


PANS w KROŚNIE			
INFORMATYKA: SSI			III ROK
Imię i nazwisko	Michał Miksiewicz Michał Pasieka	Tryb studiów	stacjonarne
Temat projektu	Zewnętrzna stacja pogodowa na ESP32.		

1. Cele projektu

Celem projektu było stworzenie zewnętrznej stacji pogodowej zbudowanej z wykorzystaniem ESP32, wysyłającej dane z czujników na serwer MQTT za pośrednictwem połączenia bezprzewodowego Wi-Fi. Przesyłanymi danymi są temperatura, wilgotność powietrza, ciśnienie, poziom zaćmienia, zawartość pyłów PM1.0, PM2.5 i PM10.0. Pomiary są również wyświetlane na wyświetlaczu OLED.

Ze względu na brak miejsca na wyświetlaczu i chęci uniknięcia zmniejszenia czytelności wyniki pomiarów poziomu zaćmienia NIE SĄ wyświetlane na wyświetlaczu, natomiast SĄ wysyłane do brokera MQTT.

2. Wykorzystany sprzęt i rozwiązania

2.1. Sprzęt

Do zrealizowania projektu wykorzystano następujący sprzęt:

- Płytki ESP32 WiFi
- czujnik pyłów zawieszonych PMS3003
- czujnik temperatury, wilgotności, ciśnienia BME680
- czujnik zaćmienia LM358
- wyświetlacz OLED SH1106
- router MikroTik
- serwer

2.2. Środowisko programowania

Do programowania ESP32 użyto środowiska ArduinoIDE z zainstalowanymi wymaganymi bibliotekami.

2.3. Zastosowane protokoły i technologie

2.3.1. Łączność bezprzewodowa przez WiFi

Do połączenia z serwerem MQTT utworzyliśmy sieć bezprzewodową przez MikroTik-57B99B, która umożliwia komunikację ESP32 z serwerem. ESP32 łączy się z siecią dzięki użyciu funkcji w kodzie podając jej SSID i hasło. Połączenie jest ustawiane w `setup()`.

2.3.2. Usługa serwera MQTT i komunikacja

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) to lekki i otwarty protokół komunikacyjny stworzony do efektywnej wymiany informacji między urządzeniami w architekturze typu klient-serwer, zwłaszcza w kontekście Internetu Rzeczy (IoT). Komunikacja opiera się na modelu publish-subscribe, co oznacza, że urządzenia mogą publikować (wysyłać) wiadomości do tematów (topic) oraz subskrybować (odbierać) wiadomości z określonych tematów. Wiadomości są grupowane w tematy (topics), co umożliwia elastyczną organizację i filtrowanie komunikatów.

Serwer z systemem operacyjnym Debian 12 posiada zainstalowaną usługę MQTT Mosquitto na porcie 443. Połączenie z serwerem jest nawiązywane dzięki zastosowaniu funkcji w kodzie podając IP serwera, port oraz nazwę użytkownika.

Po wykonaniu pomiarów na brokerze MQTT publikowane są wyniki w topic'ach:

Wyniki z (czujnik zaćmienia):

- topic0 = "WeatherStation/Light"

Wyniki z BME680 (czujnik temp., wilgotności, ciśnienia):

- topic1 = "WeatherStation/Pressure_hPa"

- topic2 = "WeatherStation/Humidity_%"

- topic3 = "WeatherStation/Temp_C"

Wyniki z PMS3003 (czujnik pyłów zawieszonych):

- topic4 = "WeatherStation/PM1.0"

- topic5 = "WeatherStation/PM2.5"

- topic6 = "WeatherStation/PM10.0"

2.3.3. Standard I²C – połączenie wyświetlacza i BME680

Wyświetlacz OLED oraz BME680 są połączone do ESP32 za pomocą magistrali I²C. Jest to możliwe, ponieważ urządzenia podłączone do tej magistrali używają unikalnych adresów, co pozwala im współdziałać na wspólnym kanale komunikacyjnym. Oba urządzenia z ESP32 są połączone za pomocą dwóch linii magistrali - SDA (data) (na ESP pin 21) i SCL (zegar) (na ESP pin 22). W kodzie z biblioteką Wire.h jest możliwe ustanowienie pinów jako magistrala I²C. Służy do tego funkcja Wire.begin(21, 22);.

2.3.4. Kompilacja i programowanie ESP32 przez USB

Przed podłączeniem ESP32 należy zainstalować sterowniki do *CP210x USB to UART bridge*. Bez nich środowisko ArduinoIDE nie będzie w stanie wykryć podłączonej płytki.

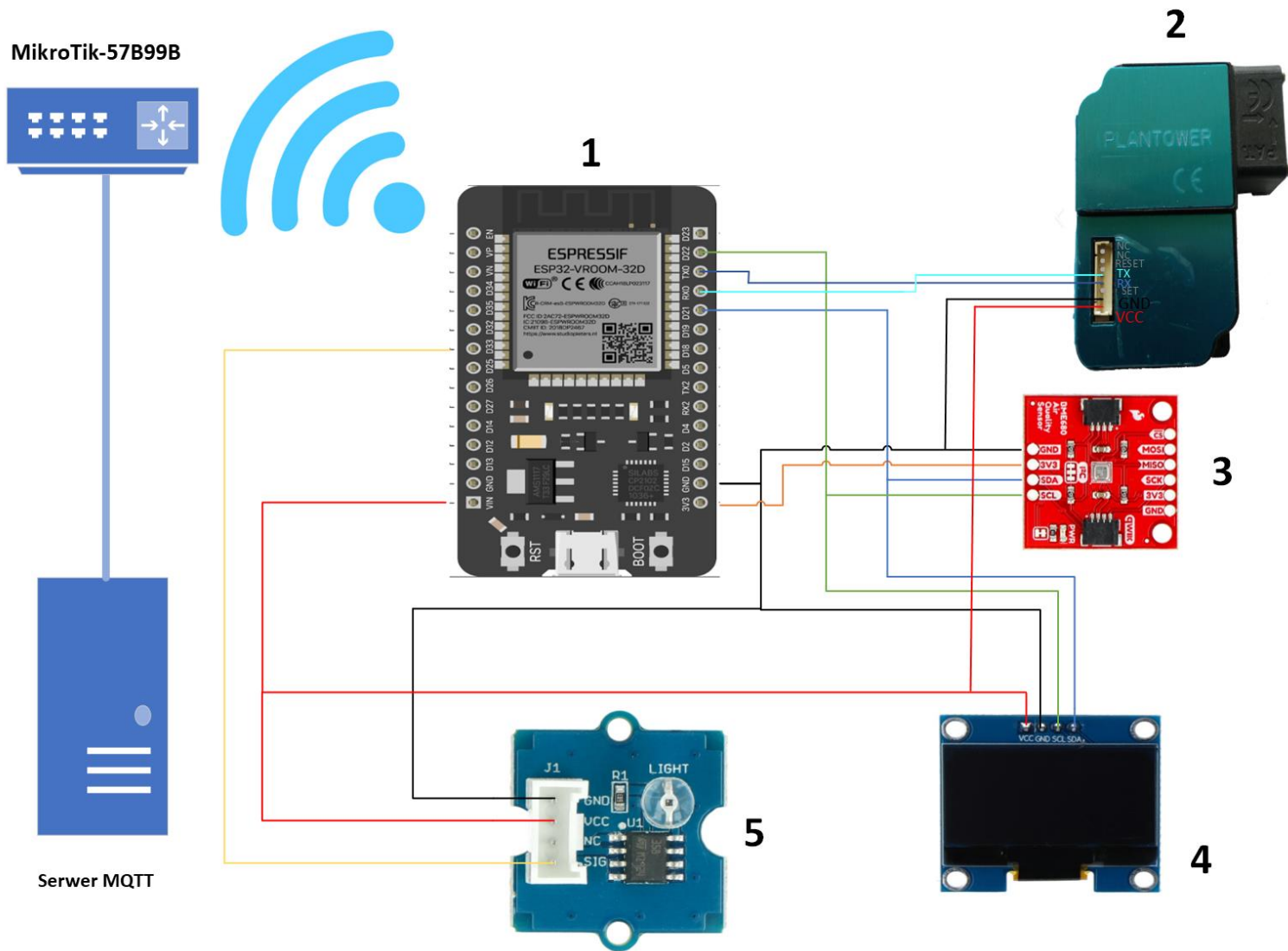
Program napisany w języku C, jest kompilowany w środowisku ArduinoIDE. Proces programowania ESP32 jest również dokonywany w tym środowisku, uprzednio podłączając płytkę do komputera za pośrednictwem USB. Aby programowanie przebiegło pomyślnie należy odłączyć piny TX0 i RX0.

2.3.5. Obserwowanie wyników na serwerze MQTT

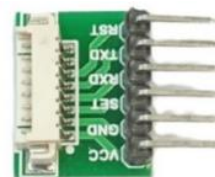
W tym celu skorzystano z programu MQTT Explorer. MQTT explorer pozwala docierać do subskrybowanych tematów, odsiewa informacje zbędne, pozwala na zapewnienie przejrzystości dla ludzkiego użytkownika w gąszczu urządzeń włączonych do IoT.

W celu sprawdzenia tematów na serwerze trzeba uprzednio stworzyć nowe połączenie wpisując IP serwera, na którym znajduje się broker MQTT oraz port. Następnie należy z listy tematów odszukać tego, który chcemy obserwować.

3. Schemat



1. Płytki ESP32 WiFi
2. Czujnik pyłów zawieszonych PMS3003
3. Czujnik temperatury, wilgotności, ciśnienia BME680
4. Wyświetlacz OLED SH1106
5. Czujnik zaćmienia LM358
6. Adapter dla czujników PMS na listwę goldpin



(nie jest to wymagane, lecz dzięki temu łatwo można połączyć PMS)

4. Kod programu na ESP32

```
//Zewnętrzna stacja pogodowa
//Autorzy: Michał Miksiewicz, Michał Pasieka
#include "PMS.h"
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME680.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SH1106.h>
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

// WiFi
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
const char *ssid = "MikroTik-57B99B";//MikroTik-57B99B
const char *password = "IOT_wifi";//IOT_wifi

// Wyświetlacz
#define OLED_SDA 21
#define OLED_SCL 22
Adafruit_SH1106 display(21, 22); // definiujemy piny, do których podłączony
został wyświetlacz

// Czujnik cząstek stałych
PMS pms(Serial);
PMS::DATA data;
float avg_pm10 = 0;
float avg_pm25 = 0;
float avg_pm100 = 0;

// Czujnik bme680
Adafruit_BME680 bme;
float pres = 0;
int hum = 0;
float temp = 0;

// Czujnik zaciemnienia
int analogPin = 33;
int light_val = 0;

// Flagi i zmienne obsługujące błędy
int i = 0, nd = 0;
int correct_sleep = 1800, error_sleep = 900; // w sekundach
```

```

bool PMS_ERR = false, isCheckingPM = false, isErrorSleep = false;

// MQTT Broker
const char *mqtt_broker = "10.0.2.120";
const int mqtt_port = 443;
const char *mqtt_username = "esp32WeatherStation";
const char *mqtt_password = "public";
const char *topic0 = "WeatherStation/Light";
const char *topic1 = "WeatherStation/Pressure_hPa";
const char *topic2 = "WeatherStation/Humidity_%";
const char *topic3 = "WeatherStation/Temp_C";
const char *topic4 = "WeatherStation/PM1.0";
const char *topic5 = "WeatherStation/PM2.5";
const char *topic6 = "WeatherStation/PM10.0";

void callback(char *topic, byte *payload, unsigned int length)
{
    Serial.print("Wiadomość dotarła: ");
    Serial.println(topic);
    Serial.print("Wiadomosc:");
    for (int i = 0; i < length; i++)
    {
        Serial.print((char)payload[i]);
    }
    Serial.println();
    Serial.println("-----");
}

void wifi_connect(){
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
    {
        delay(500);
        Serial.println("Łączenie z WiFi...");
    }
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED)
        Serial.println("Połączono z WiFi");
}

void PomiarPMS(){
    Serial.println("Waking up,PMS3003");
    pms.wakeUp();
    PomiarBme680(5);

    Serial.println("Send read request...");
    pms.requestRead();

    if (pms.readUntil(data))
    {
        avg_pm10 = data.PM_AE_UG_1_0;
    }
}

```

```

        avg_pm25 = data.PM_AE_UG_2_5;
        avg_pm100 = data.PM_AE_UG_10_0;
    }
    else
    {
        avg_pm10 = 0;
        avg_pm25 = 0;
        avg_pm100 = 0;
    }

    Serial.println("Going to sleep.");
    pms.sleep();
    PomiarBme680(10);
}
void PomiarBme680(int seconds)
{
    wifi_connect();
    for (int c = 0; c <= seconds; c++)
    {
        pres = bme.readPressure() / 100.0F;
        hum = bme.readHumidity();
        temp = bme.readTemperature();

        light_val = analogRead(analogPin);
        light_val = map(light_val, 0, 4095, 0, 100);
        Serial.print("Zacmienie: ");
        Serial.println(light_val);

        Serial.print("Temperature = ");
        Serial.print(temp);
        Serial.println(" *C");

        Serial.print("Pressure = ");
        Serial.print((int)pres);
        Serial.println(" hPa");

        Serial.print("Humidity = ");
        Serial.print(hum);
        Serial.println(" %");
        if (!isCheckedPM)
        {
            display.clearDisplay();
            display.setTextColor(WHITE);
            display.setCursor(0, 0);
            if (!isErrorSleep)
                display.print("Pomiar PM: ");
            else

```

```

        {
            display.print("Czujnik nie odpowiada");
            display.print(error_sleep);
            display.println(" s uspienia");
        }
        if (WiFi.status() != WL_CONNECTED){
            display.setCursor(0, 10);
            display.print("Blad sieci!wifi");
        }
        if (!client.connected() && WiFi.status() == WL_CONNECTED){
            display.setCursor(0, 10);
            display.print("Blad sieci!mqtt");
        }
        display.setCursor(0, 20);
        display.print("PM1.0: ");
        display.println(avg_pm10);
        display.print("PM2.5: ");
        display.println(avg_pm25);
        display.print("PM10.0: ");
        display.println(avg_pm100);
        display.setCursor(0, 55);
        display.print("T:");
        display.print(temp);
        display.print(" P:");
        display.print((float)pres, 1);
        display.print(" H:");
        display.print(hum);
        display.display();
    }
    char msg_out[20];
    sprintf(msg_out, "%d", light_val);
    client.publish(topic0, msg_out);
    sprintf(msg_out, "%f", pres);
    client.publish(topic1, msg_out);
    sprintf(msg_out, "%d", hum);
    client.publish(topic2, msg_out);
    sprintf(msg_out, "%f", temp);
    client.publish(topic3, msg_out);

    client.loop();
    delay(1000);
}

}

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

```



```

Wire.begin(21, 22); //inicjacja biblioteki wire (i2c)
if (!bme.begin()) //jesli
{
    Serial.println("Could not find a valid BME680 sensor, check wiring!");
    while (1);
}
Serial.println("BME680 sensor found!");
delay(1000);

display.begin(SH1106_SWITCHCAPVCC, 0x3C); // definiujemy rodzaj użytego
wyświetlacza oraz adres I2C
pms.passiveMode(); // Tryb pasywny w tym trybie
czujnik wysyla dane tylko za żądaniem
display.clearDisplay();
display.display();

// wifi
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
    Serial.println("Łączenie z WiFi...");

    PomiarBme680(1);
    PomiarPMS();
}
// mqtt
client.setServer(mqtt_broker, mqtt_port);
client.setCallback(callback);
}

void loop()
{
    //połączenie z serwerem MQTT
    while (!client.connected())
    {
        String client_id = "esp32-klient-";
        client_id += String(WiFi.macAddress());
        Serial.printf("Klient %s łączy się z publicznym brokerem MQTT\n",
client_id.c_str());
        if (client.connect(client_id.c_str(), mqtt_username, mqtt_password))
        {
            Serial.println("Połączono z brokerem MQTT");
        }
        else
        {
            Serial.print("Błąd Sieci- nie można połączyć się z serwerem MQTT");

```

```

        Serial.print(client.state());
        PomiarBme680(2);
        PomiarPMS();
    }
}
Serial.println("Wybudzanie czujnika...");

pms.wakeUp(); // Tryb operacyjny czujnika (wybudzenie)

//definicja srednich odczutow z 10 pomiarów
avg_pm10 = 0;
avg_pm25 = 0;
avg_pm100 = 0;
while (true)
{
    PomiarBme680(30); //pomiar czujnika bme680 30 razy z 1s delay
    isCheckingPM = true; //status pobierania danych
    Serial.print("Numer pomiaru: ");
    Serial.println(i + 1);
    pms.requestRead(); //wyslanie ządania w trybie pasywnym do czujnika

    if (pms.readUntil(data)) //odczyt danych
    {
        Serial.print("\nPM 1.0 (ug/m3): ");
        Serial.println(data.PM_AE_UG_1_0);
        avg_pm10 += data.PM_AE_UG_1_0;

        Serial.print("PM 2.5 (ug/m3): ");
        Serial.println(data.PM_AE_UG_2_5);
        avg_pm25 += data.PM_AE_UG_2_5;

        Serial.print("PM 10.0 (ug/m3): ");
        Serial.println(data.PM_AE_UG_10_0);
        avg_pm100 += data.PM_AE_UG_10_0;

        display.clearDisplay();
        display.setTextColor(WHITE);
        display.setCursor(0, 0);
        display.println("Wykonywanie 10 probek pomiarow");
        display.setCursor(0, 15);
        display.print("Numer pomiaru: ");
        display.println(i + 1);
        display.setCursor(0, 30);
        display.print("PM1.0 : ");
        display.println(data.PM_AE_UG_1_0);
        display.print("PM2.5 : ");
        display.println(data.PM_AE_UG_2_5);
    }
}

```

```

        display.print("PM10.0: ");
        display.println(data.PM_AE_UG_10_0);
        display.setCursor(0, 55);
        display.print("T:");
        display.print(temp);
        display.print(" P:");
        display.print((float)pres, 1);
        display.print(" H:");
        display.print(hum);
        display.display();

        i++;
    }
    else //jesli dane nie istnieja wyswietl ostatnie poprawne wartosci
    {
        Serial.println("\nNo data.");
        display.clearDisplay();
        display.setTextColor(WHITE);
        display.setCursor(0, 0);
        display.println("Wykonywanie 10 probek pomiarow");
        display.setCursor(0, 15);
        display.setTextColor(WHITE);
        display.setCursor(0, 25);
        display.print("Brak pomiaru: ");
        display.println(nd + 1);
        display.setCursor(0, 55);
        display.print("T:");
        display.print(temp);
        display.print(" P:");
        display.print((float)pres, 1);
        display.print(" H:");
        display.print(hum);
        display.display();
        nd++;
    }
    if (nd >= 10) //jesli dane nie zostaly wyswietlone 10 raz z rzędu
    {
        PMS_ERR = true; //ustaw flage bledu
        break;
    }
    if (i >= 10)
        break;
}
if (PMS_ERR)
{
    isCheckingPM = false;
    Serial.println("Czujnik nie odpowiada.");
}

```

```

        display.clearDisplay();
        display.setTextColor(WHITE);
        display.setCursor(0, 0);
        display.print("Czujnik nie odpowiada");
        display.print(error_sleep);
        display.println(" s uspienia");
        display.display();
        pms.sleep();
        isErrorSleep = true;
        PomiarBme680(error_sleep);
        isErrorSleep = false;
    }
    if (!PMS_ERR)
    {
        isCheckingPM = false;
        avg_pm10 /= 10;
        avg_pm25 /= 10;
        avg_pm100 /= 10;
        Serial.println("Średnia 10 pomiarow: ");
        Serial.println(avg_pm10);
        Serial.println(avg_pm25);
        Serial.println(avg_pm100);
        // Wyświetlacz
        display.clearDisplay();
        display.setTextColor(WHITE);
        display.setCursor(0, 0);
        display.print("Pomiar PM: ");
        display.setCursor(0, 20);
        display.print("PM1.0: ");
        display.println(avg_pm10);
        display.print("PM2.5: ");
        display.println(avg_pm25);
        display.print("PM10.0: ");
        display.println(avg_pm100);
        display.setCursor(0, 55);
        display.print("T:");
        display.print(temp);
        display.print(" P:");
        display.print(pres);
        display.print(" H:");
        display.print(hum);
        display.display();

        char msg_out[20];
        sprintf(msg_out, "%f", avg_pm10);
        client.publish(topic4, msg_out);
        sprintf(msg_out, "%f", avg_pm25);

```

```

        client.publish(topic5, msg_out);
        sprintf(msg_out, "%f", avg_pm100);
        client.publish(topic6, msg_out);
    }

    //Reset flag i zmiennych iteracyjnych
    i = 0;
    nd = 0;
    PMS_ERR = false;
    Serial.println("[PMS3003] Going to sleep.");
    pms.sleep(); //uspij czujnik pms3003
    PomiarBme680(correct_sleep); //oczytuj tylko czujnik bme680 przez
    "correct_sleep" sekund czasu
}

```

Wykorzystane biblioteki:

#include "PMS.h"	- biblioteka obsługi i komunikacji z czujnikami pyłów PMS
#include <SPI.h>	- biblioteka komunikacji z wieloma urządzeniami
#include <Wire.h>	- biblioteka obsługi i komunikacji z urządzeniami przez I ² C
#include <Adafruit_Sensor.h>	- biblioteka zapewniająca jednolity interfejs dla różnych czujników
#include <Adafruit_BME680.h>	- biblioteka obsługi i komunikacji z czujnikiem BME680
#include <Adafruit_GFX.h>	- biblioteka obsługi graficznej wyświetlaczy (ogólnie)
#include <Adafruit_SH1106.h>	- biblioteka obsługi i komunikacji z wyświetlaczem OLED SH1106
#include <WiFi.h>	- biblioteka obsługi połączenia przez moduł WiFi w ESP32
#include <PubSubClient.h>	- biblioteka obsługi połączenia z MQTT oraz akcji z nim związanych

5. Działanie programu

Na początku programu importowane są biblioteki, deklarowane zmienne oraz stałe (np. zmienne przechowujące wyniki pomiarów, stałe jak np. IP serwera MQTT, SSID sieci bezprzewodowej) czy flagi wykorzystane w kodzie.

Inicjalizowane są też funkcje z bibliotek (np. PMS, WiFiClient, PubSubClient). Ustawiane są też piny dla wyświetlacza.

Zadeklarowane są też funkcje:

callback(char *topic, byte *payload, unsigned int length) – wiadomość zwrotna do serwera MQTT

PomiarBme680(int seconds) – funkcja odczytująca dane z BME680 i wysyłająca je na serwer MQTT. Funkcja zawiera instrukcje dla wyświetlacza w celu reprezentacji danych. Argumentem funkcji jest liczba sekund, czyli czas trwania pomiarów (1 pomiar trwa ok. 1s). Funkcja sprawdza też czy jest połączenie z WiFi i próbuje połączyć ponownie oraz z serwerem MQTT (wypisuje komunikat na wyświetlaczu).

PomiarPMS() - funkcja odczytująca dane z PMS3003 wywoływana gdy nie ma połączenia z wifi lub mqtt. Na początku czujnik jest wybudzany i po wywołaniu PomiarBme(5) (5 sekund) zostaje odczytywany pomiar z PMS3003. Po tym czujnik zostaje uśpiony na PomiarBme(10) (10s).

wifi_connect() – funkcja sprawdzająca czy urządzenie jest połączone z WiFi, jeśli nie próbuje nawiązać połączenie.

Program rozpoczyna się wykonaniem funkcji **setup()**;

Są w niej inicjalizowane piny do magistrali I²C, następnie następuje połączenie z BME680. Jeśli nie ma połączenia program nie wykona się dalej, gdyż nie będzie możliwe odczytywanie pomiarów. W dalszej kolejności następuje łączenie z siecią WiFi, a następnie z serwerem MQTT. Następnie zostaje zainicjalizowane połączenie z wyświetlaczem i wyczyszczenie go oraz przełączenie PMS3003 w tryb pasywny.

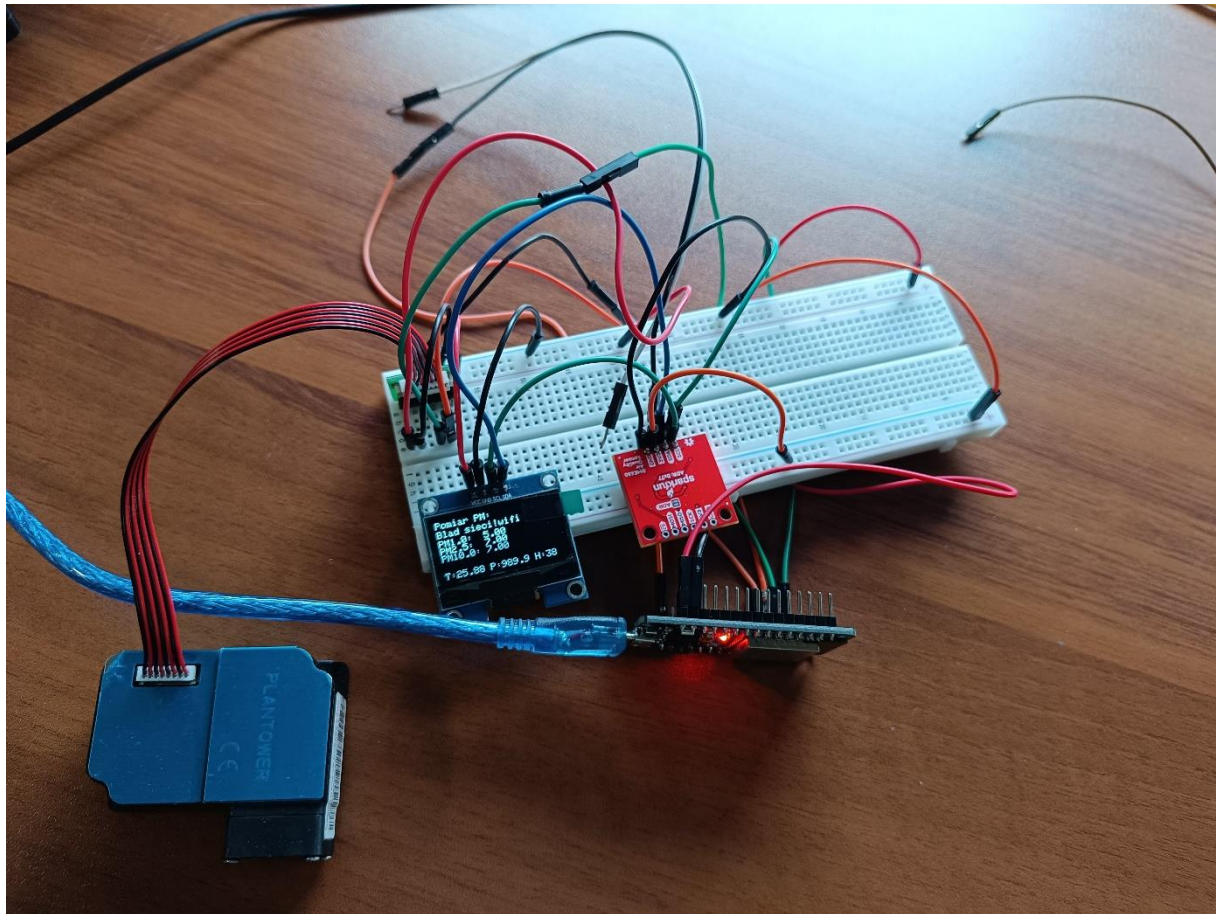
Po funkcji `setup()`; program zaczyna działanie w pętli **`loop()`**;

Na początku sprawdzany jest status połączenia z serwerem MQTT (jeśli nie połączony, następuje nawiązanie połączenia; jeśli połączony proces ten jest pomijany). Po tym następuje wybudzenie PMS3003 oraz wyzerowanie zmiennych przechowujących wyniki pomiarów pyłów zawieszonych. Następnie wykonywana jest pętla `while(true)`, która zawiera logikę wykonywania pomiarów przez urządzenia oraz instrukcje dla wyświetlacza do reprezentacji wyników i stanu pomiarów (pominiemy omawianie ich).

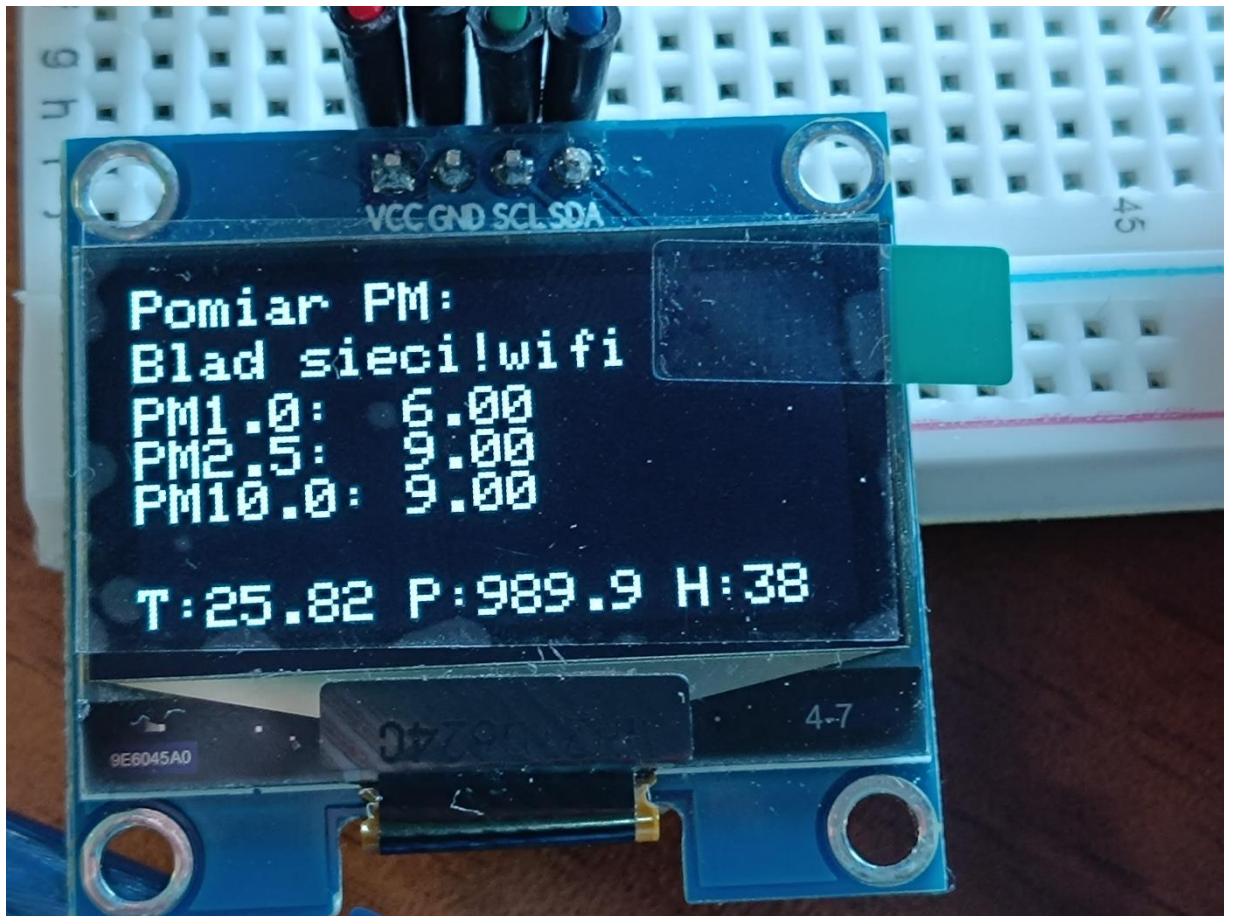
Pomiary rozpoczynają się wykonaniem 30 pomiarów BME680 (*`PomiarBme680(30);`*) po nich następuje ustawienie flagi rozpoczęcia próbkowania i wykonanie 10 próbek pomiaru pyłów za pomocą PMS3003 (jeśli nie dostaniemy odpowiedzi od czujnika inkrementujemy zmienną *`nd`* przechowującą liczbę „pustych próbek”). Po wykonaniu 10 poprawnych pomiarów, te są uśredniane oraz wysyłane do brokera MQTT, po czym następuje uśpienie PMS3003 na 30 min (*`PomiarBme680(correct_sleep);`* ,gdzie *`correct_sleep =1800`* ,czyli 1800 pomiarów BME680 trwających łącznie około 1800s) . Jeżeli natomiast 10 próbek pod rząd będzie „pustych” ustawiana jest flaga błędu. Pomiary pyłów nie są wysyłane do brokera MQTT, a PMS3003 zostaje uśpiony na 15min(*`PomiarBme680(error_sleep);`* , gdzie *`error_sleep=900`* ,czyli około 900s),a następnie na 30 min (*`PomiarBme680(correct_sleep);`*) czyli łącznie 45. Po zakończeniu obu przypadków flagi i zmienne iteracyjne są zerowane. Po tym pomiary są wykonywane ponownie.

6. Zrzuty ekranu z działania

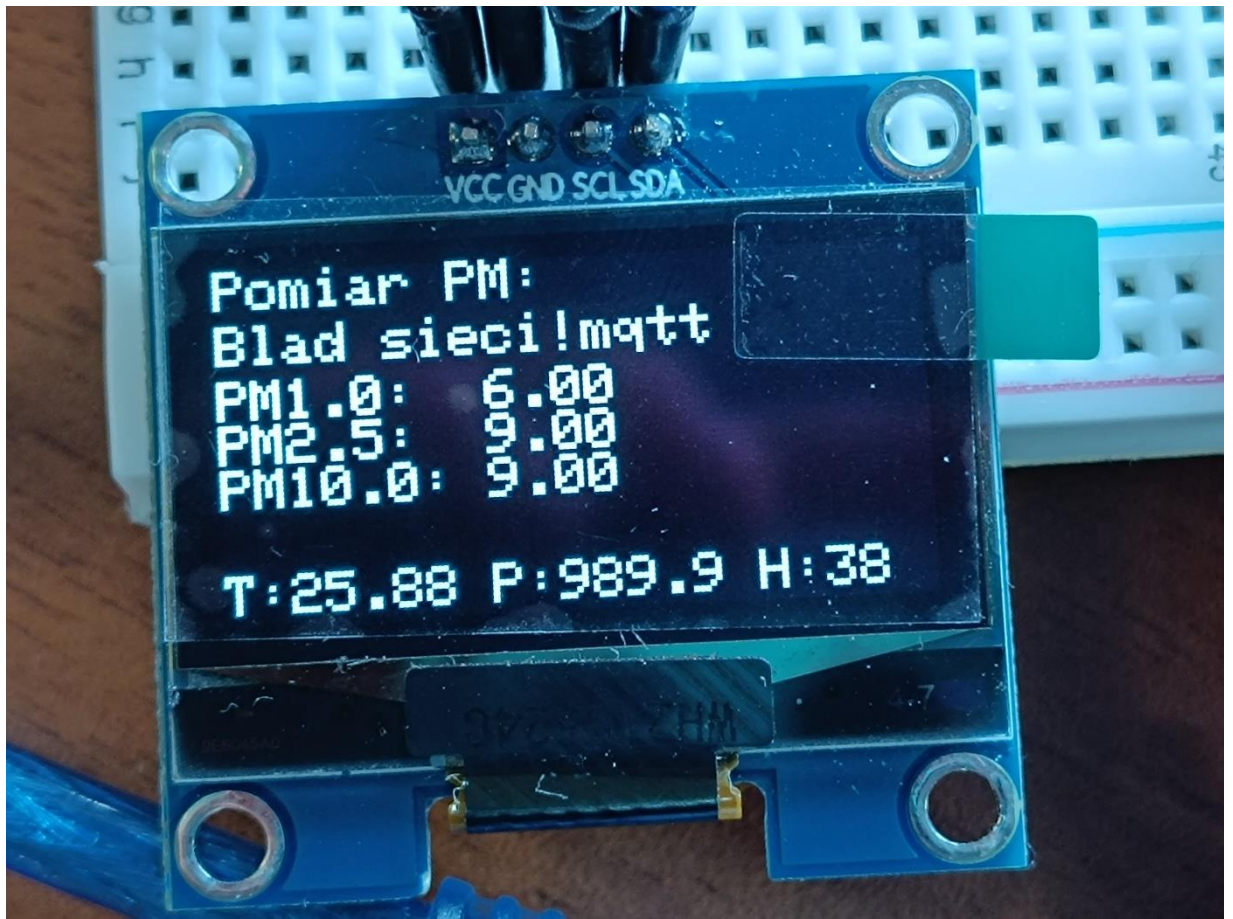
Projekt złożony zgodnie ze schematem na płytce stykowej.



Działanie w przypadku braku połączenia z WiFi:



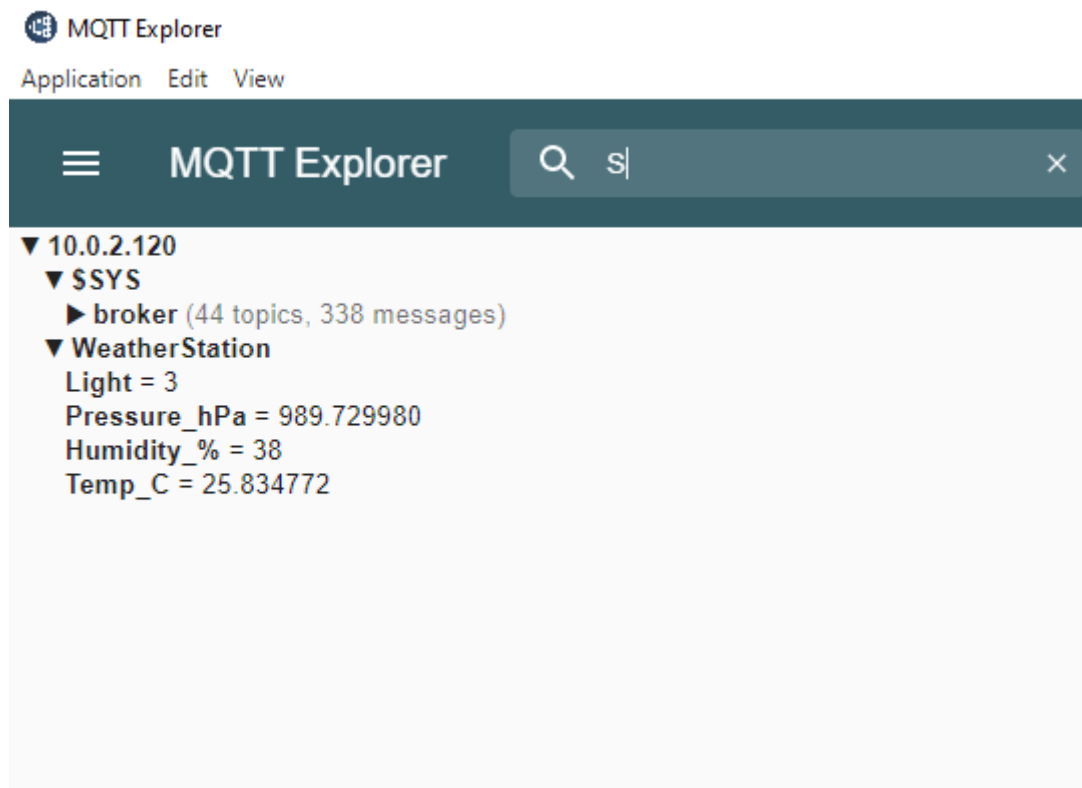
Działanie w przypadku, gdy jest połączenie z WiFi, ale nie można połączyć się z serwerem MQTT



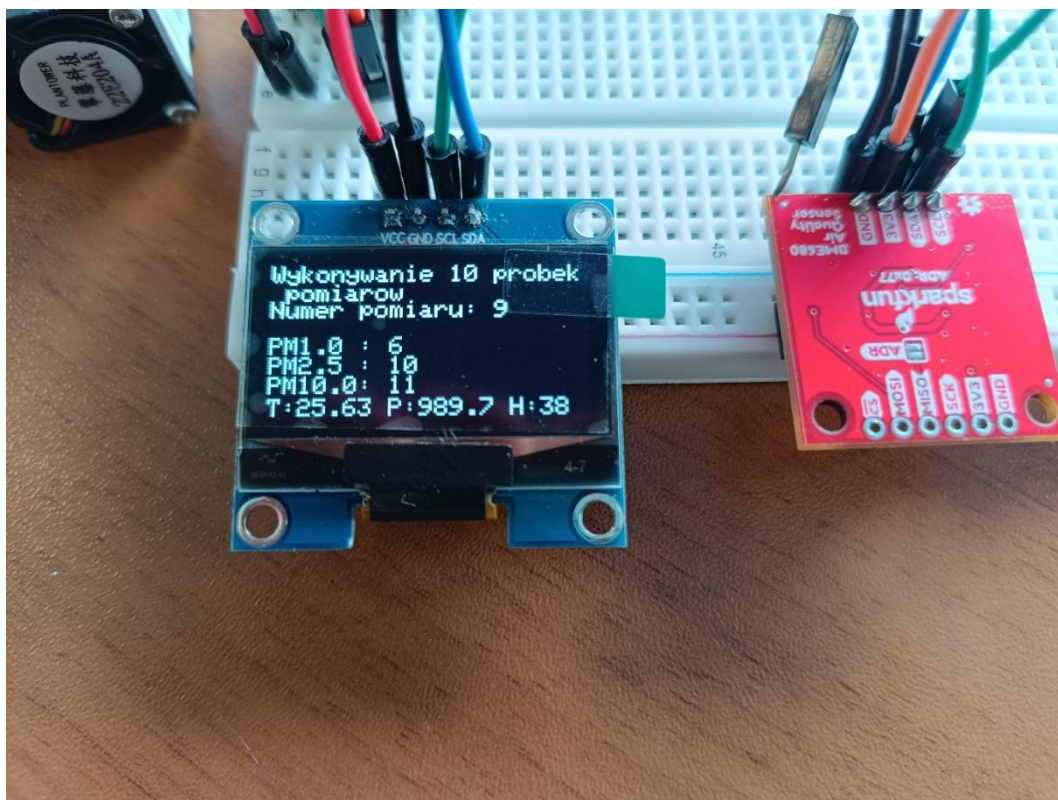
Działanie z serwerem MQTT

Po rozpoczęciu programu nie mamy wyników z pomiarów PMS3003 bo musi się on podzielać chwilę bez pomiarów, aby pomiary były wiarygodniejsze. W tym czasie wykonywane są inne pomiary.

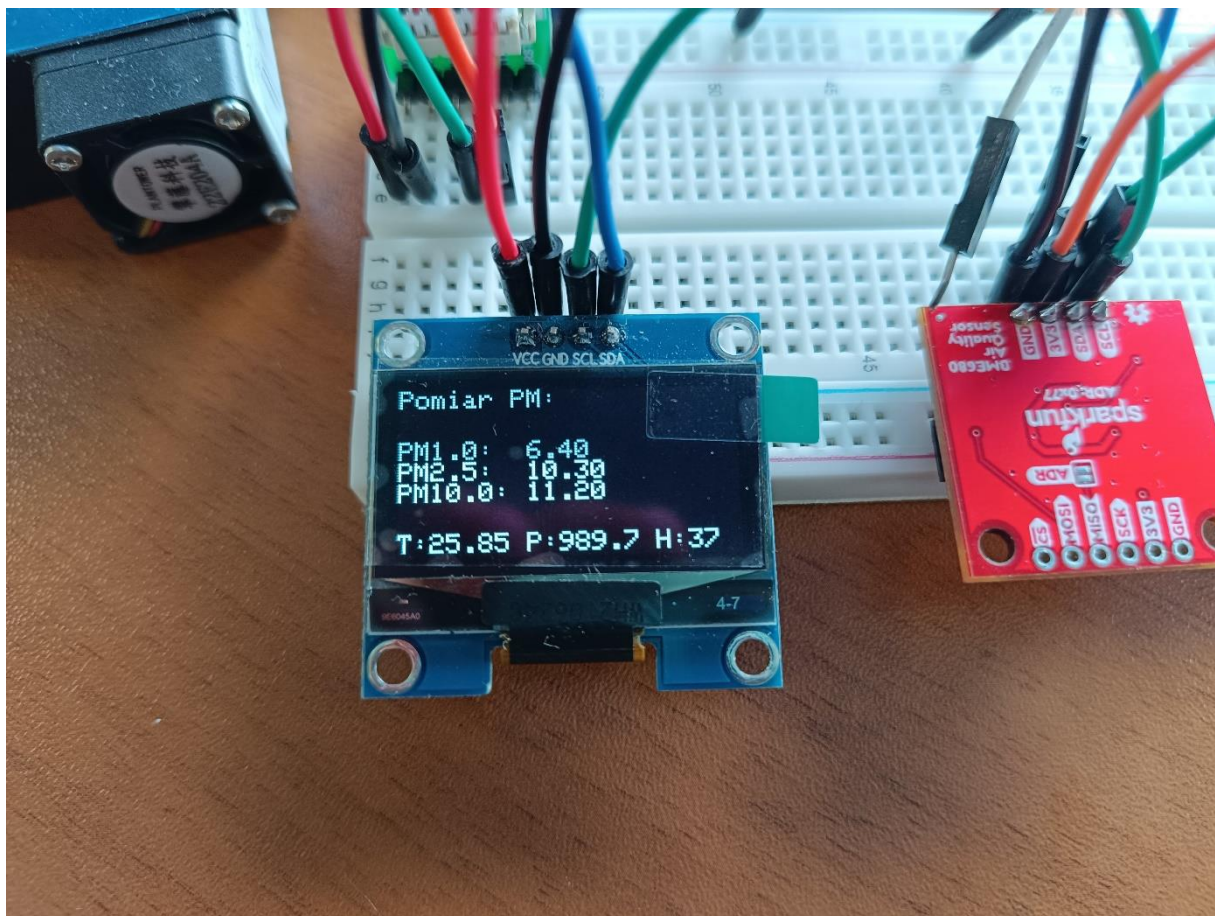
Zrzut z MQTT Explorer bez wyników pomiarów PM:



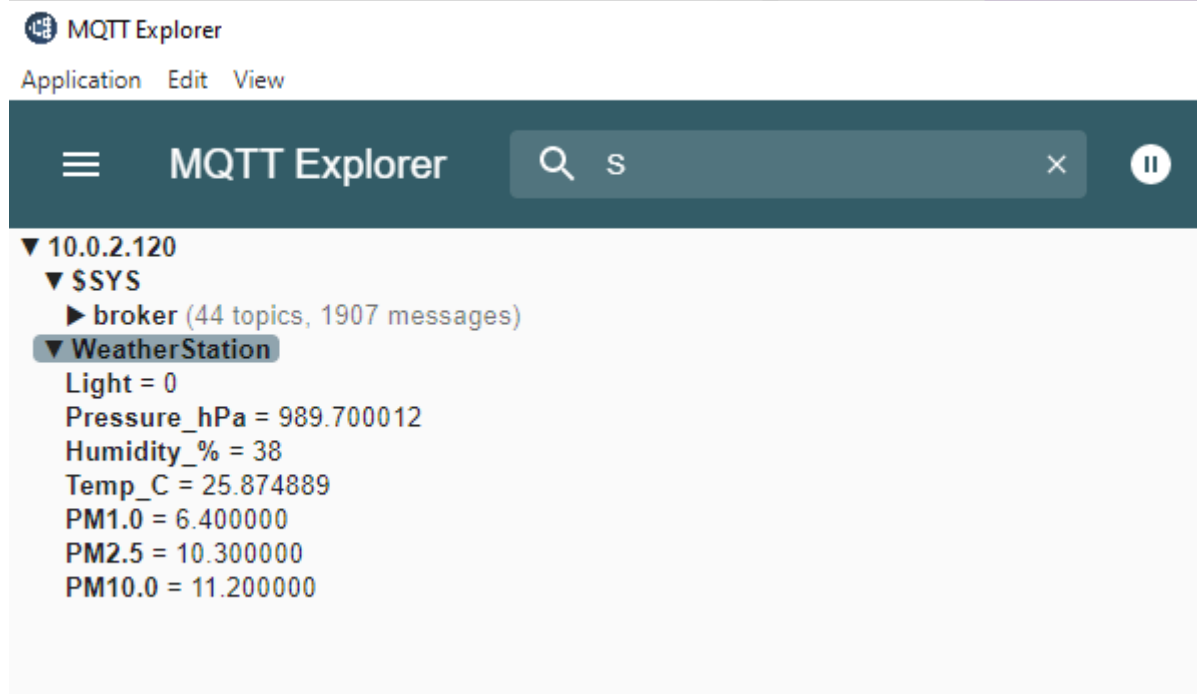
Działanie podczas wykonywania próbkowania przez PMS3003:



Po wykonaniu 10 próbek pomiarów PM i wyliczeniu z nich średniej (PMS3003 przechodzi w stan uśpienia):



Zrzut z MQTT Explorer z wynikami PM po próbkowaniu i obliczeniu średniej próbek:



Autorzy projektu:

Michał Pasięka, Michał Miksiewicz

Opiekun projektu:

mgr Radosław Gołąb

Data ukończenia:

23.01.2024r.