

# 직렬 및 병렬 회로와 디지털 데이터 출력



부산대학교 정보·의생명공학대학  
정보컴퓨터공학부



# 직렬 및 병렬회로

# 목적

- ❖ 저항(Resistor)의 직·병렬결합회로에서 합성저항( $R_T$ )을 구하기 위한 규칙들을 실험으로 입증
- ❖ 저항의 직·병렬결합회로를 이해

# Ohm's Law



Georg Ohm (1789~1854)

- ❖ In a resistor, the voltage across a resistor is directly proportional to the current flowing through it.

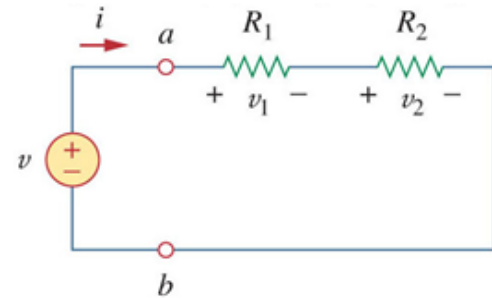
$$V = IR$$

- The resistance of an element is measured in units of Ohms,  $\Omega$ , ( $V/A$ )
- The higher the resistance, the less current will flow through for a given voltage.

# Resistors in Series

- ❖ Two resistors are considered in series if the same current pass through them

- ❖ The total resistance is:  $R_T = R_1 + R_2$



- ❖ More generally, the total resistance equals the sum of the resistances.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_N$$

- ❖ Because the same current  $I$  passes through each resistor, we can calculate the voltage across each resistor:

$$V_1 = IR_1, V_2 = IR_2, \cdots, V_N = IR_N$$

- ❖ This indicates the voltage drop across each resistor depends on its resistance

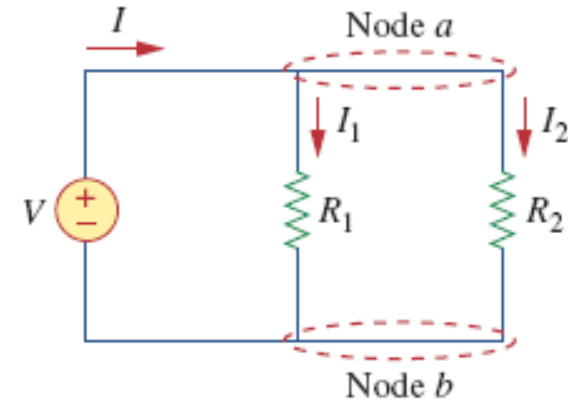
# Resistors In Parallel

❖ The two resistors are in parallel as they share the same nodes.

- both will have the same voltage drop across them.

❖ We can express the current passing through both resistors as:

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, I_2 = \frac{V}{R_2}, I = I_1 + I_2$$
$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{V}{R_{eq}}$$



- Solving for the equivalent resistance

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, \quad R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

❖ The result for two resistors can be expanded for a circuit with  $N$  resistors:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_N}$$

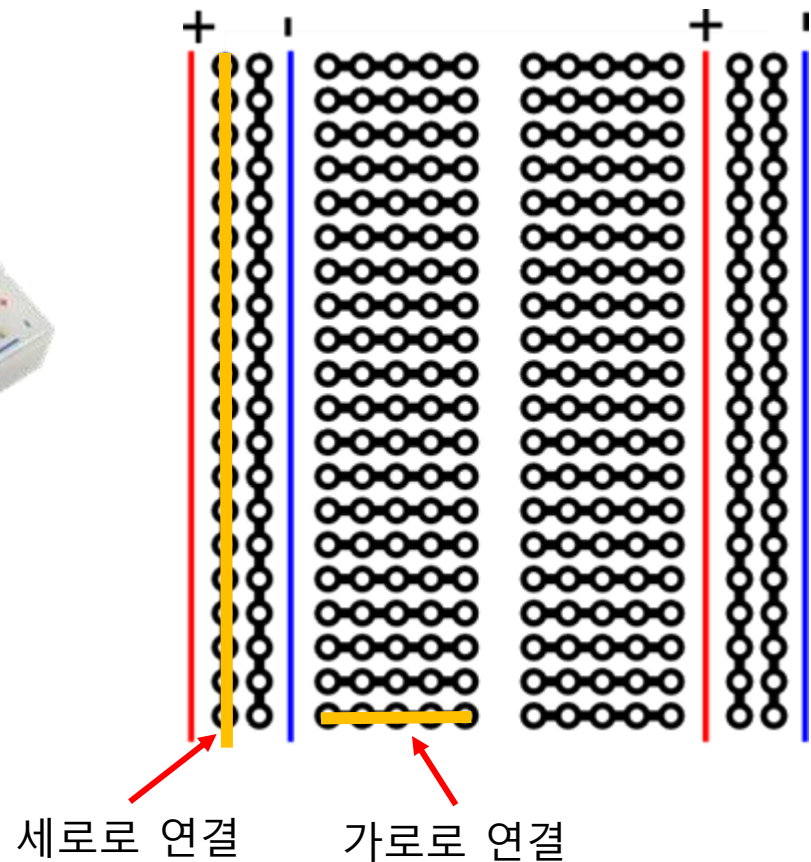
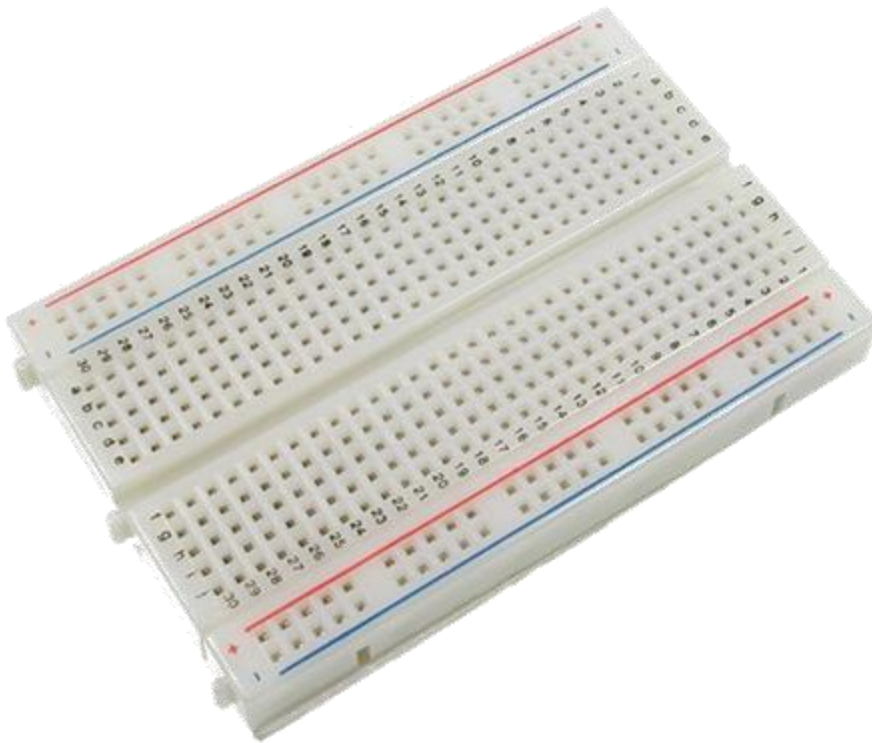
- If all the resistors are the same, the resulting equivalent resistance is  $R_T = \frac{R}{N}$

# 실험 도구

- ❖ 브레드 보드(Bread Board)
- ❖ 저항 (Resistor)
- ❖ 직류전원공급기 (DC Power Supply)
- ❖ 멀티미터 (Multimeter)

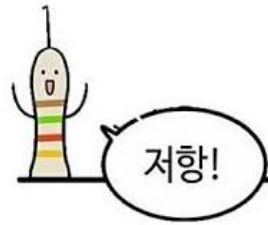
# 브레드보드(Breadboard)

- ❖ 전자 회로의 (일반적으로 임시적인) 시제품을 만드는데 사용하고 재사용할 수 있는 무땀납 장치



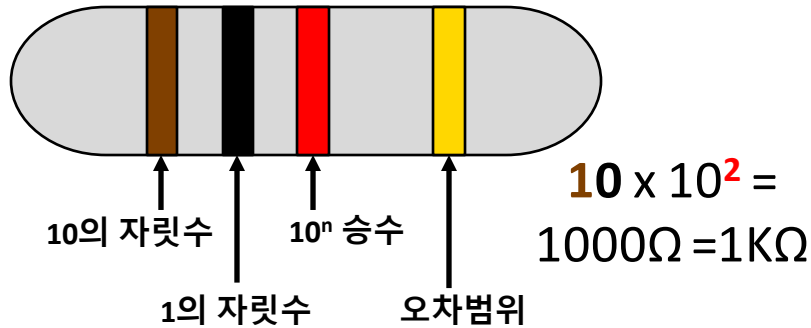


# 저항 (Resistor)



## ❖ 저항 읽는 법

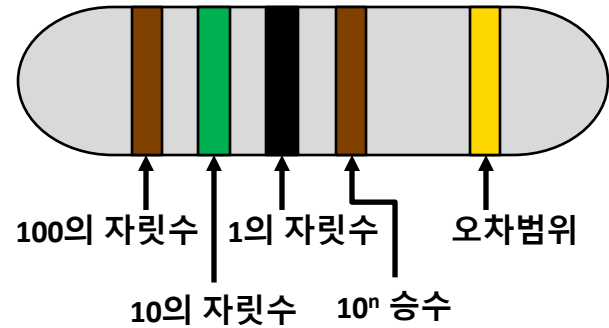
띠가 4줄인 경우



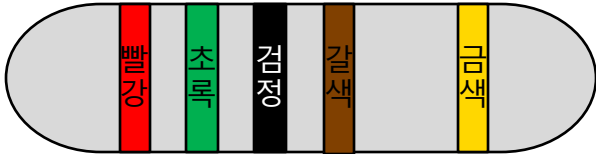
색	첫 번째 띠	두 번째 띠	세 번째 띠 (단위)	4번째 띠 (오차)	열계수
검정	0	0	$\times 10^0$		
갈색	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)	100 ppm
빨간색	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)	50 ppm
주황색	3	3	$\times 10^3$		15 ppm
노랑색	4	4	$\times 10^4$		25 ppm
초록색	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)	
파랑색	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)	
보라색	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)	
회색	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)	
흰색	9	9	$\times 10^9$		
금색			$\times 0.1$	$\pm 5\%$ (J)	
은색			$\times 0.01$	$\pm 10\%$ (K)	
없음				$\pm 20\%$ (M)	

$$150 \times 10^1 = 1500\Omega = 1.5K\Omega$$

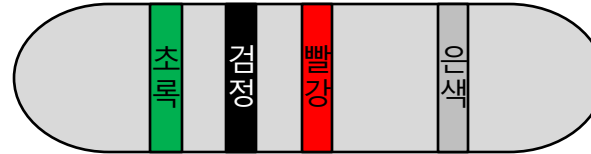
띠가 5줄인 경우 (정밀 저항)



색	첫 번째 띠	두 번째 띠	세 번째 띠	4번째 띠 (단위)	5번째 띠 (오차)
검정	0	0	0	$\times 1$	
갈색	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)
빨간색	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)
주황색	3	3	3	$\times 10^3$	
노랑색	4	4	4	$\times 10^4$	
초록색	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)
파랑색	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)
보라색	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)
회색	8	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)
흰색	9	9	9	$\times 10^9$	
금색				$\times 0.1$	$\pm 5\%$ (J)
은색				$\times 0.01$	$\pm 10\%$ (K)
없음					$\pm 20\%$ (M)



$$250 \times 10^1 = 2500\Omega = 2.5\text{K}\Omega$$



$$50 \times 10^2 = 5000\Omega = 5\text{K}\Omega$$

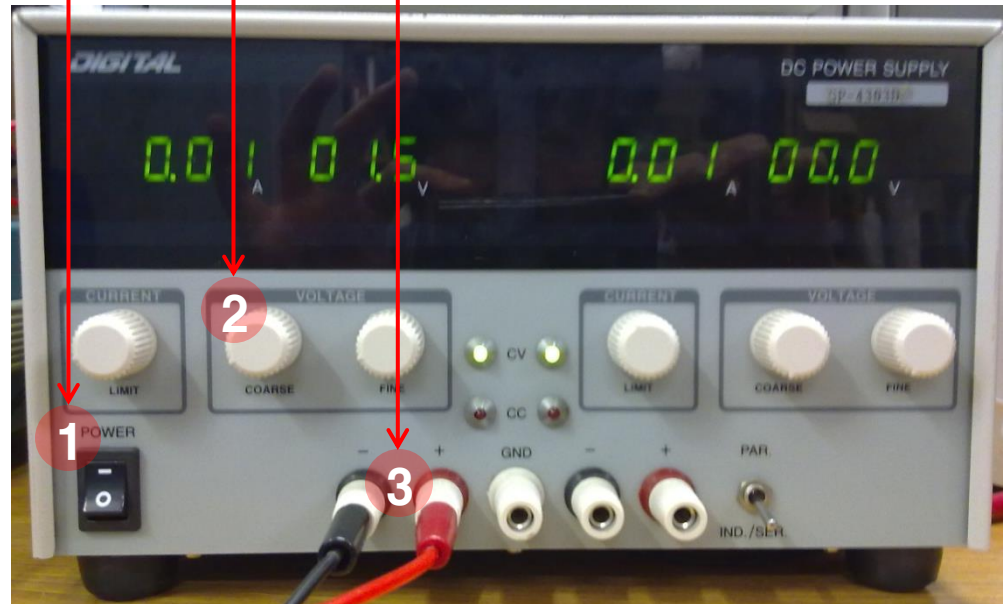
# 전원공급기

❖ 직류전원 공급장치

❖ 스위치

- 전원 스위치
- 전압조절 스위치

❖ 프로브 연결 위치



# 멀티미터

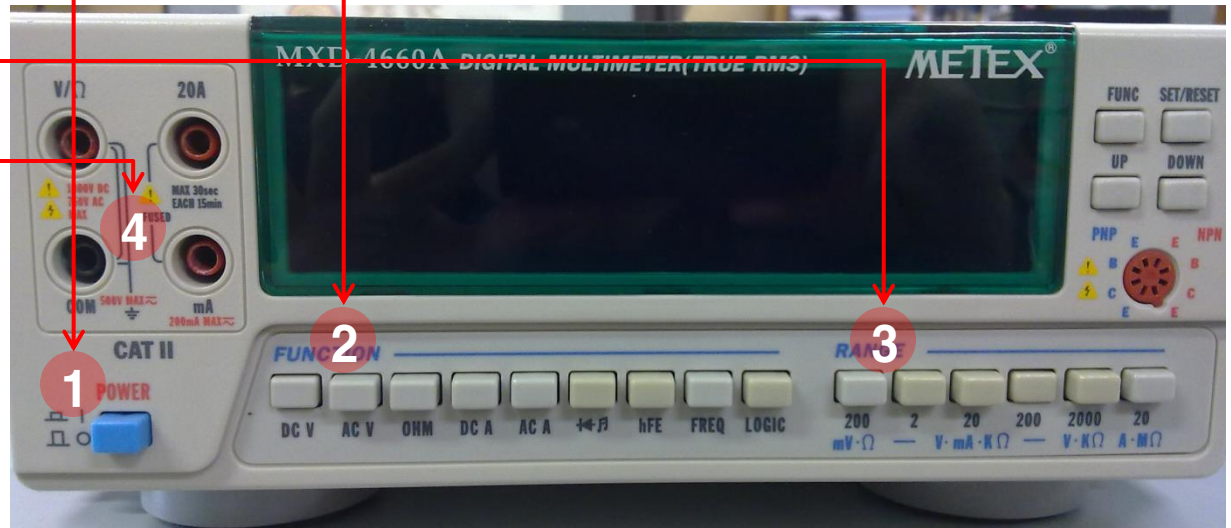
## ❖ 멀티미터 (멀티테스터, 볼트/옴 미터 혹은 VOM)

- 여러가지의 측정 기능을 결합한 전자 계측기

## ❖ 스위치

- 전원 스위치
- 기능 선택 스위치
- 범위 선택 스위치

## ❖ 프로브 연결 위치



# Measurement

- ❖ The three basic parameters that one may wish to measure in a circuit are voltage,  $V$ , current,  $I$ , and resistance,  $R$ .
- ❖ The corresponding meters that can measure these parameters are the *voltmeter*, *ammeter*, and *ohmmeter* respectively.
- ❖ It is common these days to have a single meter that serves all three functions, called a *multimeter*.

# Digital vs. Analog Multimeter

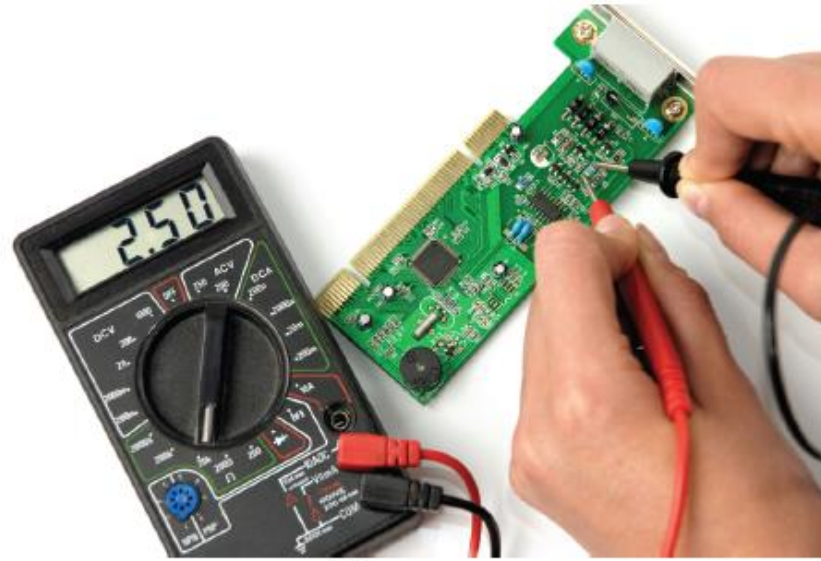
## ❖ Multimeters come in two types: digital and analog.

- The digital meter converts the measured value to a digitized number and shows the value on a display.
- The analog meter uses display the consists of a needle that moves across a calibrated meter. The needle points to the measured value.

## ❖ Below are examples of both types of meter



(a)



(b)

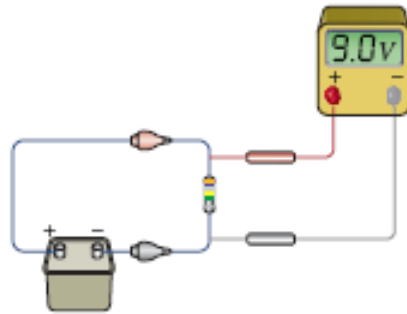
**Figure 2.26**

(a) Analog multimeter; (b) digital multimeter.

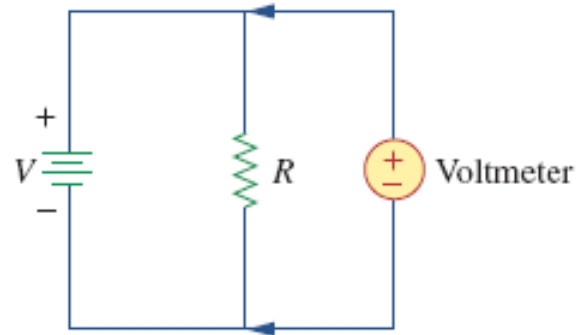
(a) © iStock; (b) © Oleksy Maksymenko/Alamy RF

# Voltmeter

- ❖ To measure voltage, the voltmeter/multimeter is connected across the element to be measured.
- ❖ This configuration is referred to as a parallel connection.

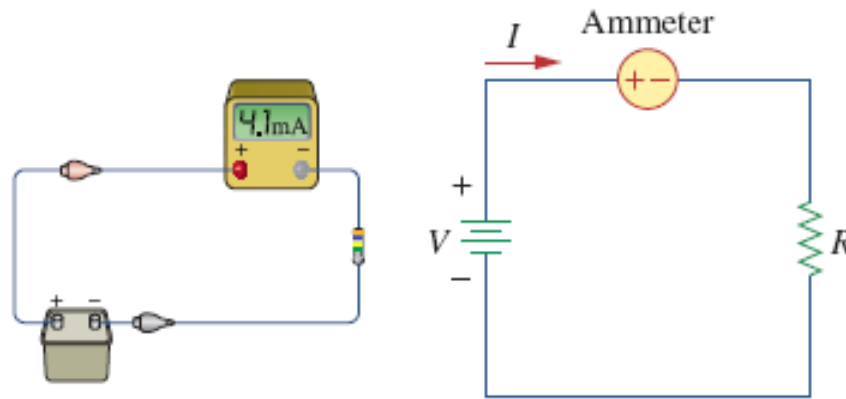


**Figure 2.27**  
Measuring voltage.



# Ammeter

- ❖ To measure current, the ammeter/multimeter is connected in series with the element.
- ❖ This means that the circuit must be “broken” in order to insert the meter.
- ❖ For a positive reading, current must enter the terminal marked as positive (+).

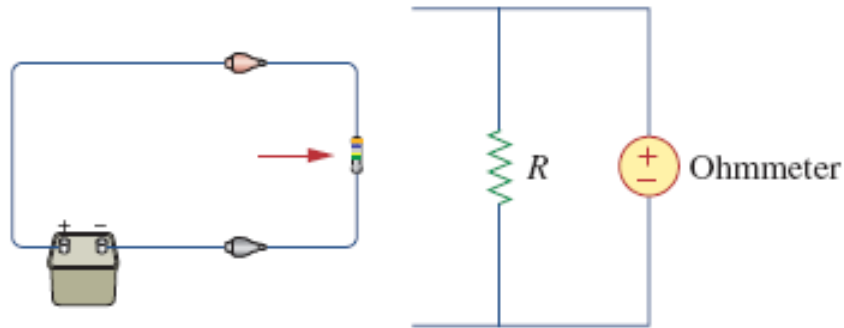


**Figure 2.28**  
Measuring current.



# Ohmmeter

- ❖ To measure resistance, the ohmmeter/multimeter must be connected across the element of interest.
- ❖ If this element is still connected within a circuit, the measured resistance may include other elements in the circuit.



**Figure 2.29**  
Measuring resistance.

# Best Practices

- ❖ When working with any meter, it is best to follow these rules:
  1. If possible, turn the circuit off before connecting the meter.
  2. To avoid damaging the meter, set the range to the highest value first and turn it down as needed.
  3. When measuring DC current or voltage observe proper polarity.
- ❖ When using a multimeter, make sure you set the meter in the correct mode (ac, dc, V, A,  $\Omega$ ), including moving the test leads to the appropriate jacks.
- ❖ When the measurement is completed, turn off the meter to avoid draining the meter's internal battery.

# Safety

- ❖ When working on circuits, the possibility of electric shock is always present.
- ❖ The shock comes from current passing through your body.
- ❖ Depending on the amount of current, the effects can range from a tingling feeling to death.

**TABLE 2.5**

## Electric shock

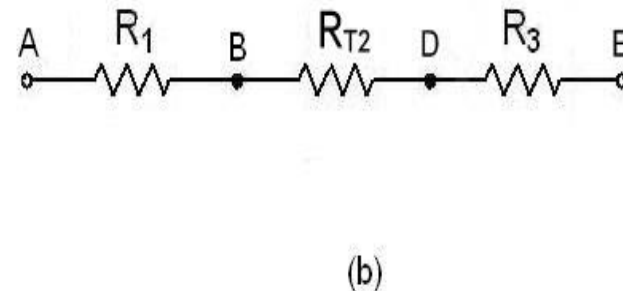
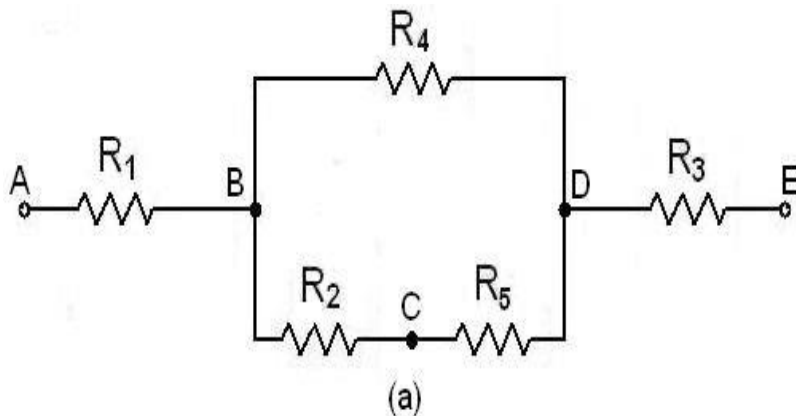
Electric Current	Physiological effect
Less than 1mA	No sensation or feeling
1 mA	Tingling sensation
5–20 mA	Involuntary muscle contraction
20–100 mA	Loss of breathing, fatal if continued

# 직렬/병렬 회로 구성 및 측정

## ❖ 실험 순서

- ① Ohm's Law를 이용한 저항 값 계산
- ② Multimeter로 저항 측정
- ③ Bread Board에 회로 구성
- ④ 구성한 회로에서 Multimeter로 합성 저항, 전압, 전류 등을 측정

## ① Ohm's Law를 이용한 문제 풀이



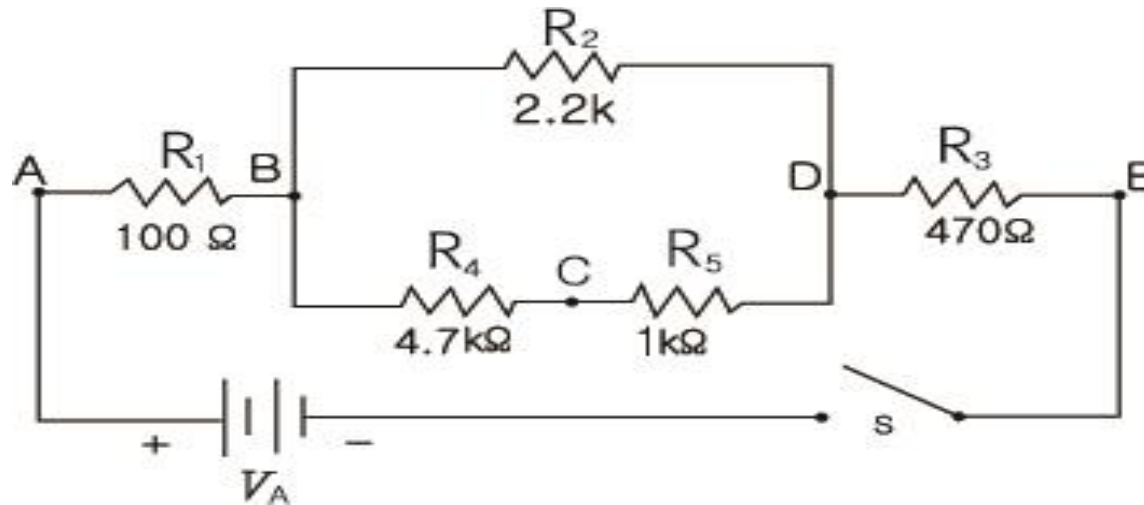
❖ 점 B와 D 사이의 합성 저항 값  $R_{T2}$  ?

❖ 점 A와 E 사이의 전체 합성 저항  $R_T$  ?

❖ 계산 값은 Quiz 3-3에 입력하세요

## ②, ③ 저항 측정 및 회로 구성

- ② 아래 회로도에 쓰이는  $100\Omega$ ,  $470\Omega$ ,  $1k\Omega$ ,  $2.2k\Omega$ ,  $4.7k\Omega$ 의 저항을 Multimeter로 측정하여 표에 입력하라 (PLMS LAB 3-1에 입력)
- ③ Bread Board에 아래 회로도의 회로를 구성하라



	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$
정격 값	$100\Omega$	$2.2k\Omega$	$470\Omega$	$4.7k\Omega$	$1k\Omega$
측정 값					

## ④ 회로의 저항, 전압, 전류 측정

- 1) 전원을 끄고, 점 B와 D 사이에 저항  $R_{T2}$  를 측정하라
- 2) 전원을 끄고, 점 A와 E 사이에 저항  $R_T$  를 측정하라
- 3) 회로에 10V의 전원을 인가하라
- 4) 전체 전압과 각 저항에 걸린 전압을 측정하라
- 5) 전체전류  $I_T$ 와  $R_2$ 에 흐르는 전류  $I_2$ ,  $R_4$ 와  $R_5$ 에 흐르는 전류  $I_{4,5}$  를 측정하라
- 6) Ohm's Law를 활용하여 측정 대상 저항, 전압, 전류 등을 계산하라
- 7) 측정 값과 계산 값으로 아래 표를 완성하라
  - 1) 측정 값은 PLMS LAB 3-1에 입력, 계산 값은 Quiz 3-3에 입력

	$R_{T2}$	$R_T$	$V_A$	$V_{AB}$	$V_{BC}$	$V_{CD}$	$V_{BD}$	$V_{DE}$	$V_{AE}$	$I_T$	$I_2$	$I_{4,5}$
계산 값												
측정 값												

# 디지털 출력



# Arduino Digital I/O & Functions

## ❖ Arduino Digital I/O

- Arduino에서는 Digital Pin들에 들어오는 전압(0V~5V)을 읽거나 쓸 수 있음
- Digital이므로 쓰이는 값은 on(=5V, HIGH), off(=0V, LOW) 두 가지
- Digital Pin에서 값을 읽고 쓸 때 사용하는 함수 : digitalRead(), digitalWrite()
- Digital Pin은 입력 또는 출력 중 하나의 모드로 동작, 이를 조절하는 함수 : pinMode()

## ❖ Arduino Digital I/O Functions

- [pinMode\(pin, mode\)](#)
  - Configures the specified pin to behave either as an input or an output.
  - Parameters :
    - pin: the number of the pin whose mode you wish to set
    - mode: INPUT, OUTPUT, or INPUT\_PULLUP
  - Returns : Nothing

- [digitalWrite\(\)](#)

- Write a HIGH or a LOW value to a digital pin
- Parameters :
  - pin: the pin number
  - value: HIGH or LOW
- Returns : Nothing

- [digitalRead\(\)](#)

- Reads the value from a specified digital pin, either HIGH or LOW.
- Parameters
  - pin: the number of the digital pin you want to read
- Returns : HIGH or LOW

# LED (Light Emitting Diode)

## ❖ 다이오드

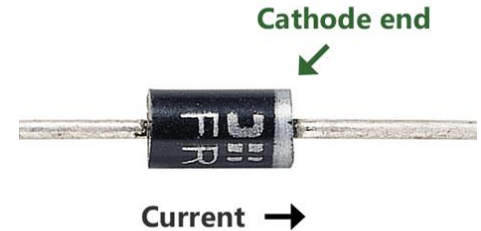
- 양극에서 음극으로 순방향으로만 전류가 흐름



(a) 다이오드 기호



(b) 다이오드 외형



TechT

## ❖ LED : Light Emitting Diode, 발광 다이오드

- 순방향 연결에서 빛을 냄
- 화학물질에 따라 다양한 색상의 빛을 냄
- 리모컨의 적외선 LED, 살균 소독용 자외선 LED 등도 존재
- 데이터 핀에 연결하여 비트 단위 데이터 확인



(a) LED 기호



(b) LED 외형

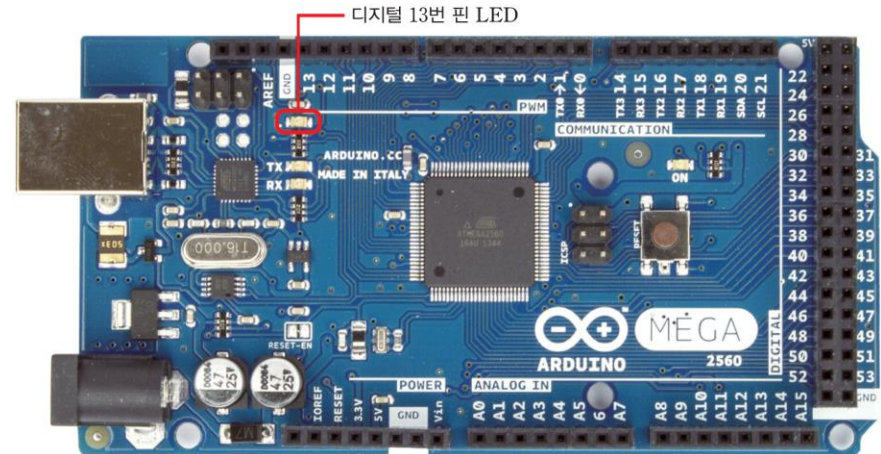
# Digital 출력

## ❖ 실험 순서

- ① Digital I/O 함수 기초 (Sketch 5-1, Textbook pp. 84)
- ② Bread Board를 활용 LED 4개 연결 회로 구성
- ③ 4개 LED 순서대로 점등하기 (Sketch 5-2, Textbook pp. 86~87)
- ④ 실행 결과 확인

# ① Digital I/O 함수 기초

- ❖ Sketch 5-1, Textbook pp. 84
- ❖ #13 Digital Pin – 내장 LED 연결
- ❖ pinMode(), digitalWrite() 활용
- ❖ delay(ms)
  - Pauses the program for the amount of time (in milliseconds) specified as parameter



```

int led = 13;                                // Digital I/O 대상 Pin 번호

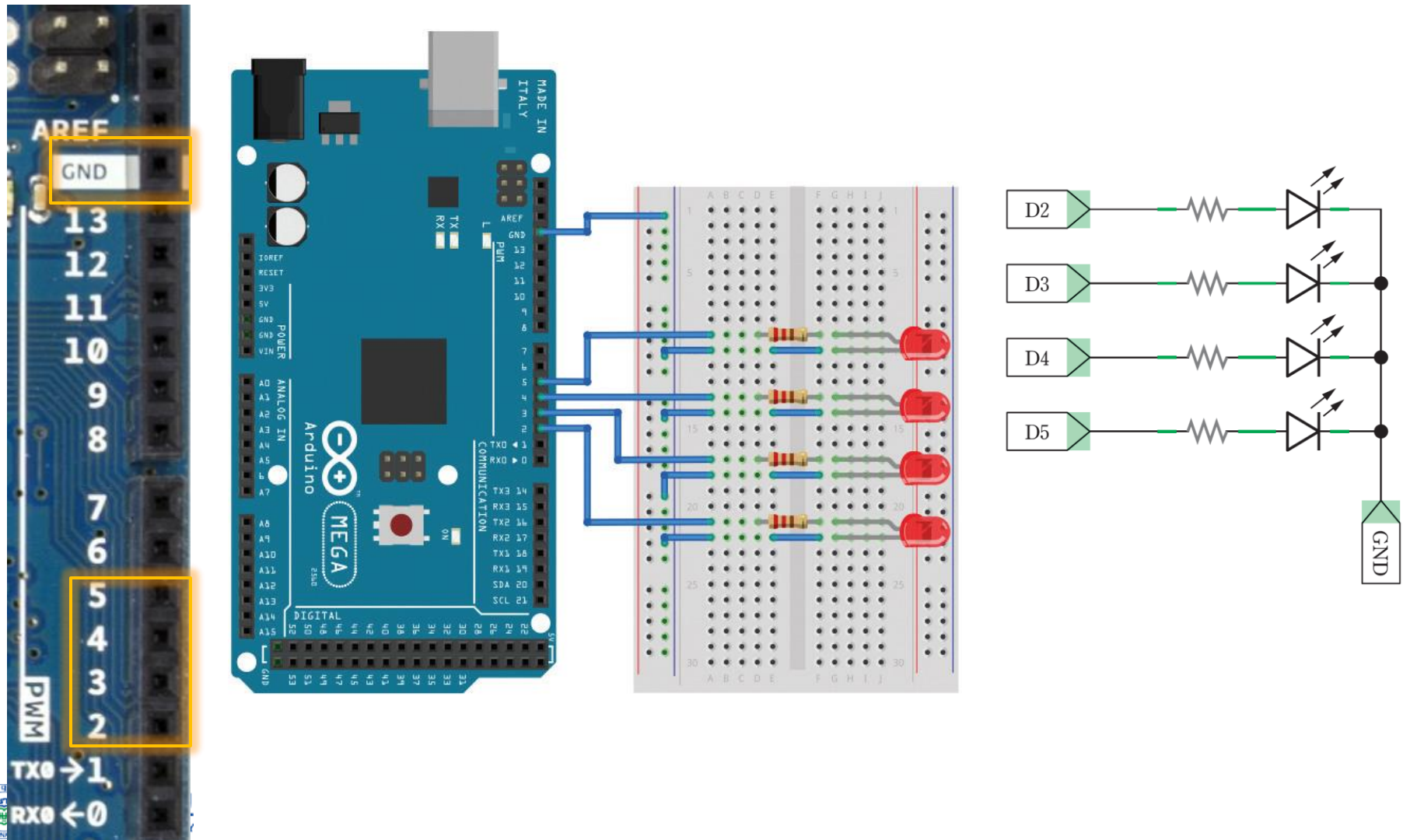
void setup() {
    pinMode(led, OUTPUT);                     // Digital 13번 Pin을 Output 모드로 설정
}

void loop() {
    digitalWrite(led, HIGH);                  // 13번 Pin으로 HIGH (1 또는 ON) 출력
    delay(1000);                              // 1초 (1000ms) 대기
    digitalWrite(led, LOW);                   // 13번 Pin으로 LOW (0 또는 OFF) 출력
    delay(1000);                              // 1초 (1000ms) 대기
}

```

## ② Bread Board를 활용 LED 4개 연결 회로 구성

❖ 4개의 LED를 Digital Pin #2~#5와 GND에 연결



## ③ 4개 LED 순서대로 점등하는 Sketch

### ❖ 4개 LED 순서대로 점등하기 (Sketch 5-2, Textbook pp. 86~87)

```
int pins[] = {2,3,4,5};           // LED 연결 핀
int state = 0;                     // 현재 켜진 LED 인덱스

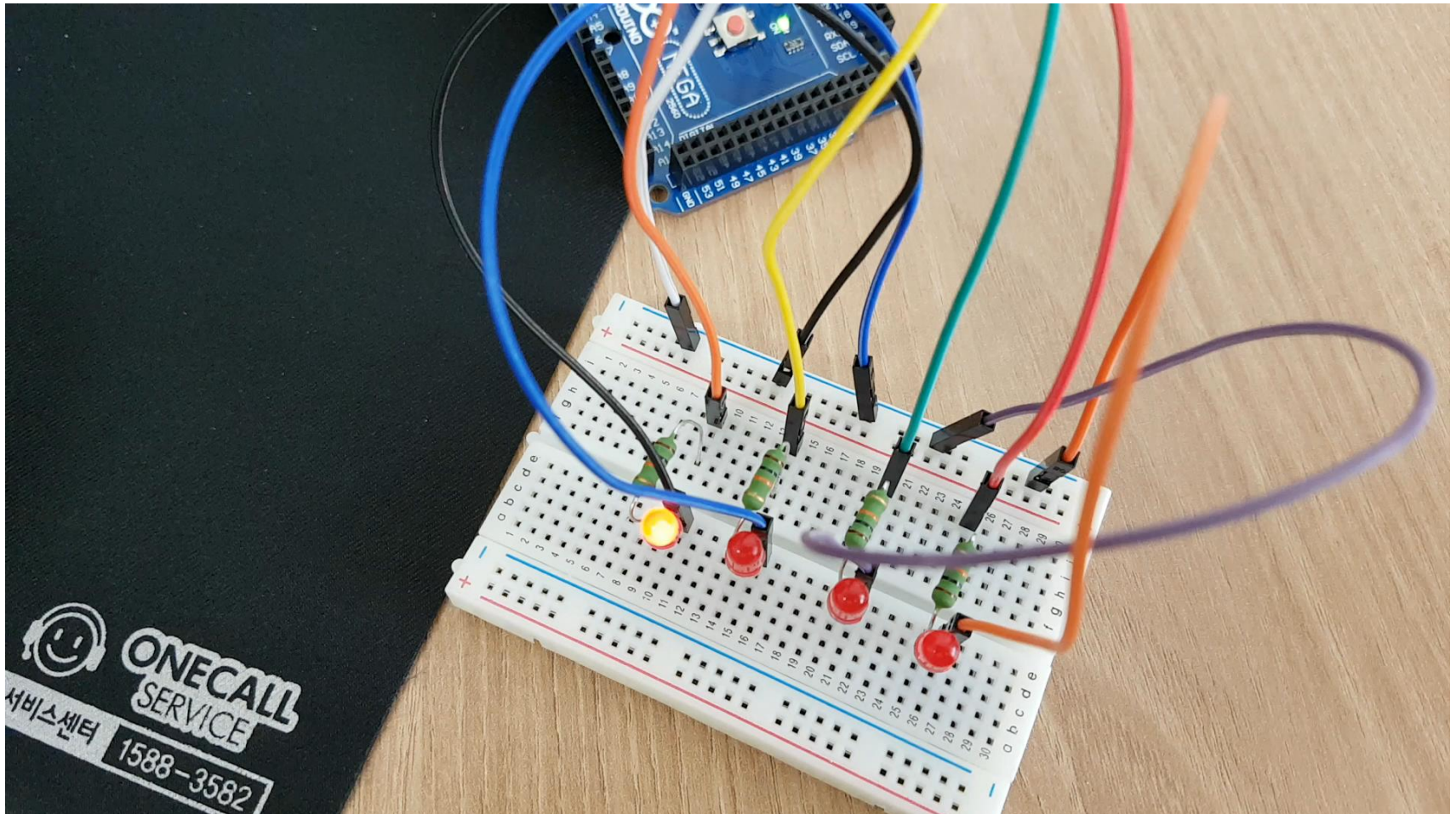
void setup() {
  Serial.begin(9600);              // 시리얼 통신 초기화
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    pinMode(pins[i], OUTPUT);      // Output 모드로 설정
    digitalWrite(pins[i], LOW);    // 꺼진 상태로 시작
  }
}
```

```
void loop() {
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    if (i==state) {                // 하나의 LED만 켜
      Serial.print("0 ");
      digitalWrite(pins[i], HIGH);
    } else {                        // 나머지는 끄
      Serial.print("X ");
      digitalWrite(pins[i], LOW);
    }
  }
  Serial.println();
  state = (state+1) % 4;           // 켜진 LED 바꿈
  delay(1000);                     // 1초 대기
}
```



## ④ 결과 확인

1. 작성한 Sketch 편집 창과 동작 모습을 보여라
2. 조교의 물음에 답하고 채점 결과를 PLMS LAB 3-2에 직접 입력하라



## ❖ ATmega2560 $\mu$ C

- CPU 내부에서는 8비트 단위로 데이터를 처리하지만
- 외부 연결에서는 Digital Pin을 통해 1비트 단위로 송수신

## ❖ Digital Pin을 통한 Digital Data 출력

- digitalWrite 함수로 비트 단위 출력이 가능하지만
- pinMode 함수로 출력으로 사용할 것임을 먼저 지정해야 함

## ❖ 의미 있는 단위, 즉, 바이트 이상의 데이터 송수신을 위해서는

- 비트 단위의 데이터를 연속적으로 전송하는 시리얼 통신이 사용됨
- 대표적인 시리얼 통신에는 UART, SPI, I2C 등이 있음



# 실습 숙제

## ❖ 연습문제 5.3 (Textbook pp.53)

- 다음과 같은 패턴이 반복되도록 스케치를 작성해보자. 단, 패턴을 배열로 저장하여 사용하는 방식이 아니라 계산에 의해 패턴을 생성하도록 한다.

패턴	Digital Pin			
	2번	3번	4번	5번
1				
2				
3				
4				
5				
6				

## ❖ 제출 방법

- PLMS의 HW 3에 작성한 Sketch 코드를 입력하라
- 또한 **실행 결과를 촬영한 동영상 링크를 포함**하여 제출하라.

```
int pattern=1, shift;
if (index<4) shift = index;
else shift = 6-index;

for (int i=0; i<shift; i++)
  pattern = (pattern << 1) | 0x01;
```