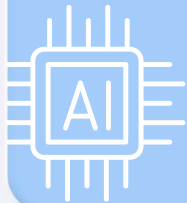




디지털논리회로 [Digital Logic Circuits]

13강.

레지스터와 카운터(2)



컴퓨터과학과 강지훈 교수



학습 목차

▶ 13 강

01 카운터

- 동기식 카운터
- 시프트 카운터
- 카운터의 설계

13강. 레지스터와 카운터(2)

➡ 제7장. 레지스터와 카운터

7.2 카운터

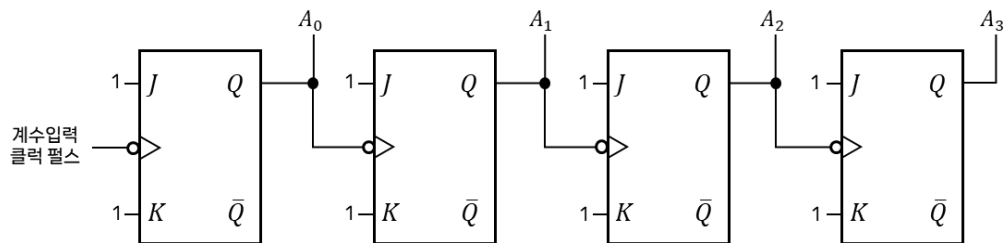


7.2.3 동기식 카운터



• 비동기식 카운터

- 구조가 간단하고 동작이 단순
- 동시에 트리거링 되지 않아 속도에 제약이 발생



- 앞 단 플립플롭의 출력이 다음 플립플롭의 클럭 입력으로 사용됨
- 이로 인해 전파 지연이 발생하고 모든 플립플롭이 동시에 상태가 바뀌지 않음



7.2.3 동기식 카운터



• 동기식 카운터

- 모든 플립플롭에 클럭이 동시에 입력됨
- 한번에 동작하여 속도가 향상됨
 - 2진 카운터
 - 모듈로-N 카운터

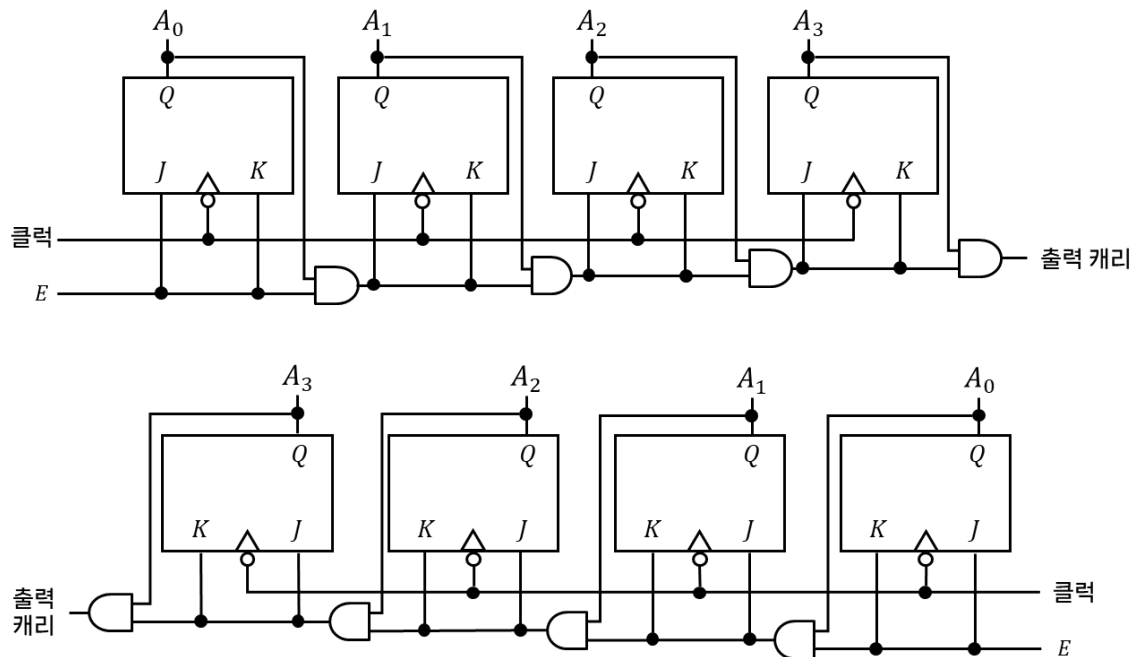


7.2.3 동기식 카운터



• 2진 카운터 - 2진 순서를 따르는 카운터

• 4비트 동기식 2진 상향계수 카운터







7.2.3 동기식 카운터



• 모듈로-N 카운터

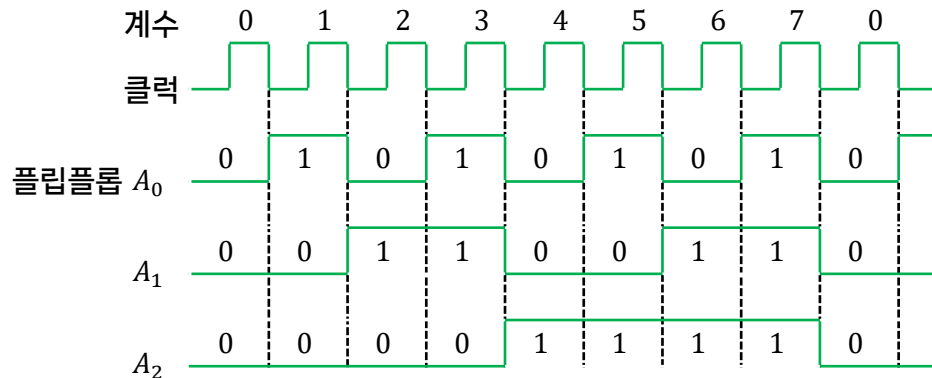
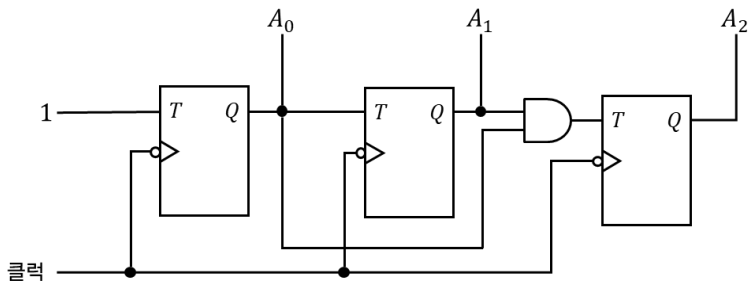
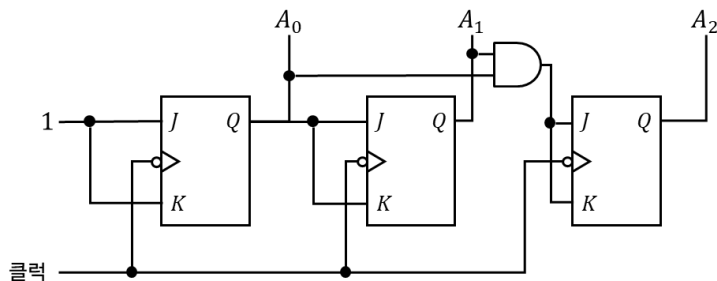
- N개의 계수 순서(0, 1, 2, ..., N-1)를 반복하여 수를 세는 카운터
- 모드-N 카운터 라고도 함
 - 모듈로-16 카운터: 0~15까지 16개의 숫자를 순서대로 세는 카운터
 - 모듈로-10 카운터: 0~9까지 10개의 숫자를 순서대로 세는 카운터(BCD 카운터)



7.2.3 동기식 카운터

• 모듈로-8카운터

- 0~7까지 순서대로 수를 세는 카운터



- ▶ 첫 번째 플립플롭 A_0 는 매 클럭마다 보수
- ▶ 두 번째 플립플롭 A_1 는 A_0 가 1에서 0으로 바뀔 때 보수
- ▶ 세 번째 플립플롭 A_2 는 A_0 와 A_1 가 1일 때만 보수



7.2.4 시프트 카운터



- 시프트 카운터

- 시프트 레지스터의 동작을 응용한 카운터
- 시프트 카운터의 예
 - 링 카운터
 - 존슨 카운터



7.2.4 시프트 카운터



• 링 카운터

- 출력 비트 중 한 비트만 1이 되고 입력 펄스에 의해 한쪽 방향으로 1의 위치가 순환

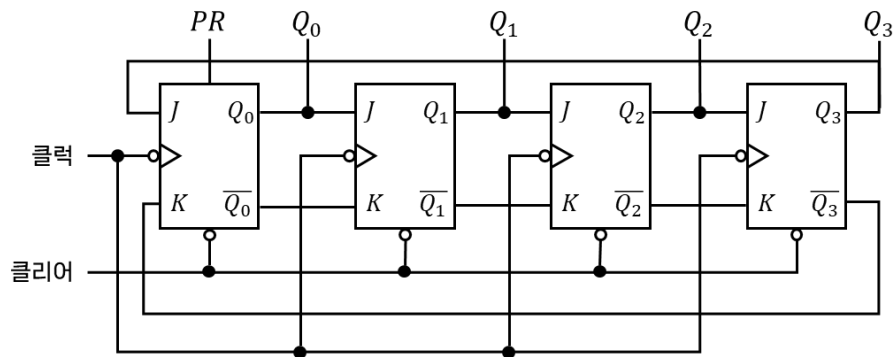
클럭인가수	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3
0	1	0	0	0
1	0	1	0	0
2	0	0	1	0
3	0	0	0	1
4(0)	1	0	0	0



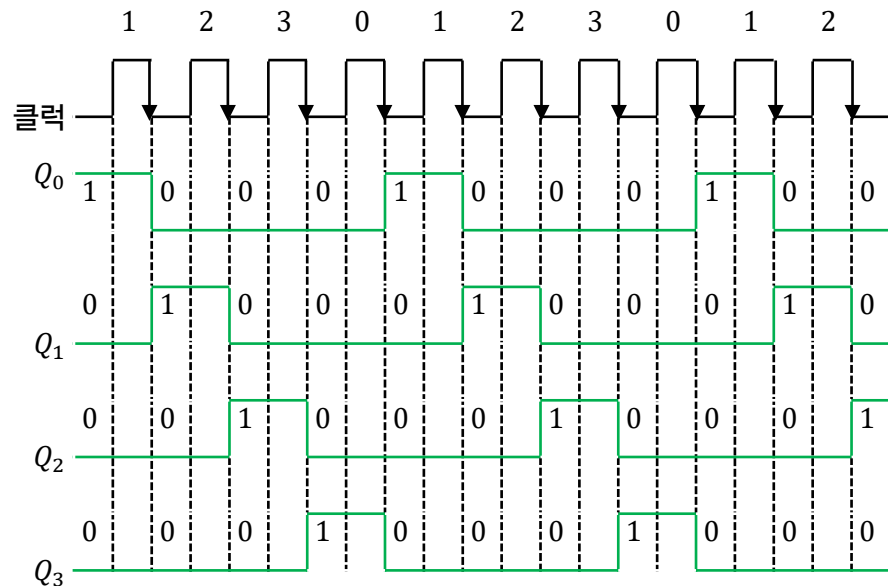
7.2.4 시프트 카운터



• 링 카운터의 회로와 동작



- ▶ PR(Preset)과 클리어 신호로 첫 번째 플립플롭 Q_0 를 1로, 나머지 플립플롭은 0으로 세팅
- ▶ 가장 첫 타이밍의 상태인 1000 신호가 시프트 동작에 의해 하강 클럭 때 마다 0100, 0010, 0001, 1000, ... 으로 자리 이동 수행
- ▶ 일반적으로 N 개의 플립플롭으로 구성된 링 카운터는 N 가지 출력 상태를 나타냄





7.2.4 시프트 카운터

• 링 카운터는 무엇을 계수 하는가?

- 링 카운터는 일반적으로 숫자 카운팅(0, 1, 2, 3...)을 수행하는 카운터가 아님
- 순차 제어를 위한 카운터이며, 일정한 순서에 맞춰 정해진 패턴을 생성하기 위해 사용됨
- 근데 왜 카운터라고 부를까?
 - 클럭이 들어올 때 마다 상태가 순차적으로 변하기 때문
 - 상태가 숫자 값을 직접 나타내지는 않지만 몇 번째 상태인지는 순서가 명확하게 카운터 됨

1000 → 0100 → 0010 → 0001 → 1000 ...
(1번째 → 2번째 → 3번째 → 4번째 → 1번째)

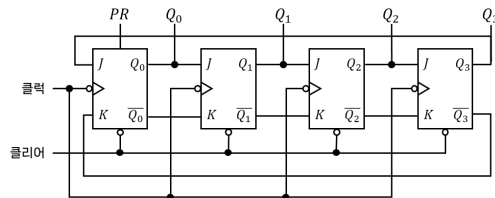
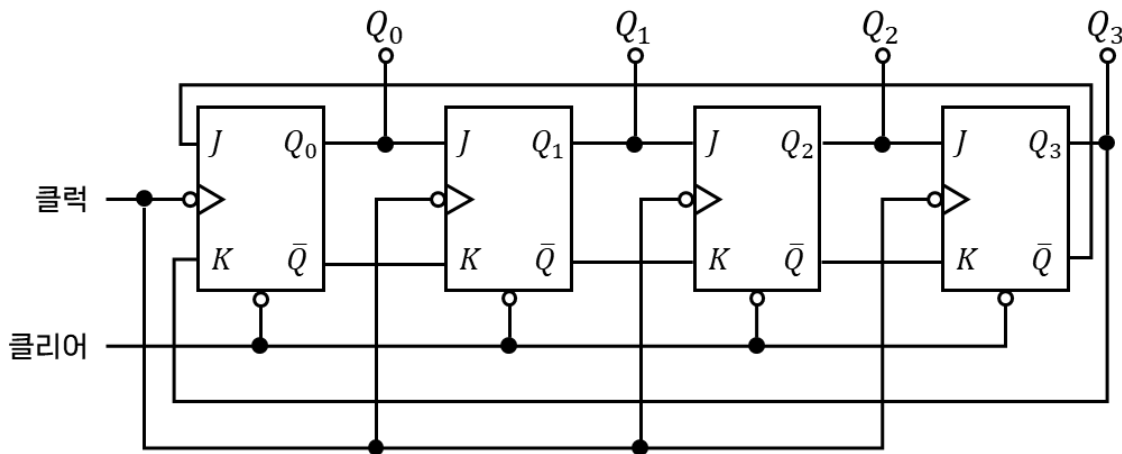


7.2.4 시프트 카운터



• 존슨 카운터

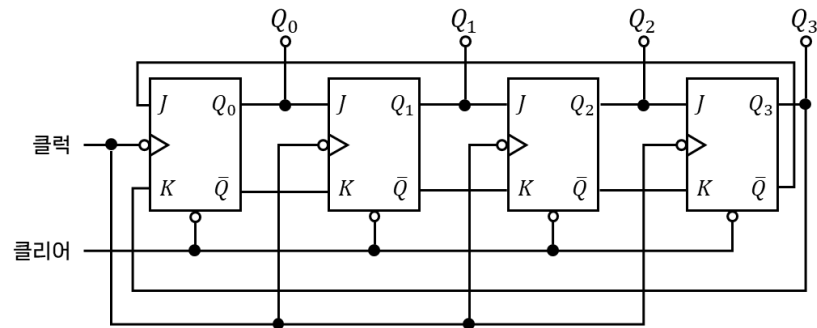
- 링 카운터의 변형 방식
- 다른 점은 첫 번째 플립플롭의 J, K 입력에 피드백 되는 네 번째 플립플롭의 Q 와 \bar{Q} 가 반대로 연결



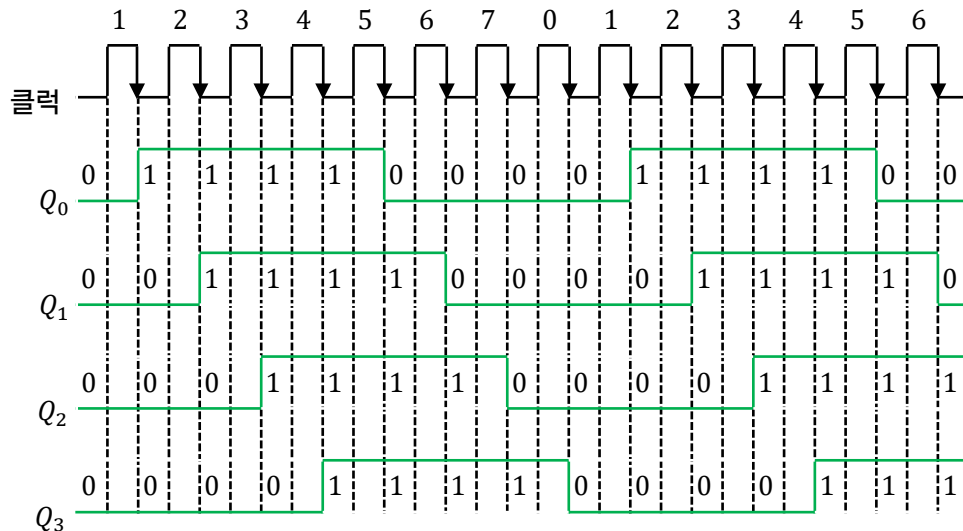


7.2.4 시프트 카운터

• 존슨 카운터의 회로와 동작



- ▶ 클리어 신호에 의해 $Q_0Q_1Q_2Q_3 = 0000$
- ▶ 첫 번째 클럭에서 $\bar{Q} = 1$ 이 피드백 되어 첫 번째 플립플롭의 $J = 1$ 이 되고 $Q_0Q_1Q_2Q_3 = 1000$
- ▶ 두 번째, 세 번째, 네 번째 클럭에서 $\bar{Q} = 1$ 이 계속 피드백 되어 $Q_0Q_1Q_2Q_3$ 는 1100, 1110, 1111이 됨
- ▶ 다섯 번째 클럭에서 $\bar{Q} = 0$ 이 피드백 되어 $J = 0$ 이 되고 0111이 됨
이 후에는 계속 반복





7.2.4 시프트 카운터

• 존슨 카운터의 계수 동작

- 존슨 카운터의 계수 동작은 링 카운터의 2배
- 즉, N개의 플립플롭을 사용하면 2N개의 출력 상태를 표현할 수 있음

클럭인가수	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	1	1	1	0
4	1	1	1	1
5	0	1	1	1
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8(0)	0	0	0	0



7.2.5 카운터의 설계



- 동기식 카운터 설계는 순서논리회로의 설계와 동일

- 동기식 설계 카운터의 예

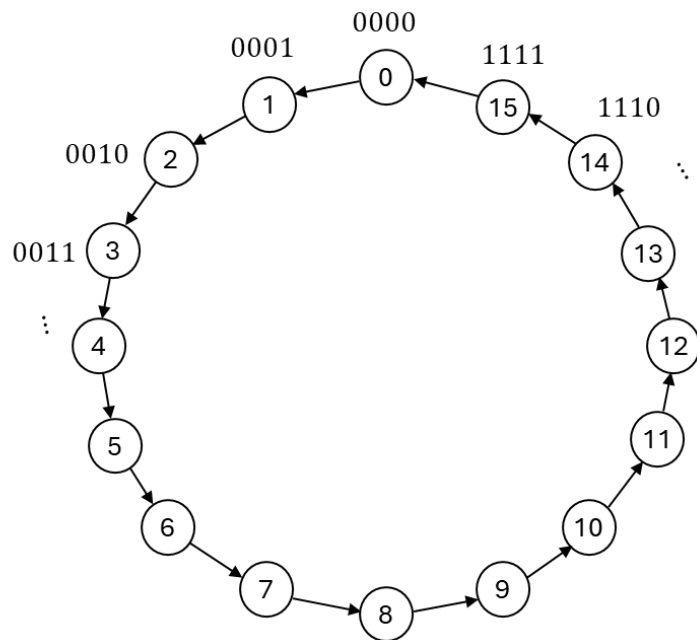
- 2진 카운터
- BCD 카운터
- 임의의 순서를 가진 카운터



7.2.5 카운터의 설계

• 2진 카운터의 설계(1)

• 주어진 상태에서 상태표 작성



현재 상태				다음 상태				플립플롭 입력							
A_3	A_2	A_1	A_0	A_3	A_2	A_1	A_0	J_{A_3}	K_{A_3}	J_{A_2}	K_{A_2}	J_{A_1}	K_{A_1}	J_{A_0}	K_{A_0}
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	1	0	1	0	×	0	0	×	1	×	×	1
1	0	1	0	1	0	1	1	×	0	0	×	×	0	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



7.2.5 카운터의 설계



• 2진 카운터의 설계(2)

• 상태표에서 카르노 도표를 이용해 입력 방정식 유도(1)

현재 상태				다음 상태				플립플롭 입력							
A_3	A_2	A_1	A_0	A_3	A_2	A_1	A_0	J_{A_3}	K_{A_3}	J_{A_2}	K_{A_2}	J_{A_1}	K_{A_1}	J_{A_0}	K_{A_0}
0	0	0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	0	x	1	x
0	0	0	1	0	0	1	0	0	x	0	x	1	x	x	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	x	0	x	x	0	1	x
0	0	1	1	0	1	0	0	0	x	1	x	x	1	x	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0	x	x	0	0	x	1	x
0	1	0	1	0	1	1	0	0	x	x	0	1	x	x	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	x	x	0	x	0	1	x
0	1	1	1	1	0	0	0	1	x	x	1	x	1	x	1
1	0	0	0	1	0	0	1	x	0	0	x	0	x	1	x
1	0	0	1	1	0	1	0	x	0	0	x	1	x	x	1
1	0	1	0	1	0	1	1	x	0	0	x	x	0	1	x
1	0	1	1	1	1	0	0	x	0	1	x	x	1	x	1
1	1	0	0	1	1	0	1	x	0	x	0	0	x	1	x
1	1	0	1	1	1	1	0	x	0	x	0	1	x	x	1
1	1	1	0	1	1	1	1	x	0	x	0	x	0	1	x
1	1	1	1	0	0	0	0	x	1	x	1	x	1	x	1

A_1A_0		00	01	11	10
A_3A_2	00	1	x	x	1
	01	1	x	x	1
	11	1	x	x	1
	10	1	x	x	1

$$J_{A_0} = 1$$

A_1A_0		00	01	11	10
A_3A_2	00	x	1	1	x
	01	x	1	1	x
	11	x	1	1	x
	10	x	1	1	x

$$K_{A_0} = 1$$





7.2.5 카운터의 설계

• 2진 카운터의 설계(3)

• 상태표에서 카르노 도표를 이용해 입력 방정식 유도(2)

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00	1	×	×	1
01	1	×	×	1
11	1	×	×	1
10	1	×	×	1

$$J_{A_0} = 1$$

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00		1	×	×
01		1	×	×
11		1	×	×
10		1	×	×

$$J_{A_1} = A_0$$

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00			1	
01	×	×	×	×
11	×	×	×	×
10			1	

$$J_{A_2} = A_0A_1$$

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00				
01			1	
11	×	×	×	×
10	×	×	×	×

$$J_{A_3} = A_0A_1A_2$$

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00	×	1	1	×
01	×	1	1	×
11	×	1	1	×
10	×	1	1	×

$$K_{A_0} = 1$$

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00	×	×	1	
01	×	×	1	
11	×	×	1	
10	×	×	1	

$$K_{A_1} = A_0$$

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00	×	×	×	×
01			1	
11			1	
10	×	×	×	×

$$K_{A_2} = A_0A_1$$

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00	×	×	×	×
01	×	×	×	×
11			1	
10				

$$K_{A_3} = A_0A_1A_2$$



• 2진 카운터의 설계(4)

- 입력 방정식을 이용해 논리회로도 작성

$$J_{A_0} = K_{A_0} = 1 \quad J_{A_1} = K_{A_1} = A_0$$

$$J_{A_2} = K_{A_2} = A_0 A_1 \quad J_{A_3} = K_{A_3} = A_0 A_1 A_2$$

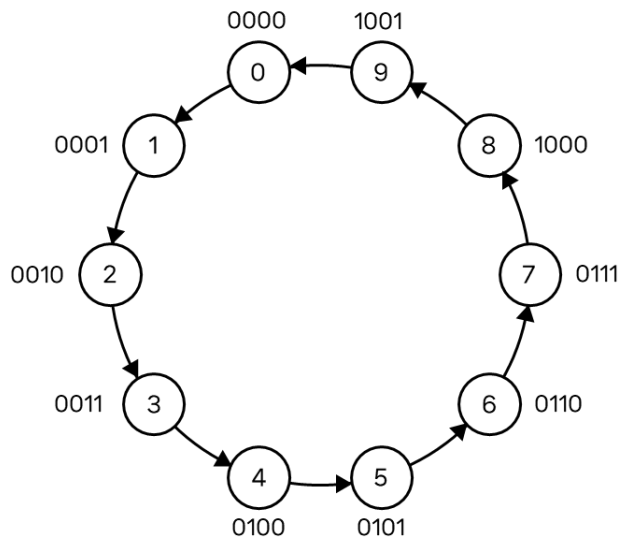




7.2.5 카운터의 설계

• BCD 카운터의 설계(1)

• 주어진 상태에서 상태표 작성



현재 상태				다음 상태				플립플롭 입력				출력
A_3	A_2	A_1	A_0	A_3	A_2	A_1	A_0	T_{A_3}	T_{A_2}	T_{A_1}	T_{A_0}	Y
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1



7.2.5 카운터의 설계

• BCD 카운터의 설계(2)

- 상태표에서 카르노 도표를 이용해 입력 방정식 유도(9 이후의 입력은 무관조건)

현재 상태				다음 상태				플립플롭 입력				출력
A_3	A_2	A_1	A_0	A_3	A_2	A_1	A_0	T_{A_3}	T_{A_2}	T_{A_1}	T_{A_0}	Y
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	1	1	1	1
11	×	×	×	×
10	1	1	×	×

$$T_{A_0} = 1$$

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00			1	
01			1	
11	x	x	x	x
10			x	x

$$T_{A_2} = A_0A_1$$

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00				
01				
11	x	x	x	x
10		1	x	x

$$Y = A_0A_3$$

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00		1	1	
01		1	1	
11	x	x	x	x
10			x	x

$$T_{A_1} = A_0\bar{A}_3$$

$A_3A_2 \backslash A_1A_0$	00	01	11	10
00				
01			1	
11	x	x	x	x
10		1	x	x

$$T_{A_3} = A_0A_3 + A_0A_1A_2$$



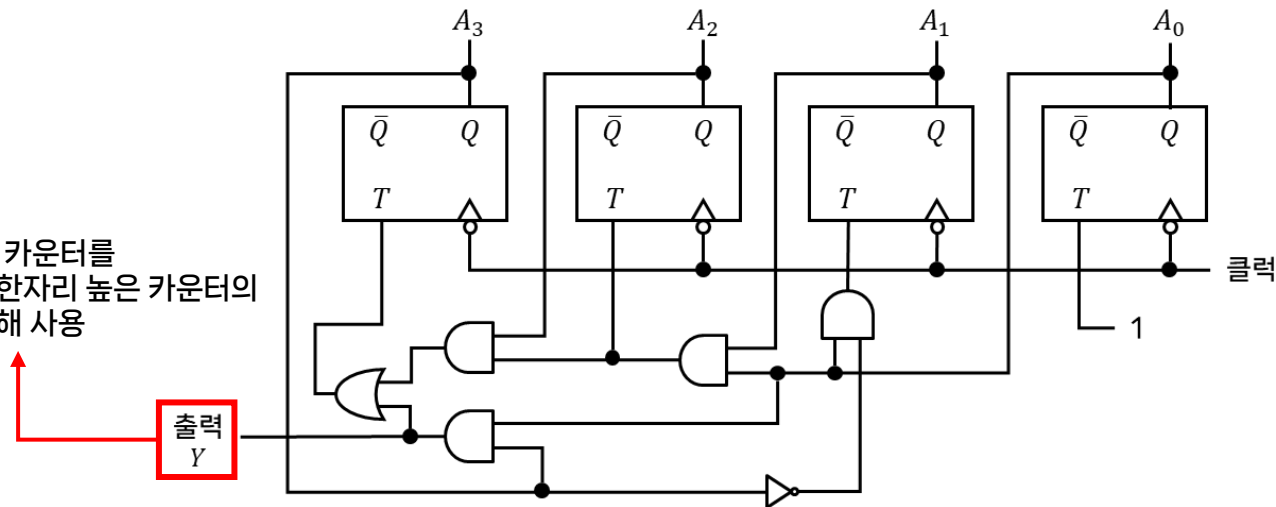
• BCD 카운터의 설계(3)

- **입력 방정식을 이용해 논리도 작성**

$$T_{A_0} = 1 \qquad T_{A_1} = A_0 \overline{A_3}$$

$$T_{A_2} = A_0 A_1 \quad T_{A_3} = A_0 A_3 + A_0 A_1 A_2 \quad Y = A_0 A_3$$

- 출력 Y는 BCD 카운터를 직렬 연결하여 한자리 높은 카운터의 계수 입력을 위해 사용





• BCD 카운터의 설계(4)

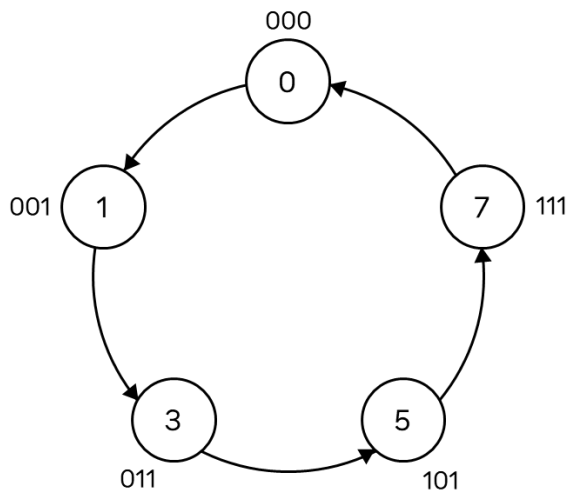


7.2.5 카운터의 설계



• 임의의 순서를 가진 카운터의 설계(1)

• 주어진 상태에서 상태표 작성



현재 상태			다음 상태			플립플롭 입력					
A	B	C	A	B	C	J _A	K _A	J _B	K _B	J _C	K _C
0	0	0	0	0	1	0	×	0	×	1	×
0	0	1	0	1	1	0	×	1	×	×	0
0	1	0	-	-	-	#	#	#	#	#	#
0	1	1	1	0	1	1	×	1	×	×	0
1	0	0	-	-	-	#	#	#	#	#	#
1	0	1	1	1	1	×	0	1	×	×	0
1	1	0	-	-	-	#	#	#	#	#	#
1	1	1	0	0	0	×	1	×	1	×	1

계수 순서에서
빠진 최소항



7.2.5 카운터의 설계



• 임의의 순서를 가진 카운터의 설계(2)

• 상태표에서 카르노 도표를 이용해 입력 방정식 유도

현재 상태			다음 상태			플립플롭 입력					
A	B	C	A	B	C	J_A	K_A	J_B	K_B	J_C	K_C
0	0	0	0	0	1	0	×	0	×	1	×
0	0	1	0	1	1	0	×	1	×	×	0
0	1	0	-	-	-	#	#	#	#	#	#
0	1	1	1	0	1	1	×	1	×	×	0
1	0	0	-	-	-	#	#	#	#	#	#
1	0	1	1	1	1	×	0	1	×	×	0
1	1	0	-	-	-	#	#	#	#	#	#
1	1	1	0	0	0	×	1	×	1	×	1

BC

A	00	01	11	10
0			1	#
1	#	×	×	#

$J_A = B$

BC

A	00	01	11	10
0	×	×	×	#
1	#		1	#

$K_A = B$

BC

A	00	01	11	10
0		1	×	#
1	#	1	×	#

$J_B = C$

BC

A	00	01	11	10
0	×	×	1	#
1	#	×	1	#

$K_B = 1$

BC

A	00	01	11	10
0	1	×	×	#
1	#	×	×	#

$J_C = 1$

BC

A	00	01	11	10
0	×			#
1	#		1	#

$K_C = AB$





• 임의의 순서를 가진 카운터의 설계(3)

- **입력 방정식을 이용해 논리회로도 작성**

$$J_A = K_A = B$$

$$J_B = C$$

$$J_C = K_B = 1$$

$$K_c = AB$$





내용 정리

Summary

Contents



13강 | 레지스터와 카운터(2)



디지털 +
논리회로



01 동기식 카운터

- 동기식 2진 카운터
- 모듈로-N 카운터

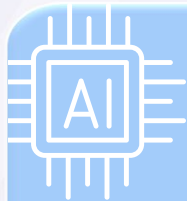
02 시프트 카운터

- 링 카운터
- 존슨 카운터

03 카운터의 설계

Digital Logic Circuits





다음시간에는

14 강. 기억장치와 PLD(1)