, 8, 10, 22, 49, 73\}$. Assume we are trying to insert the keys into a hash table whose size is 8 (which has slots from 0 to 7), using a hash function $h(k) = k \bmod 8$ by the following procedure.

1. Let $i \leftarrow h(k)$, $j \leftarrow 0$.
2. If slot i is empty, store k to slot i and terminate. Otherwise, let $j \leftarrow j + 1$.
3. If $j = 8$, then terminate. Otherwise, let $i \leftarrow (i + j) \bmod 8$ and go to 2.

- (1) Show the state of the hash table after inserting the elements of I , in the increasing order. Pay attention that this procedure is not the same as linear probing, in which the probe sequence is $h(k), h(k) + 1, h(k) + 2, \dots$
- (2) By using this procedure, can we guarantee that we can store an item as long as the hash table has at least one empty slot? Answer yes/no, and describe the reason if your answer is yes, or show a counter example if your answer is no.