



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

<b>Spis treści</b>	<b>2</b>
<b>1 Wstęp</b>	<b>3</b>
<b>2 Elementy składowe projektu</b>	<b>4</b>
2.1 ESP8266EX . . . . .	4
2.2 BME280 . . . . .	9
2.3 PMS7003 . . . . .	11
<b>3 Wykorzystane protokoły komunikacyjne</b>	<b>13</b>
3.1 I <sup>2</sup> C . . . . .	13
3.2 UART . . . . .	17
<b>4 Schemat funkcjonalny</b>	<b>19</b>
<b>5 Schemat elektryczny</b>	<b>20</b>
<b>6 Kod źródłowy</b>	<b>21</b>
<b>7 Opis anemometru</b>	<b>22</b>
<b>8 Infografika</b>	<b>23</b>
<b>Spis rysunków</b>	<b>24</b>
<b>Spis tabel</b>	<b>25</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>26</b>
<b>9 Streszczenie</b>	<b>27</b>

## 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.

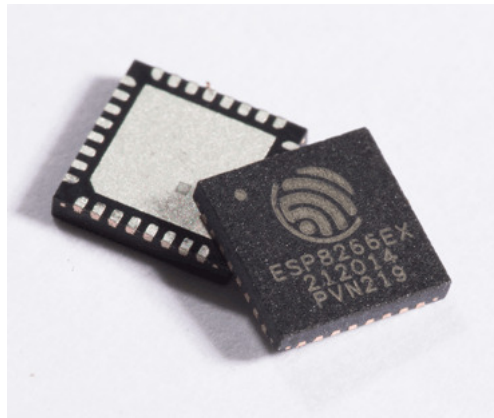
W ostatnim rozdziale przedstawione zostały wyniki badań wykonanego modelu stacji pogodowej.

## 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:

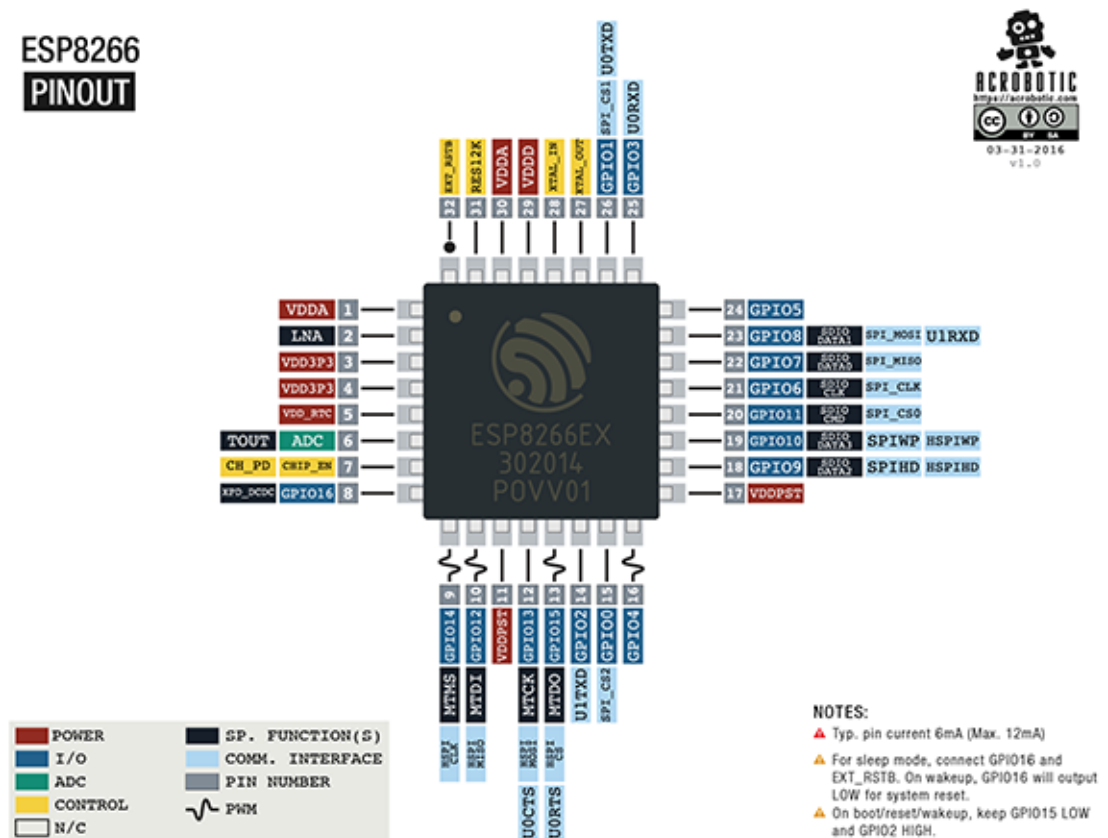
- 16 pinów GPIO
- SPI
- I<sup>2</sup>C (programowa implementacja)
- I<sup>2</sup>S z funkcją Direct Memory Access (współdzielili piny z GPIO)
- UART na wyznaczonych pinach GPIO oraz dodatkowy UART na GPIO2 służący jedynie do wysyłania danych
- 10-bitowy ADC oparty o sukcesywną aproksymację.

- 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
<b>Tryb programowania</b>	L	H	L
<b>Uruchamianie z pamięci flash</b>	H	H	L
<b>Uruchamianie z karty SD</b>	X	X	H

Tabela 2.1: Tabela przedstawiająca tryby uruchamiania dla układu ESP8266EX

*Źródło: [2]*

ESP8266EX obsługuje 14 kanałów w łączności Wi-Fi

<b>Numer kanału</b>	<b>Częstotliwość [MHz]</b>
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

<b>Parametry łączności</b>	<b>Minimalny</b>	<b>Typowy</b>	<b>Maksymalny</b>	<b>Jednostka</b>
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 I<sup>2</sup>C (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 wolt do 3.6 wolt, a pin zasilania wejść/wyjść VDDIO od 1.2 wolt do 3.6 wolt.



Rysunek 2.4: Zdjęcie przedstawiające moduł zawierający BME280, komunikujący się przez protokół I<sup>2</sup>C

*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  $1^\circ\text{C}$

### 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.

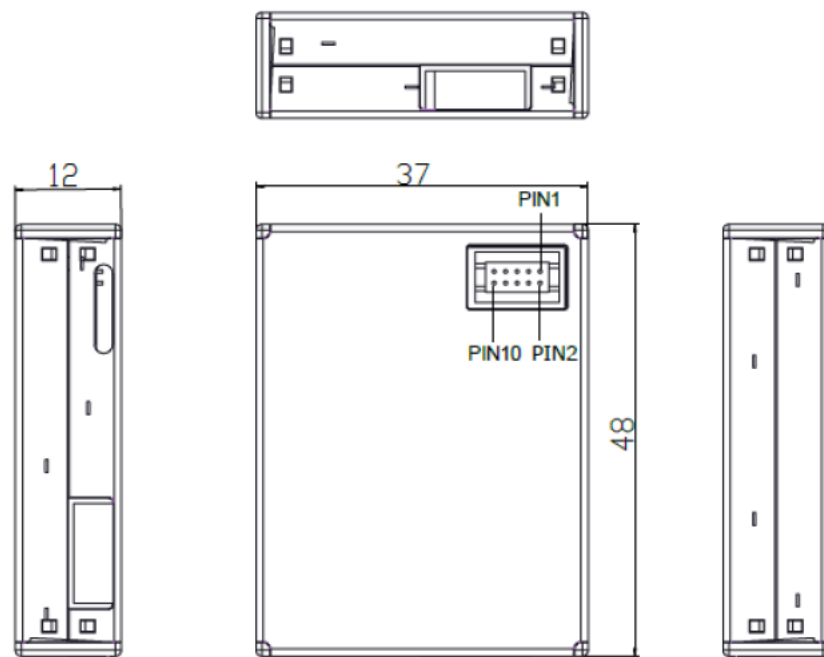


Rysunek 2.5: Zdjęcie przedstawiające moduł PMS7003, komunikujący się przez protokół UART

*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  $\mu\text{A}$
- 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 I<sup>2</sup>C

I<sup>2</sup>C [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 I<sup>2</sup>C - 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 I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 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  $\mu$ s po prześciu linii SCL w stan wysoki zanim będzie mógł podciągnąć linię zegara do stanu niskiego.

Magistrala I<sup>2</sup>C posiada deterministyczny system arbitrażu. Arbitraż polega na tym, że każde urządzenie typu *Master* monitoruje linię, wyszukując bitów START i STOP i nie zaczyna komunikacji, póki linie są zajęte przez inne urządzenia typu *Master*. Jednakże, dwa urządzenia typu *Master* mogą zacząć transmisję w tym samym czasie - wtedy następuje arbitraż. Każdy transponder sprawdza poziom linii danych (SDA) i porównuje do oczekiwanego; jeśli się nie zgadza to urządzenie transmitujące traci arbitraż i wyłącza się z danej interakcji z protokołem I<sup>2</sup>C.

Status zajętości magistrali oraz bitów START i STOP.

Typ	Linia Nieaktywna (N)	Start (S)	Oczekiwanie (I)	Stop (P)	Rozszerzanie zegara (CS)
Opis	Arbitraż wolny do zajęcia	Zajmowanie linii (Master)	Linia zajęta (Master)	Zwalnianie linii (Master)	Zastopowanie (Slave)
SDA	Podciąganie pasywne	Zbocze opadające (Master)	Stan niski (Master)	Zbocze wzrastające (Master)	Nie ma znaczenia
SCL	Podciąganie pasywne	Podciąganie pasywne	Pasywne podciąganie	Pasywne podciąganie	Stan niski (Slave)

Tabela 3.1: Tabela przedstawiająca stany zajętości linii w magistrali I<sup>2</sup>C

Źródło: [10]

Typ	Wysłanie jednego bitu danych (1) (0) (Linia SDA jest ustawiona po SCL w celu uniknięcia wykrycia fałszywego stanu linii) Ustawienie bitów (Bs)		Odpowiedź odbiorcy za pomocą bitu ACK (Bajt odebrany od nadawcy) Ustawienie bitów (Bs)      ACK (A)		Odpowiedź odbiorcy za pomocą bitu NACK (Bajt nie odebrany od nadawcy) Ustawienie bitów (Bs)      NACK(A')	
	Gotowość do próbkowania (Bx)					
Opis	Nadawca ustawia bit (Master/Slave)	Odbiora próbuje bit (Master/Slave)	Nadawca ustawia stan wysokiej impedancji	Nadawca widzi linię SDA jako w stanie niskim	Nadawca ustawia stan wysokiej impedancji	Nadawca widzi stan wysoki
SDA	Ustawia bit (Po opadnięciu SCL)	Odbiera bit (Po wzroście SCL)	Utrzymane w stanie niskim (Po opadnięciu SCL)		Sterowane stanem wysokim (Lub pasywnie wysokim) przez odbiorcę (Po opadnięciu SCL)	
SCL	Opadające zbocze (Master)	Wzrastające zbocze (Master)	Opadające zbocze (Master)	Wzrastające zbocze (Master)	Opadające zbocze (Master)	Wzrastające zbocze (Master)

Tabela 3.2: Tabela przedstawiająca stany linii w magistrali I<sup>2</sup>C przy wymianie informacji między odbiorcą a nadawcą

Źródło: [10]

Magistrala I<sup>2</sup>C posiada 7 bitową adresację oraz 10 bitową adresację, która jest wykorzystywana jako rozszerzenie podstawowej, 7 bitowej adresacji. 7 bitowa adresacja posiada 2 zarezerwowane grupy adresów - 0000 XXX oraz 1111 XXX:

- 0000 000 0 - Generalne odwołanie
- 0000 000 1 - bajt START
- 0000 001 X - Adres CBUS
- 0000 010 X - Zarezerwowane dla innego formatu magistrali
- 0000 011 X - Zarezerwowane na przyszły użytek
- 0000 1XX X - Kod trybu High Speed
- 1111 1XX 1 - Kod identyfikacyjny urządzenia
- 1111 0XX X - 10 bitowa adresacja urządzenia typu *Slave*

7-bitowa adresacja składa się z 7 bitów identyfikacji oraz ósmego bitu - oznaczenia zapisu/odczytu danych. Długość części MSB to 4 bity, a LSB - 3 bity.

Pole	S	Adres I <sup>2</sup> C								R/W	A	Sekwencje danych I <sup>2</sup> C	P
Typ	START	Pierwszy bajt								0	ACK	Kolejny bajt itd. Dalsze wiadomości zapisu lub odczytu idą tutaj.	STOP
Pozycja bitu w bajcie X		7	6	5	4	3	2	1					
Pozycja 7-bitowego adresu		7	6	5	4	3	2	1					
Opis		MSB				LSB				0 = Zapis 1 = Odczyt			

Tabela 3.3: Tabela przedstawiająca strukturę 7-bitowej adresacji w magistrali I<sup>2</sup>C

Źródło: [10]

10-bitowy adres jest podzielony na 2 segmenty - górny i dolny, które są poprzedzone specjalnym adresem, który komunikuje, że wykorzystywana jest 10-bitowa adresacja w magistrali - *1111 0XX X*.

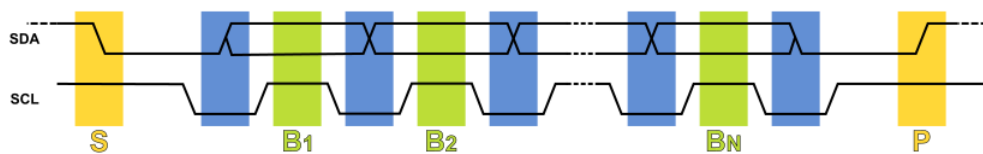
Pole:	S	Wskaźnik 10-bitowej Adresacji					Górny adres		R/W	A	Dolny adres								Sekwencja danych I <sup>2</sup> C		P
Typ	START	Pierwszy bajt								ACK	Drugi bajt								Bajty X itd. Reszta zapisywanych Lub odczytywanych Wiadomości trafia tutaj.	STOP	
Pozycja bitu W bajcie X		7	6	5	4	3	2	1	0		7	6	5	4	3	2	1	0			
Wartość bitu		1	1	1	1	0	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X			
Pozycja 10-bitowego Adresu							10	9			8	7	6	5	4	3	2	1			
Opis		Wskaźuje 10-bitową Adresację					MSB		0 = Zapis 1 = Odczyt		LSB										

Rysunek 3.1: Tabela przedstawiająca strukturę 10-bitowej adresacji w magistrali I<sup>2</sup>C

Źródło: [10]

Przebieg czasowy protokołu I<sup>2</sup>C wygląda następująco:

1. Przesył danych jest inicjowany za pomocą bitu START (S) zasygnalizowane przez podciągnięcie linii SDA w stan niski, kiedy linia SCL jest w stanie wysokim;
2. Linia SCL jest podciągnięta do stanu niskiego, a linia SDA ustawia poziom pierwszych bitów danych utrzymując linię SCL w stanie niskim (cała długość niebieskiego prostokąta);
3. Dane są próbkowane (odbierane) kiedy linia SCL jest w stanie wzrastającego zbocza dla pierwszego bitu. Żeby bit był poprawny, SDA nie może zmienić swojego stanu między wzrastającym zboczem linii SCL oraz następującym opadem zbocza (cała długość zielonego prostokąta);
4. Powyższa czynność jest powtarzana dla każdego kolejnego bitu;
5. Ostatni bit jest poprzedzony pulsem zegarowym, podczas którego linia SDA jest podciągnięta do stanu niskiego do przygotowania się do bitu STOP;
6. Bit STOP (P) jest sygnałowany kiedy linia SCL wzrasta, poprzedzona wzrastaniem linii SDA.



Rysunek 3.2: Obrazek przedstawiający diagram czasowy w magistrali I<sup>2</sup>C

Źródło: [10]



### 3.2 UART

UART (Universal asynchronous receiver-transmitter) [11] to asynchroniczna, szeregową magistrala komunikacyjna, w której format danych oraz prędkość przesyłu informacji jest konfigurowalna. Poziomy logiczne sygnałów oraz metody są kontrolowane przez zewnętrzną elektronikę podłączoną do kontrolera UART. Podobny protokół, USART (Universal synchronous and asynchronous receiver-transmitter) wspiera komunikację synchroniczną.

UART bierze bajty danych i przesyła indywidualne bity sekwencyjnie. W miejscu docelowym, urządzenie odbiorcze UART "buduje" dane na nowo z przybyłych bitów informacji w całe bajty. Każdy układ UART zawiera rejestr przesuwany, który odpowiada za przetwarzanie informacji między równoległą a szeregową formą danych. Komunikacja może odbywać się w jednym z 3 trybów:

- *Simplex* - Tylko w jedną stronę, bez nadzoru dla urządzenia odbiorczego do wysyłu danych zwrotnych do urządzenia transmitującego;
- *Half duplex* - Urządzenia zmieniają się miejscami przy przesyłaniu danych - raz jedno wysyła, raz drugie;
- *Full duplex* - Urządzenia wysyłają i odbierają dane w tym samym czasie.

W stanie oczekiwania, kiedy nie są wysyłane dane, linie są w stanie logicznym wysokim. Jest to pozostałość historyczna z telegrafów, gdzie linia była utrzymywana w stanie wysokim, żeby pokazać, iż linia i transponder nie były uszkodzone. Każda część informacji jest opakowana jako bit START (logiczne 0), bity danych, opcjonalnie bit parzystości oraz jeden lub kilka bitów STOP.



Rysunek 3.3: Obrazek przedstawiający diagram czasowy w magistrali UART

Źródło: [11]

Bit START sygnalizuje urządzenie odbiorcze o tym, że nowa część informacji nadchodzi. Kolejne 5 do 9 bitów, w zależności od kodu który przyjęto, reprezentuje tę część danych. Jeśli bit parzystości został użyty, będzie umieszczony po wszystkich bitach danych. Kolejne 1 lub 2 bity zawsze są w oznaczonej pozycji (Logiczna jedynka) i nazwane bitem (lub bitami) STOP. Informują one moduł odbiorczy o tym, że ciąg znaków został ukończony.

UART składa się z kilku kluczowych elementów oraz ewentualnych, opcjonalnych dodatków, które rozszerzają możliwości magistrali w różny sposób. Urządzenie do obsługi protokołu UART wymaga:

- Generator sygnału zegara, zazwyczaj wielokrotność prędkości przesyłu danych dla umożliwienia próbkowania w środku czasu trwania bitu;
- Wejściowe i wyjściowe rejestry przesuwne;
- Kontrola przesyłu/odbioru danych;
- Logika kontrolująca zapis/odczyt danych.

Dodatkowo, można wyposażać protokół w dodatkowe bloki funkcyjne, takie jak:

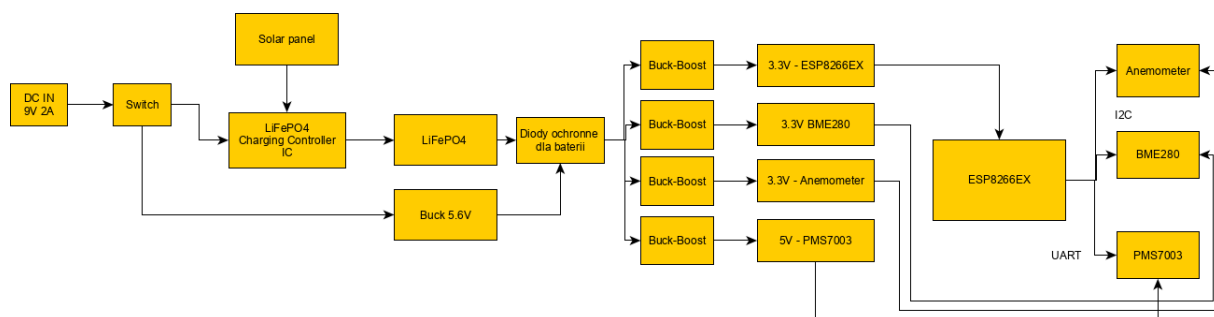
- Bufory przesyłu/odbioru danych;
- Bufor magistrali danych systemowych;
- Bufor pamięci typu FIFO (First-in, first-out);
- Sygnały potrzebne dla zewnętrznego kontrolera DMA (Direct Memory Access);
- Zintegrowana magistrala zarządzająca kontrolerem DMA.

UART posiada kilka specjalnych zdarzeń, które mogą wystąpić podczas transmisji. Są to:

- Błąd przekroczenia (Overrun error) - Odbiornik nie może przetworzyć znaku który przybył przed kolejnym znakiem, który nadchodzi;
- Błąd niedociągnięcia (Underrun error) - Nadajnik skończył wysyłać dane i bufor przesyłu jest pusty;
- Błąd obramowania (Framing error) - Urządzenie nie "widzi" bitu STOP w oczekiwanym czasie jego występowania;
- Błąd parzystości (Parity error) - Bit parzystości nie zgadza się między odbiornikiem a nadajnikiem;
- Zerwanie transmisji (Break condition) - Wejście odbiornika jest w „odstępie” (Stan niski) dłużej niż przewidywany czas oczekiwania, zazwyczaj dłużej niż długość znaku.

## 4. Schemat funkcjonalny

Zaprojektowane i wykonane urządzenie składa się z 3 głównych części - Dwóch różnych, wybieranych przez użytkownika źródeł zasilania (Zasilaczem lub baterią), sekcji zasilania mikrokontrolera i sensorów, oraz samego ESP8266EX i połączeń do wyprowadzeń dla czujników. Zasilanie jest czterokanałowe dla zapewnienia stabilności napięcia dla każdego ważnego układu w projekcie. Przełącznik pozwala na przełączanie między ładowaniem baterii a zasilaniem całej płyty głównej. Panel słoneczny jest bezpośrednio podłączony do kontrolera ładowania.



Rysunek 4.1: Obrazek przedstawiający schemat blokowy urządzenia

*Źródło: Opracowanie własne*

Wykorzystano baterię LiFePO4, które pozwalają na bardziej wydajną pracę od Li-Ion czy LiPo w temperaturach poniżej zera, ponieważ jedynie tracą około 10% pojemności niżej zera stopni Celsjusza, nie 30+ % jak Li-Ion czy LiPo. Wykorzystano przetwornice DC-DC typu buck-boost (push-pull) dla stabilizacji napięć z baterii LiFePO4. Mimo dużej ilości zakłóceń generowanych przez przetwornice DC-DC, posiadają o wiele wyższą sprawność od liniowych kontrolerów napięć. Dioda Schottky między baterią a przetwornicami uniemożliwi ładowania baterii napięciem 5.6V z kontrolera DC-DC który służy do zasilania całego układu przy odpowiednim ustawieniu przełącznika w tryb zasilania.

## **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
3.1	I <sup>2</sup> C - Struktura 10-bitowego adresu . . . . .	15
3.2	I <sup>2</sup> C - Diagram czasowy . . . . .	16
3.3	UART - Diagram czasowy . . . . .	17
4.1	Schemat blokowy . . . . .	19



# 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
3.1	I <sup>2</sup> C - Stany zajętości magistrali . . . . .	14
3.2	I <sup>2</sup> C - Stany magistrali przy przesyłaniu danych . . . . .	14
3.3	I <sup>2</sup> C - Struktura 7-bitowego adresu . . . . .	15

## 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](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](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](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](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](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/41KI%2BnbtAGL._SX342_.jpg)
- [10] „I<sup>2</sup>C”, *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](https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_asynchronous_receiver-transmitter)

## **9. Streszczenie**