

2026年度夏入試 / 2026 Summer Entrance Examination

東京大学情報理工学系研究科

創造情報学専攻

創造情報学

Department of Creative  
Informatics

Graduate School of Information  
Science and Technology

The University of Tokyo

Creative Informatics

**注意事項**

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開かないこと。
2. この表紙の下部にある受験番号欄に受験番号を記入すること。
3. 3問全てに、日本語ないし英語で回答すること。
4. 解答用紙は3枚配られる。1問ごとに必ず1枚の解答用紙を使用すること。  
解答用紙のおもて面に書ききれないときには、うら面にわたってもよい。
5. 解答用紙の指定された箇所に、受験番号および問題番号を忘れずに記入すること。
6. 解答用紙および問題冊子は持ち帰らないこと。

**INSTRUCTIONS**

1. Do not open this booklet until the start of the examination is announced.
2. Write your examinee's number below on this cover page.
3. Answer all three problems in Japanese or English.
4. Three answer sheets are given. Use a separate answer sheet for each problem. You may write on the back of the answer sheet.
5. Write your examinee's number and the problem number inside the top blanks of each sheet.
6. Do not bring the answer sheet or this booklet out of this room.

受験番号 / Examinee's number \_\_\_\_\_

このページは空白。  
This page is blank.

このページは空白.

This page is blank.

## 第1問

2進数は先頭に「0b」を付けて表記する. たとえば10進数の「9」は「0b1001」と表記する.

$W$  ビットの値  $x$  について,  $x[i]$  は最下位を0ビット目としたときの  $i$  ビット目の値を表す. たとえば  $x = 0b1110$  の場合,  $x[0]$  は0,  $x[2]$  は1となる.

特に指示がない場合, 2入力のANDゲート(図1)と, 2入力のORゲート(図2), およびNOTゲート(図3)のみを用いる事. また, 図4は端子  $a$  へ固定値1を出力する回路の例である.

1. 0b11010000 から1を引いた値を求め, その値を10進数で表記せよ.
2. 図5に示す2:1マルチプレクサは, 端子  $s$  の値に応じて, 端子  $a$  ないしは端子  $b$  の値を選択して端子  $c$  に出力する回路である. 図6はこの2:1マルチプレクサを実装した回路の例であるが, この回路の真理値表を記述せよ. また,  $s$  の値がゼロのときに,  $a$  と  $b$  へ入力されている値のどちらが出力されるのかを答えよ.
3. 4ビットの入力  $x$  と  $y$  を受け取り,  $y$  において1をとるビットと同じビット位置の  $x$  のビットを反転して, その結果を4ビットの値  $z$  として出力する回路を構成し, その回路図を描け. ただし, 図5に示す2:1マルチプレクサとNOTゲートのみを用いること. たとえば  $x = 0b1010, y = 0b1100$  の場合,  $z = 0b0110$  となる.

以下では,  $N$  ビットの2進数を端子  $a$  から入力し,  $N$  ビットの2進数を端子  $b$  へ出力する回路  $T_N$  を考える.  $T_N$  は,  $a$  のビットを最下位ビットから順に見て, 最初に1が現れるまでの全てのビットを1に設定し, それより上位のビットに0を設定して, その結果を  $b$  へ出力する. ただし, 入力に1がひとつも現れなかった場合は全ての出力は1となる. たとえば  $T_8$  において入力ビット列が0b11010000であれば, その出力ビット列は0b00011111となる.

4.  $T_2$  の真理値表を記述し, それを実現する回路の回路図を描け.
5.  $T_3$  の真理値表を記述し, それを実現する回路の回路図を描け.
6.  $T_5$  を実現する回路の回路図を描け. ただし, 使用するゲートの総数を7個とすること.
7.  $T_8$  を実現する回路の回路図を描け. ただし, 入力から出力へいたる経路の中で通過するゲートの個数がどの経路でも4個以下になるようにし, 使用するゲートの総数を20個以下とすること.
8. 入力から出力への経路上にある最大ゲート数になるべく少なくなるように  $T_N$  を構成することを考える. そのような  $T_N$  の構成方法を説明せよ. また, 必要なゲート総数のオーダーと, 入力か

ら出力への任意の経路上にある最大ゲート数のオーダーを、それぞれ  $N$  を用いた  $O$  記法によって示せ.

9.  $T_4$ , 2:1 マルチプレクサ, および NOT ゲートのみを用いて, 4 ビットの値から 1 を引く回路を構成し, その回路図を示せ.

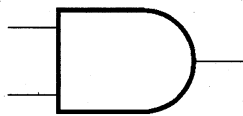


図1  
2入力ANDゲート

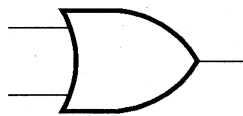


図2  
2入力ORゲート

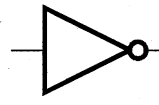


図3  
NOTゲート

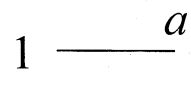


図4  
固定値1の出力

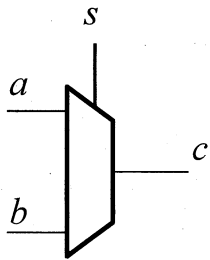


図5  
2:1 マルチプレクサ

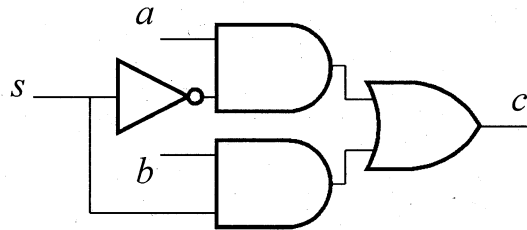


図6  
2:1 マルチプレクサの実装例

## 第2問

無線端末とアクセスポイント間の通信を考える。信号伝搬速度  $s = 3.0 \times 10^8$  m/s、片道伝搬距離 150 km、上りと下りの実効伝送速度はともに  $R = 10$  Mbps であり、往復の通信において、無線端末とアクセスポイントでそれぞれ 1 回ずつ  $D_{proc} = 0.1$  ms の処理遅延が発生する。以下の問いに答えよ。なお、接頭辞  $M$  は  $10^6$  を表すものとする。

- (1) 送受信パケット長  $L = 4000$  bits の場合、パケットあたりの平均往復時間 (Round Trip Time, RTT) を計算せよ。
- (2) この無線端末とアクセスポイント間の往復通信で、最初の送信試行が成功せず、再送が必要になる確率が  $p = 0.2$  となったとする。単純な再送制御を導入し、最初の送信が失敗した場合に 1 回だけ再送を行う。送信が失敗した場合、最初の送信試行を始めてから、(1) で計算した RTT と等しい時間経過した時に再送を始める。再送されたパケットは常に正しく伝送されるものと仮定する。期待される RTT は元の RTT から平均して何ミリ秒(ms)増加するか概算せよ。ただし、パケットを正しく受信したか知らせる確認応答 (ACK/NACK) の時間は無視する。
- (3) 上記の再送制御の代わりに、冗長なパリティビットをあらかじめ追加して送信することで、受信側で誤りを検出・訂正できる前方誤り訂正 (Forward Error Correction, FEC) を導入することを考える。導入する FEC は、この通信で発生する全てのパケット誤りを訂正できる能力を持つと仮定する。元のパケット長  $L = 4000$  bits に対して、符号化率  $R_c = k/n = 0.8$  の FEC を適応すると送受信パケット長  $L_{FEC}$  は何ビットになるか計算せよ。ただし、 $k$  は情報ビット長 (information length)、 $n$  は符号語長 (codeword length) である。
- (4) 元のパケット長  $L = 4000$  bits に対して、符号化率  $R_c = 0.8$  の FEC を導入した場合の RTT を計算せよ。
- (5) 上記の通信において、パケット誤り率がどの範囲にある場合、FEC の遅延が、再送制御による期待遅延より小さくなるか答えよ。
- (6) ジッター (遅延のばらつき) が再送制御と FEC でどう異なるか説明せよ。どのようなアプリケーションで FEC が適しているかと、その理由を 2 文程度で述べよ。

2 つの端末が共通の通信チャネルで同時に送信し、衝突が発生した。再送の衝突を確率的に回避するために、衝突検出付きの多重アクセス (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD) でも利用される指数バックオフ方式として知られるアルゴリズムで解決する。両端末は衝突を検知すると、再送のタイミングをランダムに決める。具体的には、衝突した送信を 0 回目とし、 $i$  回目の再送では、それぞれが 0 から  $2^i - 1$  の範囲から 1 つの送信スロット (送信を試みる時間枠) を等確率で選ぶ。異なるスロットを選べば、送受信に成功し、競合は解決する。同じスロットを選ぶと再び衝突し、次の再送へ進む。

- (7) 1 回目の再送で競合が解決する確率  $P_1$  を求めよ。
- (8) 1 回目は再衝突し、2 回目の再送で初めて競合が解決する確率  $P_2$  を求めよ。
- (9)  $k$  回目の再送で初めて競合が解決する確率  $P_k$  を、 $k$  を用いて表せ ( $k \geq 1$ ) 。

このページは空白.

This page is blank.

### 第3問

以下に示す情報システムに関する8項目から4項目を選択し、各項目を4~8行程度で説明せよ。必要に応じて例、図、および数式を用いてよい。

- (1) マージソート
- (2) ガベージコレクション
- (3) プログラムカウンタ
- (4) 浮動小数点演算の丸め誤差
- (5) 機械学習における Transformer
- (6) モンテカルロ積分
- (7) ブラシレス DC モータ
- (8) 仮想記憶

このページは空白.

This page is blank.

### Problem 1

Binary numbers are represented with the prefix “0b”. For example, the decimal number “9” is written as “0b1001”.

For a  $W$ -bit value  $x$ ,  $x[i]$  represents the value of the  $i$ -th bit, where the least significant bit is 0-th bit. For example, when  $x = 0b1110$ ,  $x[0]$  is 0 and  $x[2]$  is 1.

Use only two-input AND gates (Figure 1), two-input OR gates (Figure 2), and NOT gates (Figure 3), unless otherwise specified. In addition, Figure 4 shows an example of a circuit that outputs a fixed value 1 to terminal  $a$ .

1. Subtract 1 from 0b11010000 and express the result in decimal.
2. The 2:1 multiplexer shown in Figure 5 is a circuit that selects the value of terminal  $a$  or terminal  $b$  according to the value of terminal  $s$  and outputs it to terminal  $c$ . Figure 6 shows an example of a circuit that implements this 2:1 multiplexer. Describe the truth table for this circuit. Also, answer which of the values input into  $a$  or  $b$  is output when the value of  $s$  is zero.
3. Construct a circuit that receives 4-bit inputs  $x$  and  $y$ , inverts the bits of  $x$  at the same bit positions as the bits in  $y$  that are 1, and outputs the result as a 4-bit value  $z$ . Draw the circuit diagram. Use only 2:1 multiplexers shown in Figure 5 and NOT gates. For example, when  $x = 0b1010$  and  $y = 0b1100$ , the output  $z$  is 0b0110.

From now on, we consider a circuit  $T_N$  that takes an  $N$ -bit binary number from terminal  $a$  and outputs an  $N$ -bit binary number to terminal  $b$ .  $T_N$  sets 1 for every bit up to the first appearance of 1 when scanning the bits of  $a$  from the least-significant bit, and sets 0 for all bits above that, and outputs the result to  $b$ . If no 1 appears in the input, all output bits are 1. For example, when the input bits are 0b11010000 in  $T_8$ , the output bits are 0b00011111.

4. Describe the truth table for  $T_2$ , and draw the diagram of a circuit that implements it.
5. Describe the truth table for  $T_3$ , and draw the diagram of a circuit that implements it.
6. Draw the diagram of a circuit that implements  $T_5$ . Use seven gates in total.
7. Draw the diagram of a circuit that implements  $T_8$ . Ensure that the number of gates passed through on any path from an input to an output is four or less, and that the total number of gates used is 20 or less.

8. Consider constructing circuit  $T_N$  so that the maximum number of gates on any input-to-output path is as small as possible. Explain how to construct such  $T_N$ . Then, express the order of the total number of gates and the order of the maximum number of gates on any input-to-output path in Big-O notation in terms of  $N$ , respectively.
9. Construct a circuit that subtracts 1 from a 4-bit value using only circuit  $T_4$ , 2:1 multiplexers, and NOT gates, and draw the circuit diagram.

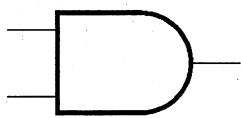


Figure 1  
Two-input AND gate

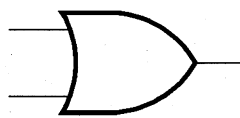


Figure 2  
Two-input OR gate

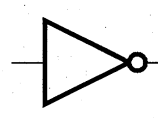


Figure 3  
NOT gate

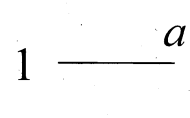


Figure 4  
Fixed value 1 output

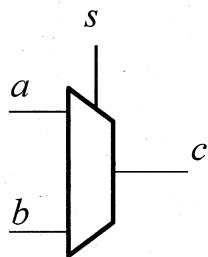


Figure 5  
2:1 multiplexer

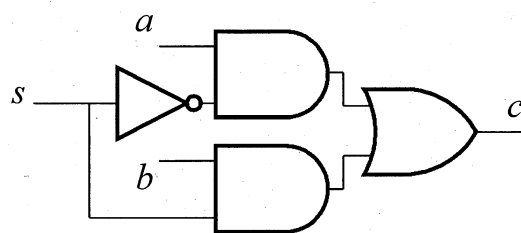


Figure 6  
Example implementation of 2:1 multiplexer

## Problem 2

Consider communication between a wireless terminal and an access point. Let the signal propagation rate be  $s = 3.0 \times 10^8$  m/s, the one-way propagation distance be 150 km, both of the uplink and downlink effective transmission rates be  $R = 10$  Mbps, and the processing delay at both the terminal and access point be  $D_{proc} = 0.1$  ms. Answer the following questions. The prefix "M" represents  $10^6$ .

- (1) When the packet length is  $L = 4000$  bits, calculate the average round-trip time (RTT) per one packet.
- (2) In the round-trip communication between this wireless terminal and the access point, suppose the probability that the initial transmission attempt is unsuccessful and requires a retransmission is  $p = 0.2$ . If the transmission fails, the retransmission begins after a period equal to the RTT calculated in (1), measured from the start of the initial transmission attempt. Assume a simple retransmission control where a retransmission occurs only once if the initial transmission fails, and the retransmission is always successful. Estimate how many milliseconds (ms) the expected RTT increases on average. Ignore the time for acknowledgment messages (ACK/NACK) that indicate whether a packet was received correctly.
- (3) Instead of the above retransmission control, consider introducing forward error correction (FEC) in which redundant parity bits are added to the packet in advance, allowing the receiver to detect and correct errors. Given the original packet length  $L = 4000$  bits, and a coding rate of  $R_c = k/n = 0.8$ , calculate the encoded packet length  $L_{FEC}$  in bits. Note that  $k$  is the information length and  $n$  is the codeword length.
- (4) Calculate the RTT when the FEC (the original packet length  $L = 4000$  bits, and a coding rate of  $R_c = 0.8$ ) is introduced.
- (5) In the communication described above, for what range of packet error rates is the delay of the FEC smaller than the expected delay of retransmission control?
- (6) Explain how jitter (i.e., variation in delay) differs between retransmission control and FEC. Describe for which types of applications FEC is suitable and explain why.

Two terminals simultaneously transmit over a shared communication channel, and a collision occurred. To probabilistically avoid repeated collisions during retransmissions, we apply an algorithm known as exponential backoff in carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD).

When a collision is detected, each terminal randomly determines its retransmission timing. Specifically, the initial collision is counted as the 0-th transmission attempt, in the  $i$ -th retransmission attempt, each terminal selects one transmission slot (i.e., a discrete time interval in which transmission is attempted) uniformly at random from 0 to  $2^i - 1$ . If they select different slots, the terminals successfully transmit and the contention is resolved. If they select the same slot, a collision occurs again and we proceed to the next retransmission.

- (7) Find the probability  $P_1$  that the contention is resolved in the first retransmission attempt.
- (8) Find the probability  $P_2$  that a re-collision occurs in the first retransmission attempt, but the contention is resolved in the second retransmission attempt.
- (9) Find the probability  $P_k$  that the contention is resolved for the first time in the  $k$ -th retransmission attempt, using  $k$ . Assume  $k \geq 1$ .

このページは空白.

This page is blank.

### **Problem 3**

Select four items out of the following eight items concerning information systems, and explain each item in approximately four to eight lines. If necessary, use examples, figures, and/or equations.

- (1) Merge sort
- (2) Garbage collection
- (3) Program counter
- (4) Rounding error in floating-point arithmetic
- (5) Transformer in machine learning
- (6) Monte Carlo integration
- (7) Brushless DC motor
- (8) Virtual memory

このページは空白。  
This page is blank.

このページは空白.

This page is blank.

このページは空白。  
This page is blank.

