

디지털논리회로

이론, 실습, 시뮬레이션

(Problem Solutions of Chapter 9)

1. 동기순서논리회로의 해석

(1) 변수명칭 부여

- F-F A 플립플롭의 입력 : T_A ,
- F-F B 플립플롭의 입력 : T_B
- F-F A 플립플롭의 출력 : A ,
- F-F B 플립플롭의 출력 : B

(2) 부울 대수식 유도

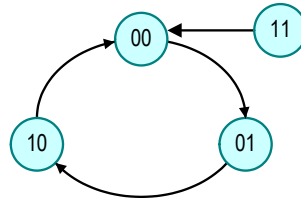
- 플립플롭의 입력 : $T_A = A + B$, $T_B = \bar{A} + B$

(3) 상태표 작성

- ① $A=0, B=0$ 이면, $T_A=0, T_B=1$ 이므로 차기상태는 $A=0, B=1$
- ② $A=0, B=1$ 이면, $T_A=1, T_B=1$ 이므로 차기상태는 $A=1, B=0$
- ③ $A=1, B=0$ 이면, $T_A=1, T_B=0$ 이므로 차기상태는 $A=0, B=0$
- ④ $A=1, B=1$ 이면, $T_A=1, T_B=1$ 이므로 차기상태는 $A=0, B=0$

현재상태		차기상태	
A	B	A	B
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	1	0	0

(4) 상태도 작성



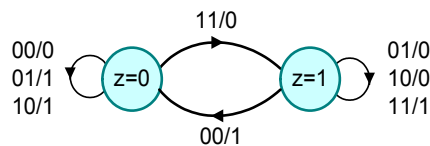
(5) 00→01→10의 순서를 갖는 카운터로 동작

2. 동기순서논리회로의 해석(상태표 및 상태도)

(1) 상태표 작성

현재상태	차기상태				출력			
	$x=0, y=0$	$x=0, y=1$	$x=1, y=0$	$x=1, y=1$	$x=0, y=0$	$x=0, y=1$	$x=1, y=0$	$x=1, y=1$
0	0	0	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1	0	0	1

(2) 상태도 작성



3. 동기순서논리회로의 해석(상태표 및 상태도)

(1) 부울 함수

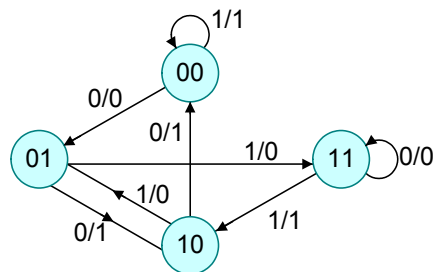
$$J_A = B, K_A = \bar{B}, J_B = A \odot x, K_B = A \odot x, F = A \oplus B \oplus x$$

(2) 상태표 작성

- ① $x=0, A=0, B=0$ 일 때
 $J_A=0$ and $K_A=1$ 이므로 $A=0$, $J_B=1$ and $K_B=1$ 이므로 $B=1$, $F=0$
- ② $x=0, A=0, B=1$ 일 때
 $J_A=1$ and $K_A=0$ 이므로 $A=1$, $J_B=1$ and $K_B=1$ 이므로 $B=0$, $F=1$
- ③ $x=0, A=1, B=0$ 일 때
 $J_A=0$ and $K_A=1$ 이므로 $A=0$, $J_B=0$ and $K_B=0$ 이므로 $B=0$, $F=1$
- ④ $x=0, A=1, B=1$ 일 때
 $J_A=1$ and $K_A=0$ 이므로 $A=1$, $J_B=0$ and $K_B=0$ 이므로 $B=1$, $F=0$
- ⑤ $x=1, A=0, B=0$ 일 때
 $J_A=0$ and $K_A=1$ 이므로 $A=0$, $J_B=0$ and $K_B=0$ 이므로 $B=0$, $F=1$
- ⑥ $x=1, A=0, B=1$ 일 때
 $J_A=1$ and $K_A=0$ 이므로 $A=1$, $J_B=0$ and $K_B=0$ 이므로 $B=1$, $F=0$
- ⑦ $x=1, A=1, B=0$ 일 때
 $J_A=0$ and $K_A=1$ 이므로 $A=0$, $J_B=1$ and $K_B=1$ 이므로 $B=1$, $F=0$
- ⑧ $x=1, A=1, B=1$ 일 때
 $J_A=1$ and $K_A=0$ 이므로 $A=1$, $J_B=1$ and $K_B=1$ 이므로 $B=0$, $F=1$

현재상태		차기상태				출력	
		$x=0$		$x=1$		$x=0$	$x=1$
A	B	A	B	A	B	F	F
0	0	0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	0	1

(3) 상태도 작성



4. 동기순서논리회로의 해석(상태표 및 상태도)

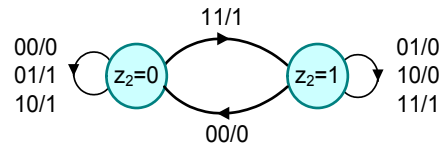
(1) 부울함수 : $z_1 = x_1 \oplus x_2 \oplus z_2$, $J = x_1 x_2$, $K = \overline{x_1 + x_2}$

(2) 상태표 작성

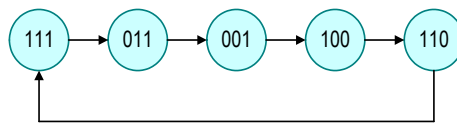
- ① $x_1=0, x_2=0, z_2=0$ 일 때, $J=0$ and $K=1$ 이므로 $z_2=0, z_1=0$
- ② $x_1=0, x_2=0, z_2=1$ 일 때, $J=0$ and $K=1$ 이므로 $z_2=0, z_1=0$
- ③ $x_1=0, x_2=1, z_2=0$ 일 때, $J=0$ and $K=0$ 이므로 $z_2=0, z_1=1$
- ④ $x_1=0, x_2=1, z_2=1$ 일 때, $J=0$ and $K=0$ 이므로 $z_2=1, z_1=0$
- ⑤ $x_1=1, x_2=0, z_2=0$ 일 때, $J=0$ and $K=0$ 이므로 $z_2=0, z_1=1$
- ⑥ $x_1=1, x_2=0, z_2=1$ 일 때, $J=0$ and $K=0$ 이므로 $z_2=1, z_1=0$
- ⑦ $x_1=1, x_2=1, z_2=0$ 일 때, $J=1$ and $K=0$ 이므로 $z_2=1, z_1=1$
- ⑧ $x_1=1, x_2=1, z_2=1$ 일 때, $J=1$ and $K=0$ 이므로 $z_2=1, z_1=1$

현재상태	차기상태				출력			
	$x_1=0$ $x_2=0$	$x_1=0$ $x_2=1$	$x_1=1$ $x_2=0$	$x_1=1$ $x_2=1$	$x_1=0$ $x_2=0$	$x_1=0$ $x_2=1$	$x_1=1$ $x_2=0$	$x_1=1$ $x_2=1$
0	0	0	0	1	0	1	1	1
1	0	1	1	1	0	0	0	1

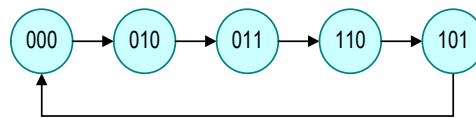
(3) 상태도 작성



5. 상태도 결정



6. 순서논리회로 해석



7. 순서논리회로 설계

(1) 상태 여기표 작성

현재 상태			차기 상태						플립플롭 입력						출력	
			$x=0$			$x=1$			$x=0$			$x=1$			$x=0$	$x=1$
A	B	C	A	B	C	A	B	C	D_A	D_B	D_C	D_A	D_B	D_C	F	F
0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0

(2) 플립플롭 입력 및 출력 함수

x_A	BC			
	00	01	11	10
00				
01		X	X	X
11		X	X	X
10	1	1		

$$D_A = x\bar{A}\bar{B}$$

x_A	BC			
	00	01	11	10
00	1			1
01	1	X	X	X
11	1	X	X	X
10			1	

$$D_B = A + \bar{x}\bar{C} + xBC$$

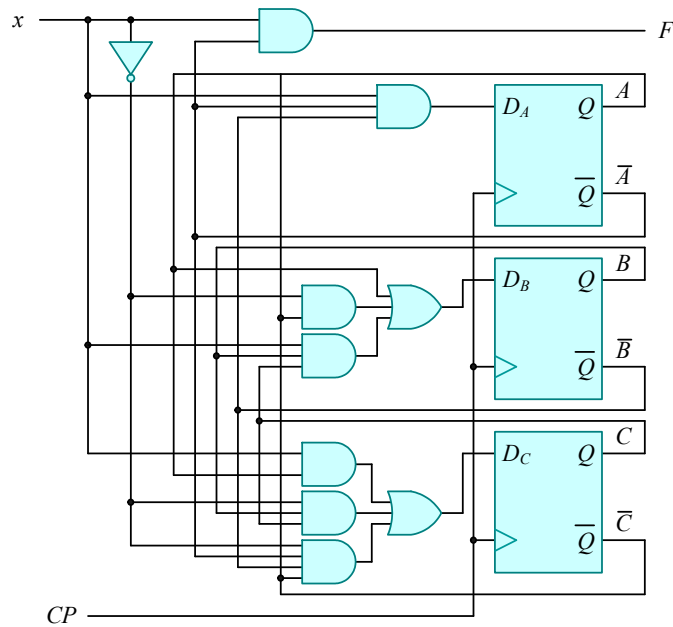
x_A	BC			
	00	01	11	10
00	1		1	
01		X	X	X
11	1	X	X	X
10				

$$D_C = xA + \bar{x}BC + \bar{x}\bar{A}\bar{B}\bar{C}$$

		BC			
x	A	00	01	11	10
	00				
	01		X	X	X
	11		X	X	X
	10	1	1	1	1

$F = x\bar{A}$

(3) 회로도



8. 순서논리회로 설계

(1) 상태표 작성

현재 상태		차기상태				출력	
		$x=0$		$x=1$		$x=0$	$x=1$
A	B	A	B	A	B	F	F
0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	0	1	0	1

(2) 상태 여기표 작성

조합논리회로 입력			차기 상태		조합논리회로 출력			
입력	현재 상태				플립플롭 입력			
x	A	B	A	B	J_A	K_A	J_B	K_B
0	0	0	0	1	0	x	1	x
0	0	1	0	0	0	x	x	1
0	1	0	1	1	x	0	1	x
0	1	1	0	0	x	1	x	1
1	0	0	0	0	0	x	0	x
1	0	1	1	0	1	x	x	1
1	1	0	1	0	x	0	0	x
1	1	1	0	1	x	1	x	0

(3) 플립플롭 입력 및 출력 함수

$x \backslash AB$	00	01	11	10
0			X	X
1		1	X	X

$$J_A = xB$$

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

$$K_A = B$$

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

$$J_B = \overline{x}$$

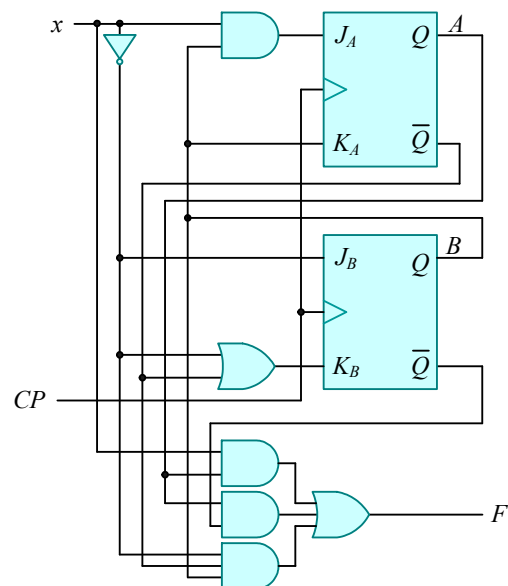
AB		00	01	11	10
		x			
0		X	1	1	X
1		X	1		X

$$K_B = \overline{x} + \overline{A}$$

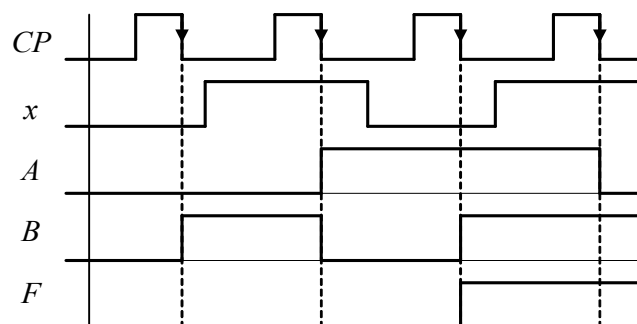
	AB			
x	00	01	11	10
0		1		1
1			1	1

$$F = xA + A\overline{B} + \overline{x}\overline{A}B$$

(4) 회로도



(5) 펄스입력 x 에 대한 회로 동작도



9. 순서논리회로 설계

(1) 상태 여기표 작성

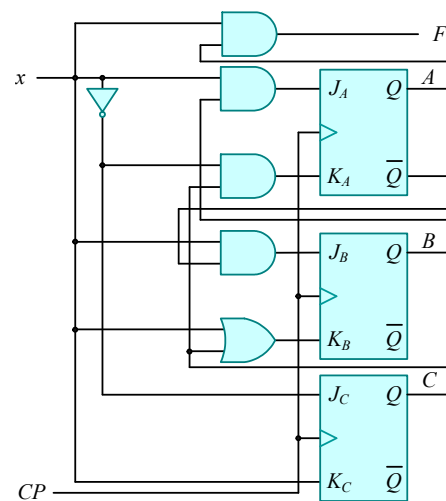
입력	현재 상태			차기 상태			플립플롭 입력						출력
x	A	B	C	A	B	C	J_A	K_A	J_B	K_B	J_C	K_C	F
0	0	0	1	0	0	1	0	x	0	x	x	0	0
0	0	1	0	0	1	1	0	x	x	0	1	x	0
0	0	1	1	0	0	1	0	x	x	1	x	0	0
0	1	0	0	1	0	1	x	0	0	x	1	x	0
0	1	0	1	0	0	1	x	1	0	x	x	0	0
1	0	0	1	0	1	0	0	x	1	x	x	1	0
1	0	1	0	1	0	0	1	x	x	1	0	x	0
1	0	1	1	1	0	0	1	x	x	1	x	1	0
1	1	0	0	1	0	0	x	0	0	x	0	x	1
1	1	0	1	1	0	0	x	0	0	x	x	1	1

0000, 0110, 0111, 1000, 1110, 1111은 Don't Care 처리.

(2) 플립플롭 입력 및 출력 함수

$J_A = xB$	$K_A = \bar{x}C$	$J_B = x\bar{A}$
$K_B = x + C$	$J_C = \bar{x}$	$K_C = x$
	$F = xA$	

(3) 회로도



10. 상태 축소

(1) 상태 a 와 h 가 동일하므로 축소하면 다음과 같다.

현재상태	차기상태		출력(z)	
	x=0	x=1	x=0	x=1
<i>a</i>	<i>c</i>	<i>f</i>	0	0
<i>b</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	0	0
<i>c</i>	<i>a</i>	<i>g</i>	0	0
<i>d</i>	<i>b</i>	<i>g</i>	0	0
<i>e</i>	<i>e</i>	<i>b</i>	0	1
<i>f</i>	<i>f</i>	<i>a</i>	0	1
<i>g</i>	<i>c</i>	<i>g</i>	0	1

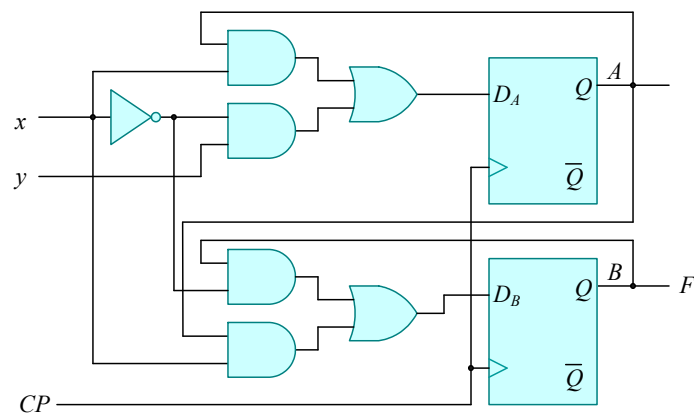
(2) 초기상태 a 에서 출발하여 입력순서가 $x=1001101$ 인 경우 차기상태와 출력

x		1	0	0	1	1	0	1
차기상태	a	f	f	f	a	f	f	a
출력(z)		0	0	0	1	0	0	1

11. 순서논리회로 설계

(1) 순서논리회로

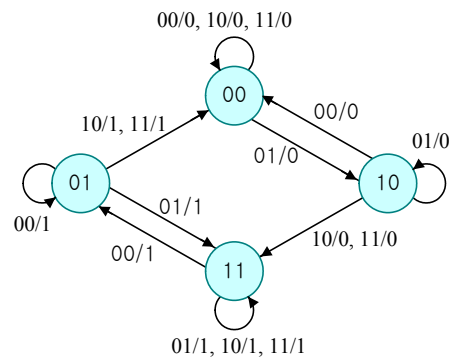
$$D_A = \bar{x}y + xA, \quad D_B = \bar{x}B + xA, \quad F = B$$



(2) 상태표

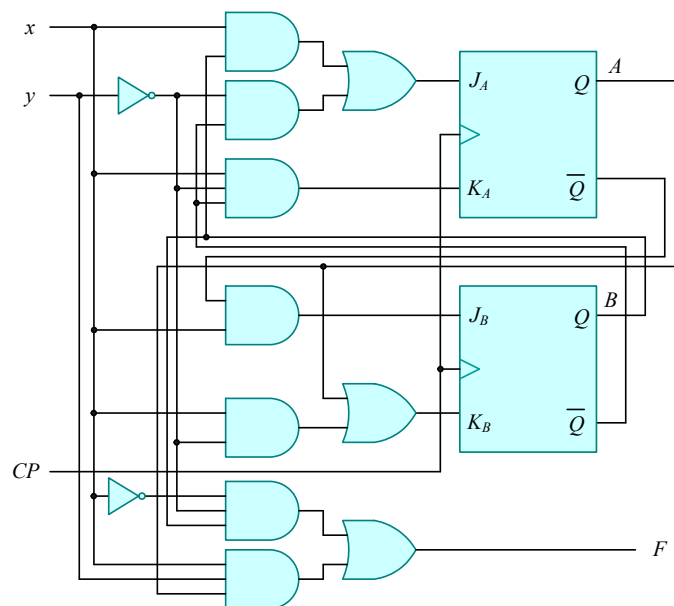
입력		현재상태		차기상태		출력
x	y	A	B	A	B	F
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1

(3) 상태도



12. 순서논리회로 설계

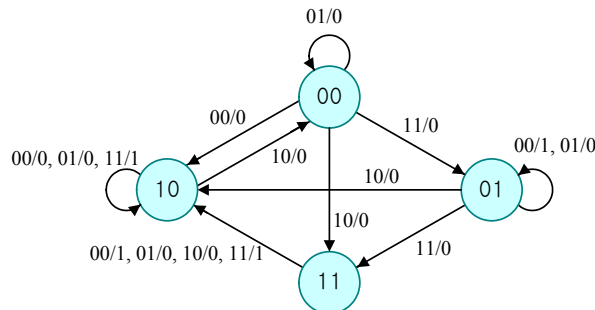
(1) 순서논리회로



(2) 상태 여기표

입력		현재상태		차기상태		출력
x	y	A	B	A	B	F
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	1	0
1	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	0	1	1	1	0
1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1

(3) 상태도



(4) 상태 방정식

$$\begin{aligned}
 A(t+1) &= (\overline{x}y\overline{B} + xy\overline{B} + x\overline{y}B + xyB)\overline{A} + (\overline{x}y\overline{B} + \overline{x}y\overline{B} + xy\overline{B} + \overline{x}yB + \overline{x}yB + xy\overline{B} + xyB)A \\
 &= (xB + \overline{y}\overline{B})\overline{A} + (\overline{x} + y + B)A \\
 B(t+1) &= (\overline{x}y\overline{A} + xy\overline{A})\overline{B} + (\overline{x}y\overline{A} + \overline{x}y\overline{A} + xy\overline{A})B \\
 &= (xA)\overline{B} + (\overline{x}A + yA)B
 \end{aligned}$$

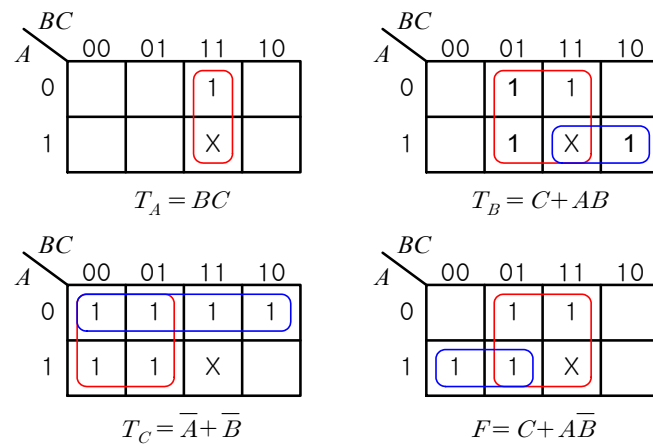
13. 상태를 이용한 순서논리회로 설계

(1) 상태 여기표

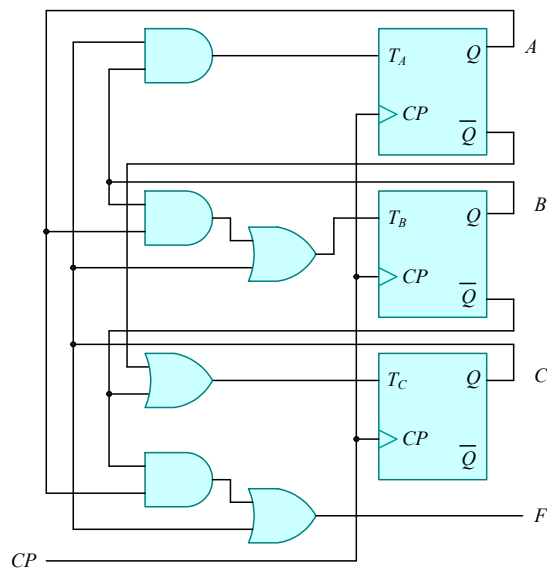
현재 상태			차기 상태			플립플롭 입력			출력
A	B	C	A	B	C	T_A	T_B	T_C	F
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	1	0	1	1	1	0	1	0	0

111은 Don't Care 처리.

(2) 플립플롭 입력 및 출력 함수



(3) 회로도

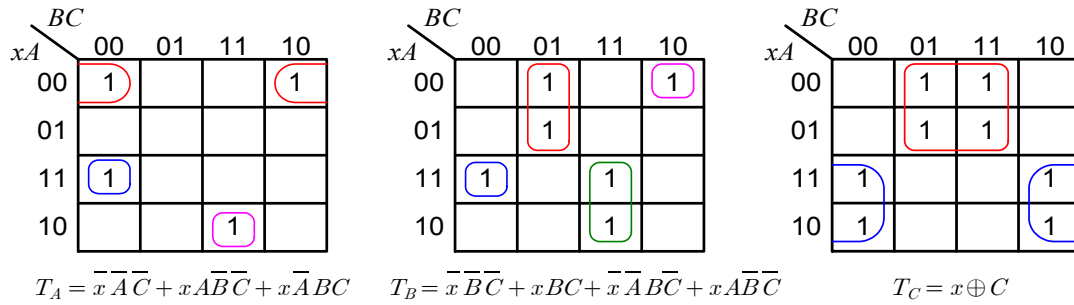


14. 상태를 이용한 순서논리회로 설계

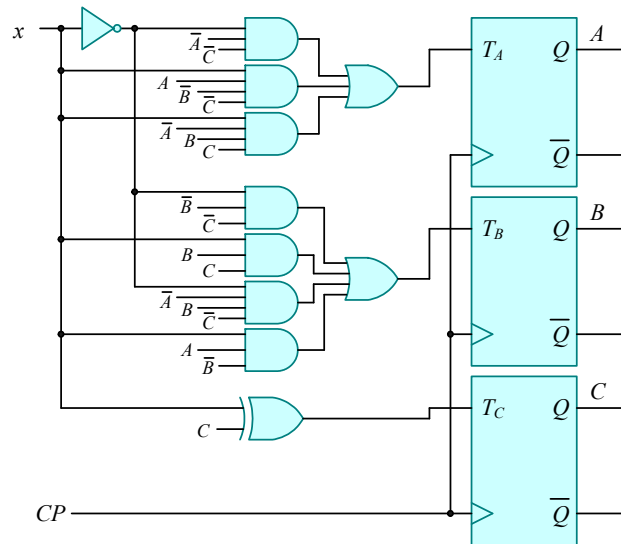
(1) 상태 여기표

입력	현재상태			차기상태			플립플롭 입력			출력
x	A	B	C	A	B	C	T_A	T_B	T_C	F
0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0

(2) 플립플롭 입력 함수



(3) 회로도

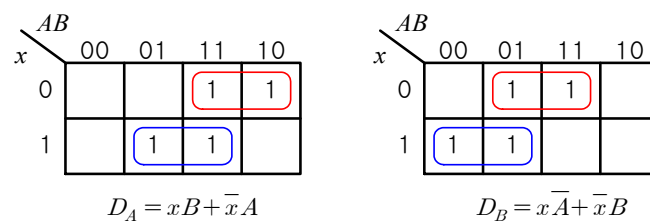


15. 순서논리회로 설계

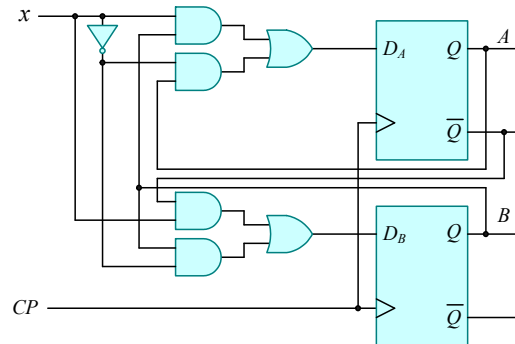
(1) 상태 여기표

입력	현재상태		차기상태		플립플롭 출력	
x	A	B	A	B	D_A	D_B
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	1	0

(2) 플립플롭 입력 함수



(3) 회로도

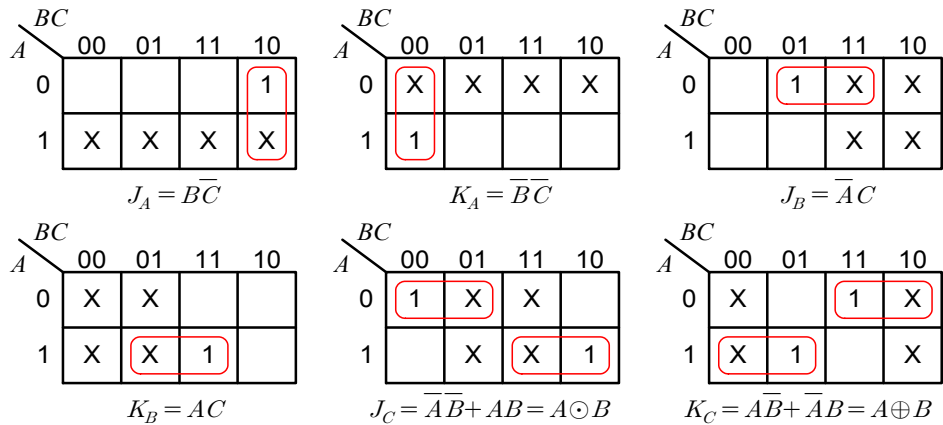


16. 3-비트 그레이 코드 카운터 설계(J-K 플립플롭 이용)

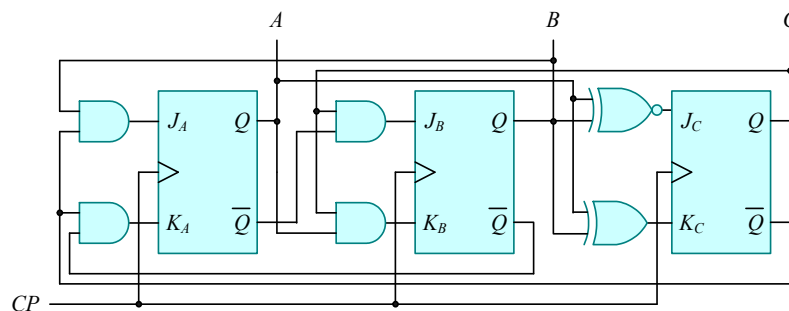
(1) 상태 여기표

현재 상태			차기 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	x	0	x	1	x
0	0	1	0	1	1	0	x	1	x	x	0
0	1	0	1	1	0	1	x	x	0	0	x
0	1	1	0	1	0	0	x	x	0	x	1
1	0	0	0	0	0	x	1	0	x	0	x
1	0	1	1	0	0	x	0	0	x	x	1
1	1	0	1	1	1	x	0	x	0	1	x
1	1	1	1	0	1	x	0	x	1	x	0

(2) 플립플롭 입력 함수



(3) 회로도



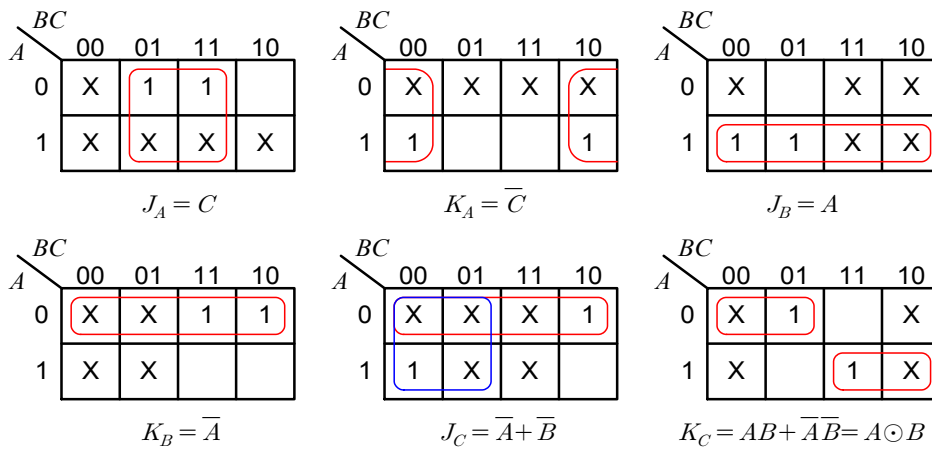
17. 상태를 이용한 순서논리회로 설계

(1) 상태 여기표

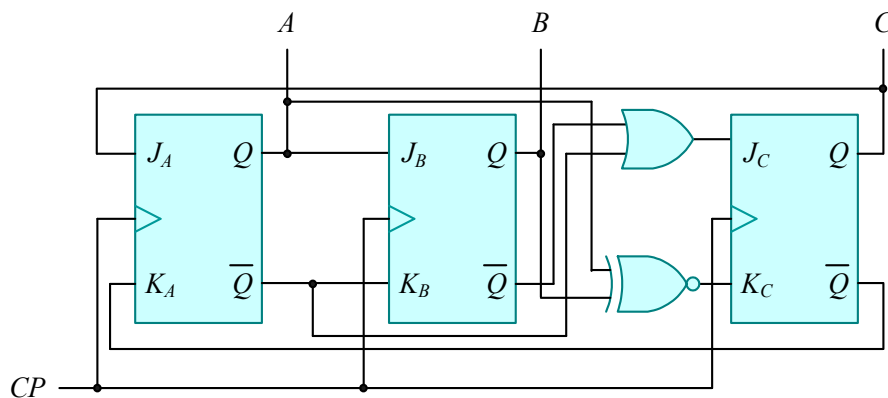
10진수	현재 상태			차기 상태			플립플롭 입력					
	A	B	C	A	B	C	J_A	K_A	J_B	K_B	J_C	K_C
1	0	0	1	1	0	0	1	x	0	x	x	1
2	0	1	0	0	0	1	0	x	x	1	1	x
3	0	1	1	1	0	1	1	x	x	1	x	0
4	1	0	0	0	1	1	x	1	1	x	1	x
5	1	0	1	1	1	1	x	0	1	x	x	0
6	1	1	0	0	1	0	x	1	x	0	0	x
7	1	1	1	1	1	0	x	0	x	0	x	1

000은 무관항(don't care)으로 처리

(2) 플립플롭 입력 함수



(3) 회로도



18. 순서논리회로 설계

(1) 상태 여기표

현재 상태			차기 상태			플립플롭 입력			
A	B	C	A	B	C	D	J	K	T
0	0	1	1	0	0	1	0	x	1
0	1	0	1	0	1	1	x	1	1
0	1	1	1	1	0	1	x	0	1
1	0	0	0	1	1	0	1	x	1
1	0	1	0	0	1	0	0	x	0
1	1	0	0	1	0	0	x	0	0

000, 111은 don't care

(2) 플립플롭 입력 함수

BC

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

$D = \bar{A}$

BC

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

$J = \bar{C}$

BC

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

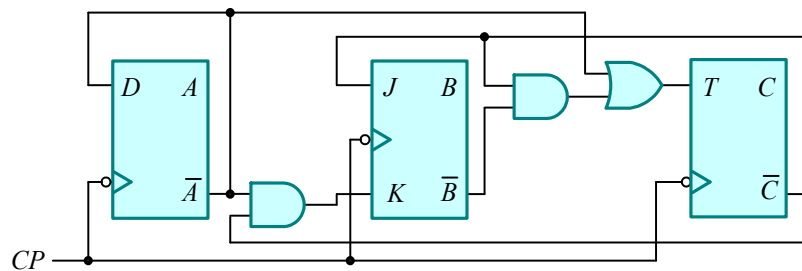
$K = \bar{A}\bar{C}$

BC

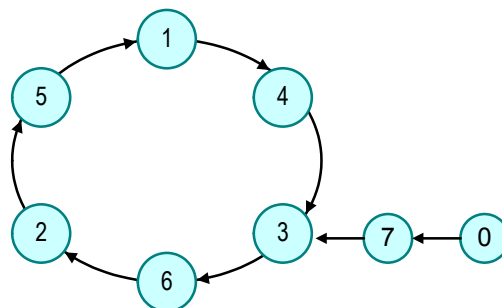
A \ BC	00	01	11	10
0	X	1	1	1
1	1		X	

$T = \bar{A} + \bar{B}\bar{C}$

(3) 회로도

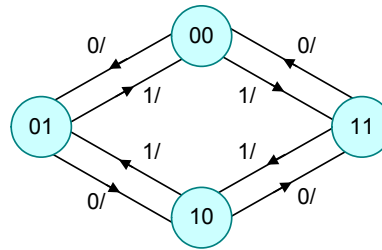


(4) 초기상태가 0 또는 7일 때의 동작



19. 순서논리회로 설계

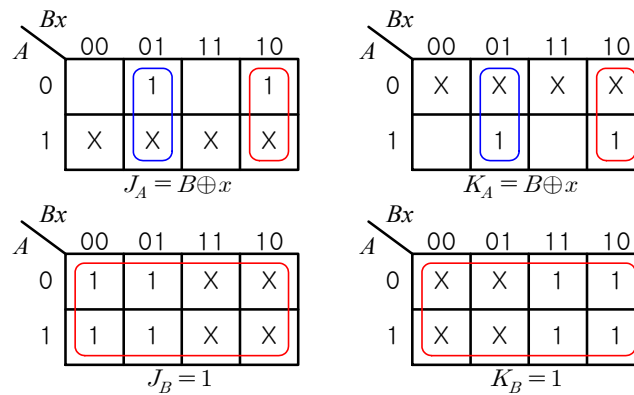
(1) 상태도



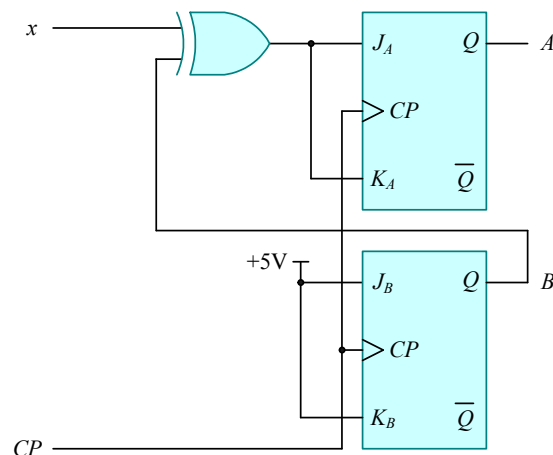
(2) 상태 여기표

현재상태		외부입력	차기상태		플립플롭의 입력			
A	B	x	A	B	J_A	K_A	J_B	K_B
0	0	0	0	1	0	×	1	×
0	0	1	1	1	1	×	1	×
0	1	0	1	0	1	×	×	1
0	1	1	0	0	0	×	×	1
1	0	0	1	1	×	0	1	×
1	0	1	0	1	×	1	1	×
1	1	0	0	0	×	1	×	1
1	1	1	1	0	×	0	×	1

(3) 플립플롭 입력 함수



(4) 회로도



20. 상태 방정식을 이용한 순서논리회로 설계

$$A(t+1) = xAB + y\bar{A}C + xy = xAB + y\bar{A}C + xy(A + \bar{A}) \\ = (yC + xy)\bar{A} + (xy + xB)A$$

$J-K$ 플립플롭의 특성 방정식은 $Q(t+1) = J\bar{Q} + \bar{K}Q$ 이므로

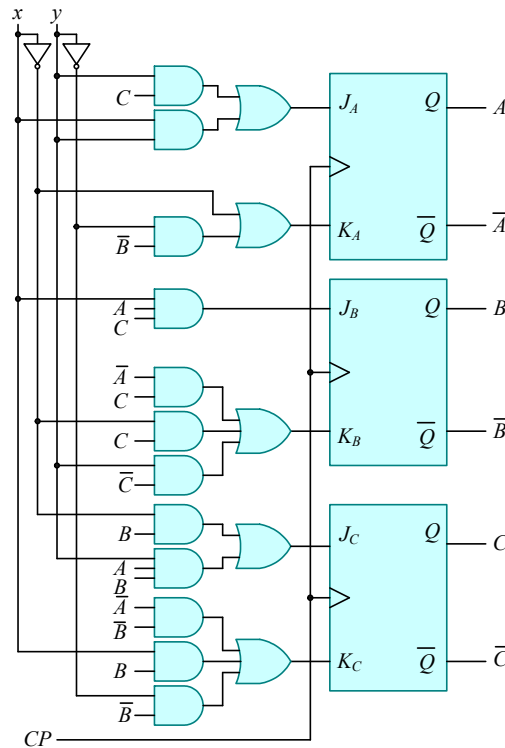
$$J_A = yC + xy, \quad K_A = \overline{xy + xB} = \bar{x} + \bar{y}\bar{B}$$

$$B(t+1) = xAC + \bar{y}B\bar{C} = xAC(B + \bar{B}) + \bar{y}B\bar{C} = xAC\bar{B} + (\bar{y}\bar{C} + xAC)B$$

$$J_B = xAC, \quad K_B = \overline{\bar{y}\bar{C} + xAC} = \bar{A}C + \bar{x}C + y\bar{C}$$

$$C(t+1) = \bar{x}B + yA\bar{B} = (\bar{x}B + yA\bar{B})(C + \bar{C}) = (\bar{x}B + yA\bar{B})\bar{C} + (\bar{x}B + yA\bar{B})C$$

$$J_C = \bar{x}B + yA\bar{B}, \quad K_C = \overline{\bar{x}B + yA\bar{B}} = \bar{A}\bar{B} + xB + \bar{y}\bar{B}$$

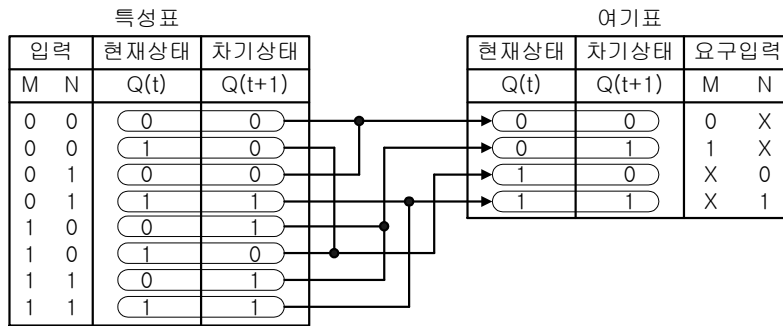


21. $M-N$ 플립플롭을 이용한 회로설계

(1) 주어진 조건에 의하여 $M-N$ 플립플롭의 진리치표는 다음과 같다.

M	N	$Q(t+1)$
0	0	0
0	1	$Q(t)$ (불변)
1	0	$\overline{Q(t)}$ (toggle)
1	1	1

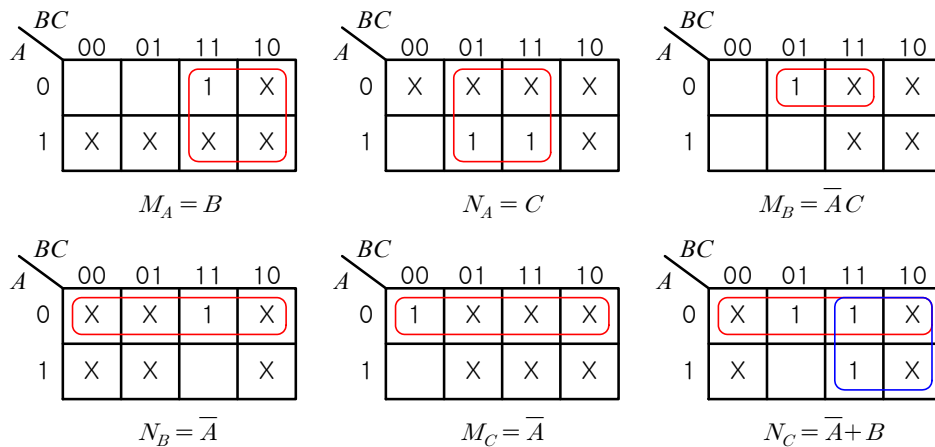
진리표를 이용하여 여기표를 작성하면 아래와 같다.



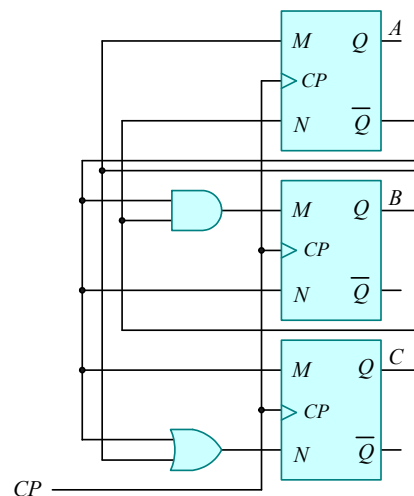
(2) 상태 여기표

현재상태			차기상태			플립플롭 입력					
A	B	C	A	B	C	M _A	N _A	M _B	N _B	M _C	N _C
0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	1	x
0	0	1	0	1	1	0	x	1	x	x	1
0	1	1	1	1	1	1	x	x	1	x	1
1	0	0	0	0	0	x	0	0	x	0	x
1	0	1	1	0	0	x	1	0	x	x	0
1	1	1	1	0	1	x	1	x	0	x	1

(3) 카르노 맵

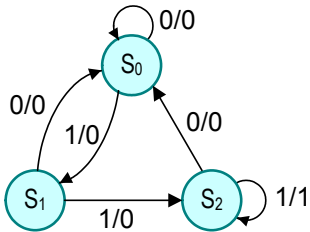


(4) 회로도



22. 순서논리회로 설계

(1) 상태도



(2) 상태표

현재상태	차기상태		출력	
	$x=0$	$x=1$	$x=0$	$x=1$
S_0	S_0	S_1	0	0
S_1	S_0	S_2	0	0
S_2	S_0	S_2	0	1

(3) 상태 여기표

현재상태		입력 x	차기상태		플립플롭 입력		출력 z
A	B		A	B	J_A	K_A	
0	0	0	0	0	0	×	0
0	0	1	0	1	0	×	0
0	1	0	0	0	0	×	0
0	1	1	1	0	1	×	0
1	0	0	0	0	×	1	0
1	0	1	1	0	×	0	1
1	1	0	×	×	×	×	×
1	1	1	×	×	×	×	×

(4) 플립플롭 입력 및 출력함수

A	Bx			
	00	01	11	10
0			1	
1	X	X	X	X

$$J_A = Bx$$

A	Bx			
	00	01	11	10
0	X	X	X	X
1	1		X	X

$$K_A = \bar{x}$$

A	Bx			
	00	01	11	10
0		1	X	X
1			X	X

$$J_B = \bar{A}x, K_B = \bar{A}x$$

A	Bx			
	00	01	11	10
0	X	X	1	1
1	X	X	X	X

$$K_B = 1$$

A	Bx			
	00	01	11	10
0				
1		1	X	X

$$z = Ax$$

(5) 회로도

	Bx						
A		00	01	11	10		
0				1			
1		X	X	X	X		
		$J_A = Bx$					

	Bx						
A		00	01	11	10		
0		X	X	X	X		
1		1	1	X	X		
		$K_A = 1$					

	Bx						
A		00	01	11	10		
0			1	X	X		
1				X	X		
		$J_B = \bar{A}x$					

	Bx						
A		00	01	11	10		
0		X	X	1	1		
1		X	X	X	X		
		$K_B = 1$					

	Bx						
A		00	01	11	10		
0							
1			1	X	X		
		$z = Ax$					

(5) 회로도

