

京都大学大学院情報学研究科
通信情報システム専攻 修士課程入学者選抜試験問題
(平成 23 年度 10 月期入学・平成 24 年度 4 月期入学)

Admissions for October 2011 and for April 2012

Entrance Examination for Master's Program

Department of Communications and Computer Engineering

Graduate School of Informatics, Kyoto University

平成23年8月8日 13:00－16:00

August 8, 2011 13:00 - 16:00

専門基礎B

Problem Set B

注意 (NOTES)

1. 解答開始の合図があるまで中を見てはいけない。
2. これは「**専門基礎B**」の問題用紙で、表紙共に18枚ある。解答開始の合図があった後、枚数を確認、落丁または不鮮明なものがあれば直ちに申し出ること。
3. 問題は10問(B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9, B-10)ある。4問を選択して解答すること。答案用紙の問題番号欄に問題番号を記入すること。
4. 解答は問題ごとに答案用紙1枚を使うこと。答案用紙1枚に2問以上の解答もしくは1問の解答を2枚以上の答案用紙に書いた場合は無効にすることがある。なお、必要な場合「裏に続く」と明記した上で裏面を使用してもよい。
5. 答案用紙は4枚綴じのまま使用し、切り離さないこと。
6. 答案用紙の綴じ込みがはずれた場合は、直ちに申し出ること。
7. 解答は日本語または英語で行うこと。

1. Do not open the pages before a call for starting.
2. This is the “**Problem Set B**” in 18 pages including this front cover.
After the call of starting, check all pages are in order and notify proctors (professors) immediately if missing pages or with unclear printings are found.
3. **Answer 4 of the following 10 questions; B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9, and B-10.** State the Question Numbers you choose on the Answer Sheet.
4. Use one sheet for each question. If required, the reverse side may be used, stating “Over” at the end of the page. Note that in case two or more questions are answered in one sheet or two or more sheets are used for one question, they may be regarded as no answers.
5. Do not separate the pages of answer sheets; keep them bound.
6. Notify proctors (professors) immediately if the pages are separated for some reason.
7. Answer the questions either in Japanese or English.

専門基礎B

B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9, B-10の10問から4問を選択して解答せよ。

Problem Set B

Choose and answer **4 questions** out of **B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9, and B-10**.

B-1

以下のすべての設問に答えよ。

Answer all the questions below.

- (1) 電話回線における音声信号の PCM 伝送について以下のすべての問に答えよ。

Answer all the questions below related to PCM transmission of speech over a telephone circuit.

- (a) 300 Hz から 3,400 Hz の音声信号を伝送するために通常用いられる標本化周波数および量子化ビット数はそれぞれいくらか。

What are the sampling frequency and the number of quantization bit commonly adopted to transmit a speech signal with frequency from 300 Hz to 3,400 Hz?

- (b) 量子化にあたって通常コンパンダ（圧縮器と伸長器）が用いられる理由は何か説明せよ。また、コンパンダの原理について説明せよ。

Explain why compander, i.e., a combination of compressor and expander, is commonly adopted for the quantization. In addition, explain the principle of compander.

- (c) 再生中継器における“タイミング抽出”および“自己タイミング”について説明せよ。

Explain “timing extraction” and “self-timing” in a regenerative repeater.

continued on next page
次 頁 へ 続 く

(2) $M/M/1$ 待ち行列モデルは、以下の条件を満たす待ち行列の振る舞いを表す。

バッファ数：無限大

サーバー数：1

到着分布：ポアソン分布

サービス時間分布：指数分布

以下のすべての問に答えよ。

$M/M/1$ queuing model describes the characteristics of queuing system with the conditions below.

Number of buffers: infinite

Number of server: 1

Arrival distribution: Poisson distribution

Service time distribution: Exponential distribution

Answer all the questions below.

(a) 系内客数が i の状態確率を $p(i)$ ($i=0,1,2,\dots$) とする。単位時間の平均到着数を λ 、平均サービス時間を h ($h\lambda < 1$) とするときの状態遷移図を示せ。

Let $p(i)$ ($i=0,1,2,\dots$) be probability of the state when number of customers in the system is i . Draw the state transition diagram using λ as an average arrival rate and h ($h\lambda < 1$) as an average service time.

(b) $p(i)$ を求めよ。

Derive the probability $p(i)$.

(c) リトルの公式 $N=\lambda T$ と(b)で求めた $p(i)$ を用いて、平均系内時間が(1)式で表されることを示せ。ただし、 N は平均系内客数を、 T は平均系内時間を意味する。

Using Little's formula, $N=\lambda T$, and the probability $p(i)$ derived in Question (b), show the average response time is given in Equation (1). In the Little's formula, N means average number of customers in the system and T means average response time.

$$T = \frac{h}{1 - \lambda h} \quad (1)$$

B-3

半導体について，以下の全ての設問に答えよ．

Answer all the following questions related to semiconductors.

- (1) 真性半導体とは何かを説明せよ．

Explain what is an intrinsic semiconductor.

- (2) 有効状態密度とは何かを説明せよ．

Explain what is an effective density of states.

- (3) 真性キャリア密度と有効状態密度，禁制帯幅 E_g および温度 T の間に成り立つ関係式を示せ．ただし，ボルツマン定数を k_B とする．

Show the relationship among the intrinsic carrier density, the effective density of states, the bandgap E_g , and the temperature T . Here, use the Boltzmann constant k_B .

- (4) n 型不純物を添加した半導体の温度を極低温から高温まで上昇させていったとき，フェルミレベルがどのように変化するかを説明せよ．

Explain how the Fermi level changes in the n-type semiconductor when the temperature is increased from ultra-low temperature to high temperature.

- (5) pn 接合のゼロバイアス状態，順方向バイアス状態および逆方向バイアス状態におけるバンド図を描け．

Draw band diagrams of a pn-junction under the zero-bias, forward-bias, and backward-bias conditions, respectively.

- (6) 電子密度 $n(x)$ ，電子の拡散係数 D_n を用いて，電子の拡散速度を表せ．ただし x は一次元の位置座標である．

Write the diffusion velocity of electrons using the electron density $n(x)$ and the diffusion constant D_n , where x is the one dimensional coordinate of position.

- (7) 電界強度 $F(x)$ ，電子の移動度 μ_n を用いて，ドリフト速度を表す式を示せ．

Write the drift velocity of electrons using the electric field strength $F(x)$ and the electron mobility μ_n .

continued on next page
次 頁 へ 続 く

- (8) ゼロバイアス状態における pn 接合の空乏層における電界強度と電子密度の関係を表す式を、電子電流が 0 であることを利用して導出せよ。

Derive a relationship between the electric field strength and the electron density in the depletion layer of the pn-junction under the zero-bias condition using the fact that the electron current is zero.

- (9) p 型半導体中の電子密度 n_p , n 型半導体中の電子密度 n_n を用いて, pn 接合の拡散電位 V_d を表せ。

Show the diffusion potential V_d of the pn-junction using the electron density in the p-type semiconductor n_p and that in the n-type semiconductor n_n .

- (10) p 型, n 型の両方の領域において, 不純物密度を増加させていったとき, pn 接合の拡散電位がどのように変化するかを議論せよ。

Explain how the diffusion potential of the pn-junction changes when the densities of impurities are increased in both the p-type and n-type regions.

B-4

以下の全ての問に答えよ。

Answer all the questions below.

- (1) x - y 平面を境界として，誘電率 ϵ_0 ($z > 0$) と $4\epsilon_0$ ($z \leq 0$) の2種の媒質が接しているとする．両媒質の透磁率はともに μ_0 ，導電率はともに 0 とする． z 軸の正方向から，単色平面電磁波が入射する場合を考える．その電界は x 成分のみを持ち，次式で与えられるものとする．

Consider that two materials with permittivity ϵ_0 ($z > 0$) and $4\epsilon_0$ ($z \leq 0$) are placed with x - y plane as the boundary. The permeability and conductivity of both materials are μ_0 and 0, respectively. Let a plane monochromatic electromagnetic wave enter from positive z direction. Its electric field has only the x component, and is given by

$$E_x(t, z) = E_0 \exp j(\omega t + k_0 z) \quad (z > 0) .$$

このとき以下の全ての問に答えよ。

Answer all the questions below.

- (a) この入射波の磁界を与える式を示せ．導出の過程は省略してよい。

Find the formula that gives the magnetic field of the incident wave. Derivation process is not required.

- (b) x - y 平面における境界条件を述べ，電界の反射係数と透過係数を求めよ。

State the boundary condition on the x - y plane, and find the reflection and transmission coefficients of the electric field.

- (c) 領域 $z > 0$ および $z < 0$ における全電界および全磁界を与える式を示せ。

Find formulas that give the total electric and magnetic fields in the region $z > 0$ and $z < 0$.

- (d) 領域 $z > 0$ および $z < 0$ におけるポインティングベクトルの大きさと方向を求めよ。

Find the magnitude and direction of the Poynting vector in the region $z > 0$ and $z < 0$.

- (2) 下記の用語について知るところを簡潔に述べよ。

Describe briefly what you know about the following words.

- (a) 微小ダイポール

Infinitesimal dipole

- (b) アンテナ有効開口面積

Effective antenna area

- (c) フェーズドアレイアンテナ

Phased array antenna

下記の全ての設問に答えよ。

Answer all the questions below.

- (1) 以下に示す論理関数 f について、以下の問に答えよ。

Answer the following questions related to the logic function f defined below.

$$f = (\bar{b} + c + d)(\bar{a} + \bar{b} + \bar{d})(\bar{b} + \bar{c} + d)(a + \bar{c} + d)$$

- (a) 論理関数 f の最小積和形表現を求めよ。

Derive a minimal sum-of-products expression of f .

- (b) 論理関数 f の最小和積形表現を求めよ。

Derive a minimal product-of-sums expression of f .

- (c) 論理関数 $g = \bar{b}\bar{c}\bar{d} + \bar{a}bd + a\bar{b}c$ とする。 $f = g + h$ を満足する論理関数 h の最小積和形表現を求めよ。

Assume $g = \bar{b}\bar{c}\bar{d} + \bar{a}bd + a\bar{b}c$. Derive a minimal sum-of-products expression of h that satisfies $f = g + h$.

- (d) 入力として、 a , b , c , d およびそれらの否定 \bar{a} , \bar{b} , \bar{c} , \bar{d} が与えられるものとする。2入力 NAND ゲート 4 個を用いて、論理関数 f を出力とする論理回路を示せ。

Assume a , b , c , d and their complements \bar{a} , \bar{b} , \bar{c} , \bar{d} are available as inputs. Derive a logic circuit that realizes f with four 2-input NAND gates only.

continued on next page				
次	頁	へ	続	く

- (2) 1ビットの信号 x を入力とし、1ビットの信号 z を出力とする Mealy 型同期式順序回路を設計する。出力 z が 1 となるのは、入力された 1 もしくは 0 の累計が 2 に達した時点であり、それ以外は 0 である。また、出力 z に 1 を出力した後は動作開始時の状態に戻り、動作を継続する。例えば、0010101011 と入力されたとき、その出力は 0100100101 となる。以下の問に答えよ。

We are going to design a Mealy-type synchronous sequential circuit with the input of a one-bit signal x and the output of a one-bit signal z . The circuit is to produce an output signal $z = 1$ whenever the total number of 1's or 0's becomes 2. Otherwise, it produces an output signal $z = 0$. When it produces $z = 1$, it returns to the initial state and continues operation. For example, if the input sequence is 0010101011, the output sequence is 0100100101. Answer all the following questions.

- (a) この回路の動作を表す状態遷移図を示せ。

Derive a state transition diagram of the circuit.

- (b) この回路について、状態数を最小化した状態遷移表と出力表を示せ。状態数が最小であることをどのようにして確認したかを説明せよ。また、01110011 が入力された場合の状態遷移を説明し、出力が 00100101 となることを示せ。

Show the state transition table and the output table with the minimum number of states. Explain how you verify that the number of states is minimal. Also, when the input sequence of 01110011 is applied, explain the state transition and verify the output sequence of 00100101.

- (c) この回路を最も少ない数の D フリップフロップを用いて実現する。各フリップフロップの入力を与える論理関数の最小積和形表現を求めよ。なお、D フリップフロップの初期値は 0 とする。また、D フリップフロップの出力と入力を表す論理変数をそれぞれ q と d で表し、各フリップフロップは添字 1, 2, ... で区別せよ。状態割り当てを明記すること。

We would like to design a circuit with the minimum number of D flip-flops. Derive the excitation function of each D flip-flop in a minimal sum-of-products form. Here, the initial value of a D flip-flop is assumed to be 0, and logic variables of the output and the input of a D flip-flop are q and d , respectively. D flip-flop(s) should be distinguished by subscripts 1, 2, The state assignment should be explained clearly.

- (d) この回路の出力 z を与える論理関数の最小積和形表現を求めよ。

Derive the output z in a minimal sum-of-products form.

以下の全ての設問に答えよ。

Answer all the questions below.

- (1) P は、命令フェッチ (IF)、命令デコード (ID)、演算実行 (EX)、メモリアクセス (MA)、結果格納 (WB) の 5 ステージからなるパイプライン機構を有し、1 サイクルに 1 命令ずつフェッチする RISC プロセッサである。P が図 (a) の命令列を実行し、第 1 サイクルで Instruction 1 をフェッチするものとする。レジスタ R1 から R5 の値が第 1 サイクル以前にレジスタファイルに書き込まれているとき、第 1 サイクルから第 5 サイクルまでのそれぞれのサイクルにおいて、P の内部の各構成要素で行われる処理を具体的に列挙せよ。

ここで、Instruction 1 は、レジスタ R1 の値に 12 を加えたアドレスのメモリから読み出したデータをレジスタ R6 に格納する命令である。Instruction 2 は、レジスタ R2 および R3 の値の和を求めてレジスタ R7 に格納する命令であり、Instruction 3, 4 も同様である。Instruction 5 は、レジスタ R9 の値に 20 を加えたアドレスのメモリにレジスタ R8 の値を格納する命令である。また、フォワーディングに必要なハードウェアは十分備えられているものとし、キャッシュのミスヒットは生じないものとする。

P is a pipelined RISC processor which has a 5-stage datapath: instruction fetch (IF), instruction decode (ID), execution (EX), memory access (MA), and write back (WB). P fetches one instruction per cycle. Assume that P executes the sequence of instructions shown in Figure (a), and fetches Instruction 1 at the first cycle. Enumerate concretely what is operated in each component of P at every cycle from the 1st cycle to the 5th cycle, assuming that contents of registers from R1 to R5 have been written to register file before the first cycle.

Notes: Instruction 1 reads data from memory at the address given by adding 12 to contents of R1 and writes it to register R6. Instruction 2 calculates sum of contents of registers R2 and R3 and writes it to register R7, and Instructions 3 and 4 work similarly. Instruction 5 writes contents of register R8 to memory at the address given by adding 20 to contents of register R9. Assume that hardware needed to allow forwarding is sufficiently equipped. Also assume that there is no cache miss.

```
Instruction 1  LD    R6, 12(R1)
Instruction 2  ADD   R7, R2, R3
Instruction 3  ADD   R8, R6, R7
Instruction 4  ADD   R9, R4, R5
Instruction 5  ST    R8, 20(R9)
```

図 (a): 命令列

Figure (a): Sequence of Instructions

(2) 仮想記憶について、以下の問に答えよ。

Answer the following questions related to virtual memory.

(a) ページフォルトの意味を説明せよ。

Explain the meaning of the word “page fault.”

(b) 仮想アドレスを物理アドレスに変換する際、Translation Look-aside Buffer (TLB) とページテーブル (PT) がどのように動作するかを説明せよ。

Explain how Translation Look-aside Buffer (TLB) and Page Table (PT) work when virtual address is translated to physical address.

問題の可解・非可解性に関して以下の設問に答えよ。なお、チューリング機械 (TM) は 1 本の読み書きテープを使用する通常のモデルで入力記号は 0 と 1 を使用するものとする。また、(1) と (2) では単に問題の名前を出すだけでなく、出来るだけ詳しく説明すること。

(1) 問題が可解であることの定義を与えよ。可解な問題のできるだけ非自明な例を挙げよ。

(2) 設問 (4) で現れる ϵ 停止問題以外の非可解な問題の例を挙げよ。

(3) 与えられた TM M に対し、 M が全ての入力に対して 1000 ステップ以内に停止するかどうかの判定問題は可解であることを示せ。(ヒント：全て、つまり無限個の入力に対して考えないといけないうように見えるが....)

(4) 与えられた TM M に対し、 M が全ての入力に対して n^2 ステップ以内 (ただし n は入力の長さ) で停止するかどうかの判定問題は非可解であることを示せ。なお、 ϵ 停止問題 (与えられた TM が入力 ϵ , つまり空列, に対して停止するかどうかを問う問題) が非可解であることを証明なしで使用して良い。(ヒント：入力は単にステップ数だけのために使用し、実際は ϵ 入力に対する動作を m ステップ模倣。 m は n とともに増加すれば、 n^2 以内の適当な (実現しやすい) 値で良い。)

なお、質問は一切受け付けない。問題に不審のある場合はそのことを明記し、妥当な仮定を設定して解答すること。解答は細部にこだわりすぎるよりは、アイデアを分かりやすく説明することが重要である。ただ、説明が大雑把過ぎて基本的事項を誤解していると採点者が判断することが無いように注意すること。

Answer the following questions on the solvability of problems. Here, Turing Machines (TMs) mean the standard model using a single read/write tape that use 0 and 1 as their input symbols. For the first two questions, give not only the names of the problems but also their detailed descriptions.

(1) Give the definition that a problem is solvable. Then give an example of a solvable problem whose solvability is not so trivial.

(2) Give an example of an unsolvable problem other than the ϵ -halting problem that appears in question (4).

(3) Show that the problem of deciding, for given TM M , whether M halts for all inputs within 1000 steps is solvable. (Hint: It may seem you have to consider all, i.e., infinite inputs, but actually ...)

(4) Show that the problem of deciding, for a given TM M , whether M halts for all inputs within n^2 steps (n is the length of the input) is unsolvable. You can use the fact without proof that the ϵ -halting problem (that asks if a given TM halts for input ϵ , namely, for the empty string) is unsolvable. (Hint: Use the input just to

count the number of steps and basically simulate the behavior against the ϵ input for m steps. m may be any (easy to realize) number if it is at most n^2 and grows unlimitedly as n .)

No questions about the problem will be answered. If you think there is a flaw in the problem, first make it clear. Then make some reasonable assumption or correction and give your answer. Your answer should be easy to read, namely it is more important to make the basic idea clear rather than to go to too much details. At the same time, if your answer is too sloppy, it would cause a doubt that you are making some fundamental misunderstanding or confusion.

二つのプロセスが、下記のように定義されている関数 producer と consumer をそれぞれ実行している。二つのプロセスはサイズ N のバッファを共有し、producer は item を生成してはバッファに挿入し、consumer はバッファから item を取り出して処理を行う。ここで、insertItem と removeItem の呼出しは、相互排他的に行われるものとする。変数 count は、バッファ内の item 数を表す共有変数である。consumer は、バッファが空であれば sleep し、producer がバッファに挿入したときに起こして (wakeup) もらう。逆に、producer は、バッファが満杯であれば sleep し、consumer がバッファから取り出したときに起こしてもらい。このとき、次の各問に答えよ。

Suppose two processes are executing the following functions producer and consumer, respectively. The processes share a buffer of size N . The producer generates items and inserts them to the buffer. The consumer gets items from the buffer and processes them. Here, calls to insertItem and removeItem are performed mutually exclusively. If the buffer is empty, the consumer sleeps until the producer wakes it up. If the buffer is full, the producer sleeps until the consumer wakes it up. Answer the following questions.

```
#define N 100;                                // Size of the buffer
int count = 0;                                // Number of items in buffer

void producer(void){
    int item;
    while(TRUE) {                             // Loop forever
        item = produceItem();                 // Generate the next item
        if(count == N) sleep();               // If the buffer is full, go to sleep
        insertItem(item);                    // Add the item to the buffer
        count++;                             // Increment count of items in buffer
        if(count == 1) wakeup(consumer);     // Was the buffer empty?
    }
}

void consumer(void){
    int item;
    while(TRUE) {                             // Loop forever
        if(count == 0) sleep();               // If the buffer is empty, go to sleep
        item = removeItem();                 // Get the item from the buffer
        count--;                             // Decrement count of items in buffer
        if(count == N-1) wakeup(producer);   // Was the buffer full?
        consumeItem(item);                   // Do something with the item
    }
}
```

continued on next page
次 頁 へ 続 <

1. `wakeup` は、相手のプロセスが `sleep` していれば起こすが、そうでなければ無視される。このとき、上のコードではバッファを介した item の受け渡しができなくなることがある。その理由を述べよ。
If the other process is sleeping, `wakeup` wakes it up, but is ignored otherwise. With this specification of `wakeup`, the above code may sometimes fail to pass items via the buffer. Explain the reason.
2. `sleep` と `wakeup` を使用しないで、代わりにセマフォを使って、上のコードを書き換え、前問の問題を解決せよ。
Modify the above code by using semaphores, instead of using `sleep` and `wakeup`, so that the above mentioned problem can be solved.

関係表 `student(id, f_name, g_name, bd, dept, email)` を考える。ここで、各属性は次の意味を持つ。

`id`: 学生番号

`f_name`: 姓

`g_name`: 名

`bd`: 誕生日

`dept`: 学科名

`email`: メールアドレス

また、属性集合 `{id}` と `{email}` は候補キー、`{id}` は主キーとし、関係表に対する組の挿入、削除は頻繁に行われるものとする。

(a) 以下の問合せを SQL で表現せよ。

「各学科ごとに学科名とその学科で最も若い学生の誕生日を求めよ。」

(b) (a) の SQL を効率よく処理するためにはどのような索引を構築すべきか理由と共に述べよ。

(c) 関係表 `student` 上の (b) 以外の索引としてどのような索引を構築すべきか理由と共に述べよ。

(d) 関係表 `student` のファイル、及び (b), (c) の索引のファイル構造の例を図で与えよ。ただし、図ではページとその境界を明示すること。

Consider a relational table `student(id, f_name, g_name, bd, dept, email)`, in which each attribute has the following meaning:

`id`: student identifier

`f_name`: family name

`g_name`: given name

`bd`: birthdate

`dept`: department name

`email`: email address

Also, assume the attribute sets `{id}` and `{email}` are candidate keys, and the attribute set `{id}` is the primary key. Insertion and deletion of tuples are frequently made against this table.

(a) Express the following query in SQL.

“Answer the name of each department and birthdate of the youngest students in the department.”

(b) What kind of indexes should be created to answer the query in (a) efficiently, and why?

(c) What kind of indexes other than (b) should be created on the relation “student”, and why?

(d) Illustrate an example of the file structure of the relation “student”, and file structure of indexes in (b) and (c). Draw explicitly pages and their boundaries in the figure.

B-10

決定木（同定木）学習に関する以下の3つの問いに答えよ。

Answer the following three questions about learning decision trees (identification trees).

(1) 以下のデータは、属性情報（天気、気温、湿度、風）と、A教授がテニスをしたかどうかの関係を示している。この訓練例と整合する決定木を一つ示せ。

The following data show the relation between the attribute information (weather, temperature, humidity, wind) and whether professor A played tennis or not. Show a decision tree that is consistent with the following training examples.

No.	Attributes				Class:
	Weather	Temperature	Humidity	Wind	PlayTennis?
1	sunny	hot	high	light	No
2	sunny	hot	high	strong	No
3	cloudy	hot	high	light	Yes
4	rainy	mild	high	light	Yes
5	rainy	cool	normal	light	Yes
6	rainy	cool	normal	strong	No
7	cloudy	cool	normal	strong	Yes
8	sunny	mild	high	light	No
9	sunny	cool	normal	light	Yes
10	sunny	mild	normal	strong	Yes
11	cloudy	mild	high	strong	Yes
12	rainy	mild	high	strong	No

(2) 訓練例と整合する決定木が複数存在する場合、どのような基準を用いて選択するのが良いか説明せよ。

Explain what measure can be used for selecting an appropriate decision tree if two or more decision trees exist that are consistent with the training examples.

(3) 決定木学習における過学習とは何かを説明し、その対処法を一つ示せ。

Explain over-fitting in learning decision trees. In addition, show a method to deal with this problem.