

電子情報学専攻 専門

平成16年8月25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

理想演算増幅器（入力インピーダンス無限大，出力インピーダンスゼロ）を用いた回路についての以下の設問に答えよ。

まず，インピーダンスが $Z_1(s)$, $Z_2(s)$ である素子を図 1 のように接続した。なお， s は複素数である。

- (1) 伝達関数 $H(s) = V_2(s)/V_1(s)$ を求めよ。
- (2) 理想演算増幅器 1 つ，及び， R と C を幾つか使って，以下の伝達関数を実現する回路を一つ示せ。

$$H(s) = -\frac{s+1}{s^2+7s+12}$$

次に，理想演算増幅器に対して R , C を接続し，図 2 の回路を構成した。なお， K は電圧増幅率であり， $K > 0$ である。

- (3) 図に示す I_1 , I_2 , V_1 , V_2 , V_3 の間に成り立つ回路方程式を求めよ。
- (4) 上記方程式より，伝達関数 $H(s) = V_2(s)/V_1(s)$ を求めよ。
- (5) $K = 1$ とした時の振幅特性を，角周波数 ω の関数として求めよ。

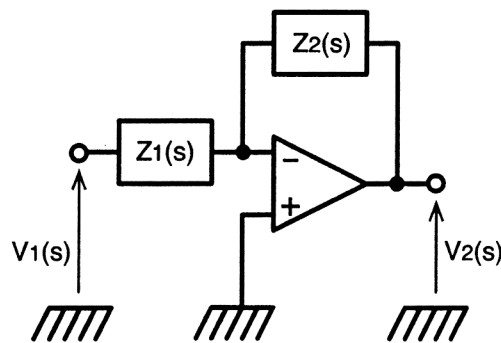


図 1：理想演算増幅器を使った回路

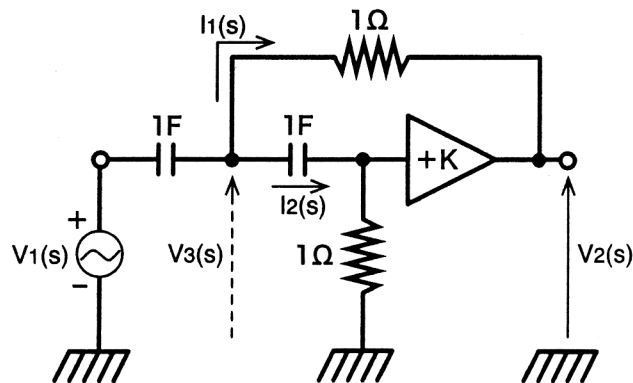


図 2：理想演算増幅器を使った回路

第2問 キャッシュメモリについて以下の設問に答えよ

- (1) キャッシュメモリの役割について説明しなさい。
- (2) キャッシュメモリには3つの代表的な構成方式がある。その一つはダイレクトマップと呼ばれるが、他の2つの名称を述べるとともに、3つの方式を説明しなさい。
- (3) キャッシュメモリでは書き込み処理手法として、ライトバックと呼ばれる手法が多用される。当該手法について説明しなさい。
- (4) ライトバック方式を採用したダイレクトマップキャッシュメモリにおけるキャッシュライン管理について考える。各キャッシュラインは以下の3つの状態を有する。

a)Invalid:有効な値を有さない

b)Clean:主記憶と同じ値を有する

c)Dirty:プロセッサが書き込みを行い対応する主記憶の値と異なる値を有する

プロセッサが読み出し(書き込み)動作を行う際、キャッシュメモリに対応するデータがある場合にはリードヒット(ライトヒット)と呼び、rh信号(wh信号)が真となる。キャッシュメモリに対応するデータがない場合には、リードミス(ライトミス)と呼び、rm信号(wm信号)が真となる。ミス時には主記憶からデータを読み出すとともに対応するキャッシュラインに格納し、書き込み時にはその値を更新する。キャッシュライン上の元のデータは、必要に応じて主記憶に書き出す。この操作をWBなる信号で表すこととする。

- (4-1) 3つの状態 Invalid, Clean, Dirty に関して、rh, wh, rm, wm を入力制御信号(この4つの信号の高々一つだけが真となる)、WB を出力制御信号とする時、ダイレクトマップ方式を採用したキャッシュメモリに関して、ライトバック動作を実現するための状態遷移図を記載せよ。
- (4-2) 前問(4-1)における状態遷移を実現するための順序回路を2つのフリップフロップを用いて作成せよ。

第3問

行列 \mathbf{A}_i を $q_i \times q_{i+1}$ の実数行列とし、行列積 $\mathbf{A}_1 \mathbf{A}_2 \cdots \mathbf{A}_n$ を計算することを考える。ただし本問では、 $j \times k$ 行列 \mathbf{B} と $k \times l$ 行列 \mathbf{C} の行列積 $\mathbf{P} = \mathbf{BC}$ の各要素は、次式を直接計算することにより求めることとする。

$$p_{rt} = \sum_{1 \leq s \leq k} b_{rs} \cdot c_{st} \quad (1 \leq r \leq j, 1 \leq t \leq l)$$

ここで、 b_{rs} は行列 \mathbf{B} の r 行 s 列目の要素、 c_{st} は行列 \mathbf{C} の s 行 t 列目の要素、 p_{rt} は行列 \mathbf{P} の r 行 t 列目の要素をそれぞれ表す。

以下の問いに答えよ。

- (1) 行列積 $\mathbf{A}_i \mathbf{A}_{i+1}$ ($i = 1, 2, n-1$) を計算するのに必要な数値乗算の回数を求めよ。
- (2) $m_{i,j}$ を、行列積 $\mathbf{A}_i \mathbf{A}_{i+1} \cdots \mathbf{A}_j$ を計算するのに必要な最少の数値乗算回数とする。 $m_{i,i+2}$ ($i = 1, \dots, n-2$) を $m_{i,i+1}$ および $m_{i+1,i+2}$ を用いて表せ。また、 $m_{i,i+3}$ ($i = 1, \dots, n-3$) を表せ。解答には、 a_1, \dots, a_m のうち最小の実数を表す表記 $\min(a_1, \dots, a_m)$ を用いてよい。
- (3) $m_{1,n}$ およびこれを与える行列の積の順序を、ダイナミックプログラミング技法により求めるためのアルゴリズムを記述せよ。
- (4) $n = 4$, $(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5) = (4, 10, 3, 32, 7)$ のとき、 $m_{1,4}$ およびこれを与える行列の積の順序を求めよ。解答には計算過程も示せ。

第4問

次の各項目を4～5行で説明せよ。

- (1) インターネットにおける DNS (Domain Name Service)
- (2) 伝送速度と変調速度の関係
- (3) WDM (Wavelength Division Multiplex) 方式とその特徴
- (4) ハッシュ法による検索
- (5) マージソート

第5問

図1のような、 N 入力 N 出力のパケットスイッチがある。パケットは固定長とし、パケットの入出力のタイミングは各入出力ポート間で同期が取れているものとする。また、任意のタイムスロットにおいて各入力ポートにパケットが到着する確率は λ である。各パケットの宛先出力ポートは、等しく $1/N$ の確率で選択されるものとする。入出力ポートには 1 番から N 番までの番号が付与されている。

あるタイムスロットにおいて全ての入力ポートに到着するパケットの中で、宛先出力ポート番号が i 番であるパケットが一つしか存在しない場合は、これが直ちに i 番の出力ポートに転送される。一方、宛先出力ポート番号が i 番であるパケットが複数存在する場合は、これらのうち一つのパケットのみが等確率でランダムに選択され、残りのパケットは廃棄されるものとする。

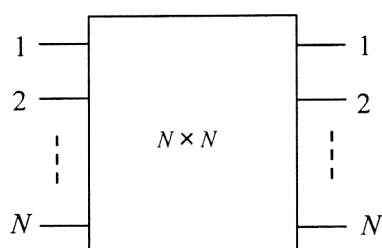


図1

- (1) あるタイムスロットにおいて、全ての入力ポートに到着するパケットの数が全部で k 個 ($0 \leq k \leq N$) である確率 $f(k)$ を求めよ。
- (2) 上記の k 個のパケットのうち、 h 個のパケットの宛先出力ポート番号が i 番である確率 $g(k, h)$ を求めよ。
- (3) (1), (2) を利用して、出力ポートの平均利用率 p を λ と N で表せ。
- (4) N が十分大きい場合について、 λ と p の関係の概形を示せ。但し自然対数の底 $e=2.72$ とせよ。

次に、図2のように、図1のスイッチの各入力ポートの前段に FIFO バッファを設けパケット廃棄率を低減させることを考える。あるタイムスロットで i 番の出力ポートに転送されるパケットの候補は、バッファの先頭にある宛先出力ポート番号が i 番であるパケットと、バッファ内にパケットが存在しない入力ポートに新たに到着したパケットのうち宛先出力ポート番号が i 番であるものである。これらのうち、一つのパケットのみが等確率でランダムに選択され i 番の出力ポートに転送され、残りのパケットは各入力ポートのバッファで待つ。簡単のためバッファ長は無限大とし、各バッファの先頭のパケットの宛先出力ポート番号は、タイムスロット毎にランダムであるとする。このスイッチに到着する全てのパケットが有限の待ち時間で出力ポートに転送できるためには、確率 λ がある値以下である必要がある。この値をスイッチの最大スループットとする。

(問題5は次頁に続く)

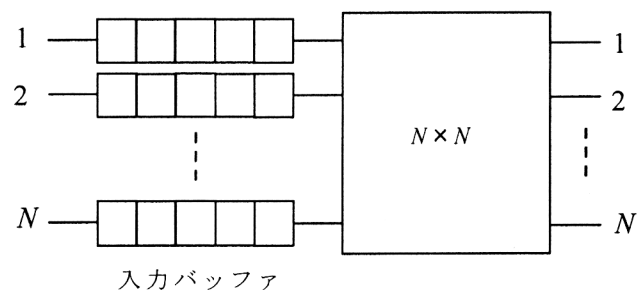


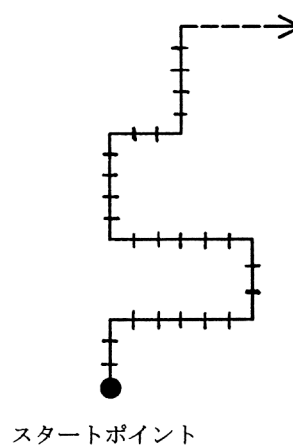
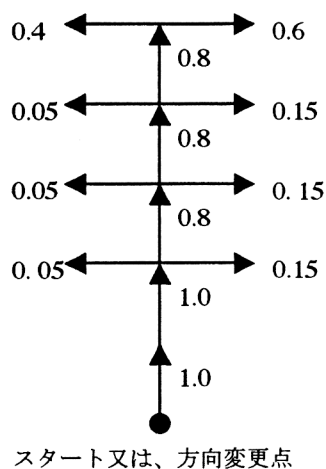
図 2

- (5) N が十分大きい場合について、図 2 のスイッチの最大スループットを求めよ。
- (6) 図 2 のスイッチの最大スループットを向上させる方策を記せ。

次の間に答えよ。

(1) 個々の発生確率が与えられた複数のパターンを 2 元符号で表現するとき、最も短い平均符号長で表現する方法を述べよ。 $(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5)$ の 5 パターンが各々、0.5, 0.2, 0.14, 0.1, 0.06 の発生確率で与えられる場合を例に用いよ。

(2) 2次元格子点上进行 1 ステップに 1 つずつの距離動くロボットがある。直進 1、右に 1 または左に 1 のみ動くとする。直進、右進、左進の確率は図 1 に示すように与えられる。即ち、スタート直後、及び左右の方向変更直後は、2 ステップは必ず直進し、その後の 3 ステップは直進確率 0.8、左進確率 0.05、右進確率 0.15 で進み、6 ステップ目は直進はせず左進確率 0.4、右進確率 0.6 で進むものとする。ロボットはこの一連の動きを繰り返して、格子点平面上を図 2 に例示するような移動を行うとする。(但し、スタート直後の進行方向は決められているものとする。)



このとき、スタート以後のロボットの移動軌跡のパターンを、第 6 問(1)の方法を用いて効率よく符号表現する方法を設計せよ。

余白