

# 실습 5: 카운터

## ■ 실습목표

- 카운터를 활용하여, 동기 회로와 비동기 회로의 차이점을 이해한다.
- 직관적인 방법으로 순차회로를 설계한다.

## ■ 사전지식: 3 비트 동기 카운터

- 다음상태표 (next state table)

Present State			Next State		
$C$	$B$	$A$	$C^+$	$B^+$	$A^+$
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0

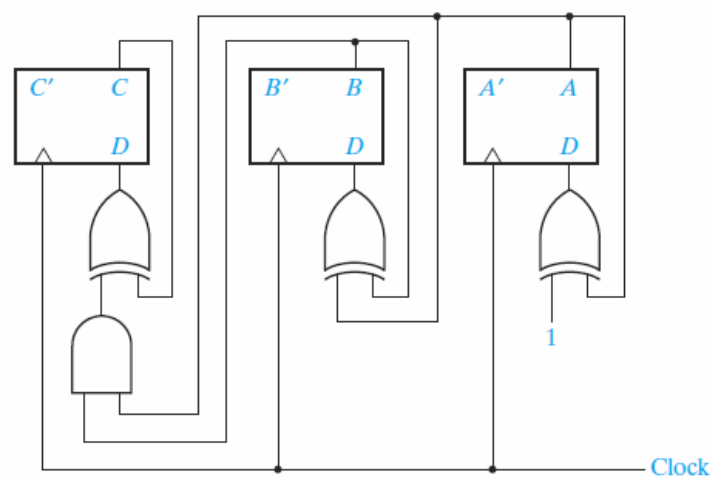
- 다음상태 방정식 (next state equation)

$$D_A = A^+ = A'$$

$$D_B = B^+ = BA' + B'A = B \oplus A$$

$$D_C = C^+ = C'BA + CB' + CA' = C'BA + C(BA)' = C \oplus BA$$

- 논리도



## ■ 예습문제

1. 사전지식의 3 비트 동기카운터의 상태가 각각  $A$ ,  $B$ ,  $C$ 이고, 다음 상태는 각각  $A^+$ ,  $B^+$ ,  $C^+$ 이다. 다음 물음에 답하시오.

- ① 다음 클럭에서 현재 상태  $A$ 가 변경되는 조건을 현재 상태  $A$ ,  $B$ ,  $C$ 의 함수로 표현하시오.

$$f = C'B'A' + C'B'A + C'BA' + C'BA + CB'A' + CB'A + CBA' + CBA$$

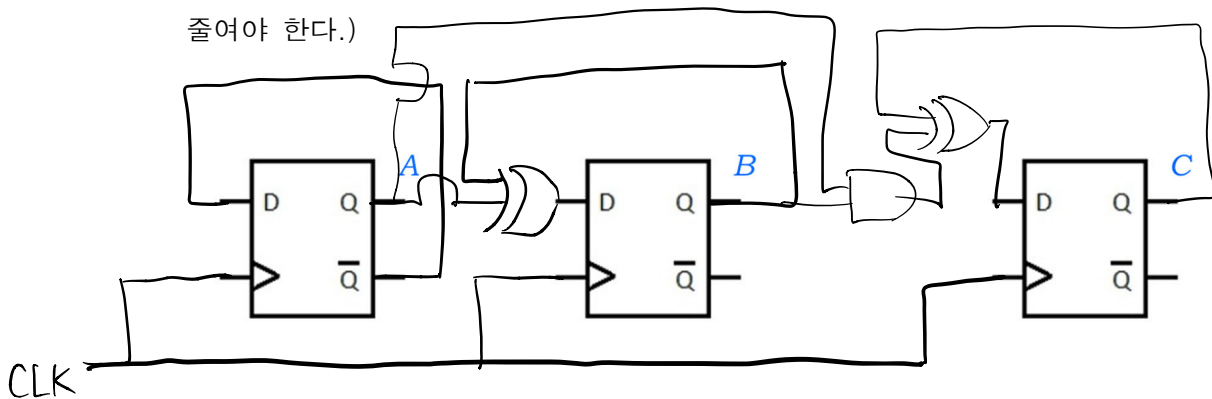
- ② 다음 클럭에서 현재 상태  $B$ 가 변경되는 조건을 현재 상태  $A$ ,  $B$ ,  $C$ 의 함수로 표현하시오.

$$f = BA'(C+C') + B'A(C+C')$$

- ③ 다음 클럭에서 현재 상태  $C$ 가 변경되는 조건을 현재 상태  $A$ ,  $B$ ,  $C$ 의 함수로 표현하시오.

$$f = C \oplus BA$$

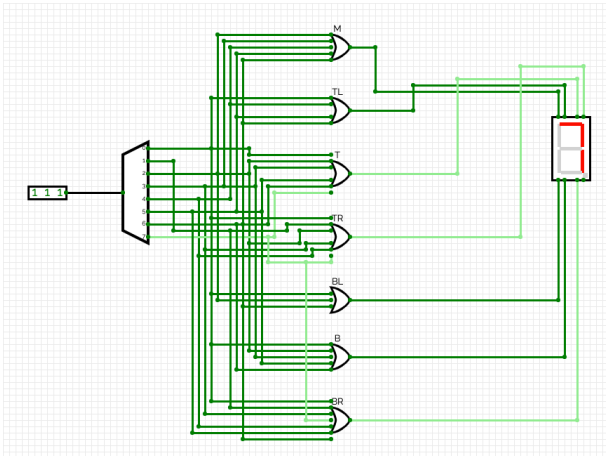
2. 사전지식의 3 비트 동기카운터를 아래에 옮겨서 다시 그리시오. 상태  $A$ ,  $B$ ,  $C$ 의 위치가 사전지식에 제시된 것과 반대임에 주의하시오. (단 XOR 게이트의 수를 2개로 줄여야 한다.)



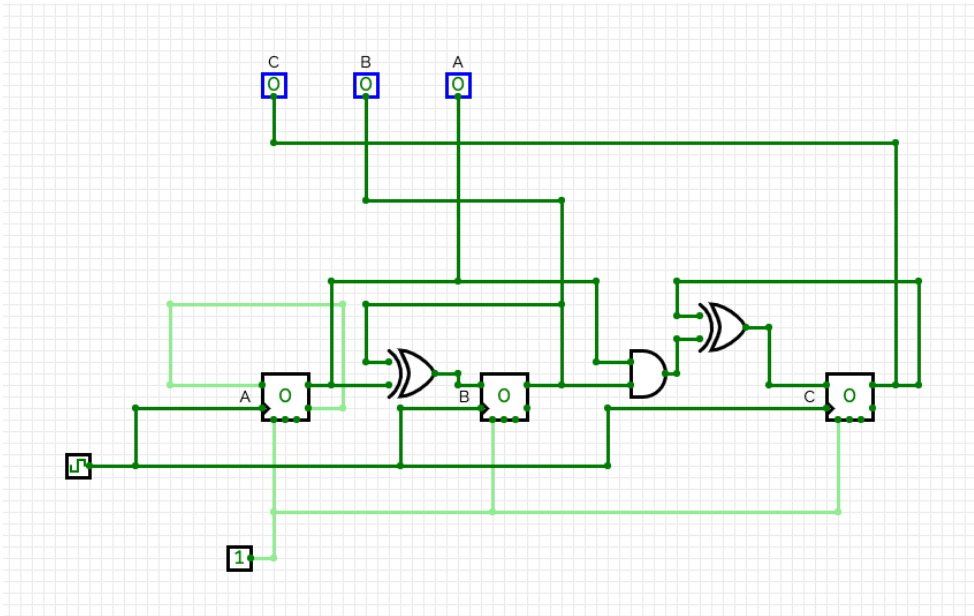
■ 실습과정

1. 동기 카운터 구현

- ① CircuitVerse 에서 Seven Segment Display 를 출력장치로 사용하면 3 비트 이진수를 십진수로 바꿔서 0 부터 7 까지의 수로 표시할 수 있다. 3 비트 이진수를 십진수로 표시하는 회로를 구현하고 시험하시오.



- ② 예습문제 2 번에서의 3 비트 카운터를 CircuitVerse 로 구현하고 올바르게 동작함을 보이시오.



## 2. 비동기 카운터 구현

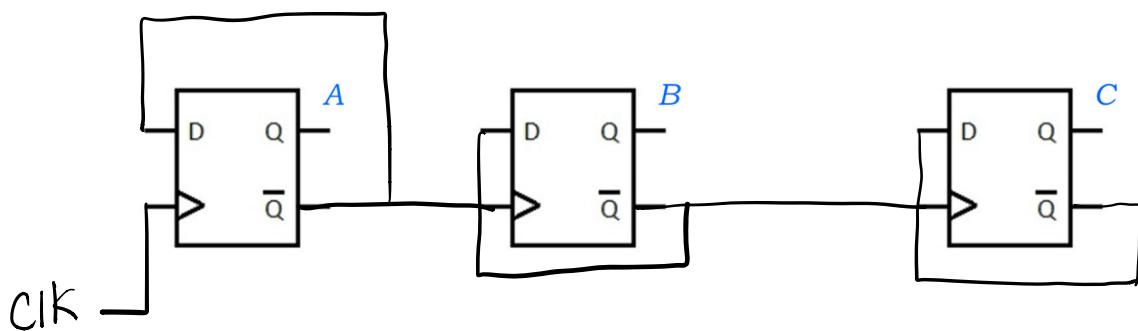
- ① 카운터를 구성하는 세 개의 플립플롭에 공통 클럭을 인가하는 대신, 상태  $A$  를 저장하는 플립플롭에만 공통 클럭을 연결하기로 하자. 상태  $B$  를 저장하는 플립플롭이 상태를 변경하는 조건을 상태  $A, B, C$  의 전이로 설명하시오.

$B$  는  $A$  의 값이 1에서 0으로 바뀔때 바뀐다. 그러므로 클럭이 상승모서리에서  $B$  의 값이 1에서 0으로 바뀔때,  $Q$  를 클럭의 값으로 입력해준다.

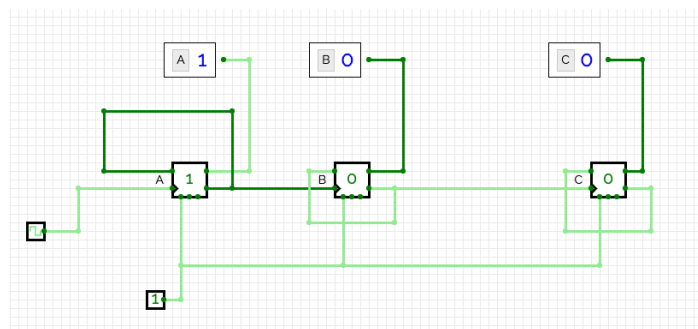
- ② 상태  $C$  를 저장하는 플립플롭이 상태를 변경하는 조건을 상태  $A, B, C$  의 전이로 설명하시오.

$C$  는  $A$  와  $B$  가 모두 1에서 0으로 바뀔때 바뀐다.  $B$  는  $A$  의 값이 1에서 0으로 바뀔때 바뀐다. 그러므로  $B$  의 값이 1에서 0으로 바뀔때  $A$  의 값도 바뀔때를 내포한다. 클럭이 상승모서리와 같은 효과를 위해  $B'$  을  $C$  를 나타내는 D-flipflop의 클럭의 값으로 입력해준다.

- ③ ①과 ②에서의 설명을 바탕으로 다른 게이트를 전혀 사용하지 않고 카운터 기능을 수행하도록 아래 논리도를 완성하시오. (힌트) 플립플롭의 클럭에 신호  $X$  를 연결하면 신호  $X$  의 값이 0에서 1로 전이할 때  $D$  입력을 저장한다.



- ④ CircuitVerse 로 실습과정 1 에서와 같은 방법으로 위의 3 비트 카운터를 구현하고 올바르게 동작함을 보이시오.



## ■ 정리

- 실습과정 1에서 제시된 동기식 Up 카운터를 참조해서, 동기식 Down 카운터를 설계하려고 한다. (슬라이드 자료와 이론 강의를 참조하시오.)

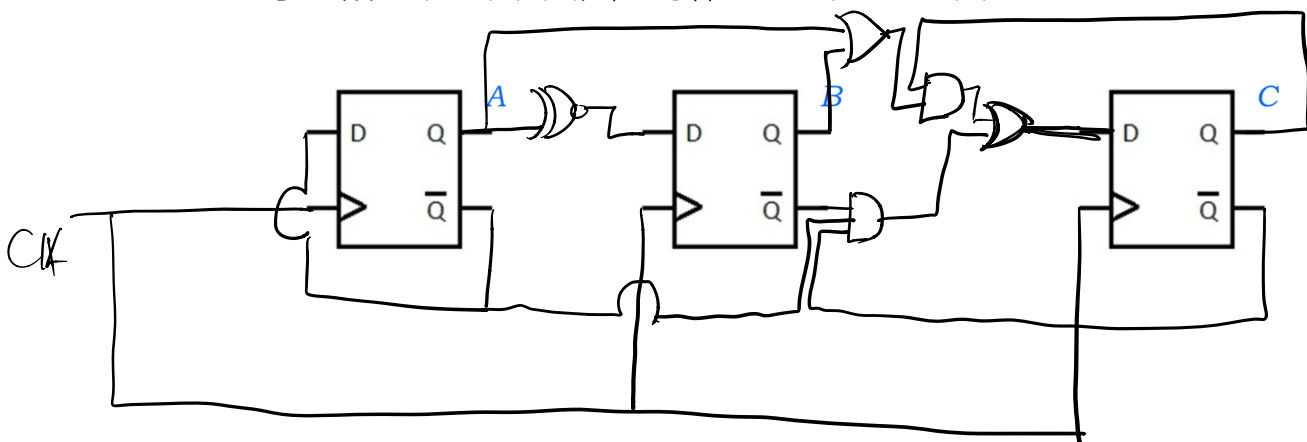
① 아래 다음상태표를 채우시오.

Present State			Next State		
C	B	A	C <sup>+</sup>	B <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>
0	0	0	/	/	/
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	0	1	/
1	0	1	/	0	0
1	1	0	/	0	/
1	1	1	/	/	0

② 다음상태 방정식을 유도하시오. 필요하다면 카르노맵을 활용할 수도 있다.

$$\begin{aligned}
 D_A &= A^+ = A' \\
 D_B &= B^+ = A'B' + AB \\
 D_C &= C^+ = A'B'C' + BC + AC
 \end{aligned}$$

③ 예습문제 2에서와 유사한 방법으로 논리도를 보이시오.

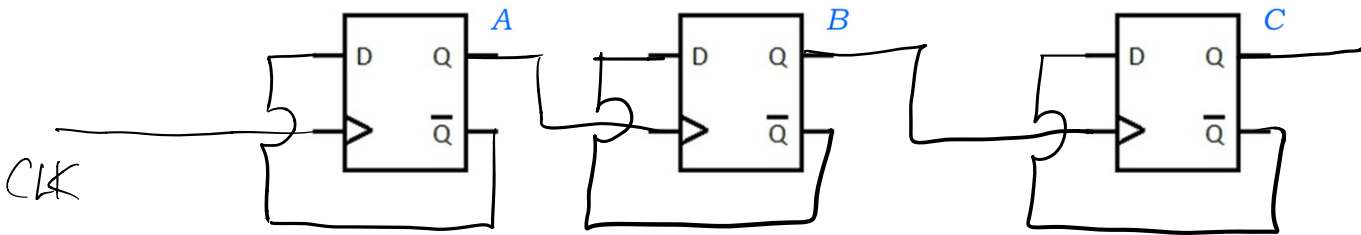


2. 실습과정 2에서 제시된 비동기식 Up 카운터를 참조해서, 비동기식 Down 카운터를 설계하려고 한다.

- ① 상태  $B$ 를 저장하는 플립플롭이 상태를 변경하는 조건을 상태  $A, B, C$ 의 전이로 설명하시오. 그리고 상태  $C$ 에 대해서도 반복하시오.

$B$ 는  $A$ 가 0에서 1로 변화할 때, 값이 바뀐다.  
 그러므로  $CLK$ 의 상승로직처럼  $B$ 의  $CLK$ 값으로  $A$ 를 동기화시킨다.  
 $C$ 는  $A$ 와  $B$ 가 모두 1에서 0로 변화할 때 값이 바뀐다.  
 $B$ 는  $A$ 의 값이 0에서 1로 바뀔때에만 변화하므로  
 $C$ 를 동기화하는 플립플롭의  $CLK$ 이  $B$ 의 값은 동기화시킨다

- ② ①에서의 설명을 바탕으로 다른 게이트를 전혀 사용하지 않고 카운터 기능을 수행하도록 아래 논리도를 완성하시오.



3. 동기식 Modulo-6 카운터를 설계하려고 한다. Modulo-6 카운터는 0, 1, 2, 3, 4, 5를 반복하고, 다시 0으로 돌아간다. 다음 물음에 답하시오.

① 아래 다음상태표를 채우시오. Don't care 조건이 있음에 주의하시오.

Present State			Next State		
C	B	A	C <sup>+</sup>	B <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	0
1	1	0	X	X	X
1	1	1	X	X	X

② 다음상태 방정식을 유도하시오. 필요하다면 카르노맵을 활용할 수도 있다.

$A^+$

CB \ A	0	1
00	1	0
01	1	0
11	X	X
10	1	0

$B^+$

CB \ A	0	1
00	0	1
01	1	0
11	X	X
10	0	0

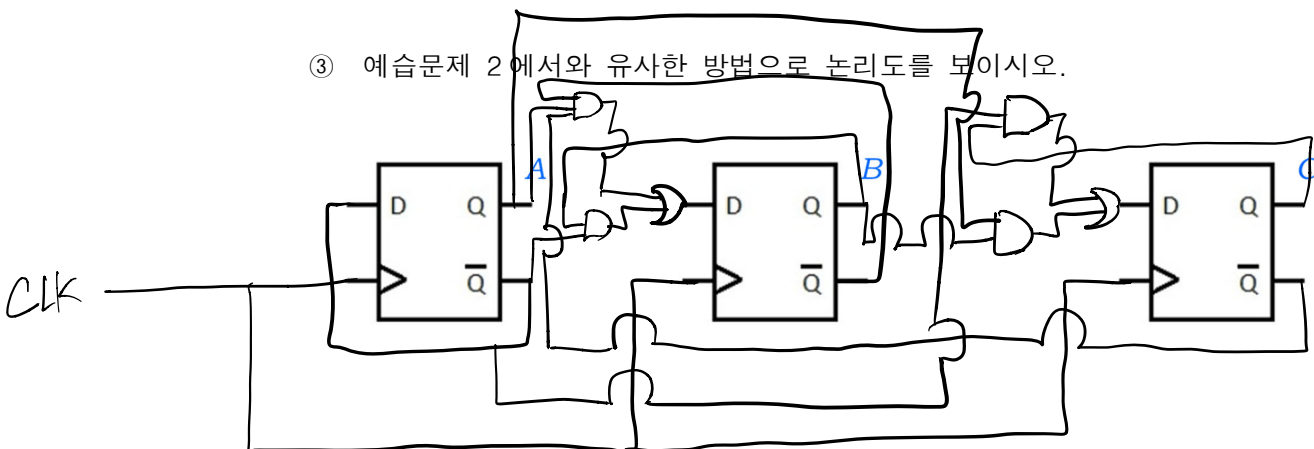
$$D_A = A^+ = A'$$

$$D_B = B^+ = A'B + AB'C'$$

$$D_C = C^+ = A'C + AB$$

CB \ A	0	1
00	0	0
01	0	1
11	X	X
10	1	0

③ 예습문제 2에서와 유사한 방법으로 논리도를 보이시오.



- ④ 위에서의 논리도에 RESET 기능을 추가하려고 한다. RESET 신호가 1 이면 다음 상승모서리에서 0 으로 초기화되고, RESET 신호가 0 이면 정상적으로 증가한다. 위에서의 논리도를 고쳐서 다시 그리시오.

