



2016 기초공학설계

Chapter5. 소리 출력

목차

1. 스피커의 작동 원리 이해
2. `tone()` 함수를 사용한 음악 출력
3. 마이크로 피아노 키보드 제작

학습목표

- 음파의 속성, 압력파, 사인파 그리고 네모파
- 스피커의 구조
- `tone()` 함수를 사용해서 음악 출력하기
- 배열 사용하기
- 마이크로 피아노 키보드 제작하기

필요한 부품

▶ 아두이노 Uno

▶ 점퍼선

▶ 저항

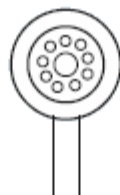
– 150 Ω 저항 한 개



▶ USB 케이블

▶ 브레드보드

▶ 8 Ω 스피커



▶ 10k Ω 가변저항

01. 스피커의 작동 원리 – 음파의 속성

■ 압력파(pressure wave)

- 소리는 공기로 전달되는 압력파이다.
- 스피커, 드럼, 종 등 물체가 진동하면 주변의 공기도 진동한다.
- 공기 분자는 진동하면서 주변 분자에 에너지를 전달하고 주변의 공기 분자도 함께 진동
- 압력파는 이 진동 입자의 연쇄반응을 통해 인간의 고막으로 소리를 전달한다.

■ 주파수(frequency)

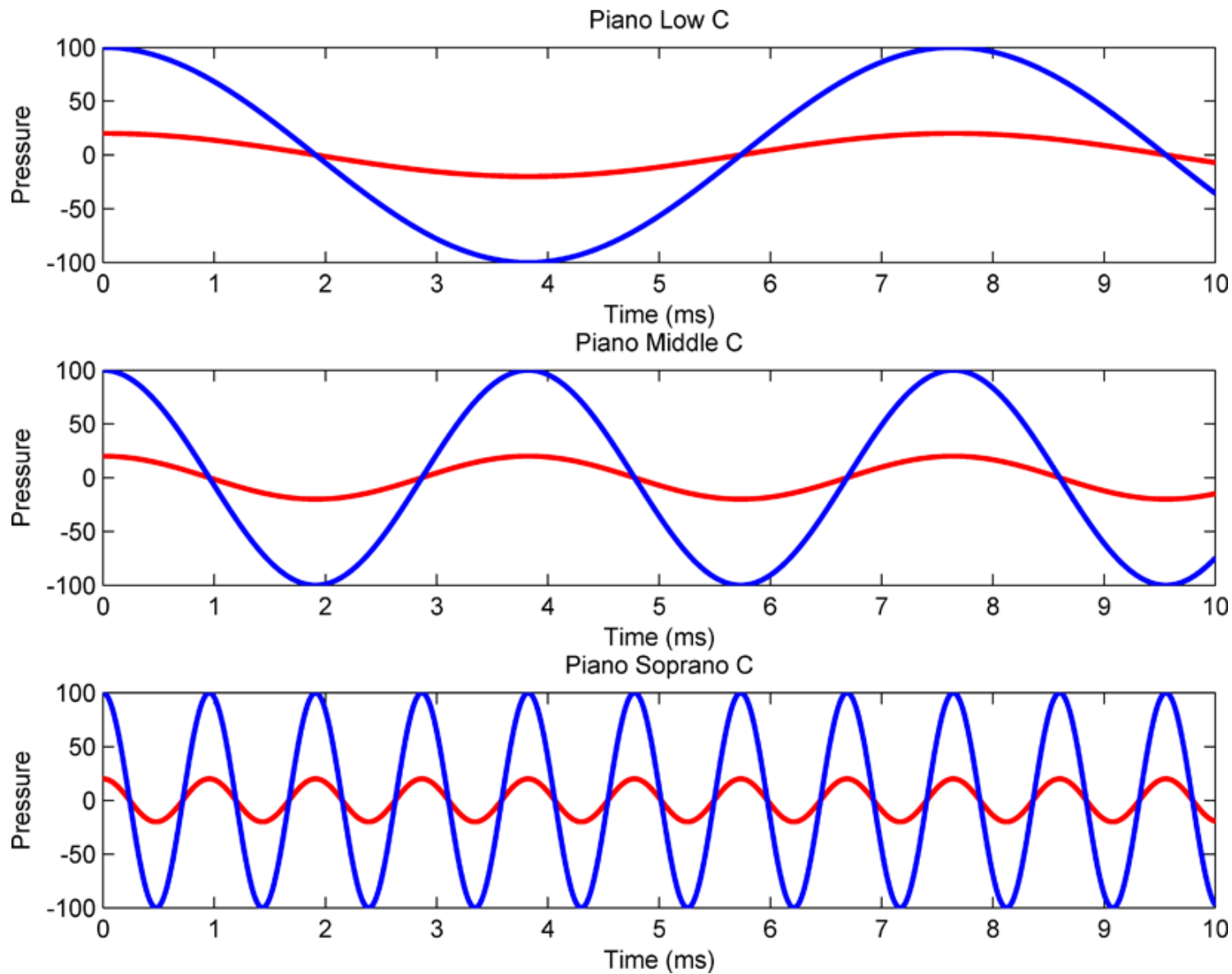
- 공기 입자가 얼마나 빨리 앞뒤로 진동하는지 나타내는 것을 주파수라고 한다.
- 주파수가 높아질 수록 음은 높아지고, 낮아질 수록 음도 낮아진다.
- 중간 도 음의 주파수는 261.63Hz(헤르츠)이다.
 - 1초 동안 정확히 261.63번 진동하면서 도 음을 만든다는 뜻.

01. 스피커의 작동 원리 – 음파의 속성

■ 진폭(amplitude)

- 진동의 크기
- 진폭이 클 수록 소리가 크고, 진폭이 작을 수록 소리가 작다.
- 진폭은 스피커로 흐르는 전류의 양으로 조절할 수 있다.
 - 스피커와 가변저항을 함께 사용하면 음량을 조절할 수 있다.

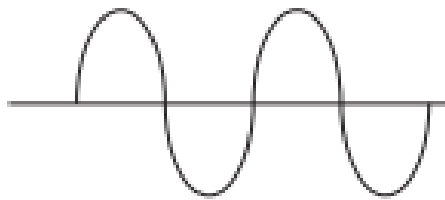
01. 스피커의 작동 원리 – 다양한 주파수와 진폭의 음파



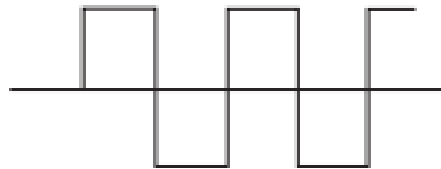
01. 스피커의 작동 원리 – 사인파와 네모파

■ 네모파

- 실제 소리는 사인 곡선 형태의 파형으로 나타난다.
- 디지털-아날로그 변환기 (Digital Analog Converter, DAC)를 내장한 아두이노 Due를 제외한 다른 아두이노는 실제 소리와 비슷한 사인파를 만들지 못한다.
- 네모파는 디지털 주기 파형으로 HIGH값과 LOW값 사이를 즉시 바꾸는 형태이다.
- 네모파로도 소리를 만드는 압력파를 생성할 수는 있으나 아날로그 형태의 사인파처럼 소리가 예쁘지는 않다.



▶ 사인파



▶ 네모파

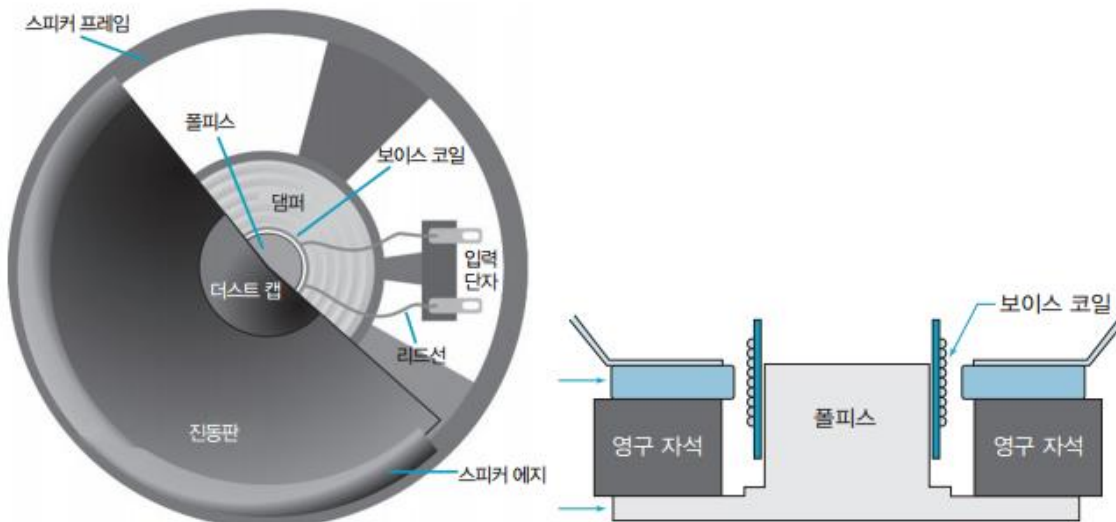
- MP3 등 음악이나 영화도 고해상도의 네모파로 만든 사인파이다. DAC를 사용하면 고해상도의 사인파를 만들 수 있고, 컴퓨터에 저장된 모든 음악 파일은 이런 고해상도의 디지털 사인파로 구성된 것이다.

01. 스피커의 작동 원리 – 스피커의 구조

■ 스피커의 내부 구조

- 모터와 마찬가지로 스피커도 전기를 운동으로 바꾸기 위해 전자기력을 사용한다.
- 전압 신호(사인파 또는 네모파)가 보이스 코일로 보내지면 전류의 변화가 시작되어 자기장을 유도한다.
- 이 자기장의 영향으로 영구자석이 보이스 코일을 끌어당겼다 밀어냈다 하면서 폴피스와 보이스코일에 연결된 진동판을 앞뒤로 떨리게 한다.
- 앞뒤로 움직이는 이 떨림이 스피커 앞의 공기를 진동시켜 음파가 생성되어 우리 귀까지 소리가 전달된다.

그림 5-2 스피커의 내부 구조



02. tone() 함수를 사용한 음악 출력

■ tone() 함수

- 특정 주파수의 네모파를 지정된 출력 핀으로 출력할 수 있게 도와주는 함수이다.
- 함수 형식
 - tone(speaker, note, duration);
 - speaker: 소리를 출력할 핀 번호를 지정
 - note: 출력할 소리의 주파수를 지정
 - duration: 출력할 소리의 지속 시간을 지정. 인수를 생략해도 되지만 noTone() 함수를 호출하기 전까지 소리가 계속 날 것임.
- tone() 함수를 사용해 소리를 출력하는 동안에는 하드웨어 타이머 중 일부는 사용할 수 없다.
 - 아두이노의 하드웨어 타이머 세 개 중 하나를 tone() 함수에서 사용
 - tone() 함수에 사용되는 타이머는 사용 불가

02. tone() 함수를 사용한 음악 출력

문제: 다음 코드를 해석하시오

```
tone(speaker, 262, 250);
```

- 답: speaker 핀으로 262Hz 주파수를 250ms 동안 출력

02. tone() 함수를 사용한 음악 출력 – #include 사용

■ 게이름 설정 파일 추가

- 아두이노 IDE는 각 주파수에 따른 음계를 설정해 놓은 헤더 파일인 pitches.h 제공
- 각 주파수와 게이름을 미리 매핑해 놓은 설정 파일을 사용하면 편리하다.
 - 음을 주파수대신 ‘도’, ‘레’, ‘미’ 등 게이름으로 표현 가능
- 사용 방법
 - 아두이노 스케치 프로그램과 같은 폴더에 pitches.h 파일을 복사해 넣고
 - #include 명령으로 pitches.h 파일을 불러오면 게이름 설정 파일을 추가할 수 있다.

#include “pitches.h”

- #include 명령으로 헤더 파일을 불러오면 코드가 훨씬 간결하고 가독성도 높아진다.

■ pitches.h

```
#define NOTE_B0 31
#define NOTE_C1 33
#define NOTE_CS1 35
#define NOTE_D1 37
#define NOTE_DS1 39
#define NOTE_E1 41
#define NOTE_F1 44
#define NOTE_FS1 46
#define NOTE_G1 49
#define NOTE_GS1 52
#define NOTE_A1 55
#define NOTE_AS1 58
#define NOTE_B1 62
#define NOTE_C2 65
#define NOTE_CS2 69
#define NOTE_D2 73
...
```

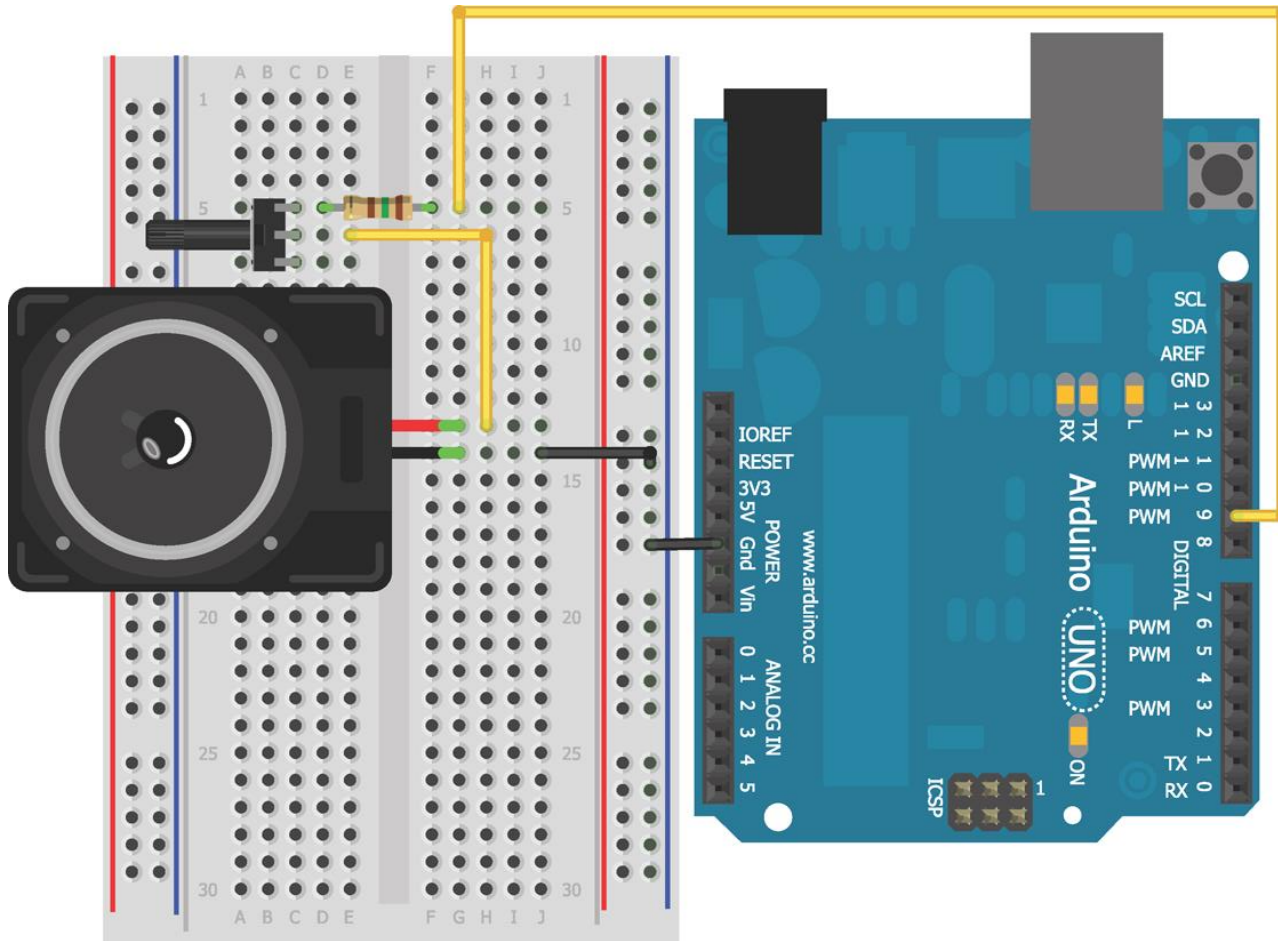
02. tone() 함수를 사용한 음악 출력 – 스피커 연결

■ 스피커에 연결할 저항값 계산

■ 고려해야 할 조건

- 아두이노 입출력 핀이 너무 많은 전류를 소모하지 않도록 스피커에 전류를 제한하는 저항을 연결해야 한다.
- 아두이노의 입출력 핀은 각각 최대 40mA 전류를 사용할 수 있기 때문에 스피커가 그 이상의 전류를 사용하지 못하도록 해야 한다.
- 일반적인 스피커의 내부 저항은 8Ω 이며 전자석을 구성하는 보이스 코일에서 저항이 생성된다.

02. tone() 함수를 사용한 음악 출력 – 스피커 연결



02. tone() 함수를 사용한 음악 출력 – 음악 프로그램

■ 배열 사용하기

- 배열은 형식이 똑같은 값이 여러 개 저장된 것이다.
- 배열 내의 각 저장 공간은 목록에서 위치를 나타내는 인덱스로 구분된다.
- 예) 정수값 네 개를 저장하는 배열

```
int numbers[4];
```

- 배열 선언 시, 저장할 값을 모두 입력하면 [] 안에 배열의 길이를 지정하지 않아도 된다.

```
int numbers[] = {-7, 0, 6, 234};
```

- 배열의 첫 번째 자리 인덱스값은 0부터 시작
- 예) 9번 핀에 연결된 LED 밝기를 지정하는 값으로 numbers[] 배열의 세 번째 자리에 저장된 값을 사용하고 싶다면 다음과 같이 코드를 작성한다.

```
analogWrite(9, numbers[2]);
```


02. tone() 함수를 사용한 음악 출력 - 음악 프로그램

■ 음계와 재생 지속 시간을 저장하는 배열 작성

- 연주하려는 음악 정보를 저장하기 위해 크기가 똑같은 배열 두 개를 사용한다.
- 첫 번째 배열에는 출력할 음을 저장한다.
- 두 번째 배열에는 각 음을 몇 ms 동안 재생할 것인지 지속 시간을 저장한다.

```
//연주할 음이 저장된 배열 notes 선언
```

```
int notes[]={
    NOTE_A4, NOTE_E3, NOTE_A4, 0,
    NOTE_A4, NOTE_E3, NOTE_A4, 0,
    NOTE_E4, NOTE_D4, NOTE_C4, NOTE_B4, NOTE_A4, NOTE_B4, NOTE_C4, NOTE_D4,
    NOTE_E4, NOTE_E3, NOTE_A4, 0
};
```

//음의 지속 시간이 저장된 배열 times 선언. 단위는 ms

```
int times[]={
    250, 250, 250, 250,
    250, 250, 250, 250,
    125, 125, 125, 125, 125, 125, 125, 125,
    250, 250, 250, 250
};
```

02. tone() 함수를 사용한 음악 출력 – 음악 프로그램

실습 5-1 아두이노 음악 재생기 만들기

```
//스피커로 음악 재생하기

#include "pitches.h" //게이름이 정의된 헤더 파일 삽입

const int SPEAKER=9; //9번 핀을 사용하는 SPEAKER 상수 정의

//연주할 음이 저장된 배열 notes 선언
int notes[]= {
    NOTE_A4, NOTE_E3, NOTE_A4, 0,
    NOTE_A4, NOTE_E3, NOTE_A4, 0,
    NOTE_E4, NOTE_D4, NOTE_C4, NOTE_B4, NOTE_A4, NOTE_B4, NOTE_C4, NOTE_D4,
    NOTE_E4, NOTE_E3, NOTE_A4, 0
};

//음의 지속 시간이 저장된 배열 times 선언. 단위는 ms
int times[]= {
    250, 250, 250, 250,
    250, 250, 250, 250,
    125, 125, 125, 125, 125, 125, 125, 125,
    250, 250, 250, 250
};
```

02. tone() 함수를 사용한 음악 출력 – 음악 프로그램

실습 5-1 아두이노 음악 재생기 만들기

```
void setup()
{
    //계이름, 지속 시간 배열 순서대로 음악 재생
    for(int i=0; i<20; i++)
    {
        tone(SPEAKER, notes[i], times[i]);
        delay(times[i]);
    }
}

void loop()
{
    //음악을 다시 들으려면 리셋 버튼을 누름
}
```

■ 다른 음악을 재생하려면

- 연주할 음과 그 음의 지속 시간이 저장된 두 배열의 길이가 같아야 한다.
- For문에서 변수 i의 최대값을 배열의 길이와 똑같이 바꿔야 한다.