아날로그 1
아날로그 데이터입출력

부산대학교 공과대학 전기컴퓨터공학부
정보컴퓨터공학전공

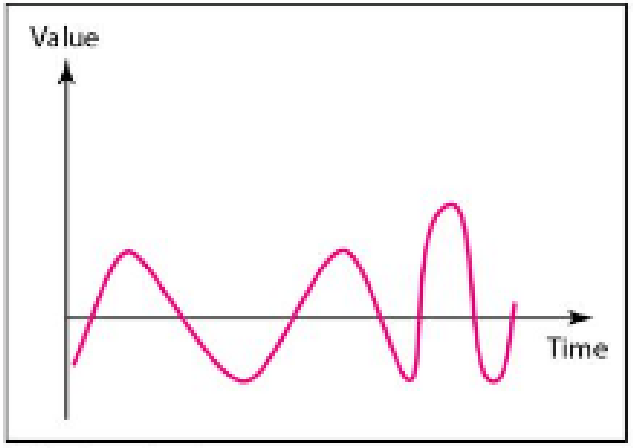
Analog vs. Digital

❖ Analog

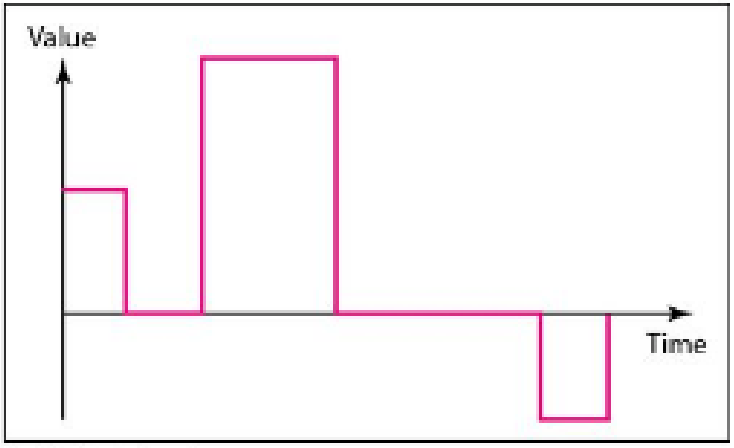
- 영어의 analogous(비슷한) 에서 유래함
- 수학적으로 정확하게 표현하면, 아날로그는 연속적 = continuous

❖ Digital

- 디지털의 어원은 손가락이라는 라틴어 digit에서 유래됨
- 디지털은 불연속적 = 이산적 = discrete



a. Analog signal



b. Digital signal

Analog vs. Digital

❖ 디지털의 장점

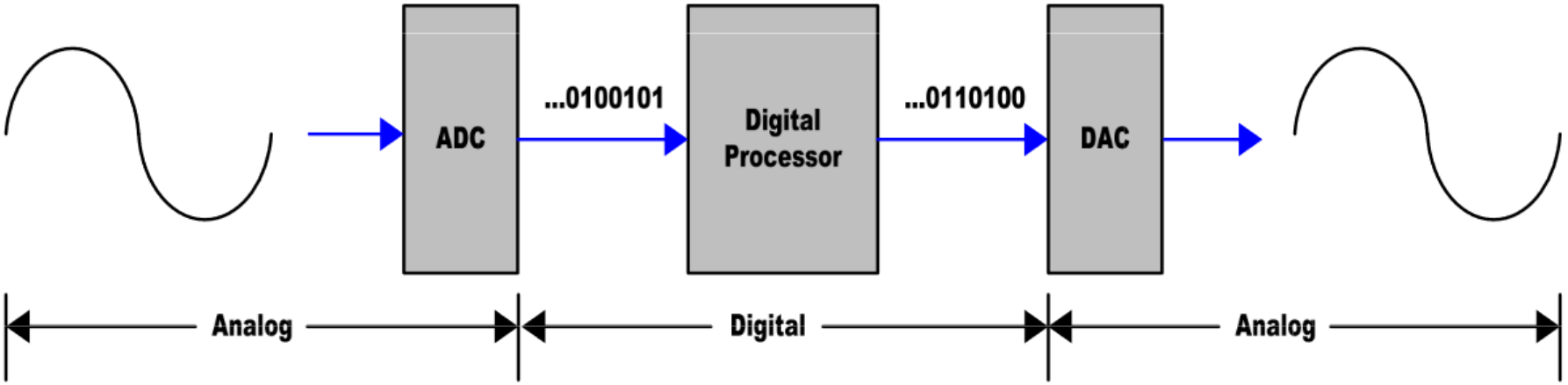
- 노이즈에 강하다
- 온도 특성이 좋다
- 데이터 처리가 편하다.

❖ 아날로그의 장점

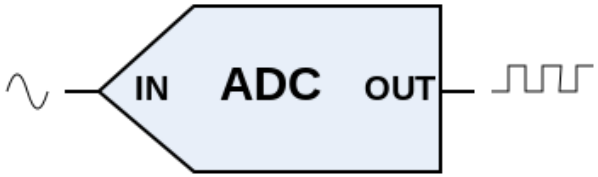
- 원본 데이터에 충실하다.

아날로그-디지털 변환 과정

- ADC (Analog to Digital Converter): 아날로그 데이터를 디지털 데이터로 변환
- DAC (Digital to Analog Converter): 디지털 데이터를 아날로그 데이터로 변환



ADC (Analog to Digital Converter)

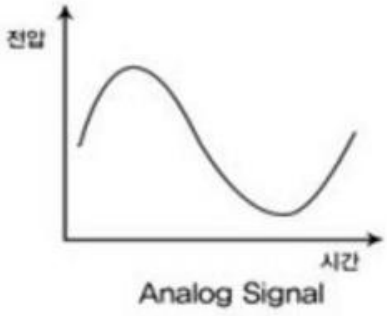


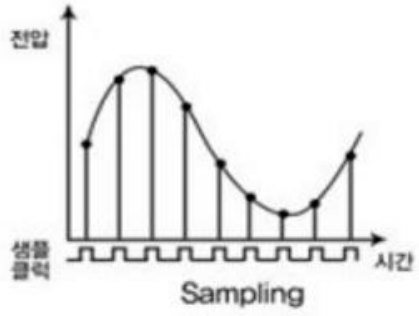
❖ ADC 1단계: 필터링

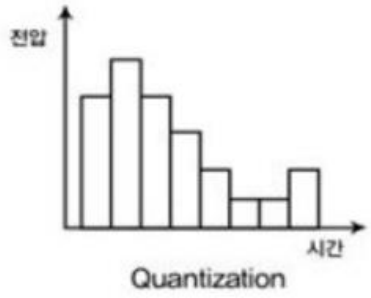
- 본래 신호를 정확히 "표본화(Sampling)"하기 위해 잡음 등의 신호를 차단하는 과정
- Ex) 음성 신호의 경우 원하는 대역폭에 대한 신호만 필터링한다.

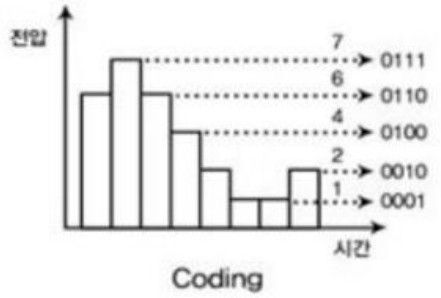
❖ ADC 2단계: 표본화 (Sampling)

- 아날로그 파형을 디지털 형태로 변환하기 위해 표본을 취하는 것을 의미
- 표본화율(Sampling Rate) : 1초 동안에 취한 표본수(디지털화하는 횟수)를 말하며, 단위는 주파수와 같은 Hz를 사용

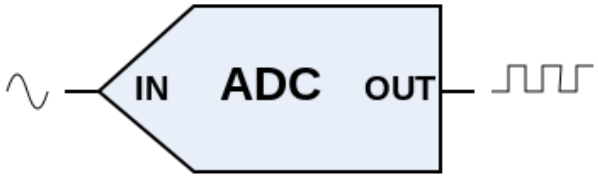






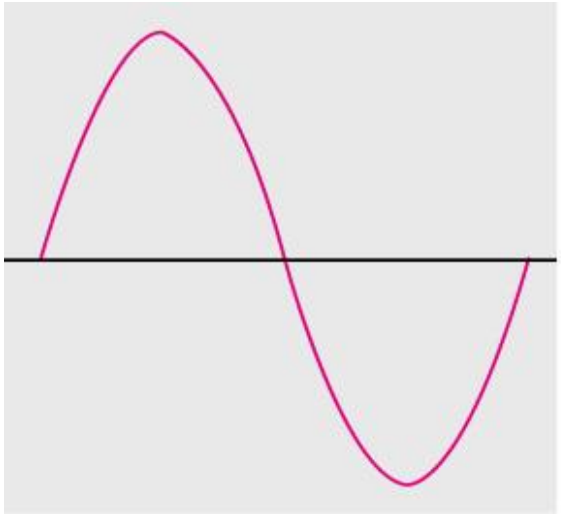


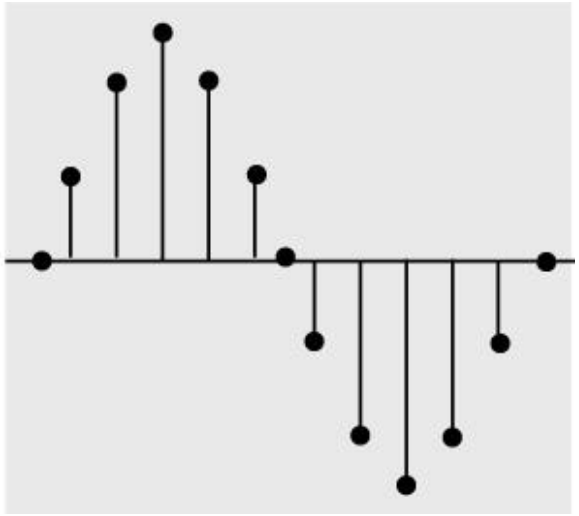
ADC (Analog to Digital Converter)



❖ ADC 2단계: 표본화 (Sampling)

- 아날로그 파형을 디지털 형태로 변환하기 위해 표본을 취하는 것을 의미
- 표본화율(Sampling Rate) : 1초 동안에 취한 표본수(디지털화하는 횟수)를 말하며, 단위는 주파수와 같은 Hz를 사용
  - 0.1초마다 샘플링을 수행하며, sampling rate는 10Hz

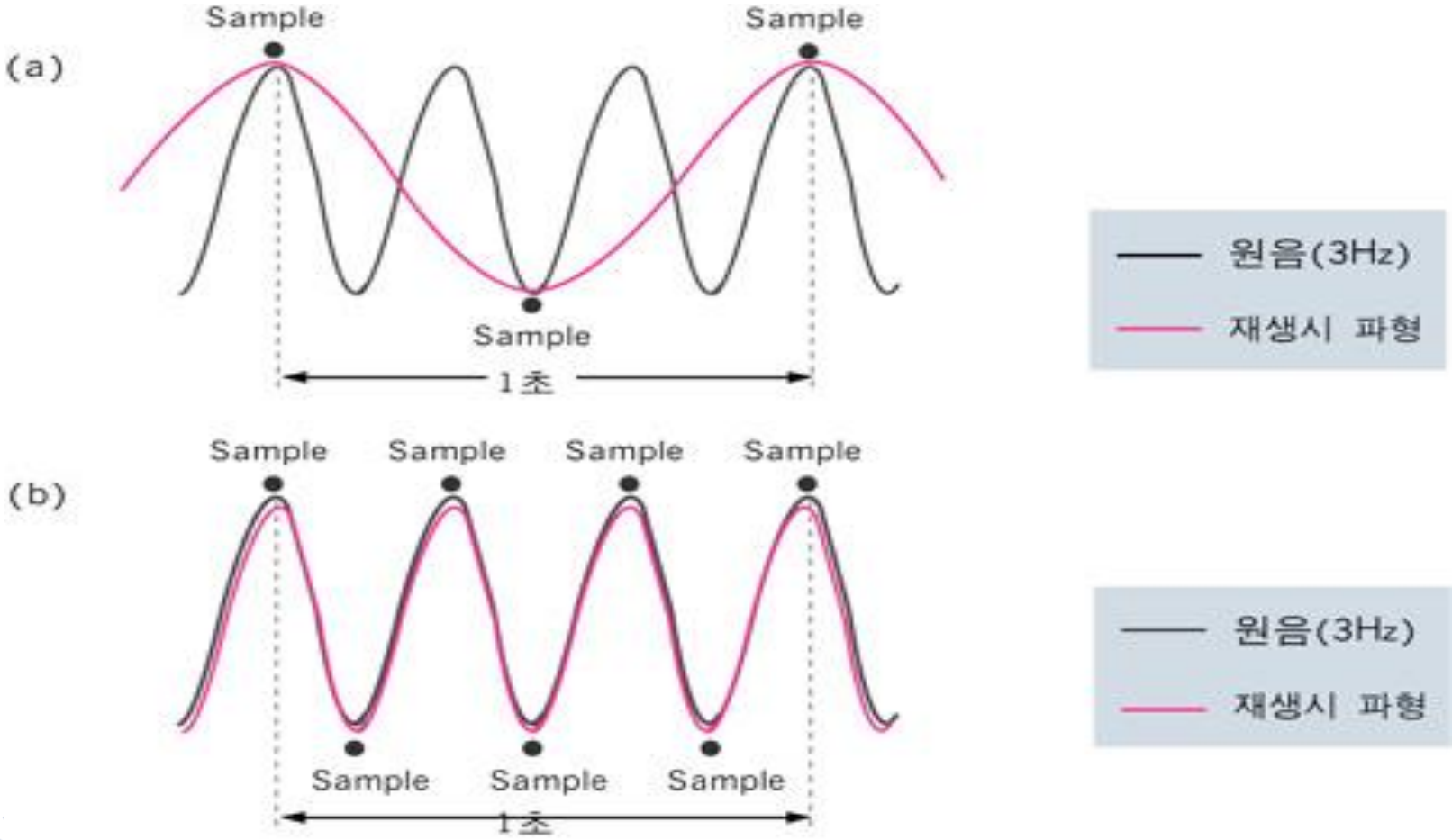




ADC (Analog to Digital Converter)

❖ ADC 2단계: 표본화 (Sampling)

- Sampling rate가 높아지면 본래 신호 특성을 더 잘 유지 할 수 있지만, 데이터양이 많아진다.



ADC (Analog to Digital Converter)

❖ ADC 2단계: 표본화 (Sampling)

- 나이퀴스트 정리(Nyquist theorem)
  - 최대 주파수 성분이 f_{max}인 아날로그 신호는 적어도 $2f_{max}$이상의 sampling rate로 샘플링할 경우 원 신호를 완전히 복원할 수 있다.
- 나이퀴스트 주파수 (Nyquist Rate) = 최소 샘플링 주파수
  - 표본화 정리에 따라 원래의 정보를 재생할 수 있도록 신호가 갖는 최고 주파수(f_{max})의 두 배가 되는 표본화 주파수(f_s)를 말함
  - $f_s = 2f_{max}$

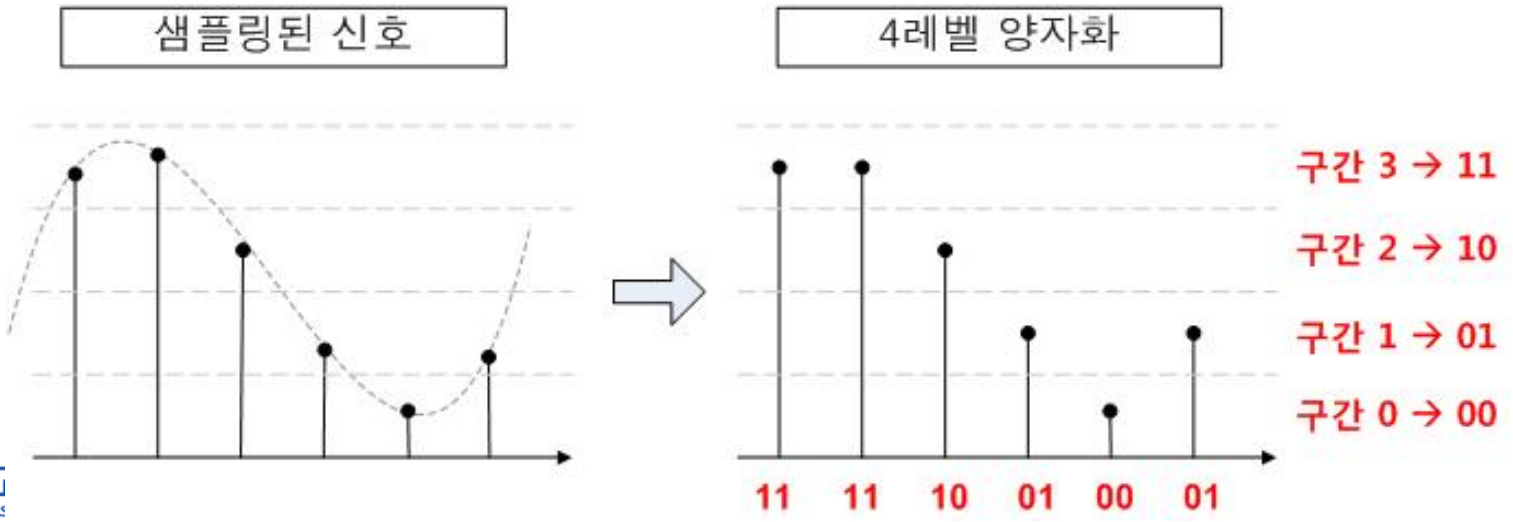
ADC (Analog to Digital Converter)

❖ ADC 3단계: 양자화 (Quantization)

- 표본화에서 얻어진 수치를 대표 값으로 n 개의 레벨로 분해하고, 샘플 값을 근사 시키는 과정
- 디지털 형태로 표현할 때 어느 정도의 정밀도를 가지고 표현할 것인지를 의미.
- 표본화된 각 점에서 값을 표현하기 위해 사용되는 비트 수

❖ ADC 4단계: 부호화 (Coding)

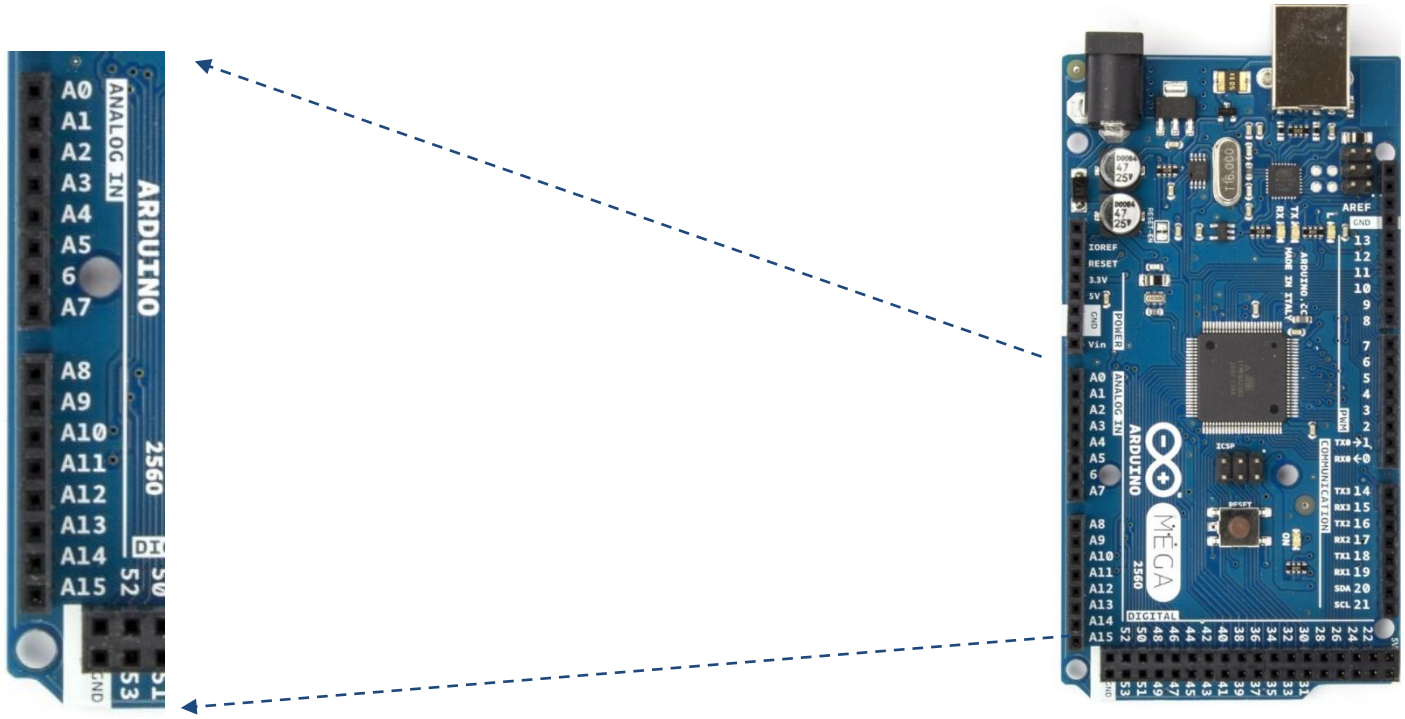
- 양자화된 값을 비트로 변환



아날로그 데이터 처리

❖ 아날로그 데이터 입력

- ATmega2560 마이크로컨트롤러에는 16채널의 10비트 해상도 아날로그-디지털 변환기(ADC)가 포함되어 있음
- 각 채널에는 'A0'에서 'A15'까지의 상수가 할당
  - A0는 디지털 54번, A15는 디지털 69번과 동일함



아날로그 데이터 입력

❖ 16 채널의 ADC

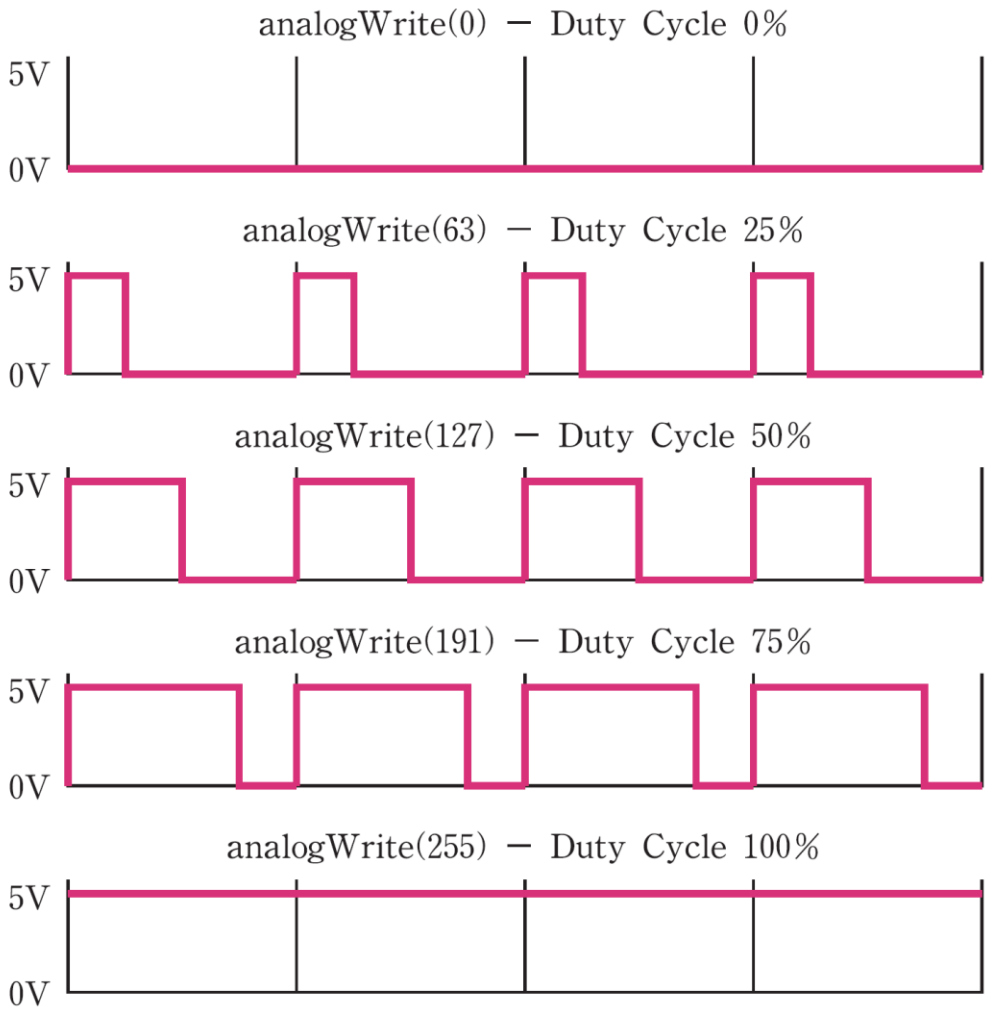
- 하나의 아날로그-디지털 변환기를 공유하므로 동시에 여러 채널 사용은 불가능

❖ 10비트 해상도

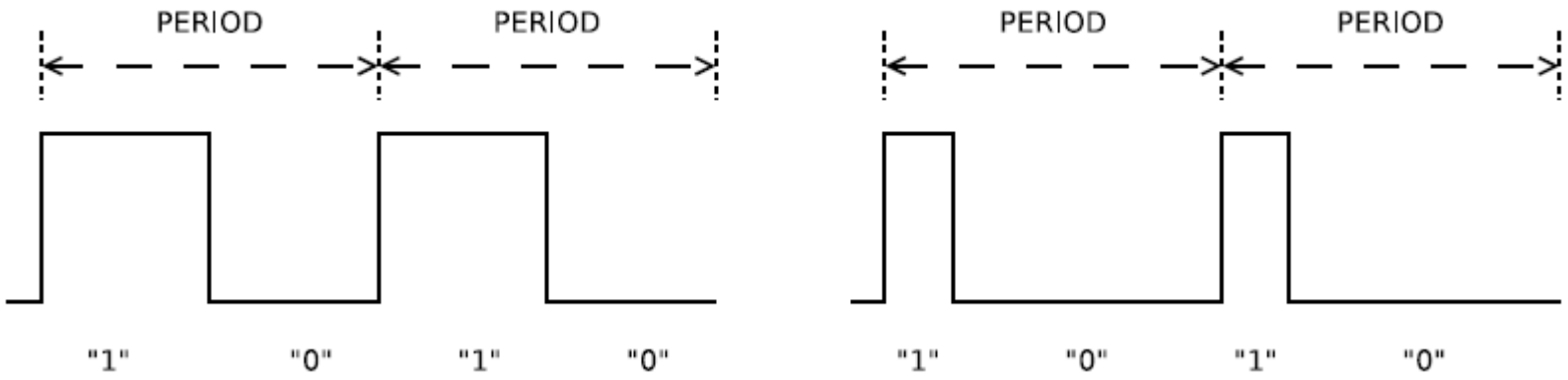
- 0에서 1023 사이의 정수값 반환
- 1023에 해당하는 기준 전압은 ATmega2560의 동작 전압인 5V가 일반적으로 사용됨
  - 기준 전압은 analogReference 함수로 변경 가능
- 5V / 1024 ≅ 4.9mV 전압 차이 인식 가능

Pulse-Width Modulation (PWM)

❖ 아날로그 신호를 디지털화 하여 인코딩 하는 방법

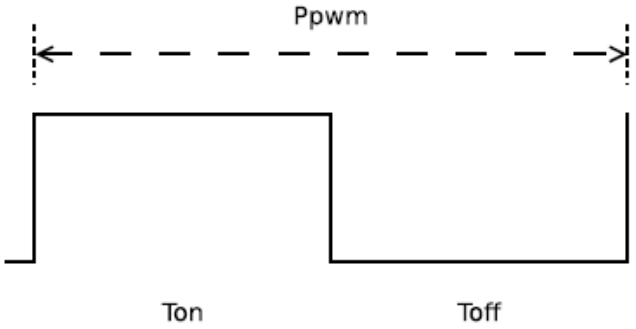


Pulse-Width Modulation (PWM)



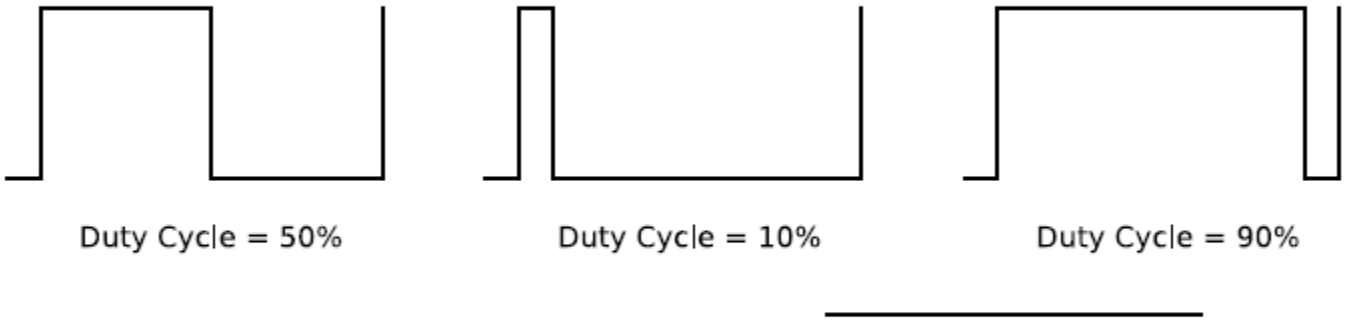
- Pulse Width Modulation (PWM) is a technique of modulation of a digital signal in order to obtain an analog value.
- It based on generating a square wave with a given frequency
- In the square wave, the “0” part and the “1” part have different duration
- The difference, in percentage, is called duty cycle

Pulse-Width Modulation (PWM)

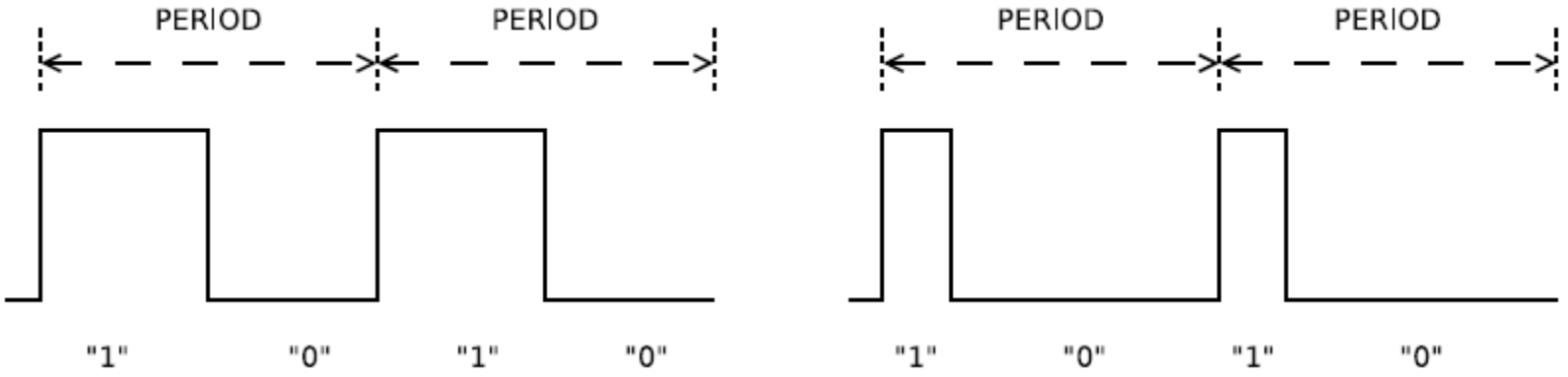


- The Duty Cycle is defined as the percentage of Ton with respect to the total period Ppwm of the signal:

$$Duty\ Cycle = \frac{T_{on}}{P_{pwm}} \cdot 100$$



Pulse-Width Modulation (PWM)



❖ PWM has multiple utilisations:

1. To simply transfer an analog value over a digital line; devices receiving a PWM signal can interpret the "analog value" by measuring the duration of the "1" part with respect to the total frequency;

2. To modulate a typical on/off system; e.g. to change the intensity of a light generated by a lamp, a LED, etc.;

3. To drive power systems without affecting performances; e.g. To drive a DC motor.

아날로그 데이터 처리

❖ 아날로그 데이터 출력

- ATmega2560에서 아날로그 데이터 출력은 불가능
- 펄스 폭 변조(PWM:Pulse Width Modulation) 신호를 통해 아날로그 데이터 출력과 유사한 효과를 얻을 수 있음
  - PWM 신호는 디지털 신호의 일종임
  - PWM 신호 출력 함수가 analogWrite이므로 흔히 아날로그 데이터 출력으로 불림
- 15개의 핀으로 PWM 신호 출력 가능
  - 디지털 2번 ~ 13번
  - 디지털 44번 ~ 46번
- 0과 255 사이의 값을 출력

아날로그 데이터 입출력 함수

int analogRead(uint8_t pin)

- **매개변수**
  - pin : 핀 번호
- **반환값** : 0에서 1023 사이의 정수값

void analogReference(uint8_t type)

- **매개변수**
  - type : DEFAULT, INTERNAL, INTERNAL1V1, INTERNAL2V56, EXTERNAL 중 한 가지
- **반환값** : 없음

void analogWrite(uint8_t pin, int value)

- **매개변수**
  - pin : 핀 번호
  - value : 듀티 사이클(duty cycle). 0(항상 OFF)에서 255(항상 ON) 사이의 값
- **반환값** : 없음

기준 전압 설정 옵션

옵션	설명
DEFAULT	μC의 동작 전압(5V)으로 설정
INTERNAL	내부 기준 전압(1.1V)으로 설정 ATmega2560에서는 사용 불가능
INTERNAL1V1	내부 1.1V로 설정 ATmega2560에서만 사용 가능
INTERNAL2V56	내부 2.56V로 설정 ATmega2560에서만 사용 가능
EXTERNAL	AREF 핀에 인가된 0~5V 사이 전압으로 설정

Lab.5-1

가변저항을 이용한 아날로그 입력처리

❖ 실험 순서

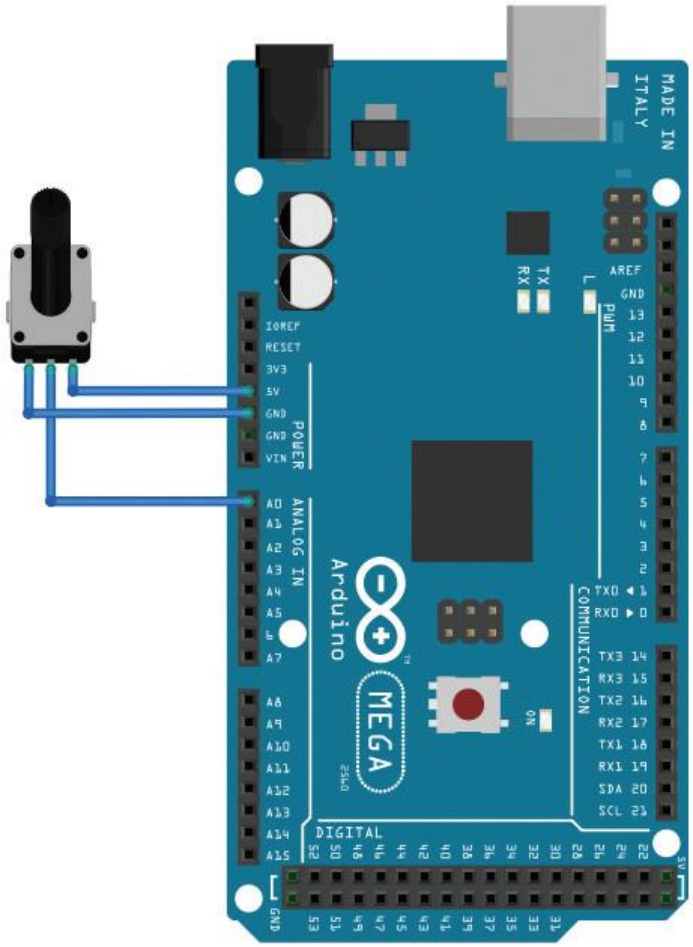
① 가변저항 연결 및 저항값 출력 (Sketch 7-1)

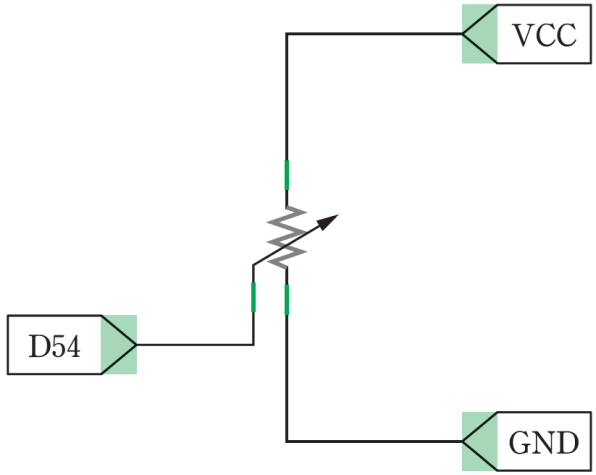
② LED4개 연결 및 가변 출력(Sketch 7-2)

③ 실행 결과 확인

① 가변저항 연결

❖ 가변저항(Potentiometer)은 저항값을 임의로 바꿀 수 있는 저항기





Lab.5-1

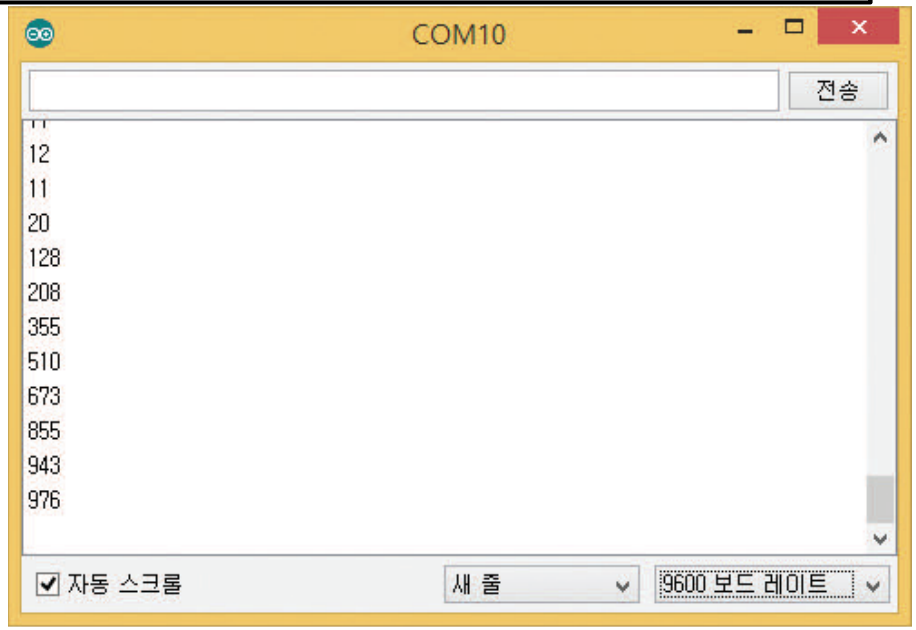
① 가변저항값 출력

Sketch 7-1

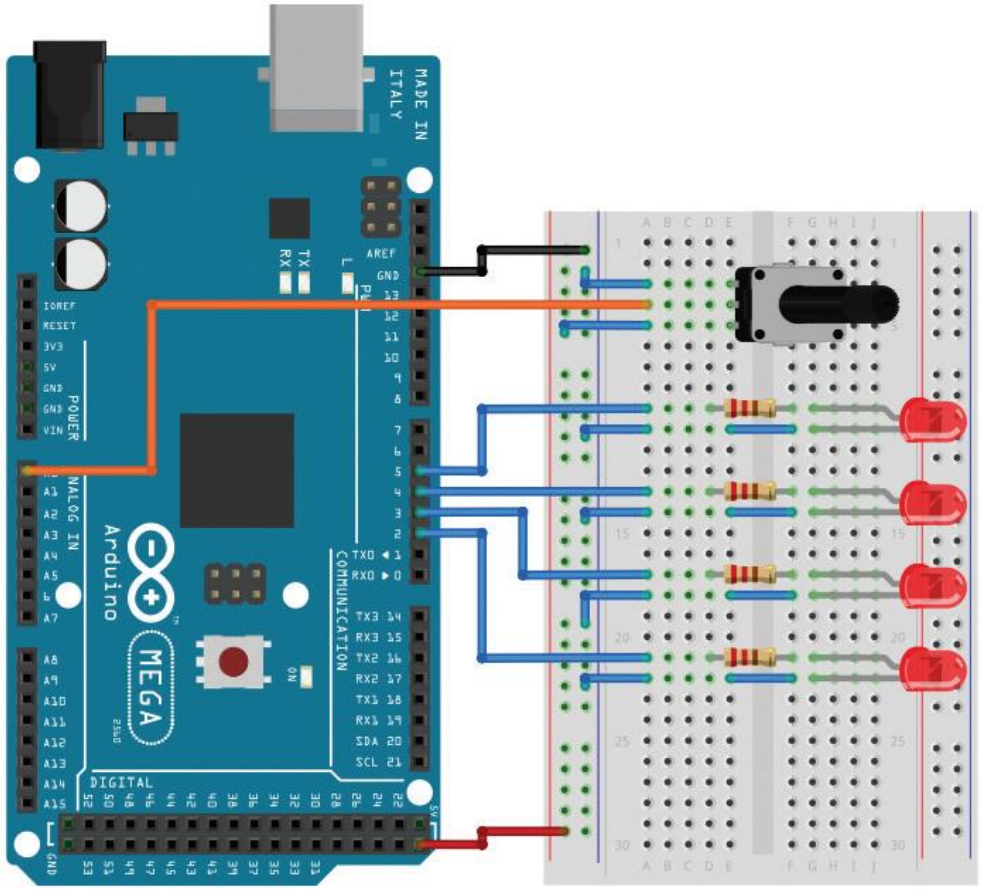
```
int vResistor = A0; // A0 핀에 가변저항 연결

void setup() {
  Serial.begin(9600); // 시리얼 통신 초기화
  pinMode(vResistor, INPUT);
}

void loop() {
  Serial.println(analogRead(vResistor)); // 가변저항 값을 읽어 출력
  delay(1000); // 1초(1000ms) 대기
}
```



② 가변저항으로 LED 출력 개수 조절



①실험의
가변저항 회로 유지

가변저항의 구간에 따라
LED 개수 조절

② 가변저항으로 LED 출력 개수 조절

Sketch 7-2

```
int vResistor = A0; // A0 핀에 가변저항 연결
int pins_LED[] = {2, 3, 4, 5}; // LED 연결 핀

void setup() {
  Serial.begin(9600); // 시리얼 통신 초기화
  pinMode(vResistor, INPUT);
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    pinMode(pins_LED[i], OUTPUT);
    digitalWrite(pins_LED[i], LOW);
  }
}

void loop() {
  int adc = analogRead(vResistor); // 가변저항 값 읽기
  int count_led = (adc >> 8) + 1; // LED 개수 결정
  for (int i = 0; i < 4; i++) { // LED 점멸
    if (i < count_led)
      digitalWrite(pins_LED[i], HIGH);
    else
      digitalWrite(pins_LED[i], LOW);
  }
  // ADC 값과 LED 개수 출력
  Serial.println(String("ADC : ") + adc + ", LED count : " + count_led);
  delay(1000); // 1초(1000ms) 대기
}
```

비트 이동에 의해 10비트 결과값을
2비트의 1~4 사이 값으로 변환

③ 결과확인

- 작성한 Sketch 편집창을 보여라
- Sketch 7-2의 실행을 보여라
- 조교의 물음에 답하고 채점 결과를 PLMS LAB 5에 직접 입력하라

Lab.5-2

PWM 아날로그 출력

❖ 실험 순서

① RGB LED 밝기 제어 (Sketch 7-3)

LED4개 연결 회로는 유지 할것

② 가변저항으로 LED 밝기 제어(1) (Sketch 7-4)

③ 가변저항으로 LED 밝기 제어(2) (Sketch 7-5)

④ 실행 결과 확인

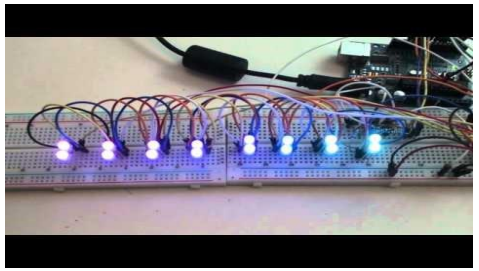
① RGB LED

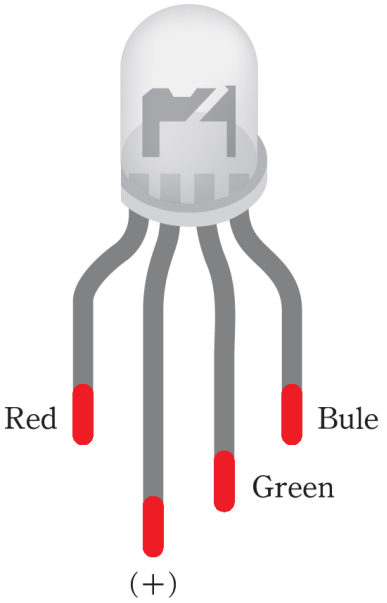
❖ RGB LED

- 공통 핀과 3개의 R, G, B 제어핀으로 구성
- 공통 양극 방식 (Common anode)의 경우 제어핀에 GND를 출력하면 켜짐 (cf. Common cathode)

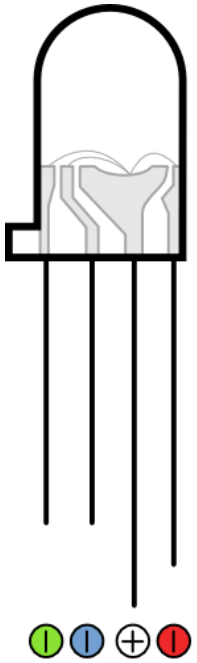
❖ 밝기 제어 : 공통 양극 방식

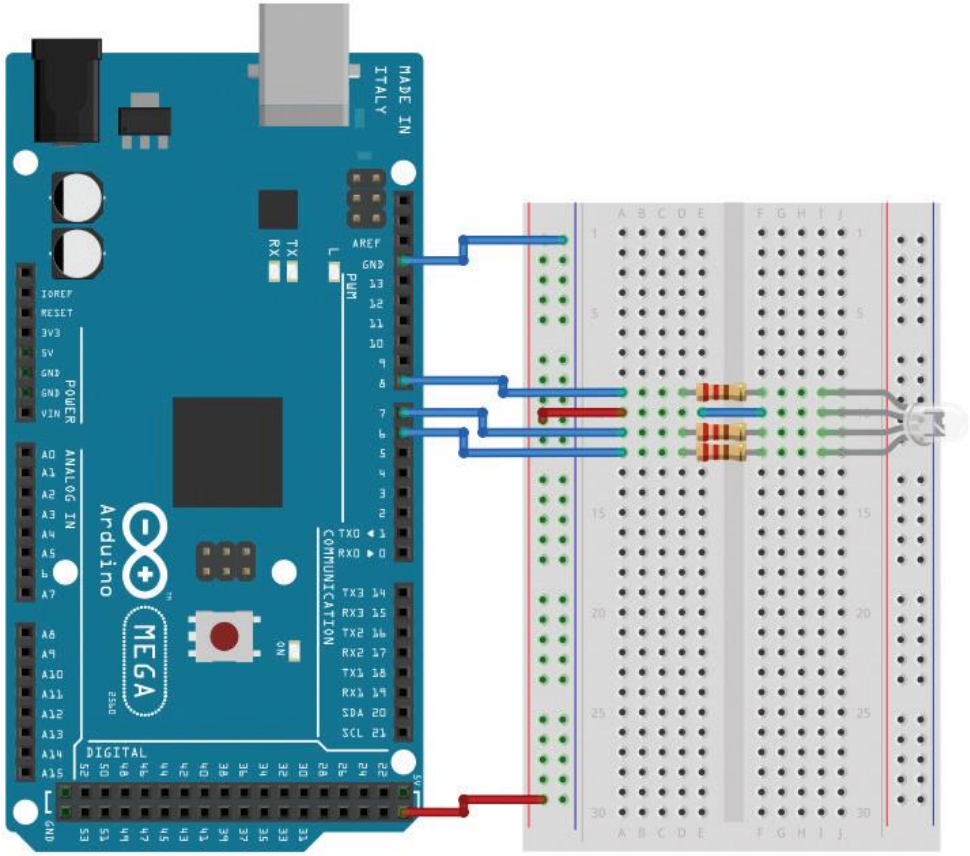
- 최대 밝기 : analogWrite(0)
- 최소 밝기 : analogWrite(255)

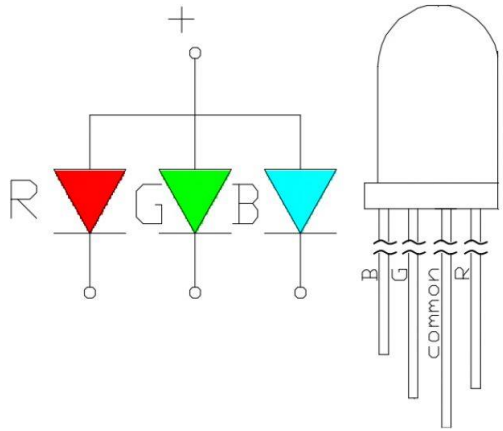


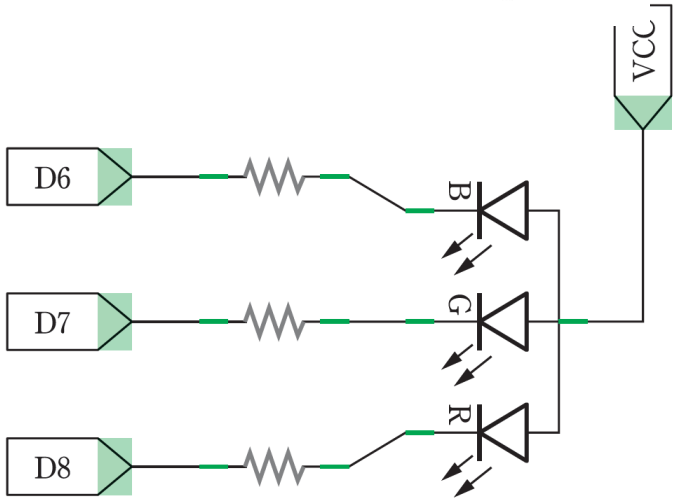


① RGB LED 연결하기









② RGB LED 밝기 제어

Sketch 7-3

```
// RGB LED 연결 핀

int RGB_LED[] = {6, 7, 8};
void setup() {
  for (int i = 0; i < 3; i++) {
    pinMode(RGB_LED[i], OUTPUT);
  }
}

void loop() {
  // Blue 색상 조절. Green, Red는 끔
  digitalWrite(RGB_LED[1], HIGH);
  digitalWrite(RGB_LED[2], HIGH);
  for (int i = 255; i >= 0; i--) {
    analogWrite(RGB_LED[0], i);
    delay(10);
  }

  // Green 색상 조절. Blue, Red는 끔
  digitalWrite(RGB_LED[0], HIGH);
  digitalWrite(RGB_LED[2], HIGH);
  for (int i = 255; i >= 0; i--) {
    analogWrite(RGB_LED[1], i);
    delay(10);
  }

  // Red 색상 조절. Green, Blue는 끔
  digitalWrite(RGB_LED[0], HIGH);
  digitalWrite(RGB_LED[1], HIGH);
  for (int i = 255; i >= 0; i--) {
    analogWrite(RGB_LED[2], i);
    delay(10);
  }
}
```

② 가변저항으로 밝기 제어(1)

Sketch 7-4

```
int pins_LED[] = {2, 3, 4, 5}; // LED 연결 핀

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    pinMode(pins_LED[i], OUTPUT);
  }
  pinMode(A0, INPUT); // 가변저항 연결 핀 입력으로 설정
}

void loop() {
  int ADC_value = analogRead(A0); // ADC 값
  int PWM_value = ADC_value >> 2; // PWM 값
  Serial.print(String("ADC value : ") + ADC_value);
  Serial.println(String(", PWM value : ") + PWM_value);
  for (int i = 0; i < 4; i++) { // LED 밝기 조절
    analogWrite(pins_LED[i], PWM_value);
  }
  delay(1000);
}
```

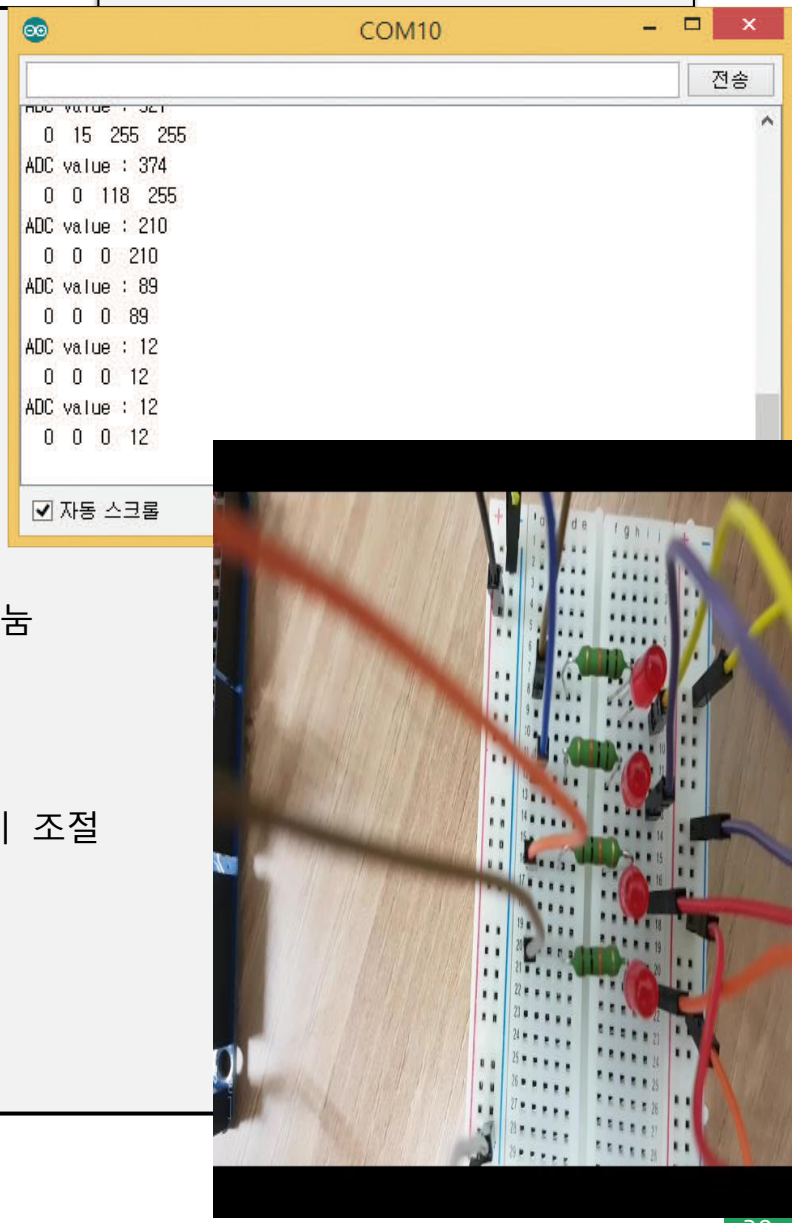
③ 가변저항으로 밝기 제어(2)

Sketch 7-5

```
int pins_LED[] = {2, 3, 4, 5}; // LED 연결 핀

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    pinMode(pins_LED[i], OUTPUT);
  }
  pinMode(A0, INPUT); // 가변저항 연결 핀 입력으로 설정
}

void loop() {
  int ADC_value = analogRead(A0); // ADC 값
  int PWM_value[4] = {0, };
  Serial.println(String("ADC value : ") + ADC_value);
  for (int i = 3; i >= 0; i--) { // 4개 LED의 밝기로 나눔
    if (ADC_value >= 256 * i) {
      PWM_value[i] = ADC_value - 256 * i;
      ADC_value -= (PWM_value[i] + 1);
    }
    analogWrite(pins_LED[i], PWM_value[i]); // LED 밝기 조절
    Serial.print(" ");
    Serial.print(PWM_value[i]);
  }
  Serial.println();
  delay(500);
}
```



④ 결과확인

- 작성한 Sketch 편집창을 보여라
- Sketch 7-3과 7-5의 실행을 보여라
- 조교의 물음에 답하고 채점 결과를 PLMS LAB 5에 직접 입력하라

맺는말

❖ 아날로그 데이터 입력

- 10비트 해상도의 ADC를 통해 0~1023 사이의 양자화된 디지털 값 입력
- 16 채널
- 1023에 해당하는 기준 전압을 설정하여야 함

❖ 아날로그 데이터 출력

- ATmega2560에는 DAC가 없으므로 아날로그 데이터 출력은 불가능
- 디지털 신호의 일종인 펄스 폭 변조 신호를 통해 아날로그 데이터와 유사한 효과를 얻을 수 있음
- LED 밝기 제어, 모터 속도 제어 등에 PWM 신호가 사용

HW.5

실습과제

❖ 아래 동작을 하는 Sketch를 작성하라

- LED 4개가 차례로 점멸됨
  - 각각 디지털 2,3,4,5번 핀에 연결
- PWM을 이용하여, 0~100% 변화하면서 서서히 밝게함
  - 디지털 2번 핀에 연결된 LED는 밝기 0%에서 시작해 255까지 증가 후 다시 0으로 초기화

디지털 핀	시작 밝기	초기 analogWrite value
2	0%	0
3	25%	63
4	50%	127
5	75%	191

- 동작 동영상을 참고할 것

❖ 제출 방법

1. PLMS의 HW 5에 작성한 Sketch 코드를 입력하라
2. 또한 실행결과를 촬영한 동영상 링크를 포함 하여 제출하라