

# 電子情報学専攻 専門

2021 年 8 月 23 日(月) 10 時 00 分～12 時 30 分実施

問題数 5 題（このうち 3 題を選択して解答すること）

## 注意

1. この問題冊子の本文は表紙・空白ページを除き全部で 6 頁ある。
2. 3 題を選択して解答せよ。5 題中どの 3 題を選択してもよい。1 つの問題の解答は複数枚の解答用紙に渡ってよい。ただし、1 枚の解答用紙に 2 題以上の解答を記してはならない。
3. 全ての解答用紙上部に解答した問題の番号と受験番号を必ず記入すること。
4. 答案は必ず 3 題分を提出すること。解答した問題が 3 題未満であっても 3 題のそれぞれについて問題番号と受験番号を記入した解答用紙を提出のこと。
5. 解答は日本語または英語で記述すること。
6. この問題冊子と計算用紙は、ダウンロードしたり保存したりしてはならない。

## 第 1 問

図 1 に示す，電源，コイル（インダクタンス  $L$ ），抵抗（抵抗値  $R$ ）からなる回路を考える．時刻を  $t$  とし，電源電圧を  $e(t)$ ，回路を流れる電流を  $i(t)$  とする（電流の方向は図の通り）．以下の設問に答えよ．なお，必要に応じて表に示すラプラス変換表を参照すること．また，ステップ関数  $u(t)$  を次の通り定義する．

$$u(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

- (1) 電源電圧が定電圧  $E$  である（ $e(t) = E$ ）とし，時刻  $t = 0$  でスイッチを閉じることを考える．ここで，電流  $i(t)$  をラプラス変換したものを  $I(s)$  とする．回路方程式を立てそれにラプラス変換を施すことで， $I(s)$  を求めよ．また， $I(s)$  をラプラス逆変換し  $i(t)$  を求めよ．
- (2) 図 2 に示す， $t$  の関数  $v(t)$  を考える．この  $v(t)$  にラプラス変換を施し， $V(s)$  を求めよ．
- (3) 図 1 の回路の電源電圧を定電圧から図 2 のものに変更（ $e(t) = v(t)$ ）し，時刻  $t = 0$  でスイッチを閉じるとする．また， $E = R = L = T = 1$  とする．このとき，回路方程式にラプラス変換を施し， $I(s)$  を求めよ．また， $I(s)$  をラプラス逆変換し  $i(t)$  を求めよ．
- (4) (3) で求めた  $i(t)$  について， $t$  の関数としてその概形を図示せよ．

表

時間領域: $f(t), t \geq 0$	$s$ 領域: $F(s)$	備考
$u(t)$	$\frac{1}{s}$	
$e^{\alpha t}$	$\frac{1}{s - \alpha}$	$\alpha \in \mathbb{R}$
$t^n$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$	
$f(t - \alpha) \cdot u(t - \alpha)$	$e^{-s\alpha} F(s)$	$t$ 軸上での移動． $\alpha > 0$

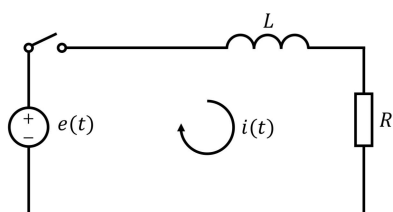


図 1

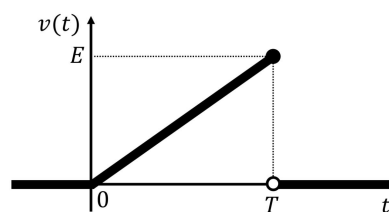
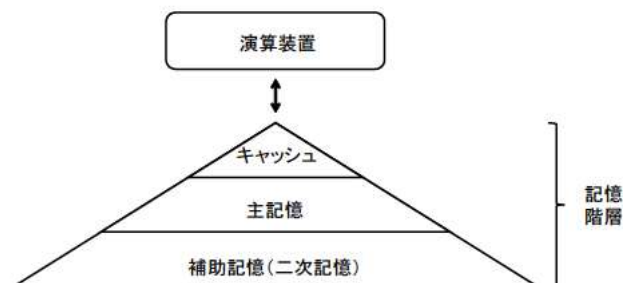


図 2

## 第2問

図に示す記憶階層を備えた計算機を考える。

- (1) キャッシュおよび補助記憶（二次記憶）が備える特性を、それぞれ主記憶と比較して説明せよ。また、キャッシュおよび補助記憶として用いられる記憶装置の具体例を、それぞれ1つ示せ。
- (2) 図の計算機に於いて、メモリストールの生じないプログラム A を実行したところ、CPI (Cycles Per Instruction) は 1.50 であった。また、当該計算機に於いて別のプログラム B を実行したところ、命令のキャッシュミス率は 1 %、データのキャッシュミス率は 4 % であった。いずれの場合も、補助記憶への入出力は確認されず、命令は逐次的に実行され、分岐予測は行われなかった。プログラム B の全命令のうち 60 % がロード・ストア命令であり、キャッシュミスのペナルティは 100 サイクルであった。プログラム B を実行した際の計算機の CPI を求めよ。
- (3) (2) の場合に於いて、キャッシュと主記憶の間に、二次キャッシュを設けたところ、プログラム B の実行により命令のフェッチおよびデータのロード・ストアのために主記憶にアクセスされる率は 0.5 % に低減した。この場合も、補助記憶への入出力は確認されず、命令は逐次的に実行され、分岐予測は行われなかった。二次キャッシュへのアクセスには 10 サイクルを要した。二次キャッシュによるプログラム B の実行の高速化率を求めよ。
- (4) 仮想記憶の制御機構は、通常、補助記憶への書込みをライトバック方式によって行う。当該制御機構がライトバック方式を採用することの妥当性を、計算機の実行速度とデータの永続性の観点から説明せよ。
- (5) 仮想アドレス長が 32 ビット、ページサイズが 4096 バイト、ページエントリ長が 4 バイトである仮想記憶を考える。ページテーブルは単一の配列から構成されているとする。同時に 100 のプロセスを生成するプログラムを実行するのに要するページテーブルサイズを求めよ。
- (6) ページテーブルサイズを削減するために有効な手法を 2 つ簡潔に説明せよ。



図

### 第3問

長さがそれぞれ  $n, m$  ( $0 < m \leq n$ ) の配列  $T, P$  があり、配列の要素は  $k$  ( $\geq 2$ ) 未満の非負整数であるとする。以下の問いに答えよ。

- (1)  $T$  の部分配列のうち、 $P$  と一致するものの個数を数えるアルゴリズム COUNT\_PATTERN を考える。

```
COUNT_PATTERN( $T, P, n, m, k$ ):  
   $c = 0$   
  for  $i = 0$  to  $n - m$  do  
    for  $j = 0$  to  $m$  do  


(Q)

  
      if  $T[i + j] \neq P[j]$  then  
        break  
  return  $c$ 
```

この疑似コードを 

(Q)

 を埋めて完成させよ。

- (2)  $T = \langle 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0 \rangle$ ,  $P = \langle 1, 1, 0 \rangle$ ,  $n = 7$ ,  $m = 3$  に対して COUNT\_PATTERN を適用する。アルゴリズムの実行中、内部ループ中の  $T[i + j] \neq P[j]$  を評価する際の  $i, j, c$  の値の推移を示せ。
- (3) 与えられた  $n, m, k$  に対しランダムに選んだ  $T, P$  に COUNT\_PATTERN を適用することを考える。COUNT\_PATTERN の内部ループにおいて  $T[i + j] \neq P[j]$  を評価する回数を確率変数  $X_{n,m,k}$  で表す。 $X_{n,m,k}$  の期待値  $\mathbb{E}[X_{n,m,k}]$  を  $n, m, k$  を用いて表せ。また、 $\mathbb{E}[X_{n,m,k}] < 2n$  を証明せよ。
- (4) 入力と  $P$  との照合を行う決定性有限オートマトン (DFA) を事前に構築して用いることで、 $T$  の部分配列で  $P$  と一致するものの個数を最悪時間計算量  $O(n)$  で数えることができる。 $P = \langle 1, 1, 0 \rangle$ ,  $k = 3$  のとき、構成すべき DFA を図示せよ。
- (5) 要素数  $m$  で  $k$  未満の非負整数の配列  $P'$  から非負整数への全単射  $f$  があるとする。この全単射  $f$  を用いると、 $T$  の部分配列で  $P$  と一致するものの個数を最悪時間計算量  $O(n)$  で数えることができる。 $f$  を  $P', m, k$  を引数とする関数として実装し、 $O(n)$  で動作するよう変更した COUNT\_PATTERN の疑似コードを示せ。なお、 $f$  は加算・乗算に基づく再帰関数として実装し、加算・乗算の評価回数になるべく少なくなるようにせよ。

## 第4問

送信信号が  $d(t) = \text{Re} [sg(t)e^{j2\pi ft}]$  で与えられるデジタル無線通信システムを考える．ここで， $s$  は等価低域系の複素シンボル， $g(t)$  はパルス時間波形， $f$  は搬送波の中心周波数を示し，信号空間ダイアグラムにおける各複素シンボルの生起確率は等しいとする．また， $\text{Re}$  は複素数の実数部を示す．以下の問いに答えよ．

- (1) 送受信機で用いられるローパスフィルタの役割を二つ述べよ．
- (2) 図1, 図2に8PSK (phase-shift keying) と16QAM (quadrature amplitude modulation) の信号空間ダイアグラムを示す．それぞれの変調方式における1シンボルあたりの情報ビット数を答えよ．
- (3) 情報ビットから複素シンボルへの変換にグレイ符号を用いる．このとき，8PSKおよび16QAMにおける情報ビットから複素シンボルへの変換例を信号空間ダイアグラムに示せ．なお，グレイ符号は信号空間ダイアグラムで隣接するシンボル間のハミング距離が1である特性を持つ．
- (4) 8PSKの半径を  $A$  とする（図1）．8PSKと16QAMで1情報ビットあたりの平均信号エネルギーが同じである場合，16QAMの最小シンボル距離  $B$  を  $A$  を使って求めよ．
- (5) 上記(3)，(4)の条件下で，電力スペクトル密度  $N_0$  の加法性白色ガウス雑音通信路を考える．送信シンボルが別のシンボルに誤って検出される確率は，これらの2つのシンボルが信号空間ダイアグラムで距離  $x$  離れているとき， $Q$  関数を使って  $Q(x/\sqrt{2N_0})$  で近似できるとする．また，最小シンボル距離だけ離れたシンボルへの検出誤りのみ発生しうるとする．このとき，16QAMの平均ビット誤り率を  $Q$ ， $A$ ， $N_0$  を使って表せ．

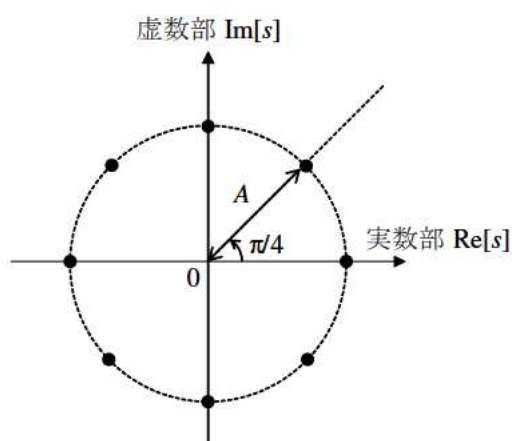


図1

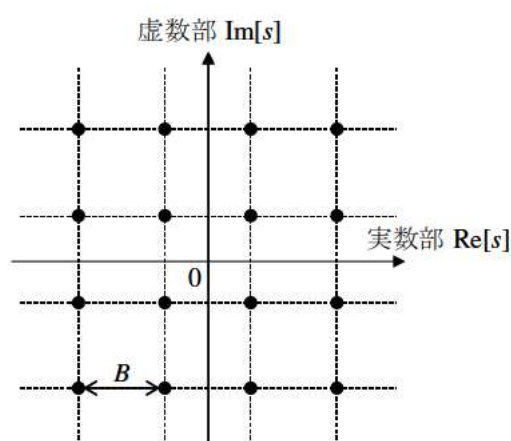


図2

## 第5問

単一方形パルス波を理想的低域フィルタに入力したときの出力を求めたい．単一方形パルス波  $x(t)$  を

$$x(t) = \begin{cases} 1 & (|t| \leq \frac{t_w}{2} \text{ のとき}) \\ 0 & (|t| > \frac{t_w}{2} \text{ のとき}) \end{cases}$$

とし，理想的低域フィルタ  $H(\omega)$  を

$$H(\omega) = \begin{cases} e^{-j\omega t_d} & (|\omega| \leq \omega_m \text{ のとき}) \\ 0 & (|\omega| > \omega_m \text{ のとき}) \end{cases}$$

とする．ただし  $t_w > 0$ ,  $t_d > 0$ ,  $\omega_m > 0$ ．以下の問いに答えよ．

必要に応じて以下を使ってよい．

信号  $x(t)$  のフーリエ変換:

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt$$

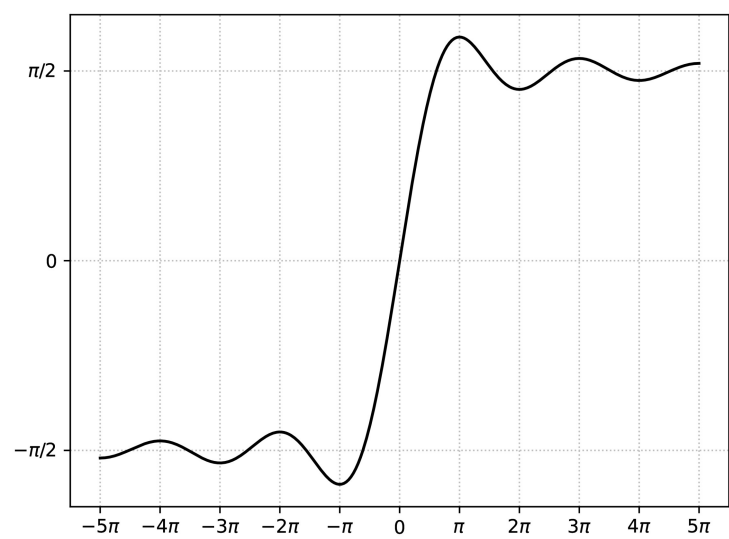
$X(\omega)$  のフーリエ逆変換:

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

- (1)  $\omega_m$  を越える角周波数成分を持たない信号  $x_0(t)$  を考え (すなわち  $|\omega| \leq \omega_m$ )，これを理想的低域フィルタ  $H(\omega)$  に入力したとする．出力信号  $y_0(t)$  を求めよ．
- (2) 単一方形パルス波  $x(t)$  のフーリエ変換  $X(\omega)$  を求めよ．
- (3) 理想的低域フィルタ  $H(\omega)$  に単一方形パルス波  $x(t)$  を入力信号として与えたときの出力信号を  $y(t)$  とする． $y(t)$  のフーリエ変換  $Y(\omega)$  を求めよ．
- (4) 出力信号  $y(t)$  を，正弦積分関数  $\text{Si}(x)$  を用いて表せ．ただし

$$\text{Si}(x) = \int_0^x \frac{\sin u}{u} du$$

- (5)  $y(t)$  のグラフを図示せよ．ただし正弦積分関数  $\text{Si}(x)$  の形状を次ページの図に示す．また  $\omega_m t_w$  は十分に大きいと仮定してよい．



图