

2016年9月・2017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****専門科目表紙**

◎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 3 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 5 つの問題（問題番号 1 から問題番号 5）の中から 3 つの問題を選択して解答すること。
- ・ 解答用紙は全部で 3 枚あります。問題ごとに異なる解答用紙を 1 枚用いて解答すること。
- ・ 各解答用紙に選択した問題番号を記入し、その問題番号の解答のみを書くこと。1 枚の解答用紙には、1 つの問題の解答だけを書くこと。

【Directions】

- ・ Choose three questions among five questions from Question 1 to Question 5.
- ・ Write your answers in a distinct answer sheet for each selected question.
- ・ Fill the question number on each answer sheet and write your answers of the question you specified. One answer sheet can be used for only one question.

2016年9月・2017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: _____ 専門科目

問題番号

1

本問題を選択する場合は、以下の(1)～(5)のすべてに解答すること。

(1) 8ビット2進数の環境下において、10進数の-2（マイナス2）は2の補数 (two's complement) でどのように表現されるか。

(2) (1) の回答として得られた8ビット2進数を、0x から始まる16進数で表現せよ。

(3) ブール変数 (Boolean variable) X, Y があるとき、 $(X \text{ OR } Y)' = X' \text{ AND } Y'$ が成立することを真理値表を利用して証明せよ。ここで、例えば X' は X の否定 (NOT) を表す。

(4) 2つの出力 f, g をもつ4入力組み合わせ回路 (combinational circuit) があり、それぞれ

$$f = \sum m(0, 3, 6, 9, 12, 15)$$

$$g = \sum m(0, 5, 10, 15)$$

であるとする。ただし、上の各式は、真理値表の行番号を利用した minterm 展開 (minterm expansion) の簡略表現である。例えば、

$$\sum m(0, 1) = m_0 + m_1 = a'b'c'd' + a'b'c'd$$

である。このとき、 f と g の論理和 (logical OR) を同様に Σ を用いた式で表現せよ。

(5) 4入力1出力の真理値表 (truth table) から minterm 展開を求めると

$$f = a'bc'd + abc'd + a'b'cd + a'bcd + abcd + ab'cd + a'b'cd' + abcd' + ab'cd'$$

となった。出力 f の最小 SOP (minimum sum of products) を求めよ。

2016年9月・2017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 : _____ 専門科目 _____

問題番号

2

本問題を選択する場合は、以下の(1)～(5)のすべてに解答すること。

- (1) 集合(set) A が無限集合(infinite set)であることの定義を書け。
- (2) 集合 A, B と写像(map) $f: A \rightarrow B$ について、 $f^{-1}(B) = A$ を示せ。ただし、 $f^{-1}(B) = \{x \in A \mid f(x) \in B\}$ である。
- (3) 次の形式文法(formal grammar) G が曖昧(ambiguous)であることを示せ。

$$\begin{aligned} G &= (N, \Sigma, P, S), \\ N &= \{E\}, \\ \Sigma &= \{a, +, *\}, \\ P &= \{E \rightarrow E + E \mid E * E \mid a\}, \\ S &= E. \end{aligned}$$

- (4) 次の問に答えよ。

(4-a) 任意の記号列 $w = a_1 \cdots a_n$ について、形式言語(formal language) $\{w\}$ を受理(accept)する非決定性有限オートマトン(nondeterministic finite automaton)が存在することを示せ。

(4-b) 有限(finite)な形式言語は正則言語(regular language)であることを示せ。

- (5) チューリング認識可能(Turing recognizable)でない形式言語が存在することの証明の概略(outline)を述べよ。

2016年9月・2017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: _____ 専門科目

問題番号 3

コンピュータアーキテクチャ (computer architecture) に関する以下のすべての問に答えよ。

CPU のパイプライン化 (pipelining) はプログラム実行の高速化の手段として広く用いられている。ここで CPU における命令実行が以下の五つのステージ (stage) で構成され、全ての命令は全てのステージを通過するものとする：

- 命令フェッチ (IF)：命令をメモリから取り出す
- 命令デコード (ID)：命令の解釈とレジスタの読み出しを行う
- 実行 (EX)：演算を行う
- メモリアクセス (MEM)：メモリアクセスを必要に応じて行う
- ライトバック (WB)：演算結果あるいはメモリからロードした値をレジスタに書き込む

- (1) 全てのステージの実行に同じだけの時間がかかるものとする。今、CPU を上記 5 ステージでパイプライン化すると、パイプライン化しなかった場合に対して理想的には何倍の速度向上が得られるか。
- (2) 各ステージを構成する回路により、実際にはステージごとに要する時間は異なる。各ステージが要する時間が表 3-1 のとき、パイプライン化した CPU の、パイプライン化しなかった場合に対する理想的な速度向上率は何倍になるか。

表 3-1：各ステージの実行に要する時間

ステージ	IF	ID	EX	MEM	WB
時間 (ps)	200	120	150	200	100

- (3) パイプライン化された CPU ではステージ間にラッチ (latch, あるいはパイプラインレジスタ pipeline-register) を挿入する。今、ラッチの挿入によりステージの処理完了に要する時間が 5ps 増加する場合、問(2)の速度向上率は何倍になるか。また、ラッチを挿入する理由を簡潔に述べよ。
- (4) パイプライン化された CPU で上記のステージの動作をそのまま実現すると、ある命令が EX ステージで演算した値は WB ステージでレジスタに書き込まれるまで後続の命令が利用できずストール (stall) が発生する。フォワーディング (forwarding) を導入することにより、次のクロックサイクルで演算結果やロードした値が後続命令で利用可能となる。
以下の命令列をフォワーディング無しの CPU と有りの CPU で処理するとき、最初の命令 (1:) が EX ステージに到達してから最後の命令 (3:) が EX ステージを完了するまで何サイクル要するかそれぞれ答えよ。なお、レジスタは r1 等、“r” とレジスタ番号の組み合わせで表現される。

1: add r1, r2, r3 ; r2 中の値と r3 中の値を加算して r1 に書き込む
2: ld r2, 0(r1) ; r1 中の値+0 で示されるアドレスからデータをロードして r2 に書き込む
3: sub r1, r2, r3 ; r2 中の値から r3 中の値を減算して r1 に書き込む

- (5) フォワーディングを導入することにより、問(3)でラッチを挿入しパイプライン化した場合の 1 ステージ処理時間に対して、さらに 20ps の時間が増加することになった。問(4)の命令列をフォワーディング有りの CPU で実行した場合、その「実行時間」の速度向上率はフォワーディング無しに比較して何倍になるか。ここで実行時間は問(4)と同様に最初の命令が EX ステージに到達してから最後の命令が EX ステージを完了するまでの時間とする。

2016年9月・2017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: _____ 専門科目

問題番号 4

本問題を選択する場合は、以下のすべてに解答すること。また、それぞれの問いについて、導出の過程も示すこと。

(1) 図 4-1 に示す二元対称通信路 (binary symmetric channel) を考える。ここで、送信情報源を $X = \{0,1\}$ 、受信情報源を $Y = \{0,1\}$ で表し、送信記号 0 の生起確率 (probability of occurrence) は q 、送信記号 1 の生起確率は $1-q$ とする。また、通信路で送信記号が誤って受信される確率 (probability of error) は p とする。これについて以下の問いに答えよ。

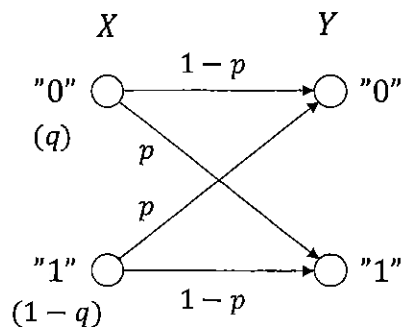


図 4-1: 二元対称通信路

- (1-a) 情報源 X のエントロピー (entropy) $H(X)$ を求めよ。
(1-b) 情報源 Y のエントロピー $H(Y)$ を求めよ。
(1-c) 図 4-1 の通信路の通信路容量 (channel capacity) C を求めよ。ただし、 $\max_q H(Y) = 1$ ($q = 1/2$ のとき) を証明なく用いてよい。

(2) 送信記号 4 個をまとめた情報記号列 (data bits) (x_1, x_2, x_3, x_4) に、次式で定義される検査記号列 (parity bits) (c_1, c_2, c_3) を付加した送信記号列 (total bits) $(x_1, x_2, x_3, x_4, c_1, c_2, c_3)$ を誤りのある伝送路に流すことを考える。

$$c_1 = x_2 \oplus x_3 \oplus x_4$$

$$c_2 = x_1 \oplus x_3 \oplus x_4$$

$$c_3 = x_1 \oplus x_2 \oplus x_4$$

これは (7,4) ハミング符号 (Hamming code) であり、 \oplus は排他的論理和 (exclusive OR) を表す。これについて以下の問いに答えよ。ただし、受信記号列 (received bits) における記号誤りの個数は 1 個以下に収まっているものとする。

- (2-a) 情報記号列が 0110 の時、送信記号列を示せ。
(2-b) 受信記号列が 1010101 の時、正しい情報記号列を示せ。
(2-c) 受信記号列が 0101101 の時、正しい情報記号列を示せ。
(2-d) 記号誤りが確率 p でランダムに発生するものとして、上記の送信記号列の記号誤りの個数が 1 個以下に収まる確率を示せ。

2016年9月・2017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: _____ 専門科目 _____

問題番号 5

本問題を選択する場合は、以下の(1)～(5)の各問にすべて解答すること。

- (1) 図 5-1(a)と(b)はそれぞれ通信のプロトコル階層(protocol layers)と IP パケットフォーマット(IP packet format)を示す。図の①～⑥に該当するものを、「Ethernet プロトコル (Ethernet protocol)」, 「Ethernet ヘッダ (Ethernet header)」, 「IP」, 「IP ヘッダ (IP header)」, 「TCP」, 「TCP ヘッダ (TCP header)」の中からそれぞれ選び、解答用紙に書け。

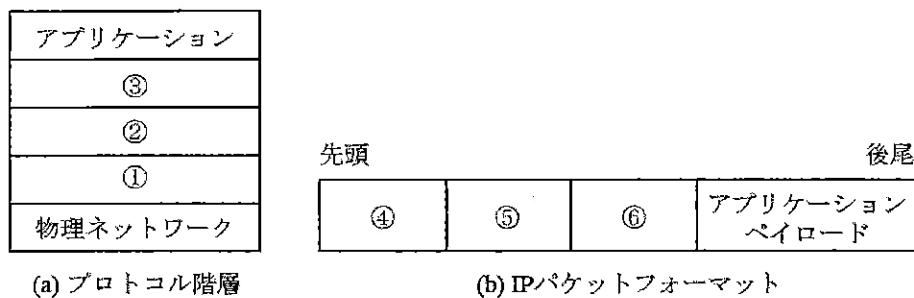


図 5-1

- (2) 搬送波(carrier)の振幅(amplitude)と周波数(frequency)がそれぞれ A と f_0 であるとき、Binary Phase Shift Keying (BPSK)変調(modulation)の信号波形(signal wave)を表す式二つ (入力データ 0 の場合と 1 の場合) を解答用紙に記入せよ。
- (3) オリジナルの Ethernet (10BASE-5) と IEEE 802.11 (Wi-Fi) に用いられている多重アクセスプロトコル (multiple access protocols)の名前を、Ethernet と Wi-Fi についてそれぞれ答え、またそれぞれのプロトコルの動作を説明せよ。動作説明の中には、その二つのプロトコルの違いについても明確に説明せよ。

- (4) 図 5-2 に示すように、3 つのフローが、あるルータの出力ポートを通っており、その出力ポートではフローを不足ラウンドロビン(Deficit Round Robin)でスケジュールするものとする。不足ラウンドロビンアルゴリズムにおいて、各フローに付与された 1 ラウンド当たりの送信可能なデータ量は、フロー1 は 300 バイト、フロー2 は 200 バイト、フロー3 は 500 バイトである。この出力ポートに、3 つのフロー、フロー1、フロー2、フロー3 から、それぞれ 500 バイトの packets p_1 , p_2 , p_3 が時刻 $t=0$ に同時に到着したとする。このときこの出力ポートから送出される packets の順序を答えよ。

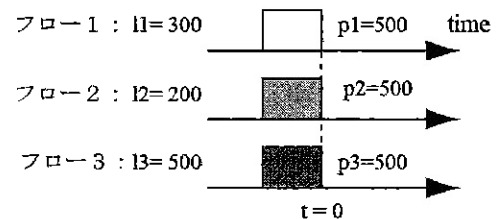


図 5-2

- (5) 図 5-3 は、ハッシュ関数(hash function)と公開鍵暗号(public key encryption)を使って行うデジタル署名(digital signature)を使った通信を示す。図の①～④に該当するものを、それぞれ「ハッシュ(hash)」, 「公開鍵による符号化(encoding by public key)」, 「秘密鍵による符号化(encoding by secret key)」の中から解答用紙に記入せよ。さらに、なぜこの方法で、データの送り主を特定できるのか説明せよ。

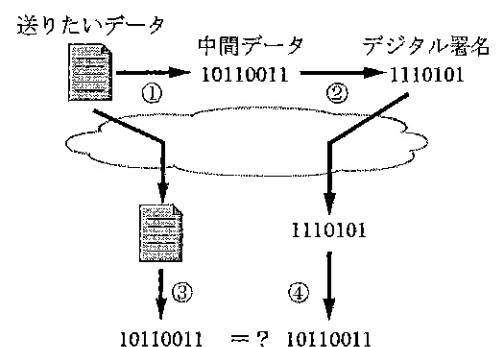


図 5-3