

## 9장. 동기순서논리회로

01. 동기 순서논리회로 개요

3. 플립플롭의 여기표

4. 동기 순서논리회로의 설계 과정

# 01 동기 순서논리회로 개요



## □ 조합논리회로와 순서논리회로

조합논리회로  
(combinational  
logic circuit)

- **출력이 현재의 입력에 의해서만 결정**되는 논리회로

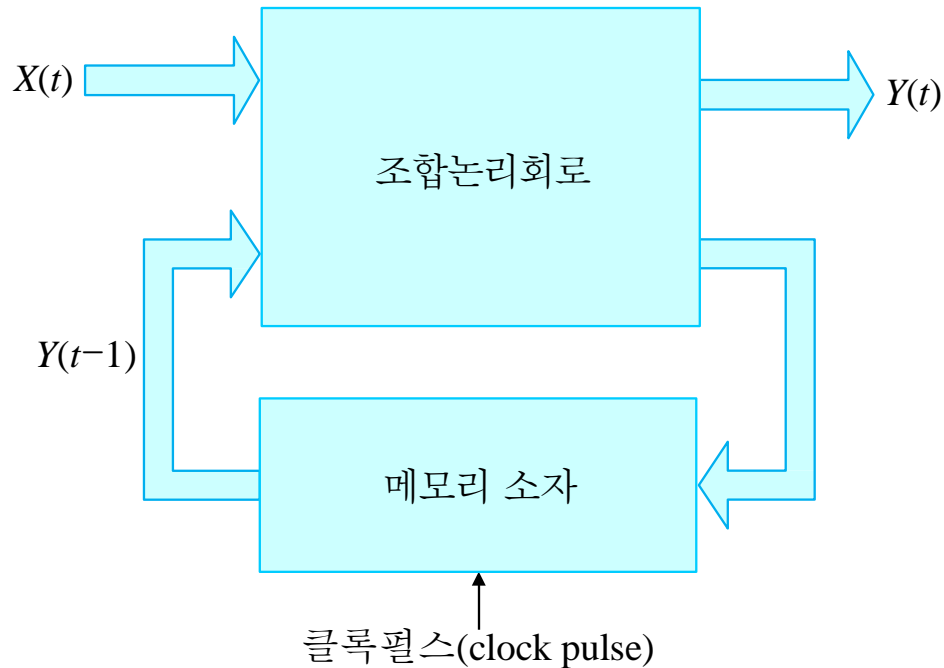
순서논리회로  
(sequential logic  
circuit)

- **현재의 입력과 이전의 출력상태에 의해서 출력이 결정**되는 논리회로..
- 클록펄스에 의해서 동작하는 회로를 동기순서논리회로 또는 단순히 **동기순서회로**라 한다.
- **비동기 순서회로**는 시간에 관계없이 단지 입력이 변화하는 순서에 따라 동작하는 논리회로

# 01 동기 순서논리회로 개요

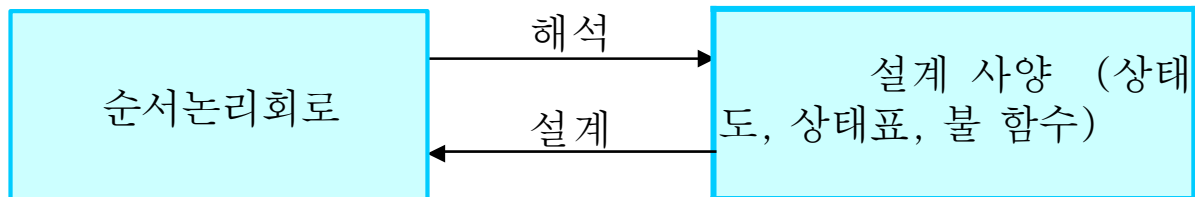


## □ 순서논리회로의 블록도



출력  $Y(t)$ 는 현재 상태의 입력  $X(t)$ 와 이전 상태의 출력  $Y(t-1)$ 에 의하여 결정

## □ 순서논리회로의 해석과 설계 관계





## 2. 순서논리회로의 설명 중 옳지 않은 것은?

- ㉠ 조합논리회로가 포함된다.
- ㉡ 기억소자가 필요하다.
- ㉢ 카운터는 전형적인 순서논리회로이다.
- ㉣ 입력값의 순서에는 영향을 받지 않는다.

- 순서논리회로는 조합논리회로와 메모리 소자(플립플롭)로 구성된다.
- 순서논리회로는 현재의 입력값과 현재의 출력 상태에 따라 다음 상태의 출력값이 결정되는 논리회로이므로 입력값의 순서에 영향을 받는다.



## 3. 순서논리회로에 대한 설명 중 옳지 않은 것은? <㉔>

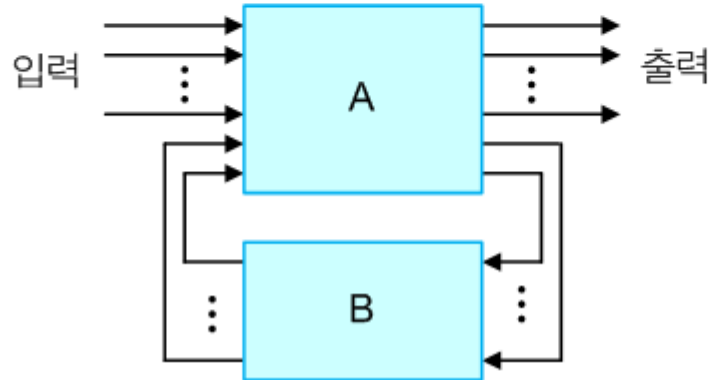
- ㉑ 상태도를 구현할 수 있다.
- ㉒ 기억소자를 필요로 한다.
- ㉓ 현재상태만이 차기상태를 결정한다.
- ㉔ 밀리와 무어회로로 구분 지을 수 있다.

순서논리회로는 현재 입력과 현재 상태에 따라 다음 상태가 결정된다.



9. 다음 회로는 일반적인 순서논리회로의 모델이다. 여기서 A와 B가 뜻하는 것은?

- ㉠ A: 조합논리회로+플립플롭, B: 조합논리회로
- ㉡ A: 플립플롭, B: 조합논리회로
- ㉢ A: 조합논리회로, B: 플립플롭
- ㉣ A: 플립플롭, B: 조합논리회로+플립플롭



## 03 플립플롭의 여기표



- ❖ 플립플롭의 특성표는 현재상태와 입력값이 주어졌을 때, 차기상태가 어떻게 변하는가를 나타내는 표.
- ❖ **플립플롭의 여기표(excitation table)**는 현재상태에서 다음상태로 변했을 때 플립플롭의 입력조건이 어떤 상태인가를 나타내는 표.
- ❖ 플립플롭의 여기표는 순서논리회로를 설계할 때 자주 사용

# 03 플립플롭의 여기표



## SR 플립플롭의 여기표

특성표

입력		현재상태	다음상태
$S$	$R$	$Q(t)$	$Q(t+1)$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	?
1	1	1	?

여기표

현재상태	다음상태	요구입력	
$Q(t)$	$Q(t+1)$	$S$	$R$
0	0	0	×
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	×	0



Tip

SR 플립플롭의 진리표

$S$	$R$	$Q(t+1)$
0	0	$Q(t)$ (불변)
0	1	0
1	0	1
1	1	부정



# 03 플립플롭의 여기표



## JK 플립플롭의 여기표

특성표

입력		현재상태	다음상태
$J$	$K$	$Q(t)$	$Q(t+1)$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

여기표

현재상태	다음상태	요구입력	
$Q(t)$	$Q(t+1)$	$J$	$K$
0	0	0	
0	1	1	
1	0	×	1
1	1	×	0



Tip

JK 플립플롭의 진리표

$J$	$K$	$Q(t+1)$
0	0	$Q(t)$ (불변)
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q(t)}$ (토글)

# 03 플립플롭의 여기표



## D 플립플롭의 여기표

특성표

입력	현재상태	다음상태
$D$	$Q(t)$	$Q(t+1)$
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

여기표

현재상태	다음상태	요구입력
$Q(t)$	$Q(t+1)$	$D$
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1



D 플립플롭의 진리표

$D$	$Q(t+1)$
0	0
1	1

# 03 플립플롭의 여기표



## T 플립플롭의 여기표

특성표

입력	현재 상태	다음 상태
$T$	$Q(t)$	$Q(t+1)$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

여기표

현재 상태	다음 상태	요구입력
$Q(t)$	$Q(t+1)$	$T$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Tip

### T 플립플롭의 진리표

$T$	$Q(t+1)$
0	$Q(t)$ (불변)
1	$\overline{Q(t)}$ (토글)



14. 다음 표는  $S$ - $R$  플립플롭의 여기표(excitation table)이다.

$A, B, C, D$ 는 각각 어떻게 표시되는가? (단,  $\times$ 는 무관조건(Don't care 조건)이다.) <라>

㉠  $A=0, B=0, C=\times, D=\times$

㉡  $A=1, B=0, C=0, D=1$

㉢  $A=\times, B=0, C=0, D=\times$

㉣  $A=0, B=\times, C=\times, D=0$

특성표

입력		현재상태	차기상태
$S$	$R$	$Q(t)$	$Q(t+1)$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	?
1	1	1	?

현재상태	다음상태	입력
$Q(t)$	$Q(t+1)$	$S$ $R$
0	0	A B
0	1	1 0
1	0	0 1
1	1	C D



18. 다음 표는 어느 플립플롭의 여기표인가? <ㄴ>

㉠  $D$

㉡  $T$

㉢  $SR$

㉣  $JK$

$Q(t)$	$Q(t+1)$	(    )
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$Q(t)$	$Q(t+1)$	$J$ $K$
0	0	0 $\times$
0	1	1 $\times$
1	0	$\times$ 1
1	1	$\times$ 0

22. 다음 표는  $JK$  플립플롭의 여기표이다.  $A, B, C, D$ 는 각각 어떻게 표시되는가? (단,  $\times$ 는 무관 조건이다.)

㉠  $A=0, B=\times, C=\times, D=0$

㉡  $A=1, B=1, C=\times, D=\times$

㉢  $A=1, B=\times, C=\times, D=1$

㉣  $A=\times, B=1, C=1, D=\times$

현재상태	다음상태	입력
$Q_n$	$Q_{n+1}$	$J$ $K$
0	0	0 $\times$
0	1	$A$ $B$
1	0	$C$ $D$
1	1	$\times$ 0



25. 다음 표는 각 플립플롭의 여기표이다. 옳지 **않은** 것은? (단,  $Q(t)$ 는 현재 상태,  $Q(t+1)$ 은 다음 상태,  $\times$ 는 무관 조건임)

㉠

$Q(t)$	$Q(t+1)$	$S$	$R$
0	0	0	$\times$
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	$\times$	0

㉡

$Q(t)$	$Q(t+1)$	$J$	$K$
0	0	0	$\times$
0	1	1	$\times$
1	0	$\times$	1
1	1	$\times$	0

㉢

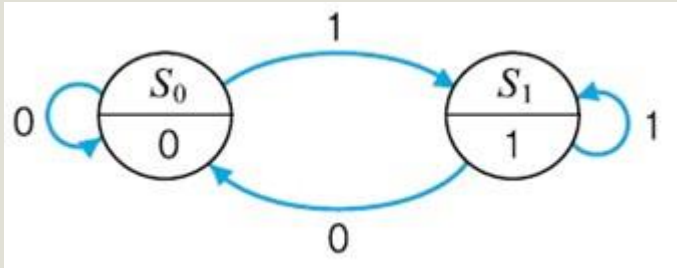
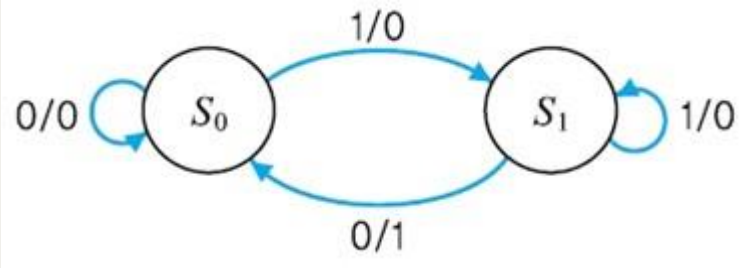
$Q(t)$	$Q(t+1)$	$D$
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

㉣

$Q(t)$	$Q(t+1)$	$T$
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	0



## □ 상태도 종류 (02절)

<p><b>무어머신</b> (Moore machine)</p>	<p>순서논리회로의 출력이 플립플롭들의 현재 상태만의 함수인 회로. 출력이 상태 내에 결합되어 표시된다.</p>	 <pre> graph LR     S0((S0 0)) -- 0 --&gt; S0     S0 -- 1 --&gt; S1((S1 1))     S1 -- 0 --&gt; S0     S1 -- 1 --&gt; S1         </pre>
<p><b>밀리머신</b> (Mealy machine)</p>	<p>출력이 현재 상태와 입력의 함수인 회로. 출력은 상태간을 지나가는 화살선의 위에 표시된다.</p>	 <pre> graph LR     S0((S0)) -- 0/0 --&gt; S0     S0 -- 1/0 --&gt; S1((S1))     S1 -- 0/1 --&gt; S0     S1 -- 1/0 --&gt; S1         </pre>



## □ 순서논리회로의 설계 과정

- [단계 1] 회로 동작 기술(**상태도** 작성)
- [단계 2] 정의된 회로의 **상태표** 작성
- [단계 3] 필요한 경우 상태 축소 및 상태 할당
- [단계 4] 플립플롭의 수와 플립플롭의 종류 결정
- [단계 5] 플립플롭의 입력, 출력 및 각각의 상태에 문자기호 부여
- [단계 6] 상태표를 이용하여 회로의 **여기표** 작성
- [단계 7] 간략화 방법을 이용하여 플립플롭의 입력함수 (**논리식**) 유도
- [단계 8] **순서논리회로도** 작성



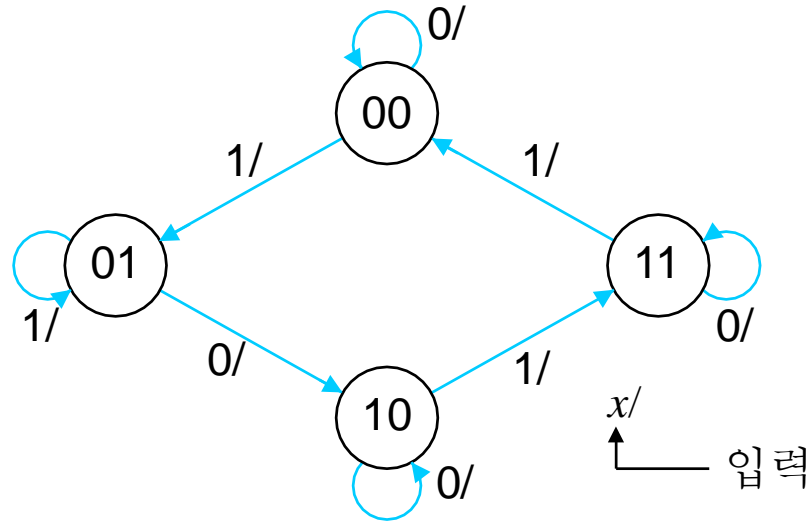
## 04 동기 순서논리회로의 설계 과정



### JK 플립플롭을 이용한 순서논리회로 설계

#### 회로 동작 기술

- 입력변수만 있고 출력변수는 없는 상태에서 상태변화가 일어난다.



동기 순서논리회로에 대한 상태도

## 04 동기 순서논리회로의 설계 과정

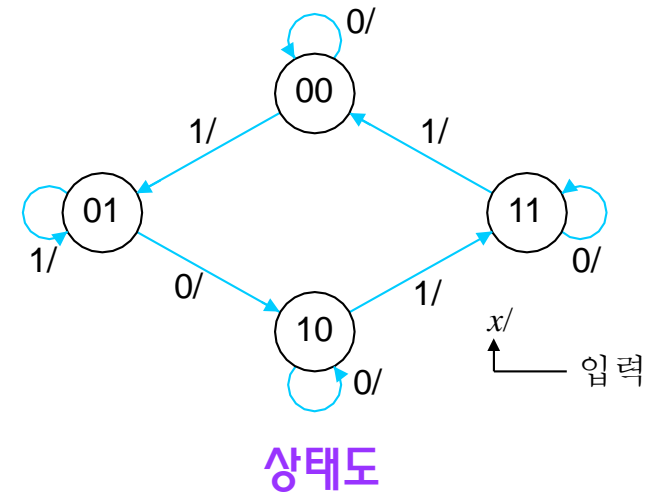


### ■ 상태표 작성

- 상태도로부터 상태표 유도

현재 상태		입력	다음 상태	
A	B	x	A	B
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0

상태표





### 플립플롭의 수와 형태 결정

- ❖ 정의해야 할 **상태의 수가  $n$ 가지**이면  $\lceil \log_2 n \rceil$ 개의 플립플롭이 필요.
- ❖ 예를 들어  $n=16$ 이면,  $\lceil \log_2 16 \rceil = 4 \log_2 2 = 4$
- ❖ 예를 들어  $n=4$ 이면,  $\lceil \log_2 4 \rceil = 2 \log_2 2 = 2$
- ❖ 상태의 수가 5가지인 경우에는 3개의 플립플롭이 필요하지만 3가지의 상태는 사용하지 않는다.

$$n=5 \text{이면, } \lceil \log_2 5 \rceil = \lceil 2.3219 \rceil = 3$$

- ◎ 카운터를 설계할 경우에는 회로의 특성상 주로  $JK$  플립플롭이나  $T$  플립플롭을 이용하는 것이 유리



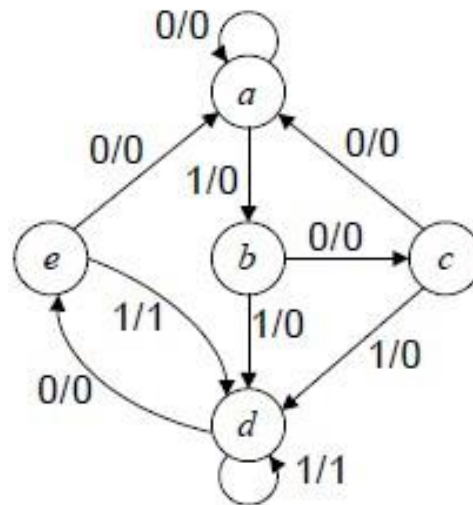
22. 다음의 상태 변환도처럼 동작하는 순서논리회로를 설계할 때, J-K 플립플롭을 사용한다면 필요한 플립플롭의 수는 최소 몇 개인가? <나>

㉠ 2개

나 3개

㉢ 4개

㉣ 5개



# 04 동기 순서논리회로의 설계 과정



## ■ 상태여기표 유도

현재 상태		입력 $x$	다음 상태		플립플롭 입력			
$A$	$B$		$A$	$B$	$J_A$	$K_A$	$J_B$	$K_B$
0	0	0	0	0	0	x	0	x
0	0	1	0	1	0	x	1	x
0	1	0	1	0	1	x	x	1
0	1	1	0	1	0	x	x	0
1	0	0	1	0	x	0	0	x
1	0	1	1	1	x	0	1	x
1	1	0	1	1	x	0	x	0
1	1	1	0	0	x	1	x	1

현재 상태		입력 $x$	다음 상태	
$A$	$B$		$A$	$B$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0



*JK* 플립플롭의 여기표

$Q(t)$	$Q(t+1)$	$J$	$K$
0	0	0	x
0	1	1	x
1	0	x	1
1	1	x	0

# 04 동기 순서논리회로의 설계 과정



## 플립플롭의 입력함수 및 회로의 출력함수 유도

		$Bx$			
		00	01	11	10
$A$	0				1
	1	X	X	X	X

$$J_A = B \bar{x}$$

		$Bx$			
		00	01	11	10
$A$	0	X	X	X	X
	1			1	

$$K_A = Bx$$

		$Bx$			
		00	01	11	10
$A$	0		1	X	X
	1		1	X	X

$$J_B = x$$

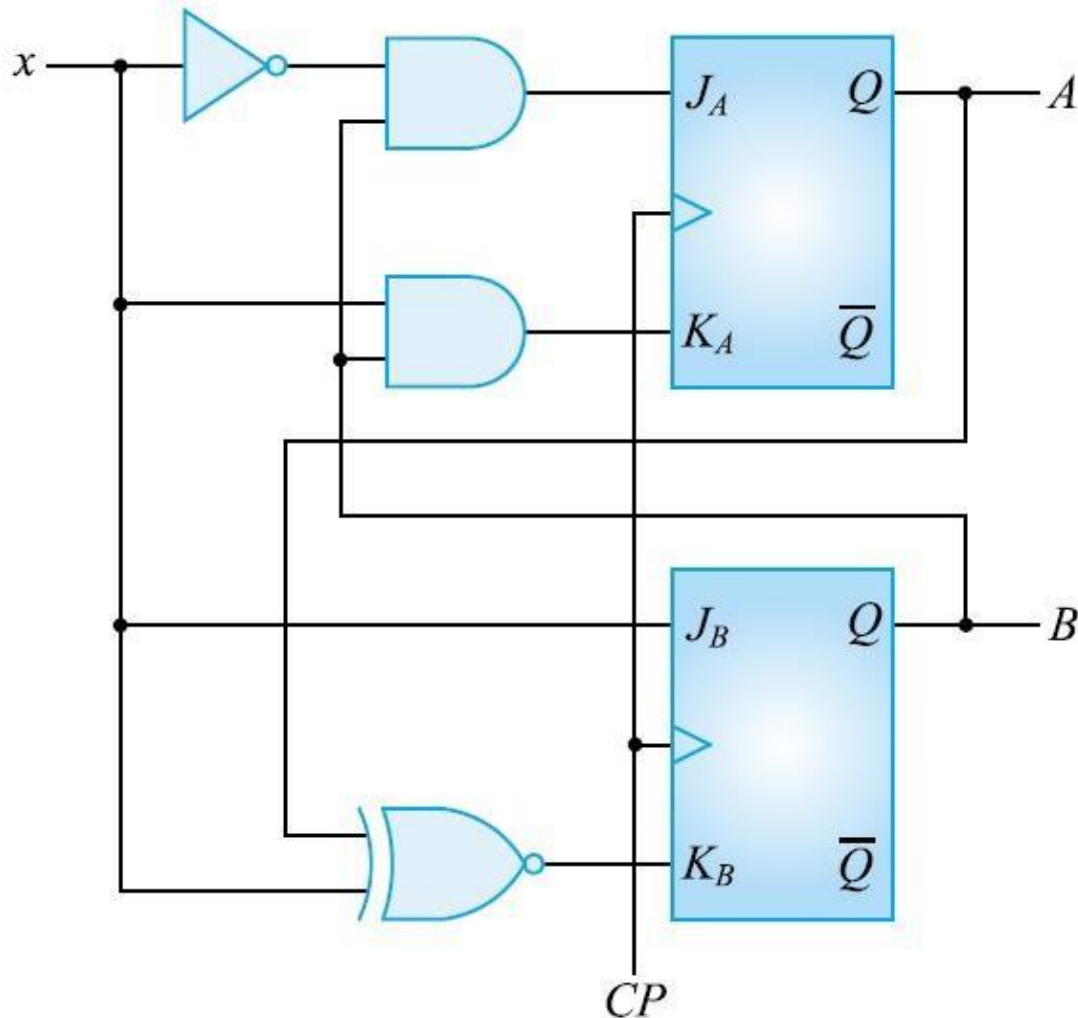
		$Bx$			
		00	01	11	10
$A$	0	X	X		1
	1	X	X	1	

$$K_B = Ax + \overline{A}x = A \oplus x = A \odot x$$

## 04 동기 순서논리회로의 설계 과정



### ■ 논리 회로의 구현



$$J_A = B \bar{x}$$

$$K_A = Bx$$

$$J_B = x$$

$$K_B = A \odot x$$