電子情報学専攻 専門

平成 27 年 8 月 24 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 6 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。

受験番号	

上欄に受験番号を記入すること

(余白)

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，抵抗 (抵抗値 R) で構成されるスイッチング電源回路を考える．コイルを流れる電流を i，端子の両端の電圧を v_0 とする（それぞれの方向は図を参照のこと）．また，$0 < v_0 < E$ とし，ダイオードの順方向電圧は無視できるものとする．このとき，以下の問いに答えよ．ただし，(1)，(2)，(3) では，抵抗は端子から切り離されている．

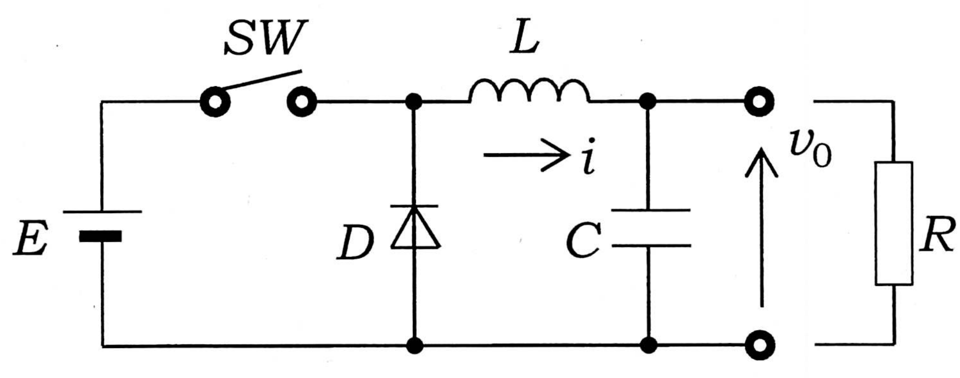
(1) スイッチを微小時間 T のみ短絡する．時刻を t とし，短絡した瞬間を $t=0$ と置く．$0 \leq t \leq T$ について，i を t の関数で表せ．ただし，$t=0$ のとき，$i=0$ であったとし，この間に生じる v_0 の変化は無視できるものとする．

(2) $t=T$ の瞬間に，スイッチを開放する．$t=T$ から，i が 0 になるまでの i の変化を t の関数で表せ．なお，(1) と同様に，この間，v_0 は変化しないものとして扱ってよい．

(3) (1) および (2) の結果，1 回のスイッチの「短絡－開放」操作で，最終的にコンデンサに蓄えられた電力量を，この間のコンデンサ両端の電圧と，コンデンサに流れ込んだ電流量から算出せよ．

(4) 抵抗 R を端子に接続する．このときの抵抗の消費電力を v_0 と R を使って表せ．

(5) R 接続後に，v_0 をおおよそ一定に保ち続けるためには，スイッチに対し，定期的に上述の「短絡－開放」の一連の操作をしなければならない．単位時間あたりのこの操作回数を求めよ．ただし，「短絡－開放」の一連の操作を 1 回と数えるものとする．なお，R は十分に大きいと仮定し，(1)，(2)，(3) の計算結果に及ぼす影響は無視できるものとしてよい．また，各回の操作の間には十分な時間があり，各回の操作開始時点で $i=0$ になっているものとする．



第2問

以下の問いに答えよ．

(1) 下記のアセンブリコードは，メモリに格納されている配列の要素を順次読み出しながら要素の総和を求め，指定されたメモリアドレスに結果を格納するプログラムの計算部分である．コード中，I1〜I6 はラベルであり，r1〜r5 はレジスタを表す．レジスタ r1，r2，r5 の値は，それぞれ配列の要素数，配列の先頭アドレス，結果を格納するアドレスに初期化されているものとする．下記コードの四角で囲まれた空欄 α から δ について，レジスタ番号または即値を入れて補完せよ．

```
I1:  LD    r3   0(r2)
I2:  ADD   r4   r4   r3
I3:  ADDi  r2   r2   8
I4:  ADDi  r1   [α]  [β]
I5:  BNZ   [γ]   I1:
I6:  ST    [δ]   0(r5)
```

(2) 以下に示す命令対 (i)，(ii) について，該当する依存関係を下の a，b，c の選択肢より選べ．

(i) 命令 I1 と命令 I2

(ii) 命令 I1 と命令 I3

a. Read After Write（フロー依存）

b. Write After Read（逆依存）

c. Write After Write（出力依存）

(3) ステージ構成と各ステージの処理時間が以下の表で与えられるようなパイプラインプロセッサを考える．このプロセッサの動作周波数を示せ．各ステージは 1 サイクルの間に完了する．またクロックスキュー対策などによるマージンは既に表中の数値に含まれているものとしてよい．なお，[ps] は 10^{-12} 秒である．

フェッチ	250 [ps]
デコード	100 [ps]
レジスタリード	150 [ps]
エクゼキュート	100 [ps]
メモリアクセス	300 [ps]
レジスタライト	150 [ps]

(4) このパイプラインプロセッサで (1) のコードを実行する．バブルの発生が予想される命令が複数存在するが，全てのそのような命令と，該当するハザードを示せ．プロセッサはシングルイシューかつインオーダとする．オペランドフォワーディング回路を仮定しても良い．

(5) (1) のコードを要素数の十分に大きい配列について実行する．このときの，このプロセッサの clocks per instruction (CPI) を答えよ．ただし，分岐命令があると次の命令アドレスが判明するまでの 3 サイクルの間フェッチが止まるとする．

(6) このプロセッサへ，プログラムカウンタに関連して最近の分岐結果を記憶するような分岐予測器を導入する．配列が十分に大きいとき，このプロセッサが (1) のコードを実行するときの instructions per second (IPS) を答えよ．

第3問

グラフの最小全域木を求めるアルゴリズムについて，以下の問いに答えよ．本問では，辺の重みは全て正であるとする．

(1) 与えられたグラフの頂点の集合を V とし，辺の集合を E とする．また，初期状態として，頂点の部分集合 B が V の任意の1つの頂点を含み，辺の部分集合 T が空集合とする．アルゴリズムの各ステップにおいて，B に属する頂点と，$V-B$ に属する頂点とを結ぶ辺のうち，重みが最小である辺 $\{u,v\}$: $u \in V-B, v \in B$ を求める．そして，頂点 u を B に加え，辺 $\{u,v\}$ を T に加える．

このアルゴリズムにより，最小全域木を求めることができることを説明せよ．解答に図を用いてよい．

(2) 下図のグラフの最小全域木を求めよ．それぞれの辺に付された数字は，辺の重みを表す．

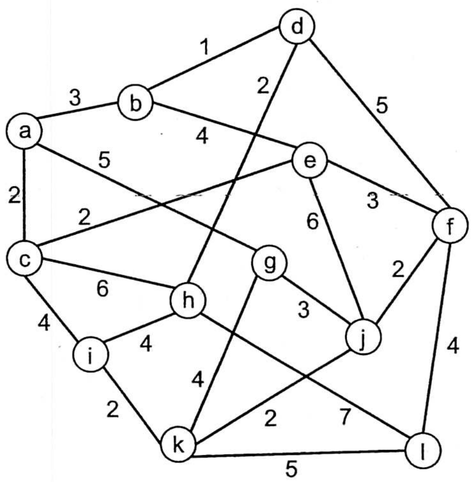
(3) 下記の変数を用いて，(1) のアルゴリズムを実現するプログラムを擬似コードを用いて記述せよ．グラフの頂点の数を n，辺の数を m とする．

$L[s,t]$	:	辺の重みを表す対称行列．辺が存在しない場合は ∞ とする．
$nearest[s]$	:	$s \in V-B$ に対して，$L[s,t]$ が最小となるような頂点 $t \in B$．
$mindist[s]$	:	$s \in V-B$ について $mindist[s] = L[s, nearest[s]]$, $s \in B$ について $mindist[s] = -1$．

(4) (3) で解答したプログラムの計算量のオーダーを見積もれ．

(5) 二分ヒープとは何か，説明せよ．解答に図を用いてよい．

(6) 二分ヒープを用いることで (3) のプログラムを効率化できる場合がある．二分ヒープをプログラムにどのように適用すればよいか説明し，計算量のオーダーを見積もれ．また，プログラムを効率化できるのは，頂点の数 n と辺の数 m がどのような関係にあるときか論ぜよ．



第4問

(1) 情報ビット x_1, x_2, x_3, x_4 の4ビットの符号に対して1ビットの検査ビット x_5 を付加する．単一誤りを検出することが可能であるような x_5 の生成方法を述べよ．

(2) (1) の符号の符号語 $(0, 0, 0, 0, 0)$ と他の符号語の間の最小ハミング距離を求めよ．
また，$(0, 0, 0, 0, 0)$ とのハミング距離が最小ハミング距離となる符号語を一つ示せ．

(3) (7,4) ハミング符号においては，情報ビット x_1, x_2, x_3, x_4 に対して検査ビット x_5, x_6, x_7 を

$$
\begin{aligned}
x_5 &= x_1 + x_2 + x_4 \\
x_6 &= x_2 + x_3 + x_4 \\
x_7 &= x_1 + x_2 + x_3
\end{aligned}
$$

を用いて生成し，$(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7)$ という符号語に符号化する．ここで，“+” は排他的論理和の演算である．全ての符号語を表にして記せ．

(4) (3) の表を用いて，符号語 $(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ と他の符号語の間の最小ハミング距離を求めよ．

(5) 最小ハミング距離を利用して，(1) で設計した符号と (7,4) ハミング符号が，それぞれ最大何ビットの誤りまで訂正可能であるかを示せ．

(6) 一般にハミング符号は，同一のビット誤り率であっても，バースト誤りの場合にはランダム誤りの場合よりも性能が劣化する．バースト誤りに対応する手法とその利害得失を論ぜよ．

第5問

信号 $f(t)$ のフーリエ変換を $F(\omega)$ とする．ただし，t, ω はそれぞれ時刻，角周波数とする．

(1) 信号 $f(t)$ に対するフーリエ変換 $F(\omega)$ について定義式を示せ．また，フーリエ変換とフーリエ級数展開の違いを説明せよ．

(2) $|F(\omega)|^2$ がパワースペクトル，すなわち角周波数 ω 成分のパワーを示すのはなぜか説明せよ．

(3) フーリエ変換におけるパーセバルの等式

$$\int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt = k \int_{-\infty}^{\infty} |F(\omega)|^2 d\omega,\ k \text{ は実定数}$$

を証明し，k を決定せよ．関数 $f(t)$ について $|f(t)|^2 = f(t)\overline{f(t)}$，($\overline{f(t)}$ は $f(t)$ の共役複素数) であることと，畳み込み積分のフーリエ変換

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t-\tau)g(\tau)d\tau = k' \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)G(\omega)e^{j\omega t}d\omega,\ j \text{ は虚数単位},\ k' \text{は実定数}$$

は既知として利用してもよい．k を解答する際，k' を含んでもよい．

(4) フーリエ変換におけるパーセバルの等式の物理的な意味を説明せよ．

(余白)