平成 24 年度大学院博士前期課程入学試験

大阪大学大学院工学研究科
電気電子情報工学専攻

専門科目試験問題
（情報通信工学コース）

（実施時間　１４：００ ～ １６：００）

【注　意　事　項】

１．問題用紙は，この表紙を除いて 13 ページある．解答開始の指示があるまで開いてはいけない．解答開始後，落丁や不鮮明な箇所等があった場合は，手を挙げて監督者にその旨を伝えること．

２．試験問題は，「通信方式」，「通信ネットワーク」，「光・電波工学」，「情報理論」，「信号処理」，「論理回路と計算機システム」，「データ構造とアルゴリズム」，及び，「制御工学」，の全部で８題あり，この順番に綴じられている．このうち，３題を選択し解答すること．

３．解答用紙は，試験問題毎に指定されている．解答は必ず指定された解答用紙に記入すること．解答用紙を間違えると，採点できない場合がある．

４．選択した試験問題の解答に際しては，指定されている解答用紙の上部に試験問題名，志望コースおよび受験番号を記入した後，解答の記入を開始すること．

５．解答が解答用紙の表面に書ききれない場合は，その用紙の裏面を使用してよい．ただし，その場合，裏面に記入がある旨を表面に記載すること．

６．試験終了時までに，選択した３題の試験問題名を別紙「専門科目試験問題選択票」の該当箇所へ記入すること．

７．“選択しなかった”試験問題の解答用紙は，下書きや計算用紙として使用しても差し支えないが，配布された８枚の解答用紙は全て回収されるので，持ち帰ってはいけない．

８．試験が終了したら，(1)「専門科目試験問題選択票」に記入した試験問題の解答用紙３枚を番号の若い順に揃え，(2)選択しなかった試験問題の解答用紙を一つに重ね二つ折にした上，(3)「専門科目試験問題選択票」，番号順に揃えた３枚の解答用紙，及び，２つ折にした残りの解答用紙をこの順番に重ねて，監督者の指示を待つこと．

９．問題用紙は持ち帰ってもよい．

【通信方式】解答は, 赤色 (1 番) の解答用紙に記入すること．

1. 図 1 に示す, 隣接した矩形パルスの極性が交互に反転する周期的な時間波形 $g(t)$ について考える．１つのパルスのパルス幅を t_0 とし, その振幅を $\pm B$ とする．また, 隣接するパルスの中心位置の時間間隔を $T_0/2$ とすると, 波形 $g(t)$ の周期は T_0 となる．このとき, 以下の問いに答えよ．ただし, t は時刻である．また, $t_0 < T_0/2$ とする．

 (i) $g(t)$ の周波数スペクトルを導出するとともに, $t_0 = T_0/4$ とした場合のスペクトル形状を図示せよ．

 (ii) 搬送波 $A\cos(2\pi f_c t)$ を $g(t)$ で振幅変調したときの, 被変調信号の周波数スペクトルを導出するとともに, $t_0 = T_0/4$ とした場合のスペクトル形状を図示せよ．ただし, A は搬送波の振幅, f_c は搬送波の周波数 ($f_c \gg 1/T_0$) である．また, 解答にあたっては, 振幅変調指数として m を用い, 過変調とならないように, $0 < mB < 1$ とせよ．

 (iii) パルスの極性を正で一定とした周期 $T_0/2$ の矩形パルス列と, (i) で導出した極性を交互に反転させた周期的な時間波形 $g(t)$ の周波数スペクトルを, $t_0 = T_0/4$ とした場合について比較すると, どのような違いがあるかを述べよ．ただし, 1 つのパルスのパルス幅および振幅の大きさは同一とする．

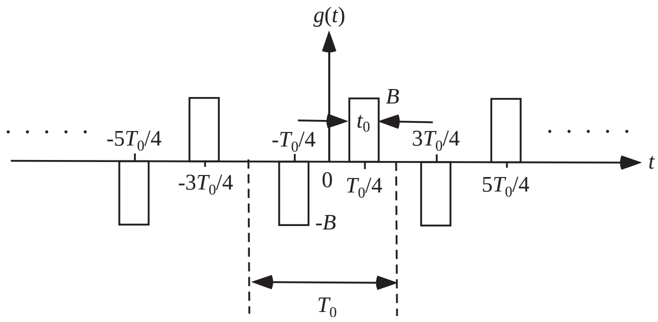


図 1

2. 確率密度関数が次式で与えられる互いに独立なランダム変数 x と y がある．

$$p_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}a}\exp\left[-\frac{x^2}{2a^2}\right] \qquad p_y(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}a}\exp\left[-\frac{y^2}{2a^2}\right]$$

 (i) x の平均 $<x>$ および分散 $\sigma^2 = <(x - <x>)^2>$ を導け（$<>$ は平均を表す）．解答にあたっては, 次の公式を使ってよい．

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-t^2}\, dt = \sqrt{\pi}$$

 (ii) ランダム変数 $z = x + y$ の平均および分散はいくらか．

 (iii) z の確率密度関数はガウス分布となることを導け．

 (iv) データ「1」の信号レベルが A_1, データ「0」の信号レベルが A_0, であるパルス信号（ただし, $A_1 > A_0$）を受信したところ, 受信機において, 上述のランダム変数 z が雑音として重畳された．これに対し受信機では, データ「1」に対する誤り率とデータ「0」に対する誤り率に偏りがないように閾値を設定し, データの識別を行う．このときの設定閾値および平均誤り率を下記の関数を使って表せ．ただし, データ「1」と「0」が送られる割合は等しいものとする．

$$\mathrm{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_{x}^{\infty} e^{-t^2}\, dt$$

【通信ネットワーク】解答は，緑色 (2 番) の解答用紙に記入すること．

(a) コンピュータネットワークにおいて，エンドホストのアプリケーション層で動作する通信プログラムは，サービスを要求するプログラムとサービスを提供するプログラムの二種類に分類される．後者は，前者から送られるサービス要求メッセージを常に待ち受けている．以下では，前者を要求プログラム，後者を提供プログラムと呼ぶことにする．今，S 個の提供プログラム ($S \geq 1$) からなる通信システムからファイルをダウンロードするサービスについて考える．この通信システムは，要求プログラムから送出されたサービス要求メッセージを受信すると，この要求プログラムに対し 1 つのファイルを 1 つの提供プログラムから送出する．提供プログラムがファイルを送出している状態をビジー (busy) 状態，送出していない状態をアイドル (idle) 状態と呼ぶ．サービス要求メッセージの到着時に，アイドル状態の提供プログラムが存在する場合には，アイドル状態である 1 つの提供プログラムがファイル送出を開始し，その提供プログラムはビジー状態へと遷移する．ファイル送出が完了すると，その提供プログラムは再びアイドル状態に戻る．一方，全ての提供プログラムがビジー状態の場合には，そのサービス要求メッセージはバッファに蓄えられ，提供プログラムがアイドル状態になるまで待機する．バッファに蓄えられたサービス要求メッセージは，アイドル状態となった提供プログラムにより先着順に処理される．上記の通信システムに対して，以下の条件を仮定する．

- バッファが蓄えることのできるサービス要求メッセージ数は無限大である．
- サービス要求メッセージはこの通信システムに率 λ のポアソン過程 (Poisson process) に従い到着する．ただし，$\lambda > 0$ である．
- ある提供プログラムがビジー状態である期間，すなわち，1 つのファイルの送出を開始してから完了するまでの時間は平均 $1/\mu$ の指数分布に従う．ただし，$\mu > 0$ である．
- λ および μ は $\lambda < S\mu$ を満たす．

以下の問いに答えよ．

(i) 下線部 (a) の通信モデルを一般に何と言うか述べよ．

(ii) 上記の通信システムを待ち行列モデルによりモデル化した場合，ケンドール記号ではどのように表記されるか示せ．

ビジー状態である提供プログラムの個数とバッファに蓄えられているサービス要求メッセージ数の和を N (ただし N は非負の整数) と定義する．また，あるサービス要求メッセージが通信システムに到着してから，そのサービス要求メッセージに対するファイル送出が完了するまでの時間を T と定義する．以下の問いでは，通信システムは定常状態にあると仮定する．

(iii) $N = k$ となる確率 $\Pr(N = k)$ を p_k とする．p_k が満たす大域平衡方程式を書き下せ．

(iv) T の平均値を $\overline{T}$，N の平均値を $\overline{N}$ と表す．$\overline{T}$ と $\overline{N}$ の間に成立する関係式を示せ．

与えられた S に対して，$\overline{T}$ を λ，μ の関数 $\overline{T}_S(\lambda, \mu)$ として表す．

(v) $\overline{T}_1(\lambda, \mu)$ を求めよ．

(vi) $\overline{T}_2(\lambda, \mu)$ を求めよ．

(vii) 整数 m ($m > 1$) に対して，$\overline{T}_1(\lambda, m\mu_0)$ と $\overline{T}_m(\lambda, \mu_0)$ の大小関係を示し，その理由について論じよ．ただし，$0 < \lambda/(m\mu_0) < 1$，$\mu_0 > 0$ とする．

【光・電波工学】 解答は，灰色（3 番）の解答用紙に記入すること.

図に示すように，媒質 1（比誘電率 $\varepsilon_{r1} = 9$）から媒質 2（比誘電率 $\varepsilon_{r2} = 4$）へ，平面波が境界面に対して垂直に入射している．媒質 1，2 共に，線形かつ等方な，非導電性の非磁性体であるとする．入射波の磁界 $\boldsymbol{H}^{\mathrm{I}}$が以下の式で与えられるとき，問い(i)～(vi)に答えよ．

$$\boldsymbol{H}^{\mathrm{I}} = \boldsymbol{i}_z 2\cos(2\pi \times 10^9 t - k_1 y) \ \ \mathrm{A/m}$$

尚，真空中の光速を $c = 3\times10^8$ m/s，特性インピーダンスを 120π Ωとする．また，直角座標系における x，y，z 方向の単位ベクトルをそれぞれ $\boldsymbol{i}_x$，$\boldsymbol{i}_y$，$\boldsymbol{i}_z$ とし，図中の $\boldsymbol{k}$ は波数ベクトル $\boldsymbol{k} = k_1\boldsymbol{i}_y$ である．t は時刻である．

(i) 媒質 1 における波数 k_1 および媒質 2 における波数 k_2 の値を求めよ．

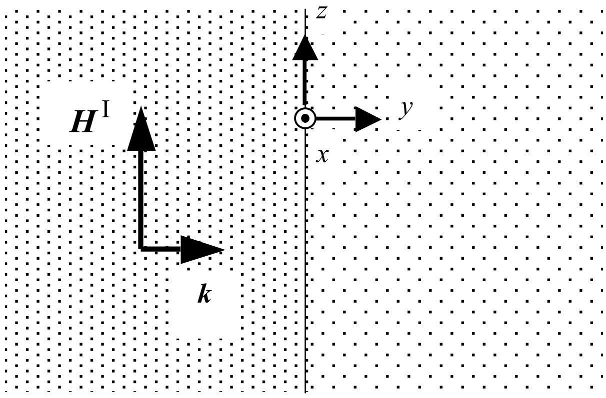
(ii) 入射波の電界 $\boldsymbol{E}^{\mathrm{I}}$を，時刻 t および位置 y の関数であるベクトルとして求めよ．また，$\boldsymbol{E}^{\mathrm{I}}$の複素表示（フェーザ表示）$\tilde{\boldsymbol{E}}^{\mathrm{I}}$を書き表せ．

(iii) 入射波，反射波，透過波の電界の複素振幅をそれぞれ E^{I}，E^{R}，E^{T}，および入射波，反射波，透過波の磁界の複素振幅をそれぞれ H^{I}，H^{R}，H^{T}とするとき，媒質 1 と媒質 2 の境界面における電磁界の境界条件を書き表せ．

(iv) 反射波の電界の複素表示（フェーザ表示）$\tilde{\boldsymbol{E}}^{\mathrm{R}}$および磁界の複素表示 $\tilde{\boldsymbol{H}}^{\mathrm{R}}$，また，透過波の電界の複素表示 $\tilde{\boldsymbol{E}}^{\mathrm{T}}$および磁界の複素表示 $\tilde{\boldsymbol{H}}^{\mathrm{T}}$を求めよ．ただし，反射波の電磁界の複素表示には E^{R}を，透過波の電磁界の複素表示には E^{T}を用いよ．

(v) 問い(ii)，(iii)，(iv)の結果から E^{R}および E^{T}の満たすべき方程式を導出し，E^{R}，E^{T}を求めよ．

(vi) 入射波，反射波，透過波の平均電力密度を求めよ．



媒質 1（$\varepsilon_{r1} = 9$）　　媒質 2（$\varepsilon_{r2} = 4$）

【情報理論】 解答は，だいだい色（４番）の解答用紙に記入すること.

1．k ビットの情報ビットからなる情報語 $\boldsymbol{x}=(x_1,\cdots,x_k)$（ただし，$x_i\in\{0,1\}$, $i=1,\cdots,k$）を基に，n ビットからなる符号語 $\boldsymbol{w}=(w_1,\cdots,w_n)$（ただし，$w_j\in\{0,1\}$, $j=1,\cdots,n$, $k\le n$）を生成する符号化則を考える．この符号化則によって生成された符号語 $\boldsymbol{w}$ の各ビット w_j は，図 1 に示すビット誤り率 p（ただし，$0\le p\le 1$）の 2 元対称通信路を通じて伝送される．符号語 $\boldsymbol{w}$ が伝送されると，受信側では，n ビットからなる受信語 $\boldsymbol{u}=(u_1,\cdots,u_n)$（ただし，$u_j\in\{0,1\}$, $j=1,\cdots,n$）を受信した後，受信語 $\boldsymbol{u}$ を基に，ある復号則にしたがって，送信された符号語 $\boldsymbol{w}$ を判定する．以上の 2 元符号の伝送に関する下記の問いに答えよ．なお，以下では，復号誤り率とは，送信側から送信された符号語 $\boldsymbol{w}$ とは異なる符号語が送信符号語として判定される確率とする．

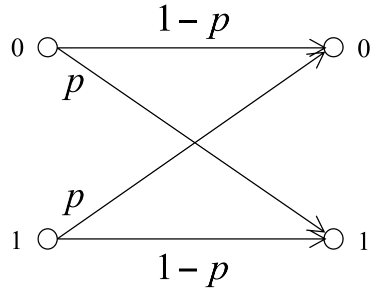


図 1　2 元対称通信路の通信路線図

(i) 符号化則として，$k=1,\ n=1,\ w_1=x_1$ とする符号化則 ϕ_1 を用いるものとする．また，復号則として, 受信語 $\boldsymbol{u}$ からのハミング距離が最小となる符号語 $\boldsymbol{w}$ を送信符号語と判定する復号則 ψ_1 を用いるものとする．この場合の復号誤り率 Pe_1 を p を用いて表せ．

(ii) 符号化則として，$k=1,\ n=3,\ w_j=x_1$（ただし，$j=1,2,3$）とする符号化則 ϕ_2 を用いるものとする．また，復号則として，受信語 $\boldsymbol{u}$ からのハミング距離が最小となる符号語 $\boldsymbol{w}$ を送信符号語と判定する復号則 ψ_2 を用いるものとする．この場合の復号誤り率 Pe_2 を p を用いて表せ．

(iii) 問い(i)および問い(ii)の結果を比較し，$Pe_2\le Pe_1$ が成立するための条件を p を用いて表せ．

(iv) 符号化則として，k ビットからなる情報語 $\boldsymbol{x}$ から，n ビットからなる符号語 $\boldsymbol{w}$ を生成する符号化則 ϕ_3 を用いるものとする．また，復号則として，受信語 $\boldsymbol{u}$ の尤度関数 $\mathrm{Prob}(\boldsymbol{u}\,|\,\boldsymbol{w})$ が最大となる符号語 $\boldsymbol{w}$ を送信符号語と判定する復号則 ψ_3 を用いるものとする．受信語 $\boldsymbol{u}$ と符号語 $\boldsymbol{w}$ との間のハミング距離を d とし，尤度関数 $\mathrm{Prob}(\boldsymbol{u}\,|\,\boldsymbol{w})$ を n, d, p を用いて表せ．

(v) 問い(iv)の結果から，$p<0.5$ である場合，尤度関数 $\mathrm{Prob}(\boldsymbol{u}\,|\,\boldsymbol{w})$ が最大となる符号語 $\boldsymbol{w}$ を送信符号語と判定する復号則 ψ_3 と，受信語 $\boldsymbol{u}$ からのハミング距離 d が最小となる符号語 $\boldsymbol{w}$ を送信符号語と判定する復号則 ψ_4 が等しいことを証明せよ．

２．図 2 に示す符号化器によって生成される畳み込み符号を考える．この符号化器は，1 ビットのシフトレジスタと，2 を法とする加算器（排他的論理和演算を行う），並直列変換器により構成されている．時点 i で 1 つのビット x_i（ただし，$x_i \in \{0, 1\}$，$i = 1, 2, \cdots$）が符号化器に入力されると，ビット x_i とシフトレジスタに記憶されている値により決定される 2 つのビット $w_{2i-1}w_{2i}$（ただし，$w_{2i-1} \in \{0, 1\}$，$w_{2i} \in \{0, 1\}$）が符号化器から出力され，シフトレジスタに記憶されている値が 1 段ずつシフトされる．符号化器への入力ビット系列を $\boldsymbol{x} = (x_1, \cdots, x_i, \cdots)$，符号化器からの出力ビット系列を $\boldsymbol{w} = (w_1, w_2, \cdots, w_{2i-i}, w_{2i}, \cdots)$ とする．この符号化器によって生成される畳み込み符号に関する下記の問いに答えよ．なお，図 2 において，D_1, D_2 は 1 ビットのシフトレジスタを表し，$\oplus$ は 2 を法とする加算器を表している．

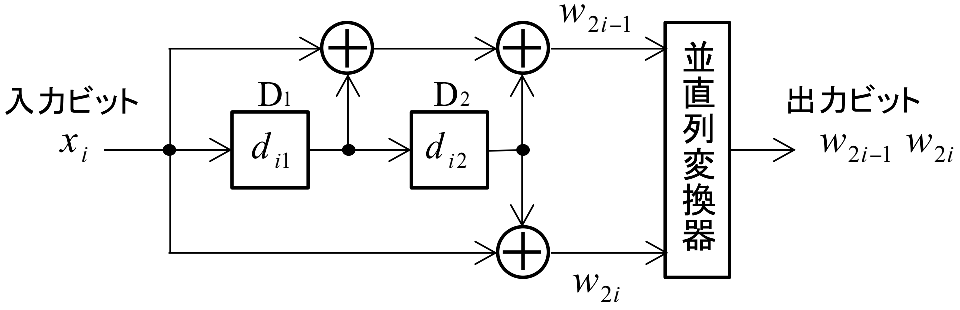


図 2　符号化器の構成

(i) 時点 j（ただし，$j = 3, 4, 5, \cdots$）での出力ビットを w_{2j-1} および w_{2j} とする．w_{2j-1} および w_{2j} を，それぞれ，入力ビット x_j, x_{j-1}, x_{j-2} を用いて表せ．

(ii) 時点 k（ただし，$k = 0, 1, \cdots$）での，シフトレジスタ D_1 および D_2 に記憶されている値を，それぞれ，d_{k1}，d_{k2} とする．また，2 つのシフトレジスタに記憶されている値を用いて，畳み込み符号の状態を $\mathrm{S}(d_{k1}d_{k2})$ として表すものとする．この場合，$d_{k1} \in \{0, 1\}, d_{k2} \in \{0, 1\}$ であるので，畳み込み符号の状態は，$\mathrm{S}(00)$, $\mathrm{S}(01)$, $\mathrm{S}(10)$, $\mathrm{S}(11)$ の 4 つの状態の何れかとなる．ここで，初期状態（時点 0 での状態）が $\mathrm{S}(00)$ であるとしたとき，任意の 3 ビットからなるビット系列 $\boldsymbol{x} = (x_1, x_2, x_3)$ を入力した場合の状態遷移を，トレリス図を用いて表せ．ただし，図中には，入力ビットと，それに対応する出力ビットも併せて示すこと．また，問題において定義されていない変数，記号などを用いて解答する場合は，それらの定義を明記すること．

【信号処理】 解答は，黄色の解答用紙(5 番)に記入すること.

1． 信号処理システムに関する以下の問いに答えよ．

(i) 信号処理システムの ①記憶性，②因果性，③安定性，④時不変性，⑤線形性 をそれぞれ説明せよ．

(ii) 単位時間の遅延素子 D について，(i) の各性質の有無を調べよ．ただし，必要に応じて性質の有無だけではなく，その理由も示すこと．

(iii) 単位時間の遅延素子 D を用いた図 1 に示すフィードバックシステムについて，入力信号 $x[n]$と出力信号 $y[n]$の関係を z 変換し，更に周波数応答を求めよ．

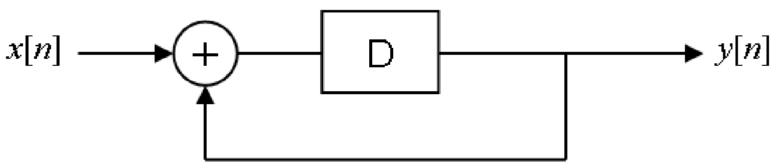


図 1　　フィードバックシステム

2． 窓関数に関する以下の問いに答えよ．

(i) フーリエ解析で窓関数が必要な理由を説明せよ．

(ii) 代表的な窓関数のひとつであるハニング窓の離散時間フーリエ変換を，矩形窓の離散時間フーリエ変換 $W(\Omega)$ で表せ．ただし Ωは角周波数であり，ハニング窓は

$$w_{HN}[n] = \begin{cases} \dfrac{1}{2} - \dfrac{1}{2}\cos\left(\dfrac{2\pi n}{M}\right) & : \quad 0 \leqq n < M \text{ のとき．ただし } n, M \text{ は整数.} \\ 0 & : \quad \text{上記以外のとき.} \end{cases}$$

で表される．

【論理回路と計算機システム】 解答は，水色（6 番）の解答用紙に記入すること.

1．正極性エッジトリガ型 D フリップフロップ（以下では, D-FF と呼ぶ）について考える．図 1 のように結線した D-FF の出力 Q のタイムチャートを示せ．なお，出力の初期状態は $Q = 0$ とし，タイムチャートは図 2 を解答用紙に転記した上で，出力 Q と $D\ (=\overline{Q}\ )$について加筆して示すこと．なお，CK はクロックパルスを，CLR は 0 を入力すると出力 Q を 0 にクリアする負論理の端子を表す.

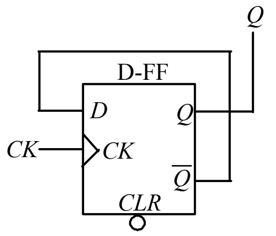


図 1

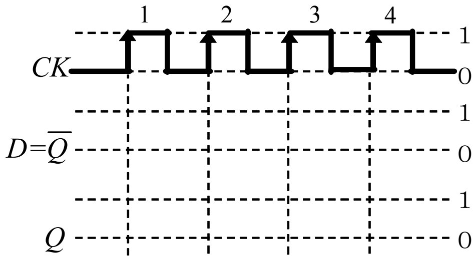


図 2

2．入力された CK の数を 1 つずつ数える回路（このような回路をカウンタと呼ぶ）を複数の D-FF を用いて非同期式で構成することを考える．入力された CK の数を，n 個の D-FF の出力 Q を用いた 2 進数 $\boldsymbol{Z} = (\ Q_n \ldots Q_2 Q_1\ )$ で表す（n は自然数）こととする．このとき，以下の問いに答えよ.

(i) CKの入力の数を 10 進数で 0 から 10 まで数えることができるカウンタを構成するために必要な D-FF の数を求めよ.

(ii) 10 個目の CK の入力で全ての出力がクリアされるとしたとき，このカウンタの真理値表を CK の個数が 0 から 10 まで（10 を含む）の範囲で示せ.

(iii) 問い(ii)の真理値表で示したカウンタの回路図を示せ．ただし，D-FF は図 1 と同じ論理図記号を用いて表すこと．また出力 $Q_1 \ldots Q_n$ の初期状態はすべて 0 とする．なお，解となる回路構成が複数存在する場合には，その 1 つを示せばよい.

3．多段接続したフリップフロップ内のデータを順次右または左に移す（シフトする）ことができる回路をシフトレジスタと呼ぶ．D-FF を用いたシフトレジスタの構成に関する以下の問いに答えよ.

(i) D-FF を用いて構成した 3 ビットシフトレジスタの回路図を示せ．ただし，CK に同期して時間的に順次入力されるシリアル入力を S_{in}，出力 Q を入力に近い D-FF から順に Q_1，Q_2，Q_3 とし，S_{in} を Q_1, Q_2, Q_3 の順にシフトさせること．また, D-FF は図 1 と同じ論理図記号を用いて表すこと．出力 Q_1，Q_2，Q_3 の初期状態はすべて 0 とする．なお，解となる回路構成が複数存在する場合には，その 1 つを示せばよい.

(ii) 問い(i)で示したシフトレジスタの回路において，最終段の D-FF の出力 Q_3 を最前段の D-FF の入力 S_{in} に帰還する回路を考える．この回路において，全ての D-FF の出力 Q_1，Q_2，Q_3 を 0 にクリアした後，Q_1＝1 にセットして CK を順次入力したときの真理値表を CK の個数が 0 から 5 まで（5 を含む）の範囲で示せ.

4．10 進数と 10 進数の乗算を, 2 進数と 2 進数の乗算で行うことを考える. 以下の問いに答えよ. なお, $(\,x_{m-1}x_{m-2} \ldots x_0)_r$ は正の整数を m 桁の r 進数で表現したものであることを表す.

(i) 正の整数の n ビット 2 進数 $\boldsymbol{A} = (\ a_{n-1}a_{n-2} \ldots a_0)_2$ と $\boldsymbol{B} = (\ b_{n-1}b_{n-2} \ldots b_0\ )_2$ の乗算 $\boldsymbol{A}\times\boldsymbol{B}$ において，乗数 $\boldsymbol{B}$ の i ビット目の値を b_i $(\ 0 \leqq i < n\ )$とする．この乗算が，i を 0 から始めて b_i と被乗数 $\boldsymbol{A}$ の部分積 $b_i\,\boldsymbol{A}$ を 1 ビットずつ左にシフトさせて加算することの繰り返しにより実行できる（これを繰り返し型乗算方式と呼ぶ）ことを示せ.

(ii) $(357)_{10}\times(245)_{10}$ の乗算を，問い(i)で示した 2 進数同士の繰り返し型乗算方式で計算せよ．なお，計算途中の式も省略せずに解答用紙に記入し, 乗算の結果は 2 進数と 10 進数の両方で示すこと.

(iii) 2 進数のシフト演算および 2 進数同士の加算演算に要する時間をそれぞれ，1 ns および 10 ns とする．このとき，$(357)_{10}\times(245)_{10}$ および$(488)_{10}\times(501)_{10}$ の乗算を，2 進数同士の繰り返し型乗算方式で行ったときに要する時間をそれぞれ求めよ. シフト演算と加算演算の回数は乗数に応じた最小の回数とすること．なお，乗数が $(1)_2$ の場合の加算演算回数は 1 回とする.

(iv) 計算機が乗算に要する時間を短縮するために, 演算システムの設計上で解決すべき課題を 2 点述べ，それぞれ代表的な解決手法の例を 1 つずつ挙げよ.

【データ構造とアルゴリズム】解答は，青色 (7 番) の解答用紙に記入すること．

1. 図 1 で表されるような連結リストを用いたプログラム A が以下のように与えられている．このプログラムについて以下の問いに答えよ．

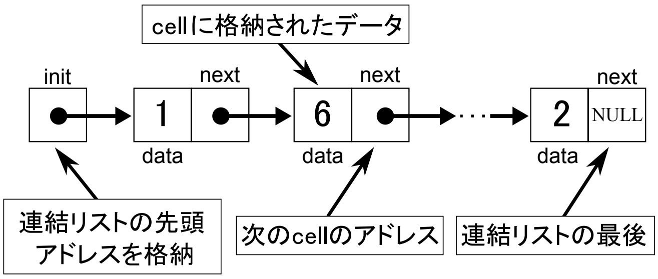


図 1

(i) insert 関数は，連結リストの先頭に新しい cell を挿入する関数である．この関数内の空欄【 1 】，【 2 】を埋めてプログラムを完成させよ．

(ii) プログラム実行時の出力結果を示せ．

プログラム A

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define N 9

struct cell { /* 連結リストを構成する要素のための構造体 cell*/
  int data;              /* cell に格納するデータ */
  struct cell *next;     /* 次の cell へのポインタ */
};

/* 連結リストのデータを表示する関数 */
void showcell(struct cell *init){
  struct cell *q;
  for(q=init; q->next!=NULL; q=q->next) printf("%d->", q->data);
  printf("%d\n",q->data);
}

/* 連結リストの先頭にデータ x を格納する新しい cell を追加 */
struct cell *insert(int x, struct cell *init){
  struct cell *r;
  r=(struct cell *)malloc(sizeof(struct cell) );
  r->next=【 1 】; r->data=【 2 】;
  return r;
}

int main(){
  struct cell *init=NULL;
  int i, a[N] = {12, 3, 4, 2, 9, 23, 11, 1, 8};
  for(i=0; i<N; i++) init=insert(a[i], init);
  showcell(init);
  return 0;
}
```

2. 問１のプログラム A に，２つの関数 `merge`, `mergesort` を加え，`main` 関数を置き換えることで，連結リストを昇順にマージソートするプログラム B を考える．このプログラムについて以下の問いに答えよ．

(i) `mergesort` 関数は，自分自身を呼び出す構造となっている．このような構造を何と呼ぶか答えよ．

(ii) プログラム中の空欄【３】〜【６】を埋めよ．ただし，同じ番号の空欄には同一内容が入る．

(iii) プログラム実行時の出力結果を示せ．

(iv) プログラムにおいて，`merge` 関数が最後に呼び出される直前の＜α＞での，`r` と `s` の各々を先頭アドレスとする連結リストを，図１を参考にして図示せよ．なお，このとき，引数 `n` には `N(=9)` が代入されていることに注意すること．

(v) M 個のデータにマージソートを適用したときの最悪時間計算量のオーダを答えよ．また，その算出根拠を答えよ．

プログラム B

```
/* a, b の各々を先頭アドレスとする２つのソート済の連結リストをマージする関数 */
struct cell *merge(struct cell *a, struct cell *b){
  struct cell head; /* 新規作成する連結リストの先頭アドレス格納用の cell */
  struct cell *x;   /* 作業用の cell へのポインタ変数 */
  x=&head;

/* ２つの連結リストの cell を，データの昇順に新しい連結リストへ追加 */
  while((a!=NULL) && (b!=NULL)){
    if(a->data < b->data){
      x->next=【 3 】; 【 3 】=【 3 】->next; x = x->next;
    }else{
      x->next=【 4 】; 【 4 】=【 4 】->next; x = x->next;
    }
  }
  if(a!=NULL){ /* 一方の連結リストに残った cell を新規連結リストに追加 */
    x->next=a;
  }else{
    x->next=b;
  }
  return  head.next;       /* 新規連結リストの先頭アドレスを返す */
}

/* p を先頭アドレスとする，要素 (cell) の数が n の連結リストをマージソート */
struct cell  *mergesort(struct cell *p, int n){
  struct cell *r, *s;
  int i, m=n/2;

  if(n==1) return  p;   /* リストの要素 (cell) が一つのときは終了*/

                          /* 連結リストの中央付近の cell を選択 */
  for(r=p, i=1; i<m; r=r->next, i++);
                          /* 連結リストを前半と後半の２つに分ける */
  s=r->next;              /* s は後半の連結リストの先頭アドレス */
  r->next=NULL;           /* 前半の連結リストの最後に NULL を代入 */

  printf("%d:%d-%d\n", n, i, n-i);
  r=mergesort(【  5  】, i);     /* 前半の連結リストをマージソートする */
  s=mergesort(【  6  】, n-i);   /* 後半の連結リストをマージソートする */
      <α>
  return  merge(r, s); /* マージした連結リストの先頭アドレスを返す */
}

int main(){
  struct cell *init=NULL;
  int i, a[N] = {12, 3, 4, 2, 9, 23, 11, 1, 8};

  for(i=0; i<N; i++) init=insert(a[i], init);
  init=mergesort(init, N);
  return 0;
}
```

専門用語の英訳

データ構造とアルゴリズム

連結リスト	linked list
プログラム	program
アドレス	address
関数	function
構造体	structure
データ	data
ポインタ	pointer
昇順	ascending order
マージソート	merge sort
引数	argument
オーダ	order
最悪時間計算量	worst-case time-complexity

【制御工学】 解答は，白色 (8 番) の解答用紙に記入すること．

図１のブロック線図で表わされるシステムについて以下の問いに答えよ．ただし，K，a，b はいずれも定数である．なお，$R(s)$, $C(s)$, $X_1(s)$, $X_2(s)$, $X_3(s)$, $X_4(s)$ はそれぞれ時間関数 $r(t)$, $c(t)$, $x_1(t)$, $x_2(t)$, $x_3(t)$, $x_4(t)$ のラプラス変換を表わす.

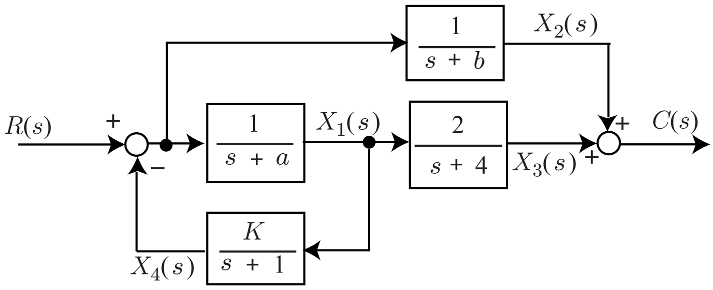


図１

(i) 入力 $R(s)$ から出力 $C(s)$ までの伝達関数を答えよ.

(ii) 単位ステップ入力時の出力の収束値 $\lim_{t\to\infty} c(t)$ を答えよ．なお，システムは安定であるとする.

(iii) $K=1$, $a=1$, $b=2$ のときのインパルス応答 $c(t)$ を求め，その概形を描け.

(iv) ゲイン余裕，位相余裕について説明せよ.

(v) $x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t)$ を状態変数，$r(t)$ を入力変数，$c(t)$ を出力変数としたときの状態方程式ならびに出力方程式を答えよ.

(vi) $a=b$ のときのシステムの可制御性を判別せよ.

(vii) システムの極が -10, -4, $-2 \pm j3$ であった．K，a，b の値を答えよ．なお，j は虚数単位を表わす.

(viii) $r(t) = -k_1x_1(t) - k_2x_2(t) - k_3x_3(t) - k_4x_4(t)$ とする状態フィードバックシステムの極が指定されたときのフィードバックゲインを求める手順を示せ．なお，図１のシステムは可制御であるとする.

専門用語の英訳

制御工学

ブロック線図	block diagram
ラプラス変換	Laplace transform
伝達関数	transfer function
単位ステップ入力	unit step input
安定である	stable
インパルス応答	impulse response
ゲイン余裕	gain margin
位相余裕	phase margin
状態変数	state variable
入力変数	input variable
出力変数	output variable
状態方程式	state equation
出力方程式	output equation
可制御	controllable
極	pole
フィードバック	feedback