電子情報学専攻 専門

令和元年 8 月 19 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 5 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。

第1問

図に示す，定電圧電源（電圧 E），スイッチ（記号SW），ダイオード（記号D），コイル（インダクタンス L），コンデンサ（キャパシタンス C），端子で構成される昇圧回路を考える．時刻を t とし，コイルを流れる電流を $i(t)$，端子の両端の電圧を $v(t)$ とする（それぞれの方向は図を参照のこと）．また，ダイオードの順方向電圧は無視でき，時刻 $t=0$ で $i(0)=0$, $v(0)=E$ とする．このとき，以下の問いに答えよ．

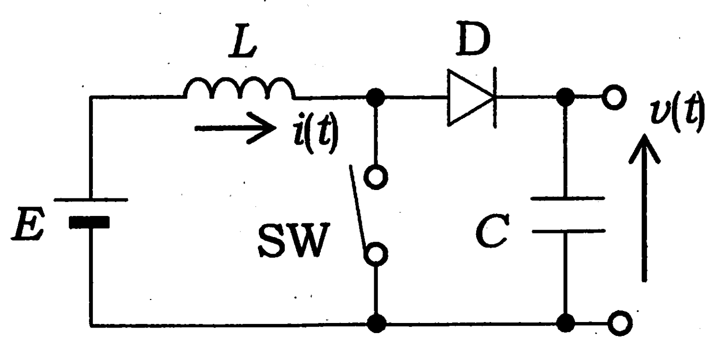
(1) $t=0$ から T_0 の時間，スイッチを短絡させる．$0 \leq t < T_0$ について，$i(t)$ を求めよ．

(2) $t=T_0$ に，スイッチを開放する．スイッチを開放してから $i(t)$ が 0 に戻るまでの時間を T_1 とする．$T_0 \leq t < T_0+T_1$ における $i(t)$ を求め，T_1 も求めよ．

$t=0$ から，上述の操作（T_0 時間短絡し，T_1 時間開放させる）を n 回繰り返す．T_0 および T_1 は定数，n は1以上の整数とする．

(3) $i(T_0+T_1)=0$ ならば，$i(n(T_0+T_1))=0$ であることを定性的に説明せよ．

(4) $v(n(T_0+T_1))$ を求めよ．



第2問

4ビットの符号付き整数 $A_{3..0}$ と2ビットの符号付き整数 $B_{1,0}$ について，4ビットの整数加減算を行って4ビットの符号付き整数 $Y_{3..0}$ を得る回路を設計したい．整数 A, B, Y とも2の補数表現を用いるものとする．設計に用いることができる論理ゲートの種類は NOT, AND, OR, XOR とし，各論理ゲートは必要なだけの入力数を持つものとする．このとき，以下の問いに答えよ．

(1) A および B の最大値と最小値を10進数で示せ．

(2) $A+B$ を計算して Y を得る回路を，論理ゲートを組み合わせて示せ．加算器は桁上げ伝搬方式（リプル・キャリー・アダー）で構成せよ．入力信号として $A_{3..0}$, $B_{1,0}$，電源電圧 V_{DD}，接地電圧 GND の中から必要な信号を組み合わせてよい．出力は $Y_{3..0}$ とせよ．表記を簡略化するために，半加算器と全加算器のゲート構成を示した上で，ブロックとして用いよ．

(3) (2) で設計した回路にオーバフロー検知機構を追加したい．追加されるオーバフロー検知回路をゲートを組み合わせて示せ．入力信号として $A_{3..0}$, $B_{1,0}$, $Y_{3..0}$ から必要な信号を組み合わせてよい．また出力は1ビットの信号 D とし，オーバフロー発生時に1，そうでないときに0を出力するようにせよ．

(4) $A-B$ を計算して Y を得る回路を，論理ゲートを組み合わせて示せ．加算器は桁上げ伝搬方式で構成せよ．入力信号として $A_{3..0}$, $B_{1,0}$, V_{DD}, GND の中から必要な信号を組み合わせてよい．出力は $Y_{3..0}$ とせよ．(2) の半加算器と全加算器のブロックを用いよ．

(5) (4) の演算においてオーバフローが発生する入力パターンを全て示せ．

第3問

$M(\geq 2)$ 未満の全ての非負整数を最低1回ずつ含む要素数 N の配列 A がある．A の部分配列 $A_i^j := A[i\,..\,j-1]$ $(0 \leq i < j \leq N)$ で M 未満の全ての非負整数を最低1回ずつ含むもののうち，長さが最も短いものを見つけたい．ただし，そのような部分配列が複数あるときには，開始位置が最大のものを求める．例えば $N=4$, $M=2$, $A=\langle 1,1,0,1\rangle$ に対しては $A_2^4=\langle 0,1\rangle$ を求める．以下の問いに答えよ．

(1) A の各部分配列に対し M 未満の非負整数を最低1回ずつ含むか確認し，条件を満たすもので長さが最も短く開始位置が最大の部分配列を返すアルゴリズム Find-Snippet を考える．

```
Find-Snippet(N, M, A):
    start = 0
    end = N
    for i = 0 to N − 1 do
        for j = i + 1 to N do
            ┌──────────┐
            │   (P)    │
            └──────────┘
    return A_start^end
```

この擬似コードを $\boxed{\text{(P)}}$ を埋めて完成させよ．ただし，break 文を用いて for ループから抜けてはならない．なお，部分配列 A_i^j $(0 \leq i < j \leq N)$ 中に M 未満の全ての非負整数が最低1回ずつ含まれるか確認し，結果を真偽値として返す関数 Contain-Integers(M, A, i, j) を用いてよい．

(2) $N=4$, $M=2$, $A=\langle 1,1,0,1\rangle$ に対して (1) のアルゴリズムを適用したときの i, j, A_{start}^{end}, $start$, end の値の推移を示せ．

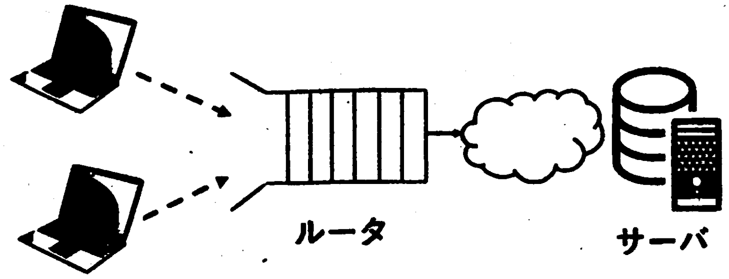
Find-Snippet は A の全ての部分配列を考慮するため，$O(N^2)$ の時間計算量を必要とし，N が大きくなると効率が悪くなる．

(3) Find-Snippet を $O(N)$ で実行できるように改善し，その擬似コードを示せ．ただし，(1) の Contain-Integers は $O(1)$ で動作すると仮定して用いてよい．

(4) (3) のアルゴリズムにおいて，$O(1)$ で動作する Contain-Integers の実現方法を述べよ．

第4問

図に示すように，2つのクライアントからサーバへ，IP パケットの転送を行う．転送される IP パケットは，すべて同じ大きさとする．また，2つクライアントからルータへの IP パケットの転送とルータからサーバへの IP パケットの転送はすべて同期しているものとし，単位時間 T ごとに，IP パケットの転送が行われる．ルータは N 個の IP パケットを蓄積可能であるとする．また，2つの IP パケットがルータに到着し，ルータが両方のパケットを保持できない時は，いずれかの IP パケットがランダムに廃棄される．



(1) 2つのクライアントは，両方とも確率 α $(0 \le \alpha \le 1)$ で独立にパケットを生成する．ルータにバッファリングされている IP パケットの数に関する状態遷移図を示せ．

(2) $\alpha = 0.5$ の時の各状態の発生確率を示せ．

(3) (2) において，$N = 2$ の時の IP パケットの廃棄確率を示せ．

(4) クライアント 1 からの IP パケットの転送をストリーム型の IP パケットの転送，すなわち定期的に IP パケットを生成・転送するようにシステムを変更する．具体的には，$2T$ ごとに 1 個の IP パケットを転送するものとする．なお，クライアント 2 からの IP パケットの転送は (1) と同様であり，$\alpha = 0.5, N = 2$ とする．この時のルータにおける IP パケットの廃棄確率を示せ．

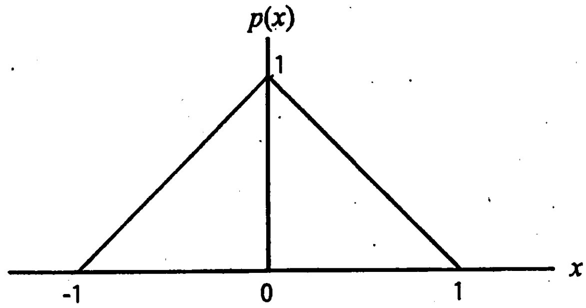
(5) クライアント 1 のストリーム型の IP パケット転送における IP パケットの廃棄確率を低下させるために，前方誤り訂正方式を適用する．クライアント 1 から転送されるべき k 個の IP パケットに対して，s 個 $(k \ge s)$ の冗長パケットを生成する．これによって，クライアント 1 からサーバに転送される $k + s$ 個の IP パケットのうち s 個以下の IP パケットが廃棄されても，サーバにおいては，クライアント 1 からの IP パケットの再送を行うことなく k 個の IP パケットを誤りなく復号可能になるものとする．

(a) クライアント 1 から送信された k 個の IP パケットが，IP パケットの再送を行うことなく，サーバで誤りなく復号される確率を数式で示せ．

(b) $k = 3, s = 1$ の時に，サーバで誤りなく k 個の IP パケットが復号される確率を示せ．さらに，前方誤り訂正がない場合に k 個の IP パケットが誤りなく受信される確率を示せ．なお，$\alpha = 0.5, N = 2$ とする．

第5問

離散時間信号 x の出力が，図のような確率密度関数 $p(x)$ に従うとする．以下の問いに答えよ．$\log_2 3 = 1.58$，$\log_2 5 = 2.32$ とする．



(1) 量子化器 Q_0 は，信号 x の出力のレンジ $[-1,1]$ を均等に 5 分割して，5 レベルの量子化を行う．その量子化出力を入力信号値の小さい方から q_1, q_2, q_3, q_4, q_5 とする．それぞれの出現確率を求めよ．

(2) Q_0 の量子化出力のエントロピーを求めよ．

(3) Q_0 の量子化出力を最も効率よく表現する 2 元符号 C_0 を 1 つ求めよ．

(4) C_0 の平均符号長を求めよ．

(5) 出力のエントロピーを最大とする 5 レベル量子化器 Q_1 の量子化の境界 d_i $(i = 1,2,3,4)$ を求めよ．量子化の境界を d_{i-1}, d_i とした時，量子化操作 $Q()$ は下式で与えられる．

$$Q(d_{i-1} \le x < d_i) = q_i$$

ただし，$d_0 = -1$，$d_5 = 1$ である．

(6) 信号の再生には，各量子化出力 q_i に対して，対応する量子化区間内の一つの値を量子化代表値として割り当てる．信号値と再生値の平均 2 乗誤差により，量子化誤差を定義する．量子化器出力 q_i に対して，量子化誤差を最小化する量子化代表値 $\tilde{x}_i$ は下式で与えられることを示せ．

$$\tilde{x}_i = \frac{\displaystyle\int_{d_{i-1}}^{d_i} x p(x) dx}{\displaystyle\int_{d_{i-1}}^{d_i} p(x) dx}$$

(7) 量子化器 Q_1 の $\tilde{x}_i$ $(i = 1,2,3,4,5)$ を求めよ．