



15주차 1차시

컴퓨팅사고력과 코딩

초음파센서 (HC-SR04) 이해하기



동양미래대학교



동의과학대학교



영진전문대학교
YEUNGJIN UNIVERSITY



전주비전대학교



충북보건과학대학교
CHUNGBUK HEALTH & SCIENCE UNIVERSITY

학습목표

- 초음파센서(HC-SR04)의 특징 및 동작원리를 이해 할 수 있다.
- 초음파센서(HC-SR04)를 이용하여 거리측정, 물체 감지를 위한 스크래치 코딩을 실행할 수 있다.
- 초음파센서(HC-SR04)를 이용하여 거리측정을 위한 코딩을 실행할 수 있다.
- 초음파센서(HC-SR04)를 이용하여 30cm이내 물체가 감지되면 부저가 울리도록 하드웨어제어를 코딩으로 실행할 수 있다.

학습목차

1. 초음파센서(HC-SR04)의 개념

2. [실습예제]
초음파센서로 거리 측정하기

초음파센서(HC-SR04)의 개념

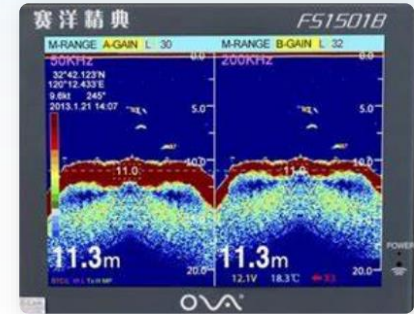
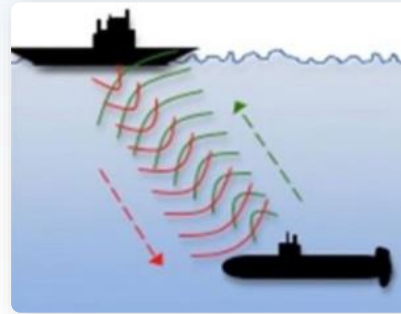
[초음파 개념]

- 초음파란?

- ▶ 사람이 소리를 들을 수 있는 주파수 범위를 가청주파수(Audio Frequency, 可聽周波數)라고 하며, 범위는 20Hz ~ 20KHz 에 해당함
- ▶ 사람의 가청주파수 범위를 넘어서는 20KHz이상의 주파수를 초음파(Ultrasonics Wave / Super Sound , 超音波)라고 함
- ▶ 동물들이 내는 초음파 주파수의 범위
(돌고래 : 약 70Hz~200KHz, 박쥐 : 약 20Hz~120KHz)

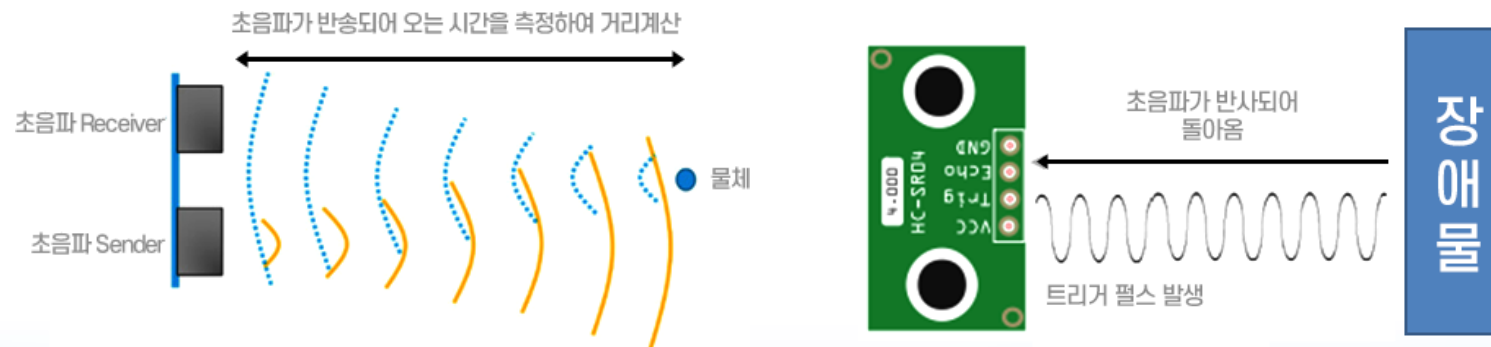
[초음파센서 활용 예]

- 의료용 초음파 검사기
- 군사용 소나(Sonar)
- 어업용 어군 탐지기
- 초음파 세척기
- 초음파 가습기
- 자동차 후방 감지기



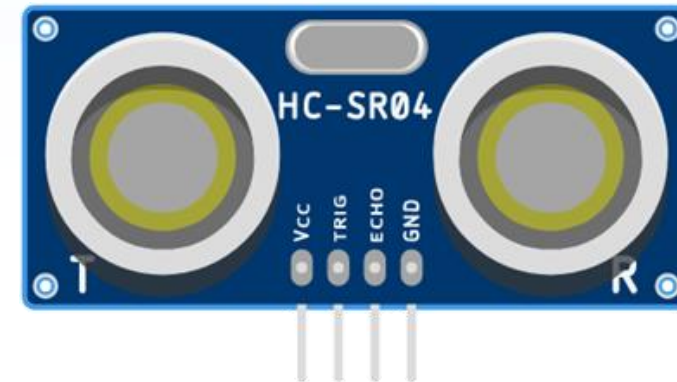
[초음파센서(HC-SR04) 작동원리]

- 초음파 센서에는 초음파 신호를 **송신**하는 **Sender** 단자와 되돌아오는 신호를 **수신**하는 **Receiver** 단자가 있음
- HC-SR04센서는 송수신 단자로 **Trig(송신)** 단자와 **Echo(수신)** 단자가 있음
- Trig단자에서 초음파 신호 발생(송신)하면 물체(장애물)을 맞고 되돌아 오는 초음파 신호를 Echo 단자에서 감지(수신)
 - 0.01 렉스(lux)에서는 약 $2M\Omega$ (옴) 정도로 큰 저항 값을 갖고,
 - 100 렉스일 때는 $1K\Omega$ 정도로 낮은 저항 값을 가짐



[초음파센서(HC-SR04) 특징]

- 물체를 감지하기 위한 초음파 센서
 - ▶ 동작 전압 : 5V
 - ▶ 주파수 : 40Hz
 - ▶ 최대 감지 거리 : 4m
 - ▶ 최소 감지 거리 : 2cm
- 감지할 수 **없는** 물체
 - ▶ 철사, 줄과 같은 초음파가 **반사될 수 없는** 가는 물체
 - ▶ 스펀지, 섬유, 눈 등과 같이 전파를 **흡수하는** 물체



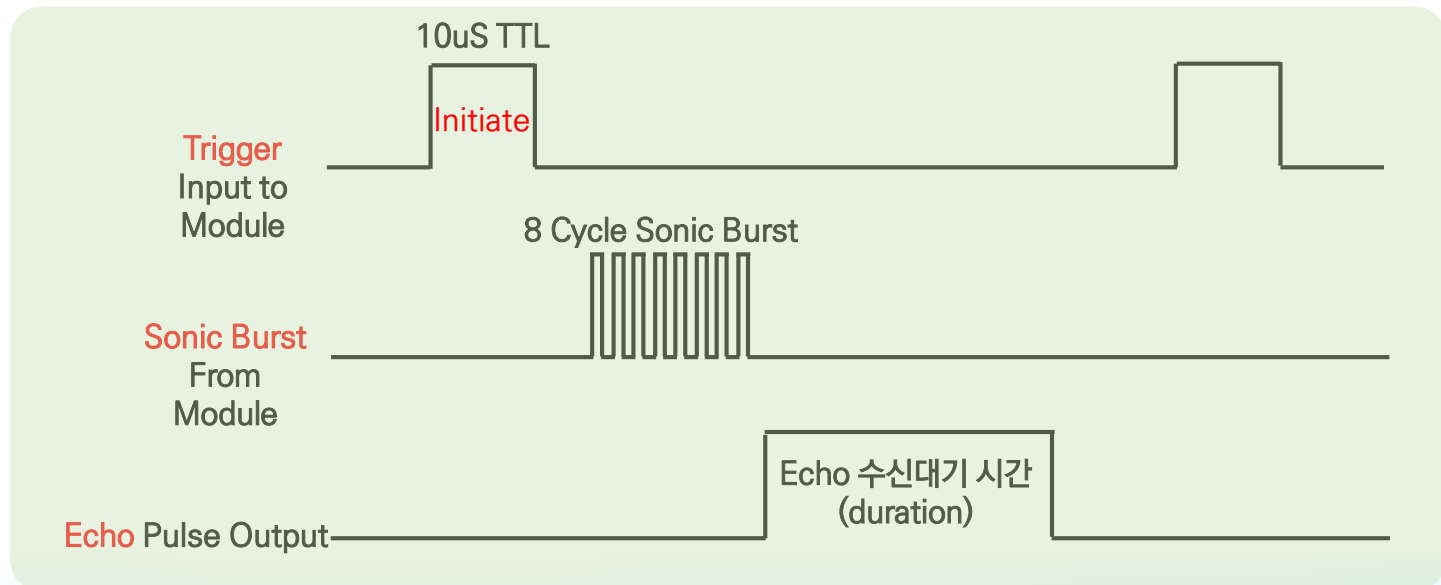
초음파센서(HC-SR04) 특징

- HC-SR04 초음파 센서 Timing Diagram

- ① 거리측정 시작을 위해 모듈 **Trigger** 단자에 **10 μ s의 HIGH** 신호 입력
- ② 모듈은 자동으로 **8개의 40KHz의 신호**를 보내고 반사되어 돌아올 때까지 **Echo** 단자는 **HIGH상태**가 되고 맞고 **되돌아온 신호를 감지하면 LOW 상태**로 변환
- ③ 거리 측정은 [에코 단자의 HIGH신호 시간(왕복) \times 소리 속도(344.5m/s) \div 2] 로 계산

- [Echo 수신 시간(duration)]

보통 150 μ s~25ms.
장애물이 없으면 38ms간 유지



[초음파 센서(HC-SR04) 거리 측정원리]

• 거리측정 수식 1

- ▶ 초음파는 1초에 344.5m진행, 즉, $V=344.5\text{m/s}$ [섭씨 22.5°C 기준]
- ▶ 초음파가 $1\mu\text{s}$ 에 이동하는 거리를 cm로 계산

$$344.5 \text{ m/s} = 34,450 \text{ cm}/1000,000\mu\text{s} = 0.03445 \text{ cm}/\mu\text{s}$$

- ▶ 거리 측정 시 초음파가 수신한 신호는 왕복 시간이므로 소요시간을 2로 나누어 연산
- ▶ 즉, 초음파센서를 이용하여 측정한 물체와의 거리는

$$\text{거리(cm)} = \frac{0.03445 \times \text{duration}}{2} = 0.01723 \times \text{duration}(\text{초음파 왕복 시간})$$

- $\text{거리}(s) = \text{속도}(v) \times \text{시간}(t)$
- $\text{속도}(v) = \frac{\text{거리}(s)}{\text{시간}(t)}$
- $\text{시간}(t) = \frac{\text{거리}(s)}{\text{속도}(v)}$

• [음파속도]

- 섭씨 온도 $t^{\circ}\text{C}$ 에서의 음파의 속도 v 는 $v = 331 + 0.6t$ 이며, 섭씨 15°C 의 공기중에서 속도는 340m/s
- 물에서의 속도는 $1,493\text{m/s}$ 이고, 바닷물에서의 속도는 $1,533\text{m/s}$

[초음파 센서(HC-SR04) 거리 측정원리]

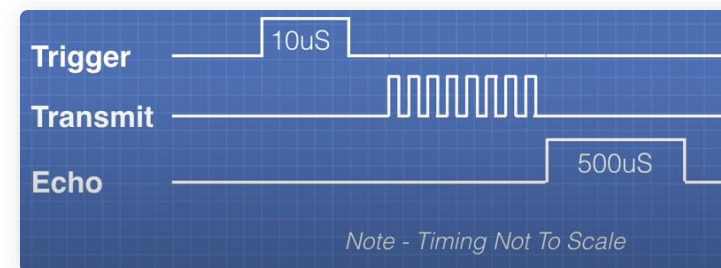
• 거리측정 수식 2

- ▶ 초음파는 1초에 344.5m진행
- ▶ 1cm 진행하는데 $29\mu\text{s}$ (마이크로 초) (즉, $1/34,450 = 29.02757\mu\text{Sec}$)
- ▶ 초음파 측정은 왕복한 거리이므로 2로 나누어 연산

$$\begin{aligned}\text{거리(cm)} &= \frac{\text{duration(왕복 시간)}}{29(= 29.02757)} \div 2(\text{왕복}) = \text{duration}/58(=58.05514) \\ &= 0.01723 \times \text{duration(초음파 왕복 시간)}\end{aligned}$$

■ 사용 예

- duration = 500us
- 거리(cm)= $0.01723 \times \text{duration(초음파 왕복 시간)}$
- Distance = $0.01723 * 500 \text{ us} = 8.615\text{cm}$



[초음파 센서(HC-SR04) 거리 측정원리]

- 거리 계산에 사용된 아두이노 함수
 - ▶ `pulseIn`(펄스(Pulse)신호가 입력(In)되는 시간 계산)

- 형식

```
pulseIn(pin(핀번호), value(읽을 펄스유형), timeout[펄스시작을 기다리는 시간])
```

- ▶ 아두이노의 기본 함수로 **입력신호가 HIGH 또는 LOW가 될 때까지의 시간** 측정
- ▶ 핀(포트)에서 High(또는 LOW)가 될 때까지의 신호(펄스의 길이)를 **us단위로 리턴**
- ▶ **Timeout** 옵션은 출력은 1us단위로 10us ~ 3분 까지의 길이의 펄스에 대해 동작 만약 timeout 동안 펄스가 수신되지 않으면 0 리턴. 기본값은 **1초**

[초음파 센서(HC-SR04) 거리 측정원리]

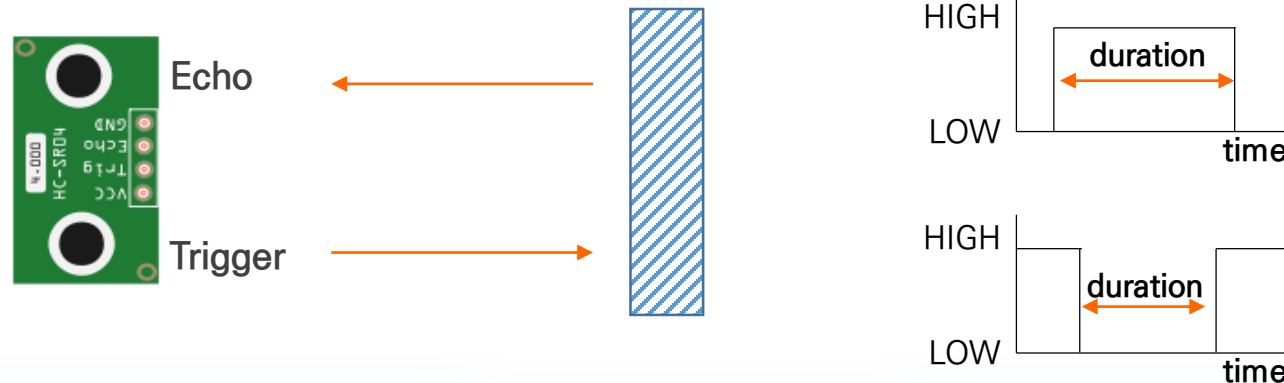
- [형식]

- ▶ `pulseIn(pin, value)` : `timeout(옵션)`을 지정하지 않은 경우 1초
- ▶ `pulseIn(pin, value, timeout)` : `timeout`은 펄스 시작을 기다릴 시간 (마이크로 초 단위)

- 사용 예

- `duration = pulseIn(echoPin, HIGH);`

[설명] echoPin(포트)가 HIGH가 될 때까지 시간을 us단위로 전환 후 duration에 리턴



생각하기

[실습예제] 초음파센서로 거리 측정하기

[문제상황]

- 자동차, 로봇청소기등과 같은 장치에서는 초음파 센서를 이용해서 전진하는 방향에 물체가 있는지 감지하여 이동 방향을 결정한다. 또한 진행 방향의 방해물을 감지하거나 물체와의 거리를 측정하는데 활용되기도 한다.
초음파 센서는 물체를 어떤 원리에 의해 감지하는 걸까?
그리고 초음파 센서의 측정 값은 어떻게 확인할 수 있을까?
- 아두이노에 초음파센서를 연결하여 하드웨어를 구성한 후 물체 유무에 따라 초음파 센서가 감지하는 값을 매초마다 출력하는 코드를 작성해보자.



문제정의 및 분해

1. 문제정의

- 아두이노 보드에 초음파센서 1개를 연결한 후 주변 물체가 있는지를 감지하여 물체와의 거리를 직렬모니터에 측정 값을 출력하는 시뮬레이터 작성

2. 문제분해

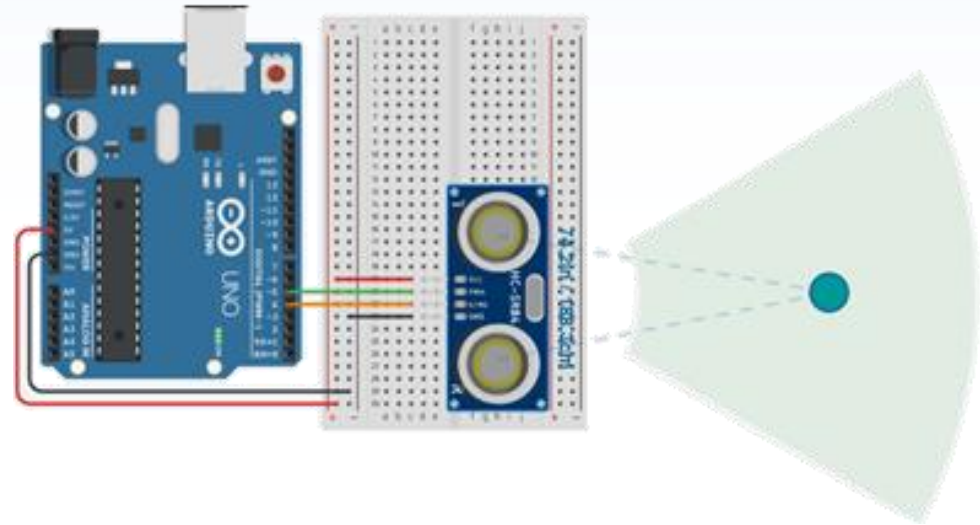
- 아두이노 보드에 초음파센서 1개를 연결하여 하드웨어 구성하기
- 틴커카드 서킷을 이용하여 센서로부터 물체를 감지하여 거리를 출력하는 시뮬레이터 구현
 - ▶ 물체 유무에 따라 초음파센서 감지 값 읽어오기, 1초 대기, 직렬모니터로 감지 값 출력하기



알고리즘

- 아래 명령어 반복하기

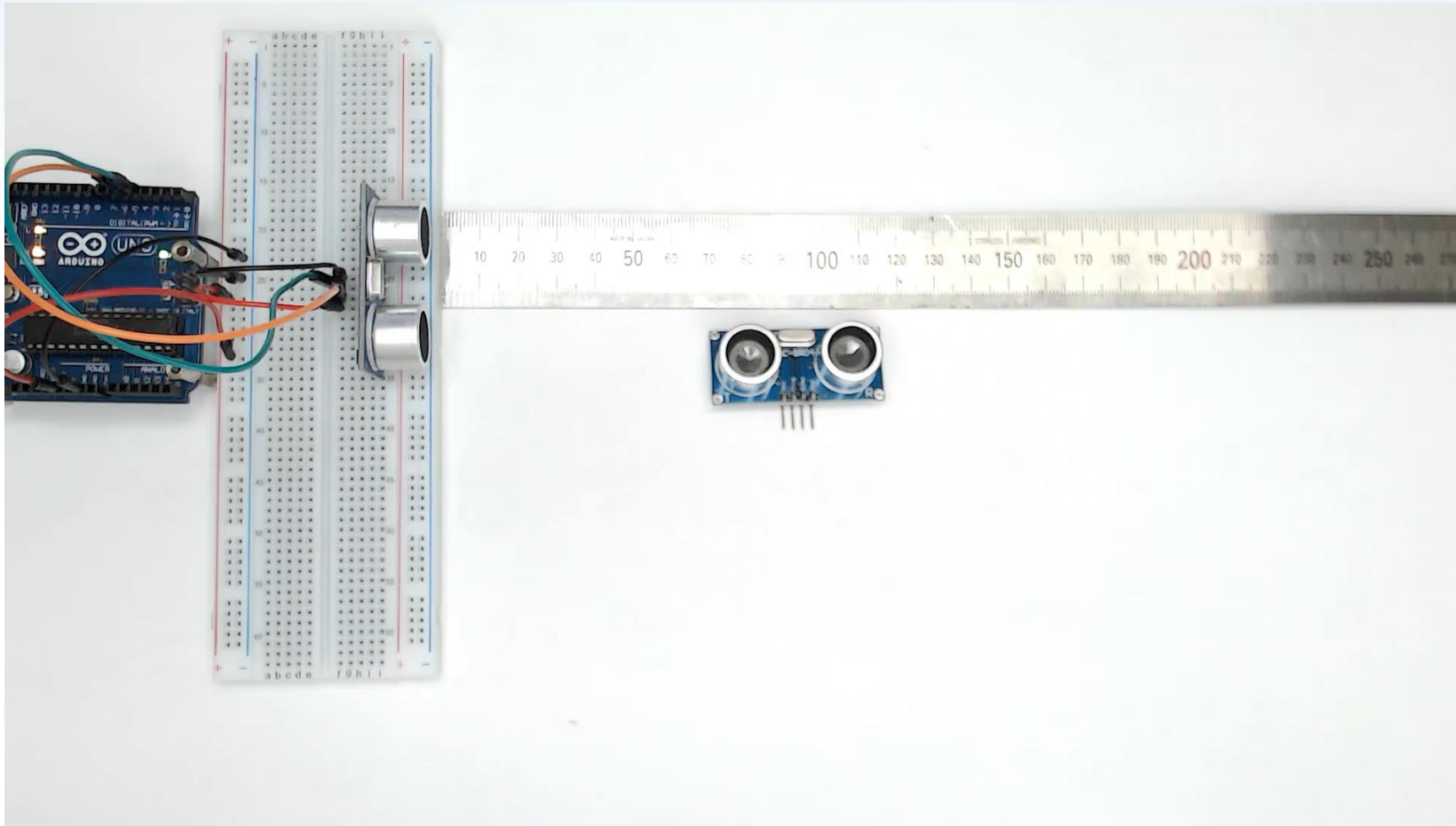
- ▶ 초음파센서 감지 값(거리) 읽어오기
- ▶ 1초 대기
- ▶ 직렬모니터로 감지 값(거리) 출력하기



코딩하기

[실습예제] 초음파센서로 거리 측정하기

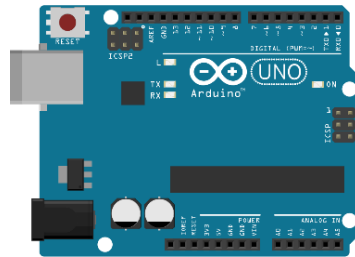
▶ 결과영상 (아두이노 활용) 미리보기



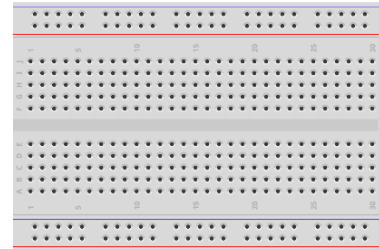
[사전준비]

- 아두이노 보드
- 브레드 보드
- 초음파센서(HC-SR04)

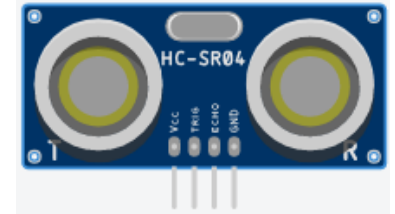
실습에 필요한 부품



아두이노(UNO) 보드



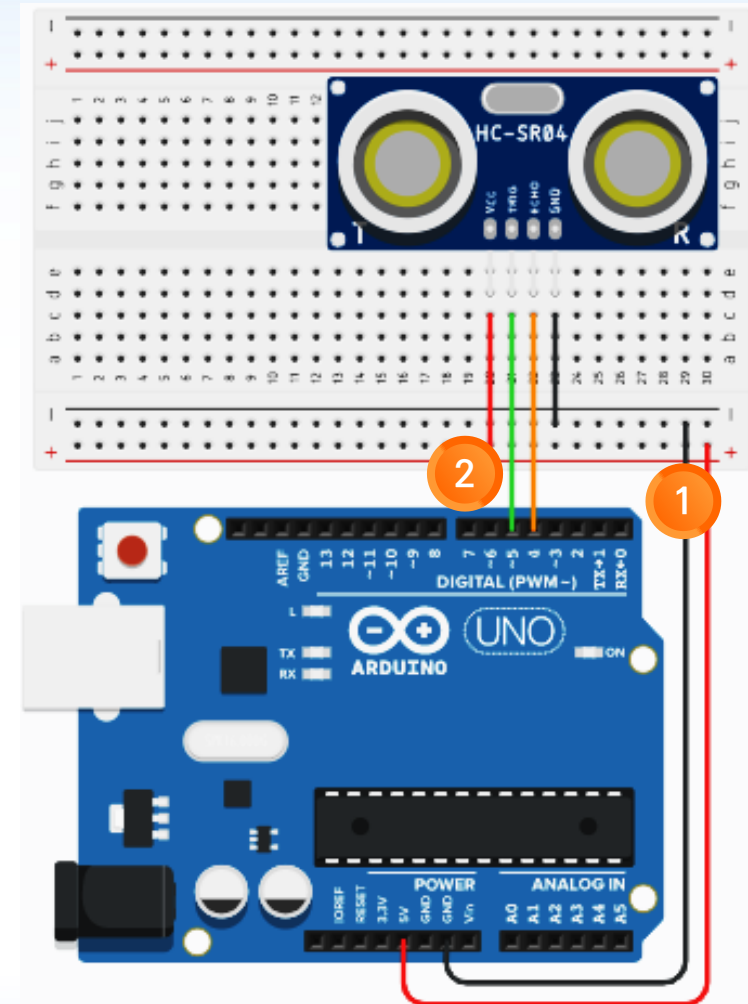
브레드 보드



초음파센서(HC-SR04)

[사전준비(배선하기)]

- 1 아두이노의 +5V, GND(접지)를 브레드 보드의 공통 단자(+,-)와 연결
- 2 초음파 센서의 Trig, ECHO단자를 각각 아두이노의 5번, 4번 포트에 연결



2. 실습예제 - 초음파센서로 거리 측정하기 ❖ 코딩하기



1. 스크립트 작성

- 화면 상단 우측에 있는 구성요소
- [기본]-[Arduino] 클릭 & 드래그



2. 실습예제 - 초음파센서로 거리 측정하기 ❖ 코딩하기



1. 스크립트 작성

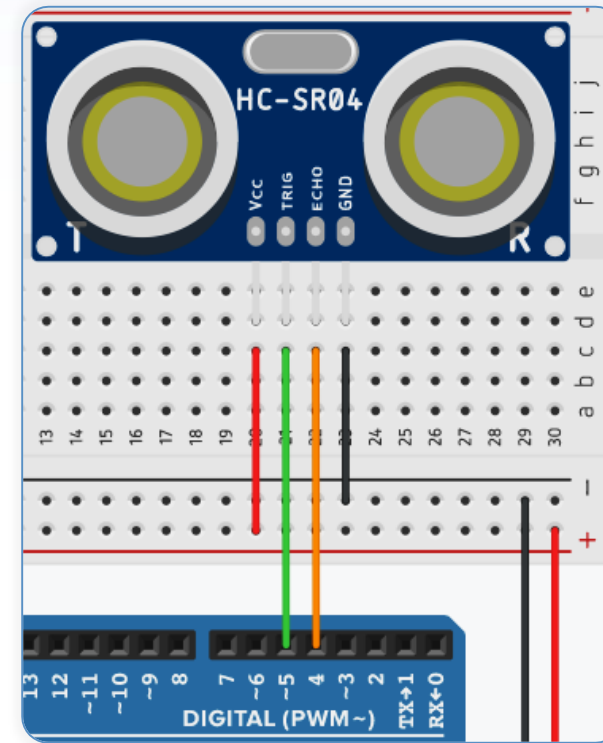
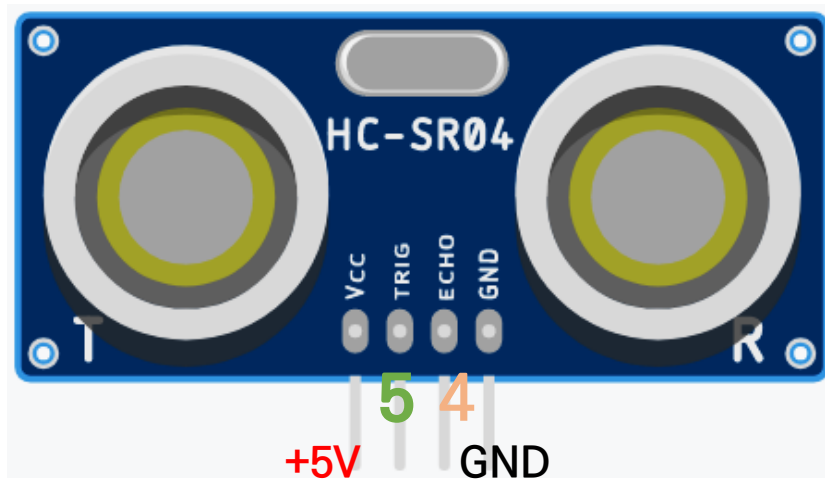
- [기본]-[작은 브레드보드]를 클릭 & 드래그
- [모두]-[HC-SR04]를 클릭 & 드래그





1. 스크립트 작성

- 브레드보드를 이용하여 센서 배선
 - ▶ [Trig]단자 - [아두이노 5번] 포트
 - ▶ [Echo]단자 - [아두이노 4번] 포트 연결





1. 스크립트 작성

- 화면 상단에서 [코드] 클릭
- 블록 + 문자 클릭

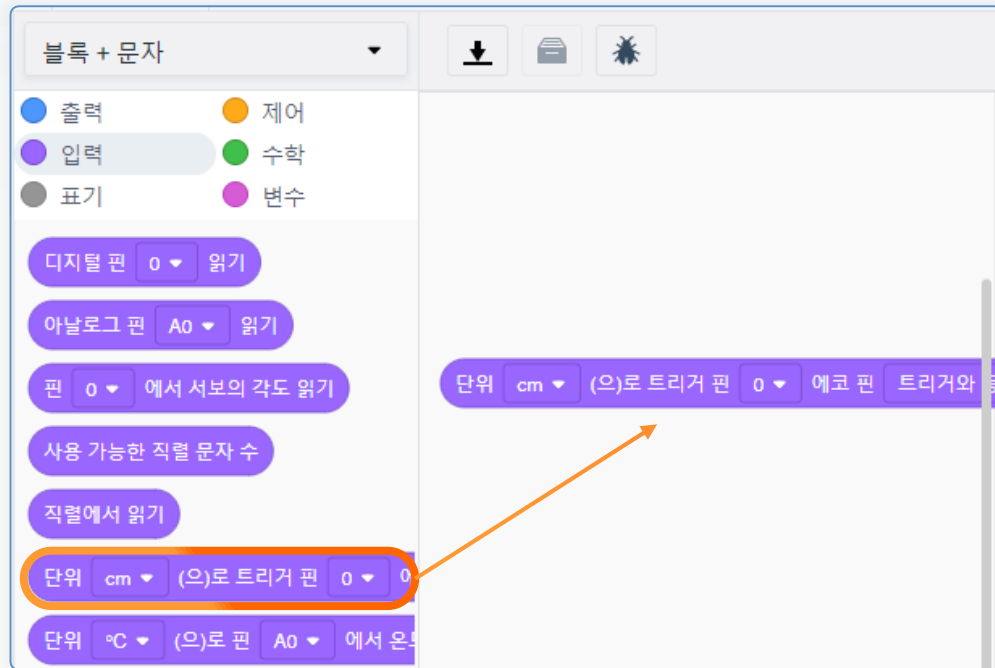
The screenshot shows the Arduino IDE interface. At the top, the '코드' (Code) button is highlighted with a red circle and the number 1. Below it, the '블록 + 문자' (Block + Text) button is highlighted with a red circle and the number 2. The block palette on the left shows various categories: 출력 (Output), 제어 (Control), 입력 (Input), 수학 (Math), 표기 (Text), and 변수 (Variables). The code editor on the right displays the following C++ code:

```
1 int distance = 0;
2
3 long readUltrasonicDistance(int triggerPin, int echoPin)
4 {
5     pinMode(triggerPin, OUTPUT); // Clear the trigger
6     digitalWrite(triggerPin, LOW);
7     delayMicroseconds(2);
8     // Sets the trigger pin to HIGH state for 10 microseconds
9     digitalWrite(triggerPin, HIGH);
10    delayMicroseconds(10);
11    digitalWrite(triggerPin, LOW);
12    pinMode(echoPin, INPUT);
13    // Reads the echo pin, and returns the sound wave travel time in microseconds
```



1. 스크립트 작성

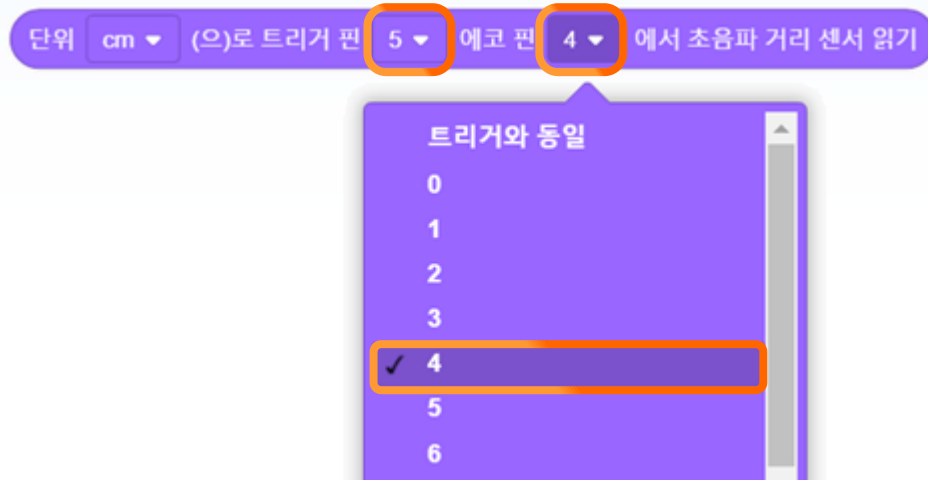
- [입력] - [단위cm(으)로 트리거핀 ..] 드래그





1. 스크립트 작성

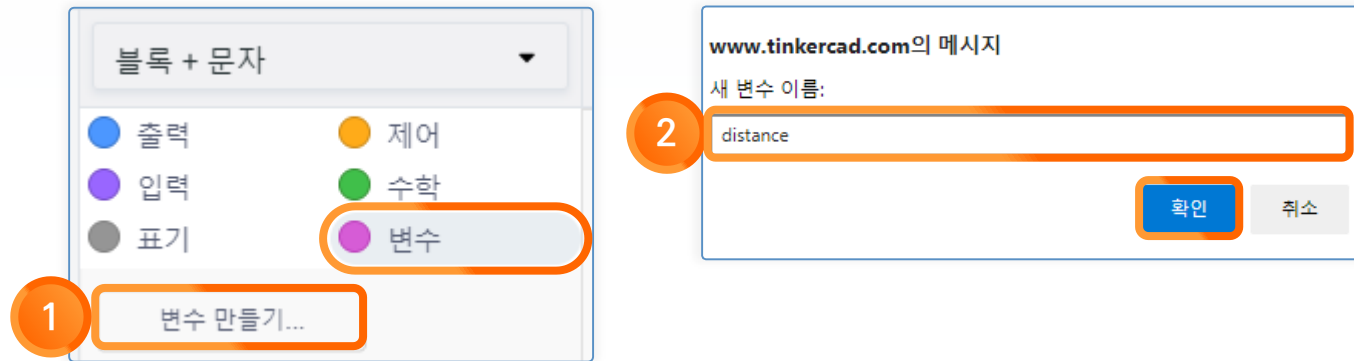
- [트리거 핀] -[5] , [에코 핀] -[4]로 설정





1. 스크립트 작성

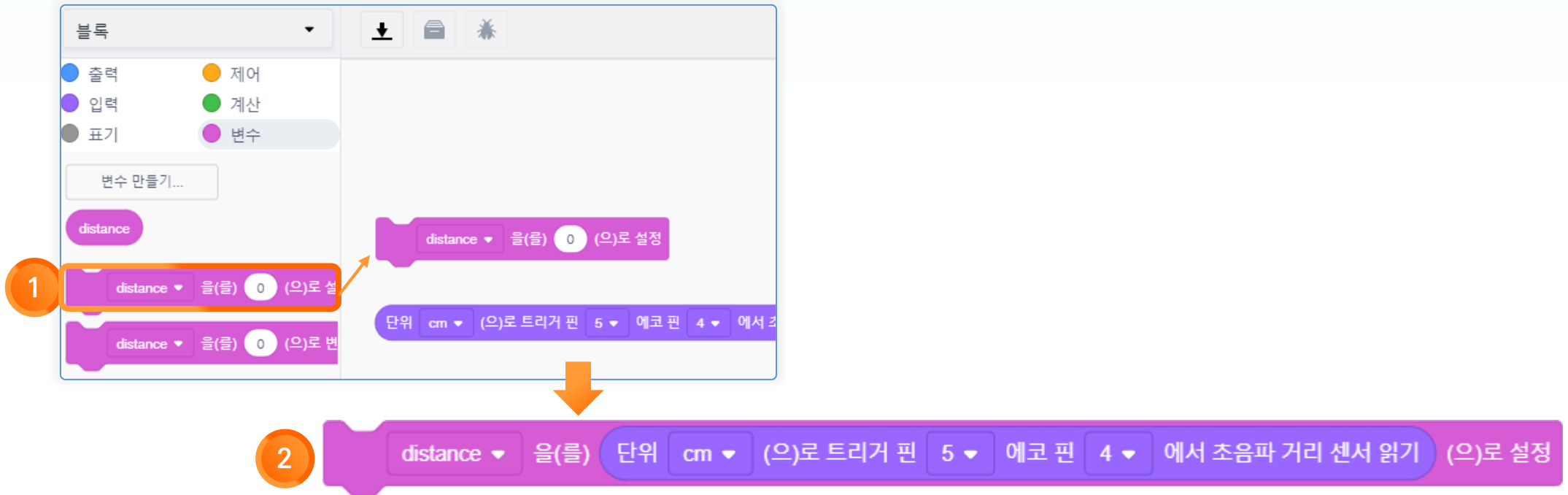
- 화면에서 [변수] 클릭 후 [변수 만들기] 클릭
- 변수로 “distance” 생성 후 [확인] 클릭





1. 스크립트 작성

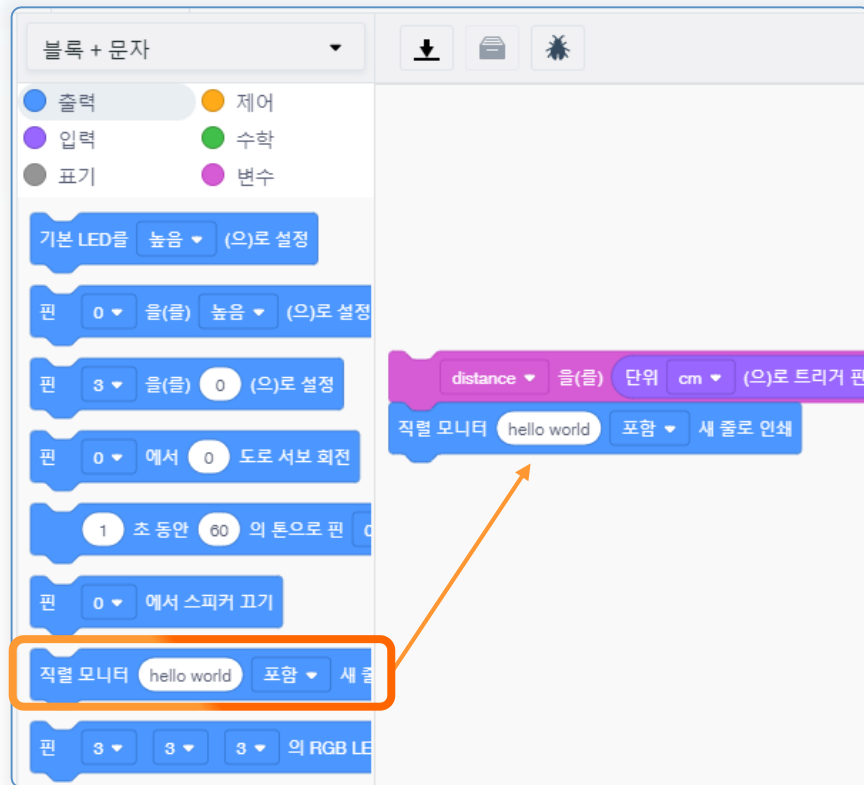
- [distance 설정] 드래그
- 단위 cm (으)로 트리거 핀 5 에코 핀 4 에서 초음파 거리 센서 읽기 블록과 “distance 설정” 결합





1. 스크립트 작성

- [출력] - [직렬모니터] 드래그





1. 스크립트 작성

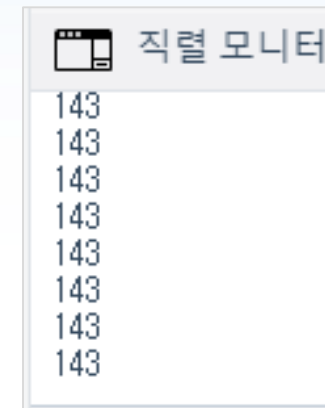
- [변수] - [distance]를 직렬 모니터 안 “hello world”속으로 드래그

The image shows a block editor interface with a sidebar on the left and a workspace on the right. The sidebar, titled '블록 + 문자' (Block + Text), contains a category list with '변수' (Variable) highlighted. Below the list is a '변수 만들기...' (Create variable...) button. The 'distance' variable is selected and highlighted with an orange circle. An orange arrow points from this circle to a block in the workspace. The workspace contains a purple block with 'distance' selected in a dropdown, and a blue block labeled '직렬 모니터' (Serial Monitor) with 'distance' in its input field. A large orange arrow points from the workspace to a final assembled block below. This final block consists of a purple block with 'distance' in the dropdown, '단위 cm' (Unit cm), and '(으)로 트리거 판' (Trigger with), and a blue '직렬 모니터' block with 'distance' in the input field and '포함' (Include) and '새 줄로 인쇄' (Print on new line) options.

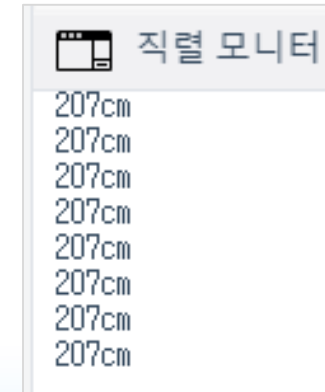


1. 스크립트 작성

- 전체 스크립트 완성 화면(블록 기반 언어 - 스크래치)



- 또는 거리에 “cm”표시가 필요한 경우 : 시리얼 모니터 hello world 포함 새 줄로 인쇄 블록을 추가하여 cm으로 수정





1. 스크립트 작성

- 전체 스크립트 완성 화면(텍스트 기반 언어 - C)

The screenshot displays the Arduino IDE interface for a project titled "1 (Arduino Uno R3)".

Left Pane (Hardware): Shows a breadboard setup with an HC-SR04 ultrasonic sensor and an Arduino Uno. Wires connect the sensor's VCC to the Arduino's 5V pin, GND to GND, and the trigger pin to digital pin 5. The echo pin is connected to digital pin 4.

Center Pane (Block Editor): Contains several blocks for configuring the sensor and controlling an LED. The blocks include:

- Pin configuration: "핀 0 을(을) 높음 (으)로 설정" (Set pin 0 HIGH).
- Pin configuration: "핀 3 을(을) 0 (으)로 설정" (Set pin 3 to 0).
- Pin configuration: "핀 0 에서 0 도로 서보 회전" (Rotate servo 0 degrees from pin 0).
- Delay: "1 초 동안 60 의 톤으로 핀 0" (Set pin 0 to 60 tone for 1 second).
- Pin configuration: "핀 0 에서 스피커 끄기" (Turn off speaker from pin 0).
- Serial Monitor: "직렬 모니터 hello world 포함 새 줄" (Include 'hello world' in serial monitor, new line).
- Pin configuration: "핀 3 3 3 의 RGB LED" (Configure RGB LED pins 3, 3, 3).

Right Pane (Code Editor): Shows the C++ code for the project. The code includes a function to read ultrasonic distance and a main loop that calculates and prints the distance.

```

1 int distance = 0;
2
3 long readUltrasonicDistance(int triggerPin, int echoPin)
4 {
5   pinMode(triggerPin, OUTPUT); // Clear the trigger
6   digitalWrite(triggerPin, LOW);
7   delayMicroseconds(2);
8   // Sets the trigger pin to HIGH state for 10 microseconds
9   digitalWrite(triggerPin, HIGH);
10  delayMicroseconds(10);
11  digitalWrite(triggerPin, LOW);
12  pinMode(echoPin, INPUT);
13  // Reads the echo pin, and returns the sound wave travel time in microseconds
14  return pulseIn(echoPin, HIGH);
15 }
16
17 void setup()
18 {
19   Serial.begin(9600);
20 }
21
22
23 void loop()
24 {
25   distance = 0.01723 * readUltrasonicDistance(5, 4);
26   Serial.println(distance);
27   delay(10); // Delay a little bit to improve simulation
28 }
  
```



1. 스크립트 작성

- 전체 스크립트 완성 화면(텍스트 기반 언어 - C)

```
1 int distance = 0;
2
3 long readUltrasonicDistance(int triggerPin, int echoPin)
4 {
5     pinMode(triggerPin, OUTPUT); // Clear the trigger
6     digitalWrite(triggerPin, LOW);
7     delayMicroseconds(2);
8     // Sets the trigger pin to HIGH state for 10 microseconds
9     digitalWrite(triggerPin, HIGH);
10    delayMicroseconds(10);
11    digitalWrite(triggerPin, LOW);
12    pinMode(echoPin, INPUT);
13    // Reads the echo pin, and returns the sound wave travel time in microseconds
14    return pulseIn(echoPin, HIGH);
15 }
```

readUltrasonicDistance()함수

[설명]

- ☞ 변수 distance 초기값 0으로 설정
- ☞ 사용자가 만든 사용자 정의 함수()
- ☞ 트리거 단자모드 설정 : 출력모드
- ☞ 트리거 신호 2ms동안 LOW상태 설정(동작 시 권장사항)
- ☞ 트리거 신호를 10ms동안 HIGH 상태 설정.(동작 시 권장사항)
- ☞ 트리거 신호 LOW 상태 설정
- ☞ 에코 단자 모드설정 : 입력모드
- ☞ 에코 핀의 HIGH상태 시간(duration)을 마이크로 초 단위로 반환



1. 스크립트 작성

- 전체 스크립트 완성 화면(텍스트 기반 언어 - C)

```
17 void setup()  
18 {  
19   Serial.begin(9600);  
20 }  
21
```

[설명]

☞ 초당 9600보드(baud)로 직렬 데이터 전송시작(직렬모니터로 데이터 수신)

```
23 void loop()  
24 {  
25   distance = 0.01723 * readUltrasonicDistance(5, 4);  
26   Serial.println(distance);  
27   delay(10); // Delay a little bit to improve simulat  
28 }
```

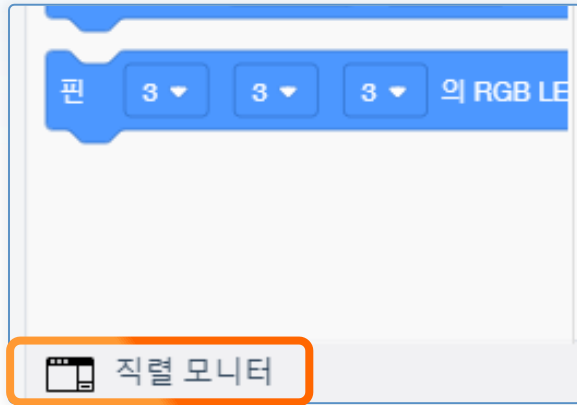
- ☞ 함수를 호출하여 거리를 계산한 결과를 변수 distance에 저장
- ☞ 거리(distance)를 10ms 간격으로 직렬모니터에 출력 후 줄바꿈. (println은 인쇄 후 줄 바꿈).
- ☞ 10ms동안 대기. loop속 코딩 내용을 반복하여 수행

readUltrasonicDistance()함수 호출 : 송수신 시간 계산 함수
(5번포트 triggerPin, 4번포트 echoPin)

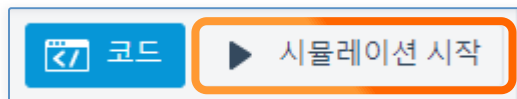


2. 스크립트 실행

- 화면 하단의 [직렬모니터] 클릭



- [시뮬레이션 시작] 메뉴 클릭

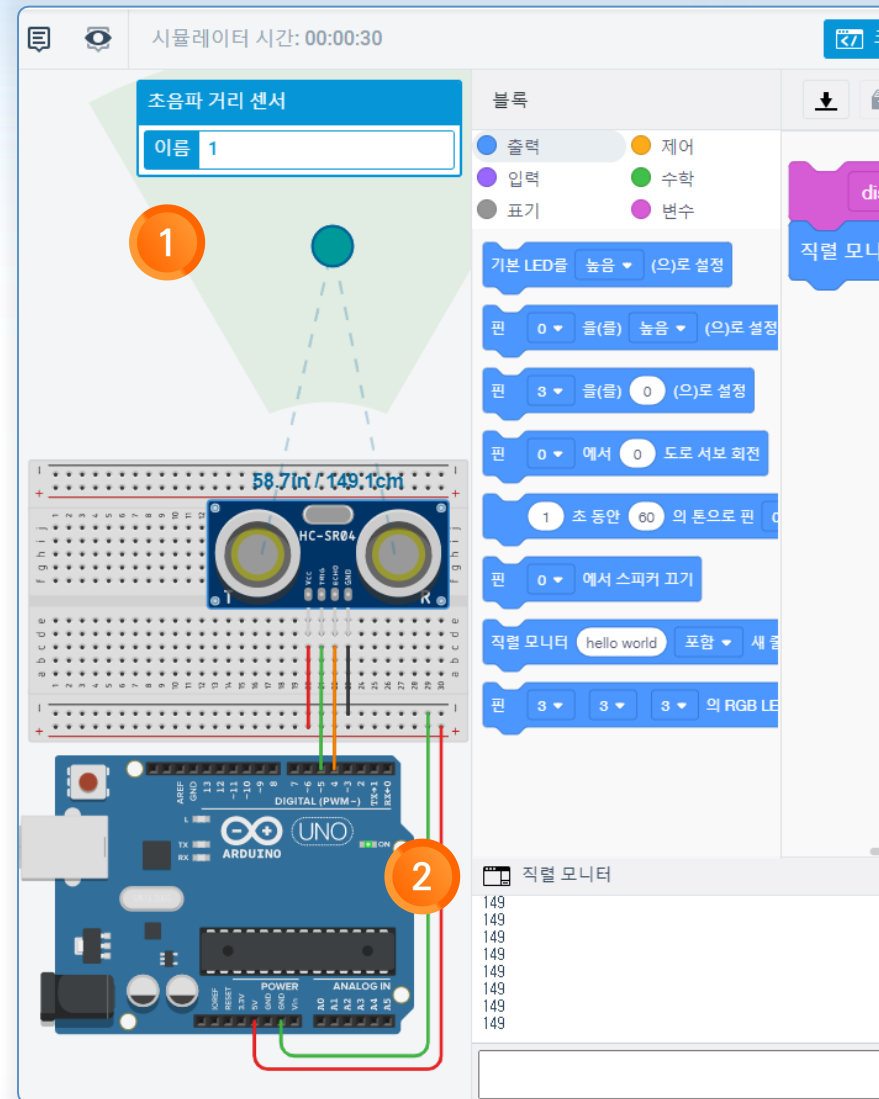


2. 실습예제 - 초음파센서로 거리 측정하기 ❖ 코딩하기



2. 스크립트 실행

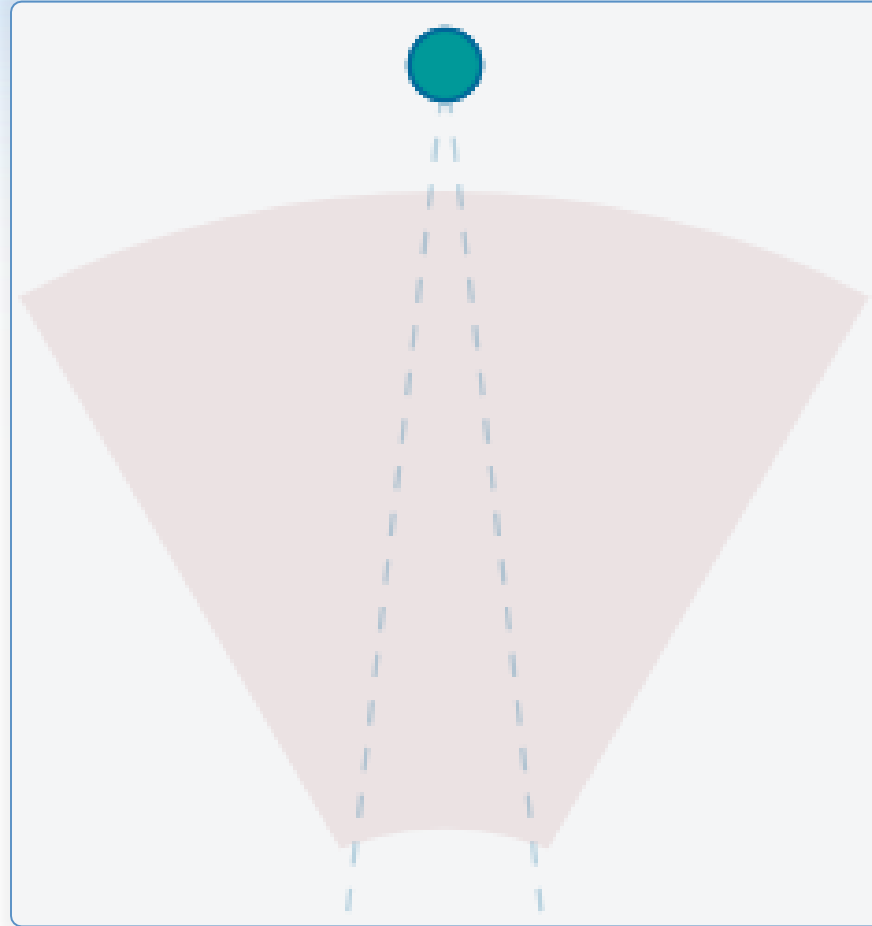
- 초음파센서 클릭,
녹색 원형 물체를 클릭하여
앞뒤, 좌우로 이동
- 직렬모니터 창에 **거리** 표시 확인





2. 스크립트 실행

- 녹색의 물체를 흐린 녹색 원호 (측정 범위를 표시)를 벗어나도록 마우스를 드래그. 원호가 옥색에서 분홍색으로 변경됨을 확인

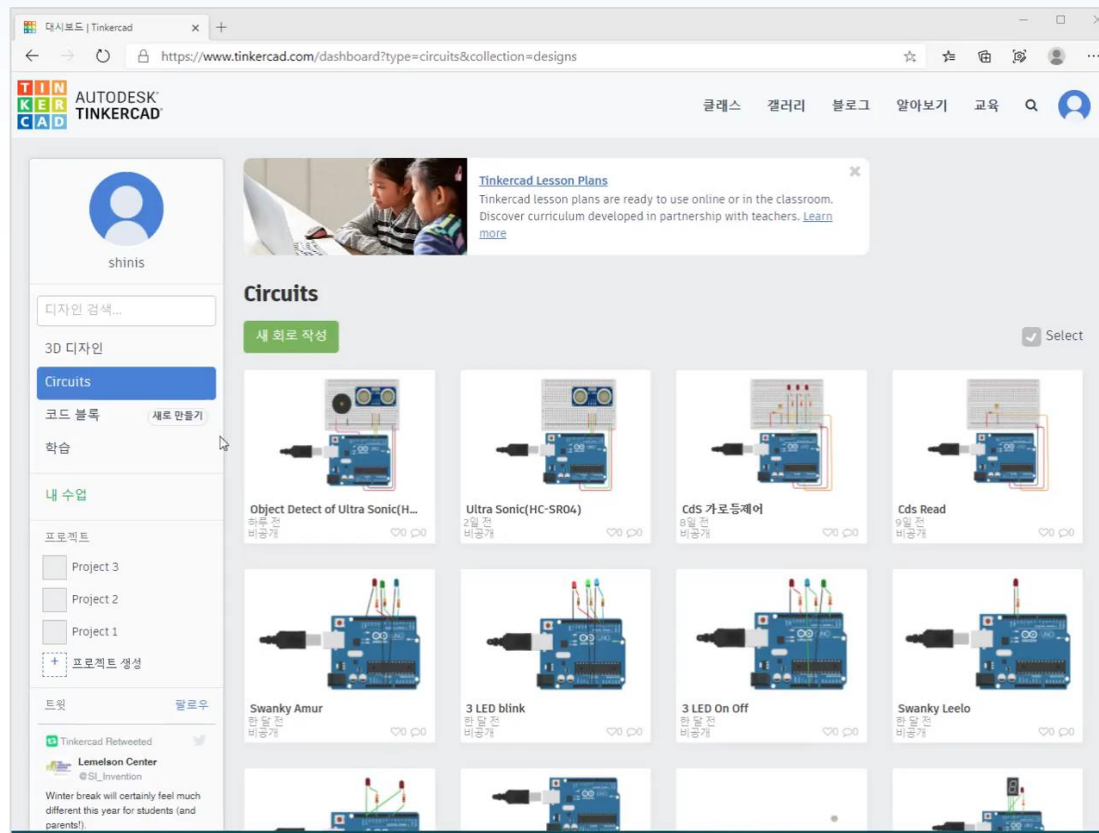


2. 실습예제 - 초음파센서로 거리 측정하기 ❖ 코딩하기



2. 스크립트 실행

- 실습영상(틴커캐드 서킷을 이용하여 초음파센서로 거리 측정하기 시뮬레이터)



학습정리

- ☑ 초음파는 가청주파수를 뛰어넘어 20kHz이상의 주파수를 가지는 음파를 의미한다.
- ☑ 초음파센서(HC-SR04)의 4개 단자 중 신호를 보내는 송신 단자는 Trig, 신호를 받는 수신 단자는 Echo 단자이다.
- ☑ 초음파센서(HC-SR04)의 경우 거리측정(cm)을 위한 수식 ($0.01723 \times \text{duration}$)은 다음 수식으로 부터 유도된 수식이다.
 - 거리(S) = 속도(v) \times 시간(t),
 - 초음파 속도 = $344.5 \text{ m/s} = 0.03445 \text{ cm/us}$
 - 거리(cm) = $0.03445 \text{ cm/us} \times \text{시간(us)} \div 2(\text{왕복})$
= $0.01723 \times \text{시간(duration : 초음파 왕복시간, us)}$
- ☑ 틴커캐드 서킷에서 시뮬레이션을 수행할 때 초음파 센서를 클릭하여 나타나는 녹색 원형 물체를 움직이면 센서와의 거리 측정이 가능하다.

본 수업자료는 저작권법 제 25조 2항에 따라
학교 수업을 목적으로 이용되었으므로,
본 수업자료를 외부에 공개, 게시하는 것을 금지하며,
이를 위반하는 경우 저작권 침해로서 관련법에 따라 처벌될 수 있습니다.