（学科　　学籍番号　　氏名　　）

1. (パターン検出器) 1 変数入力 $x = 0, 1$ において，1011 または 1101 の入力系列のパターンが入力された場合 $z = 1$ を出力し，それ以外の場合 $z = 0$ を出力する順序回路を設計する．ただし，1011 あるいは 1101 のパターンが重複して出現した場合でも，これらを検出するものとする．系列 P_i $(i = 0, 1, \cdots, 5)$ を以下のように定め，系列 P_i を検出した状態を Q_i とする．初期状態は Q_0 とする．これら 6 個の状態集合 $Q = Q_0, Q_1, \cdots, Q_5$ によってこのパターン検出器を構成する．

P_0 ：長さ 0 の部分文字列 ϕ

P_1 ：長さ 1 の部分文字列 1

P_2 ：長さ 2 の部分文字列 10

P_3 ：長さ 2 の部分文字列 11

P_4 ：長さ 3 の部分文字列 101

P_5 ：長さ 3 の部分文字列 110

(a) 以下の状態遷移表を埋めよ．

	δ		ω	
Q \ X	0	1	0	1
Q_0				
Q_1				
Q_2				
Q_3				
Q_4				
Q_5				

	δ		ω	
Q \ X	0	1	0	1
Q_0	Q_0	Q_1	0	0
Q_1	Q_2	Q_3	0	0
Q_2	Q_0	Q_4	0	0
Q_3	Q_5	Q_3	0	0
Q_4	Q_2	Q_3	0	1
Q_5	Q_0	Q_1	0	1

(b) この順序回路の隣接度について，以下の表を埋めよ．

Q_1					
Q_2					
Q_3					
Q_4					
Q_5					
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4

第 1 種隣接度

Q_1					
Q_2					
Q_3					
Q_4					
Q_5					
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4

第 2 種隣接度

Q_1					
Q_2					
Q_3					
Q_4					
Q_5					
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4

第 3 種隣接度

Q_1					
Q_2					
Q_3					
Q_4					
Q_5					
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4

合計隣接度

Q_1	2				
Q_2	0	0			
Q_3	0	0	2		
Q_4	1	0	0	0	
Q_5	0	0	0	1	0
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4

第１種隣接度

Q_1	0				
Q_2	1	0			
Q_3	0	1	0		
Q_4	0	2	0	1	
Q_5	2	0	1	0	0
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4

第２種隣接度

Q_1	0				
Q_2	0	0			
Q_3	0	0	0		
Q_4	0	0	0	0	
Q_5	0	0	0	0	1
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4

第３種隣接度

Q_1	2				
Q_2	1	0			
Q_3	0	1	2		
Q_4	1	2	0	1	
Q_5	2	0	1	1	1
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4

合計隣接度

q_3q_2 \ q_1x	00	01	11	10
00	1	1	0	0
01	1	1	0	0
11	0	1	0	0
10	*	*	*	*

$q_3^{(1)} = \overline{q_3}\,\overline{q_1} \vee \overline{q_1}x$

q_3q_2 \ q_1x	00	01	11	10
00	1	1	0	0
01	1	1	0	0
11	1	1	1	0
10	*	*	*	*

$q_2^{(1)} = \overline{q_1} \vee q_3x$

q_3q_2 \ q_1x	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	1	0	0	1
11	1	0	0	1
10	*	*	*	*

$q_1^{(1)} = \overline{x}$

q_3q_2 \ q_1x	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	1	1	0
11	0	0	0	0
10	*	*	*	*

$z = \overline{q_3}q_2x$

（学科　　学籍番号　　氏名　　）

(c) 3 つの状態変数 q_3, q_2, q_1 を用いて，状態 Q を $Q = (q_3 q_2 q_1)$ と表す．同様に，3 つの次状態の状態変数 $q_3^{(1)}$, $q_2^{(1)}, q_1^{(1)}$ を用いて，次状態 $Q^{(1)}$ を $Q^{(1)} = (q_3^{(1)} q_2^{(1)} q_1^{(1)})$ と表す．
状態割当てを $Q_0 = (001)$, $Q_1 = (000)$, $Q_2 = (111)$, $Q_3 = (110)$, $Q_4 = (010)$, $Q_5 = (011)$ とするとき，以下の問いに答えよ．

i. 隣接状態対を全て求めよ．（表記例：(Q_0, Q_1)）
$(Q_0, Q_1), (Q_0, Q_5), (Q_1, Q_4), (Q_2, Q_3), (Q_2, Q_5), (Q_3, Q_4), (Q_4, Q_5)$

ii. i. で求めた状態対の隣接度の総和を求めよ．
$2 + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 + 1 = 11$

iii. 3 つの次状態の状態変数 $q_3^{(1)}$, $q_2^{(1)}, q_1^{(1)}$，および，出力 z について，以下のカルノー図を埋めよ．さらに，それぞれについて簡単化した論理式を NOT-AND-OR 形式で示せ．なお，定義されていない状態割当てについては，ドントケア $(*)$ とする．（余白はメモに使って構わない．）

q_1x / q_3q_2	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

$q_3^{(1)} =$

q_1x / q_3q_2	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

$q_2^{(1)} =$

q_1x / q_3q_2	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

$q_1^{(1)} =$

q_1x / q_3q_2	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

$z =$

（学科　　学籍番号　　氏名　　）

2. (フリップフロップの駆動回路) 1 変数入力 $x = 0, 1$，出力 z を持ち，以下の状態遷移表で定義される順序回路を実現する．なお，2 つの状態変数 q_2, q_1 を用いて，状態 Q は $Q = (q_2 q_1)$ と表す．同様に，2 つの次状態の状態変数 $q_2^{(1)}$, $q_1^{(1)}$ を用いて，状態 $Q^{(1)}$ は $Q^{(1)} = (q_2^{(1)} q_1^{(1)})$ と表す．この順序回路の状態割当てを $Q_0 = (00)$, $Q_1 = (11)$, $Q_2 = (10)$, $Q_3 = (01)$ とし，JK フリップフロップを用いて実現するとき，以下の問いに答えよ．

	δ		ω	
Q \ X	0	1	0	1
Q_0	Q_1	Q_0	0	0
Q_1	Q_1	Q_2	0	0
Q_2	Q_3	Q_0	0	0
Q_3	Q_1	Q_2	0	1

JK フリップフロップの駆動条件

q_i	$q_i^{(1)}$	j_i	k_i
0	0	0	$*$
0	1	1	$*$
1	0	$*$	1
1	1	$*$	0

(a) 次状態の状態変数 $q_2^{(1)}$，および，$q_2^{(1)}$ の駆動回路 j_2, k_2 のカルノー図を埋めよ．さらに，j_2, k_2 の簡単化した論理式を NOT-AND-OR 形式でそれぞれ示せ．

q_3q_2 \ x	0	1
00		
01		
11		
10		

$q_2^{(1)}$

q_3q_2 \ x	0	1
00		
01		
11		
10		

$j_2 =$

q_3q_2 \ x	0	1
00		
01		
11		
10		

$k_2 =$

(b) 次状態の状態変数 $q_1^{(1)}$，および，$q_1^{(1)}$ の駆動回路 j_1, k_1 のカルノー図を埋めよ．さらに，j_1, k_1 の簡単化した論理式を NOT-AND-OR 形式でそれぞれ示せ．

q_3q_2 \ x	0	1
00		
01		
11		
10		

$q_1^{(1)}$

q_3q_2 \ x	0	1
00		
01		
11		
10		

$j_1 =$

q_3q_2 \ x	0	1
00		
01		
11		
10		

$k_1 =$

q_3q_2 \ x	0	1
00	1	0
01	1	1
11	1	1
10	0	0

$q_2^{(1)}$

q_3q_2 \ x	0	1
00	1	0
01	1	1
11	*	*
10	*	*

$j_2 = q_1 \vee \overline{x}$

q_3q_2 \ x	0	1
00	*	*
01	*	*
11	0	0
10	1	1

$k_2 = \overline{q_1}$

q_3q_2 \ x	0	1
00	1	0
01	1	0
11	1	0
10	1	0

$q_1^{(1)}$

q_3q_2 \ x	0	1
00	1	0
01	*	*
11	*	*
10	1	0

$j_1 = \overline{x}$

q_3q_2 \ x	0	1
00	*	*
01	0	1
11	0	1
10	*	*

$k_1 = x$

(学科　　学籍番号　　氏名　　)

3. (信号パターン変換器の順序回路による構成)

各時点に0か1のいずれかの値を取る2値信号の時系列（過去のものから順に左から並べる）を受信して、受信した信号の時系列の中に同じ値が3つ以上連続しているときにはその最後の信号値を0と1の間で反転させて、同じ信号値が連続する長さが2以下となるように時系列を変換する順序回路について、以下の設問に応えよ。

参考：この順序回路を使った時系列変換例：

入力時系列：０１１００１１０１０１１１１１１０００００１０１００１１０１０１

出力時系列：０１１００１１０１０１１０１１０１００１００１０１００１１０１０１

(a) クロックの時点毎に時系列の一つの信号値が順序回路に入力する。この順序回路は自分が過去に出力した出力値を過去2時点分まで覚えていて、その2つの信号値と現時点の入力信号値が3つとも0の場合には現時点の順序回路の出力値を1とする。過去2時点の出力信号値と現時点の入力信号値が3つとも1の場合には現時点の順序回路の出力値を0とする。これら以外の場合には、順序回路への入力値をそのまま出力値とする。こうすると入力した信号の時系列中で同じ値が3つ以上連続しているときには、その3つ目の信号値を反転して、同じ値が3つ以上並ばないように変換した時系列が順序回路の出力値の時系列として得られる。

次のような状態を用いて以上の順序回路を構成する場合について、解答欄の状態遷移表と出力表の空欄を埋めてこの順序回路を示せ。

初期状態を Q_0 として、入力時系列の最初の信号が入力したときには、その入力値が0の場合には Q_1 、その入力値が1と場合には Q_2 に遷移する。入力時系列の2つ目の信号が入力したときには、それまでに「入力した」長さ2の時系列が00、01、10、11のいずれであったのかということに応じて、それぞれ Q_3, Q_4, Q_5, Q_6 へ遷移する。これらの状態遷移の際には順序回路は入力値をそのまま出力する。

この後、Q_3, Q_4, Q_5, Q_6 は、現時点から2時点前と1時点前の「出力値」をこの順で並べた信号パターンが00、01、10、11のいずれであったのかを記憶するために用いる。ここで記憶するのは順序回路の「入力値」ではなく「出力値」であることに注意を要する。

入力 x	0	1	0	1
状態	状態遷移先		出力	
Q_0	Q_1	Q_2	0	1
Q_1	Q_3	Q_4	0	1
Q_2	Q_5	Q_6	0	1
Q_3	Q_4	Q_4	1	1
Q_4	Q_5	Q_6	0	1
Q_5	Q_3	Q_4	0	1
Q_6	Q_5	Q_5	0	0

(学科　　学籍番号　　氏名　　)

(b) 上記の順序回路は安易に設計したため時系列の最初の入力に専用の状態を使う等、状態の使い方に無駄が多い。初期状態 Q_0 はそのまま使い、 Q_1, Q_2 を時系列の最初の入力に対してだけでなく、途中の入力にも使えるように役割を見直すことで、 Q_4, Q_5 を省いて、状態数を5個に減らすことができる。 Q_1, Q_2 の役割をどう見直せばよいか、言葉で説明せよ。また Q_4, Q_5 を省いて、上問と同じ機能を実現するための状態遷移表と出力表を示せ。

「見直した Q_1, Q_2 の役割を言葉で説明せよ。」

Q_1 : 1時点前の出力値が0
Q_2 : 〃　〃　1

入力 x	0	1	0	1
状態	状態遷移先		出力	
Q_0	Q_1	Q_2	0	1
Q_1	Q_3	Q_2	0	1
Q_2	Q_1	Q_6	0	1
Q_3	Q_2	Q_2	1	1
Q_6	Q_1	Q_1	0	0

(c) 上問 (a) の順序回路の状態 $Q_0, Q_1, \ldots Q_6$ の中に等価な状態があるかどうかを講義で学んだ方法 (n次等価なブロックを細分化して行く方法) によって調べよ。この方法で状態数を減らすことができた場合には、前問の工夫で数を減らした状態と同じものが求まるか確認せよ。ブロック細分化の途中経過を示すこと。途中経過がなく結果のみを示しても採点対象としない。

	0	1
Q_0	$B_0^{(1)}$	$B_0^{(1)}$
Q_1	$B_1^{(1)}$	$B_0^{(1)}$
$B_0^{(1)}$ Q_2	$B_0^{(1)}$	$B_2^{(1)}$
Q_4	$B_0^{(1)}$	$B_2^{(1)}$
Q_5	$B_1^{(1)}$	$B_0^{(1)}$
$B_1^{(1)}$ Q_3	$B_0^{(1)}$	$B_0^{(1)}$
$B_2^{(1)}$ Q_6	$B_0^{(1)}$	$B_0^{(1)}$

1次等価

	0	1
$B_0^{(2)}$ Q_0	$B_1^{(2)}$	$B_2^{(2)}$
$B_1^{(2)}$ Q_1	$B_3^{(2)}$	$B_2^{(2)}$
Q_5	$B_3^{(2)}$	$B_2^{(2)}$
$B_2^{(2)}$ Q_2	$B_1^{(2)}$	$B_4^{(2)}$
Q_4	$B_1^{(2)}$	$B_4^{(2)}$
$B_3^{(2)}$ Q_3	$B_2^{(2)}$	$B_2^{(2)}$
$B_4^{(2)}$ Q_6	$B_1^{(2)}$	$B_1^{(2)}$

2次等価 → 3次等価も同じなので

$\underbrace{Q_1 \equiv Q_5}_{\text{統合して } \hat{Q}_1}$　　$\underbrace{Q_2 \equiv Q_4}_{\text{統合して } \hat{Q}_2}$

$Q_0 \to \hat{Q}_0$　　$Q_3 \to \hat{Q}_3$　　$Q_6 \to \hat{Q}_6$

	等価 0	等価 1	0	1
$\hat{Q}_0$	$\hat{Q}_1$	$\hat{Q}_2$	0	1
$\hat{Q}_1$	$\hat{Q}_3$	$\hat{Q}_4$	0	1
$\hat{Q}_2$	$\hat{Q}_1$	$\hat{Q}_6$	0	1
$\hat{Q}_3$	$\hat{Q}_2$	$\hat{Q}_2$	1	1
$\hat{Q}_6$	$\hat{Q}_1$	$\hat{Q}_1$	0	0

(学科　　学籍番号　　氏名　　)

4. (信号パターン識別器の順序回路による構成)

同じ信号値が３個以上連続することがないようにした信号の時系列だけを順序回路へ入力することにする。この順序回路は、入力される信号の時系列の中に信号パターンＡ:「010」または信号パターンＢ:「101」が現れたときに１を出力し、これら以外の長さ３の信号パターンに対しては０を出力することとする。このときに、この順序回路 (信号パターン識別器) を以下の手順で構成せよ。

初期状態を Q_0 とし、順序回路に入力する時系列の最初の信号値が０の場合には Q_1 、１の場合には Q_2 に遷移する。時系列の最初で、まだ３つの入力信号値が与えられていない間は出力を無視するので、順序回路の状態がこれら３つのいずれかであるときには、０と１いずれの入力についても、出力は０と１のどちらでも良いものとする。

各時点に、その時点から２時点過去と１時点過去の信号値を並べたものが 00、01、10、11 のいずれであったのかということを、それぞれ Q_3, Q_4, Q_5, Q_6 の状態で記憶する。順序回路は現時点の入力を受け取ると、これらの状態によって記憶されている過去２時点分の入力信号と現時点の入力を併せてできる長さ３の信号パターンが、信号パターンＡ:「010」か、信号パターンＢ:「101」に一致するとき１を出力し、これら以外の長さ３の信号パターンであるときは、０を出力する。なお一度検出したパターンの末尾側の一部を次のパターンの先頭側の一部として重複して使用できるものとする。

(a) 以上のように状態とその遷移の仕方、出力を定めた順序回路の状態遷移表と出力表を以下の表を埋めて完成せよ。

入力 x	0	1	0	1
状態	状態遷移先		出力	
Q_0	Q_1	Q_2	*	*
Q_1	Q_3	Q_4	*	*
Q_2	Q_5	Q_6	*	*
Q_3	*	Q_4	*	0
Q_4	Q_5	Q_6	1	0
Q_5	Q_3	Q_4	0	1
Q_6	Q_5	*	0	*

(b) 前問で求めた状態遷移表と出力表を使って、両立的な状態対と非両立的な状態対を求めよ。講義で学んだ方法で表を作り、表の中の非両立的な状態対に相当する欄に×を付けた上で、両立的な状態対と非両立的な状態対を列挙せよ。

	0	1	2	3	4	5
1	13 24					
2	15 26	35 46				
3	24	44	46			
4	15	35	55	46		
5	13 24	33 44	35 46	×	×	
6	15	35	55		×	35

略して良い

44は略して良い

略して良い

「両立的な状態対」略して良い

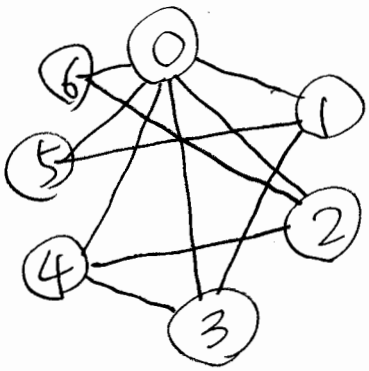
0~1 0~2 0~3 0~4 0~5 0~6
1~3 1~5 2~4 2~6 3~4

「非両立的な状態対」

1~2 1~4 1~6 2~4 2~5 3~5 4~5 4~6
5~6

(学科　　学籍番号　　氏名　　)

(c) 上問の結果に基づき、極大両立的状態集合を、講義で習った方法を途中経過として示した上で求めよ。



{0, 1, 5}　{0, 2, 6}　{0, 3, 4}
{0, 1, 3}　{0, 2, 4}

木を使った解法でも可

(d) 上問で求めた極大両立的状態集合と状態遷移関係の成立を考慮して、どのような状態を統合して状態数を減らすことができるか検討せよ。統合できる状態の部分集合を示し、統合した状態に対する状態遷移表と出力表を示せ。

	0	1
$\hat{Q}_1$: {0, 1, 5}	{0, 1, 3}	{0, 2, 4}
$\hat{Q}_2$: {0, 2, 6}	{0, 1, 5}	{0, 2, 6}
$\hat{Q}_3$: {0, 1, 3}	{0, 1, 3}	{0, 2, 4}
$\hat{Q}_4$: {0, 2, 4}	{0, 1, 5}	{0, 2, 6}

0	1
0	1
0	*
*	0
1	0

	0	1
$\hat{Q}_1$	$\hat{Q}_3$	$\hat{Q}_4$
$\hat{Q}_2$	$\hat{Q}_1$	$\hat{Q}_2$
$\hat{Q}_3$	$\hat{Q}_3$	$\hat{Q}_4$
$\hat{Q}_4$	$\hat{Q}_1$	$\hat{Q}_2$

0	1
0	1
0	*
*	0
1	0

どの状態を初期状態としても良い。