

## Embedded Systems Laboratory

- Lap6:
- มีความรู้ความเข้าใจในรายละเอียดของ I2C ของ ESP32
  - การโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานโดยใช้ I2C
  - การโปรแกรมประยุกต์ในการใช้งาน I2C ของ ESP32

### อุปกรณ์ Lab6

1. ชุดอุปกรณ์ Embedded System 1 ชุด
2. Laptop หรือ Notebook 1 เครื่อง (Window/Mac/Linux ในการสอนจะใช้ Window เป็น OS)

### 6.1 ข้อมูลเบื้องต้น I2C ของ ESP32

จงตอบคำถามเกี่ยวกับ I2C ให้ครบถ้วนสมบูรณ์

คำถาม	คำตอบ
I2C คือ?	โปรโตคอลในการสื่อสารชนิดหนึ่ง
ESP32 มี I2C จำนวนเท่าใด? และผู้ใช้สามารถใช้ได้จำนวนเท่าใด?	2 ช่อง สามารถใช้ได้ช่องเดียว
ลักษณะการรับส่งข้อมูล I2C เป็นแบบใด? (Half/Full Duplex)	half duplex
ความเร็วของ I2C มีกี่ระดับ? ประกอบด้วยความเร็วเท่าใดบ้าง?	3 ระดับ 100kbit/s (standard), 400kbit/s (fast), 3.4Mbit/s (high speed)
การ Address อุปกรณ์ใน I2C มีขนาดกี่บิตบ้าง? และโดยทั่วไปใช้ขนาดกี่บิต?	7 กับ 10 bit โดยทั่วไปใช้ 7 bit
จำนวนอุปกรณ์ของ I2C มากที่สุดได้เท่าใด ในการ Address ปกติ?	127

จงตอบคำถามทั่วไปสำหรับ PIN I2C ของ Node32Lite

I2C	PIN?	GPIO?	รายละเอียดการทำงาน
SDA	33	GPIO21	serial data
SCK/SCL	36	GPIO22	serial clock

จงอธิบายการทำงาน Function I2C ที่ใช้กับ Lib I2C ใน ArduinoIDE

Function	คำตอบ
Wire.begin()	กำหนดค่าเริ่มต้นในการใช้อุปกรณ์
Wire.beginTransmission()	เริ่มต้นการติดต่อสื่อสาร
Wire.endTransmission()	หยุดการติดต่อสื่อสาร

จงอธิบายการทำงาน Function I2C ที่ใช้กับ Lib I2C ใน ArduinoIDE (ต่อ)

Function	คำตอบ
Wire.write()	ส่งข้อมูลออกไปใน bus I2C
Wire.requestFrom()	รับข้อมูลเข้ามา (slave)
Wire.available()	ตรวจสอบว่ามีข้อมูลเข้ามาหรือไม่
Wire.read()	อ่านข้อมูลเข้ามา

## 6.2 ข้อมูลเบื้องต้นของ MCP23017

จงค้นหาและหาคำตอบ เพื่อจะเข้าใจการทำงานของ IC MCP23017


จงอธิบายรายละเอียดของแต่ละ PIN		
PIN	Symbol	Function
1-8	GPB0-7	GPIO port B pin0-7
9	VDD	ไฟเลี้ยง
10	VSS	ground
12	SCL	Serial Clock
13	SDA	Serial data
15-17	A0-2	Address
18	RESET	Reset IC
19-20	INTA,B	Interrupt port A,B
21-28	GPA0-7	GPIO port A pin0-7

คำถาม	คำตอบ
IC ชนิดนี้ มีหน้าที่? นิยมนำไปใช้ทำอะไร?	ขยาย port และ pin นิยมนำไปเพิ่มขนาด GPIO ของระบบ
MCP23017 สามารถใช้งานที่ความเร็วเท่าใดบ้าง?	100k, 400k, 1.7MHz
ในเครือข่าย I2C ของ MCP23017 สามารถนำ MCP23017 มาต่อในวงได้สูงสุดกี่ตัว?	8 ตัว
จงระบุ Address ทั้งหมดที่เป็นไปได้ของ MCP23017 ในกล่องคำตอบ	0100 000, 0100 001, 0100 010, 0100 011, 0100 100, 0100 101, 0100 110, 0100 111
เมื่อ MCP23017 เกิด Reset PortA และ PortB เป็น Input/Output?	Input
Register ไตเป็น Register กำหนด Input/Output ของ PortA และอยู่ที่ Address ตำแหน่งใด?	IODIRA 0x00
Register ไตเป็น Register กำหนดสถานะ High/Low ของ PortB และอยู่ที่ Address ตำแหน่งใด?	GPIOB 0x13

### 6.3 ข้อมูลเบื้องต้นของ 128 x 32 Graphic OLED 0.91"

จงค้นหาและหาคำตอบ เพื่อจะเข้าใจการทำงานของ 128 x 32 Graphic OLED

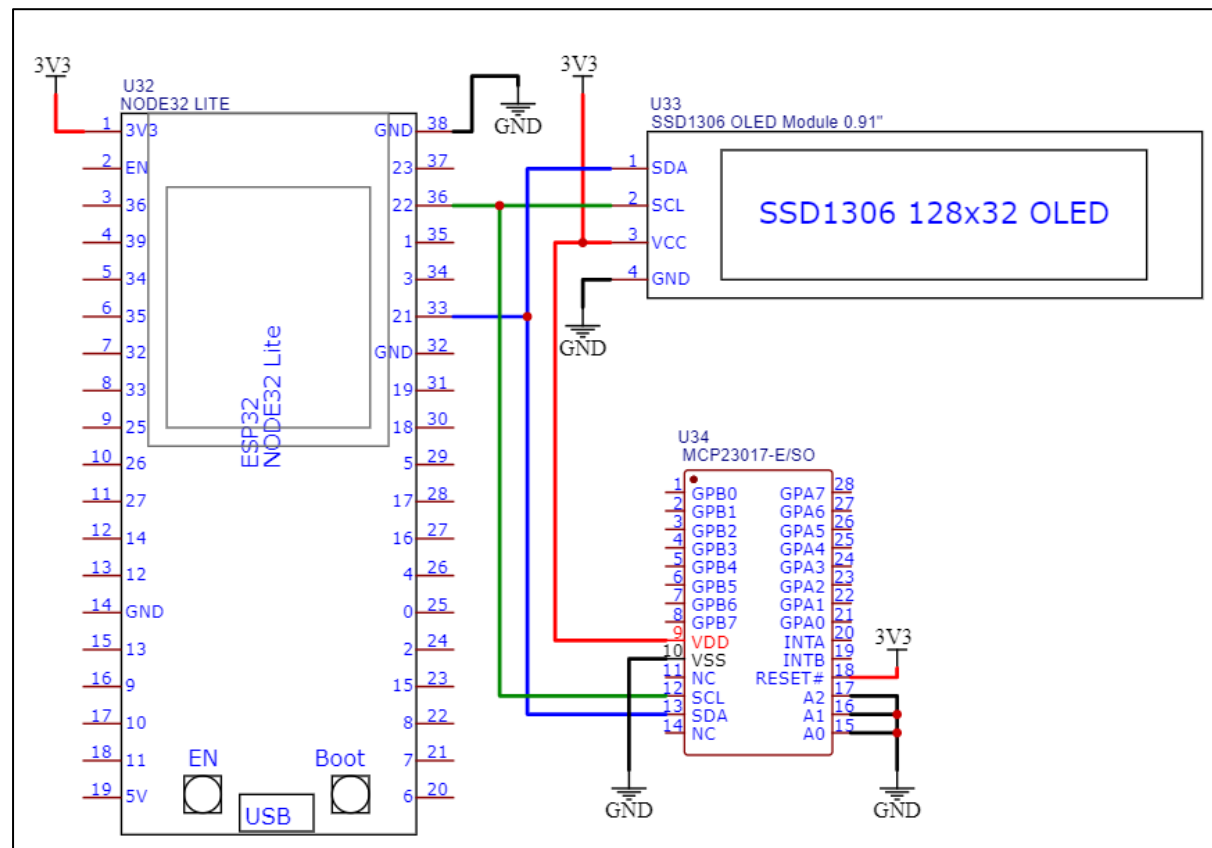
		จงอธิบายรายละเอียดของแต่ละ PIN	
PIN	Symbol	Function	
1	SDA	Serial data	
2	SCL	Serial clock	
3	VCC	ไฟเลี้ยง	
4	GND	ground	

คำถาม	คำตอบ
Module ชนิดนี้ มีหน้าที่?	แสดงผลข้อมูล
มีขนาด pixel ยาว x กว้าง เท่าใด?	128 x 32 pixel
ช่วงแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานเท่าใด?	3.3 V
ค่า Address ของ Module คือ?	0x3c

### 6.4 ทดสอบอุปกรณ์ในวงเครือข่าย I2C (I2C Scan)

วงจรทดสอบ นำ ESP32 ต่อวงจรร่วมกับ MCP23017 และ OLED ดังรูป



ทดสอบการเชื่อมต่อด้วย I2C จากโค้ดตัวอย่างด้านล่าง

```
#include <Wire.h>
void setup(){
  Wire.begin();
  Serial.begin(115200);
  while (!Serial);
  Serial.println("\nI2C Scanner");
}
void loop(){
  byte error, address;
  int nDevices;
  Serial.println("Scanning...");
  nDevices = 0;
  for (address = 1; address < 127; 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++;
    }
    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
}
```

ผลลัพธ์ที่ได้จาก Serial Monitor

```
Scanning...
I2C device found at address 0x20 !
I2C device found at address 0x3C !
done
```

Address ของ OLED คือ 0x3c  
Address ของ MCP23017 คือ 0x20

ให้ทดลองเปลี่ยน PIN 15,16,17 ของ MCP23017 จากต่อ GND เปลี่ยนเป็น ต่อ 3.3V และทดลองใหม่อีกครั้ง  
ผลลัพธ์ที่ได้จาก Serial Monitor จากการเปลี่ยน PIN 15,16,17 ของ MCP23017

```
Scanning...
I2C device found at address 0x27 !
I2C device found at address 0x3C !
done
```

Address ของ OLED คือ 0x3c  
Address ของ MCP23017 คือ 0x27

## 6.5 Start 128 x 32 Graphic OLED 0.91"

การทำงานของ Firmware นี้ให้หน้าจอให้ขึ้นชื่อ-นามสกุล ของตนเองบน OLED

ขั้นตอน ติดตั้ง Library I2C ดังนี้ (ค้นหาและติดตั้งโดย ArduinoIDE )

1. Adafruit\_GFX.h

2. Adafruit\_SSD1306.h

ให้เขียนโปรแกรมทดสอบ (ตัวอย่างการใช้งาน Example ของ Lib ใน ArduinoIDE ได้ หรือ [https://github.com/adafruit/Adafruit\\_SSD1306](https://github.com/adafruit/Adafruit_SSD1306))

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

```
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 32
```

```
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire);
```

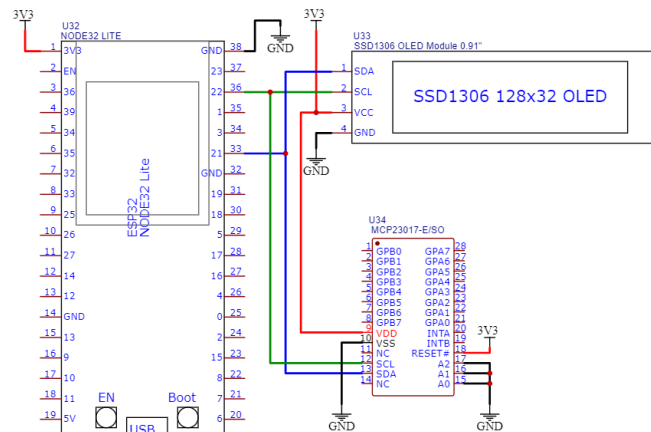
```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3c)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
  }
  display.display();
  delay(2000);
  display.clearDisplay();
  // Test Draw Char
  display.setTextSize( 2 );
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor( 0, 0 );
  display.println(F(" Kitsanapong "));
  display.setCursor( 24, 16 );
  display.println(F(" Pengboon "));
  display.display();
  delay(2000);
}

void loop() {
}
```

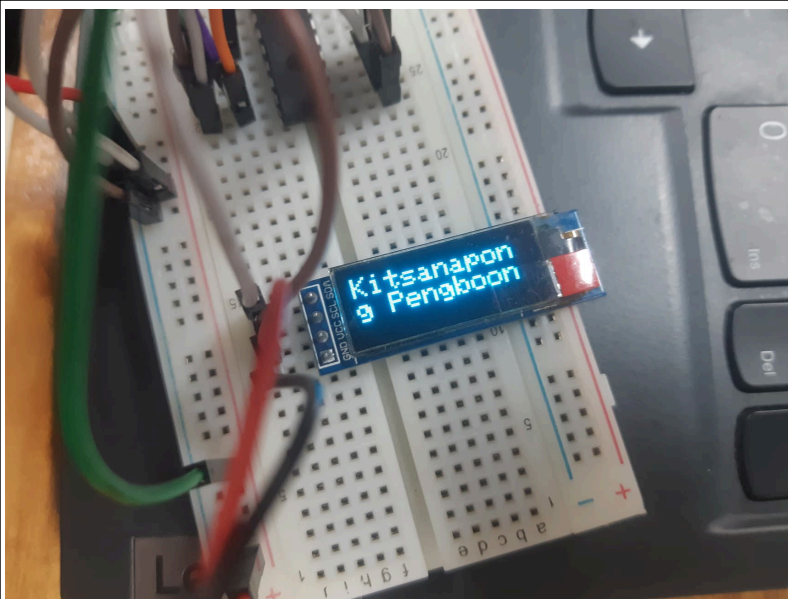
ตัวอย่างผลลัพธ์



แผนผังวงจรไฟฟ้าวงจรทดสอบ

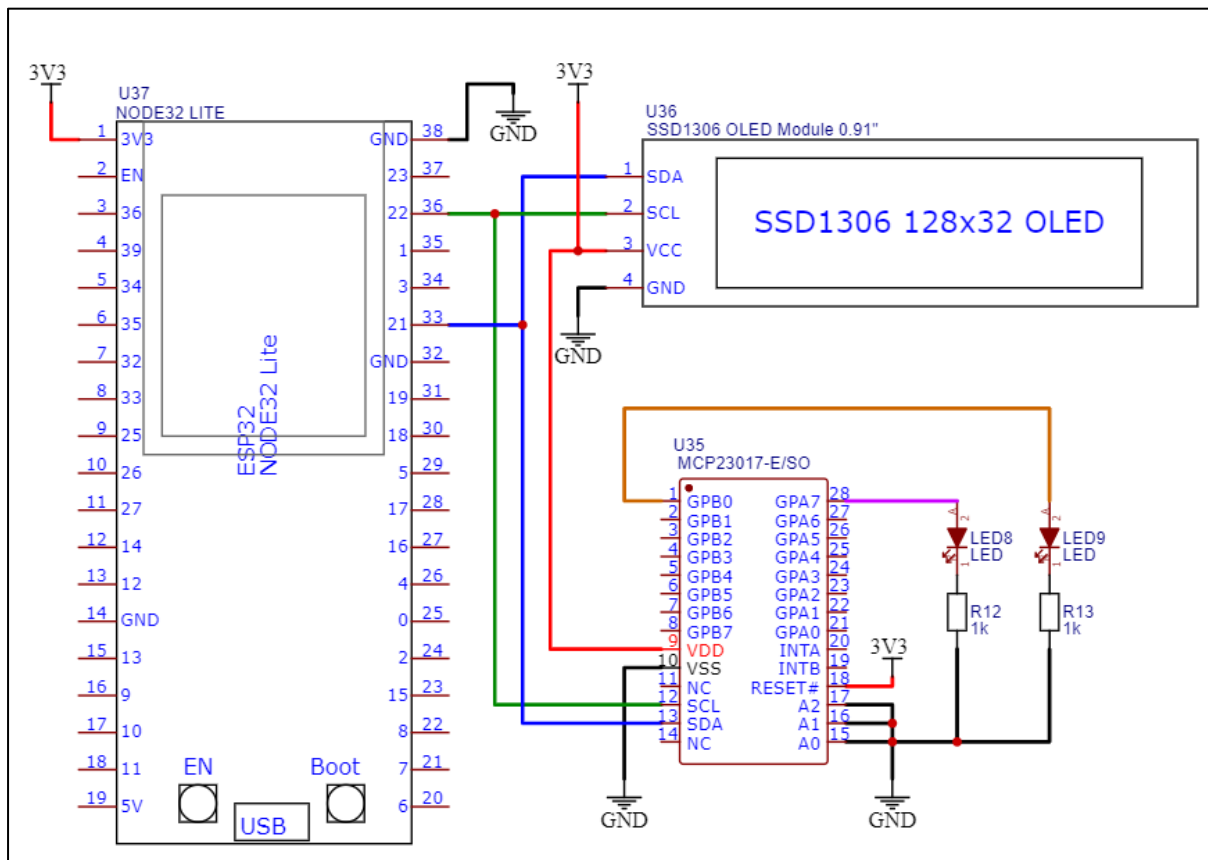


ถ่ายรูปผลลัพธ์ของหน้าจอ นำมาใส่ในกล่องคำตอบด้านล่าง



## 6.6 Start MCP23017

วงจรทดสอบ นำ ESP32 ต่อวงจรร่วมกับ MCP23017 และ OLED ดังรูป



การทำงานของ Firmware ของโจทย์ข้อนี้ รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เมื่อเริ่มทำงาน หน้าจอแสดงข้อความ ESP32 I2C MCP23017 ติดค้างไว้
2. ไฟ LED8 และ LED9 ติดดับสลับกัน 1000ms (LED8 ติด LED9 ดับ, LED9 ติด LED8 ดับ)
3. การติดดับของ LED8 และ LED9 มีการแสดงผลบนหน้าจอ OLED
4. การทำงานของ Firmware ให้นำเอา millis() มาใช้การกำหนดเวลาทำงานทดแทน Timer Interrupt

ตัวอย่างการใช้ millis() ทำให้ LED On-Board (Gpio2) กระพริบติดดับทุกๆ 500ms

```
unsigned int timePeriod = 500; // ตั้งค่าเวลาที่ต้องการทำงานทุกๆ คาบเวลาเท่าใด หน่วย ms
unsigned long last_time = 0; // ตัวแปรเป็น global เก็บค่าเวลาสุดท้ายเพื่อคำนวณการทำงานอีกครั้ง
bool stateToggle = true;
void setup() {
  pinMode(2, OUTPUT);
}
void loop() {
  if ( millis() - last_time > timePeriod) {
    last_time = millis();
    digitalWrite(2, stateToggle ? LOW : HIGH);
    stateToggle = !stateToggle;
  }
}
```

**ข้อควรระวัง** การใช้งาน Timer Interrupt กับ I2C ยังมีข้อจำกัดใน ArduinoIDE การทำงานยังไม่สมบูรณ์

ตัวอย่าง Function ในการควบคุมการทำงานของ MCP23017

```
void setDirectionOutputPortA(){
    Wire.beginTransmission(0x20);    // เริ่มต้น I2C ไปยัง Slave Address 0x20
    Wire.write(0x00); // ต้องการส่งข้อมูล 0x00 ไปยัง Slave byte1 (0x00 = IODIRA ตั้งค่า Input/Output)
    Wire.write(0x00); // ต้องการส่งข้อมูล 0x00 ไปยัง Slave byte2 (0x00 ตั้งค่าทุก Port เป็น Output)
    Wire.endTransmission(); // สิ้นสุดการส่งข้อมูล
}

void outPortA(){
    Wire.beginTransmission(0x20);    // เริ่มต้น I2C ไปยัง Slave Address 0x20
    Wire.write(0x12); // ต้องการส่งข้อมูล 0x12 ไปยัง Slave byte1 (0x12 = PortA ตั้งค่า HIGH/LOW)
    Wire.write(0x01); // ต้องการส่งข้อมูล 0x01 ไปยัง Slave byte2 (0x01 บิต1 เป็น HIGH -> GPA0 HIGH)
    Wire.endTransmission(); // สิ้นสุดการส่งข้อมูล
}

void outLatchA(){
    Wire.beginTransmission(0x20);    // เริ่มต้น I2C ไปยัง Slave Address 0x20
    Wire.write(0x14); // ต้องการส่งข้อมูล 0x14 ไปยัง Slave byte1 (0x12 = LatchA ตั้งค่า HIGH/LOW)
    Wire.write(0x01); // ต้องการส่งข้อมูล 0x01 ไปยัง Slave byte2 (0x01 บิต1 เป็น HIGH -> GPA0 HIGH)
    Wire.endTransmission(); // สิ้นสุดการส่งข้อมูล
}
```

เขียนโปรแกรมลงในกล่องคำตอบด้านล่าง และถ่ายวิดีโอผลลัพธ์ของจอทนี่ Upload ไฟล์ตามหมู่เรียน

ในกรณีตัวหน้ากระดาษไม่พอให้เพิ่มหน้าแทรกในไฟล์แทน

```
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 32
#define MCP23017 0x20
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire);
unsigned int timePeriod = 1000;
unsigned long last_time = 0;
bool stateToggle = true;

void setDirectionOutputPortA() {
    Wire.beginTransmission(0x20);
    Wire.write(0x00);
    Wire.write(0x00);
    Wire.endTransmission();
}

void onPortA() {
    Wire.beginTransmission(0x20);
    Wire.write(0x12);
    Wire.write(0xFF);
    Wire.endTransmission();
}

void offPortA() {
    Wire.beginTransmission(0x20);
    Wire.write(0x14);
    Wire.write(0x00);
    Wire.endTransmission();
}
```

เขียนโปรแกรมลงในกล่องคำตอบด้านล่าง และถ่ายวิดีโอผลลัพธ์ของโจทย์นี้ Upload ไฟล์ตามหมู่เรียน

ในกรณีตัวหน้ากระดาษไม่พอให้เพิ่มหน้าแทรกในไฟล์แทน

```
void setDirectionOutputPortB() {
    Wire.beginTransmission(0x20);
    Wire.write(0x01);
    Wire.write(0x00);
    Wire.endTransmission();
}

void onPortB() {
    Wire.beginTransmission(0x20);
    Wire.write(0x13);
    Wire.write(0xFF);
    Wire.endTransmission();
}

void offPortB() {
    Wire.beginTransmission(0x20);
    Wire.write(0x15);
    Wire.write(0x00);
    Wire.endTransmission();
}

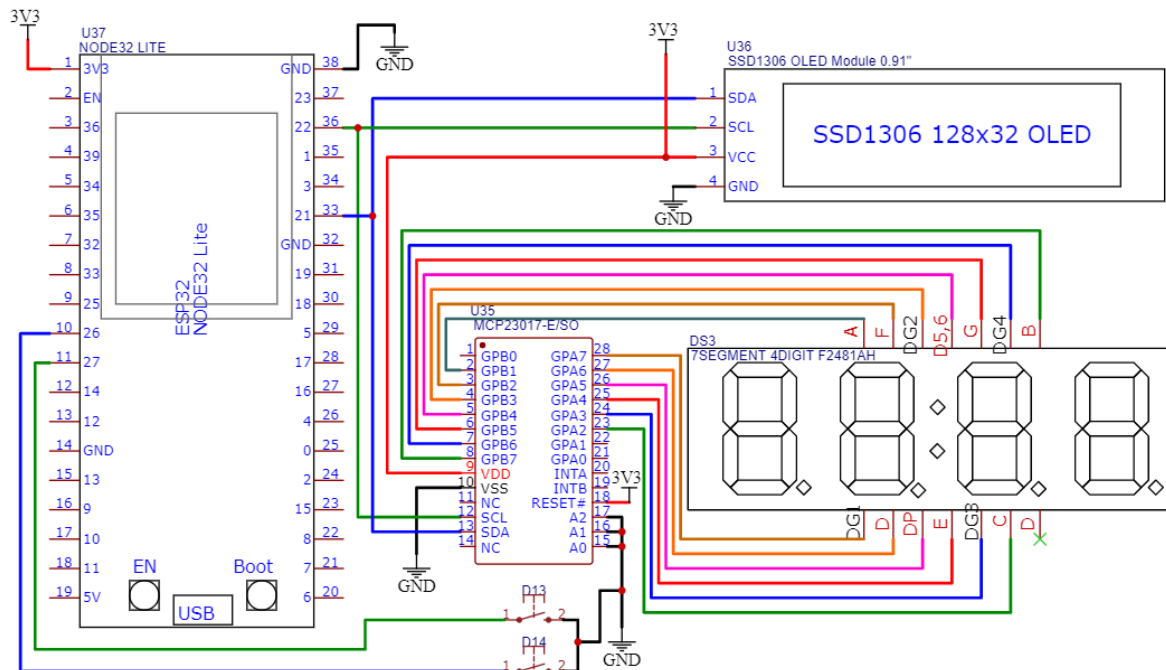
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3c)) {
        Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    }
    display.display();
    display.clearDisplay();
    // Test Draw Char
    display.setTextSize(1);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(0, 0);
    display.println(F("ESP32 I2C MCP23017"));
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);
    display.println(F("ESP32 I2C MCP23017"));
    display.setCursor(0, 8);
    display.println(F("LED 1 : ON"));
    display.setCursor(0, 16);
    display.println(F("LED 2 : OFF"));
    display.display();
    setDirectionOutputPortA();
    onPortA();
    setDirectionOutputPortB();
    offPortB();
}

void loop() {
    if ( millis() - last_time > timePeriod) {
        last_time = millis();
        stateToogle = !stateToogle;
        if (stateToogle == true) {
            onPortA();
            offPortB();
            display.clearDisplay();
            display.setCursor(0, 0);
            display.println(F("ESP32 I2C MCP23017"));
            display.setCursor(0, 8);
            display.println(F("LED 1 : ON"));
            display.setCursor(0, 16);
            display.println(F("LED 2 : OFF"));
            display.display();
        } else {
            offPortA();
            onPortB();
            display.clearDisplay();
            display.setCursor(0, 0);
            display.println(F("ESP32 I2C MCP23017"));
            display.setCursor(0, 8);
            display.println(F("LED 1 : OFF"));
            display.setCursor(0, 16);
            display.println(F("LED 2 : ON"));
            display.display();
        }
    }
}
```



## 6.7 Digital Clock by MCP23017 and OLED Display

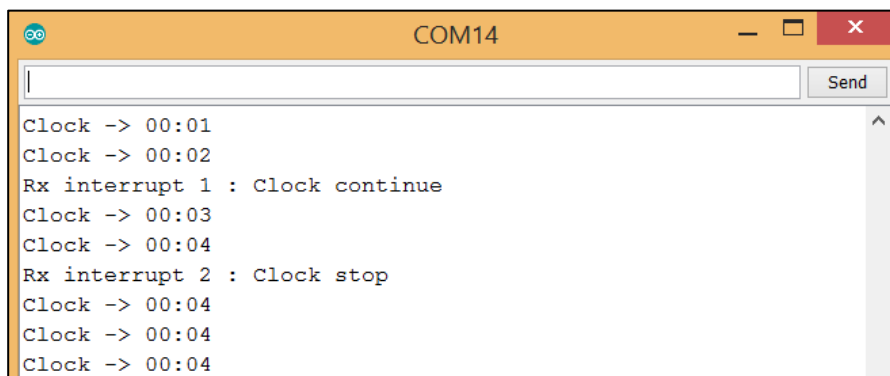
วงจรทดสอบ นำ ESP32 ต่อวงจรร่วมกับ MCP23017, 7Segment 4Digit และ OLED ดังรูป



การทำงานของ Firmware ของโจทย์ข้อนี้ รายละเอียดดังต่อไปนี้

- เมื่อเริ่มทำงาน นาฬิกาดิจิตอลจะเริ่มเดินทุกๆ 1วินาที จะมีการแสดงผลเวลาในลักษณะ 00:00 ใน 3ช่องทางดังนี้
  - แสดงทาง Serial Monitor
  - แสดงทาง OLED Display
  - แสดงทาง 7Segment 4Digit
- การกระพริบของ : ที่ตรงกลางของนาฬิกา กระพริบติดดับทุกๆ 500ms ใน OLED และ 7Segment 4Digit
- สามารถควบคุมการทำงานของนาฬิกาโดย 2 ช่องทางคือ 1.Serial Monitor 2. Tact SW (D13, D14) รายละเอียดดังนี้
  - เมื่อป้อน 1 ทาง Serial Monitor หรือ กดปุ่ม D13 เวลาของนาฬิกาจะเดินปกติทุกๆ 1วินาที
  - เมื่อป้อน 2 ทาง Serial Monitor หรือ กดปุ่ม D14 เวลาของนาฬิกาจะหยุดเดิน แต่ : ยังกระพริบปกติ
- การทำงานของ Tact Sw D13, D14 ให้ใช้ External Interrupt
- การควบคุมการทำงานของนาฬิกาให้ใช้ millis() มาใช้การกำหนดเวลาทำงาน

ตัวอย่างการแสดงผลที่ผ่านทาง Serial Monitor (ต้องมีการแสดงบน 7Segment 4Digit ด้วย)



เขียนโปรแกรมลงในกล่องคำตอบด้านล่าง และถ่ายวิดีโอผลลัพธ์ของโจทย์นี้ Upload ไฟล์ตามหมู่เรียน  
ในกรณีตัวหน้ากระดาษไม่พอให้เพิ่มหน้าแทรกในไฟล์แทน

เขียนโปรแกรมลงในกล่องคำตอบด้านล่าง และถ่ายวิดีโอผลลัพธ์ของโจทย์นี้ Upload ไฟล์ตามหมู่เรียน  
ในกรณีตัวหน้ากระดาษไม่พอให้เพิ่มหน้าแทรกในไฟล์แทน

เขียนโปรแกรมลงในกล่องคำตอบด้านล่าง และถ่ายวิดีโอผลลัพธ์ของโจทย์นี้ Upload ไฟล์ตามหมู่เรียน  
ในกรณีตัวหน้ากระดาษไม่พอให้เพิ่มหน้าแทรกในไฟล์แทน