平成２０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19年8月6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 10 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) 実関数 $f(x)$ の導関数を $(f(x))'$ または $f'(x)$ と表記する。極限を用いた導関数の定義を示し、定義より、実関数 $f(x)$、$g(x)$ について

$$\left(\frac{f(x)}{g(x)}\right)' = \frac{f'(x)\,g(x) - f(x)\,g'(x)}{(g(x))^2}$$

が成り立つことを示せ。

(2)

$$\tan^{-1} x = x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^7}{7} + \cdots + (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{2n+1} + \cdots \qquad (|x| < 1)$$

を証明せよ。

(3) 次の定積分の値を求めよ。

$$\int_0^\infty e^{-x} \cos x \, dx$$

(4) 次の行列 A の逆行列を掃出し法により求めよ。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

(5) 線形写像 $f : \boldsymbol{R}^3 \to \boldsymbol{R}^2$ が

$$f(1,0,1) = (3,2), \quad f(1,1,1) = (-1,1), \quad f(2,1,1) = (0,4)$$

を満たすとき、その表現行列を求めよ。さらに、$f(3,2,1)$ を求めよ。

(6) 次の行列 B の行列式の値を求めよ。

$$B = \begin{pmatrix} a+x & a+y & a+z \\ b+x & b+y & b+z \\ c+x & c+y & c+z \end{pmatrix}$$

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。Tは正の定数とする。

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

(a)

$$f_1(t) = \begin{cases} 1 + \cos \frac{\pi}{T} t & (|t| < T) \\ 0 & (|t| \geq T) \end{cases}$$

のフーリエ変換 $F_1(\omega)$ を求めよ。

(b)

$$f_2(t) = \begin{cases} 2 \sin^2 \frac{\pi}{2T} t & (|t| < 2T) \\ 0 & (|t| \geq 2T) \end{cases}$$

のフーリエ変換 $F_2(\omega)$ を求めよ。

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

$$\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} - y \sin x - y^2 + \cos x = 0$$

(3) 次の複素関数(complex function) の極(pole) と留数(residue) を求めよ。

$$f(z) = \frac{1}{1 + z^4}$$

次に、複素積分(complex integral) を用いて以下の定積分(finite integral) を求めよ。なお、複素積分の積分路(integral path) を図示せよ。

$$\int_0^{\infty} \frac{1}{1 + x^4} \mathrm{d}x$$

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 r の 2 本の無限に長い直線状導線が中心軸間の距離 $2d$ ($\gg$r) を隔てて並行に存在する。それぞれの導線に単位長さあたり $+\sigma$, $-\sigma$ の**電荷** (electric charge) を与えた。

- (a) x 軸上における**電界** (electric field) の大きさ $E(x)$ を求めよ。ただし、x は図 (a) のように両導線間の中心からの距離とする。
- (b) 両導線間の**電位差** (electric potential difference) を求めよ。
- (c) 両導線間の単位長さあたりの**静電容量** (capacitance) を求めよ。
- (d) **静電エネルギー** (electrostatic energy) を求めよ。
- (e) 導線にかかる単位長さあたりの力を求めよ。
- (f) 図 (b) のように、半径 r の無限に長い直線状導線を加え、正三角形を構成するように配置したとき、2 導線間の単位長さあたりの静電容量を求めよ。

(2) 次の語を簡潔に説明せよ。

- (a) **ガウスの定理** (Gauss' theorem)
- (b) **ストークスの定理** (Stokes' theorem)

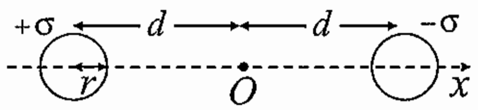


図 (a)

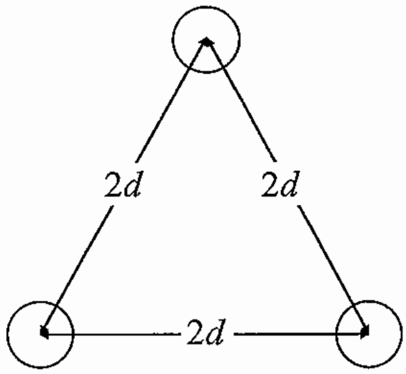


図 (b)

A-5

以下の設問に答えよ。

(1) 図(a)に示す交流回路(AC circuit)において、スイッチ S を開いたときの b-c 点間の電圧を求めよ。なお抵抗 R は全て同値である。

(2) 図(a)の回路のスイッチ S を閉じる。負荷インピーダンス Z_L で消費される電力が最大になるときの電流 I_L を求めよ。

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

(4) 空欄(a)～(d)に単語・数値を入れて、次の文章を完成せよ。

図(b)に示す回路は(a)[　　]次の(b)[　　　]フィルタである。通過域(passband)における入出力信号の位相差は約(c)[　　　]度であり、しゃ断域 (stopband) での振幅特性の周波数応答(frequency response)は(d)[　　　]dB/decade である。

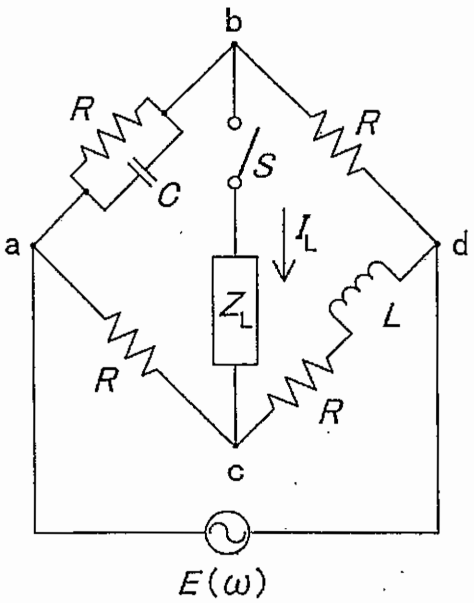


図 (a)

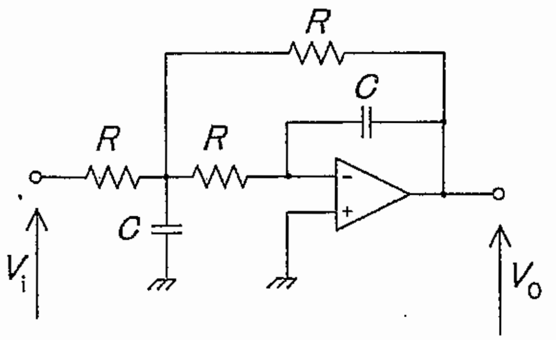


図 (b)

A-6

以下の問に答えよ。

(1) 実際の天気 X と天気予報 Y の結合確率分布(joint probability distribution)が表のように与えられている。

$P(x,y)$		Y	
		晴	雨
X	晴	1/2	1/8
	雨	1/8	2/8

このとき、X と Y の相互情報量(mutual information)を計算せよ。
ただし、$\log_{10}2=0.30$, $\log_{10}3=0.48$ として計算せよ。

(2) $G_1(x)= x^4+ x + 1$ を生成多項式(generating polynomial)とするＣＲＣ(cyclic redundancy check) 誤り検出符号について考察する。ただし、$G_1(x)$ の周期(period)は 15 である。(多項式 $H(x)$ の周期とは、$H(x)$ が $x^m - 1$ を割り切る最小の自然数 m のことである。) 符号長(codeword length)が 15 以下の場合について、誤り検出能力を明らかにせよ。次に、生成多項式 $G_2(x)= (x+1)(x^4+x+1)$ の場合についても、誤り検出能力について議論せよ。

(3) t 重誤り訂正可能な 2 元符号について以下の不等式が成立することが知られている。

(a) 記号 M と n はそれぞれ何を意味しているか述べよ。
(b) 不等式が成り立つことを証明せよ。
(c) (31, 26) 2 元ハミング符号および(29, 24)短縮化 2 元ハミング符号について不等式が成立するかどうか調べてみよ。

$$M \leq \frac{2^n}{\sum_{i=0}^{t} {}_n\mathrm{C}_i}$$

A-7

以下の設問に答えよ。

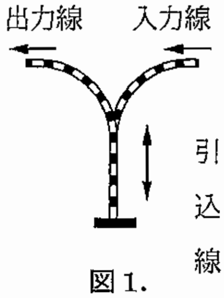


図 1.

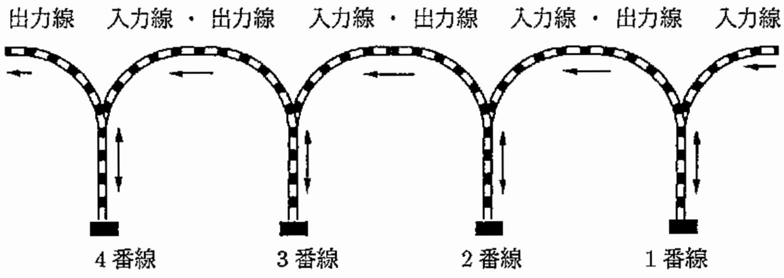


図 2.

【設問 1】図 1 は, 引込線 (sidetrack) を持つ線路 (railway track) である. この線路上に自走可能な車両 (electric car) が右側から入って来て, 左側に出ていく. 車両の移動可能な方向は矢印で示してある. また, 引込線の長さは十分に長いものとする. この時, 引込線を使用した並べ替えをモデル化するために 2 つの操作 (operation) を定義する. 操作 $\boldsymbol{S}$ は「車両を入力線から引込線に動かすこと」を意味し, 操作 $\boldsymbol{X}$ は「車両を引込線から出力線へ動かすこと」を意味する. 次の 4 問に答えよ.

〔問 1-1〕図 1 で 5 両の車両 (車両番号は次の通り: $\boxed{1}$, $\boxed{2}$, $\boxed{3}$, $\boxed{4}$, $\boxed{5}$) が順に入って来る時, 車両番号を $\boxed{3}$, $\boxed{2}$, $\boxed{5}$, $\boxed{4}$, $\boxed{1}$ の順に並び替えて出力できるか. Yes なら, その手順 (操作列, sequence of operations) を示し, No なら, その理由を述べよ.

〔問 1-2〕設問 1-1 と同じ順で入ってきた時, $\boxed{1}$, $\boxed{5}$, $\boxed{4}$, $\boxed{2}$, $\boxed{3}$ の順に並び替えて出力できるか. Yes なら, その手順 (操作列) を示し, No なら, その理由を述べよ.

〔問 1-3〕ある手順が n 個の $\boldsymbol{S}$ と n 個の $\boldsymbol{X}$ からなり, かつ, 実行不可能な操作を含まないならば, この手順を**実行可能** (executable) と呼ぶ. この時, 実行可能な手順と実行不可能な手順を区別する簡単な規則を示せ.

〔問 1-4〕今, 入力される車両の順序を固定する. 引込線 1 本を使用して実現可能な手順で出力される車両の並びと同じ並びを出力する実現可能な手順は 1 通りしかないことを示せ.

【設問 2】図 2 は, 4 本の引込線が接続された線路であり, 右から 1 番線, 2 番線と名付ける. 両端以外の入力線や出力線では車両は一切停止できないとする. また, 車両番号の比較は, 入力線の先頭車両と隣接する引込線の一番上 (終端の反対側) の車両か, 隣接する引込線の一番上の車両同士しかできない. 次の 2 問に答えよ.

〔問 2-1〕2 本の隣接引込線 $i-1$ 番線と i 番線に各々 m 両の車両が終端から見て車両番号の大きい順 (decreasing order) に入っている. この時, i 番線の出力線に, 小さい順 (increasing order) に出力するアルゴリズム (algorithm) を書け.

〔問 2-2〕2^n 両の車両を $2n$ 本の引込線を使用して, 車両番号の小さい順に並べて出力するアルゴリズムを書け.

A-8

スタック（あるいはLIFO）について下記の問いに答えよ。

（1）スタックに対する基本操作について述べよ。

（2）その基本操作を使用して、$(2+3)\times(4+5)$を計算する過程を示せ。

（3）関数（手続き、サブルーティン）呼出しにおいて、スタックがどのように使用されるのかについて、スタック上に一時的に記憶される情報（フレーム）を明確にして、述べよ。

A-9

二つのリスト S_1 と S_2 を与えられ，S_1 の要素の順序を反転して S_2 につないだリストを値として返す Scheme 関数 revappend は，次のように定義できる．

```
> (define (revappend s1 s2)
    (if (null? s1)
        s2
        (revappend (cdr s1) (cons (car s1) s2))))
```

この例にならって，以下の各問いの Scheme 関数を定義せよ．定義中には，この revappend の定義で使われている関数の他に，次の関数を使用してよい．

(+ x y)	x と y を足す
(- x y)	x から y を引く
(= x y)	x と y が等しいかどうか調べる

1. リスト S を与えられ，S の長さ（つまり，要素の個数）を返す Scheme 関数 list-length を定義せよ．list-length の使用例を次に示す．

```
> (list-length '(s i c p))
4
```

2. 非負整数 n と任意のオブジェクト x を与えられ，長さが n で，要素がすべて x であるリストを生成して返す Scheme 関数 make-list を定義せよ．make-list の使用例を次に示す．

```
> (make-list 3 'a)
(a a a)
```

3. リスト S と正の整数 n を与えられ，S の n 番目の要素を返す Scheme 関数 n-banme を定義せよ．n が S の長さより大きい場合は，n-banme は空リストを返すものとする．n-banme の使用例を次に示す．

```
> (n-banme '(a b c) 2)
b
> (n-banme '(a b c) 4)
()
```

平成２０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19年8月7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 9 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　$\boxed{\text{BI-1}}$, $\boxed{\text{BI-2}}$, $\boxed{\text{BI-3}}$, $\boxed{\text{BI-4}}$, $\boxed{\text{BI-5}}$, $\boxed{\text{BI-6}}$ 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)　光通信に使われる光ファイバ(optical fiber)は極めて細い円筒状のガラス繊維であり、中心層と外層の２層構造を持つ。

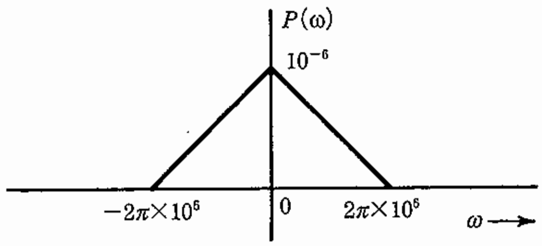
(a) 中心層と外層はそれぞれ何と呼ばれているか。

(b) 光を閉じ込めて伝送するために、中心層と外層ではある物理量が異なる。何がどのように違うのか簡潔に述べよ。

(c) 石英(silica-)光ファイバの伝送損失(transmission loss)が最小になる波長(wavelength)はおおよそいくらか。また、その波長で達成可能な最小伝送損失はおおよそいくらか。

(2)　伝送路符号(line coding)が用いられる主要な理由を２つ挙げよ。また、マンチェスタ(Manchester)符号とはどのような符号か、図を用いて説明するとともに、その特徴について述べよ。

(3)　２進通信システムで使われる基本パルス $p(t)$ のフーリエ変換(Fourier transform) $P(\omega)$ を下図に示す。



$P(\omega)$ の形状から、このパルスが符号間干渉(intersymbol interference)がゼロとなるナイキスト(Nyquist)のフィルタの条件を満たすかどうか考察せよ。また、満たす場合は、ロールオフ率(roll-off factor)、および伝送速度はいくらか。

(4)　純アロハ(pure ALOHA)とスロット化アロハ(slotted ALOHA)について、それぞれどのようなプロトコル(protocol)であるか説明せよ。また、ネットワークのスループットはどちらの方式がより優れているか、その理由とともに簡潔に答えよ。

B I -2

以下の各問に答えよ。

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

(a) 下に記す 理想フィルタ(ideal filter) の インパルス応答(impulse response)$f(t)$ を求めよ。また，振幅 $|f(t)|$ の概形を描け。

$$F(\omega)=\begin{cases}1 & 0\le\omega\le\frac{2\pi}{T}\\ 0 & 0>\omega,\ \frac{2\pi}{T}<\omega\end{cases}$$

(b) 次式で定義された信号の 周波数スペクトル(frequency spectrum) を求めよ。ただし，$f(t)$ は問 (a) で得られたインパルス応答とする。さらに，$L=1, h(-1)=1, h(0)=2, h(1)=1$ である場合の周波数スペクトルの概形を描け。

$$g(t)=\sum_{n=-L}^{L} h(n)\, f(t-nT)$$

(2) 変調(modulation) 方式に関する以下の各問に答えよ。

次の式で示される 直交振幅変調(QAM : Quadrature Amplitude Modulation) 信号 $u(t)$ を考える。変調器(modulator) への入力信号を $s_1(t)$, $s_2(t)$ とし，これら入力信号は 角周波数 (angular frequency) ω_{m} 以下に 帯域制限された信号(bandwidth-limited signal) であるとする。ここで ω_0 は 搬送波 (carrier) の角周波数であり，$\omega_{\mathrm{m}}\ll\omega_0$ とする。

$$u(t)=s_1(t)\cos\omega_0 t-s_2(t)\sin\omega_0 t$$

(a) 同期検波(coherent detection) により信号 $u(t)$ から $s_1(t)$, $s_2(t)$ が独立に取り出せることを数式で示せ。なお，受信側には正確な 局部発振器(local oscillator) の信号 $u_{\mathrm{LO}}(t)=\cos\omega_0 t$ があるとする。

(b) 問 (a) において，位相誤差(phase error)θ のある信号 $u_{\mathrm{LO}}(t)=\cos(\omega_0 t+\theta)$ を用いた場合の同期検波の動作について数式を用いて説明せよ。

(c) $s_1(t)$ の全周波数成分について 90 度位相を遅らせた信号 $\hat{s_1}(t)$ を $s_2(t)$ として用いた場合，$u(t)$ は 単側波帯変調(SSB : Single Side Band modulation) 信号となることを数式で示せ。

(d) 問 (c) の SSB 信号を局部発振器信号 $u_{\mathrm{LO}}(t)=\cos(\omega_0 t+\theta)$ を持つ同期検波器に入力した場合の出力信号を数式で示せ。

(e) QAM 信号と SSB 信号のそれぞれについて必要な 帯域幅(bandwidth) を示し，周波数利用効率(bandwidth efficiency) と入力信号間の 干渉(interference) の観点から QAM 信号と SSB 信号を比較せよ。

B I -3

非縮退 (nondegenerate) 半導体の 自由電子密度 (free electron density) n および 自由正孔密度 (free hole density) p は、それぞれ以下の式で与えられる。

$$n = N_c \exp\left(-\frac{E_c - E_f}{kT}\right)$$

$$p = N_v \exp\left(-\frac{E_f - E_v}{kT}\right)$$

ここに、N_c, N_v はそれぞれ 伝導帯 (conduction band)、価電子帯 (valence band) の 有効状態密度 (effective density of states)、E_c は伝導帯底のエネルギー、E_v は価電子帯頂上のエネルギー、E_f は フェルミ準位 (Fermi level) である。これらのエネルギーを図 (a) 右に示す。ここで、$E_g = E_c - E_v$ は 禁制帯幅 (band gap)、χ_s は 電子親和力 (electron affinity) である。また、k は ボルツマン定数 (Boltzmann constant) (1.38×10^{-23} J·K^{-1})、T は 絶対温度 (absolute temperature) である。

いま、ある半導体を考え、

$$E_g = 1.0 \ \text{eV},\ N_c = 4.0 \times 10^{19}\ \text{cm}^{-3},\ N_v = 1.0 \times 10^{19}\ \text{cm}^{-3}$$

であるとする。この半導体を対象とする以下の問 (1)–(3) に答えよ。必要に応じて、表 1 に記す値を用いよ。

(1) この半導体が、真性半導体 (intrinsic semiconductor) であるとする。T=290 K における自由電子密度を求めよ。ここで、素電荷 (elementary charge) を $q = 1.60 \times 10^{-19}$ C とする。なお、この温度において、kT =25 meV となることを用いてもよい。

(2) この半導体が、ドナー (donor) を添加された n 型半導体であるとする。ここに、ドナー密度を $N_d = 2.0 \times 10^{15}$ cm^{-3} とする。E_d はドナー準位で、伝導帯底からの深さを $E_c - E_d$=0.040 eV とする。

(a) ドナーがすべてイオン化しているとき、フェルミ準位を求めよ。結果は伝導帯底からの深さ $E_c - E_f$ を単位を eV として示せ。

(b) この半導体に対して自由電子密度の温度依存性を測定したところ、図 (b) のような特性が得られた。ここで、図 (b) に示す温度 T_m は下記のうちどれに最も近いと考えられるか、理由をつけて述べよ。

(ア) 450 K, (イ) 630 K, (ウ) 790 K, (エ) 1020 K

(c) 極低温 ($T \simeq 0$ K) から不純物領域、出払い領域、真性領域と温度を順次変化させたとき、フェルミ準位がどのように変化するか論ぜよ。

(3) 問 (2) で対象とした n 型半導体と図 (a) 左に示す金属を接触させ、ショットキー障壁 (Schottky barrier) を形成した。ここで、ドナーがすべてイオン化しているものとす

次頁へ続く

る。また、金属の仕事関数 (work function) を ϕ_m=5.00 eV, 半導体の電子親和力を χ_s=4.30 eV とする。

(a) このショットキー障壁のバンド図を描け。図には、半導体側および金属側からみた障壁高さの値を明記せよ。

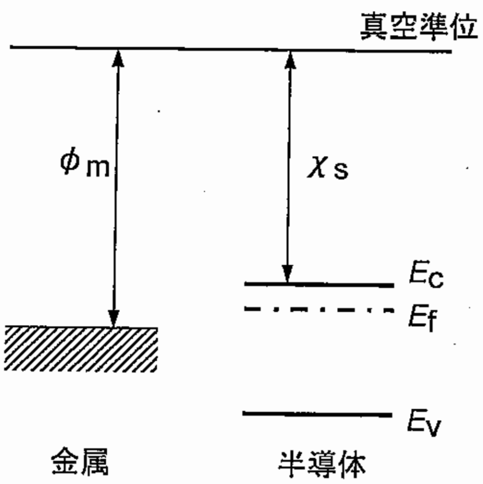
(b) ショットキー障壁は光検出器 (photo detector) として利用できる。光を金属側から入射させ、金属を通して半導体に照射させる。金属は薄く、光は半導体に到達できるものとする。この時、ショットキー障壁には逆方向のバイアス電圧を加えておく。このような光検出器で検出しうる光の波長について述べよ。ここで、プランク定数 (Planck constant) を h=6.63×10^{-34} J·s, 光速 (speed of light) を c=3.00×10^{10} cm/s とする。

表1

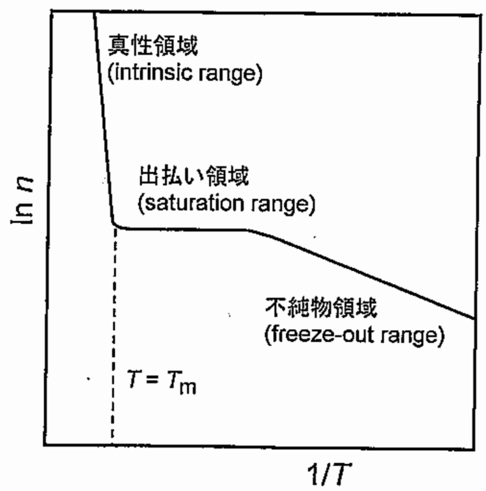
x	1	5	10	20	30
e^{-x}	0.368	6.74×10^{-3}	4.54×10^{-5}	2.06×10^{-9}	9.36×10^{-14}

x	2	3	5	7	11	13	17	19
$\sqrt{x}$	1.41	1.73	2.24	2.65	3.32	3.61	4.12	4.36
$\ln x$	0.693	1.10	1.61	1.95	2.40	2.56	2.83	2.94
$\log x$	0.301	0.477	0.699	0.845	1.04	1.11	1.23	1.28

$\ln 10$=2.30, $\log e$=0.434



図(a)



図(b)

B I -4

次の各問に答えよ。

(1) **誘電率** (permittivity) がそれぞれ ϵ_1, ϵ_2 の**媒質** (medium) 1, 2 が**無限大平面境界** (infinite planar boundary) において接しているとする。ただし、$\epsilon_1 \neq \epsilon_2$ とし、以下を通じて媒質の**透磁率** (permeability) は μ_0, **導電率** (conductivity) は 0 とする。このとき、次の各問に答えよ。

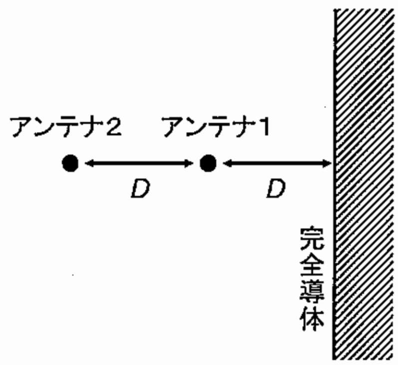
(a) 媒質 1 より境界面に垂直に入射する**波長** (wavelength) λ の**平面電磁波** (planar electromagnetic wave) の**反射率** (reflectivity) を求めよ。

(b) 媒質 1 と 2 の間に、厚さ $\lambda/4$, 誘電率 ϵ の**無限大平面層状** (laminar) 媒質 3 を挿入した場合に、媒質 1 より境界面に垂直に入射する平面電磁波の反射率が 0 となる条件を求めよ。

(2) 真空中に置いた**無指向性アンテナ** (omnidirectional antenna) 1 から電力 P, 波長 λ の電磁波を放射するものとする。このとき、次の各問に答えよ。

(a) アンテナ 1 から距離 D の位置に置いた無指向性アンテナ 2 で受信される電力を表す式を導け。ただし $D \gg \lambda$ とし、**素子間相互結合** (mutual coupling between elements) は無視してよい。

(b) 図に示すように、アンテナ 1 からアンテナ 2 と逆方向の距離 D に無限大平面**完全導体** (perfect conductor) を置いた場合にアンテナ 2 で受信される電力を表す式を導け。



B I -5

符号無し2進数 (unsigned binary number) の3倍を計算する Mealy 型 同期式順序回路 (synchronous sequential circuit) を設計する。この回路の入力は X と V であり、出力は Z である (全て1ビット)。3倍すべき数値は、LSB (Least Significant Bit) より順に X に入力される。信号 V は、数値が入力されている期間のみ1となる。すなわち、X に LSB が与えられる際に1になり、MSB (Most Significant Bit) の入力が終了すると0に戻る。信号 V が0の場合の出力 Z は、X の値に関わらず、乗算結果の出力途中であればその結果を示し、乗算結果の出力が終了すれば0となる。なお、数値の入力が終了してから次の数値の入力までは、2クロック以上離れているものとする。この回路の動作例を表 (a) に示す。時刻3より 1101_2 が LSB より入力され、その3倍の 100111_2 が LSB より出力されている。以下の問いに答えよ。

(1) 以下は、表 (a) の動作を説明した文章である。(a)(b)(c)(d) で区別された $\boxed{}$ 中にはいる2進数を答えよ。

時刻1, 2 では V が0であるため、X の値に関わらず Z は0である。時刻3で V が1となったため、入力 X が3倍される。$X = 1$ であるので、1が出力され、次の桁へのキャリーとして $\boxed{\text{(a)}}$ が記憶される。時刻4, 5, 6 の期間は $V = 1$ であるので、各時刻において、入力 X の3倍と前の桁からのキャリーに基づき、該当桁の出力と次の桁へのキャリーが計算される。時刻4, 5, 6 で計算されたキャリーは、それぞれ $\boxed{\text{(b)}}$, $\boxed{\text{(c)}}$, $\boxed{\text{(d)}}$ である。時刻7以降は V が0であるため、計算結果の続きが時刻7,8 に出力されている。

(2) 図 (a) にこの回路の状態遷移図 (state transition diagram) の一部を示す。状態Aは、表 (a) の時刻1の状態である。状態遷移図を完成させよ。なお、枝のラベルは $V, X/Z$ を表わしている。

(3) 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。この表に基づき、表 (a) の入力に対する状態遷移と出力の様子を説明せよ。

(4) 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。状態割当て (state assignment) にあたり、状態Aは、全ての状態変数を0としたものとせよ。フリップフロップの出力を Q、入力を D として、各フリップフロップは添字で区別する。添字は状態に割り当てた符号の左端ビットから1, 2, と振るものとする。以下の問いに答えよ。

(a) D_1 に与える論理関数の最小積和形表現 (minimum sum-of-products form) を求めよ。ドントケア (don't-care) がある場合には、それを簡単化に用いること。

(b) D_2 に与える論理関数の最小和積形表現 (minimum product-of-sums form) を求めよ。ドントケアがある場合には、それを簡単化に用いること。

次頁へ続く

(c) 出力 Z の最小積和形表現を求めよ。ドントケアがある場合には、それを簡単化に用いること。更に、NAND ゲート (2, 3, 4 入力) と NOT ゲートのみを用いて、出力 Z を最小個数のゲートで実現せよ。なお、フリップフロップの出力には、Q の他に $\overline{Q}$ が用意されており、入力についても X と V 以外に $\overline{X}$ と $\overline{V}$ が与えられるものとする。

表 (a): 回路動作の一例

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8
V	0	0	1	1	1	1	0	0
X	1	0	1	0	1	1	0	0
Z	0	0	1	1	1	0	0	1

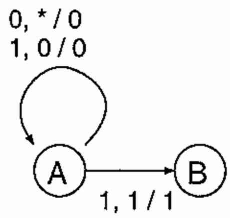


図 (a): 状態遷移図 (一部)

BＩ-6

以下の 4 問全てに答えよ。

(1) 浮動小数点演算(floating-point arithmetic)を同時に最大 1 命令発行(single issue)可能で、その CPI (Clock Per Instruction)が、加減算(addition/subtraction)は 4、乗算(multiplication)は 6、除算(division)は 10 であるプロセッサがある。浮動小数点演算の割合が、加減算 50%、乗算 40%、除算 10%のプログラムをこのプロセッサに実行させるものとする。クロック周波数(clock frequency)が 1.35GHz のとき、理想的な状況での MFLOPS (Million Floating-point Operations Per Second)値を求めよ。

(2) SISD (single instruction, single data stream)プロセッサの命令パイプライン制御(instruction pipeline control)について以下の問に答えよ。

(a) 命令処理の 5 つのステージ、命令フェッチ(instruction fetch)、デコード(instruction decode)、実行(execution)、メモリアクセス(memory access)、書き込み(write back)の各々についてその処理の概要を述べよ。

(b) (a)の 5 つのステージからなる命令パイプライン制御とはどのようなものか述べよ。

(c) データハザード(data hazard)とは何か、また、その対処法としてどのような方法があるかについて述べよ。

(3) 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) 目的と構成について、簡潔に述べよ。

(b) キャッシュメモリ方式を採用した単一プロセッサ(single processor)計算機を設計するにあたり、重要な検討項目を 3 つ以上挙げ、その内容を説明せよ。

(4) 割り込み(interrupt)について、以下の問に答えよ。

(a) 割り込みとは何か、また、割り込みが必要な理由を述べよ。

(b) 割り込みを実現するためにプロセッサが備えるべき機能を挙げよ。

平成２０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19年8月7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(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。

BII-1

（無向）グラフ $G=(V,E)$（ただし，Vは頂点の集合，Eは枝の集合で，$|V|=n$とおく）におけるハミルトンパスはn個の頂点の列

$$v_1v_2\cdots v_n$$

で，任意の$1\le i\le n-1$に対して，$(v_i,v_{i+1})\in E$，任意の$i,j(i\ne j)$に対して，$v_i\ne v_j$を満たすものを言う．またハミルトン閉路は，すべての頂点を丁度一回通って元にもどる閉路のことを言う．以下の設問に答えよ．なお解答においては，その正しさの理由を丁寧に説明すること．

（１）ハミルトン閉路をハミルトンパスと同様に形式的に定義せよ．

（２）ハミルトン閉路の存在するグラフにはハミルトンパスも必ず存在することを示せ．

（３）5頂点で枝数が５以上のグラフで，ハミルトン閉路もハミルトンパスも共に存在しない例を挙げよ．

（４）6頂点で枝数のできるだけ多いグラフで，ハミルトンパスは存在するがハミルトン閉路は存在しない例を挙げよ．

（５）与えられたグラフに対してハミルトンパスが存在するかどうかを問う問題はＮＰ完全であって，このことは証明なしで用いてよい．与えられたグラフに対してハミルトン閉路が存在するかどうかを問う問題がＮＰ完全であることを証明せよ．(ヒント：与えられたグラフGに１個の新たな頂点を追加して，その頂点からGのすべての頂点に枝を引く.)

BII-2

符号無し２進数 (unsigned binary number) の３倍を計算する Mealy 型 同期式順序回路 (synchronous sequential circuit) を設計する。この回路の入力は X と V であり、出力は Z である (全て１ビット)。３倍すべき数値は、LSB (Least Significant Bit) より順に X に入力される。信号 V は、数値が入力されている期間のみ１となる。すなわち、X に LSB が与えられる際に１になり、MSB (Most Significant Bit) の入力が終了すると０に戻る。信号 V が０の場合の出力 Z は、X の値に関わらず、乗算結果の出力途中であればその結果を示し、乗算結果の出力が終了すれば０となる。なお、数値の入力が終了してから次の数値の入力までは、２クロック以上離れているものとする。この回路の動作例を表 (a) に示す。時刻３より 1101_2 が LSB より入力され、その３倍の 100111_2 が LSB より出力されている。以下の問いに答えよ。

(1) 以下は、表 (a) の動作を説明した文章である。(a)(b)(c)(d) で区別された$\boxed{}$中にはいる２進数を答えよ。

> 時刻 1, 2 では V が０であるため、X の値に関わらず Z は０である。時刻３で V が１となったため、入力 X が３倍される。$X=1$ であるので、１が出力され、次の桁へのキャリーとして$\boxed{\text{(a)}}$が記憶される。時刻 4, 5, 6 の期間は $V=1$ であるので、各時刻において、入力 X の３倍と前の桁からのキャリーに基づき、該当桁の出力と次の桁へのキャリーが計算される。時刻 4, 5, 6 で計算されたキャリーは、それぞれ$\boxed{\text{(b)}}$, $\boxed{\text{(c)}}$, $\boxed{\text{(d)}}$である。時刻７以降は V が０であるため、計算結果の続きが時刻 7,8 に出力されている。

(2) 図 (a) にこの回路の 状態遷移図 (state transition diagram) の一部を示す。状態 A は、表 (a) の時刻１の状態である。状態遷移図を完成させよ。なお、枝のラベルは $V, X/Z$ を表わしている。

(3) 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。この表に基づき、表 (a) の入力に対する状態遷移と出力の様子を説明せよ。

(4) 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。状態割当て (state assignment) にあたり、状態 A は、全ての状態変数を０としたものとせよ。フリップフロップの出力を Q、入力を D として、各フリップフロップは添字で区別する。添字は状態に割り当てた符号の左端ビットから 1, 2, と振るものとする。以下の問いに答えよ。

(a) D_1 に与える論理関数の 最小積和形表現 (minimum sum-of-products form) を求めよ。ドントケア (don't-care) がある場合には、それを簡単化に用いること。

(b) D_2 に与える論理関数の 最小和積形表現 (minimum product-of-sums form) を求めよ。ドントケアがある場合には、それを簡単化に用いること。

次頁へ続く

(c) 出力 Z の最小積和形表現を求めよ。ドントケアがある場合には、それを簡単化に用いること。更に、NAND ゲート (2, 3, 4 入力) と NOT ゲートのみを用いて、出力 Z を最小個数のゲートで実現せよ。なお、フリップフロップの出力には、Q の他に $\overline{Q}$ が用意されており、入力についても X と V 以外に $\overline{X}$ と $\overline{V}$ が与えられるものとする。

表 (a): 回路動作の一例

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8
V	0	0	1	1	1	1	0	0
X	1	0	1	0	1	1	0	0
Z	0	0	1	1	1	0	0	1

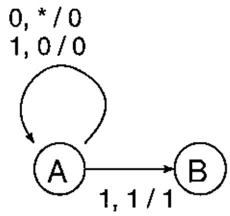


図 (a): 状態遷移図 (一部)

BⅡ-3

乱(Out-of-Order) 実行について下記の問いに答えよ。

(1) ロードストア命令形式の代表的な命令パイプラインのステージ構成とそこでの処理内容を示せ。

(2) 機械命令の発行 (issue)、終了 (completion) とは何か。上記のステージと関連させて述べよ。

(3) 順 (In-Order) 発行、乱 (Out-of-Order) 発行、順終了、乱終了とは何か。

(4) レジスタリネーミングとは何か。

(5) 下記のプログラムについて、命令パイプラインの処理過程 (横軸に時間をとり、各命令の処理の進行状況 (バブルの発生状況など) を示したもの) を順発行順終了および乱発行乱終了の場合について示し、プログラムの所要実行サイクル数を示せ。ただし、浮動小数点演算 (ADDF, SUBF, MULF など) には3サイクル、整数演算 (ADDI, SUBI など) には1サイクル必要であり、浮動小数点演算器には、データ依存関係がなければ、毎サイクル新しいデータを投入できるものとする。また、乱発行乱終了の場合にはレジスタリネーミングを行うものとする。機械命令のオペランドは第1オペランドがデスティネーション、第2、3オペランドがソースである。

```
ADDF R1 R2 R3
SUBF R4 R1 R3
MULF R1 R5 R6
ADDF R7 R1 R2
ADDI R10 R11 R13
SUBI R14 R10 R11
```

BⅡ-4

コンパイラに関する次の各問に答えよ．

1. コンパイラは通常，機械語のコードを直接生成するのではなく，いったんアセンブリ言語のコードを生成し，アセンブラを使って機械語に変換する．その理由を述べよ．

2. コンパイラには通常，最適化を行わないモードと，最適化を行うモードが用意されている．その理由を述べよ．

3. C 言語コンパイラに含まれるプリプロセッサは，コンパイラの開発コストを低減するために役立っている．その理由を述べよ．

4. 通常の Java 言語のコンパイラには，C 言語のプリプロセッサに相当するものがない．その理由を述べよ．

B II-5

以下の設問に答えよ。

(1) 関数従属性に関する以下の問いに答えよ.

(a) 関数従属性集合の極小被覆 (minimal cover) の定義を述べよ.

(b) 以下の関数従属性集合の極小被覆を求めよ. ただし, 求め方の途中経過も説明すること.

$$\{A \rightarrow B, ACDF \rightarrow G, ABCD \rightarrow E, EF \rightarrow GH\}$$

(c) (b) で得られた極小被覆を用いて, 情報無損失, 関数従属性保存の両性質を満足する第 3 正規形スキーマの設計を行う方法を与えよ.

(2) 並行処理制御に関する以下の問いに答えよ.

(a) 二相ロックプロトコルについて説明せよ.

(b) 二相ロックプロトコルに従う二つのトランザクション T_1, T_2 の例を具体的に挙げ, さらに, T_1, T_2 から構成される直列化可能スケジュールを二つ挙げよ. (ただし, 直列スケジュールは除く.)

(c) 二相ロックプロトコルに従うトランザクションから成るスケジュールは, デッドロックを生じる可能性があるか?　もし可能性があるならば, そのような具体的なトランザクションおよびスケジュールの例を挙げよ. 逆に可能性がないならば, その理由を述べよ.

BⅡ-6

以下の設問に答えよ.

(1) スーパークラス, サブクラス間の関係（SubClassOf と名づける）を, 一階述語論理を用いて定義せよ.
(2) クラス, インスタンス間の関係（InstanceOf と名づける）を, 一階述語論理を用いて定義せよ.
(3) 以下の『』内の文章の意味するところを, 文章に含まれる語をノードとして含む意味ネットワークで表せ. その際,
 a) SubClassOf, InstanceOf 関係を少なくとも一度は用いよ.
 b) 適宜, 新たな概念や関係を定義して用いよ.
 また, 作成した意味ネットワークの意味するところを日本語で論理的に記述せよ.

『京都大学は, 総合大学として, 基礎研究と応用研究, 文科系と理科系の研究の多様な発展と統合をはかる.』（京都大学の基本理念から）