01076001
วิศวกรรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น
Introduction to Computer Engineering

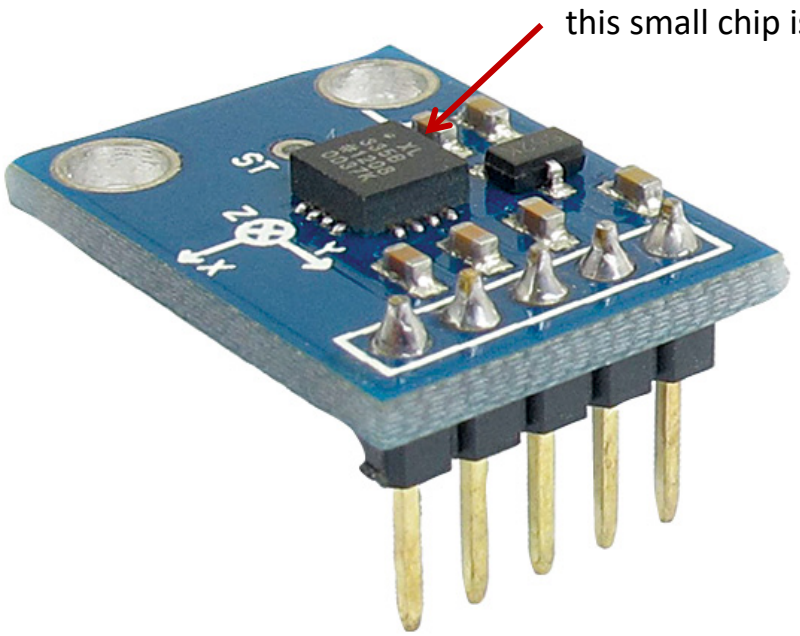
Arduino #7

Timer Interrupt, Low Level I/O

Accelerometer

ADXL 335

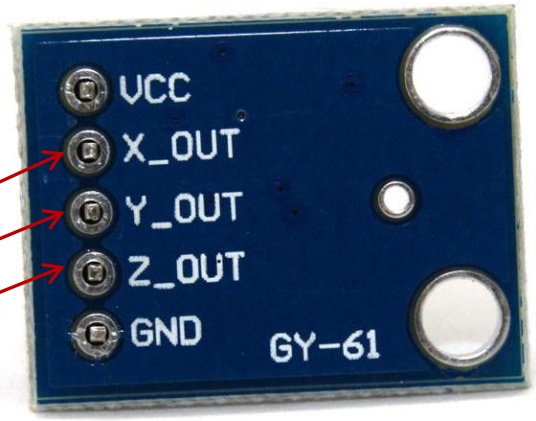
- ใช้ตัววัดความเร่ง เบอร์ ADXL335 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประเภท MEMS
- มีรูสำหรับยึดกับอุปกรณ์ที่ต้องการ
- สามารถวัดความเร่งได้ 3 แกน



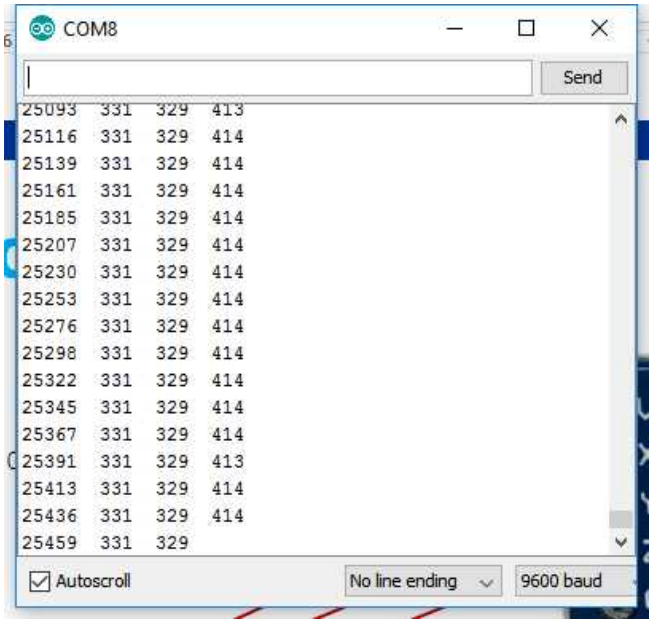
- COM - ground
- VSS - power (we will provide 5V)
- X - acceleration in x-direction
- Y - acceleration in y-direction
- Z - acceleration in z-direction

การใช้งาน Accelerometer

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  int xaccel = analogRead(A0);
  int yaccel = analogRead(A1);
  int zaccel = analogRead(A2);
  unsigned long timevar = millis();

  Serial.print(timevar);
  Serial.print("  ");
  Serial.print(xaccel);
  Serial.print("  ");
  Serial.print(yaccel);
  Serial.print("  ");
  Serial.println(zaccel);
}
```



associates a time with each set of accelerations

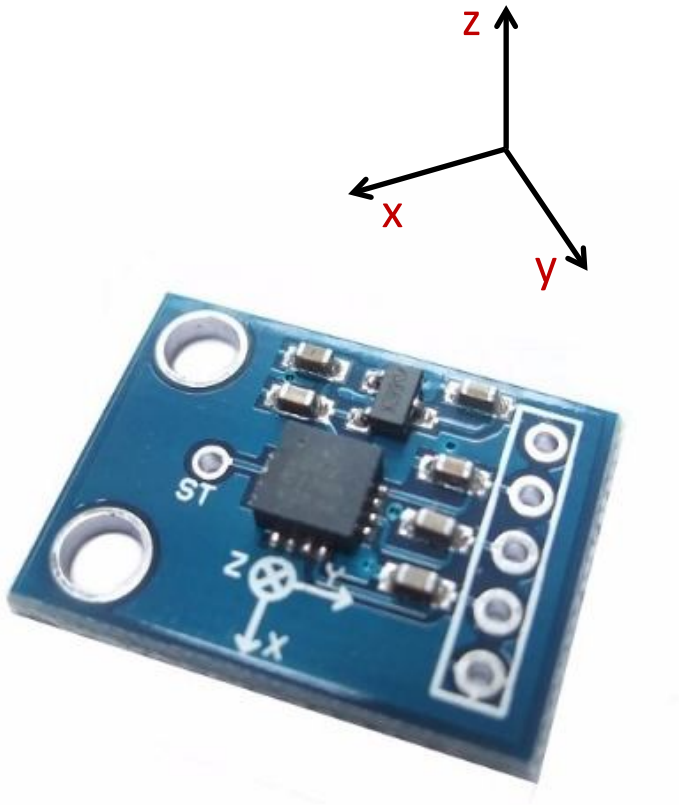


Activity ทดสอบ ADXL335

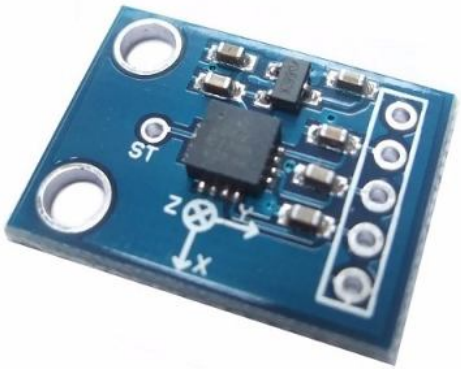
- ให้ใช้โปรแกรมจากหน้าที่แล้ว จากนั้นทดลองหมุนตามแกนต่างๆ ว่า ข้อมูลที่ส่งกลับมาใน Serial Monitor มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

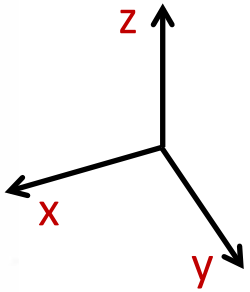
ADXL335 Calibration

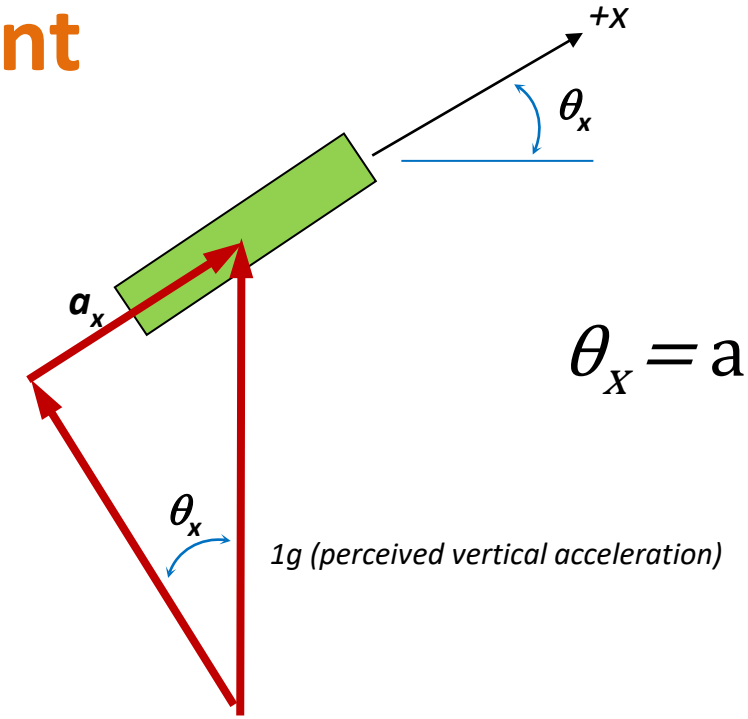
- เนื่องจากภายในเป็นกลไก ซึ่งการอ่านค่าแต่ละตัวอาจจะไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงต้อง Calibrate ก่อน เพื่อหาช่วงข้อมูล มิฉะนั้นเมื่อนำไปใช้จะอ่านข้อมูลผิด
- ค่า X เมื่อหันขึ้นด้านบน = 266
- ค่า X เมื่อหันด้านล่าง = 399
- ค่าความแตกต่าง = 399-266 = 133
- ค่าความเร่งเปลี่ยน = 2g
- ดังนั้นค่าความเร่งต่อ g = 133/2 = 66
- ค่าเมื่อวางในแนวราบ = 399-66 = 333



Angle Measurement







$$\theta_X = \text{asin}(a_x/g)$$

- สมมติว่า Arduino อ่านค่าได้ 333 เมื่อวาง accelerator ในแนวราบ และเปลี่ยนแปลง 66 ต่อ 1 g
- คำถาม : Arduino จะให้ output เท่าไร เมื่อวางบอร์ดเอียง 45 องศา?
  - ax = sin(45).g = 0.707g
  - = 333 + 0.707g * 66/g = 379

ADXL335 Buffering

- ในการรับข้อมูลแต่ละครั้ง อาจมีการกระโดดของค่า (เรียกว่า jitter) ดังนั้นควรมีการเฉลี่ยค่า เพื่อให้ข้อมูลมีความนิ่งมากขึ้น

```
const unsigned int X_AXIS_PIN = 2;
const unsigned int Y_AXIS_PIN = 1;
const unsigned int Z_AXIS_PIN = 0;
const unsigned int NUM_AXES = 3;
const unsigned int PINS[NUM_AXES] = {
 X_AXIS_PIN, Y_AXIS_PIN, Z_AXIS_PIN
};
const unsigned int BUFFER_SIZE = 16;
const unsigned int BAUD_RATE = 9600;
int buffer[NUM_AXES][BUFFER_SIZE];
int buffer_pos[NUM_AXES] = { 0 };

void setup() {    Serial.begin(BAUD_RATE); }

int get_axis(const int axis) {
  delay(1);
  buffer[axis][buffer_pos[axis]] = analogRead(PINS[axis]);
  buffer_pos[axis] = (buffer_pos[axis] + 1) % BUFFER_SIZE;
  long sum = 0;
  for (unsigned int i = 0; i < BUFFER_SIZE; i++)
    sum += buffer[axis][i];
  return round(sum / BUFFER_SIZE);
}
```

```
int get_x() { return get_axis(0); }
int get_y() { return get_axis(1); }
int get_z() { return get_axis(2); }
void loop() {
  Serial.print(get_x());
  Serial.print(" ");
  Serial.print(get_y());
  Serial.print(" ");
  Serial.println(get_z());
}
```

Activity ทดสอบ ADXL335

- ให้ใช้โปรแกรมจากหน้าที่แล้ว จากนั้นทดลองหมุนตามแกนต่างๆ ว่า ข้อมูลที่ส่งกลับมาใน Serial Monitor มีความนิ่งขึ้นหรือไม่

Memory

- ปกติจะแบ่งหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ออกเป็น ROM และ RAM
  - ROM (Read Only Memory) บางครั้งเรียกว่า Non-Volatile Memory เนื่องจากความจำจะไม่หายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง

EPROM

    - PROM = Programable Read Only Memory
    - EPROM = Erasable Programable Read Only Memory สามารถลบได้โดยใช้แสง Ultraviolet การโปรแกรมใหม่ต้องใช้วงจรพิเศษ
    - EEPROM = Electrically Erasable Programable Read Only Memory สามารถลบได้โดยใช้ไฟฟ้า การโปรแกรมจะใช้ Programmed In-circuit หน่วยความจำ Flash ก็อยู่ในกลุ่มนี้
  - RAM (Random Access Memory)
    - Static RAM มีความเร็วในการทำงานสูง แต่ความจุต่อพื้นที่ต่ำกว่า ทำให้มีราคาแพง
    - Dynamic RAM มีความเร็วในการทำงานต่ำกว่า แต่ความจุต่อพื้นที่สูงกว่า ทำให้มีราคาถูก

EEPROM

- ใน Arduino มี EEPROM ขนาด 1024 Kbit ซึ่งสามารถอ่านเขียนได้ใหม่ประมาณ 100,000 ครั้ง
- EEPROM จะอยู่คนละส่วนกับหน่วยความจำที่เป็น Bootloader และที่เก็บโปรแกรม
- คำสั่งที่ใช้
  - EEPROM.read(ADDR) อ่านค่า byte ที่เก็บไว้ใน address ที่ต้องการ โดย ADDR ใช้ได้ตั้งแต่ 0-1023
  - EEPROM.write(ADDR,value) เขียนค่า byte ที่เก็บไว้ใน address ที่ต้องการ โดย value มีค่าตั้งแต่ 0-255
  - EEPROM.update(ADDR,value) คล้ายกับ write แต่จะตรวจสอบก่อนว่าค่า value ต่างไปหรือไม่ ถ้าเหมือนเดิมก็จะไม่เขียน เพื่อเป็นการรักษารอบการใช้งานเอาไว้

EEPROM

```
#include <EEPROM.h>

const int buttonPin = 6;
const int ledPin = 13;

int ledState;
int buttonState;
int lastButtonState = LOW;
long debounceTime = 0;
long debounceDelay = 50;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  ledState = EEPROM.read(0);
  digitalWrite(ledPin, ledState);
}
```

```
void loop() {
  int reading = digitalRead(buttonPin);
  if(reading != lastButtonState){
    debounceTime = millis();
  }
  if((millis()- debounceTime) > debounceDelay){
    if(reading != buttonState){
      buttonState = reading;
      if(buttonState == LOW){
        ledState = !ledState;
      }
    }
  }
  digitalWrite(ledPin, ledState);
  EEPROM.update(0, ledState);
  lastButtonState = reading;
}
```

Activity

- ต่อสวิตซ์แบบ INPUT_PULLUP ที่ขา 6
- โหลดโปรแกรมในสไลด์ก่อนหน้านี้
- สังเกตว่า LED on board ที่ขา 13 ติดหรือไม่
- กดสวิตซ์ สังเกตว่า LED on board เปลี่ยนสถานะ
- ให้กด reset และสังเกตว่า LED on board คงสถานะเดิมหรือไม่

EEPROM

- กรณีที่ต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลหลายไบต์ จะใช้คำสั่ง put() และ get()
- ดูตัวอย่างได้จาก File -> Examples -> EEPROM -> eeprom_put และ File -> Examples -> EEPROM -> eeprom_get

EEPROM

```
#include <EEPROM.h>

struct MyObject {
  float field1;
  byte field2;
  char name[10];
};

void setup() {

  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
  }
  float f = 123.456f;  //Variable to store in EEPROM.
  int eeAddress = 0;   //Location we want the data to be put.
  EEPROM.put(eeAddress, f);
  Serial.println("Written float data type!");

  //Data to store.
  MyObject customVar = {
    3.14f,
    65,
    "Working!"
  };
  eeAddress += sizeof(float); //Move address to the next byte after float 'f'.
  EEPROM.put(eeAddress, customVar);
  Serial.print("Written custom data type! \n");
}
```

```
void loop() {
  /* Empty loop */
}
```

EEPROM

```
#include <EEPROM.h>

void setup() {

  float f = 0.00f;   //Variable to store data read from EEPROM.
  int eeAddress = 0; //EEPROM address to start reading from

  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
  }
  Serial.print("Read float from EEPROM: ");
  EEPROM.get(eeAddress, f);
  Serial.println(f, 3);
  secondTest(); //Run the next test.
}

struct MyObject {
  float field1;
  byte field2;
  char name[10];
};

void secondTest() {
  int eeAddress = sizeof(float); //Move address to the next byte after float 'f'.

  MyObject customVar; //Variable to store custom object read from EEPROM.
  EEPROM.get(eeAddress, customVar);
  Serial.println("Read custom object from EEPROM: ");
  Serial.println(customVar.field1);
  Serial.println(customVar.field2);
  Serial.println(customVar.name);
}
```

```
void loop() {
  /* Empty loop */
}
```

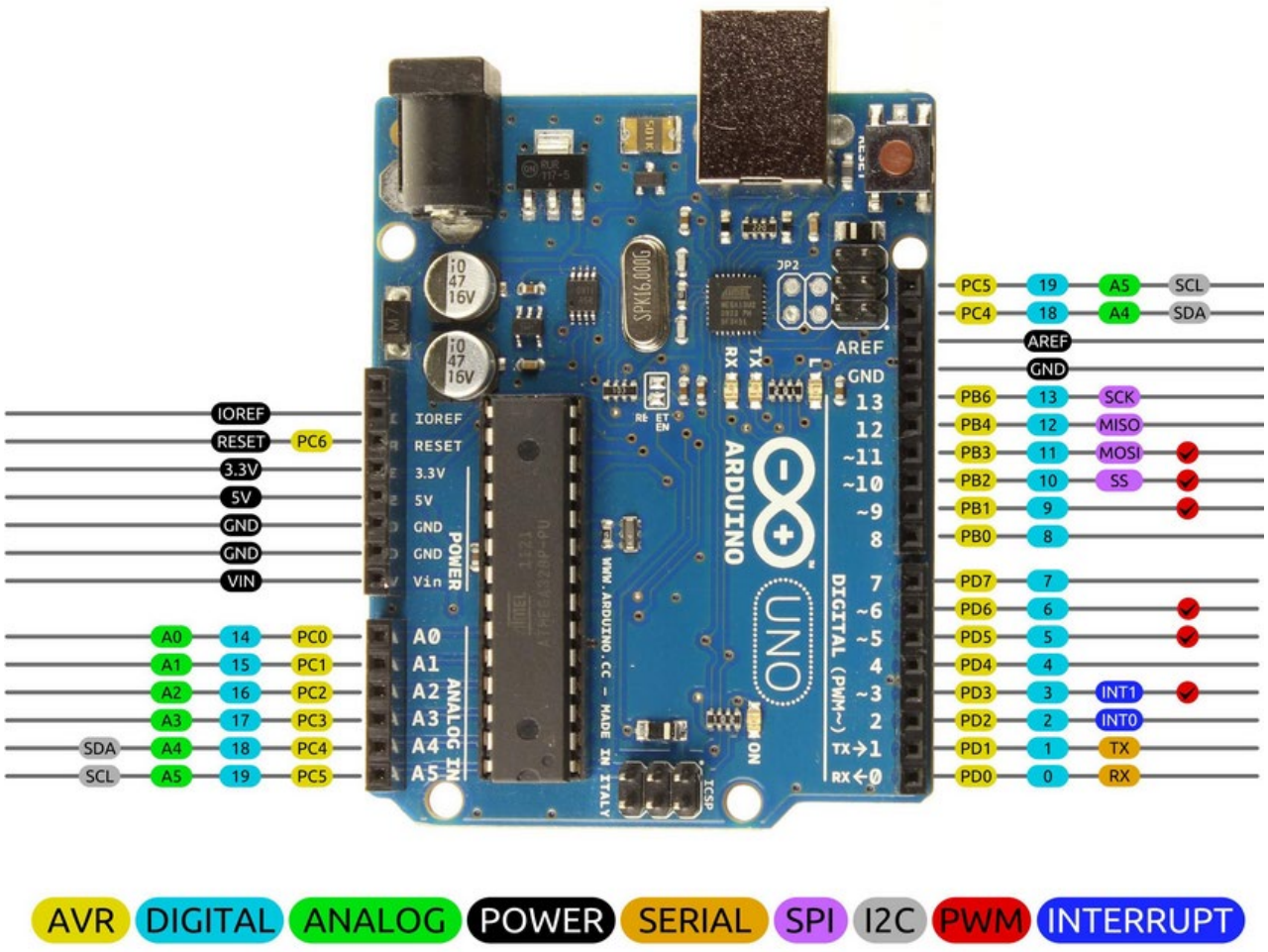
Activity

- โหลดโปรแกรมในสไลด์ที่ 14 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนค่าลง EEPROM
- โหลดโปรแกรมในสไลด์ที่ 15 แล้วสังเกตว่าโหลดค่าที่อ่านไว้ก่อนหน้านี้ได้หรือไม่

Low Level I/O

- นอกเหนือจากการใช้คำสั่ง digitalWrite และ digitalRead แล้ว เรายังสามารถใช้การทำงานในระดับ Low Level ในการสั่งงานแต่ละ pin ของ Arduino ได้
- ก่อนอื่นต้องทำความเข้าใจ
  - Port หมายถึงช่องทางเข้าออกของข้อมูล ปกติ 1 Port จะมีขนาด 8 บิต
  - Pin หมายถึงแต่ละบิตที่อยู่ใน Port แต่นำมาเรียกใหม่เป็น Pin เพื่อให้การเรียกใช้งานทำได้สะดวกกว่า เป็นมิตรกับผู้ใช้มากกว่า
  - จากรูปใน Slide ถัดไป จะเห็นว่า
    - A0-A6 ตรงกับ PC0-PC5
    - D0-D7 ตรงกับ PD0-PD7
    - D8-D13 ตรงกับ PB0-PB6

Low Level I/O


IOREF
RESET
3.3V
5V
GND
GND
VIN
A0
A1
A2
A3
SDA
SCL
PC6
14
15
16
17
18
19
PC0
PC1
PC2
PC3
PC4
PC5
POWER
ANALOG IN
ARDUINO
UNO
DIGITAL (PWM~)
AREF
GND
13
12
~11
~10
~9
8
7
~6
~5
4
~3
2
TX→1
RX←0
PC5
PC4
AREF
GND
PB6
PB4
PB3
PB2
PB1
PB0
PD7
PD6
PD5
PD4
PD3
PD2
PD1
PD0
SCK
MISO
MOSI
SS
INT1
INT0
TX
RX
AVR
DIGITAL
ANALOG
POWER
SERIAL
SPI
I2C
PWM
INTERRUPT

Low Level I/O

- ในการกำหนดให้ Pin ใด เป็น 0 หรือ 1 เราต้องใช้ Bit Level
- เช่นต้องการให้ Pin 13 มีค่าเป็น 1 จะใช้คำสั่ง

```
PORTB |= (1 << PORTB6);
```

- หรือต้องการให้ Pin 13 มีค่าเป็น 0 จะใช้คำสั่ง

```
PORTB &= ~(1 << PORTB6);
```

- นอกจากนั้นยังสามารถใช้ macro

```
PORTB |= _BV(PORTB6); // _BV(x) is the same as (1 << x)
```

Low Level I/O

- ในแต่ละ Port จะมี Register ที่กำกับจำนวน 3 ตัว เช่น Port B จะมี PORTB เก็บค่าที่ต้องการให้ออกเป็น Output, DDRB เก็บทิศทางของ Port ว่าเป็น Input หรือ Output (0=Input, 1=Output) และ PINB เก็บค่าที่อ่านเข้ามา

13.4.2 PORTB – The Port B Data Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x05 (0x25)	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	PORTB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

13.4.3 DDRB – The Port B Data Direction Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x04 (0x24)	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	DDRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

13.4.4 PINB – The Port B Input Pins Address

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x03 (0x23)	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	PINB
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Low Level I/O

- DDRx (Data Direction Register) เก็บทิศทางของ Port ว่าเป็น Input หรือ Output (0=Input, 1=Output)
- PORTx (Port Register)
  - ถ้า Pin เดียวกันใน DDR เป็น 0 : (Input) จะใช้กำหนดว่าจะใช้ Internal Pull-Up Register หรือไม่ (0 = ไม่ใช่, 1 = ใช้)
  - ถ้า Pin เดียวกันใน DDR เป็น 1 : (Output) : จะใช้ในการกำหนด Logic ของ Pin
- PINx เก็บค่าปัจจุบันของ Pin นั้นๆ เพื่อให้อ่านค่าออกไปได้

Low Level I/O

- ดังนั้นถ้าเราต้องการให้ Pin 13 กระพริบ สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้ (ให้สังเกตขนาดของ code ที่สร้าง)

```
int main()
{
  DDRB = B00100000;

  while(1) {
     PORTB = B00100000; // Turn on LED
     _delay_ms(1000);
     PORTB = B00000000; // Turn off LED
     _delay_ms(1000);
  }
}
```

Low Level I/O

- หรือหากจะเขียนให้ไม่กระทบกับ Pin อื่นๆ ก็เขียนได้ดังนี้

```
int main()
{
  DDRB |= (1 << 5);
  while(1) {
     PORTB |= (1 << 5);          // Turn on LED
     _delay_ms(1000);
     PORTB &= ~(1 << 5);         // Turn off LED
     _delay_ms(1000);
  }
}
```

Low Level I/O

- โดย Code ที่ทำงานในระดับ Low Level จะทำงานเร็วกว่า ซึ่งทดสอบโดยโปรแกรมนี้
- ผลลัพธ์

```
deltaT_libraries (uS) : 7548
deltaT_registers (uS) : 1320
```

- พบว่า Low Level เร็วกว่าประมาณ 5 เท่า

```
void loop(){
  time1 = micros();
  while(i<N) {
    digitalWrite(13,HIGH);
    digitalWrite(13,LOW);
    i++;
  }
  time2 = micros();
  i= 0;
  time3 = micros();
  while(i<N) {
    PORTB = B00100000;
    PORTB = B00000000;
    i++;
  }
  time4 = micros();
  deltaT_libraries = time2-time1;
  deltaT_registers = time4-time3;
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("deltaT_libraries (uS) : ");
  Serial.println(deltaT_libraries);
  Serial.print("deltaT_registers (uS) : ");
  Serial.println(deltaT_registers);
  while(1){}
}
```

Low Level I/O

- หากต้องการอ่านค่าจาก Pin 2

```
byte input;
void setup(){
  DDRD = DDRD & 0b11111011; // Input pin 2
  PORTB |= 0b00000100;      // Internal Pullup on pin 2

  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  input = PIND & 0b00000100;  // if pin 2 == 0 input = 0b00000000
                              // else input = 0b00000100

  Serial.println(input);
  delay(500);
}
```

Activity

- ทดลองเขียนโปรแกรม Low Level โดยต่อ Switch ที่ขา 2
- กด Switch ให้ LED ขา 13 ติด

Timer/Counter

- ปกติใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ มักจะมีการสร้าง Hardware สำหรับทำงานกับเรื่องของเวลา เช่น ใช้นับเวลาในคำสั่ง millis() หรือ delay() จะเรียก Hardware นี้ว่า Timer หรือ Counter
- ใน ATmega328 ซึ่งเป็นไมโครโพรเซสเซอร์ของ Arduino จะมี Timer อยู่ 3 ตัว คือ Timer0, Timer1 และ Timer 2 โดยมีขนาด 8,16 และ 8 บิตตามลำดับ
- Timer0 มีขนาด 8 บิตจึงนับข้อมูลได้เพียง 255 ใน Arduino จะใช้ Timer0 กับคำสั่ง delay() และ millis()
- Timer0 มีขนาด 8 บิตเช่นกัน โดย Arduino จะใช้กับคำสั่ง Tone และ noTone
- Timer1 มีขนาด 16 บิต จึงสามารถนับค่าได้มากถึง 65,535

Timer Interrupt

- นอกจาก Interrupt จะเกิดจาก Hardware แล้ว ในระบบคอมพิวเตอร์มักจะมีการสร้าง Interrupt ที่เป็น Software ขึ้นมาด้วย โดยอาศัยการทำงานของ Timer โดยสามารถกำหนดให้มี Interrupt เกิดขึ้นเมื่อ Counter ทำงานแบบ Count Down จนเหลือ 0
- อาจเรียกว่า Timer Interrupt
- Timer ที่เราจะใช้ คือ Timer1 ซึ่งมี 16 บิต ดังนั้นจะนับได้ 65535 โดย Input ของ Timer คือ สัญญาณ Clock ของระบบ (16 MHz) แต่เนื่องจากมีความถี่มากเกินไป ระบบจึงกำหนดให้มีตัวหาร (Prescaler) โดยเลือกได้ 5 ค่า คือ 1, 8, 64, 256, 1024 ซึ่งในระบบของเราจะเลือกตัวหาร 256

Timer Interrupt

- จากความถี่ 16 MHz เมื่อนำไปหาร 256 จะได้ 16,000,000 / 256 = 62500 แปลว่าใน 1 วินาทีจะมีสัญญาณมาที่ Timer = 62500 ครั้ง
- เมื่อได้รับ 1 clock ตัว Timer จะเพิ่มค่า 1 เมื่อค่าเพิ่มขึ้นเป็น 65535 และได้รับ clock ต่อไป Timer จะรีเซ็ทกลับเป็นค่า 0 และเกิด Interrupt ซึ่งเราสามารถนำเอา Interrupt ไปใช้งานได้
- นอกจากจะกำหนดตัวหารแล้ว Timer ยังอนุญาตให้เรากำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับการนับได้อีกด้วย
- เนื่องจากเราต้องการให้ Interrupt ทุกๆ 1 วินาที เพื่อใช้เป็นตัวนับวินาที เราก็จะต้องกำหนดค่าเริ่มต้น โดยเอา 65535-62500+1 = 3036 ซึ่งจะใช้เป็นค่าเริ่มต้น เมื่อมี clock เข้ามาครบ 62500 ก็จะเป็นเวลา 1 วินาทีพอดี

```
#define ledPin 13
int timer1_counter;
int t1=0;
void setup()
{
   Serial.begin(9600);
   pinMode(ledPin, OUTPUT);

   // initialize timer1
   noInterrupts();           // disable all interrupts
   TCCR1A = 0;
   TCCR1B = 0;

   timer1_counter = 3036;   // preload timer 65536-16MHz/256/1Hz

   TCNT1 = timer1_counter;   // preload timer
   TCCR1B |= (1 << CS12);    // 256 prescaler
   TIMSK1 |= (1 << TOIE1);   // enable timer overflow interrupt
   interrupts();             // enable all interrupts
}

ISR(TIMER1_OVF_vect)        // interrupt service routine
{
   TCNT1 = timer1_counter;   // preload timer
   digitalWrite(ledPin, digitalRead(ledPin) ^ 1);
   Serial.println(t1++);
}

void loop()
{
  // your program here...
}
```

Activity

- ให้โหลดโปรแกรมข้างต้นแล้วทดลองทำงาน พร้อมทั้งทำความเข้าใจกับโปรแกรม
- ข้อแนะนำในการเขียน ISR
  - ให้โปรแกรม ISR สั้นเข้าไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการ Interrupt ซ้ำ
  - อย่าใช้ delay เพราะอาจเกิดการ Interrupt ซ้ำ

TimerOne Library

- เป็นอีกวิธีในการใช้ Timer1 แต่เป็นการใช้ Library
- ให้ Download Library TimerOne
- ให้ไปที่ File -> Preferences
- Copy ตำแหน่งของ File Sketchbook Location
- เปิด Explorer และไปที่ Libraries แล้ว copy Library ลงไป

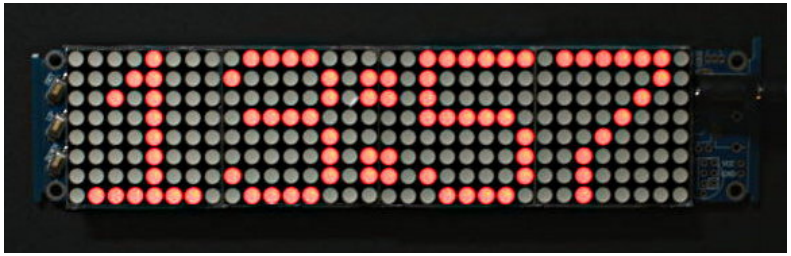
TimerOne Library

```
#include <TimerOne.h>
String LEDStatus = "OFF";
int yellowLED = 8;
int redLED = 9;

void setup()
{
// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards
  pinMode(yellowLED, OUTPUT);
  pinMode(redLED, OUTPUT);

  Timer1.initialize(500000); // 0.5 s
  Timer1.attachInterrupt( blinkYellow );
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  digitalWrite(redLED, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(redLED, LOW);
  delay(1000);
}
```

```
void blinkYellow()
{
  if (LEDStatus == "ON") {
    digitalWrite(yellowLED, LOW);
    LEDStatus = "OFF";
    return;
  }
  if (LEDStatus == "OFF") {
    digitalWrite(yellowLED, HIGH);
    LEDStatus = "ON";
    return;
  }
}
```

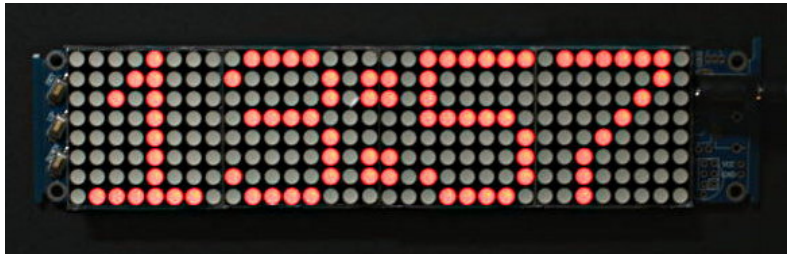
Assignment #7 : mini clock

- ให้ใช้แผง LED Dot Matrix หรือ OLED ทำเป็นนาฬิกาดิจิตอล สำหรับความสามารถอื่นให้นักศึกษากำหนดเอง เช่นตั้งปลุก โดยต้องใช้อุปกรณ์ประกอบ 1 ตัว เช่น ADXL335 (หากกลับข้างให้กลับการแสดงผล) หรือ LDR (หรี่แสง)
- ต้องสามารถตั้งเวลาได้ โดยใช้ Volume หรือ Switch ต้องมีปุ่มสำหรับ Save เวลาลง EEPROM เพื่อเปิดใหม่จะได้เวลาเดิม (ห้ามเขียนตลอดเวลา เพราะจะทำให้หน่วยความจำเสีย)



Assignment #7 : mini clock

- การส่งงาน
  - ตรวจโดย Staff
  - รายงาน ประกอบด้วย 1) แนวคิดการออกแบบ (Conceptual Design) 2) การใช้งานโดยย่อ 3) โปรแกรมและการอธิบายโปรแกรมโดยย่อ (อธิบายในระดับฟังก์ชัน)
  - คะแนน 10 คะแนน (โครงงานหลัก) เกณฑ์การให้คะแนน 1) ฟังก์ชันการใช้งาน 2) ลูกเล่น 3) ความละเอียดครบถ้วนของรายงาน 4) Code



For your attention