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
（平成21年度10月期入学・平成22年度4月期入学）

専門基礎A

平成21年8月11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. 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.

(1) 次の関数の導関数 (derivative) を求めよ. $\log x$ は自然対数 (natural logarithm) である.

(a)　$y = \log(\log x)$　　　(b)　$y = x^{x^x}$

(2) $I_m = \displaystyle\int x^m \sin ax \, \mathrm{d}x$ が満たす漸化式 (recurrence relation) を求めよ. また, それを用いて I_3 を求めよ. m は自然数であり, $a (\neq 0)$ は実数である.

(3) 任意の対角行列 (diagonal matrix) A に対して, $AB = BA$ を満たす行列 B は対角行列であることを証明せよ.

A-2

以下の設問 (1)、(2)、(3) から 2 つを選んで答えよ。

(1) フーリエ変換(Fourier transform) に関する下記の問に答えよ。

(a) $F(y)$ と $G(y)$ を各々関数 $f(x)$ と $g(x)$ のフーリエ変換とするとき、次式を証明せよ。但し、$*$ は 複素共役(complex conjugate) を表す。

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\, g^*(x)\, dx = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(y)\, G^*(y)\, dy$$

(b) 次式で定義された関数 $f(t)$ のフーリエ変換を求めよ。但し、a は正の定数である。

$$f(t) = \begin{cases} 1 - at & 0 \leq t \leq a^{-1} \\ 1 + at & 0 > t \geq -a^{-1} \\ 0 & |t| > a^{-1} \end{cases}$$

(c) 次式で定義する関数 $H(\omega)$ の 逆フーリエ変換(inverse Fourier transform) を $h(t)$ とする。上記の問 (a) 及び (b) の結果を利用して $h(0)$ を求めよ。

$$H(\omega) = \frac{(1 - \cos(2\omega))^2}{\omega^4}$$

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

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

(3) 複素数(complex number) $z \neq 1$ について、任意の 自然数(natural number) n に対して下式が成り立つ。

$$1 + z + z^2 + z^3 + \cdots + z^n = \frac{z^{n+1} - 1}{z - 1}$$

$z = \cos\theta + \mathrm{i}\sin\theta$ として、次式を証明せよ。なお、$\mathrm{i} = \sqrt{-1}$ とする。

$$\sin\theta + \sin 2\theta + \sin 3\theta + \cdots + \sin n\theta = \frac{\sin\frac{n}{2}\theta \cdot \sin\frac{(n+1)}{2}\theta}{\sin\frac{\theta}{2}}$$

A-3

以下の設問に答えよ。

(1) 図 (a) のように、真空中に接地された無限に大きな**完全導体** (perfect conductor) の表面の一点 O から距離 d だけ離れた位置に**電荷** (electric charge)$+q$ の点電荷が存在する。

(a) 点電荷に働く力の大きさと方向を求めよ。

(b) 点電荷から出る**電気力線** (line of electric force) の様子を描け。

(c) 任意の点における**電位** (electric potential)V 及び**電界** (electric field)$\boldsymbol{E}$ を求めよ。

(d) 導体表面に誘起される電荷密度を求めよ。

(2) 図 (b) のように、真空 (**透磁率** (permeability)μ_0) 中の一様な**磁界** (magnetic field)$\boldsymbol{H}_0$ の中に、透磁率 μ の無限に広い厚さ一定の**常磁性体** (paramagnetic substance) 平板が、面の法線が $\boldsymbol{H}_0$ と θ_0 の角をなすように置かれている。

(a) 磁性体中の磁界を $\boldsymbol{H}$ とするとき、磁性体表面における境界条件を求めよ。

(b) 磁界の大きさ $|\boldsymbol{H}|$ を求めよ。

(c) 磁界 $\boldsymbol{H}$ と面の法線のなす角 θ を求めよ。

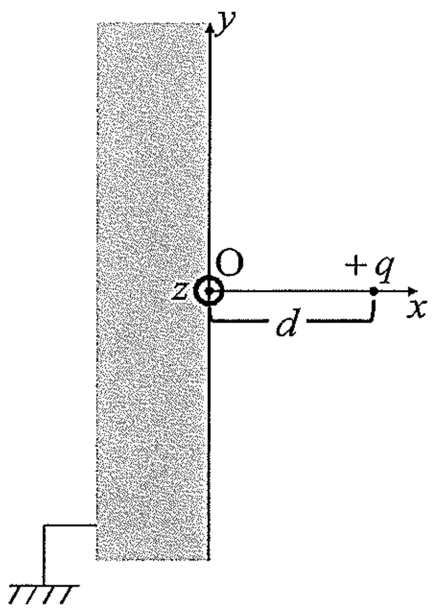


図 (a)

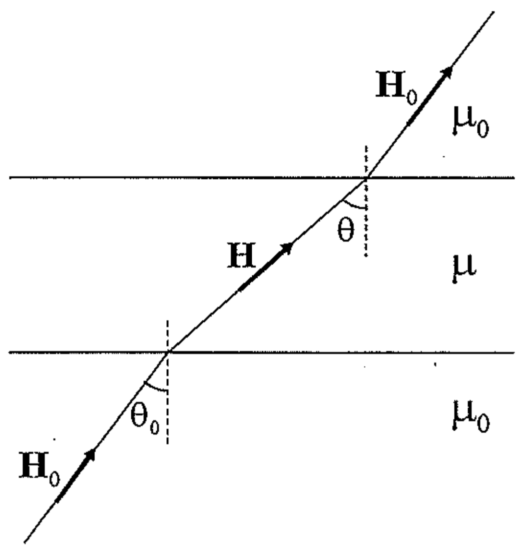


図 (b)

A-5

以下の設問に答えよ。

(1) 図(a)に示す演算増幅器(operational amplifier)を用いた回路の動作を解析する。以下に沿って求めよ。ただし演算増幅器の特性は理想的とする。

(a) V_+ に対して図(b)の等価回路(equivalent circuit)が書ける。点線内の範囲にテブナンの定理(Thevenin's theorem)を用い、V_+ を V_1 と V_2 を用いて表現せよ。

(b) $\dfrac{V_2}{V_1}$ を求めよ。

(c) この回路がどんな種類のフィルタか説明せよ。

(2) 次の用語の意味を簡潔に説明せよ。

(a) インピーダンス整合(impedance matching)

(b) 有効電力(effective power)と力率(power factor)

(c) 負帰還(negative feedback)

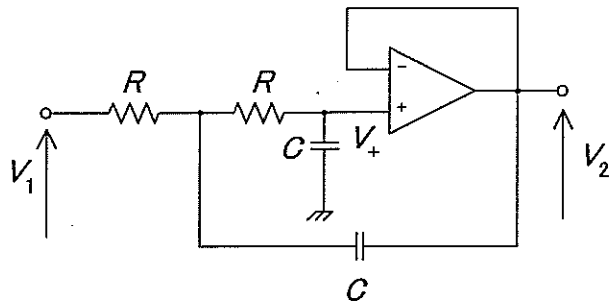


図 (a)

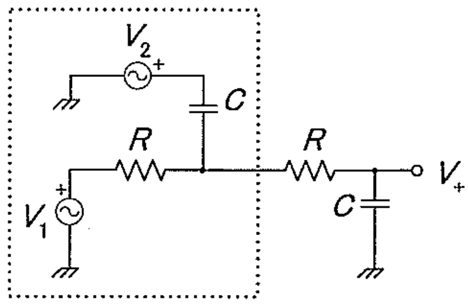


図 (b)

A-6

以下の問に答えよ．

(1) 下表に示す記憶のない情報源 (information source) について問に答えよ．

(a) 1次のエントロピー (entropy)$H_1(S)$ を求めよ．ただし，$\log_2 5 = 2.32$ とする．

(b) この情報源に対する2元ハフマン符号 (Huffman code) を構成せよ．

(c) 前の問で構成したハフマン符号の平均符号長を計算せよ．

(d) この情報源に対する3元ハフマン符号を構成せよ．

情報源記号	確率
A	0.5
B	0.2
C	0.05
D	0.25

(2) 2元線形符号に関する以下の問に答えよ．

(a) 誤り検出符号 (error detecting code) と再送要求 (retransmission request) 制御を組み合わせる方式 (A) と，誤り訂正符号 (error correcting code) を用いる方式 (B) の2つの誤り制御方式 (error control schemes) について，それぞれの利害得失 (merits and demerits) を比較せよ．

(b) 一般に誤り検出符号の生成多項式 (generating polynomial) として望ましい条件を3つ挙げて，それぞれについて望ましい理由を簡潔に説明せよ．

(c) $G(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$ を生成多項式とする誤り検出方式について考える．

(c-1) 多項式表現が $x^4 + x$ の情報ビット列が与えられたとき，その検査ビット列を計算し多項式表現で答えよ．(組織符号 (systematic code) を考えること．)

(c-2) 以下の多項式表現で表わされるビット列が受信されたとする．誤り発生の有無を判定せよ．

(i) $x^7 + x^3 + x + 1$

(ii) $x^{100} + x^{50} + 1$

(c-3) シフトレジスタ (shift register) を用いた $G(x)$ による割り算回路 (division circuit) を図示せよ．

A-7

n を任意の正整数とする。以下の各問に答えよ。

(1) 整数集合 $\{1, 2, \ldots, n\}$ の任意の順列 $\sigma = \langle \sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_n \rangle$ が与えられたとき、それを隣接要素（整数）の交換操作によって昇順列 $\langle 1, 2, \ldots, n \rangle$ に整列することを考える。例えば順列 $\langle 3, 2, 1 \rangle$ が与えられたら、以下に示すように3回の交換操作の適用で、目的の昇順列 $\langle 1, 2, 3 \rangle$ を得る。（なお、$\langle 3, 2, 1 \rangle$ は $\begin{matrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{matrix}$ のように縦書きで表記してある。また、交換操作を適用する部分を下線によって表している。）

$$\begin{matrix} \underline{3} \\ \underline{2} \\ 1 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 2 \\ \underline{3} \\ \underline{1} \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} \underline{2} \\ \underline{1} \\ 3 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix}$$

なお、隣接していない要素の交換はできないものとする。例えば $\langle 3, 2, 1 \rangle$ から、いきなり3と1を交換して $\langle 1, 2, 3 \rangle$ を得ることは許されない。以下の各問に答えよ。

(a) 降順列 $\langle n, n-1, \ldots, 1 \rangle$ が与えられたとき、それを $\frac{n(n-1)}{2}$ 回の交換操作で昇順列にするアルゴリズムを示せ。アルゴリズムはコードを正確に記述するのではなく、人に理解できるようにアイデアを分かりやすく説明することを重視すること。

(b) 順列 $\sigma = \langle \sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_n \rangle$ に対し、$i < j$ かつ $\sigma_i > \sigma_j$ である対 $\{\sigma_i, \sigma_j\}$ $(i, j \in \{1, 2, \ldots, n\})$ のことを反転対と呼ぶ。σ における反転対の数を、反転数と呼び、$r(\sigma)$ で表す。例えば順列 $\langle 3, 1, 4, 2 \rangle$ において反転対は $\{1, 3\}$, $\{2, 3\}$, $\{2, 4\}$ の3つなので、その反転数は3である。任意の順列 σ について、昇順に整列するためには少なくとも $r(\sigma)$ 回の交換操作が必要なことを示せ。

(c) 任意の順列 σ について、$r(\sigma)$ 回の交換操作で昇順に整列できることを示せ。

(2) ちょうど2つの整数を格納できる 箱（メモリ）が n 個 b_1, b_2, …, b_n の様に存在している。（したがって合計で $2n$ 個の整数が格納できる。）1から n までの n 個の整数

次頁へ続く

がそれぞれちょうど2個ずつ（合計 $2n$ 個）あり、上記の n 個の箱に収められているものとする。これを前問で行った様な交換操作によって昇順、すなわち $b_1 = \{1, 1\}$, $b_2 = \{2, 2\}, \ldots, b_n = \{n, n\}$ のように整列したい。但しここでは交換操作は隣り合った箱内の整数を一つずつ選んで作った一対を交換することを1回の交換操作と考える。例えば $b_1 = \{1, 3\}$, $b_2 = \{2, 3\}$, $b_3 = \{1, 2\}$ となっている状態を、各箱の整数を横に並べて表記することで

$$\begin{array}{cc} 1 & 3 \\ 2 & 3 \\ 1 & 2 \end{array}$$

と表すこととすると、これは以下のような3回の交換操作で整列できる。(交換操作を施す整数の対を下線で示してある。)

$$\begin{array}{cc} 1 & 3 \\ 2 & \underline{3} \\ \underline{1} & 2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{cc} 1 & \underline{3} \\ 2 & \underline{1} \\ 3 & 2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{cc} 1 & 1 \\ 2 & \underline{3} \\ 3 & \underline{2} \end{array} \rightarrow \begin{array}{cc} 1 & 1 \\ 2 & 2 \\ 3 & 3 \end{array}$$

下記の各問に答えよ。

(a) $\begin{array}{cc} 3 & 3 \\ 2 & 2 \\ 1 & 1 \end{array}$ をなるべく少ない交換操作数で整列せよ。

(b) $\begin{array}{cc} 5 & 5 \\ 4 & 4 \\ 3 & 3 \\ 2 & 2 \\ 1 & 1 \end{array}$ をなるべく少ない交換操作数で整列せよ。

A-8

コンピュータの演算方式について下記の問いに答えよ。

（1）10 進整数を 2 進整数に変換するアルゴリズムを示せ。また 10 進整数 90 を 2 進整数に変換せよ。

（2）10 進純小数を 2 進純小数に変換するアルゴリズムを示せ。また、10 進小数 0.1 を 2 進小数に変換せよ。

（3）固定小数点の正の数、負の数を表現する際に使用される 2 の補数表現とはどのような表現か。また、2 の補数表現された数の加算のためのアルゴリズムとオーバフロー条件を示し、負の数と負の数の加算の場合についてそのアルゴリズムが正しいことを証明せよ。

（4）加算における桁上げ保存（キャリーセーブ）方式について説明し、乗算でどのように利用されるのか、述べよ。

A-9

Scheme に関する次の問題に答えよ.

(1) 関数 make-cycle を次のように定義する.

```
(define (make-cycle x)
  (define (last-pair x)
    (if (null? (cdr x))
        x
        (last-pair (cdr x))))
  (set-cdr! (last-pair x) x)
  x)
```

このとき, 次の式を実行することによって生成されるデータ構造を, ペアを表す箱とポインタを表す矢印を使って示せ.

```
(define z (make-cycle (list 1 2 3)))
```

(2) and 式と or 式は次のように定義されている.

and 式 (and e_1 e_2 $\cdots$ e_n)

The expressions are evaluated from left to right. If any expression evaluates to false, false is returned; any remaining expressions are not evaluated. If all the expressions evaluate to true values, the value of the last expression is returned. If there are no expressions then true is returned.

or 式 (or e_1 e_2 $\cdots$ e_n)

The expressions are evaluated from left to right. If any expression evaluates to a true value, that value is returned; any remaining expressions are not evaluated. If all expressions evaluate to false, or if there are no expressions, then false is returned.

次の (a) から (f) までの and 式, or 式のそれぞれに対して, それと等価な式を示せ. 等価な式の中には and と or は使ってはならないが, if と let は使ってよい. また, e, e_1, e_2 は任意の式とする.

(a) (and)　　(d) (or)

(b) (and e)　　(e) (or e)

(c) (and e_1 e_2)　　(f) (or e_1 e_2)

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
（平成21年度10月期入学・平成22年度4月期入学）

専門基礎B

平成21年8月10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B」**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10問(B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6,B-7,B-8,B-9,B-10)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B　$\boxed{\text{B-1}}$, $\boxed{\text{B-2}}$, $\boxed{\text{B-3}}$, $\boxed{\text{B-4}}$, $\boxed{\text{B-5}}$, $\boxed{\text{B-6}}$, $\boxed{\text{B-7}}$, $\boxed{\text{B-8}}$, $\boxed{\text{B-9}}$, $\boxed{\text{B-10}}$の10問から４**問**を選択して解答せよ。

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

以下の設問に答えよ。

(1) 情報伝送システムにおけるひずみについて以下の問いに答えよ。

(a) 伝送路の<u>伝達関数</u> (transfer function)を $H(\omega) = |H(\omega)| \cdot \exp(-j\,\theta(\omega))$ と表記する。このとき、<u>ベースバンド信号</u> (baseband signal) を<u>無ひずみ</u> (distortionless) で伝送するために必要な $|H(\omega)|$ と $\theta(\omega)$ の条件を示せ。

(b) 同様に、<u>帯域通過信号</u> (bandpass signal) を無ひずみで伝送するために必要な $|H(\omega)|$ と $\theta(\omega)$ の条件を示せ。ただし、結果のみでよい。

(c) 次式に示す伝達関数をもつ伝送路を介してパルス波形 $f(t)$ を送信したとき、その受信波形はどうなるか計算せよ。

$$H(\omega) = (1 + \alpha\cos k\omega) \cdot \exp(-j\omega\tau)$$

ただし α, k, τ は正の定数である。

(d) <u>非線形ひずみ</u> (nonlinear distortion)とはどのようなひずみか。特に周波数軸上でどのような現象が生ずるか簡潔に説明せよ。

(2) <u>インターネット</u>(Internet)では <u>IP アドレス</u>(IP address)、<u>MAC アドレス</u>(Medium Access Control address)、<u>ドメイン名</u>(domain name)の３種類のアドレスが用いられる。以下の問いに答えよ。

(a) それぞれのアドレスの構造と使用目的を合計 300 字程度で説明せよ。

(b) ３種類のアドレス相互の変換方法を合計 300 字程度で説明せよ。

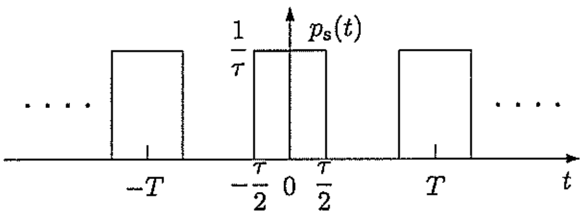
B-2

以下の問に答えよ．

(1) 複素フーリエ級数 (complex Fourier series) に関する以下の問に答えよ．

(a) 次図に示す周期 T の矩形パルス $p_{\mathrm{s}}(t)$ を複素フーリエ級数で表わせ．ただし，

$$
\begin{aligned}
p_{\mathrm{s}}(t) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} p_0(t-nT) \\
p_0(t) &= \begin{cases} \dfrac{1}{\tau} & \left(|t| < \dfrac{\tau}{2}\right) \\ 0 & \left(|t| \geq \dfrac{\tau}{2}\right) \end{cases}
\end{aligned}
$$



とする．

(b) 周期 T を一定のまま，τ を 0 に近づけた時，$\tilde{p}_{\mathrm{s}}(t) = \lim_{\tau \to 0} p_{\mathrm{s}}(t)$ を複素フーリエ級数で表わせ．

(c) 角周波数 $[-\omega_{\mathrm{m}}, \omega_{\mathrm{m}}]$ に帯域制限(band limited) された信号 $f(t)$ を周期 T で標本化 (sampling) する．ただし，$\omega_{\mathrm{s}} = \dfrac{2\pi}{T}, \omega_{\mathrm{m}} < \dfrac{\omega_{\mathrm{s}}}{2}$ である．
標本化操作は $f(t)$ と $\tilde{p}_{\mathrm{s}}(t)$ の積の操作を行うものとする．
$f(t)$ の周波数スペクトル(frequency spectrum) を $F(\omega)$ とした時，標本化された信号波形 $g(t)$ の周波数スペクトル $G(\omega)$ を求めよ．

(2) 変調 (modulation) に関する以下の問に答えよ．
次の式で示される変調信号 $u(t)$ を考える．

$$u(t) = ks(t)\cos\omega_0 t$$

ここで k は定数，ω_0 は搬送波 (carrier) の角周波数である．ベースバンド信号 (base-band signal)$s(t)$ を角周波数 ω_{m} のシングルトーン (single tone) 信号 $S_0\cos\omega_{\mathrm{m}}t$ とする．ここで S_0 は定数であり，$\omega_{\mathrm{m}} \ll \omega_0$ とする．

(a) 変調信号 $u(t)$ の周波数スペクトルを図示し，変調方式名を答えよ．

(b) 角周波数 ω_0 以下の信号を完全に除去できる高域通過フィルタ (high pass filter) に変調信号 $u(t)$ を通し $u_1(t)$ を得た．$u_1(t)$ を数式で示し，変調方式名を答えよ．

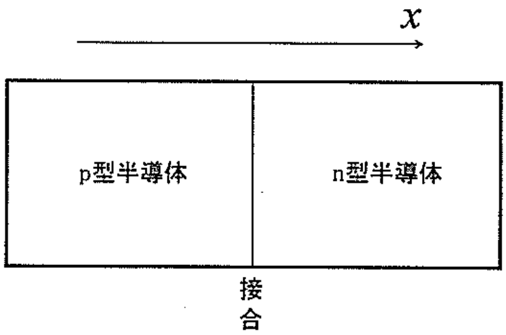
(c) 包絡線検波 (envelope detection) が可能となるように $u(t)$ に搬送波成分 $A_0\cos\omega_0 t$ を加え $u_2(t)$ を得た．包絡線検波によって $u_2(t)$ から正しく $s(t)$ が復調 (demodulation) できるために k, S_0, A_0 が満たすべき条件を示せ．

(d) 問 (c) の条件が満たされない場合でも，$u_2(t)$ から正しく $s(t)$ を復調できる復調方式がある．その復調方式名を答え，復調できることを数式で示せ．

B-3

以下の設問に答えよ。

(1) 図(a)のような半導体 pn 接合について考える．印加電圧をV(順バイアス方向を正とする)，禁制帯幅(bandgap)をE_g，拡散電位(diffusion potential)をV_d，温度をT，素電荷(elementary charge)をe，ボルツマン定数(Boltzmann constant)をkとする．また，図(a)のようにx座標を定義する．以下の問に答えよ．



図(a)

(a) 接合部付近のエネルギー準位図(energy-band diagram)を，$V=0$，$V>0$，$V<0$のときについて，それぞれ図示せよ．その際，フェルミエネルギー(Fermi energy)，伝導帯の下端，価電子帯の上端を図に含め，それらのエネルギーの相対関係を示せ．

(b) p 型領域の空乏層端を$x=x_p$とする．$x=x_p$における電子密度n_pは$n_{p0}\exp(eV/kT)$で表され，電子の寿命をτ_nとするとき，p 型領域($x<x_p$)内における電子密度は定常状態において

$$n(x)=n_{p0}+(n_p-n_{p0})\exp\left\{(x-x_p)/\sqrt{D_n\tau_n}\right\} \qquad (1)$$

となる．ただし，n_{p0}は p 型領域における平衡電子密度，D_nは電子の拡散係数 (diffusion constant)である．ここで，$V>0$のときの p 型領域($x<x_p$)内の電子密度の分布を図示せよ．また，Vを変えたとき，電子密度の分布がどのように変わるか図示せよ．

(c) $\sqrt{D_n\tau_n}$は通常何と呼ばれるか答えよ．また，その意味するところを説明せよ．

次頁へ続く

(d) p 型領域 ($x < x_p$) 内の電子電流密度 $J_n(x)$ を求めよ．

(e) $x = x_p$ における J_n の V 依存性を図示せよ．

(2) 半導体 pn 接合を利用したデバイスとして発光ダイオードがある．発光ダイオードの動作原理を説明し，また発光効率向上のための方法について，一つ例を挙げ簡潔に説明せよ．

B-4

次の各問に答えよ。

(1) 2つの媒質 (medium)1 および 2 が無限大平面境界 (infinite planar boundary) において接しているとする。媒質 1 は真空 (vacuum) とし、媒質 2 は、比誘電率 (relative permittivity) ε (>1)、比透磁率 (relative permeability) 1、導電率 (conductivity) 0 とする。下図 (a) に示すように、媒質 1 において、この境界面の法線 (normal line) と θ の角をなす方向から平面波 (planar wave) が境界面に入射したとする。ただしその電界 (electric field) $\boldsymbol{E}$ は、法線と入射波 (incident wave) の進行方向が作る平面内にあるものとする。このとき以下の問に答えよ。

(a) この境界面において電磁界 (electromagnetic field) について成り立つ境界条件 (boundary condition) を述べよ。

(b) 上の結果から、電界に関する反射率 (reflectivity) を導け。

(c) 反射率が 0 となる条件を求めよ。

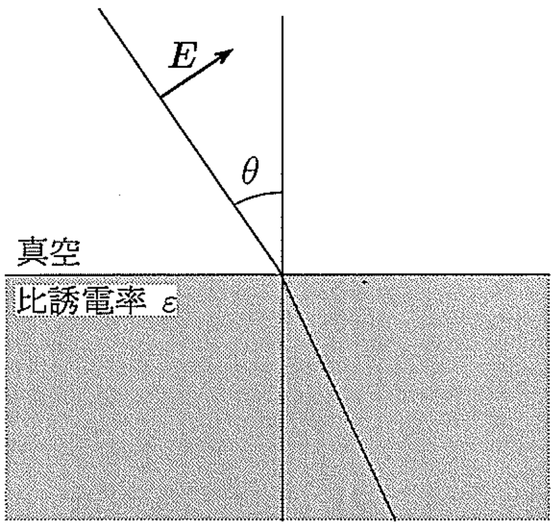


図 (a)

(2) 損失のない無指向性アンテナ (lossless omnidirectional antenna) から波長 λ, 電力 P の電波を送信する場合を考える。以下の問に答えよ。

(a) 送信アンテナから距離 D $(\gg \lambda)$ を隔てた点に、同一のアンテナを置いた場合の受信電力を求めよ。ただし伝搬路 (propagation path) は自由空間 (free space) とする。

(b) 送受信アンテナを、共に完全導体 (perfect conductor) の平面大地から h $(\ll D)$ の高さに置いたとき、受信電力が最大となる条件を求めよ。

B-5

以下の2問に答えよ。

(1) Dフリップフロップ (flip-flop) を用いてJKフリップフロップを実現したい。問(a)〜問(c)に答えよ。

(a) JKフリップフロップの動作を表す真理値表 (truth table) を書け。なお、入力を表す論理変数は J、K とし、出力を表す論理変数は Q とせよ。

(b) Dフリップフロップの励起関数 (excitation function) の最小積和形表現 (minimum sum-of-products form) と最小和積形表現 (minimum product-of-sums form) を求めよ。

(c) Dフリップフロップの励起関数を2入力NANDゲートとNOTゲートのみを用いて最小個数のゲートで実現せよ。なお、Dフリップフロップの出力には、Q と $\overline{Q}$ が得られるものとする。

(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) を設計する。出力 Z が1となるのは、1が連続して入力され、その連続する個数が3の倍数となった時点のみであり、それ以外は0である。この回路では、例えば01011111110という入力系列に対する出力は00000100100となる。問(a)〜問(c)に答えよ。

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

(b) 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、010111111が入力された場合の状態遷移を説明し、出力が000001001となることを示せ。

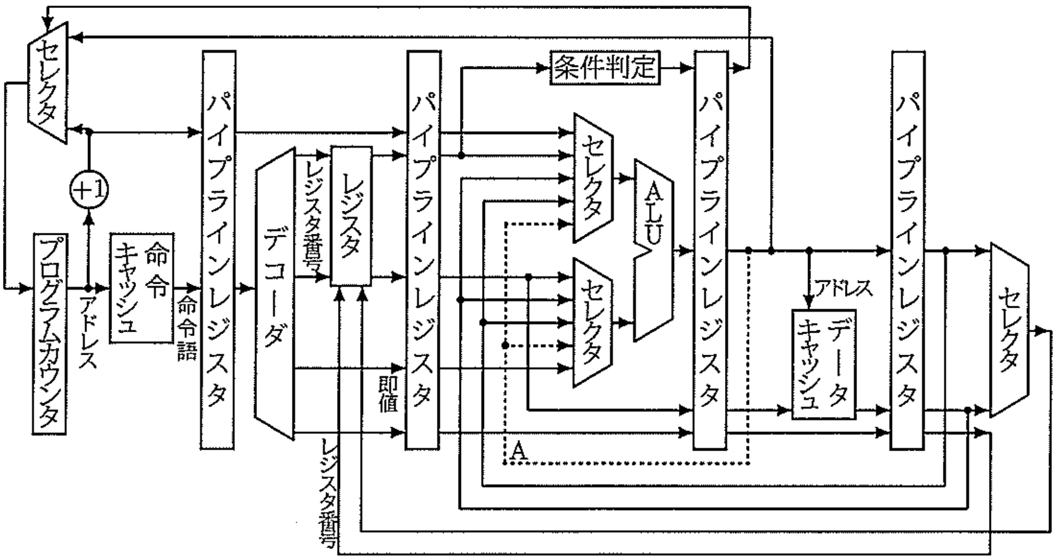
(c) この回路を、もっとも少ない数のJKフリップフロップもしくはDフリップフロップを用いて実現する。各フリップフロップの励起関数と出力 Z の論理関数を簡単化して示せ。以下の点に注意すること。

- どちらの種類のフリップフロップを用いても良い。
- 状態割当て (state assignment) にあたり、動作開始時の状態には全て0を割り当てよ。
- 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 J, K (JKフリップフロップの場合) もしくは D(Dフリップフロップの場合) として、各フリップフロップは添字で区別せよ。添字は、状態に割り当てた符号の左端ビットから、1, 2 のように昇順につけよ。
- 論理関数の簡単化にあたり、ドントケア (don't care) があれば活用すること。

B-6

以下の2問全てに答えよ。

(1) 図 (a) は、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) の実現 (implementation) の一例を模式的に示したものである。これを参照し、以下の問に答えよ。



※ 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)

(a) レジスタ R1 の値と R2 の値の和を求め、結果をレジスタ R3 に格納する整数加算命令 (integer addition instruction) を ADD R3 R1 R2 と表記することにする。上図の RISC プロセッサに下の命令列が与えられ、1 クロック (clock) 目で Inst 1 の命令フェッチ (instruction fetch) が行われたとき、2 クロック目以降、Inst 2 の処理が完全に終わるまでの処理を順を追って説明せよ。但し、ALU は整数加算を1クロックで処理し得るものとする。

Inst 1: ADD R3 R1 R2
Inst 2: ADD R5 R3 R4

(b) 上図のプロセッサから破線で示す経路 A を取り除いた場合について、(a) と同じ命令列が与えられた場合の処理を順を追って説明せよ。

(2) 仮想記憶 (virtual memory) について、以下の問に答えよ。

(a) 仮想記憶の目的を述べよ。

(b) 仮想記憶のアドレス変換 (address translation) 機構における PT (Page Table) および TLB (Translation Look-aside Buffer) の役割について例を用いて説明せよ。

B-7

kSATは，1つの節にk個のリテラル（変数またはその否定）を含んでいるような和積形の命題論理式（kCNF式）に対する充足可能性問題のことである．たとえば，以下の式が3CNF式の例である（論理ORはここでは$\vee$を使用するが，+でもよい.）

$$(\overline{x} \vee y \vee w)(\overline{y} \vee \overline{z} \vee u)(y \vee w \vee v)$$

ここで，充足可能性問題とは式全体（つまりすべての節）を真にするような変数への真偽割り当て（真を1，偽を0で表すことで0/1割り当てと考えてもよい）が存在するかどうか問う問題である．以下では主にk =2と3の場合を考える．また，ある一つの変数の肯定と否定が一つの節に同時に現れてはいけないという制限を設ける．

（1）5変数で充足可能な2CNF式の例を挙げ，充足可能である理由を述べよ．但し，5変数すべてにおいてその肯定と否定が両方とも式の中に出ていること．

（2）5変数で充足不能な2CNF式の例を挙げ，その理由を述べよ．

（3）3変数x, y, zを使用する2CNF式で，x, y, zのうち，1個または2個の変数が真の場合は5節充足させることができるが（ここでは全ての節を充足させることを要求はしない，つまり式自体はより多くの節を含んでよい），0個または3個が真の場合は3節しか充足させられないものを求めよ．その理由も述べよ．

（4）NAE3SAT (Not All Equal 3SAT)は，すべての節において真になっているリテラルの数が1または2であるような真偽割り当てが存在するかどうかを問う問題である（つまり，通常の3SATでは3個すべてのリテラルが真になってもよいが，NAE3SAT の場合は許さない）．3変数の3CNF式で普通の3SATの意味では充足可能だが，NAE3SATの意味では充足不能なものの例を挙げよ．その理由も述べよ．

（5）MAX2SATは，2CNF式fと整数mが与えられた時，fのm節以上を充足させる真偽割り当てが存在するかを問う問題である．この問題がNP完全であることを証明せよ．但しNAE3SATがNP完全であることは証明無しで使ってよい．

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．

$\boxed{\text{B-8}}$

生成規則の集合

$$P = \{\ S \to AB,\ S \to Bd,\ A \to aA,\ A \to \epsilon,\ B \to c,\ B \to bB\ \}$$

を持つ文法 $G = \langle P, S \rangle$ を考える．ここで，ϵ は空の記号列である．この文法が，LL(1) 文法であるかどうかを調べたい．次の各問に答えよ．

(1) 各非終端記号に対する First 集合を求めよ．

(2) 各非終端記号に対する Follow 集合を求めよ．

(3) 各生成規則に対する Director 集合を求めよ．

(4) この文法は LL(1) 文法かどうかを，理由をつけて示せ．

B-9

以下の設問に答えよ。

(1) 靴のデータを格納するための関係スキーマ (relational schema)

$$shoes(name, size, price)$$

を考える．ただし，主キー (primary key) は属性集合 $\{name, size\}$ とする．以下の各問合せを関係論理式 (relational calculus formula) で表現せよ．

(a) 「size が 24 の靴の name, price を求めよ.」

(b) 「18 の size と 30 の size が両方存在する靴の name を求めよ.」

(c) 「size が一種類しかない靴の name, size, price を求めよ.」ただし，全称限量子 (universal quantifier) を用いない関係論理式にすること.

(d) (c) の問合せを存在限量子 (existential quantifier) を用いない関係論理式で表現せよ.

(e) 「price が最も高い靴の name, size, price を求めよ.」ただし，全称限量子 (universal quantifier) を用いない関係論理式にすること.

(f) (e) の問合せを存在限量子 (existential quantifier) を用いない関係論理式で表現せよ.

(g) 「他の name の靴に存在する size はすべて存在するような靴の name を求めよ.」

(2) データベースの並行処理制御 (concurrency control) を例を用いて説明せよ．ただし，以下の用語を含めること.

資源 (resource)，直列可能性 (serializability)，二相ロック (two phase lock)，デッドロック (deadlock)

B-10

自動車の故障診断にベイジアンネットを適用することを考える．ブール変数 B（バッテリーが正常である），M（セルモーターが正常である），F（ガソリンタンクが空でない），G（電動燃料計が 0 を指していない），S（エンジンが始動する）を考える．セルモーターとは停止状態にあるエンジンを回転させて始動させる電動機である．

(1) この問題を表現するベイジアンネットを描け．その表現がなぜ適切であるかについても説明を加えよ．

(2) バッテリーが正常，セルモーターが正常，ガソリンタンクが空でない，電動燃料計が 0 を指していない，かつ，エンジンが始動しないという状態が生じる確率 $P(B \land M \land F \land G \land \sim S)$ を計算したい（~は否定を表す）．各ノードにおける条件付き確率表が与えられているとして，計算の手順を示せ．

(3) 作成したネットワークを用いて自動車の故障診断を行ったが，その精度があまりよくないとする．このとき，故障診断の精度を改善する方法を２つ述べよ．