



Moduł Pomiaru Parametrów Wiatru

*Pomiar prędkości, kierunku wiatru oraz temperatury
z interfejsem RS485*

Cezary Klimasz

cezary.klimasz@gmail.com

Wiadomości podstawowe

Moduł Pomiaru Parametrów Wiatru rejestruje prędkość, kierunek wiatru oraz temperaturę powietrza. System składa się z dwóch części: mechanicznej oraz elektrycznej. W skład części mechanicznej wchodzi anemometr oraz wiatrowskaz. Czujniki wbudowane w część mechaniczną rejestrują prędkość oraz kierunek wiatru. Część elektroniczna odbiera dane z czujników, przetwarza je oraz udostępnia poprzez **magistralę RS485**. Poniżej zamieszczono tabelę parametrów technicznych.

POMIAR PRĘDKOŚCI	
Czujnik	<i>kontaktron</i>
Zakres pomiarowy	$0 - 30^m/s$
POMIAR KIERUNKU	
Czujnik	<i>analogowe czujniki halla</i>
Zakres pomiarowy	<i>8 kierunków: (N, NW, NE, SE, SW, S, W, E) Możliwość rozszerzenia do rozdzielczości 10°</i>
POMIAR TEMPERATURY	
Czujnik	<i>cyfrowy – 1Wire</i>
Zakres pomiarowy	$-10^{\circ} \div 85^{\circ}$
Dokładność	$0,5^{\circ}$
INNE PARAMETRY	
Mikrokontroler	<i>ATmega16 lub ATmega32</i>
Zasilanie	<i>DC 6÷12V</i>
Interfejs	<i>RS485, full duplex</i>
Protokół komunikacyjny	<i>MODBUS (ASCII)</i>

Tabela 1. Parametry układu pomiarowego

Miernik wiatru składa się z czujnika prędkości wiatru – anemometru oraz czujnika kierunku wiatru. Czujnikiem prędkości wiatru jest **kontaktron**. Każdy obrót wiatraczka generuje jeden impuls. Czujnikami pomiaru kierunku są cztery analogowe **czujniki halla** umieszczone w odstępach co 90°. Na osi wiatrowskazu umieszczono mały magnes, co pozwala na detekcję pola magnetycznego. Czujniki halla przekazują napięcie wprost proporcjonalne do przyłożonego pola i na tej podstawie wnioskuje się o kierunku wiatru.

Obudowa części mechanicznej wykonana jest z białego plastyku, posiada zabezpieczenia przeciw wilgoci.

Zasada działania

Sygnały z części mechanicznej przekazywane są do modułu mikrokontrolerowego. Kontroler zlicza impulsy z kontaktronu i przelicza je na jednostkę prędkości. Dodatkowo sygnały analogowe z czujników halla trafiają na przetwornik ADC mikrokontrolera, następnie pomiar przeliczany jest na jednostkę cyfrową i określany jest kierunek wiatru. Temperatura mierzona jest za pomocą czujnika cyfrowego, którego lokalizację może określić użytkownik.

Dane pomiarowe dostępne są poprzez interfejs RS485 przy użyciu protokołu MODBUS w wersji ASCII.

Szczegółowy opis systemu pomiarowego

MODUŁ MIKROKONTROLEROWY

System pomiarowy oparty jest o mikrokontroler **ATmega16** rodziny **AVR** w wersji *SMD*. Mikrokontroler taki posiada **16kB pamięci Flash**, **przetwornik ADC**, **dwa Timery**, obsługę interfejsów: **RS232**, **SPI**, **I²C(TWI)** etc. Do komunikacji z siecią *RS485* użyto konwertera firmy **MAX3080** firmy *Maxim*. Układ ten jest bardzo szybkim transceiverem **RS485/RS422**. Posiada wejście *DE (Drive Enable)* ustawiające układ w stan wysokiej impedancji w przypadku otwartego nadajnika. Ze względu na bezpieczeństwo układ wyposażony jest w zabezpieczenie przeciwprzepięciowe *ESD* do *15kV* oraz zabezpieczenie *EMI* redukujące odbicia spowodowane niewłaściwymi połączeniami na magistrali. Do mikrokontrolera podłączony jest czujnik temperatury **DS18B20** (komunikacja za pomocą szyny *1-Wire*). Chcąc zabezpieczyć moduł pomiarowy przed błędami występującymi w przypadku spadku napięcia zasilania wyposażono go w układ automatycznego resetu – **DS1813**.

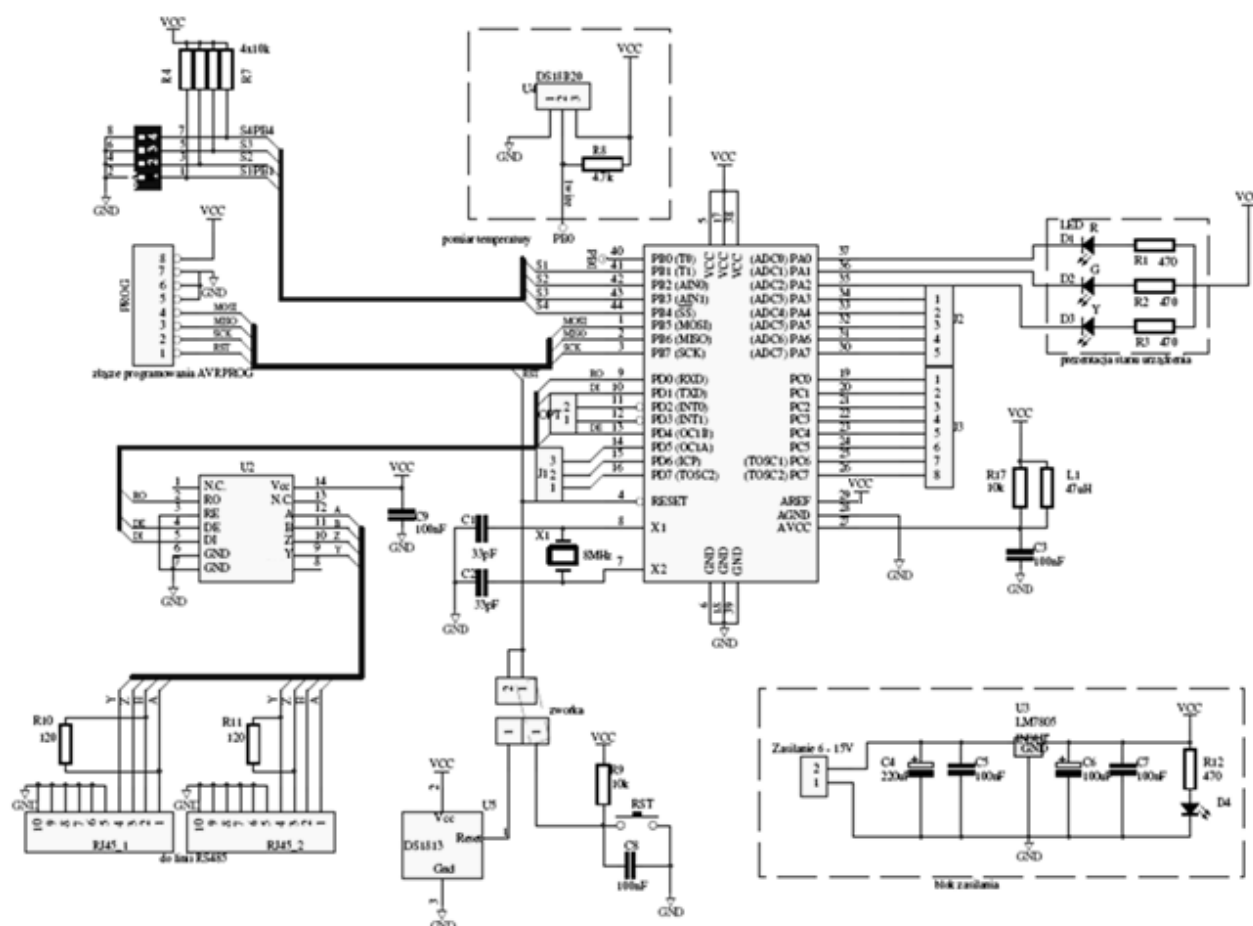
System pomiarowy posiada **diody LED** prezentujące stan urządzenia. Dioda *D4* (czerwona) sygnalizuje podłączenie zasilania do układu. Z kolei diody *D1* (czerwona), *D2* (zielona), *D3* (żółta) sygnalizują stan urządzenia na magistrali RS485. W stanie gotowości świeci się dioda *D2*. W

przypadku transmisji na magistrali miga dioda *D3*. W przypadku otrzymania błędnej ramki (błąd LRC) sygnalizowane jest to diodą *D1*.

Urządzenie posiada możliwość ręcznego ustawienia adresu 4-bitowego na magistrali RS485 za pomocą przełączników **DIP-Switch**. Ustawienie jest wprowadzane po resecie urządzenia.

POMIAR

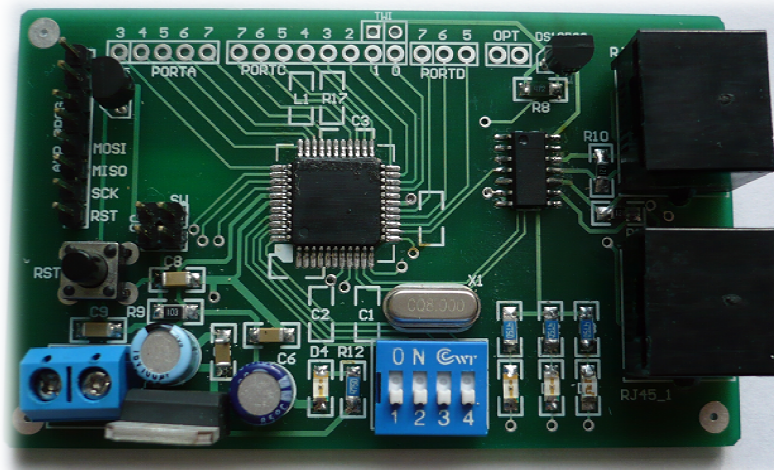
Sygnał z kontaktronu trafia na wejście **INT0** mikrokontrolera (*PD.2*). Jest to wejście przerwania zewnętrznego. Z kolei sygnały napięciowe z **czujników halla SS49** trafiają na wejścia **przetwornika ADC** kontrolera: *PA.3*, *PA.4*, *PA.5*, *PA.6*. Zasilanie przetwornika oraz napięcie referencyjne wynosi 5V. Mikrokontroler przetwarza otrzymane sygnały i przelicza odpowiednie wartości.



Rysunek 1. Schemat modułu mikrokontrolerowego

PŁYTKA DRUKOWANA

Układ zaprojektowano na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach $75 \times 60 \text{ mm}$ wraz z metalizacją otworów oraz soldermaską. Użyte złącza interfejsu RS485 to złącza **RJ45** (opis złącz w sekcji **Integracja z siecią RS485**).



Zdjęcie 1. Widok z góry płytki drukowanej modułu pomiarowego

OPROGRAMOWANIE

Implementacja oprogramowania dla mikrokontrolera AVR została wykonana w środowisku **WinAVR**, przy udziale kompilatora **AVR-GCC**. Dodatkowo stworzono moduł testujący oprogramowanie w środowisku **LabView 8.6**.

Komunikacja

Komunikacja odbywa się poprzez sieć RS485. Parametry transmisji zamieszczone są w tabeli poniżej.

PARAMETRY TRANSMISJI	
Prędkość	9600 bps
Ilość bitów danych	7
Parzystość	Even
Ilość bitów stopu	1

Tabela 2. Parametry komunikacji

Urządzenie pomiarowe komunikuje się za pomocą protokołu *MODBUS* w wersji znakowej *ASCII*.
Poniżej widoczna podstawowa ramka komunikacji.

RAMKA MODBUS TRYBU ASCII					
Znak startu	Adres	Funkcja	Dane	LRC	Znaki CR i LF
:	1 bajt	1 bajt	n-bajtów	1 bajt	2 bajty

Tabela 3. Ramka protokołu *MODBUS* w trybie *ASCII*

W systemie zaimplementowano dwie funkcje definiowane przez protokół *MODBUS*, mianowicie:

- **Odczyt wejść bitowych (*Read Discrete Inputs*, 0x02)**
- **Odczyt n rejestrów wejściowych (*Read Input Registers*, 0x04).**

Odczyt wejść bitowych następuje z **portu C** mikrokontrolera *AVR*.

REJESTR WEJŚCIOWY							
PC.0	PC.1	PC.2	PC.3	PC.4	PC.5	PC.6	PC.7
1	2	3	4	5	6	7	8

Tabela 4. Numeracja rejestrów wejściowych dla funkcji *Read Discrete Inputs*

Funkcja odczytująca rejestry wejściowe (*Read Input Registers*) pozwala na wprowadzenie indeksu rejestru początkowego oraz ilość rejestrów do odczytu.

Ramka MODBUS dla funkcji <i>Read Input Registers</i>						
Znak startu	Adres	Funkcja	Rejestr początkowy	Ilość rejestrów	LRC	Znaki CR i LF
:	1 bajt	1 bajt	2 bajty	2 bajty	1 bajt	2 bajty

Tabela 5. Ramka komunikacyjna dla funkcji *Read Discrete Registers*

Poniżej przedstawiono zawartość rejestrów pomiarowych wraz z ich numerami.

REJESTRY POMIAROWE							
Temp. całk.	Temp. ułamk.	Znak temp.	Prędkość całk.	Prędkość ułamk.	Kierunek	Pusty	Pusty
1	2	3	4	5	6	7	8

Tabela 6. Zawartość rejestrów pomiarowych w mikrokontrolerze

Dwa pierwsze rejestry zawierają informację o wartości bezwzględnej temperatury, zaś trzeci rejestr zawiera znak temperatury. W wypadku dodatnich temperatur rejestr nr 3 zawiera wartość 0x0000, zaś w wypadku ujemnych temperatur wartość 0x0001. Rejestry 4 i 5 zawierają wartość

prędkości wiatru wyrażoną w m/s . Rejestr 6 zawierający informację o kierunku zawiera wartość liczbową z zakresu $0x0000 \div 0x0007$ według tabeli poniżej¹.

PRZYPISANIE KIERUNKÓW WIATRU	
Wartość rejestru Kierunku	Kierunek
0x0000	N
0x0001	NW
0x0002	W
0x0003	SW
0x0004	S
0x0005	SE
0x0006	E
0x0007	NE

Tabela 7. Kierunki wiatru i przypisane im wartości

Kalibracja urządzenia względem kierunku północnego odbywa się poprzez wpisanie poprawki kalibracyjnej w kodzie programu i zaprogramowanie mikrokontrolera. Kompas umieszczony na szczycie części mechanicznej ułatwia zadanie kalibracji.

Chcąc odczytać któryś z rejestrów należy odpowiednio przygotować ramkę. Należy zwrócić szczególną uwagę na bajt kontrolny *LRC*, a także na wybór odpowiednich rejestrów. Zła wartość sumy kontrolnej powoduje, że urządzenie ignoruje odebrany komunikat. Z kolei próba odczytu rejestru o indeksie różnym niż zdefiniowane lub próba odczytu zbyt wielu rejestrów spowoduje nadanie komunikatu o błędzie. Poniżej przedstawiono przykładowe, poprawne ramki pozwalające na odczyt rejestrów pomiarowych.

PRZYKŁADOWE RAMKI	
Odczyt wejść – PORTC	:0F02000100089F[CR][LF]
Odczyt temperatury	:0F0400010003A2[CR][LF]
Odczyt prędkości wiatru	:0F0400040002A0[CR][LF]
Odczyt kierunku wiatru	:0F04000600019F[CR][LF]
Odczyt wszystkich rejestrów	:0F04000100089D[CR][LF]
Uwaga: W powyższych przykładach adres urządzenia to 15.	

Tabela 7. Przykładowe ramki wysyłane do urządzenia

¹ Istnieje możliwość zwiększenia rozdzielczości pomiaru do ok. 10° poprzez zmianę oprogramowania mikrokontrolera.

Dane z modułu pomiarowego można odbierać co 1s (ze względu na czas konwersji przetworników AC oraz konwersji temperatury).

Integracja z siecią RS485

System przeznaczony jest do współpracy z siecią RS485 w trybie **full duplex**. Poniżej widoczne są dane techniczne dotyczące wyprowadzeń złącza RJ45.



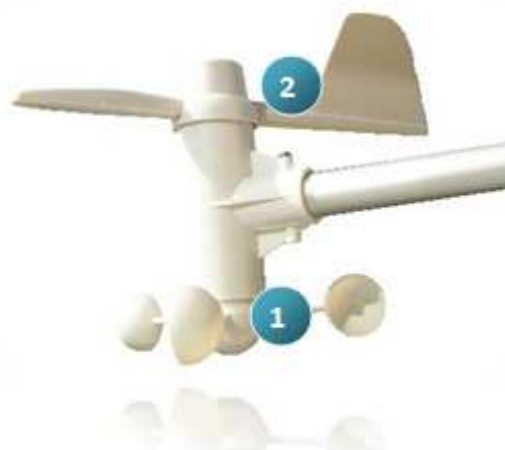
OPIS WYPROWADZEŃ ZŁĄCZA RJ45	
Numer styku	Wyprowadzenie
1	A
2	B
3	Z
4	Y
5	GND
6	GND
7	GND
8	GND

Zdjęcie 2, Tabela 9. Wyprowadzenia złącza RJ45 do podłączenia sieci RS485

W celu podłączenia modułu do komputera PC należy użyć konwertera RS232/RS485. W komputerach bez portu COM, można użyć przejściówek USB/RS232, ale należy pamiętać aby w pełni emulowały one transmisję RS232.

Moduł mechaniczny

Moduł mechaniczny złożony jest z dwóch części połączonych razem. Jedną z części jest anemometr zbudowany w oparciu o kontaktron (1). Średnica łopatek wynosi 2,5cm. Drugą częścią jest część odpowiedzialna za pomiar kierunku wiatru (2). Jej konstrukcja oparta jest o użycie czterech czujników halla. Czujnikami są układy **SS49** firmy *Honeywell* (zakres pomiarowy ± 1000 Gauss).



Zdjęcie 3. Moduł mechaniczny

Konstrukcja anemometru pozwala na pomiar wiatru wiejącego z prędkością 30 m/s . Wyposażenie wiatrowskazu w analogowe czujniki pozwala uzyskać wysoką dokładność rejestracji kierunku. Jednakże w prezentowanym module zrealizowano pomiar jedynie ośmiu kierunków wiatru, uznając taką ilość za zupełnie wystarczającą do standardowych pomiarów. Szacuje się, że użycie odpowiedniego oprogramowania oraz punktowej kalibracji każdego z czujników umożliwi rejestrację kierunku wiatru z dokładności do 10° .

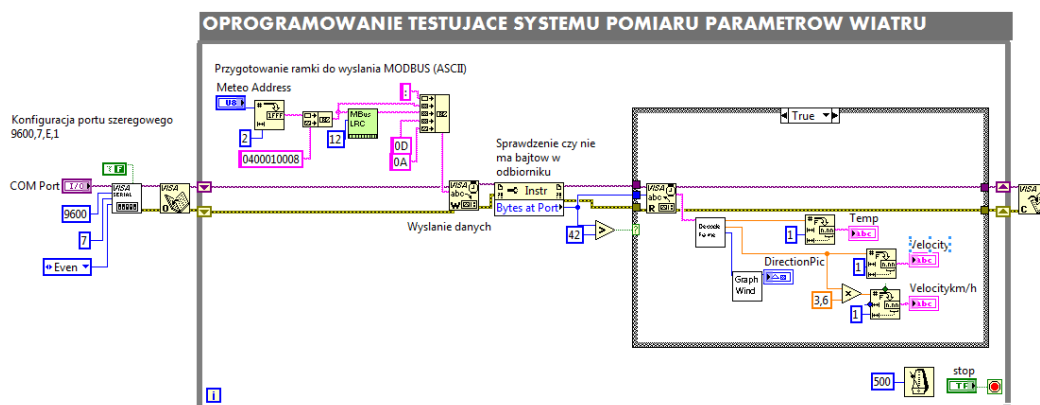
Moduł mechaniczny połączony jest kablem 7-żyłowym z modulem elektronicznym. Złącze połączeniowe to *DIN7*. Poniżej opisano poszczególne żyły.

OPIS ŻYŁ ZŁĄCZA DIN7	
Kolor	Funkcja
Jasno-niebieski	GND
Niebieski	+5V
Brązowy	Czujnik halla 1 (PA.3)
Brązowo-niebieski	Czujnik halla 2 (PA.4)
Zielony	Czujnik halla 3 (PA.5)
Zielono-niebieski	Czujnik halla 4 (PA.6)
Pomarańczowy	Kontaktron (INT0)

Tabela 10. Opis żył złącza DIN7

Oprogramowanie testujące

W celu przetestowania modułu pomiarowego stworzono aplikację w środowisku **LabVIEW 8.6** firmy **National Instruments**. Aplikacja pozwala na sekwencyjne odbieranie danych z modułu pomiarowego.



Rysunek 2. Block diagram oprogramowania testującego



Rysunek 3. Wygląd okna programu testującego

Program testujący pozwala na wysyłanie ramek w formacie *MODBUS* do urządzenia oraz odbieranie wiadomości zwrotnej na temat rejestrowanych parametrów wiatru i temperatury. Dane dekodowane są na postać użyteczną i wyświetlane na panelu użytkownika. Użytkownika ma możliwość wyboru portu *COM* komputera oraz adresu urządzenia na magistrali *RS485*.

Podsumowanie

Prezentowany system pomiaru prędkości został przetestowany w różnych warunkach pogodowych (przede wszystkim w lecie i zimie). Spisywał się bez zarzutów pozwalając na obserwowanie oraz rejestrację parametrów wiatru. Moduł został również przetestowany jako część składowa systemu kilku urządzeń zintegrowanych magistralą *RS485*.

Kraków, 21.05.2009

Cezary Klimasz