

論理回路

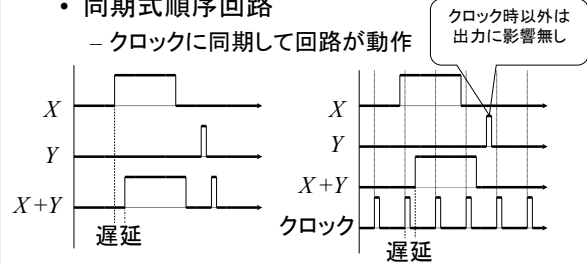
第9回 2状態順序回路の設計

http://www.info.kindai.ac.jp/LC
 38号館4階N-411 内線5459
 takasi-i@info.kindai.ac.jp

1

同期式と非同期式

- 非同期式順序回路
 - 入力に変化すると(遅延後)即座に回路が動作
- 同期式順序回路
 - クロックに同期して回路が動作



2

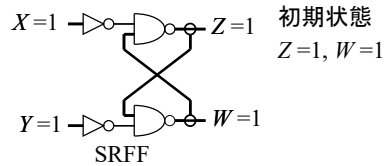
同期式と非同期式の長所と短所

- 非同期式
 - 入力に変化すれば出力も変化
 - 長所: 反応が速い
 - 短所: タイミングをうまく取らないと動作不安定
- 同期式
 - 入力変化後、クロック信号で出力変化
 - 長所: 動作が安定し易い
 - 短所: クロックを待つ分反応が遅れる

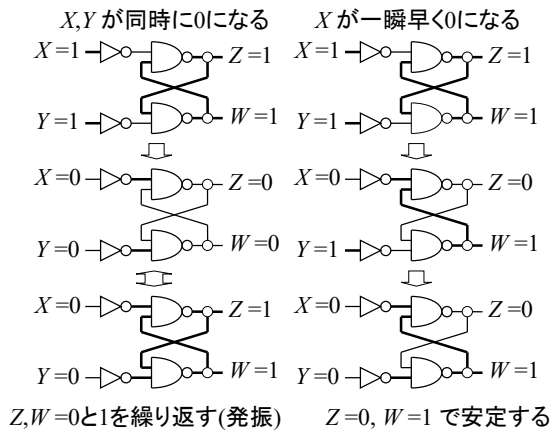
3

非同期式回路の不安定性

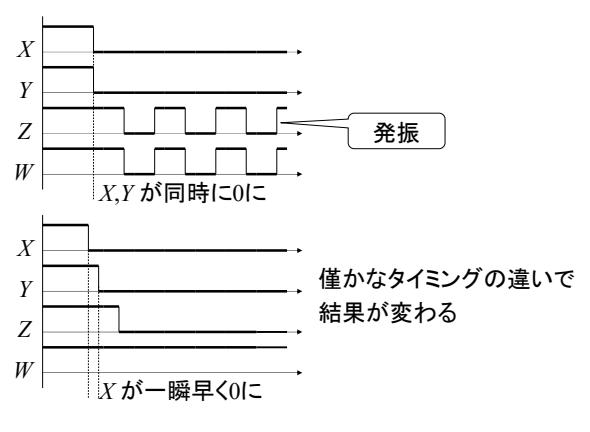
- 初期状態: $(X, Y) = (1, 1)$
 1. X, Y が同時に0になる
 2. X が一瞬早く0になり、その後 Y が0になる
 3. Y が一瞬早く0になり、その後 X が0になる



4



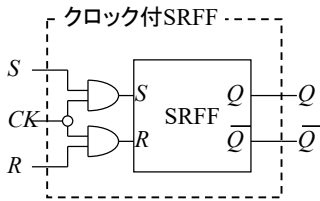
5



6

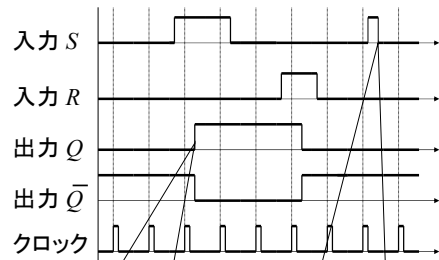
同期式(クロック入力付)SRFF

- クロック信号が1のときのみ動作



7

同期式SRフリップフロップの動作



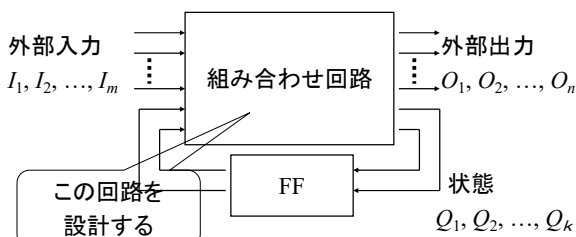
入力変化後の
クロック信号で出力変化

クロック時以外の変化は出力
に影響無し

8

同期式順序回路の設計

- 順序回路 = 組み合わせ回路 + FF
 - 入力 : 外部から+以前の出力から
 - 出力 : 外部へ+以降の入力へ



9

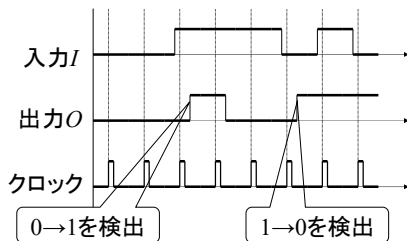
同期式回路の設計

1. 入力(I_1, I_2, \dots, I_m), 出力(O_1, O_2, \dots, O_n), 状態(Q_1, Q_2, \dots, Q_k)を決める
2. 状態遷移図を描く
3. 状態遷移表を作成する
4. 拡大入力要求表を作成する
5. FFの入力条件式を求める
6. 出力関数を求める
7. 回路図を描く

10

ビット反転検出回路の設計

- ビット反転検出回路
 - 入力が0→1, 1→0と反転したときに1を出力

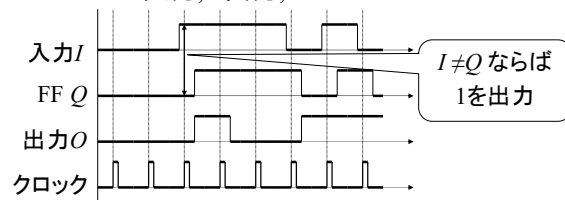


11

1. 入力, 出力, 状態の決定

- ビット反転を検出するには、1つ前の入力 I を記憶しておけばいい
- $I = 0$ と $I = 1$ の2状態 ⇒ FF1個で記憶可能

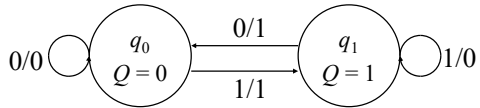
1入力, 1出力, 1FF



12

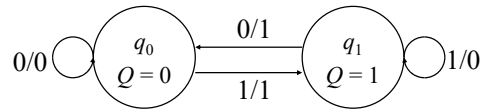
2.状態遷移図を描く

- 状態 Q : 1つ前の入力 I を記憶
- 出力 O : $I \neq Q$ ならば1を出力



13

3.状態遷移表を作成する



入力	現状態	次状態	出力
I	Q	Q^+	O
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	1
1	1	1	0

14

4.拡大入力表を作る

I	Q	Q^+	O	
0	0	0	0	
0	1	0	1	
1	0	1	1	
1	1	1	0	
入力			出力	
状態遷移				

15

4.拡大入力表を作る

I	使用するFFの入力要求			入力
	遷移			
Q	Q^+	O	D	
0	0	0	0	
0	1	0	1	
1	0	1	1	
1	1	1	0	
入力			出力	
状態遷移				

16

4.拡大入力表を作る

I	使用するFFの入力要求			入力
	遷移			
Q	Q^+	O	D	
0	0	0	0	0
0	1	0	1	0
1	0	1	1	1
1	1	1	0	1
入力			出力	
状態遷移				

17

5.FFの入力条件式を求める

I	Q	O	D
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	0	1

$$D = I$$

D	Q	0	1
I	0		
0			
1		1	1
O	Q	0	1
0			
1			

18

6.出力関数を求める

I	Q	O	D
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	0	1

$$D = I$$

$$O = \bar{I} \cdot Q + I \cdot \bar{Q}$$

$$= I \oplus Q$$

D	Q	O
I	Q	0
0		
1	1	1

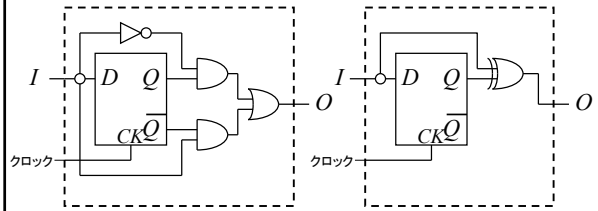
O	Q	I
I	Q	0
0		1
1	1	

19

7.回路図を描く

$$D = I$$

$$O = \bar{I} \cdot Q + I \cdot \bar{Q} = I \oplus Q$$



20

TFF を用いたビット反転検出回路

	使用する FF の入力要求			入力
	遷移			
I	Q	Q^+	O	T
0	0	0	0	0
0	1	0	1	1
1	0	1	1	1
1	1	1	0	0
入力		出力		
状態遷移				

21

FF の入力条件式

I	Q	O	D
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	0	1

$$T = \bar{I} \cdot Q + I \cdot \bar{Q}$$

$$= I \oplus Q$$

$$O = \bar{I} \cdot Q + I \cdot \bar{Q} = I \oplus Q$$

T	Q	O
I	Q	0
0		1
1	1	

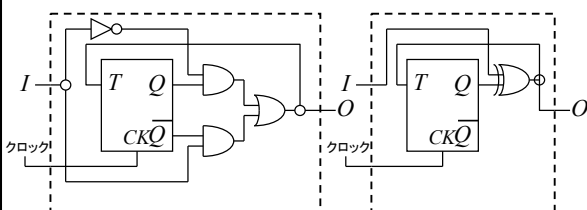
O	Q	I
I	Q	0
0		1
1	1	

22

TFF を用いたビット反転検出回路

$$T = \bar{I} \cdot Q + I \cdot \bar{Q} = I \oplus Q$$

$$O = \bar{I} \cdot Q + I \cdot \bar{Q} = I \oplus Q$$



23

SRFF を用いたビット反転検出回路

	使用する FF の入力要求			入力
	遷移			
I	Q	Q^+	O	SR
0	0	0	0	0-
0	1	0	1	01
1	0	1	1	10
1	1	1	0	-0
入力		出力		
状態遷移				

24

FFの入力条件式

I	Q	O	SR
0	0	0	0-
0	1	1	01
1	0	1	10
1	1	0	-0

S	Q	
I	0	1
0		
1	1	-

R	Q	
I	0	1
0	-	1
1		

$S = I$
 $R = \bar{I}$
 $O = I \oplus Q$

25

入力条件式

I	Q	S	R
0	0	0	-
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	-	0

S	Q	
I	0	1
0		
1	1	-

R	Q	
I	0	1
0	-	1
1		

$S = I$
 $R = \bar{I}$

26

SRFFを用いたビット反転検出回路

$S = I$
 $R = \bar{I}$
 $O = \bar{I} \cdot Q + I \cdot \bar{Q} = I \oplus Q$

27

JKFFを用いたビット反転検出回路

		使用するFFの入力要求			入力
		遷移			
I	Q	Q^+	O	JK	
0	0	0	0	0-	
0	1	0	1	-1	
1	0	1	1	1-	
1	1	1	0	-0	
入力		出力			
状態遷移					

28

FFの入力条件式

I	Q	O	JK
0	0	0	0-
0	1	1	-1
1	0	1	1-
1	1	0	-0

J	Q	
I	0	1
0		
1	1	-

K	Q	
I	0	1
0	-	1
1		

$J = I$
 $K = \bar{I}$
 $O = I \oplus Q$

29

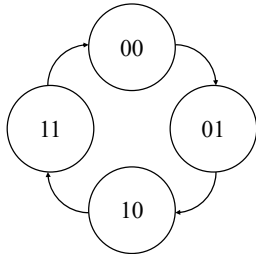
JKFFを用いたビット反転検出回路

$J = I$
 $K = \bar{I}$
 $O = \bar{I} \cdot Q + I \cdot \bar{Q} = I \oplus Q$

30

4進分周器の設計

- クロックが入ると、2ビット状態(Q_1, Q_0)が $00 \rightarrow 01 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 00$ と遷移する回路

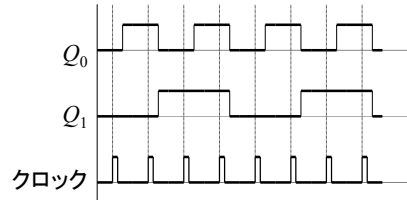


31

1. 入力, 出力, 状態の決定

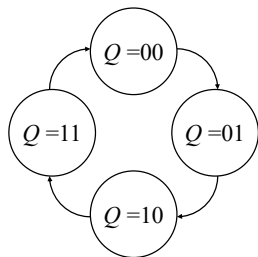
- 入力, 出力は無し
- 2ビットであるのでFF2個で記憶可能

0入力, 0出力, 2FF



32

2. 状態遷移図, 3. 状態遷移表を描く



Q_1	Q_0	Q_1^+	Q_0^+
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0

33

4. 拡大入力表を作る

使用するFFの入力要求							
遷移				入力			
Q_1	Q_0	Q_1^+	Q_0^+	D_1	D_0	J_1K_1	J_0K_0
0	0	0	1	0	1	0-	1-
0	1	1	0	1	0	1-	-1
1	0	1	1	1	1	-0	1-
1	1	0	0	0	0	-1	-1
入力		出力					
状態遷移							

34

5. FFの入力条件式を求める

Q_1	Q_0	D_1	D_0
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0

$$D_1 = \overline{Q_1} \cdot Q_0 + Q_1 \cdot \overline{Q_0} = \overline{Q_1} \oplus Q_0$$

$$D_0 = Q_0$$

D_1	Q_0	Q_1
Q_1	0	1
0		1
1	1	

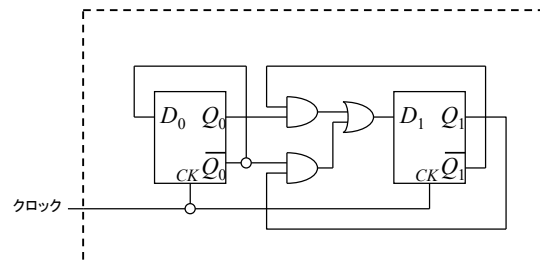
D_0	Q_0	Q_1
Q_1	0	1
0	1	
1	1	

35

7. 回路図を描く

$$D_1 = \overline{Q_1} \cdot Q_0 + Q_1 \cdot \overline{Q_0} = \overline{Q_1} \oplus Q_0$$

$$D_0 = Q_0$$



36

5. FFの入力条件式を求める

Q_1	Q_0	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$
0	0	0-	1-
0	1	1-	-0
1	0	-0	1-
1	1	-1	-1

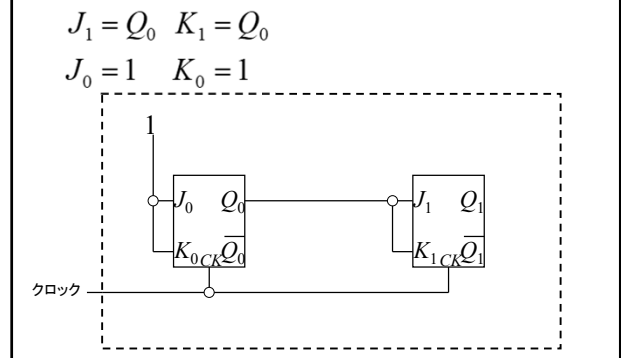
$J_1 K_1$	
$Q_1 \backslash Q_0$	
0	0 1
1	0- 1-

$J_0 K_0$	
$Q_0 \backslash Q_1$	
0	1- -1
1	1- -1

$J_1 = Q_0 \quad K_1 = Q_0$
 $J_0 = 1 \quad K_0 = 1$

37

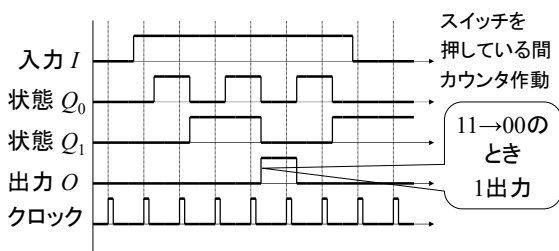
7.回路図を描く



38

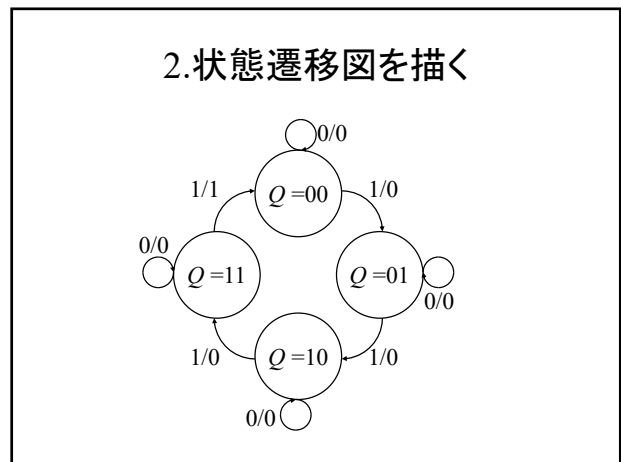
同期式4進カウンタの設計

- 入力が1のとき00→01→10→11→00と遷移し、入力が0のときは現状態に留まる
- 遷移11→00のとき1を出力し、他は0を出力する



39

2.状態遷移図を描く



40

3.状態遷移表を作成する

I	Q_1	Q_0	Q_1^+	Q_0^+	O
0	0	0	0	0	0
1			0	1	0
0	0	1	0	1	0
1			1	0	0
0	1	0	1	0	0
1			1	1	0
0	1	1	1	1	0
1			0	0	1

41

使用するFFの入力要求							
	遷移					入力	
I	Q_1	Q_0	Q_1^+	Q_0^+	O	T_1	T_0
0	0	0	0	0	0	0	0
1			0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	0
1			1	0	0	1	1
0	1	0	1	0	0	0	0
1			1	1	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1			0	0	1	1	1
入力			出力			状態遷移	
状態遷移							

42

I	Q_1	Q_0	O	T_1	T_0
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	1
0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1

$$T_1 = I \cdot Q_0$$

$$T_0 = I$$

$$O = I \cdot Q_1 \cdot Q_0$$

T_1	$Q_1 Q_0$	00	01	11	10
I					
0					
1			1	1	

T_0	$Q_1 Q_0$	00	01	11	10
I					
0					
1		1	1	1	1

O	$Q_1 Q_0$	00	01	11	10
I					
0					
1				1	

43

7.回路図を描く

$$T_1 = I \cdot Q_0$$

$$T_0 = I$$

$$O = I \cdot Q_1 \cdot Q_0$$

44

演習問題：順序回路の設計

- 1を連続で2回以上入力すると1を、それ以外は0を出力する回路を設計せよ。

45

1.入力,出力,状態の決定

- 解き方の方針
 - 初期状態を $Q=0$
 - 直前の入力の値を Q に保持
 - $Q=1$ かつ $I=1$ にのとき $O=1$ を出力

46

2.状態遷移図を描く

- 状態 Q : 直前の入力を記憶
 - \Rightarrow 入力が 0 なら q_0 へ、1 なら q_1 へ
- 出力 O : 入力1が連続するとき 1
 - $\Rightarrow Q=1$ で入力が 1 のとき 1 を出力

47

3.状態遷移表を作成する

入力	現状態	次状態	出力
I	Q	Q^+	O
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	1	0
1	1	1	1

48

4. 拡大入力表を作る

	使用する FF の入力要求			
	遷移			入力
I	Q	Q^+	O	D
0	0	0	0	0
0	1	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1
入力			出力	
状態遷移				

49

5. FFの入力条件式を求める

6. 出力関数を求める

I	Q	D	O
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	1	0
1	1	1	1

$$D = I$$

$$O = I \cdot Q$$

D

I	Q	0	1
0			
1		1	1

O

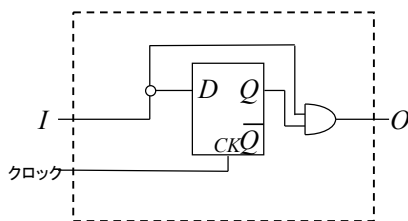
I	Q	0	1
0			
1			1

50

7. 回路図を描く

$$D = I$$

$$O = I \cdot Q$$



51

前問をTFF,SRFF,JKFFを用いて作れ

	使用する FF の入力要求					
	遷移			入力		
I	Q	Q^+	O	T	SR	JK
0	0	0	0			
0	1	0	0			
1	0	1	0			
1	1	1	1			
入力			出力			
状態遷移						

52

前問をTFF,SRFF,JKFFを用いて作れ

	使用する FF の入力要求					
	遷移			入力		
I	Q	Q^+	O	T	SR	JK
0	0	0	0	0	0-	0-
0	1	0	0	1	01	-1
1	0	1	0	1	10	1-
1	1	1	1	0	-0	-0
入力			出力			
状態遷移						

53

I	Q	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

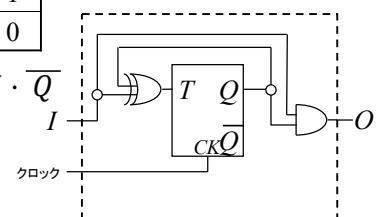
T

I	Q	0	1
0			1
1		1	

$$T = \bar{I} \cdot Q + I \cdot \bar{Q}$$

$$= I \oplus Q$$

$$O = I \cdot Q$$



54

I	Q	S	R
0	0	0	-
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	-	0

S	Q	R
Q	0	1
0		
1	1	

R	Q	S
Q	0	1
0		
1		

$$S = I$$

$$R = \overline{I}$$

$$O = I \cdot Q$$

55

I	Q	J	K
0	0	0	-
0	1	-	1
1	0	1	-
1	1	-	0

J	Q	K
Q	0	1
0		
1	1	

K	Q	J
Q	0	1
0		
1		

$$J = I$$

$$K = \overline{I}$$

$$O = I \cdot Q$$

56

問題 順序回路の設計

- 初期状態から、1を奇数回入力すると1を、それ以外は0を出力する回路を設計せよ。

57

解き方の方針

- 解き方の方針
 - 初期状態を $Q = 0$
 - 1が奇数回入力されると $Q = 1$
 - 1が偶数回入力されると $Q = 0$
 - $Q = 0$ から $Q = 1$ に移動するとき $O = 1$ を出力

58

状態遷移図

- 状態 Q : 1が奇数回入力されれば1
 \Rightarrow 1が入力されるたびに状態を反転する
- 出力 O : 奇数回めの入力1のとき1
 \Rightarrow $Q = 0$ から $Q = 1$ に移動するとき1を出力

59