



실험으로 배우는 디지털 논리회로

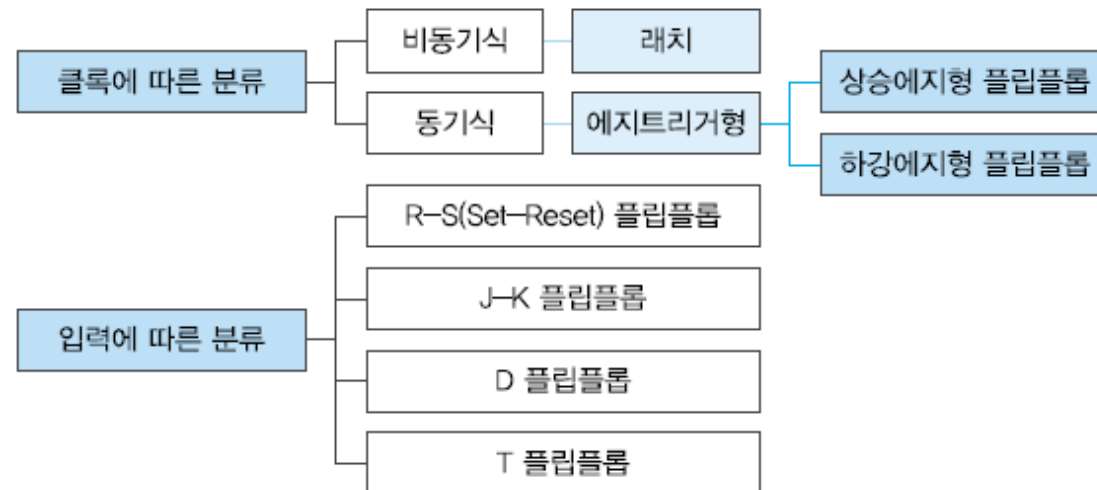
Ch7. 플립플롭

담당 : 김도영

doyoungkim2004@gmail.com

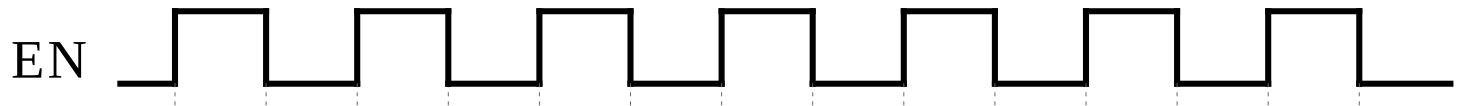
플립플롭

- 입력의 변화가 없으면 출력이 일정한 2진 값을 유지하도록 동작되는 기억소자
- 출력이 변화를 일으키는 시점에 따라 동기식, 비동기식으로 나뉨.



플립플롭 - 클록에 따른 분류

- 비동기식 플립플롭 → 입력의 변화에 따라 출력을 변화시킬 수 있는 플립플롭 (래치, latch)



- 동기식 플립플롭 → 입력이 아무리 변해도 동기신호가 출력을 변화시킬 시점이 아니면 출력의 변화가 일어나지 않는 플립플롭



플립플롭 - 동기식

- 에지 트리거형 플립플롭 → 클록펄스 신호 중에서 에지 (edge)일 때 입력신호에 대하여 래치로 동작
나머지 클록펄스 신호에 대해서는 입력신호에 관계없이 출력의 변화가 일어나지 않는 플립플롭



펄스변위 검출기 (pulse transition detector)

- 에지 트리거형 플립플롭에 구형파의 클럭신호를 인가했을 때 트리거형 신호를 발생
- 전파지연시간(propagation delay time)이라는 전기적 특성에 의해 시간적 변위 특징이용.

CP : Clock Pulse

CLK : Clock

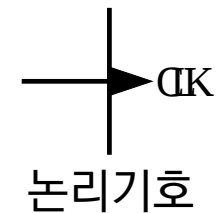
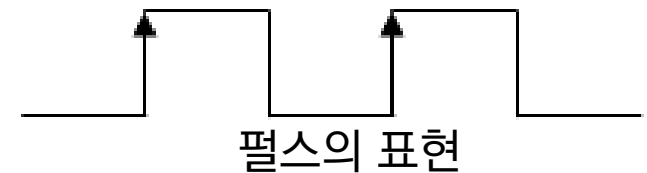
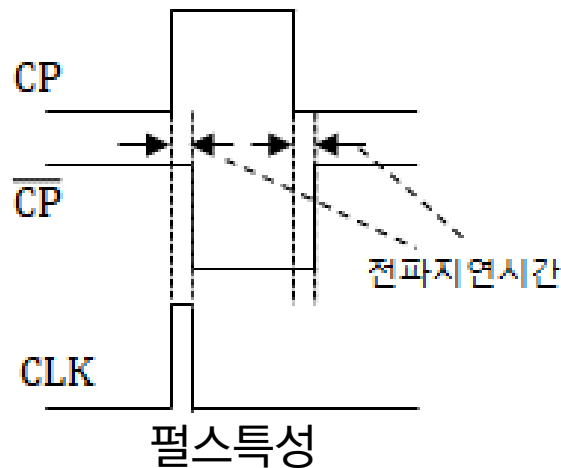
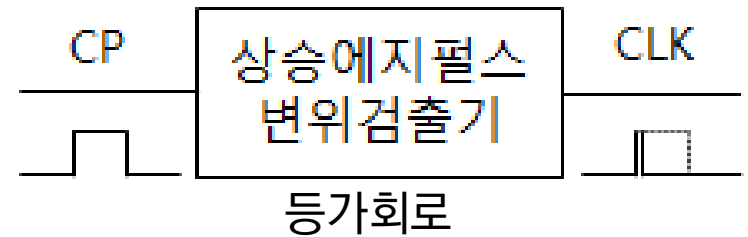
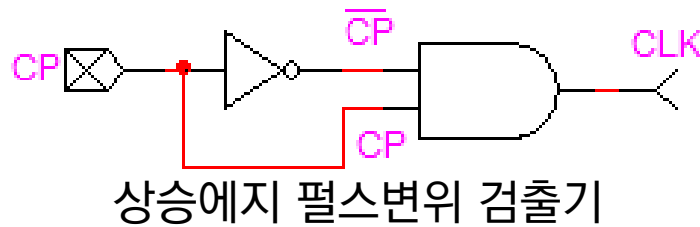


NOT

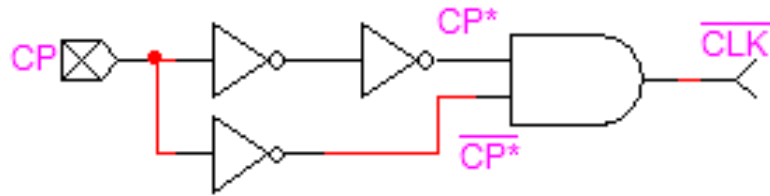
$\overline{CP}$: Clock Pulse

$\overline{CLK}$: Clock

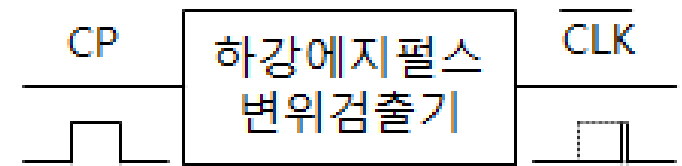
펄스변위 검출기 (pulse transition detector)



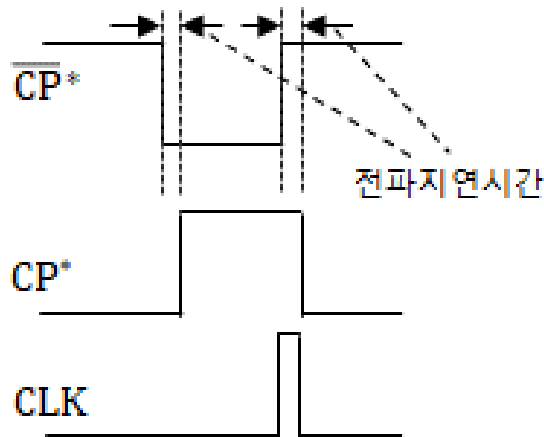
펄스변위 검출기 (pulse transition detector)



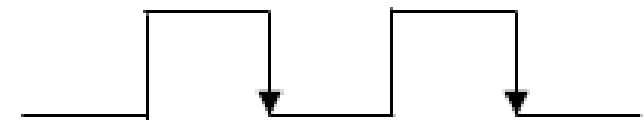
하강에지 펄스변위 검출기



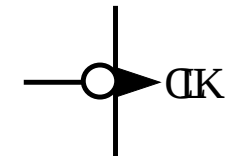
등가회로



펄스특성



펄스의 표현



논리기호

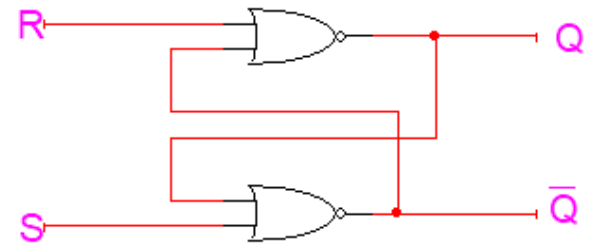
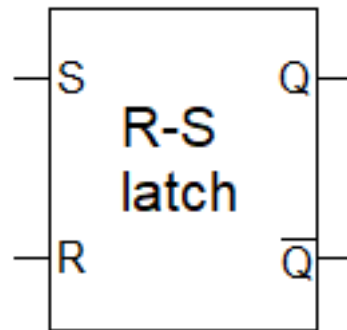
R-S 플립플롭

■ R-S 래치

- S(set)와 R(reset)의 두 가지 입력을 가지며, 이것은 모든 플립플롭의 기본
- NOR 게이트나 NAND 게이트로 구성된 두 가지 형태. (한 게이트의 출력이 다른 게이트의 입력과 결합)

R-S 래치

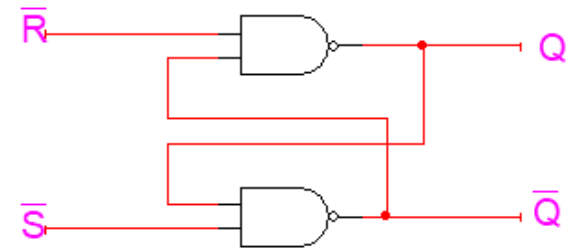
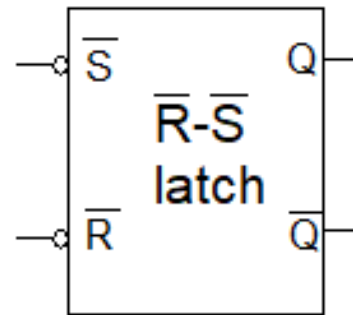
입력		출력
S	R	Q
0	0	변화없음
0	1	0
1	0	1
1	1	불확실한 출력



- S에 1 → 셋(set) 의미로 출력 $Q = 1$,
- R에 1 → 리셋(reset) 의미로 출력 $Q = 0$
- 두 신호 S와 R에 0이 인가되면 두 신호의 변화가 없음 의미 → 출력은 이전의 상태를 유지
- 두 신호 S와 R에 모두 1을 인가하면 출력은 모두 0 (플립플롭으로서 기능상실)

$\overline{R} - \overline{S}$ 래치

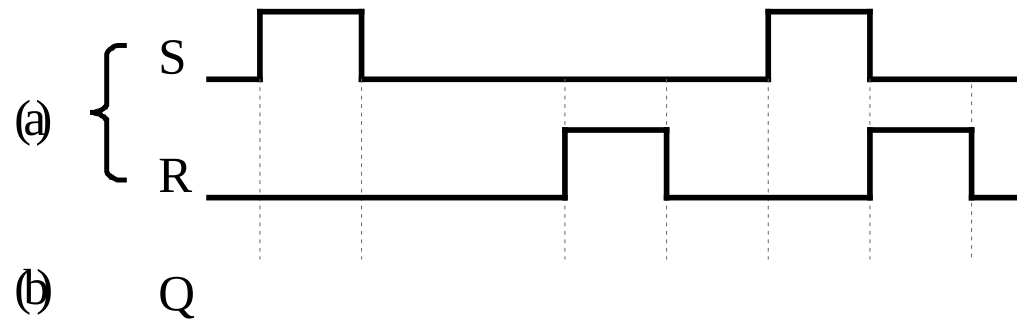
입력		출력
$\overline{S}$	$\overline{R}$	Q
1	1	변화없음
1	0	0
0	1	1
0	0	불확실한 출력



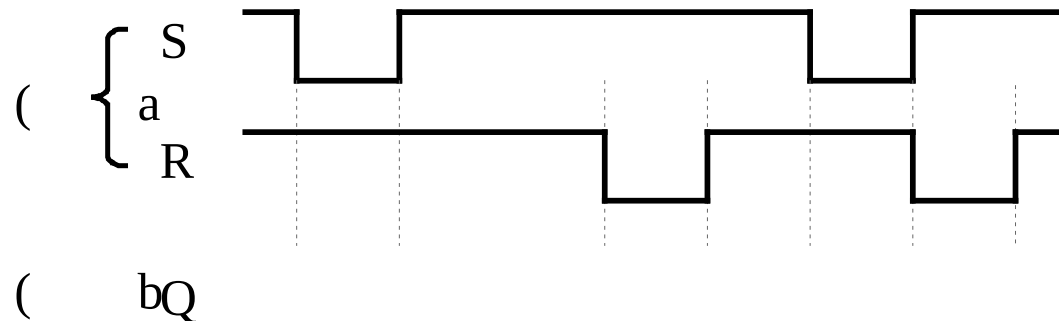
- NAND로 플립플롭구성
- R-S 래치와 같은 출력을 내지만 입력이 반대

연습(1)

- R-S 래치에 대하여 (a)의 파형을 인가했을 때 출력 Q를 구하여라. 단, 초기출력 $Q = 0$ 으로 정의한다.



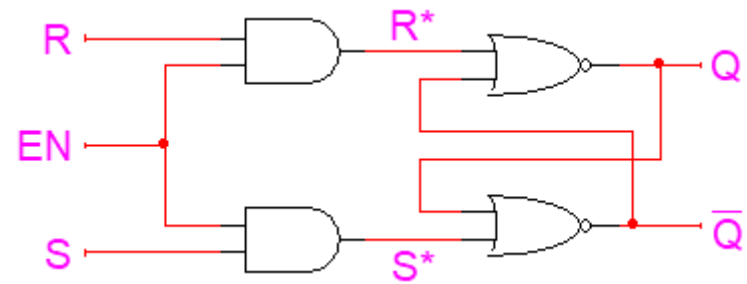
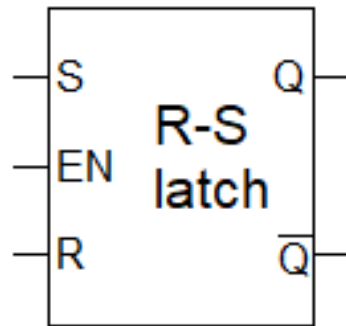
- $\overline{R} - \overline{S}$ 래치에 대하여 (a)와 같은 파형을 입력하였을 때 출력 Q를 구하여라. 단, 초기출력 $Q = 0$ 으로 정의한다.



인에이블형 R-S 래치

- 기본래치의 입력단에 각각의 AND 회로가 있어 AND 회로의 출력이 래치에 입력
- $EN = 0$ 이면 S와 R에 관계없이 S^* 과 R^* 는 모두 0
- $EN = 1$ 이면 $S^* = S$ 및 $R^* = R$ 이 되어 기본 래치로 동작 (인에이블 신호 EN에 따라 래치의 동작을 제어)

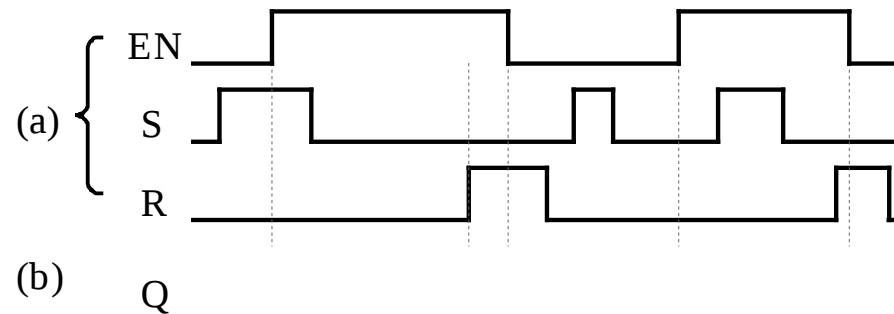
입력			출력
EN	S	R	Q
0	×	×	변화 없음
1	0	0	변화 없음
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	불확실한 출력



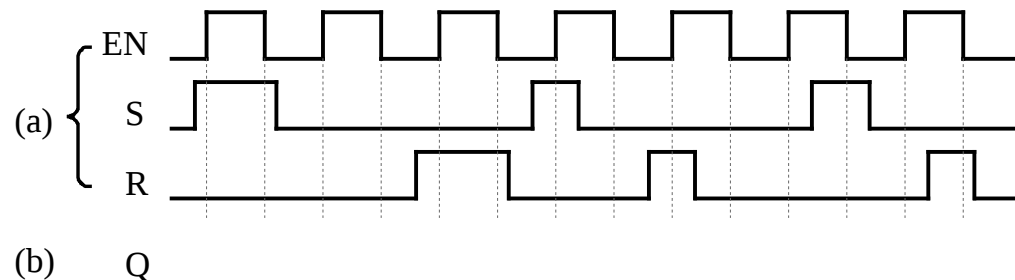
- $S^* = S \cdot EN$, $R^* = R \cdot EN$
- 인에이블 신호 EN에 클록을 입력하게 되면 동기식 플립플롭과 거의 비슷한 동작함.

연습(2)

- 인에이블형 R-S 래치에 대하여 (a)와 같은 파형을 입력하였을 때 출력 Q를 구하여라. 단, 초기출력 $Q = 0$ 으로 정의한다.



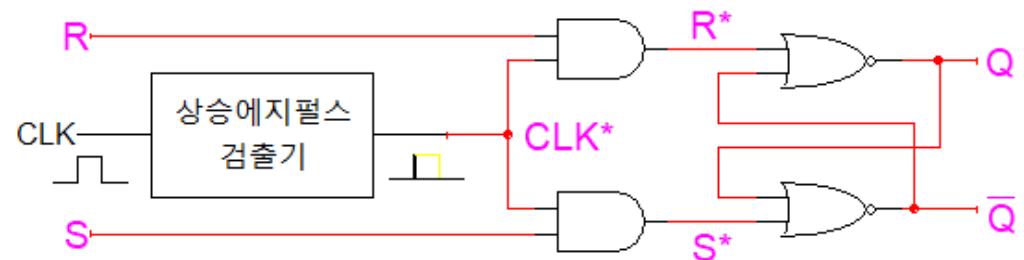
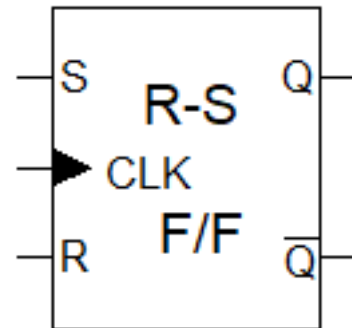
- 인에이블형 R-S 래치에 대하여 인에이블 신호에 클록을 인가하고 S와 R의 입력을 (a)와 같이 했을 때 출력 Q를 구하여라. 단, 초기출력 $Q = 0$ 으로 정의한다.



상승에지 트리거형 R-S 플립플롭

- 인에이블 R-S 래치에서 인에이블 신호 + 펄스변위 검출기 = 에지 트리거형 R-S 플립플롭
- 인에이블 신호 $EN = 1$ 일 때 기본래치가 동작, $EN = 0$ 일 때 래치의 출력은 변화하지 않음.
- 트리거 신호를 EN 에 인가(순간에만 기본 래치가 동작) 나머지 구간 $EN = 0$ 이 $\rightarrow$ 래치의 출력변화 없음

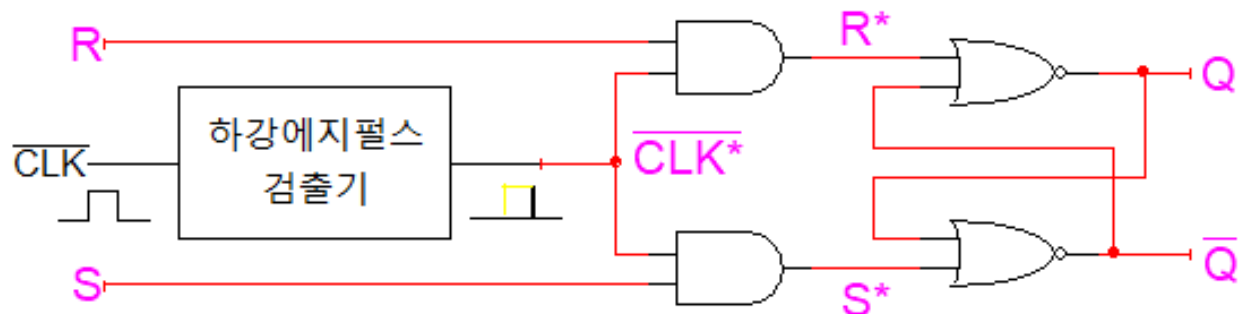
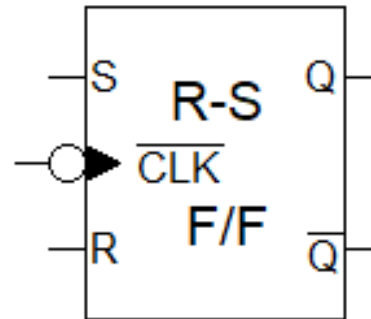
입력			출력
CLK	S(Set)	R(Reset)	Q
	x	x	변화 없음
	0	0	변화 없음
	0	1	0
	1	0	1
	1	1	불확실한 출력



하강에지 트리거형 R-S 플립플롭

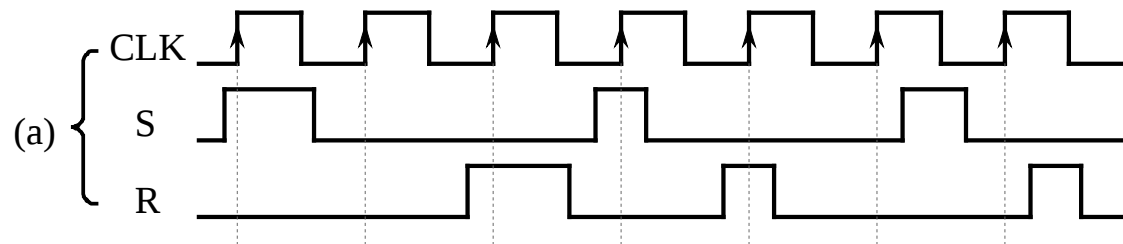
- 하강에지에서 동기됨
- 동기식 플립플롭 → 출력의 변화가 클록에지에서에서만 변화를 일으킴.

입력			출력
CLK	S(Set)	R(Reset)	Q
	×	×	변화 없음
	0	0	변화 없음
	0	1	0
	1	0	1
	1	1	불확실한 출력

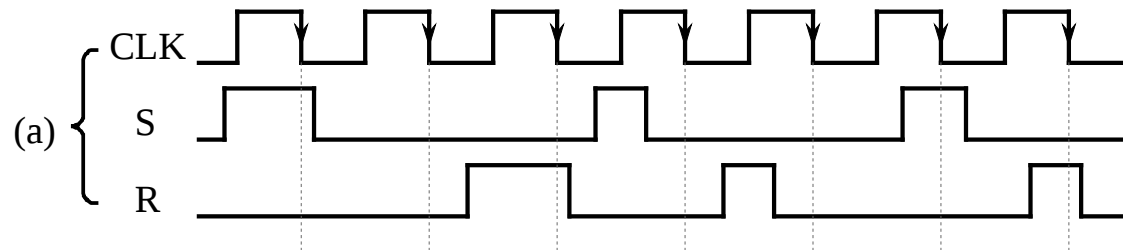


연습(3)

- 상승에지 트리거형과 하강에지 트리거형 R-S 플립플롭에서 (a)와 같은 신호인가에 대하여 출력 Q를 구하여라. 초기 값 $Q = 0$ 이다.



(b) Q

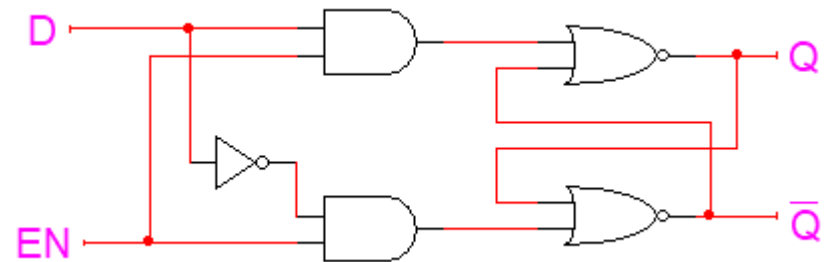
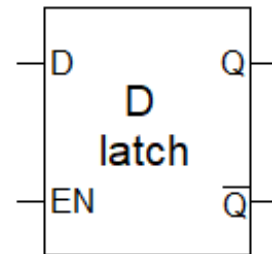


(b) Q

D 플립플롭 (D래치)

- D(Data Delay 혹은 Data Transfer) 플립플롭
- 단일의 데이터 비트를 저장할 때 매우 유용한 플립플롭으로 R-S 플립플롭에서 불확실한 상태를 제거하기 위하여 단순히 NOT 게이트를 추가한 것

입력		출력
EN	D	Q
0	0	변화 없음
	1	변화 없음
1	0	0
	1	1

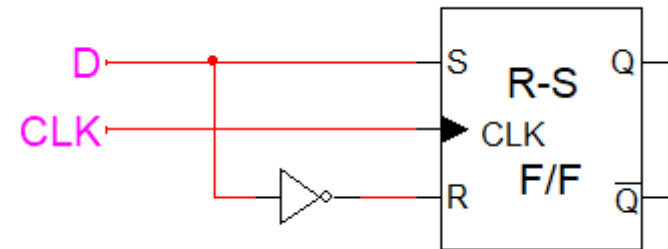
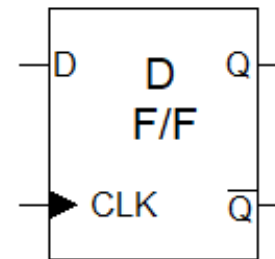


- 인에이블 신호가 0일 때는 입력 D의 신호에 관계없이 출력 Q는 이전의 출력값을 계속 유지
- 연속적으로 0 혹은 1을 출력할 수 없는 디지털 시스템에 대하여 출력단에 D 래치를 부착

에지트리거형 D플립플롭

- 트리거 신호에 대하여 D 래치로 동작

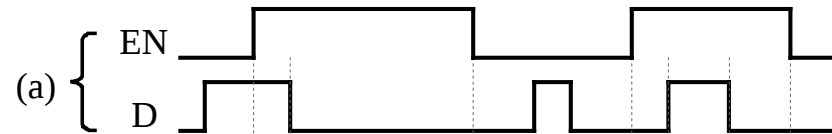
입력		출력
CLK	D	Q
	0	변화 없음
	1	변화 없음
	0	0
	1	1



- D 플립플롭 → R-S 플립플롭에서 S에 D를 입력
R에 $\overline{D}$ 를 입력

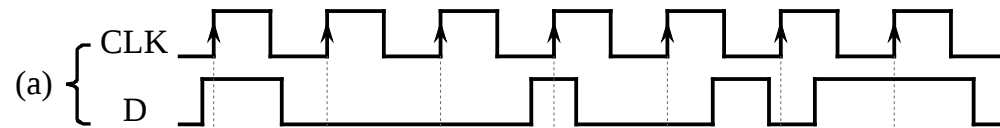
연습(4)

- D 래치의 입력파형이 (a)와 같을 때 출력파형을 그려라. 단 초기출력 $Q = 0$ 이라 가정한다.



(b)

- 상승에지 트리거형과 D 플립플롭에서 (a)와 같은 신호인가에 대하여 출력 Q 를 구하여라. 초기출력 $Q = 0$ 이다.



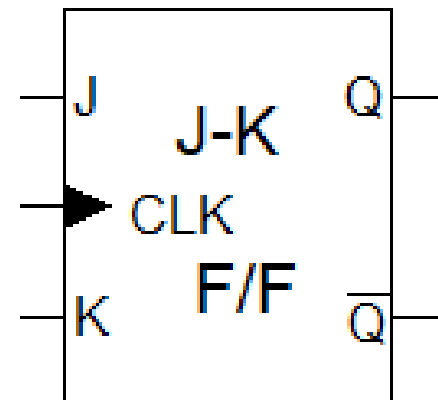
(b)

Q

J-K 플립플롭

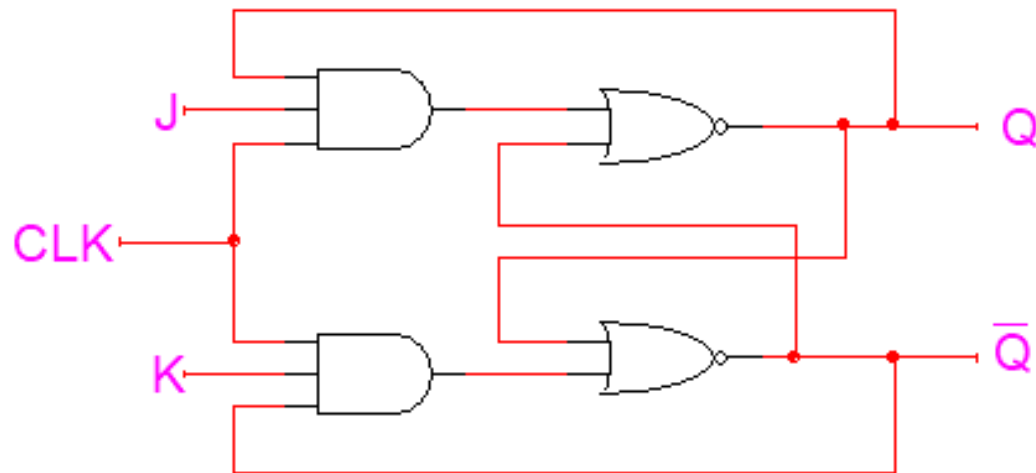
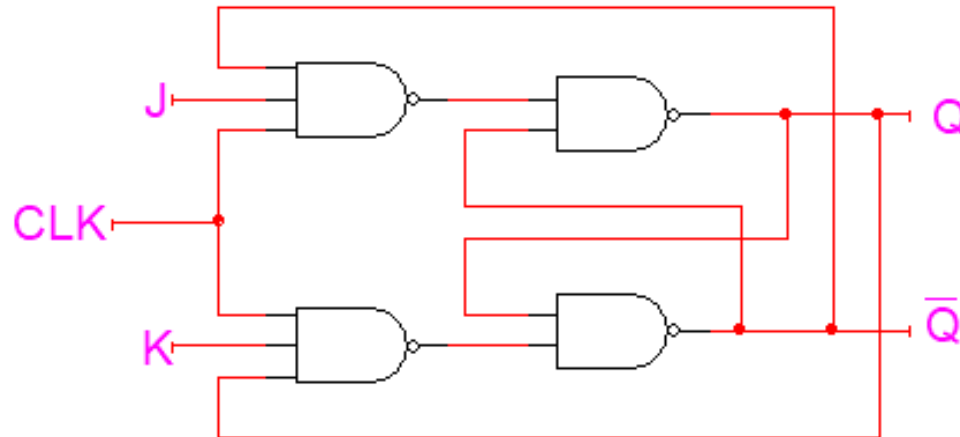
- 가장 널리 사용되는 플립플롭으로 R-S 플립플롭과 구조적으로 거의 비슷한 구조와 기능을 가진 플립플롭
- 입력 J $\rightarrow$ S에 대응되어 출력을 셋(set)시키는 입력신호
- 입력 K $\rightarrow$ R에 대응되어 출력을 리셋(reset)시키는 입력신호, 토글(toggle)의 기능

입력			출력
CLK	J(Set)	K(Reset)	Q
	×	×	변화 없음
↑	0	0	변화 없음
↑	0	1	0
↑	1	0	1
↑	1	1	출력 토글



J-K 플립플롭

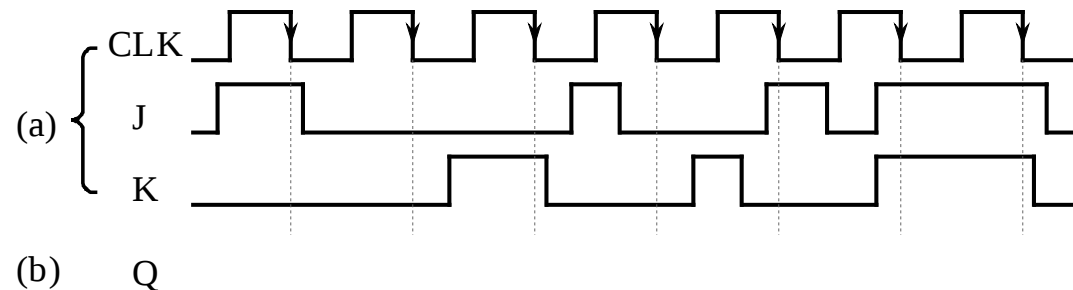
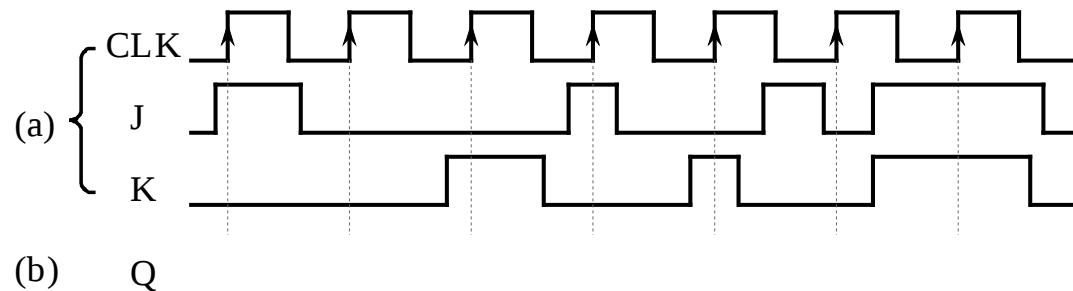
(c) NAND를 이용한 J-K F/F 논리회로도



(d) NOR를 이용한 J-K F/F 논리회로도

연습(5)

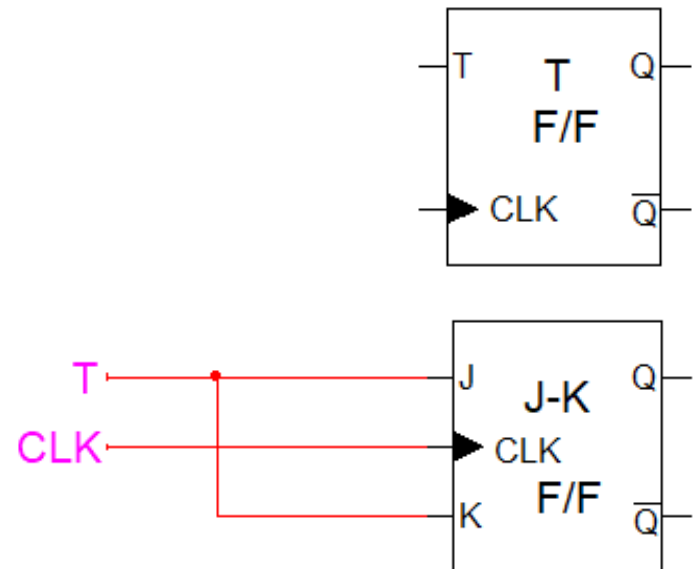
- 상승에지 트리거형과 하강에지 트리거형 J-K 플립 플롭에서 (a)와 같은 신호인가에 대하여 출력 Q를 구하여라. 초기값 $Q = 0$ 이다.



T 플립플롭

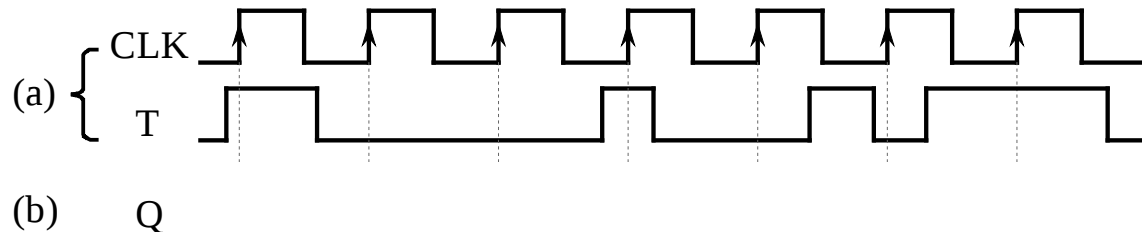
- J-K 플립플롭에서 두 입력 J, K에 모두 0을 입력하면 출력은 현재의 상태를 유지
- 모두 1을 입력하면 출력은 토글
- J-K 플립플롭에서 입력단자에 동일한 신호가 인가되도록 구성 → T(Toggle) 플립플롭 혹은 토글 플립플롭

입력		출력
CLK	T	Q
	0	변화 없음
	1	변화 없음
	0	변화 없음
	1	출력 토글

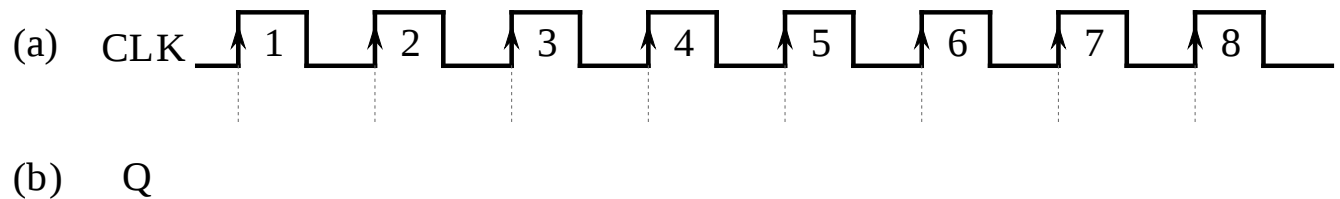


연습(6)

- 상승에지 트리거형과 T 플립플롭에서 (a)와 같은 신호인가에 대하여 출력 Q를 구하여라. 초기출력 $Q = 0$ 이다.



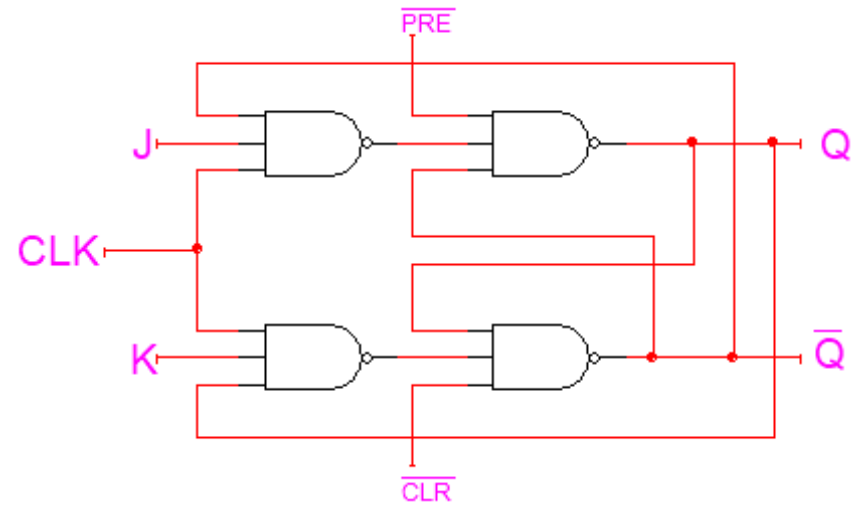
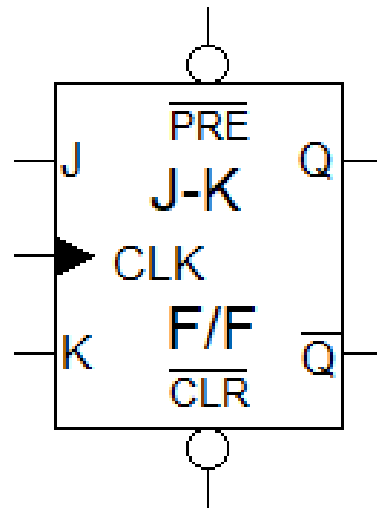
- 상승에지 T 플립플롭에서 (a)와 같은 펄스를 인가하였을 때 출력파형 Q를 그리고, 출력특성에 대하여 설명하여라.



- 트리거 클록에 대하여 출력이 토글되는 출력파형 Q는 클록 CLK 보다 주기가 2배 길어지므로 주파수는 1/2이 된다.
- 2개의 클록입력에 대하여 1 개의 구형파를 발생하므로 2진 카운터로 동작한다.

비동기입력

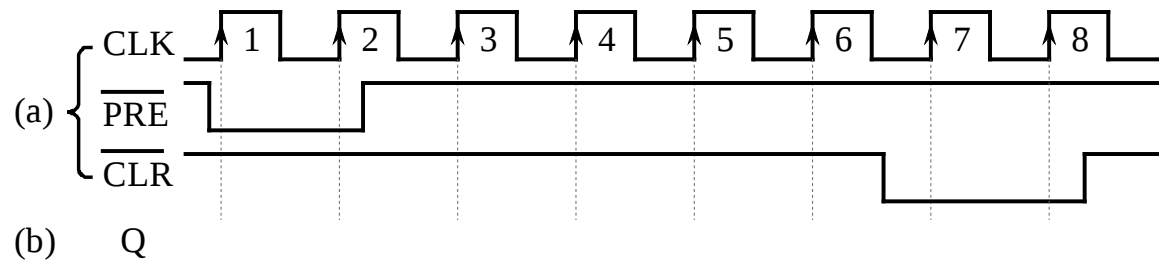
- 입력들은 클록과는 독립적으로 플립플롭의 상태에 영향을 줌.



- 출력을 1로 셋 시키기 위해서는 프리셋 신호를 High 레벨에서 Low 레벨로 인가
- 출력을 0으로 리셋시키기 위해서는 클리어 신호를 High 레벨에서 Low 레벨로 인가
- 버블이 있는 이유 ➔ Low 레벨에 의해 해당기능의 동작이 일어난다는 것을 의미

연습(7)

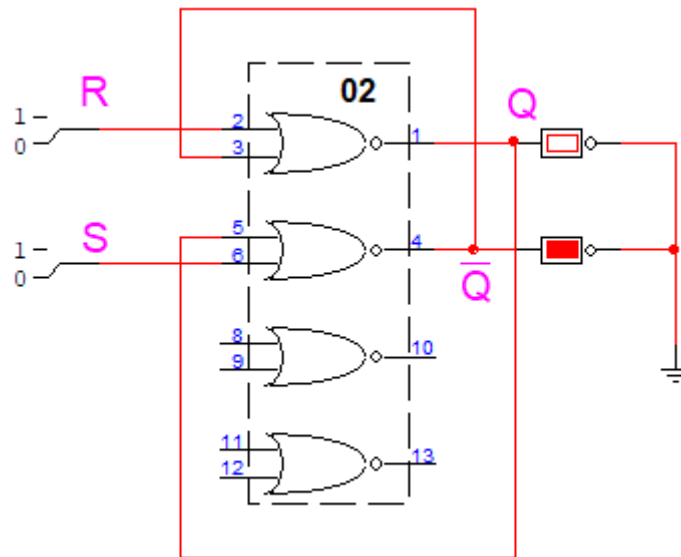
- J-K 플립플롭에 대하여 (a)와 같이 파형을 인가했을 때, 출력 Q의 파형과 트리거 신호별 출력의 상태 및 동작상태를 설명하여라. 단 초기출력 $Q = 0$ 이다.



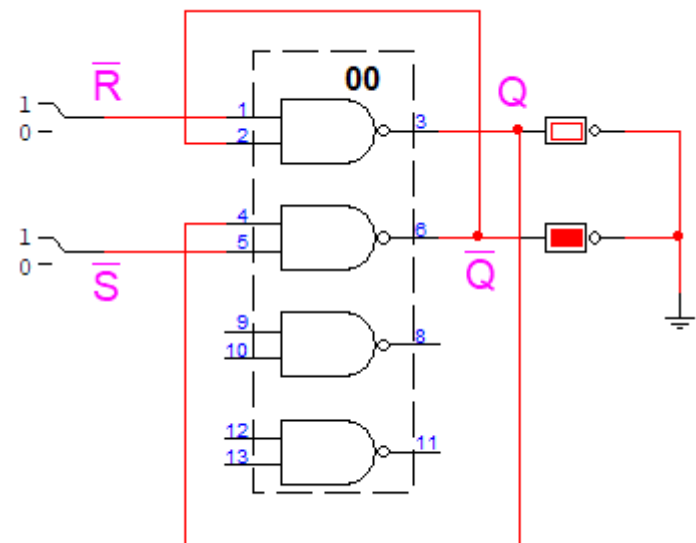
- 클럭펄스 1과 2은 $\overline{PRE}$ 이 Low 레벨이므로 출력 Q는 1이 된다.
- 클럭펄스 3에서 6까지는 $\overline{PRE}$ 와 $\overline{CLR}$ 가 High 레벨이므로 정상적인 J-K 플립플롭의 동작을 하게 된다. J와 K가 모두 1이므로 출력 신호를 토글시키는 동작을 하게 된다.
- 클럭펄스 7과 8은 $\overline{CLR}$ 가 Low 레벨이므로 출력 Q는 0이 된다.

실험1 R-S 플립플롭

회로를 구성하고 표와 같이 입력하였을 때 출력의 논리값을 예상하여 기록하고 진리표를 작성하라



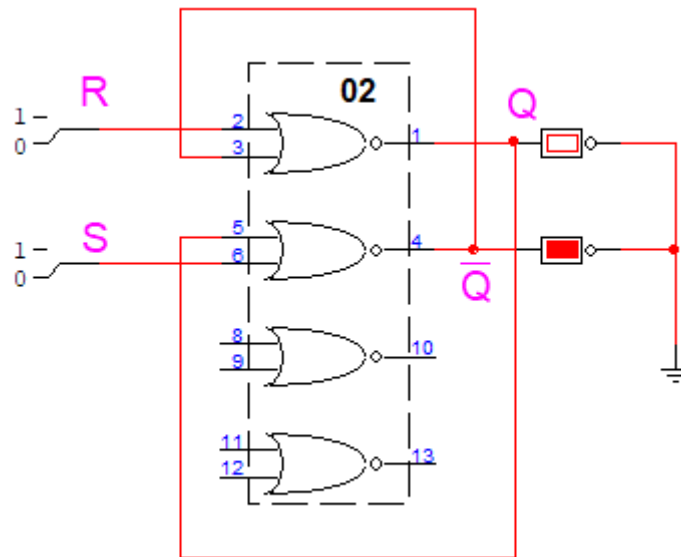
입력		출력	
S	R	Q	$\bar{Q}$
0	0		
0	1		
0	0		
1	0		
0	0		



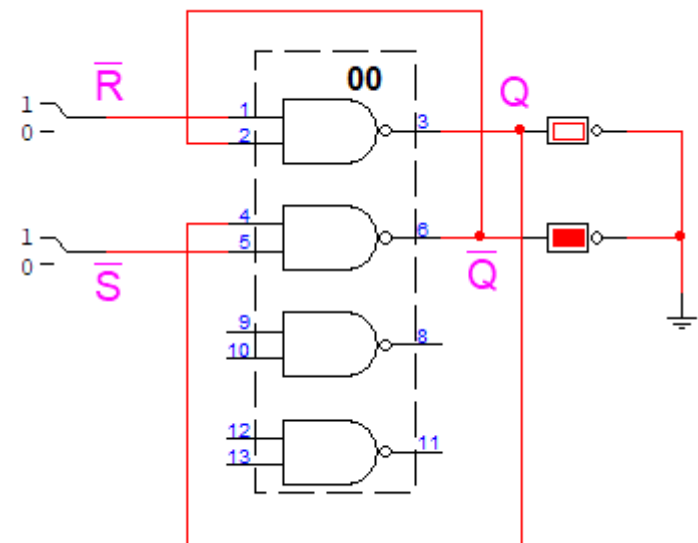
입력		출력	
$\bar{S}$	$\bar{R}$	Q	$\bar{Q}$
1	1		
1	0		
1	1		
0	1		
1	1		

실험1 R-S 플립플롭

회로를 구성하고 표와 같이 입력하였을 때 출력의 논리값을 예상하여 기록하고 진리표를 작성하라



입력		출력	
S	R	Q	$\bar{Q}$
0	0	0	1
0	1	0	1
0	0	0	1
1	0	1	0
0	0	1	0

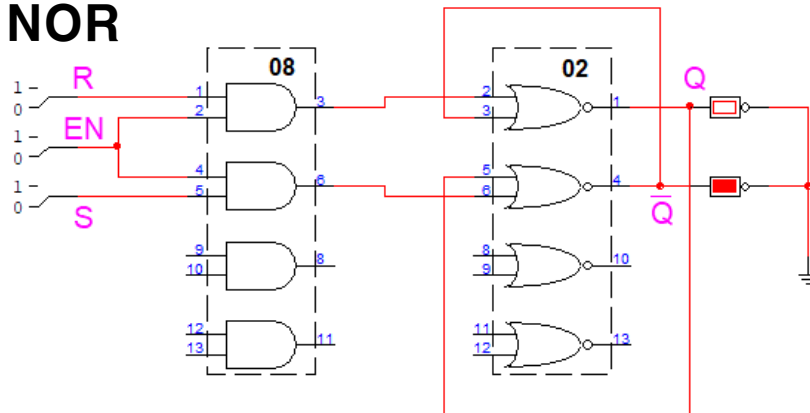


입력		출력	
$\bar{S}$	$\bar{R}$	Q	$\bar{Q}$
1	1	0	1
1	0	0	1
1	1	0	1
0	1	1	0
1	1	1	0

실험1 R-S 플립플롭

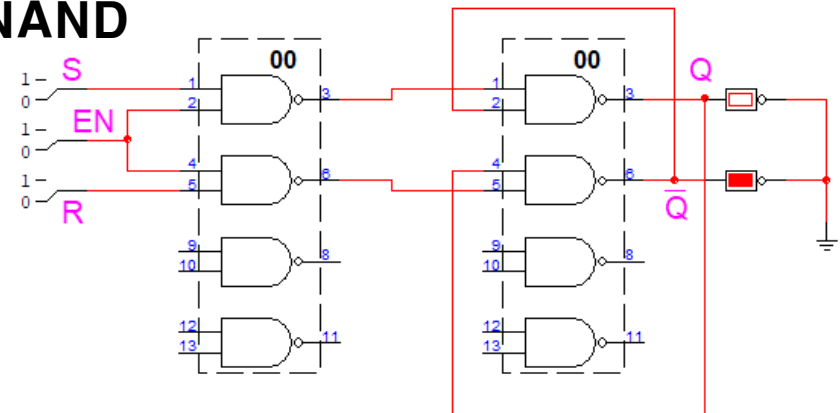
인에이블 신호를 가지는 R-S 플립플롭 회로를 구성하고 표와 같이 입력하였을 때 출력의 논리값을 예상하여 기록하고 진리표를 작성하라

NOR



입력		출력			
S	R	EN = 0		EN = 1	
		Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0	0				
0	1				
0	0				
1	0				
0	0				

NAND

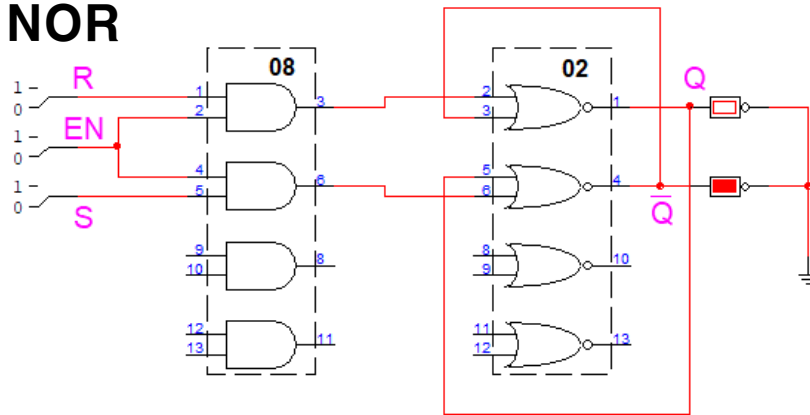


입력		출력			
S	R	EN = 0		EN = 1	
		Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0	0				
0	1				
0	0				
1	0				
0	0				

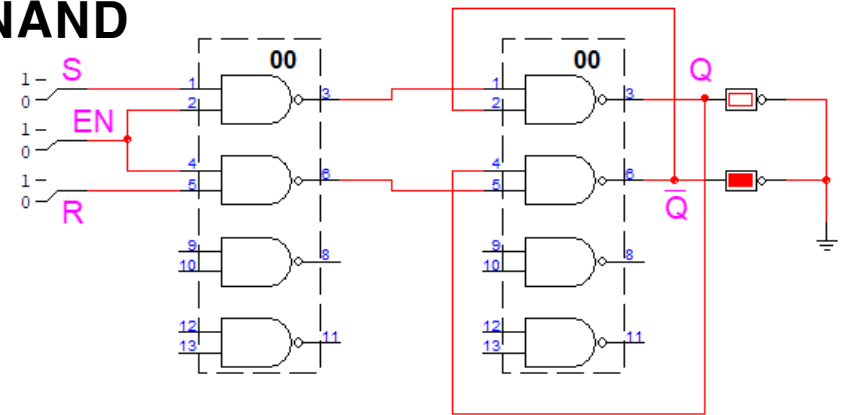
실험1 R-S 플립플롭

인에이블 신호를 가지는 R-S 플립플롭 회로를 구성하고 표와 같이 입력하였을 때 출력의 논리값을 예상하여 기록하고 진리표를 작성하라

NOR



NAND

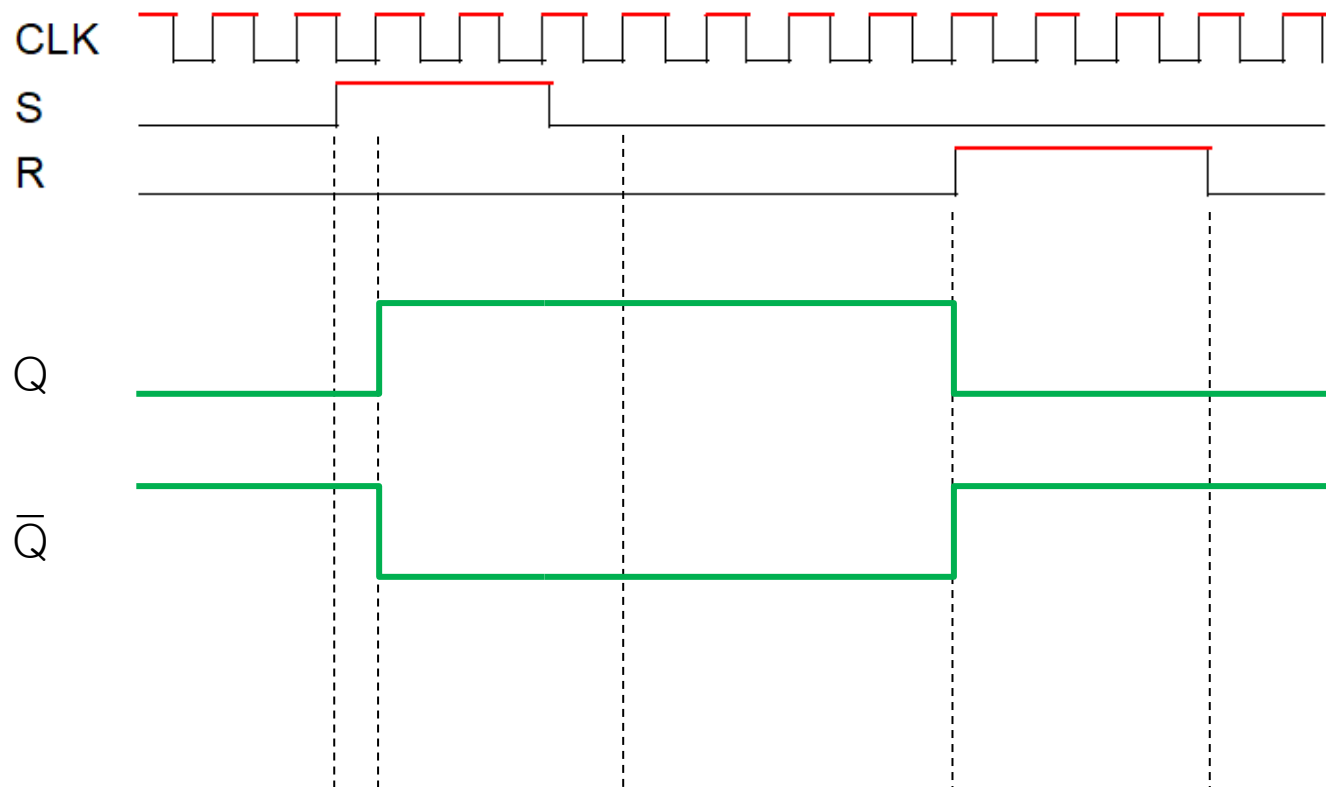


입력		출력			
S	R	EN = 0		EN = 1	
		Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1
0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	1	0
0	0	0	1	1	0

입력		출력			
S	R	EN = 0		EN = 1	
		Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1
0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	1	0
0	0	0	1	1	0

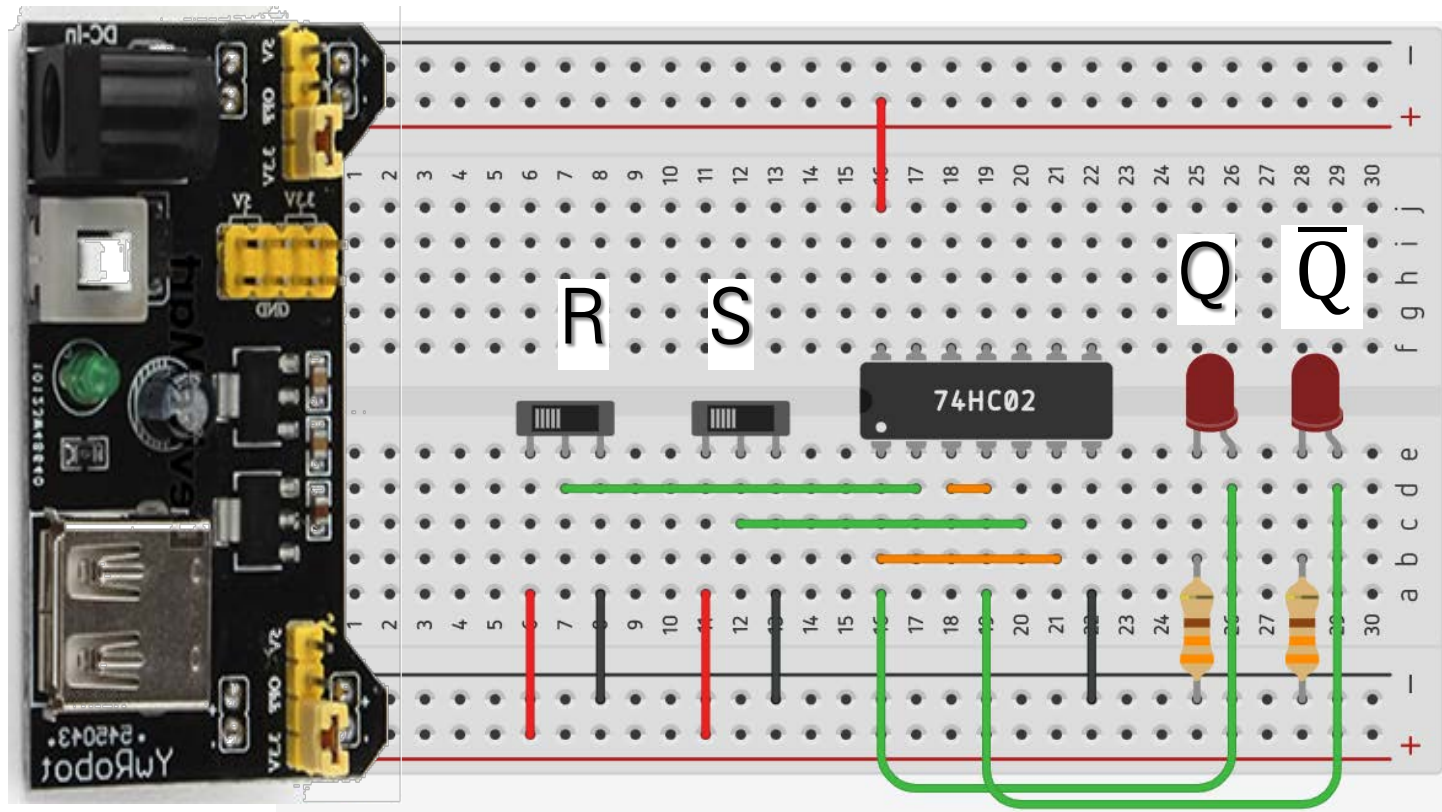
실험1 R-S 플립플롭

- 인에이블 신호 대신 1 Hz 주파수를 입력하는 경우 출력 Q와 $\bar{Q}$ 의 파형을 그리시오.



실험1 R-S 플립플롭

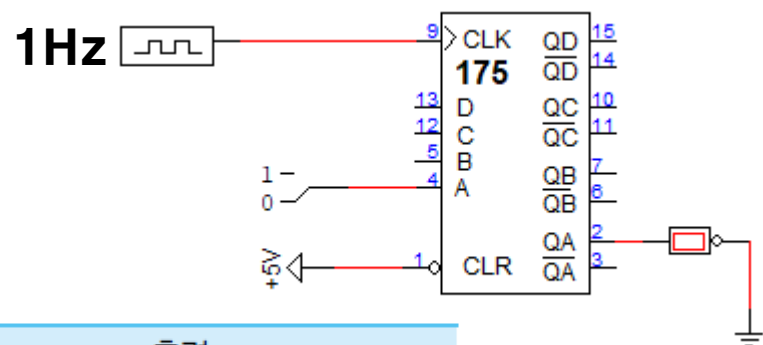
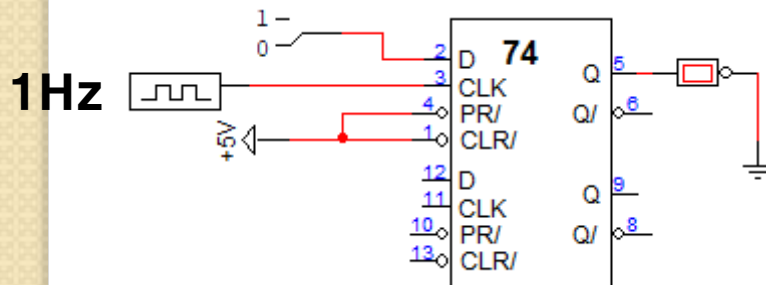
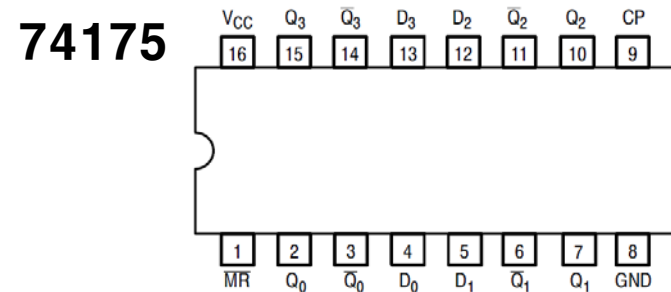
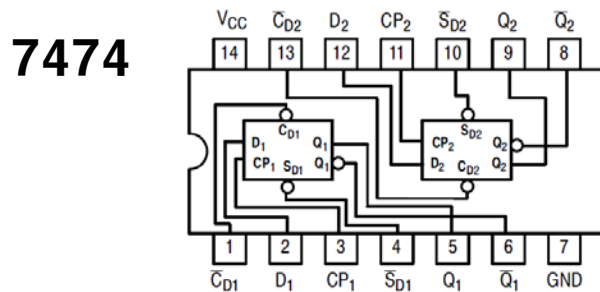
■ NOR를 이용한 R-S 플립플롭 실제회로구성



링크사이트 : <https://www.tinkercad.com/things/cub0u8Vfzl8>

실험2 D 플립플롭

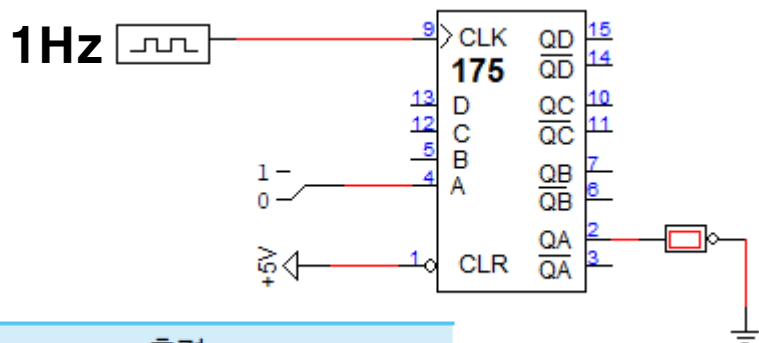
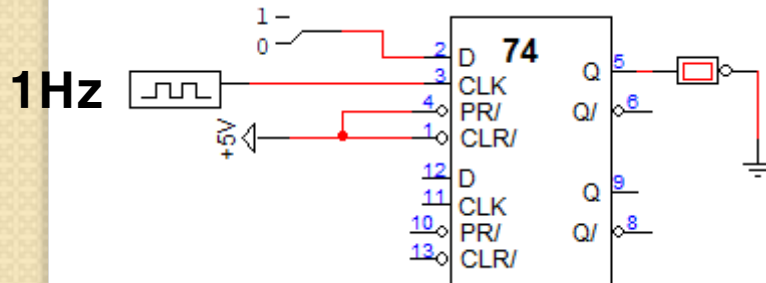
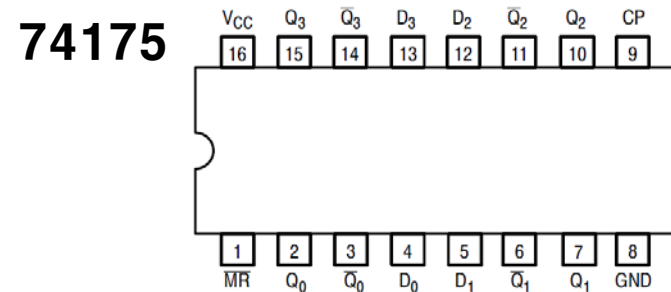
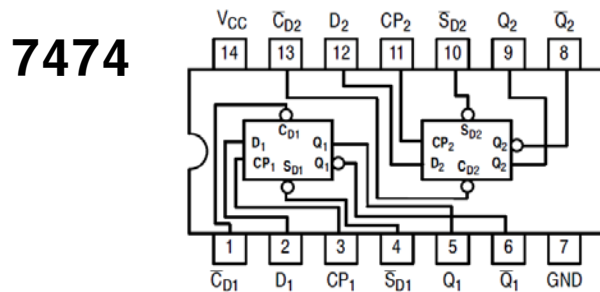
- IC의 7474와 74175를 이용하여 D플립플롭을 구성하고 아래의 진리표를 완성하시오 (초기 출력 Q는 0으로 가정)



입력	출력			
D				
	Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0				
1				

실험2 D 플립플롭

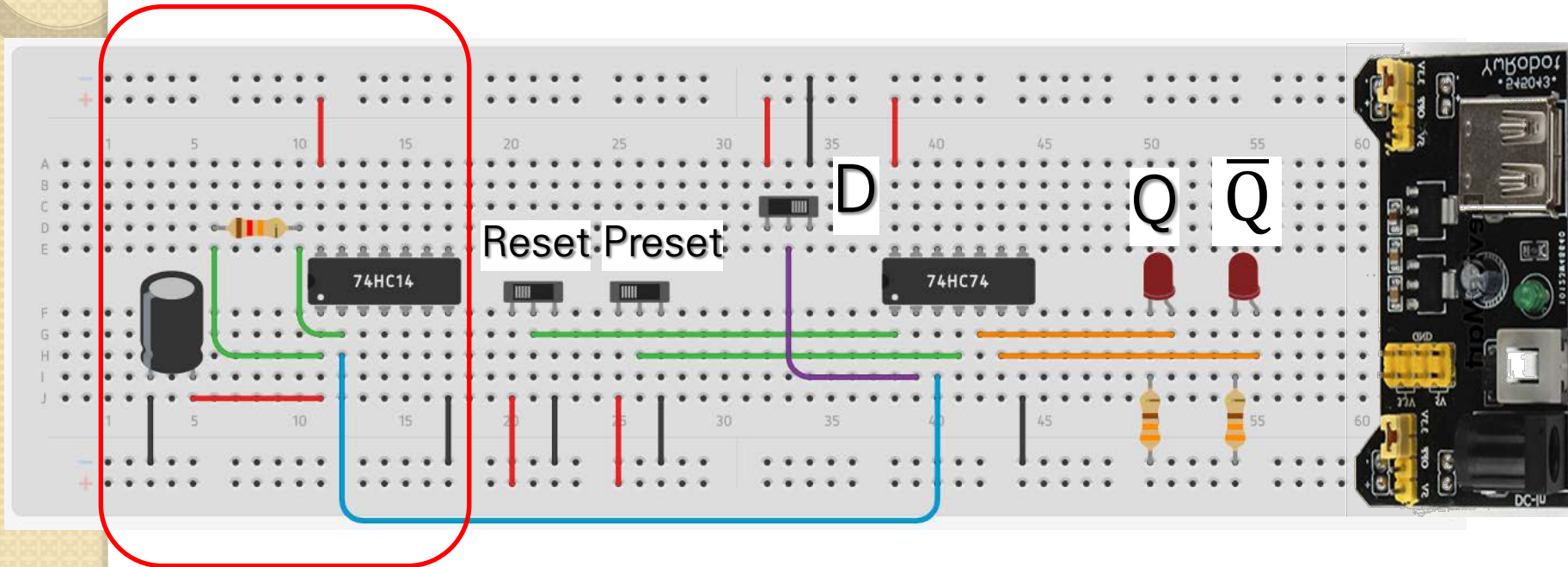
- IC의 7474와 74175를 이용하여 D플립플롭을 구성하고 아래의 진리표를 완성하시오 (초기 출력 Q는 0으로 가정)



입력	출력			
				
D	Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0	0	1	0	1
1	0	1	1	0

실험2 D 플립플롭

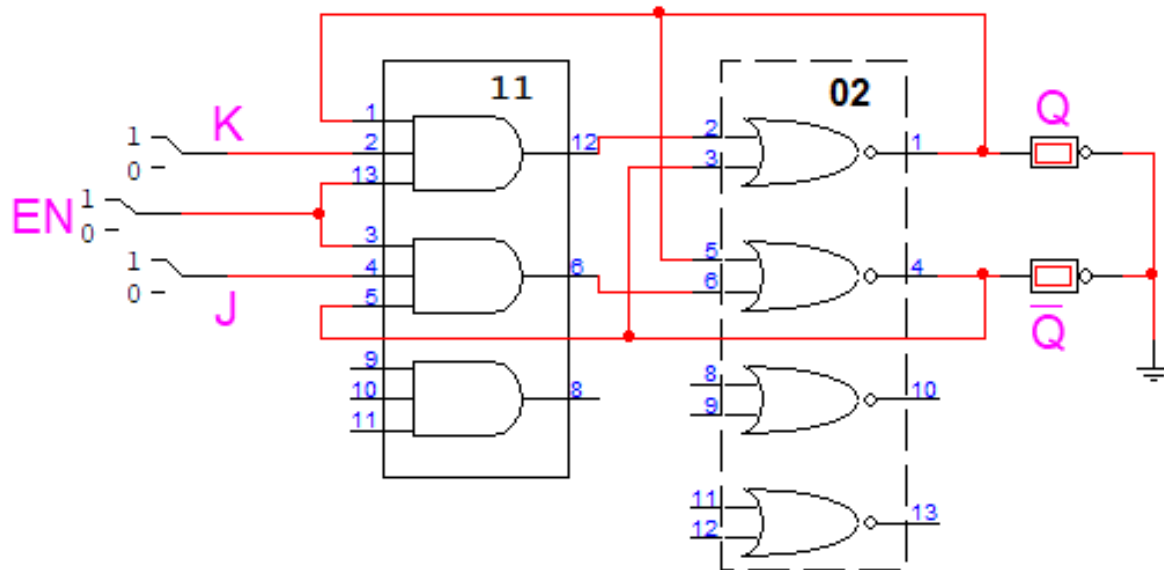
■ 실제 회로도



1Hz 주파수 발진회로

실험3 J-K 플립플롭

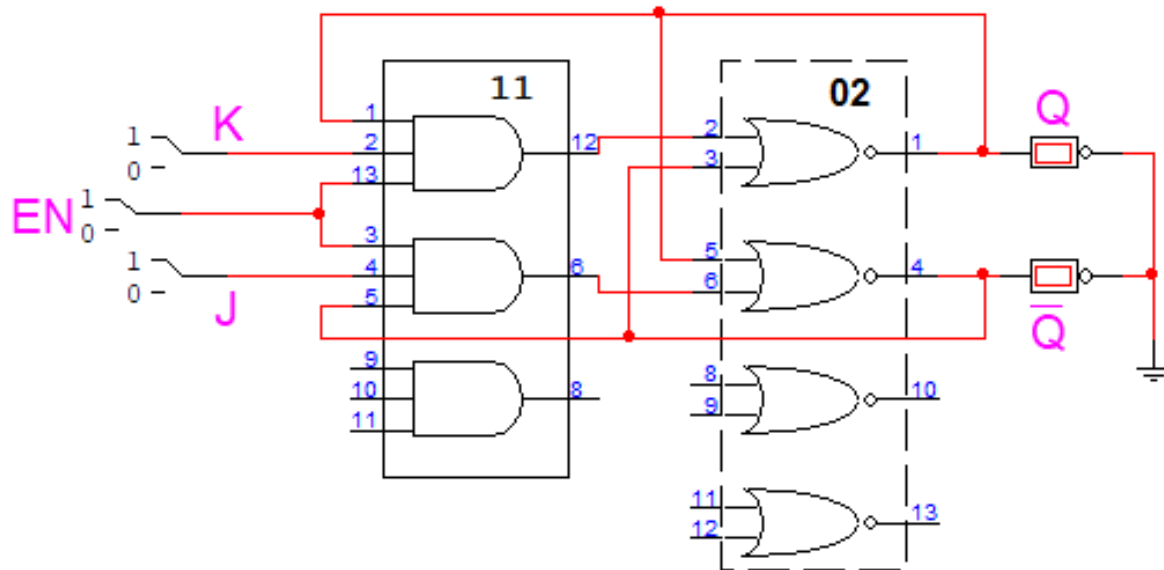
- NOR를 이용한 J-K 플립플롭의 진리표의 빈칸을 채우시오



입력		출력			
J	K	EN = 0		EN = 1	
		Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0	0				
0	1				
0	0				
1	0				
1	1				

실험3 J-K 플립플롭

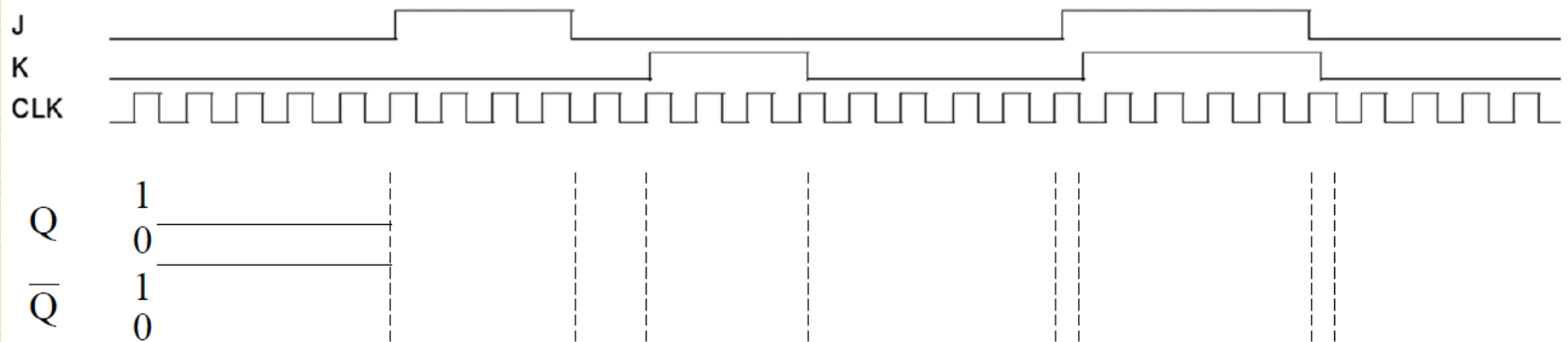
- NOR를 이용한 J-K 플립플롭의 진리표의 빈칸을 채우시오



입력		출력			
J	K	EN = 0		EN = 1	
		Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1
0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	0	1

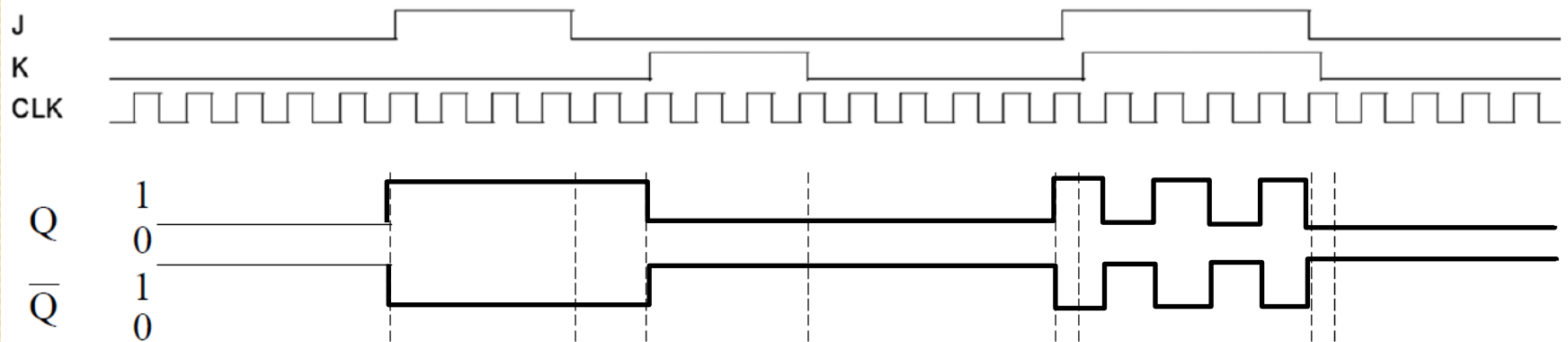
실험3 J-K 플립플롭

- 인에블신호(EN) 대신 1Hz 주파수를 입력하는 경우 출력 Q와 $\overline{Q}$ 의 파형을 그리시오 (Q의 초기 출력은 0이라고 가정한다).



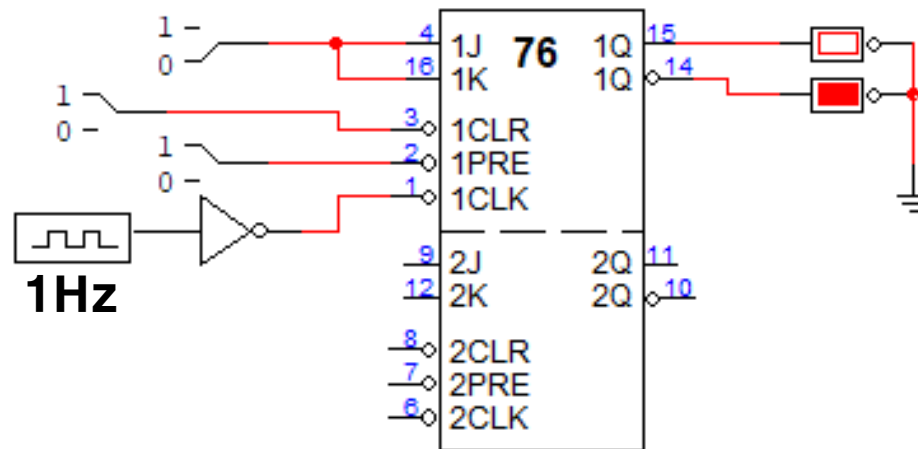
실험3 J-K 플립플롭

- 인에블신호(EN) 대신 1Hz 주파수를 입력하는 경우 출력 Q와 $\bar{Q}$ 의 파형을 그리시오 (Q의 초기 출력은 0이라고 가정한다).



실험4 T 플립플롭

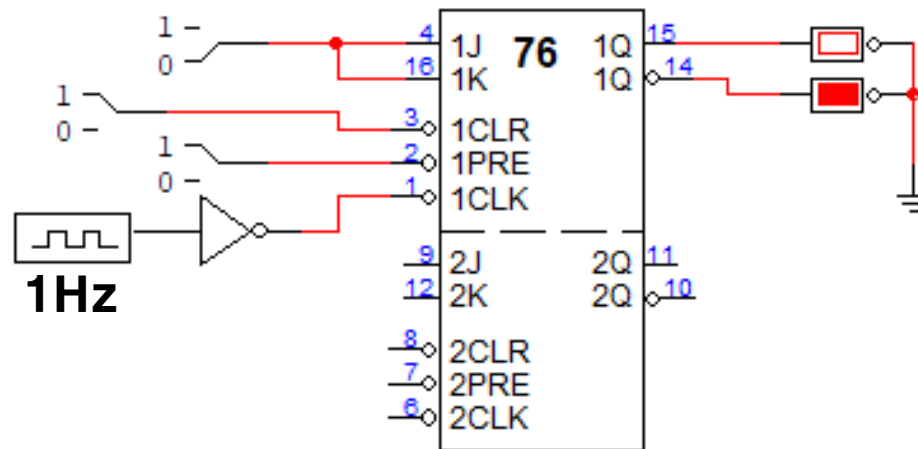
- 디지털실습장치에 IC의 7476을 이용하여 T플립플롭을 구성하고 진리표의 결과를 확인하시오 (초기 Q=0)



입력	출력			
	T		↓	
	Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0				
1				

실험4 T 플립플롭

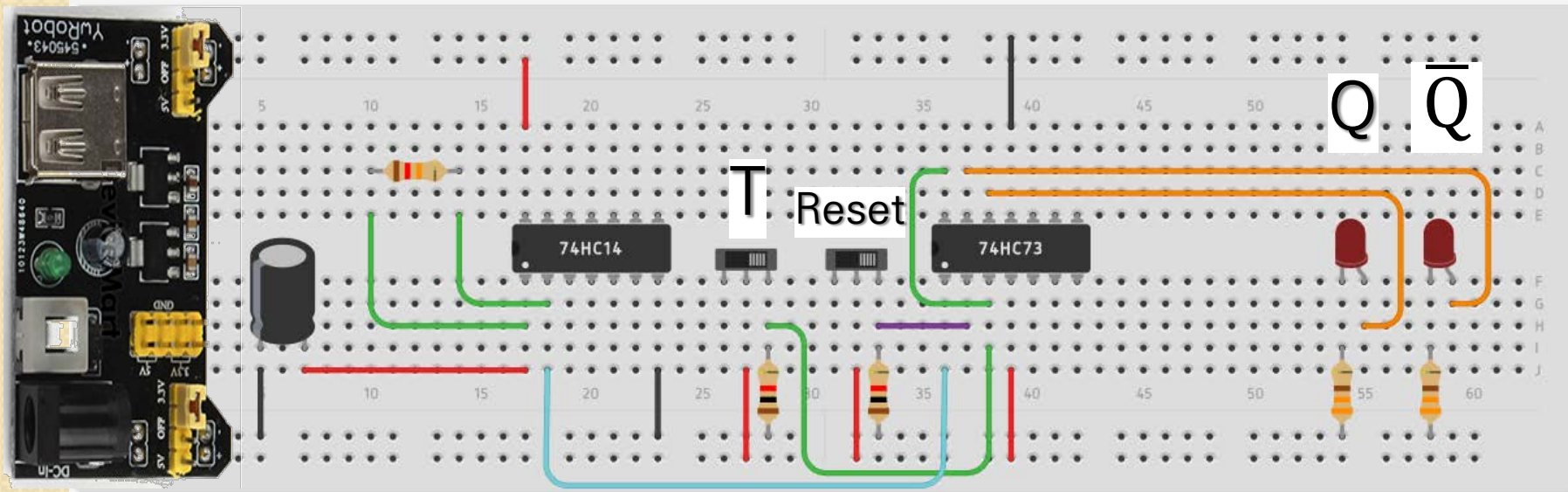
- 디지털실습장치에 IC의 7476을 이용하여 T플립플롭을 구성하고 진리표의 결과를 확인하시오 (초기 Q=0)



입력	출력			
				
T	Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0	0	1	0	1
1	0	1	1	0

실험4 T 플립플롭

■ IC 7473을 이용한 T 플립플롭 실제회로도



참고사항

■ 질문방법

1. doyoungkim2004@gmail.com으로 이메일 질문해 주세요
2. Youtube 채널에서 디지털 실험과 관련된 동영상이 업데이트 됩니다. 필요하면 댓글을 올려주시면 답변하여 드립니다.
3. 실습 장치와 부품에 대한 정보가 필요하면 이메일로 연락주세요
4. 동영상 재생등 시스템과 관련된 사항은 KOCW 사이트 담당자와 연락하여 주세요