

Lab 1. 논리 게이트의 기초

2017 Fall Logic Design Lab

Department of Computer Science and Engineering

Seoul National University

Outline

1. 논리 게이트(logic gate) 의 기초
2. NAND TTL 칩 특성 파악 및 동작 확인
3. 빵판과 NAND 게이트를 이용한 논리 회로 구현

논리 게이트의 이해

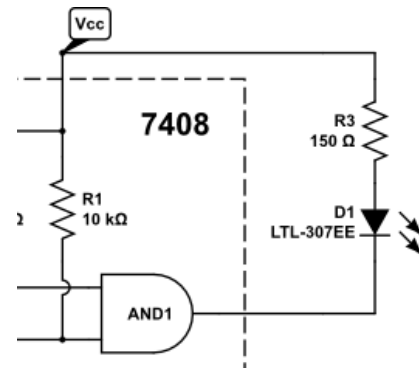
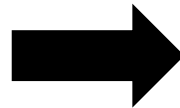
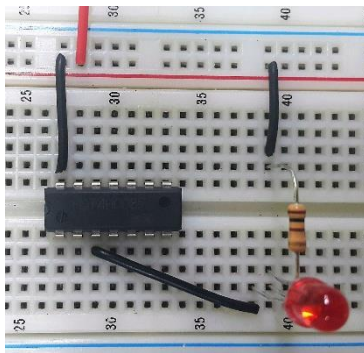
- 논리 게이트란?
 - 디지털 회로를 구성하는 기본 단위
 - 불 함수(boolean function)의 기능 수행
 - 하나 이상의 이진 데이터(0 또는 1) 입력을 받아 이진 데이터 결과를 출력
 - 일반적으로 2개의 이진 데이터를 입력하여 하나의 결과값을 출력하는 것을 논리 게이트라 지칭(2-입력 게이트, two-input gate)
 - 가장 대표적인 논리 게이트의 예
 - AND, OR, NOT, NAND...

논리 게이트의 표현

- 논리 게이트의 표현 방법

- 회로도(schematics)

- 실제 사진 대신 추상적인 기호를 사용하여 회로의 구성을 표현



- 진리표(truth table)

- 이진 입력이 가질 수 있는 각각의 경우에 대하여 출력 값을 표시한 표

X	Y	X AND Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

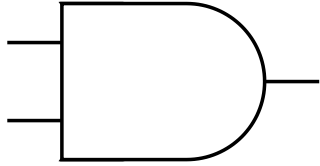
논리 게이트의 종류

X	Y	0	AND		X		Y	XOR	OR	NOR	XNOR	NOT Y		NOT X		NAND	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

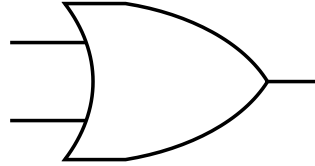
■ 2-input 논리 게이트의 종류

- 4가지의 입력 값의 종류에 따라 열 여섯($2^4 = 16$) 종류의 출력값이 존재 가능
- 불 대수(boolean algebra)의 기본이 되는 세 가지 게이트
 - AND, OR, NOT
- 그 밖에 디지털 시스템에서 자주 사용되는 게이트
 - XOR, NAND, NOR 등

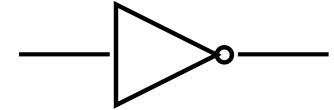
AND, OR, NOT 게이트



X	Y	X AND Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



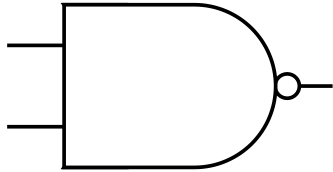
X	Y	X OR Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



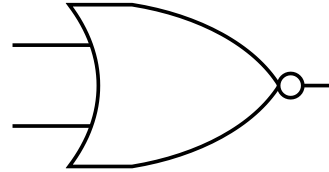
X	NOT X
0	1
1	0

- 불 대수를 구성하는 가장 기본이 되는 게이트
 - AND: X와 Y가 모두 1일 때만 1 출력
 - OR: X 또는 Y 둘 중 하나라도 1일 때 1 출력
 - NOT: 입력 값과 반대되는 값 출력

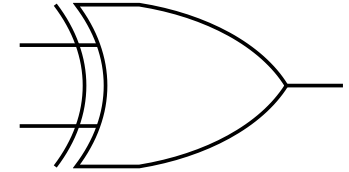
NAND, NOR, XOR 게이트



X	Y	X NAND Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



X	Y	X NOR Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



X	Y	X XOR Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- 디지털 시스템 구성에 자주 사용되는 논리 게이트
 - NAND: NOT + AND. X와 Y가 모두 1이어야만 0출력
 - NOR: NOT + OR. X와 Y가 모두 0이어야만 1출력
 - XOR: X와 Y의 값이 서로 다를 때 1출력

논리 게이트의 함수적 완전성

- 함수적 완전성(functional completeness)
 - 주어진 불 함수들만 대상으로 조합했을 때, 모든 가능한 불 함수들을 표현할 수 있는가를 나타냄
 - 함수적으로 완전한 논리 게이트 집합의 예
 - 16가지의 모든 가능한 불 함수를 만들어낼 수 있음
 - { AND, OR, NOT }
 - { **NAND** }
 - { NOR }
 - 함수적으로 완전하지 않은 논리 게이트 집합의 예
 - 16가지 경우의 수 중 만들 수 없는 불 함수가 존재
 - { AND, OR }
- 이번 실습에서는 NAND 게이트를 사용하여 실습 진행

TTL 집적 회로 칩

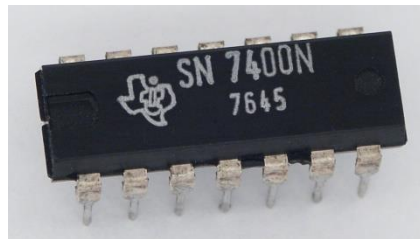
- TTL 집적 회로

- 집적 회로(integrated circuit)

- 트랜지스터, 다이오드, 캐패시터와 같은 여러 개의 전자부품들을 하나의 작은 반도체에 집어넣어 복잡한 기능을 수행하도록 만든 칩

- TTL (Transistor-Transistor Logic)

- 집적 회로의 한 종류로 RTL (Register-Transistor Logic) 등의 방식에 비하여 높은 처리 성능을 가짐
 - 1960-70년대에 널리 사용되면서 사실상의 표준으로 인식됨
 - AND, OR, NOT, NAND 등 대부분의 logic gate들이 TTL 패키징 형태로 개발

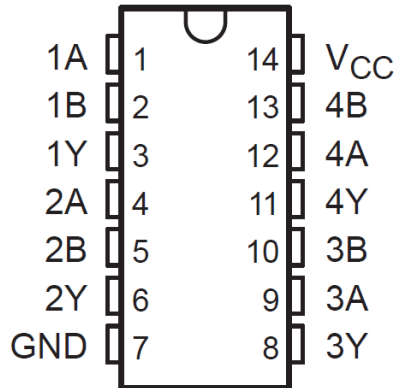


SN7400 NAND와 데이터시트

SN7400, SN74LS00, SN74S00 QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-NAND GATES

SDLS025B – DECEMBER 1983 – REVISED OCTOBER 2003

(TOP VIEW)



■ 데이터시트

- 칩의 동작 전압, 출력 전압, 연결 및 출력 핀 등의 정보 표기
- 부품 번호 부여 규칙에서 74XX00 등 숫자 중간에 들어가는 알파벳은 칩의 특성 표시
 - 기능과는 무관
 - 74 뒤 2자리 숫자가 기능 표현

recommended operating conditions (see Note 3)

		SN5400			SN7400			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High-level input voltage	2			2			V
V _{IL}	Low-level input voltage			0.8			0.8	V
I _{OH}	High-level output current			-0.4			-0.4	mA
I _{OL}	Low-level output current			16			16	mA
T _A	Operating free-air temperature	-55		125	0		70	°C

NOTE 3: All unused inputs of the device must be held at V_{CC} or GND to ensure proper device operation. Refer to the TI application report, *Implications of Slow or Floating CMOS Inputs*, literature number SCBA004.

SN7400 NAND와 데이터시트

SN7400, SN74LS00, SN74S00 QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-NAND GATES

SDLS025B – DECEMBER 1983 – REVISED OCTOBER 2003

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS‡	SN5400			SN7400			UNIT
		MIN	TYP§	MAX	MIN	TYP§	MAX	
V_{IK}	$V_{CC} = \text{MIN}, I_I = -12 \text{ mA}$			-1.5			-1.5	V
V_{OH}	$V_{CC} = \text{MIN}, V_{IL} = 0.8 \text{ V}, I_{OH} = -0.4 \text{ mA}$	2.4	3.4		2.4	3.4		V
V_{OL}	$V_{CC} = \text{MIN}, V_{IH} = 2 \text{ V}, I_{OL} = 16 \text{ mA}$		0.2	0.4		0.2	0.4	V
I_I	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 5.5 \text{ V}$			1			1	mA
I_{IH}	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 2.4 \text{ V}$			40			40	μA
I_{IL}	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 0.4 \text{ V}$			-1.6			-1.6	mA
$I_{OS}^{\text{¶}}$	$V_{CC} = \text{MAX}$	-20		-55	-18		-55	mA
I_{CCH}	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 0 \text{ V}$		4	8		4	8	mA
I_{CCL}	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 4.5 \text{ V}$		12	22		12	22	mA

‡ For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

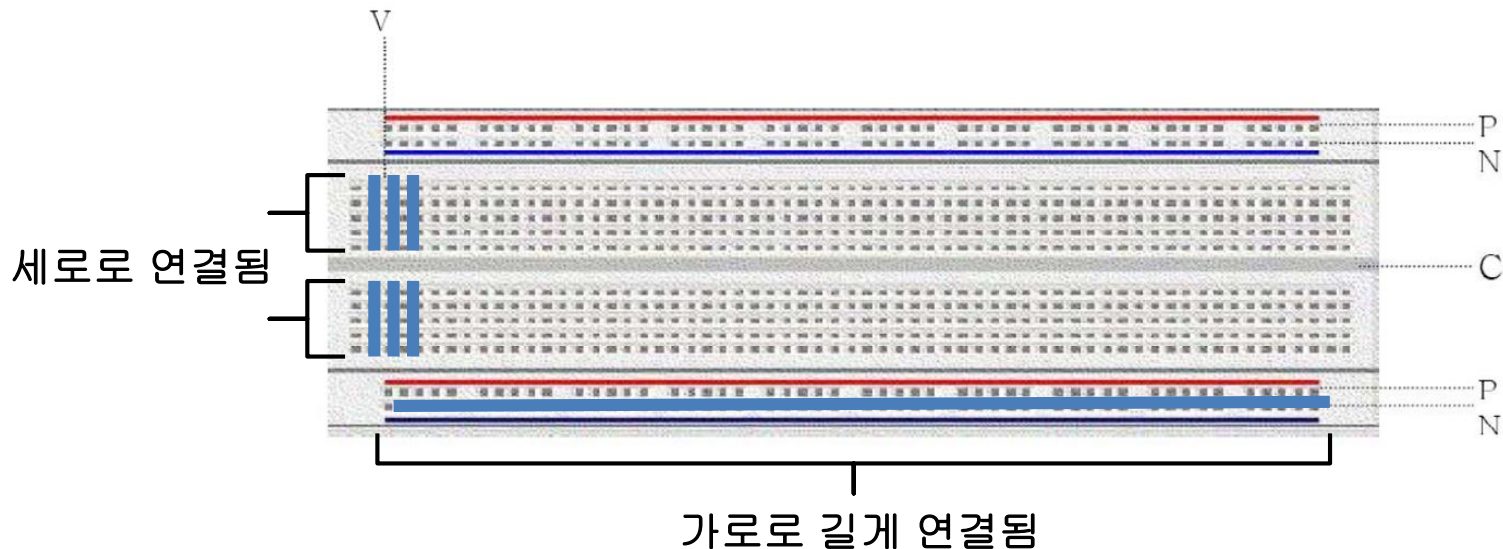
§ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$.

¶ Not more than one output should be shorted at a time.

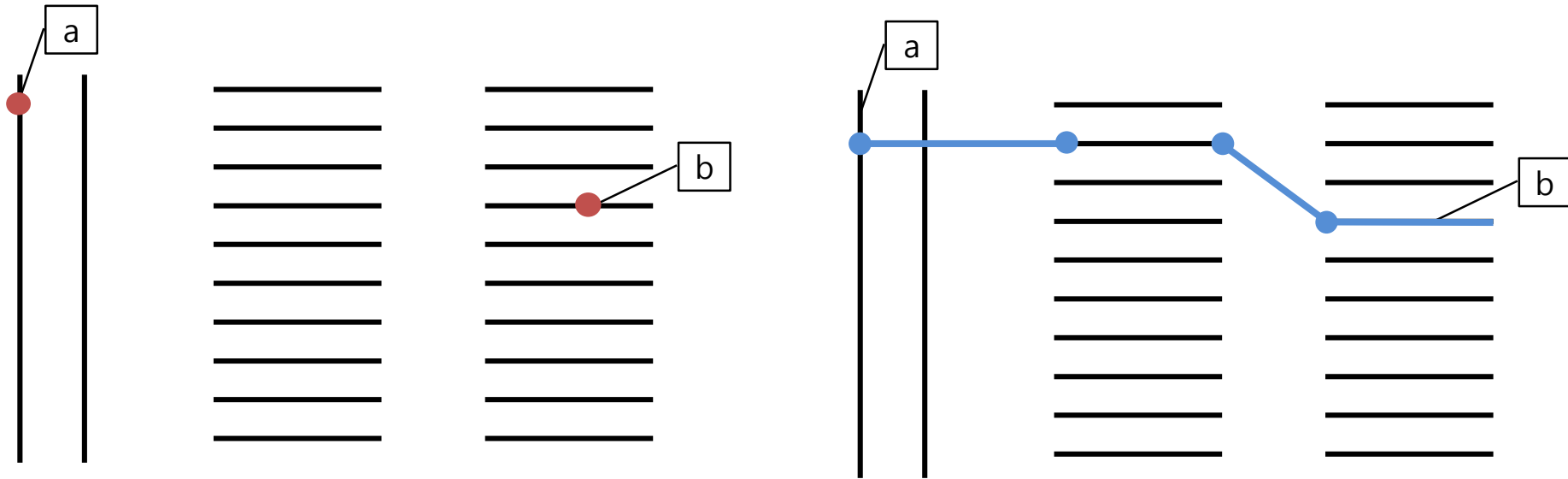
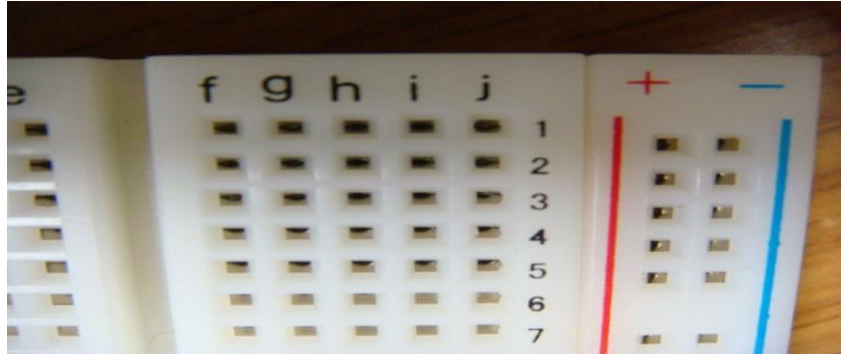
빵판(breadboard)

■ 빵판(breadboard)

- 기판에 납땀이나 랩핑(wrapping) 등의 작업을 하지 않고 회로를 쉽게 구성할 수 있는 도구
- 종류에 따라 조금씩 형태가 다르지만, 아래와 같이 구성됨
 - 전원(5V, GND) 구성을 위해 가로로 연결된 가로선(P, N)
 - 칩의 다리와 전선 등을 연결하기 위한 세로선(V)
 - 칩을 설치하기 위한 공백 부분(C)



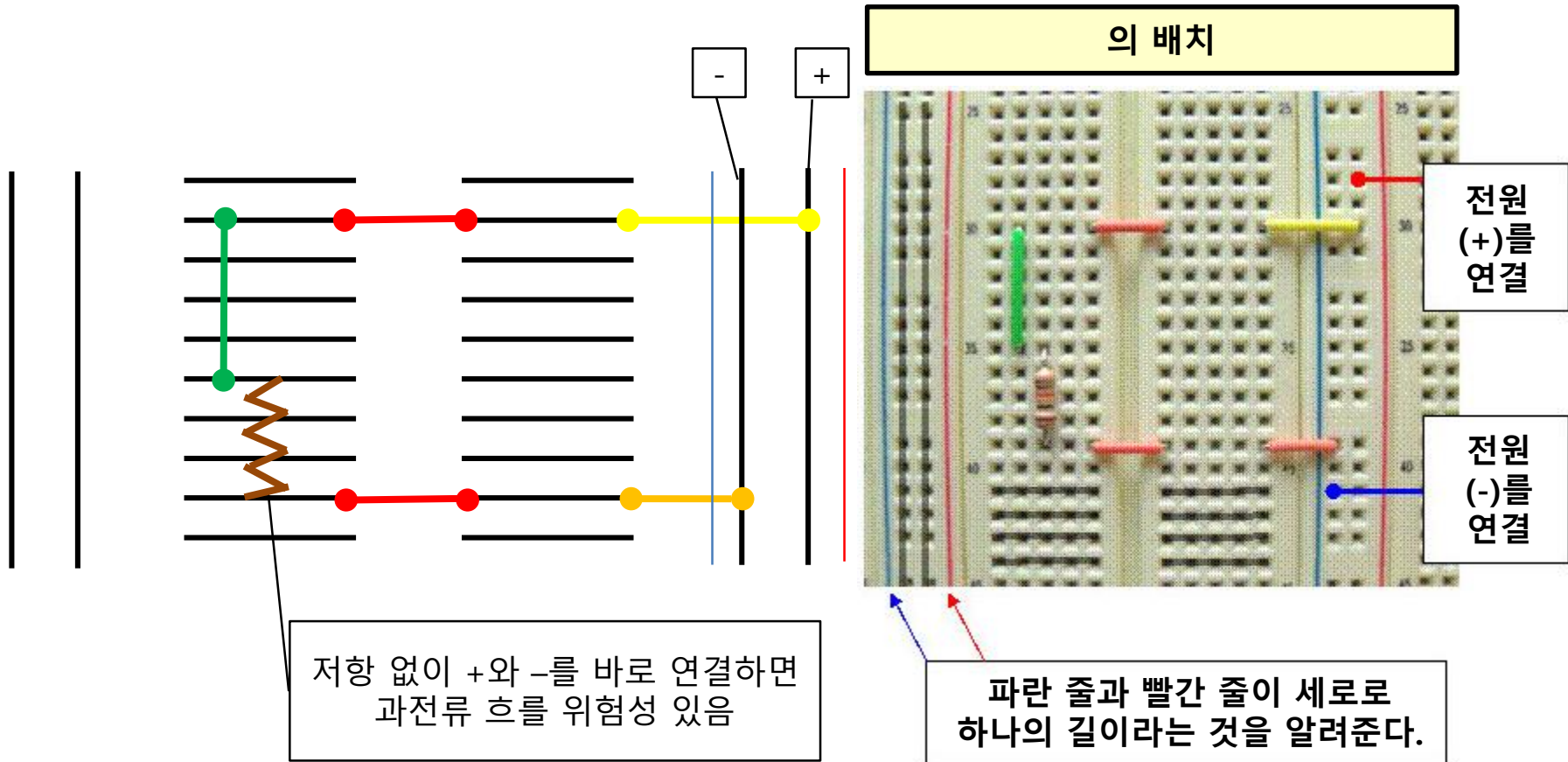
빵판 사용하는 방법(1)



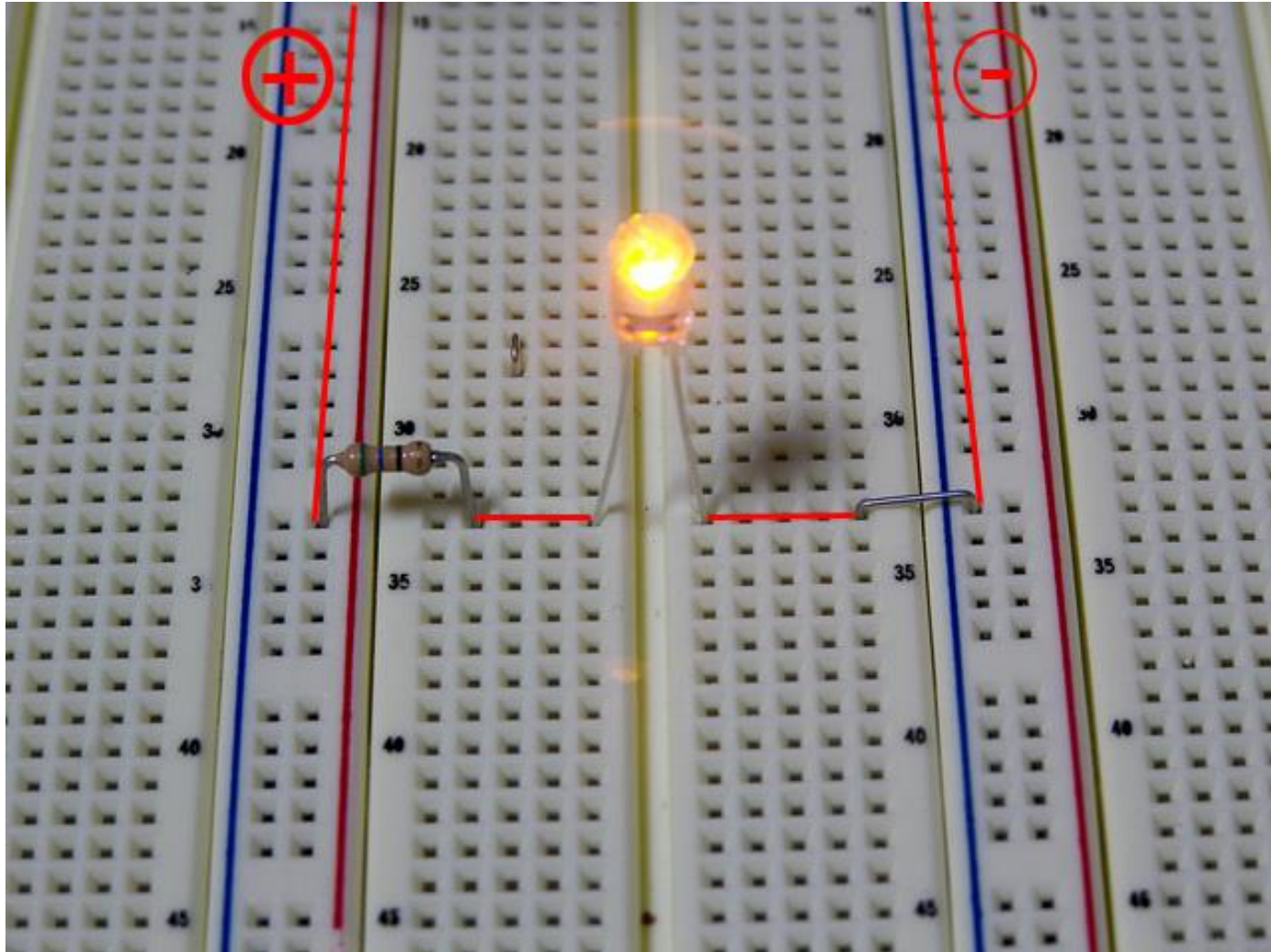
■ 빵판 회로 연결의 예

- a 는 5V 전원에 연결 가정
- b 지점으로 전원을 공급하고 싶을 경우 (또는 논리값 1을 입력하고 싶을 경우)

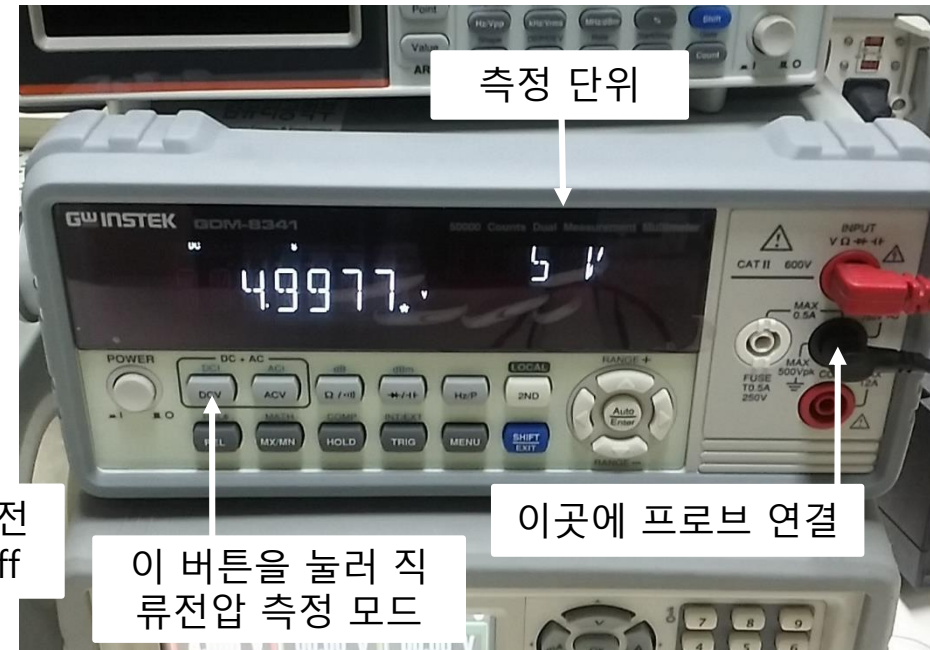
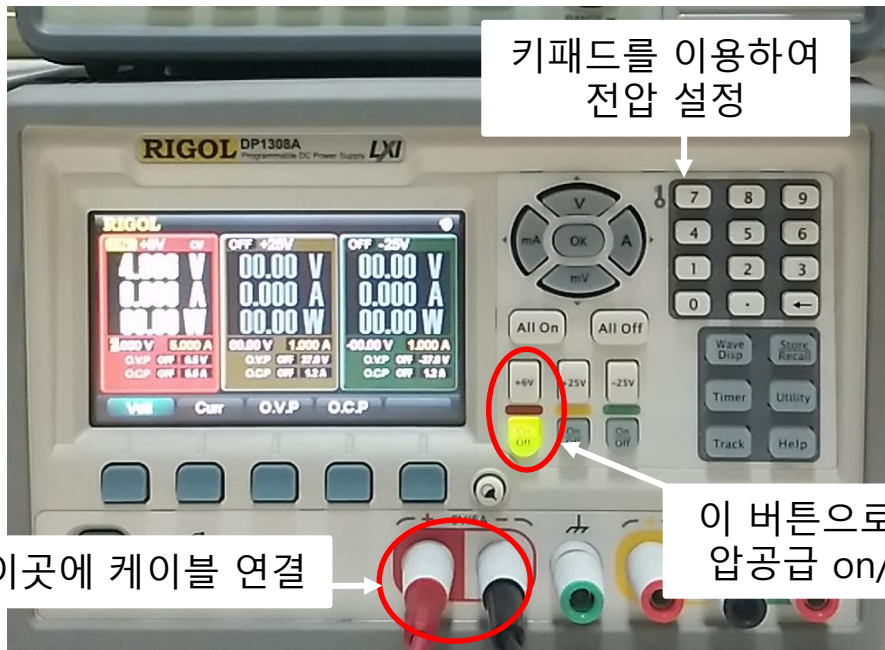
빵판 사용하는 방법(2)



빵판 사용하는 방법(3)



DC 전원 공급 장치와 멀티미터 사용법



- DC 전원 공급 장치(power supply) & 멀티미터(multimeter) 설정
 - 왼쪽 그림과 같이 직류전원공급기에서 원하는 출력전압을 설정한 다음, On/Off 버튼을 누르면 전원이 출력된다. 멀티 미터의 경우 측정하고자 하는 AC/DC 전류, 전압 등 버튼을 누른 다음, 측정범위를 설정하면 된다.

실험 1 – NAND 게이트 특성 확인(1)

■ 목표

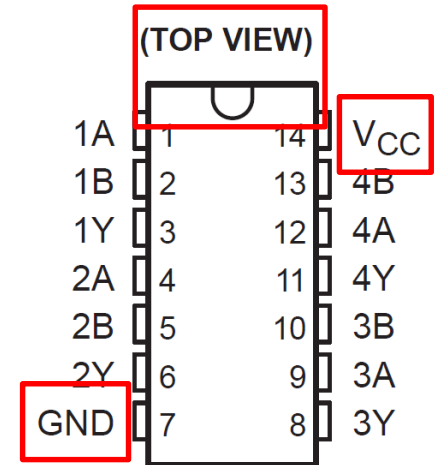
- NAND 게이트에 전원을 연결하여 동작을 확인한다.

■ 실험 내용

1. 전원 공급 장치에서 5V 직류 전원을 생성하도록 설정한다.
2. 빵판의 양쪽 가로선(P, N)으로 V_{CC} , GND에 연결한다.
3. 가운데 홈을 이용하여 SN7400 NAND 칩을 부착한다.
4. 데이터시트를 참고하여 NAND 칩 전원 연결(그림 참고)하고, 세팅이 완료되면 1A, 1B 위치에 적당한 전압을 인가하여 1Y 출력 값을 확인한다.
5. 기존의 알고있던 NAND 게이트의 진리표와 비교해본다.

■ 제출 사항

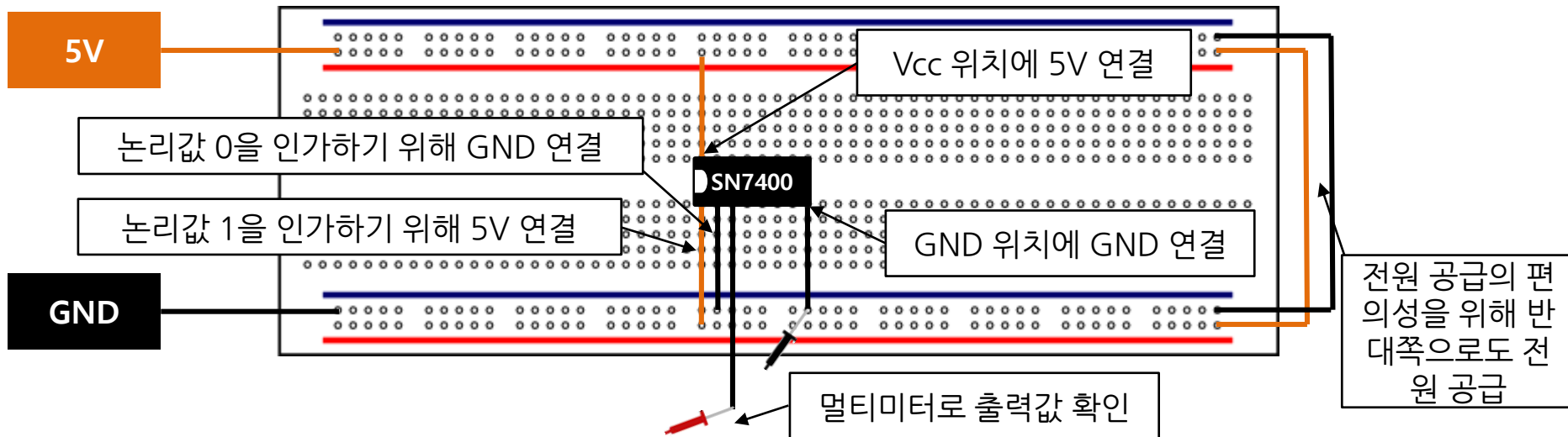
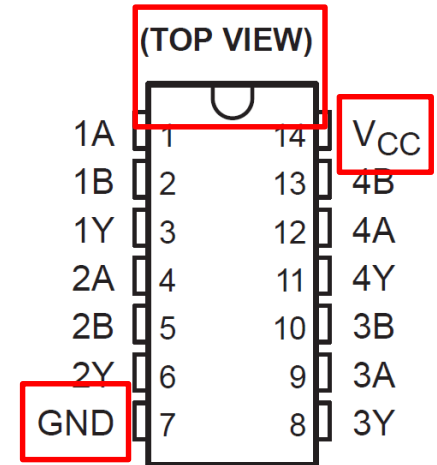
- 없음



실험 1 – NAND 게이트 특성 확인(2)

■ 실험 내용

1. 전원 공급 장치에서 5V 직류 전원을 생성하도록 설정한다.
2. 빵판의 양쪽 가로선(P, N)으로 V_{CC} , GND에 연결한다.
3. 가운데 홈을 이용하여 SN7400 NAND 칩을 부착한다.
4. 데이터시트를 참고하여 NAND 칩 전원 연결(그림 참고)하고, 세팅이 완료되면 1A, 1B 위치에 적당한 전압을 인가하여 1Y 출력 값을 확인한다.
5. 기존의 알고있던 NAND 게이트의 진리표와 비교해본다.



실험 2 – 플로팅 입력시의 게이트 동작 확인

■ 목표

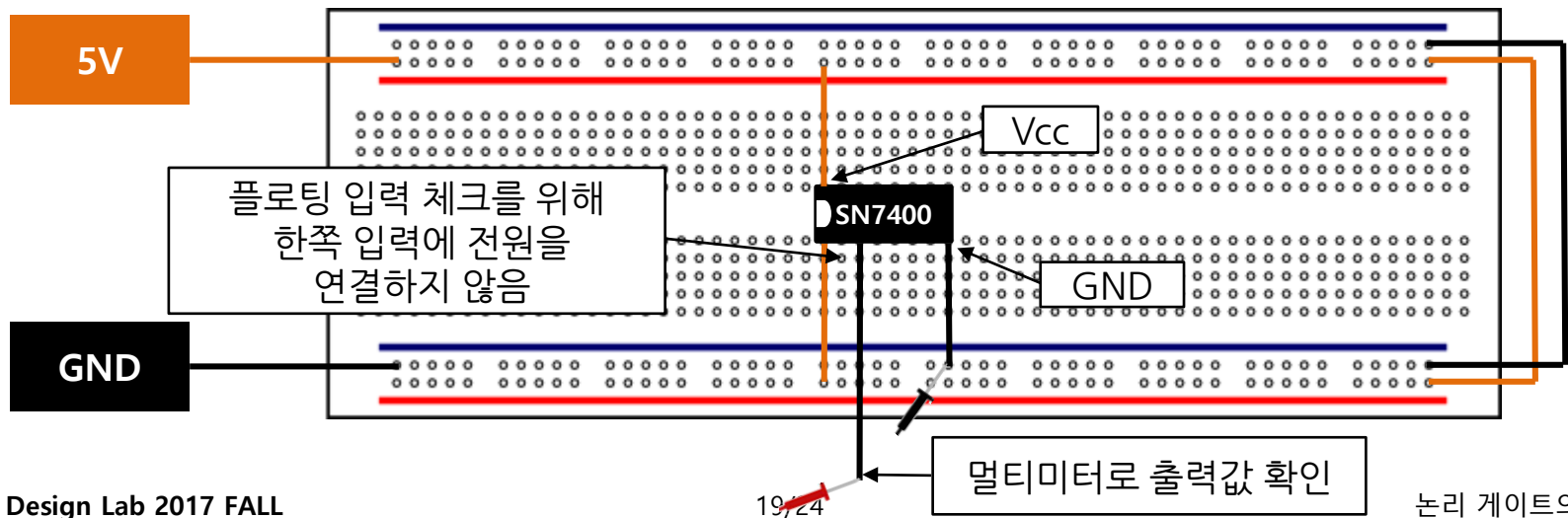
- 게이트에 플로팅 입력(floating input)을 인가하면 어떻게 동작하는지 확인한다.

■ 실험 내용

1. 플로팅 입력이란 V_{CC} , GND 등 일정한 전압을 가진 전원에 연결되지 않은 입력 값 상태이다. 이 경우 칩의 구현에 따라 동작이 다를 수 있다.
2. 실험 1의 구성에서 하나의 입력을 제거하여 플로팅 입력을 만든다.

■ 제출 사항

- 없음



실험 3 – 입력 전압 변화에 따른 게이트 동작 변화 확인(1)

■ 목표

- 게이트에 인가하는 전압을 변화시키면 동작이 어떻게 변화하는지 확인한다.

■ 실험 내용

1. 데이터 시트에는 정상 동작을 하는 V_{CC} (공급 전압), V_{IH} (입력 전압) 등의 정보가 명시되어 있다.
2. 실제 동작을 확인하기 위해 두 입력 값을 모두 GND로 세팅한 뒤 (두 입력을 0으로 고정) 전원 공급 장치에서 V_{CC} (공급 전압)를 낮추면서 실험한다.
3. V_{OH} (출력 전압)를 그래프 형태로 표시하면서 이 데이터 시트에 표기된 값보다 작아지는 V_{CC} (공급 전압) 값을 찾는다.

■ 제출 사항

- V_{CC} (공급 전압) 값과 V_{OH} (출력 전압)의 관계를 그래프로 나타낸다.

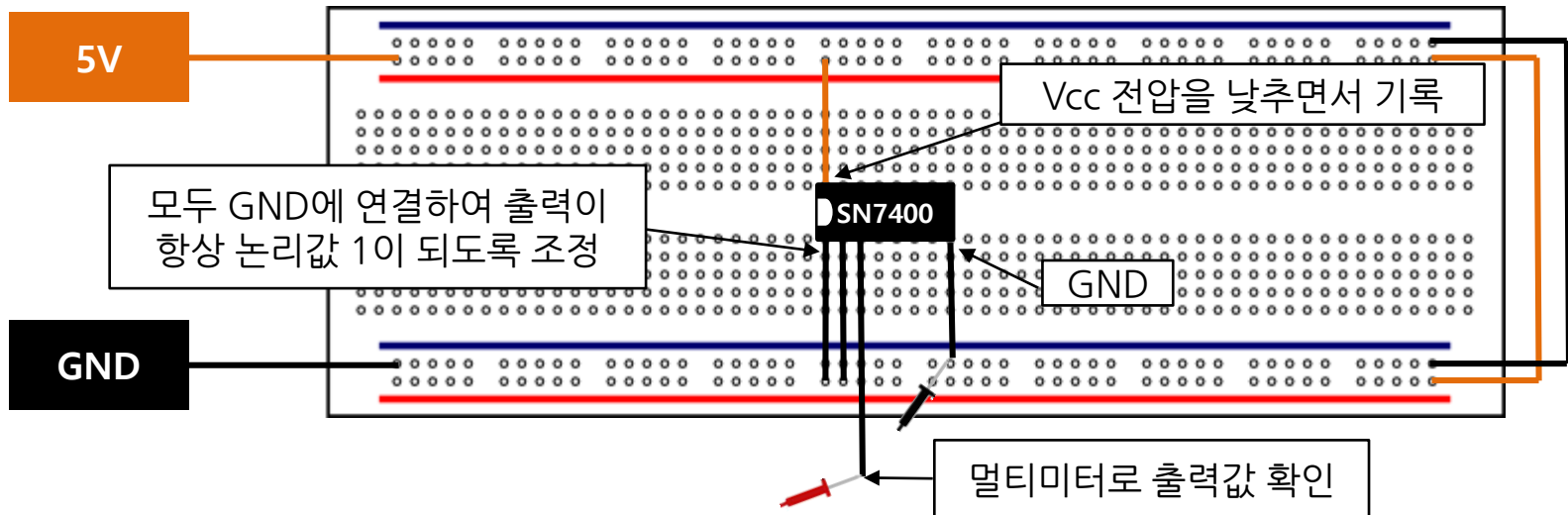
실험 3 – 입력 전압 변화에 따른 게이트 동작 변화 확인(2)

■ 실험 내용

1. 데이터 시트에는 정상 동작을 하는 V_{CC} (공급 전압), V_{IH} (입력 전압) 등의 정보가 명시되어 있다.
2. 실제 동작을 확인하기 위해 두 입력 값을 모두 GND로 세팅한 뒤 (두 입력을 0으로 고정) 전원 공급 장치에서 V_{CC} (공급 전압)를 낮추면서 실험한다.
3. V_{OH} (출력 전압)를 그래프 형태로 표시하면서 이 데이터 시트에 표기된 값보다 작아지는 V_{CC} (공급 전압) 값을 찾는다.

■ 제출 사항

- V_{CC} (공급 전압) 값과 V_{OH} (출력 전압)의 관계를 그래프로 나타낸다.



실험 4 – NAND 칩을 이용한 회로 구성(1)

■ 목표

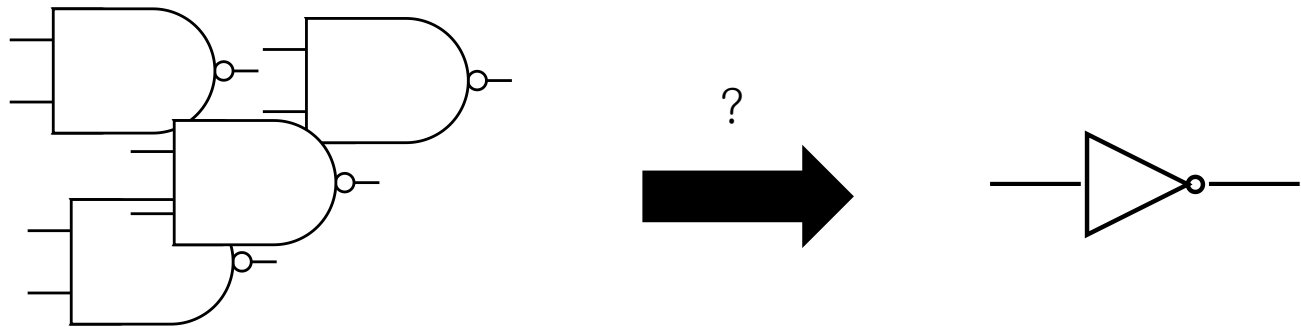
- NAND 게이트를 사용하여 NOT 게이트(inverter) 만들기

■ 실험 내용

1. { NAND }가 함수적으로 완전하기 때문에 NAND 게이트 만으로 다른 논리 게이트를 표현할 수 있다.
2. NAND 게이트만을 사용하여 NOT 게이트를 구성해 본다.
3. 5V 전압을 인가하여 동작을 확인해본다.
4. 조교에게 동작 검증받기

■ 제출 사항

- 없음.



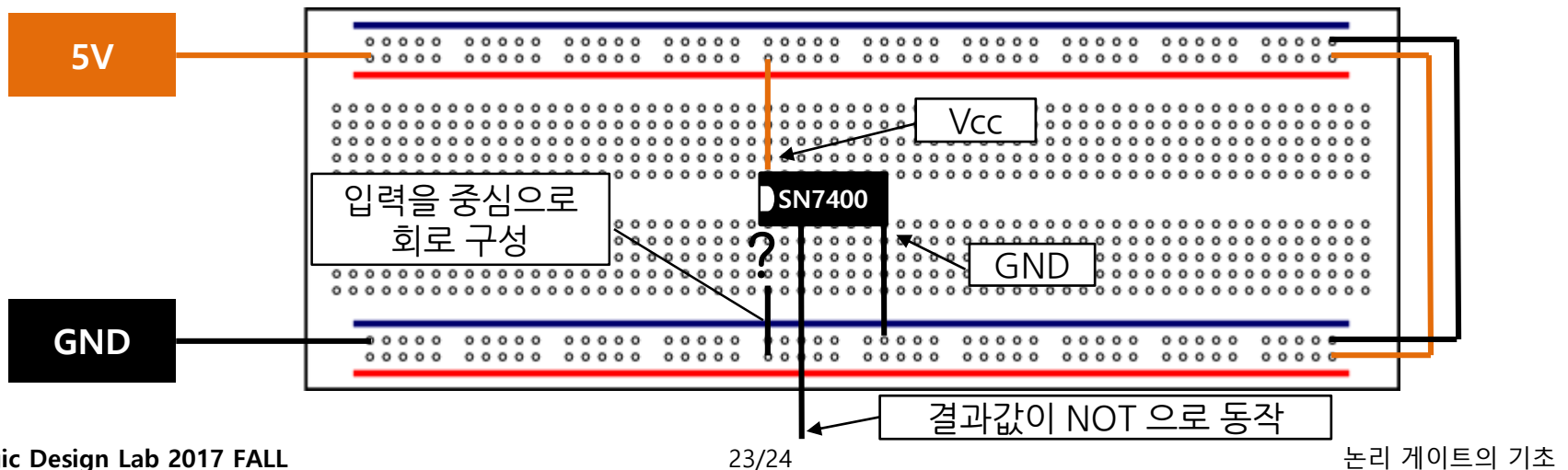
실험 4 – NAND 칩을 이용한 회로 구성(2)

■ 목표

- NAND 게이트를 사용하여 NOT 게이트(inverter) 만들기

■ 실험 내용

1. { NAND }가 함수적으로 완전하기 때문에 NAND 게이트 만으로 다른 논리 게이트를 표현할 수 있다.
2. NAND 게이트만을 사용하여 NOT 게이트를 구성해 본다.
3. 5V 전압을 인가하여 동작을 확인해본다.
4. 조교에게 동작 검증받기



실험과제 제출 안내

- 보고서 포함 사항

- 실험3 V_{CC} (공급 전압) 값과 V_{OH} (출력 전압)의 관계에 대한 그래프
- 추가적인 내용은 자유롭게 작성
- 하나의 pdf 문서로 정리

- 제출 방법 및 기한

- ETL 과제 게시판에 팀별로 제출
- 일요일 오후 6시 까지