

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 2 0 年度入学試験問題

【平成 1 9 年 8 月 2 1 日（火）、2 2 日（水）】

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 20 年度 大学院修士課程 入学者選抜試験

数 学(Mathematics)

平成 19 年 8 月 21 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)

三角形 ABC の内心を X とする. 点 A, B, C の位置ベクトルをそれぞれ $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ とする. また, 辺 BC, CA, AB の長さをそれぞれ ℓ, m, n とする. このとき以下の間に答えよ.

- (1) 直線 AX と BC の交点を D としたとき, $BD:DC = n:m$ を示せ.
- (2) 内心 X の位置ベクトルを求めよ.

【問題 2】 (25 点)

次の微分方程式を解け.

- (1) $(x^2 - 1)y' + 2xy = \tan x$
- (2) $x(x-1)y'' + (3x-2)y' + y = 2x$

【問題 3】 (25 点)

- (1) $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$, $r = |\mathbf{r}|$, \mathbf{r}_1 を \mathbf{r} 方向の単位ベクトル, $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ をそれぞれ x, y, z 軸方向の単位ベクトルとするととき,
 - (1-1) $\nabla r^n = nr^{n-1}\mathbf{r}_1$ を示せ.
 - (1-2) $\nabla U = 2r^4\mathbf{r}$ のとき, U を求めよ.
 - (1-3) $A = r^n\mathbf{r}$ のスカラーポテンシャルを求めよ.
- (2) $\mathbf{F} = 2xz\mathbf{i} - \frac{1}{2}y^2\mathbf{j} + 3yz\mathbf{k}$ のとき, 面積分 $\int_S \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} dS$ を求めよ. ここで, S は, $x=0$, $x=1$, $y=0$, $y=1$, $z=0$, $z=1$ に囲まれた立方体の表面とする. また, \mathbf{n} は S の外側に向くようにとった単位法線ベクトル, $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ は, それぞれ x, y, z 軸方向の単位ベクトルである.

【問題 4】 (25 点)

(1) 領域 Ω 内において連続である関数 $f(z)$ に対し, Ω 内で正則な関数 $F(z)$ があり, $F'(z) = f(z)$ が成り立つとする (このような $F(z)$ を $f(z)$ の原始関数と呼ぶ). このとき, 領域 Ω 内の 2 つの点 z_0 と z_1 を結ぶ曲線 Γ に対して次の式が成り立つことを示せ.

$$\int_{\Gamma} f(z) dz = \int_{\Gamma} F'(z) dz = F(z_1) - F(z_0)$$

(2) 次の定積分を上記の定理を用いて計算し, その値が実際に線積分を計算して求めた値と一致することを示せ. ただし, 積分路 Γ は $z_0 = 0, z_1 = 1 + i$ を結ぶ線分であるとする.

$$I = \int_{\Gamma} z^2 dz$$

【問題 5】 (25 点)

外見では区別が出来ない偏りのあるコイン A と B があり, コイン A を投げた時に表の出る確率を p_A , コイン B を投げた時のそれを p_B で表す. 次の問に答えよ.

- (1) $p_A = 0.3$, $p_B = 0.6$ とする. 無作為に一方のコインを選び, 1 回コインを投げるという試行を考える. 選ぶコインを表す確率変数を $X (= A \text{ or } B)$, 投げた結果を表す確率変数を $Y (= \text{表 or 裏})$ で表す. このとき (X, Y) の同時確率分布を表す次の表をうめよ. 例えば右下のマスには $(X, Y) = (B, \text{裏})$ となる確率が入る.

	表	裏
A		
B		

- (2) 上記の試行の結果, 表が出たとする. 選んだコインが A である確率を求めよ.

- (3) 無作為に一方のコインを選び, 選んだコインを n 回投げた結果, 表が k 回出たとする. 選んだコインが A である確率を p_A , p_B , n , k で表せ.

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 20 年度 大学院修士課程 入学者選抜試験

数 学(Mathematics)

平成 19 年 8 月 21 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)

Let X be the inner center of a triangle ABC . Let $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ be the position vectors of the points A, B , and C , respectively. Let ℓ, m, n be the lengths of sides BC, CA , and AB , respectively. Answer the following questions.

- (1) Let D be the intersection point of lines AX and BC . Show that $BD:DC = n : m$.
- (2) Find the position vector of the inner center X .

【No. 2】 (25 Points)

Solve the following differential equations.

- (1) $(x^2 - 1)y' + 2xy = \tan x$
- (2) $x(x - 1)y'' + (3x - 2)y' + y = 2x$

【No. 3】 (25 Points)

- (1) Given $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$, $r = |\mathbf{r}|$ and \mathbf{r}_1 : the unit vector in the direction of \mathbf{r} , while the unit vectors on x, y , and z axis of Cartesian coordinate are denoted by \mathbf{i}, \mathbf{j} , and \mathbf{k} , respectively.
 - (1-1) Show that $\nabla r^n = nr^{n-1}\mathbf{r}_1$.
 - (1-2) Find U which satisfies $\nabla U = 2r^4\mathbf{r}$.
 - (1-3) Find the scalar potential for $\mathbf{A} = r^n\mathbf{r}$.
- (2) Given a vector $\mathbf{F} = 2xz\mathbf{i} - \frac{1}{2}y^2\mathbf{j} + 3yz\mathbf{k}$. Evaluate the surface integral $\int_S \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} dS$, where S is the surface of the cube bounded by the planes $x = 0, x = 1, y = 0, y = 1, z = 0$, and $z = 1$. Furthermore \mathbf{n} is the unit normal vector which is directed to the exterior of S and the unit vectors on x, y , and z axis of Cartesian coordinate are denoted by \mathbf{i}, \mathbf{j} , and \mathbf{k} , respectively.

【No. 4】 (25 Points)

(1) Let $f(z)$ be continuous in a domain Ω and suppose that $F(z)$ is regular and satisfies $F'(z) = f(z)$ at all points z of Ω . Prove the following theorem for a curve Γ connecting points z_0 and z_1 .

$$\int_{\Gamma} f(z)dz = \int_{\Gamma} F'(z)dz = F(z_1) - F(z_0)$$

(2) Let $z_0 = 0$ and $z_1 = 1+i$. Evaluate the following complex integral using the theorem proved in (1). Also evaluate the same complex integral by performing a line integral along the line segment Γ and compare two results.

$$I = \int_{\Gamma} z^2 dz$$

【No. 5】 (25 Points)

Two biased coins A and B are given. Assume that they have the same appearances. Let p_X denote the probability that the coin toss of X comes out heads. Answer the following questions.

- (1) Let $p_A = 0.3$ and $p_B = 0.6$. For the trial “choose one coin randomly, then toss the chosen coin,” let X ($= A$ or B) be a random variable denoting the selected coin and Y ($=$ head or tail) a random variable denoting the result of the coin toss. Then, complete the following table for the joint probability distribution of (X, Y) .

	head	tail
A		
B		

- (2) When the above coin toss comes out head, obtain the probability that the chosen coin is A .
- (3) Consider the trial “choose one coin randomly, and toss it n times.” Let k denote the number of heads among the n tosses. Express the probability that the chosen coin is A with p_A , p_B , n and k .

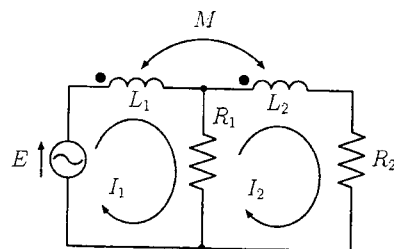
志望専攻名		受験番号		氏名	
-------	--	------	--	----	--

平成 20 年度大学院入学試験 電気回路 (平成 19 年 8 月 22 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) 閉路電流 I_1 , I_2 に関する閉路方程式を書け。

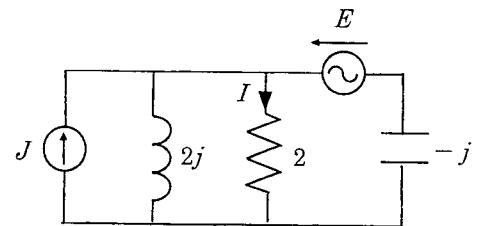
(2) $|E| = 10$ V, $\omega = 2$ rad/sec, $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$, $L_1 = L_2 = 2$ H, $M = 1$ H のとき、回路全体で消費される電力を求めよ。



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

平成 20 年度大学院入学試験 電気回路 (平成 19 年 8 月 22 日)

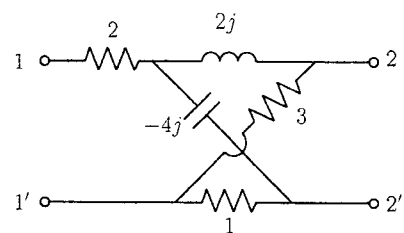
【4 問中の 2】図の回路で、 $\left| \frac{I}{J} \right| = 1$, $\arg \left(\frac{I}{J} \right) = 0$ である。電源電流 J を求めよ。ただし、電源電圧 $E = 1 - 2j$ V とし、 E, J はフェーズを表す。図中の素子値の単位は Ω である。



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

平成 20 年度大学院入学試験 電気回路 (平成 19 年 8 月 22 日)

【4 問中の 3】図の 2 ポートのインピーダンス行列を求めよ。ただし，図中の素子値の単位は Ω である。



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

平成 20 年度大学院入学試験 電気回路 (平成 19 年 8 月 22 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 $I = 0$ であるとき, E_1 と E_2 の関係を求めよ. 図中の素子値の単位は Ω である.

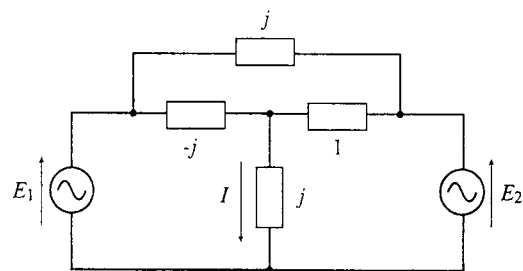


図 a

[4b] 図 b において, $t = 0$ で S_2 を開いたまま S_1 を閉じ, その後 $t = t_1$ で S_2 を閉じると同時に S_1 を開く. $t \geq t_1$ でのコンデンサ電圧 $v_c(t)$ の式を求めよ. ただし, $t = 0$ で $v_c = 0$ とする.

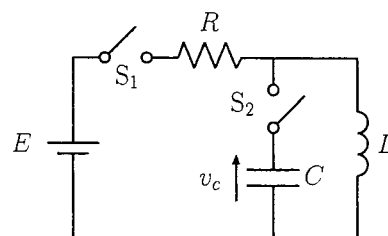


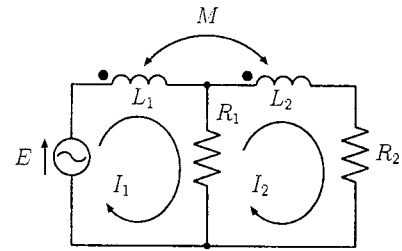
図 b

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

Electric Circuits (2008 ISEE Entrance Examination, Aug.22, 2007)

[1] Consider the circuit shown in the figure where E has an angular frequency ω rad/sec.

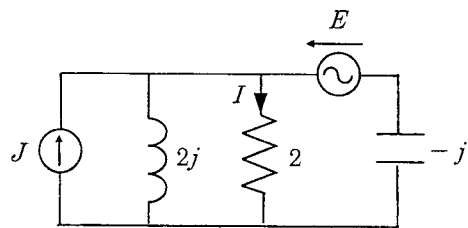
- (1) Write the mesh equations using the mesh currents I_1 and I_2 as variables.
- (2) Find the average power consumed by the circuit under the assumption that $|E| = 10\text{ V}$, $\omega = 2\text{ rad/sec}$, $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $L_1 = L_2 = 2\text{ H}$ and $M = 1\text{ H}$.



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

Electric Circuits (2008 ISEE Entrance Examination, Aug.22, 2007)

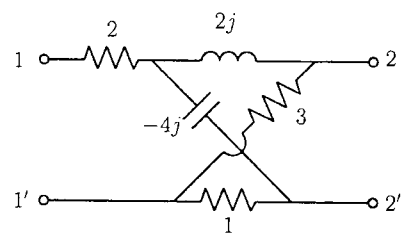
[2] Find the source current J in the figure, where current I and source current J satisfy $\left| \frac{I}{J} \right| = 1$ and $\arg \left(\frac{I}{J} \right) = 0$, the source voltage $E = 1 - 2j$ V. E and J represent phasors.



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

Electric Circuits (2008 ISEE Entrance Examination, Aug.22, 2007)

[3] Find the impedance matrix of the two-port circuit shown in the figure where the values of elements are in Ohms.



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

Electric Circuits (2008 ISEE Entrance Examination, Aug.22, 2007)

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

[4a] Assume that $I = 0$ holds for the circuit shown in Figure a where the values of elements are in Ohms. Find the relationship between E_1 and E_2 .

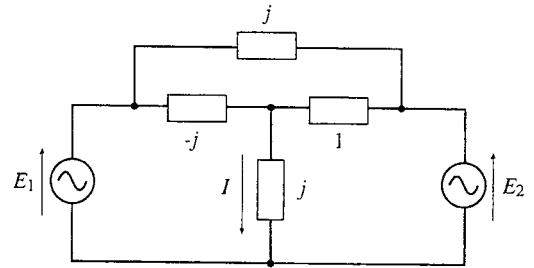


Figure a

[4b] Consider the circuit shown in Figure b. The switch S_1 is closed and S_2 is kept open at $t = 0$, then the switch S_2 is closed and S_1 is open simultaneously at $t = t_1$. Find the voltage $v_c(t)$ for $t \geq t_1$, where $v_c(0) = 0$.

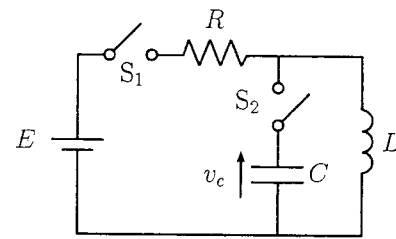


Figure b

問1 図1に示すように、真空中(誘電率 ϵ_0)に同心球状導体が配置されているとき、次の各問に答えよ。ただし、電位の基準を無限遠点にとるものとする。

- (1) 外導体に電荷 Q 与えたとき、内導体の電位を求めよ。
- (2) その後、内導体を接地したとき、外導体の電位を求めよ。

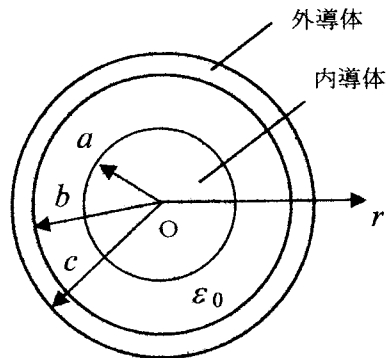


図1

問2 図2に示すように、真空中(誘電率 ϵ_0)に平板電極が電極間隔 d で平行に配置されている。両電極の長さは a 、幅は b である。電極間の右側から長さ t の部分には誘電率 ϵ の誘電体が挿入されている。平行平板電極の電位差は V に保たれている。以下の問いに答えよ。ただし、端効果は無視できるものとする。

- (1) 誘電体のある部分および無い部分の電極間の電界の大きさ、電束密度の大きさを求めよ。
- (2) 誘電体と接している上側電極の面電荷密度を求めよ。
- (3) 上側電極に接する誘電体の分極面電荷密度を求めよ。
- (4) 誘電体のある部分および無い部分の電極の単位面積当たり働く力の大きさはそれぞれいくらか。

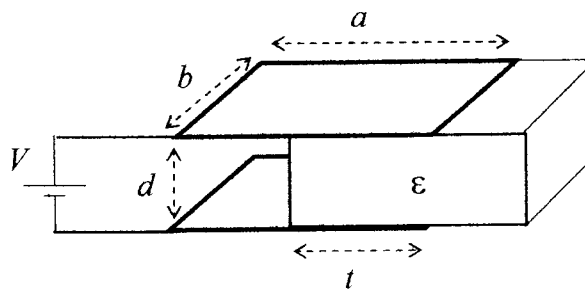


図2

問3 図3に示すように、断面積 S 、透磁率 μ 、長さ L の2つの半円状の鉄環と、透磁率 μ_0 、長さ δ の2カ所の空隙からなる磁気回路がある。ただし、 $\delta \ll \sqrt{S} \ll L$ とする。この磁気回路に起磁力 NI を加える。次の問いに答えよ。

- (1) 磁気回路全体の磁気抵抗を求めよ。
- (2) 空隙部の磁束と磁界の大きさ H を求めよ。
- (3) 各空隙部の磁界のエネルギーを求めよ。

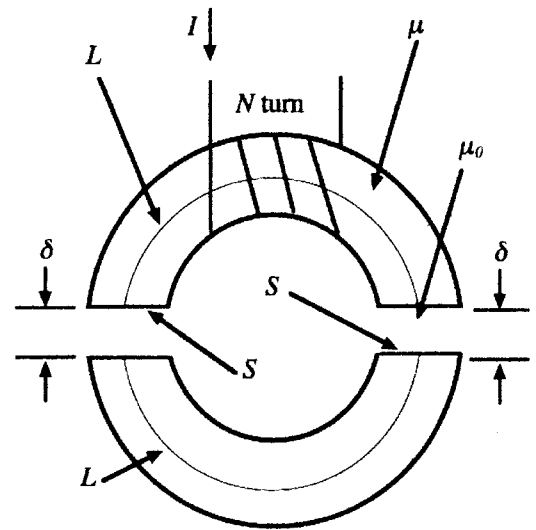


図3

問4 図4(a)に示すような半径が a 、単位長さ当りの巻数が n である円筒状の無限長ソレノイドコイルに、図4(b)に示すような電流 $I(t)$ が流れている。またソレノイドコイルの内部には半径が b の円柱鉄心が配置され、鉄心には円形コイルが1ターン巻かれている。ただし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) ソレノイドコイル内部において、鉄心外部と内部の磁束密度の大きさ B_1, B_2 及び、磁界の強さ H_1, H_2 を求めよ。
- (2) $T \leq t$ で鉄心内部に蓄えられている単位長さ当りの磁気エネルギー U_m を求めよ。
- (3) $0 < t < T$ の間に鉄心に巻いた1ターンの円形コイルに誘導される電圧の大きさ V を求めよ。
- (4) 上記の結果から、 $0 < t < T$ の間に鉄心表面に誘導される誘導電界の大きさ E を求めよ。また、鉄心表面でのポインティングベクトル \mathbf{S} の大きさと方向を求めよ。
- (5) $0 < t \leq T$ の間に、鉄心表面から内部へ伝送されている単位長さ当りの電力 P を求めよ。また $t = T$ までに鉄心内部に蓄えられる単位長さ当りのエネルギー U を求め、(2)の結果 U_m と一致することを示せ。

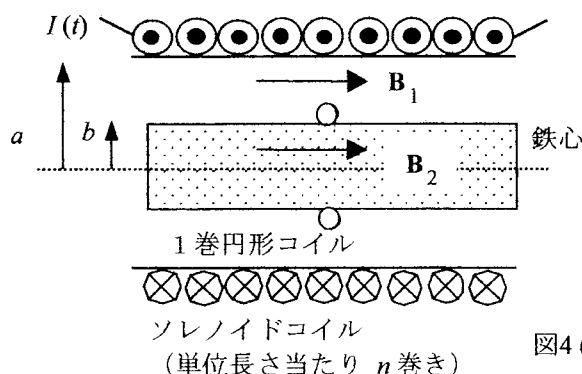


図4(a)

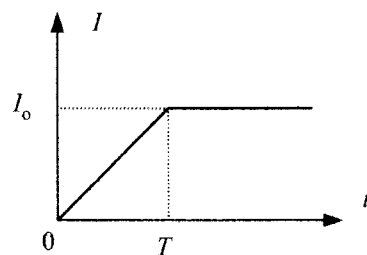


図4(b)

1. Answer the following questions on a system of concentric spherical conductors located in vacuum with an electric permittivity of ϵ_0 , as shown in Fig. 1.

- (1) In the case where an electric charge Q is applied to the outer conductor, give the electric potential for the inner conductor.
- (2) When the inner conductor is grounded in the next step, give the electric potential for the outer conductor.

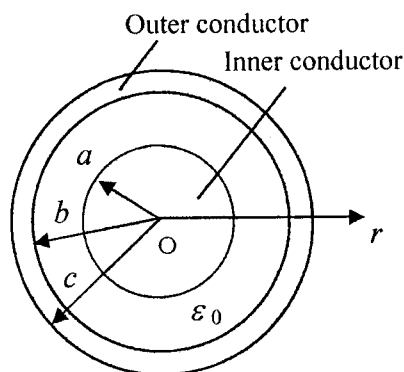


Fig. 1

2. In vacuum with an electric permittivity of ϵ_0 , two electrodes with a length of a and a width of b are arranged in parallel with a separation of d . An insulator with an electric permittivity of ϵ is inserted between the electrodes with a length of l , as shown in Fig. 2. The voltage V is applied between the electrodes. Answer the following questions, assuming that the edge effect can be neglected.

- (1) Give the electric field strength and the magnitude of the electric flux density between the electrodes at each region with and without the insulator.
- (2) Give the surface charge density of the upper electrode that touches with the insulator.
- (3) Give the surface charge density of the polarization on the surface of the insulator in touch with the upper electrode.
- (4) Give the forces acting on the unit area of the electrodes for each region with and without the insulator.

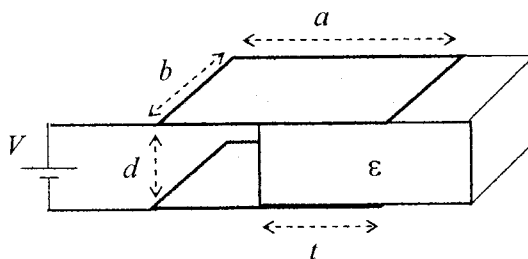


Fig. 2

3. Consider a magnetic circuit consisting of two pieces of a iron half ring of cross section S , length L and magnetic permeability μ and two small gaps of length d and magnetic permeability μ_0 as Figure 3, where $\delta \ll \sqrt{S} \ll L$. Supply the magnetomotive force NI to the magnetic circuit. Answer the following questions.

- (1) Give the magnetic resistance of the whole magnetic circuit.
- (2) Give the magnetic flux, and magnetic field strength H in the small gap.
- (3) Give the magnetic energy stored in each gap.

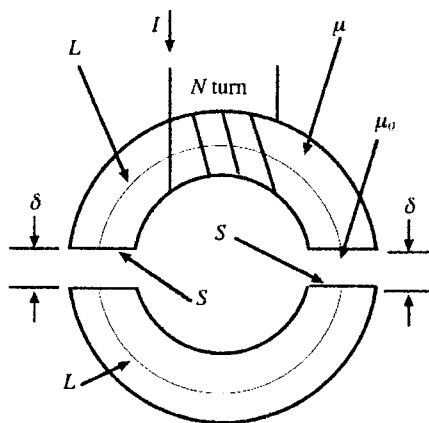


Fig. 3

4. As shown in Fig. 4(a), there is a solenoid coil with radius a , infinite length and number of turns n per unit length. The current $I(t)$ shown in Fig. 4(b) is supplied to the coil. Inside the solenoid coil, cylindrical iron core with radius b is inserted, and the one-turn circular coil is wound around the core. Permeability of the core is μ_2 , and the permeability outside the core is μ_1 .

- (1) Give the magnetic field H_1 and the magnetic flux density B_1 outside the core. Also give H_2 and B_2 inside the core.
- (2) Give the magnetic energy U_m per unit length that is stored in the iron core for $T \leq t$.
- (3) Give the magnitude of the voltage V induced in the one-turn circular coil for $0 < t < T$.
- (4) Give the magnitude of the induced electric field E at the surface of the core for $0 < t < T$. Also give the magnitude and direction of the Poynting vector S at the surface of the core.
- (5) Give the power P that is transmitted into the iron core per unit length for $0 < t \leq T$. Also give the energy that is stored in the core when $t = T$, and show that the energy is equal to U_m .

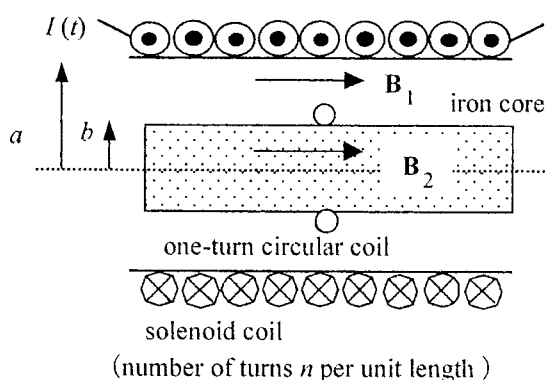


Fig. 4 (a)

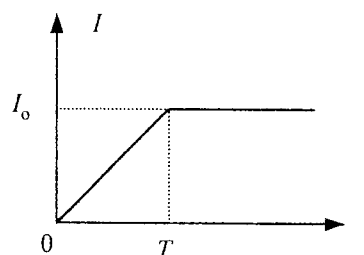


Fig. 4 (b)

計算機工学

2007年8月21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]

表1の状態遷移表が表す有限状態機械 M に関する以下の問に答えよ.

- (1) M の等価状態の集合を全て列挙せよ.
- (2) M と等価で状態数が最小の有限状態機械を求め, その状態遷移表を示せ.
- (3) 現在の状態が A であるときに, 出力列 $0, 0, 1, 0, 1$ を得るための入力列 i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 を求めよ.

表 1: 有限状態機械 M の状態遷移表

現状態	入力	
	0	1
A	C/0	E/1
B	E/0	D/0
C	F/0	H/0
D	G/0	A/0
E	D/1	G/0
F	H/1	G/0
G	A/1	B/0
H	G/0	A/0

例えば第1行の $C/0$ は, 現状態が A で入力が 0 であった場合, 次状態が C でその時の出力値が 0 であることを示す.

[問題2]

キャッシュメモリに関して以下の問に答えよ。

- (1) 多くのコンピュータシステムにキャッシュメモリが用いられる理由を、キャッシュメモリの原理とともに説明せよ。
- (2) キャッシュメモリには SRAM(Static RAM)が、主記憶には DRAM(Dynamic RAM)が主として用いられる。その理由をそれぞれの回路構造や動作原理に基づき説明せよ。
- (3) キャッシュメモリと主記憶の動作速度（読み出し・書き込み）に 10 倍の差があるとするとき、キャッシュメモリの導入効果として最大どのくらいの計算機システムの速度向上が期待できるか？また、速度向上を妨げる要因について説明せよ。

[問題3]

あるプログラミング言語の複素数リテラルの字句規則は下記の BNF のように定められている。下記の BNF において、 $\alpha \beta$ は字句 α と β の接続、 $\alpha | \beta$ は字句 α または β のいずれか、 $[\alpha]$ は α が省略可能であること、太字下線の文字はソースファイルにそのまま現れる文字であることを意味する。

複素数リテラル	: 数値桁群 <u>.</u> [数値桁群] [指数部] [型接尾辞] [虚数単位] <u>.</u> 数値桁群 [指数部] [型接尾辞] [虚数単位] 数値桁群 指数部 [型接尾辞] [虚数単位] 数値桁群 [指数部] 型接尾辞 [虚数単位]
虚数単位	: <u>i</u> <u>I</u>
指数部	: 指数指定子 符号付き整数
指数指定子	: <u>e</u> <u>E</u>
符号付き整数	: [符号] 数値桁群
符号	: <u>+</u> <u>-</u>
型接尾辞	: <u>f</u> <u>F</u>
数値桁群	: 数値桁 数値桁群 数値桁
数値桁	: <u>0</u> <u>1</u> <u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>5</u> <u>6</u> <u>7</u> <u>8</u> <u>9</u>

この言語の複素数リテラルは、最後に虚数単位のつかない実数か、最後に虚数単位「i」または「I」のつく虚数である。複素数リテラルの字句解析ルーチンは、複素数リテラルとして解釈できる最長の文字列を切り出し、当該複素数リテラルに相当する実数または虚数の大きさを変数 z に、また当該複素数リテラルが実数を表しているときに `false`、虚数を表しているときに `true` を変数 `imf` に設定する。

次の表は、この言語の字句解析ルーチンで実行する有限状態機械の状態遷移表の一部である。各状態において最左欄の文字を読み込んだときに、すべきアクションと移るべき次状態が記されている。変数 c には、読み込んだ文字のコードが代入されている。この字句解析ルーチンが上述の通りに動作するよう、この状態遷移表のアクション部を補完せよ。必要に応じて新しく変数を導入してもかまわない。

入力文字 c	状態 1	状態 2	状態 3	状態 4	状態 5	状態 6	状態 7	状態 8	状態 9
0 - 9	2	2	4	4	7	7	7	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
	$i=c-'0'$		$a=0.1$ $f=(c-'0')*a$	$a=a*0.1$					
.	3	3	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	エラー	エラー	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
+	エラー	エラー	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	6	エラー	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
-	エラー	エラー	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	6	エラー	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
E, e	エラー	5	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	5	エラー	エラー	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
F, f	エラー	8	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	8	エラー	エラー	8	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
I, i	エラー	9	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	9	エラー	エラー	9	9	複素数リテラル確定 $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$

※上段：次状態，下段：状態遷移時のアクション

[問題4]

(1) 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。

3, 2, 1, 0, 2, 4, 2, 5, 0, 0, 3, 2

物理メモリのページフレーム（物理ページ）を4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)

(2) ページフォールトが生じた場合、OS はどのような処理を行うか、述べよ。

[問題5]

1. データベースシステムにおけるメタデータ (metadata) は何か.
2. 超キー (superkey) の定義を書きなさい.
3. 外部キー (foreign key) の定義を書きなさい.
4. 次に示す2つのリレーション R と S について, 下記の問題に解答しなさい.
 $R(A, B, C)$
 $S(A, D, E)$
 - (1) 次のリレーショナル代数式を説明しなさい.
 $\pi_{A, B}(\sigma_{C=001}(R))$
 - (2) 次のリレーショナル代数式を説明しなさい.
 $\pi_{A, D, B}(S \bowtie (\sigma_{B=00100}(R)))$
 - (3) (1) のリレーショナル代数式を, リレーショナル論理式で書きなさい.
 - (4) (2) のリレーショナル代数式を, リレーショナル論理式で書きなさい.
5. 実体関連モデルにおける弱実体集合 (weak entity set) の定義を書きなさい.
6. リレーショナルデータベースにおける第一正規形 (first normal form) の定義を書きなさい.
7. 下記の2つのSQLの相違点を説明しなさい.
 (a) SELECT A,B
 FROM R;
 (b) SELECT DISTINCT A,B
 FROM R;
8. 下記のテーブル Product に関する問題.

pname	price	quality
A	1200	x
B	1010	x
A	1150	y
C	800	y

 下記のSQL文を説明しなさい.

```
SELECT pname, COUNT(*), SUM(price), AVG(price)
FROM Product;
GROUP BY pname;
```
9. トランザクションが有するACID特性を説明しなさい.
 - (1) 原子性 (atomicity)
 - (2) 整合性 (consistency)
 - (3) 隔離性 (isolation)
 - (4) 耐久性 (durability)

[問題6]

ランダムに作成した2分探索木の高さの解析に関する以下の問に答えよ. 数 $1, 2, \dots, n$ の順列のどれもが同様に確からしく発生するとする. 列中の n 個の数それぞれについて, それより前にある数のどれよりも大きい場合には数に印をつけるとする. なお, 列の先頭の数には常に印をつける. 例えば, $n = 5$ で順列が $2, 1, 3, 5, 4$ のときは $\textcircled{2}, 1, \textcircled{3}, \textcircled{5}, 4$ のように印をつける.

1. 列の最後の数に印がついている確率を求めよ.
2. 列の最後の数が a のときに, 列の $n - 1$ 番目の数に印がついている確率を求めよ.
3. 列の先頭から i 番目の数に印がついている確率を求めよ.
4. 列全体の印の数の期待値のオーダーを求めよ.

計算機工学(Computer Science & Engineering)

2007年8月21日(火) 10:50~12:20

August 21, 2007, 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.

[Question 1]

Answer the questions about a finite state machine \mathcal{M} whose state transition table is shown in Table 2.

- (1) Derive all the equivalent state sets of \mathcal{M} .
- (2) Derive a finite state machine with minimum states that is equivalent to \mathcal{M} . Show the result in the form of state transition table.
- (3) Assume that the current state is 'A'. Derive input sequence i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 that produces the output sequence 0, 0, 1, 0, 1.

Table 2: State transition table for a finite state machine \mathcal{M}

current state	input	
	0	1
A	C/0	E/1
B	E/0	D/0
C	F/0	H/0
D	G/0	A/0
E	D/1	G/0
F	H/1	G/0
G	A/1	B/0
H	G/0	A/0

For example, C/0 at the first row represents that if the current state is 'A' and the input is 0, then the next state is 'C' and the output is 0.

[Question 2]

Answer the following questions on cache memory systems.

- (1) Why is a cache memory adopted in many computer systems? Explain the reasons based on the structure and behavior of the cache memory.
- (2) An SRAM (Static RAM) is used for the cache memory as well as DRAM (Dynamic RAM) for a main memory. Explain the reasons based on the structures and characteristics of SRAM and DRAM.
- (3) Suppose that operation time (read time and write time) of SRAM is 10 times shorter than DRAM. When we adopt the SRAM for cache memory of a computer system, how much speed-up of the computer system can be expected in maximum? What are factors to prevent the speed-up?

[Question 3]

The lexical grammar of the complex number literal of one programming language is defined as the following BNF description. $\alpha \beta$ means concatenation of α and β . $\alpha | \beta$ means the alternative of α or β . $[\alpha]$ means α is optional. The underlined bold characters and words appear as they are in source files.

```

ComplexLiteral      : DigitSeq _ [DigitSeq] [ExpPart] [TypeSuffix] [ImagUnit]
                    | _ DigitSeq [ExpPart] [TypeSuffix] [ImagUnit]
                    | DigitSeq ExpPart [TypeSuffix] [ImagUnit]
                    | DigitSeq [ExpPart] TypeSuffix [ImagUnit]
                    | DigitSeq [ExpPart] [TypeSuffix] ImagUnit
ImagUnit            : i | I
ExpPart             : ExpInd SignedInt
ExpInd              : e | E
SignedInt           : [Sign] DigitSeq
Sign                : + | -
TypeSuffix          : f | F
DigitSeq            : Digit
                    | DigitSeq Digit
Digit               : 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9

```

ComplexLiteral is a real number not suffixed by the imaginary unit, namely "I" or "i", or an imaginary number suffixed by the imaginary unit. The lexical parser of *ComplexLiteral* extracts the longest substring that can be regarded as a *ComplexLiteral* and stores the absolute value of the real or imaginary number of the *ComplexLiteral* in variable *z*. Moreover, the lexical parser sets variable *imf* as false or true if the number of the *ComplexLiteral* is real or imaginary, respectively.

The following table is an incomplete state transition table of the finite automaton executed in the lexical parser. The table shows the actions to do and the next state to move when the character in the leftmost column is input in each state. Variable *c* keeps a character code. Complete the action parts of this state transition table to make the lexical parser behave as expected. You can introduce additional variables as necessary.

Input Character c	State 1	State 2	State 3	State 4	State 5	State 6	State 7	State 8	State 9
0 - 9	2	2	4	4	7	7	7	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
	$i=c-'0'$		$a=0.1$ $f=(c-'0')*a$	$a=a*0.1$					
.	3	3	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	Error	Error	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
+	Error	Error	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	6	Error	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
-	Error	Error	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	6	Error	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
E, e	Error	5	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	5	Error	Error	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
F, f	Error	8	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	8	Error	Error	8	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$
I, i	Error	9	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$	9	Error	Error	9	9	CompleLiteral Extracted $z=(i+f)*10^{\text{exp}}$

※Upper: Next State; Lower: Action when Leaving the State

[Question 4]

(1) We consider the paging systems as virtual memory system and 4 page frames (physical pages) of main memory. We consider the following virtual page reference string.

3, 2, 1, 0, 2, 4, 2, 5, 0, 0, 3, 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.

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

(2) What kind of actions does an OS do when a page fault occurs?

[Question 5]

1. What is 'metadata' in database systems?
2. Write the definition of 'superkey'.
3. Write the definition of "foreign key".
4. For the two relations R and S below, answer the following questions.
 $R(A, B, C)$
 $S(A, D, E)$
 - (1) Translate the following relational algebra into natural language.
 $\pi_{A, B}(\sigma_{C=001}(R))$
 - (2) Translate the following relational algebra into natural language.
 $\pi_{A, D, B}(S \bowtie (\sigma_{B=00100}(R)))$
 - (3) Translate the relational algebra in the question (1) into relational calculus.
 - (4) Translate the relational algebra in the question (2) into relational calculus.
5. Write the definition of "weak entity set" in the entity relationship model.
6. Write the definition of "first normal form" in relational database.
7. Explain the difference between the following two SQL.
 - (a)

```
SELECT A, B
FROM R;
```
 - (b)

```
SELECT DISTINCT A, B
FROM R;
```
8. A table named Product is stored in a relational database system as follows.

pname	price	quality
A	1200	x
B	1010	x
A	1150	Y
C	800	Y

Explain the following SQL.

```
SELECT pname, COUNT(*), SUM(price), AVG(price)
FROM Product;
GROUP BY pname;
```
9. Explain the 'ACID' of transaction.
 - (1) atomicity
 - (2) consistency
 - (3) isolation
 - (4) durability

[Question 6]

Answer the following questions which are related to the analysis of the height of random binary search trees. Assume that all permutations of numbers $1, 2, \dots, n$ are generated with equal probabilities. For each number in the permutation, mark it if it is larger than any other numbers which appear to the left of the number. Note that the first number of the permutation is always marked. For example, for the case $n = 5$ and the permutation is $2, 1, 3, 5, 4$, we mark the numbers as follows. $\textcircled{2}, 1, \textcircled{3}, \textcircled{5}, 4$.

1. Find the probability that the last number of the permutation is marked.
2. Find the probability that the $(n - 1)$ -th number of the permutation is marked if the last number of the permutation is a .
3. Find the probability that the i -th number is marked.
4. Find the expected value of the number of marks in the permutation in the big-O representation.

平成20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19年8月22日(水) 10:50~12:20

1. 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、 $R_L \gg R_e$ など、妥当な近似を想定して式を簡単化してよい。
- (1) 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。
 - (2) 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。
 - (3) 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。
 - (4) 増幅器の入力抵抗 Z_i および出力抵抗 Z_o を求めよ。
 - (5) 電力増幅器の観点から見て、電力効率の最大値を求めよ。

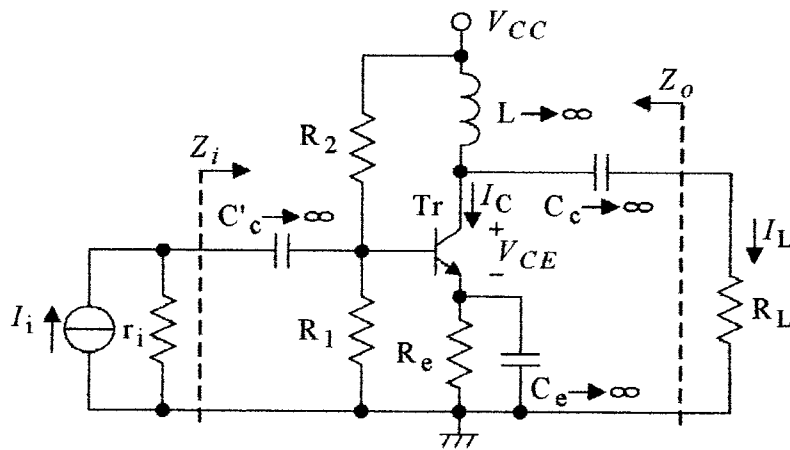


図1

2. 図2に示す回路の伝達関数 $G(s) = V_o(s) / V_i(s)$ を求めよ。また、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。

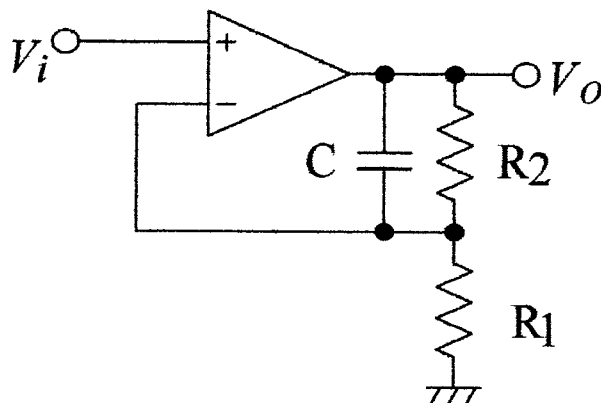


図2

全 4 問

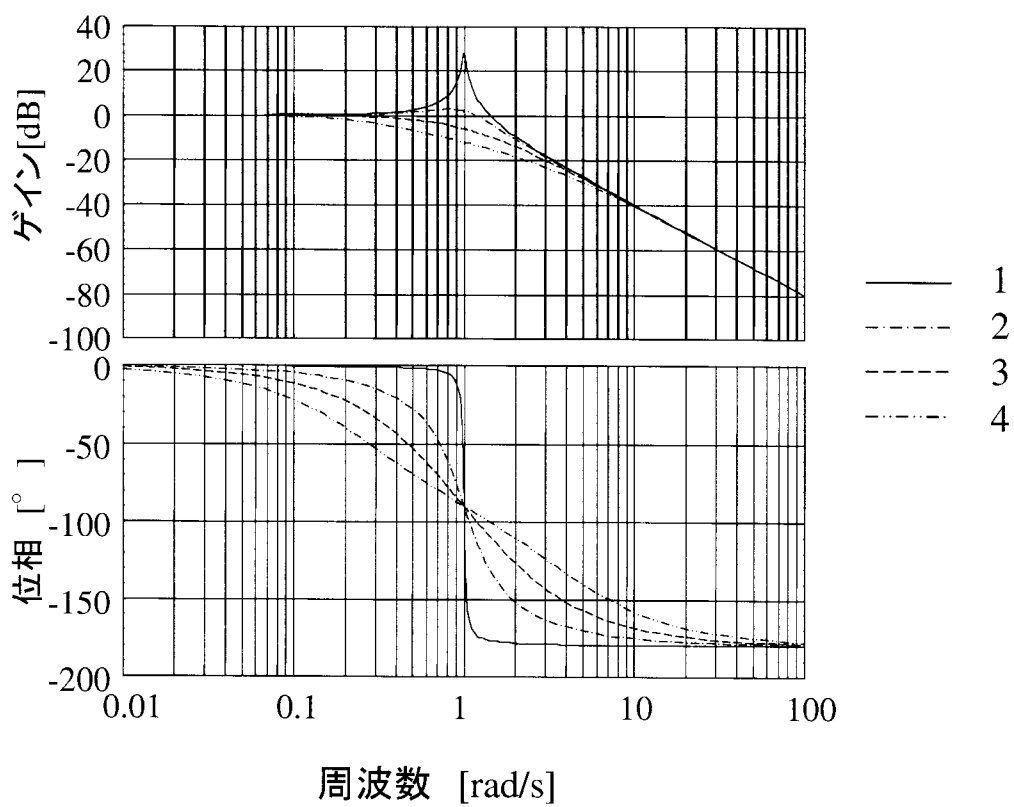
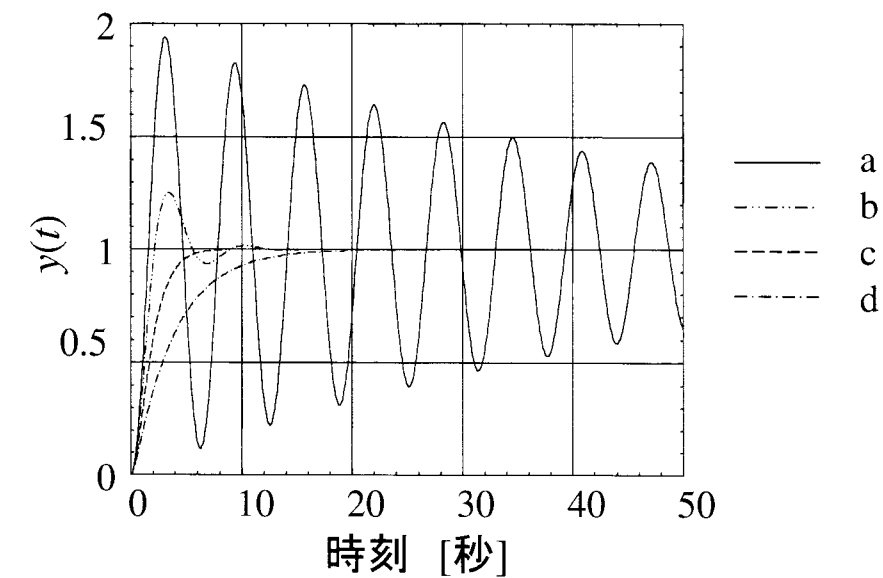
問題 1

次の文で正しいものに○，誤っているものに×をつけよ．

1. どのような線形時不変システムでも，フィードバック制御系を構成して安定化することができる．
2. 非線形システムの伝達関数を一意に定義することができる．
3. あるシステムの周波数伝達関数が得られれば，そのシステムの安定性を知ることができる．
4. 伝達関数 $1/(s^3 + 2s^2 + s + 6)$ のボード線図を描いた．ゲイン特性は高い周波数になるにつれ -20dB/decade の傾斜となる．
5. 伝達関数 $(s + 1)/(s^2 + 9)$ のボード線図を描くと，位相特性は周波数が高くなるになるにつれ -90° に漸近する．
6. ある線形時不変系のインパルス応答 $g(t)$ が得られた． $g(t)$ が絶対可積分であっても，そのシステムが安定系であるかどうかは判断できない．
7. あるシステムは可制御ではない．したがって，このシステムの状態ベクトルは，状態観測器では推定できない．

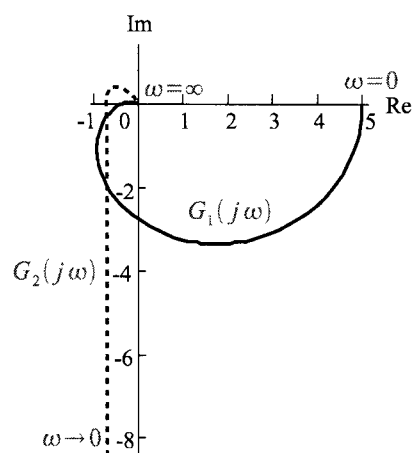
問題 2

ある四つのシステムのステップ応答が表されている。このステップ応答 (a,b,c,d) に対応する周波数特性 (1,2,3,4) を選べ。



問題 3

開ループ伝達関数（一巡伝達関数） $G_1(s)$ が負帰還で直結フィードバックされたフィードバック制御系がある。ただし $G_1(s)$ のナイキスト線図は図の実線で表される。このフィードバック制御系の定常位置偏差を求めよ。また、ナイキスト線図が図の破線で示される開ループ伝達関数 $G_2(s)$ を負帰還で直結フィードバックしたフィードバック制御系についての定常位置偏差を求めよ。



問題 4

あるシステムは二つの部分システムから構成され、各部分システムは次の状態方程式，出力方程式で表される。

$$\begin{aligned} \text{部分システム 1 : } \quad \dot{z} &= a_1 z + b_1 u \\ v &= c_1 z \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{部分システム 2 : } \quad \dot{x} &= a_2 x + b_2 v \\ y &= c_2 x \end{aligned}$$

ただし、 u, v, x, y, z はいずれもスカラーの信号であり、 $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2$ はいずれもスカラーの実定数である。

1. このシステム全体を表す状態方程式と出力方程式を示せ。ただし状態ベクトルは $[z \ x]^T$ を用いよ。
2. このシステム全体の安定性と、部分システム 1 および 2 それぞれ単独の安定性との間の関係について述べよ。
3. このシステム全体の可制御性および可観測性と、部分システム 1 および 2 それぞれ単独の可制御性・可観測性との間の関係について述べよ。

—電力工学—

【1】以下の問いに答えよ。

- (1) ランキンサイクルを用いた汽力発電所の構成図と T-S (T: 温度、S: エントロピー) 線図を相互の対応が分かるように示し、各位置での作動流体の状態変化について説明せよ。
- (2) ランキンサイクルの効率を改良した再生サイクルと再熱サイクルについて同様に説明せよ。

【2】電流密度、送電電圧、力率が同じである三相 3 線方式および単相 2 回線方式の交流送電システムがある。送電容量が同じである時、両システムの電線総断面積の関係を求めよ。

平成20年度 九州大学大学院システム情報科学研究科
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は三相誘導機の一相分簡易等価回路を示す。

- (1) 図1を用いて、まず、電圧 V_1 表示で一次負荷電流 I_1' と二次入力 P_{2i} を求めなさい。次にこれから、トルク T の式を求めなさい。なお、電源角周波数は ω_1 とする。
- (2) 誘導機の典型的なすべり s に対するトルク T の曲線を $-2 \leq s \leq 2$ の領域で図示しなさい。また、(a) $0 \leq s \leq 1$ 、(b) $s \geq 1$ 、(c) $s \leq 0$ の3つの運転領域について簡単に説明しなさい。
- (3) 上記トルク曲線を用いて、トルク T の比例推移の原理について説明しなさい。

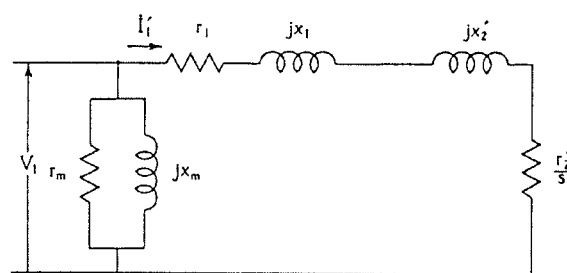


図1 誘導機の簡易等価回路

問題 2

図2は直流モータ電車の速度制御回路の一例を示す。
図中点線で囲まれた部分Sがスイッチ回路で、GTOサイリスタが主素子として使用されている。

この回路の動作原理と各部波形を示しなさい。

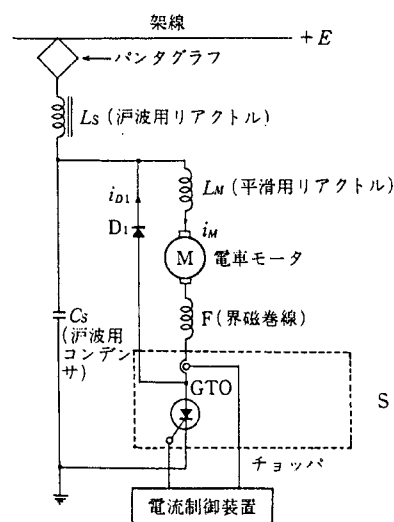


図2 DC モータ電車の速度制御

ELECTRONIC CIRCUITS

Aug. 22, 2007

1. Solve the following problems on the transistor amplifier shown in Fig. 1. You can use some possible assumptions, such as $R_L \gg R_e$ and so on, to simplify some equations.
- (1) Find the quiescent point (bias point), I_{CQ} , V_{CEQ} , to provide the maximum symmetrical swing of ac current through 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.
 - (5) From the viewpoint of a power amplifier, derive the maximum power efficiency.

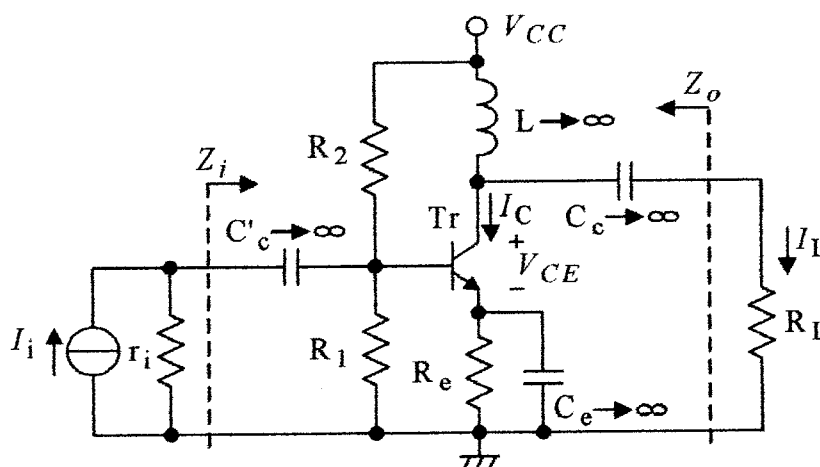


Fig. 1

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

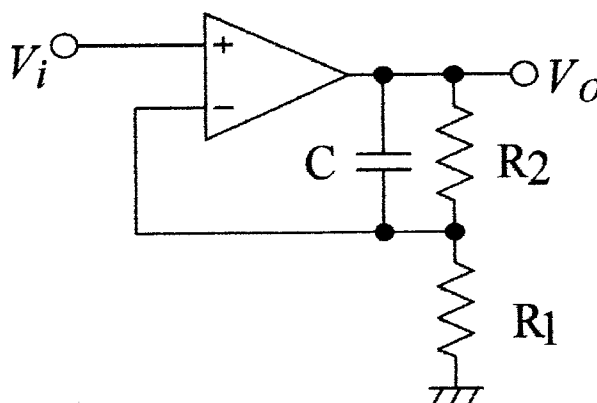


Fig. 2

Questions for Entrance Examination to Master Course, Graduate School of
Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University, 2008
– Control Engineering –

Four questions in total

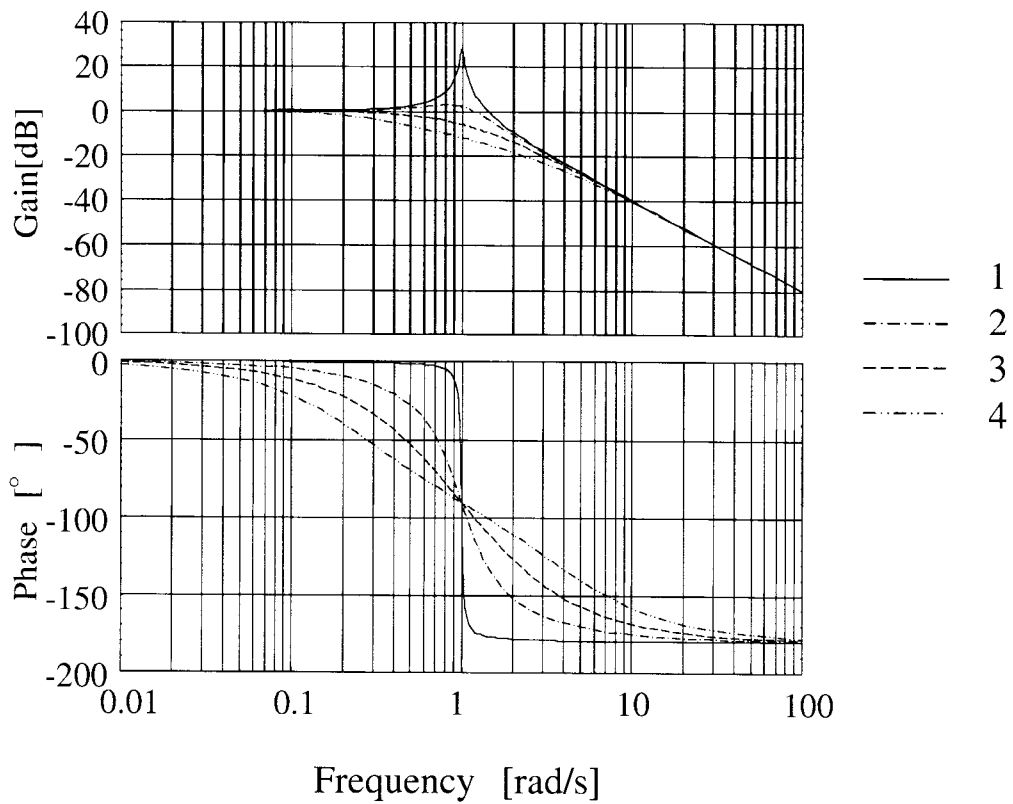
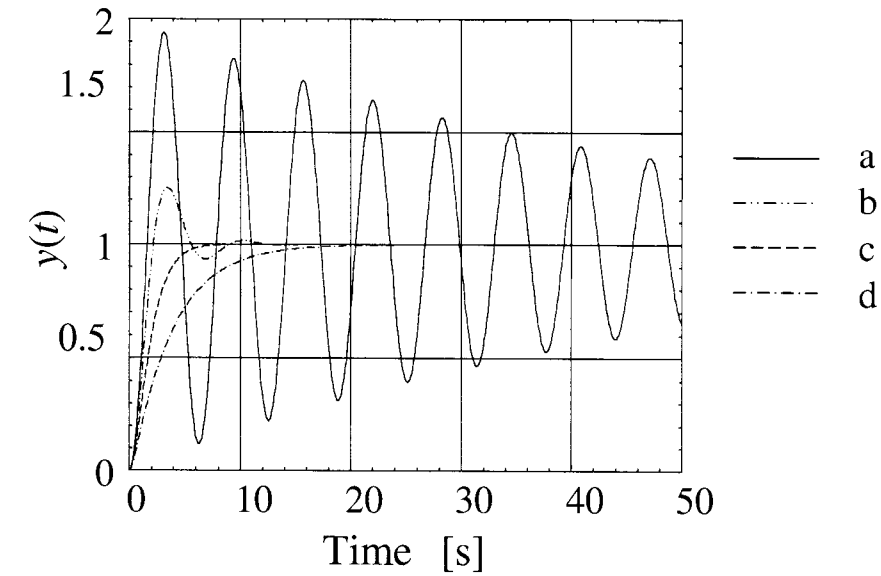
Question 1

Answer whether the following propositions are true or false.

1. Any linear time-invariant system can be stabilized by applying adequate feedback control.
2. Any non-linear system can be represented uniquely by a transfer function.
3. Stability of a linear time-invariant system can be determined if its frequency responses are completely given.
4. Gain plot of a transfer function $1/(s^3 + 2s^2 + s + 6)$ approaches a straight line with a slope of -20dB/decade as the frequency increases in the Bode diagram.
5. Phase angle of a transfer function $(s+1)/(s^2+9)$ converges to -90 degree as the frequency increases in the Bode diagram.
6. A signal $g(t)$ is the impulse response of a linear time-invariant system. Stability of the system can not be determined even if $g(t)$ is known to be absolutely integrable.
7. A system is not controllable. Therefore, it can be concluded that the state vector of the system can not be estimated using an observer.

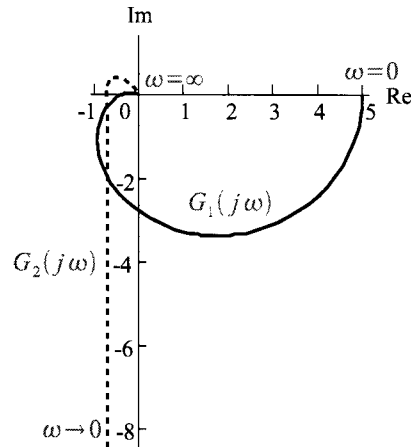
Question 2

Step responses:(a,b,c,d) of four systems are given in the upper graph. Find corresponding Bode plots from the lower graph.



Question 3

The Nyquist diagram of an open loop transfer function (a loop transfer function) $G_1(s)$ is shown by the solid curve in the figure below. Find the steady-state position error for the feedback control system consisting of $G_1(s)$ with a unity negative feedback. Also, determine the steady-state position error for the feedback system with an open loop transfer function $G_2(s)$ and a unity negative feedback where the Nyquist diagram of $G_2(s)$ is given by the broken curve in the figure.



Question 4

Consider a system consisting of two sub-systems represented by the following pairs of state and output equations:

$$\begin{aligned} \text{Sub-system 1 : } \quad \dot{z} &= a_1 z + b_1 u, \\ v &= c_1 z, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sub-system 2 : } \quad \dot{x} &= a_2 x + b_2 v, \\ y &= c_2 x, \end{aligned}$$

where u , v , x , y and z are all scalar signals, and each of a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c_1 and c_2 is a scalar real constant.

1. Show the state equation and the output equation of the whole system. Use $[z \ x]^T$ as the state vector of the whole system.
2. Describe the relationship between the stability of the whole system and the stability of each of individual Sub-systems 1 and 2.
3. Describe the relationship of the controllability and the observability of the whole system to the controllability and/or the observability of each of individual Sub-systems 1 and 2.

– Electric Power Engineering –

[1]

- (1) Draw a diagram of steam power station based on the Rankin cycle as well as the T-S diagram (T: temperature, S: entropy) and describe thermodynamic state of steam or water at each stage. Relationship between two diagrams should be also clearly described.
- (2) Efficiency of the Rankin cycle can be improved by using reheat or regeneration. Explain about these modified Rankin cycles as the same way as (1).

- [2] Consider two AC transmission line systems. One is a three-phases and three-lines system and the other is a single-phase and two-lines system. When the power capacity of two systems is identical, find relationship between total cross section of line conductor of each system. Assume that current density, transmission voltage and power factor are identical for both systems.

Energy Conversion

Problem 1

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

- (1) Express the equations for the primary load current I_1' and the secondary input power P_{2i} in the term of voltage V_1 . Then, express the equation for the torque T . The source angular frequency is ω_1 .
- (2) Draw typical curve of torque T as a function of slip s over the range $-2 \leq s \leq 2$. In the curve, explain briefly about the three operation modes; the regions (a) $0 \leq s \leq 1$, (b) $s \geq 1$, (c) $s \leq 0$.
- (3) By using the above torque curve, explain the principle of proportional shifting of torque T .

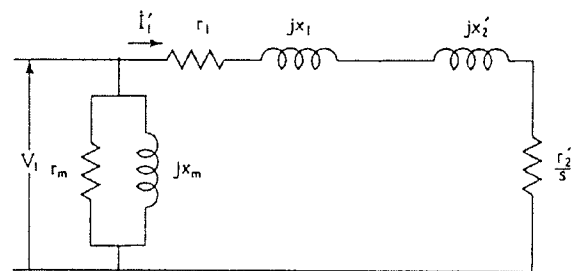


Fig.1. Simplified equivalent circuit of induction motor

Problem 2

Figure 2 illustrates an example of speed control system for DC electric train. The part S, surrounded by the dotted line, shows the switching circuit for dc chopper. As a switching element, GTO thyristor is used.

Describes the operation of the dc chopper system, and sketch the waveform at each parts.

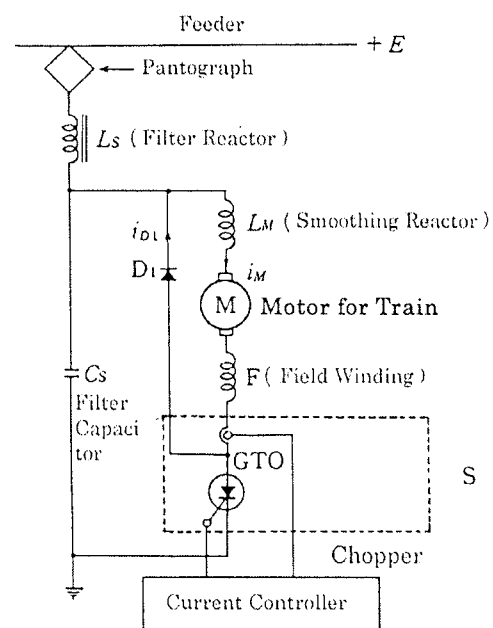


Fig.2. Speed control system for DC electric train

平成20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

電子回路

試験問題

平成19年8月22日(水) 10:50~12:20

1. 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、 $R_L \gg R_e$ など、妥当な近似を想定して式を簡単化してよい。
- (1) 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。
 - (2) 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。
 - (3) 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。
 - (4) 増幅器の入力抵抗 Z_i および出力抵抗 Z_o を求めよ。
 - (5) 電力増幅器の観点から見て、電力効率の最大値を求めよ。

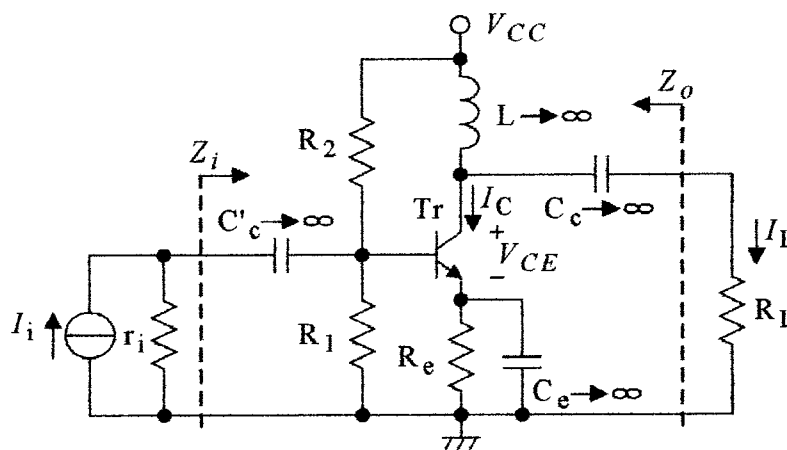


図1

2. 図2に示す回路の伝達関数 $G(s) = V_o(s) / V_i(s)$ を求めよ。また、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。

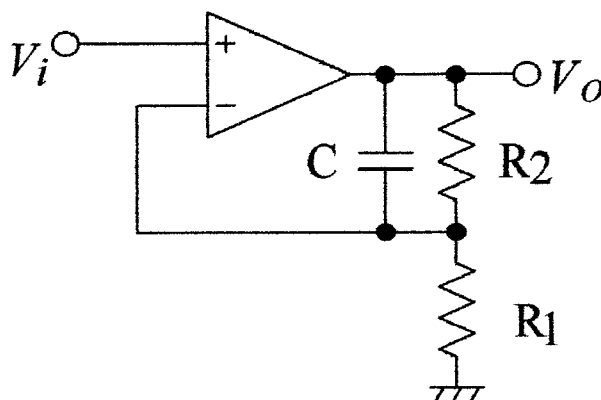


図2

全 4 問

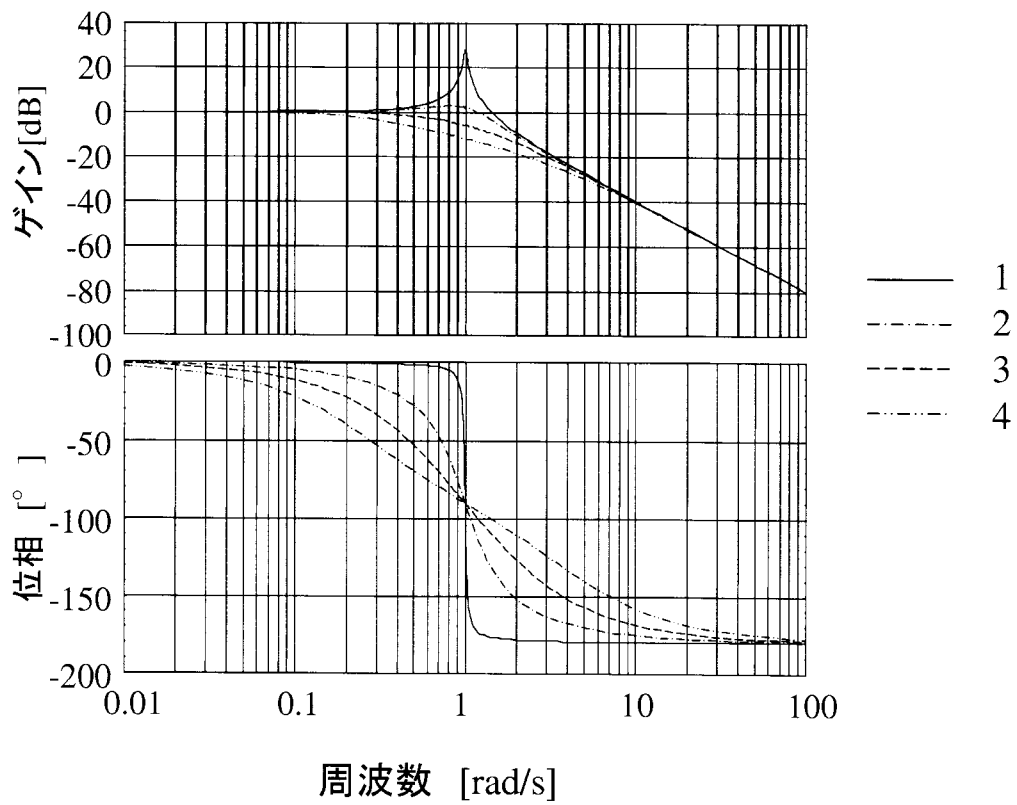
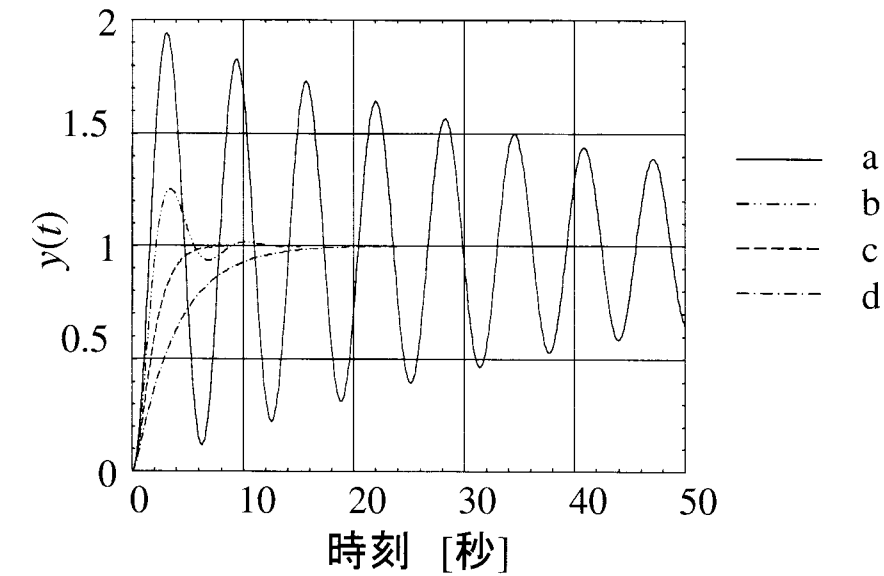
問題 1

次の文で正しいものに○，誤っているものに×をつけよ．

1. どのような線形時不変システムでも，フィードバック制御系を構成して安定化することができる．
2. 非線形システムの伝達関数を一意に定義することができる．
3. あるシステムの周波数伝達関数が得られれば，そのシステムの安定性を知ることができる．
4. 伝達関数 $1/(s^3 + 2s^2 + s + 6)$ のボード線図を描いた．ゲイン特性は高い周波数になるにつれ -20dB/decade の傾斜となる．
5. 伝達関数 $(s + 1)/(s^2 + 9)$ のボード線図を描くと．位相特性は周波数が高くなるになるにつれ -90° に漸近する．
6. ある線形時不変系のインパルス応答 $g(t)$ が得られた． $g(t)$ が絶対可積分であっても，そのシステムが安定系であるかどうかは判断できない．
7. あるシステムは可制御ではない．したがって，このシステムの状態ベクトルは，状態観測器では推定できない．

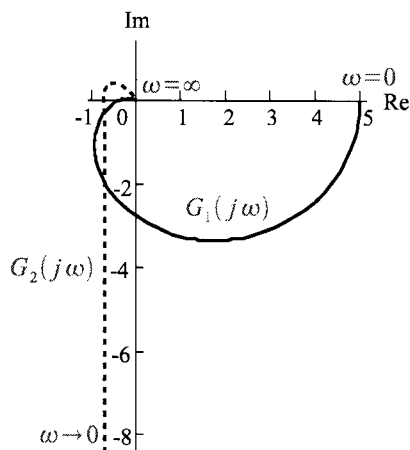
問題 2

ある四つのシステムのステップ応答が表されている。このステップ応答 (a,b,c,d) に対応する周波数特性 (1,2,3,4) を選べ。



問題 3

開ループ伝達関数（一巡伝達関数） $G_1(s)$ が負帰還で直結フィードバックされたフィードバック制御系がある。ただし $G_1(s)$ のナイキスト線図は図の実線で表される。このフィードバック制御系の定常位置偏差を求めよ。また、ナイキスト線図が図の破線で示される開ループ伝達関数 $G_2(s)$ を負帰還で直結フィードバックしたフィードバック制御系についての定常位置偏差を求めよ。



問題 4

あるシステムは二つの部分システムから構成され、各部分システムは次の状態方程式、出力方程式で表される。

$$\begin{aligned} \text{部分システム 1 : } \quad \dot{z} &= a_1 z + b_1 u \\ v &= c_1 z \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{部分システム 2 : } \quad \dot{x} &= a_2 x + b_2 v \\ y &= c_2 x \end{aligned}$$

ただし、 u, v, x, y, z はいずれもスカラーの信号であり、 $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2$ はいずれもスカラーの実定数である。

1. このシステム全体を表す状態方程式と出力方程式を示せ。ただし状態ベクトルは $[z \ x]^T$ を用いよ。
2. このシステム全体の安定性と、部分システム 1 および 2 それぞれ単独の安定性との間の関係について述べよ。
3. このシステム全体の可制御性および可観測性と、部分システム 1 および 2 それぞれ単独の可制御性・可観測性との間の関係について述べよ。

平成 20 年度・修士課程入学試験・電子デバイス工学問題

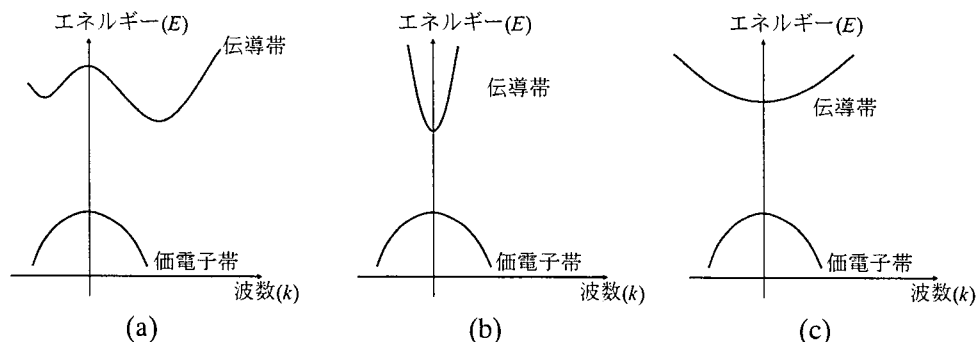
注意 1 : 電子回路、制御工学、電子デバイス工学のいずれか 1 科目しか解答できません。

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 (25 点)

n 型半導体の中をドリフト移動する自由電子に関して、下記の設問に答えよ。

- (1) 自由電子のドリフト移動度 μ を素電荷 q 、有効質量 m^* 、平均自由時間(衝突緩和時間) $\langle \tau \rangle$ 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。これらの半導体の平均自由時間(衝突緩和時間) $\langle \tau \rangle$ は一定と仮定した時、自由電子のドリフト移動度 μ の大きな順に並べよ。



- (3) n 型半導体の中を自由電子は格子散乱とイオン化不純物散乱を受けながら電界によりドリフト移動しているとする。又、格子散乱で決まる移動度 μ_L 及びイオン化不純物散乱で決まる移動度 μ_I は各々次式で記述されるとする。

$$\mu_L = AT^{-1.5}$$

$$\mu_I = BT^{1.5}$$

但し、 T は絶対温度、 A 及び B は定数とする。

この時、自由電子のドリフト移動度 μ を数式で表せ。

- (4) 設問 (3) の n 型半導体において、自由電子のドリフト移動度 μ はどのような温度変化を示すか？ ドリフト移動度 μ の対数表示を縦 (Y) 軸、絶対温度 T の対数表示を横 (X) 軸に取り、温度変化を模式的に図示せよ。
- (5) 設問 (3) の n 型半導体において、ドナー不純物密度を増加したところ、低温領域におけるドリフト移動度 μ は減少した。高温領域のドリフト移動度 μ はどのような振る舞いを示すか？理由とともに答えよ。

問題 2 (25 点)

p 型半導体(多数キャリア密度: N_A)と n 型半導体(多数キャリア密度: N_D)からなる pn 接合に逆方向バイアス V_R を印加した。各々の領域に拡がる空乏層幅を x_p , x_n 、拡散電位(内蔵電位)を V_d 、半導体の誘電率を ϵ_s 、素電荷を q とした時、電位分布 ($\phi(x)$) の式は下記で与えられる。なお、位置 x に関しては、p 型領域と n 型領域の接合位置を $x=0$ 、p 型領域の空乏層端を $-x_p$ 、n 型領域の空乏層端を x_n としている。

$$\phi(x) = \begin{cases} \frac{qN_A}{2\epsilon_s}(x+x_p)^2 & (-x_p \leq x \leq 0) \\ -\frac{qN_D}{2\epsilon_s}(-x+x_n)^2 + V_d + V_R & (0 \leq x \leq x_n) \end{cases}$$

この様な pn 接合に関して下記の設問に答えよ。

- (1) p 型領域及び n 型領域に拡がる空乏層幅が下記の式で与えられる事を示せ。

$$x_p = \sqrt{\frac{2\epsilon_s N_D (V_d + V_R)}{qN_A (N_A + N_D)}}$$

$$x_n = \sqrt{\frac{2\epsilon_s N_A (V_d + V_R)}{qN_D (N_A + N_D)}}$$

- (2) 空乏層の中における最大電界強度 E_{MAX} を求めよ。
- (3) 逆方向バイアス V_R を増加し続けたところ、ある電圧(降伏電圧)以上で、電流が急増した。この降伏電圧の値を向上させるには、 N_D または N_A の値をどの様にすれば良いかを答えよ。なお、本設問においては、 $N_D \gg N_A$ とする。
- (4) この pn 接合の単位面積当たりの空乏層容量(静電容量)を求めよ。
- (5) N_A と V_d の値を実験的に求める手法を説明せよ。なお、本設問においては、 $N_D \gg N_A$ とする。

問題 3 (20 点)

エミッタ (E)、ベース (B)、コレクタ (C) からなる pnp バイポーラ接合トランジスタに関して、下記の設問に答えよ。E、B、C の各々の多数キャリア密度を N_E 、 N_B 、 N_C とし、 $N_E > N_B > N_C$ の関係が成立しているものとする。

- (1) バイポーラ接合トランジスタ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) バイポーラ接合トランジスタのベース接地電流増幅率 α が 0.97 であった。エミッタ接地電流増幅率 β の値を求めよ。ここで、コレクタ電流を I_C 、ベース電流を I_B 、エミッタ電流を I_E とすると、 $\alpha = I_C/I_E$ 、 $\beta = I_C/I_B$ である。
- (3) バイポーラ接合トランジスタのベース接地電流増幅率 α を 1.0 に近づけるには、エミッタ領域の不純物密度を、設問 (2) の場合よりも、高くすべきか、低くすべきか？理由とともに答えよ。
- (4) バイポーラ接合トランジスタのエミッタ端子とコレクタ端子を入れ替えて用いたとする。この時、トランジスタはどのような動作を示すかを説明せよ。

問題 4 (30 点)

チャネル長(ゲート長)が L 、チャネル幅(ゲート幅)が W 、単位面積当たりのゲート酸化膜容量が C_{ox} の n チャネル MOSFET (MOS 型電界効果トランジスタ)がある。ソース・ゲート間に正のゲート電圧 V_{GS} を印加し、ソース・ドレイン間に正のドレイン電圧 V_{DS} を加えると電子が誘起されチャネル内をソースからドレインへと流れる。このような n チャネル MOSFET に関して下記の設問に答えよ。なお、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 $x=L$ とせよ。

- (1) $V_{DS}=0$ の状態で正の V_{GS} を印加し、ゲート酸化膜直下にチャネルが形成された状態に対応するエネルギー・バンド図を示せ。エネルギー・バンド図は、ゲート電極・ゲート絶縁膜・半導体の断面方向に記載し、図中には半導体の価電子帯の頂き E_V 、伝導帯の底 E_C 、フェルミ・エネルギー E_F 、ゲート電極を形成する金属のフェルミ・エネルギー E_{FM} 、及びゲート電圧 V_{GS} を記入すること。なお、素電荷を q とせよ。
- (2) MOSFET のしきい値電圧を V_{th} 、チャネルの x 点における電位を $V(x)$ とした時、チャネルの電子の電荷密度 $Q_n(x)$ を式で示せ。
- (3) チャネル内の電子の移動度を μ とした時、ドレイン電流 I_D が

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

として書き表される事を示せ。但し、ソース、ドレイン間でチャネルは均一に形成され、移動度 μ はチャネル内で一定の値を持つものとする。

- (4) 線形領域 ($V_{DS} \leq V_{GS} - V_{th}$) 及び飽和領域 ($V_{DS} \geq V_{GS} - V_{th}$) におけるドレイン電流 I_D を式で示せ。
- (5) I_D を縦(Y)軸、 V_{DS} を横(X)軸に取り、 V_{GS} をパラメータとして、この n チャネル MOSFET の動作特性を図示せよ。
- (6) チャネル領域に p 型不純物を添加した。飽和領域における I_D は、 p 型不純物添加により増加するか、減少するかを理由とともに答えよ。なお、本設問において、 V_{GS} は一定とする。

ELECTRONIC CIRCUITS

Aug. 22, 2007

1. Solve the following problems on the transistor amplifier shown in Fig. 1. You can use some possible assumptions, such as $R_L \gg R_e$ and so on, to simplify some equations.
- (1) Find the quiescent point (bias point), I_{CQ} , V_{CEQ} , to provide the maximum symmetrical swing of ac current through 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.
 - (5) From the viewpoint of a power amplifier, derive the maximum power efficiency.

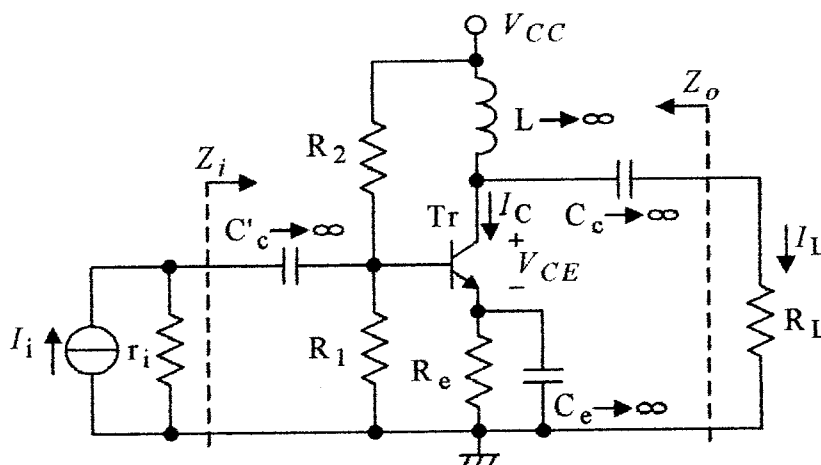


Fig. 1

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

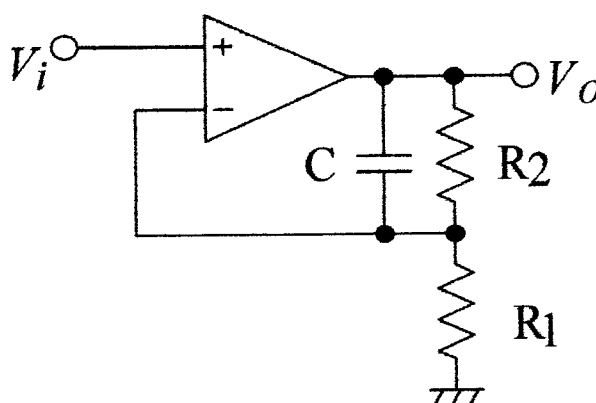


Fig. 2

Questions for Entrance Examination to Master Course, Graduate School of
Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University, 2008
– Control Engineering –

Four questions in total

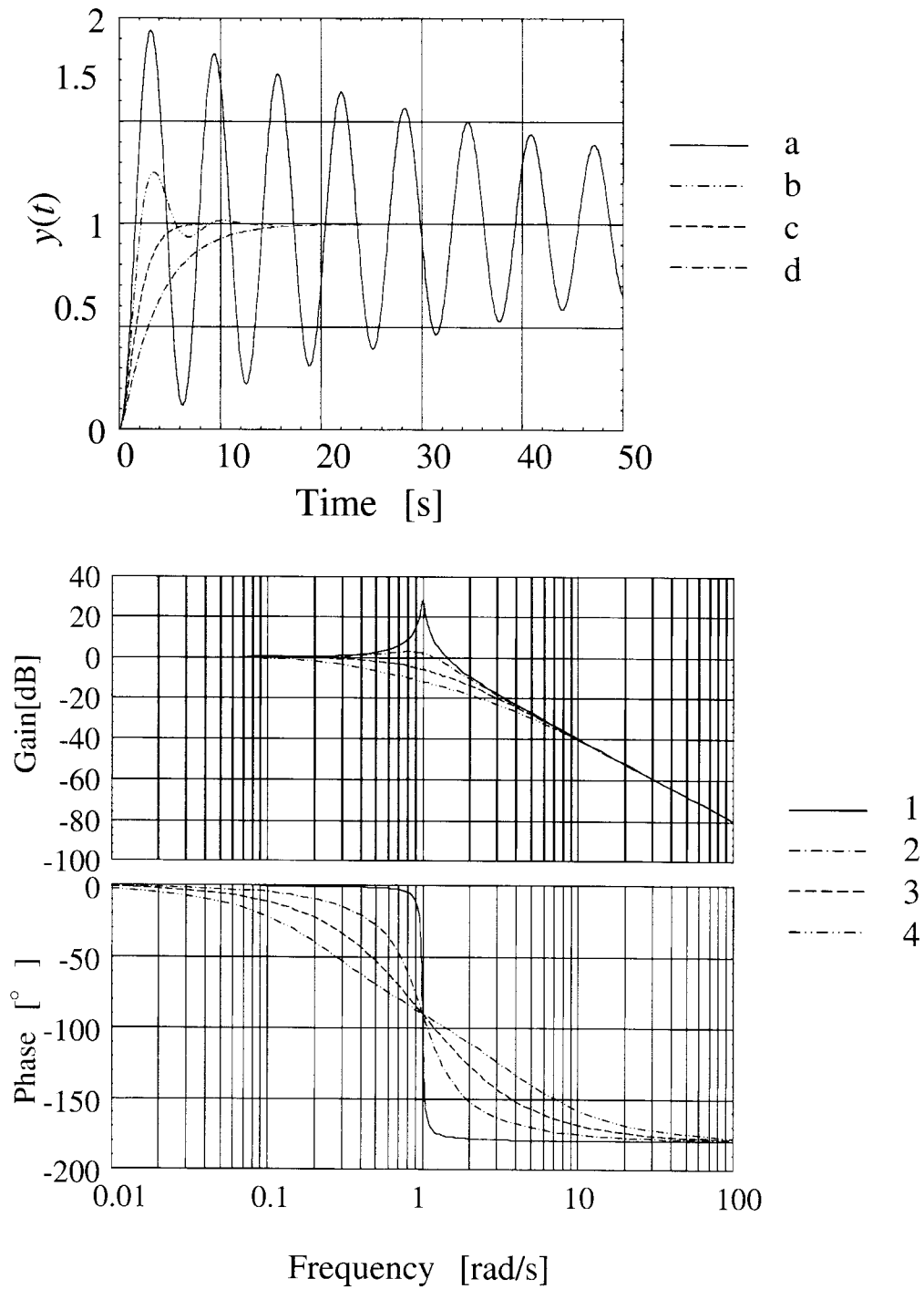
Question 1

Answer whether the following propositions are true or false.

1. Any linear time-invariant system can be stabilized by applying adequate feedback control.
2. Any non-linear system can be represented uniquely by a transfer function.
3. Stability of a linear time-invariant system can be determined if its frequency responses are completely given.
4. Gain plot of a transfer function $1/(s^3 + 2s^2 + s + 6)$ approaches a straight line with a slope of -20dB/decade as the frequency increases in the Bode diagram.
5. Phase angle of a transfer function $(s+1)/(s^2+9)$ converges to -90 degree as the frequency increases in the Bode diagram.
6. A signal $g(t)$ is the impulse response of a linear time-invariant system. Stability of the system can not be determined even if $g(t)$ is known to be absolutely integrable.
7. A system is not controllable. Therefore, it can be concluded that the state vector of the system can not be estimated using an observer.

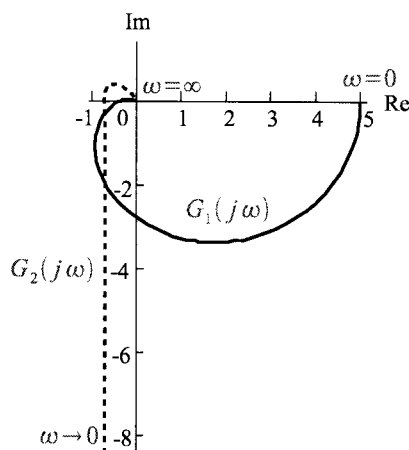
Question 2

Step responses:(a,b,c,d) of four systems are given in the upper graph. Find corresponding Bode plots from the lower graph.



Question 3

The Nyquist diagram of an open loop transfer function (a loop transfer function) $G_1(s)$ is shown by the solid curve in the figure below. Find the steady-state position error for the feedback control system consisting of $G_1(s)$ with a unity negative feedback. Also, determine the steady-state position error for the feedback system with an open loop transfer function $G_2(s)$ and a unity negative feedback where the Nyquist diagram of $G_2(s)$ is given by the broken curve in the figure.



Question 4

Consider a system consisting of two sub-systems represented by the following pairs of state and output equations:

$$\begin{aligned} \text{Sub-system 1 : } \quad \dot{z} &= a_1 z + b_1 u, \\ v &= c_1 z, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sub-system 2 : } \quad \dot{x} &= a_2 x + b_2 v, \\ y &= c_2 x, \end{aligned}$$

where u , v , x , y and z are all scalar signals, and each of a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c_1 and c_2 is a scalar real constant.

1. Show the state equation and the output equation of the whole system. Use $[z \ x]^T$ as the state vector of the whole system.
2. Describe the relationship between the stability of the whole system and the stability of each of individual Sub-systems 1 and 2.
3. Describe the relationship of the controllability and the observability of the whole system to the controllability and/or the observability of each of individual Sub-systems 1 and 2.

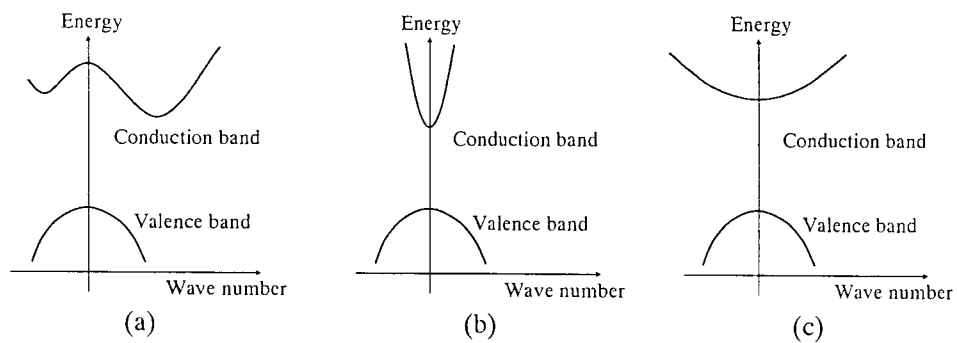
2008 Entrance Examination: Department of Electronics

Electronic Devices

1. (25 points)

Answer the following questions concerning free electrons in n-type semiconductors.

- (1) Give an equation for the drift mobility 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 numbers (a)-(c) in the order from that with the highest mobility to that with the lowest mobility, assuming that the value of $\langle \tau \rangle$ is the same for these semiconductors.



- (3) Free electrons drifting in the n-type semiconductor are scattered by phonons and ionized impurities. The mobility μ_L and μ_I determined by the phonon and ionized impurity scattering, respectively, can be expressed by the following equations:

$$\mu_L = AT^{-1.5}, \quad \mu_I = BT^{1.5}$$

where A and B are constants, and T is the absolute temperature. Formulate the drift mobility μ of the free electrons.

- (4) How is the temperature dependence of the mobility of free electrons μ in the n-type semiconductor given in (3)? Sketch the temperature dependence of μ , taking $\log(\mu)$ as the y-axis and the absolute temperature T as the x-axis.
- (5) The mobility μ decreased in the low temperature region, when donor concentration in the n-type semiconductor given (3) was increased. Did μ in the high temperature region increase, decrease, or not change, compared with (3)? Answer with the reason.

2. (25 points)

A pn junction diode, composed of p-type (concentration of majority carriers: N_A) and n-type semiconductors (concentration of majority carriers: N_D), was applied with a reverse bias voltage V_R . The potential distribution $\phi(x)$ can be expressed by the following equation:

$$\phi(x) = \begin{cases} \frac{qN_A}{2\epsilon_s}(x+x_p)^2 & (-x_p \leq x \leq 0) \\ -\frac{qN_D}{2\epsilon_s}(-x+x_n)^2 + V_d + V_R & (0 \leq x \leq x_n) \end{cases}$$

where x_p and x_n are widths of the depletion regions in p-type and n-type semiconductors, respectively, V_d is the diffusion voltage (built-in potential), ϵ_s is the dielectric constant of the semiconductor, and q is the elementary charge. The position $x=0$, $-x_p$, and x_n correspond to the interface between p-type and n-type semiconductors, the edge of the depletion region in the p-type semiconductor, and that in the n-type semiconductor, respectively. Answer the following questions.

- (1) Show that x_p and x_n are given by the following equations.

$$x_p = \sqrt{\frac{2\epsilon_s N_D (V_d + V_R)}{qN_A (N_A + N_D)}}, \quad x_n = \sqrt{\frac{2\epsilon_s N_A (V_d + V_R)}{qN_D (N_A + N_D)}}$$

- (2) Evaluate the maximum electric field E_{MAX} in the depletion region.
 (3) The current drastically increased by increasing V_R above a certain voltage (break-down voltage). Should N_D or N_A be increased or decreased to increase the break-down voltage? Assume that $N_D \gg N_A$.
 (4) Evaluate the capacitance per unit area of the depletion region of the pn junction.
 (5) Explain a technique to obtain the values of N_A and V_d experimentally. Assume that $N_D \gg N_A$.

3. (20 points)

Answer the following questions about a pnp bipolar junction transistor (BJT) consisting of the emitter (E), base (B), and collector regions (C). Assume that $N_E > N_B > N_C$, where N_E , N_B , and N_C are the concentrations of the majority carriers in the emitter, base, and collector regions.

- (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) in the common-base circuit should be shown in the drawing by using the circuit symbols of DC (direct current) voltage sources.
 (2) The common base current gain α of the BJT was 0.97. Evaluate the common emitter current gain β , where $\alpha = I_C/I_E$ and $\beta = I_C/I_B$ with the collector current I_C , the base current I_B , and the emitter current I_E .
 (3) Should the impurity concentration in the emitter region be increased or decreased compared with (2) in order to increase the common base current gain α near to 1.0? Answer with the reason.
 (4) How is the operation characteristics of the BJT, if the emitter electrode and the collector electrode are switched? In this case, the pn junction between base and emitter is reverse-biased, and that between base and collector is forward-biased.

4. (30 points)

Answer the following questions concerning n-channel Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor (n-MOSFET) consisting of the source (S), drain (D), and gate electrodes (G). The gate length is L , the gate width is W , and the capacitance per unit area of the gate oxide is C_{ox} . By applying a positive bias voltage to gate (V_{GS}) and drain (V_{DS}), where source is grounded, free electrons are induced to form a channel, and free electrons flow from source to drain. The x-direction is from the source toward the drain, and $x=0$ and L at the edges of source and drain, respectively.

- (1) Sketch a band diagram of the MOSFET under $V_{DS}=0$ and $V_{GS}>0$, where a channel is formed under the gate oxide. The diagram should be in the cross-sectional direction from the gate electrode to the gate oxide and semiconductor. The energy positions of the top of the valence band (E_V), the bottom of the conduction band (E_C), the Fermi level of the semiconductor (E_F), the Fermi levels of the gate metal (E_{FM}), and the gate bias (V_{GS}) should be given in the drawing. The elementary charge is represented as q .
- (2) Formulate the charge density of the channel $Q_n(x)$ at the position x , using the threshold voltage V_{th} of the MOSFET, and the potential $V(x)$ of the semiconductor surface at position x .
- (3) Derive the following equation for the drain current (I_D):

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

where μ is the electron mobility. Assume that the channel is uniformly formed between source and drain, and μ is constant in the channel.

- (4) Give the equations for I_D in the linear [$V_{DS} \leq V_{GS} - V_{th}$] and saturation regions [$V_{DS} \geq V_{GS} - V_{th}$].
- (5) Sketch the operation characteristics of the n-MOSFET with a parameter of V_{GS} , where I_D and V_{DS} should be taken as the y- and x-axes, respectively.
- (6) Does I_D in the saturation region increase or decrease, if the concentration of p-type impurities in the channel region is increased? Answer with the reason. Assume that V_{GS} is kept constant.