

論理回路

第10回 2状態順序回路の設計

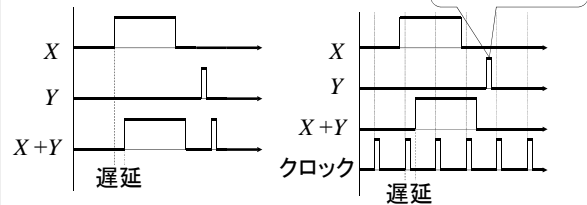
<http://www.info.kindai.ac.jp/LC>

38号館4階N-411 内線5459

takasi-i@info.kindai.ac.jp

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

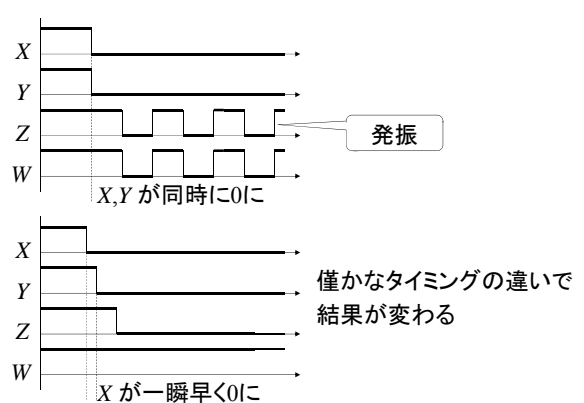
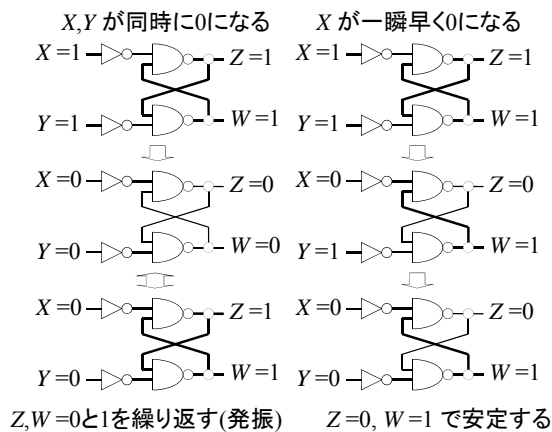
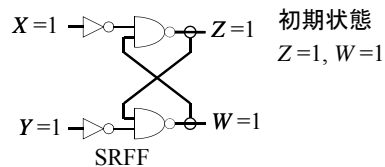


同期式と非同期式の長所と短所

- 非同期式
 - 入力に変化すれば出力も変化
 - 長所: 反応が早い
 - 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

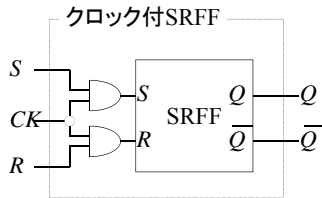
非同期式回路の不安定性

- 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

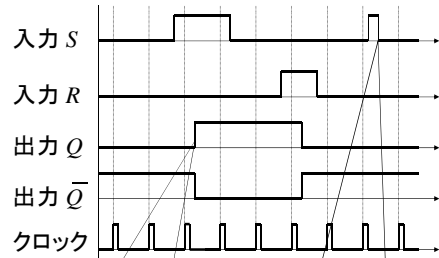


同期式(クロック入力付)SRFF

- クロック信号が1のときのみ動作



同期式SRフリップフロップの動作

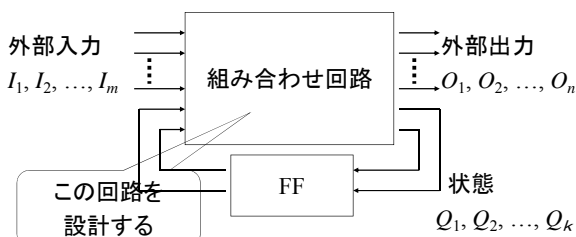


入力変化後の
クロック信号で出力変化

クロック時以外の変化は出力
に影響無し

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

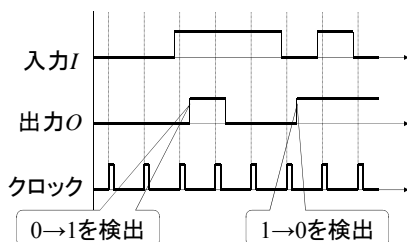


同期式回路の設計

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

ビット反転検出回路の設計

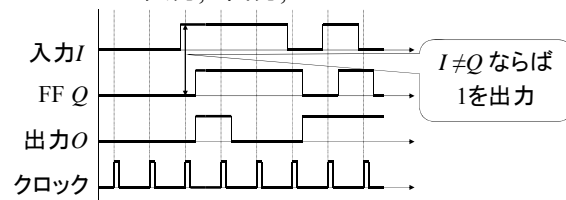
- ビット反転検出回路
 - 入力が0→1, 1→0と反転したときに1を出力



1.入力,出力,状態の決定

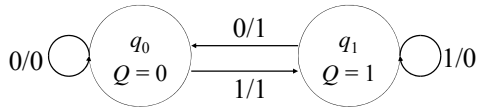
- ビット反転を検出するには、1つ前の入力 I を記憶しておけばいい
- $I = 0$ と $I = 1$ の2状態 ⇒ FF1個で記憶可能

1入力, 1出力, 1FF

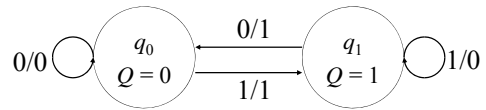


2.状態遷移図を描く

- 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



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

4.拡大入力表を作る

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

5.FFの入力条件式を求める

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

I	Q	
	0	1
0		
1	1	1

$$D = I$$

6.出力関数を求める

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

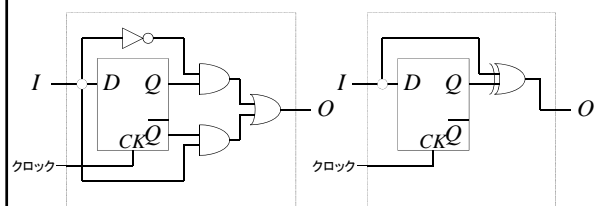
I	Q	
	0	1
0		1
1	1	

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

7.回路図を描く

$$D = I$$

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



TFFを用いたビット反転検出回路の設計
拡大入力表

		使用するFFの入力要求			
		遷移			入力
<i>I</i>	<i>Q</i>	<i>Q</i> ⁺	<i>O</i>		<i>T</i>
0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1
1	1	1	0	0	0
入力		出力			
状態遷移					

入力条件式

<i>I</i>	<i>Q</i>	<i>T</i>
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

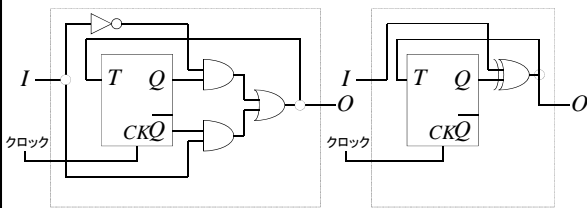
		<i>T</i>	
		<i>q</i>	
<i>i</i>	<i>q</i>	0	1
0	0		1
1	1	1	

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

TFFを用いたビット反転検出回路

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

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



SRFFを用いたビット反転検出回路の設計
拡大入力表

		使用するFFの入力要求				
		遷移		入力		
<i>I</i>	<i>Q</i>	<i>Q</i> ⁺	<i>O</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	
0	0	0	0	0	-	
0	1	0	1	0	1	
1	0	1	1	1	0	
1	1	1	0	-	0	
入力		出力				
状態遷移						

入力条件式

<i>I</i>	<i>Q</i>	<i>S</i>	<i>R</i>
0	0	0	-
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	-	0

$$S = I$$

$$R = \bar{I}$$

		<i>S</i>	
		<i>q</i>	
<i>i</i>	<i>q</i>	0	1
0	0		
1	1	1	-

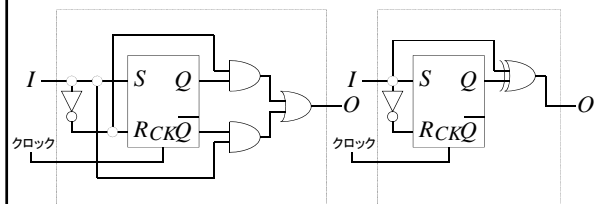
		<i>R</i>	
		<i>q</i>	
<i>i</i>	<i>q</i>	0	1
0	0	-	1
1	1		

SRFFを用いたビット反転検出回路

$$S = I$$

$$R = \bar{I}$$

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



JKFFを用いたビット反転検出回路の設計 拡大入力表

		使用するFFの入力要求			
		遷移		入力	
I	Q	Q^+	O	J	K
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					

入力条件式

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

$$J = I$$

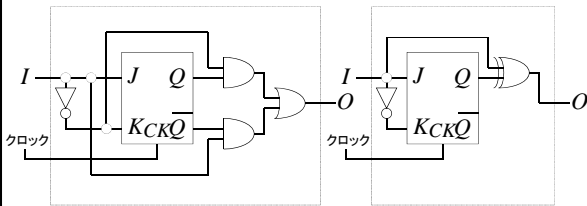
$$K = \bar{I}$$

JKFFを用いたビット反転検出回路

$$J = I$$

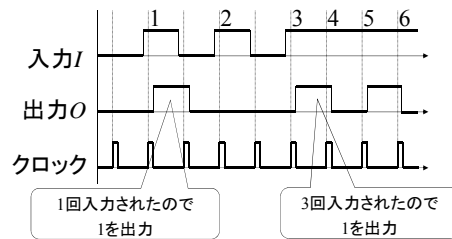
$$K = \bar{I}$$

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



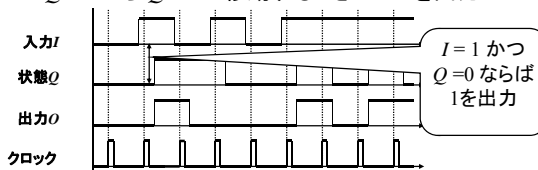
問題 順序回路の設計

- 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。



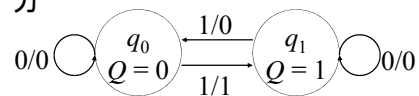
解き方の方針

- 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



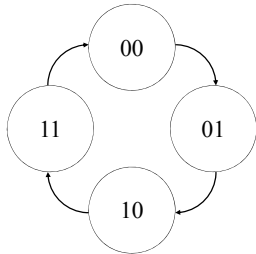
状態遷移図

- 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



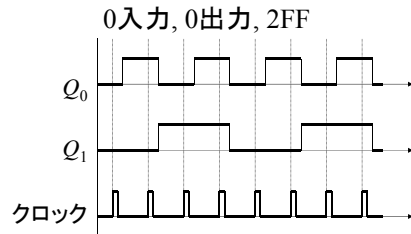
4進分周器の設計

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

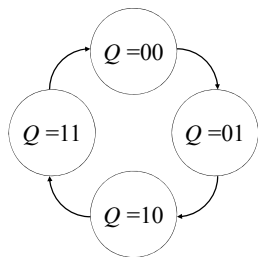


1.入力,出力,状態の決定

- 入力,出力は無し
- 2ビットであるのでFF2個で記憶可能



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

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							

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

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

$$= \underline{Q_1} \oplus Q_0$$

$$D_0 = Q_0$$

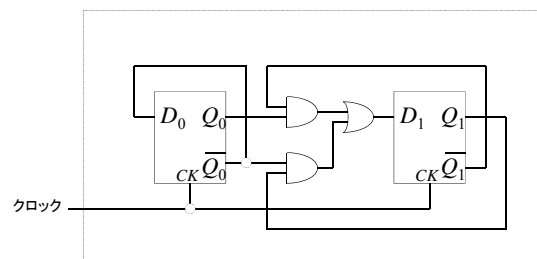
D_1	Q_0	Q_1
Q_1	0	1
0		1
1	1	

D_0	Q_0	Q_1
Q_1	0	1
0	1	
1	1	

7.回路図を描く

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

$$D_0 = Q_0$$



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

$$J_1 = Q_0 \quad K_1 = Q_0$$

$$J_0 = 1 \quad K_0 = 1$$

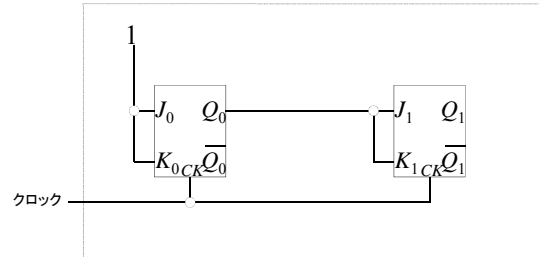
		$J_1 K_1$	
		Q_0	
Q_1	0	0	1
	1	0-	1-

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

7.回路図を描く

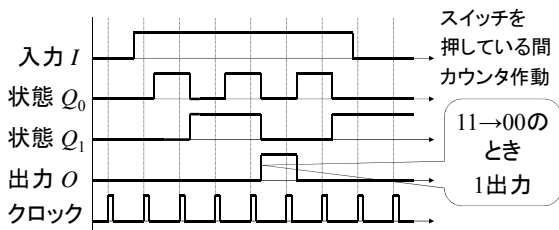
$$J_1 = Q_0 \quad K_1 = Q_0$$

$$J_0 = 1 \quad K_0 = 1$$

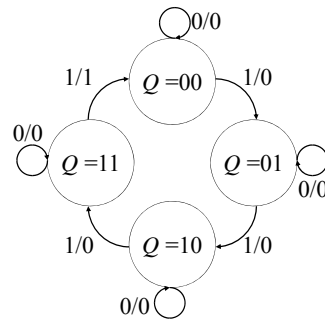


同期式4進カウンタの設計

- 入力Iが1のとき00→01→10→11→00と遷移し、入力I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



2.状態遷移図を描く



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			0	1	0
0	1	0	1	0	0
1			1	1	0
0	1	1	1	1	0
1			0	0	1

		使用するFFの入力要求					入力	
		遷移			出力			
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	1		
0	0	1	0	1	0	0	0	
1			0	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								

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

$$T_1 = I \cdot Q_0$$

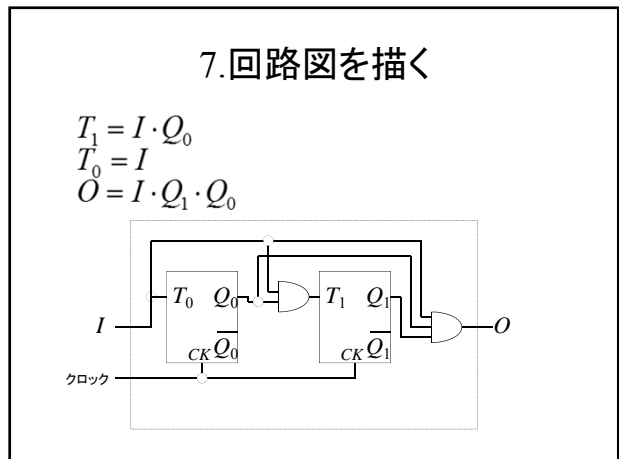
$$T_0 = I$$

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

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	



問題：4状態同期式順序回路の作成

- 同期式4進カウンタをJKFFを用いて作れ
- 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

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。

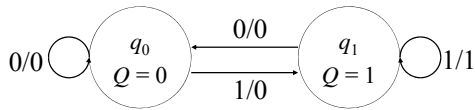
1. 入力,出力,状態の決定

- 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

2. 状態遷移図を描く

- 状態 Q : 直前の状態を記憶
⇒ 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
⇒ $Q=1$ で入力が1のとき 1を出力

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

4. 拡大入力表を作る

		使用するFF			
		遷移			入力
Q	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
状態遷移					

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

Q	Q^+	D
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

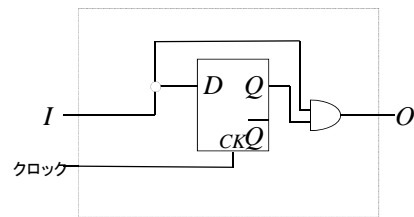
Q	Q^+	O
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$D = I$
 $O = I \cdot Q$

7. 回路図を描く

$$D = I$$

$$O = I \cdot Q$$



演習問題：各FFを用いた順序回路

- 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	S	R	J	K
0	0	0	0	0	0	-	0	-
0	1	0	0	1	0	1	-	1
1	0	1	0	1	1	0	1	-
1	1	1	1	0	-	0	-	0
入力		出力		状態遷移				
状態遷移								

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

T	Q	O
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

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

$$= I \oplus Q$$

$$O = I \cdot Q$$

