

平成22（2010）年度
東京大学大学院学際情報学府学際情報学専攻
修士課程（総合分析情報学コース）
入学試験問題
専 門 科 目

（平成21年8月24日 14：00～16：00）

試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。開始の合図があるまで、下記の注意事項をよく読んでください。

(Please read the instructions on the backside.)

1. 本冊子は、総合分析情報学コースの受験者のためのものである。
2. 本冊子の本文は18ページである。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 本冊子には、計8問の問題が収録されている。この8問の中から4問を選択して解答すること。
4. 本冊子の問題には、日本語文と英語文があるが、日本語文が正式なもので、英語文はあくまでも参考である。両者に意味の違いがある場合は、日本語文を優先すること。
5. 解答用紙は4枚ある。選択した問題ごとに解答用紙1枚を使用すること。このほかに計算用紙が1枚ある。なお、解答用紙のみが採点の対象となる。
6. 解答用紙の上方の欄に、選択した問題の番号及び受験番号を必ず記入すること。問題番号及び受験番号を記入していない答案は無効である。
7. 解答には必ず黒色鉛筆（または黒色シャープペンシル）を使用すること。
8. 解答は原則として日本語によるものとする。ただし、英語で解答しても採点の対象とする。
9. 試験開始後は、中途退場を認めない。
10. 本冊子、解答用紙、メモ用紙は持ち帰ってはならない。
11. 次の欄に受験番号と氏名を記入せよ。

受験番号	
氏 名	

総合分析情報学 第1問 (Question A1)

$f'(x)$ と $f''(x)$ は $f(x)$ の一次および二次導関数を表す。
以下の設問に答えよ。

(1) 以下の微分方程式を考える。

$$f''(x) + af'(x) + bf(x) = 0 \quad (a, b: \text{実数})$$

上式の特性方程式 $\lambda^2 + a\lambda + b = 0$ が $m \pm ni$ ($n \neq 0$, i : 虚数) の虚数解をもつとき、 $f_1(x) = e^{mx} \cdot \cos nx$ と $f_2(x) = e^{mx} \cdot \sin nx$ が 1 組の基本解となることを示せ。

(2) 以下の初期値問題を考える。

$$f''(x) + 4f'(x) + 16f(x) = 0$$

初期条件 $f(0) = \sqrt{3}$ 、 $f'(0) = 0$ とする。

(a) $f(x)$ を求めよ。

(b) $f(x)$ が極大値をとる x を求めよ。ただし $x > 0$ とする。

(3) $f''(x) + 2f'(x) + 4f(x) = e^{2x} + \sin x$ の一般解を求めよ。

Question A1

$f'(x)$ and $f''(x)$ are the primary and secondary derivatives of $f(x)$, respectively.

Answer the following questions.

(1) Consider the following differential equation:

$$f''(x) + af'(x) + bf(x) = 0 \quad (a, b: \text{real numbers})$$

where its characteristic equation, $\lambda^2 + a\lambda + b = 0$, has solutions

$m \pm ni$ ($n \neq 0$, i : imaginary number).

Show that fundamental solutions are $f_1(x) = e^{mx} \cdot \cos nx$ and $f_2(x) = e^{mx} \cdot \sin nx$.

(2) Consider the following differential equation:

$$f''(x) + 4f'(x) + 16f(x) = 0$$

where $f(0) = \sqrt{3}$ and $f'(0) = 0$.

(a) Find the solution $f(x)$ of this problem.

(b) Find the value(s) of x at the local maximal value(s) of $f(x)$ under the assumption that $x > 0$.

(3) Find the general solution of $f''(x) + 2f'(x) + 4f(x) = e^{2x} + \sin x$.

総合分析情報学 第2問 (Question A2)

初項が x ，第2項が y で、以下の漸化式に従う数列 $\{a_n\}$ を考える。ただし x と y は整数の定数とする。

$$a_n = a_{n-1} + a_{n-2} \quad (n \geq 2), \quad a_0 = x, \quad a_1 = y. \quad (1)$$

数列 $\{a_n\}$ について以下の問いに答えよ。

(1) 数列 $\{a_n\}$ の一般項 a_n を再帰的に求めるアルゴリズムを示し、その計算量を示せ。

(2) 数列 $\{a_n\}$ の一般項 a_n を求める計算は、以下のように、行列 Q の乗算に帰着することができる。行列 Q を求め、 a_n を Q と定数ベクトルを用いて書け。

$$\begin{pmatrix} a_n \\ a_{n-1} \end{pmatrix} = Q \cdot \begin{pmatrix} a_{n-1} \\ a_{n-2} \end{pmatrix} \quad (n \geq 2), \quad Q = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

(3) 行列 Q を用いて数列 $\{a_n\}$ の一般項 a_n を求めるアルゴリズムをできるだけ高速化し、その計算量を示せ。

(4) $x=1$ ， $y=3$ のとき a_{48} を求めよ。

(5) 数列 $\{a_n\}$ の一般項 a_n をある整数 m で割った余りを一般項 $a_{m,n}$ とする数列

$\{a_{m,n}\}$ を定義すると、 $\{a_{m,n}\}$ は循環する (同じ数列のみが繰り返し現れる)

ことを示せ。

(6) $\{a_{3,n}\}$ の循環の周期を求めよ。

Question A2

Consider the sequence $\{a_n\}$ that is determined by the following recurrence formula where the first term is x , and the second term is y . Note that x and y are integer constant.

$$a_n = a_{n-1} + a_{n-2} \quad (n \geq 2), \quad a_0 = x, \quad a_1 = y. \quad (1)$$

Answer the following questions regarding the sequence $\{a_n\}$.

(1) Show a recursive algorithm to determine a general term a_n of the sequence $\{a_n\}$. Also show the computational complexity of the algorithm.

(2) In order to determine a general term a_n of the sequence $\{a_n\}$, we can utilize the multiplication of the matrix Q . Determine the matrix Q , and obtain a_n in terms of Q and a constant vector.

$$\begin{pmatrix} a_n \\ a_{n-1} \end{pmatrix} = Q \cdot \begin{pmatrix} a_{n-1} \\ a_{n-2} \end{pmatrix} \quad (n \geq 2), \quad Q = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

(3) Improve the algorithm as much as possible for determining a general term a_n of the sequence $\{a_n\}$ by using Q and show the computational complexity of the improved algorithm.

(4) Obtain a_{48} when $x = 1$, $y = 3$.

(5) Consider the sequence $\{a_{m,n}\}$ where a general term $a_{m,n}$ is the remainder of the division of a general term a_n of the sequence $\{a_n\}$ by an integer m . Show the sequence $\{a_{m,n}\}$ is cyclic (only the same sequence of numbers occur repeatedly).

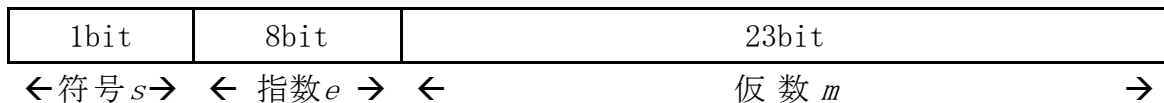
(6) Obtain the period of the cycle in the sequence $\{a_{3,n}\}$.

総合分析情報学 第3問 (Question A3)

(1) 次の数値をIEEE 754単精度形式の正規化された浮動小数点数に変換し、結果を8桁の16進数で表記しなさい。

- (a) 0.5
- (b) 1.0
- (c) 1.25

なお、IEEE単精度形式の浮動小数点数の形式は、以下の通りである。



- 符号 s : 0の時は正の数、1の時は負の数を表す
- 指数 e : 2を基数とし、127でバイアスされた値で、-126~+127の値をとる
- 仮数 m : 先頭が小数点とし、その先に暗黙の1ビットがあるとする。

(2) RAID (Redundant Array of Inexpensive Disk) は信頼性の高いディスクを構成する手法の一つである。どのような方法か、いくつかのレベルに毎に説明せよ。

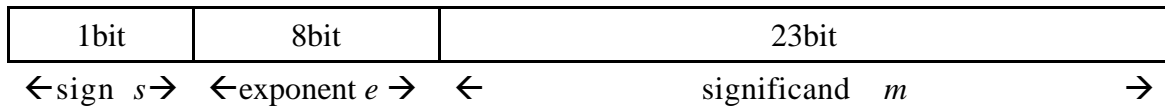
(3) DMA (Direct Memory Access) は、どのような方式か説明せよ。また、典型的には、どのような処理を高速化する時に有効かを、具体例をあげて説明せよ。

Question A3

(1) Translate the following number with IEEE754 single-precision floating point format in a normalized form, and express them with eight hexadecimal numbers.

- (a) 0.5
- (b) 1.0
- (c) 1.25

IEEE single-precision floating point format is as follows:



- Sign s : if s is 0, it is positive number. if s is 1, it is negative number.
- Exponent e : e is a number of exponent of base-2, is biased by 127, and varies between -126 and +127.
- Mantissa m : Top of the mantissa is zero point, and there is an implicit upper 1 bit.

(2) RAID (Redundant Array of Inexpensive Disk) is a method to build reliable disk. Explain the method of RAID for each level of RAID.

(3) Explain the mechanism of DMA (Direct Memory Access, and explain which kinds of processing it will make efficient with a concrete example.

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

ページ置換えアルゴリズムに関する以下の問いに答えよ。

- (1) 利用可能な主記憶のページ枠数を4とする。以下のページ参照列について、LRUアルゴリズムでページ置換えを行うとき発生するページフォールト回数を求めよ。

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

- (2) FIFO アルゴリズムでは、利用可能な主記憶のページ枠数が増えても、かえってページフォールト回数が増えることがある。このことを、(1)のページ参照列で、ページ枠数が3と4の場合のページフォールト回数を比較することにより示せ。
- (3) LRU アルゴリズムでは、利用可能な主記憶のページ枠数が増えると、ページフォールト回数は決して増えることがない。その理由を説明せよ。
- (4) LRU アルゴリズムは、十分なハードウェアの支援がないと実現が困難である。現実に実現可能なLRUの近似アルゴリズムを1つ挙げ、その概要を説明せよ。
- (5) FIFOアルゴリズムやLRUの近似アルゴリズムの多くでは、頻繁に使用しているページを間違えて置き換えてしまう可能性がある。現実のオペレーティングシステムでは、この問題に対して、どのような対処がなされているか。簡単に説明せよ。

Question A4

Answer the following questions about the page replacement algorithms.

(1) How many page faults occur for the LRU algorithm for the following page reference string, with four page frames in main memory.

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

(2) In the FIFO algorithm, the number of page faults may increase as the number of available page frames increases. Show this by calculating the number of page faults that occur with three and four page frames for the above page reference string.

(3) In the LRU algorithm, the number of page faults never increases when the number of available page frames increases. Explain the reason why.

(4) The LRU algorithm is not feasible without substantial hardware assistance. Give an example of LRU approximation algorithms that can be implemented on the real computer, and explain its outline.

(5) Discuss the possibility of the FIFO algorithm or many of the LRU approximation algorithms that it mistakenly replaces a page that is still in active use. Describe a technique of actual operating systems to protect against such possibility.

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

プログラミング言語に関する以下の問に答えよ。

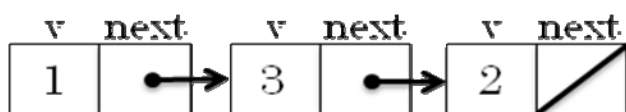
- (1) C言語で、与えられた整数配列を整列(ソート)する関数 `sort` を記述せよ(整列順は昇順でも降順でも構わない)。以下の関数宣言を用いよ。nは配列 `array` の要素数である。

```
void sort(int array[], int n);
```

- (2) C言語による以下のデータ構造定義を考える:

```
typedef struct list {  
    int v;  
    struct list *next;  
} List;
```

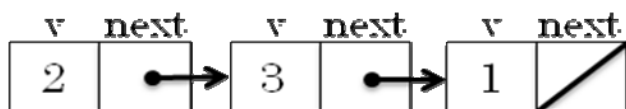
このデータ構造を用いると、たとえばリスト `[1, 3, 2]` は以下に示すようなリンクドリストとして表現できる (□は `NULL` を意味する):



C言語で、与えられたリストを逆順にして返す関数 `reverse` (関数宣言は以下) を定義せよ。引数として渡されたリストのデータ構造を改変してもよい。

```
List *reverse(List* list);
```

例えば、上記のリスト `[1, 3, 2]` を `reverse` に与えた結果返されるのは次のリストである。



Question A5

Answer the following questions related to programming languages.

- (1) Write a function definition for sort in C, which sorts a given integer array (either in ascending or descending order).

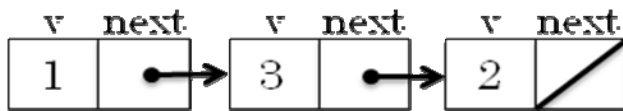
Use the below function declaration where n contains the number of elements in array:

```
void sort(int array[], int n);
```

- (2) Consider the following data structure in C.

```
typedef struct list {  
    int v;  
    struct list *next;  
} List;
```

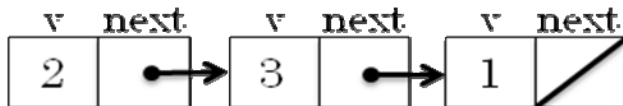
Using this data structure, a list [1, 3, 2] can be represented as a linked list shown below (□ means NULL):



Write a function definition for reverse in C, which reverses the order of a given list (this function may modify the data structure given as a list). Use the below function declaration:

```
List *reverse(List* list);
```

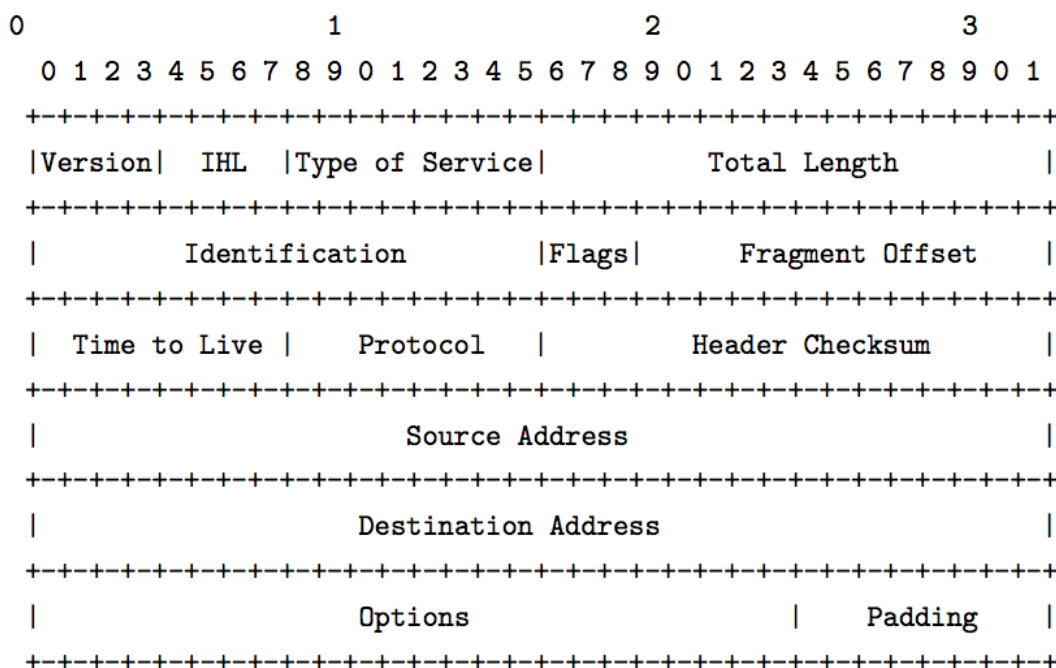
For example, if the above list [1, 3, 2] were given, reverse would return:



総合分析情報学 第6問 (Question A6)

インターネットにおけるネットワーク層のプロトコルにはインターネットプロトコル(IP)がある。IPに関して以下の問いに答えよ。必要があれば、図A6-1に示されたIPパケットヘッダのダイアグラムを参照せよ。

- (1) 図A6-1における“Version”にはどのようなデータが指定されるか、理由と共に答えよ。
- (2) 図A6-1における“Identification”、“Flags”、“Fragment Offset”の役割を説明せよ。
- (3) 図A6-1における“Time to Live”の役割を説明せよ。
- (4) 図A6-1における“Protocol”とは何か説明せよ。
- (5) 図A6-1における“Header Checksum”は何のためにあるか説明せよ。
- (6) 図A6-1におけるフィールドのうち、端末間の通信において不変なもの、各ルータを通過する際に更新されるものを分けよ。更新するものに関しては何故変更されるか理由を示せ。
- (7) IPアドレスの枯渇問題を解決する技術の一つにNATがある。パケットがNATを通過する際の通信の様子をできるだけ詳細に述べよ。
- (8) 現在のインターネットにおいて、IPプロトコルのバージョンの更新は進んでいない。この理由を述べ、どのようにしたらこの問題が解決できるか自分の考えを述べよ。



図A6-1

Question A6

In the Internet, IP (Internet Protocol) is used as one of the network layer protocols. Answer the following questions regarding IP. Refer to the diagram of IP packet header as shown in Figure A6-1 if necessary.

- (1) What is specified in “Version” in Figure A6-1? Also give the reason why we have this field.
- (2) What are the roles of “Identification”, “Flags”, and “Fragment Offset” in Figure A6-1, respectively?
- (3) Explain the role of “Time to Live” in Figure A6-1.
- (4) Explain what “Protocol” in Figure A6-1 specifies.
- (5) Explain why “Header Checksum” in Figure A6-1 is necessary.
- (6) Among all these fields in Figure A6-1, distinguish those that are invariant during the communication between end-systems and those that are updated at routers. For the latter, show the reason why they get updated.
- (7) NAT is considered as one of the techniques to mitigate the exhaustion of IP addresses. Describe the communication in as much detail as possible when packets traverse NAT.
- (8) In the current Internet, IP protocol has not been replaced with a new version yet. Describe the reason for that and show your opinion as to how we can resolve this issue.

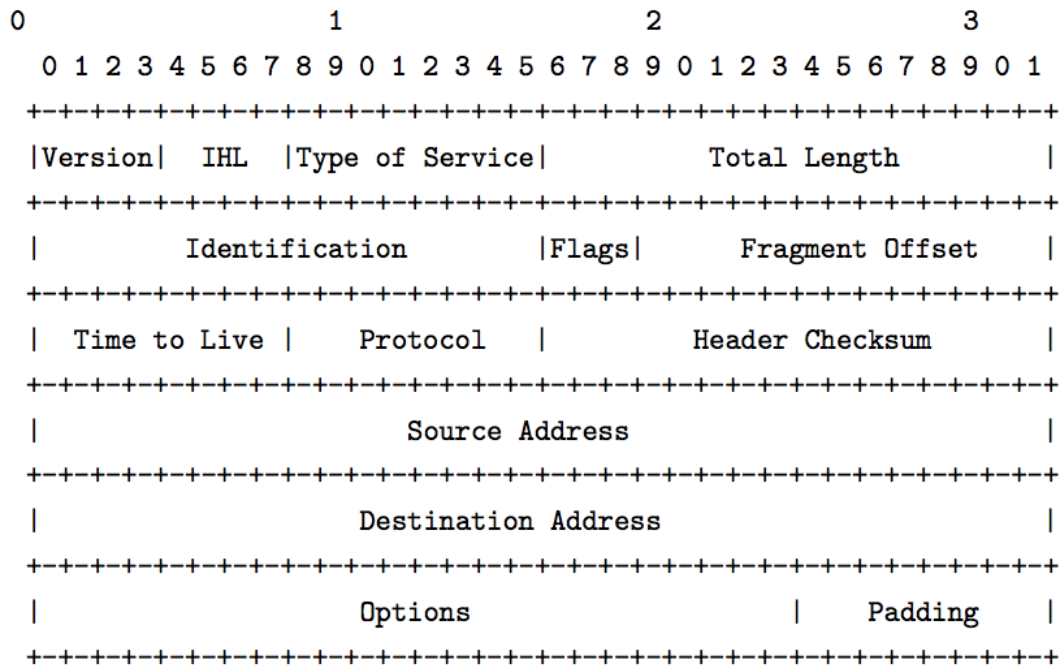


Figure A6-1

総合分析情報学 第7問 (Question A7)

(1) 以下の問いに答えよ。

(a) 図A7-1が、何をする組み合わせ回路か説明せよ。

(b) 図A7-2が、何をする組み合わせ回路か説明し、図A7-1の回路を比べて、どのような利点があるか説明せよ。

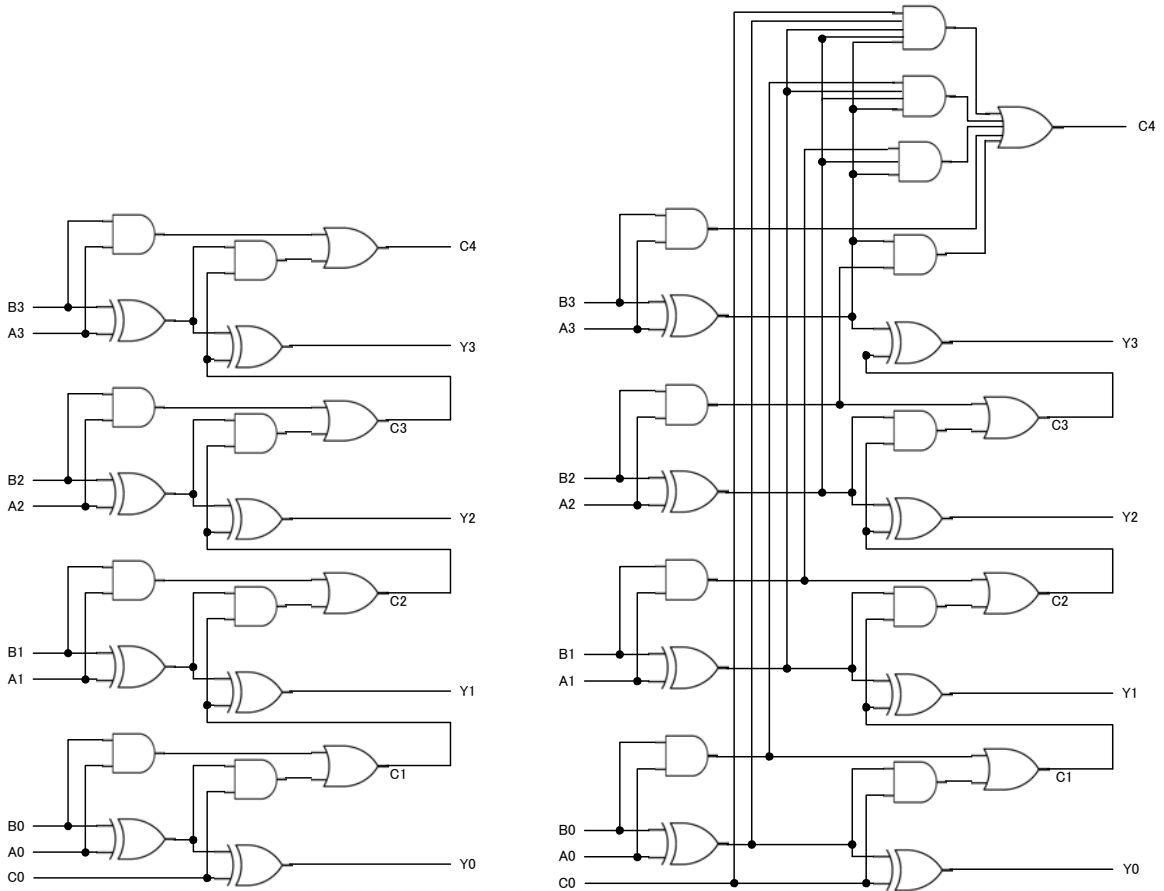
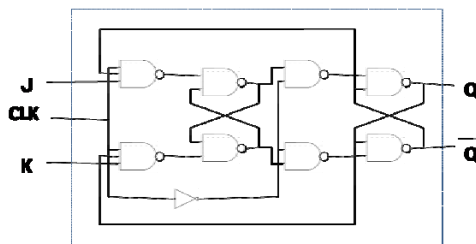


図 A7-1

図 A7-2

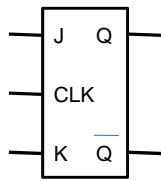
(2) 以下の問いに答えよ

(a) 図A7-3の回路がどのような動きをする回路か、カルノー図を書いて説明せよ。

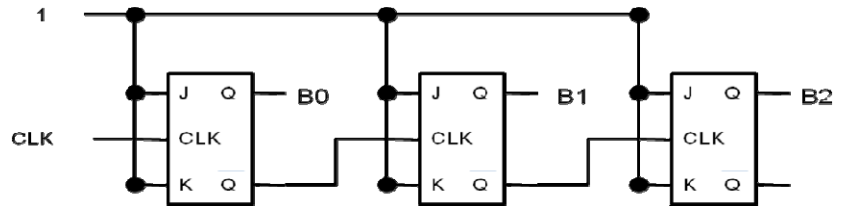


図A7-3

(b) 図A7-3の回路を図A7-4のように記載し、それを組み合わせて構成した図A7-5に示した順序回路の動作を説明せよ。




図A7-4



図A7-5

(3) 図A7-6は、0～4の5段階の解像度をもったA/D変換回路である。出力S0, S1, S2が、000～100となるように、白い四角の中の回路を設計せよ。

ここで、図中のは、“+”側の電圧が“-”側より高いときに、1を出力する比較器回路である。

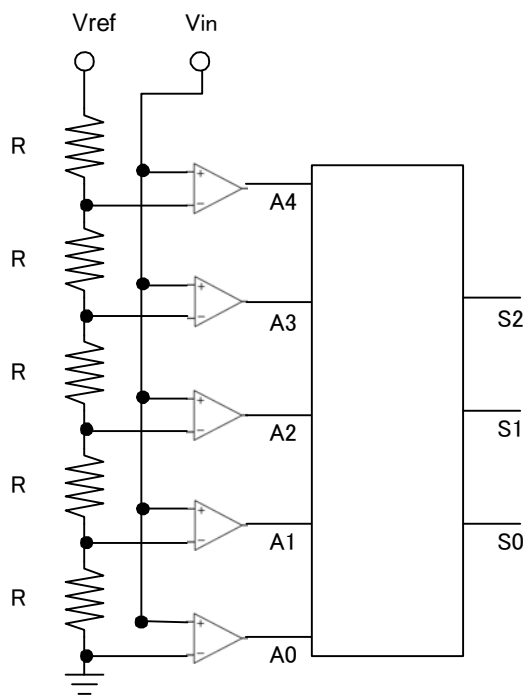


図 A7-6

Question A7

(1) Answer the following questions

- (a) Explain the behavior of combination logic circuit of Figure A7-1.
- (b) Explain the behavior of combination logic circuit of Figure A7-2, then explain the advantages over the logic circuit of Figure A7-1.

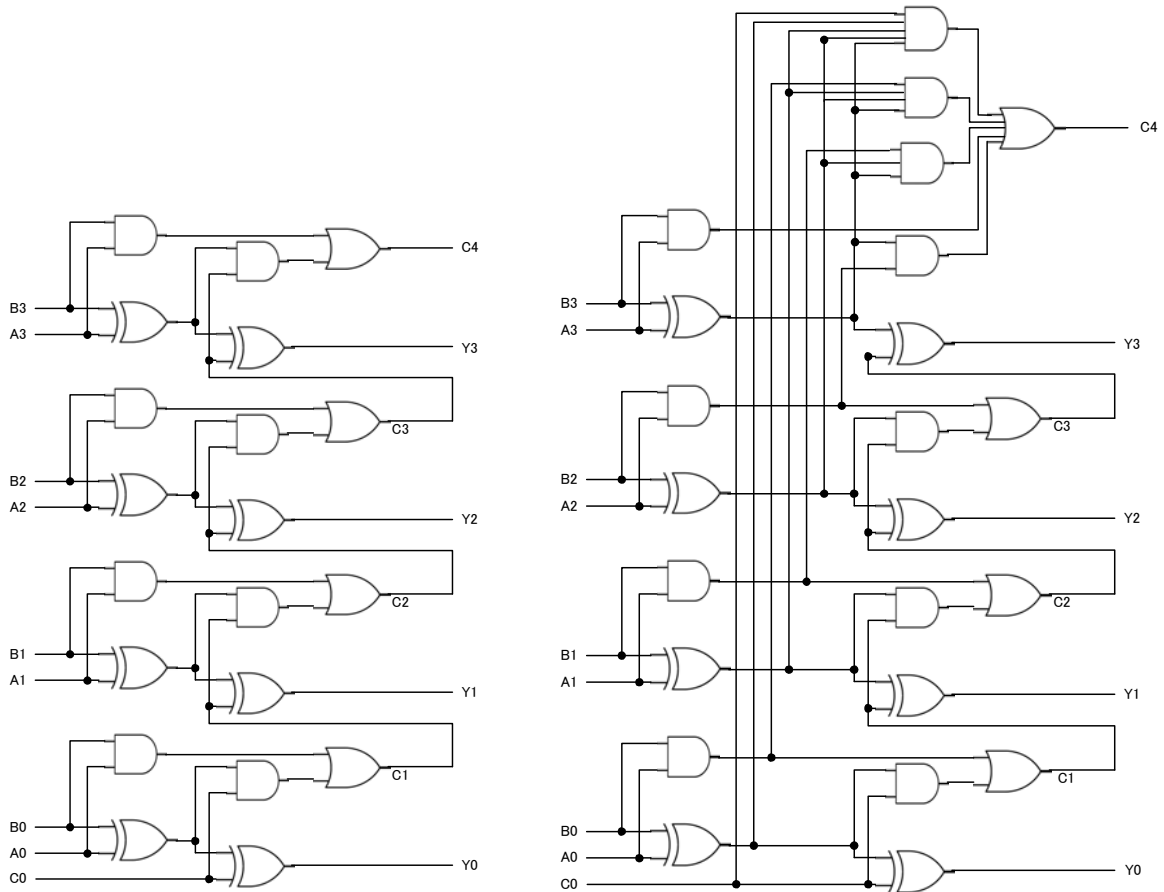


Figure A7-1

Figure A7-2

(2) Answer the following questions.

- (a) Explain the behavior of sequential logic circuit of Figure A7-3 with its Karnaugh map.

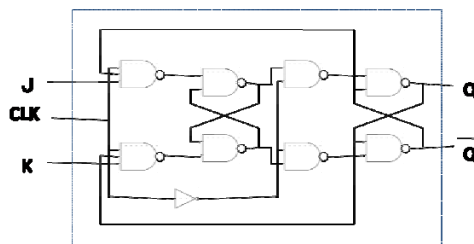


Figure A7-3

(b) Provided we combine multiple logic parts as described in Figure A7-3, and build a sequential logic circuit as displayed in Figure A7-5 (The circuit in Figure A7-3 is depicted as Figure A7-4). Explain the behavior of sequential logic circuit of Figure A7-5.

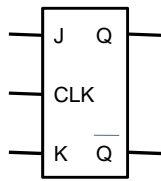


Figure A7-4

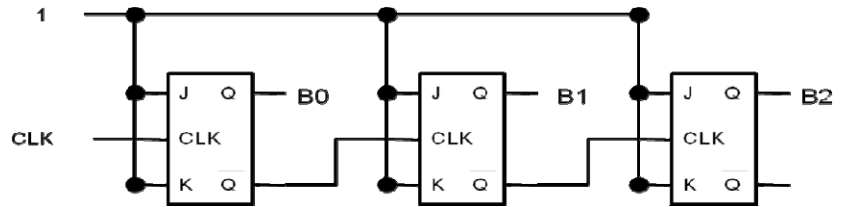



Figure A7-5

(3) Figure A7-6 is A/D Translation Circuit which has five level 0~4. Output S0, S1, and S2 represents 000~100 in association with the level 0~4. Design the logic circuit in the white box in Figure A7-6.

Here,  means a comparator which outputs “1” if the voltage of “+” is greater than the voltage of “-“.

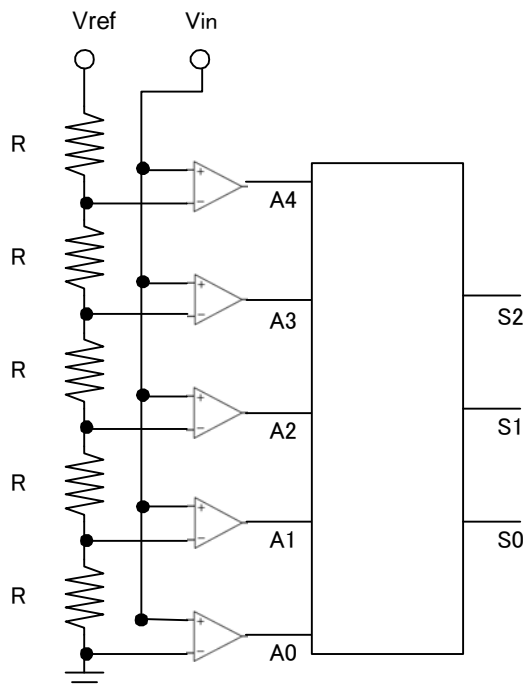


Figure A7-6

総合分析情報学 第8問 (Question A8)

- (1) 空間データ・地理情報に関する以下の (1) から (3) の語句群について、それぞれ簡潔に説明せよ。
- (a) ラスターデータ、属性データ、混合画素 (混合ピクセル) 問題
 - (b) 空間データ、誤差、不確実性
 - (c) GPS (全地球測位システム)、緯度・経度、世界測地系
- (2) 空間事象に関する代表的な性質として「距離抵抗 (距離減衰)」と呼ばれる概念がある。
- (a) この概念について簡潔に説明し、距離抵抗を受ける空間事象の具体例を2つ挙げよ。
 - (b) 距離抵抗の問題に関連させて、重力モデル (グラビティモデル) をはじめとする空間相互作用モデルについて知っているところを述べよ。
 - (c) 実際の距離 (物理的距離) と人間が捉える距離 (認知距離) の関係について簡潔に論ぜよ。

Question A8

(1) Explain the following three sets of terms concerning geographic information and spatial data concisely.

- (a) raster data, attribute data, mixed-pixel problem
- (b) spatial data, accuracy, uncertainty
- (c) GPS (Global Positioning System), latitude/longitude, world geodetic system

(2) A major characteristic of objects or phenomena in space is called the *friction of distance* (or *distance decay*).

- (a) Explain this concept concisely, and give two examples of spatial phenomena that are affected by the friction of distance.
- (b) In relation to the concept of friction of distance, discuss spatial interaction models, such as the gravity model, concisely.
- (c) Concisely discuss the relationship between physical distance and cognitive (psychological) distance.

Entrance Examination for Masters Program
in Applied Computer Science Course,
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,
The University of Tokyo.
Academic Year 2010
(14:00-16:00, August 24th, 2009)

Directions: Do not open this booklet before the examination begins.
Read the following instructions carefully.

1. This booklet is for the examinees in Applied Computer Science Course, Graduate School of Interdisciplinary Information Studies.
2. This booklet includes eighteen pages. Report missing, misplaced, and imperfect pages to the instructor.
3. This booklet includes eight questions. Select any four questions and answer only those four.
4. Each question is described both in Japanese and in English. Use the Japanese version primarily; the English version is provided for the reference purpose only.
5. There are four answer sheets and a scratch paper. Use one answer sheet per question. A scratch paper is provided for calculation. Only the answer sheets will be considered valid.
6. Write a question number and your examinee's number in the designated boxes located at the top of each answer sheet. The answer missing a question number and/or an examinee's number will not be considered valid.
7. Use only black pencils (or black mechanical pencils).
8. Answer the questions in Japanese as a general rule, although you are also allowed to answer in English.
9. Do not leave the room until the examination is finished.
10. Do not take away this booklet, the answer sheets, and the scratch paper.
11. Write your examinee's number and your name in the designated boxes below.

Examinee's Number	
Name	