



Kierunek: Elektronika i Telekomunikacja
Specjalność: Teleinformatyka

Praca dyplomowa inżynierska

Stacja meteorologiczna oparta o ESP8266

Damian Zaręba
Nr albumu 8389

Promotor:
dr inż. Tadeusz Leszczyński

Mława 2019r.

Spis treści

Spis treści	2
1 Wstęp	3
2 Elementy składowe projektu	4
2.1 ESP8266EX	4
2.2 BME280	9
2.3 PMS7003	11
3 Wykorzystane protokoły komunikacyjne	13
3.1 I ² C	13
3.2 UART	13
4 Schemat funkcjonalny	14
5 Schemat elektryczny	15
6 Kod źródłowy	16
7 Opis anemometru	17
8 Infografika	18
Spis rysunków	19
Spis tabel	20
Bibliografia	21
9 Streszczenie	22

1. Wstęp

Celem pracy jest zaprojektowanie i zrealizowanie stacji meteorologicznej opartej o mikroprocesor ESP8266, złożonej z kilku modułów. Aby zrealizować założony cel, zrealizowane zostały następujące zadania:

- Zaprojektowanie i wykonanie płyty głównej z mikrokontrolerem ESP8266EX dla przetwarzania informacji z sensorów oraz sterowania zasilaniem całego urządzenia;
- Zaprojektowanie i wykonanie anemometru do pomiaru kierunku i prędkości wiatru ze względów na koszty, ponieważ gotowe są zbyt drogie w stosunku do reszty;
- Zaimplementowanie sensora firmy BOSCH o nazwie BME280, który służy do odczytu temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza;
- Zaimplementowanie czujnika firmy PLANTOWER o nazwie PMS7003, który mierzy ilość pyłu zawieszonego w powietrzu, o wielkości PM1.0, PM2.5 oraz PM10, mierzone w $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

W kolejnych rozdziałach pracy przedstawiono schemat blokowy urządzenia oraz ogólny opis poszczególnych modułów wykorzystanych do zbudowania tego urządzenia, wliczając w to charakterystyki głównych komponentów dla każdego modułu. Udokumentowane zostało m.in. konfiguracja środowiska, które zostało wykorzystane do stworzenia tego projektu.

Przeanalizowano szczegółowo schemat urządzenia, a konkretnie płyty głównej, sekcji zasilania dla wykorzystanych sensorów oraz innych elementów niezbędnych do realizacji projektu. Poddana dokładnej analizie będzie każda z części schematu, takie jak sekcja zasilania czy połączeniowa między płytą główną a sensorami.

Przedstawiono i opisano algorytmy oraz kod źródłowy programu sterującego stacją pogodową oraz omówiono protokoły komunikacyjne. Wykonuje on wiele zadań, m.in. odczytuje dane z sensorów czy kontroluje układy zasilania poszczególnych części.

W przedostatnim rozdziale przedstawiono krótko projekt anemometru służącego do pomiaru prędkości i kierunku wiatru. Omówiony i opisany został schemat blokowy anemometru i jego elektryczna reprezentacja.

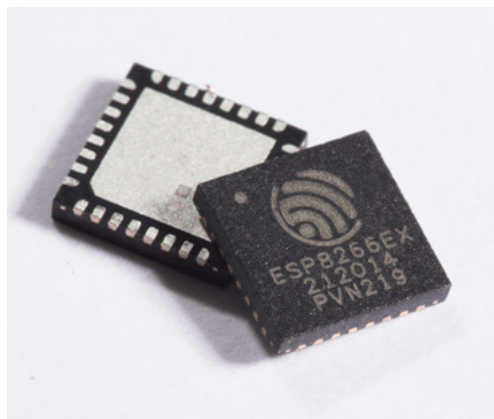
W ostatnim rozdziale przedstawione zostały wyniki badań wykonanego modelu stacji pogodowej.

2. Elementy składowe projektu

2.1 ESP8266EX

ESP8266EX to mikroukład z pełnym stosem TCP/IP oraz mikrokontrolerem wyprodukowanym przez Espressif w Szanghaju, Chiny.

Istnieje jego odmiana o nazwie ESP8285 z 1 MiB wbudowanej pamięci typu flash, co umożliwiło wykorzystanie go jako pojedynczego układu zdolnego do podłączenia się do sieci Wi-Fi, po podłączeniu zasilania. W odróżnieniu od rodziny mikrokontrolerów AVR nie może być zasilany napięciem 5V, jedynie 3.3 wolta.



Rysunek 2.1: Zdjęcie przedstawiające układ ESP8266EX

Źródło: [3]

ESP8266EX [1] posiada 32 bitowy procesor oparty o rdzeń Xtensa Diamond Standard 106Micro (LX106) firmy Tensillica o nominalnej wartości zegara wynoszącym 80 MHz. Charakteryzuje się on następującymi funkcjami:

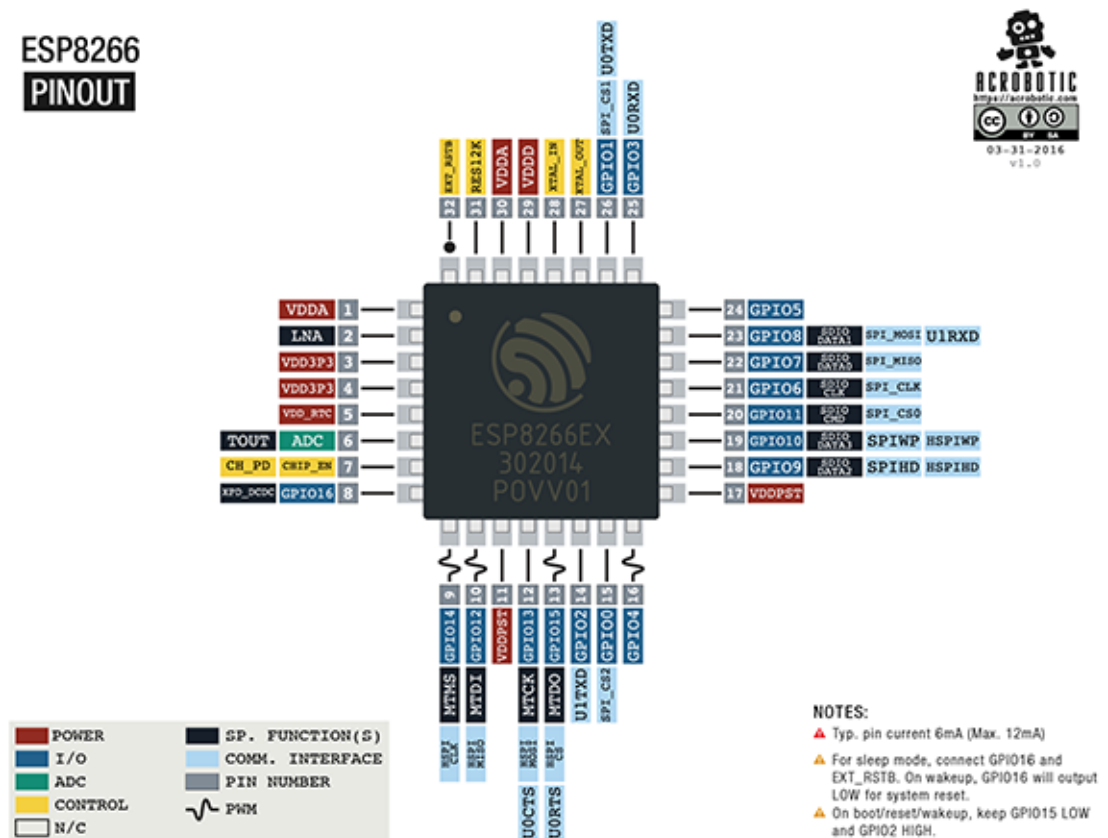
- 16 pinów GPIO
- SPI
- I²C (programowa implementacja)
- I²S z funkcją Direct Memory Access (współdzielili piny z GPIO)
- UART na wyznaczonych pinach GPIO oraz dodatkowy UART na GPIO2 służący jedynie do wysyłania danych
- 10-bitowy ADC oparty o sukcesywną aproksymację.

- Wbudowana obsługa Wi-Fi o standardach b/g/n według IEEE 802.11 z wbudowanym przełącznikiem TR,LNA,Balunem, wzmacniaczem mocy oraz siecią dopasowującą oraz możliwością podłączenia się lub tworzenia sieci z zabezpieczeniami WEP lub WPA/WPA2

Pamięć ulotna tego mikrokontrolera jest podzielona w następujący sposób :

- 32 KiB RAM dla instrukcji
- 32 KiB RAM typu cache dla instrukcji
- 80 KiB RAM dla danych użytkownika
- 16 KiB RAM typu ETS dla danych "systemowych"

Obsługuje pamięć nieulotną typu flash po protokole SPI do pojemności 16 MiB, choć zazwyczaj korzysta się z pamięci o rozmiarach 512 KiB lub 4 MiB.



Rysunek 2.2: Zdjęcie przedstawiające wyprowadzenia dla układu ESP8266EX

Źródło: [4]

Układ ESP8266EX posiada kilka linii zasilania:

- 2x VDDA (Zasilanie sekcji analogowej)- 2.5 wolt do 3.6 wolt
- VDDD (To samo, co VDDA) - 2.5 wolt do 3.6 wolt.
- 2x VDD3P3 (Zasilanie wzmacniacza sygnału Wi-Fi) - 2.5 wolt do 3.6 wolt.
- 2x VDDPST (Zasilanie sekcji cyfrowej i wejść/wyjść) - 1.8 wolt do 3.6 wolt.

Używa się pinów GPIO2, GPIO0 oraz GPIO15/MTDO dla ustawienia trybu uruchamiania układu.

	GPIO0	GPIO2	GPIO15
Tryb programowania	L	H	L
Uruchamianie z pamięci flash	H	H	L
Uruchamianie z karty SD	X	X	H

Tabela 2.1: Tabela przedstawiająca tryby uruchamiania dla układu ESP8266EX

Źródło: [2]

ESP8266EX obsługuje 14 kanałów w łączności Wi-Fi

Numer kanału	Częstotliwość [MHz]
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472
14	2484

Tabela 2.2: Tabela przedstawiająca dostępne kanały łączności Wi-Fi dla układu ESP8266EX

Źródło: [2]

Maksymalny pobór prądu przez sam układ, nie licząc łączności Wi-Fi wynosi 12mA. Pobór wzrasta w zależności od mocy transmisji lub odbioru pakietów za pomocą Wi-Fi. Pomiary były wykonane dla napięcia 3 wolt w temperaturze 25°C. Wszystkie pomiary przesyłu danych były bazowane na 50% długości cyklu

Parametry łączności	Minimalny	Typowy	Maksymalny	Jednostka
TX 802.11b CCK 11 Mbps $P_{OUT} = +15 \text{ dBm}$	-	170	-	mA
TX 802.11g OFDM 54 Mbps $P_{OUT} = +17 \text{ dBm}$	-	140	-	mA
TX 802.11n MCS7 $P_{OUT} = +13 \text{ dBm}$	-	120	-	mA
RX 802.11b 1024 bajtów -80 dBm	-	50	-	mA
RX 802.11g 1024 bajtów -70 dBm	-	56	-	mA
RX 802.11n 1024 bajtów -65 dBm	-	56	-	mA

Tabela 2.3: Tabela przedstawiająca pobór mocy dla łączności Wi-Fi przez ESP8266EX

Źródło: [2]

2.2 BME280

BME280 to sensor temperatury, wilgotności i ciśnienia wykonany przez firmę Bosch. Jego rozmiary to 2.5 milimetra na 2.5 milimetra w obudowie typu LGA (Land Grid Array). Komunikuje się z mikrokontrolerem za pomocą protokołu I²C (Do 3.4 MHz) lub SPI (3 lub 4 przewodowego, do 10 MHz)



Rysunek 2.3: Zdjęcie przedstawiające układ BME280

Źródło: [6]

Zasilany jest w projekcie napięciem 3.3V, choć jego specyfikacja podaje, że pin zasilania VDD samego układu toleruje napięcia od 1.71 volt do 3.6 volt, a pin zasilania wejść/wyjść VDDIO od 1.2 volt do 3.6 volt.



Rysunek 2.4: Zdjęcie przedstawiające moduł zawierający BME280, komunikujący się przez protokół I²C

Źródło: [7]

Pobiera w zastosowanej aplikacji około $3.6\mu\text{A}$, czyli pomiaru wilgotności, ciśnienia i temperatury z częstotliwością 1 Hz, choć może być niższy, ponieważ pomiary będą dokonywane rzadziej, około co pół godziny lub godzinę, w zależności od wymagań. Będzie możliwość ustawienia tego w kodzie źródłowym programu dla tej aplikacji.

Kluczowe parametry sensora wilgotności:

- Czas odpowiedzi ($\tau_{63\%}$) wynosi 1 sekundę
- Tolerancja dla dokładności pomiaru wynosi $\pm 3\%$ relatywnej wilgotności
- Histereza pomiaru wynosi $\pm 1\%$ relatywnej wilgotności

Kluczowe parametry części pomiarowej dla ciśnienia:

- Średni poziom szumów wynosi 0.2 Pa, co jest odpowiednikiem dla 1.7 cm
- Współczynnik odchylenia temperaturowego wynosi $\pm 1.5\text{ Pa/K}$, co jest równoważne dla $\pm 12.6\text{ cm}$ przy zmianie temperatury o 1°C

2.3 PMS7003

Sensor PMS7003 służy do pomiaru ilości cząsteczek w powietrzu o gradacji PM1.0, PM2.5 oraz PM10 (odpowiednio: cząsteczki o średnicy około $1\mu\text{m}$, $2.5\mu\text{m}$ oraz $10\mu\text{m}$). Powszechnie korzysta się z niego do pomiaru jakości powietrza. Wykorzystuje on do tego laserowy czujnik pyłków.

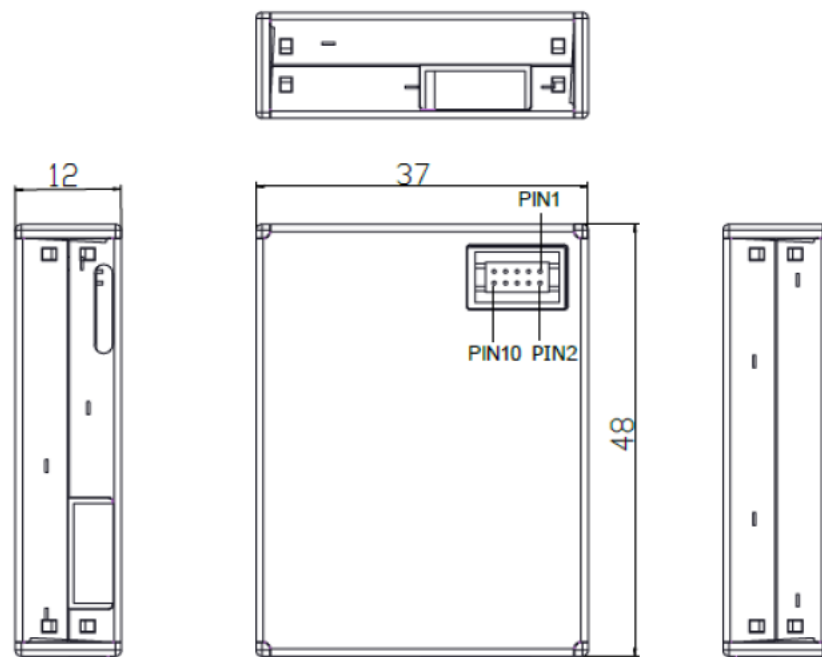


Rysunek 2.5: Zdjęcie przedstawiające moduł PMS7003, komunikujący się przez protokół UART

Źródło: [9]

Czujnik ten charakteryzuje się następującymi parametrami:

- Pojedynczy czas odpowiedzi wynosi mniej niż 1s
- Całkowity czas odpowiedzi wynosi do 10 sekund
- Zasilany jest napięciem 5 wolt
- Pobór prądu podczas pomiarów wynosi do 100 mA
- Stały pobór prądu, kiedy czujnik nie wykonuje pomiaru wynosi do 200 μA
- Napięcie operacyjne dla przesyłu i odbioru danych to 3.3 wolta.
- Pracuje w temperaturze od -10 do +60 stopni Celcjusza.
- "Pojemność" czujnika wynosi 0.1L



Rysunek 2.6: Zdjęcie przedstawiające wyprowadzenia czujnika PMS7003

Źródło: [8]

Lista wyprowadzeń tego sensora jest następująca:

Wyprowadzenia PMS7003		
Pin 1	VCC	Zasilanie 5V
Pin 2	VCC	Zasilanie 5V
Pin 3	GND	Masa zasilania
Pin 4	GND	Masa zasilania
Pin 5	RESET	Pin resetu modułu
Pin 6	NC	-
Pin 7	RX	Pin odbierania danych
Pin 8	NC	-
Pin 9	TX	Pin wysyłania danych
Pin 10	SET	Stan wysoki - normalna operacja Stan niski - uśpienie układu

Tabela 2.4: Tabela przedstawiająca listę wyprowadzeń modułu PMS7003

Źródło: [8]

3. Wykorzystane protokoły komunikacyjne

3.1 I²C

I²C [10] to protokół szeregowy zaprojektowany przez firmę Phillips Semiconductor, która dziś działa jako NXP Semiconductors w 1982 roku. Ma możliwość podpięcia wielu urządzeń w trybie *Master* oraz w trybie *Slave*. Istnieją dwie dodatkowe wersje I²C - SMBus (System Management Bus), wykorzystywany w komputerach klasy PC do zarządzania podzespołami oraz PMBus (Power Management Bus) - do kontroli urządzeń związanych z zasilaniem.

Wykorzystuje on dwie obustronne linie z otwartym kolektorem lub otwartym drenem, Serial Data Line (SDA) i Serial Clock Line (SCL), z rezystorami podciągającymi do zasilania. Zazwyczaj używa się napięć +5V lub +3.3V, ale inne napięcia są również dozwolone.

Magistrala I²C posiada kilka trybów prędkości:

- Low-speed - 10 kbit/s
- Standard - 100 kbit/s
- Fast - 400 kbit/s
- Fast mode plus (Fm+) - 1 Mbit/s
- High speed - 3.4 Mbit/s

Z tych najszybszych korzysta się w systemach wbudowanych a nie w komputerach osobistych.

Magistrala I²C posiada dwie ważne cechy - rozszerzanie zegara (Clock Stretching) oraz Arbitraż (Arbitration). Rozszerzanie zegara polega na tym, że urządzenie typu *Slave* może utrzymywać linię zegara SCL w stanie niskim po otrzymaniu lub wysłaniu bajtu informacji, która wskazuje, że nie jest jeszcze gotowe do przetwarzania kolejnej porcji danych. Urządzenie typu *Master* komunikujące się z danym modulem nie może wtedy zakończyć transmisji tylko musi czekać aż linia zegara SCL będzie w stanie wysokim. Jest to jedyna sytuacja, gdzie urządzenie typu *Slave* ma kontrolę nad linią zegara. Urządzenie typu *Master* musi odczekać dodatkowe 4 μs po prześciu linii SCL w stan wysoki zanim będzie mógł podciągnąć linię zegara do stanu niskiego.

Arbitraż natomiast polega na tym, że każde urządzenie typu *Master*

3.2 UART

UART (Universal asynchronous receiver-transmitter) [11]

4. Schemat funkcjonalny

5. Schemat elektryczny

6. Kod źródłowy

7. Opis anemometru

8. Infografika

Spis rysunków

2.1	ESP8266EX	4
2.2	ESP8266EX - opis wyprowadzeń	5
2.3	BME280	9
2.4	BME280 - Moduł	9
2.5	PMS7003	11
2.6	PMS7003 - pinout	12

Spis tabel

2.1	ESP8266EX - tryby uruchamiania	6
2.2	ESP8266EX - kanały Wi-Fi	7
2.3	ESP8266EX - pobór mocy przy łączności Wi-Fi	8
2.4	PMS7003 - Lista wyprowadzeń	12

Bibliografia

- [1] „ESP8266”, *Wikipedia*, Zebrane 3 marca 2019, <https://en.wikipedia.org/wiki/ESP8266>
- [2] Nota katalogowa ESP8266, *Espressif*, Zebrane 25 lutego 2019, https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf
- [3] Zdjęcie ESP8266EX, *alphamicrowireless.com* Zebrane 3 marca 2019, http://www.alphamicrowireless.com/media/562039/esp8266ex_370px.gif
- [4] Pinout ESP8266EX, *acrobotic.com*, Zebrane 3 marca 2019, https://learn.acrobotic.com/uploads/esp8266_pinout.png
- [5] Nota katalogowa BME280, *Bosch*, Zebrane 25 lutego 2019, https://ae-bst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BST-BME280-DS002.pdf
- [6] Zdjęcie przedstawiające układ BME280, *dnatechindia.com* Zebrane 3 marca 2019, <http://www.dnatechindia.com/image/cache/catalog/bme280%201-500x500.jpg>
- [7] Zdjęcie przedstawiające gotowy moduł z układem BME280, *gunook.com* Zebrane 3 marca 2019, <http://img.gunook.com/upload/a/1d/a1d0568812635b491d33f680db52a587.jpg>
- [8] Przetłumaczona nota katalogowa PMS7003, *github.com* Zebrane 26 lutego 2019, <https://raw.githubusercontent.com/eleparts/PMS7003/master/data%20sheet/PMS7003%20datasheet.pdf>
- [9] Zdjęcie sensora PMS7003, *amazon.com* Zebrane 3 marca 2019, https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/41KI%2BnbtAGL._SX342_.jpg
- [10] „I²C”, *Wikipedia* Zebrane 3 marca 2019, <https://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- [11] „Universal asynchronous receiver-transmitter”, *Wikipedia* Zebrane 3 marca 2019, https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_asynchronous_receiver-transmitter

9. Streszczenie