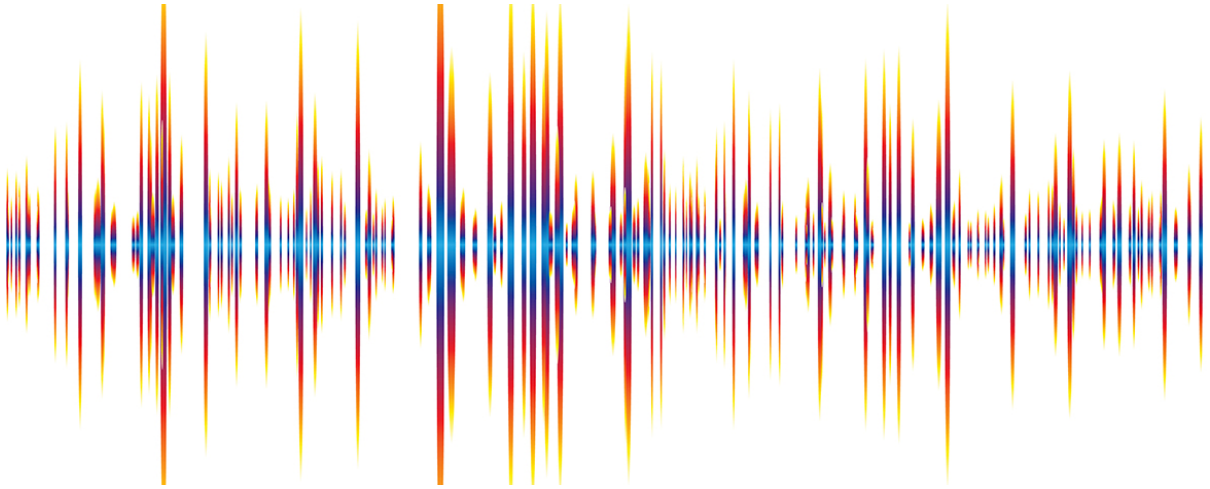
# 01076001
# วิศวกรรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น
# Introduction to Computer Engineering

## Arduino #4

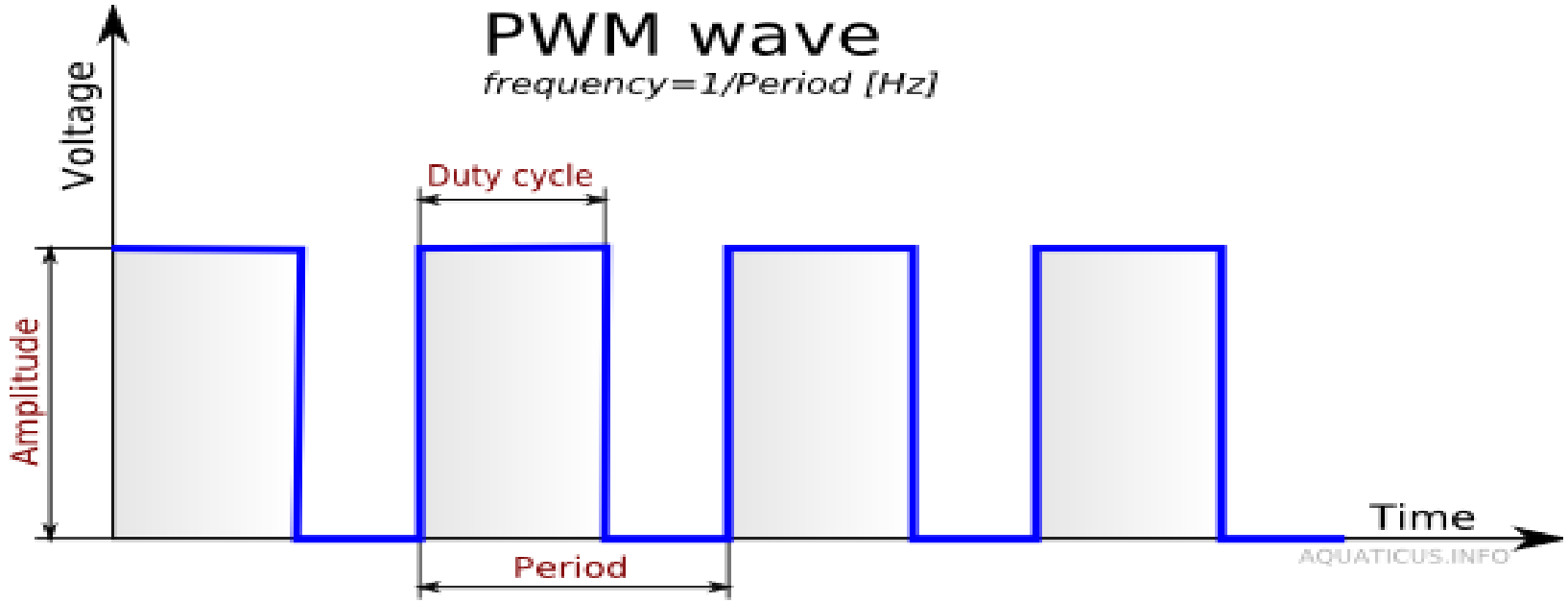
## Sound, PWM, LED Dot Matrix, OLED

# Speaker and Sound



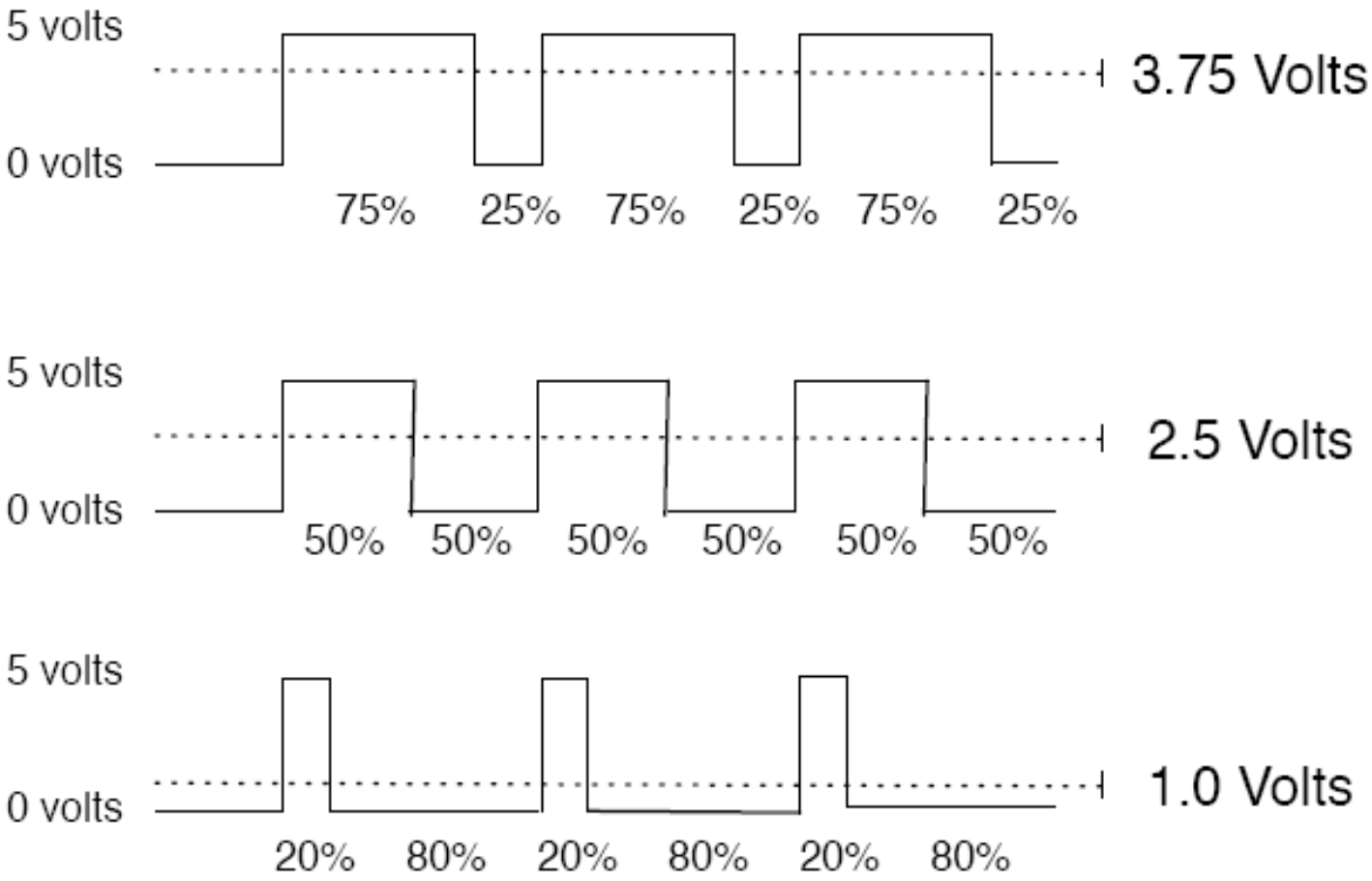
# Pulse Width Modulation (PWM)

- Pulse Width Modulation หรือ PWM เป็นรูปแบบสัญญาณแบบหนึ่ง ที่ใช้ความกว้างของ Pulse เป็นส่วนสำคัญ




- Duty Cycle: on-time / period

# PWM : Adjust duty cycle



# Activity: Fade

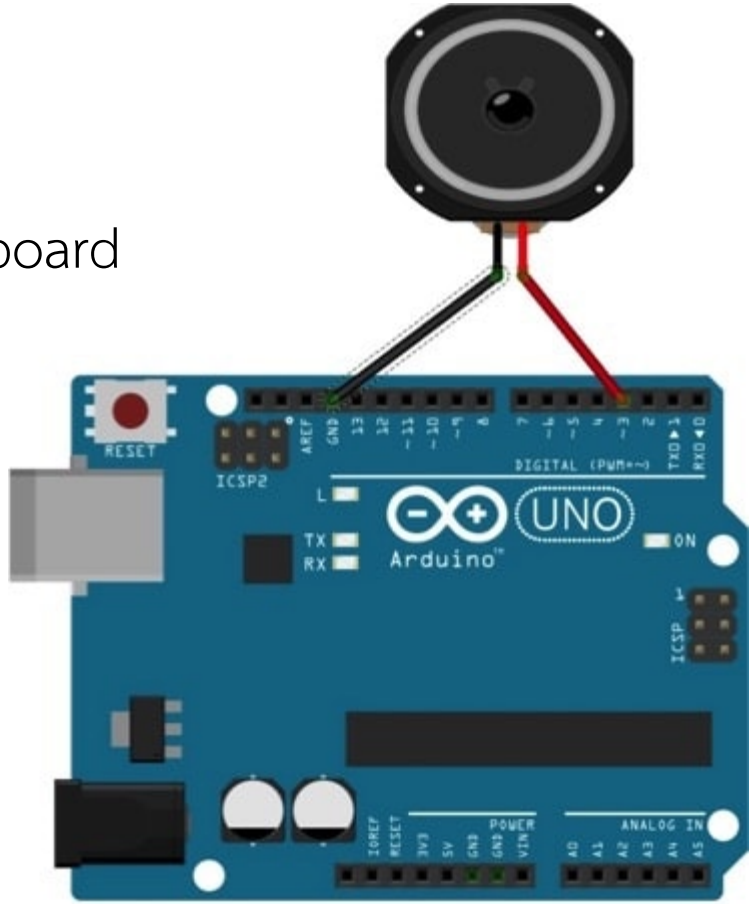
- นำ LED ต่อที่ขา ~3, ~5, ~6, ~9, ~10 หรือ ~11 ของ Arduino Board
- ให้โหลดโปรแกรม Examples -> 01.Basic -> Fade
- โหลดลงที่บอร์ด สั่งให้ทำงาน แล้วสังเกตการณ์ทำงาน

# Making Sound

- เสียงเป็นคลื่นความถี่ ลำโพงมีหน้าที่กำเนิดคลื่นความถี่เสียง
- หากเราส่งสัญญาณ High และ Low ไปที่ลำโพงในความถี่ที่เหมาะสม ก็จะเกิดเสียงได้ หากต้องการให้ลำโพงส่งเสียง 440 Hz (ความถี่มาตรฐานของ Note A (ลา))
  - เริ่มจากกำหนดให้ Output ที่ Pin ที่ต่อกับลำโพงเป็น High
  - จากนั้น delay เท่ากับ 1136 microseconds
  - แล้วกำหนดให้ Output ที่ Pin ที่ต่อกับลำโพงเป็น Low
  - จากนั้น delay เท่ากับ 1136 microseconds เช่นกัน
  - เราก็จะได้สัญญาณ 4 เหลี่ยมเท่ากับ 440 Hz

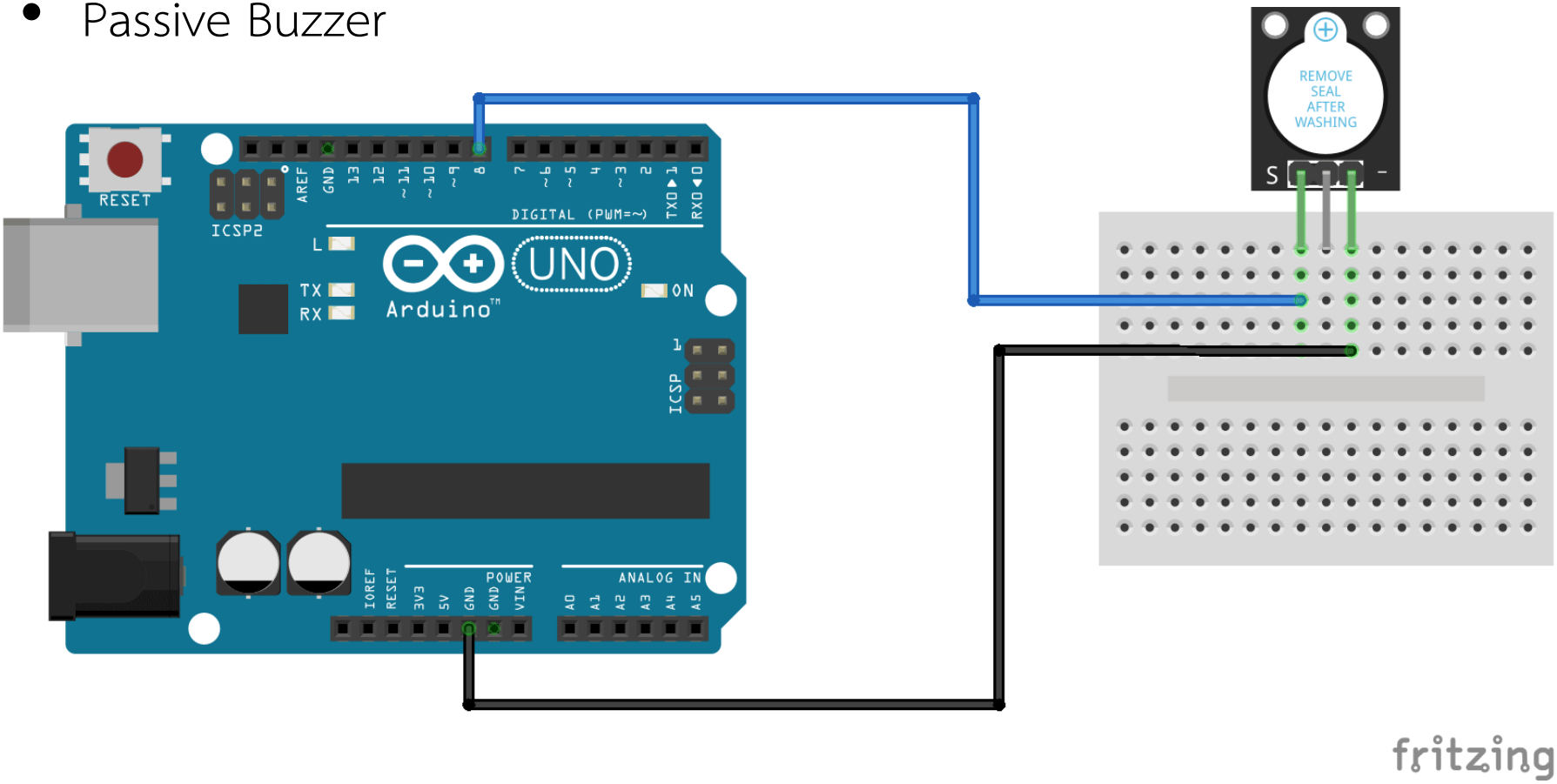
# How to Connect

- เอาลำโพงต่อที่ขา 3 หรือขาอื่นๆ
- ควรระวังสายไฟฝั่งลำโพง
  อาจจะหักได้ ควรยึดไว้กับ Protoboard
  และเชื่อมกับบอร์ด



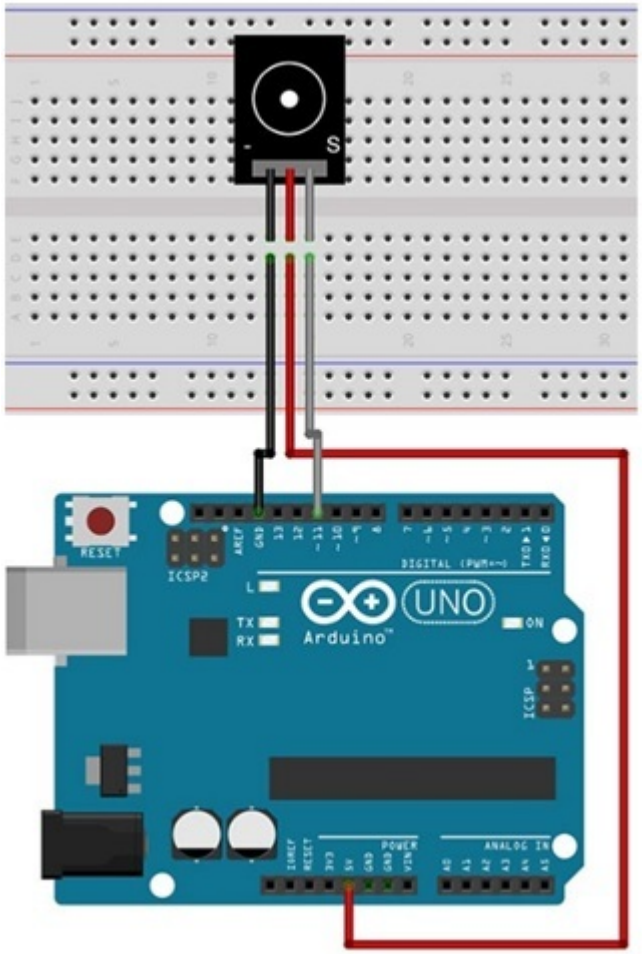
# How to Connect

- Passive Buzzer



# How to Connect

- Active Buzzer



# Speaker and Sound

- การสร้างเสียงใช้ฟังก์ชัน tone โดยมีรูปแบบดังนี้ (Pin ต้องเป็นขา 3 หรือ 11)

  Syntax:

  tone(pin, frequency)

  tone(pin, frequency, duration)

  Parameter:

  pin: the number of the pin

- การหยุดเสียงใช้ฟังก์ชัน noTone(pin)

# Activity : Play Note

```
int speakerPin = 3;
int numTones = 10;
int tones[] = {261,277,294,311,330,349,370,392,415,440};
//  mid C  C#   D    D#   E    F    F#   G    G#   A

void setup()
{
   for (int i=0; i < numTones; i++)
   {
       tone(speakerPin, tones[i]);
       delay(500);
   }
   noTone(speakerPin);
}
void loop()
{
}
```

# Play Song

- ในกรณีที่เราต้องการอ้างอิงความถี่เสียงของ Note ใน Arduino ได้เตรียมไฟล์ pitches.h ให้เราใช้งาน โดยมีค่าอ้างอิงดังนี้

```
#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
#define NOTE_DS2 78
#define NOTE_E2 82
#define NOTE_F2 87
#define NOTE_FS2 93
#define NOTE_G2 98
#define NOTE_GS2 104
#define NOTE_A2 110
#define NOTE_AS2 117
```

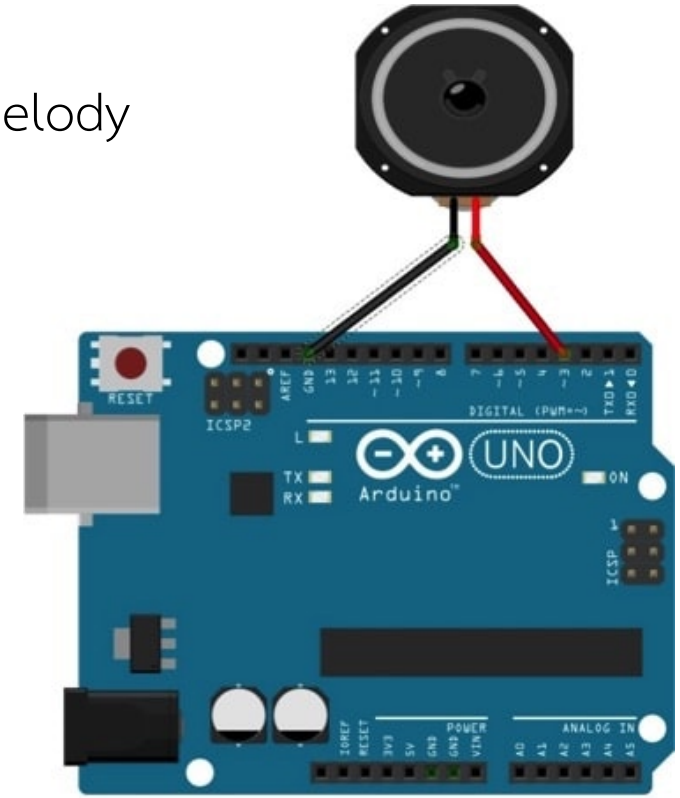
```
#define NOTE_B2 123
#define NOTE_C3 131
#define NOTE_CS3 139
#define NOTE_D3 147
#define NOTE_DS3 156
#define NOTE_E3 165
#define NOTE_F3 175
#define NOTE_FS3 185
#define NOTE_G3 196
#define NOTE_GS3 208
#define NOTE_A3 220
#define NOTE_AS3 233
#define NOTE_B3 247
#define NOTE_C4 262 // เสียงโด (กลาง)
#define NOTE_CS4 277
#define NOTE_D4 294 // เสียงเร (กลาง)
#define NOTE_DS4 311
#define NOTE_E4 330 // เสียงมี (กลาง)
#define NOTE_F4 349 // เสียงฟา (กลาง)
#define NOTE_FS4 370
#define NOTE_G4 392 // เสียงซอล (กลาง)
#define NOTE_GS4 415
#define NOTE_A4 440 // เสียงลา (กลาง)
#define NOTE_AS4 466
```

```
#define NOTE_B4 494 // เสียงที (กลาง)
#define NOTE_C5 523
#define NOTE_CS5 554
#define NOTE_D5 587
#define NOTE_DS5 622
#define NOTE_E5 659
#define NOTE_F5 698
#define NOTE_FS5 740
#define NOTE_G5 784
#define NOTE_GS5 831
#define NOTE_A5 880
#define NOTE_AS5 932
#define NOTE_B5 988
#define NOTE_C6 1047
#define NOTE_CS6 1109
#define NOTE_D6 1175
#define NOTE_DS6 1245
#define NOTE_E6 1319
#define NOTE_F6 1397
#define NOTE_FS6 1480
#define NOTE_G6 1568
#define NOTE_GS6 1661
#define NOTE_A6 1760
#define NOTE_AS6 1865
```

```
#define NOTE_B6 1976
#define NOTE_C7 2093
#define NOTE_CS7 2217
#define NOTE_D7 2349
#define NOTE_DS7 2489
#define NOTE_E7 2637
#define NOTE_F7 2794
#define NOTE_FS7 2960
#define NOTE_G7 3136
#define NOTE_GS7 3322
#define NOTE_A7 3520
#define NOTE_AS7 3729
#define NOTE_B7 3951
#define NOTE_C8 4186
#define NOTE_CS8 4435
#define NOTE_D8 4699
#define NOTE_DS8 4978
```

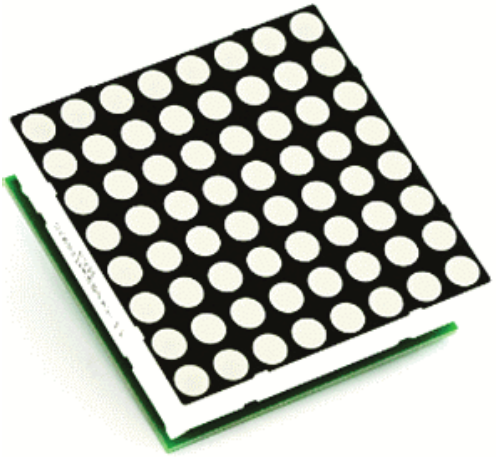
# Activity Play Song

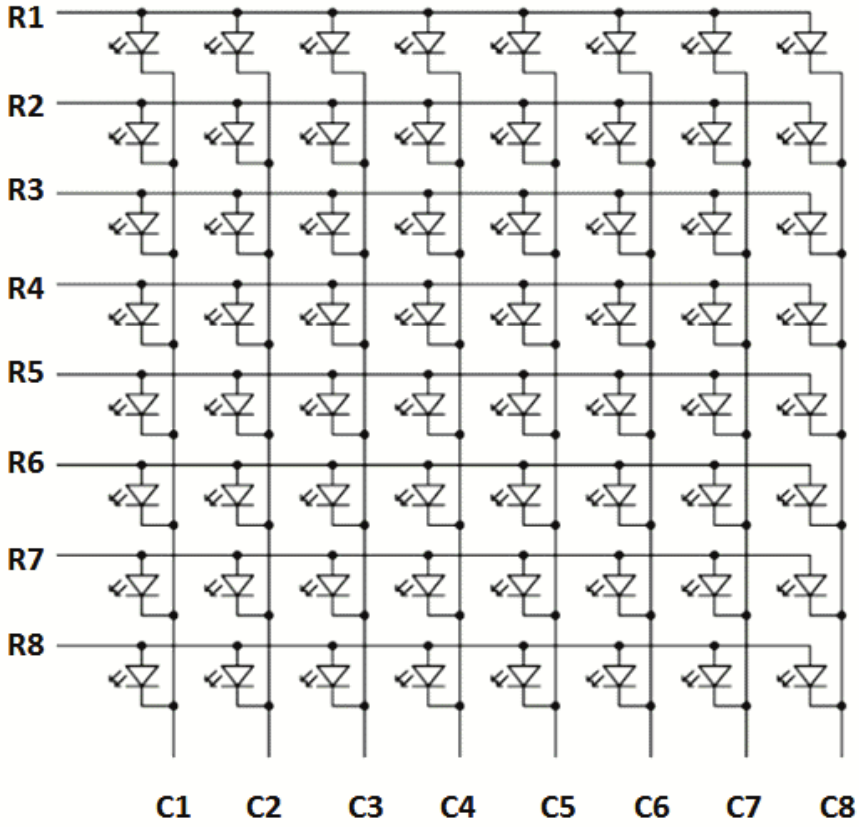
- ให้ต่อลำโพงตามรูป โดยต่อที่ขา 3
- โหลดไฟล์จาก Examples->Digital->toneMelody แล้วลองเล่นเพลง
- จากนั้นโหลดไฟล์จาก FB แล้วลองเล่นเพลง



# LED Dot Matrix

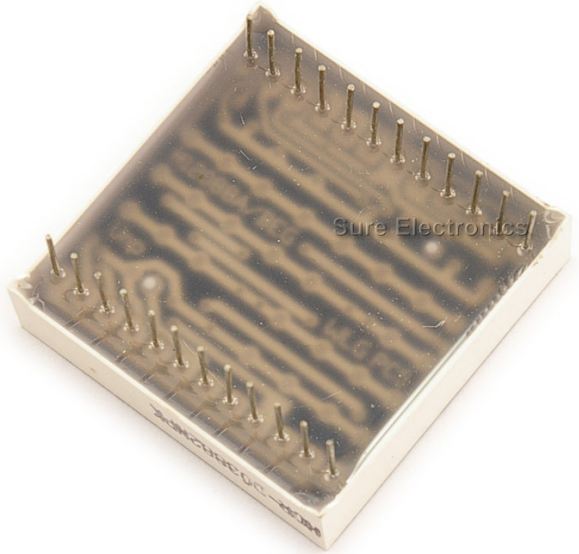
- เป็นอุปกรณ์ที่นำเอา LED จำนวนมากมาไว้ในชิ้นเดียวกัน มีวงจรตามรูป





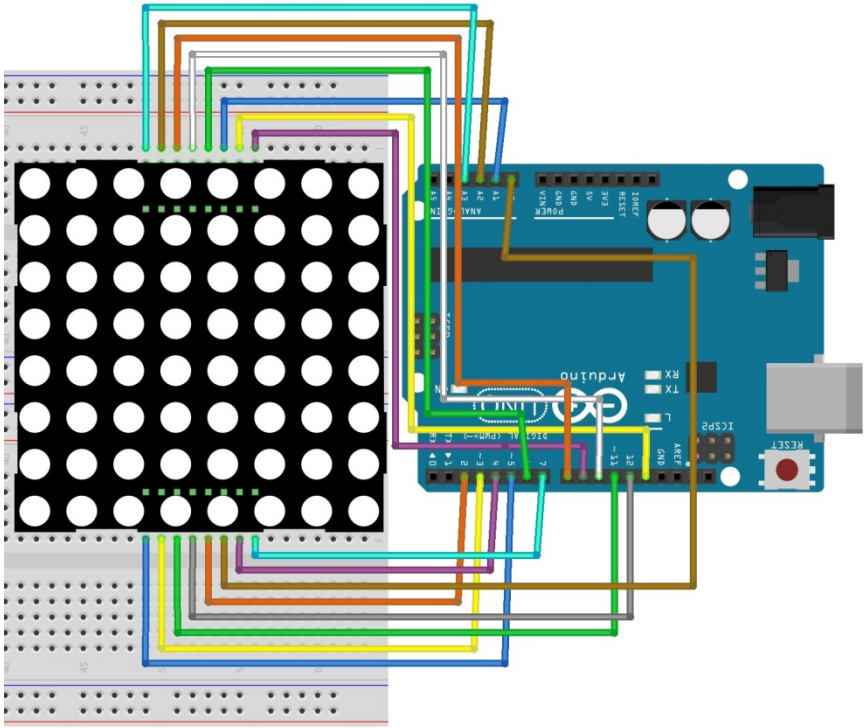
# LED Dot Matrix

- ตามรูปจะเห็นว่ามีขา 2 แถว
- โดยแถวหนึ่งจะเป็น Row อีกแถวจะเป็น Column



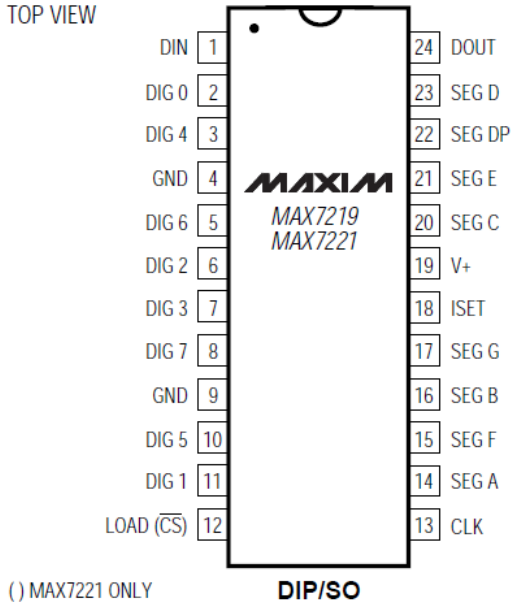
# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

- เราสามารถเชื่อมต่อ LED Dot Matrix กับ Arduino ได้ ตามวงจรตัวอย่างในรูป
- จะเห็นว่ามีการใช้สายไฟจำนวนมาก
- ทำให้ไม่สะดวก
- ในรูปไม่ได้ต่อ R เพื่อให้ดูง่าย



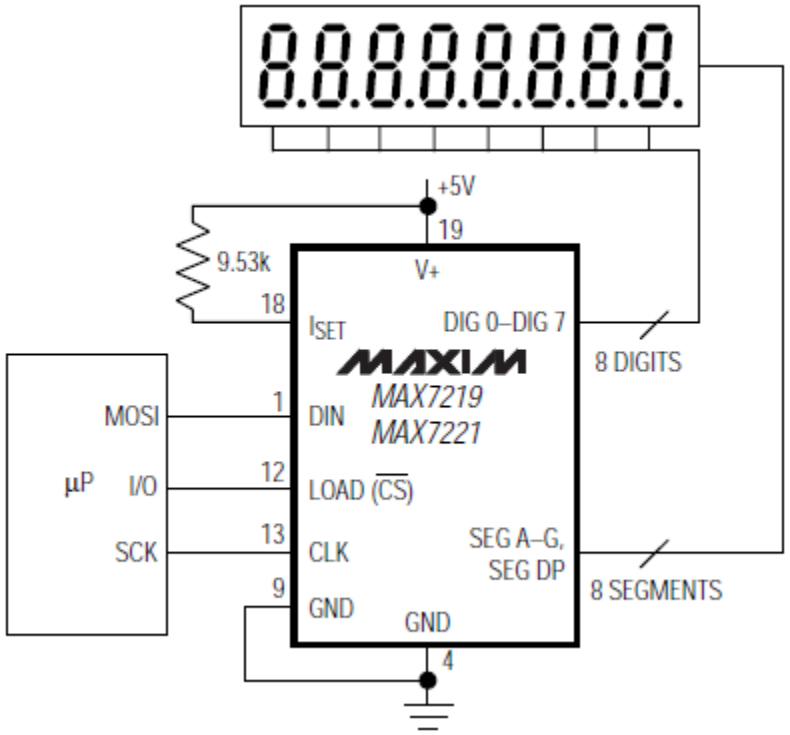
# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

- ปัญหาข้างต้นเกิดขึ้นกับการต่อใช้งาน LED 7 Segment ที่มีหลายหลักเช่นกัน
- จึงได้มีผู้สร้างชิป IC สำหรับใช้ต่อกับ 7 Segment หลายหลัก โดยมีชื่อว่า MAX7219
- MAX7219 สามารถควบคุม LED 7 Segment ได้ 8 หลัก หรือใช้กับ LED Dot Matrix ขนาด 8x8 ได้

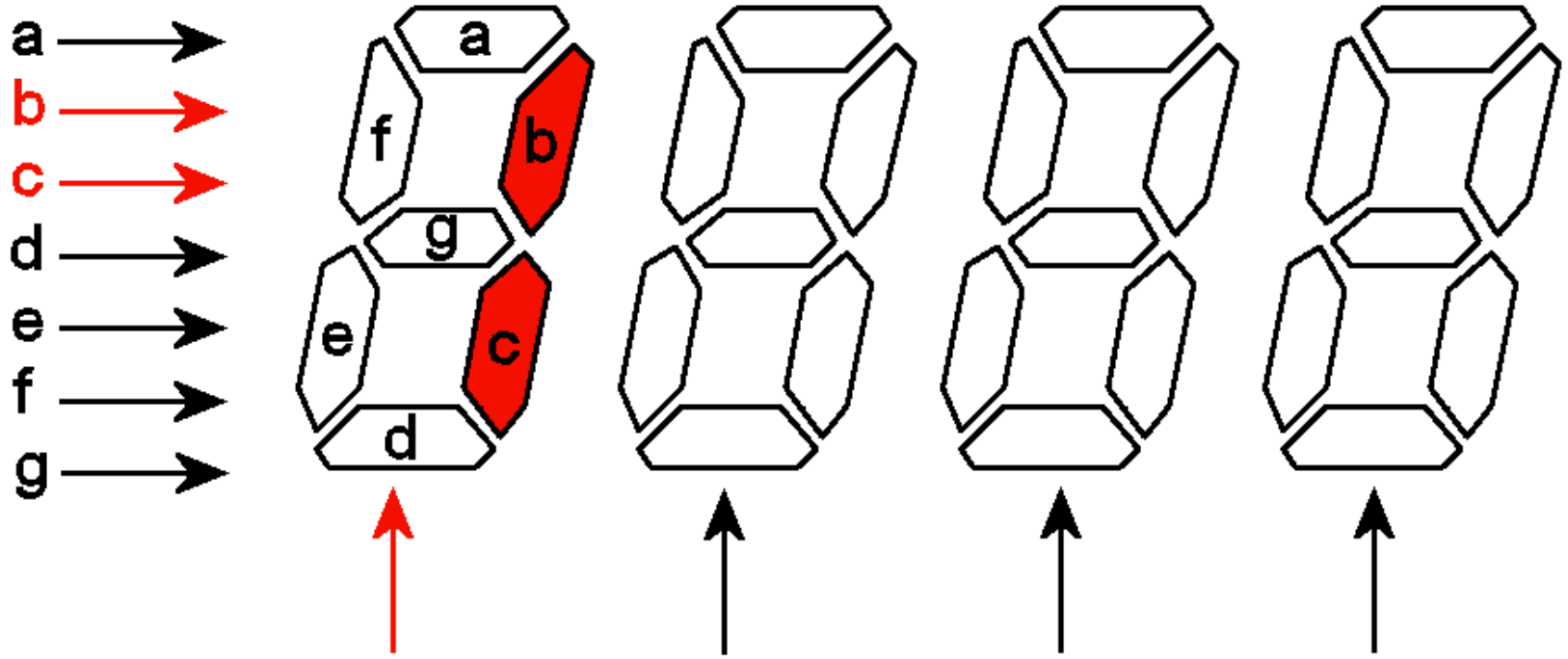


# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

- ในการต่อ MAX7219 เข้ากับ LED 7 Segment จะต่อขา SEG A-G,DP เข้ากับขา a-g ของแต่ละหลัก และต่อ DIG 0-7 เข้ากับแต่ละหลัก (ตามรูป)
- ในการทำงาน MAX7219 จะส่งข้อมูลของแต่ละหลักไปทีละครั้ง เช่น ส่งข้อมูลของหลักที่ 1 ในขณะที่ส่ง DIG 0 ออกไป ซึ่งจะทำให้หลักที่ 1 ติด จากนั้นทิ้งไว้ระยะหนึ่งแล้วจึงส่งหลักที่ 2-8 ในทำนองเดียวกัน
- โดยใช้ความเร็วที่เหมาะสม ตาของมนุษย์จะเห็นทุกหลักติดหมด วิธีนี้เรียกว่าการ Scan

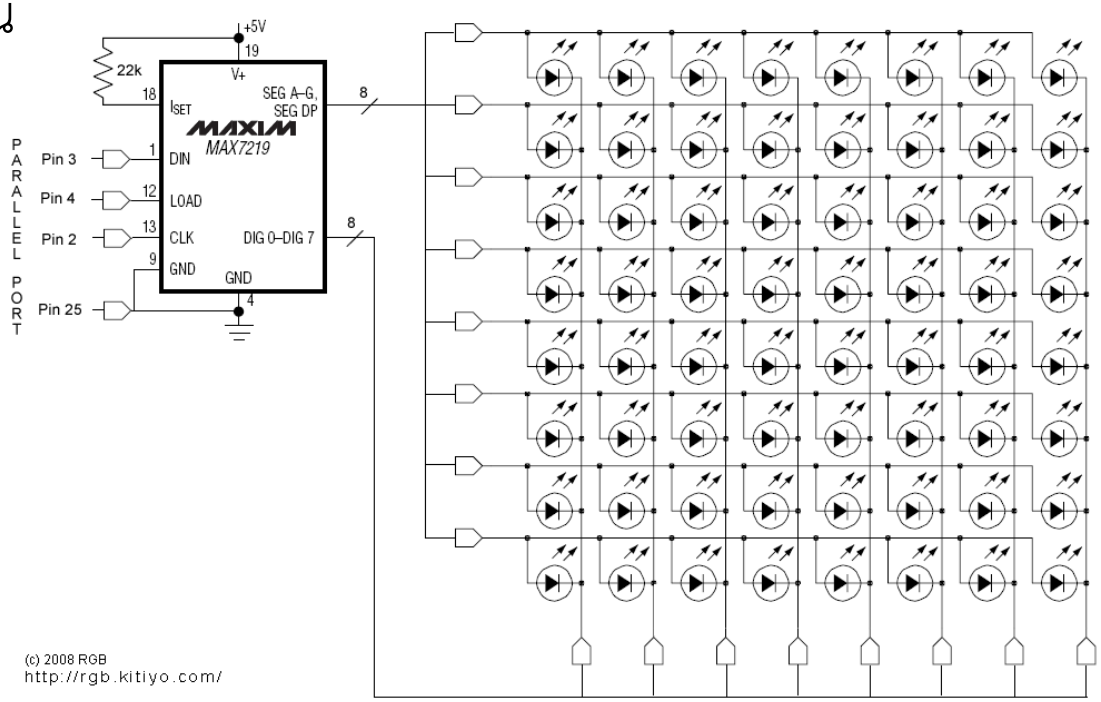


# 7 Segment Scanning



# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

- สำหรับการเชื่อมต่อกับ Arduino จะใช้ต่อผ่านขาจำนวน 3 ขา คือ
  - Din เป็นขาสำหรับข้อมูล
  - CLK เป็นขาคล็อกสำหรับ Sync ข้อมูล โดยคล็อก 1 สัญญาณ จะหมายถึงข้อมูล 1 บิต
  - LOAD/CS จะใช้บอกว่าจะโหลดข้อมูลแล้ว



# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

- การส่งข้อมูลจะส่งเป็นชุด ชุดละ 16 บิต ขั้นตอนจะเริ่มจาก 1) CS เป็น LOW 2) ส่งสัญญาณ CLK 3) ส่งข้อมูลทุกครั้งที่ขอบขาขึ้น จาก D15-> D0 (เส้นแดง)
- รูปแบบการส่งข้อมูลเรียกว่า Protocol : Synchronous Serial Communication

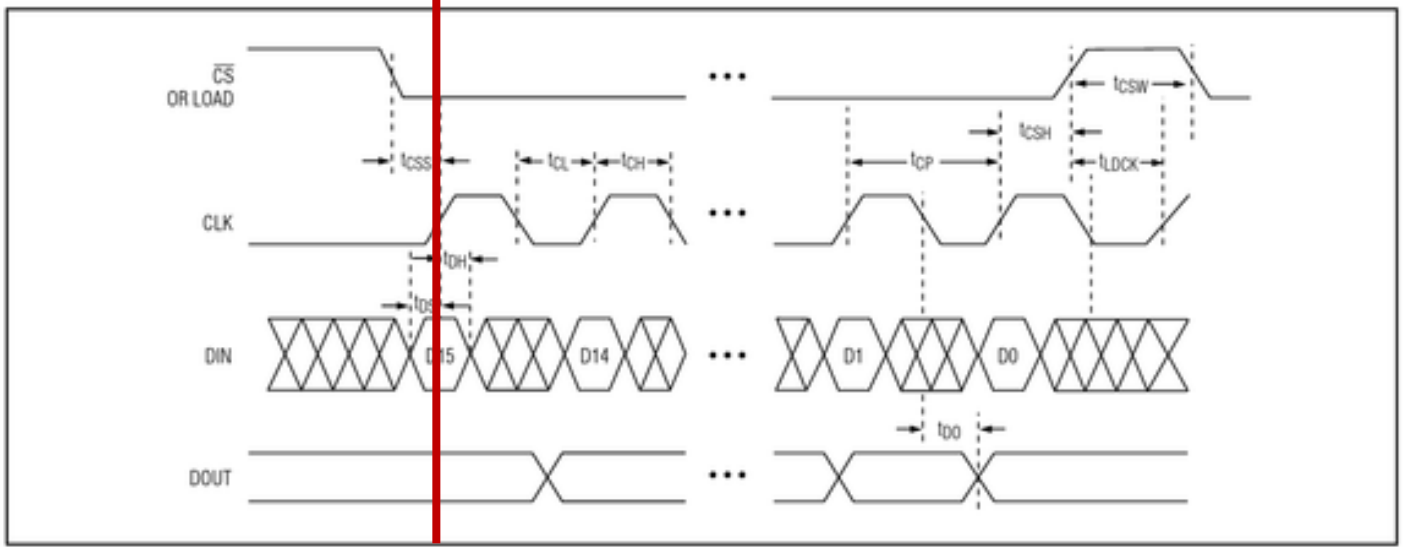



*Figure 1. Timing Diagram*

**Table 1. Serial-Data Format (16 Bits)**

| D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X | X | X | X | ADDRESS | | | | MSB | DATA | | | | | | LSB |

# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

- ในชิป MAX7219 จะมีที่เก็บข้อมูลที่เรียกว่า รีจิสเตอร์ (Register) ขนาด 8 บิตอยู่ 14 ตัว
- รีจิสเตอร์แต่ละตัวจะเก็บข้อมูลต่างกัน บางตัวเก็บค่าข้อมูลที่จะแสดง บางตัวเก็บความสว่าง เป็นต้น ชิปจะใช้ข้อมูลจากรีจิสเตอร์เหล่านี้ไปทำงาน หรืออาจจะบอกว่าสามารถสั่งงานชิปผ่านรีจิสเตอร์ก็ได้
- รูปแบบข้อมูลที่ส่งจะเป็นไปตามรูปด้านล่าง โดย D15-D12 จะเป็นอะไรก็ได้ (ไม่สนใจ แต่โดยทั่วไปจะกำหนดเป็น 0)
- ในการระบุว่าการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง จะส่งเข้าไปที่ใด จะระบุใน Address (D11-D8) และตามด้วยค่าข้อมูล 8 บิต

| D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X | X | X | X | ADDRESS | | | | MSB | DATA | | | | | | LSB |

# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

- Reg. 1-8 เก็บข้อมูลที่จะแสดง
- Reg. 9 บอกว่าแต่ละหลักจะใช้ decode แบบ BCD หรือไม่
- Reg. A ใช้กำหนดความสว่างโดยมี 15 ระดับ (00h-0Fh)
- Reg. B ใช้กำหนดว่าแสดงหลักใดบ้าง (00h-07h)
- Reg. C ค่า 1=ทำงานปกติ 0=หยุดทำงาน

| REGISTER | ADDRESS | | | | | HEX CODE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | D15–D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | |
| No-Op | X | 0 | 0 | 0 | 0 | X0 |
| Digit 0 | X | 0 | 0 | 0 | 1 | X1 |
| Digit 1 | X | 0 | 0 | 1 | 0 | X2 |
| Digit 2 | X | 0 | 0 | 1 | 1 | X3 |
| Digit 3 | X | 0 | 1 | 0 | 0 | X4 |
| Digit 4 | X | 0 | 1 | 0 | 1 | X5 |
| Digit 5 | X | 0 | 1 | 1 | 0 | X6 |
| Digit 6 | X | 0 | 1 | 1 | 1 | X7 |
| Digit 7 | X | 1 | 0 | 0 | 0 | X8 |
| Decode Mode | X | 1 | 0 | 0 | 1 | X9 |
| Intensity | X | 1 | 0 | 1 | 0 | XA |
| Scan Limit | X | 1 | 0 | 1 | 1 | XB |
| Shutdown | X | 1 | 1 | 0 | 0 | XC |
| Display Test | X | 1 | 1 | 1 | 1 | XF |

# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

```
#include <SPI.h>

const int CS_PIN   = 10;  // SPI /SS
const int CLK_PIN  = 13;  // SPI SCK
const int DIN_PIN  = 11;  // SPI MOSI

void MAX7219_write_reg( uint8_t addr, uint8_t data ) {
    digitalWrite( CS_PIN, LOW );
    SPI.transfer( addr );
    SPI.transfer( data );
    digitalWrite( CS_PIN, HIGH );
}

#define REG_DIGIT(x)       (0x1+(x))
#define REG_DECODE_MODE    (0x9)
#define REG_INTENSITY      (0x7)
#define REG_SCAN_LIMIT     (0xB)
#define REG_SHUTDOWN       (0xC)
#define REG_DISPLAY_TEST   (0xF)

void MAX7219_init(void) {
  MAX7219_write_reg( REG_DECODE_MODE, 0x00 );  // decode mode: no decode for digits 0-7
  MAX7219_write_reg( REG_INTENSITY, 0x07 );    // set intensity: 0x07=15/32
  MAX7219_write_reg( REG_SCAN_LIMIT, 0x07 );   // scan limit: display digits 0-7
  MAX7219_write_reg( REG_SHUTDOWN, 0x01 );     // shutdown: normal operation
  MAX7219_write_reg( REG_DISPLAY_TEST, 0x00 ); // display test: no display test
}
```

# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

```
void setup() {
  SPI.begin();
  SPI.setBitOrder( MSBFIRST );
  SPI.setClockDivider( SPI_CLOCK_DIV16 );// 16MHz/16 -> 1MHz SCK frequency
  SPI.setDataMode( SPI_MODE0 ); // use SPI mode 0
  pinMode( CS_PIN, OUTPUT );
  digitalWrite( CS_PIN, HIGH );
  MAX7219_init();
}

void flashing() {
  MAX7219_write_reg( REG_SHUTDOWN, 0x01 );      // normal operation
  MAX7219_write_reg( REG_DISPLAY_TEST, 0x01 ); // enter display test mode
  delay(100);
  MAX7219_write_reg( REG_DISPLAY_TEST, 0x00 ); // exit display test mode
  MAX7219_write_reg( REG_SHUTDOWN, 0x00 );      // shutdown operation
  delay(900);
}
```

# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

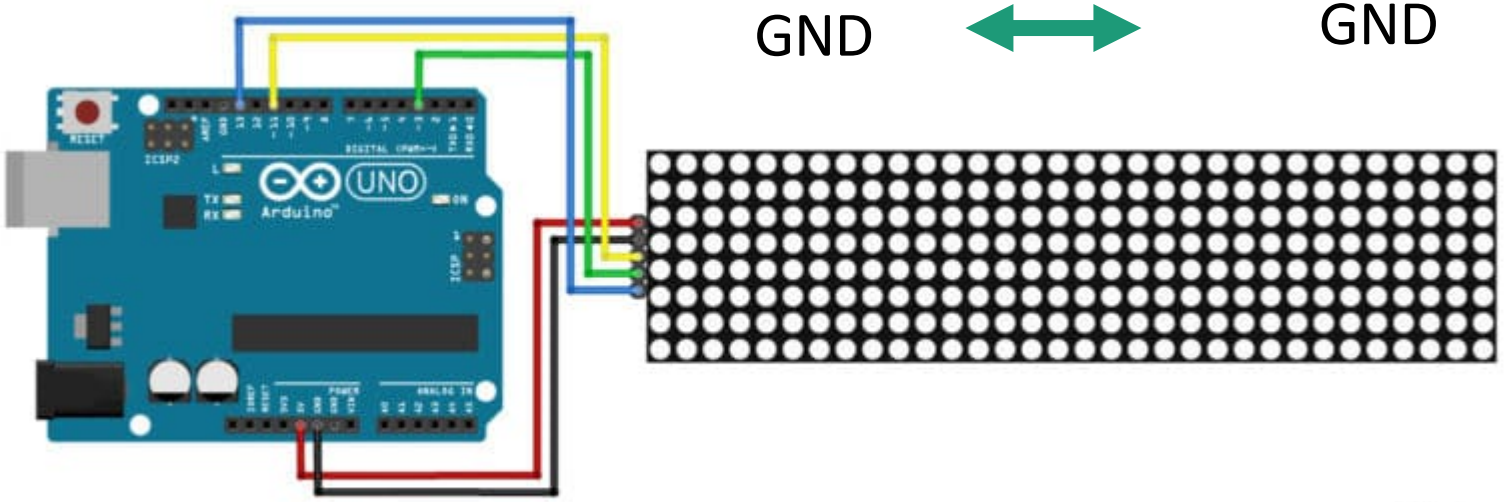
```
const byte char_data[][8] = { // 'C', 'E'
  { B00000000,
    B10000001,
    B10000001,
    B10000001,
    B10000001,
    B10000001,
    B11111111,
    B00000000 },
  { B00000000,
    B10000001,
    B10000001,
    B10010001,
    B10010001,
    B10010001,
    B11111111,
    B00000000 }};


void show_ce() {
  static uint8_t ch=0;
  for (uint8_t i=0; i < 8; i++) {
     MAX7219_write_reg( REG_DIGIT(i), char_data[ch][i] );
  }
  delay(500);
  ch = (ch+1) % 2;
}
```

# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

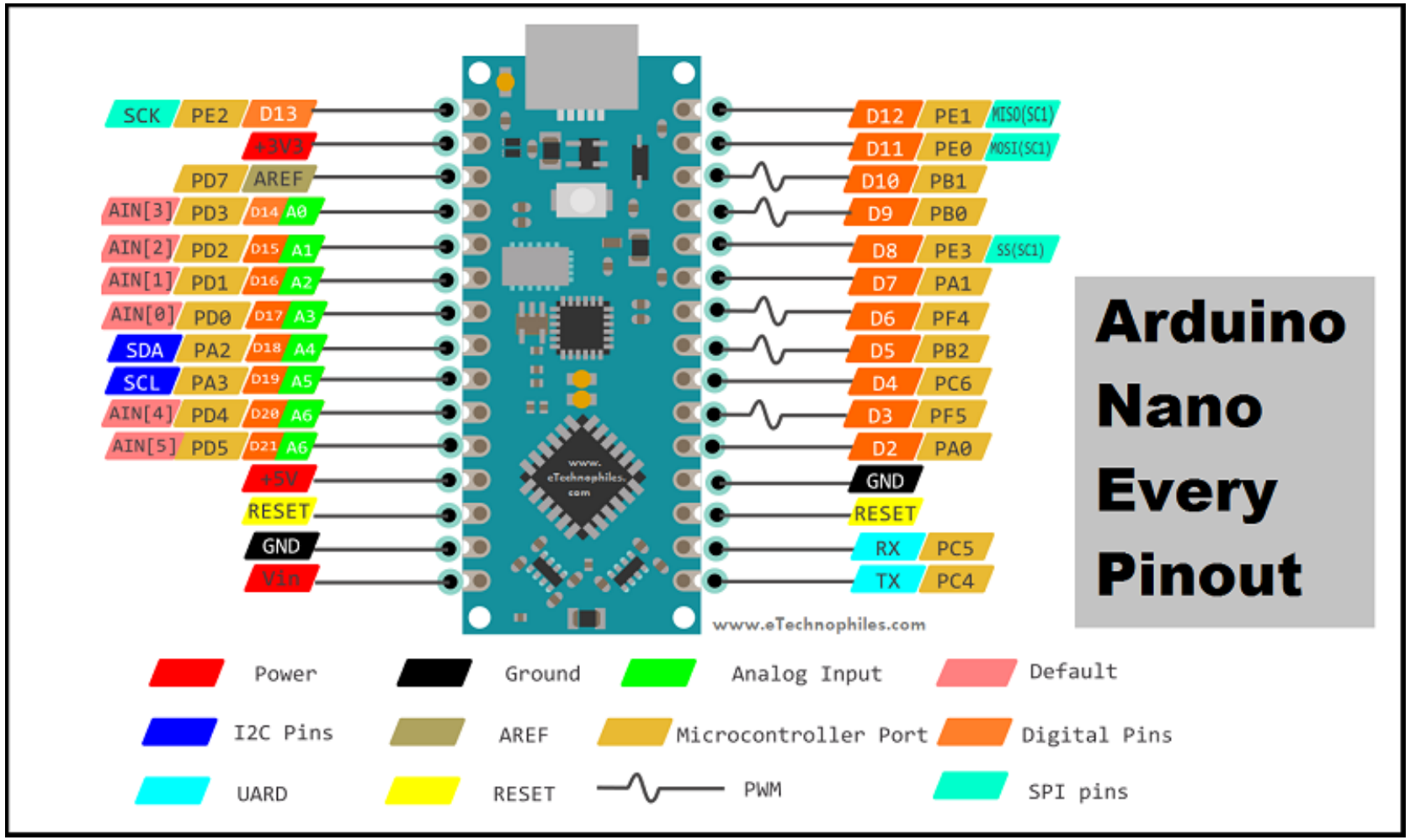
```
void loop() {
  for (uint8_t i=0; i < 3; i++) {
    flashing();
  }
  MAX7219_write_reg( REG_SHUTDOWN, 0x01 );      // normal operation
  while (1) {
    show_ce();
  }
}
```

# การต่อ Arduino กับ Dot Matrix LED

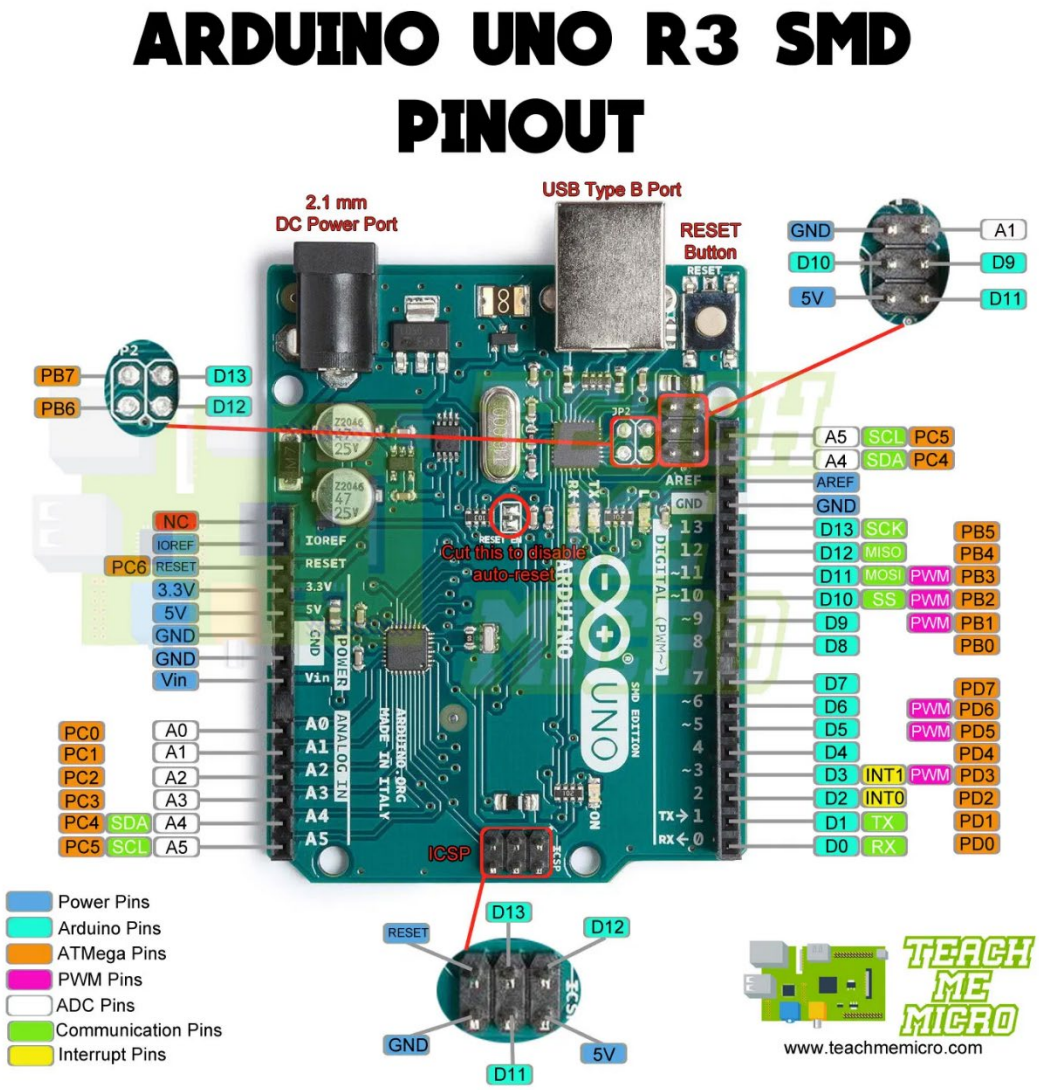
| LED | | Arduino |
|---|---|---|
| VCC | ⟷ | 5V |
| DIN | ⟷ | 11 |
| CLK | ⟷ | 13 |
| CS | ⟷ | 10 |
| GND | ⟷ | GND |



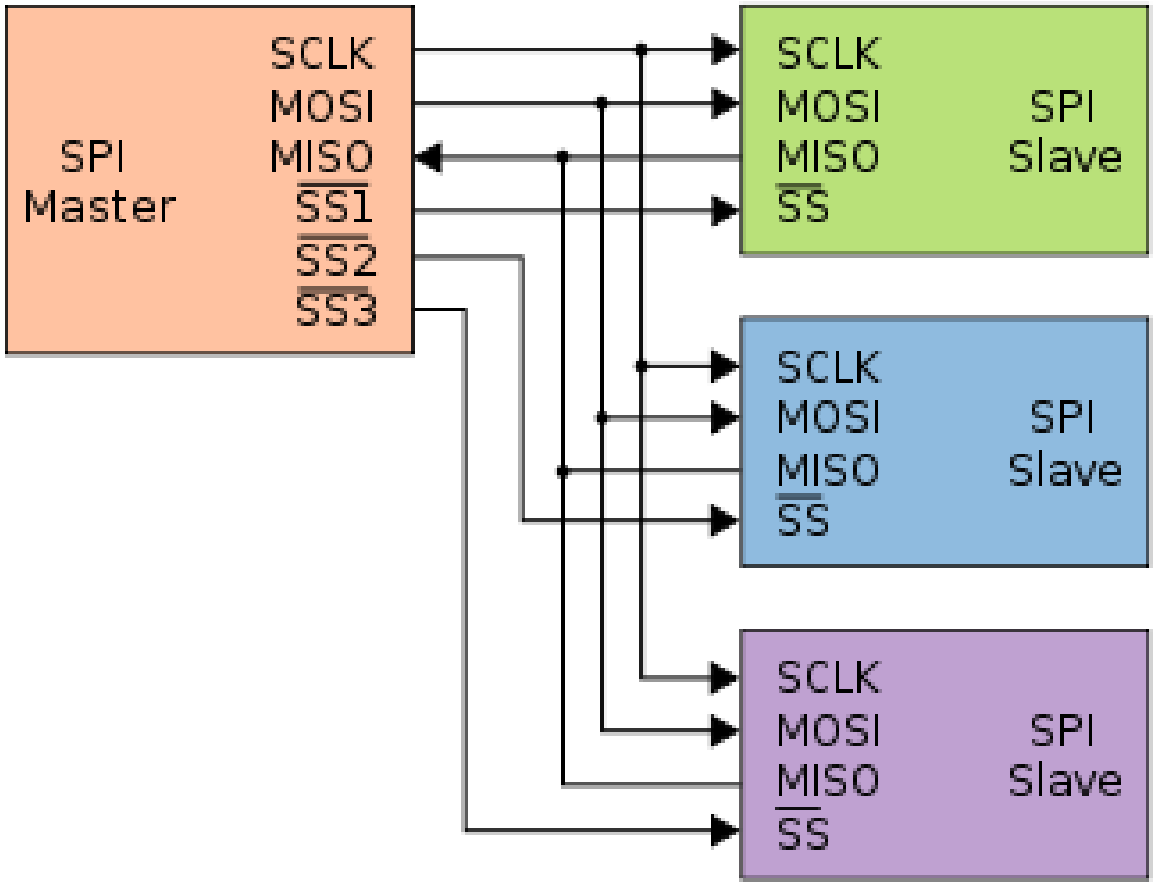
# Arduino Nano Pinout



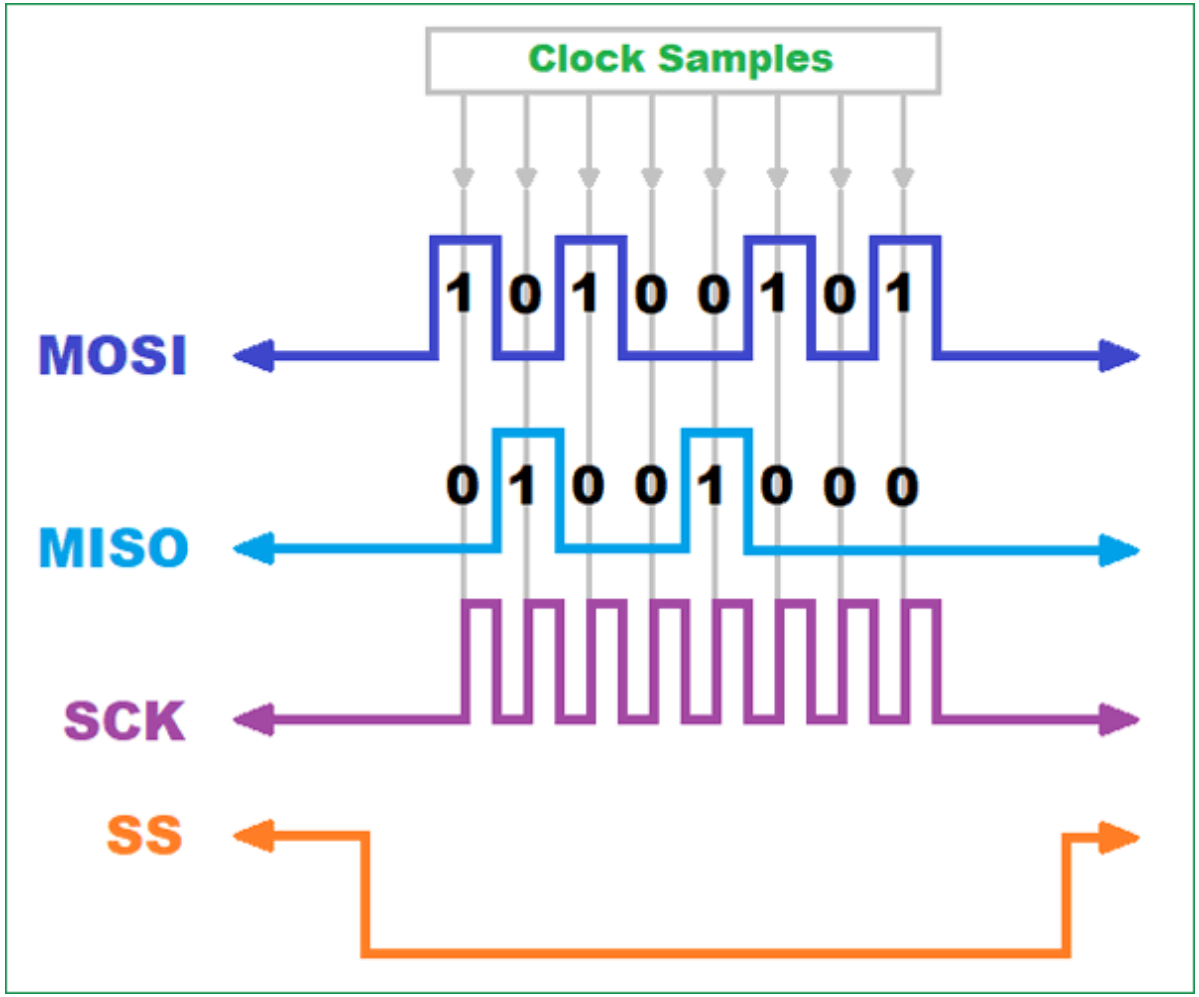
# Arduino UNO Pinout



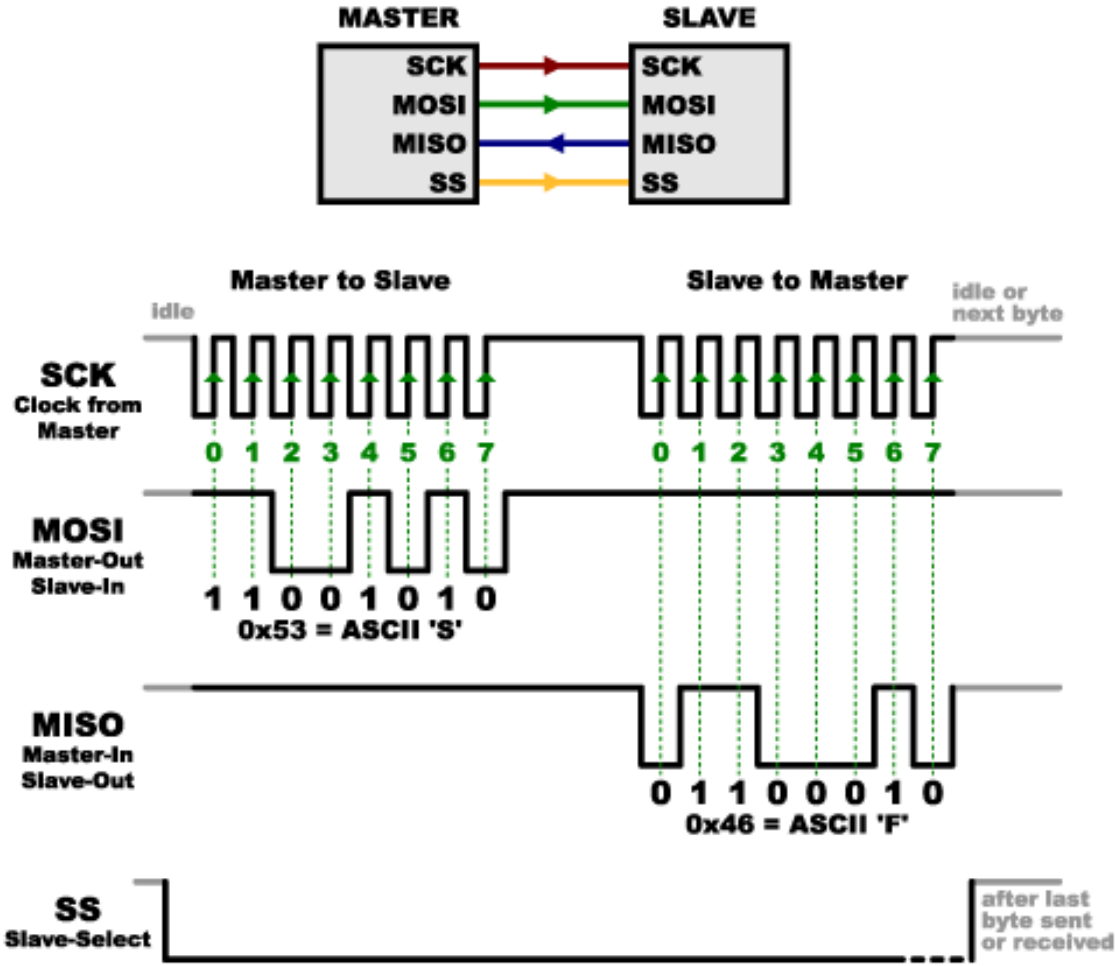
# SPI Protocol



# SPI Protocol



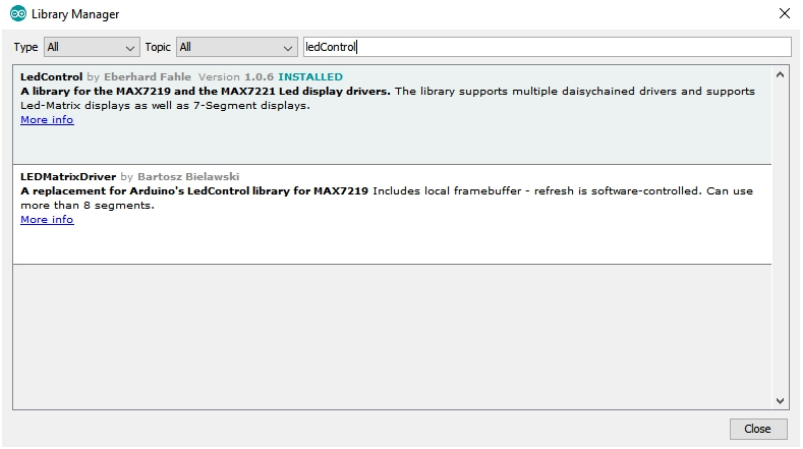
# SPI Protocol



# Activity LED Dot Matrix

- ให้โหลดโปรแกรมจาก FB แล้วทดสอบการทำงาน
- ลองเปลี่ยน Bit Pattern ให้เป็นไปตามที่ต้องการ

# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix




- จากวิธีการที่กล่าวมาข้างต้น แม้จะแสดงผลบนจอ LED Dot Matrix ได้ แต่การเอาไปใช้ก็ยังยากอยู่
- จึงได้มีผู้สร้าง Library ขึ้นมาใช้งาน ซึ่งก็มีจำนวนมาก Library ตัวหนึ่งที่นิยมใช้กันมีชื่อว่า LedControl
- การติดตั้ง
  - ไปที่ Sketch -> Include Library -> Manage Libraries
  - จะปรากฏหน้าต่าง Library Manager ให้ป้อน LedControl แล้วเลือกติดตั้ง

# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

```
#include "LedControl.h"

LedControl lc=LedControl(11,13,10,4);  // CLK,DIN,CS,Number of LED Module

unsigned long delaytime=500;  // time to updates of the display

void setup() {
  int devices=lc.getDeviceCount();  // find no of LED modules
  //we have to init all devices in a loop
  for(int address=0;address<devices;address++) {  // set up each device
    lc.shutdown(address,false);
    lc.setIntensity(address,8);
    lc.clearDisplay(address);
  }
}

void loop() {
  int devices=lc.getDeviceCount();  // find no of LED modules

  for(int row=0;row<8;row++) {
    for(int col=0;col<8;col++) {
      for(int address=0;address<devices;address++) {
        delay(delaytime);
        lc.setLed(address,row,col,true);
        delay(delaytime);
        lc.setLed(address,row,col,false);
      }
    }
  }
}
```

# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

- ฟังก์ชัน **`setLed(addr,row,col,T/F)`** จะรับข้อมูลประกอบด้วย addr คือ โมดูล row,col ค่าแถวและคอลัมน์ และ T/F คือ ให้ติดหรือดับ
- ฟังก์ชัน **`setRow(addr,row,value)`** จะรับข้อมูลประกอบด้วย addr คือ โมดูล row คือ แถวที่จะแสดง และ value คือค่า 8 บิตที่จะให้แสดง
- ฟังก์ชัน **`setColumn(int addr, int col, byte value)`** ใช้งานเช่นเดียวกับ setRow

# การเชื่อมต่อ Arduino กับ LED Dot Matrix

- สำหรับการแสดงผลตัวอักษร มีผู้ที่ทำข้อมูล 8x8 เอาไว้


http://www.gammon.com.au/forum/?id=11516

# Activity LED Dot Matrix

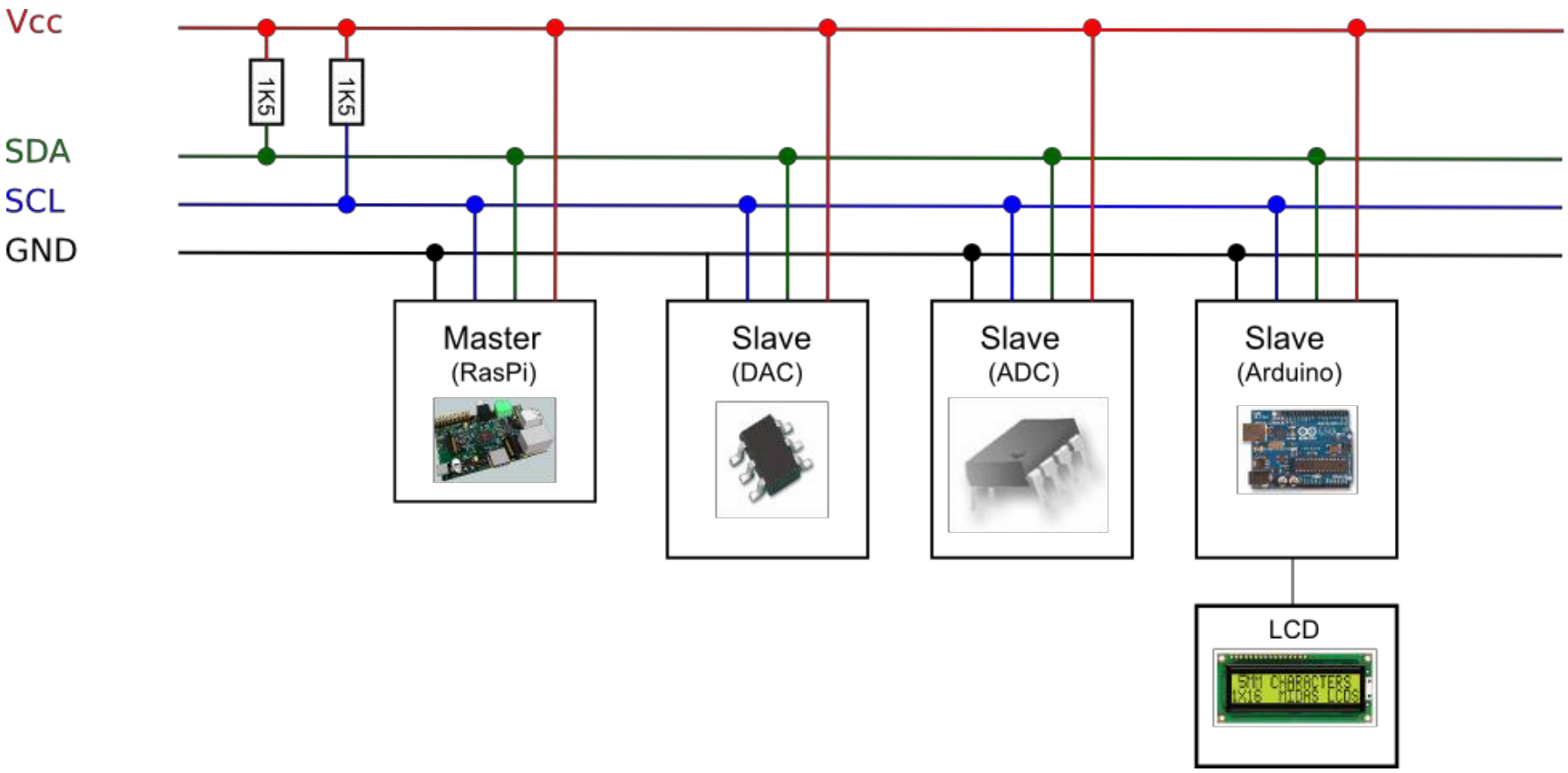
- ให้โหลดโปรแกรมจาก FB แล้วทดสอบการทำงาน
- ลองเปลี่ยน ข้อความ ให้เป็นไปตามที่ต้องการ

# I2C : Inter-Integrated Circuit Bus

- $I^2C$ ย่อมาจาก Inter IC Communication
- พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Philips
- สามารถควบคุม-ติดต่อ-สั่งงานระหว่างชิป เพียงสายสัญญาณ 2 เส้น
- สามารถต่ออุปกรณ์ร่วมบนบัสได้หลายตัวและแต่ละตัวไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงวงจรที่เท่ากัน
- มีสายสัญญาณ 2 เส้น คือ SDA และ SCL เป็น bi-directional line
- มีความเร็วในการส่งข้อมูล 100k (bits/sec) ที่โหมดปกติ และที่ fast mode 400k (bits/sec) ที่ high speed mode 3.4M (bits/sec)

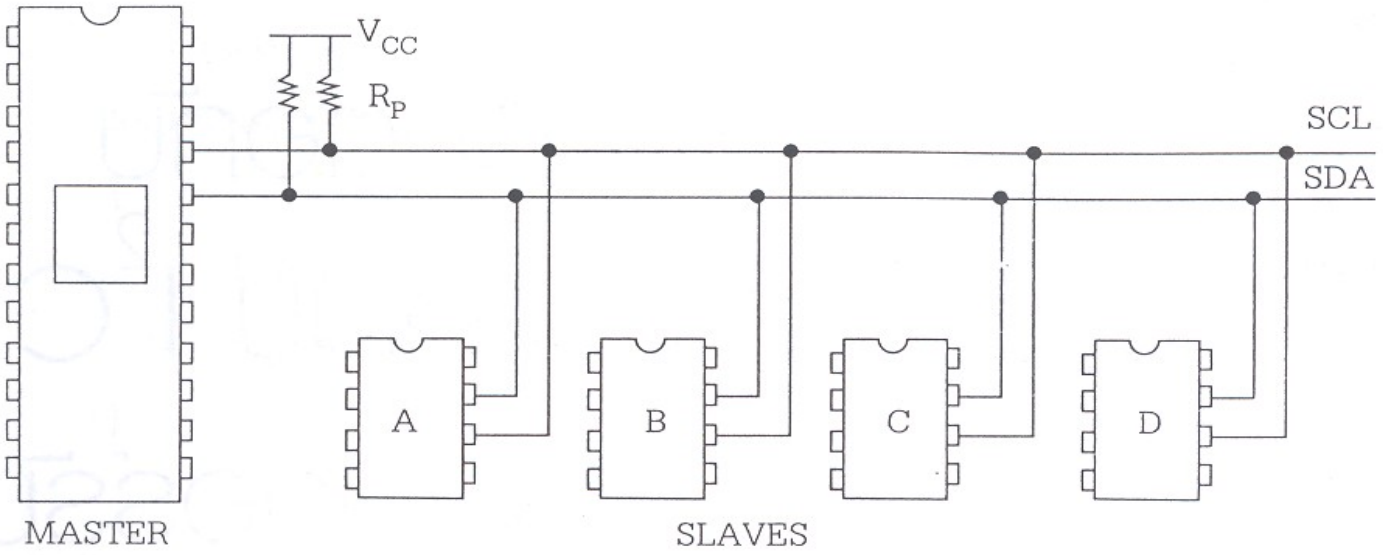
# $I^2C$ : Inter-Integrated Circuit Bus

- $I^2C$ ย่อมาจาก Inter IC Communication หมายถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างไอซี

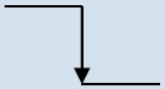
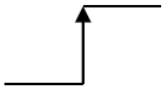


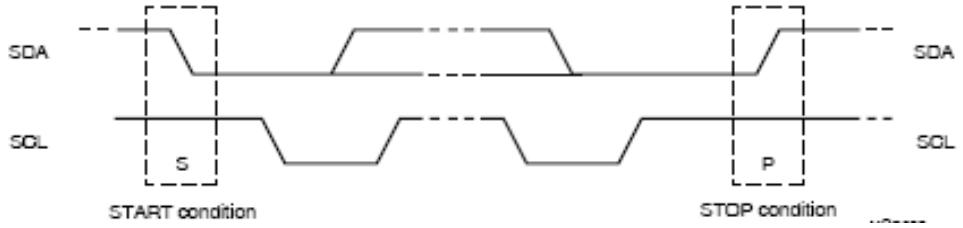
# I²C : Inter-Integrated Circuit Bus

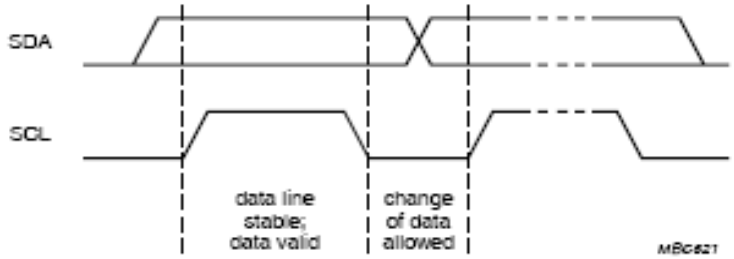
- ใช้สองสายได้แก่ Serial Data Line (SDA) ในการรับส่ง ข้อมูลแบบอนุกรมและ Serial Clock Line (SCL) เป็น สายสัญญาณ Clock สามารถรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 100 kbits/s



# I²C : Inter-Integrated Circuit Bus

| สภาวะบนระบบบัส | SDA | SCL |
|---|---|---|
| 1. Bus not busy | Hi | Hi |
| 2. Start data transfer |  | Hi |
| 3. Stop |  | Hi |
| 4. Data valid การรับส่งข้อมูล1บิตใช้clock 1ลูก ขณะรับ/ส่ง ข้อมูลบน SDA ต้องคงที่และ SCL Hi ข้อมูลบน SDA เปลี่ยนแปลงได้เมื่อ SCL Lo | X<br>Change | Hi<br>Lo |
| 5. Acknowledge ตัวรับจะส่งสัญญาณ Ack เมื่อรับข้อมูลครบ 1 byte แล้ว | Lo | Hi |



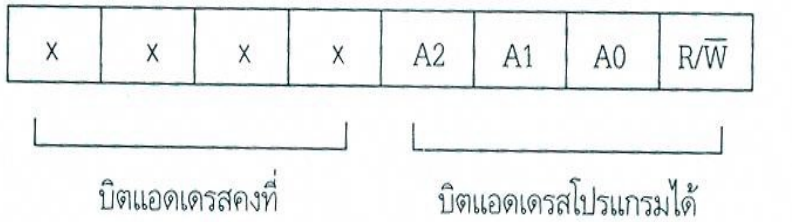
# $I^2C$ : Inter-Integrated Circuit Bus

- **การเขียนข้อมูล**

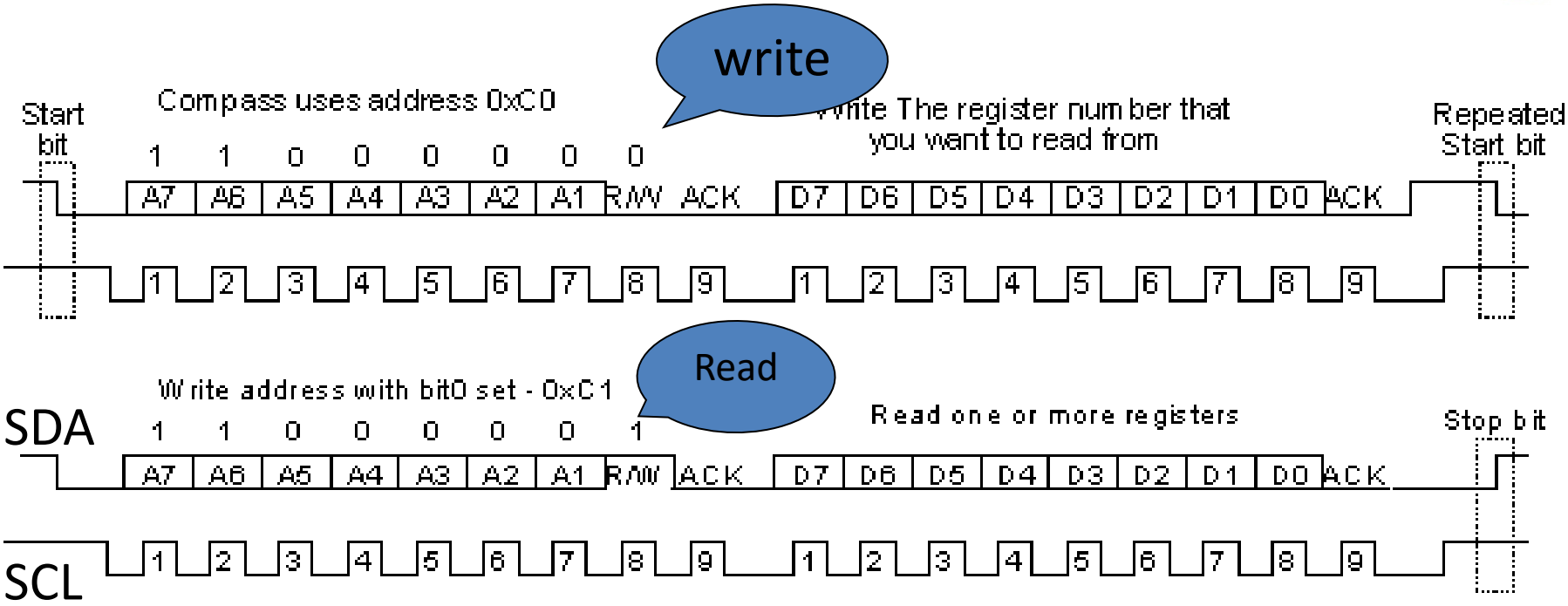
1. ส่งสัญญาณ start เขียน address ของตัว Slave และ bit ต่ำสุดเป็น 0 (เขียน)
2. เขียน byte ควบคุม (ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ว่าจะเป็นค่าอะไร)
3. เขียนข้อมูล
4. ส่งสัญญาณ stop

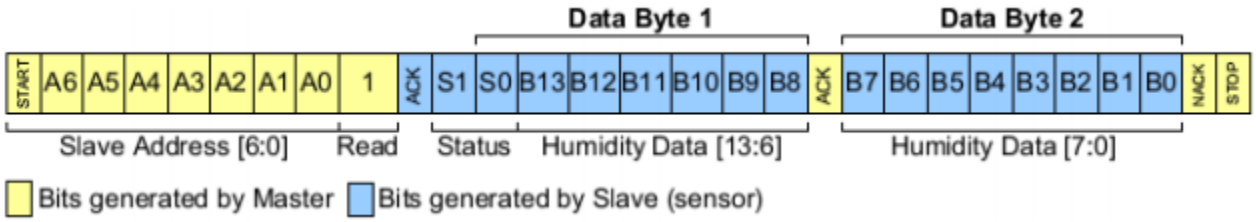
**การอ่านข้อมูล**

1. ส่งสัญญาณ start เขียน address ของตัว Slave และ bit ต่ำสุดเป็น 0 (เขียน)
2. เขียน byte ควบคุม
3. ส่งสัญญาณ stop
4. ส่งสัญญาณ start เขียน address อีกครั้ง และ bit ต่ำสุดเป็น 1 (อ่าน)
5. อ่านข้อมูล
6. ส่งสัญญาณ stop



# ตัวอย่าง Bit sequence



# การประยุกต์ใช้งาน $I^2C$

- ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับ ไอซีเพื่อขยายพอร์ต ไอซีแปลงสัญญาณ DAC/ADC ไอซี RTC ไอซีหน่วยความจำ
- ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์ เช่น LCD, OLED

# Speed of various connectivity methods (bits/sec)

| | |
|---|---|
| CAN (1 Wire) | 33 kHz (typ) |
| I²C ('Industrial', and SMBus) | 100 kHz |
| SPI | 110 kHz (original speed) |
| CAN (fault tolerant) | 125 kHz |
| I²C | 400 kHz |
| CAN (high speed) | 1 MHz |
| I²C 'High Speed mode' | 3.4 MHz |
| USB (1.1) | 1.5 MHz or 12 MHz |
| SCSI (parallel bus) | 40 MHz |
| Fast SCSI | 8-80 MHz |
| Ultra SCSI-3 | 18-160 MHz |
| Firewire / IEEE1394 | 400 MHz |
| Hi-Speed USB (2.0) | 480 MHz |

# ตารางสรุปเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของระบบ Serial Bus

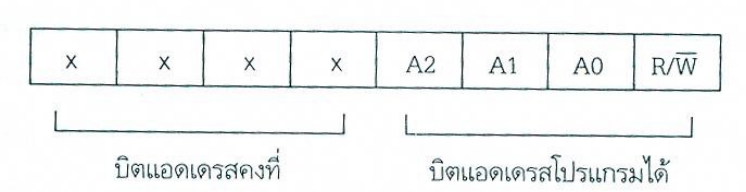
## *Serial Bus Comparison Summary*

### Pros and Cons of the different buses

| UART | CAN | USB | SPI | I²C |
|---|---|---|---|---|
| • Well Known<br>• Cost effective<br>• Simple | • Secure<br>• Fast | • Fast<br>• Plug&Play HW<br>• Simple<br>• Low cost | • Fast<br>• Universally accepted<br>• Low cost<br>• Large Portfolio | • Simple<br>• Well known<br>• Universally accepted<br>• Plug&Play<br>• Large portfolio<br>• Cost effective |
| • Limited functionality<br>• Point to Point | • Complex<br>• Automotive oriented<br>• Limited portfolio<br>• Expensive firmware | • Powerful master required<br>• No Plug&Play SW - Specific drivers required | • No Plug&Play HW<br>• No “fixed” standard | • Limited speed |

# การหา Address ของ $I^2C$

- โดยทั่วไปอุปกรณ์ $I^2C$ จะกำหนดแอดเดรส 4 บิตแรกมาให้ และให้ผู้ใช้สามารถเลือกแอดเดรส 3 บิตหลังได้ ซึ่งโดยทั่วไป 3 บิตหลังจะมีค่าเป็น 111
- ดังนั้นก่อนจะใช้งานจะต้องหาว่าอุปกรณ์ที่ต้องเชื่อมต่อด้วยนั้นมี Address อะไร



# โปรแกรมหา Address ของ I2C

```
#include <Wire.h>
void setup()
{
  Wire.begin();
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);             // wait for serial monitor
  Serial.println("\nI2C Scanner");
}
void loop()
{
  byte error, address;
  int nDevices;

  Serial.println("Scanning...");
```

# โปรแกรมหา Address ของ I²C

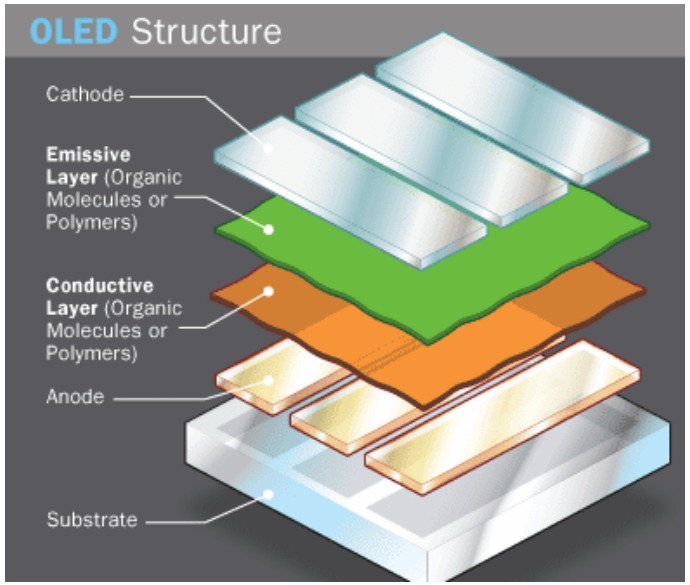
```
nDevices = 0;
for(address = 1; address < 127; address++ )
{
  // The i2c_scanner uses the return value of the Write.endTransmisstion
  // to see if a device did acknowledge to the address.
  Wire.beginTransmission(address);
  error = Wire.endTransmission();

  if (error == 0)
  {
    Serial.print("I2C device found at address 0x");
    if (address<16)
      Serial.print("0");
    Serial.print(address,HEX);
    Serial.println("  !");

    nDevices++;
  }
```

# โปรแกรมหา Address ของ $I^2C$

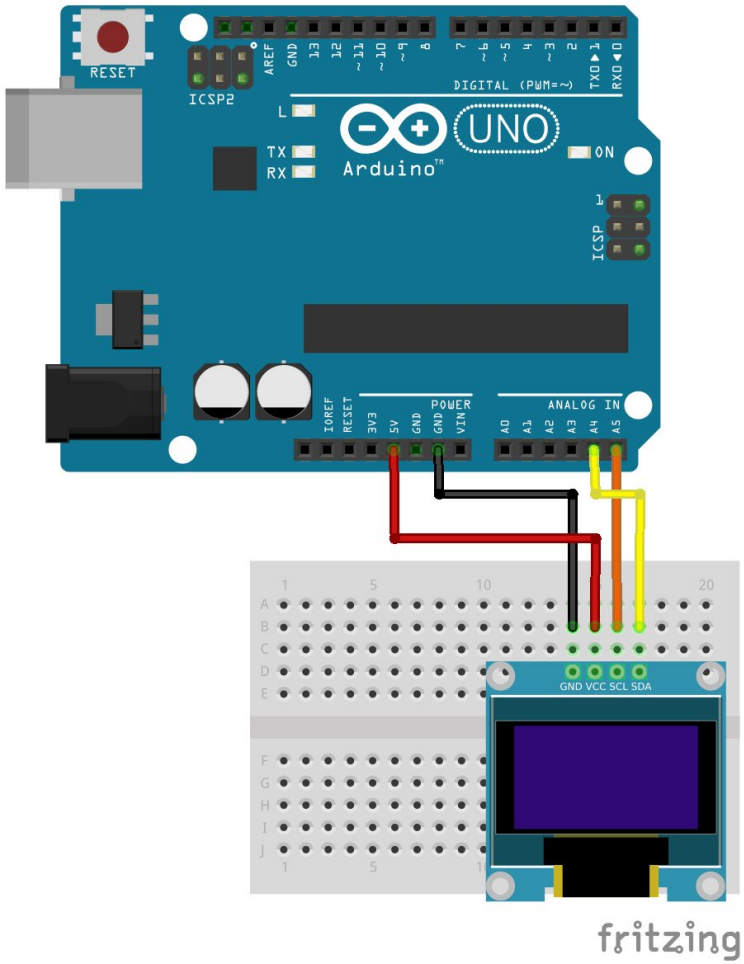
```
  else if (error==4)
    {
      Serial.print("Unknown error at address 0x");
      if (address<16)
        Serial.print("0");
      Serial.println(address,HEX);
    }
  }
  if (nDevices == 0)
    Serial.println("No I2C devices found\n");
  else
    Serial.println("done\n");

  delay(5000);           // wait 5 seconds for next scan
}
```

# OLED

- OLED (Organic Light Emitting Diodes) คือจอภาพที่มีลักษณะคล้ายแผ่นฟิล์ม
- มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่สามารถเปล่งแสงเองได้เมื่อได้รับพลังงานไฟฟ้า เรียกว่ากระบวนการอิเล็คโทรลูมิเนเซนส์ (Electroluminescence)
- ไม่ต้องพึ่งพาแสง Backlight และจะไม่มีการเปล่งแสดงในบริเวณที่เป็นภาพสีดำ ส่งผลให้สีดำนั้นดำสนิท
- มีความสว่างมากกว่า



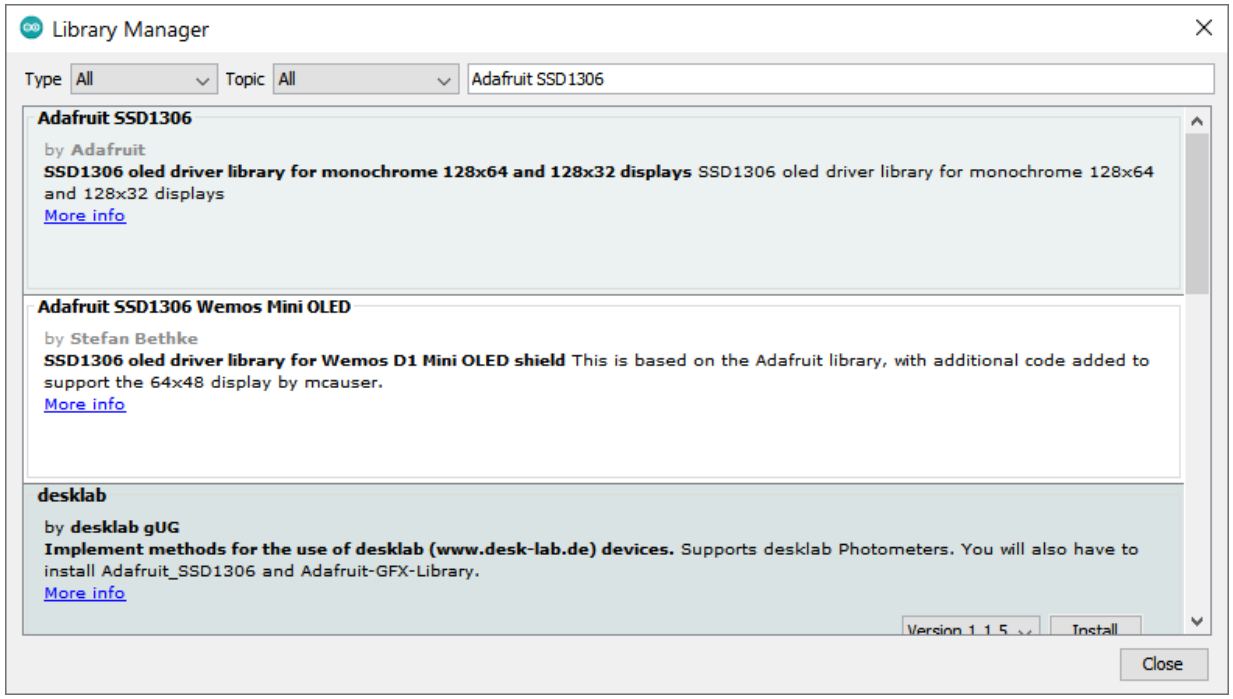
# การต่อ OLED กับ Arduino




| OLED | | Arduino |
|---|---|---|
| VCC | ⟷ | 3.3V,5V |
| SCL | ⟷ | A5 |
| SDA | ⟷ | A4 |
| GND | ⟷ | GND |

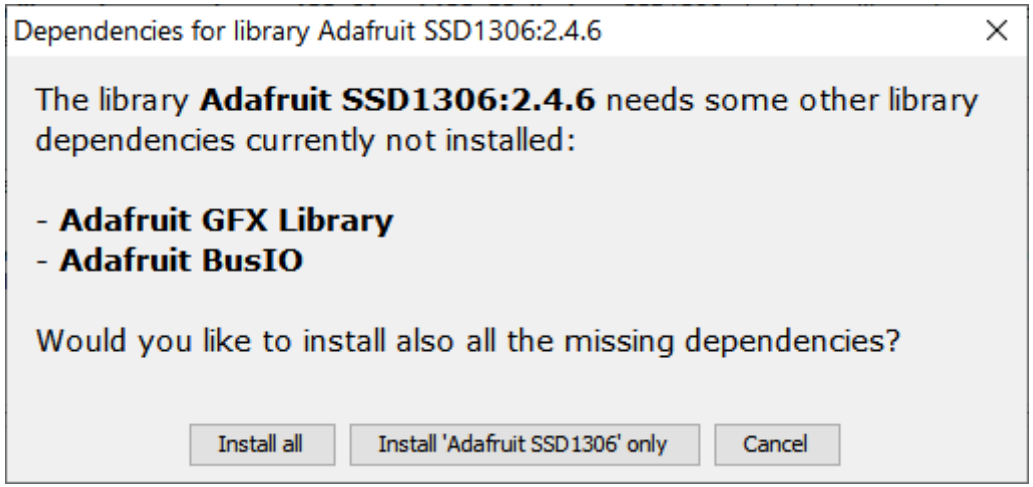
# OLED

- โมดูล OLED ที่ใช้มีขนาด 0.91 นิ้ว จำนวนจุดภาพ 128x32
- ต้องติดตั้ง Library
  - ไปที่ Sketch -> Include Library -> Manage Libraries
  - จะปรากฏหน้าต่าง Library Manager ให้ป้อน Adafruit SSD1306 แล้วเลือกติดตั้ง

# OLED

- ระบบจะแสดงหน้าต่าง ให้เลือก Install All



# Activity

- ให้ต่อวงจร OLED กับ Arduino
- หา Address ของ OLED

# การใช้งาน Class OLED

- OLED.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
  - กำหนดโมเดลของ OLED และ Address ของ OLED
- OLED.clearDisplay(); -> ล้างหน้าจอ
- OLED.setTextColor(WHITE); ->
  - กำหนดสีของตัวอักษร
- OLED.setCursor(15,0);
- OLED.setTextSize(2);
- OLED.println(“Hello");
- OLED.display();

# ตัวอย่างโปรแกรม

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#define OLED_RESET -1

Adafruit_SSD1306 OLED(OLED_RESET);

#if (SSD1306_LCDHEIGHT != 64)
#error("Height incorrect, please fix
Adafruit_SSD1306.h!");
#endif

void setup()
{
 Serial.begin(115200);
 OLED.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
}
```

```
void loop()
{
 OLED.clearDisplay();

 OLED.setTextColor(WHITE);
 OLED.setCursor(10,0);
 OLED.setTextSize(2);
 OLED.println("Hello");
 OLED.setCursor(10,15);
 OLED.println("World!");
 OLED.display();
}
```

# ฟังก์ชันอื่นๆ ใน Class OLED

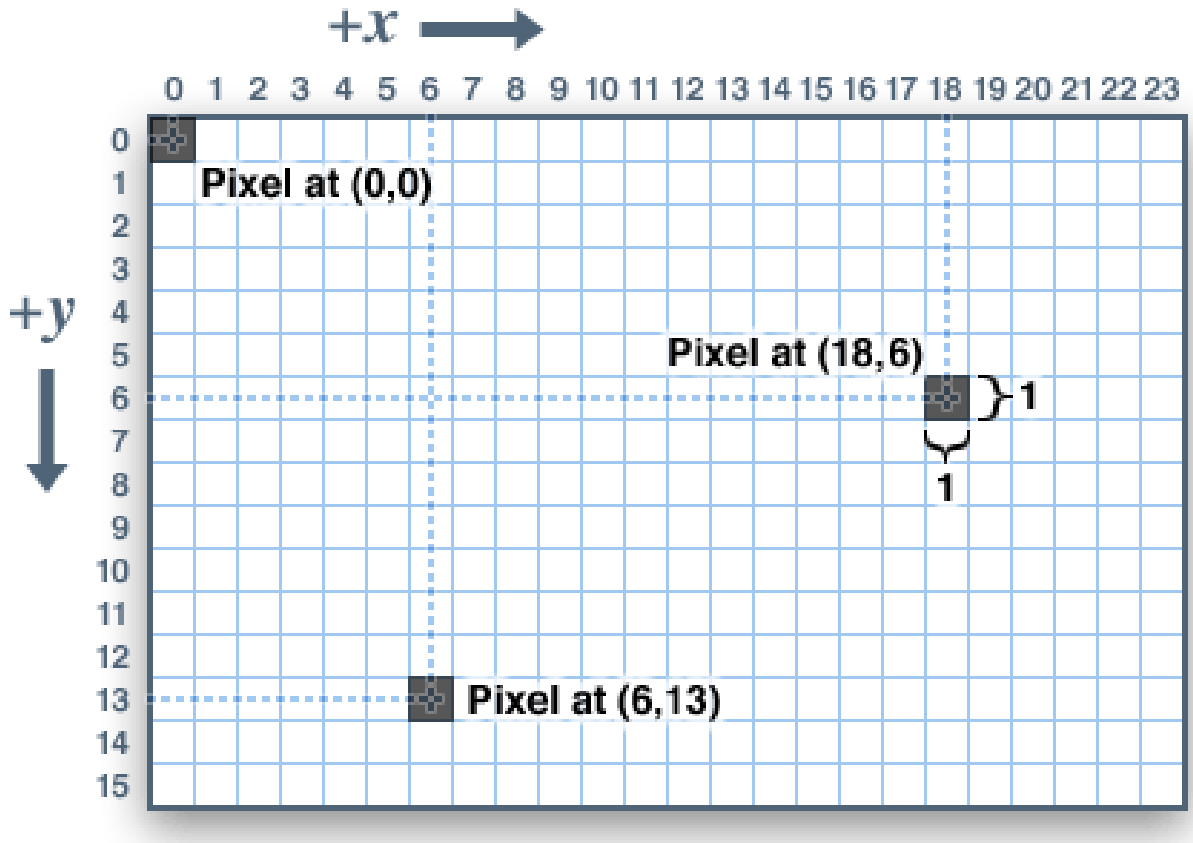
- `OLED.setRotation(rotation); //can be 0, 1, 2 or 3.`
- `OLED.dim(dim) // Dim = true, false`
- `OLED.setTextColor(color,background)`
- `OLED.startscrolldiagleft(start,stop)`
- `OLED.startscrolldiagright(start,stop)`
- `OLED.startscrollleft(start,stop)`
- `OLED.startscrollright(start,stop)`
- `OLED.stopscroll()`

# Activity

- ให้ทดลองใช้ Function ต่างๆ ของ OLED
- ให้โหลดไฟล์ File -> Examples -> Adafruit SSD1306->ssd1306_128x32_i2c
- ทดลองโหลดให้ทำงาน

# การใช้งานกราฟิกใน OLED

- การนับจุด



# การใช้งานกราฟิกใน OLED

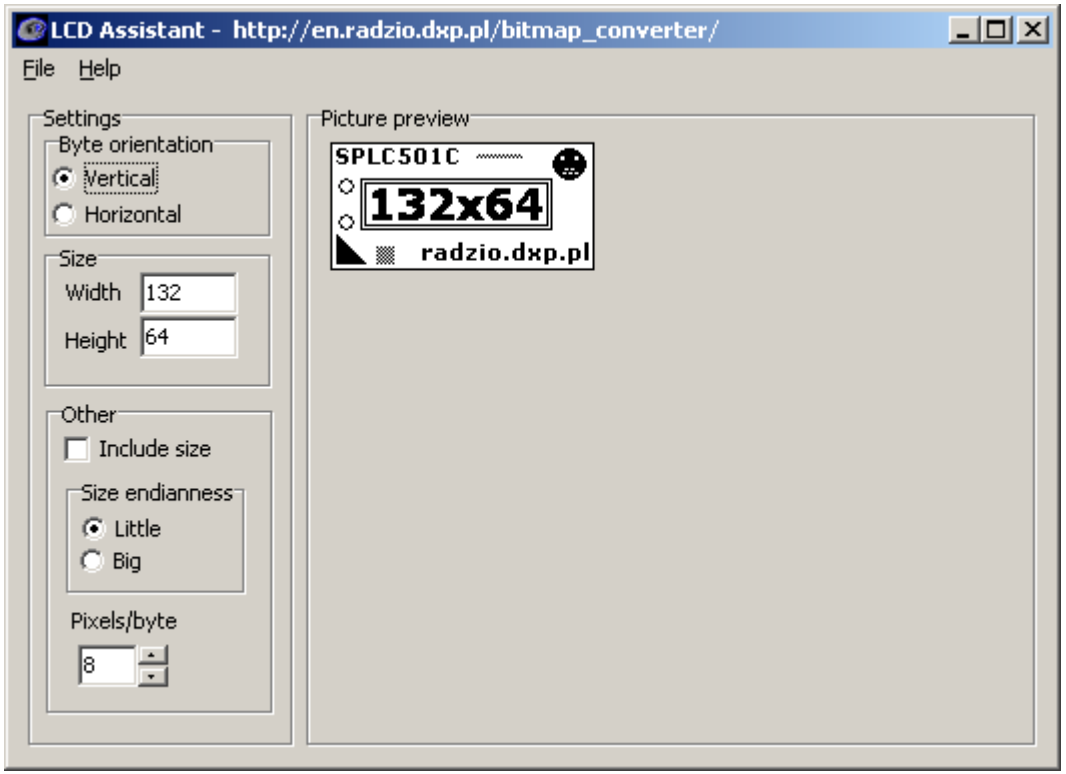
- คำสั่ง Plot จุด
  - OLED.drawPixel(x, y,color);
- คำสั่งลากเส้น
  - OLED.drawLine(x0,y0,x1,y1,color);
- คำสั่งวาดรูปสี่เหลี่ยม
  - OLED.drawRect(x0,y0, w,h,color);
  - OLED.fillRect(x0,y0, w,h,color);
- คำสั่งวาดรูปวงกลม
  - OLED.drawCircle(x0,y0,radius,color);
  - OLED.fillCircle(x0,y0,radius,color);
- คำสั่งวาดรูปสี่เหลี่ยมหัวมน
  - OLED.drawRoundRect(x0,y0,w,h,radius,color);
  - OLED. fillRoundRect(x0,y0,w,h,radius,color);
- คำสั่งวาดรูปสามเหลี่ยม
  - OLED.drawTriangle(x0,y0,x1,y1,x2,y2,color);

# Activity

- ให้เขียนโปรแกรมแสดงกราฟิกดังนี้
  - วาดรูปสี่เหลี่ยมใหญ่สุด จากนั้นหน่วงเวลา .25 วินาที และลดขนาดลงมาด้านละเท่าๆ กัน แล้ววาดใหม่จำนวน 5 รูป จะได้รูปสี่เหลี่ยมซ้อนกัน 5 รูป
  - วาดรูปสี่เหลี่ยมใหญ่สุด จากนั้นหน่วงเวลา .25 วินาที และลดขนาดลงมาด้านละเท่าๆ กัน ลบหน้าจอแล้ววาดใหม่จำนวน 5 รูป จะได้รูปสี่เหลี่ยมลดขนาดลง 5 รูป
  - ทำตามขั้นตอนข้างต้น แต่ให้เปลี่ยนเป็นวงกลม

# การ Upload ภาพกราฟิกเพื่อแสดงใน OLED

- ไปที่ http://en.radzio.dxp.pl/bitmap_converter/
- ดาวน์โหลดไฟล์ LCD_Assistance.zip



# การ Upload ภาพกราฟิกเพื่อแสดงใน OLED

- หารูปที่มีขนาดไม่เกิน 128x32 โดยเป็นแบบ BW
- เลือก File -> Load Image แล้วโหลดไฟล์เข้ามา
- เลือก File -> Save Output แล้วตั้งชื่อไฟล์อะไรก็ได้
- จากนั้นให้เปิดไฟล์ที่ Save จะได้ Array ของรูปภาพ
- ให้ copy array มาไว้ในโปรแกรมตามตัวอย่าง
- OLED.drawBitmap(40, 10,  images, 48, 48, WHITE);
  - พารามิเตอร์ 1,2 คือ ตำแหน่งเริ่มต้น
  - พารามิเตอร์ 4,5 คือ ขนาดกว้างและสูง โดยความกว้างจะต้องเป็นตัวเลขที่หารด้วย 8 ลงตัว
  - โดยหากจุดภาพทางขวาเป็นช่องว่างที่เกิน mod 8 โปรแกรม LCD_Assistance จะตัดจุดภาพออก แต่หากไม่เป็นช่องว่าง จะเติม 0 เข้าไป

# โปรแกรมแสดงภาพ

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define OLED_RESET -1 Adafruit_SSD1306 OLED(OLED_RESET);


#if (SSD1306_LCDHEIGHT != 64)
#error("Height incorrect, please fix Adafruit_SSD1306.h!");
#endif

static const unsigned char PROGMEM images[] =
{
};

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  OLED.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);  // initialize with the I2C addr 0x3C (for the 128x64)
  OLED.clearDisplay();

  // miniature bitmap display
  OLED.drawBitmap(40, 10,  images, 48, 48, WHITE);
  OLED.display();
}

void loop()
{

}
```

# Assignment #4 : game

- ให้สร้างเกม Pong บน LED Dot Matrix หรือ OLED
- ขนาด 16x8 (Dot) หรือ 64x32 (OLED) หรือ ตามความเหมาะสม
- ควบคุมโดยปุ่มสวิตซ์ หรือ R ปรับค่าได้
- จะทำแบบ Bar 1 ด้าน หรือ 2 ด้านก็ได้
- ให้มีเสียงประกอบด้วย
- กำหนดส่งหลังสอบกลางภาค
- คะแนน 10 คะแนน (ชิ้นงานหลัก)
- หากพบว่าลอกมาจากที่อื่น จะได้คะแนน 0


# For your attention