

6.1

遷移表を表 1 に示す. 表 1 から導いた状態遷移関数のカルノー図を図 1, 図 2, 図 3 に示す.

表 1: 遷移表

	$x = 0$	$x = 1$
$y_1 y_2 y_3$	$y_1' y_2' y_3'$	$y_1'' y_2'' y_3''$
000	000	001
001	001	010
010	010	011
011	011	100
100	100	101
101	101	110
110	110	111
111	111	000

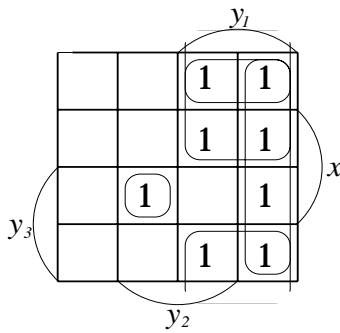


図 1: y_1' のカルノー図

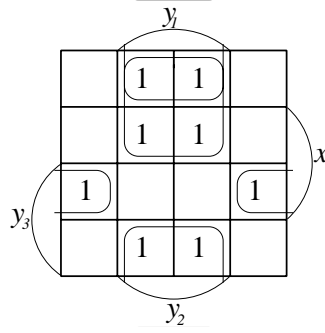


図 2: y_2' のカルノー図

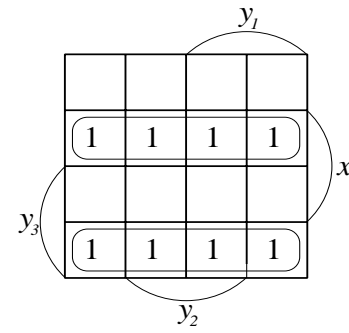


図 3: y_3' のカルノー図

カルノー図より, 状態遷移関数を求めると,

$$y_1' = y_1 \bar{y}_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \vee y_1 \bar{x} \vee \bar{y}_1 y_2 y_3 x$$

$$y_2' = y_2 \bar{y}_3 \vee y_2 \bar{x} \vee \bar{y}_2 y_3 x$$

$$y_3' = \bar{y}_3 x \vee y_3 \bar{x}$$

D -FF の入力 は状態遷移関数に等しいので,

$$D_1 = y_1 \bar{y}_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \vee y_1 \bar{x} \vee \bar{y}_1 y_2 y_3 x$$

$$D_2 = y_2 \bar{y}_3 \vee y_2 \bar{x} \vee \bar{y}_2 y_3 x$$

$$D_3 = \bar{y}_3 x \vee y_3 \bar{x}$$

これより, 回路を図 4 に示す.

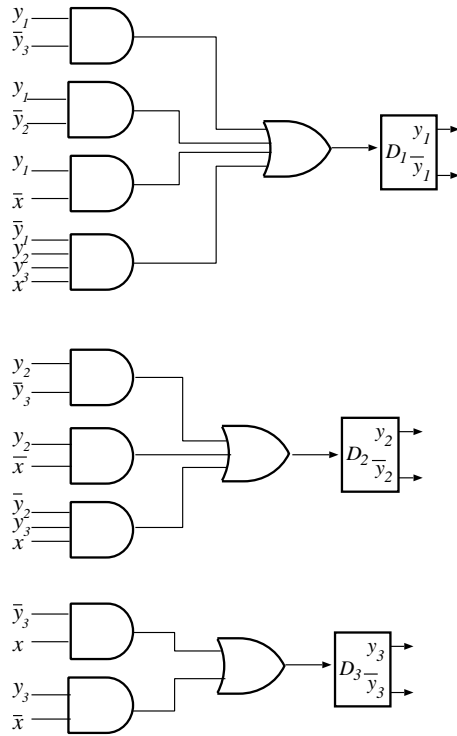


図 4: D・FF を用いた回路

6.2

- (a) $Q_0 = 0, Q_1 = 1, Q_2 = 2, Q_3 = 3$ とする. 状態図を図 5 に示す. なお, 状態図中で矢印に示している数字は U の値/出力を表している.
- (b) (a) と同じように Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 を定める. 状態図を図 6 に示す. なお, 状態図中で矢印に示している数字は (a) と同じである.

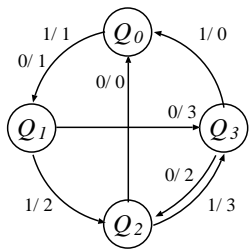


図 5: 6-2(a) の状態図

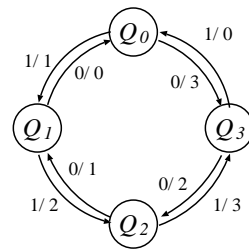


図 6: 6-2(b) の状態図

6.3

表 2 に遷移表を示す. 表 2 より導いた状態遷移関数のカルノー図は図 7 のようになる. T ・FF の入力方程式は $T = f_0\bar{Q}(t) \vee \bar{f}_1Q(1)$ であるので, T ・FF の入力を表すカルノー図は図 8 のようになる.

表 2: 遷移表

y_1	$x_1 x_2$			
	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	1	0	1	0

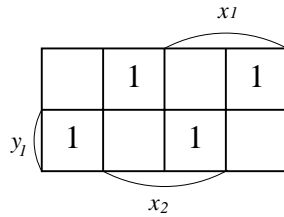


図 7: y_1' のカルノー図

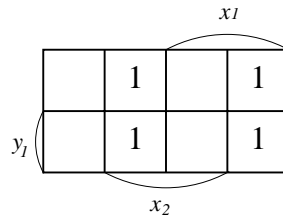


図 8: T のカルノー図

図 8 のカルノー図より, $T = x_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2$ を得る. これより, 図 9 に示す T ・FF の励起回路を得る.

6.4

遷移表より, 状態遷移関数 y_1', y_2' のカルノー図を図 10, 11 に示す. ここで JK ・FF の入力方程式は

$$\begin{aligned} J &= f_0 \bar{Q}(t) \\ DC_J &= Q(t) \\ K &= \bar{f}_1 Q(t) \\ DC_K &= \bar{Q}(t) \end{aligned}$$

である. y_1 の J_1 入力のカルノー図を図 12 に, K_1 入力のカルノー図を図 13 に示す. また, y_2 の J_2 入力のカルノー図を図 14 に, K_2 入力のカルノー図を図 15 に示す. したがって

$$\begin{aligned} J_1 &= \bar{x}_1 \bar{y}_2 \vee x_1 y_2 \\ K_1 &= y_2 \\ J_2 &= x_1 \\ K_2 &= \bar{x}_1 y_1 \vee x_1 y_1 \end{aligned}$$

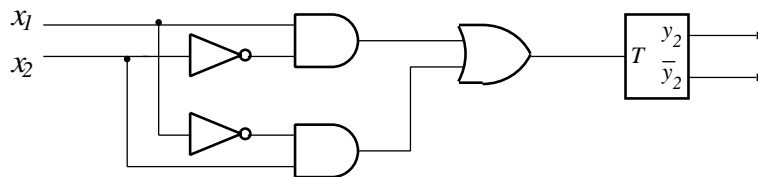


図 9: T ・FF の励起回路

を得る. よって, 順序回路を JK-FF を用いて設計すると図 16, 17 となる.

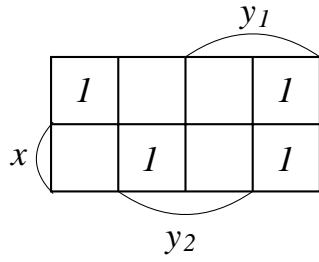


図 10: y_1' のカルノー図

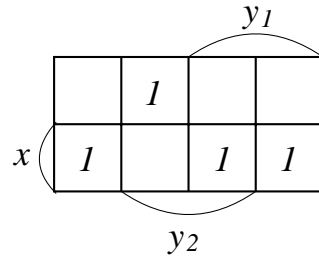


図 11: y_2' のカルノー図

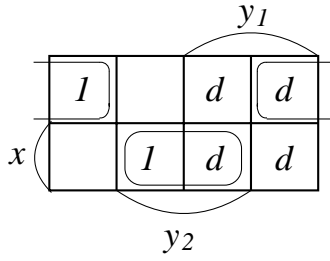


図 12: J_1 のカルノー図

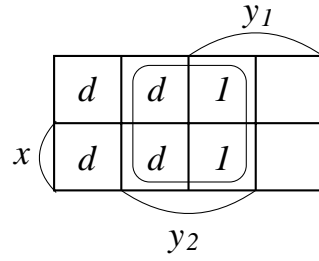


図 13: K_1 のカルノー図

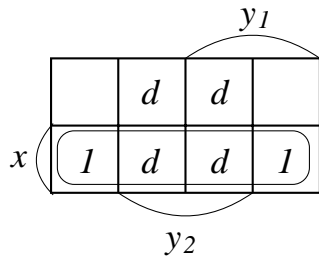


図 14: J_2 のカルノー図

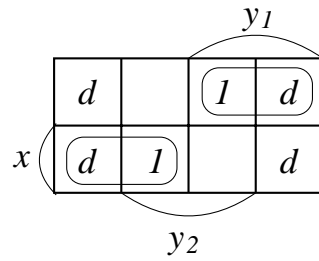


図 15: K_2 のカルノー図

6.5

表より

$$y_1' = \bar{y}_1 y_2 y_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3$$

$$y_2' = \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3$$

$$y_3' = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3$$

これらよりカルノー図を図 18 示す. ただし, $y_1 = y_2 = 1$ は使用しないのでドント・ケアとなる.

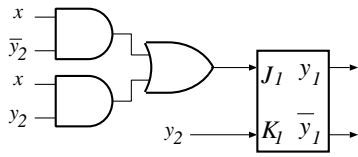


図 16: y_1 の回路

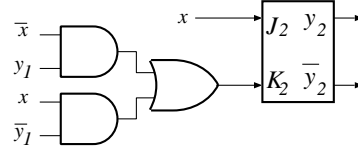


図 17: y_2 の回路

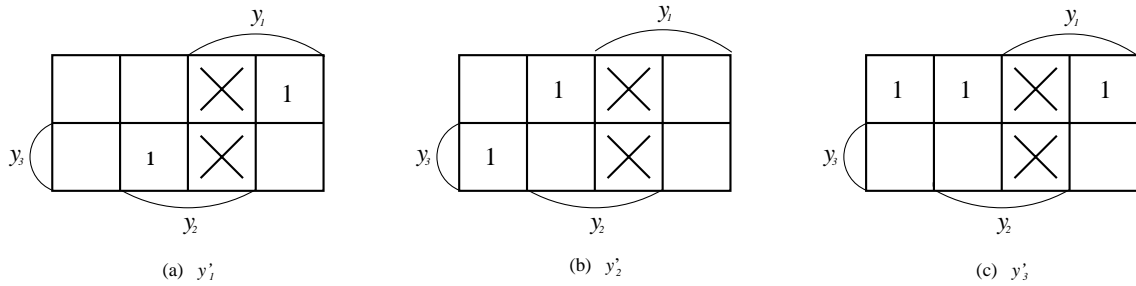


図 18: y_1', y_2', y_3' のカルノー図

J の入力方程式は、 $J = f_0 \bar{Q}(t)$ 、 J のドント・ケア条件は $Q(t)$ である。従って y_1 の FF の J 入力 は次のように求まる。 \bar{y}_1 の部分に、 \bar{y}_1 の部分でかつ 1 の部分をコピーする。次に、 y_1 の部分に d を記入する。 K の入力方程式は、 $K = \bar{f}_1 Q(t)$ 、 K のドント・ケア条件は $\bar{Q}(t)$ である。従って y_1 の FF の K 入力 は次のように求まる。 y_1 の部分に、 y_1 の部分でかつ 0 の部分を 1 に置き換えてコピーする。次に、 \bar{y}_1 の部分に d を記入する。同様にして J_2, K_2, J_3, K_3 のカルノー図を求める。これらを図 19 に示す。図 19 より、

$$\begin{aligned} J_1 &= y_2 y_3 \\ K_1 &= y_3 \\ J_2 &= \bar{y}_1 y_3 \\ K_2 &= y_3 \\ J_3 &= K_3 = 1 \end{aligned}$$

以上より図 20 の回路を得る。

6.6

グレイコードのビットを上位からそれぞれ y_1, y_2, y_3 とおく。遷移表を表 3 に示す。遷移表より状態遷移関数 y_1', y_2', y_3' のカルノー図を図 21, 22, 23 に示す。 y_1 の J_1, K_1 入力に対するカルノー図を図 24, 25 に、 y_2 の J_2, K_2 入力に対するカルノー図を図 26, 27 に、 y_3 の J_3, K_3 入力に対するカルノー図を図 28, 29 にそれぞれ示す。これらの図より

$$\begin{aligned} J_1 &= y_2 \bar{y}_3 \\ K_1 &= \bar{y}_2 \bar{y}_3 \\ J_2 &= \bar{y}_1 y_3 \end{aligned}$$

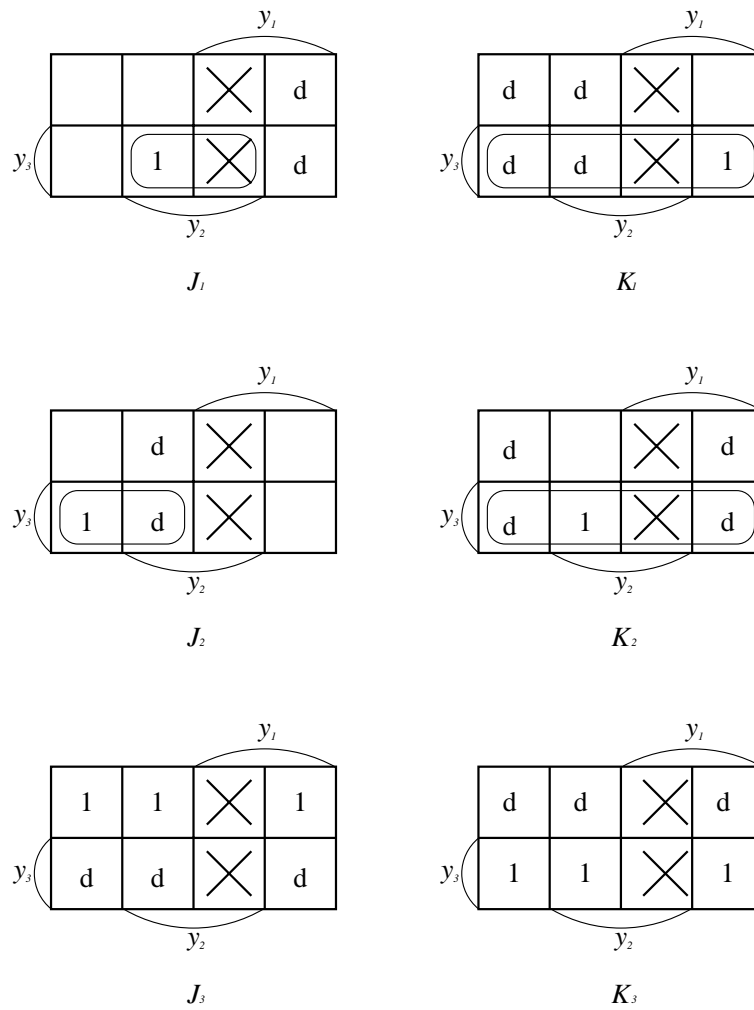


図 19: JK・FF の入力を表すカルノー図

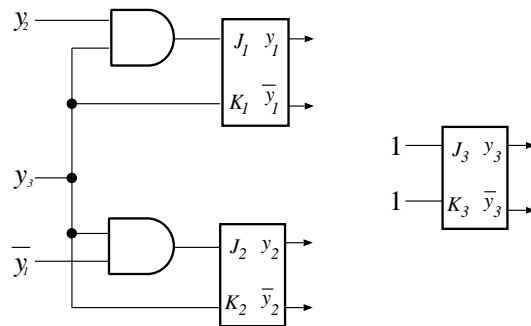


図 20: JK・FF を用いた回路

$$K_2 = y_1 y_3$$

$$J_3 = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \vee y_1 y_2$$

$$K_3 = \bar{y}_1 y_2 \vee y_1 \bar{y}_2$$

を得る. したがって JK-FF を用いた回路は図 30, 31, 32 のようになる.

表 3: y_1, y_2, y_3 の遷移表

y_1	y_2	y_3	y'_1	y'_2	y'_3
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	0	1

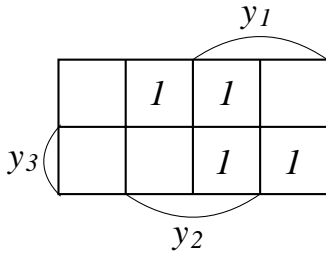


図 21: y'_1 のカルノー図

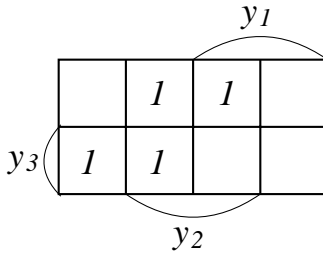


図 22: y'_2 のカルノー図

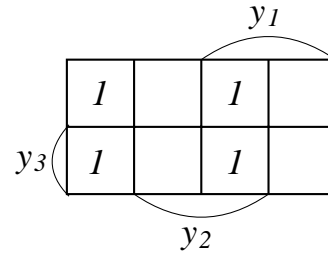


図 23: y'_3 のカルノー図

6.7

フリップ・フロップ D_1, D_2 の入力を求めると次のようになる.

$$D_1 = \bar{x}y_1 \vee xy_2, \quad D_2 = \bar{x}y_2 \vee x\bar{y}_1$$

遷移表は表 4 のようになる. 状態遷移関数のカルノー図は図 33 のようになり, y_1, y_2 の FF の J 入力, K 入力を表すカルノー図は図 34 のようになる. これより,

$$J_1 = xy_2$$

$$K_1 = x\bar{y}_2$$

$$J_2 = x\bar{y}_1$$

$$K_2 = xy_1$$

が求まる. これより図 35 に示す JK-FF を用いた回路を得る.

6.8

遷移表を表 5 に示す. なお, 入力 x に対する D -FF の状態と出力を D'_1, D'_2, D'_3 /出力 と表記する. 遷移表より, 「同じ入力を 3 回続けて入力したときのみ, 1 を出力する回路」である.

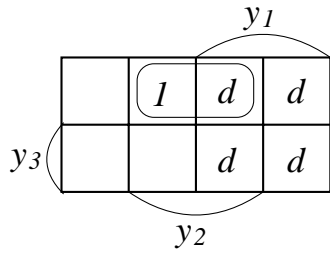


図 24: J_1 のカルノー図

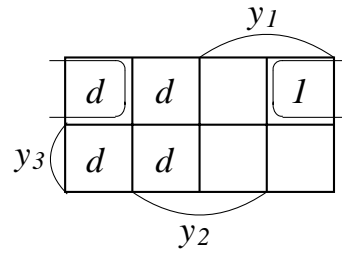


図 25: K_1 のカルノー図

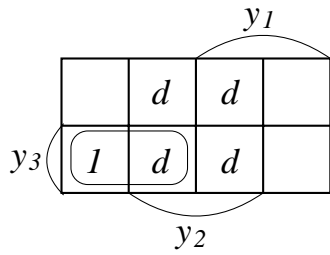


図 26: J_2 のカルノー図

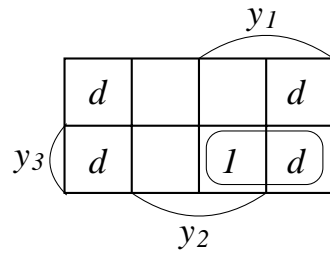


図 27: K_2 のカルノー図

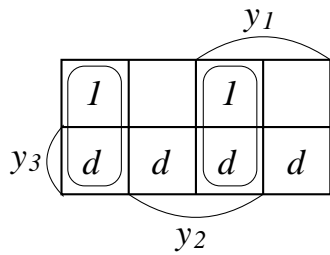


図 28: J_3 のカルノー図

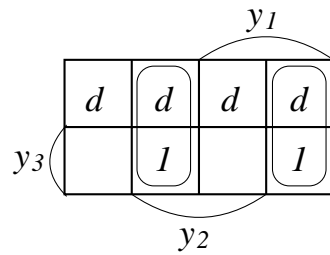


図 29: K_3 のカルノー図

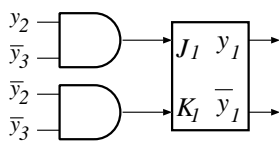


図 30: y_1 の回路

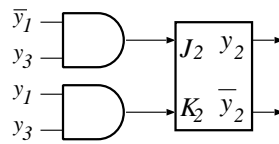


図 31: y_2 の回路

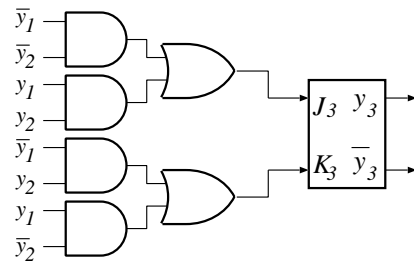


図 32: y_3 の回路

6.9

遷移表を表 6 に示す.

6.10

D_1 を上位ビット, D_4 を下位ビットとした 2 進数を Q_0 から順に状態に割り当てている. 状態割当

表 4: 遷移表

		$x = 0$	$x = 1$
		$y'_1 y'_2$	$y'_1 y'_2$
y_1	y_2	0 0	0 1
0	0	0 0	0 1
0	1	0 1	1 1
1	0	1 0	0 0
1	1	1 1	1 0

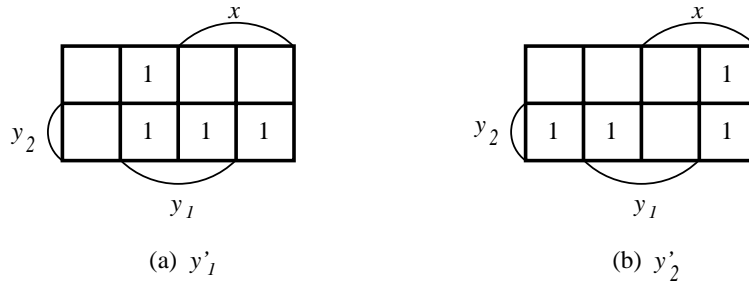


図 33: 状態遷移関数のカルノー図

表を表 7 に示す. また, 遷移表を表 8 に示す. 遷移表より, 状態図を図 36, 37 に示す.

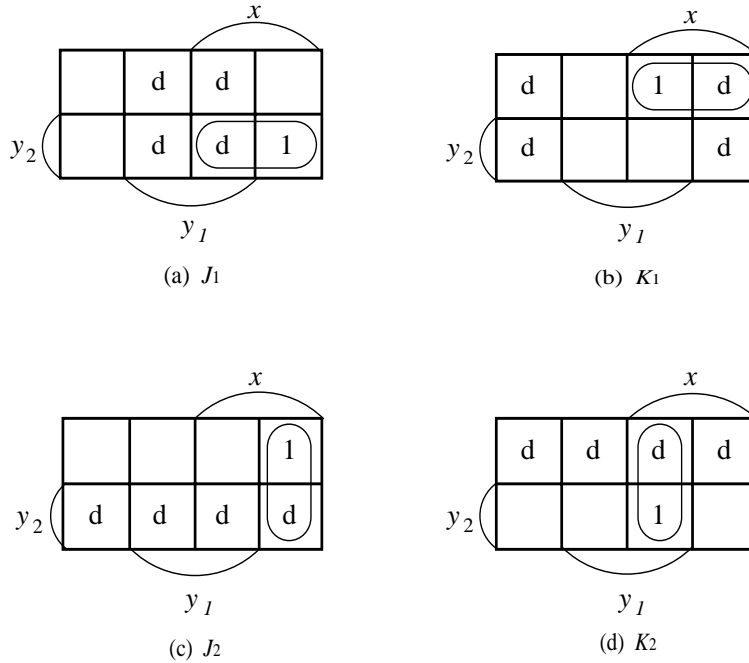


図 34: JK・FF の入力を表すカルノー図

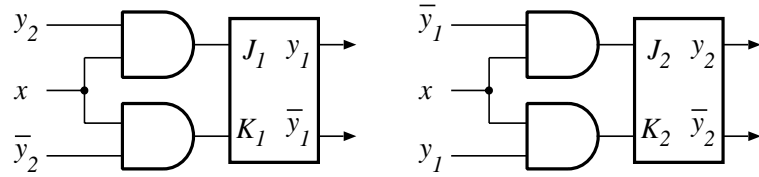


図 35: JK·FF を用いた回路

表 5: 遷移表

D_1	D_2	D_3	x	
			0	1
0	0	0	000,1	100,0
0	0	1	000,1	100,0
0	1	0	001,1	101,0
0	1	1	001,1	101,0
1	0	0	010,0	110,0
1	0	1	010,0	110,0
1	1	0	011,0	111,1
1	1	1	011,0	111,1

6.11

左の JK·FF から順に 1, 2, 3, 4 とし, 各状態を q_i とする. また, クロックが 1 進んだ状態を q'_i とする. 遷移表を表 9 に示す. 表 9 より図 38 に示す遷移図を得る.

6.12

表 10 に遷移表を示す. 遷移表より, 入力が 0 の時にリセットし, 入力が 1 の時に 1 を加算するカウンタである.

6.13

表 11 に遷移表を示す. 表 11 より図 39 に示す遷移図を得る.

6.14

SR·FF のドント・ケアの部分は JK·FF のドント・ケアにもなっている. それ以外に SR·FF でド

表 6: 遷移表

	$x = 0$	$x = 1$
$y_1 y_2$	$y'_1 y'_2$	$y'_1 y'_2$
00	0,1	1,1
01	0,0	1,0
10	0,1	1,0
11	1,0	1,1

表 7: 状態割当表

状態	D_1	D_2	D_3	D_4
Q_0	0	0	0	0
Q_1	0	0	0	1
Q_2	0	0	1	0
Q_3	0	0	1	1
Q_4	0	1	0	0
Q_5	0	1	0	1
Q_6	0	1	1	0
Q_7	0	1	1	1
Q_8	1	0	0	0
Q_9	1	0	0	1
Q_{10}	1	0	1	0
Q_{11}	1	0	1	1
Q_{12}	1	1	0	0
Q_{13}	1	1	0	1
Q_{14}	1	1	1	0
Q_{15}	1	1	1	1

表 8: 遷移表

D_1	D_2	D_3	D_4	D'_1	D'_2	D'_3	D'_4	Q'
0	0	0	0	1	0	0	0	Q_8
0	0	0	1	0	0	0	0	Q_0
0	0	1	0	1	0	0	1	Q_9
0	0	1	1	0	0	0	1	Q_1
0	1	0	0	1	0	1	0	Q_{10}
0	1	0	1	0	0	1	0	Q_2
0	1	1	0	1	0	1	1	Q_{11}
0	1	1	1	0	0	1	1	Q_3
1	0	0	0	1	1	0	0	Q_{12}
1	0	0	1	0	1	0	0	Q_4
1	0	1	0	1	1	0	1	Q_{13}
1	0	1	1	0	1	0	1	Q_5
1	1	0	0	1	1	1	0	Q_{14}
1	1	0	1	0	1	1	0	Q_6
1	1	1	0	1	1	1	1	Q_{15}
1	1	1	1	0	1	1	1	Q_7

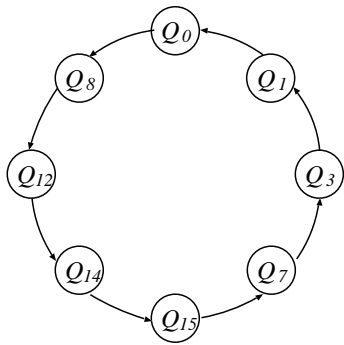


図 36: 状態図

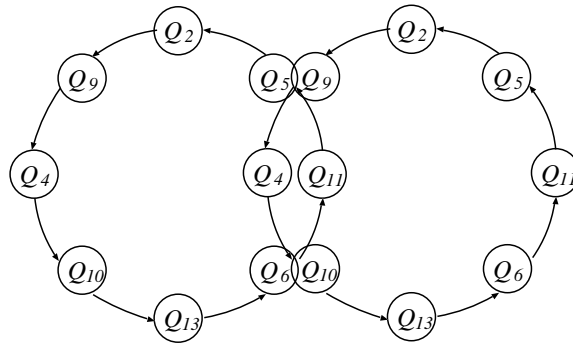


図 37: 状態図

ント・ケアになっていない部分も $JK\cdot FF$ ではドント・ケアになっている。 $JK\cdot FF$ のほうが $SR\cdot FF$ よりも、ドント・ケアの組合せが多くなっている励起回路は複雑にならない。

表 9: 遷移表

q_1	q_2	q_3	q_4	q'_1	q'_2	q'_3	q'_4
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	1	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	0	0	0	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1

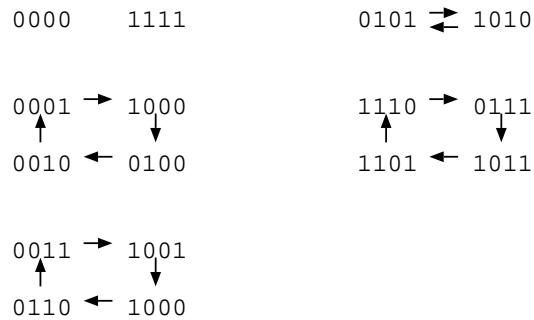


図 38: 遷移図

表 10: 遷移表

現在 状態		入力 x			
		$x = 0$		$x = 1$	
Q_1	Q_2	Q'_1	Q'_2	Q'_1	Q'_2
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0

表 11: 遷移表

D_4	D_3	D_2	D_1	D'_4	D'_3	D_2	D_1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	0	1	1
0	1	1	1	0	0	1	1
1	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	1	1	0	0
1	0	1	0	1	1	0	1
1	0	1	1	0	1	0	1
1	1	0	0	0	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	0	1	1	1

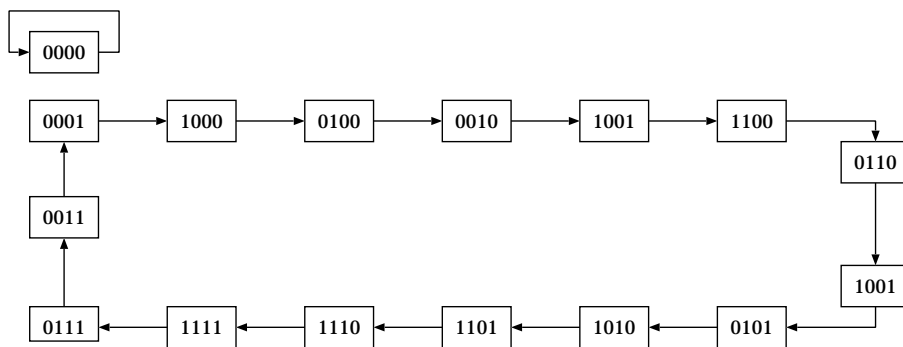


図 39: 遷移図