

12. Counter

7조

20191649 정준서

20201961 ATAR DOGUKAN

20221590 이다영

목차

1. 순차 논리 회로 분석과 설계
2. 동기식 카운터와 비동기식 카운터
3. 2 진 Counter
4. Decade Counter 설명
5. 비동기식 Decade Counter
6. 동기식 Decade Counter
7. 동기식 2421 Decade Counter

순차 논리 회로

조합 논리 회로 : 입력 값에 따라 출력 값이 결정되는 논리 회로

순차 논리 회로

: 입력 값과 현재 상태에 의해 출력 값이 결정되는 논리 회로

상태(state) : 기억 회로에 저장되어 있는 2진 정보

Ex. Counter, Flip-Flop, Register

순차 회로 분석 절차

[단계 1] 회로 입력과 출력에 대한 변수 명칭 부여

[단계 2] 조합논리회로가 있으면 조합논리회로의 부울대수식 유도

[단계 3] 플립플롭의 다음 상태 값과 출력을 구하여 상태 방적식 유도

[단계 4] 상태표를 이용하여 상태도 작성

[단계 5] 상태표와 상태도를 분석하여 회로의 동작 설명

[단계 1]

위쪽 플립플롭 : **FA**

아래쪽 플립플롭 : **FB**

입력변수 : **x**

출력변수 : **y**

FA 플립플롭의 출력 : **A**

FB 플립플롭의 출력 : **B**

FA 플립플롭의 입력 : **JA, KA**

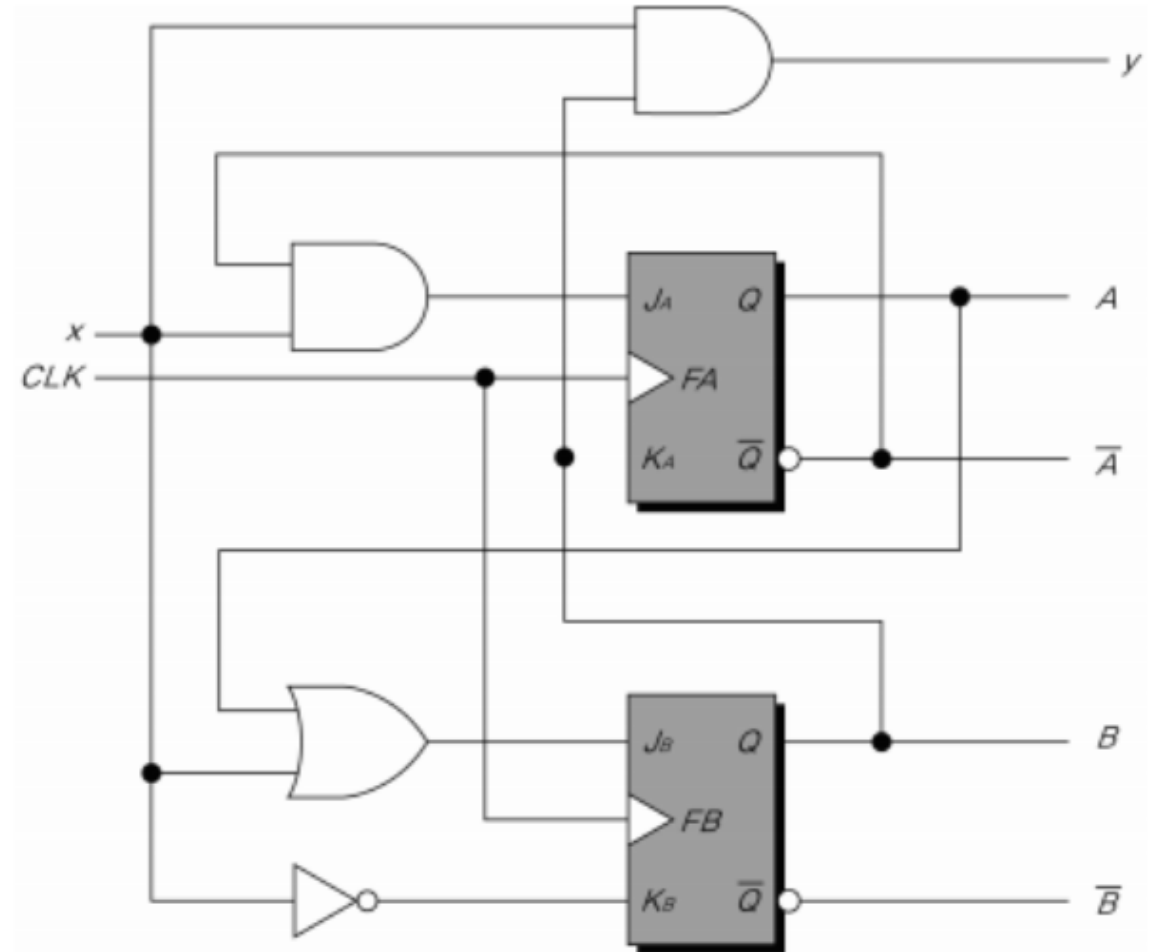
FB 플립플롭의 입력 : **JB, KB**

[단계 2]

FA 플립플롭의 입력 : **JA = $\sim Ax$, KA = B**

FB 플립플롭의 입력 : **JB = $A+x$, KB = $\sim x$**

출력 : **y = Bx**



[단계 3]

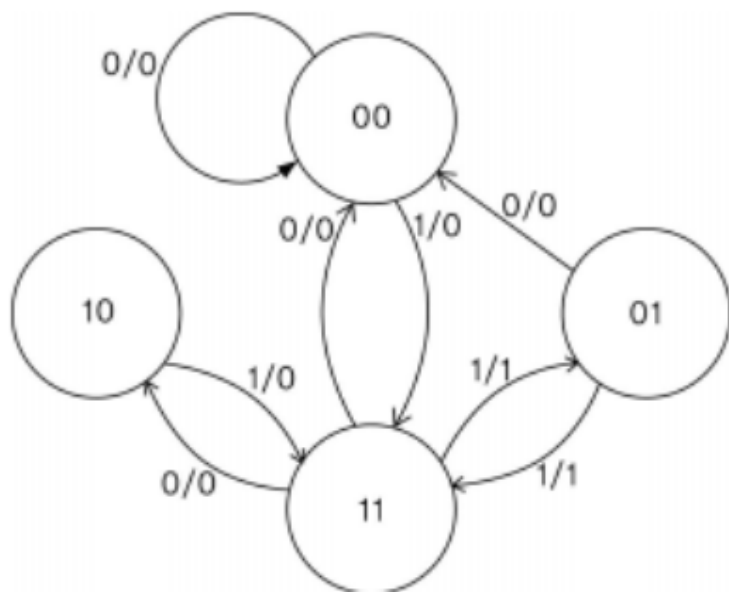
- $x=0, A=0, B=0$ 이면 $FA=0, FB=0, y=0$ 이 된다.
- $x=0, A=0, B=1$ 이면 $FA=0, FB=0, y=0$ 이 된다.
- $x=0, A=1, B=0$ 이면 $FA=1, FB=1, y=0$ 이 된다.
- $x=0, A=1, B=1$ 이면 $FA=0, FB=0, y=0$ 이 된다.
- $x=1, A=0, B=0$ 이면 $FA=1, FB=1, y=0$ 이 된다.
- $x=1, A=0, B=1$ 이면 $FA=1, FB=1, y=1$ 이 된다.
- $x=1, A=1, B=0$ 이면 $FA=1, FB=1, y=0$ 이 된다.
- $x=1, A=1, B=1$ 이면 $FA=0, FB=1, y=1$ 이 된다.

$$A(t+1) = \overline{B}A + \overline{A}x\overline{A} = \overline{B}A + x\overline{A}$$

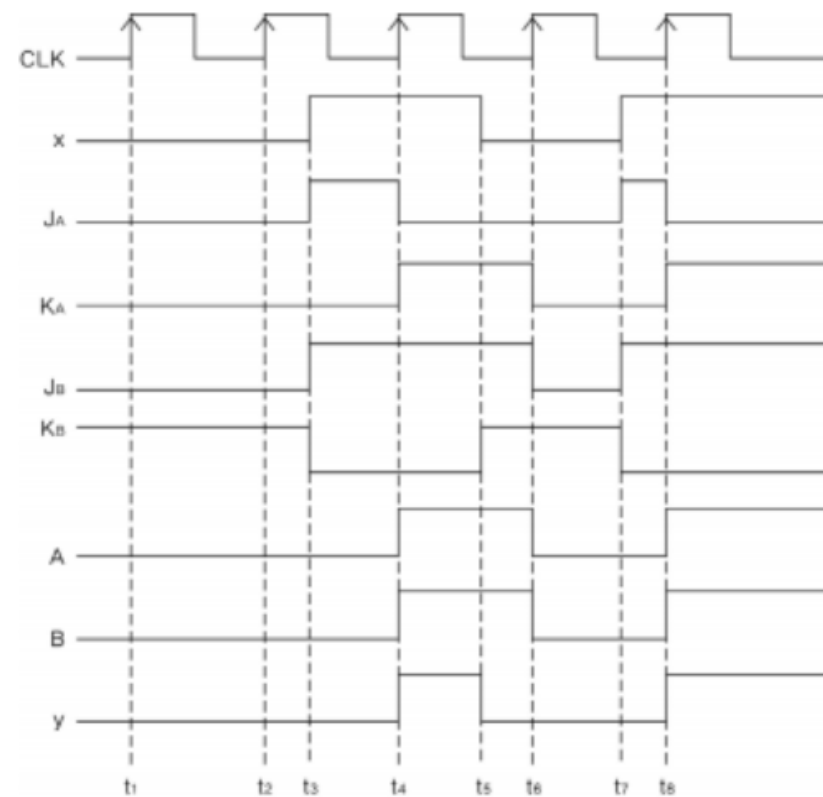
$$B(t+1) = \overline{x}B + (A+x)\overline{B} = \overline{x}B + A\overline{B} + x\overline{B} = x \oplus B + A\overline{B}$$

[단계 4]

현재상태		다음 상태				출력	
		$x=0$		$x=1$		$x=0$	$x=1$
A	B	A	B	A	B	y	y
0	0	0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	1	1	0	1
1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1	0	1



[단계 5]

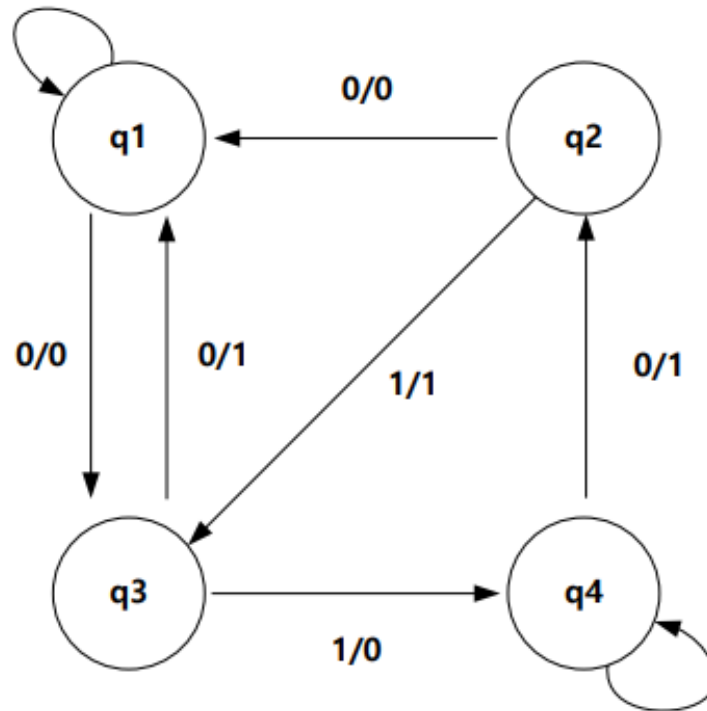


상태도(state diagram) :

순차 논리회로에 클럭 펄스가 입력될 때마다 상태가 바뀌는 내용을 이해하기 쉽도록 그림 형태로 나타낸 것

-원은 내부에 2진수 순차 논리회로의 상태를 표시

-화살표는 각 상태의 변화를 표시



순차 회로 설계 절차

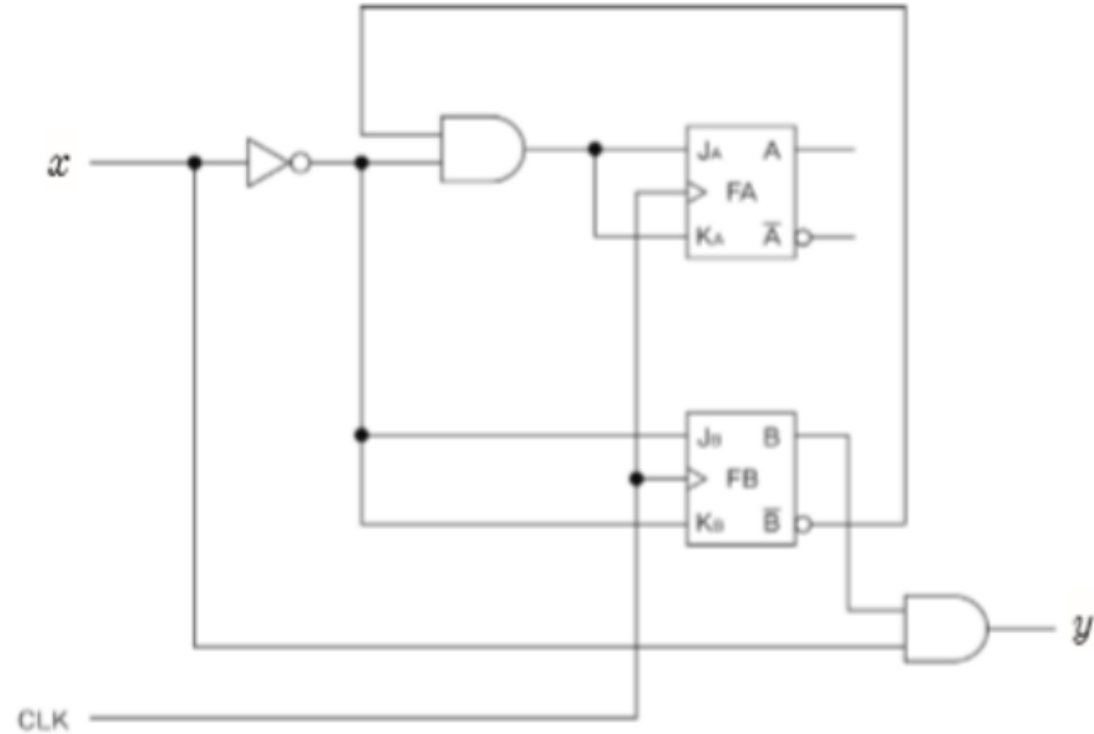
1. 회로의 동작에 관하여 구문 설명을 상세히 분석 후 상태도와 상태표를 구한다.
2. 상태표를 최소화한다.
3. 사용하려는 플립-플롭의 종류를 결정하고 각각 상태에 binary값을 지정하여 준다.
4. 플립-플롭의 입력 여기표와 출력 함수를 구한다.
5. 회로를 구성한다.
6. 실험하여 위의 1의 구문 설명에 맞게 작동하는지 확인한다.

입력	현재 상태		다음 상태		플립플롭 입력				출력
x	A	B	A	B	J_A	K_A	J_B	K_B	y
0	0	0	1	1	1	X	1	X	0
0	0	1	0	0	0	X	X	1	0
0	1	0	0	1	X	1	1	X	0
0	1	1	1	0	X	0	X	1	0
1	0	0	0	0	0	X	0	X	0
1	0	1	0	1	0	X	X	0	1
1	1	0	1	0	X	0	0	X	0
1	1	1	1	1	X	0	X	0	1

<JK 플립플롭을 이용한 순차 논리회로의 여기표>

$$\begin{aligned}
 J_A &= (\sim B)(\sim x), & K_A &= (\sim B)(\sim x) \\
 J_B &= \sim x, & K_B &= \sim x \\
 Y &= Bx
 \end{aligned}$$

<JK 플립플롭의 입력 함수와 순차 논리회로의 출력>



<JK 플립플롭을 이용한 순차 논리회로>

카운터 Counter

카운터(counter) :

클럭 펄스가 입력될 때마다 플립-플롭의 상태가 변화하는 순차 논리 회로

비동기식 카운터(asynchronous counter) :

첫번째 플립-플롭에만 클럭 펄스가 인가되고, 다른 플립-플롭은 자신의 플립-플롭의 클럭 펄스를 이전 플립-플롭의 출력으로 하는 카운터

동기식 카운터(synchronous counter) :

모든 플립-플롭에 동시에 클럭 펄스가 인가되는 특성을 가지는 카운터

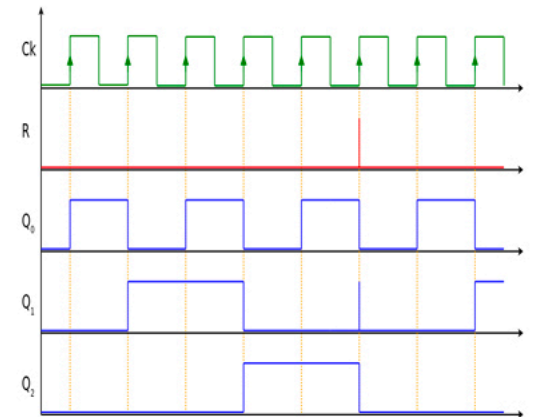
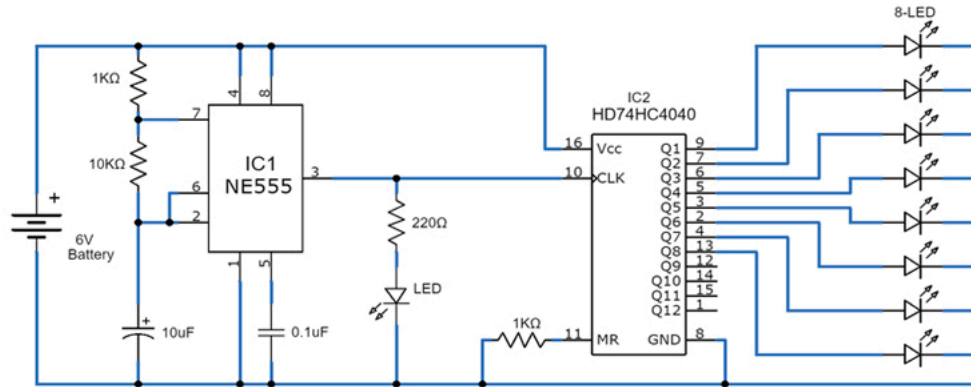
2진 Counter

Binary Counter

that counts in binary digits (bits)

- * One flip-flop in the counter represents one bit

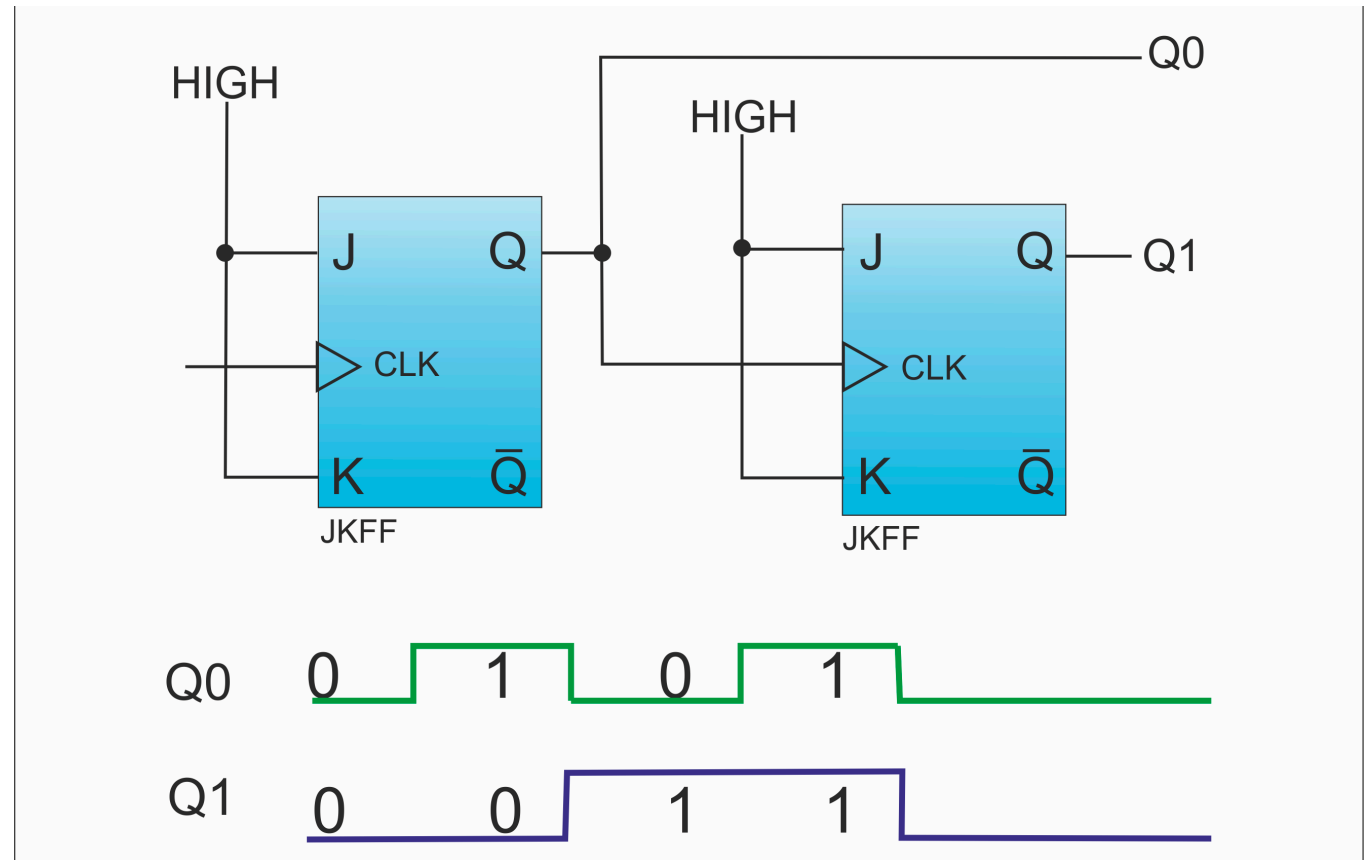
- * The combination of flip-flops determines the count.



2진 Counter

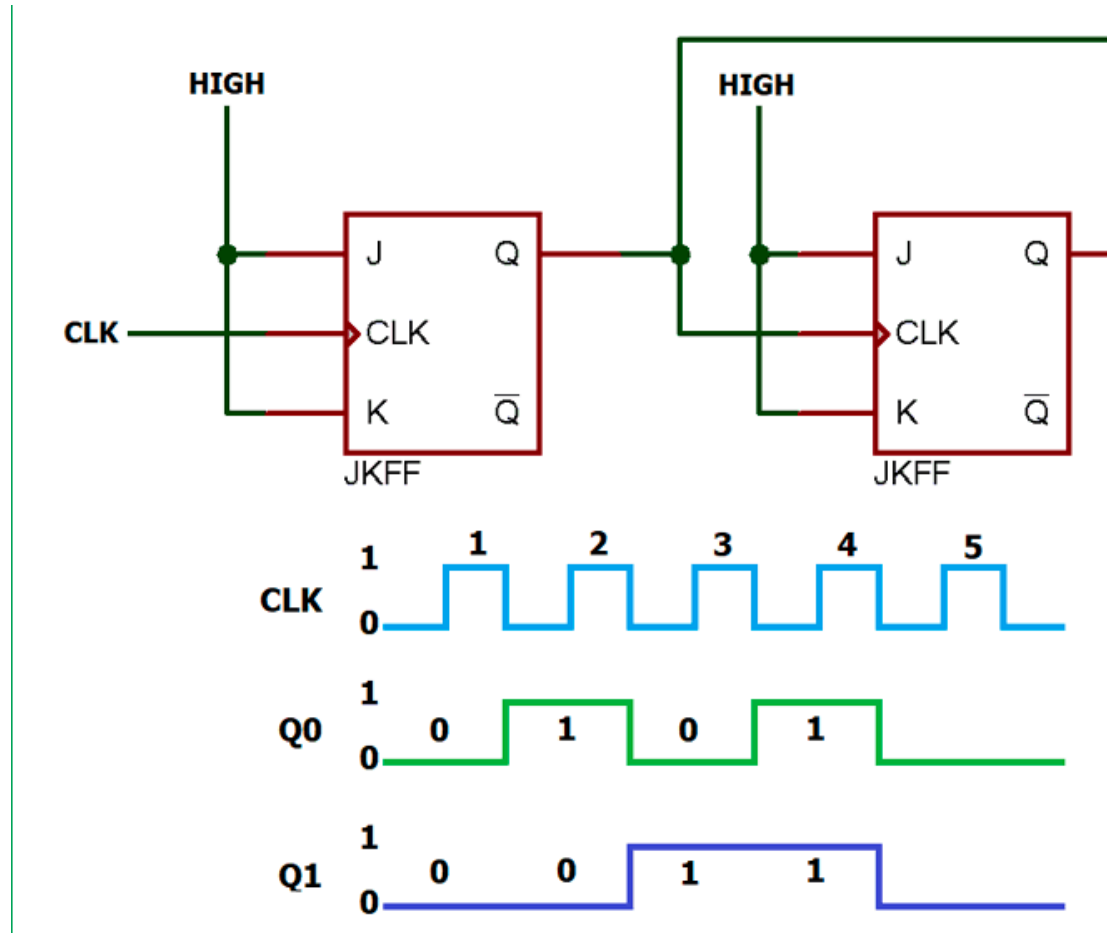
* A 2-bit binary counter consists of two flip-flops, each representing one bit Q0 & Q1

* With 2 bits, the counter can represent values from 0 to 3 in binary (00, 01, 10, 11)



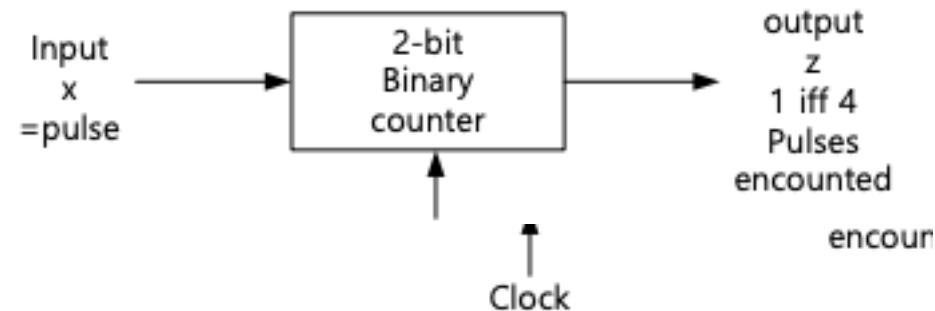
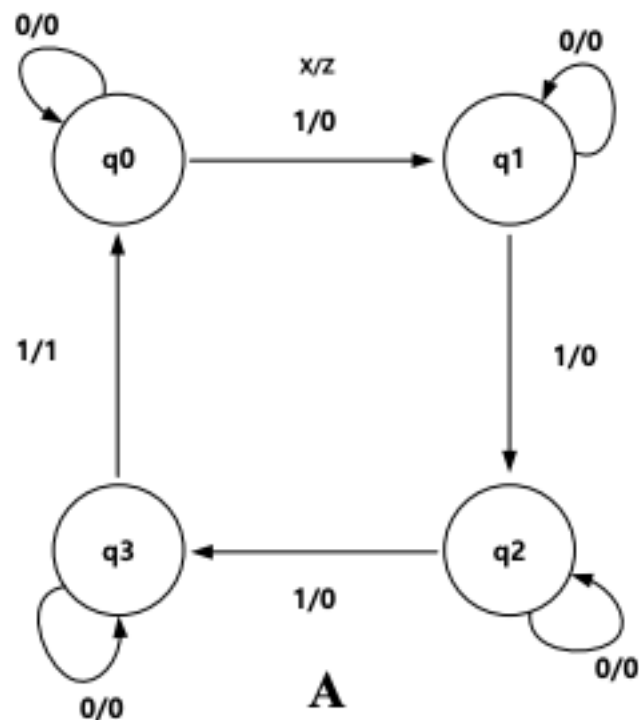
2진 Counter (Components)

- * Flip-flops
- * Clock input
- * Clear Input



2진 Counter (실습)

- * Clock, reset
- * 2-bit output (Counter value)
- * Clock input
- * Clear Input



Present state q_i	next state / output x/z	
	input $x = 0$	input $x = 1$
q0		
q1		
q2		
q3		

B

Decade Counter

Modulo 10 Counter: 0~9 총 10개

필요한 플립-플롭 개수: $2^3 < 10 < 2^4 \rightarrow$ 총 4개

예시: 비동기식, 동기식 Decade Counter

동기식 2421 Decade Counter

비동기식 *Decade Counter*

일반 Counter

유효한 상태: 0~15 총 16개

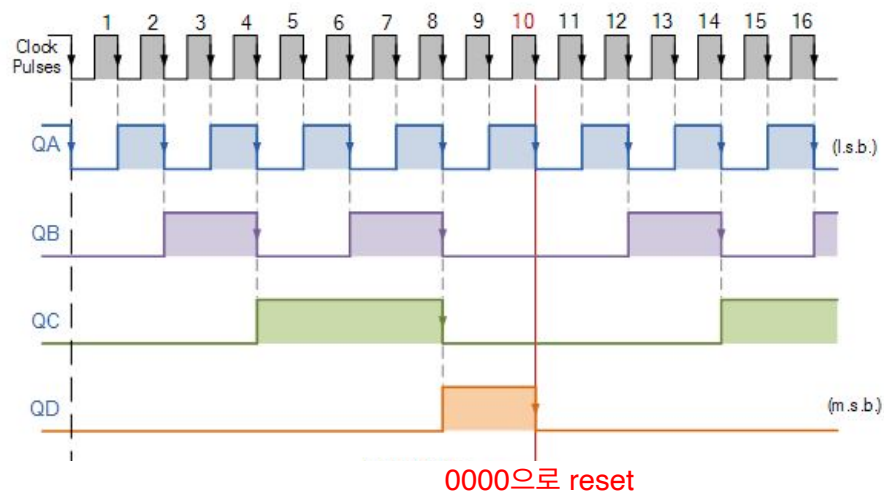
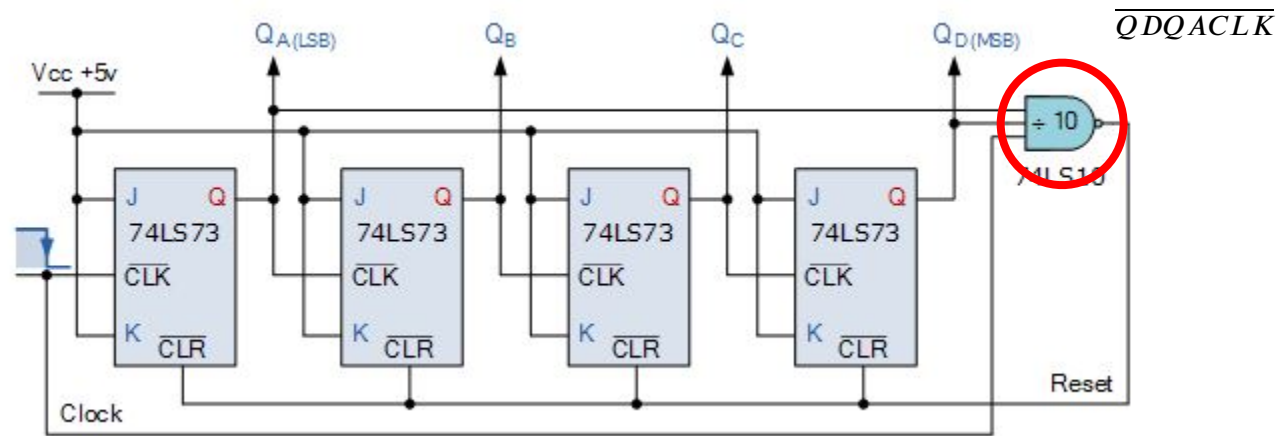
Decade Counter

유효한 상태: 0~9 총 10개

유효하지 않은 상태 처리 방법

Full Sequence Counter → Truncated Counter

비동기식 *Decade Counter*



Present State

Clock Count	Output bit Pattern				Decimal Value
	QD	QC	QB	QA	
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1
3	0	0	1	0	2
4	0	0	1	1	3
5	0	1	0	0	4
6	0	1	0	1	5
7	0	1	1	0	6
8	0	1	1	1	7
9	1	0	0	0	8
10	1	0	0	1	9
11	Counter Resets its Outputs back to Zero				

NAND 게이트 : 10으로 나누기

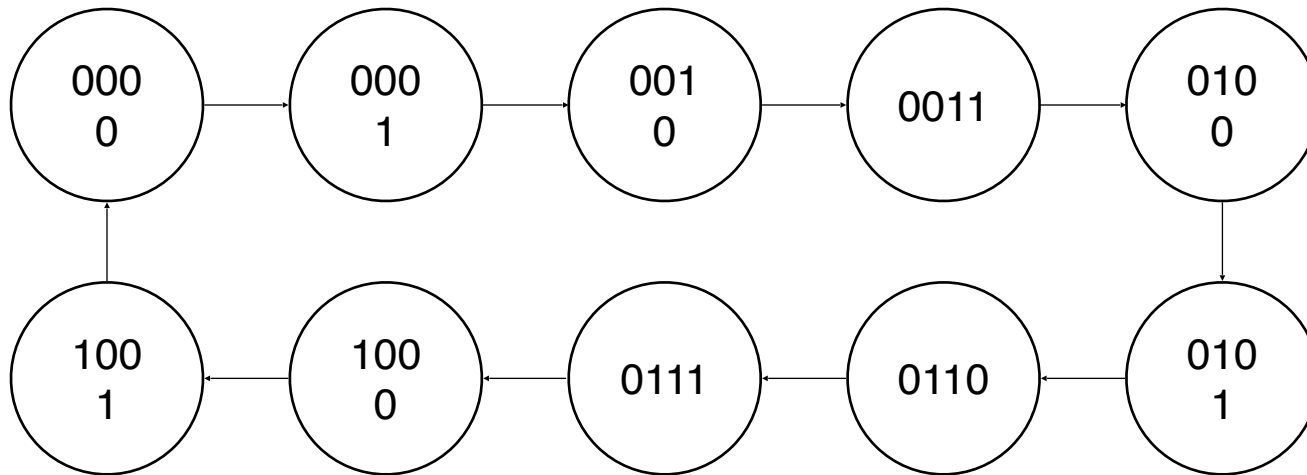
동기식 *Decade Counter*

유효한 상태: 0(0000)~9(1001) 총 10개

유효하지 않은 상태: 10(1010)~15(1111) 총 6개 → Don't Care

동기식 *Decade Counter*

State Diagram



→ 0부터 9까지 증가 후 9(1001)에서 0(0000)

동기식 *Decade Counter*

State Table

Present State				Next State			
Q3	Q2	Q1	Q0	Q3(t+1)	Q2(t+1)	Q1(t+1)	Q0(t+1)
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	X	X	X	X
1	0	1	1	X	X	X	X
1	1	0	0	X	X	X	X
1	1	0	1	X	X	X	X
1	1	1	0	X	X	X	X
1	1	1	1	X	X	X	X

1001 → 0000

1010~1111: Don't Care

동기식 *Decade Counter*

State Table

Present State				Next State				T 플립-플롭 입력			
Q3	Q2	Q1	Q0	Q3(t+1)	Q2(t+1)	Q1(t+1)	Q0(t+1)	T3	T2	T1	T0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X
1	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X
1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X
1	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X
1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X
1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X

동기식 *Decade Counter*

카르노 맵 작성

T3

		Q1Q0			
		00	01	11	10
Q3Q2	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	0
	11	X	X	X	X
	10	0	1	X	X

$$T3 = Q0 Q3 + Q0 Q1 Q2$$

T1

		Q1Q0			
		00	01	11	10
Q3Q2	00	0	1	1	0
	01	0	1	1	0
	11	X	X	X	X
	10	0	0	X	X

$$T1 = \overline{Q3} Q0$$

T2

		Q1Q0			
		00	01	11	10
Q3Q2	00	0	0	1	0
	01	0	0	1	0
	11	X	X	X	X
	10	0	0	X	X

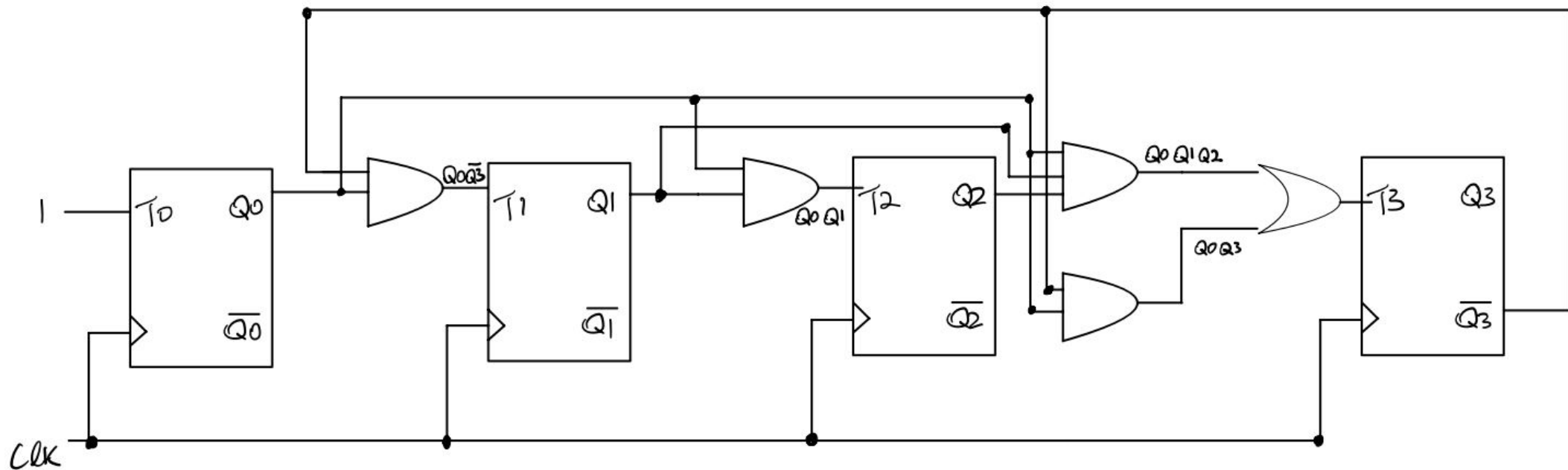
$$T2 = Q0 Q1$$

T0

		Q1Q0			
		00	01	11	10
Q3Q2	00	1	1	1	1
	01	1	1	1	1
	11	X	X	X	X
	10	1	1	X	X

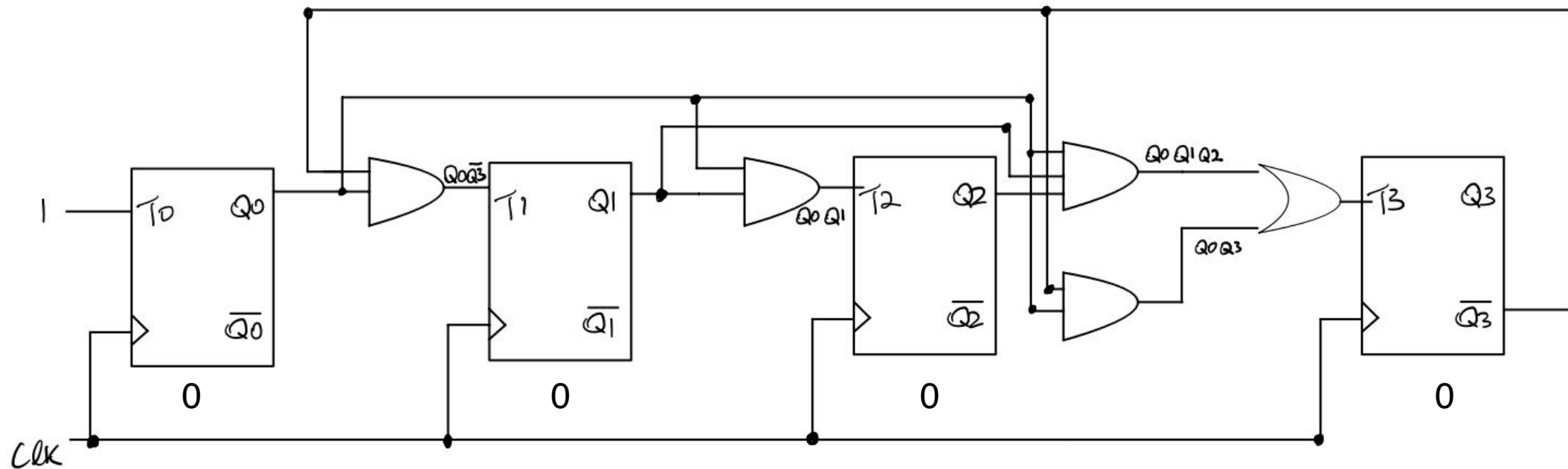
$$T0 = 1$$

동기식 *Decade Counter*



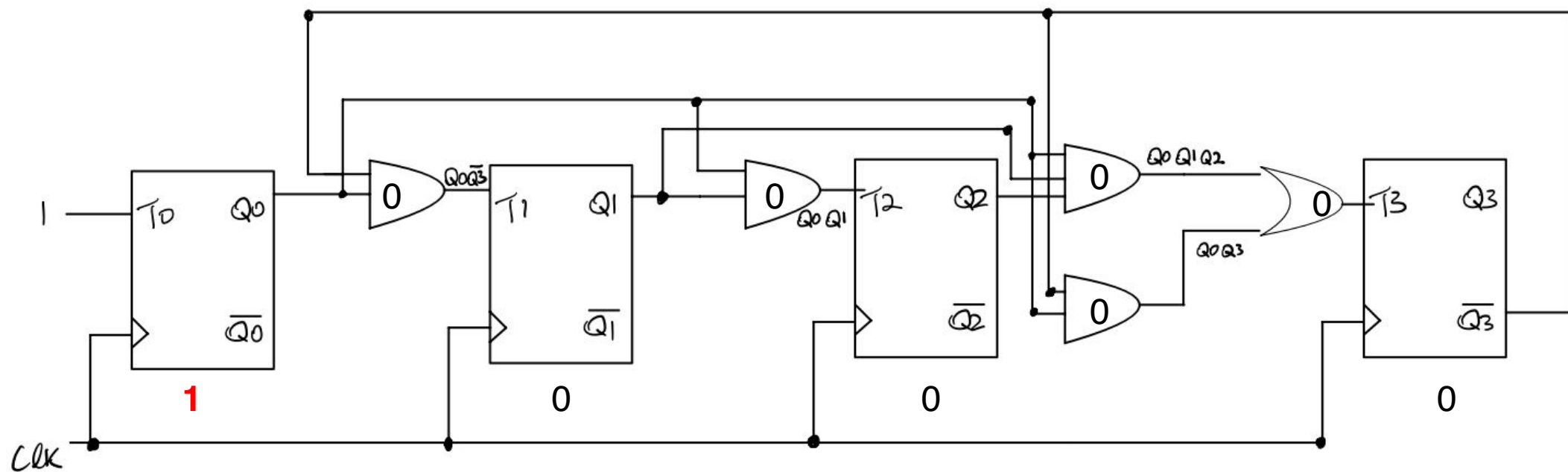
Clk이 1이 될 때 (rising edge) 값이 변경 : Up Counter

동기식 *Decade Counter*



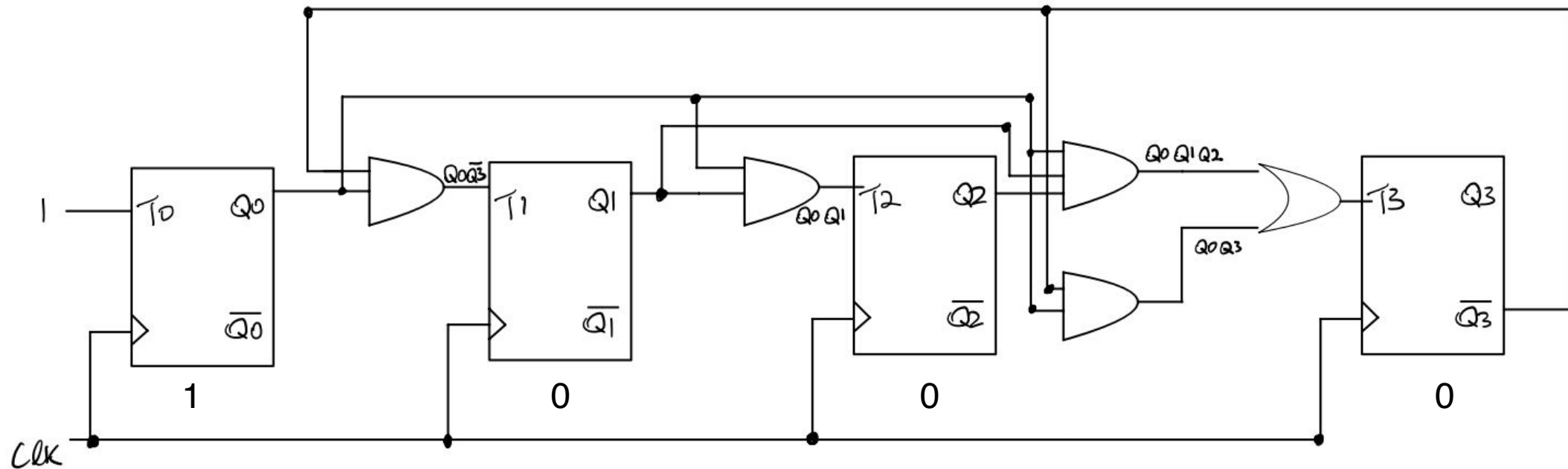
0000 → 0001

동기식 *Decade Counter*



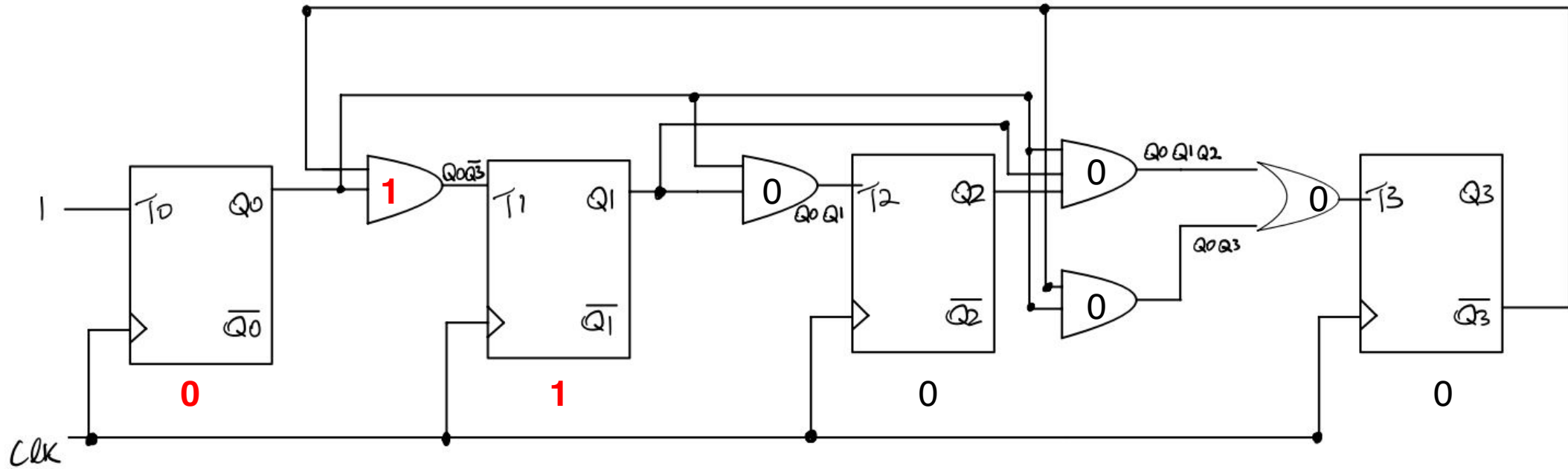
0000 → 0001

동기식 *Decade Counter*



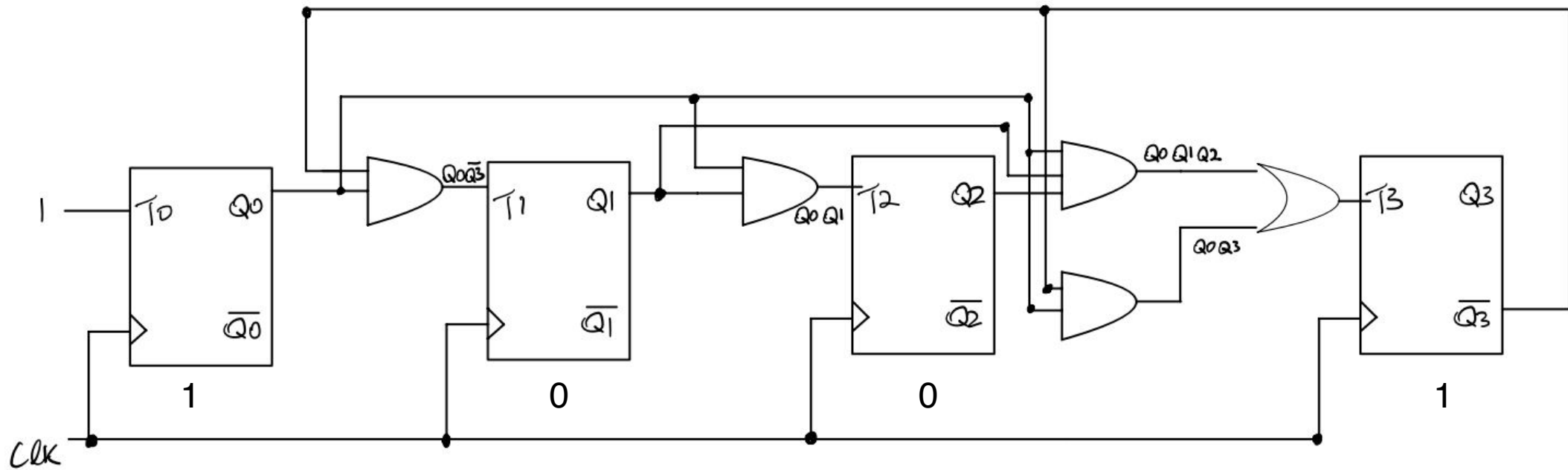
0001 → 0010

동기식 *Decade Counter*



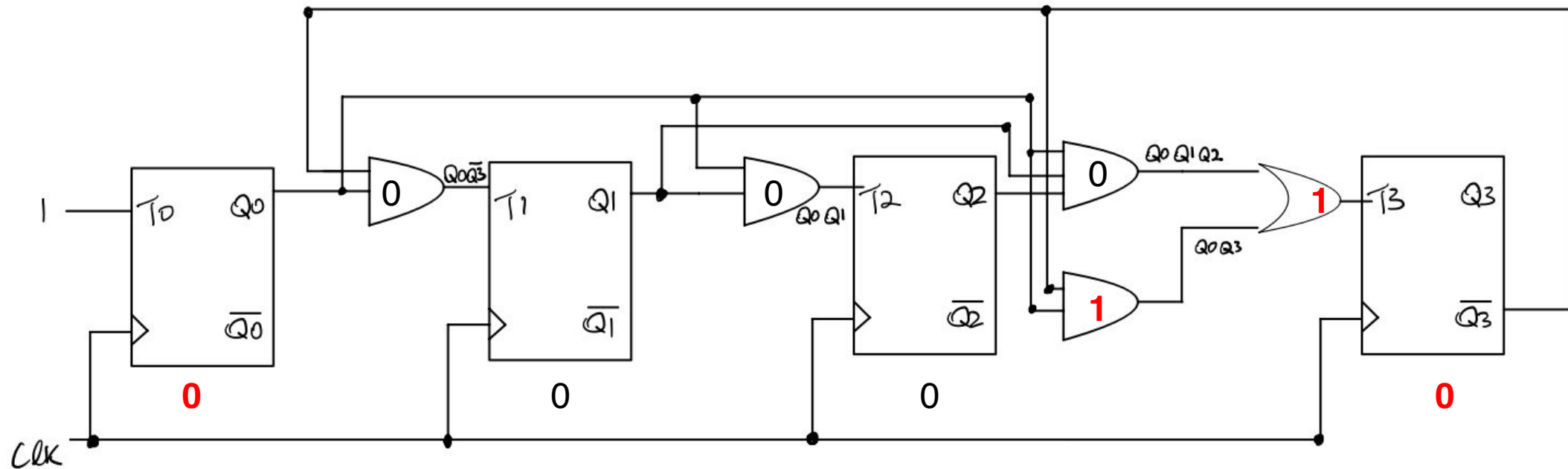
0001 → 0010

동기식 *Decade Counter*



1001 → 0000

동기식 *Decade Counter*



1001 → 0000

2421 코드 복습

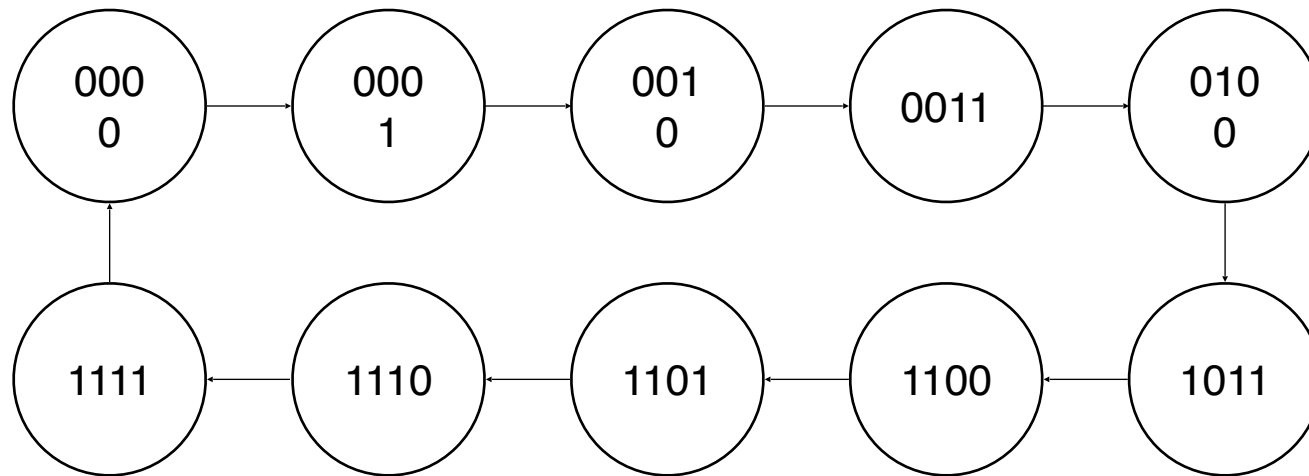
계산 방법: $(2 * A) + (4 * B) + (2 * C) + (1 * D)$

A, B, C, D: 0 또는 1

LSB부터 1씩 증가

동기식 *2421 Decade Counter*

State Diagram



동기식 *2421 Decade Counter*

State Table

Present State				Next State			
Q3	Q2	Q1	Q0	Q3(t+1)	Q2(t+1)	Q1(t+1)	Q0(t+1)
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0
0	1	0	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0	0

사용되지 않은 State들은 Don't Care

동기식 *2421 Decade Counter*

State Table

Present State				Next State				T 플립-플롭 입력			
Q3	Q2	Q1	Q0	Q3(t+1)	Q2(t+1)	Q1(t+1)	Q0(t+1)	T3	T2	T1	T0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1

동기식 *2421 Decade Counter*

카르노 맵 작성

T3

		Q1Q0			
		00	01	11	10
Q3Q2	00	0	0	0	0
	01	1	X	X	X
	11	0	0	1	0
	10	X	X	0	X

$$T3 = \overline{Q3} \overline{Q2} + Q0 Q1 Q2$$

T1

		Q1Q0			
		00	01	11	10
Q3Q2	00	0	1	1	0
	01	1	X	X	X
	11	0	1	1	0
	10	X	X	1	X

$$T1 = Q3 Q2 + Q0$$

T2

		Q1Q0			
		00	01	11	10
Q3Q2	00	0	0	1	0
	01	1	X	X	X
	11	0	0	1	0
	10	X	X	1	X

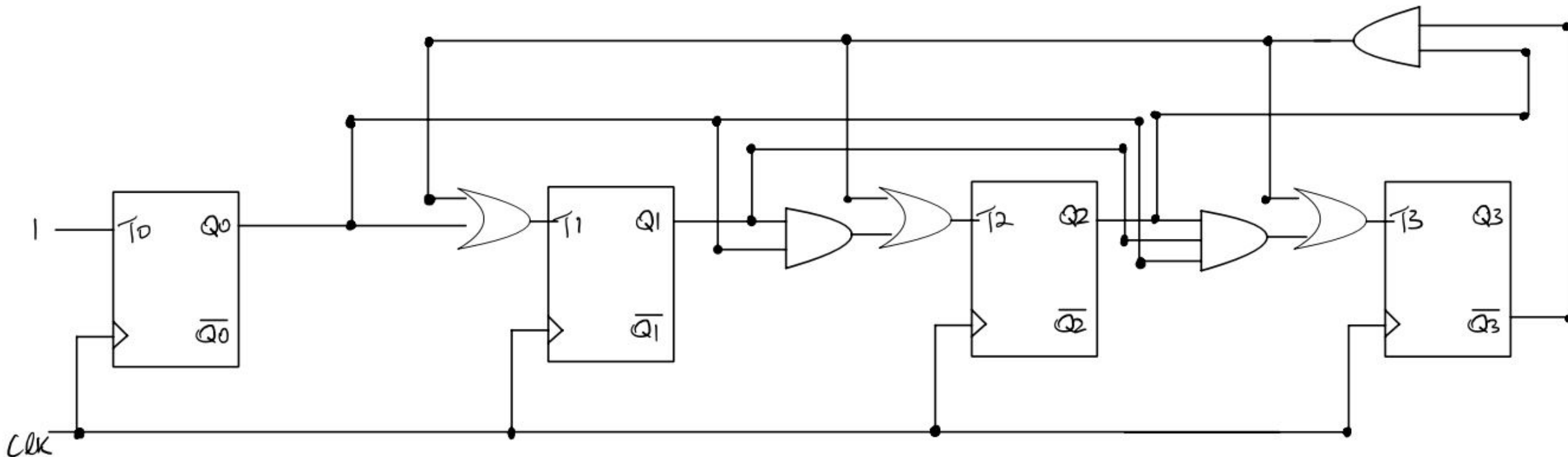
$$T2 = \overline{Q3} Q2 + Q0 Q1$$

T0

		Q1Q0			
		00	01	11	10
Q3Q2	00	1	1	1	1
	01	1	X	X	X
	11	1	1	1	1
	10	X	X	1	X

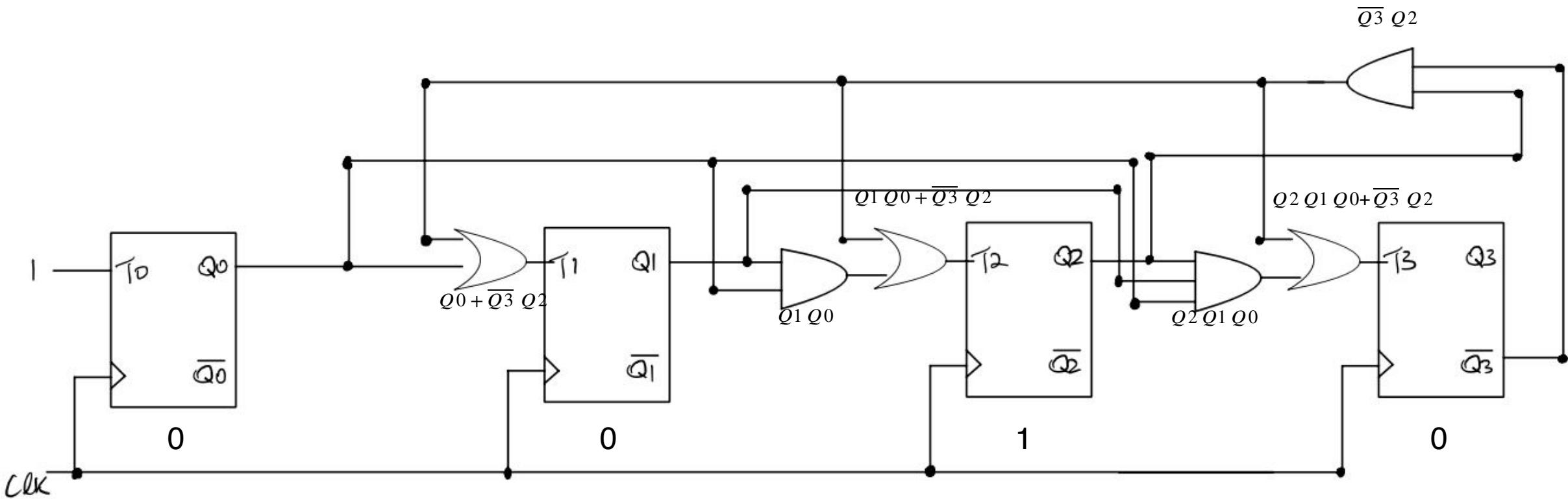
$$T0 = 1$$

동기식 2421 Decade Counter



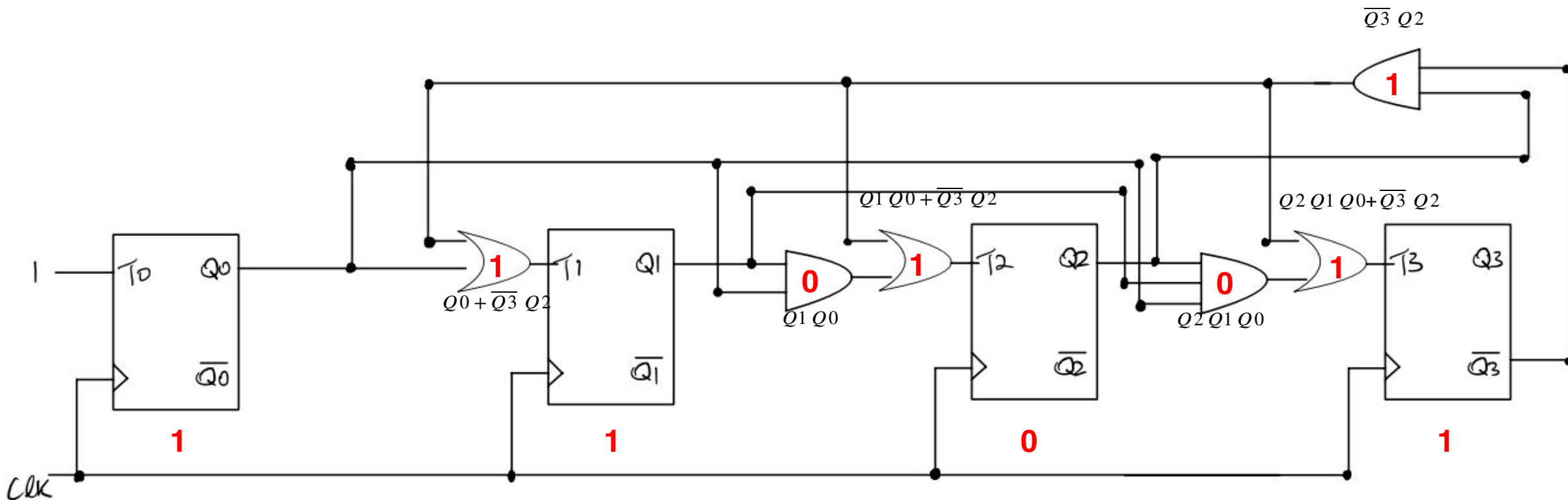
Clk이 1이 될 때 (rising edge) 값이 변경 : **Up Counter**

동기식 *2421 Decade Counter*



0100(4)→1011(5)

동기식 2421 Decade Counter



0100(4) → 1011(5)

출처 및 팀원 별 기여도

출처

- '디지털 논리회로 이해', 오창환 저, 한국학술정보(주)
- https://www.electronics-tutorials.ws/counter/count_2.html
- https://www.electronics-tutorials.ws/counter/count_3.html
- 서강대학교 12주차 자료

팀원 별 기여도