

## 2017年9月・2018年4月入学試験

## 大学院基幹理工学研究科修士課程

## 情報理工・情報通信専攻

## 問題表紙

◎問題用紙が 5 ページあることを試験開始直後に確認しなさい。

◎解答用紙が 4 枚綴りが 1 組あることを試験開始直後に確認しなさい。

## 【指示】

- 出題されている4つの問題（問題番号1から問題番号4）の全てに解答すること。
- 問題ごとに指定された解答用紙を1枚用いて解答すること。
- プログラムは疑似コード（pseudocode）で書かれており，
  - $\leftarrow$  は代入を， $=$ ,  $\neq$ ,  $<$ ,  $\leq$ ,  $>$ ,  $\geq$  は比較を， $[x]$  は  $x$  を超えない最大の整数を表す。
  - 配列の添字は 0 から始まる。
  - 算術演算はオーバーフローやアンダーフローを起こさないものとする。
- 論理式において， $P$  と  $Q$  の論理積は  $P \wedge Q$  か  $P \cdot Q$  か  $PQ$ ，論理和は  $P \vee Q$  か  $P + Q$ ，含意（ならば）は  $P \Rightarrow Q$  か  $P \rightarrow Q$ ， $P$  の否定は  $\neg P$  か  $\bar{P}$  で表す。 $\forall$  は「すべての ...」（全称量化子）， $\exists$  は「... が存在する」（存在量化子）を表す。

## 【Directions】

- This examination consists of four questions (Questions 1, 2, 3 and 4). Answer all questions.
- Write your answers in the specified answer sheet for each question.
- Programs are written in pseudocode, where
  - $\leftarrow$  denotes assignment,  $=$ ,  $\neq$ ,  $<$ ,  $\leq$ ,  $>$ ,  $\geq$  denote comparison, and  $[x]$  denotes the greatest integer less than or equal to  $x$ ,
  - array indexing starts at 0, and
  - arithmetic operations will not cause overflow or underflow.
- In logical formulae, conjunction is denoted as  $P \wedge Q$  or  $P \cdot Q$  or  $PQ$ , disjunction is denoted as  $P \vee Q$  or  $P + Q$ , implication is denoted as  $P \Rightarrow Q$  or  $P \rightarrow Q$ , and the negation of  $P$  is denoted as  $\neg P$  or  $\bar{P}$ .  $\forall$  stands for “for all ...” (universal quantifier), and  $\exists$  stands for “there exists ...” (existential quantifier).

2017年9月・2018年4月入学試験問題  
大学院基幹理工学研究科修士課程 情報理工・情報通信専攻科目名: 情報基礎問題番号 1

以下の問(1)～(3)に答えよ。

- (1) ブール値 (Boolean values) の集合を  $\{0, 1\}$  で表現する。図 1-1 の真理値表 (truth table) は、2 引数ブール関数 (binary Boolean function) の一例を表す。

$x$	$y$	$f(x, y)$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

図 1-1

- (1-a) 2 引数ブール関数は、図 1-1 の関数を含めて全部で何通りあるか？

- (1-b) 一般に 2 引数ブール関数  $f$  が

$$\forall y(a < b \Rightarrow f(a, y) \leq f(b, y)) \wedge \forall x(a < b \Rightarrow f(x, a) \leq f(x, b))$$

をみたすとき、 $f$  は単調 (monotone) であるという。単調な 2 引数ブール関数は全部で何通りあるか？

- (1-c) 問(1-b)の論理式 (logical formula) の前半の条件の否定 (negation)

$$\neg \forall y(a < b \Rightarrow f(a, y) \leq f(b, y))$$

を、否定演算子  $\neg$  を用いない論理式として表現せよ。

- (2)  $N$  を正の定数、 $i, j, t, \text{temp}$  を整数型の変数、 $A$  を大きさ  $N$  の整数型の配列とする。図 1-2 のプログラム片 (code fragment) を考える。

- (2-a) 配列  $A$  ( $N = 8$ ) の初期値が以下の図のとおりで、 $t$  の初期値 (3 行目の (ア) の値) が 5 であった場合、プログラム片の終了後の  $A, i, j$  の値がそれぞれどうなるかを書け。

6	2	1	5	8	3	9	4
$A[0]$	$A[1]$	$A[2]$	$A[3]$	$A[4]$	$A[5]$	$A[6]$	$A[7]$

- (2-b) 内側の二つの while ループ (5～7 行目, 8～10 行目) にとって重要なことは、配列の添字範囲外参照 (index out of bounds) を起こさず、かつ必ず有限回の繰り返しののちに終了することである。この要件が成り立つために  $t$  の初期値が満たすべき必要十分条件を書け。
- (2-c) 11 行目の if 文の条件を  $(i \leq j)$  から  $(i < j)$  に変更して、 $i$  と  $j$  が等しい場合の無駄な交換操作を省略しようとする、 $i$  と  $j$  の値の更新 (15～16 行目) が行われなくなるが、それだけではない大きな不都合が発生する。どのような状況でどのような不都合が発生するかを具体的に説明せよ。

```
1  i ← 0
2  j ← N - 1
3  t ← (ア)
4  while (i ≤ j)
5      while (A[i] < t)
6          i ← i + 1
7      end while
8      while (A[j] > t)
9          j ← j - 1
10     end while
11     if (i ≤ j)
12         temp ← A[i]
13         A[i] ← A[j]
14         A[j] ← temp
15         i ← i + 1
16         j ← j - 1
17     end if
18 end while
```

図 1-2

2017年9月・2018年4月入学試験問題  
大学院基幹理工学研究科修士課程 情報理工・情報通信専攻

科目名: \_\_\_\_\_ 情報基礎 \_\_\_\_\_

問題番号 1

- (3) 漸近時間計算量 (asymptotic time complexity) と二分探索木 (binary search tree) に関する以下の問に答えよ。ただし、関数  $f(n)$  のオーダーが  $\Theta(g(n))$  であるとは、正の定数  $C, D, N$  が存在して、 $\forall n(n \geq N \Rightarrow C \cdot g(n) \leq f(n) \leq D \cdot g(n))$  が成立することである (Big Theta 記法)。また、二分探索木に要素を挿入するとき、木のバランス操作 (balancing) は行わないものとする。
- (3-a) 関数値  $p(n)$  の漸近時間計算量が  $\Theta(n^2)$ 、関数値  $q(n)$  の漸近時間計算量が  $\Theta(n \log n)$  であるとする。このとき、 $p(n) \times q(n)$  の値の漸近時間計算量を書け。ただし乗算は単位時間で実行できるものとする。
- (3-b) 空 (empty) の二分探索木に、集合  $S = \{1, 3, 4, 5, 6, 8, 9\}$  に含まれる7個の数値を、ある順序で次々に挿入したところ、図1-3のような二分探索木が得られた。最初の3個は5, 3, 1の順序であったことがわかっている。残りの数値4, 6, 8, 9をどのような順序で挿入したか、考えられる順序をすべて列挙せよ。
- (3-c) 図1-3の二分探索木において集合  $S$  の要素をランダムに選んで探索した場合、比較回数の期待値は  $17/7$  となる。一般に、 $2^n - 1$  個の節点 (node) をもつ完全にバランスした二分探索木において、木の中に存在する探索キー (search key) をランダムに探索した場合の比較回数の期待値はいくつか?  $n$  を用いた (近似式ではなく、かつなるべく簡単な) 数式で表せ。
- (3-d) 関係  $a_1 < a_2 < \dots < a_{m^2}$  をみたす  $m^2$  個の数値のうち、 $a_m, a_{2m}, a_{3m}, \dots, a_{m \times m}$  の  $m$  個をこの順序で空の二分探索木に挿入したあと、残りの数値を大きなものから順に挿入してできる二分探索木を考える。この二分探索木の中に存在する探索キーをランダムに探索した場合の比較回数の期待値のオーダーを  $\Theta$  記法で書け。

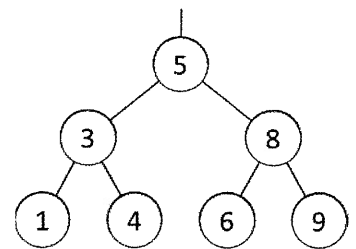


図 1-3

2017年9月・2018年4月入学試験問題  
大学院基幹理工学研究科修士課程情報理工・情報通信専攻

科目名： 計算機システム

問題番号 2

以下の問題に全て答えよ。

(1) 2 ウェイセットアソシアティブ (Set Associative) のキャッシュ (Cache) のヒット時間は  $10\mu s$  である。このキャッシュを用いた時の、キャッシュのミス率は 1% である。キャッシュをミスした場合にメモリにアクセスする為に必要な時間は  $1ms$  である。また、4 ウェイセットアソシアティブのキャッシュのヒット時間は  $15\mu s$  である。このとき、以下の問題に答えよ。

(1-a) 2 ウェイセットアソシアティブのキャッシュを用いた時の平均メモリアクセス時間を計算せよ。

(1-b) 2 ウェイセットアソシアティブのキャッシュと 4 ウェイセットアソシアティブのキャッシュの仕組みの違いを説明せよ。また、以上の 2 つの方式のトレードオフに関して説明せよ。

(1-c) 4 ウェイセットアソシアティブのキャッシュを利用する場合に、2 ウェイセットアソシアティブのキャッシュを利用した場合よりも、平均アクセス時間が高速であるためには、4 ウェイセットアソシアティブのキャッシュのミス率が何%未満である必要があるかを示せ。

(2) 本問題で考える仮想アドレス空間 (Virtual Address Space) は 32 ビットである。ページサイズは 4K バイトであり、ページテーブルエントリは 10 バイトである。このときに以下の問題に答えよ。

(2-a) 1 つのプロセスが利用可能な最大の仮想アドレス空間のサイズを示せ。

(2-b) 最大サイズの仮想アドレス空間を利用するプロセスを 3 つ生成する。1 段階のページテーブルを利用する場合に、ページテーブルのために必要とされるメモリ量は何バイトとなるか示せ。

(2-c) 2 つのプロセスが存在し、それぞれのコードサイズが 10K バイト、データサイズは 20K バイト、スタックサイズが 10K バイトの場合、2 段階の階層型ページテーブル (Hierarchical Page Table) を利用するとページテーブルのために必要なメモリ量はどのようになるかを図を用いて示せ。ここでは、1 段目のページテーブルエントリ数は 1024 である。また、コードエリアとデータエリアは連続領域に割り当てられる。

2017年9月・2018年4月入学試験問題  
大学院基幹理工学研究科修士課程情報理工・情報通信専攻  
科目名: 回路理論・論理回路

問題番号 3

回路理論・論理回路に関する以下の全ての問題に解答すること。

(1) 図 3-1 の並列加算器 (parallel adder) について、入力を  $A_3A_2A_1A_0$ ,  $B_3B_2B_1B_0$ , 出力を  $S_3S_2S_1S_0$ , 桁上げ入力 (carry in) を  $C_0$ , 桁上げ出力 (carry out) を  $C_4$  とする。また、負の数は 2 の補数 (complement) で表現されているとする。このとき桁あふれ (overflow) は以下の場合に生じる。

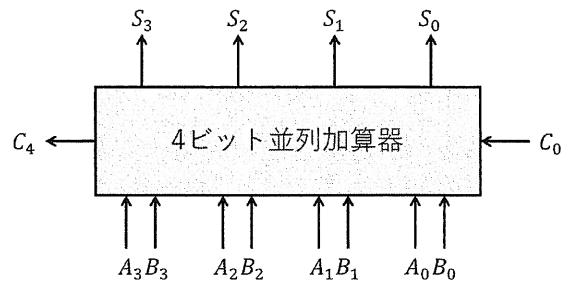


図 3-1

- 2 つの正数 (positive numbers) を足した結果負数 (negative number) になる。もしくは、
- 2 つの負数を足した結果正数になる。

いま、最上位桁  $A_3$ ,  $B_3$ ,  $S_3$  を入力とし、桁あふれが生じたときに  $V=1$ , 生じないときに  $V=0$  を出力する桁あふれ検知器 (overflow detector) を設計することを考える。このとき、以下の問題に答えよ。

(1-a)  $A_3$ ,  $B_3$ ,  $S_3$ ,  $V$  に関する真理値表 (truth table) を書け。

(1-b) 論理関数 (logic function)  $V(A_3, B_3, S_3)$  について、加法標準形 (minterm expansion) を書け。

(2) 以下の論理式 (Boolean expression) について、最小積和形式 (minimum sum of products) を求めよ。導出の過程も示すこと。

$$f(A, B, C, D) = ABC\bar{C} + ABCD + B\bar{D} + \bar{B}\bar{D} + B\bar{C}D$$

(3) 関数  $f(t)$  のラプラス変換 (Laplace transform) を  $F(s)$  と書く。いま、図 3-2 の回路において、直流電源 (direct-current power source)  $v_g$  を入力信号、キャパシタ (capacitor) の端子電圧 (terminal voltage)  $v_o$  を出力信号としたときの伝達関数 (transfer function) を  $s$  を用いて記せ。

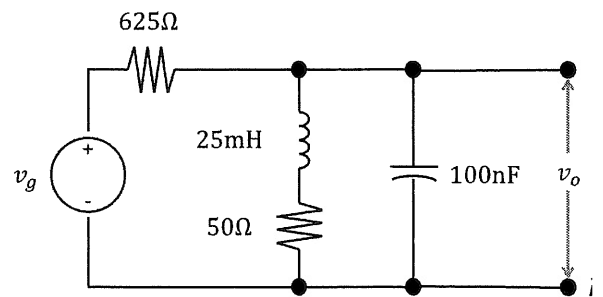


図 3-2

ここで、 $v_g$ ,  $v_o$  のラプラス変換を各々  $V_g$ ,  $V_o$  とすると、伝達関数は  $H(s) = V_o/V_g$  で与えられる。

いま、インダクタ (inductor) における初期電流 (initial current), キャパシタにおける初期電圧 (initial voltage) は各々 0 とする。このとき、 $s$  領域において回路を記述すると、インダクタンス (inductance)  $L$  は  $sL$  と変換され、キャパシタンス (capacitance)  $C$  は  $\frac{1}{sC}$  と変換される。

2017年9月・2018年4月入学試験問題  
大学院基幹理工学研究科修士課程情報理工・情報通信専攻  
科目名： 情報通信ネットワーク

問題番号 

4
---

以下の問題に答えよ。

(1) 空欄 (a) ～ (j) に当てはまる最も適切な語句を選択肢から選び、解答欄に番号を記載せよ。

OSI 参照モデルのプロトコル階層は7層から構成されるが、その下位4層は、ハードウェアに近い順に、



 層、



 層、



 層、



 層、と呼ばれる。

通信機器の名称は各層で異なっており、



 層の例として 



、



 層の例としてブリッジや 



、



 層の例として 



、が挙げられる。

パケットの名称を層毎に呼び分けることがあり、



 層では 



、



 層では 



、



 層では 



、と呼ぶ。

選択肢：

1. フレーム (frame), 2. アプリケーション (application), 3. ハブ (hub), 4. ゲートウェイ (gateway), 5. セッション (session), 6. ルータ (router), 7. 物理 (physical), 8. トランスポート (transport), 9. メッセージ (message), 10. データリンク (datalink), 11. データグラム (datagram), 12. プレゼンテーション (presentation), 13. リピーター (repeater), 14. ネットワーク (network), 15. セグメント (segment)

(2) あるホストの IP アドレス (IP address) とサブネットマスク (subnet mask) が 172.20.100.200/26 で表されるとき、このホストが属するサブネットのネットワークアドレス (network address)、ブロードキャストアドレス (broadcast address)、収容可能なホスト数を解答欄に記載せよ。

(3) TCP (Transmission Control Protocol) に関する以下の問題に解答せよ。

(3-a) 以下のポート番号 (port number) がウェルノウンポート (well-known ports) として通知するアプリケーションを選択肢から選び、解答欄に番号を記載せよ。

- (a) 22 番, (b) 25 番, (c) 53 番, (d) 80 番

選択肢：

1. SMTP (simple mail transfer protocol), 2. LDAP (lightweight directory access protocol), 3. FTP (file transfer protocol), 4. HTTP (hypertext transfer protocol), 5. SSH (secure shell), 6. DNS (domain name system), 7. NTP (network time protocol)

(3-b) スロースタート (slow start) とふくそう回避 (congestion avoidance) の動作と目的の違いを 100 字以内で説明せよ。

(4) OSPF (Open Shortest Path First) に関する以下の問題に解答せよ。

(4-a) 解答用紙に示す 5 ノードから成るネットワークにおいて、ダイクストラ法 (Dijkstra's algorithm) によって、ノード A から他ノードに至る最短経路を求めたい。図では、 $P$  を選択されたノードの集合 (初期集合  $P = \{A\}$ )、各辺の数字をリンクコストとし、1 回目の経路選択でノード C と太線のリンクが選択されたことを示している。これについて、2 回目, 3 回目, 4 回目の更新結果として得られるノード集合  $P$  とリンクを、1 回目の表記に倣って図中に記載せよ。

(4-b) RIP (Routing Information Protocol) に対する OSPF の利点を 100 字以内で説明せよ。