

## 電子情報学専攻 専門

平成19年8月22日（水） 9時00分～11時30分 実施

問題数 6題 （このうち3題を選択して解答すること）

### 注意

1. 指示があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. この問題冊子の本文は全部で7頁ある。落丁、乱丁、印刷不鮮明なものがあれば申し出ること。
3. 3題を選択して解答せよ。6題中どの3題を選択してもよい。1枚の答案用紙に1つの問題の解答を書くこと。必要があれば裏面を使用してよい。
4. 答案用紙上部左側に解答した問題の番号を書くこと。また解答用紙上部右側の記入欄に受験番号を必ず記入すること。答案の提出前に、これらを記入したかを必ず確認すること。
5. 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答案用紙を提出のこと。
6. 解答は日本語または英語で記述すること。
7. この問題冊子と計算用紙は、試験終了後回収する。持ち帰ってはならない。

余白

## 第 1 問

図 1 に示す抵抗とキャパシタンスからなる回路で、スイッチ  $S_1$  および  $S_2$  は開いている。時刻  $t = 0$  で、スイッチ  $S_1$  を閉じ定電圧源  $E_0$  を加える。

- (1) スイッチ  $S_1$  が閉でスイッチ  $S_2$  が開の時、回路のインピーダンス  $Z(s)$  を求めよ。
- (2) 図 1 に示す電流  $I(s)$  およびキャパシタンスの両端の電圧  $V_{out}(s)$  を求めよ。なお、それぞれは電流、電圧のラプラス変換を意味する。
- (3)  $V_{out}(s)$  をラプラス逆変換して、出力電圧の過渡応答  $V_{out}(t)$  を求めよ。
- (4) 図 1 の回路で、 $t = t_1$  において  $V_{out}(t_1) = E_1$  となった時に、スイッチ  $S_2$  を閉じる。この時の回路の時定数  $\tau$  と出力電圧  $V_{out}(t)$  を求めよ。

図 2 の回路の右端の素子はネオン管である。このネオン管は、両端の電圧が  $E_1$  以上になると点火して放電を始め、 $E_2$  以下になると消えて放電が止まる。ネオン管は放電中は抵抗値  $r$  の抵抗と見なせる。

- (5) ネオン管が点滅を繰り返す場合の条件を求めよ。また、その際の電圧  $V_{out}$  の変化を描け。
- (6) ネオン管が点滅を繰り返す場合の周期を求めよ。

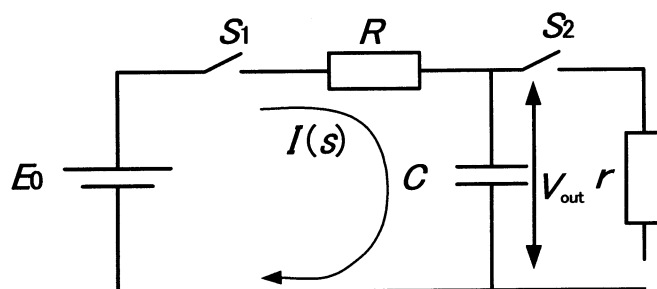


図 1

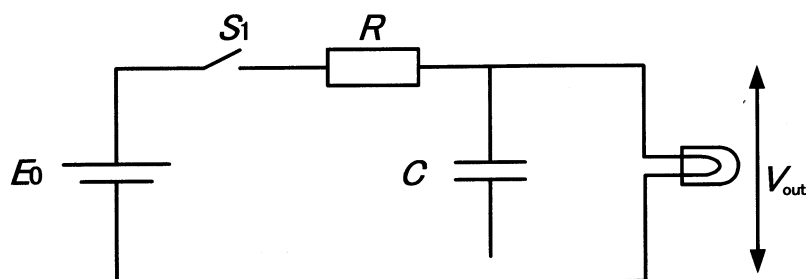


図 2

## 第2問

あるプロセッサは、命令フェッチ (F)、命令デコードおよびレジスタ読出し (D)、演算の実行およびアドレスの計算 (E)、メモリ・アクセス (M)、および、演算結果書き戻し (W) の5ステージからなる命令パイプラインを持ち、各ステージの実行時間はそれぞれ1サイクルである。このプロセッサについて以下の設問に答えよ。

- (1) パイプライン・ハザードは、構造ハザード、制御ハザード、および、データ・ハザードに分類することができる。それぞれどのようなものであるか説明せよ。
- (2) 図1は、このプロセッサのアセンブリ・コードである。コード中、I1～I6はラベルであり、r1～r4はレジスタを表す。ラベル I1 (I2, I6) のロード/ストア命令の  $[r1 + o]$  ( $o = 0, 4$ ) は、レジスタ r1 の内容と  $o$  を加算した結果をアドレスとしてメモリ・アクセスを行うことを意味する。I4 の条件分岐命令 bc は、r4 の内容によって I6 の命令へと分岐する。

I4 の分岐命令が不成立であったとき、図2を参考に、このコードを実行する命令パイプラインの動作をパイプライン図に示し、CPI (Cycles Per Instruction) を求めよ。また、構造、制御、データの各ハザードの影響が、それぞれどこに表れているかをパイプライン図中に示せ。

ただし、プロセッサは以下の制約を持つものとする。IステージとMステージのメモリ・アクセスを同時に行うことはできない。演算結果は、いったんレジスタに書き戻された後、利用される。分岐命令を実行する際には、分岐方向の決定はDステージで、分岐先アドレスの計算はEステージで、PC(プログラム・カウンタ)の更新はWステージで、それぞれ行われる。

```
I1:  load    r2 = [r1 + 0];
I2:  load    r3 = [r1 + 4];
I3:  sub     r4 = r2 - r3;
I4:  bc      r4, I6;
I5:  sub     r4 = 0 - r4;
I6:  store   [r1 + 0] = r4;
```

図1

```
I1:      F  D  E  M  W
I2:           F  ...
I3:
I4:
I5:
I6:
```

図2

- (3) (2) で示した制約を緩和することによって、構造、制御、データの各ハザードによる実行サイクル数の増加を削減することができる。それを実現するアーキテクチャ的手法を、構造、制御、データの各ハザードのそれぞれに対して答えよ。

また、それらすべてを適用した場合のパイプライン図を示し、CPI を求めよ。

### 第3問

あなたは WWW から収集した 10 億の Web ページを保管しようとしており、各 Web ページ及びそれに付随する様々な情報に URL でアクセスできるよう、種々の索引を作成する必要に迫られている。しかし、URL の長さは、数 10 [Bytes] から 1 [KBytes] を超えるものまで大きなばらつきがあるため（平均では約 50 [Bytes]）、索引のキーとして使うには不便である。そこで、まず各 URL に  $1, 2, \dots, N$  と連続する整数値の ID を割り振り、ID と URL の相互変換を行う索引を構築することにした。

- (1) ID から URL の変換を  $O(1)$  の実行時間で行う索引を実現するデータ構造を記述せよ。ただし、できるだけ記憶領域を小さくするようにせよ。データの圧縮は行わなくて良い。
- (2) (1) の索引に 10 億 URL を格納するのに必要な記憶領域を見積もれ。
- (3) URL から ID の変換を平均  $O(1)$  の実行時間で行う索引を実現するデータ構造を記述せよ。ただし、できるだけ記憶領域を小さくするようにせよ。データの圧縮は行わなくて良い。
- (4) (3) の索引に 10 億 URL を格納するのに必要な記憶領域を見積もれ。

#### 第4問

- (1) 帯域幅  $B[\text{Hz}]$  の信号  $g(t)$  に対するナイキスト周波数(最小標本化周波数)  $f_N[\text{Hz}]$  とナイキスト間隔  $T_N[\text{sec}]$  を示せ.

- (2) 図 1 に示す帯域幅  $B[\text{Hz}]$  の理想補間フィルタ  $H(\omega) = T_s \text{rect}\left(\frac{\omega}{4\pi B}\right)$  のインパルス応答  $h(t)$  を求め, 図示せよ. なお,  $T_s[\text{sec}]$  は, 標本化周波数  $f_s[\text{Hz}]$  に対応する標本化間隔である.

- (3) 帯域幅  $B[\text{Hz}]$  の信号  $g(t)$  を標本化周波数  $f_s \geq f_N[\text{Hz}]$  で標本化した信号を

$$\sum_{l=-\infty}^{\infty} g(lT_s) \delta(t - lT_s) \text{ とする. ここで, } \delta(t) \text{ は単位インパルス関数(デルタ関数)である.}$$

$$g(t) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} g(lT_s) h(t - lT_s) \text{ となることを説明せよ.}$$

- (4) 任意の整数  $n$  に対し,  $g(nT_s) - g(nT_s)h(0) = \sum_{l \neq n} g(lT_s)h((n-l)T_s)$  となること, また,

$$g(nT_s) - g(nT_s)h(0) = g(nT_s)(1 - 2BT_s) \text{ であることを示せ.}$$

- (5) 図 2 に示す時分割多重伝送システムは,  $M$  個の独立した入力回線  $C_m$  と出力回線  $O_m$  ( $0 \leq m \leq M-1$ ) を持つ. 時刻  $t[\text{sec}]$  における  $C_m$ ,  $O_m$  の値をそれぞれ  $c_m(t)$ ,  $o_m(t)$  で表すものとする. 各  $c_m(t)$  は, 図 3 に示すように, 同時かつ 1 秒おきに値が変わり,  $c_m(t) = c_m(i)$  ( $i \leq t < i+1$  ( $i = -\infty, \dots, -1, 0, 1, \dots, \infty$ )) が成立する. 送信側  $S_I$  では, 時刻  $t_{i,m} = i + m/M[\text{sec}]$  に  $c_m(t)$  ( $0 \leq m \leq M-1$ ) を標本化し,  $c_m(i)\delta(t - t_{i,m})$  を図 1 に

示す帯域幅  $B[\text{Hz}]$  の理想補間フィルタ  $H(\omega)$  に入力する. この結果,

$$x_D(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{m=0}^{M-1} c_m(i) \delta(t - i - \frac{m}{M}) \text{ は, 標本化間隔 } T_s = \frac{1}{M}[\text{sec}] \text{ の信号になる. } x_D(t) \text{ は}$$

$H(\omega)$  を通り  $x(t)$  として受信される. 受信側  $S_O$  は, 送信側  $S_I$  と同期して,  $x(t)$  を時刻  $t_{i,m}[\text{sec}]$

に標本化し, 1 秒間その値を保持する回路  $SH_m$  を通して, 出力回線  $O_m$  に送りだすものとする. このとき, 図 4 に示すように,  $o_m(t) = c_m(t - m/M)$  となることを示せ. また, 独立した信号  $c_m(t)$  を送り得るチャンネル数  $M$  の値を求めよ.

(第4問は次ページに続く)

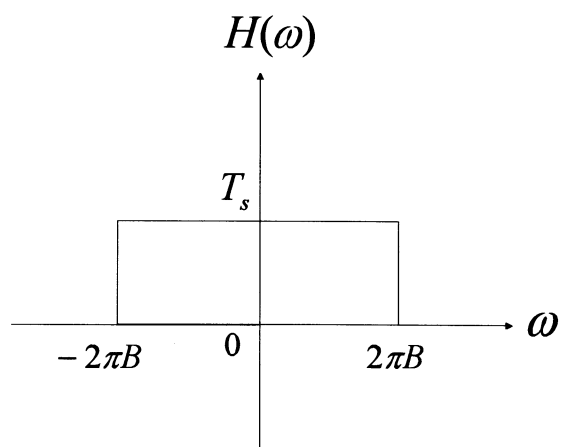


图 1

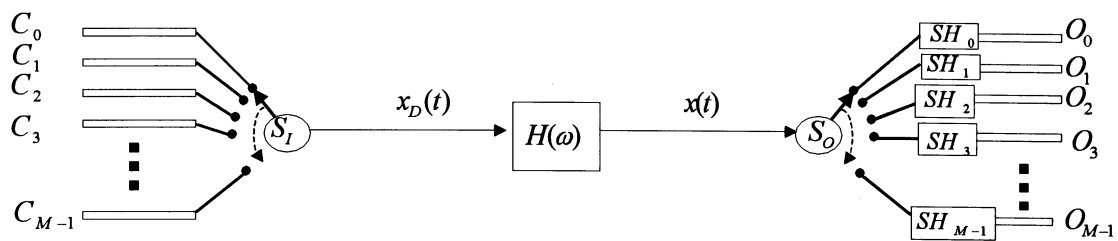


图 2

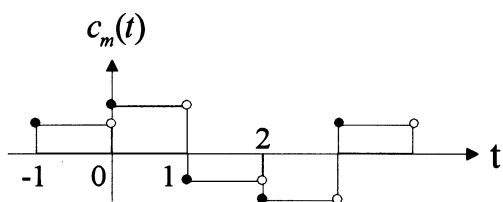


图 3

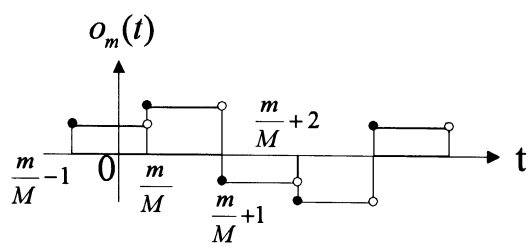


图 4

## 第5問

パケットが平均到着率  $\lambda$  [1/sec] で到着し、到着したパケットは平均サービス時間  $1/\mu$  [sec] の間 サービスを受けた後システム外に出る単一窓口の通信システムを考える。なお、サービスを受けているパケットが存在しているときに到着した後続のパケットはバッファにおいて待ち行列を生成し、到着順でサービスを受ける。またバッファでは最大  $L$  個のパケットが待つことが出来、 $L$  個のパケットが待っているときに到着したパケットは廃棄されるものとする。

まず、以下の(1), (2), (3)ではバッファ長は無限大とする。

- (1) このシステムが飽和しないための条件をトラヒック量  $a = \lambda / \mu$  [erl] を用いて示せ。以下の設問では、トラヒック量はこの条件を満たすものとし、また定常状態が存在するものとする。
- (2) 定常状態において平均待ち行列長  $N$ , 平均待ち時間  $W$ , 及び  $\lambda$  の間に成立する関係式であるリトルの公式を示した上で、これが成立する理由を簡単に説明せよ。
- (3) 客がポアソン到着し、サービス時間が指数分布である場合に、システム内に  $k$  個のパケットが存在する定常状態確率を  $p_k$  とする。  $p_k$  を  $a$  を用いて表せ。またこの場合の  $W$  及び、  $N$  を  $a$  と  $\lambda$  を用いて表せ。

次に、以下の(4)~(7)ではバッファ長は有限とする

- (4) (3)と同様にパケットはポアソン到着し、サービス時間は指数分布であるとする。この場合のパケット廃棄率を  $a$  と  $L$  を用いて示せ。
- (5) トラヒックが同一であっても、トラヒックのパターンによってパケット損失率は変動する。同一のトラヒック量が増加したときに、パケット損失率が(4)の場合より大きくなるトラヒックパターンを一つ挙げ簡単に説明せよ。また、このトラヒックパターンにおいて  $L$  個のパケットが待っている定常状態確率、即ち最大人数の客が待ち行列に存在する確率と、パケット損失率の大小について論ぜよ。
- (6) 今度は、パケット損失が起こらないトラヒックパターンを一つ挙げ簡単に説明せよ。
- (7) 同じトラヒック量であればパケット損失率が大きいことは望ましくない。このために トラヒックパターンを変換することを考える。この手法を実装したときの利害得失について簡単に記せ。



## 第6問

4つのシンボル  $x_1, x_2, x_3, x_4$  を出力する無記憶情報源があり、それぞれのシンボルの生起確率は  $1/8, 1/8, 1/4, 1/2$  であるとする。以下の問いに答えよ。

- (1) これらの4つのシンボルのハフマン符号を設計せよ。圧縮の効率はさらにどこまで高められるかについて述べよ。
- (2) 4つのシンボル出力に応じて、動作  $y_1, y_2, y_3, y_4$  を行うように仕込まれたロボット A とロボット B がある。シンボルの認識を間違えることがあり、統計をとると、以下表の条件付確率で動作することがわかった。ロボット A, B それぞれが正しい動作をする確率を求めよ。
- (3) ロボット A と B はいずれの方がシンボルからより多くの情報を得ているか。それぞれのロボットが受け取っている情報量を求めよ。また、その大小関係の理由についての直感的な説明も与えよ。
- (4) ロボット A, B いずれかをわずかに改良し、一方のロボットの受け取る情報量を向上させ、性能を逆転させることができた。改良の結果、A, B どちらかの条件付確率の表の2箇所の数値が入れ替わったとする。どのように条件付確率の表が修正されたか、その一例をあげよ。

(必要であれば、 $\log_2 3 = 1.58, \log_2 5 = 2.32$  を用いること)

ロボット A

$P(y x)$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$x_1$	1	0	0	0
$x_2$	0	1	0	0
$x_3$	0	0	1	0
$x_4$	0	$1/4$	$1/4$	$1/2$

ロボット B

$P(y x)$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$x_1$	$1/2$	$1/2$	0	0
$x_2$	0	$1/2$	$1/2$	0
$x_3$	0	0	$1/2$	$1/2$
$x_4$	0	0	0	1

余白