

平成19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18年8月7日(月) 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. これは「専門基礎A」の問題用紙で、表紙共に12枚ある。解答開始の合図があった後、枚数を確認、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 A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, A-9 の9問から4問を選択して解答せよ。

A-1

以下の全ての問いに答えよ。

設問1 下記の(1), (2), ..., (9)それぞれについて、正方行列  $A$  の固有値として適切なものを下記の選択肢より すべて 選び、 $a, b, \dots$  等の記号で答えよ。選択肢内に適切なものが無いときには $z$ を記せ。ただし、 $E$ は単位行列、 $O$ は零行列を表し、 $a$ と $b$ は任意の実数とする。

- (1)  $A^2 = E$  であるとき。
- (2)  $A^2 = O$  であるとき。
- (3)  $A^2 = A$  であるとき。
- (4)  $-A$  の固有値の一つが  $\lambda$  であるとき。
- (5)  $A$  が正則であり、 $A^{-1}$  の固有値の一つが  $\lambda$  であるとき。

(6)  $A = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ 4 & -2 \end{bmatrix}$

(7)  $A = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ -6 & -2 \end{bmatrix}$

(8)  $A = \begin{bmatrix} a & b \\ \frac{1-a^2}{b} & -a \end{bmatrix}$

(9)  $A = \begin{bmatrix} -3 & -2 & 1 \\ 4 & 3 & -1 \\ -4 & -2 & 2 \end{bmatrix}$

選択肢：

- (a) 0, (b) 1, (c)  $-1$ , (d) 2, (e)  $-2$ , (f) 3, (g)  $-3$ , (h) 4, (i)  $-4$ , (j) 5, (k)  $-5$ ,  
(m) 10, (n)  $-10$ , (p)  $1/2$ , (q)  $-1/2$ , (r)  $1/3$ , (s)  $-1/3$ , (t)  $1/4$ , (u)  $-1/4$ ,  
(v)  $\lambda$ , (w)  $-\lambda$ , (x)  $1/\lambda$ , (y)  $\lambda - 1$ .

設問2 下記の(1), (2), (3)それぞれについて、行列  $A$  の行列式の値を上記の設問1と同じ選択肢より選び  $a, b, \dots$  等の記号で答えよ。選択肢内に適切なものが無いときには $z$ を記せ。

(1)  $A = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$

次頁へ続く

$$(2) A = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 2 \\ 2 & -4 & 5 \\ 8 & -9 & 15 \end{bmatrix}$$

$$(3) A = \begin{bmatrix} 0 & 3 & -6 & 2 & 1 \\ -3 & 0 & -1 & -1 & 4 \\ 6 & 1 & 0 & 7 & -2 \\ -2 & 1 & -7 & 0 & -5 \\ -1 & -4 & 2 & 5 & 0 \end{bmatrix}$$

設問 3 次の命題 (a)~(h) から、正しくない命題をすべて選択し、その記号を答えよ。

- (a)  $f(x) = \log x$  は  $x > 0$  で一様連続である。
- (b)  $f(x) = \log x$  は  $x \geq 1$  で一様連続である。
- (c)  $f(x) = \log x$  は  $0 < x < 1$  で一様連続である。
- (d)  $f(x) = e^x$  は  $x > 0$  で一様連続である。
- (e)  $f(x) = \log x$  は  $x > 0$  で微分可能である。
- (f)  $f(x) = \log x$  は  $x \geq 1$  で微分可能である。
- (g)  $f(x) = \log x$  は  $0 < x < 1$  で微分可能である。
- (h)  $f(x) = e^x$  は  $x > 0$  で微分可能である。

設問 4 次の級数 (a)~(f) から、収束しない級数をすべて選択し、その記号を答えよ。

$$(a) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \quad (b) \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \quad (c) \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{1}{n}$$

$$(d) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\sqrt{n}} \quad (e) \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{1}{n\sqrt{n}} \quad (f) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2^n}{n!}$$

設問 5 次の定積分の値を

$$c_1 \in \left\{ \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, 2, 4, -\frac{1}{4}, -\frac{1}{2}, -1, -2, -4 \right\}$$

と

$$c_2 \in \left\{ \frac{1}{e}, \pi, \sqrt{\pi}, 1, \frac{1}{\pi}, \frac{1}{\sqrt{\pi}}, \log \frac{1}{2} \right\}$$

の積  $c_1 c_2$  として表せ。

$$(1) \int_1^{\infty} \frac{1}{x^2+1} dx \quad (2) \int_0^1 \log x dx$$

A-2

以下の設問 (1)、(2)、(3) から 2 つを選んで答えよ。

- (1) ガウス関数(Gaussian Function) で表わされるパルス  $f(t) = e^{-at^2}$  ( $a > 0$ ) の  
フーリエ変換(Fourier transform)  $F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt$  は、

$$F(\omega) = \sqrt{\frac{\pi}{a}} e^{-\frac{\omega^2}{4a}} \quad (1)$$

となる。なお、 $i = \sqrt{-1}$  である。このとき、以下の各小問に答えよ。

- (a)  $f(t)$  のパルス幅を 4 倍にした関数  $f_1(t)$  のフーリエ変換  $F_1(\omega)$  を求めよ。また、  
 $F(\omega)$  と  $F_1(\omega)$  の差異を述べよ。  
(b)  $f(t)$  に比べ、パルスの形状は同じで時間  $T$  だけ遅延した関数  $f_2(t)$  について、  
そのフーリエ変換  $F_2(\omega)$  を求めよ。  
(c) (1) 式を導出せよ。ただし、 $\int_{-\infty}^{\infty} e^{-at^2} dt = \sqrt{\frac{\pi}{a}}$  である。

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

$$\frac{d^2 y}{dx^2} - 2 \frac{dy}{dx} + 2y = e^x \sin x$$

- (3) 以下の各問に答えよ。

- (a) 次の積分(integral)

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

について、 $z = e^{i\theta}$  と置いて 複素積分(complex integral) に変換せよ。なお、  
 $i = \sqrt{-1}$  とする。

- (b) (a) の結果を用いて、 $a = 5$ ,  $b = 3$  の場合に式 (2) の積分を求めよ。  
(c) 次の積分を求めよ。なお、式 (2) を  $a$  について微分するとよい。

$$\int_0^{2\pi} \frac{1}{(5 + 3 \cos \theta)^2} d\theta$$

- (d) 次の積分を求めよ。

$$\int_0^{2\pi} \frac{\cos \theta}{(5 + 3 \cos \theta)^2} d\theta$$

以下の設問に答えよ。

(1) 図 (a) に示すように、真空中に一辺の長さがそれぞれ  $a, b$ 、間隔  $d$  の完全導体 (perfect conductor) の平行平板 A, B が存在する。ただし、 $a \gg d, b \gg d$  であり、平板端部での電界の乱れは無視できるものとする。

- (a) 平板 A, B がそれぞれ一様に面電荷密度 (surface charge density)  $\sigma_A, \sigma_B$  で帯電している時、A, B 間における電界 (electric field) を求めよ。
- (b) 平板 A, B からなる平行平板コンデンサ (capacitor) の静電容量 (electrostatic capacitance) を求めよ。
- (c) 図 (b) に示すように、平板 A, B 間に一定電圧  $V$  が加えられている。いま、平板の左端から  $x$  ( $x < a$ ) のところまで誘電率 (dielectric constant)  $\epsilon$  の厚さ  $d$  の誘電体を挿入した時、静電容量、平板間に蓄えられる静電エネルギー (electrostatic energy)、および誘電体の右端面に働く力を求めよ。

(2) 次の語を簡潔に説明せよ。

- (a) 磁気ヒステリシス現象 (magnetic hysteresis phenomena)
- (b) 偏波 (polarized wave)
- (c) 特性インピーダンス (characteristic impedance)

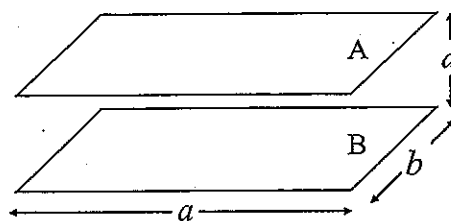


図 (a)

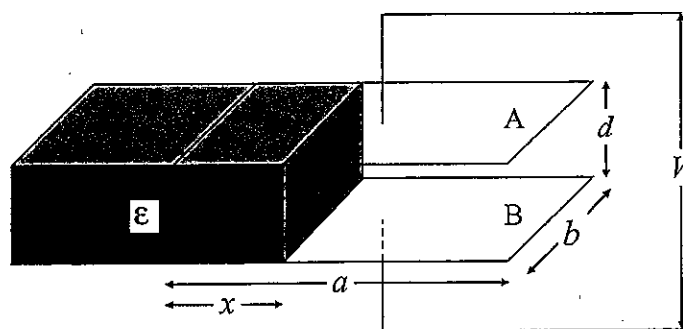


図 (b)

以下の設問に答えよ。

- (1) 図(a)に示す交流回路(AC circuit)のアドミタンス行列(admittance matrix)を求めよ。ただしアドミタンス行列の定義は下記の通りである。(ヒント:回路の対称性を考慮するとよい。)

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix}$$

- (2) 図(b)に示す回路の  $v_2(\omega)$  を求めよ。また、 $\omega = 1/CR$  において、 $v_2(\omega) = 0$  となることを示せ。(ヒント:2つのT型回路が並列になっている。全体のアドミタンス行列はそれぞれの和となる。)

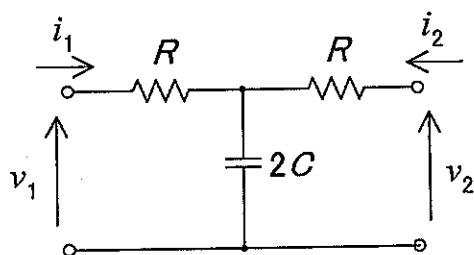


図 (a)

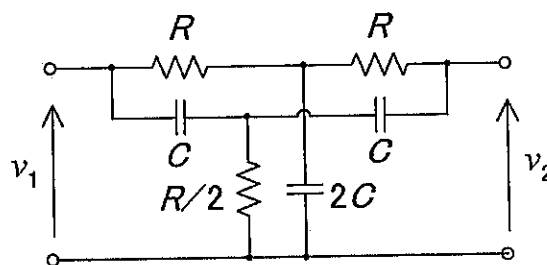


図 (b)

- (3) 図(c)に示す回路は積分器とコンパレータ(comparator)を直列につないだ発振回路である。電圧  $V_A$  と  $V_B$  の波形を相互の関係がわかるように図示せよ。また発振周期を求めよ。ただし演算増幅器(operational amplifier)は飽和出力電圧(saturation output voltage) が  $\pm V_L$  である他は、理想的特性を持つものとする。

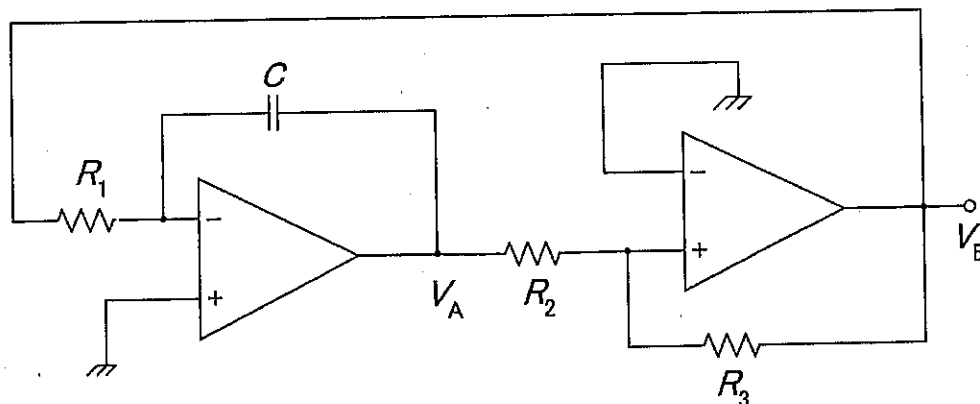


図 (c)

A-6

以下の各問に答えよ。

(1) シンボル 1, 0 をそれぞれ確率 0.8, 0.2 で発生する記憶のない 2 元情報源

(memoryless binary information source)  $S$  について以下の問に答えよ。

(a)  $S$  のエントロピー(entropy)を計算せよ。ただし、 $\log_2 10 = 3.32$  とする。

(b) 1 シンボルあたりの平均符号長(average codeword length)が 0.75 以下となる一意復号可能(uniquely decodable)な 2 元情報源符号化の一例を示せ。

(ヒント：非等長(non-equal length)情報源シンボル系列に対する符号化を考えると、より効率の良い符号が見つかる。等長情報源シンボル系列に対して符号化を行う場合は、高々 3 次の拡大情報源  $S^3$  を考えればよい。)

(2) 誤り確率が  $p$  の 2 元対称通信路(binary symmetric channel)について以下の問に答えよ。

(a) 誤り確率  $p = 0.3$ ,  $p = 0.5$ ,  $p = 0.8$  の 3 種類の 2 元対称通信路がある。情報理論の観点から見て最良の通信路はどれか。また最悪の通信路はどれか。理由と共に答えよ。

(b) 誤り確率  $p_1$  と誤り確率  $p_2$  の 2 元対称通信路を縦続接続(cascaded)した通信路も 2 元対称通信路となる。縦続接続した 2 元対称通信路の誤り確率を計算せよ。また、その通信路容量(channel capacity)を求めよ。

(c) 誤り確率  $p$  ( $0 < p < 1$ ) の 2 元対称通信路を無限に従属接続したとき、その通信路の誤り率はどのような値に収束するか。理由とともに答えよ。

以下の設問に答えよ。

【設問1】ハッシュ表 (hash table) を用いて、データを管理する。ハッシュ表のサイズを  $m$  とし、ハッシュ表のスロット (slot) のインデックス (index) を  $0$  から  $m-1$  とする。また、挿入すべき異なるキーの個数を  $n$  とする。ハッシュ表のスロットに入るのは、キー、未使用フラグ (NIL と表記)、削除フラグ (deleted と表記) のいずれかである。キー  $k$  に対するハッシュ値は  $h(k)$  で表す。以下の5つの問いに答えよ。なお、アルゴリズム (algorithm) の記述は、正確であれば、どのような言語 (自然言語を含む) を使用してもよい。

問1 線形探査法 (linear probing) によるハッシュ表において、与えられたキーがハッシュ表に格納されている場合にはそのスロットのインデックスを返し、キーがない場合には  $-1$  を返す キー探索 (lookup) アルゴリズム を記述せよ。

問2 線形探査法によるハッシュ表における、キー挿入 (insert) アルゴリズム を簡単に記述せよ。返す値は、挿入されたスロットのインデックスである。

問3 線形探査法によるハッシュ表における、キー削除 (delete) アルゴリズム を簡単に記述せよ。

問4 空のハッシュ表 (サイズ 11) に次の順でキーが挿入される時、線形探査法によるハッシュ表の最終的な格納状態を示せ。

キー $k$	R	O	S	E	F	L	U	C	!
ハッシュ値 $h(k)$	8	7	5	7	1	3	1	5	5

問5 問4と同じ設定において、チェイン法 (chaining) での最終的な格納状態を示せ。ただし、スロットに入るのは、キー、未使用フラグ、ポインタのいずれかである。

【設問2】均一ハッシュ法 (uniform hashing) による開番地法 (内部ハッシュ法, open addressing) のキー挿入アルゴリズムの計算量を求める。占有率 (load factor) は、設問1で定義した  $m, n$  を用いて、 $\alpha = \frac{n}{m}$  と定義する。ただし、 $0 < \alpha < 1$  である。以下の4つの問いに答えよ。

問6 均一ハッシュ法 はどのようなものか簡潔に説明せよ。

問7  $k$  個のキーが挿入されているハッシュ表において、 $i$  回 ( $1 \leq i \leq k$ ) の探査がすべて使用中スロットである確率  $q_i$  を  $\alpha$  を使って近似せよ。

問8 空きスロットを見つけるのに必要な探査回数の期待値 を  $\alpha$  を使って近似せよ。

問9 空のハッシュ表に  $n$  個のキーを挿入するのに必要な探査回数のキー1個あたりの平均値を  $\alpha$  を使って近似せよ。ただし、 $\ln i \leq \sum_{j=1}^i \frac{1}{j} \leq \ln i + 1$  を用いてもよい。



A-8

以下の設問に答えよ。

- (1) 10進整数、10進純小数を2進数に変換するアルゴリズムを示し、10進数90および0.1を2進数に変換せよ。
- (2) レジスタトランスファ (RT) レベルのハードウェアの構造の一例を示し、機械命令がどのように実行されるのか説明せよ。

ALGOL で採用された BNF (Backus Normal Form) によって記述された次の構文規則について、以下の各問に答えよ。

```
<program> ::= program <identifier> (<identifier-list>); <block>.  
<identifier-list> ::= <identifier>  
                      | <identifier-list>, <identifier>
```

1. この構文規則を、Pascal で採用された構文ダイアグラム (構文図式) で表せ。上の二つの構文規則を、一つのダイアグラムにまとめること。
2. この構文規則を、C 言語で標準的に採用されている BNF 記法で表せ。イタリック体 (斜体) で表記する部分は、下線を引いて明示すること。
3. Pascal における構文ダイアグラムと、C 言語における BNF 記法とを比較して、それぞれの長所を 5 行以内で述べよ。

平成19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18年8月8日(火)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. 「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、枚数を確認、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

以下の問いに答えよ。

- (1) パーシャルレスポンス (partial response) 情報伝送方式の原理ならびに特徴について、例を用いて説明せよ。ただし、インパルス応答(impulse response)、周波数応答(frequency response)、プリコーディング(pre-coding)については必ず触れること。
- (2) 伝送制御手順 HDLC (High-level Data Link Control)の特徴について簡潔に説明せよ。ただし、受信シーケンス番号(sequence number)を用いた誤り制御(error control)については必ず触れること。

BI-2

以下の各問に答えよ。

(1) 次式で定義された信号  $f(t)$  に関して以下の問に答えよ。

$$f(t) = \sum_{n=0}^1 c \left( t - \left( n - \frac{1}{2} \right) T \right)$$

但し、 $c(t)$  は次式で定義されるものとする。

$$c(t) = \begin{cases} 1 & |t| \leq \frac{T}{8} \\ 0 & |t| > \frac{T}{8} \end{cases}$$

(a) 信号  $f(t)$  の時間波形 (waveform) を描け。

(b) 信号  $f(t)$  の周波数スペクトラム (frequency spectrum) を求め、その概形を描け。

(2) 次式の直交振幅変調波 (QAM ; quadrature amplitude modulation wave) について以下の問に答えよ。但し、 $\omega_0$  は角周波数 (angular frequency) を表している。

$$S(t) = P(t) \sin \omega_0 t + Q(t) \cos \omega_0 t$$

(a) 同期検波 (coherent detection) によって  $P(t)$  と  $Q(t)$  が独立に検出できることを示せ。

(b)  $P(t)$  と  $Q(t)$  が次式で与えられる場合の  $S(t)$  のパワースペクトラム (power spectrum) の概形を図示せよ。但し、 $\omega_1 < \omega_2 < \omega_3 < \omega_4 \ll \omega_0$  であるとする。

$$P(t) = \cos \omega_1 t + \cos \omega_3 t$$

$$Q(t) = \sin \omega_2 t + \sin \omega_4 t$$

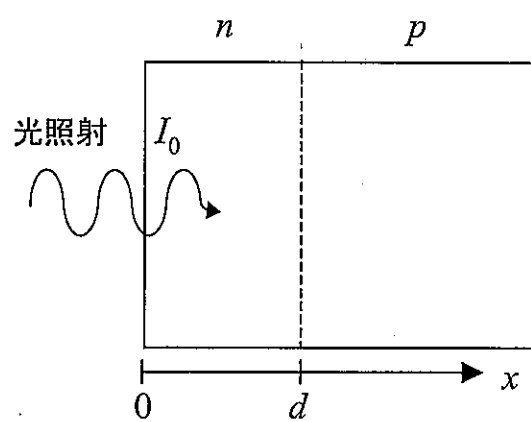
(c)  $P(t)$  と  $Q(t)$  が下記の余弦波と正弦波で表される時、信号  $S(t)$  は別の変調方式 (modulation scheme) で呼ばれる。その変調方式名を記せ。さらに  $S(t)$  の時間波形とパワースペクトラムの概形を図示せよ。但し、 $\omega_1 \ll \omega_0$  であるとする。

$$P(t) = \cos \omega_1 t$$

$$Q(t) = \sin \omega_1 t$$

半導体について以下の設問に答えよ。ただし、ボルツマン (Boltzmann) 近似が成立する 非縮退 (nondegenerate) の半導体を仮定し、必要に応じて以下の記号を用いてよい。絶対温度:  $T$ 。ボルツマン定数:  $k$ 。電気素量 (elementary charge):  $e$ 。プランク定数 (Planck constant):  $h$ 。

- (1) 多数キャリア密度の温度依存性の概略を図示し、キャリアの発生機構を論じよ。
- (2) 半導体中における フェルミ準位 (Fermi level) とはどのような準位であることを説明せよ。また、 $n$  型および  $p$  型半導体中でフェルミ準位が温度に対してどのように変化をするか、理由とともに簡潔に述べよ。
- (3) ドナーおよびアクセプタが完全にイオン化している  $n$  型半導体と  $p$  型半導体により  $pn$  接合を形成したときの 拡散電位 (diffusion potential)  $V_d$  を求めよ。ただし、ドナー密度を  $N_D$ 、アクセプタ密度を  $N_A$ 、導電帯 (conduction band)、価電子帯 (valence band) の 有効状態密度 (effective density of states) をそれぞれ  $N_c$ 、 $N_v$ 、真性キャリア密度 (intrinsic carrier concentration) を  $n_i$  とせよ。
- (4) この  $pn$  接合に電圧を印加したときの電流電圧特性の概略を図示し、なぜそのような特性を示すのかエネルギーバンド図を用いて説明せよ。
- (5)  $pn$  接合に光を照射したときの光電流の発生について考える。図のように  $n$  型半導体表面から周波数  $f$ 、パワー  $I_0$  の光が入射し、半導体によって吸収された照射光の全てが電子正孔対の生成に寄与すると仮定する。ただし、表面再結合の影響は無視してよい。
  - (a) この入射光に対する半導体の吸収係数を  $\alpha$  とし、表面から深さ  $x$  における微小部分  $dx$  で吸収された光によって生成される電子正孔対の数を表わす式を示せ。
  - (b) 光によって  $n$  型半導体中で生成された正孔のうち、表面から  $d$  の深さに存在する  $pn$  界面に達することのできるキャリア数を求めよ。同様に  $p$  型半導体中で生成された電子のうち  $pn$  界面に達することのできるキャリア数を求めよ。ただし、正孔、電子の 拡散距離 (diffusion length) をそれぞれ  $L_p$ 、 $L_n$  とせよ。
  - (c) 光電流は、問 (b) で求めた少数キャリア数の和に比例する。効率よく光電流を取り出すためにはどのような工夫をすればよいか、求めた式を元に論じよ。



以下の各設問に答えよ。

- (1) 真空中に無指向性アンテナ (omnidirectional antenna) を置き,  $1\text{W}$  の電力の無変調電磁波 (unmodulated electromagnetic wave) を放射するものとする。このとき以下の各問に答えよ。
  - (a) 複素ポインティングベクトル (complex Poynting vector) の定義と, その意味を述べよ。
  - (b) このアンテナから距離  $r$  の点における複素ポインティングベクトルの大きさと, 電界, 磁界の強さの実効値 (effective value) を求めよ。ただし光速を  $c$  とする。
- (2) 天頂角 (zenith angle)  $\theta$  (天頂方向を  $\theta = 0$  とする), 方位角 (azimuth angle)  $\phi$  の方向における指向性 (directivity) が  $\sin \theta$  で与えられる無損失アンテナ (lossless antenna) について, 以下の各問に答えよ。ただし波長を  $\lambda$  とする。
  - (a) このアンテナの指向性利得 (directional gain) を求めよ。
  - (b) このアンテナの有効開口面積 (effective area) を求めよ。
  - (c) これと同じアンテナを  $(\theta, \phi) = (\pi/2, 0)$  の方向に  $\lambda/2$  の距離でもう 1 本配置し, 同位相励振 (in-phase excitation) した 2 素子アレイ (two-element array) の指向性を求めよ。



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) を設計する。この回路の出力は、これまでに 011 という入力系列が発生していない状態で 010 という入力系列を検出したときにのみ 1 となり、それ以外の場合は 0 となる。例えば、0101011010 という入力系列に対する出力系列は 0010100000 である。

以下の各問に答えよ。

- (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。また、求めた状態遷移表と出力表に基づき、01011010 が入力された場合の状態遷移の様子を説明し、出力が 00100000 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, ... 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  $\bar{q}$  が得られ、回路への入力としては  $x$  と  $\bar{x}$  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) 各フリップフロップの入力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。
- (c) 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。
- (d) 出力  $z$  を与える回路を、NOT ゲート、2入力 NOR ゲート、3入力 NOR ゲートのみを用いて、最小のゲート数で実現せよ。

以下の問に答えよ。

- (1) プログラム内蔵方式 (stored program) の計算機とはどのようなものか。この方式が開発された歴史的意味にも配慮して述べよ。
- (2) キャッシュメモリ (cache memory) 方式について、以下の問に答えよ。
  - (a) この方式の目的を述べよ。
  - (b) キャッシュメモリ方式を採用する計算機システムを設計する場合について、以下の各項目に答えよ。
    - (i) キャッシュメモリの性能と容量は何を考慮して決定するか要点を述べよ。
    - (ii) キャッシュメモリと主メモリとの間の写像とは何か、またどのような写像法が考えられるか、写像単位と転送単位は何を考慮して決定するか要点を述べよ。
    - (iii) キャッシュメモリと主メモリに格納されている情報について、どのように管理する必要があるか要点を述べよ。
    - (iv) 上記の考察などにより、キャッシュメモリの仕様を決定するに当たって、シミュレーションにより各種仕様案の評価を行うことがある。このとき、既存のアプリケーションプログラムが参照した主メモリ上のアドレス系列(アドレスパターン)をトレースして評価に用いることがあるがその理由を述べよ。
    - (v) (iv)において、AプログラムからBプログラムへ、さらにCプログラムへとアドレスパターンを切り替えて評価を行う。このときプログラムの切り替え間隔も長短色々と変化させる。このような評価を行う理由を述べよ。
- (3) 命令形式について以下の問に答えよ。
  - (a) オペランド(operand)数により命令形式を分類する場合、一般的に、3アドレス形式、2アドレス形式、1アドレス形式、0アドレス形式の4つがよく知られている。  
 例えば、加算機能  $A+B \rightarrow C$  (レジスタAの内容とレジスタBの内容を加えてレジスタCに格納する)は、3アドレス形式の命令では、
 

ADD	C	A	B
-----	---	---	---

 と1命令で表現できる。では、この機能をそれぞれ2アドレス、1アドレス、0アドレスの命令形式で実現すればどのようなになるか示せ。
  - (b) (a)の4つの命令形式の利害得失を論じよ。

平成19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18年8月8日(火)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. 「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、枚数を確認、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 BII-1, BII-2, BII-3, BII-4, BII-5, BII-6の6問から4問を選択して解答せよ。

BII-1

(1,2)SAT とは、与えられた和積形の論理式に対して、各節において1個または2個のリテラルを1（真）にする（他のリテラルは全て0（偽））変数への0/1割り当て（充足割り当て）が存在するかどうかを問う問題である。（普通のSATの充足割り当てでは、各節で1になるリテラルの数は1以上であれば何個でも良かった。）ここで、和積形の論理式とは、例えば  $(x_1 + \overline{x_2} + x_3)(x_2 + \overline{x_4})(x_1 + x_3 + x_4 + \overline{x_5})$  の様な形をした式のことである。ここでは、以下の3つの制限を満たす式のみを考える。(a)1つの節に同じ変数が2度以上現れない。(b)同じ節が2つ以上存在しない。(c)サイズ1の節（リテラルの個数が1個だけの節）が存在しない。以下の各問いに答えよ。なお、解答には十分な説明を与えること。

1. 変数の数が3以下、節の数が4以上の(1,2)SATの意味で充足可能な（充足割り当てが存在する）式の例を与えよ（上の制限を満たすものであること、以下同様）。
2. 変数の数が3以下、節の数が4以上の(1,2)SATの意味で充足不能な式の例を与えよ。
3. 変数の数が3以下、節の数が4以上の式で、普通のSATの意味では充足可能であるが、(1,2)SATの意味では充足不能な式の例を与えよ。
4. (1,2)SATがNP完全であることを証明せよ。なお、普通の3SAT（与えられる式の各節のリテラルの個数が3個であるSAT）がNP完全であることは証明なしで使用して良い。（ヒント：3SATの式の節に対して、その節に含まれる3つのリテラルを全て否定したものに新たに1つ変数を加えたものを考えるとどうなるか。）

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) を設計する。この回路の出力は、これまでに 011 という入力系列が発生していない状態で 010 という入力系列を検出したときにのみ 1 となり、それ以外の場合は 0 となる。例えば、0101011010 という入力系列に対する出力系列は 0010100000 である。

以下の各問に答えよ。

- (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。また、求めた状態遷移表と出力表に基づき、01011010 が入力された場合の状態遷移の様子を説明し、出力が 00100000 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, ... 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  $\bar{q}$  が得られ、回路への入力としては  $x$  と  $\bar{x}$  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) 各フリップフロップの入力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。
- (c) 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。
- (d) 出力  $z$  を与える回路を、NOT ゲート、2 入力 NOR ゲート、3 入力 NOR ゲートのみを用いて、最小のゲート数で実現せよ。

BII-3

図を多用して、下記の問いに答えよ。

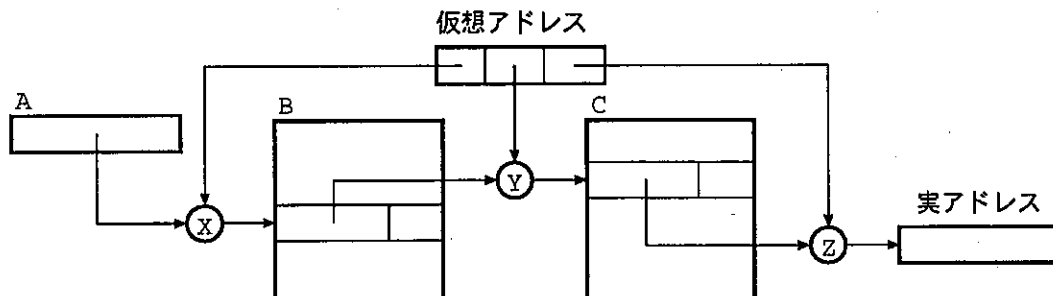
(1) 命令パイプラインの基本原理を述べよ。また、パイパス機構はどのように用いられるのか。

(2) IF (命令フェッチ)、D (解読)、EX (演算実行)、MA (メモリアクセス)、S (結果格納) の5つのステージを有するロードストア命令向けのパイプラインを考える。各ステージは1サイクルで実行され、パイプラインを止める要因が発生すると、全ステージが停止するものとする。条件分岐命令の分岐予測はIFで確定され、分岐方向はEXで決定され、また、演算は整数演算のみで1サイクルで実行されるものとする。命令キャッシュのヒット率は100%とする。条件分岐命令の出現頻度  $a$  (20%)、分岐予測ミス率  $b$  (10%)、ロード命令の出現頻度  $c$  (25%)、ロード命令直後の命令でのそのデータへの参照頻度  $d$  (10%)、ストア命令の出現頻度  $e$  (10%)、データキャッシュミス率  $\beta$  (5%)、主記憶-キャッシュ間の転送時間  $T$  (50サイクル) としたとき、CPI (Cycles Per Instruction) を  $a \sim T$  を用いた式で表し、実際の値を求めよ。

(3) 命令レベル並列処理のためのトレーススケジューリング法について、トレース、リストスケジューリング、命令コピーなどの用語を使用して説明せよ。

BII-4

次の図は、Pentium プロセッサ上の Linux OS における仮想アドレスから実アドレスへの典型的な変換過程を示したものである。これについて、次の各問に答えよ。



1. 図中の A はレジスタであり、B および C はテーブルである。これらのレジスタとテーブルの名称を答えよ。
2. 図に示したように仮想アドレスは三つの部分から構成される。各部分のサイズは、図の左から順に 10 ビット、10 ビット、12 ビットである。テーブル B および C が保持するエントリ数をそれぞれ求めよ。
3. 物理メモリおよび二次記憶装置の制約がないとき、テーブル B および C は、プロセスごとに最大何個まで存在し得るかを述べよ。
4. 図中の X, Y, Z において行う演算を正確に述べよ。

以下の設問に答えよ。

- (1) 以下の三つの関係スキーマからなる関係データベースを考える。

学生 (学生番号, 氏名, 生年月日)

登録 (学生番号, 科目番号)

科目 (科目番号, 科目名, 教員名, 教室)

ただし、ここで下線部は主キーを表し、これら三つの関係スキーマはいずれも BCNF であるとする。以下の設問に答えよ。

- (a) 以下の SQL 問合せを(i)日本語, (ii)関係代数, (iii)関係論理 のそれぞれで表現せよ。

SELECT G.氏名

FROM 学生 G, 登録 T1, 登録 T2, 科目 K1, 科目 K2

WHERE G.学生番号 = T1.学生番号

AND G.学生番号 = T2.学生番号

AND T1.科目番号 = K1.科目番号

AND T2.科目番号 = K2.科目番号

AND T1.科目番号 <> T2.科目番号

AND K1.教員名 = K2.教員名;

- (b) 登録と科目という二つの関係スキーマの替わりに、登録科目 (学生番号, 科目番号, 科目名, 教員名, 教室) という関係スキーマを考え、以下の設問に答えよ。

(i) 「登録科目」のキーは何かを答えよ。

(ii) 「登録科目」の正規形のクラス (たとえば, BCNF など) は何かを理由とともに答えよ。

(iii) 「登録」と「科目」の替わりに「登録科目」を設けることの得失を論ぜよ。

- (2) データベースの索引について以下の設問に答えよ。

(a) 索引の役割を磁気ディスクの物理的特性に言及しながら説明せよ。

(b) 索引のファイル編成法として良く使われるものに木構造索引とハッシュ索引がある。これらについて説明せよ。



# BII-6

以下の設問に答えよ.

- 1) 数独パズルの一般的な解法を, 制約ネットワークを用いて示せ. 「同一の数」「異なる数」という2種の制約関係を用いよ.
- 2) 特に以下のパズルで, 3つの灰色のセルの数を決めるときの, 制約ネットワークと弛緩法の適用プロセスを示せ.

5	3			7				
6			1	9	5			
	9	8		A			6	
8				6				3
4			8	B	3			1
7				2				6
	6			C		2	8	
			4	1	9			5
				8			7	9

Sudoku (from Wikipedia)

The puzzle is most frequently a 9×9 grid, made up of 3×3 subgrids called "regions". Some cells already contain numerals, known as "givens". The goal is to fill in the empty cells, one numeral in each, so that each column, row, and region contains the numerals 1–9 exactly once.