

電子情報学専攻 専門

平成 29 年 8 月 21 日(月) 15 時 00 分～17 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. 指示があるまで、この問題を開いてはならない。
2. この問題冊子の本文は表紙・空白ページを除き全部で 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。5 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。また答案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

- (1) 電源電圧 $e(t)$ として図1に示すような時間幅 T の矩形パルスを考える. $e(t)$ のラプラス変換を求めよ.

$$e(t) = \begin{cases} E & (0 < t \leq T) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

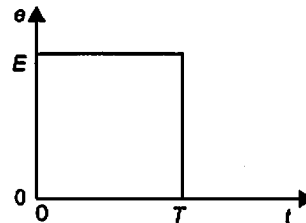


図1

- (2) 図2に示す抵抗器 (抵抗値 R) とキャパシタ (キャパシタンス C) からなる回路に, (1) の電源 $e(t)$ を与えた場合の電流 $i(t)$ を以下の (a), (b) それぞれの条件について求めよ. この時, キャパシタの初期電荷は0とする. なお, 回路の時定数は, T に比べて, 無視できない大きさとする.

(a) $0 < t \leq T$

(b) $T < t \leq 2T$

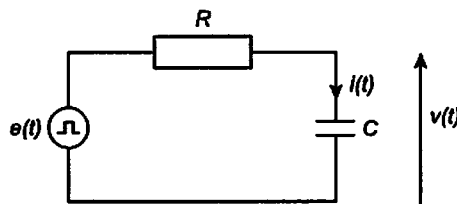


図2

- (3) 図3に示すように, (1) の矩形パルスを周期 $2T$ で繰り返す. この周期的な矩形波を電源電圧 $e(t)$ とする. また, 時刻 nT (n は正の整数) におけるキャパシタの電圧を $v(nT)$ とする. $v(T), v(2T), v(3T), v(4T)$ を求めよ.

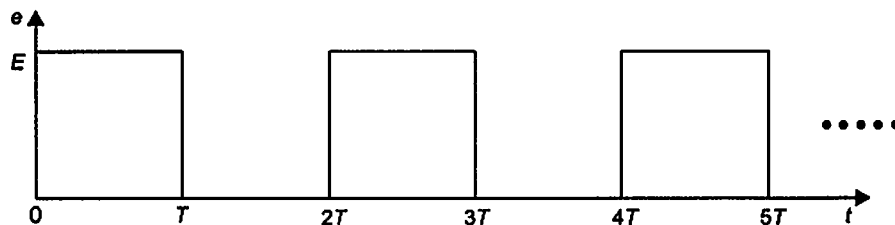


図3

- (4) 下記の条件の下での電流 $i(t)$ を求めよ.
- (a) $2nT < t \leq (2n+1)T$ の $i(t)$ を $v(2nT)$ を用いて表せ.
- (b) $(2n+1)T < t \leq 2(n+1)T$ の $i(t)$ を $v((2n+1)T)$ を用いて表せ.
- (5) $v(2nT)$ の漸化式を求めよ.
- (6) $\lim_{n \rightarrow \infty} v(2nT)$ を求めよ.
- (7) $v(2nT)$ を n の関数として求めよ.

第2問

以下のような剰余計算回路 C を設計する。 C はクロックに同期して毎サイクル2ビットの整数 $I_1 I_0$ を受け取り続ける。 C には2ビット出力 $O_1 O_0$ が備わっており、それまでに入力された値の総計を4で割った剰余を出力し続ける。 入力、出力とも符号無し整数として表現され、 I_1 および O_1 をMSBとする。 回路の初期状態では、入力値の総計は0であるとする。 以下の問いに答えよ。

- (1) C について、出力がその時の回路状態からのみ決まる回路として設計するとき、状態遷移図を示せ。 最も状態数が少ない設計とすること。
- (2) (1) で設計した状態遷移図の状態遷移表を下表のように示せ。 ここで状態は n ビットのレジスタで保持することを想定し、 $S_{n-1} \dots S_0$ のように表している。 また、 $S'_{n-1} \dots S'_0$ は次状態を表している。 状態レジスタから出力を生成する回路が最も簡単になるように状態を割り振ること。

$I_1 I_0 S_{n-1} \dots S_0$	$S'_{n-1} \dots S'_0$
000 ... 0	
⋮	

- (3) 状態レジスタの各ビットの次状態を決定する論理式を、それぞれ加法標準形（積項を+でつないで出来た式）で示せ。 カルノー図を用いて項数を最小とすること。
- (4) 図1を具体化する形で、(3)で導いた論理式を実現する回路をANDゲート、ORゲート、NOTゲート、およびDフリップ・フロップの組み合わせにより示せ。 図2のように、入力値の反転を意味する記法を用いても良い。 また、クロックの分配線は省略して良い。 フリップ・フロップは理想的であると仮定する。

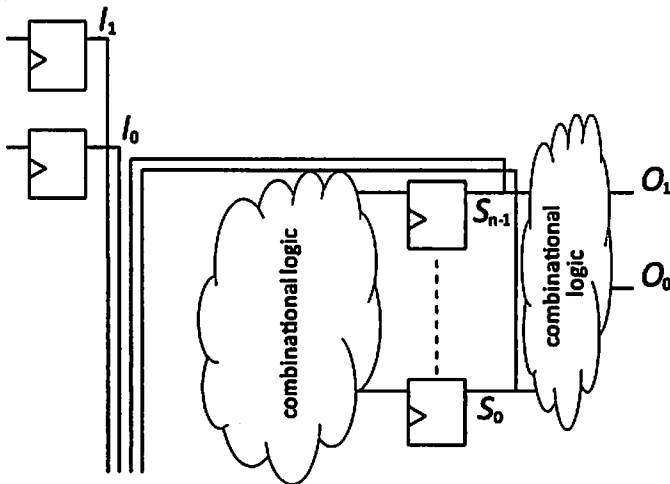


図 1

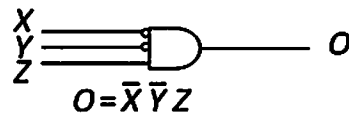


図 2

第3問

有向グラフに関するアルゴリズムについて、以下の問いに答えよ。

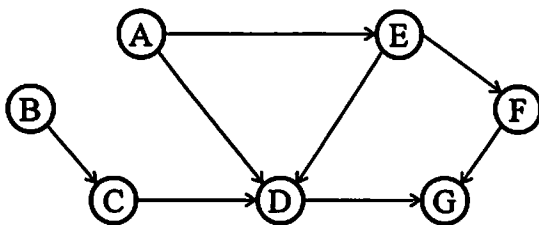


図 1:

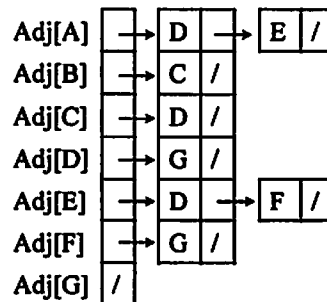


図 2:

```

function DFS1(Vertex u)
  visited[u] = TRUE
  print u
  foreach v in Adj[u]
    if (visited[v] != TRUE)
      DFS1(v)
  
```

図 3:

```

function DFS2(Vertex u)
  visited[u] = TRUE
  foreach v in Adj[u]
    if (visited[v] != TRUE)
      DFS2(v)
  print u
  
```

図 4:

- (1) 図1の有向グラフを考える。図2の Adj[.] はこの有向グラフのエッジを隣接リストによって表現したものである。この有向グラフに対して、図3の疑似コードの関数を DFS1(A) として実行したところ、ADGEF という結果が得られた。同じ有向グラフに対して図4の疑似コードの関数を DFS2(A) として実行した場合の出力を示せ。
- (2) 頂点 u から頂点 v へ向かうエッジを (u, v) と表す。有向グラフのトポロジカルソートとは、そのグラフ中の任意のエッジ (u, v) に関して、 u が v よりも必ず前に位置しているような頂点の並び方である。図1の有向グラフの頂点のトポロジカルソートの一例を示せ。
- (3) トポロジカルソートが役に立つような現実の問題をひとつあげ、その理由を簡潔に説明せよ。
- (4) トポロジカルソートを計算するアルゴリズムは、図3および図4に示したような有向グラフ上の走査処理を利用して実現することができる。図5にトポロジカルソートを計算する疑似コードを示す。関数 DFS の中身を疑似コードで示せ。ただし、図5において V はグラフの頂点の集合を表す。また、 s はスタックを実現するオブジェクトであり、以下の3つのメソッドを持つものとする。

- empty(): スタックが空であれば TRUE, そうでなければ FALSE を返す。

- pop(): スタックのトップの値を返す。その値はスタックから削除される。
- push(X): スタックに値 X を追加する。

(5) 図 5 のアルゴリズムの時間計算量を説明せよ。

(6) トポロジカルソートを実現する別のアルゴリズムをひとつ考え、そのアルゴリズムと時間計算量を簡潔に説明せよ。

```
Bool visited[|V|]
Stack s

function DFS(Vertex u)
    [ ]

function TopologicalSort()
    foreach v in V
        if (visited[v] != TRUE)
            DFS(v)

while(s.empty() != TRUE)
    print(s.pop())
```

図 5:

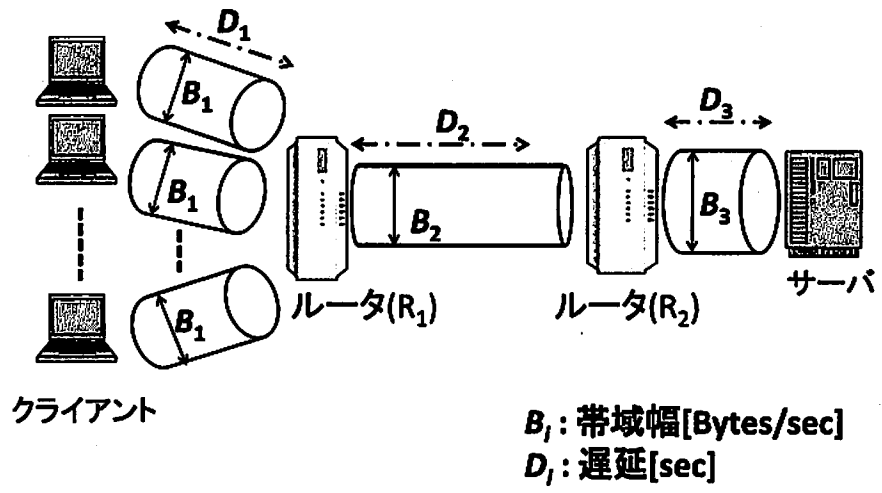
第4問

図に示すようなシステムで、サーバからクライアントへ、TCP/IPを用いたIPパケットの転送を行う。転送されるパケットは、すべて M [Bytes] とする。また、各通信回線の帯域幅は B_i [Bytes/sec]、遅延時間は D_i [sec] ($1 \leq i \leq 3$) である。

- (1) IPパケットの転送に際しては、伝送経路上でIPパケットが廃棄される場合が想定されている。TCPにおいて、IPパケットの通信を開始する時には、サーバとクライアントの間で、通信の開始に必要な情報を同期しなければならない。どのような手順で、サーバとクライアントの間で情報の同期を行えばよいか、サーバおよびクライアントのそれぞれにおける手順を状態遷移図を用いて説明せよ。
- (2) サーバが同じクライアントに向かって連続的にIPパケットを転送する時、クライアントで観測されるIPパケットの到着間隔の理論上の最小値を示せ。
- (3) TCPは、サーバとクライアント間で誤りのないデータ転送を提供するために、IPパケットの到達確認を行いながらデータ転送を行う。1パケットずつ到達確認を行いながらIPパケットを転送するのでは、サーバとクライアントとの間でのIPパケットの転送遅延が大きな時には、高速なデータ転送を行うことができない。そこで、TCPでは、データ転送速度を向上させる方法として、ウィンドウ制御と呼ばれる手法が適用されている。その動作原理を説明するとともに、最大転送速度を実現するために必要な条件式を示せ。
- (4) サーバからのクライアントに向かって複数のコンテンツのデータ転送を行う場合を考える。コンテンツの転送をコンテンツごとに順次行くと、後の順番になったコンテンツのデータ転送は、前の順番のコンテンツの転送終了まで待たなくてはならない。TCPにおけるこの問題を解決するための手法を説明せよ。

次に、サーバとクライアントの間での転送遅延が非常に大きなクライアントが多数存在するようなシステムにおいて、これらのクライアントが、同一コンテンツの転送要求を非同期に行う場合を考える。

- (5) 図に示したシステムにおいて、 D_2 [sec] が非常に大きい場合に、サーバからクライアントへのコンテンツの転送遅延を小さくするための手法を示せ。
- (6) サーバの負荷を軽減し大量の転送要求に対応するためには、インターネット上に複数のサーバを設置して、クライアントからの転送要求を分散させる手法が適用されている。この方法を3つ示せ。



第5問

離散信号処理に関する以下の問いに答えよ。ただし、信号のサンプリング周期を T とする。

- (1) $n \geq 0$ で定義された離散信号系列 x_n ($n = 0, 1, 2, \dots$) の Z 変換の定義 $X(z)$ を示せ。ここで、 z は複素変数とする。
- (2) 図1に示した回路の s 領域 (ラプラス変換領域) 伝達関数 $H(s)$ を求めよ。
- (3) ラプラス変換と Z 変換の関係は $z = e^{sT}$ で与えられる。近似式

$$s \simeq \frac{2}{T} \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}$$

を導出せよ。ただし、必要に応じて下記の式を用いてよい。

$$e^x \simeq 1 + x$$

- (4) (3) の近似式を用いて $H(s)$ を z 領域伝達関数 $H(z)$ に変換せよ。ただし、 $T = 1$ とする。
- (5) (4) で求めた $H(z)$ を実現する離散時間回路の構成を示せ。
- (6) 同様の手順で図2に示した回路を離散時間回路で実現し構成を示せ。

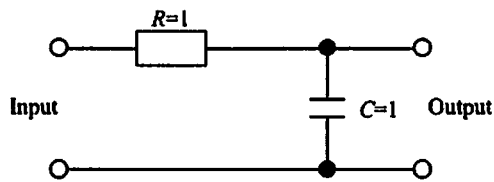


図1

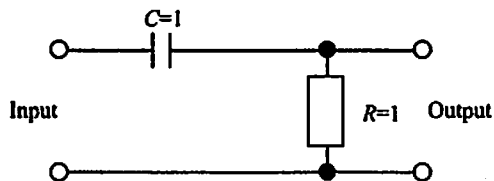


図2

(余白)