平成２１年度 京都大学大学院情報学研究科
修士課程 通信情報システム専攻入学資格試験問題

専門基礎A

平成20年8月7日(木) 9:00 – 12:00

注意

1. 解答開始の合図があるまで中を見てはいけない。
2. これは**「専門基礎A」**の問題用紙で、表紙共に13 枚 ある。解答開始の合図があった後、枚数を確かめ、落丁または不鮮明なものがあれば直ちに申し出ること。
3. 問題は9問(A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, A-9)ある。**4問を選択して解答すること。**答案用紙の問題番号欄に問題番号を記入すること。
4. 解答は問題ごとに答案用紙1枚を使うこと。答案用紙1枚に2問以上の解答もしくは1問の解答を2枚以上の答案用紙に書いた場合は無効にすることがある。なお、必要な場合「裏に続く」と明記した上で裏面を使用してもよい。
5. 答案用紙は4枚綴じたまま使用し、切り離さないこと。
6. 答案用紙の綴じ込みがはずれた場合は、直ちに申し出ること。
7. 解答は日本語で行うこと。

専門基礎A　$\boxed{\text{A-1}}$, $\boxed{\text{A-2}}$, $\boxed{\text{A-3}}$, $\boxed{\text{A-4}}$, $\boxed{\text{A-5}}$, $\boxed{\text{A-6}}$, $\boxed{\text{A-7}}$, $\boxed{\text{A-8}}$, $\boxed{\text{A-9}}$ の9問から**4問**を選択して解答せよ。

$\boxed{\text{A-1}}$

以下の全ての問いに答えよ．計算過程を示すこと．

(1) 次の関数 (function) に対する $x=0$ のまわりの整級数 (power series) を求めよ．問 (b) については x^3 の項まで示せばよい．

(a) $\dfrac{\log_e(1+x)}{x}$　　　(b) $(1+x)^{\frac{1}{x}}$

(2) 次の極限値 (limit value) を求めよ．$\displaystyle\lim_{x\to\infty}\left(1+\frac{1}{x}\right)^x = \mathrm{e}$ であることを用いてもよい．

(a) $\displaystyle\lim_{x\to\pi/4}\frac{\sin x-\cos x}{x-\dfrac{\pi}{4}}$　　　(b) $\displaystyle\lim_{x\to\infty}\left(1+\frac{a}{x}\right)^x$

(3) 3次元複素線形空間 (complex linear space) 内で，$\boldsymbol{e}_1$，$\boldsymbol{e}_2$，$\boldsymbol{e}_3$ が正規直交基底 (orthonormal base) を成すものとする．$\boldsymbol{e}_3$ を求めよ．ただし，$\boldsymbol{e}_1$，$\boldsymbol{e}_2$ は次のものとし，$\boldsymbol{e}_3$ の第一成分は負の実数とする．$\mathrm{i}=\sqrt{-1}$ である．

$$\boldsymbol{e}_1=\frac{1}{\sqrt{3}}\begin{pmatrix}1\\-\mathrm{i}\\\mathrm{i}\end{pmatrix},\qquad \boldsymbol{e}_2=\frac{1}{\sqrt{24}}\begin{pmatrix}2+3\mathrm{i}\\\mathrm{i}\\3-\mathrm{i}\end{pmatrix}$$

(4) 次の行列 (matrix) A と自然数 n に対して A^n を求めよ．

$$A=\begin{pmatrix}a&b&d\\0&a&c\\0&0&a\end{pmatrix}$$

A-2

以下の設問 (1)、(2)、(3) から 2 つを選んで答えよ。

(1) 関数 $f(t)$ のフーリエ変換(Fourier transform) $F(\omega)$ を以下の式で定義するとき、以下の各小問に答えよ。なお、$\mathrm{i}=\sqrt{-1}$である。

$$F(\omega)=\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\mathrm{e}^{-\mathrm{i}\omega t}\mathrm{d}t$$

(a)

$$f_1(t)=\begin{cases}\mathrm{e}^{-at} & (t\geq 0)\\ 0 & (t<0)\end{cases}$$

のフーリエ変換 $F_1(\omega)$ を求めよ。但し、a は正の定数である。

(b) $f_1(t)$ の a を n 倍 (n は正の定数) したときに、$|F_1(\omega)|^2$ の半値幅(half maximum width) および最大値はそれぞれ何倍になるか示せ。

(c)

$$f_2(t)=f_1(t)\cos(4\pi at)$$
$$f_3(t)=f_1(t)\sin(4\pi at)$$

とするとき、$f_2(t)$, $f_3(t)$ の概形を示せ。

(d)

$$f_4(t)=f_2(t)+\mathrm{i}f_3(t)$$

のフーリエ変換 $F_4(\omega)$ を求めよ。

(2) 次の微分方程式(differential equation) の一般解を求めよ。

$$x^2\frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}x^2}-3x\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x}+4y=x^2\log x \qquad (x>0)$$

(3) 以下の各問に答えよ。

(a) $\cos\theta$, $\sin\theta$ に関する積分

$$\int_0^{2\pi} f(\cos\theta,\sin\theta)\mathrm{d}\theta$$

は、$z=\mathrm{e}^{\mathrm{i}\theta}$ と置くことで、複素積分(complex integral)

$$\int_{|z|=1} f\left(\frac{1}{2}\left(z+\frac{1}{z}\right),\frac{1}{2\mathrm{i}}\left(z-\frac{1}{z}\right)\right)\frac{1}{\mathrm{i}z}\mathrm{d}z$$

に変換できることを示せ。なお、$\mathrm{i}=\sqrt{-1}$ とする。

次頁へ続く

(b) $a > b > 0$ のとき次の積分を求めよ。

$$\int_0^{2\pi} \frac{1}{a + b\cos\theta} \mathrm{d}\theta$$

(c) (b) の結果を用いて次の積分を求めよ。ただし、$a > b > 0$ とする。
(ヒント: (b) の結果を a, b について微分するとよい。)

$$\int_0^{2\pi} \frac{1}{(a + b\cos\theta)^2} \mathrm{d}\theta$$

$$\int_0^{2\pi} \frac{\cos\theta}{(a + b\cos\theta)^2} \mathrm{d}\theta$$

A-3

以下の設問に答えよ。

(1) 図 (a) のように、真空中に**完全導体** (perfect conductor) の半径 a の球と内半径 b、外半径 c ($a < b < c$) の球殻が、両者の中心が一致するように存在する。

(a) 球に Q_1、球殻に Q_2 の**電荷** (electric charge) を与えたときの**電界** (electric field) の大きさ $E(r)$ と**電位** (electric potential) $V(r)$ を求めよ。ただし、r は中心からの距離とする。

(b) 球に Q の電荷を与え、球殻を接地した場合の電界 $E(r)$、電位 $V(r)$ 及び**静電エネルギー** (electrostatic energy) を求めよ。また、球殻の内面に働く**単位面積** (unit area) 当たりの**力** (force) を求めよ。

(c) 球と球殻の間の**静電容量** (capacitance) を求めよ。また、球と球殻の間隔を十分に小さくすると、それは**平行板コンデンサ** (parallel-plate capacitor) の静電容量の式に一致することを示せ。

(d) 球、球殻及び両者の中間の点 P での電位をそれぞれ V_1, V_2, V_3 とする。ここで、P 点に点電荷 q をおき両導体を接地したとき、両導体に誘導される電荷を**グリーンの相反定理** (Green's reciprocation theorem) を応用して求めよ。

(2) 次の語を簡潔に説明せよ。

(a) **ストークスの定理** (Stokes' theorem)

(b) **静電遮蔽** (electrostatic shielding)

(c) **ヒステリシス損** (hysterisis loss)

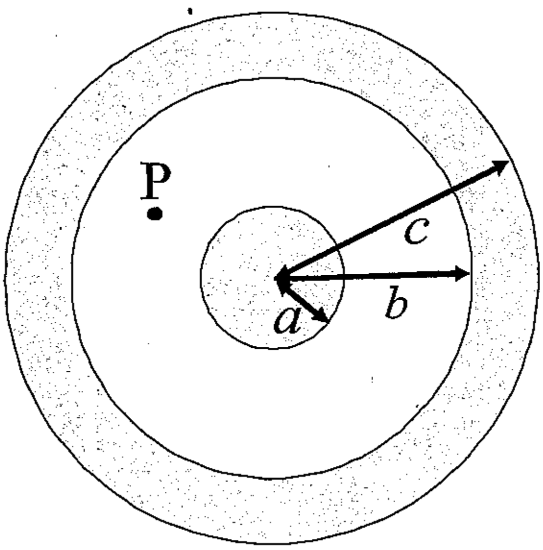


図 (a)

A-5

以下の設問に答えよ。

(1) 図(a)に示す2端子対回路(two-terminal pair circuit)が整合回路(matching circuit)として働くための条件を述べよ。ただし Z_S は信号源の内部インピーダンス(impedance)、Z_L は負荷インピーダンスを示す。

(2) 図(b)に示す T 型減衰器(attenuator)が回路インピーダンス50 Ω で減衰率20dBとなるための抵抗値 R_1 と R_2 を求めよ。

(3) 図(c)に示す演算増幅器(operational amplifier)を用いた回路の $\frac{V_o}{V_i}$ を求めよ。ただし演算増幅器の特性は理想的とする。

(4) 図(c)に示す回路の電圧増幅率 $\left|\frac{V_o}{V_i}\right|$ の周波数応答(frequency response)の概形を図示せよ。

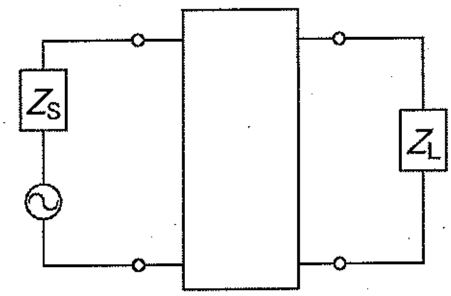


図 (a)

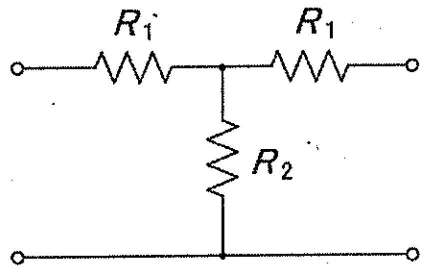


図 (b)

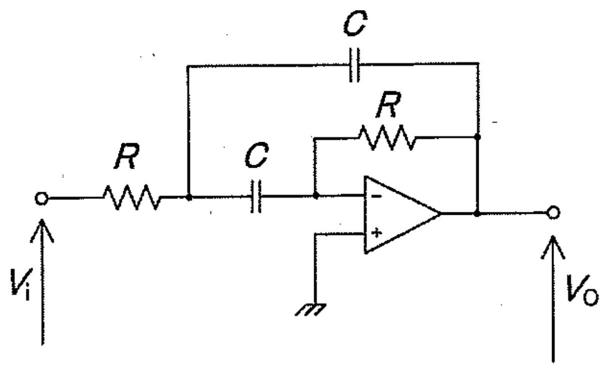


図 (c)

A-6

以下の問に答えよ。

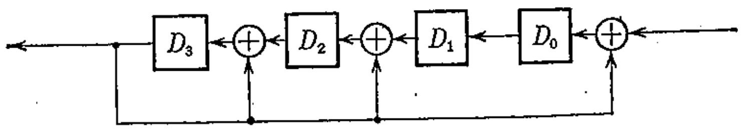
(1) m 重マルコフ情報源(m-th order Markov information source)について簡潔に説明せよ。

(2) 2元水平垂直パリティ検査符号(binary horizontal and vertical parity check code)の最小ハミング距離(minimum Hamming distance)を求めよ。その導出過程も示すこと。

(3) 情報ビット(information bits) 22 ビットを送りたい。単一誤り訂正可能(single error correcting)な2元ハミング符号化(binary Hamming encoding)を行うためにはパリティ検査ビットは少なくとも何ビット必要か。理由とともに述べよ。

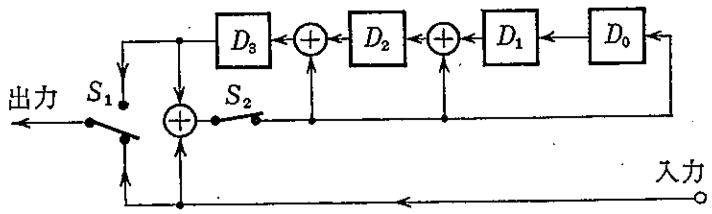
(4) 情報ビット 22 ビットを送るために、単一誤り訂正可能2重誤り検出可能(single error correcting / double error detecting)な拡張ハミング符号化(extended Hamming encoding)を行いたい。この場合パリティ検査ビットは少なくとも何ビット必要か。理由とともに述べよ。

(5) 図(a)に示す回路はどのような働きをする回路か簡潔に説明せよ。ただし、D_0, D_1, D_2, D_3 は遅延素子（フリップフロップ）であり、⊕は mod 2 の加算器（Exclusive-OR 回路）である。



図(a)

(6) 図(b)に示す回路は巡回符号(cyclic code)の符号化回路(encoding circuit)である。スイッチ(switch) S1 と S2 の役割に注意しながら、その動作(behavior or operation)について簡潔に説明せよ。



図(b)

A-7

自然数の有限集合 (finite set) に関するデータ構造とアルゴリズムを考える。

プログラム上の**自然数表現** k が表す自然数を $\overline{k}$ と表記する。

自然数リストを次のように (帰納的に) 定義しよう: (i) `EL` (empty list) は自然数リストである。(ii) 自然数表現 k に対して、x が自然数リストならば `L(`k`, `x`)` も自然数リストである。(iii) 以上のようにして作られるもののみが自然数リストである。例えば, 集合 $\{3,4,5,6\}$ は、自然数リストで `L(3, L(4, L(5, L(6, EL))))` と表現できる。

同様に、**自然数木**を次のように定義する: (i) `ET` (empty tree) は自然数木である。(ii) 自然数表現 k に対して、x と y が自然数木ならば `T(`x`, `k`, `y`)` も自然数木である。(iii) (省略)。例えば $\{3,4,5,6\}$ は、自然数木で `T(T(ET, 3, ET), 4, T(T(ET, 5, ET), 6, ET))` と表現できる。

これらのデータコンストラクタ `EL`、`L` の他に、自然数リストに関する述語 (`L?`) とセレクタ (`Lnum`, `Lnext`) が準備されていて、`L?(ET)` は `false`、`L?(L(`k`, `x`))` は `true`、`Lnum(L(`k`, `x`))` は k、`Lnext(L(`k`, `x`))` は x を結果とするものとする。自然数木に関しても同様の述語 (`T?`) とセレクタ (`Tleft`, `Tnum`, `Tright`) が準備されているとする。ただし、`Tleft(T(`x`, `k`, `y`))` は x を結果とする。

自然数リスト x (または自然数木 x) が表す自然数集合を $\overline{x}$ と表記する。

以下では、重複なし順序付の自然数リスト (あるいは自然数木) のみを考える。重複なし順序付の自然数リスト (自然数木) の定義では、帰納的定義の (ii) に条件 $\forall i \in \overline{x}.\ i > \overline{k}$ (あるいは条件 $(\forall i \in \overline{x}.\ i < \overline{k}) \wedge (\forall i \in \overline{y}.\ i > \overline{k})$) が付け加えられる。

以下の全設問に答えよ。なお、手続き (あるいは関数、述語) は、以上のデータコンストラクタ、セレクタ、述語の構文を必要に応じて調整しつつ (自然言語や「ここだけの言語」を含め) 好みのプログラミング言語で示せばよいが、アルゴリズムは十分明確にすること (コメント使用可)。

(1) 自然数表現 k を入力とし集合 $\{\overline{k}\}$ を表す自然数木を得る手続き `Tsingleton` を示せ。

(2) 自然数表現 k と j の 2 入力から集合 $\{\overline{k}\} \cup \{\overline{j}\}$ を表す自然数リストを得る手続き `Lunionpair` を示せ。

設問 (3) 以降では、示したい手続きの時間計算量 (time complexity) も問題とする。特に断りのないかぎり、$\overline{x}$ の要素数を n、$\overline{y}$ の要素数を m、x が木のときの**高さ** (height) を N、y が木のときの高さを M で表す。

計算機上では、自然数表現の比較等は一定ステップで扱えると考えよ。リストや木はポインタを利用する一般的な方法で表現されるとする。なお、一部のフィールドを「書き換える」操作は準備されておらず、新しいリスト等は構成し直すとする。また、不要になったリストや木の使用していたメモリの解放については考慮しなくてよい。末尾 (再帰) 呼び出しについては、時間的・空間的オーバヘッドを気にせず、積極的に用いよ。

(3) (a) 自然数表現 k と自然数リスト x の 2 入力から $\overline{k} \in \overline{x}$ かを判定する $O(n)$ の述語 (手続き) `Lmember?`を示せ。(b) $O(n)$ である理由を説明せよ。

(4) (a) 自然数表現 k と自然数木 x の 2 入力から $\overline{k} \in \overline{x}$ かを判定する $O(N)$ の述語 (手続き) `Tmember?`を示せ。(b) $O(N)$ である理由を説明せよ。

次頁へ続く

(5) (a) 自然数リスト x と y の 2 入力から集合 $\overline{x} \cup \overline{y}$ を表す自然数リストを得る $O(n+m)$ の手続き `Lunion` を示せ。(b) $O(n+m)$ である理由を説明せよ。

(6) (a) 自然数表現 k と自然数木 x の 2 入力から集合 $\{i \in \overline{x} \,|\, i < \overline{k}\}$ を表す自然数木を得る $O(N)$ の手続き `Tleftsubset` を示せ。(b) $O(N)$ である理由を説明せよ。

(7) (a) 自然数木 x と y の 2 入力から集合 $\overline{x} \cup \overline{y}$ を表す自然数木を得る $O(\min(Mn, Nm))$ の手続き `Tunion` を示せ。ただし、設問 (6) の `Tleftsubset` と、同様に定義可能な `Trightsubset` を用いるとともに、入力の x と y のどちらか一方の表す集合の要素数が 1 で、もう一方の高さが N' であるとき、時間計算量が $O(N')$ となるような手続きとすること。
(b) $O(N')$ である理由を説明せよ。

(8) 設問 (5) の `Lunion` を利用し、自然数木 x と y の 2 入力から集合 $\overline{x} \cup \overline{y}$ を表す自然数木を得る $O(n+m)$ の手続きは作れるか、考察せよ。

A-8

除算について下記の問いに答えよ。

（1）引き戻し法（restoring method）のアルゴリズムを示し、正しく除算ができることを証明せよ。

（2）逆数を求める方式を一つ挙げ、説明せよ。

A-9

Scheme の metacircular な評価器を次のように定義した．ここで，exp は評価すべき式，env は評価に使用する環境とする．

```
(define (eval exp env)
  (cond ((symbol? exp) (variable-value exp env))
        ((not (pair? exp)) (eval-self-evaluating exp))
        ((eq? (car exp) 'quote) (eval-quoted exp))
        ((eq? (car exp) 'set!)
         (eval-assign (cadr exp) (caddr exp) env))
        ((eq? (car exp) 'define) (eval-definition exp env))
        ((eq? (car exp) 'if) (eval-if exp env))
        ((eq? (car exp) 'lambda) (eval-lambda exp env))
        ((eq? (car exp) 'begin) (eval-sequence (cdr exp) env))
        (else (eval-application exp env))))
```

この評価器について，以下の各問いに答えよ．なお，関数定義にあたっては，評価器に与えられる式にはエラーがないものと仮定してよい．従って，エラーチェックやエラー表示のためのコードを関数定義に埋め込む必要はない．

1. 手続き eval-self-evaluating と eval-quoted を定義せよ．
2. 手続き eval-if を定義せよ．if 式は (if *predicate consequent alternative*) の形であり，*alternative* は省略できないものとする．
3. 手続き eval-sequence を定義せよ．begin 式は (begin exp_1 $\cdots$ exp_n) の形であり，$n \geq 1$ とする．
4. 手続き variable-value と eval-assign を定義せよ．環境は，変数の名前とその値のペアからなるリスト ((var_1 . val_1) $\cdots$ (var_n . val_n)) として表現されているものとする．また，set! 式は，常に空リストを値として返すものとする．

平成２１年度 京都大学大学院情報学研究科
修士課程 通信情報システム専攻入学資格試験問題

専門基礎B

I群問題

平成20年8月6日(水)13:00－16:00

注意

1. 解答開始の合図があるまで中を見てはいけない。
2. **「I群」**および**「II群」**の2種類の問題が用意されている。いずれかの群の問題のみを解答すること。両群の問題を解答した場合、専門基礎Bの得点は0点とする。
3. これは**「専門基礎B I群」**の問題用紙で、表紙共に 8枚 ある。解答開始の合図があった後、枚数を確かめ、落丁または不鮮明なものがあれば直ちに申し出ること。
4. 問題は6問(BI-1, BI-2, BI-3, BI-4, BI-5, BI-6)ある。**4問を選択して解答すること。** 答案用紙の問題番号欄に問題番号を記入すること。
5. 解答は問題ごとに答案用紙1枚を使うこと。答案用紙1枚に2問以上の解答もしくは1問の解答を2枚以上の答案用紙に書いた場合は無効にすることがある。なお、必要な場合「裏に続く」と明記した上で裏面を使用してもよい。
6. 答案用紙は4枚綴じたまま使用し、切り離さないこと。
7. 答案用紙の綴じ込みがはずれた場合は、直ちに申し出ること。
8. 解答は日本語で行うこと。

専門基礎B BI-1, BI-2, BI-3, BI-4, BI-5, BI-6 の６問から４問を選択して解答せよ。

BI-1

以下の問に答えよ。

(1) 2進情報シンボル(binary information symbol) 0 と 1 に従って振幅(amplitude) 0 と A ($A>0$) をとる情報伝送系を考える。ただし伝送路雑音(channel noise)は白色ガウス雑音(white Gaussian noise)と仮定し、ガウス雑音の平均値は 0、分散（平均電力）は σ^2、すなわち確率密度関数(probability density function)は次式で与えられると仮定する。

$$p(x) = (1/\sqrt{2\pi}\,\sigma)\cdot\exp(-x^2/2\sigma^2)$$

(a) 2進情報シンボル 0 と 1 がそれぞれ確率$(1-p)$と p （ただし $0\leqq p\leqq 1$）で生起すると仮定したときの平均シンボル誤り率(average symbol error rate)を与える式を導け。ただし、判定しきい値 (decision threshold)を α とする。

(b) (a)で計算した平均シンボル誤り率を最小とする最適(optimum)判定しきい値を求めよ。

(c) $p=0.5$ のとき、最適判定しきい値を求めよ。

(d) $p>0.5$ のとき、最適判定しきい値は(c)で求めた値に比較して、どちら側に移動するか、(b)の結果を用いて説明せよ。

(2) PCM, DPCM, ADPCM について、それぞれの違いが分かるように、簡潔に要領よく説明せよ。

(3) Stop and Wait ARQ, Go-back N ARQ, Selective Repeat ARQ について、それぞれの長所と短所が分かるように簡潔に要領よく説明せよ。

BⅠ-2

以下の問に答えよ．

(1) フーリエ変換 (Fourier transform) に関する以下の問に答えよ．

(a) 信号 $f(t)$ の自己相関関数 (autocorrelation function) は次式で定義される．

$$r(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f^*(t-\tau) f(t) \mathrm{d}t$$

ただし，$f^*(t)$ は $f(t)$ の複素共役 (complex conjugate) を表している．この自己相関関数 $r(\tau)$ をフーリエ変換せよ．

(b) 信号 $f(t)$ が次式で定義されるとする．

$$f(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t \leq T \\ 0 & t < 0, t > T \end{cases}$$

このとき，自己相関関数と，そのフーリエ変換であるエネルギースペクトラム (energy spectrum) を求めよ．さらに，各々の概形を図示せよ．

(2) 振幅変調 (amplitude modulation) に関する以下の問に答えよ．

次の式で示される振幅変調信号 $u(t)$ を考える．

$$u(t) = A_0 \{1 + ks(t)\} \cos \omega_0 t$$

変調器 (modulator) へ入力されるベースバンド信号 (baseband signal)$s(t)$ は角周波数 (angular frequency) ω_{m} 以下に帯域制限 (bandlimited) されている．ここで A_0, k は定数，ω_0 は搬送波 (carrier) の角周波数であり，$\omega_{\mathrm{m}} \ll \omega_0$ とする．

(a) ベースバンド信号を $s(t) = S_0 \cos(\omega_{\mathrm{m}} t + \theta_0)$ とする．ここで S_0 および θ_0 は定数である．包絡線検波 (envelope detection) によって正しく $s(t)$ を復調 (demodulation) するために k および S_0 が満たすべき条件を示せ．

(b) 問 (a) の条件のもとで，振幅変調信号 $u(t)$ の振幅スペクトル (amplitude spectrum) を図示せよ．

(c) 問 (a) の条件のもとで，振幅変調信号 $u(t)$ が局部発振器 (local oscillator) 信号 $u_{\mathrm{LO}}(t) = \cos \omega_0 t$ を持つ同期検波器 (synchronous detector) により復調できることを示せ．

(d) 問 (c) において，局部発振器の角周波数が $\omega_0 + \omega_{\mathrm{m}}/2$ となった場合の影響を数式を用いて述べよ．

BI-3

禁制帯幅 (energy bandgap) E_g をもつ半導体内に，図 (a) のように pn 接合 (junction) を形成し，n 型半導体側の表面から波長 (wavelength) λ，強度 (intensity) I_0 の光を，表面に対して垂直に照射した．表面での反射はなく，この光は半導体内部に伝搬するものとする．半導体の両端に負荷抵抗 (load resistance) を接続すると，光照射による電流 (光電流) が流れる．また，半導体表面を原点として半導体の内部方向に x 座標をとり，pn 接合の界面 (interface) が x_0=0.30 μm，空乏層 (depletion layer) の n 型端が x_n=0.25 μm，空乏層の p 型端が x_p=0.35 μm であるものとする．このとき以下の問 (1)–(6) に答えよ．

(1) 半導体に単位面積，単位時間あたりに入射する光子 (photon) の数を求めよ．ここで，プランク定数 (Planck constant) を h，光速 (velocity of light) を c とせよ．

(2) 位置 x における光の強度 $I(x)$ は

$$I(x) = I_0 \mathrm{e}^{-\alpha x}$$

と与えられる．ただし，α は位置 x に依存しない．また，e は自然対数 (natural logarithm) の底 (base) である．ここで，α は何と呼ばれるか．

(3) 半導体において，α と λ の関係について知るところを述べよ．またそのような関係が得られる物理的な機構についても言及せよ．

(4) 半導体に入射した光子のうち，$x = 0$ から $x = 1/\alpha$ までの間でその何%が失われるか計算せよ．ここで，e=2.7 として求めよ．

(5) 光の波長 λ_1，λ_2 における α の値が，それぞれ 10^4 cm^{-1}，10^5 cm^{-1} であるとする．また，n 型層における正孔 (hole) の拡散距離 (diffusion length) を L_p=5.0 μm，p 型層における電子 (electron) の拡散距離を L_n=20 μm とする．以下の (a)，(b) に答えよ．

(a) 波長 λ_1 の光を照射した場合，波長 λ_2 の光を照射した場合のそれぞれにおいて，電子，正孔のいずれがより多く光電流に寄与しているのかについて説明せよ．ただし，p 型層は電子の拡散距離に対して十分厚いものとする．また，半導体の表面において欠陥 (defect) による電子と正孔の再結合 (recombination) は無視できるものとする．

(b) 実際の半導体素子では，その表面近傍に欠陥が存在し，電子と正孔の再結合を促す．このような欠陥が存在するとき，波長 λ_1，λ_2 において負荷抵抗に流れる電流の大きさはどのように異なるかについて説明せよ．ただし，いずれの波長においても，半導体中に単位時間あたり吸収される光子数は等しいものとする．

(6) 半導体には直接遷移型半導体 (direct bandgap semiconductor) と間接遷移型半導体 (indirect bandgap semiconductor) がある．両者において少数キャリア (minority

次頁へ続く

carrier) の拡散距離を比べると，前者に比べて後者の方が一般的にはるかに大きい値をとる．その理由について説明せよ．

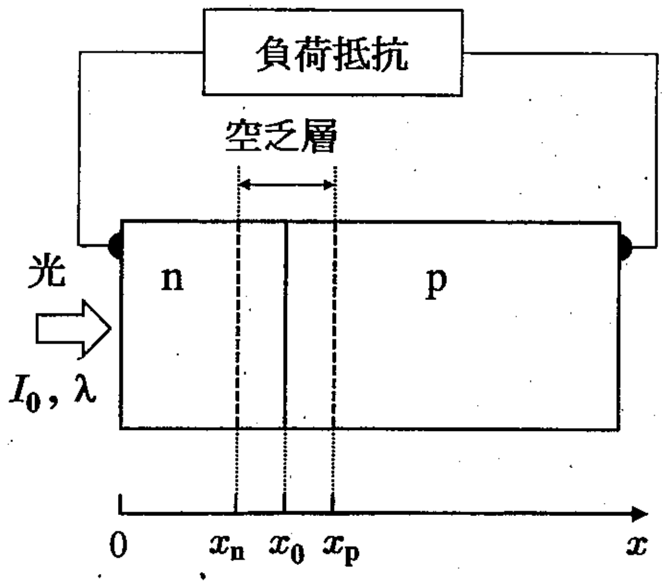


図 (a)

BI-4

次の各問に答えよ。

(1) 真空中を z 軸の正方向に伝搬する**平面電磁波** (planar electromagnetic wave) を考える。その**電界** (electric field) が $z=0$ において

$$\boldsymbol{E} = \boldsymbol{u}_x E_0 \mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t}$$

で与えられるとする。ここで $\boldsymbol{u}_x$ は x 方向**単位ベクトル** (unit vector) である。
このとき、次の各問に答えよ。

(a) この場合の Maxwell 方程式を、電界 $\boldsymbol{E}$ および**磁界** (magnetic field) $\boldsymbol{H}$ を用いて表せ。

(b) 前問の結果を用いて、任意の点 (x, y, z) における電界を与える式を導け。
(ベクトル公式 $\nabla \times \nabla \times \boldsymbol{A} = \nabla(\nabla \cdot \boldsymbol{A}) - \nabla^2 \boldsymbol{A}$ を用いてよい。)

(c) 任意の点 (x, y, z) における磁界を与える式を導け。

(2) z 軸上に距離 λ の間隔で置いた 2 つの**無指向性アンテナ** (omnidirectional antenna) から**等振幅** (equal amplitude)、**同位相** (equal phase) で波長 λ の電磁波を放射するものとする。このときの遠方における**電力指向性パターン** (power directional pattern) を表す式を導け。また $x-z$ 平面内におけるパターンの概略を図示せよ。

BI-5

1ビットの信号xを入力とし，1ビットの信号zを出力とするMealy型同期式順序回路(synchronous sequential circuit)を考える．この回路の直近の3入力について，現在の入力をLSB(least significant bit)，2時刻前の入力をMSB(most significant bit)とする3ビットの2進数を考える．この2進数が3の倍数(0, 3, 6)となる場合にのみ1を出力し，それ以外の場合には0を出力するようにこの順序回路を設計したい．ただし，この回路の動作開始時には，1時刻前および2時刻前までの入力が0であった状態にあるものとする．この回路では，例えば010110という入力系列に対する出力は，100011となる．

以下の問に答えよ．

(1) この回路の動作を表す状態遷移図(state transition diagram)を書け．

(2) 状態数(number of states)を最小化した状態遷移表(state transition table)と出力表(output table)を求めよ．状態数が最小であることをどのようにして確認したかを説明せよ．また，求めた状態遷移表と出力表に基づき，011001が入力された場合の状態遷移の様子を説明し，出力が101100となることを示せ．

(3) この回路を最も少ない数のDフリップフロップ(D flip-flop)を用いて実現する．動作開始時の状態に対する状態割当て(state assignment)は，全ビット0とせよ．フリップフロップの出力を表す論理変数をq，入力を表す論理変数をdとして，各フリップフロップは添字で区別する．添字は，状態に割当てた符号の左端ビットから1, 2, $\cdots$とふるものとする．すなわち，状態の左端ビットに対応するフリップフロップの出力はq_1であり，入力はd_1である．また，各フリップフロップの出力にはqと$\overline{q}$が得られ，回路への入力としてはxと$\overline{x}$が与えられるものとする．

以下の各問に答えよ．

(a) 各フリップフロップの入力を与える論理関数の最小積和形表現(minimum sum-of-products form)を求めよ．

(b) 出力zを与える論理関数の最小積和形表現を求めよ．

(c) 出力zを与える論理関数の最小和積形表現(minimum product-of-sums form)を求めよ．

(d) 出力zを与える回路を，NOTゲート，2入力NANDゲート，3入力NANDゲートのみを用いて，最小のゲート数で実現せよ．

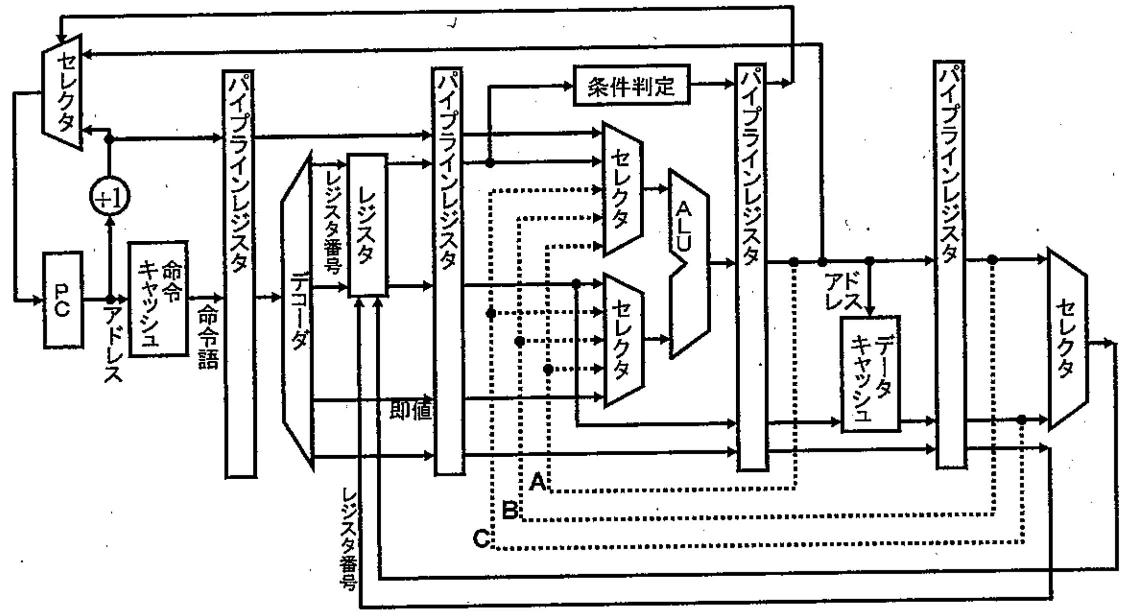
BⅠ-6

以下の2問全てに答えよ。

(1) 5つのステージ(stages)にパイプライン化された(pipelined) RISC プロセッサ(processor)について以下の問に答えよ。

(a) 5つのステージからなるパイプラインの各ステージの動作を説明し、パイプライン化の目的を述べよ。

(b) 図(a)は、5つのステージにパイプライン化された RISC プロセッサの実現(implementation)の一例を模式的に示したものである。図中の破線 A、B、C で示された経路(path)それぞれについて、それがどのような場合に必要となるのか、例を挙げて説明せよ。



※ セレクタ(selector/multiplexer)、命令キャッシュ(instruction cache)、パイプラインレジスタ(pipeline register)、デコーダ(decoder)、レジスタ(register)、条件判定(condition check)、データキャッシュ(data cache)、アドレス(address)、命令語(instruction word)、レジスタ番号(register number)、即値(immediate value)

図(a)

(2) 仮想記憶(virtual memory)方式の計算機について、以下の問に答えよ。

(a) 仮想アドレス(virtual address)および物理アドレス(physical address)とは何か説明せよ。

(b) オペレーティングシステム(operating system)の管理下のユーザプロセス(user process)の実行中にページフォールト(page fault)が発生したとき、どのような処理を経てこのユーザプロセスは再開されるか。関連するハードウェア(hardware)やソフトウェア(software)の構成要素を挙げ、それぞれが何をするのか順を追って説明せよ。

平成２１年度 京都大学大学院情報学研究科
修士課程 通信情報システム専攻入学資格試験問題

専門基礎B

II群問題

平成20年8月6日(水)13:00 – 16:00

注意

1. 解答開始の合図があるまで中を見てはいけない。
2. **「I群」**および**「II群」**の2種類の問題が用意されている。いずれかの群の問題のみを解答すること。両群の問題を解答した場合、専門基礎Bの得点は0点とする。
3. これは**「専門基礎B II群」**の問題用紙で、表紙共に 7 枚 ある。解答開始の合図があった後、枚数を確かめ、落丁または不鮮明なものがあれば直ちに申し出ること。
4. 問題は6問(BII-1, BII-2, BII-3, BII-4, BII-5, BII-6)ある。 **4問を選択して解答すること。** 答案用紙の問題番号欄に問題番号を記入すること。
5. 解答は問題ごとに答案用紙1枚を使うこと。答案用紙1枚に2問以上の解答もしくは１問の解答を2枚以上の答案用紙に書いた場合は無効にすることがある。なお、必要な場合「裏に続く」と明記した上で裏面を使用してもよい。
6. 答案用紙は4枚綴じたまま使用し、切り離さないこと。
7. 答案用紙の綴じ込みがはずれた場合は、直ちに申し出ること。
8. 解答は日本語で行うこと。

専門基礎B　$\boxed{\text{BII-1}}$, $\boxed{\text{BII-2}}$, $\boxed{\text{BII-3}}$, $\boxed{\text{BII-4}}$, $\boxed{\text{BII-5}}$, $\boxed{\text{BII-6}}$の６問から**４問**を選択して解答せよ。

$\boxed{\text{B II - 1}}$

以下では，テープ記号が$0, 1, B$であるような１本の読み書きテープを持つ（つまり標準型の）チューリング機械を考える．ただし，Bは空白記号で書き込むことはできない．以下の問に答えよ．

（１）入力1^n（ただしnは１以上の整数）に対して，できるだけ正確に2^nステップの動作ののち停止するチューリング機械を設計せよ．正確さに関して議論すること．

（２）同様の入力に対して，できるだけ多くのステップの動作の後に停止するチューリング機械を設計せよ．必ず停止することを明確に説明すること．停止するまでのステップ数の解析も行うこと．

解答に当たっては，先ず，考え方を直観的に分かりやすく述べること．機械の動作の記述に関しては，状態遷移関数を書き下す必要はないが，チューリング機械を誤解していると判断されることの無いように十分丁寧に説明すること．なお，質問は一切受け付けない．問題に不審のある場合はそのことを明記し，妥当な仮定を設定して解答すること．

BII-2

1ビットの信号 x を入力とし，1ビットの信号 z を出力とする Mealy 型同期式順序回路 (synchronous sequential circuit) を考える．この回路の直近の3入力について，現在の入力を LSB(least significant bit)，2時刻前の入力を MSB(most significant bit) とする3ビットの2進数を考える．この2進数が3の倍数 (0, 3, 6) となる場合にのみ1を出力し，それ以外の場合には0を出力するようにこの順序回路を設計したい．ただし，この回路の動作開始時には，1時刻前および2時刻前までの入力が0であった状態にあるものとする．この回路では，例えば 010110 という入力系列に対する出力は，100011 となる．

以下の問に答えよ．

(1) この回路の動作を表す状態遷移図 (state transition diagram) を書け．

(2) 状態数 (number of states) を最小化した状態遷移表 (state transition table) と出力表 (output table) を求めよ．状態数が最小であることをどのようにして確認したかを説明せよ．また，求めた状態遷移表と出力表に基づき，011001 が入力された場合の状態遷移の様子を説明し，出力が 101100 となることを示せ．

(3) この回路を最も少ない数の D フリップフロップ (D flip-flop) を用いて実現する．動作開始時の状態に対する状態割当て (state assignment) は，全ビット0とせよ．フリップフロップの出力を表す論理変数を q，入力を表す論理変数を d として，各フリップフロップは添字で区別する．添字は，状態に割当てた符号の左端ビットから $1, 2, \cdots$ とふるものとする．すなわち，状態の左端ビットに対応するフリップフロップの出力は q_1 であり，入力は d_1 である．また，各フリップフロップの出力には q と $\overline{q}$ が得られ，回路への入力としては x と $\overline{x}$ が与えられるものとする．

以下の各問に答えよ．

(a) 各フリップフロップの入力を与える論理関数の最小積和形表現 (minimum sum-of-products form) を求めよ．

(b) 出力 z を与える論理関数の最小積和形表現を求めよ．

(c) 出力 z を与える論理関数の最小和積形表現 (minimum product-of-sums form) を求めよ．

(d) 出力 z を与える回路を，NOT ゲート，2入力 NAND ゲート，3入力 NAND ゲートのみを用いて，最小のゲート数で実現せよ．

BⅡ-3

下記の問いに答えよ。

（1）E=(A+B)×(C+D)+A×B×C を計算するためのロードストア命令形式によるプログラムを示せ。命令操作部（オペコード）として、ADD、MUL、LOAD、STORE を用いよ。また、データはすべて浮動小数点数であり、主記憶装置に格納されており、演算は３オペランド方式とし、第１オペランドをデスティネーション、第２、第３オペランドをソースとする。

（2）命令フェッチ IF、デコード D、演算 E、結果格納 S の４ステージの命令パイプラインで実行する場合のパイプラインの流れを示し、上記プログラムの実行時間を求めよ。ただし、ADD、MUL は E ステージで３ステージのパイプラインとなっており、毎サイクル新しいデータを投入できる。LOAD や STORE 命令では E ステージで２ステージのパイプラインとなっており、アドレス計算（仮想－実アドレス変換を含む）とメモリアクセスがなされる。命令の発行、終了はいずれも in-order である。

（3）LOAD 命令あるいは STORE 命令を実行できる装置を２台（各々２ステージのパイプライン実行が可能）、任意の四則演算のできる演算装置を２台（各々３ステージのパイプラインの実行が可能）有する VLIW(Very Long Instruction Word)命令形式を採用したプロセッサを用いた場合、上記演算のための VLIW 命令列と実行時間を示せ。

B II - 4

次の問いすべてに答えよ．

1. 次の $\boxed{a}$ ～ $\boxed{j}$ に適切な用語を答えよ．同じ記号が2回以上現れる場合は，そのすべての箇所に同じ用語が入るものとする．

   プログラムのある区間を実行している際に，他の処理に実行権を奪われないよう制御することを $\boxed{a}$ といい，そのような制御が必要となる区間を $\boxed{b}$ という．$\boxed{a}$ の実現方法としては，$\boxed{c}$ を禁止することによってプリエンプションを発生させない方法，$\boxed{d}$ などの単一の機械語命令によって $\boxed{a}$ 用共有変数のテストと設定を atomic に行う方法，Dijkstra が考案した $\boxed{e}$ という仕組みを使用する方法などがある．$\boxed{e}$ を使用した場合，$\boxed{b}$ に入る直前に $\boxed{f}$ 操作，$\boxed{b}$ 直後に $\boxed{g}$ 操作を行う．$\boxed{b}$ に一つのタスクのみ進入できるようにする $\boxed{e}$ を $\boxed{h}$ といい，上限を決めて複数のタスクが進入できるようにしたものを $\boxed{i}$ という．複数資源を待ち合いする際には，$\boxed{j}$ が発生する可能性に注意しなければならない．

2. 上記の j を防ぐ方法として，複数資源の獲得を必要とするときに，かならず決められた順序で資源を獲得するという方法がある．この方法によって，j が回避できる理由を述べよ．

3. 上記の j をソフトウェア的に防ごうとして，二つのタスクを次のように記述してみた．ここで，CS1 と CS2 が上記の b に相当し，OT1 と OT2 はそれ以外の区間とする．また，busy は初期値が false である共有変数である．このコードは残念ながら上記の j を回避することができない．その理由を述べよ．

```
while (true) {
   while (busy) ;
   busy = true;
   CS1;
   busy = false;
   OT1;
}
```

```
while (true) {
   while (busy) ;
   busy = true;
   CS2;
   busy = false;
   OT2;
}
```

BⅡ-5

以下の設問に答えよ。

（1）実体関連モデル(Entity-Relationship Model)に関する以下の問いに答えよ.

(a) 実体関連モデルを用いたスキーマを一つ設計し，それを実体関連図(Entity-Relationship Diagram)を用いて表現せよ．ただし，キー制約(key constraint)，参加制約(participation constraint)，クラス階層(class hierarchy)を必ず含めること．対象とするデータベースの内容に制限はないが，特殊な内容の場合は適宜日本語で説明を加えること．

(b) (a)で設計した実体関連図で表現されるスキーマを関係データベーススキーマに変換し，それを SQL の CREATE 文を用いて記述せよ．

(c) 実体関連図と SQL の CREATE 文のそれぞれで表現できる制約に相違がある場合は，その相違について説明せよ．必要に応じて(a), (b)の解答を引用しても良い．

(d) (b)の解答で得た関係データベーススキーマ上の問合せを二つ考案し，一つ目の問合せは関係論理式で表現し，二つ目の問合せは SQL で表現せよ．いずれの問合せもなるべく複雑でしかも意味のあるものとすること．

（2）データベースのファイル編成法に関する以下の問いに答えよ．ただし，(a)と(b)の説明には同じレコード集合を用いた例も含めること．また，各ファイル編成法の構成要素が，主記憶および磁気ディスクにどのように配置されるかについても説明を加えること．

(a) B+木とはどのようなものか説明せよ．

(b) 拡張可能ハッシュ(extendible hashing)とはどのようなものか説明せよ．

BⅡ-6

AND/OR グラフについて以下の問いに答えよ.

(1) AND/OR グラフとは何か，またその解グラフとは何か説明せよ.

(2) 2 人ゲーム（チェスなど）の問題空間を, AND/OR グラフを用いて表現せよ.
また, 2 人ゲームの場合，解グラフが何を意味するかを述べよ.

(3) 実際には 2 人ゲームの問題空間は膨大で，解グラフを計算できない．そのような場合に，ゲームのプレイヤーがしばしば採用する代表的な意思決定戦略を説明せよ.