

실습 6: 순차회로의 이해

■ 실습목표

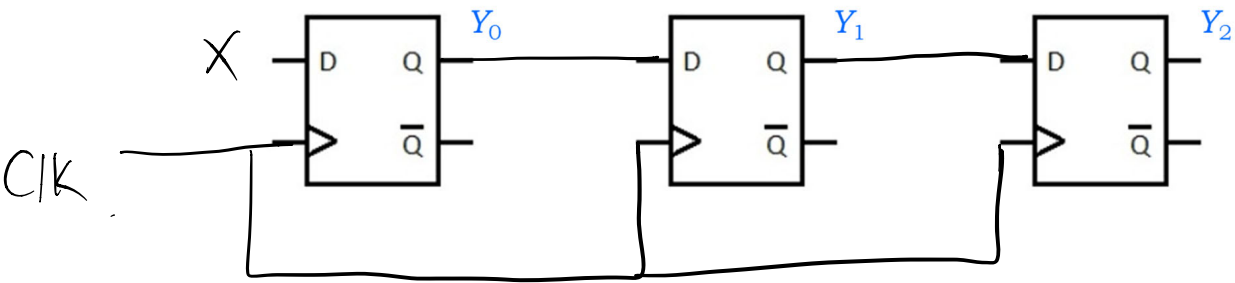
- 직관적인 방법으로 순차회로를 설계한다.
- 순차회로에서의 ‘상태’의 의미를 이해하고 상태와 입력으로부터 출력을 정의할 수 있다.
- Moore model과 Mealy model의 차이를 이해한다.

■ 사전지식

- Shift register: 플립플롭을 직렬로 연결하고 공통의 클럭을 공유하도록 설계한 레지스터로 한번에 한 비트씩 데이터를 이동시킬 수 있음
- Moore machine: 출력을 상태의 함수로 표현하는 방식
- Mealy machine: 출력을 상태와 입력의 함수로 표현하는 방식

■ 예습문제

1. D 플립플롭을 이용하여 3 비트 shift register를 구현하려고 한다. 3개의 D 플립플롭을 연결하여 입력된 3 비트 정보를 순서대로 저장할 수 있도록 shift register를 설계하시오. 이때 입력은 X 이고 출력은 각 플립플롭에 저장된 3 비트, Y_0 , Y_1 , Y_2 이다.

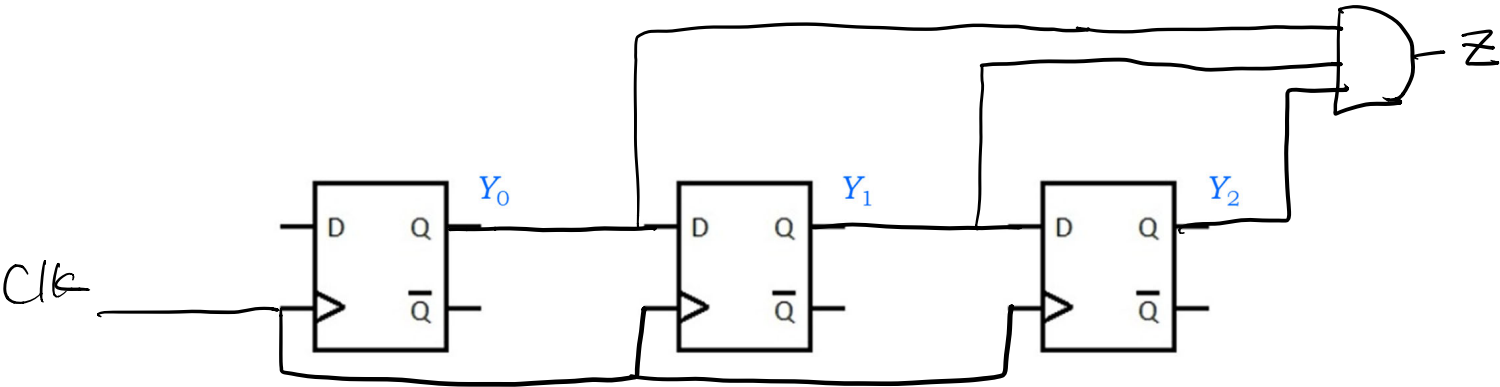


2. 한 비트씩 주어지는 입력이 연속해서 세 개가 모두 1이면 1을, 그렇지 않으면 0을 출력하는 회로가 있다. 아래 입력에 대하여 예상되는 출력을 쓰시오.

0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1
o o o | o o o (| | o o

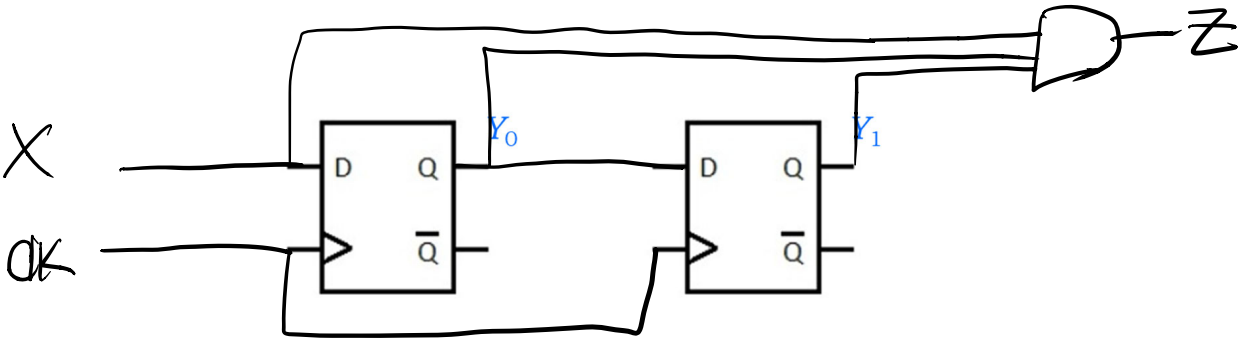
3. 문제 2와 같이 세 비트가 111이면 새로운 출력 Z가 1이 되도록 앞에서의 shift register에 AND 게이트를 추가하여 다시 그리시오.

문제



4. 두 개의 D 플립플롭만으로도 문제 3에서 제시된 기능을 구현할 수 있다. 아래에 보이시오. (힌트) 가장 마지막에 입력된 1을 저장하지 않아도 연속된 3개의 1을 탐지할 수 있다.

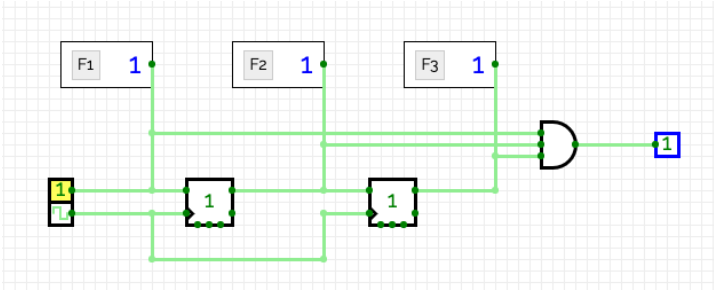
문제



■ 실습과정

1. Mealy model 분석

- ① 예습문제 4 에서의 논리도에서 각 플립플롭이 저장하는 정보에 대하여 설명하시오.
- Y_1 이 저장되는 값은 현재 클럭에서 두 클럭 전 값이고,
 Y_0 이 저장되는 값은 현재 클럭에서 한 클럭 전 값이다.
- ② 주어진 입력에 대하여 출력이 결정되는 시점에 대하여 설명하시오.
- 상승모서리 이후 X의 값이 결정되었을 때 클럭이 결정된다.
- ③ 예습문제 4 에서의 논리도를 CircuitVerse 로 구현하고 111 을 탐지할 수 있음을 보이시오.



④ 예습문제 4 에서의 논리도를 분석하려고 한다. 다음상태방정식과 출력방정식을 작성하시오.

다음 상태방정식: $Y_0^+ = X$
 $Y_1^+ = Y_0$
 $Z = XY_0Y_1$

⑤ 다음상태표를 작성하시오.

$Y_0Y_1 \backslash X$	0	1
00	0	1
01	0	1
11	0	1
10	0	1

$Y_0^+ = X$

$Y_0Y_1 \backslash X$	0	1
00	0	0
01	0	0
11	1	1
10	1	1

$Y_1^+ = Y_0$

$Y_0Y_1 \backslash Z$	0	1
00	0	0
01	0	0
11	0	1
10	0	0

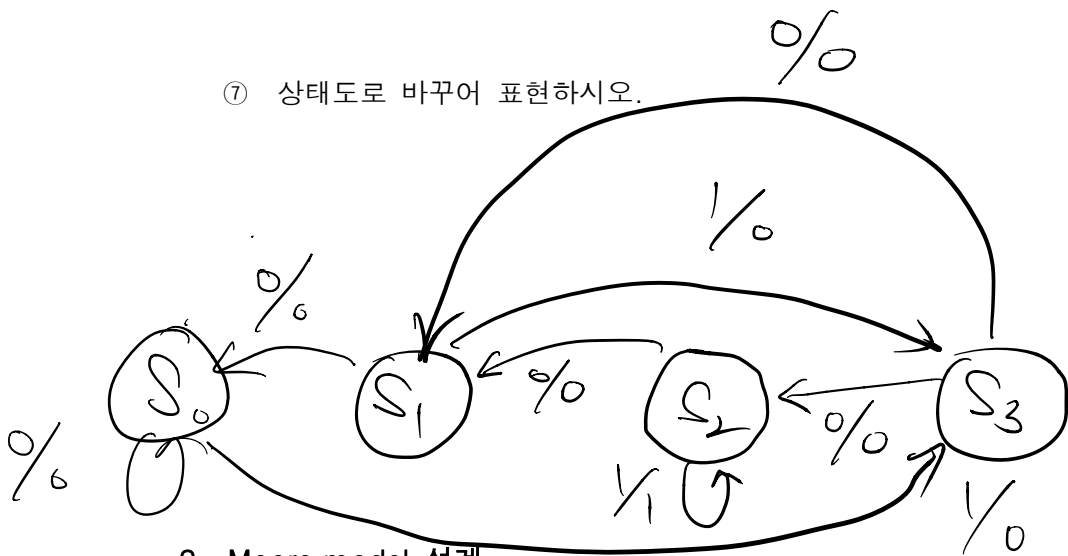
$Z = XY_0Y_1$

⑥ 슬라이드 13-18 과 같이 두 가지 버전의 전이표를 작성하시오. 상태 표시를 위한 기호는 슬라이드와 같이 문자 S와 일련번호를 조합하기로 한다.

Y_0Y_1	$Y_0^+ \ Y_1^+$		Z	
	$X=0$	$X=1$	0	1
00	00	10	0	0
01	00	10	0	0
11	01	11	0	1
10	01	11	0	0

Present state	Next state		Present output		
	$X=0$	$X=1$	X	0	1
S_0	S_0	S_3	0	0	
S_1	S_0	S_3	0	0	
S_2	S_1	S_2	0	1	
S_3	S_1	S_2	0	0	

⑦ 상태로 바꾸어 표현하시오.



2. Moore model 설계

① 예습문제 3 에서의 논리도에서 각 플립플롭이 저장하는 정보에 대하여 설명하시오.

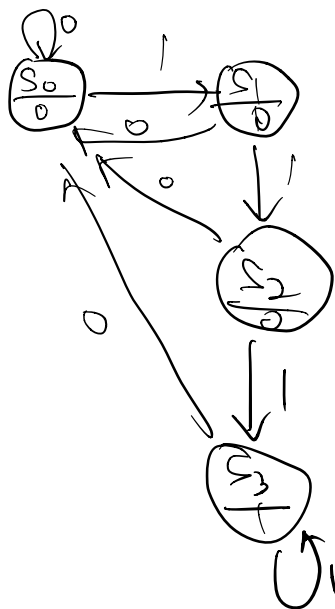
Y_2 는 세 클럭 이전의 입력값, Y_1 는 두 클럭 이전의
입력값, Y_0 는 한 클럭 이전의 입력값

② 주어진 입력에 대하여 출력이 결정되는 시점에 대하여 설명하시오.

상승 모서리를 지나면 값이 출력된다

③ 2 개의 플립플롭만 사용하여 예습문제 3 과 동일한 기능을 구현하려고 한다.

우선 상태로 표현하되, Moore model 임에 주의하시오.



④ 앞에서의 상태도를 상태표로 바꾸어 표현하시오.

Present state	Next state		Present output
	X=0	X=1	
S ₀	S ₀	S ₁	0
S ₁	S ₀	S ₂	0
S ₂	S ₀	S ₃	0
S ₃	S ₀	S ₃	1

⑤ 슬라이드 14-7 에서와 같이 상태를 적절한 이진수 조합으로 바꿔서 표현해야 다음 단계로 진행할 수 있다. 편의상 상태가 도출되는 순서대로 이진수를 부여하고 ④에서의 상태표를 다시 작성하시오.

Present state	Next state		Present output
	X=0	X=1	
00	00	01	0
01	00	10	0
11	00	11	1
10	00	11	0

⑥ 다음상태방정식과 출력방정식을 유도하시오.

AB \ X	0	1
00	0	0
01	0	1
11	0	1
10	0	1

$$A^+ = XA + XB$$
$$= X(A+B)$$

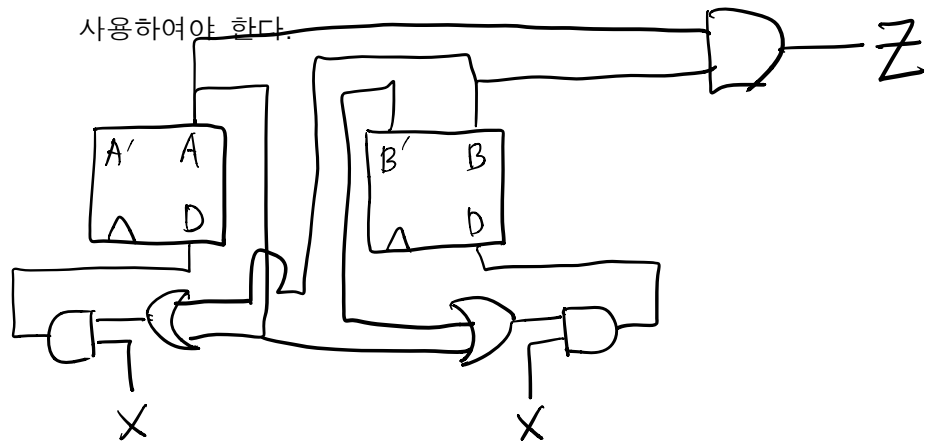
AB \ X	0	1
00	0	1
01	0	0
11	0	1
10	0	1

$$B^+ = XB' + XA$$
$$= X(A+B')$$

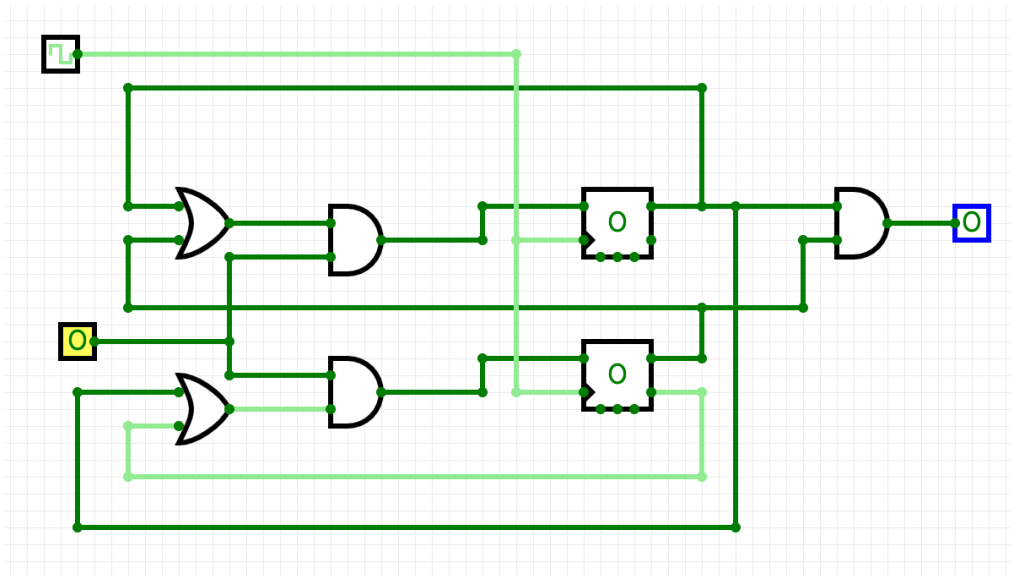
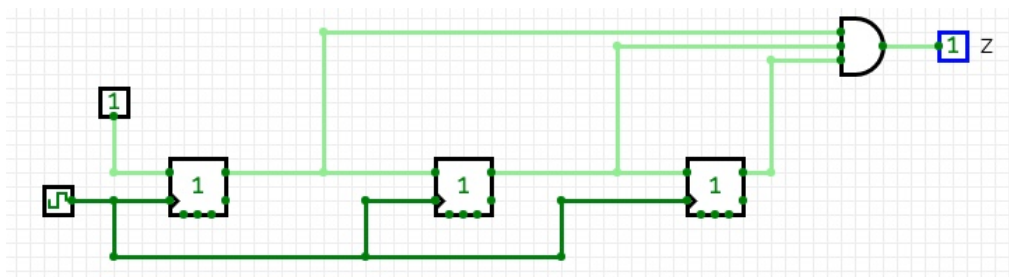
AB \ X	0	1
00	0	0
01	0	0
11	1	1
10	0	0

$$Z = AB$$

⑦ 논리도로 바꿔서 도시하시오. ③에서 의도한 것처럼 2 개의 플립플롭을 사용하여야 한다.



⑧ 예습문제 3에서의 논리도와 ⑦번에서의 논리도를 모두 CircuitVerse로 구현하고 111을 탐지할 수 있음을 보이시오.



■ 정리 및 심화

1. Moore model과 Mealy model 비교

- ① 실습과정 1 에서의 회로와 실습과정 2 에서의 회로에 대하여, 출력이 결정되는 시점을 기준으로 비교하시오.

실습 1 (멀리 머신)에서의 회로는 상승모서리 이후 X의 값이 결정되는 시점에서 출력이 결정된다.
실습 2에서의 회로는 상승모서리 이후 출력이 결정된다.

- ② 상태표에서의 출력 부분을 기준으로 비교하시오.

실습 1에서의 회로는 입력값이 출력값에 직접적으로 영향을 주지만,
실습 2에서의 회로는 입력값이 출력값에 직접적으로 영향을 주지 않는다.

- ③ 출력에 영향을 미치는 요인에 대하여 비교하시오. (힌트) 일반적으로 순차회로의 출력은 상태와 입력의 함수이다.

실습 1에서의 회로는 상태와 입력이 출력에 영향을 주고,
실습 2에서의 회로는 상태만이 출력에 영향을 끼친다.

2. 축소된 상태도

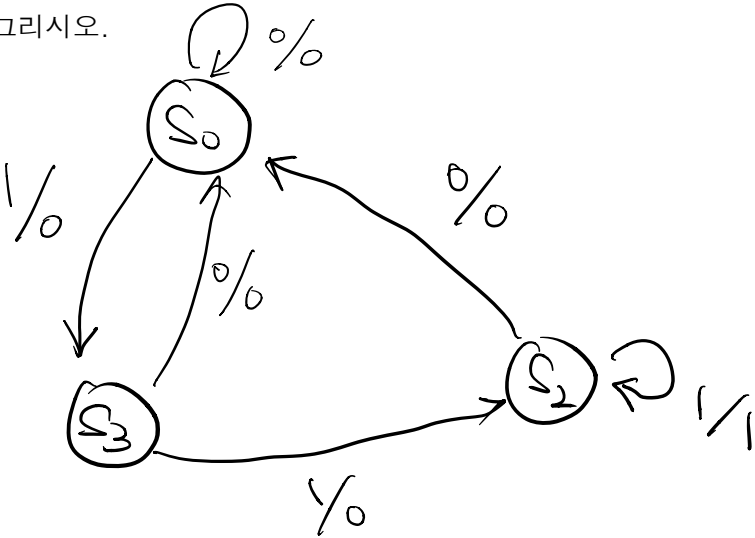
- ① 실습과정 1 에서의 상태도에는 불필요한 상태가 포함되어 있다. 정확하게 표현하면, 서로 동일한 상태가 중복되어 있다. 서로 상태가 다르더라도 각 상태 이후에 예상되는 출력이 같으면, 그 두 상태는 동일하다고 볼 수 있다. Mealy model 의 경우 두 상태에 대하여 모든 입력에 대하여 출력이 같고, 다음 상태도 같다면, 두 상태 이후의 출력이 반드시 같게 된다. 동일한 상태를 선택하고 앞에서의 설명을 인용하여 이유를 설명하시오.

S_0 와 S_1
 S_0, S_1 의 모든 입력에 대해 다음 상태와 그 이후의 출력이 같으므로 두 상태는 동일하다.

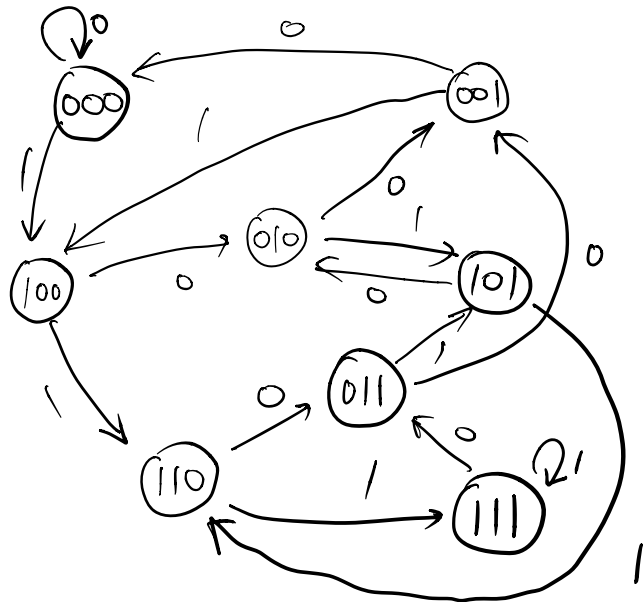
- ② 각 상태가 기억하는 정보를 기준으로 ①에서의 두 상태가 동일한 이유를 다시 설명하시오. (힌트) 연속된 1의 값을 탐지하려면 0 이전에 입력된 1에 대해서는 기억할 필요가 없다. 즉, 순서대로 0, 0이 입력된 경우와 1, 0이 입력된 경우는 기억할 1이 없다는 점에서 동일한 조건에 해당된다.

S_0 와 S_1 모두 0부터 시작되는 상태입니다.
1을 입력받거나 0을 입력받으면 S_1 이 됩니다.
이는 기억할 1이 없다는 점에서 S_0 와 S_1 이 동일합니다.

- ③ 위에서 불필요한 상태를 제거하고 상태의 개수를 축소해서 다시 상태도를 그리시오.



- ④ 예습문제 3 에서의 논리도에서는 2^3 개의 상태가 존재한다. 세 개의 flip-flop 에 저장된 값들을 이진수로 옮기면 000, 001, ..., 111 과 같이 되므로, 각 상태의 이름을 순서대로 S_0, S_1, \dots, S_7 으로 바꾸어 표현하기로 한다. 8 개의 상태간의 전이를 포함하여 상태도를 도시하시오.



- ⑤ 위에서의 상태도와 실습과정 2 에서의 상태도가 동일함을 설명하시오.

Present State	Next State		Z
	X=0	X=1	
S_0	S_0	S_4	0
S_4	S_0	S_6	0
S_6	S_0	S_7	0
S_7	S_0	S_7	1

Present State	Next State		Z
	X=0	X=1	
S_0	S_0	S_1	0
S_1	S_0	S_2	0
S_2	S_0	S_3	0
S_3	S_0	S_3	1

두의 상태도가 동등하므로 동등하다고.