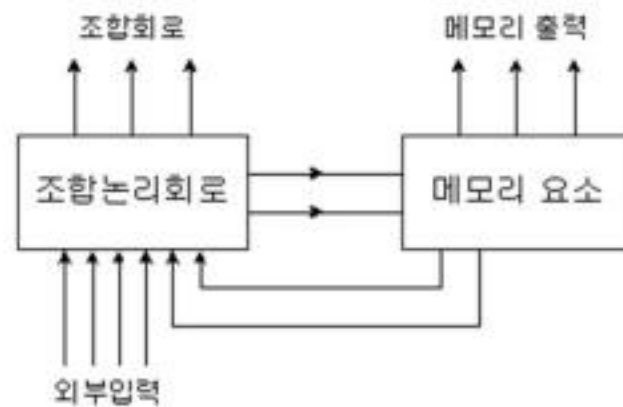


## Sequential Circuits Design p.205



1

## Sequential Circuits Design p.205

### ■ Design Procedure

1. specification
2. Formulation : 상태도 또는 상태표
3. State Assignment : 상태에 2진 코드 할당
4. FF input Equation Optimization  
Output Equation Optimization
5. Technology Mapping
6. Verification

### ● 설계시 고려사항 :

- 적절한 FF의 선택,
- 요구되는 상태수에 따라 FF수의 결정 :  
상태수  $2^n \rightarrow n$ 개의 FF필요

2

## 비교 참고) 조합회로 설계 과정

### ■ 순차회로 설계 Steps

1. specification : 기능

2. Formulation

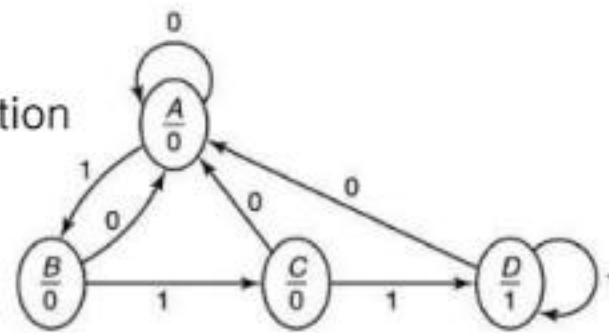
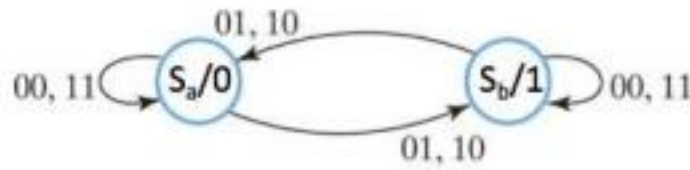
: **상태도 또는 상태표**

3. State Assignment

: 상태에 2진 코드 할당

4. FF input Equation,

Output Equation Optimization  
(2단계 최적화)



3

3

## Example) Sequential Circuits Design

### ■ 문제에) 입력 x의 값이 1로 입력될 때마다

11→00→01→10→11→00→01...을 반복하는 회로를 작성하시오.

출력 : 상태가 10→11로 변환할 때만 1을 출력한다.

그외는 0를 출력한다.

단) 초기값은 11으로 둔다.

- 이러한 설계는 조합회로로 구성할 수 없다.

- 현재상태가 무엇인가에 따라 입력 x에 따라 다음값이 결정되기 때문이다.



5

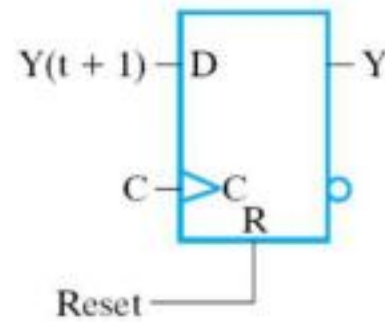
5

## Master reset을 가진 FF

p.207

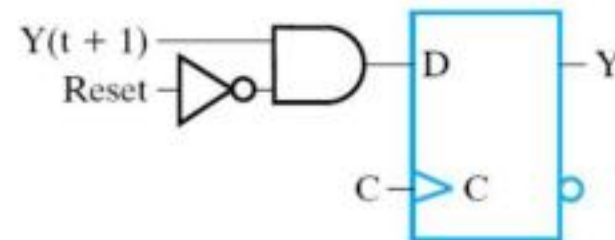
### ■ FF의 저장값을 초기값으로 set

- 전원이 On 되었을때
- 리셋 버튼에 의해



(a) Asynchronous Reset

direct input으로 reset



(b) Synchronous Reset

조합회로로 reset

6

6

## State Diagram (1)

p.208

### ■ 예) "1101" sequence Recognizer

- 기능: 입력sequence에서 "1101"이 발생할 경우, 1출력
- ....001011010001110110100100....  
                     1출력                    1출력

★이전의 입력에 대한 기억이 요구되므로 조합회로로는 설계할 수 없다.

- 입력 1개, 출력 1개
- 상태도 표현

이진수	"0"	"1"	"1"	"0"	"1"
상태명	0% A	25% B	50% C	75% D	100%

초기상태

25%

50%

75%

7

7



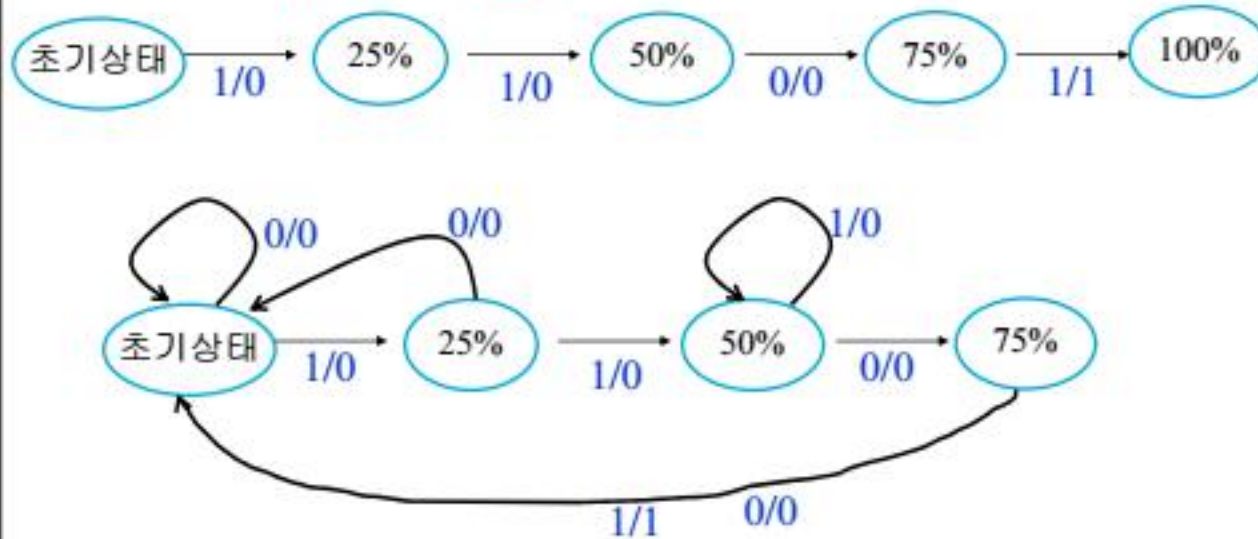
## State Diagram (1)

p.208

### 예) "1101" sequence Recognizer

기능: 입력sequence에서 "1101"이 발생할 경우, 1출력

....001011010001110110100100....  
                   1출력          1출력



8

8

## State Diagram (1)

p.208

### 예) "1101" sequence Recognizer

기능: 입력sequence에서 "1101"이 발생할 경우, 1출력(중복인식) ★★

....0010110100011101110100100....  
                   1출력          1      1출력

★이전의 입력에 대한 기억이 요구되므로 조합회로는 설계할 수 없다.

입력 1개, 출력 1개

상태도 표현

이진수	"0"	"1"	"1"	"0"	"1"
상태명	0%	25%	50%	75%	100%
	A	B	C	D	



9

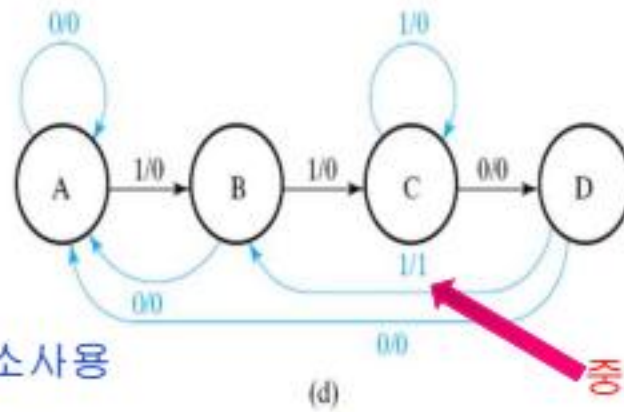
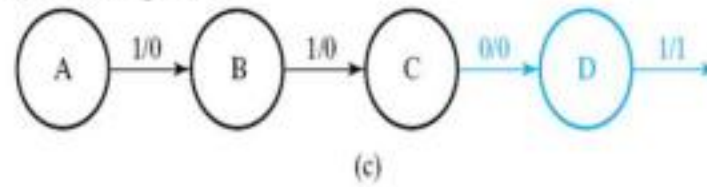
9

## State Diagram (2)

p.208

### 예) "1101" sequence Recognizer

상태도 표현



상태의 최소화: FF의 최소사용

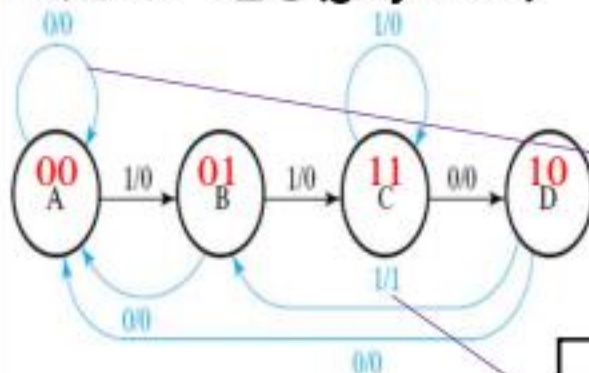
상태에 이진코드 할당 (00, 01, 10, 11)  
또는 (00, 01, 11, 10)

10

10

## 상태도 작성(p.214)

### 이진 코드 할당(gray code)



상태 4개 → FF 몇 개 필요?

FF 종류 선택

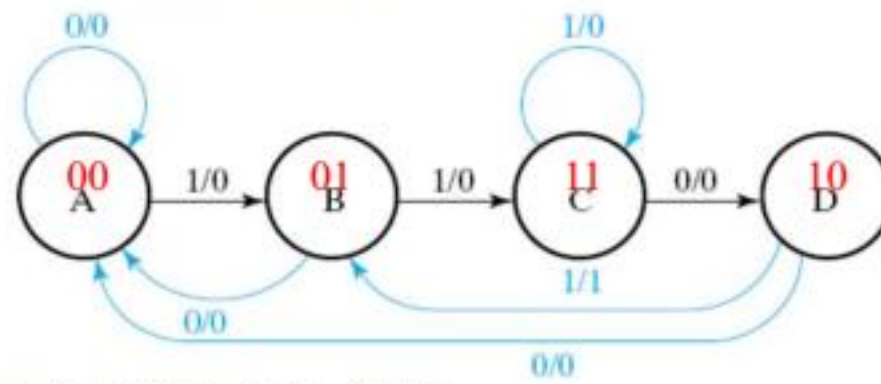
D FF을 이용하여 설계하자.

State(t)		Input X	State(t+1)		output Z
FFA	FFB		FFA	FFB	
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0

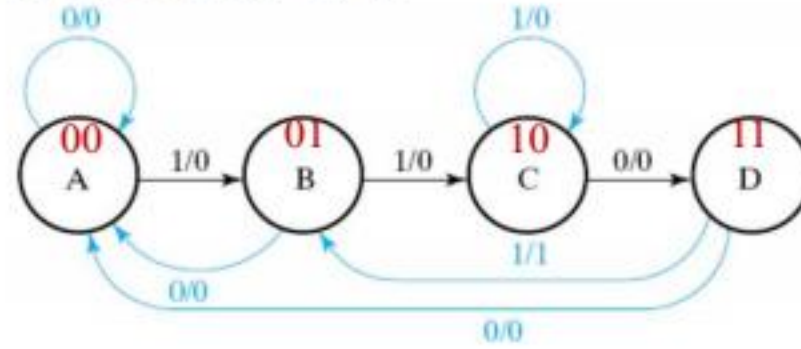
11

11

이진코드 : gray code 선택



이진코드 : BCD 순서 선택



12

12

## State Table (p.210, p.214)

State(t)		input X	State(t+1)		output Z
FFA	FFB		FFA	FFB	
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0

Present State	Next State		Output Z	
	X = 0	X = 1	X = 0	X = 1
A	A	B	0	0
B	A	C	0	0
C	D	C	0	0
D	A	B	0	1

↓

Present State	Next State		Output Z	
	X = 0	X = 1	X = 0	X = 1
00	00	01	0	0
01	00	11	0	0
11	10	11	0	0
10	00	01	0	1

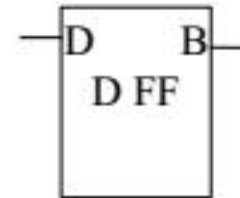
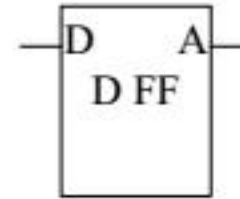
14

14

## 설계 입출력 기호 지정

- 입력 X
- 출력 Z
- D FF 2개 필요 : 각 저장값을 A,B라고 하자

X —————



———— Z

FFA 대신에 A라 하자  
FFB 대신에 B라고 하자.

15

15

## D FF을 이용한 설계(p.215)

- $D_A = A_{(t+1)} = \sum m(3,6,7)$
- $D_B = B_{(t+1)} = \sum m(1,3,5,7)$
- $Z = \sum m(5)$

- Map 간략화

■  $D_A = AB + BX$

■  $D_B = X$

■  $Z = AB'X$

$D_A$ :

			B	B
	0	0	1	0
A	0	0	1	1

X X

$D_B$ :

			B	B
	0	1	1	0
A	0	1	1	0

X X

State(t)		Input	State(t+1)		output
A	B	X	A	B	Z
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0

16

16



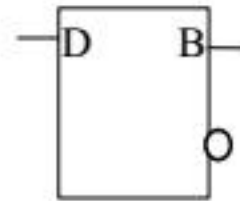
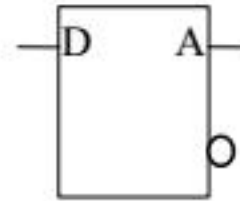
논리회로도를 그리시오.

■  $D_A = AB + BX$

■  $D_B = X$

■  $Z = AB'X$

X ———



—— Z

17

17

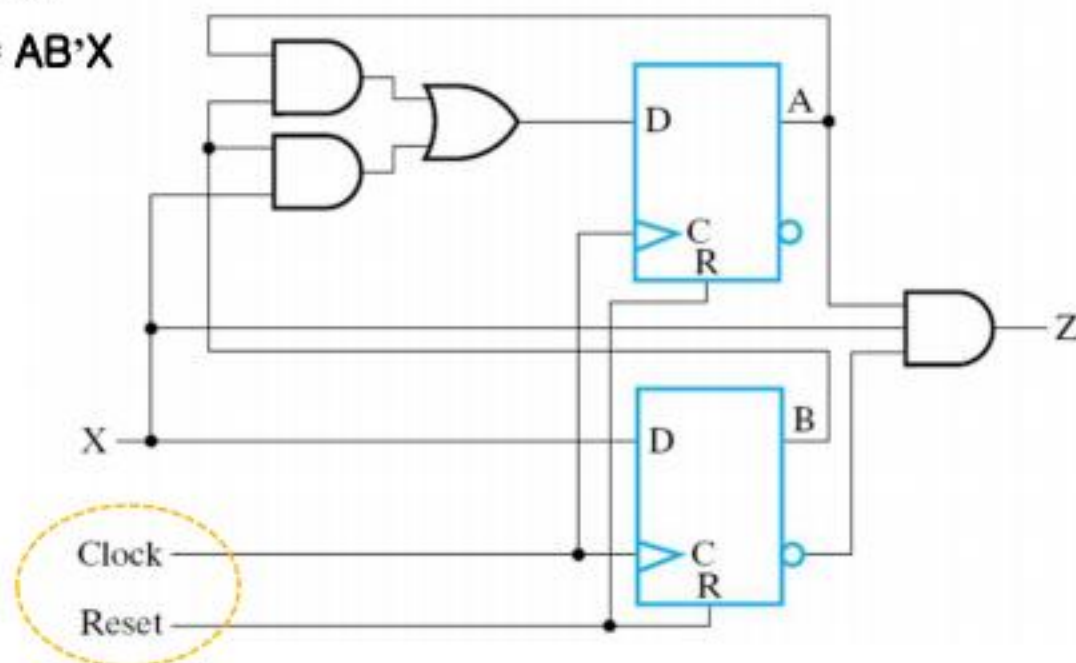
완성된 논리도

p.215

■  $D_A = AB + BX$

■  $D_B = X$

■  $Z = AB'X$



18

18



## 혼자 해보자

### ■ 예) sequence Recognizer

- 기능: 입력 sequence에서 "1011"이 발생할 경우, 1을 출력한다.

입력 시퀀스의 중복 인식을 허용한다.

....001010110001101101100100....

- 상태도

★조건1 : 상태이진비트를 **이진code**로 할당하자.

00 → 01 → 11 → 10

- 상태표

- 플립플롭 입력식

★조건2 : D FF를 사용하여 설계하자.

- 논리회로 다이어그램

19

19

## State Diagram

### ■ 예) "1011" sequence Recognizer

- 기능: 입력 sequence에서 "1011"이 발생할 경우, 1출력(중복인식)

....001010110001101101100100....

★입력 1개, 출력 1개

- 상태도 표현



20

20

## Example) Sequential Circuits Design

■문제예) 입력 x의 값이 1로 입력될 때마다

11→00→01→10→11→00→01...을 반복하는 회로를 작성하시오.

출력 : 상태가 10→11로 변환할 때만 1을 출력한다.

그외는 0를 출력한다.

단) 초기값은 11으로 둔다.

1. 상태도



2. 상태표

3. 플립플롭입력식

4. 논리회로도

21

21

A	B	X	A	B	Y
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	0	0

DA =

DB =

Y

DA:

		B	B
	0	0	1
A	1	1	0
		X	X

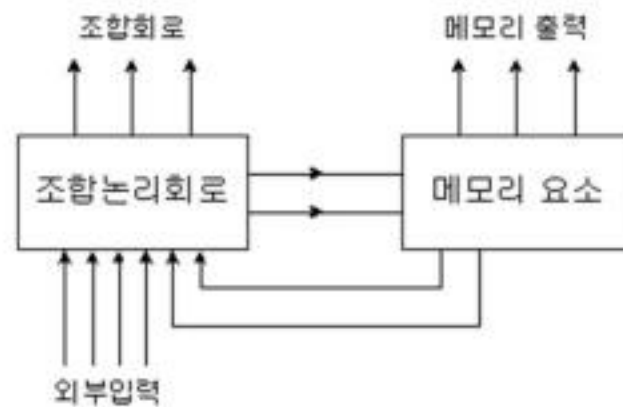
DB:

		B	B
	0	1	0
A	0	1	0
		X	X

22

22

## Sequential Circuits Design p.205



1

1

## Sequential Circuits Design p.205

### ■ Design Procedure

1. specification
2. Formulation : 상태도 또는 상태표
3. State Assignment : 상태에 2진 코드 할당
4. FF input Equation Optimization  
Output Equation Optimization
5. Technology Mapping
6. Verification

### ● 설계시 고려사항 :

- 적절한 FF의 선택,
- 요구되는 상태수에 따라 FF수의 결정 :  
상태수  $2^n \rightarrow n$ 개의 FF필요

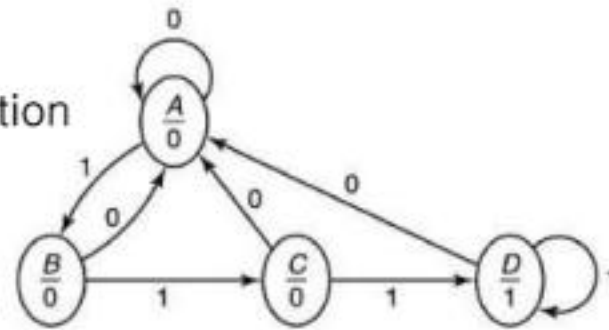
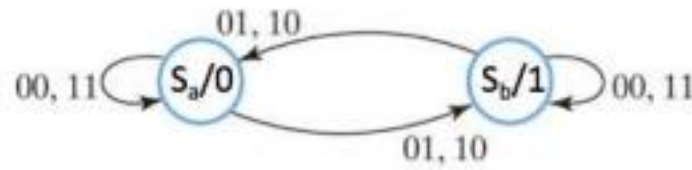
2

2

## 비교 참고) 조합회로 설계 과정

### ■ 순차회로 설계 Steps

1. specification : 기능
2. Formulation  
: **상태도 또는 상태표**
3. State Assignment  
: 상태에 2진 코드 할당
4. FF input Equation,  
Output Equation Optimization  
(2단계 최적화)



3

3

## Example) Sequential Circuits Design

### ■ 문제에) 입력 x의 값이 1로 입력될 때마다

11→00→01→10→11→00→01...을 반복하는 회로를 작성하시오.

출력 : 상태가 10→11로 변환할 때만 1을 출력한다.

그외는 0를 출력한다.

단) 초기값은 11으로 둔다.

-이러한 설계는 조합회로로 구성할 수 없다.

-현재상태가 무엇인가에 따라 입력 X에 따라 다음값이 결정되기 때문이다.



5

5

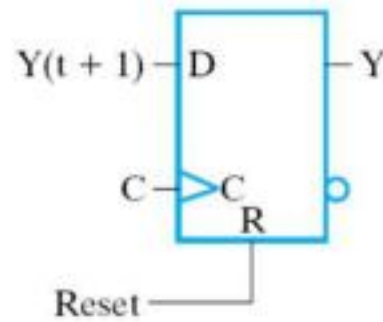


## Master reset을 가진 FF

p.207

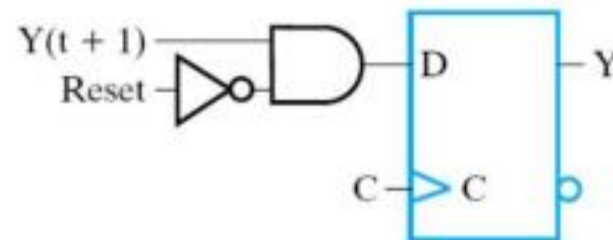
### ■ FF의 저장값을 초기값으로 set

- 전원이 On 되었을때
- 리셋 버튼에 의해



(a) Asynchronous Reset

direct input으로 reset



(b) Synchronous Reset

조합회로로 reset

6

6

## State Diagram (1)

p.208

### ■ 예) "1101" sequence Recognizer

- 기능: 입력sequence에서 "1101"이 발생할 경우, 1출력
- ....001011010001110110100100....  
                     1출력                    1출력

★이전의 입력에 대한 기억이 요구되므로 조합회로로는 설계할 수 없다.

- 입력 1개, 출력 1개
- 상태도 표현

이진수	"0"	"1"	"1"	"0"	"1"
상태명	0% A	25% B	50% C	75% D	100%

초기상태

25%

50%

75%

7

7

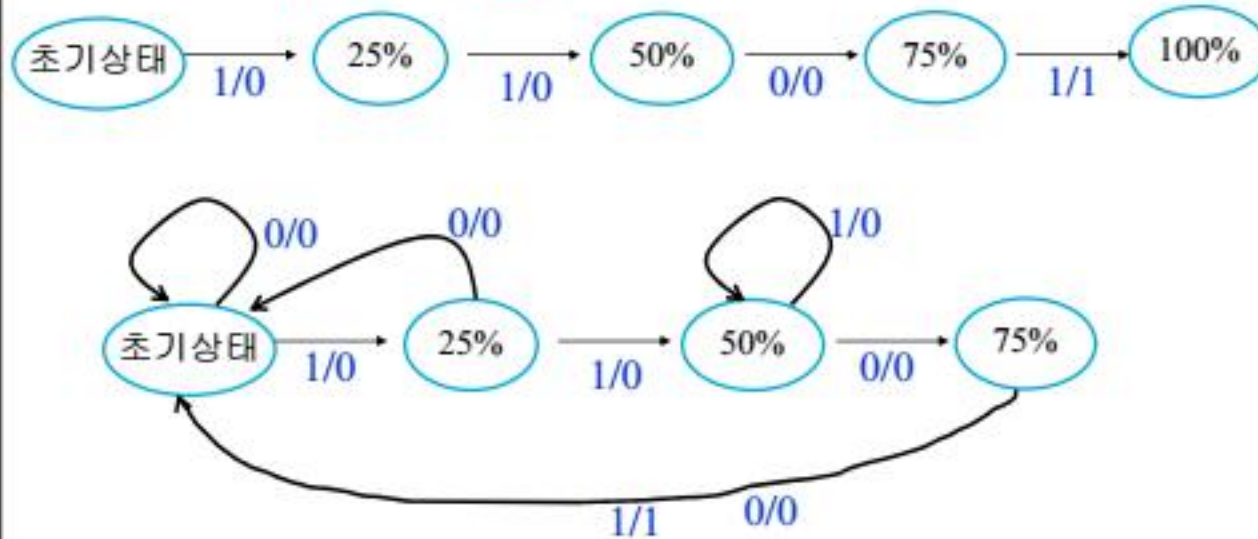
## State Diagram (1)

p.208

### 예) "1101" sequence Recognizer

기능: 입력sequence에서 "1101"이 발생할 경우, 1출력

....001011010001110110100100....  
                   1출력          1출력



8

8

## State Diagram (1)

p.208

### 예) "1101" sequence Recognizer

기능: 입력sequence에서 "1101"이 발생할 경우, 1출력(중복인식) ★★

....0010110100011101110100100....  
                   1출력          1      1출력

★이전의 입력에 대한 기억이 요구되므로 조합회로는 설계할 수 없다.

입력 1개, 출력 1개

상태도 표현

이진수	"0"	"1"	"1"	"0"	"1"
상태명	0%	25%	50%	75%	100%
	A	B	C	D	



9

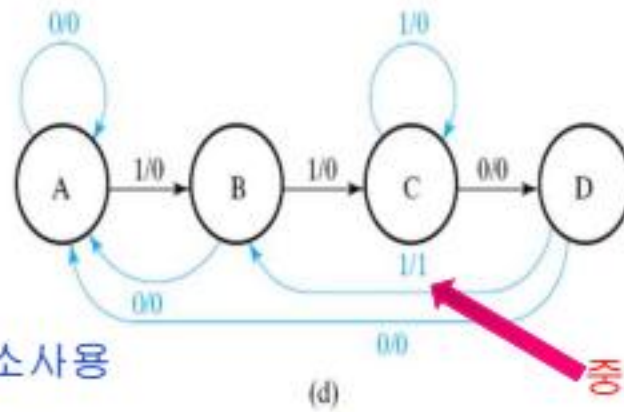
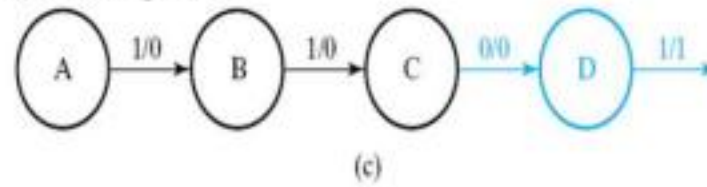
9

## State Diagram (2)

p.208

### 예) "1101" sequence Recognizer

상태도 표현



상태의 최소화: FF의 최소사용

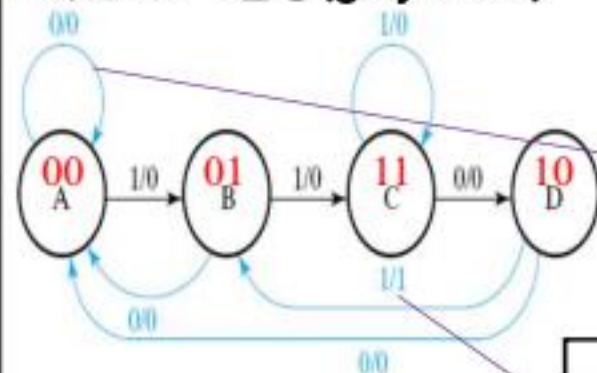
상태에 이진코드 할당 (00, 01, 10, 11)  
또는 (00, 01, 11, 10)

10

10

## 상태도 작성(p.214)

### 이진 코드 할당(gray code)



- 상태 4개 → FF 몇 개 필요?
- FF 종류 선택
- D FF을 이용하여 설계하자.

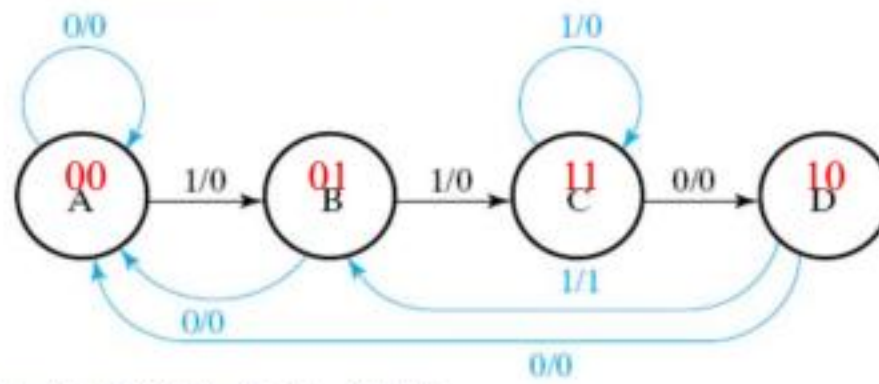
State(t)		Input X	State(t+1)		output Z
FFA	FFB		FFA	FFB	
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0

11

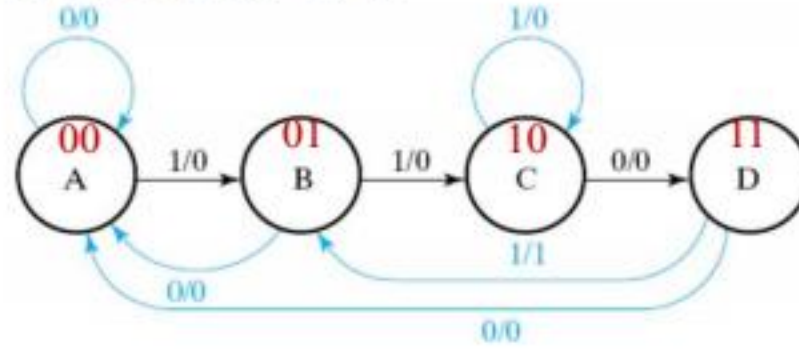
11



이진코드 : gray code 선택



이진코드 : BCD 순서 선택



12

12

## State Table (p.210, p.214)

State(t)		input	State(t+1)		output
FFA	FFB		FFA	FFB	
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0

Present State	Next State		Output Z	
	X = 0	X = 1	X = 0	X = 1
A	A	B	0	0
B	A	C	0	0
C	D	C	0	0
D	A	B	0	1

Present State	Next State		Output Z	
	X = 0	X = 1	X = 0	X = 1
00	00	01	0	0
01	00	11	0	0
11	10	11	0	0
10	00	01	0	1

14

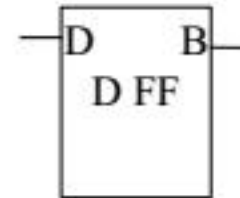
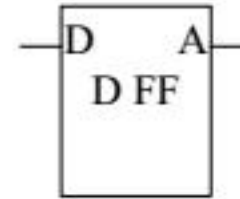
14



## 설계 입출력 기호 지정

- 입력 X
- 출력 Z
- D FF 2개 필요 : 각 저장값을 A,B라고 하자

X —————



———— Z

FFA 대신에 A라 하자  
FFB 대신에 B라고 하자.

15

15

## D FF을 이용한 설계(p.215)

- $D_A = A_{(t+1)} = \sum m(3,6,7)$
- $D_B = B_{(t+1)} = \sum m(1,3,5,7)$
- $Z = \sum m(5)$

- Map 간략화

■  $D_A = AB + BX$

■  $D_B = X$

■  $Z = AB'X$

$D_A$ :

			B	B
	0	0	1	0
A	0	0	1	1

X X

$D_B$ :

			B	B
	0	1	1	0
A	0	1	1	0

X X

State(t)		Input	State(t+1)		output
A	B	X	A	B	Z
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0

16

16

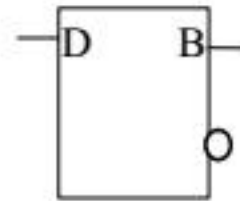
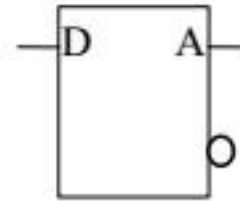
논리회로도를 그리시오.

■  $D_A = AB + BX$

■  $D_B = X$

■  $Z = AB'X$

X ———



—— Z

17

17

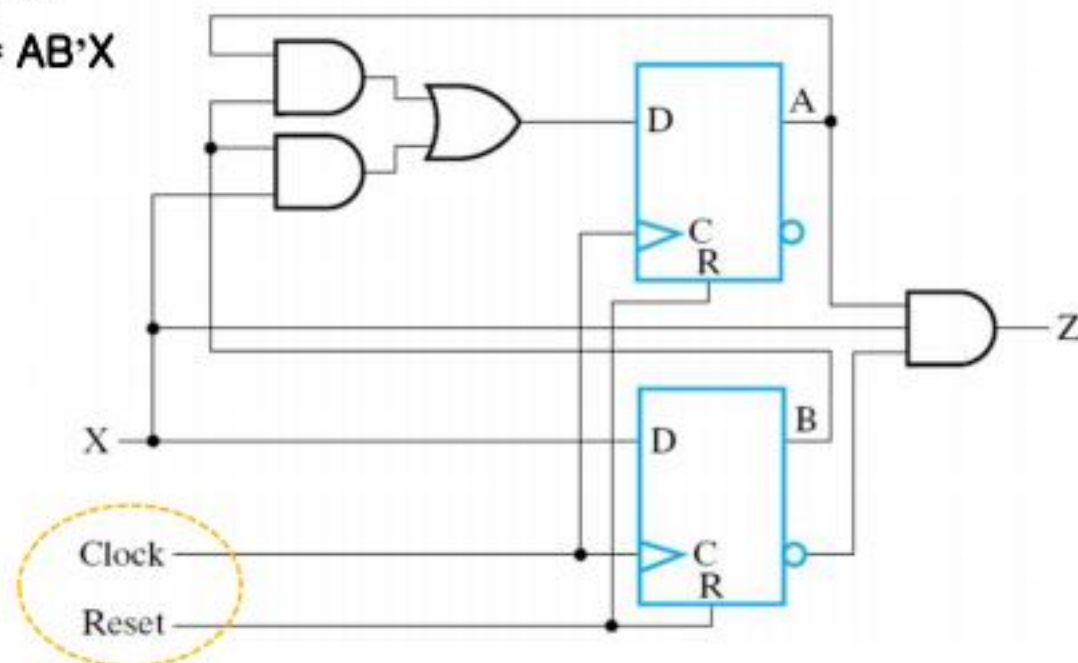
완성된 논리도

p.215

■  $D_A = AB + BX$

■  $D_B = X$

■  $Z = AB'X$



18

18

## 혼자 해보자

### ■ 예) sequence Recognizer

- 기능: 입력 sequence에서 "1011"이 발생할 경우, 1을 출력한다.

입력 시퀀스의 중복 인식을 허용한다.

....001010110001101101100100....

- 상태도

★조건1 : 상태이진비트를 **이진code**로 할당하자.

00 → 01 → 11 → 10

- 상태표

- 플립플롭 입력식

★조건2 : D FF를 사용하여 설계하자.

- 논리회로 다이어그램

19

19

## State Diagram

### ■ 예) "1011" sequence Recognizer

- 기능: 입력 sequence에서 "1011"이 발생할 경우, 1출력(중복인식)

....001010110001101101100100....

★입력 1개, 출력 1개

- 상태도 표현



20

20

## Example) Sequential Circuits Design

- 문제예) 입력 x의 값이 1로 입력될 때마다

11→00→01→10→11→00→01...을 반복하는 회로를 작성하시오.

출력 : 상태가 10→11로 변환할 때만 1을 출력한다.

그외는 0를 출력한다.

단) 초기값은 11으로 둔다.

### 1. 상태도



### 2. 상태표

### 3. 플립플롭입력식

### 4. 논리회로도

21

21

A	B	X	A	B	Y
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	0	0

DA =

DB =

Y

DA:

			B	B
	0	0	1	0
A	1	1	0	1
		X	X	

DB:

			B	B
	0	1	0	1
A	0	1	0	1
		X	X	

22

22









