平成 27 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
（システム・制御・電力工学コース）

（実施時間　１４：００ ～ １６：００）

【注　意　事　項】

１．問題用紙は，この表紙や白紙を除いて１５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，「制御工学１」，「制御工学２」，「パワーエレクトロニクスと電気機器」，「データ構造とアルゴリズム」，「論理回路と計算機システム」，及び，「信号処理」，の全部で６題あり，この順番に綴じられている．このうち，「制御工学１」または「制御工学２」のいずれか１題以上を含め，３題を選択し解答すること．

３．解答開始前に，別紙の「専門科目試験問題選択票」に記載の注意事項も読んでおくこと．

４．問題用紙は持ち帰ってもよい．

【制御工学１】解答は，白色（１番）の解答用紙に記入すること．

1. 図 1 のブロック線図において，$R(s)$ から $C(s)$ までの伝達関数を $G_1(s)$, $G_2(s)$, $G_3(s)$, $G_4(s)$ を用いて表せ.

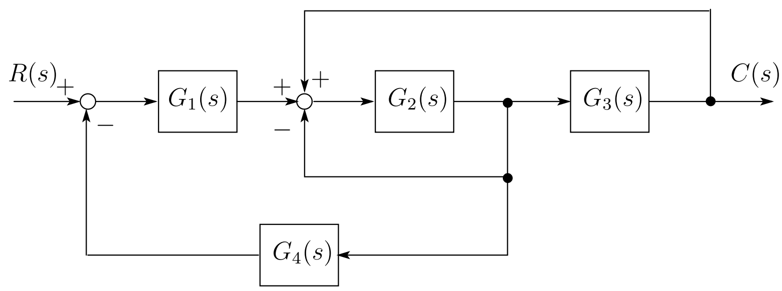

図 1

2. 次の伝達関数で表されるシステムについて，以下の問いに答えよ.

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + s + 1}$$

(i) ステップ応答を時間 t の関数として求めよ.

(ii) ステップ応答波形において，初期時刻 $t = 0$ から最大オーバーシュートに達するまでの時間を求めよ.

(iii) $G(s)$ に対するベクトル軌跡の始点，虚軸との交点，および終点の座標をそれぞれ求めよ.

(iv) ゲイン $|G(j\omega)|$ の最大値であるピーク値，およびゲインがそのピーク値をとるときの角周波数 ω の値を求めよ．ただし，j は虚数単位を表す.

3. 次の伝達関数で表されるシステムにおいて，角周波数 ω を $\omega \to 0$ および $\omega \to \infty$ としたときの $\angle G(j\omega)$ の漸近値 $\displaystyle\lim_{\omega\to 0} \angle G(j\omega)$ と $\displaystyle\lim_{\omega\to\infty} \angle G(j\omega)$ を求めよ．ただし，$\angle G(j\omega)$ は $G(j\omega)$ の偏角を表す.

$$G(s) = \frac{s^2 + 3s + 1}{s^2(s+3)(s+5)}$$

4. 図 2 のフィードバックシステムにおいて，$R(s)$ から $C(s)$ までの閉ループ伝達関数が虚軸上に極をもつための，K に関する必要十分条件を示せ．また，その条件が満足されるとき，閉ループ伝達関数が虚軸上にもつ極をすべて求めよ．ただし，K は正の実数を表す.

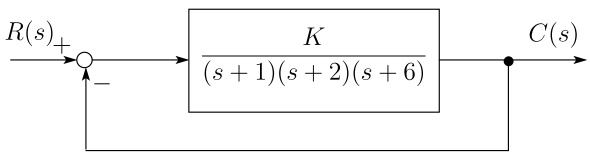

図 2

専門用語の英訳

制御工学１

ブロック線図	block diagram
伝達関数	transfer function
ステップ応答	step response
最大オーバーシュート	maximum overshoot
ベクトル軌跡	vector locus, polar plot
始点	origin
虚軸	imaginary axis
交点	point of intersection
終点	end point
座標	coordinate
ゲイン	gain
ピーク値	peak value
角周波数	angular frequency
虚数単位	imaginary unit
漸近値	asymptotic value
偏角	argument
フィードバックシステム	feedback system
閉ループ伝達関数	closed-loop transfer function
極	pole
必要十分条件	necessary and sufficient condition

【制御工学２】解答は，赤色（２番）の解答用紙に記入すること．

状態方程式と出力方程式がそれぞれ次のように与えられている 1 入力 1 出力線形時不変システムに対して，以下の問いに答えよ．

$$\frac{d\boldsymbol{x}(t)}{dt} = \boldsymbol{A}\boldsymbol{x}(t) + \boldsymbol{b}u(t), \quad y(t) = \boldsymbol{c}\boldsymbol{x}(t)$$

ただし，$\boldsymbol{x}(t)$，$u(t)$，$y(t)$ は，それぞれ，システムの状態変数ベクトル，入力変数，出力変数であり，

$$\boldsymbol{x}(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & -2 \\ -3 & 0 & 2 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{b} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{c} = \begin{bmatrix} 3 & 0 & -2 \end{bmatrix}$$

とする．

(i) このシステムが可制御，可観測であることを示せ．

(ii) このシステムの可制御正準形を得るために，次の行列 $\boldsymbol{T}$ を用いて，状態変数ベクトルを $\boldsymbol{z}(t) = \boldsymbol{T}\boldsymbol{x}(t)$ に変換した．ただし，$\boldsymbol{T}$ の逆行列 $\boldsymbol{T}^{-1}$ は以下のように求まる．

$$\boldsymbol{T} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{T}^{-1} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

次に示す $\boldsymbol{z}(t)$ に関する状態方程式および出力方程式の $\tilde{\boldsymbol{A}}$，$\tilde{\boldsymbol{b}}$，$\tilde{\boldsymbol{c}}$ を求めよ．

$$\frac{d\boldsymbol{z}(t)}{dt} = \tilde{\boldsymbol{A}}\boldsymbol{z}(t) + \tilde{\boldsymbol{b}}u(t), \quad y(t) = \tilde{\boldsymbol{c}}\boldsymbol{z}(t)$$

(iii) 入力を $u(t) = -hy(t)$ とする出力フィードバック制御を施した場合，このシステムが安定となるための出力フィードバックゲイン h に関する必要十分条件を示せ．

(iv) 入力を $u(t) = -\boldsymbol{k}\boldsymbol{x}(t)$ とする状態フィードバック制御を施した場合，このシステムの極が $-1, -\frac{1}{2} \pm j\frac{\sqrt{3}}{2}$ となるように状態フィードバックゲイン $\boldsymbol{k} = [k_1 \quad k_2 \quad k_3]$ を定めよ．ただし，j は虚数単位を表す．

(v) 問 (iv) の状態フィードバック制御を施した場合の状態方程式

$$\frac{d\boldsymbol{x}(t)}{dt} = (\boldsymbol{A} - \boldsymbol{b}\boldsymbol{k})\boldsymbol{x}(t) = \boldsymbol{F}\boldsymbol{x}(t)$$

を考える．$\boldsymbol{F}$ を対角化するために，次の行列 $\boldsymbol{U}$ を用いて，状態変数ベクトルを $\boldsymbol{w}(t) = \boldsymbol{U}\boldsymbol{x}(t)$ に変換した．ただし，$\boldsymbol{U}$ の逆行列 $\boldsymbol{U}^{-1}$ は以下のように求まる．

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{6} & \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{6} & \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{6} & \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{6} & \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{U}^{-1} = \begin{bmatrix} -1 & \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \\ 2 & \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$\boldsymbol{w}(t)$ に関する状態方程式は次のようになった．

$$\frac{d\boldsymbol{w}(t)}{dt} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \boldsymbol{w}(t)$$

初期状態が $x_1(0) = 1, x_2(0) = 1, x_3(0) = 0$ であるとき，$\boldsymbol{w}(t)$ に関する状態方程式を用いて，$\boldsymbol{x}(t)$ $(t \geq 0)$ を求めよ．

専門用語の英訳

制御工学２

状態方程式	state equation
出力方程式	output equation
線形時不変システム	linear time-invariant system
状態変数	state variable
入力変数	input variable
出力変数	output variable
可制御	controllable
可観測	observable
可制御正準形	controllable canonical form
出力フィードバック制御	output feedback control
安定	stable
出力フィードバックゲイン	output feedback gain
状態フィードバック制御	state feedback control
極	pole
状態フィードバックゲイン	state feedback gain
対角化	diagonalization
初期状態	initial state

【パワーエレクトロニクスと電気機器】解答は，桃色（3 番）の解答用紙に記入すること.

1. 図 1(a) に示す降圧チョッパ回路について以下の問いに答えよ．ここで，MOSFET Q およびダイオード D は理想的なスイッチング動作を行うものとし，MOSFET Q のオン抵抗やダイオード D のオン電圧は無視する．また，キャパシタ C は出力電圧 E_2 の変動が無視できるほど十分に大きい．回路動作はすべて周期定常状態にあるものとし，インダクタ L を流れる電流 i_L は常に正 ($i_L > 0$) とする．

(i) 図 1(a) の Q に対して，図 1(b) に示す周期 T （オン時間 T_{ON}: $0 < T_{ON} < T$, オフ時間 T_{OFF}: $T_{OFF} = T - T_{ON}$ ）の信号を与えた．この時，Q を流れる電流 i_Q, D を流れる電流 i_D, L を流れる電流 i_L および D の両端電圧 E_D を，図 1(b) の信号波形に示された T_{ON} 期間と T_{OFF} 期間に対応させて描け．また， i_L については周期 T における平均値を，E_D については振幅をそれぞれ求めよ． ただし，抵抗 r の影響は十分小さいとする．

(ii) 抵抗 r による電圧降下を考慮して，入力電圧 E_1 と出力電圧 E_2 の関係を通流率 α ($\alpha = T_{ON} / T$), 抵抗 r および負荷抵抗 R を用いて表せ.

(iii) $E_1 = 100$[V], $R = 9.9$[Ω], $r = 0.1$[Ω] , $\alpha = 0.6$ とした際の，抵抗 r で生じる損失と出力電圧 E_2 を求めよ．ここで，インダクタンス L は十分に大きく i_L は一定とする．

(iv) 直流出力電圧を調整する方法として，降圧チョッパを用いて通流率 α を制御する以外に，図 1(c) のように可変抵抗 R' を用いる方法がある． 問(iii) と同様の入力電圧 E_1，負荷抵抗 R を与え，同様の出力電圧 E_2 を得るための可変抵抗 R' の抵抗値および R' における損失を求めよ．また，図 1(c) に示す方法と比較して降圧チョッパを用いた場合のメリットを 1 つ挙げよ．

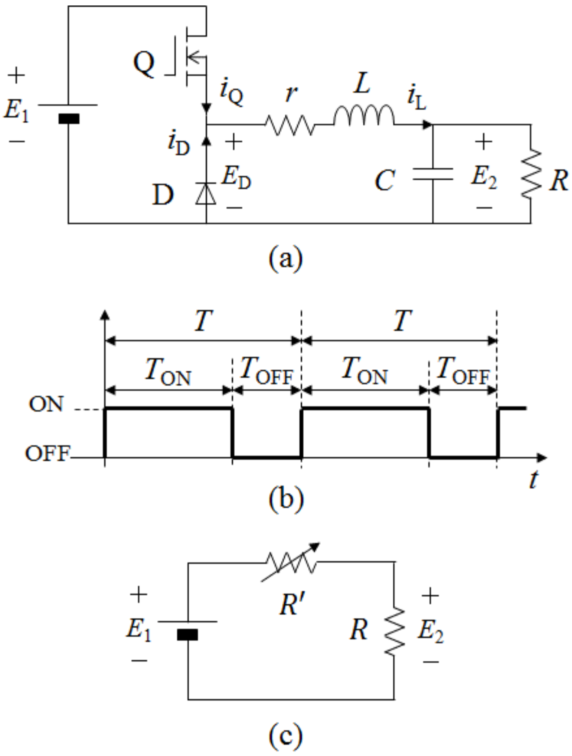

図 1

2. 図 2 は，すべり s で回転している三相巻線形誘導電動機の一相分の二次側等価回路を示している．r_2 は二次抵抗を表し，E_{2s}，x_{2s} はすべり s で回転している状態における二次巻線の電圧，リアクタンスをそれぞれ表す．以下の問いに答えよ．

(i) 回転子の回転角速度 ω_n および二次回路の角周波数 ω_2 を，同期角速度 ω_0 と s を用いて表せ．

(ii) 回転子が静止している状態では，二次巻線の電圧，リアクタンスはそれぞれ E_{20}, x_2 であった．すべり s で回転しているときの E_{2s}, x_{2s} を s, E_{20}, x_2 を用いて表し（すべてを用いなくてもよい），一相あたりのトルク T を，$s, E_{20}, r_2, x_2, \omega_0$ を用いて表せ．

(iii) r_2 が 0.10 Ω であったとき，最大トルクが発生するときのすべりが 0.16 であった．始動時に最大トルクを得るために二次側に追加する一相あたりの抵抗はいくらか．

(iv) この誘導電動機がトルク一定の負荷に接続され，定常運転されているとする．いま，二次周波数と常に等しい周波数の電圧 E_c を E_{2s} と同位相で外部から二次回路に加え，徐々にその大きさを増加させたとすると，すべりと回転数はどのようになるか．簡単に説明せよ．

(v) この誘導電動機を運転しているときに，一次側の 3 線中任意の 2 線を入れ換え，相回転が逆となるように接続した．このとき，誘導電動機はどのように振る舞うか．また，誘導電動機が持っていた回転による運動エネルギーはどのようになるか．それぞれ簡単に説明せよ．

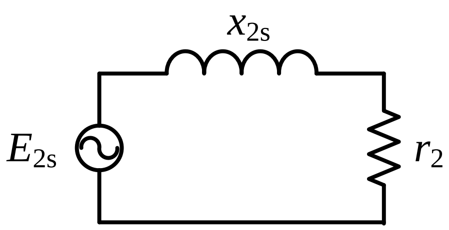

図 2

専門用語の英訳

パワーエレクトロニクスと電気機器

1.

降圧チョッパ回路	step-down chopper circuit
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
オン抵抗	on-resistance
オン電圧	on-voltage
周期定常状態	periodic steady state
周期	period
通流率	duty ratio
可変抵抗	variable resistor
損失	power loss

2.

すべり	slip
三相巻線形誘導電動機	three-phase wound-rotor induction motor
二次側等価回路	equivalent circuit of secondary circuit
同期角速度	synchronous angular velocity
最大トルク	maximum torque
二次周波数	secondary frequency

【データ構造とアルゴリズム】解答は，青色 (４番) の解答用紙に記入すること．

1. 図 1 で表されるような双方向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．このプログラムは，双方向リストにデータを逐次追加した後，格納されたデータを先頭の CELL から表示し，リストから 2 つのデータを削除した後，格納されたデータを最後尾の CELL から表示するプログラムである．このプログラムについて以下の問いに答えよ．

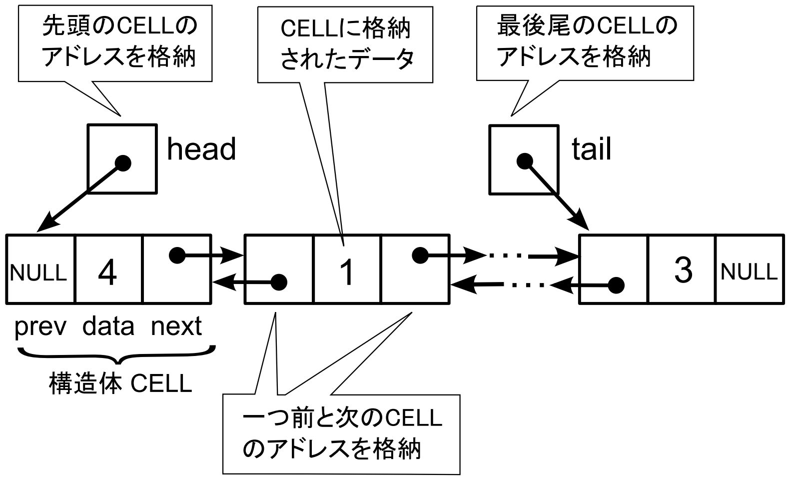

図 1

(i) プログラム中のコメント文を参考にして，プログラムが正しく動くように【 1 】～【 7 】を埋めよ．

(ii) `main` 関数内の＜ α ＞において，`i=0` および 2 のときの双方向リストを図 1 を参考にして図示せよ．

(iii) 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>

struct CELL { /* 双方向リストを構成する構造体 CELL  */
   struct CELL *prev;   /* 前の CELL へのポインタ変数 */
   int data;            /* CELL に格納するデータ */
   struct CELL *next;   /* 次の CELL へのポインタ変数 */
};
struct CELL *head=NULL, *tail=NULL; /* 先頭，最後尾の CELL へのポインタ変数 */

int ShowList(){ /* 双方向リストのデータを先頭の CELL から表示 */
  struct CELL *q;
  if(head==NULL) return 0;         /* head==NULL なら何もしない */
  for(q=head; q->next!=NULL; q=【 1 】) printf("[%d]->", q->data);
  printf("[%d]\n",q->data); return 1;
}
int ShowListR(){ /* 双方向リストのデータを最後尾の CELL から表示 */
  struct CELL *q;
  if(head==NULL) return 0;         /* head==NULL なら何もしない */
  for(q=tail; q->prev!=NULL; q=【 2 】) printf("[%d]<-", q->data);
  printf("[%d]\n",q->data); return 1;
}
void AddData(int x){ /* 双方向リストの先頭に，データ x を格納する新しい CELL を追加 */
  struct CELL *r;
  r = malloc(sizeof(struct CELL)); /* 構造体 CELL のための領域確保 */
  r->data=【 3 】;
  r->next=【 4 】;
  r->prev=【 5 】;
  if(head!=NULL) head->prev=r;
  if(tail==NULL) tail=r;
  head=r;
}
int DelData(int y){ /* 双方向リストに数値 y が格納されていれば，その CELL を削除 */
  struct CELL *q;
  if(head==NULL) return 0;      /* head==NULL なら何もしない */
  for(q=head; q->next!=NULL; q=q->next){
    if(y==q->data){
      if(q==head){ head=q->next; }
      else{
        q->prev->next=【 6 】;
      }
      if(q==tail){ tail=q->prev; }
      else{
        q->next->prev=【 7 】;
      }
      free(q); return 1;
  } }
  return 0;
}

int main(){
  int i, a[6]={ 3, 4, 10, 1, 5, 9 }; /* リストに格納するデータ */
  for(i=0; i<6; i++){
    AddData(a[i]);       /* データの逐次追加 */
     ＜α＞
  }
  ShowList();                 /* リストに格納されたデータの表示 */
  DelData(a[2]); DelData(a[5]);      /* リストからデータを削除 */
  ShowListR();
  return 0;
}
```

2. 与えられたデータを昇順にソートするプログラム B 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．

(i) このプログラムで実現されるソートアルゴリズムは，一般に何と呼ばれるか答えよ．

(ii) プログラム中のコメント文を参考にして，プログラムが正しく動くように【 8 】〜【 11 】を埋めよ．

(iii) このプログラムの出力結果のうち，最初の 2 行を示せ．

(iv) このプログラムの平均時間計算量のオーダと最悪時間計算量のオーダをデータ数 N を用いて示せ．また，最悪時間計算量のオーダの算出根拠を述べよ．

プログラム B

```
#include <stdio.h>
#define N 10

void PrintArray(int array[], int left, int right, int pivot){ /* 配列表示関数 */
  int i;
  for(i=left; i <= right; i++){
    if(array[i] == pivot) printf("[%d] ", array[i]);
    else  printf("%d ", array[i]);
  }
  printf("\n");
}

void Sort(int array[], int left, int right){
  int i, j, pivot, temp;

  pivot=array[ (right+left)/2 ];   /* 配列の中央付近の値を pivot に */

  PrintArray(array, left, right, pivot);
  i=left; j=right;
  while(1){
    while( array[i] < pivot ){ 【 8 】; } /* pivot 以上の値が見つかるまで右方向へ */
    while( array[j] > pivot ){ 【 9 】; } /* pivot 以下の値が見つかるまで左方向へ */
    if( i >= j ) break;                              /* while 文から抜ける */
    temp=array[i]; array[i]=array[j]; array[j]=temp;              /* 入れ替え */
    i++; j--;
  }
  PrintArray(array, left, right, pivot);

  if( 【 10 】< i-1 ){ Sort( array,【 10 】, i-1); }    /* 配列左側のソート */
  if(   j+1  <【 11 】){ Sort( array, j+1,【 11 】); }  /* 配列右側のソート */
}

int main(){
  int i, x[N]={9, 12, 3, 1, 7, 8, 4, 2, 10, 5}; /* ソート対象の配列 */
  Sort(x, 0, N-1);
  return 0;
}
```

専門用語の英訳

データ構造とアルゴリズム

双方向リスト	bidirectional list
構造体	structure
プログラム	program
アルゴリズム	algorithm
ソート	sort
最悪時間計算量	worst-case time-complexity
平均時間計算量	mean time-complexity
オーダ	order

【論理回路と計算機システム】 解答は，水色（5番）の解答用紙に記入すること.

1. A，B，C，D の 4 人が賛否を投票し，多数決によって全体の賛否を決定する回路を考える．ただし，いずれの問いにおいても下記の原則を守ることとする．
   - A，B，C，D のそれぞれの投票を入力 a，b，c，d（それぞれ賛成であれば 1，反対であれば 0）とし，白票や棄権（ドントケアに相当するもの）は無い．
   - 各投票は，A は 3 票分，B は 2 票分，C と D は共に 1 票分の重みを持つ（合計 7 票分）．
   - 回路は，これらの重みを考慮して，賛成・反対の票数の多数決の結果 m を出力する（全体として賛成であれば 1，反対であれば 0）．
   - 利用可能な論理ゲートは，論理否定（NOT），論理和（OR）および論理積（AND）であり，各ゲートの入力数には制限は無く，いずれの論理ゲートの遅延時間も一定である．
   - 解となる回路が複数存在する場合には，その 1 つを示せば良い．

(i) 多数決結果 m の真理値表，最小積和形，および，回路図を示せ．

(ii) 投票 a，b，c，d の重みを考慮した，全体としての賛成および反対の得票数を表す正の符号無し 3 ビット 2 進数整数 $\boldsymbol{X} = (x_2x_1x_0)$ および $\boldsymbol{Y} = (y_2y_1y_0)$ を入力として，$\boldsymbol{X} \geqq \boldsymbol{Y}$ のとき 1，$\boldsymbol{X} < \boldsymbol{Y}$ のとき 0 を出力する比較器を考える．

各桁（$i = 0,1,2$）において，x_i，y_i および下位桁での比較結果 c_i を入力として，その桁での比較結果 c_{i+1} を出力する回路を 3 つ直列に接続すると，最上位の比較結果 c_3 が多数決結果 m となる．ただし各桁の計算において $x_i > y_i$ ならば $c_{i+1} = 1$，$x_i < y_i$ ならば $c_{i+1} = 0$，$x_i = y_i$ ならば $c_{i+1} = c_i$ とし，また $c_0 = 1$ とする．

このとき，x_i，y_i および c_i を入力とし c_{i+1} を出力とする回路を示せ．

(iii) 問い(i)および問い(ii)で考えた多数決結果 m を出力する 2 つの回路の違いについて，(1)遅延時間，(2)A の重みを 1 票分に減らした際の回路設計の変更範囲，のそれぞれの観点から議論せよ．ただし，$\boldsymbol{X} = (x_2x_1x_0)$ および $\boldsymbol{Y} = (y_2y_1y_0)$ のうち，x_0 を求める回路は下記の論理式にしたがって構成されているものとし，他の x_1, x_2, y_0, y_1, y_2 についても同様と考えて良い．

$x_0 = a\bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{c}d + acd + \bar{a}c\bar{d}$

2. 浮動小数点表示では，数値は mr^e という形式で表される．r は基数，e は指数，m は仮数と呼ばれ，仮数は符号と絶対値からなる．ここでは 12 ビットの 2 進浮動小数点表示を考え，符号部 1 ビット，指数部 5 ビット，仮数部 6 ビット（絶対値を表す）が，上位ビットからこの順で並べられるとする．仮数部は固定小数点表示であり，小数点の位置は最上位ビットの次に固定されているとする．

(i) 仮数部 6 ビットで表現可能な最大数と最小数を 10 進数で示せ．分数でも構わない．

(ii) e と m が以下で与えられる場合に，この浮動小数点表示で表現可能な正の最大数と正の最小数を 10 進数で考える．これらの数に最も近い，2^x の形式（x は整数）で表される値をそれぞれ答えよ．
   - 指数部 e： 整数であり，指数部が正となるよう一定数 $\alpha = 15$（バイアス）が加えられている．ビット列が全て 0 または 1 の場合も特別な扱いはしない．
   - 仮数部 m： $1 \leq |m| < 2$とし，最上位ビットが必ず 1 になるようにする（正規化）．さらにこの最上位ビットを省略して表現桁数を増やしている（隠しビット）．

(iii) 10 進数値 88.0 を，問い(ii)の場合の 2 進浮動小数点表示のビット列（12 ビット）で記述せよ．ただし符号部は，正の場合を 0，負の場合を 1 とする．

専門用語の英訳

多数決	majority vote
論理ゲート	logic gate
遅延時間	delay time
真理値表	truth table
最小積和形	minimum sum-of-products form
回路図	circuit diagram
符号無し	signless
2 進数整数	binary integer number
比較器	comparator
浮動小数点	floating point
基数	radix
指数	exponent
仮数	mantissa
固定小数点	fixed point
バイアス	bias
正規化	normalization
隠しビット	hidden bit

【信号処理】解答は，黄色（６番）の解答用紙に記入すること．

離散時間信号 $x[n]$ (n は時点を表す整数) に対し，関数 $w[n]$ を乗算し，所望の区間の信号 $d[n] = x[n] \cdot w[n]$ を取り出すとき，$w[n]$ を窓関数という．また，離散時間信号 $x[n]$ の離散時間フーリエ変換は

$$X(\Omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-j\Omega n}, \qquad (\Omega\text{は角周波数を表す実数}, j\ \text{は虚数単位})$$

で定義され，$X(\Omega)$ を周波数スペクトルという．以下の問いに答えよ．

(i) ２つの離散時間信号 $x[n]$ と $d[n]$ を離散時間フーリエ変換して得られるそれぞれの周波数スペクトルが一致するような窓関数 $w[n]$ を与えよ．

(ii)

$$w[n] = \begin{cases} 1, & (n = 0, 1, \cdots, M-1) \\ 0, & \text{上記以外} \end{cases}$$

で定義される窓関数を長さ M(M は正の整数) の矩形窓という．矩形窓を離散時間フーリエ変換して得られる周波数スペクトルを求めよ．さらに，その振幅スペクトルの概形を描き，特徴を説明せよ．

(iii) 窓関数を利用するときに注意すべき点を，信号の周波数解析の観点から論ぜよ．

(iv) 実用上よく使われる窓関数は，矩形窓ではなく，窓の中央にピークをもち，窓の両端に向けて減衰しつつ０に近づく形状のものが多い．この理由を述べよ．

(v) 実用上よく使われる長さ M の窓関数の具体例を一つ挙げ，その振幅スペクトルの概形を，問い (ii) の振幅スペクトルと対比的に描け．

専門用語の英訳

離散時間信号: discrete-time signal
窓関数: window function
離散時間フーリエ変換: discrete-time Fourier transform
角周波数: angular frequency
周波数スペクトル: frequency spectrum
矩形窓: rectangular window
振幅スペクトル: amplitude spectrum
周波数解析: frequency analysis