SPECYFIKACJA

HCC-04-Modbus

„Przetwornik temperatury PT100 ► MODBUS RTU”

Opracował:

HOTCOLD s.c.

2017-05-22

sales@prom-elec.com / ООО ПРОМЭЛЕКТРОНИКА

1. Wprowadzenie....3

1.1. Funkcje urządzenia....3

1.2. Charakterystyka urządzenia....3

2. Dane techniczne....4

2.1. Parametry ogólne przetwornika....4

2.2. Parametry pomiaru temperatury....4

2.3. Parametry interfejsu szeregowego....4

3. Instalacja....5

3.1. Bezpieczeństwo....5

3.2. Konstrukcja urządzenia....5

3.3. Opis wyprowadzeń....5

3.4. Konfiguracja adresu....6

3.5. Przywracanie ustawień fabrycznych....6

3.6. Wytyczne....7

4. Protokół MODBUS....8

4.1. Mapa rejestrów....8

4.2. Funkcje protokołu....9

4.3. Format danych....11

4.4. Suma kontrolna CRC....12

1. Wprowadzenie

Przedmiotem niniejszego opracowania jest charakterystyka funkcjonalności przetwornika temperatury z termorezystancyjnym czujnikiem PT100 , z interfejsem RS-485, z wbudowanym protokołem MODBUS RTU.

UWAGA: Przed przystąpieniem do uruchomienia modułu należy zapoznać się z tekstem zawartym w niniejszym opracowaniu.

1.1. Funkcje urządzenia

- pomiar temperatury wewnętrznej lub zewnętrznej
- konfiguracja stałej czasowej pomiaru
- diodowa sygnalizacja pracy urządzenia
- szeregowy interfejs RS-485 (odczyt wartości pomiarowych, konfiguracja parametrów pracy)
  - protokół MODBUS RTU
  - komunikacja w trybie HALF DUPLEX
  - sprzętowo konfigurowany adres (1-127)

1.2. Charakterystyka urządzenia

Podstawową funkcją przetwornika HCC-04-Modbus jest pomiar wartości temperatury. Zmierzone za pośrednictwem czujnika PT100 wartości, następnie przeliczone i uśrednione w mikrokontrolerze, dostępne są w jego pamięci (w rejestrach typu HOLDING REGISTERS) zgodnie ze standardem MODBUS. Odczyt rejestrów odbywa się za pomocą funkcji protokołu MODBUS przesyłanych szeregowym interfejsem RS-485. W rejestrach dostępne są również informacje o zakresie pomiarowym, stałej czasowej (konfigurowanej) oraz procentowej wartości temperatury odniesionej do zakresu. Sygnalizacja braku / zwarcia czujnika, stanów przekroczenia zakresu pomiarowego, realizowana jest również za pośrednictwem rejestrów statusowych.

2. Dane techniczne

2.1. Parametry ogólne przetwornika HCC-04-Modbus

Zasilanie	
- napięciem stałym	DC 24V (20...30V)
- napięciem przemiennym	AC 24V (21,5...26,5V)
Pobór prądu	
- minimalny [1)]	10,0 mA
- typowy [2)]	<10,0 mA
- maksymalny [3)]	10,0 mA
Sygnalizacja LED	0,2 Hz
Złącze instalacyjne	śrubowe w rastrze 5.00mm (≤ 2,5mm^2)
Wymiary	112 x 84 x 31 (L x H x W)
Waga	80 g
Montaż [4)]	naścienny
Stopień ochrony	IP65
Środowisko pracy	bezpyłowe, powietrze, gazy neutralne
Temperatura pracy układu elektronicznego	-30°C ÷ 70°C

1)Średni pobór prądu urządzenia w warunkach: brak transmisji; zasilanie 24V DC;

2)Średni pobór prądu urządzenia w warunkach: transmisja 10 zapytań na sekundę; prędkość transmisji 9600 b/s; jednoczesny odczyt 20 rejestrów; rezystory terminujące magistralę 2 x 120Ω; zasilanie 24V DC;

3)Maksymalny chwilowy pobór prądu w warunkach: dioda sygnalizacyjna stale włączona; pozostałe warunki jak w punkcie 2);

4)Instalacji urządzenia powinien dokonywać wykwalifikowany personel;

2.2. Parametry pomiaru temperatury

Typ czujnika	PT100
Zakres pomiarowy 1	-50°C ÷ 100°C
Zakres pomiarowy 2	-50°C ÷ 400°C
Rozdzielczość 1	14 bitów (0,01 °C)
Rozdzielczość 2	12 bitów (0,1 °C)
Dokładność 1	±0,05 °C
Dokładność 2	±0,15 °C
Częstotliwość próbkowania	15 Hz
Czas odpowiedzi [1)]	0,75s / 2.50s [2)]

1) Warunkiem uzyskania podanych czasów odpowiedzi jest przepływ powietrza > 1m/s; podany czas odpowiedzi jest równy jednej stałej czasowej odpowiadającej 63% wartości ustalonej;

2) Wartością domyślną jest krótszy czas odpowiedzi;

2.3. Parametry interfejsu szeregowego

Warstwa fizyczna	RS-485
Protokół komunikacji	MODBUS RTU
Konfiguracje połączeń [1)]	HALF DUPLEX
Prędkości transmisji	9600 / 19200 / 38400 / 57600 / 115200 b/s

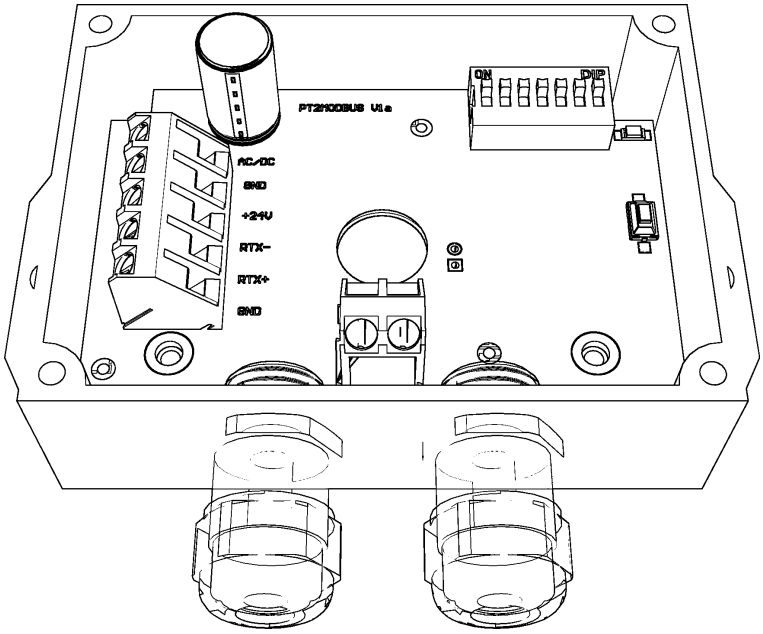
A) HALF DUPLEX – komunikacja dwukierunkowa jedną parą przewodów;

3. Instalacja

3.1. Bezpieczeństwo

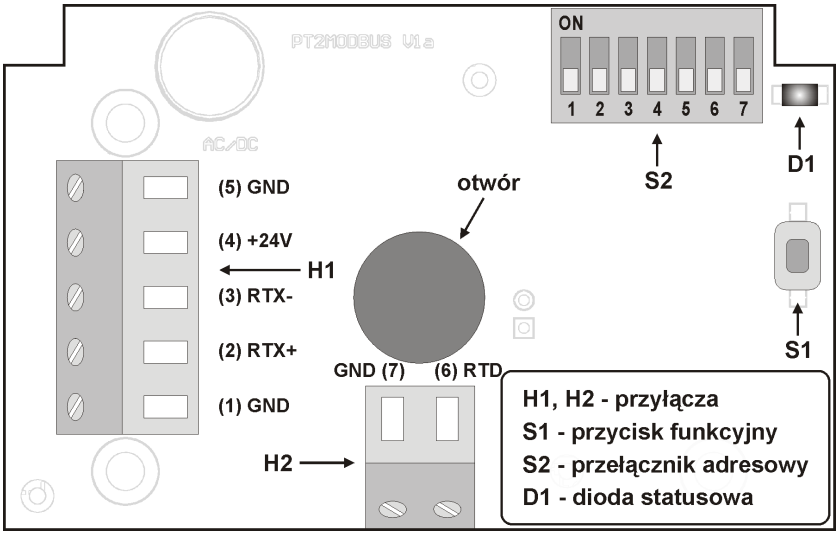
- Instalacji urządzenia powinien dokonywać wykwalifikowany personel!
- Wszystkie podłączenia należy wykonać zgodnie ze schematami elektrycznymi przedstawionymi w niniejszej specyfikacji!
- Przed przystąpieniem do uruchomienia należy sprawdzić wszystkie podłączenia elektryczne!

3.2. Konstrukcja urządzenia

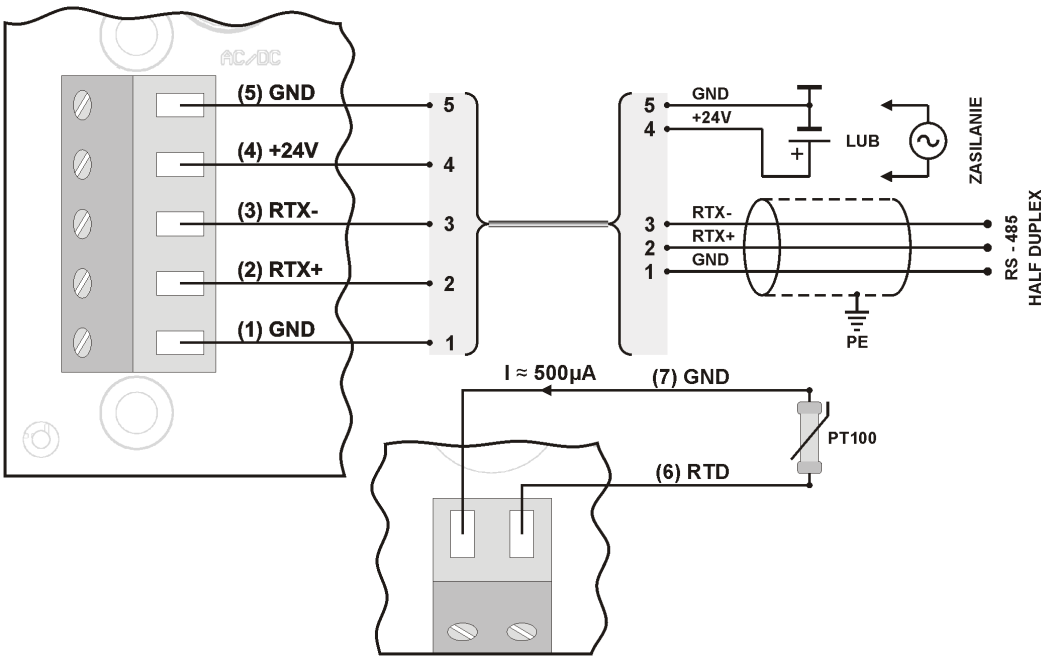


Rysunek 1. Widok obwodu drukowanego przetwornika HCC-04-Modbus

3.3. Opis wyprowadzeń



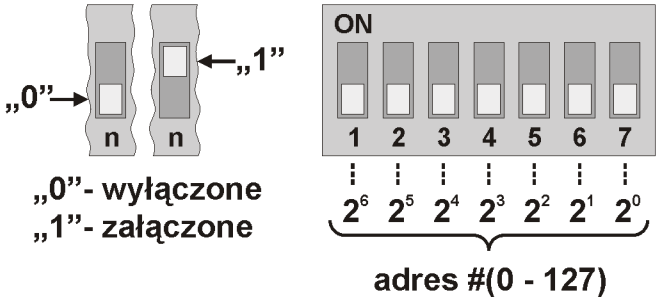
Rysunek 2. Opis wyprowadzeń przetwornika HCC-04-Modbus



Rysunek 3. Schemat podłączenia przetwornika HCC-04-Modbus

3.4. Konfiguracja adresu

Urządzenie wyposażono w przełącznik 7-pozycyjny do sprzętowego ustalenia adresu (od „1” do „127”). Ustawienie adresu „0” na przełączniku spowoduje użycie adresu zapisanego w urządzeniu za pośrednictwem protokołu MODBUS (domyślnie „1”).



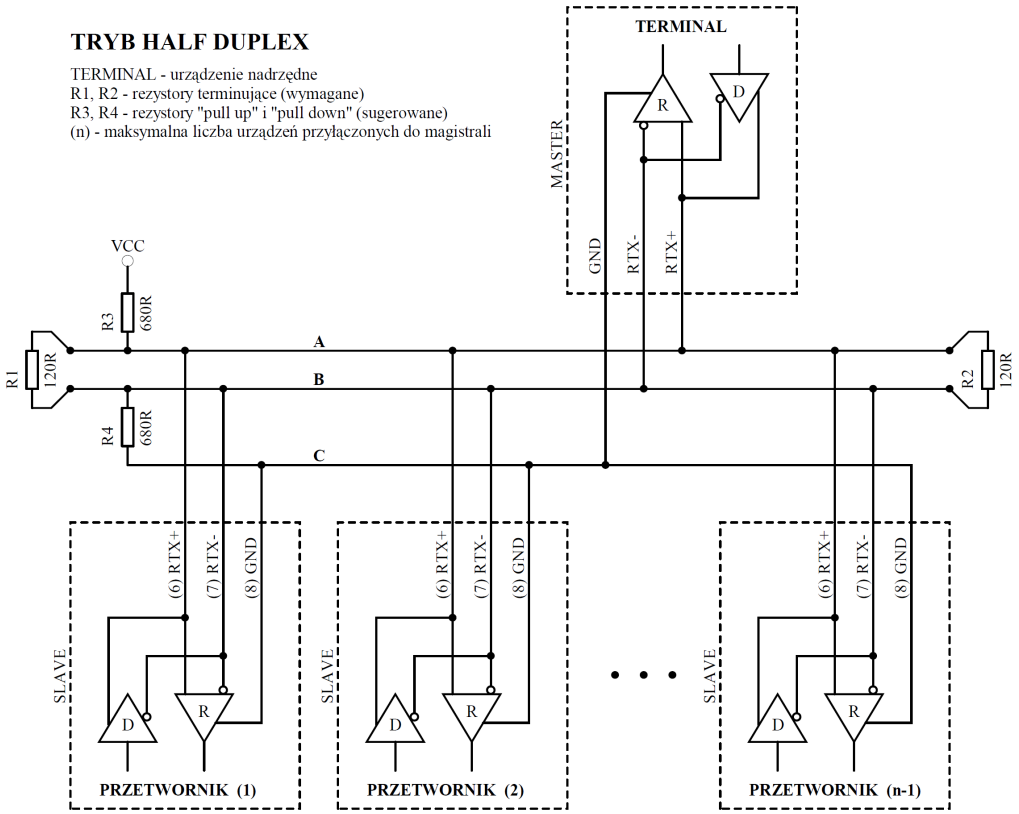
Rysunek 4. Adresacja przetwornika.

3.5. Przywracanie ustawień fabrycznych

Funkcja przywracania ustawień fabrycznych dotyczy wyłącznie parametrów transmisji interfejsu RS-485 (w tym adresu). Aby przywrócić ustawienia należy nacisnąć i przytrzymać przycisk S1 przez około 2 sekundy (zabezpieczenie przed przypadkowym naciśnięciem). Gdy dioda D1 zacznie mrugać należy zwolnić przycisk. Urządzenie zacznie działać z nowymi ustawieniami automatycznie.

3.6. Wytyczne

- W przypadku pracy w otoczeniu dużych zakłóceń, należy zastosować przewody ekranowane.
- Ekran przewodu należy podłączyć do najbliższego punktu PE od strony zasilacza.



Rysunek 5. Sposób podłączenia przetwornika do magistrali RS-485 pracującej w trybie HALF DUPLEX.

4. Protokół MODBUS

4.1. Mapa rejestrów

Tabela rejestrów:

Nr rejestru	Wartości	Opis
1 (-50 do 100°C)	-5000 – 10000	Temperatura (ograniczona zakresem pomiarowym) [ºC] (1 = 0,01 ºC) ze znakiem
1 (-50 do 400°C)	-500 – 4000	Temperatura (ograniczona zakresem pomiarowym) [ºC] (1 = 0,1 ºC) ze znakiem
2	0 – 10000	Temperatura odniesiona do zakresu (1 = 0,01%; 10000 = 100%)
3	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5	Rejestr statusowy (0: “ADC ERROR”, 1: “OPEN”, 2: “OVERLOAD”, 3: “SENSOR OK”, 4: “UNDERLOAD”, 5: “SHORT”)
4	1234	Rejestr hasła
5	1 / 2 / 3	Rejestr poleceń
6	wg tabeli poleceń	Rejestr parametru
7	0 / 1	Stała czasowa TAU (0: 0,75s; 1: 2,50s)
8	-	nie używany
9	-	nie używany
10	-500	Dolna wartość zakresu pomiarowego (informacyjnie) [ºC] (1 = 0,1 ºC) ze znakiem
11	4000	Górna wartość zakresu pomiarowego (informacyjne) [ºC] (1 = 0,1 ºC) ze znakiem
12	0 / 1	Tryb kalibracji (0: nie aktywny; 1: aktywny) tylko do odczytu
13	0-65535	Licznik poprawnych ramek
14	0-65535	Licznik wyjątków
15	0-65535	Licznik błędnych CRC
16	0-65535	Licznik błędnych bajtów
17	0-65535	Licznik błędnych adresów
18 (-50 do 100°C)	-5000 – 10000	Temperatura (nie ograniczona zakresem pomiarowym, wyłącznie dla celów serwisowych) (**) [ºC] (1 = 0,01 ºC) ze znakiem
18 (-50 do 400°C)	-500 – 4000	Temperatura (nie ograniczona zakresem pomiarowym, wyłącznie dla celów serwisowych) (**) [ºC] (1 = 0,1 ºC) ze znakiem
19	400 – 2560	Rezystancja (nie ograniczona zakresem pomiarowym, wyłącznie dla celów serwisowych) [Ω] (1 = 0,1 Ω)
20	0 – 2048	Napięcie na ADC (nie ograniczona zakresem pomiarowym, wyłącznie dla celów serwisowych) (**) [mV] (1 = 1 mV)

(*) “ADC ERROR” – błąd przetwornika; “OPEN” – brak czujnika; “OVERLOAD” - przekroczenie zakresu od góry; “SENSOR OK” - prawidłowe działanie czujnika; ”UNDERLOAD” - przekroczenie zakresu od dołu; ”SHORT” – zwarcie czujnika;

(**) “ADC ERROR” -150ºC; “OPEN” 150ºC; ”SHORT” -250ºC; (-50 do 100°C)

(**) “ADC ERROR” -150ºC; “OPEN” 500ºC; ”SHORT” -250ºC; (-50 do 400°)

Tabela poleceń:

Nr polecenia	Funkcja	Parametry
1	Ustaw adres urządzenia	1 – 247 (1-wartość domyślna)
2	Ustaw prędkość transmisji	96 – 9600 b/s (wartość domyślna) 192 – 19200 b/s 384 – 38400 b/s 576 – 57600 b/s 1152 – 115200 b/s
3	Ustaw bity parzystości	0 – NO PARITY; brak bitu parzystości 1 – EVEN PARITY; (wartość domyślna) 2 – ODD PARITY,
4	Ustaw bity Stopu	1 – 1 x STOP; 1 bit stopu (wartość domyślna) 2 – 2 x STOP; 2 bity stopu
5	Ustaw stałą czasową	0 – 0,75s; 1 – 2,50s;
6	-	nie używane
7	-	nie używane
8	Reset urządzenia	1 – programowy reset urządzenia

Uwagi:

- Podanie błędnej lub spoza zakresu wartości parametru, skutkuje wpisaniem do rejestru poleceń wartości 0xEEEE.
- Każdorazowemu wywołaniu polecenia musi towarzyszyć wpisanie hasła (1234 decymalnie).
- Wywołanie polecenia poprzez pojedyncze wpisy do rejestrów, musi zostać zakończone wpisaniem hasła.

4.2. Funkcje protokołu

W przetworniku DIFFPRESS v2 zaimplementowano następujące funkcje standardu MODBUS:

KOD	***ZNACZENIE***
03 (0x03)	*Odczyt N x 16-bitowych rejestrów*
16 (0x10)	*Zapis N x 16-bitowych rejestrów*

4.2.1. Odczyt zawartości grupy rejestrów wyjściowych (0x03)

Format żądania:

Opis	*Rozmiar*	*Wartości*
Adres urządzenia	*1 bajt*	*1 – 247 (0xF7)*
Kod funkcji	*1 bajt*	***0x03***
Adres bloku danych	*2 bajty*	*0x0000 – 0xFFFF*
Liczba rejestrów (N)	*2 bajty*	*1 – 125 (0x7D)*
Suma kontrolna CRC	*2 bajty*	*wg obliczeń*

Format odpowiedzi:

Opis	*Rozmiar*	*Wartości*
Adres urządzenia	*1 bajt*	*1 – 247 (0xF7)*
Kod funkcji	*1 bajt*	***0x03***
Licznik bajtów	*1 bajty*	*2 x N*
Wartości rejestrów	*N x 2 bajty*	*wg mapy rejestrów*
Suma kontrolna CRC	*2 bajty*	*wg obliczeń*

Format błędu:

Opis	*Rozmiar*	*Wartości*
Adres urządzenia	*1 bajt*	*1 – 247 (0xF7)*
Kod funkcji	*1 bajt*	***0x83***
Kod błędu	*1 bajt*	*0x01 / 0x02 / 0x03 / 0x04*
Suma kontrolna CRC	*2 bajty*	*wg obliczeń*

4.2.2. Zapis do grupy rejestrów wyjściowych (0x10)

Format żądania:

Opis	*Rozmiar*	*Wartości*
Adres urządzenia	*1 bajt*	*1 – 247 (0xF7)*
Kod funkcji	*1 bajt*	***0x10***
Adres bloku danych	*2 bajty*	*0x0000 – 0xFFFF*
Liczba rejestrów (N)	*2 bajty*	*1 – 123 (0x7B)*
Licznik bajtów	*1 bajt*	*2 x N*
Wartości	*N x 2 bajty*	*użytkownika*
Suma kontrolna CRC	*2 bajty*	*wg obliczeń*

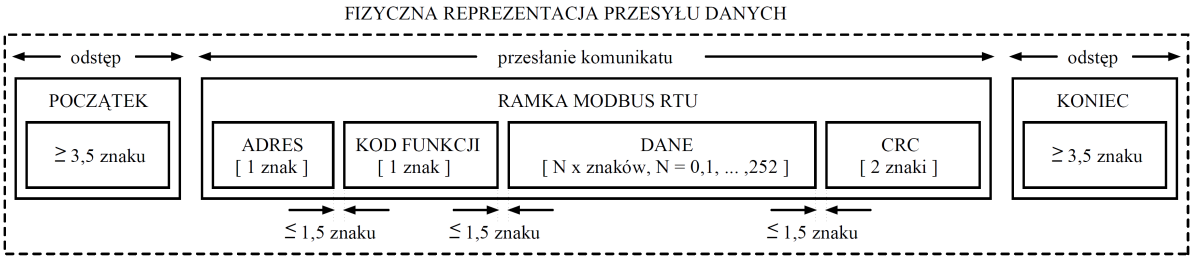
Format odpowiedzi:

Opis	*Rozmiar*	*Wartości*
Adres urządzenia	*1 bajt*	*1 – 247 (0xF7)*
Kod funkcji	*1 bajt*	***0x10***
Adres bloku danych	*2 bajty*	*0x0000 – 0xFFFF*
Liczba rejestrów (N)	*2 bajty*	*1 – 123 (0x7B)*
Suma kontrolna CRC	*2 bajty*	*wg obliczeń*

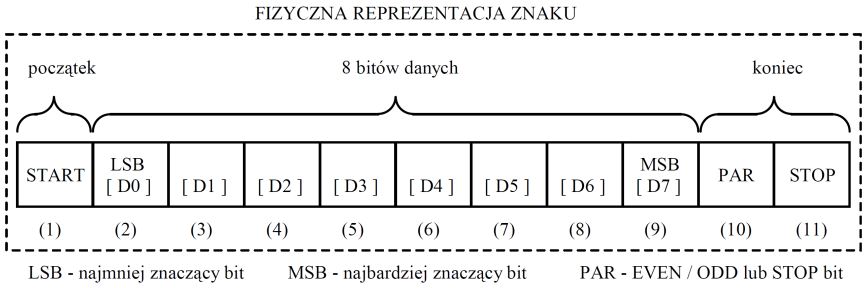
Format błędu:

Opis	*Rozmiar*	*Wartości*
Adres urządzenia	*1 bajt*	*1 – 247 (0xF7)*
Kod funkcji	*1 bajt*	***0x90***
Kod błędu	*1 bajt*	*0x01 / 0x02 / 0x03 / 0x04*
Suma kontrolna CRC	*2 bajty*	*wg obliczeń*

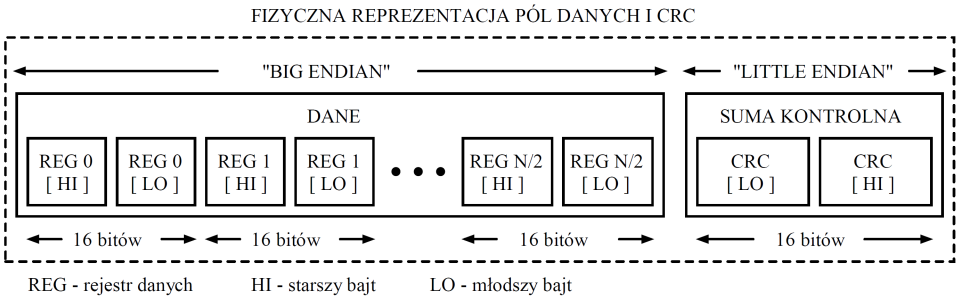
4.3. Format danych



Rysunek 6. Przesył danych w standardzie MODBUS RTU zaimplementowany w przetworniku.



Rysunek 7. Format znaku w standardzie MODBUS RTU zastosowany w przetworniku.



Rysunek 8. Format pól danych i CRC w standardzie MODBUS RTU zastosowany w przetworniku.

4.4. Suma kontrolna CRC

Zgodnie ze standardem MODBUS, do wyliczenia sumy kontrolnej CRC wykorzystano wielomian: X16 + X15 + X2 + 1.

4.4.1. Bitowy algorytm liczenia CRC:

Procedura wyznaczania sumy kontrolnej CRC metodą bitową:

a) załadowanie wartości 0xFFFF do 16-bitowego rejestru CRC;
b) pobranie pierwszego bajta z bloku danych i wykonanie operacji EX-OR z młodszym bajtem rejestru CRC, umieszczenie rezultatu w rejestrze;
c) przesunięcie zawartości rejestru CRC w prawo o jeden bit w kierunku najmniej znaczącego bitu (LSB), wyzerowanie najbardziej znaczącego bitu (MSB);
d) sprawdzenie stanu najmłodszego bitu (LSB) w rejestrze CRC, jeżeli jego stan równa się 0, to następuje powrót do punktu c, jeżeli 1, to wykonywana jest operacja EX-OR rejestru CRC ze stałą 0xA001;
e) powtórzenie punktów c i d do ośmiu razy, co odpowiada przetworzeniu całego bajta;
f) powtórzenie sekwencji b, c, d, e dla kolejnego bajta wiadomości, kontynuacja tego procesu aż do przetworzenia wszystkich bajtów wiadomości;
g) zawartość rejestru CRC po wykonaniu wymienionych operacji jest poszukiwaną wartością sumy kontrolnej CRC;
h) dopisanie sumy kontrolnej CRC do ramki MODBUS RTU musi zostać poprzedzone zamianą miejscami starszego i młodszego bajta rejestru CRC.

4.4.2. Tablicowy algorytm liczenia CRC:

Przykład implementacji procedury wyznaczania sumy kontrolnej CRC metodą tablicową:

```
/* The function returns the CRC as a unsigned short type */
unsigned short CRC16 ( puchMsg, usDataLen )
/* message to calculate CRC upon */
unsigned char *puchMsg ;
/* quantity of bytes in message */
unsigned short usDataLen ;

{
        /* high byte of CRC initialized */
        unsigned char uchCRCHi = 0xFF ;
        /* low byte of CRC initialized */
        unsigned char uchCRCLo = 0xFF ;
        /* will index into CRC lookup table */
        unsigned uIndex ;

        /* pass through message buffer */
        while (usDataLen--)
        {
                /* calculate the CRC */
                uIndex = uchCRCLo ^ *puchMsg++ ;
                uchCRCLo = uchCRCHi ^ auchCRCHi[uIndex] ;
                uchCRCHi = auchCRCLo[uIndex] ;
        }
return (uchCRCHi << 8 | uchCRCLo) ;
}
```

```
/* Table of CRC values for high-order byte */
static unsigned char auchCRCHi[] = {
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,
0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0,
0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01,
0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81,
0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0,
0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01,
0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,
0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0,
0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01,
0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,
0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0,
0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01,
0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,
0x40
} ;

/* Table of CRC values for low-order byte */
static char auchCRCLo[] = {
0x00, 0xC0, 0xC1, 0x01, 0xC3, 0x03, 0x02, 0xC2, 0xC6, 0x06, 0x07, 0xC7, 0x05, 0xC5, 0xC4,
0x04, 0xCC, 0x0C, 0x0D, 0xCD, 0x0F, 0xCF, 0xCE, 0x0E, 0x0A, 0xCA, 0xCB, 0x0B, 0xC9, 0x09,
0x08, 0xC8, 0xD8, 0x18, 0x19, 0xD9, 0x1B, 0xDB, 0xDA, 0x1A, 0x1E, 0xDE, 0xDF, 0x1F, 0xDD,
0x1D, 0x1C, 0xDC, 0x14, 0xD4, 0xD5, 0x15, 0xD7, 0x17, 0x16, 0xD6, 0xD2, 0x12, 0x13, 0xD3,
0x11, 0xD1, 0xD0, 0x10, 0xF0, 0x30, 0x31, 0xF1, 0x33, 0xF3, 0xF2, 0x32, 0x36, 0xF6, 0xF7,
0x37, 0xF5, 0x35, 0x34, 0xF4, 0x3C, 0xFC, 0xFD, 0x3D, 0xFF, 0x3F, 0x3E, 0xFE, 0xFA, 0x3A,
0x3B, 0xFB, 0x39, 0xF9, 0xF8, 0x38, 0x28, 0xE8, 0xE9, 0x29, 0xEB, 0x2B, 0x2A, 0xEA, 0xEE,
0x2E, 0x2F, 0xEF, 0x2D, 0xED, 0xEC, 0x2C, 0xE4, 0x24, 0x25, 0xE5, 0x27, 0xE7, 0xE6, 0x26,
0x22, 0xE2, 0xE3, 0x23, 0xE1, 0x21, 0x20, 0xE0, 0xA0, 0x60, 0x61, 0xA1, 0x63, 0xA3, 0xA2,
0x62, 0x66, 0xA6, 0xA7, 0x67, 0xA5, 0x65, 0x64, 0xA4, 0x6C, 0xAC, 0xAD, 0x6D, 0xAF, 0x6F,
0x6E, 0xAE, 0xAA, 0x6A, 0x6B, 0xAB, 0x69, 0xA9, 0xA8, 0x68, 0x78, 0xB8, 0xB9, 0x79, 0xBB,
0x7B, 0x7A, 0xBA, 0xBE, 0x7E, 0x7F, 0xBF, 0x7D, 0xBD, 0xBC, 0x7C, 0xB4, 0x74, 0x75, 0xB5,
0x77, 0xB7, 0xB6, 0x76, 0x72, 0xB2, 0xB3, 0x73, 0xB1, 0x71, 0x70, 0xB0, 0x50, 0x90, 0x91,
0x51, 0x93, 0x53, 0x52, 0x92, 0x96, 0x56, 0x57, 0x97, 0x55, 0x95, 0x94, 0x54, 0x9C, 0x5C,
0x5D, 0x9D, 0x5F, 0x9F, 0x9E, 0x5E, 0x5A, 0x9A, 0x9B, 0x5B, 0x99, 0x59, 0x58, 0x98, 0x88,
0x48, 0x49, 0x89, 0x4B, 0x8B, 0x8A, 0x4A, 0x4E, 0x8E, 0x8F, 0x4F, 0x8D, 0x4D, 0x4C, 0x8C,
0x44, 0x84, 0x85, 0x45, 0x87, 0x47, 0x46, 0x86, 0x82, 0x42, 0x43, 0x83, 0x41, 0x81, 0x80,
0x40
};
```