

九州大学大学院システム情報科学府

電気電子システム工学専攻

電子デバイス工学専攻

平成 19 年度入学試験問題

【平成 18 年 9 月 5 日（火）、9 月 6 日（水）】

試験科目

英語、数学、電気回路、 A：電磁気学、 B：計算機工学
（ のうち A、B のいずれか 1 科目を選択 ）

電気電子システム工学

（ 電子回路、制御工学、電力工学、エネルギー変換工学の
いずれか 1 科目を選択 ）

電子工学

（ 電子回路、制御工学、電子デバイス工学のいずれか 1 科目を選択 ）

英語試験問題のw e b公開について

英語の入試問題をWebで公開することは、著作権法上、問題になりますので、平成19年度より過去の問題の傾向・範囲を示す例題を公開しています。

英 語

[1] 次の文章を読んで下記の問いに答えよ。(Read the following article, and then answer the questions.)

Databases are no longer special tools for computer experts. They are now common tools for various people including users who are not computer experts, and many database software products of various prices are on sale at computer shops. One of the criteria by which such non-expert users may choose a database software is the effort required each time they extract information from their database. To obtain necessary information from a very large database, one must specify to the system exactly what is needed. Languages used for specifying such retrieval requests are called *query languages*.

Requests may be highly complex, but must be given in a way that computers can understand. For this reason, formal languages have been used most. Formal query languages are similar to programming languages and easy to process for computers. (A), such artificial languages are not necessarily easy to understand for users. Most people must study very hard to master an artificial language. This leads to a demand for good database user interfaces.

To offer non-expert users an alternative to formal query languages, many attempts have been made to develop natural language interfaces which accept queries written in everyday language and translate them into a formal query language. If such an interface is available, users do not have to study a special language. Natural language interfaces, however, also have their own problems.

First of all, natural language processing is not an easy task for computers due to ambiguities involved in natural languages. Second, our everyday language has too many rules and exceptions, compared with formal languages. If we were to develop an interface which can accept every naturally-expressed input_(B) and can respond in a natural way, we would be forced to equip the system with a huge storage of human knowledge knowledge we ourselves cannot describe. This approach is hardly feasible for the time being.

database: データベース **criteria:** [複]基準 **specify:** 指定する **retrieval:** 検索 **query language:** 問い合わせ言語
formal language: 形式言語 (厳密な文法規則と語の集合を持つ人工的な言語のこと) **user interface:** 利用者インタフェース
alternative: 代替手段 **natural language:** 自然言語 (日本語, 英語など, 日常の言語) **ambiguity:** あいまいさ
storage: 倉庫 **feasible:** 実現可能な

(1) 以下のうち, この文章のタイトルとして最も適切なものはどれか。 []

1. Databases and Computers
2. How to Choose a Database Software
3. The Difficulty in Building a Good Database User Interface
4. The Merit of Natural Language Interfaces
5. The Ambiguity in Natural Language

(2) 以下のうち, この文章の内容に合致しないものはどれか。 []

1. Databases are now used by experts and non-experts.
2. People may choose a database software for reasons other than its price.
3. Retrieval requests are written in a query language.
4. Formal languages are easy to understand for computers.
5. Natural language interfaces are easy to build.

(3) 以下のうち, 上の空欄(A)に入れるのに最も適切な語句は以下のうちのどれか。 []

6. Moreover
7. Similarly
8. However
9. Fortunately

(4) 以下のうち, 上の下線部(B)を置き換えるのに最も適切な語句は以下のうちのどれか。 []

10. any query written in a natural language
11. every natural task
12. every natural knowledge
13. any rule written in a natural language

志望 専攻名		受験 番号		氏名	
-----------	--	----------	--	----	--

九州大学大学院システム情報科学府修士課程入学試験問題
4 枚中の 2

英 語

[2] 次の文章を読んで下記の問いに答えよ。(Read carefully the following article, and then answer the questions.)

[1]と同様な英文の理解力を問う応用問題ですが著作権法上の問題がありますので
出典がある問題は公開できません。

志望 専攻名		受験 番号		氏名	
-----------	--	----------	--	----	--

英 語

[3] 次の英文を日本語に訳しなさい。(Translate the following English into Japanese.)

英文和訳の問題ですが著作権法上の問題がありますので出典がある問題は公開できません。

志望 専攻名		受験 番号		氏名	
-----------	--	----------	--	----	--

英 語

[4]次の日本語を英文に直しなさい。(Translate the following Japanese into English.)

日本で携帯電話が発売されたのは1987年である。当時の携帯電話は、電池の問題や通信品質の問題から寸法が大きかった。最近では通信速度が向上し、インターネット接続やテレビ電話が可能となっている。現在、全世界で20億人以上が携帯電話を持っているという報告がある。

携帯電話：cellular phone

志望 専攻名		受験 番号		氏名	
-----------	--	----------	--	----	--

九州大学大学院システム情報科学府

知能システム学専攻・情報工学専攻・電気電子システム工学専攻・電子デバイス工学専攻
平成 19 年度 大学院修士課程 入学者選抜試験

数 学(Mathematics)

平成 18 年 9 月 5 日 (火)

13 時 30 分 ~ 15 時 30 分

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 before the command of starting.
2. 問題用紙は表紙を含めて 3 枚、解答用紙は 4 枚である。
There are three question sheets including this cover sheet, and four answer sheets.
3. 問題用紙の表紙と解答用紙の全部に、受験番号、専攻名および氏名を記入すること。
Write your examinee's number, department's name and your name on this sheet and on each answer sheet.
4. 【問題 1】～【問題 5】から 4 問を選択し解答すること。
Answer four questions out of the questions [No. 1] to [No. 5].
5. 解答用紙は 1 問につき 1 枚を使用すること。
Use one answer sheet for one question.
6. 計算用紙は配らないので、問題用紙の裏などを適宜利用すること。
Use the reverse side of the question sheets for calculating.
7. 試験終了後、問題用紙も回収する。
Do not keep the question sheets after the examination.

受験番号
(Examinee's No.)

専攻
(Department)

氏名
(Name)

【問題 1】 (25 点)

行列 $A = \begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 1 & 4 \end{pmatrix}$ について以下の問いに答えよ.

(1) A の固有値と固有ベクトルを求めよ.

(2) 数列 $\{a_n\}$, $\{b_n\}$ が

$$a_{n+1} = a_n - 2b_n, \quad b_{n+1} = a_n + 4b_n, \quad a_1 = b_1 = 1$$

を満たすとき, a_n , b_n を n の式で表せ.

【問題 2】 (25 点)

(1) 変数変換 $x = e^t$ を用いて, 次の関係式を導け.

$$x \frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dt}$$

$$x^2 \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d^2y}{dt^2} - \frac{dy}{dt}$$

(2) 次の微分方程式を解け.

$$x^2 \frac{d^2y}{dx^2} - x \frac{dy}{dx} - 3y = 9 \log x$$

【問題 3】 (25 点)

(1) ベクトル A , B , C を 3 辺とする平行六面体の体積が $|A \cdot (B \times C)|$ となることを示せ.

(2) 三次元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 とおく. 力 $F = (xy^2 + z^3)i + x^2yj + 3xz^2k$ について以下の問いに答えよ.

(a) 保存力場であることを示せ.

(b) F のスカラー・ポテンシャルを求めよ.

(c) この場の中で質点を点 $(1, -2, 1)$ から点 $(3, 1, 4)$ まで動かすときの仕事量を求めよ.

【問題 4】 (25 点)

複素平面上の単位円 $|z| = 1$ の内部における次の方程式の解の個数を求めよ.

$$F(z) = z^7 - 5z^4 + z^2 - 2 = 0$$

【問題 5】 (25 点)

X, Y をそれぞれ標準正規分布 $N(0, 1)$ に従う独立な確率変数とする. このとき, 次の問に答えよ.

- (1) (X, Y) の曲座標表示を表す確率変数を (R, Θ) , すなわち, $X = R \cos \Theta$, $Y = R \sin \Theta$ とする. このとき, (R, Θ) の同時確率密度関数が次式で与えられることを示せ.

$$p(r, \theta) d\theta dr = \frac{1}{2\pi} \exp\left(-\frac{r^2}{2}\right) r d\theta dr. \quad (r > 0, 0 \leq \theta < 2\pi)$$

- (2) 確率 $\Pr\{X_1^2 + X_2^2 \geq d^2\}$ を求めよ.

九州大学大学院システム情報科学府

知能システム学専攻・情報工学専攻・電気電子システム工学専攻・電子デバイス工学専攻
平成 19 年度 大学院修士課程 入学者選抜試験

数 学(Mathematics)

平成 18 年 9 月 5 日 (火)
13 時 30 分 ~ 15 時 30 分

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 before the command of starting.
2. 問題用紙は表紙を含めて 3 枚、解答用紙は 4 枚である。
There are three question sheets including this cover sheet, and four answer sheets.
3. 問題用紙の表紙と解答用紙の全部に、受験番号、専攻名および氏名を記入すること。
Write your examinee's number, department's name and your name on this sheet and on each answer sheet.
4. 【問題 1】～【問題 5】から 4 問を選択し解答すること。
Answer four questions out of the questions [No. 1] to [No. 5].
5. 解答用紙は 1 問につき 1 枚を使用すること。
Use one answer sheet for one question.
6. 計算用紙は配らないので、問題用紙の裏などを適宜利用すること。
Use the reverse side of the question sheets for calculating.
7. 試験終了後、問題用紙も回収する。
Do not keep the question sheets after the examination.

受験番号
(Examinee's No.)

専攻
(Department)

氏名
(Name)

【No. 1】 (25 Points)

$$\text{Let } A = \begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 1 & 4 \end{pmatrix}.$$

- (1) Give the eigenvalues and the corresponding eigenvectors of A .
- (2) Let $\{a_n\}$, $\{b_n\}$ be sequences of numbers satisfying

$$a_{n+1} = a_n - 2b_n, \quad b_{n+1} = a_n + 4b_n, \quad a_1 = b_1 = 1.$$

Express a_n and b_n by n .

【No.2】 (25 Points)

- (1) Derive the following relationships with a variable transformation $x = e^t$:

$$x \frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dt},$$

$$x^2 \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d^2y}{dt^2} - \frac{dy}{dt}.$$

- (2) Solve the following differential equation:

$$x^2 \frac{d^2y}{dx^2} - x \frac{dy}{dx} - 3y = 9 \log x$$

【No. 3】 (25 Points)

- (1) Show that the volume of parallelepiped defined by the three vectors \mathbf{A} , \mathbf{B} , and \mathbf{C} is given by $|\mathbf{A} \cdot (\mathbf{B} \times \mathbf{C})|$.
- (2) The unit vectors on x , y and z axis of Cartesian coordinates are denoted \mathbf{i} , \mathbf{j} , \mathbf{k} respectively. Given the force field \mathbf{F} : $\mathbf{F} = (xy^2 + z^3)\mathbf{i} + x^2y\mathbf{j} + 3xz^2\mathbf{k}$.
 - (a) Show that \mathbf{F} is the conservative field.
 - (b) Find the scalar potential for \mathbf{F} .
 - (c) Find the work that the mass point moved in the displacement from point $(1, -2, 1)$ to point $(3, 1, 4)$.

【No. 4】 (25 Points)

Find the number of roots of $F(z) = 0$ inside $|z| = 1$ in the complex plane.

$$F(z) = z^7 - 5z^4 + z^2 - 2$$

【No. 5】 (25 Points)

Let X, Y be independent random variables according to the standard normal distribution $N(0, 1)$. Answer the following questions.

- (1) Let R and Θ be random variables which correspond to the polar coordinate representation for (X, Y) , i.e. let $X = R \cos \Theta$ and $Y = R \sin \Theta$. Prove that the joint probability density function of (R, Θ) is given by

$$p(r, \theta) d\theta dr = \frac{1}{2\pi} \exp\left(-\frac{r^2}{2}\right) r d\theta dr. \quad (r > 0, 0 \leq \theta < 2\pi)$$

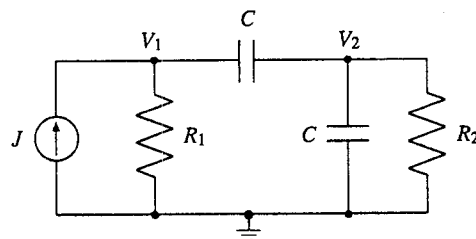
- (2) Find the probability $\Pr\{X_1^2 + X_2^2 \geq d^2\}$.

志望専攻名		受験番号		氏名	
-------	--	------	--	----	--

平成19年度大学院入学試験 電気回路 (平成18年9月6日)

【4問中の1】図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 rad/s とする。

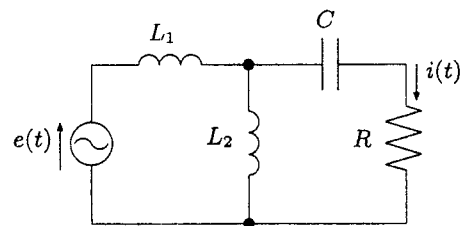
- (1) 節点電位 V_1, V_2 に対する節点方程式を求めよ。
- (2) V_2 と J が同位相となる角周波数 ω を求めよ。



志望専攻名		受験番号		氏名	
-------	--	------	--	----	--

平成19年度大学院入学試験 電気回路 (平成18年9月6日)

【4問中の2】図の回路の電流 $i(t)$ を求めよ。ただし、 $L_1 = 1 \text{ H}$, $L_2 = 3 \text{ H}$, $C = 1 \text{ F}$, $R = 1 \Omega$, $\omega = 2 \text{ rad/s}$, $e(t) = 40\sqrt{2} \sin 2t \text{ V}$ とする。

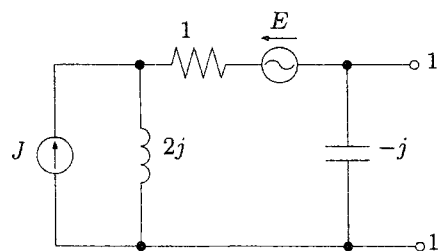


志望専攻名		受験番号		氏名	
-------	--	------	--	----	--

平成 19 年度大学院入学試験 電気回路 (平成 18 年 9 月 6 日)

【4 問中の 3】 図の回路について次の問いに答えよ。ただし、図中の数値の単位は Ω である。

- (1) 端子対 1-1' から見たテブナンの等価電圧源を求めよ。
- (2) $|J| = 10 \text{ A}$, $|E| = 5 \text{ V}$, J と E は同位相であるとする。インピーダンスが $Z_l = 1 - \frac{1}{2}j \Omega$ の負荷を端子 1, 1' 間に接続するとき、負荷で消費される平均電力を求めよ。



志望専攻名		受験番号		氏名	
-------	--	------	--	----	--

平成19年度大学院入学試験 電気回路 (平成18年9月6日)

【4問中の4】 次の2問のうち1問を選択して解答せよ。

[4a] 図 a の回路において電源電圧 $E_1 = 2 \text{ V}$, $E_2 = j \text{ V}$ のとき電流 $I = 1 \text{ A}$ が流れた。 R, X の値を求めよ。ただし, E_1, E_2, I はフェーザを表す。

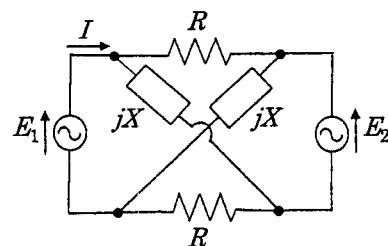


図 a

[4b] 図 b の回路で, $t = 0$ において電源を直流電池 E から交流電源 $e(t) = E_m \sin(\omega t + \theta)$ に瞬時に切り換える。このとき, $t > 0$ における電流 $i(t)$ を求めよ。ただし, 電源を切り換える直前に回路は定常状態にあるとする。

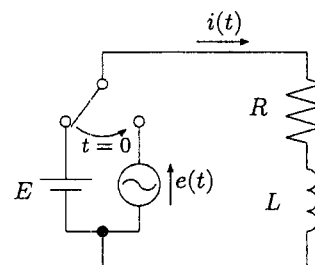


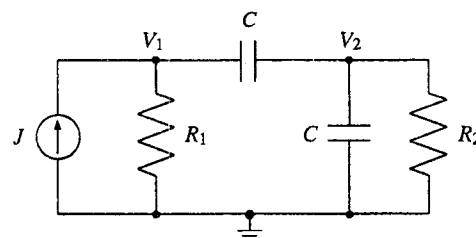
図 b

Desired Department		Examinee's Number		Name	
-----------------------	--	----------------------	--	------	--

Electric Circuits (2007 ISEE Entrance Examination, Sep.6, 2006)

[1] Answer the following questions about the circuit in the figure where the angular frequency of the current source is ω rad/s.

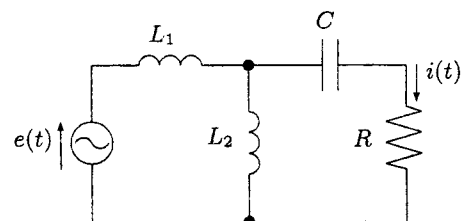
- (1) Write the nodal equations for the node voltages V_1 and V_2 .
- (2) Find the angular frequency ω at which V_2 and J are in phase.



Desired Department		Examinee's Number		Name	
-----------------------	--	----------------------	--	------	--

Electric Circuits (2007 ISEE Entrance Examination, Sep.6, 2006)

[2] Find the current $i(t)$ shown in the figure where $L_1 = 1$ H, $L_2 = 3$ H, $C = 1$ F, $R = 1 \Omega$, $\omega = 2$ rad/s, and $e(t) = 40\sqrt{2} \sin 2t$ V.

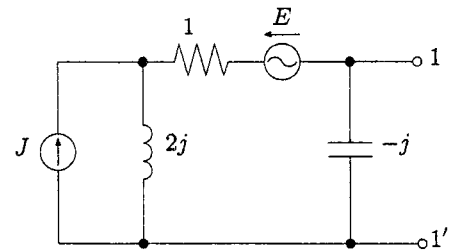


Desired Department		Examinee's Number		Name	
-----------------------	--	----------------------	--	------	--

Electric Circuits (2007 ISEE Entrance Examination, Sep.6, 2006)

[3] Answer the following questions about the circuit shown in the figure where the values of elements are in Ohms.

- (1) Find the Thévenin equivalent source at terminals 1 and 1'.
- (2) Assume that $|J| = 10$ A, $|E| = 5$ V, and J and E are in phase. When a load with impedance $Z_l = 1 - \frac{1}{2}j \Omega$ is connected between terminals 1 and 1', find the average power dissipated in the load.



Desired Department		Examinee's Number		Name	
-----------------------	--	----------------------	--	------	--

Electric Circuits (2007 ISEE Entrance Examination, Sep.6, 2006)

[4] Choose one of the following two questions and answer it.

[4a] Consider the circuit shown in Fig.a where the voltage source $E_1 = 2 \text{ V}$, $E_2 = j \text{ V}$, the current $I = 1 \text{ A}$. Find the values of R and X . Here, E_1 , E_2 and I represent phasors.

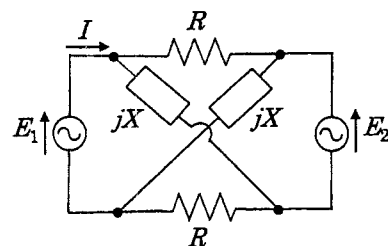


Fig.a

[4b] In the circuit shown in Fig.b, the voltage source is switched from DC source E to AC source $e(t) = E_m \sin(\omega t + \theta)$ at $t = 0$. Find the current $i(t)$ for $t > 0$ under the assumption that the circuit is in steady state before the source is switched.

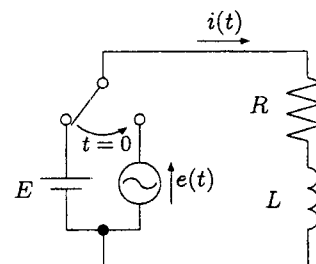


Fig.b

問1. 図1のように、 $x=0$ と $x=d$ におかれた面積が S の平行平板電極の間が、誘電率 ε 、抵抗率 ρ の媒質で満たされている。誘電率 ε と抵抗率 ρ は、一方の電極からの距離 x に対して、 $\varepsilon(x)=\varepsilon_0 \exp[ax]$ 、 $\rho(x)=\rho_0 \exp[bx]$ のように変化している。電極の両端を起電力が V の電源に接続したとき、以下の問いに答えよ。ただし、系は定常状態にあるものとする。また、電極の端効果は無視できるものとする。

- (1) 電極間の抵抗を求めよ。
- (2) 電界 E および電束密度 D を場所 x の関数として表わせ。
- (3) 誘電体内の真電荷密度の分布を求めよ。
- (4) $x=d$ における媒質表面の分極面電荷密度を求めよ
- (5) それぞれの電極の電荷量を求めよ。

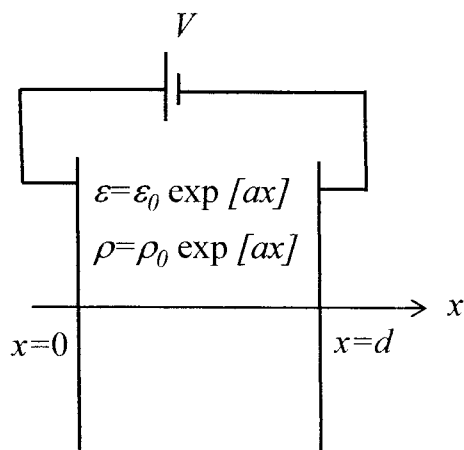


図 1

問2. 次の各設問に答えよ。

- (1) 図2-1のように半径 a の2本の極めて長い直線導体を中心軸間の距離 d ($d \gg a$)を隔てて真空中に平行に置かれているとき、単位長当たりの静電容量を求めよ。ただし、真空の誘電率は ε_0 とする。
- (2) さらに、図2-2に示すように2本の導体に電位差 V を与えると、単位長当たりに働く力を求めよ。
- (3) 図2-3のように半径 a 、長さ l ($l \gg a$)の円柱導体棒2本を、電気伝導率 σ の媒質の中に十分離れた間隔 d ($d \gg a$)をおいて平行に入れるとき、両導体棒間の抵抗を求めよ。

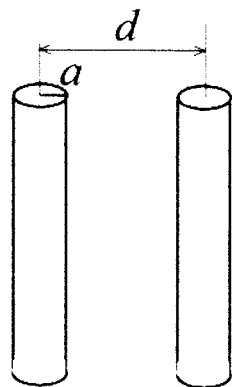


図 2-1

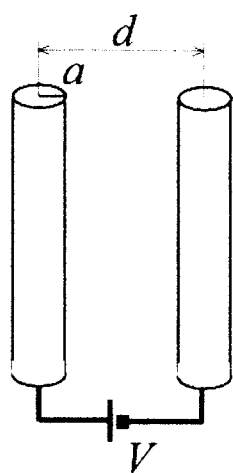


図 2-2

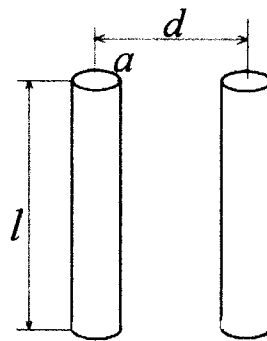
電気伝導率： σ

図 2-3

問 3. 真空中（透磁率 μ_0 ）で、図 3 のように、十分長い同軸円筒往復導体に直流電流 I を通電しているとき、次の間に答えよ。ただし、電流は、内導体の外側表面と外導体の内側表面に流れているものとする。

(1) 磁束密度 $\mathbf{B}(r)$ の分布を求め、簡単に図示せよ。

(2) ベクトルポテンシャル $\mathbf{A}(r)$ を求め、簡単に図示せよ。ただし、 $\mathbf{A}(c)=0$ とする。

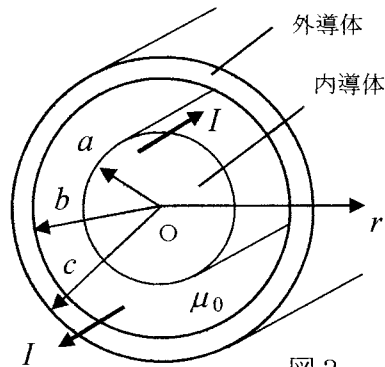


図 3

問 4. 図 4 に示すように形状の等しい二つの磁性体を用いた平均半径 a 、断面積 S のドーナツ状コアに巻数 N_1 と N_2 のコイルが巻かれている。ただし、左右のコア（コア 1、2）の透磁率を μ_1, μ_2 とする。また、 $a \gg S^{1/2}$ とし、漏れ磁束は無いとする。

(1) コイル 2 の端子を開放し、コイル 1 に電流 I_1 を流した時の、コア 1、2 内の磁界を $\mathbf{H}_1, \mathbf{H}_2$ 、磁束密度を $\mathbf{B}_1, \mathbf{B}_2$ とする。このとき、アンペアの法則を $\mathbf{H}_1, \mathbf{H}_2$ を用いて示せ。また、磁界に対する境界条件を示し、 $\mathbf{H}_1, \mathbf{H}_2, \mathbf{B}_1, \mathbf{B}_2$ の大きさを求めよ。

(2) コイル 1 の自己インダクタンス L_1 を求めよ。

(3) コイル 1 とコイル 2 の間の相互インダクタンス M を求めよ。

(4) コイル 2 の両端に抵抗 R を接続し、コイル 1 に時間的に変動する電流 $I_1(t)$ を流した。このとき、コイル 2 に流れる電流を $I_2(t)$ とする。コア 2 内の磁束密度 \mathbf{B}_2 の大きさを I_1, I_2 を用いて求めよ。また、コイル 2 に鎖交する磁束 Φ_2 を求めよ。

(5) 上記の場合、コイル 2 の両端に発生する電圧が $V_2=I_2R$ となることを用いて、電流 I_1 と I_2 の関係を表す方程式を求めよ。

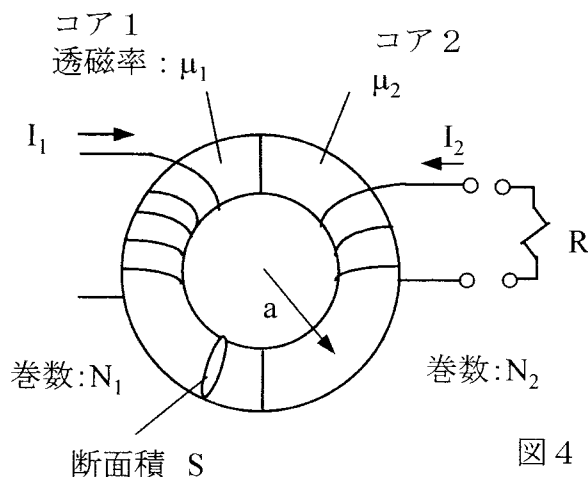


図 4

1. As shown in Fig. 1, two plane electrodes with a surface area of S are placed in parallel at $x=0$ and $x=d$, respectively. The space between the electrodes is filled with the material of dielectric constant ε and resistivity ρ . The dielectric constant and the resistivity are given by $\varepsilon(x) = \varepsilon_0 \exp[ax]$ and $\rho(x) = \rho_0 \exp[bx]$ as a function of x , respectively. A battery of voltage V is applied across the electrodes. Answer the following questions. The system is in steady state. The edge effect can be neglected.

- (1) Find the resistance between the electrodes.
- (2) Show the electric field E and the electric flux density D as a function of x .
- (3) Find the spatial distribution of the true electric charge in the material.
- (4) Find the surface density of the polarized charge on the material surface at $x=d$
- (5) Find the charge on each electrode.

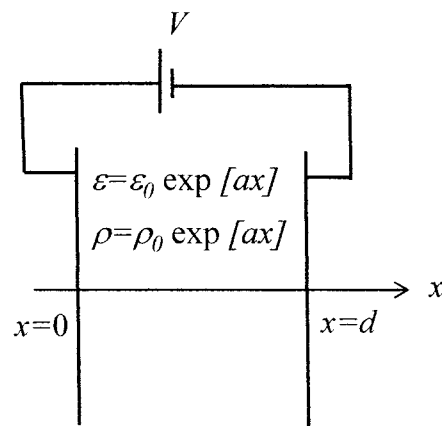


Fig. 1

2. Answer the following questions.

- (1) Two extremely long cylindrical conductors of radius a are separated in vacuum of dielectric constant ε_0 by distance d ($d \gg a$) as shown in Fig.2-1. Find the capacitance per unit length.
- (2) Then, a battery of voltage V is applied across two extremely long cylindrical conductors as shown in Fig.2-2. Find the electric force per unit length.
- (3) As shown in Fig.2-3, two cylindrical conductors of radius a and length l are separated by a distance d ($d \gg a$) in the material of electrical conductivity σ . Find the resistance between two conductors.

In all cases, The edge effect can be neglected.

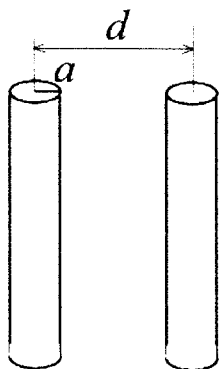


Fig. 2 - 1

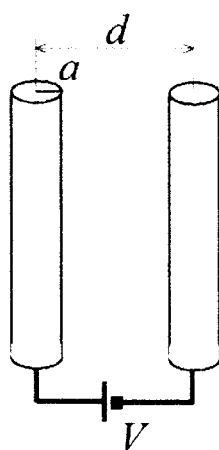


Fig. 2 - 2

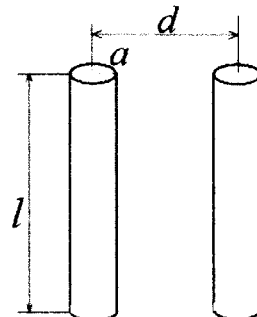


Fig. 2 - 3

3. As shown in Fig. 3, there exists a long co-axial cable with a direct transport current I in vacuum of permeability μ_0 , where I flows on the surface of the inner conductor and on the inner surface of the outer conductor. Answer the following questions.

- (1) Find the magnetic flux density $\mathbf{B}(r)$, and illustrate it schematically.
- (2) Find the distribution of vector potential $\mathbf{A}(r)$, under the condition of $\mathbf{A}(c) = 0$, and illustrate it schematically.

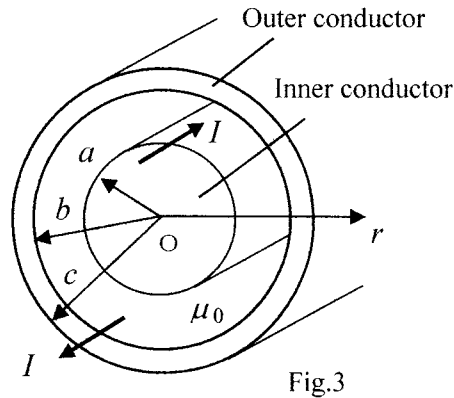


Fig.3

4. There is a toroidal core made of two magnetic materials. Half of the toroidal core (core 1) has a permeability μ_1 , while the other half of the core (core 2) has a permeability μ_2 . The mean diameter and the cross sectional area of the core are a and S , respectively. Two coils with number of turns N_1 and N_2 are wound. We assume that $a \gg S^{1/2}$ and that there is no leakage flux from the core.

- (1) A current I_1 is supplied to the coil 1, while the terminals of the coil 2 are opened. Find the magnetic field H_1 and H_2 , and the magnetic flux density B_1 and B_2 in the core 1 and the core 2, respectively, by using the Ampere's law and the boundary conditions for \mathbf{H} and \mathbf{B} .
- (2) Find the self-inductance L_1 of the coil 1.
- (3) Find the mutual inductance M between the coil 1 and the coil 2.
- (4) Let's consider the case where a resistance R is connected between the terminals of the coil 2, and a time varying current $I_1(t)$ is supplied to the coil 1. In this case, a current I_2 is induced in the coil 2. Find the magnetic flux density B_2 in the core 2 generated by the currents I_1 and I_2 , and the magnetic flux Φ_2 interlinking the coil 2.
- (5) Derive the equation that shows the relation between I_1 and I_2 by using the fact that the voltage across the coil 2 is given by $V_2 = I_2 R$.

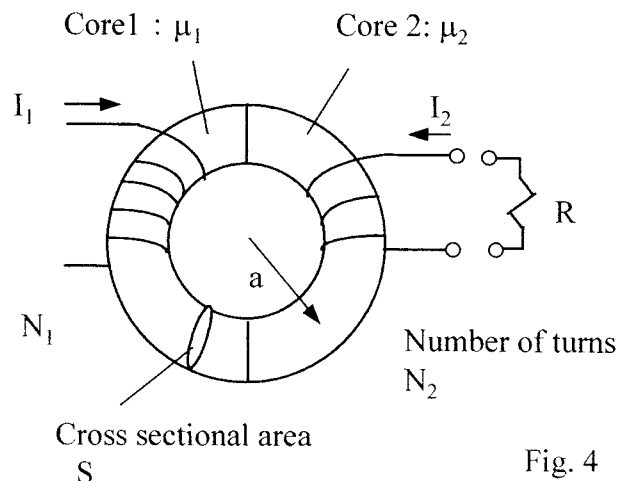


Fig. 4

計算機工学

2006年9月5日(火) 10:50~12:20

(注意)

- ・問題は6題ある. 6題中から4題を選んで解答せよ(各問25点)
- ・解答用紙は全部で4枚ある. 1枚に1題の解答を記入すること. 裏を使用してもよい.

[問題1]

あるプログラム A をプロセッサ P で実行した場合, 実行時間は 100 秒であった. また, そのうち 20% が乗算命令の実行に, 40% がメモリアクセス命令の実行に, 40% がこれら以外の命令の実行に費やされた. ここで, プロセッサ P において, 乗算命令ならびにメモリアクセス命令の実行能力を改善することを考える. ただし, これらの改善による他命令実行への悪影響は全く無いと仮定する. 以下の問に答えよ.

1. 乗算命令の実行速度だけを従来の 2 倍に改善した場合のプログラム A の実行における実行時間を求めよ. また, 乗算命令の実行時間を向上させる具体的な方法について考えられるものを述べよ (複数可).
2. メモリアクセス命令の実行は, キャッシュメモリのミスヒットによる遅延の影響がその半分を占めた. キャッシュのヒット率を向上させるためには, ハードウェアおよびソフトウェアでどのような手段が考えられるか. その方法を述べよ (複数可). また, この改善 ((1) の改善は行わないとする) によってキャッシュのヒット率が向上し, メモリアクセス命令の実行時間が半分になったときのプログラム A の実行時間を求めよ.
3. 1 と 2 の改善を同時に行った場合のプログラム A の実行時間を求めよ.

[問題2]

2ビットで表される2つの2進整数 $A = (a_1, a_0)$, $B = (b_1, b_0)$ を入力として, 3ビットの2進整数 $C = (c_2, c_1, c_0)$ を出力する4ビット入力3ビット出力論理関数 $(c_2, c_1, c_0) = F(a_1, a_0, b_1, b_0)$ と3ビットの2進整数 $C = (c_2, c_1, c_0)$ を入力として1ビットの値を出力する3ビット入力1ビット出力論理関数 $d = G(c_2, c_1, c_0)$ を図1の様に組み合わせて

$$d = H(a_1, a_0, b_1, b_0) = G(F(a_1, a_0, b_1, b_0))$$

という4ビット入力1ビット出力論理関数を作るものとする.

ただし, $a_1, a_0, b_1, b_0, c_2, c_1, c_0, d$ は全て論理変数で, 整数 A, B, C は

$$A = 2 \times a_1 + a_0, \quad B = 2 \times b_1 + b_0$$

$$C = 4 \times c_2 + 2 \times c_1 + c_0$$

と表されるものとする.

以下の問いに答えよ.

(1) 論理関数 F が A, B を2進整数と見なしたときに $F(A, B) = A + B$ を計算しているものとするとき, 論理関数 F の各出力 (c_2, c_1, c_0) の真理値表を示せ.

(2) 論理関数 G が図2の真理値表で与えられるものとするとき, 論理関数 H の真理値表を示せ. ただし表中の * はドントケア値を表し, その入力の時の出力値が0/1 どちらでもよいことを表すものとする.

(3) 論理関数 H を満たす積項数最小の積和形論理式を求めよ. ただし, ドントケア値は0/1 どちらの値でもよいものとする.

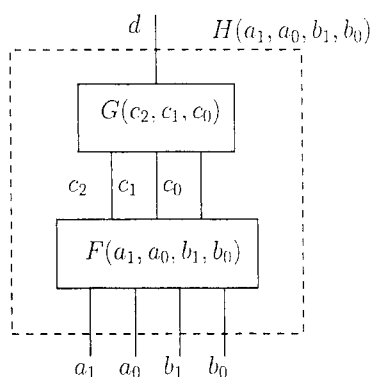


図 1: 論理関数 H の合成

c_2	c_1	c_0	G
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	*
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	*
1	1	1	1

図 2: 論理関数 G の真理値表

[問題3]

(小問 1) 以下の中置記法の式について、以下の質問に答えよ.

$$((a * x + b) * x + c) * x + d$$

- ① 後置記法 (逆ポーランド記法) に変換せよ.
- ② 対象とする仮想計算機をスタックマシンとして、アセンブリ言語で表現せよ. このスタックマシンに用意されている命令は以下の通りである.

add	スタックから 2 つの要素を pop し, 加算し, 結果をスタックに push する.
mul	スタックから 2 つの要素を pop し, 乗算し, 結果をスタックに push する.
push x	スタックに x を push する. x には名前や数を指定できる.

(小問 2) 次の文法 G を考える. E, E', T, T', F は非終端記号, +, -, *, /, (,), x, y は終端記号である. 開始記号は E である. ε は空, 縦棒 (|) は「または」を意味する.

$$\begin{aligned} E &\rightarrow TE' \\ E' &\rightarrow +TE' \mid -TE' \mid \varepsilon \\ T &\rightarrow FT' \\ T' &\rightarrow *FT' \mid /FT' \mid \varepsilon \\ F &\rightarrow (E) \mid x \mid y \end{aligned}$$

- ① 下記のうちこの文法で生成できる終端記号列はいくつあるか.
 - ・ $x * (y + x) + x * x$
 - ・ $x * xy * y$
 - ・ $+(x * y)$
 - ・ $(++x * ++y) * x$
 - ・ $(-x + y) * (x - y)$
- ② 任意の生成規則「 $A \rightarrow \alpha \mid \beta$ 」において, 入力先頭記号を見るだけで A が α を生成すべきか, β を生成すべきかがわかる文法になっているとき, その文法は LL(1) 文法であるという. この文法が LL(1) 文法かどうかを答えよ.
- ③ 記号列 α の先頭記号となりうる終端記号の集合を $\text{First}(\alpha)$ とするとき, $\text{First}(E)$, $\text{First}(E')$, $\text{First}(T)$, $\text{First}(T')$, $\text{First}(F)$ を答えよ.
- ④ 非終端記号 A の後に続くうる終端記号の集合を $\text{Follow}(A)$ とするとき, $\text{Follow}(E)$,

Follow(E'), Follow (T), Follow(T'), Follow(F)を答えよ.

- ⑤ 非終端記号 A, 記号列 α について, $\text{Director}(A, \alpha) = \{ a \mid (a \text{ が終端記号 AND } a \in \text{First}(\alpha)) \text{ OR } (\alpha \text{ が最終的に } \varepsilon \text{ を生成する AND } a \in \text{Follow}(A)) \}$ とする. 生成規則 $A \rightarrow \alpha$ によって A から α を生成してもよいのは, そのときの入力の先頭記号が $\text{Director}(A, \alpha)$ に含まれているときであることに気をつけよ. $\text{Director}(E, TE')$, $\text{Director}(T, FT')$ を求めよ.

※ α に 1 つ以上の生成規則を 1 回以上適用した結果, ε が生成されるとき, 「 α が最終的に ε を生成する」と呼ぶことにする.

[問題4]

仮想記憶システムは, ページングシステムとする. 次の仮想ページ参照列を考える.

0, 3, 1, 4, 0, 2, 1, 3, 2, 4, 2

物理メモリのページフレーム (物理ページ) を 3 として, 次のページ置き換え (Page replacement) アルゴリズムに対して, 物理メモリ内で仮想ページが置き換わる様子と, ページフォールト数を求めよ. このとき, 最初は, 全てのページフレームは空であるとする.

a) FIFO (First-In First-Out) アルゴリズム

b) LRU (Least Recently Used) アルゴリズム

c) 最適ページ置き換えアルゴリズム (The Optimal Page Replacement Algorithm)

[問題5]

- (1) 次に示す3つのリレーション **SUPPLIER** と **STOCK** と **PRODUCT** がリレーショナルデータベースに定義されている。これらのリレーションは、それぞれ、供給者 (suppliers) と在庫 (stocks) と製品 (products) を表す。

```
SUPPLIER(sid, sname)
STOCK(sid, pid, stocklevel)
PRODUCT(pid, pname, width, height)
```

- (a) 自然言語(natural language)で書かれた次の文に等価な SQL 文を書きなさい。
Get 'pname' and 'width' for products with 'height' greater than twelve.
- (b) 自然言語(natural language)で書かれた次の文に等価な SQL 文を書きなさい。
Get the total number of suppliers.
- (c) 次の SQL 文に等価な文を自然言語(natural language)で書きなさい。
解答は日本語でよい。

```
SELECT pname
FROM PRODUCT
WHERE PRODUCT.pid IN
  ( SELECT STOCK.pid
    FROM STOCK
    WHERE stocklevel > 10 );
```

- (d) 次の SQL 文に等価な関係代数(relational algebra)を書きなさい

```
SELECT sname
FROM SUPPLIER, STOCK, PRODUCT
WHERE SUPPLIER.sid = STOCK.sid AND
      STOCK.pid = PRODUCT.pid AND
      width > 100;
```

- (e) このデータベースの実体関連図 (entity-relationship diagram) を書きなさい。
この実体関連図には、**SUPPLIER** と **PRODUCT** という2つの実体があり、**STOCK** という1つの関連がある。

- (2) リレーショナルデータベースにおける次の語句を説明しなさい。

- (a) schema
- (b) tuple
- (c) multivalued dependency

- (3) 次の SQL 文を考える。

```
SELECT *
FROM R
WHERE R.name = 'Red';
```

この SQL 文では、**name** はリレーション **R** のプライマリキー (primary key) である。上記の SQL 文を高速に評価できるようにするための、**R** 上のデータ構造を説明しなさい。こうしたデータ構造を使い、上記の SQL 文を高速に評価できるようになる理由を具体的に説明しなさい。

(4) SQL 文で使われる次の語句の意味を説明しなさい.

(a) ROLLBACK

(b) COMMIT

[問題6]

集合 $A = \{1, 2, \dots, m\}$ の全要素を格納するリスト L を考える. 初期状態は $L = \langle 1, 2, \dots, m \rangle$

とする. A の要素の列 $S = x_1, x_2, \dots, x_n$ の各要素 x_i に対し, この順で以下のようにリストを更新する.

- ・ L の中から x_i を見つける
- ・ x_i を L 中の現在の場所から削除し, L の先頭に加える

このとき以下の問いに答えよ.

(1) L が単方向連結リストで表現されているとする. x_i が L の先頭から d 番目にあるときの, 上記の操作を行う計算量を求めよ.

(2) A のある要素 c が S 中に k 回出現し, それらの S 中の位置を p_1, p_2, \dots, p_k とする

(つまり $x_{p_i} = c$). $p_i - p_{i-1}$ ($i = 2, 3, \dots, k$) の平均値が $\frac{n}{k-1}$ 以下であることを示せ.

(3) x_i が L の先頭から d 番目にあるときに上記の操作を $O(\log d)$ 時間で行えるデータ構造が存在するとする. A のある要素 c が S 中に k 回出現するときに, S 中の全ての c に対してリストを更新するときの計算量の上界を求めよ.

計算機工学(Computer Science & Engineering)

2006年9月5日(火) 10:50~12:20

September 5, 2006, 10:50-12:20

(注意)

- ・問題は6題ある. 6題中から4題を選んで解答せよ(各問25点)
- ・解答用紙は全部で4枚ある. 1枚に1題の解答を記入すること. 裏を使用してもよい.

(Note)

There are six questions. Choose four questions out of the six ones and answer them (25 points for each problem).

You have four sheets for your answering the questions. Write your answer for each question on a single sheet. You may also use its reverse side, if necessary.

[問題1][Question 1]

Execution time of a program A on a processor P is 100 seconds. 20% of the time is used for multiplication instructions, 40% of time is used for memory access instructions and 40% is used for other instructions. Assume improvements of speed-up of the processor P in the following ways. In each improvement, there is no side-effect for the execution time of other instructions.

1. Suppose the execution time of the multiplication instructions is reduced into half. Answer the total execution time of the program A. Answer also methods how to improve the speed of the multiplication instruction.
2. In the execution time of memory access instructions, half of them are occurred by miss-hit of cache memory. Answer the methods how to improve the hit-rate of the cache by software and hardware techniques. Answer the execution time of the program A, when the time of memory access instructions are reduced into half. Suppose we don't apply the improvement of multiplication discussed in 1.
3. When we apply both improvements of 1 and 2, answer the execution time of program A.

[問題2] [Question 2]

Suppose a 4-bits input 3-bits output logic function $(c_2, c_1, c_0) = F(a_1, a_0, b_1, b_0)$ whose inputs are two 2-bits binary number $A = (a_1, a_0)$ and $B = (b_1, b_0)$ and whose output is 3-bit binary number $C = (c_2, c_1, c_0)$ and a 3-bits input 1-bit output logic function $d = G(c_2, c_1, c_0)$ whose inputs are one 3-bits binary number $C = (c_2, c_1, c_0)$ and whose output is a 1-bit number d . Also, Let H be a 4-bits input 1-bit output logic function composed from F and G using the following equation (Figure 3).

$$d = H(a_1, a_0, b_1, b_0) = G(F(a_1, a_0, b_1, b_0))$$

Note: $a_1, a_0, b_1, b_0, c_2, c_1, c_0, d$ are all logic (Boolean) variables. The relation between binary numbers A, B, C and logic variables is as follows.

$$A = 2 \times a_1 + a_0, \quad B = 2 \times b_1 + b_0$$

$$C = 4 \times c_2 + 2 \times c_1 + c_0$$

Answer the questions below

(1) When F calculates a sum of A and B , i.e. $C = F(A, B) = A + B$, depict the truth table for c_2, c_1, c_0 of F .

(2) Assume the truth table for G is given in Figure 4. Depict the truth table for H . A symbol '*' stands for "don't care" value, which means either 0 or 1 is allowed for this entry.

(3) Derive the "minimum" Sum-Of-Product expression representing H . A Sum-Of-Product expression is called minimum when the number of product terms is minimum. Again, you can use "don't care" value as 0 or 1.

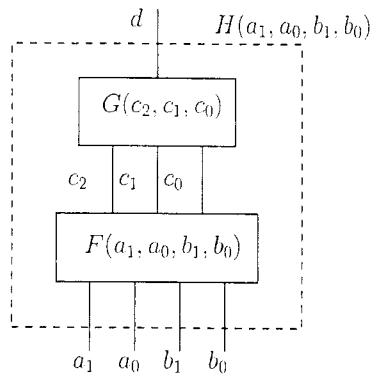


図 3: Composition of H

c_2	c_1	c_0	G
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	*
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	*
1	1	1	1

図 4: Truth table for G

[問題3] [Question 3]

Q-1: Answer the questions relating to the following expression in infix notation.

$$((a * x + b) * x + c) * x + d$$

- (1) Convert the expression into postfix (or reverse Polish) notation.
- (2) Suppose the virtual stack machine equipping the instructions shown in the following table. Translate the above expression into the equivalent assembly language instruction sequence of the virtual stack machine.

add	Pops a couple of elements from the stack, adds the elements, and pushes the result in the stack.
mul	Pops a couple of elements from the stack, multiplies the elements, and pushes the result in the stack.
push x	Pushes x in the stack. A name or a number can be specified as x.

Q-2: Answer the questions relating to the following grammar G. E, E', T, T' and F are non-terminal symbols and +, -, *, /, x, y, (and) are terminal symbols. The start symbol is E. ε means empty. | means "or".

$$\begin{aligned}
 E &\rightarrow TE' \\
 E' &\rightarrow +TE' \mid -TE' \mid \varepsilon \\
 T &\rightarrow FT' \\
 T' &\rightarrow *FT' \mid /FT' \mid \varepsilon \\
 F &\rightarrow (E) \mid x \mid y
 \end{aligned}$$

- ① How many are there terminal symbol sequences produced from this grammar in the following list?
 - $x * (y + x) + x * x$
 - $x * xy * y$
 - $+(x * y)$
 - $(++x * ++y) * x$
 - $(-x + y) * (x - y)$
- ② If the first symbol of the input can determine which A should produce either α or β for any production rule $A \rightarrow \alpha \mid \beta$ in a grammar, we say the grammar is *LL(1)*.

Answer if the above grammar is LL(1) or not.

- ③ $\text{First}(\alpha)$ is a set of terminal symbols that may be a first symbol of a symbol sequence α . Answer $\text{First}(E)$, $\text{First}(E')$, $\text{First}(T)$, $\text{First}(T')$, and $\text{First}(F)$.
- ④ $\text{Follow}(A)$ is a set of terminal symbols that may follow a non-terminal symbol A . Answer $\text{Follow}(E)$, $\text{Follow}(E')$, $\text{Follow}(T)$, $\text{Follow}(T')$, and $\text{Follow}(F)$.
- ⑤ $\text{Director}(A, \alpha)$ is defined as $\{a \mid (a \text{ is a terminal symbol AND } a \in \text{First}(\alpha)) \text{ OR } (\alpha \text{ can finally produce } \varepsilon \text{ AND } a \in \text{Follow}(A))\}$ where A is a non-terminal symbol and α is a symbol sequence. Note that a production rule $A \rightarrow \alpha$ can produce α from A if the first terminal symbol of the input is in $\text{Director}(A, \alpha)$. Answer $\text{Director}(E, TE')$ and $\text{Director}(T, FT')$.
- ※ We say " α finally produces ε " if sequential application of one or more production rules to α can produce ε .

[問題4] [Question 4]

We consider the paging systems as virtual memory system and 3 page frames (physical pages) of main memory. We consider the following virtual page reference string.

0, 3, 1, 4, 0, 2, 1, 3, 2, 4, 2

For each following page replacement algorithm, show the snapshot in the main memory for each virtual page reference and the number of the page faults for the above reference string. Initially, all page frames are assumed to be empty.

- FIFO (First-In First-Out) algorithm
- LRU (Least Recently Used) algorithm
- The Optimal Page Replacement Algorithm

[問題5] [Question 5]

- (1) The following three relations **SUPPLIER**, **STOCK** and **PRODUCT** are defined in a relational database. The three relations represent suppliers, stocks and products, respectively.

```
SUPPLIER(sid, sname)
STOCK(sid, pid, stocklevel)
PRODUCT(pid, pname, width, height)
```

- (a) Translate the following natural language into SQL.
Get 'pname' and 'width' for products with 'height' greater than twelve.
- (b) Translate the following natural language into SQL.
Get the total number of suppliers.
- (c) Translate the following SQL into natural language.

```
SELECT pname
FROM PRODUCT
WHERE PRODUCT.pid IN
    ( SELECT STOCK.pid
      FROM STOCK
      WHERE stocklevel > 10 );
```

- (d) Translate the following SQL into relational algebra.

```
SELECT sname
FROM SUPPLIER, STOCK, PRODUCT
WHERE SUPPLIER.sid = STOCK.sid AND
      STOCK.pid = PRODUCT.pid AND
      width > 100;
```

- (e) Draw an entity-relationship diagram of the database. In the diagram, there are two entities **SUPPLIER** and **PRODUCT**, and there are one relationship **STOCK**.

- (2) Explain the following terms of relational database.

- (a) schema
- (b) tuple
- (c) multivalued dependency

- (3) Consider the following SQL statement.

```
SELECT *
FROM R
WHERE R.name = 'Red';
```

In this SQL statement, **name** is the primary key of the **R** relation. Explain the data structure on **R** to evaluate the above SQL statement quickly. How does the data structure fasten the evaluation?

- (4) Explain the following words used in SQL statements

- (a) ROLLBACK
- (b) COMMIT

[問題6][Question 6]

Consider a list L storing all the elements of a set $A = \{1, 2, \dots, m\}$. Assume that at the initial step $L = \langle 1, 2, \dots, m \rangle$. For each element x_i in a sequence $S = x_1, x_2, \dots, x_n$ which consists of elements in A , update the list as follows.

- Search L for x_i .
- Remove x_i from the current position in L , and insert it at the head of L .

(1) Assume that L is represented by a one-directional linked list. Give the time complexity of the above operation when x_i is at the d -th position of L .

(2) Assume that an element $c \in A$ appears k times in S . Let p_1, p_2, \dots, p_k be positions of the element in S , that is, $x_{p_i} = c$. Show that the average value of

$p_i - p_{i-1}$ ($i = 2, 3, \dots, k$) is at most $\frac{n}{k-1}$.

(3) Assume that there exists a data structure which performs the above operation for an element x_i in $O(\log d)$ time if x_i is at the d -th position of L . Give an upper-bound of the time complexity to update the list for all k element $c \in A$ in S .

平成19年度九州大学大学院システム情報科学府修士課程
電気電子システム工学専攻

電気電子システム工学試験問題

次の問題から1科目を選択し、その科目名を解答用紙の表紙に明示して解答しなさい。

1. 電子回路
2. 制御工学
3. 電力工学
4. エネルギー変換工学

電子回路

試験問題

平成18年9月6日(水) 10:50~12:20

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。

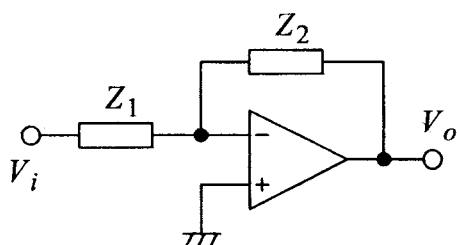


図1

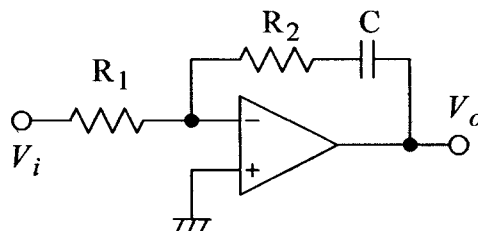


図2

2. 図3に示すクランプに対し、図4に示す入力電圧 V_i を与えたときの出力電圧 V_o の波形を図示し、回路の動作を説明せよ。但し、ダイオード D の等価直列抵抗を r で表し、それ以外の性質は理想的であるとする。また、条件 $r \ll (T/C) \ll R$ が成り立つとする。

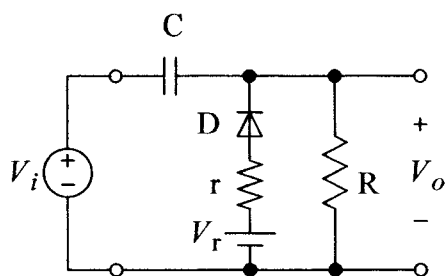


図3

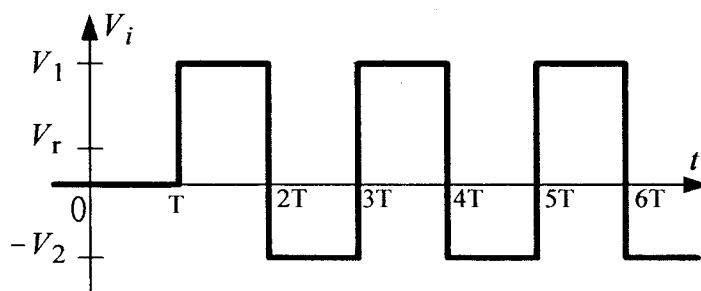


図4

問題 1

ある線形時不変システムに時刻 $t = 0$ 以降は特定の角周波数 ω の正弦波 $\sin \omega t$ のみを入力する．時刻 $t \rightarrow \infty$ の極限において，このシステムの出力は，適当な定数 A と ϕ を用いて $A \sin(\omega t + \phi)$ と表すことが出来ない．そのような線形時不変システムの例を 1 つ示し，簡潔に理由を説明せよ．

問題 2

入力 $x(t)$ と出力 $y(t)$ の関係が次の微分方程式で表されるシステム A とシステム B について，以下の問いに答えよ．

$$\text{システム } A : \frac{d^2}{dt^2}y(t) = -y(t) - 0.2 \frac{d}{dt}y(t) + x(t)$$

$$\text{システム } B : \frac{d}{dt}y(t) = -\frac{1}{2}y(t) + \frac{1}{2}z(t), \quad \frac{d}{dt}z(t) = -10z(t) + 10x(t)$$

1. システム A とシステム B の伝達関数を求めよ．
2. システム A とシステム B のゲイン特性と位相特性を，図 1 に示した特性（ゲイン特性：ア，イ；位相特性：a, b）の中から選べ．また，選んだ理由も記せ．
3. 図 1 には座標軸目盛の数値が記載されていない．図中の (i) から (iv) の部分に表示すべき適切な数値を示せ．また，その根拠を記せ．

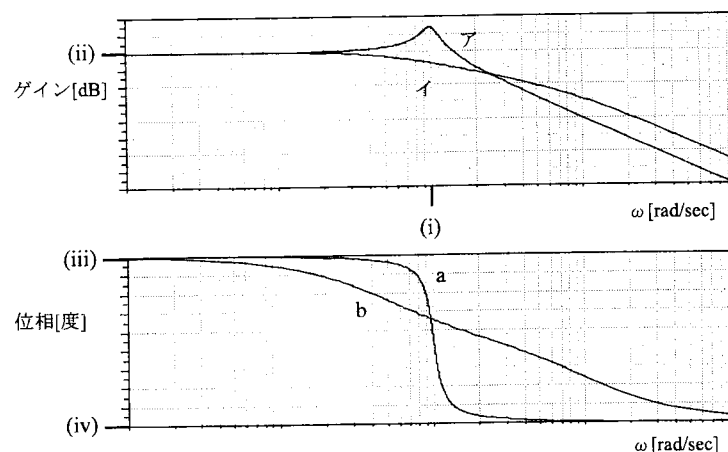


図 1

問題 3

図 2 に示したフィードバック制御系がある.

1. フィードバック制御系が安定となるゲイン定数 K の値の範囲を求めよ.
2. フィードバック制御系が安定であると仮定し, 定常位置偏差を求めよ.
3. フィードバック制御系が安定でかつ定常位置偏差が 0.1 以下となるゲイン定数 K の値の範囲を求めよ.

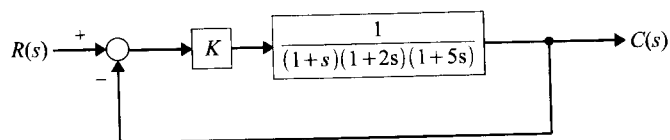


図 2

問題 4

あるシステムの実現は次の状態方程式および出力方程式で表される.

$$\frac{d}{dt}x(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad x(0) = x_0 \quad (1)$$

$$y(t) = Cx(t) \quad (2)$$

ここで, t は時刻, $x(t)$ は状態ベクトル, $y(t)$ は出力, $u(t)$ は入力, A, B, C はそれぞれ適当な数の行と列を持つ定数行列である. このシステムは以下のようにも実現できる.

$$\frac{d}{dt}z(t) = \tilde{A}z(t) + \tilde{B}u(t), \quad z(0) = Tx_0 \quad (3)$$

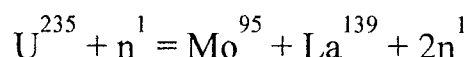
$$y(t) = \tilde{C}z(t) \quad (4)$$

ここで, $z(t) = Tx(t)$, T は正則な定数行列である.

1. (1) 式および (2) 式で表されるシステムの伝達関数は, (3) 式および (4) 式で表されるシステムの伝達関数と一致することを示せ.
2. BK が A と同じ行数, 同じ列数を持つような定数行列 K を考える. $\tilde{A} - \tilde{B}\tilde{K}$ の固有値が $A - BK$ の固有値に一致する定数行列 \tilde{K} を求めよ.

平成19年度九州大学大学院システム情報科学府修士課程
入学試験問題　　－電力工学－

- 【1】ウラン U^{235} が次式で表されるような核分裂反応を起こした場合について以下の問いに答えよ。



ただし、各粒子の質量は下表のとおりである（単位：amu）。

U^{235}	n^1	Mo^{95}	La^{139}
235.1	1.0	94.9	139.0

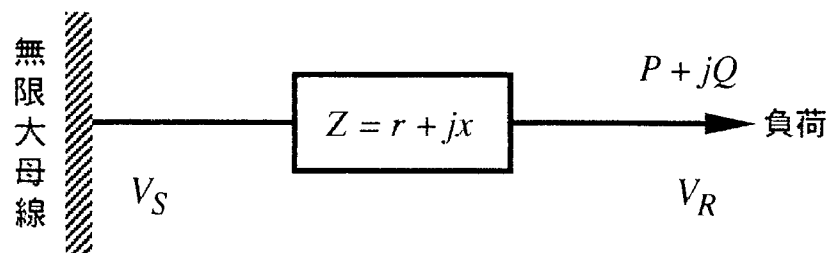
- (1) この核分裂反応によって生じる質量欠損を kg 単位で求めよ。
- (2) この核分裂反応で発生するエネルギーをジュール(J)単位で求めよ。
- (3) 純ウラン U^{235} 1kg が完全に核分裂した時に発生するエネルギーをジュール(J)単位で求めよ。
- (4) 出力 100 万 kW の原子力発電所を 1 年間運転するのに必要なウラン燃料の重量を求めよ。ただし、ウラン燃料の U^{235} 濃縮率を 5%、原子力発電所の総合効率を 40%とする。

※解答の際に必要であれば、以下の数値を用いてよい。

$$1 \text{ amu} = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg} \quad \text{光速} \quad 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

- 【2】下図はインピーダンス $Z=r+jx$ の送電線路を介して、無限大母線から負荷に有効電力 P 、無効電力 Q を供給している状態を示している。

- (1) 送電端電圧ベクトル V_S を基準にした時の受電端電圧 V_R ベクトルの位相差を θ とするとき、負荷電力 $P+jQ$ を V_S 、 V_R 、 r 、 x 、 θ を用いて表わせ。
- (2) (1)の結果を用いて、 P 、 Q が微小量 ΔP 、 ΔQ だけ変化したときの受電端電圧 V_R の変化量 ΔV_{RP} 、 ΔV_{RQ} を求めよ。



平成19年度 九州大学大学院システム情報科学府
電気電子システム工学専攻修士課程入学試験問題
エネルギー変換工学

問題 1

図1は三相誘導機の1相分簡易等価回路を示す。

(1) 図1を用いて、トルク T を電圧 V_1 表示で求めなさい。なお、誘導機の極数は2極とし、電源周波数を f_1 、同期回転角速度を $\omega (=2\pi f_1)$ とする。

(2) すべり s が定格値 ($0 < s < 0.05$) の近くでほぼ $r_2'/s \gg (x_1 + x_2')$ 、 $r_2'/s \gg r_1$ を満足する時、トルク T の近似式を誘導しなさい。

いま、負荷トルク T_L を一定として、定格すべり $s_n = 0.03$ の時、 ω_{rn} の定格運転状態から $\omega_{r1} = \omega_{rn}/3$ へ速度制御を行う。

(3) 比例推移の原理を用いて、 ω_{r1} まで速度制御するためには、外部抵抗として r_2' の何倍の抵抗を挿入すればよいか？また、この時のすべり s_1 と二次効率 η_{21} を求めなさい。

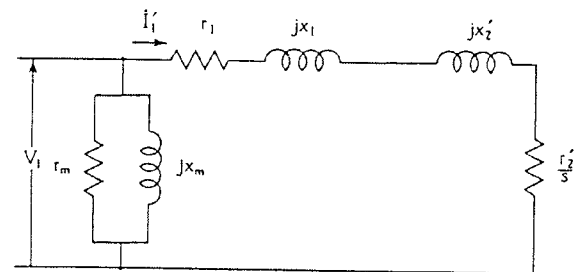


図1 誘導機の簡易等価回路

問題 2

図2に示すような、サイリスタTによって制御される単相半波整流回路において、交流電圧 v の実効値 $V = 100\text{V}$ 、電源周波数 $f = 60\text{Hz}$ (角周波数 $\omega = 2\pi f$)、 $\omega L = 1\Omega$ 、 $R = 1\Omega$ である。点弧角 $\alpha = 45^\circ$ として、下記の問いに答えなさい。

ただし、サイリスタTの順電圧降下は無視する。

(1) 出力電圧 e_d 、出力電流 i_d 、サイリスタ電圧 e_T の波形を図示しなさい。

(2) 出力電圧の平均値 E_d 、出力電流の平均値 I_d を求めなさい。

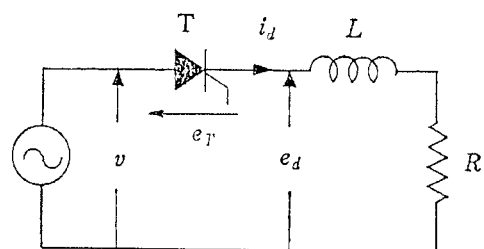


図2 単相半波整流回路

平成19年度九州大学大学院システム情報科学府修士課程
電気電子システム工学専攻

電気電子システム工学試験問題
(英文)

次の問題から 1科目 を選択し、その科目名を解答用紙の表紙に明示して解答しなさい。

1. 電子回路
2. 制御工学
3. 電力工学
4. エネルギー変換工学

ELECTRONIC CIRCUITS

Sep. 6, 2006

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.

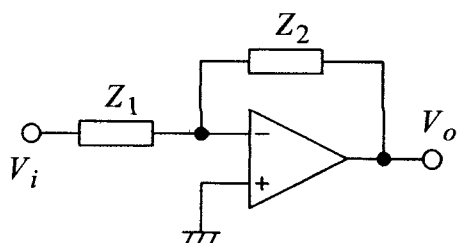


Fig. 1

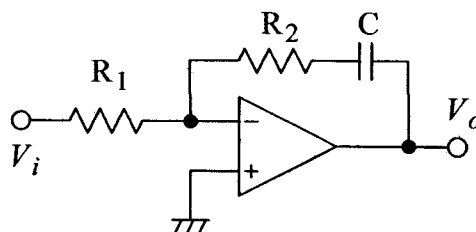


Fig. 2

2. For the clamper shown in Fig. 3, the input voltage V_i shown in Fig. 4 is applied. Sketch the waveform of the output voltage V_o , and describe the circuit operation of the clamper. The diode D is ideal except that it has an equivalent resistance r . The condition $r \ll (T/C) \ll R$ holds.

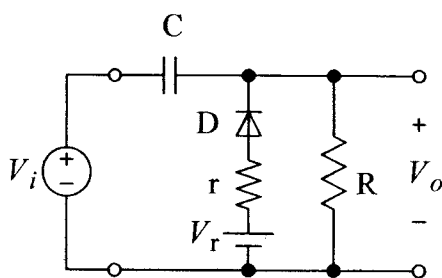


Fig. 3

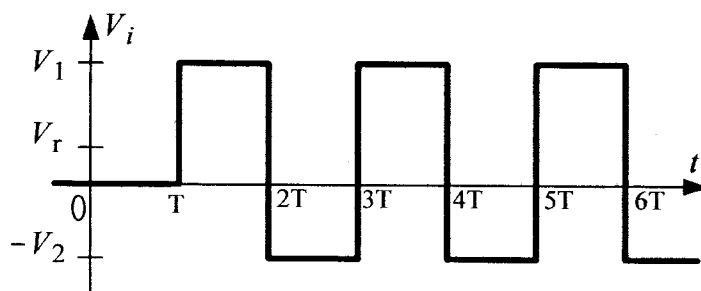


Fig. 4

**Questions for Entrance Examination to Master Course, Graduate School of
Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University, 2007
– Control Engineering –**

Question 1

Assume that the input to a linear time-invariant system is a sinusoidal function $\sin \omega t, \forall t \geq 0$, where ω is a given constant frequency and t is the time. The output of the system can not be represented as $A \sin(\omega t + \phi)$ when $t \rightarrow \infty$, where A and ϕ are appropriate constants. Give a system which has the properties mentioned above and describe briefly the reason why you have chosen the system.

Question 2

Consider systems A and B described by the following differential equations where $x(t)$ stands for the input and $y(t)$ for the output, and answer the following questions.

$$\text{System } A : \frac{d^2}{dt^2}y(t) = -y(t) - 0.2\frac{d}{dt}y(t) + x(t),$$

$$\text{System } B : \frac{d}{dt}y(t) = -\frac{1}{2}y(t) + \frac{1}{2}z(t), \quad \frac{d}{dt}z(t) = -10z(t) + 10x(t).$$

1. Determine the transfer functions for both the systems.
2. Find the frequency-gain plot and the frequency-phase plot of each of systems A and B among the plots shown in Fig.1, where the plots I and II are frequency-gain plots while the plots a and b are frequency-phase plots. Also, give the reasons why you have chosen the specific plots.
3. Figure 1 has no scale markings. Give an appropriate figure (numerical value) for each of (i), (ii), (iii) and (iv), and describe the reasons as well.

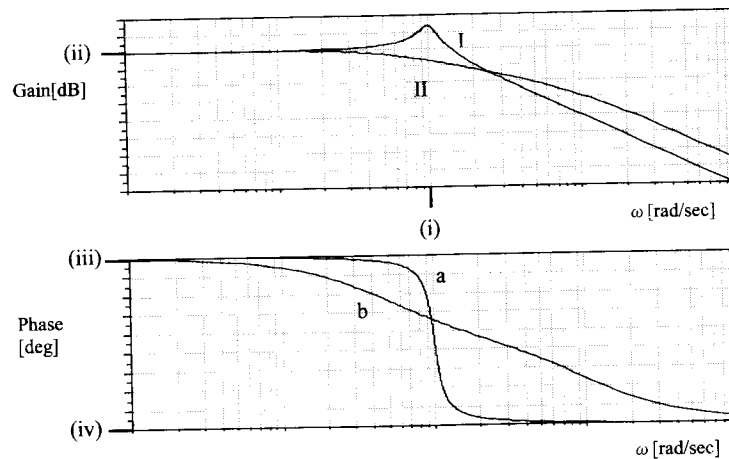


Fig.1

Question 3

Consider a feedback control system depicted in Fig.2.

1. Determine the range of value of K that assures the stability of the feedback control system.
2. Assume that the feedback control system is stable, and determine its steady state error for a step input.
3. Find the range of value of K that guarantees the stability of the feedback control system and the steady state error for a step input being equal to or less than 0.1.

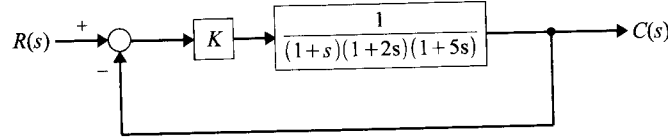


Fig.2

Question 4

A realization of a system is given by a state equation and an output equation as follows:

$$\frac{d}{dt}x(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad x(0) = x_0, \quad (1)$$

$$y(t) = Cx(t), \quad (2)$$

where t denotes the time, $x(t)$ the state vector, $y(t)$ the output, $u(t)$ the input, and A , B and C constant matrices with appropriate sizes. Another realization of this system is given by equations (3) and (4) as follows:

$$\frac{d}{dt}z(t) = \tilde{A}z(t) + \tilde{B}u(t), \quad z(0) = Tx_0, \quad (3)$$

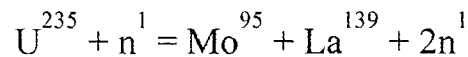
$$y(t) = \tilde{C}z(t), \quad (4)$$

where $z(t) = Tx(t)$ and T is a given nonsingular constant matrix having an appropriate size.

1. Show that the transfer function derived from equations (1) and (2) is identical to that derived from equations (3) and (4).
2. Assume that K is a matrix such that A and BK have the same size. Find \tilde{K} such that the eigenvalues of $A - BK$ coincide with those of $\tilde{A} - \tilde{B}\tilde{K}$.

- Electric Power Engineering -

[1] Consider a nuclear fission reaction of U^{235} expressed as follows.



U^{235}	n^1	Mo^{95}	La^{139}
235.1 amu	1.0 amu	94.9 amu	139.0 amu

- (1) Find mass loss generated by the reaction in kg unit.
- (2) Find energy produced by the reaction in J (Joule) unit.
- (3) Find energy produced by fission reaction of pure U^{235} of 1 kg weight.
- (4) Find amount of uranium fuel, which is necessary to operate an atomic power plant (one million kW output power) for one year. Assume that concentration of U^{235} in the fuel is 5% and total efficiency of the power plant is 40%.

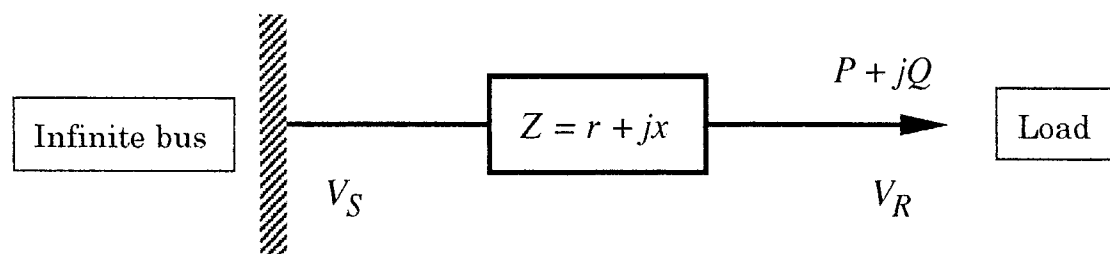
*Use the following data, if necessary.

$$1 \text{ amu} = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{Speed of light} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

[2] Consider a transmission line, which has an equivalent impedance $Z=r+jx$ and provides active power P and reactive power Q to a load as shown below.

- (1) Define phase angle between the voltage vector V_S and V_R as θ . Find an expression of $P+jQ$ as a function of V_S , V_R , r , x and θ .
- (2) Find ΔV_{RP} and ΔV_{RQ} , which are defined as a change of the voltage V_R when P or Q changes for ΔP or ΔQ , respectively.



Energy Conversion

Problem 1

Figure 1 shows the per-phase equivalent circuit of induction motor.

(1) From Fig.1, write the torque equation in the term of voltage V_1 . The induction motor has 2 poles, the frequency of supply is f_1 and the angular speed is $\omega (=2\pi f_1)$.

(2) At small slip $r_2'/s \gg (x_1 + x_2')$ and $r_2'/s \gg r_1$, find the approximation for torque T .

Suppose that the load torque T_L is constant. When the speed control is made from the rated speed ω_{rn} at rated slip $s_n = 0.03$ to the speed $\omega_{r1} = \omega_{rn}/3$,

(3) To obtain the speed ω_{r1} at based on the proportional shifting of the motor, as the external resistance, how times the resistance r_2' should be inserted into the rotor circuit? Then show the slip s_1 and the secondary efficiency η_{21}

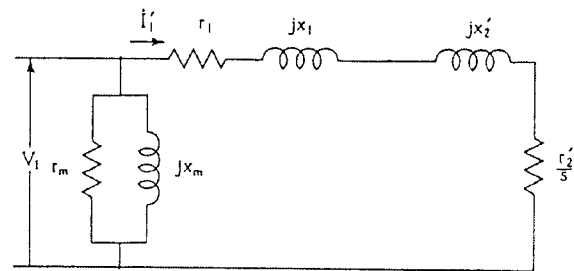


Fig.1. Per-phase approximate equivalent circuit of induction motor

Problem 2

Figure 2 illustrates the single-phase half-wave rectifier circuit consisting of thyristor T. The rms value of ac voltage v is 100V, the frequency f is 60Hz (the angular frequency $\omega = 2\pi f$), the reactance ωL is 1Ω and the resistance R is 1Ω . For the firing angle α of thyristor T equals to 45° , answer the following questions. Neglect the voltage drop of thyristor.

(1) Sketch the waveforms of output voltage e_d , the output current i_d and thyristor voltage e_T .

(2) Find the average value E_d of output voltage and the average value I_d of output current.

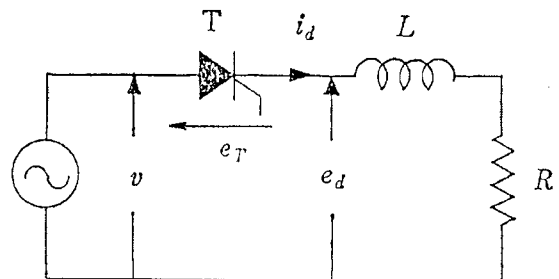


Fig.2. Half-wave rectifier

平成19年度九州大学大学院システム情報科学府修士課程
電子デバイス工学専攻

電子工学試験問題

次の問題から 1科目 を選択し、その科目名を解答用紙の表紙に明示して解答しなさい。

1. 電子回路
2. 制御工学
3. 電子デバイス工学

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。

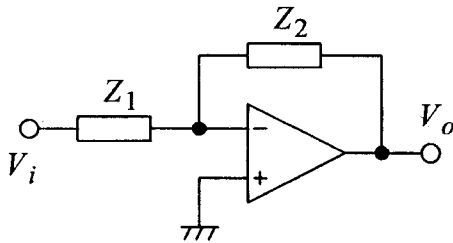


図1

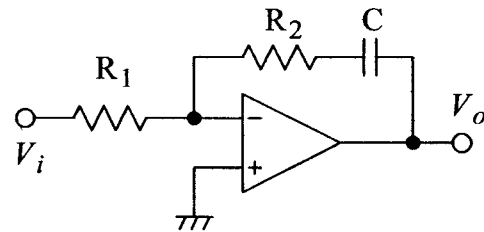


図2

2. 図3に示すクランプに対し、図4に示す入力電圧 V_i を与えたときの出力電圧 V_o の波形を図示し、回路の動作を説明せよ。但し、ダイオード D の等価直列抵抗を r で表し、それ以外の性質は理想的であるとする。また、条件 $r \ll (T/C) \ll R$ が成り立つとする。

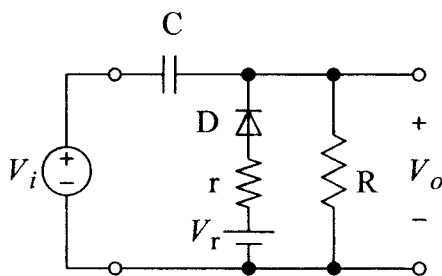


図3

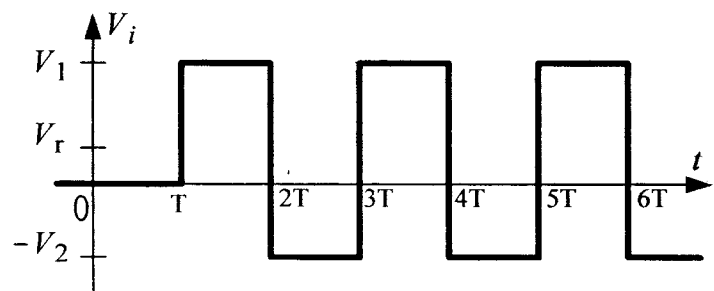


図4

問題 1

ある線形時不変システムに時刻 $t = 0$ 以降は特定の角周波数 ω の正弦波 $\sin \omega t$ のみを入力する．時刻 $t \rightarrow \infty$ の極限において，このシステムの出力は，適当な定数 A と ϕ を用いて $A \sin(\omega t + \phi)$ と表すことが出来ない．そのような線形時不変システムの例を 1 つ示し，簡潔に理由を説明せよ．

問題 2

入力 $x(t)$ と出力 $y(t)$ の関係が次の微分方程式で表されるシステム A とシステム B について，以下の問いに答えよ．

$$\text{システム A} : \frac{d^2}{dt^2}y(t) = -y(t) - 0.2\frac{d}{dt}y(t) + x(t)$$

$$\text{システム B} : \frac{d}{dt}y(t) = -\frac{1}{2}y(t) + \frac{1}{2}z(t), \quad \frac{d}{dt}z(t) = -10z(t) + 10x(t)$$

1. システム A とシステム B の伝達関数を求めよ．
2. システム A とシステム B のゲイン特性と位相特性を，図 1 に示した特性（ゲイン特性：ア，イ；位相特性：a, b）の中から選べ．また，選んだ理由も記せ．
3. 図 1 には座標軸目盛の数値が記載されていない．図中の (i) から (iv) の部分に表示すべき適切な数値を示せ．また，その根拠を記せ．

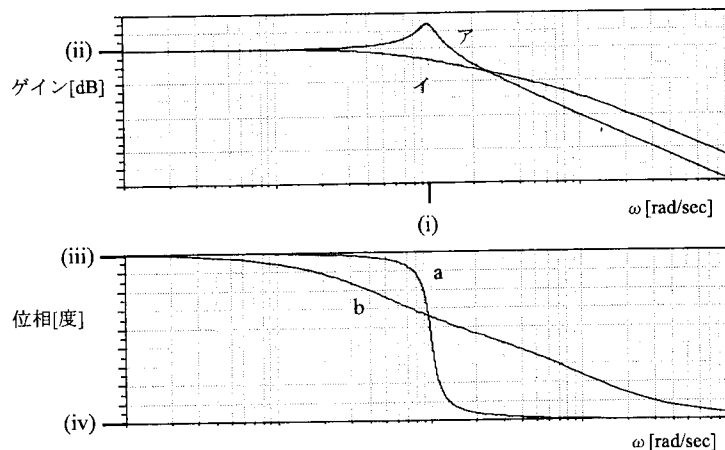


図 1

問題 3

図 2 に示したフィードバック制御系がある.

1. フィードバック制御系が安定となるゲイン定数 K の値の範囲を求めよ.
2. フィードバック制御系が安定であると仮定し, 定常位置偏差を求めよ.
3. フィードバック制御系が安定でかつ定常位置偏差が 0.1 以下となるゲイン定数 K の値の範囲を求めよ.

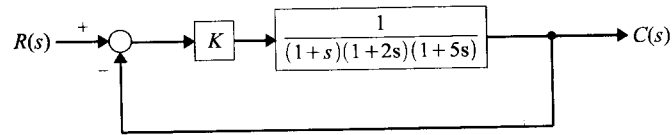


図 2

問題 4

あるシステムの実現は次の状態方程式および出力方程式で表される.

$$\frac{d}{dt}x(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad x(0) = x_0 \quad (1)$$

$$y(t) = Cx(t) \quad (2)$$

ここで, t は時刻, $x(t)$ は状態ベクトル, $y(t)$ は出力, $u(t)$ は入力, A, B, C はそれぞれ適当な数の行と列を持つ定数行列である. このシステムは以下のようにも実現できる.

$$\frac{d}{dt}z(t) = \tilde{A}z(t) + \tilde{B}u(t), \quad z(0) = Tx_0 \quad (3)$$

$$y(t) = \tilde{C}z(t) \quad (4)$$

ここで, $z(t) = Tx(t)$, T は正則な定数行列である.

1. (1) 式および (2) 式で表されるシステムの伝達関数は, (3) 式および (4) 式で表されるシステムの伝達関数と一致することを示せ.
2. BK が A と同じ行数, 同じ列数を持つような定数行列 K を考える. $\tilde{A} - \tilde{B}\tilde{K}$ の固有値が $A - BK$ の固有値に一致する定数行列 \tilde{K} を求めよ.

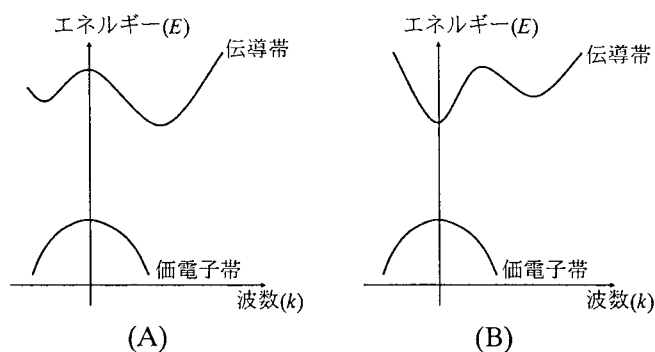
平成 19 年度・修士課程入学試験・電子デバイス工学問題

注意 1：電子回路、制御工学、電子デバイス工学のいずれか 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 (20 点)

下記の(A)、(B)は、半導体の代表的なエネルギー・バンド構造の模式図である。これらに関して、以下の設問に答えよ。



- (1) (A)、及び(B)の各々は、直接遷移型バンド構造、間接遷移型バンド構造のいずれに対応するか？(A)、及び(B)に関して答えよ。
- (2) (A)、及び(B)に該当する半導体の化学式を各々一つずつ挙げよ。
- (3) (A)に該当する半導体は発光デバイスの材料としては適さない。その理由を述べよ。
- (4) (B)に該当する半導体の電気抵抗を測定したところ、低電界領域の抵抗値よりも高電界領域の抵抗値の方が高かった。この現象が発現した理由を述べよ。

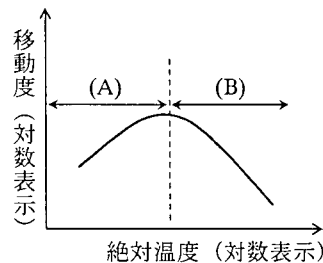
問題 2 (20 点)

下表のように、ドナー不純物(密度: N_D)とアクセプタ不純物(密度: N_A)を同時に含むシリコン(Si)がある。以下の問いに答えよ。

試料番号	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
N_D ($\times 10^{21} \text{ m}^{-3}$)	8	7	5	1	4	25
N_A ($\times 10^{21} \text{ m}^{-3}$)	4	1	0	8	8	0

- (1) n 型の電気伝導特性を示す試料を選び出し、電子密度の高い方から順番にそれらの番号を並べよ。

- (2) 試料(c)を用いて断面積 $1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ 、長さ 0.3 m の棒を作製し、棒の両端に電極を形成して抵抗を測定した。電気抵抗の値は 37.5Ω であった。試料(c)の電子移動度を答えよ。但し、電荷素量を $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。
- (3) 試料(c)の電子移動度(μ)を温度(T)の関数として測定し、対数表示のグラフにプロットしたところ、下図のような結果が得られた。低温領域(A)と高温領域(B)で移動度の温度依存性が異なる理由を説明せよ。



- (4) 試料(f)を用いて、(3)と同じ測定を行った。電子移動度の温度依存性はどのようなになるか？試料(c)の結果(上図)と比較し、試料(f)の結果を模式的に図示せよ。

問題 3 (15 点)

p 型半導体(多数キャリア密度: 10^{22} m^{-3})と n 型半導体からなる pn 接合がある。この pn 接合に、拡散電位よりも十分に大きな逆方向電圧を印加した時、空乏層幅は $10.1 \mu \text{ m}$ となり、接合界面から p 型側への空乏層領域、n 型側への空乏層領域の幅は、各々 0.1 、 $10 \mu \text{ m}$ であった。但し、真性キャリア密度は $1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ とする。

- (1) p 型半導体の中性領域における少数キャリア密度を求めよ。
- (2) n 型半導体の中性領域における多数キャリア密度を求めよ。
- (3) p 型半導体の多数キャリア密度は一定とし、n 型半導体の多数キャリア密度を $5 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ に変えた。拡散電位よりも十分に大きな逆方向電圧を印加し、接合界面から p 型側への空乏層領域の幅を $0.1 \mu \text{ m}$ にした。この時、pn 接合の空乏層幅はどのように変化するか？ $10.1 \mu \text{ m}$ よりも長くなるか、短くなるかを答えよ。

問題 4 (20 点)

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

- (1) BJT の断面構造を模式的に描き、その中に、E、B、C を明示せよ。更に、ベース接地回路として用いる時のベース・エミッタ間に印加するエミッタ電圧(V_E)、ベ

ース・コレクタ間に印加するコレクタ電圧(V_C)を極性に注意し、直流電圧源の回路記号を用いて図中に記入せよ。

- (2) 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)、pn 接合の拡散電位(V_d)及び印加バイアスの大きさ(V_E 及び V_C)を記載すること。但し、電荷素量を q とせよ。
- (3) BJT のベース領域の幅は非常に薄く設計されている。この理由を述べよ。
- (4) BJT においては、ベース電流を変化させることにより、コレクタ電流が変調できる。この機構を説明せよ。

問題 5 (25 点)

ソース(S)、ドレイン(D)、ゲート(G)からなる n チャネル MOS 型電界効果トランジスタ(MOSFET)を p 型の Si 基板上に形成した。この MOSFET に関して、下記の設問に答えよ。但し、ゲート長を L 、ゲート幅を W 、ゲート酸化膜容量(単位面積当たり)を C_{ox} とする。また、ソースからドレイン方向の位置(x)に関しては、ソース端を $x=0$ 、ドレイン端を $x=L$ とする。

- (1) ソース・ゲート間にゲート電圧(V_G)、ソース・ドレイン間にドレイン電圧(V_D)を印加した時、シリコン表面の x 点($0 \leq x \leq L$)に発生する表面キャリア層(チャネル)の電荷密度 $Q(x)$ を式で示せ。但し、しきい値電圧を V_{th} 、 x 点における電位を $V(x)$ とし、 $|V_G| > |V_{th}|$ とする。
- (2) ソース・ドレイン間に正のドレイン電圧(V_D)を印加すると、ドレイン電流(I_D)が流れる。このドレイン電流(I_D)は次式で与えられることを示せ。

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

但し、キャリアの移動度を μ とする。

- (3) V_D を増加し、 $[V_D \geq V_G - V_{th}]$ の領域になると、 I_D は V_D に依存しなくなる。この動作領域を飽和領域と呼ぶ。飽和領域において I_D を与える式を求めよ。
- (4) チャネル領域に p 型不純物を導入し、その濃度を増加した。増加する前と比較して、 V_{th} はどのように変化するかを答えよ。
- (5) MOSFET を高速で動作させるには、n チャネル MOSFET と p チャネル MOSFET のいずれが好適か？理由と共に答えよ。

平成19年度九州大学大学院システム情報科学府修士課程
電子デバイス工学専攻

電子工学試験問題
(英文)

次の問題から 1科目 を選択し、その科目名を解答用紙の表紙に明示して解答しなさい。

1. 電子回路
2. 制御工学
3. 電子デバイス工学

ELECTRONIC CIRCUITS

Sep. 6, 2006

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.

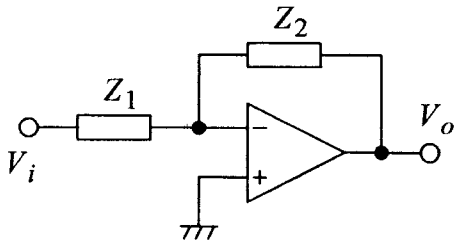


Fig. 1

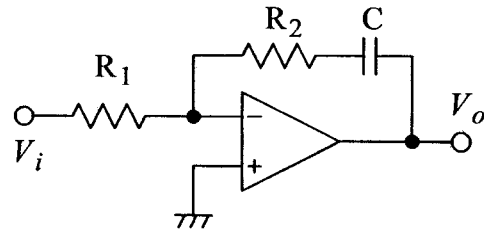


Fig. 2

2. For the clamper shown in Fig. 3, the input voltage V_i shown in Fig. 4 is applied. Sketch the waveform of the output voltage V_o , and describe the circuit operation of the clamper. The diode D is ideal except that it has an equivalent resistance r . The condition $r \ll (T/C) \ll R$ holds.

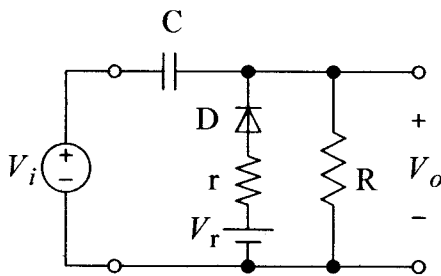


Fig. 3

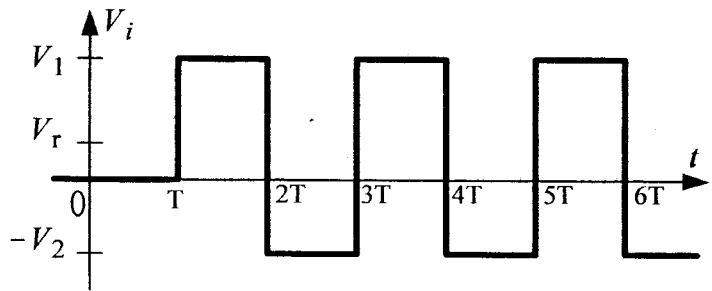


Fig. 4

**Questions for Entrance Examination to Master Course, Graduate School of
Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University, 2007
– Control Engineering –**

Question 1

Assume that the input to a linear time-invariant system is a sinusoidal function $\sin \omega t, \forall t \geq 0$, where ω is a given constant frequency and t is the time. The output of the system can not be represented as $A \sin(\omega t + \phi)$ when $t \rightarrow \infty$, where A and ϕ are appropriate constants. Give a system which has the properties mentioned above and describe briefly the reason why you have chosen the system.

Question 2

Consider systems A and B described by the following differential equations where $x(t)$ stands for the input and $y(t)$ for the output, and answer the following questions.

$$\text{System } A : \frac{d^2}{dt^2}y(t) = -y(t) - 0.2\frac{d}{dt}y(t) + x(t),$$

$$\text{System } B : \frac{d}{dt}y(t) = -\frac{1}{2}y(t) + \frac{1}{2}z(t), \quad \frac{d}{dt}z(t) = -10z(t) + 10x(t).$$

1. Determine the transfer functions for both the systems.
2. Find the frequency-gain plot and the frequency-phase plot of each of systems A and B among the plots shown in Fig.1, where the plots I and II are frequency-gain plots while the plots a and b are frequency-phase plots. Also, give the reasons why you have chosen the specific plots.
3. Figure 1 has no scale markings. Give an appropriate figure (numerical value) for each of (i), (ii), (iii) and (iv), and describe the reasons as well.

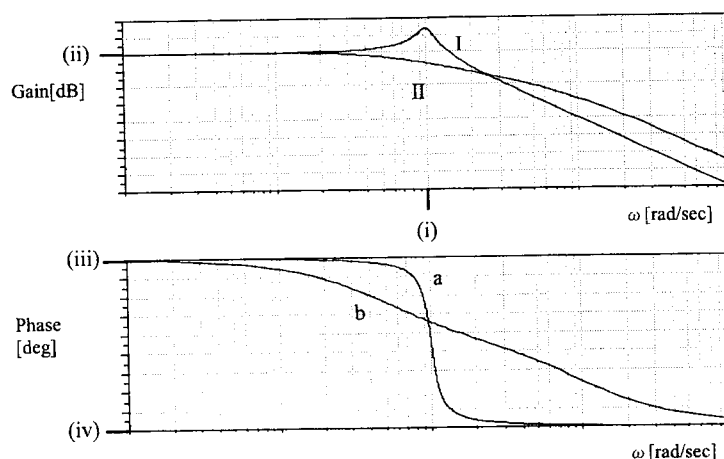


Fig.1

Question 3

Consider a feedback control system depicted in Fig.2.

1. Determine the range of value of K that assures the stability of the feedback control system.
2. Assume that the feedback control system is stable, and determine its steady state error for a step input.
3. Find the range of value of K that guarantees the stability of the feedback control system and the steady state error for a step input being equal to or less than 0.1.

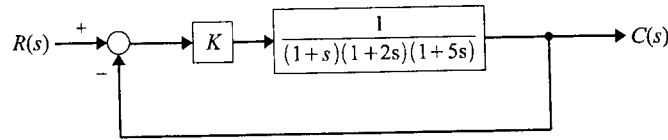


Fig.2

Question 4

A realization of a system is given by a state equation and an output equation as follows:

$$\frac{d}{dt}x(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad x(0) = x_0, \quad (1)$$

$$y(t) = Cx(t), \quad (2)$$

where t denotes the time, $x(t)$ the state vector, $y(t)$ the output, $u(t)$ the input, and A , B and C constant matrices with appropriate sizes. Another realization of this system is given by equations (3) and (4) as follows:

$$\frac{d}{dt}z(t) = \tilde{A}z(t) + \tilde{B}u(t), \quad z(0) = Tx_0, \quad (3)$$

$$y(t) = \tilde{C}z(t), \quad (4)$$

where $z(t) = Tx(t)$ and T is a given nonsingular constant matrix having an appropriate size.

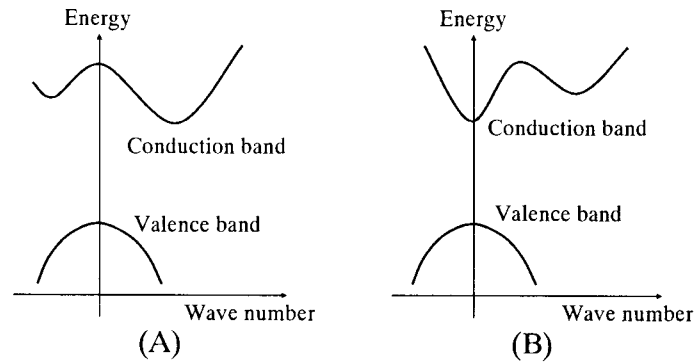
1. Show that the transfer function derived from equations (1) and (2) is identical to that derived from equations (3) and (4).
2. Assume that K is a matrix such that A and BK have the same size. Find \tilde{K} such that the eigenvalues of $A - BK$ coincide with those of $\tilde{A} - \tilde{B}\tilde{K}$.

2007 Entrance Examination: Department of Electronics

Electronic Devices

1. (20 points)

Typical energy band diagrams for semiconductors are shown in Figs.(A) and (B). Answer the following questions concerning these band diagrams.



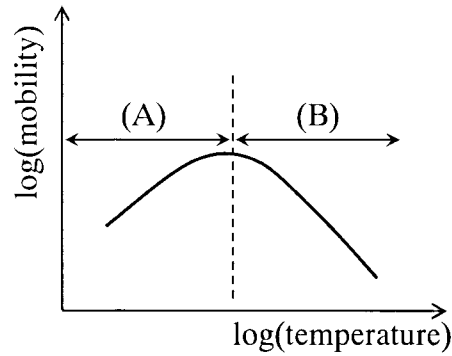
- (1) i) Which is an energy band diagram of a direct band-gap semiconductor?
ii) Which is an energy band diagram of an indirect band-gap semiconductor?
- (2) i) Give a chemical formula of a semiconductor with an energy band diagram (A).
ii) Give a chemical formula of a semiconductor with an energy band diagram (B).
- (3) A semiconductor with an energy band diagram (A) is not suitable for application to light-emission devices. Answer this reason.
- (4) The resistivity of a semiconductor with energy band diagram (B) measured under a high electric field is higher than that under a low electric field. Answer the reason.

2. (20 points)

Six Si samples (a)-(f) with different concentrations of donors (N_D) and acceptors (N_A) were prepared, as shown in the following table. Answer the following questions.

Sample No.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
N_D ($\times 10^{21} \text{ m}^{-3}$)	8	7	5	1	4	25
N_A ($\times 10^{21} \text{ m}^{-3}$)	4	1	0	8	8	0

- (1) Select n -type samples, and write the sample numbers in the order from the highest electron concentration to the lowest electron concentration.
- (2) The sample (c) was cut into a rod with a cross section of $1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ and a length of 0.3m. The resistance of the rod in the longitudinal direction was 37.5Ω . Evaluate the drift mobility of electrons in the sample (c). Assume that the elementary charge is $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$.
- (3) The temperature (T) dependence of the electron mobility (μ) is shown in the following figure. Explain the reason for the different temperature dependences in the low temperature region (A) and the high temperature regions (B).



- (4) Show schematically the temperature dependence of the electron mobility in the sample (f) comparing the result of the sample (c) shown above.

3. (15 points)

A pn diode with a step junction was applied with a reverse bias voltage much higher than the diffusion voltage. Acceptor concentration (N_A) of the p -type region was 10^{22} m^{-3} . The width of the depletion region was $10.1 \mu\text{m}$, where the distance from the interface of the pn junction to the edge of the depletion region toward p -type region and that toward n -type region were 0.1 and $10 \mu\text{m}$, respectively. Assume the intrinsic carrier concentration is $1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$. Answer the following questions.

- (1) Evaluate the minority carrier concentration in the p -type neutral region.
- (2) Evaluate the majority carrier concentration in the n -type neutral region.
- (3) The majority carrier concentration in the n -type region was changed into $5 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ with keeping the majority carrier concentration in the p -type region unchanged. The distance from the interface of the pn junction to the edge of the depletion region toward p -type region was kept at $0.1 \mu\text{m}$ by applying a reverse bias voltage much higher than the diffusion voltage. Does the width of the depletion region become longer or shorter than $10.1 \mu\text{m}$?

4. (20 points)

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

- (1) Draw the cross section of the BJT schematically. The E, B, and C should be given in the drawing. In addition, the polarity of the bias voltage between base and emitter (V_E) and that between base and collector (V_C) should be shown in the drawing by using the circuit symbols of DC voltage sources.
- (2) 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), the diffusion voltage of a pn junction (V_d), and the applied bias (V_E and V_C) should be given in the drawing. The elementary charge is represented as q .
- (3) Why is the width of the base region of the BJT very thin? Answer the reason.
- (4) The collector current can be modulated by the base current. Explain the mechanism.

5. (25 points)

An n -channel Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor (n -MOSFET) consisting of source (S), drain (D), and gate electrodes (G) was fabricated using p -type Si substrate. The gate length is L , the gate width is W , and the capacitance of the gate oxide is C_{ox} . The x -direction is from the source toward the drain, and $x=0$ and L at the edges of source and drain, respectively.

Answer the following questions.

- (1) Formulate the charge density $Q(x)$ at the semiconductor surface between edges of source and drain induced by applying an bias voltage between source and gate (V_G) and that between source and drain (V_D). The threshold voltage of the MOSFET is V_{th} , and the potential of the semiconductor surface at position x is $V(x)$. Assume that $|V_G| > |V_{th}|$.
- (2) Derive the following equation for the drain current (I_D) flowing when a positive V_D is applied. Assume that the mobility of carriers is μ .

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

- (3) The I_D does not depend on V_D in the region of $[V_D \geq V_G - V_{th}]$. This region is called as a “saturation region”. Give the equation for I_D in the saturation region.
- (4) How does V_{th} change, if p -type impurities are doped in the channel region, and the concentration of p -type impurities is increased?
- (5) Which of types (p -MOSFET or n -MOSFET) is more suitable for a high speed operation? Answer with the reason.