

순차논리소자

Jo, Heeseung

5.1 래치

래치(걸쇠, latch)

- 제어 입력에 따라 0 또는 1 상태를 유지하는 기억 소자

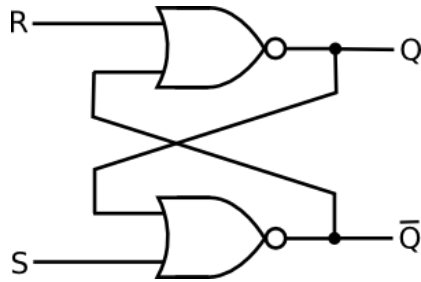
내용

- 5.1.1 NOR 래치
- 5.1.2 NAND 래치
- 5.1.3 클럭 제어 래치

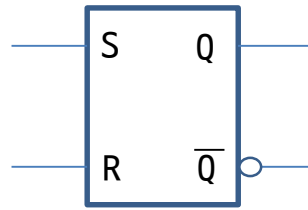
5.1.1 NOR 래치

R : Reset, 0

S : Set, 1

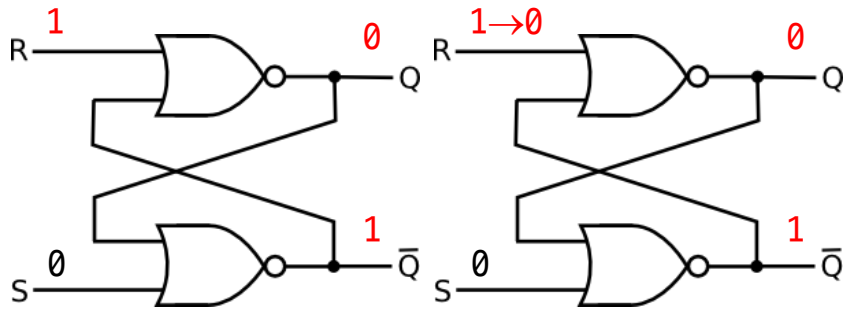


(a) NOR 래치 구조



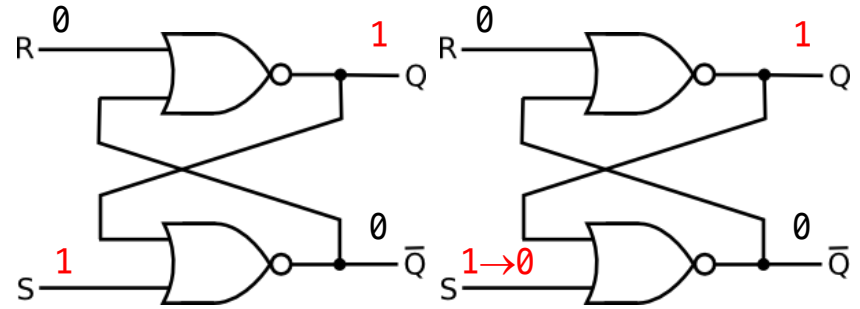
(b) 블록도

S	R	Q	동작 설명
0	0	Q_0	
0	1	0	
1	0	1	
1	1	NA	



(a) 리셋

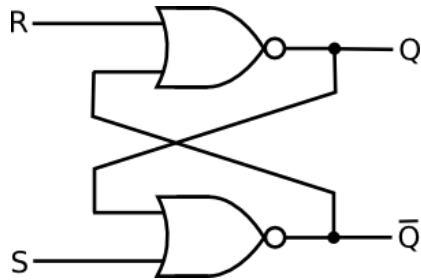
(b) 리셋 유지



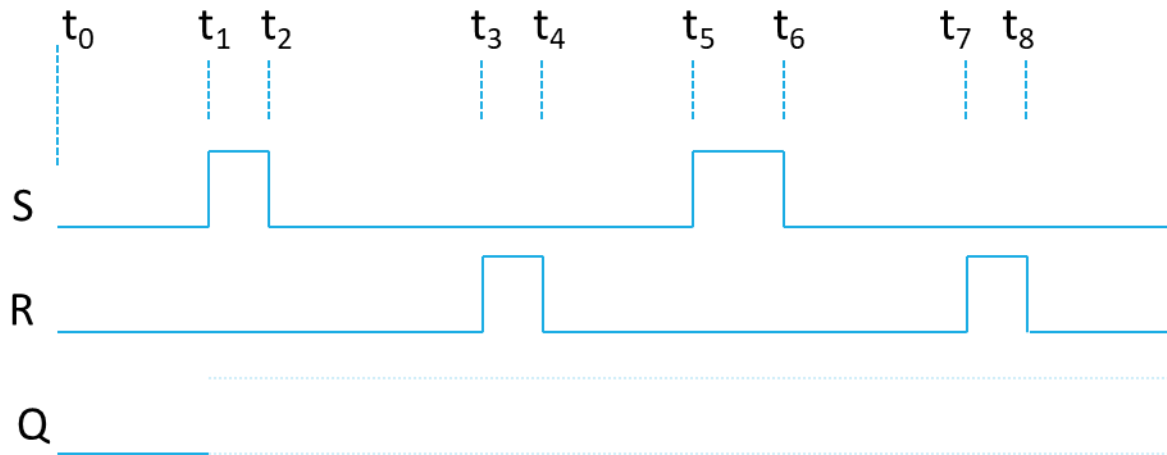
(c) 셋

(d) 셋 유지

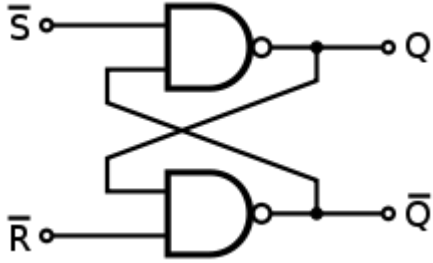
NOR 래치 동작 예



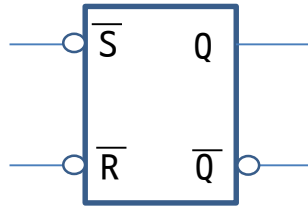
S	R	Q	동작 설명
0	0	Q_0	유지
0	1	0	리셋
1	0	1	셋
1	1	NA	사용 불허



5.1.2 NAND 래치

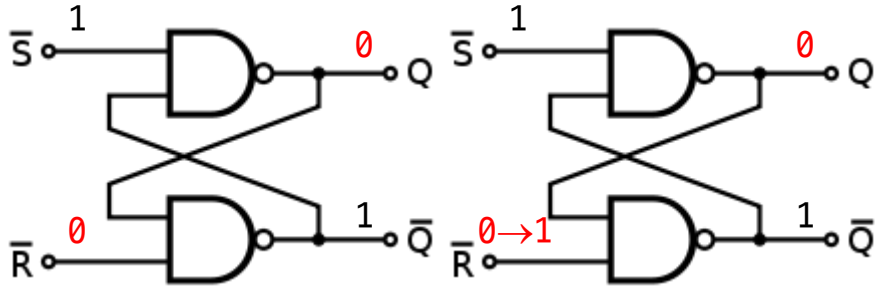


(a) NAND 래치 구조



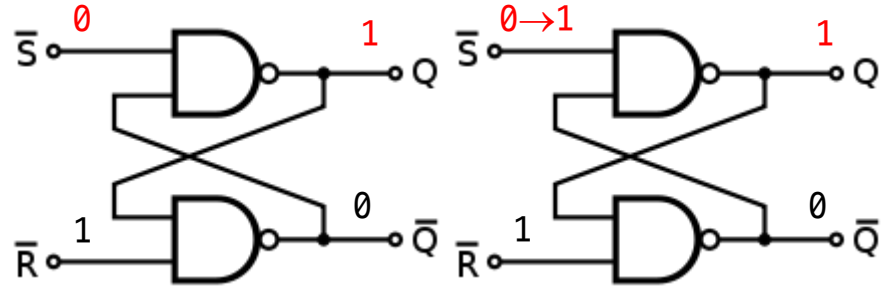
(b) 블록도

/S	/R	Q	동작 설명
1	1	Q_0	
1	0	0	
0	1	1	
0	0	NA	



(a) 리셋

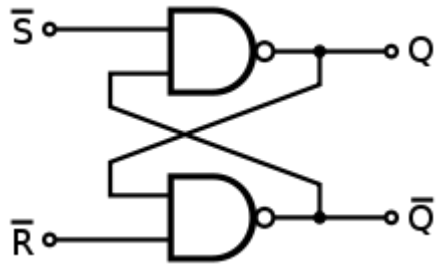
(b) 리셋 유지



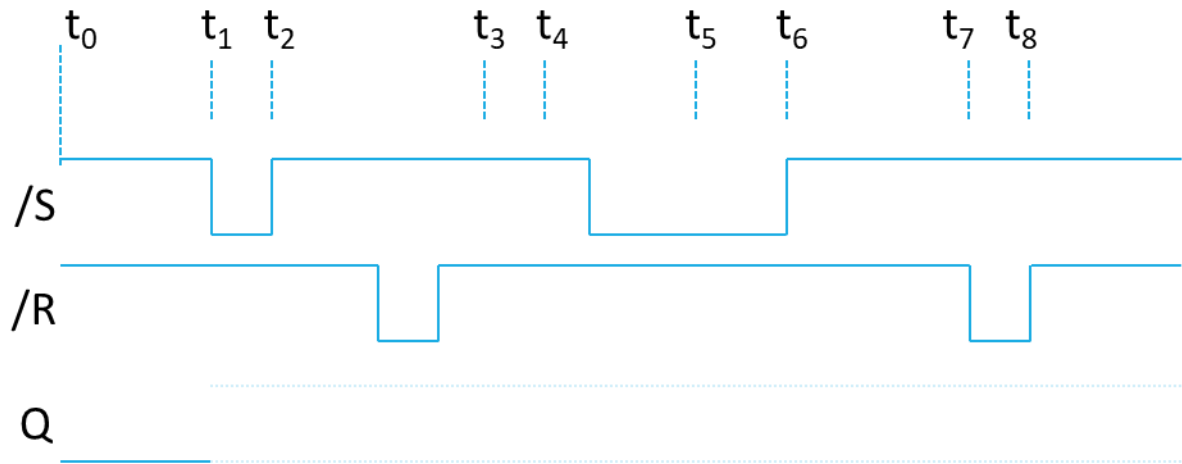
(c) 셋

(d) 셋 유지

NAND 래치 동작 예

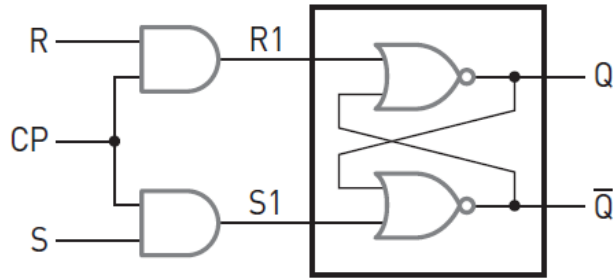


/S	/R	Q	동작 설명
1	1	Q_0	유지
1	0	0	리셋
0	1	1	셋
0	0	NA	사용 불허

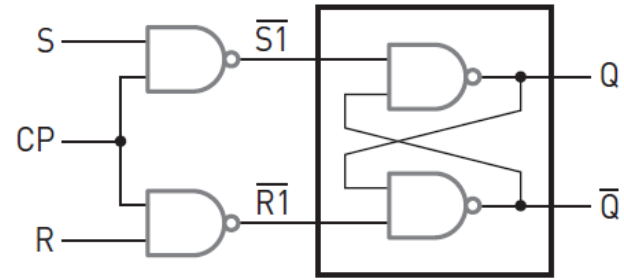


5.1.3 클럭 제어 래치

CP(Clock Pulse)가 1일때만 동작



(a) 클럭 제어 NOR 래치

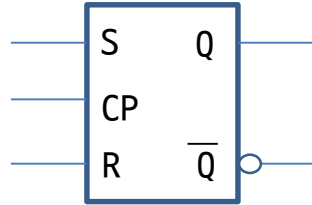


(b) 클럭 제어 NAND 래치

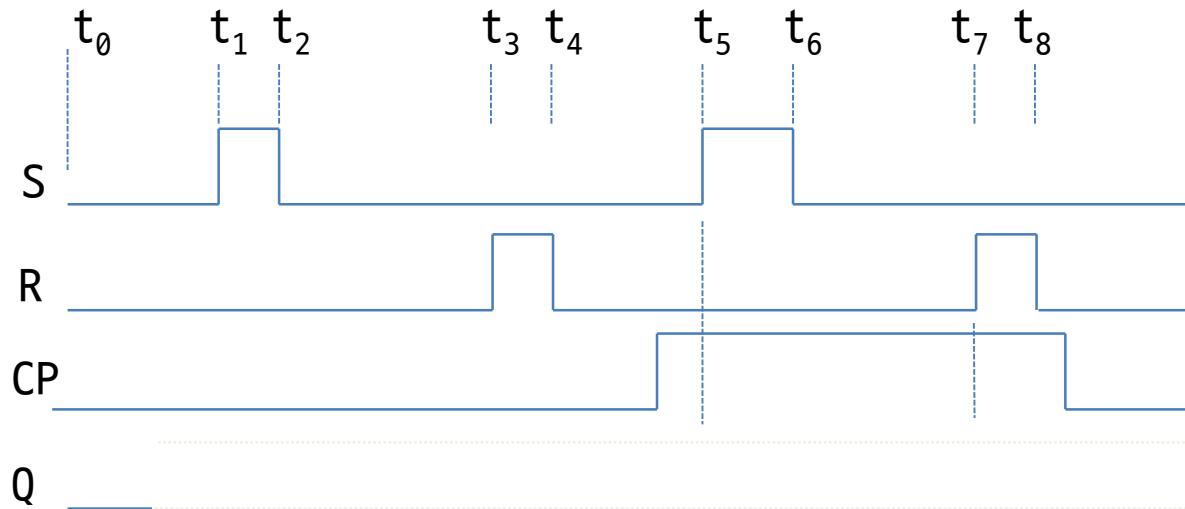
CP	S	R	S1	R1	Q
0	x	x			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

CP	S	R	/S1	/R1	Q
0	x	x			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

클럭 제어 SR latch의 동작



CP	S	R	Q
0	x	x	Q_0
1	0	0	Q_0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	사용 불허



5.1 래치 요약

래치

- 한 비트 데이터를 저장하는 기억 소자
- NOR 래치
- NAND 래치

클럭 제어 래치

- 클럭 펄스가 1일 때만 래치로 동작

5.2 플립플롭

래치와 플립플롭

- 래치: 클럭의 높은 레벨에서 출력 변경
- 플립플롭: 클럭 에지에서 출력 변경

학습 목표

- 플립플롭의 동작 원리를 설명할 수 있다
- 클럭 펄스와 비동기 리셋 신호에 따른 플립플롭의 출력을 해석할 수 있다

내용

- 5.2.1 클럭 펄스
- 5.2.2 플립플롭
- 5.2.3 플립플롭 종류
- 5.2.4 비동기 리셋 입력

5.2.1 클럭 펄스

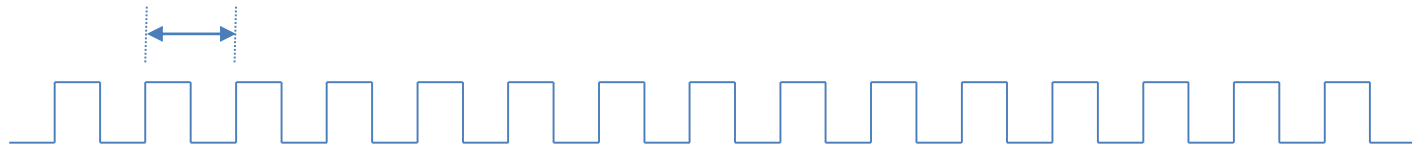
발진기 (oscillator)

- 디지털 시스템에 클럭 펄스를 공급하는 소자

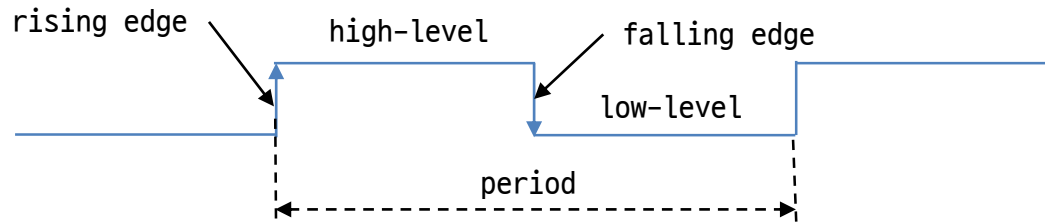
클럭 펄스

- 0과 1을 무한 반복하는 신호
- 주기(period): 한 개의 구간
 - 단위는 시간, 초(second)
- 주파수(frequency) = $1/\text{주기 Hz}$

주기(period)

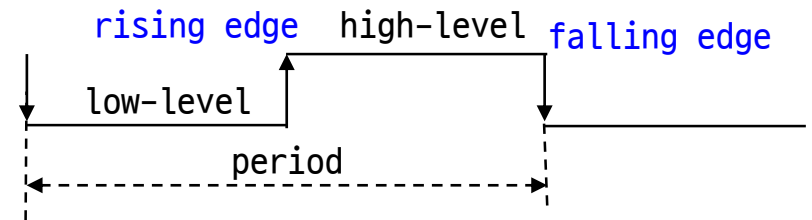
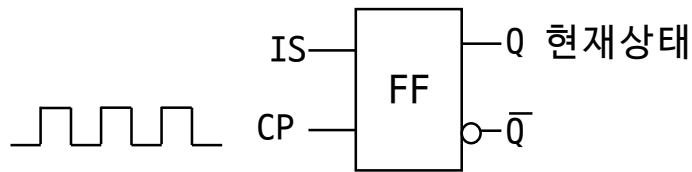


(a) 클럭 펄스



(b) 한 주기

5.2.2 플립플롭



플립플롭의 일반 형태와 클럭 펄스(CP)

클럭 펄스의 한 주기

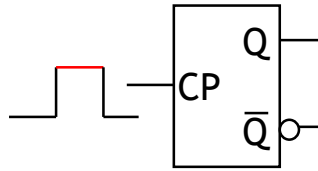
플립플롭(flip-flop)

- 한 비트의 값을 저장하는 기억 소자
- $0 \leftrightarrow 1$ 로 값이 변하는 모습
- 출력 2개: Q, Q' (항상 반대 값)

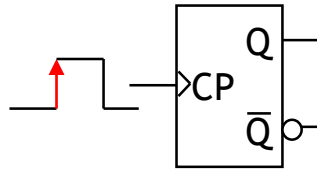
플립플롭의 동작을 결정하는 요인

- 출력 변경 시간(타이밍): 클럭 펄스에 의해 결정
- 입력 신호: 종류와 값에 따라 출력 값(다음상태, next state) 결정

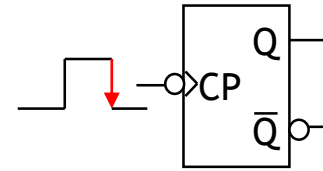
플립플롭 동작 타이밍



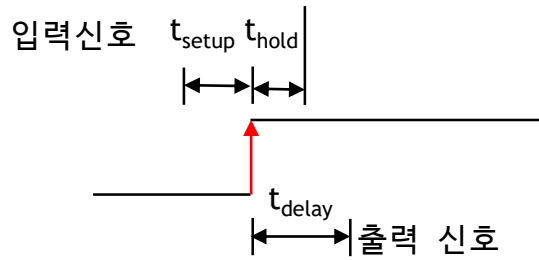
(a) Latch or Level Trigger



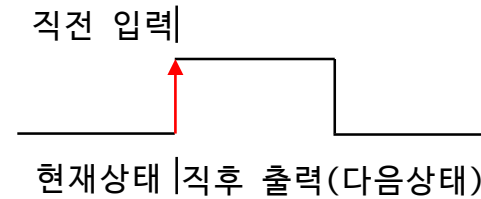
(b) Positive Edge Trigger



(c) Negative Edge Trigger



(a) 미시적 관점



(b) 거시적 관점

플립플롭의 **현재상태(current state)**는

- 클럭이 인가되기 직전 입력 신호의 값에 따라
- 클럭이 인가된 직후에 **다음상태(next state)**로 변함

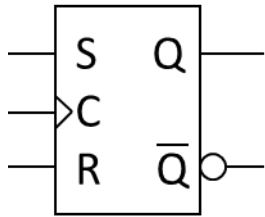
5.2.3 플립플롭 종류

플립플롭 종류

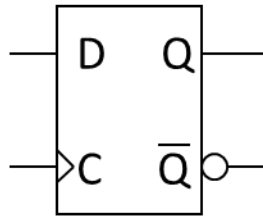
- SR-FF, D-FF, JK-FF, T-FF

동작 타이밍

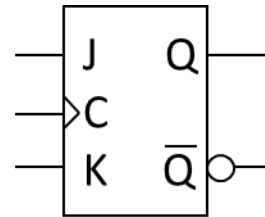
- 상승 에지 플립플롭과 하강 에지 플립플롭
- 상승 에지 플립플롭으로 설명



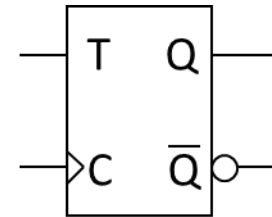
(a) SR-FF



(b) D-FF



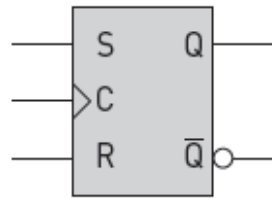
(c) JK-FF



(d) T-FF

SR-플립플롭

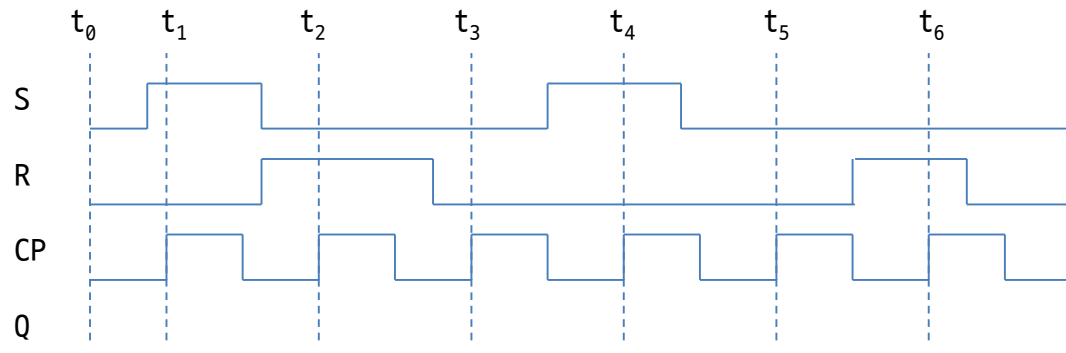
Set Reset으로 값을 설정



[그림 5-13] SR-플립플롭

SR-FF 특성표

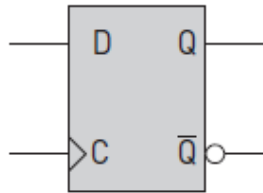
CP	S	R	다음상태 Q	설명
↑	0	0		
↑	0	1		
↑	1	0		
↑	1	1		



D-플립플롭

Data로 값을 설정

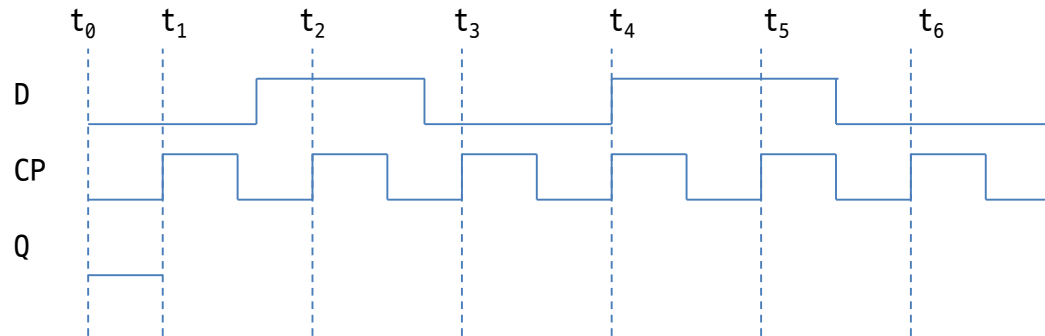
- CP일때 반응 -> Delay되는 효과



[그림 5-15] D-플립플롭

D-FF 특성표

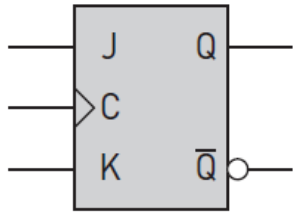
CP	D	다음상태 Q	설명
↑	0		
↑	1		



JK-플립플롭

J(Set) K(Reset)으로 값을 설정

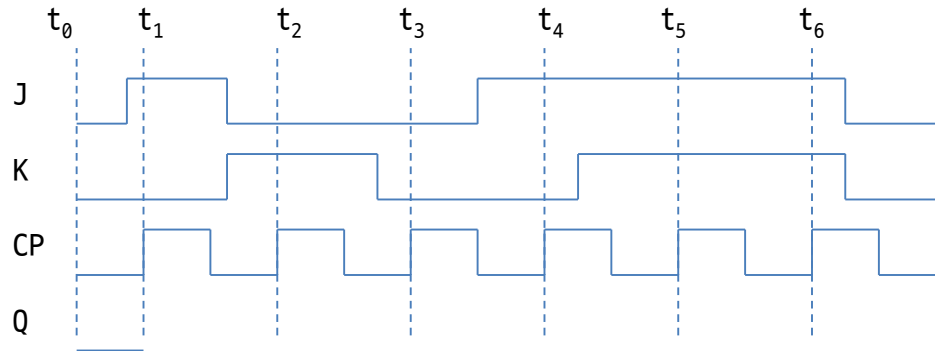
- J=1, K=1을 허용 : 값을 반전



[그림 5-17] JK-플립플롭

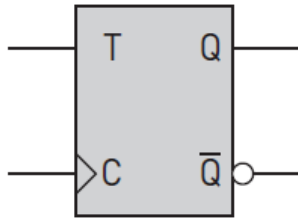
JK-FF 특성표

CP	J	K	다음상태 Q	설명
↑	0	0		
↑	0	1		
↑	1	0		
↑	1	1		



T-플립플롭

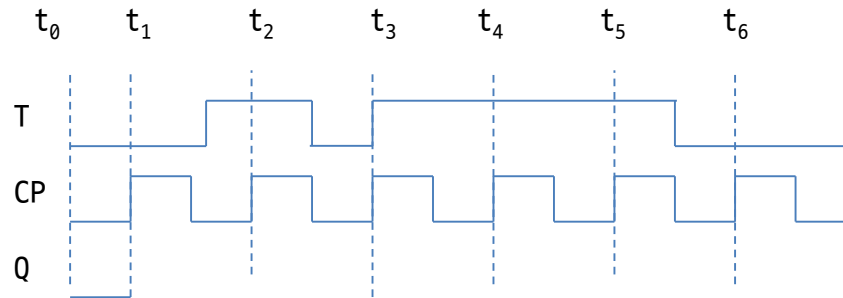
Toggle로 값을 반전



[그림 5-19] T-플립플롭

T-FF 특성표

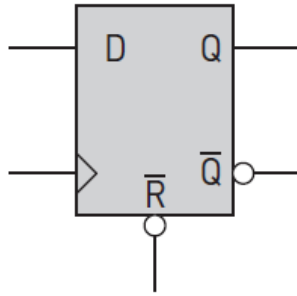
CP	T	다음상태 Q	설명
↑	0		
↑	1		



5.2.4 비동기 리셋 입력

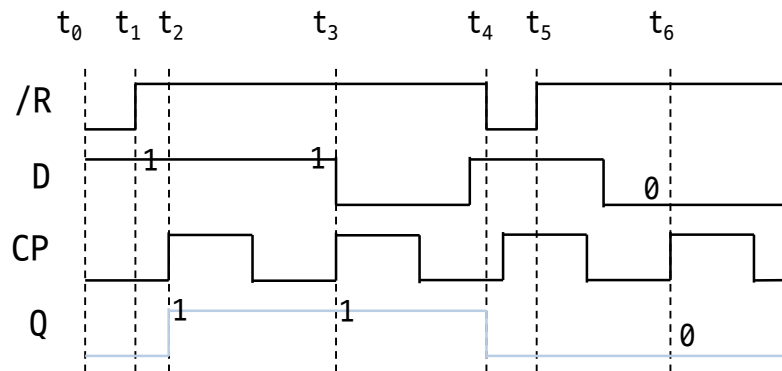
플립플롭 제어 신호

- 동기(synchronous): 클럭 신호에 맞춰 동작
- 비동기(asynchronous): 클럭과 관계없이 동작

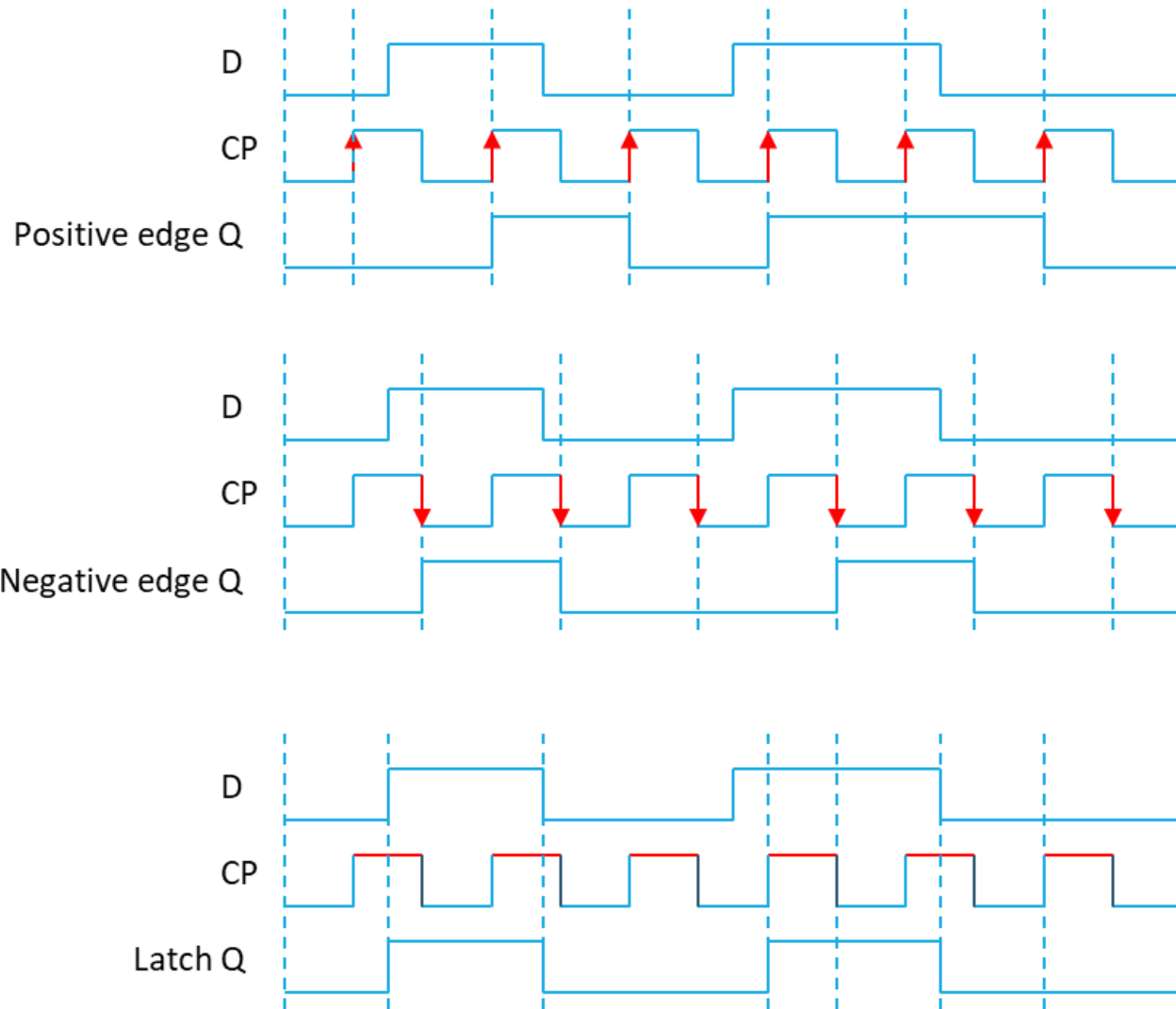


/R	CP	D	Q	설명
0	x	x	0	비동기 리셋
1	↑	0	0	클리어
1	↑	1	1	세트

[그림 5-21] 리셋 기능이 있는 D-플립플롭



[예제 5-2] 래치와 플립플롭 출력 비교



5.2 플립플롭 요약

플립플롭

- 클럭 펄스의 에지에서 출력이 변하는 기억소자
- 출력:
 - 클럭펄스가 인가되는 직전 입력 신호의 값에 따라 클럭펄스가 인가된 직후에 출력이 변경

입력 신호에 따른 플립플롭 종류

- SR-FF: 세트, 리셋
- D-FF: Data 세트
- JK-FF: 세트, 리셋, 토글
- T-FF: 토글

비동기 리셋 입력

- 클럭 펄스와 관계없이 플립플롭의 출력을 0으로 만듦

5.4 요약

5.1 래치

- NOR Latch, NAND latch
- Gated SR Latch

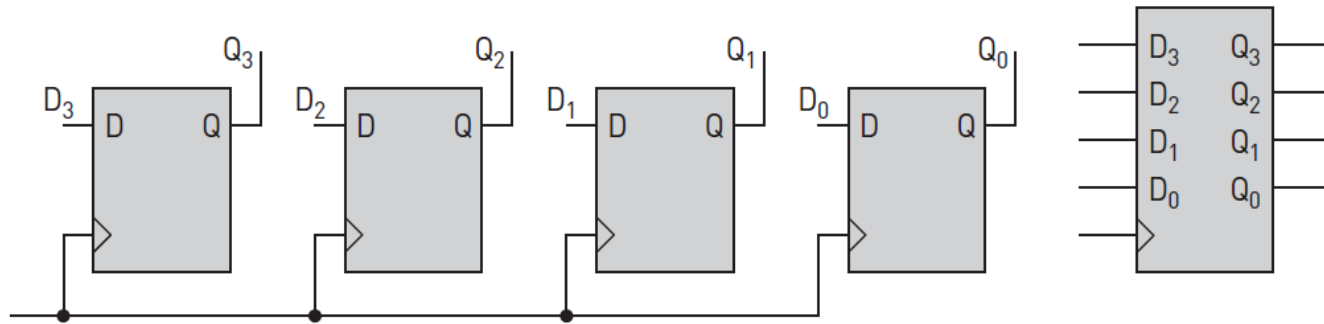
5.2 플립플롭

- 클록 직전 입력 값에 따라 클록 직후 출력 변화
- SR-FF, D-FF, JK-FF, T-FF
- 비동기 리셋: 출력 초기화

레지스터

레지스터(register)

- 여러 비트의 이진 정보를 저장하는 소자
- 클럭을 공유하여 동시에 동작



[그림 5-23] 4비트 레지스터

Example



삼성전자 DDR5-4800

삼성전자 / 데스크탑 / DDR5 / DIMM / 8(GB) / 4800(MHZ), PC5-38400 /