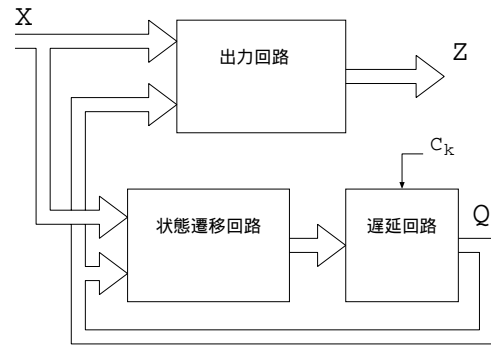


### 第十章 順序回路の設計

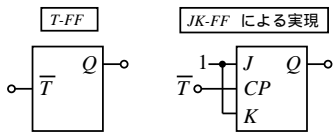
#### [順序回路]

- フリップフロップをもとに構成
- クロックに同期して動作する同期式と非同期式がある

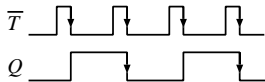


同期式順序回路 (Mealy 型) の一般構成

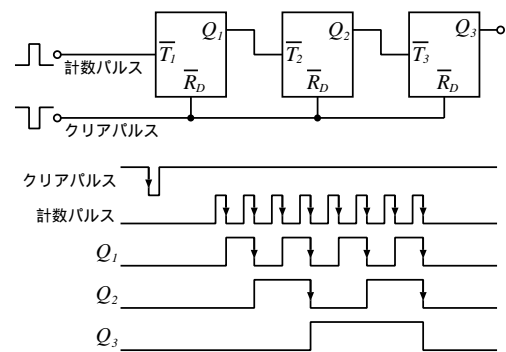
#### [2進カウンタ (非同期)]



#### タイミング図

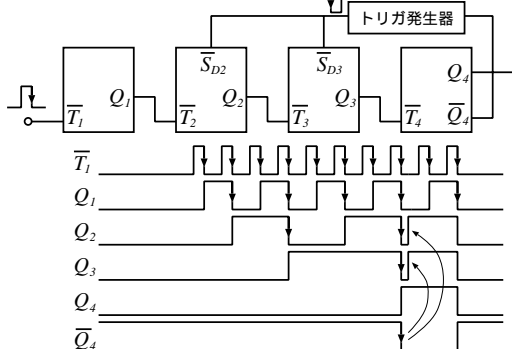


(後縁トリガ、ネガティブエッジ・トリガ)



8進非同期カウンタ

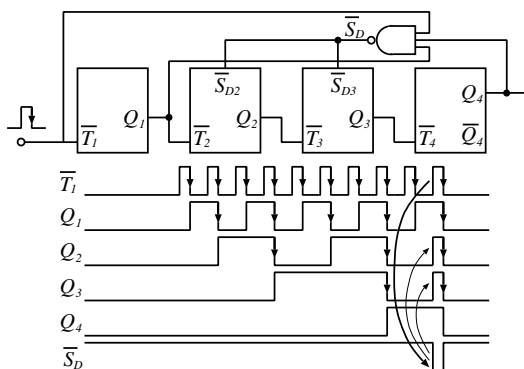
#### [2進化多進カウンタ]



- 2<sup>n</sup> 進カウンタを利用して N 進カウンタを構成

#### [BCD 符号 10 進カウンタ]

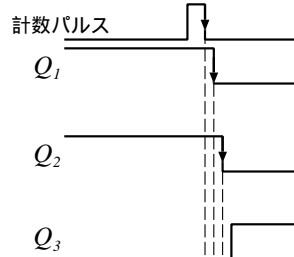
- FF の出力 ( $Q_4, Q_3, Q_2, Q_1$ ) が 0000 から 1001 まで順番にできるようにする。  
以上は、2進カウンタと同じ動き
- 1001 になったら、次は 0000 になるようにする。



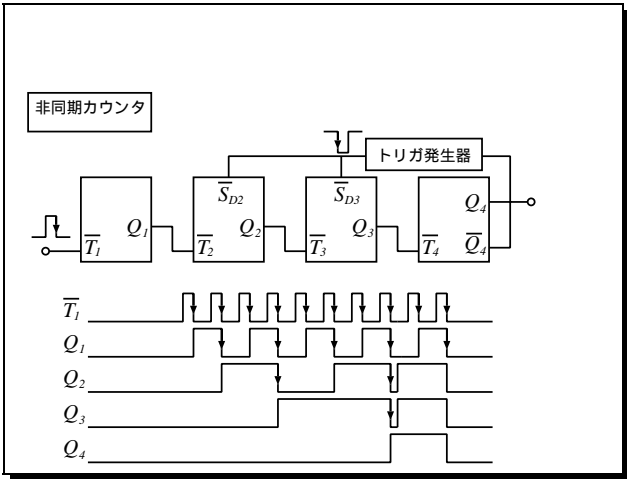
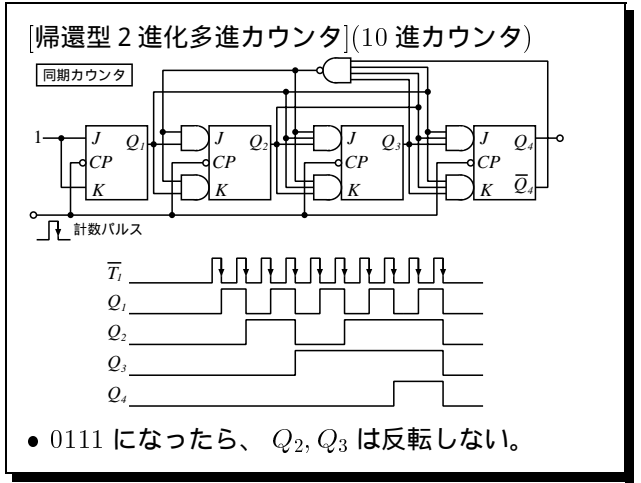
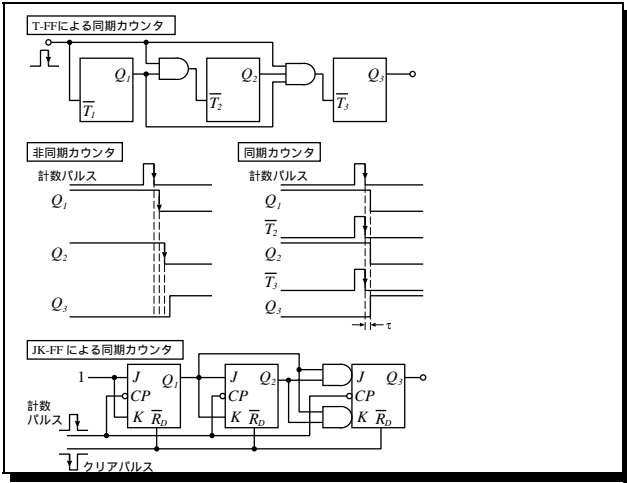
$$\overline{S_D} = \overline{Q_4} Q_3 Q_2 Q_1; \quad \overline{S_D} = 0 \Rightarrow Q_3 = Q_2 = 1$$

#### 非同期カウンタの欠点:

##### 非同期カウンタ

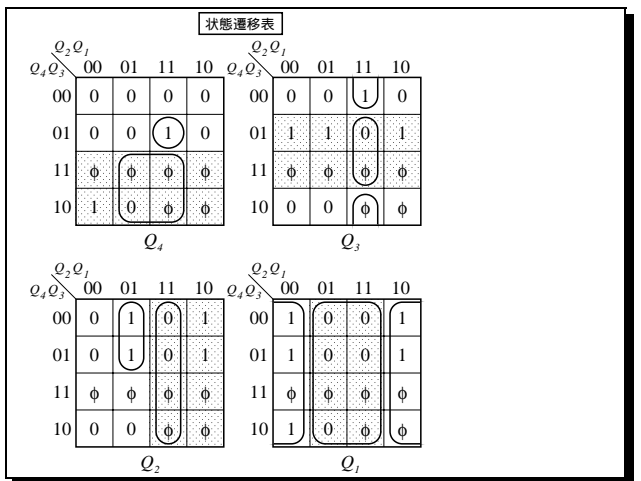
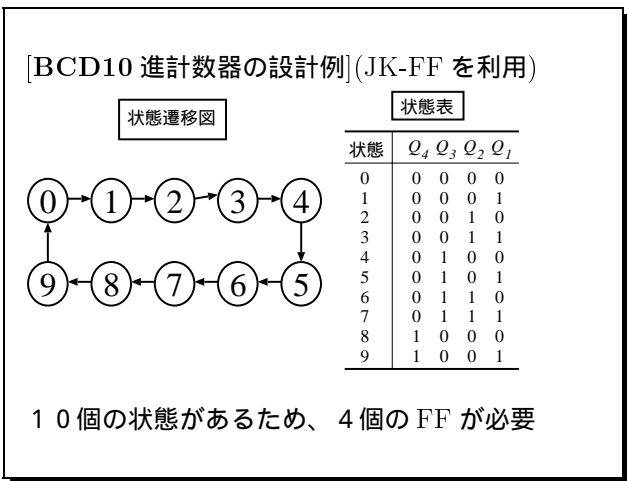


- 段数が増えるにつれ遅れが増大
- 複雑な動作 (一度反転してから再反転)



[同期カウンタの設計]

- 「状態遷移図 ⇒ 状態遷移表 ⇒ 励起出力表」という順で設計
- 励起出力表を書かずに設計できる場合もある



JK-FF の入出力特性:  $Q_{t+1} = J\bar{Q}_t + \bar{K}Q_t$

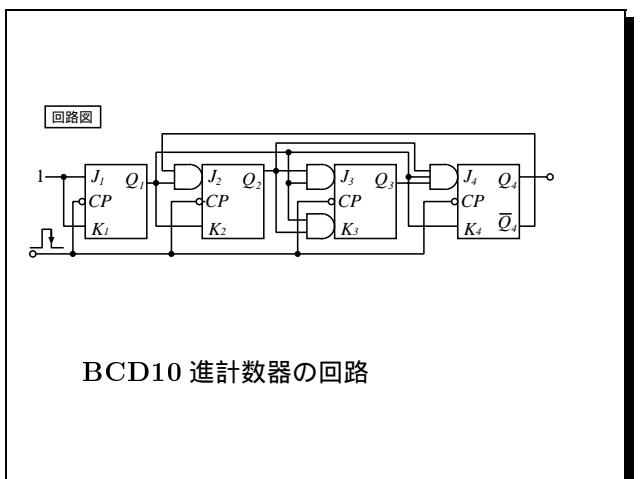
$$Q_{4(t+1)} = (Q_3 Q_2 Q_1) \bar{Q}_{4t} + \bar{Q}_{4t} Q_{4t}$$

$$Q_{3(t+1)} = (Q_2 Q_1) \bar{Q}_{3t} + \bar{Q}_{3t} Q_{3t}$$

$$Q_{2(t+1)} = (Q_1 \bar{Q}_4) \bar{Q}_{2t} + \bar{Q}_{2t} Q_{2t}$$

$$Q_{1(t+1)} = \bar{Q}_{1t}$$

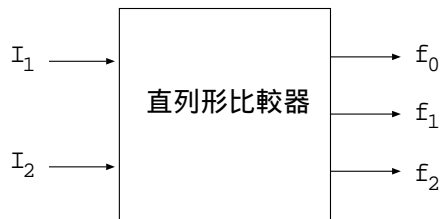
$J_1 = 1$     $J_2 = Q_1 \bar{Q}_4$     $J_3 = Q_2 Q_1$     $J_4 = Q_3 Q_2 Q_1$   
 $K_1 = 1$     $K_2 = Q_1$     $K_3 = Q_2 Q_1$     $K_4 = Q_1$



同期順序回路設計の一般手順

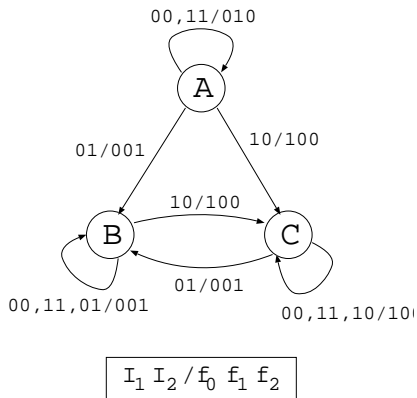
- 問題を記述する状態遷移図および状態遷移表を書く。
- 状態割当て表を決める。
- 使用するフリップフロップに対して励起出力関数表を求める。
- 励起出力表より状態遷移関数と出力関数を求める。
- 回路図を書く。

[例] 二つの入力  $I_1, I_2$  が最下位のビット LSB から直接に入力され、大小の比較結果



$f_0(I_1 > I_2), f_1(I_1 = I_2), f_2(I_1 < I_2)$  が出力される比較器を順序回路で実現せよ。

状態遷移図



FFの入力駆動(励起)条件

$Q_t$	$Q_{t+1}$	$D_t$	$S_t$	$R_t$	$J_t$	$K_t$	$T_t$
0	0	0	0	*	0	*	0
0	1	1	1	0	1	*	1
1	0	0	0	1	*	1	1
1	1	1	*	0	*	0	0

[解](Mealy 型の順序回路)

順序回路状態の定義

初期状態 ( $I_1 = I_2$  の状態) : A

$I_1 < I_2$  の状態 : B

$I_1 > I_2$  の状態 : C

状態割当て表

状態	状態変数	
	$Q_2$	$Q_1$
A	0	0
B	0	1
C	1	0

		状態遷移表			
		$I_1 I_2$			
$Q_2 Q_1$	00	00	01	00	10
	01	01	01	01	10
	11	--	--	--	--
	10	10	01	10	10

状態遷移表

		$I_1 I_2$			
		00	01	11	10
状態	A	A	B	A	C
	B	B	B	B	C
	C	C	B	C	C

$I_1 = I_2$  の状態 : A

$I_1 < I_2$  の状態 : B

$I_1 > I_2$  の状態 : C

RS フリップフロップの励起表と出力関数表 :

$Q_2 Q_1$	$I_1 I_2$			
	00	01	11	10
00	0*	0*	0*	10
01	0*	0*	0*	10
11	**	**	**	**
10	*0	01	*0	*0

$S_2 R_2$

$$S_2 = I_1 \bar{I}_2$$

$$R_2 = \bar{I}_1 I_2$$

$Q_1 Q_0$	$I_1 I_2$			
	00	01	11	10
00	0*	10	00	0*
01	*0	*0	*0	01
11	**	**	**	**
10	*0	10	0*	0*

$S_1 R_1$

$$S_1 = \bar{I}_1 I_2$$

$$R_1 = I_1 \bar{I}_2$$

出力関数：

		$I_1 I_2$				
		00	01	11	10	
$Q_2 Q_1$	00	010	001	010	100	$f_0 = I_1 \bar{I}_2 + Q_2(I_1 + \bar{I}_2)$
	01	001	001	001	100	$f_1 = \bar{Q}_2 \bar{Q}_1 (I_1 I_2 + \bar{I}_1 \bar{I}_2)$
	11	***	***	***	***	$f_3 = I_2 \bar{I}_1 + Q_1(I_2 + \bar{I}_1)$
	10	100	001	100	100	

$f_0 f_1 f_2$

以上得られた状態遷移関数と出力関数を用いて回路図を書く。