

Dodatek K. Konfiguracja modułu radiowego podczas pierwszego uruchomienia

Podłączenie modułu radiowego do nowej sieci wymaga jego skonfigurowania. W pierwszej fazie usunięte muszą być z niego stare dane. Operację tę wykonuje się poprzez przytrzymanie wciśniętego przycisku przez okres dwóch sekund w chwili włączania modułu do prądu. Wciśnięcie przycisku podczas startu mikrokontrolera powoduje wykonanie procedury ustawiającej parametry domyślne. Z pamięci mikrokontrolera zostają usunięte wpisy dotyczące podłączonych do magistrali Dallas czujników temperatury, a bajty konfiguracyjne przyjmują wartość zero (patrz dodatek O.4). Adres modułu radiowego zostaje ustawiony na 127. Wyzerowanie bajtów konfiguracyjnych powoduje, że moduł znajduje się w stanie oczekiwania na pakiet. W tym momencie powinien zostać przydzielony mu jego własny adres oraz adres modułu nadrzędnego. Wykonuje się to korzystając z rozkazu o kodzie 0x27. Po tej czynności dobrze jest ustawić w bajcie konfiguracyjnym opcję potwierdzania otrzymanych pakietów. Dzięki temu będziemy mieli pewność, że dana konfiguracja została przyjęta przez moduł. Jeżeli nie zostanie odebrane potwierdzenie kolejnych rozkazów, to czynność ustawienia adresu i opcji potwierdzania pakietów powinna zostać powtórzona. Podczas ustawiania konfiguracji należy pamiętać o obserwacji czerwonej diody LED umieszczonej na płycie modułu radiowego. Brak reakcji z jej strony sygnalizuje, że pakiety nie są odbierane przez moduł radiowy.

Jeżeli moduł przyjął konfigurację adresów, to można przejść do dalszych ustawień jego zasobów. W następnej kolejności powinny zostać ustawione parametry dotyczące retransmisji (kod rozkazu - 0x28) oraz czasu przeznaczonego na transmisję (rozказы 0x25 i 0x26). Po nich ustawiane są parametry dotyczące portów binarnych i szybkości transmisji portu szeregowego RS232 (kod rozkazu - 0x23).

Na samym końcu ustawiane są wartości bitów znajdujących się w bajtach konfiguracyjnych (kod rozkazu - 0x24). Warto jest również zapewnić, aby przyłączony i skonfigurowany moduł w jak najszybszym czasie po ustawieniu bajtów konfiguracyjnych otrzymał pakiet z aktualnym czasem.

Konfiguracja modułu przechowywana jest w pamięci EEPROM znajdującej się w mikrokontrolerze ATmega8. Dzięki temu nie jest ona tracona podczas zaniku zasilania. Zmiana konfiguracji może być dokonana tylko poprzez przytrzymanie przycisku przy doprowadzaniu zasilania do modułu, poprzez pakiet inicjalizacyjny (kod rozkazu - 0x21) oraz przy użyciu jednego z rozkazów opisanych powyżej.

Dodatek L. Ustawienie zworek na płycie modułu radiowego

Na płycie modułu radiowego znajduje się sześć zworek. Część z nich dotyczy zasilania modułu, a część związana jest z aktywacją diod elektroluminescencyjnych.

Zwory J1, J2, J6 umożliwiają przełączanie różnych trybów zasilania. Konfiguracja tych zworek i odpowiadające jej tryby zostały przedstawione w tabeli L.1.

Tabela L.1. Ustawienie zworek w zależności od sposobu, w jakim zasilany jest moduł

J1	J2	J6	Tryb pracy
Zamknięta	Zamknięta	Otwarta	Zasilanie sieciowe, port szeregowy RS232 aktywny
Otwarta	Otwarta	Zamknięta	Zasilanie z baterii, port szeregowy RS232 nieaktywny
Zamknięta	Otwarta	Zamknięta	Zasilanie z baterii, port szeregowy RS232 aktywny
Zamknięta	Otwarta	Otwarta	Zasilanie sieciowe z możliwością automatycznego przełączenia na zasilanie z baterii w chwili zaniku napięcia w sieci energetycznej, port szeregowy RS232 aktywny
Otwarta	Otwarta	Otwarta	Zasilanie sieciowe z możliwością automatycznego przełączenia na zasilanie z baterii w chwili zaniku napięcia w sieci energetycznej, port szeregowy RS232 nieaktywny

Uwaga. Niedopuszczalne jest, aby zamknięte były jednocześnie zwory J2 i J6.

Podczas typowej pracy modułu radiowego zwora J5 jest zamknięta. Zwora J5 jest rozwierana na czas wczytywania nowego oprogramowania. Zwora ta dołącza układ klucza do linii portu, która jest współdzielona z jednym z sygnałów wykorzystywanych podczas programowania mikrokontrolera. Odłączenie układu przetwornicy od linii mikrokontrolera związane jest z ochroną elementów występujących w układzie impulsowym. W dokumentacji technicznej można również znaleźć zalecenie, aby podczas programowania mikrokontrolera do linii interfejsu SPI nie były dołączone żadne inne układy.

Zwory J3 i J4 umożliwiają podłączenie diod elektroluminescencyjnych do linii portu mikrokontrolera. Zamknięcie zwory J3 powoduje przyłączenie diody zielonej, natomiast zamknięcie zwory J4 odpowiada za przyłączenie diody czerwonej. Jeżeli diody są odłączone (zwory otwarte), to linie PC3/ADC3 i PD6/AIN0 mogą być wykorzystane do sterowania dołączonego do modułu radiowego urządzenia.

adresowej mikrokontrolera i dlatego dostęp do nich odbywa się przy użyciu specjalnych rejestrów w przestrzeni układów wejścia/wyjścia.

Podprogramy *write_eeprom* i *write_eeprom_noint*

Zapis do pamięci EEPROM mikrokontrolera może być dokonany poprzez procedurę *write_eeprom* lub *write_eeprom_noint*. Różnica pomiędzy tymi procedurami polega na tym, że pierwsza z nich podczas operacji ustawienia bitów odpowiedzialnych za zapis do pamięci EEPROM wyłącza przerwania, a druga nie. Pierwsza procedura wykorzystywana jest podczas normalnej pracy systemu, gdy przerwania są włączone. Procedura *write_eeprom_noint* znalazła zastosowanie podczas inicjalizacji konfiguracji modułu radiowego przy starcie systemu, gdy przerwania nie zostały jeszcze skonfigurowane i włączone.

O.4. Szczegółowy opis rozkazów i danych wymienianych pomiędzy modułem radiowym, a nadrzędnym sterownikiem

Dane pakietów informacyjnych

- 1) Informacja o zmierzonej temperaturze na pojedynczym czujniku

Kod rozkazu: 0x01

Struktura pola danych została przedstawiona w poniższej tabeli. Zawiera ona bajt wirtualnego numeru przyporządkowanego przez moduł radiowy danemu czujnikowi, dwa bajty określające temperaturę z dokładnością do 0.5°C oraz dwa bajty umożliwiające zwiększenie dokładności otrzymanej temperatury poprzez zastosowanie aproksymacji.

Tabela O.1. Struktura pola danych dla rozkazu o kodzie 0x01

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Wirtualny adres czujnika
Bajt 1	Młodszy bajt rejestru temperatury
Bajt 2	Starszy bajt rejestru temperatury
Bajt 3	Licznik reszty
Bajt 4	Licznik na °C

- 2) Informacja o zgrubnym pomiarze temperatury na czterech wybranych czujnikach

Kod rozkazu: 0x02

Rozkaz ten wysyła informację o zmierzonej temperaturze na czujnikach, które zostały wybrane w procesie konfiguracji. Maksymalna liczba czujników to cztery. Pierwszy bajt pola danych zawiera informację o dziewiątym bicie każdego z wyników pomiarów. Następnie znajdują się młodsze bajty pobrane z rejestrów przechowujących temperatury zmierzone przez poszczególne czujniki. Pole danych nie zawiera wirtualnych adresów wybranych czujników. Wartości temperatur zawarte w polu danych umieszczone są kolejno zgodnie z rosnącą numeracją adresów wybranych czujników. Poniższa tabela przedstawia strukturę pola danych dla tego typu pakietu.

Tabela O.2. Struktura pola danych dla rozkazu o kodzie 0x02

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Bit 0 – dziewiąty bit pobrany z rejestru temperatury czujnika 1 Bit 1 – dziewiąty bit pobrany z rejestru temperatury czujnika 2 Bit 2 – dziewiąty bit pobrany z rejestru temperatury czujnika 3 Bit 3 – dziewiąty bit pobrany z rejestru temperatury czujnika 4
Bajt 1	Młodszy bajt rejestru temperatury czujnika 1
Bajt 2	Młodszy bajt rejestru temperatury czujnika 2
Bajt 3	Młodszy bajt rejestru temperatury czujnika 3
Bajt 4	Młodszy bajt rejestru temperatury czujnika 4

3) Informacja o przekroczeniu na jednym lub kilku czujnikach wartości granicznych

Kod rozkazu: 0x03

Informacja ta wysyłana jest w momencie, gdy wystąpi przekroczenie wartości granicznych na jednym lub wielu czujnikach temperatury. Graniczne wartości temperatur czujników mogą być ustawione w procesie konfiguracji modułu radiowego. Również w zależności od konfiguracji, informacja ta może być przesłana bezzwłocznie lub w czasie, który dla danego modułu radiowego przeznaczony jest na transmisję. Informacja o numerach czujników generujących alarm została zakodowana na szesnastu bitach. Pozycja bitu określa numer czujnika. Bit ustawiony na jeden oznacza, że czujnik temperatury o numerze określonym przez pozycję bitu wygenerował alarm. Tabela O.3. przedstawia pole danych dla tego typu pakietu.

Tabela O.3. Struktura pola danych dla rozkazu o kodzie 0x03

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Młodszy bajt słowa obrazującego alarmujące czujniki temperatury
Bajt 1	Starszy bajt słowa obrazującego alarmujące czujniki temperatury

4) Informacja o stanie wejść/wyjść binarnych

Kod rozkazu: 0x04

Pakiet informacyjny tego typu umożliwia kontrolę stanu wejść/wyjść w określonych odstępach czasu, lub w momencie zmiany stanu na wyznaczonych liniach. Wybór metody przesyłania tego typu pakietu jest dokonywany podczas konfiguracji modułu radiowego. Tabela O.4 przedstawia strukturę pola danych dla tego typu pakietu:

Tabela O.4. Struktura pola danych dla rozkazu o kodzie 0x03

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Port B
Bajt 1	Port C
Bajt 2	Port D

Poniżej została przedstawiona struktura bitowa portów.

Tabela O.5. Struktura bitowa portów mikrokontrolera ATmega8

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Port B	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0
Port C	-	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0
Port D	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0

Nazwy pól bitowych portów odpowiadają nazwom wyprowadzeń mikrokontrolera ATmega8.

5) Informacja o niskim napięciu zasilania

Kod rozkazu: 0x05

Pakiet ten wysyłany jest w momencie, gdy napięcie zasilania modułu radiowego spadnie poniżej 3.0V. Dzięki tej informacji może zostać podjęta akcja w celu wymiany baterii. Pole danych pakietu zawiera młodszy i starszy bajt wartości odczytanej z przetwornika analogowo – cyfrowego. Napięcie mierzone jest na wyjściu wyłączzonej przetwornicy impulsowej. Wartość napięcia jest obliczona w oparciu o następujący wzór uwzględniający istnienie dzielnika napięcia i szeregowo wpiętej diody D17:

$$U_{zas} = 9.09 \frac{V_{REF}}{1024} D_{IN} ,$$

gdzie:

U_{zas} [V] – napięcie zasilające układ modułu radiowego,

$V_{REF} = 2.56V$ – wartość napięcia odniesienia,

D_{IN} – otrzymana z przetwornika liczba z zakresu od 0 do 1023.

Poniższa tabela przedstawia postać pola danych dla tego rodzaju pakietu.

Tabela O.6. Struktura pola danych dla rozkazu o kodzie 0x05

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Młodszy bajt wartości zwróconej przez przetwornik A/C
Bajt 1	Starszy bajt wartości zwróconej przez przetwornik A/C

6) Informacja odebrana przez port szeregowy

Kod rozkazu: 0x06

Jeśli moduł radiowy został skonfigurowany na komunikację przez port szeregowy, to każda odebrana informacja zostanie umieszczona w polu danych i wysłana do głównego sterownika. Maksymalna liczba bajtów umieszczona w pojedynczym pakiecie wynosi cztery. Pierwszy bajt znajdujący się w polu danych określa liczbę bajtów odebranych przez port szeregowy. Za nim znajdują się odebrane na porcie szeregowym dane. Moduł może zostać skonfigurowany do natychmiastowego przesyłania danych odebranych z portu szeregowego, do przesyłania danych podczas czasu przydzielonego na magistrali danemu modułowi lub do przesyłania danych tylko na wyraźne żądanie głównego sterownika. Zawsze przesyłane są bieżące dane. Rozmiar bufora portu szeregowego wynosi dwadzieścia bajtów. Moduł radiowy

nie wysyła informacji, gdy bufor zostanie przepełniony i część starych danych zostanie utracona.

7) Informacja o stanie wybranego wejścia analogowego

Kod rozkazu: 0x07

Moduł radiowy ma możliwość również dokonywania pomiarów napięć przy wykorzystaniu dziesięciobitowych przetworników analogowo – cyfrowych. Informacja może być wysyłana cyklicznie, jeśli takie ustawienie zostanie zapisane w konfiguracji modułu radiowego. Pierwszy bajt danych określa numer wejścia, na którym dokonano pomiaru. Numer ten odpowiada ustawieniu multipleksera zawartego w mikrokontrolerze ATmega8 (patrz dokumentacja układu ATmega8). Pozostałe dwa bajty stanowią wartość otrzymaną z przetwornika analogowo – cyfrowego. Struktura pola danych została przedstawiona w poniższej tabeli.

Tabela O.7. Struktura pola danych dla rozkazu o kodzie 0x05

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Numer wybranego wejścia analogowego
Bajt 1	Młodszy bajt słowa otrzymanego z przetwornika A/C
Bajt 2	Starszy bajt słowa otrzymanego z przetwornika A/C

Rozkazy pakietów żądań

1) Żądaj liczbę czujników podłączonych do modułu radiowego

Kod rozkazu: 0x10

Rozkaz ten umożliwia otrzymanie informacji na temat liczby czujników podłączonych do modułu radiowego. Pole danych jest polem pustym. W odpowiedzi główny sterownik otrzymuje pakiet o kodzie rozkazu 0x90 (siódmy bit ustawiony na 1). Pole danych odpowiedzi zawiera jeden bajt będący liczbą czujników.

2) Żądaj adres fizyczny czujnika temperatury

Kod rozkazu: 0x11, 0x12

Rozkaz ten pozwala odczytać 64-bitowy adres czujnika przypisany mu przez producenta, przyporządkowany do jednobajtowego wirtualnego adresu ustalonego przez moduł radiowy w procesie konfiguracji. Adresy wirtualne przypisywane są kolejno rosnąco poczynając od wartości jeden. Ze względu na ograniczoną długość pakietu, fizyczny adres czujnika przesyłany jest w dwóch częściach. W odpowiedzi na rozkaz o numerze 0x11 zostają wysłane cztery młodsze bajty adresu, natomiast w odpowiedzi na rozkaz 0x12 cztery starsze. W polu danych pakietu żądania powinien zostać umieszczony jeden bajt określający adres wirtualny czujnika temperatury. Pole rozkazu odpowiedzi zawiera wartość zależną od rodzaju żądania. Dla rozkazu o numerze 0x11 jest to wartość 0x91, natomiast dla rozkazu o numerze 0x12 jest to wartość 0x92. Struktura pola danych dla odpowiedzi na jednego i drugiego typu żądanie została przedstawiona w poniższych tabelach.

Tabela O.8. Struktura pola danych odpowiedzi na rozkaz o kodzie 0x11

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Wirtualny adres czujnika temperatury
Bajt 1	Pierwszy bajt fizycznego adresu czujnika temperatury
Bajt 2	Drugi bajt fizycznego adresu czujnika temperatury
Bajt 3	Trzeci bajt fizycznego adresu czujnika temperatury
Bajt 4	Czwarty bajt fizycznego adresu czujnika temperatury

Tabela O.9. Struktura pola danych odpowiedzi na rozkaz o kodzie 0x12

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Wirtualny adres czujnika temperatury
Bajt 1	Piąty bajt fizycznego adresu czujnika temperatury
Bajt 2	Szósty bajt fizycznego adresu czujnika temperatury
Bajt 3	Siódmy bajt fizycznego adresu czujnika temperatury
Bajt 4	Ósmy bajt fizycznego adresu czujnika temperatury

3) Żądaj informację o zmierzonej temperaturze

Kod rozkazu: 0x13, 0x14

Rozkaz ten umożliwia otrzymanie natychmiastowej informacji o zmierzonej temperaturze na wybranym czujniku. Pole danych żądania powinno zawierać jeden bajt będący wirtualnym adresem czujnika. W odpowiedzi moduł wysyła pakiet o kodzie rozkazu 0x93 lub 0x94. Pole danych odpowiedzi jest identyczne z polem danych pakietu o kodzie rozkazu 0x01.

Rozkaz występuje w dwóch odmianach. Rozkaz o kodzie 0x13 powoduje wykonanie pomiaru na wybranym czujniku, a następnie przesłanie do głównego sterownika informacji o zmierzonej temperaturze. Rozkaz o kodzie 0x14 nie wykonuje pomiaru, ale tylko przesyła informację o zmierzonej wcześniej temperaturze.

4) Żądaj informację o zgrubnym pomiarze temperatury na kilku wybranych czujnikach

Kod rozkazu: 0x15, 0x16

Rozkaz umożliwia uzyskanie informacji o zmierzonej temperaturze na kilku czujnikach. Maksymalna liczba czujników to cztery. Pole danych pakietu żądania zawiera dwa bajty informujące moduł o wyborze czujników. Struktura pola danych żądania została przedstawiona w tabeli:

Tabela O.10. Struktura pola danych rozkazu o kodzie 0x15 lub 0x16

Numer bajtu	Znaczenie pola							
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Bajt 0	Czujnik 8	Czujnik 7	Czujnik 6	Czujnik 5	Czujnik 4	Czujnik 3	Czujnik 2	Czujnik 1
Bajt 1	Czujnik 16	Czujnik 15	Czujnik 14	Czujnik 13	Czujnik 12	Czujnik 11	Czujnik 10	Czujnik 9

Bits o wartości jeden zawarte w polu danych odpowiadają tym numerom czujników, z których informacja zostanie umieszczona w pakiecie odpowiedzi. Odpowiedź modułu radiowego zawiera kod rozkazu 0x95 lub 0x96. Pole danych odpowiedzi jest zgodne z polem danych pakietu o kodzie rozkazu 0x02.

Również w tym przypadku istnieje możliwość wykonania pomiaru przez czujniki i odczytania tej informacji z czujników lub tylko odczytania informacji z czujników.

6) Żądaj jednoczesnego pomiaru temperatury przez wszystkie czujniki

Kod rozkazu: 0x17

Rozkaz ten umożliwia synchronizację czasu pomiaru temperatury przez wszystkie czujniki umieszczone na magistrali. W połączeniu z adresem rozgłoszeniowym, rozkaz ten umożliwia synchronizację czasu pomiaru przez czujniki temperatury umieszczone na wszystkich modułach radiowych. Pole danych żądania jest puste

7) Żądaj informację o stanach alarmowych czujników

Kod rozkazu: 0x18

Żądanie powoduje sprawdzenie przez moduł, czy istnieje na magistrali Dallas czujnik z przekroczonym stanem alarmowym. Pole danych żądania jest puste. W odpowiedzi moduł wysłał pakiet zawierający rozkaz o kodzie 0x98 i strukturze pola danych zgodnej ze strukturą rozkazu o kodzie 0x03.

8) Ustaw wartości graniczne dla czujnika temperatury

Kod rozkazu: 0x19

Przy pomocy tego rozkazu dokonywana jest konfiguracja czujników podłączonych do magistrali Dallas. Każdy czujnik temperatury zawiera dwa rejestry określające górną i dolną granicę, po przekroczeniu której następuje alarm. Rozkaz ten dokonuje ustawienia wartości tych granic poprzez zapisanie ich w nieulotnej pamięci czujnika. Pole danych zawiera wirtualny adres czujnika oraz dwa bajty określające granice alarmowania. Struktura pola danych została przedstawiona w tabeli O.11.

Tabela O.11. Struktura pola danych rozkazu o kodzie 0x19

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Wirtualny adres czujnika temperatury
Bajt 1	Górna granica alarmowania
Bajt 2	Dolna granica alarmowania

9) Żądaj informację o stanie wejść/wyjść binarnych

Kod rozkazu: 0x1a

Rozkaz ten umożliwia uzyskanie informacji na temat aktualnej wartości wejść/wyjść binarnych. Pole danych pakietu żądania jest polem pustym. W odpowiedzi moduł radiowy zwraca pakiet z kodem rozkazu o wartości 0x9a. Pole danych zwracanego pakietu jest zgodne z przedstawionym przy opisie rozkazu o kodzie 0x04.

10) Ustaw bity wyjścia binarnego mikrokontrolera

Kod rozkazu: 0x1b

Rozkaz ten umożliwia zmianę stanu wyjść cyfrowych. Zmienione mogą zostać stany tylko tych linii, które w procesie konfiguracji zostały ustawione jako wyjścia. Stan pozostałych linii nie ulega zmianie, niezależnie od wpisu dokonanego przy pomocy tego rozkazu. Dodatkowo rozkaz ten nie ma wpływu na linie używane przez moduł radiowy. Pole danych zawiera cztery bajty będące maskami włączenia i wyłączenia danych wyjść. Jeśli bit w masce włączenia jest ustawiony, to odpowiadająca mu linia również zostanie ustawiona. Stan pozostałych linii nie ulega zmianie. Ustawienie bitu w masce wyłączenia spowoduje wyzerowanie stanu linii odpowiadającej temu bitowi. Pozostałe linie, którym w masce wyłączenia odpowiadają bity o wartości zero, nie ulegają zmianie. Cztery bajty danych zostały podzielone na pary masek włączenia i wyłączenia odpowiadające fizycznym portom mikrokontrolera ATmega8. Struktura pola danych została przedstawiona w tabeli O.12.

Tabela O.12. Struktura pola danych rozkazu o kodzie 0x1b

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Maska włączenia bitów na porcie C
Bajt 1	Maska wyłączenia bitów na porcie C
Bajt 2	Maska włączenia bitów na portach B i D
Bajt 3	Maska wyłączenia bitów na portach B i D

Struktura bitowa masek odpowiada rzeczywistemu położeniu bitów w rejestrach mikrokontrolera ATmega8. Ze względu na brak miejsca w pakiecie, maski dla portów B i D zostały połączone. Poniższa tabela przedstawia znaczenie poszczególnych bitów umieszczonych w maskach ustawiających i zerujących wybrane linie portów mikrokontrolera.

Tabela O.13. Znaczenie bitów w maskach ustawiających linie portów mikrokontrolera

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Port C	-	-	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	-	-
Port B, Port D	-	PORTD6	PORTB5	PORTB4	-	-	-	-

11) Źądaj informację o napięciu zasilania modułu radiowego

Kod rozkazu: 0x1c

Rozkaz ten umożliwia odczytanie napięcia zasilającego moduł radiowy. Pole danych żądania jest puste. W odpowiedzi na żądanie moduł wysyła pakiet o kodzie rozkazu 0x9c. Struktura pola danych odpowiedzi jest zgodna ze strukturą pola rozkazu 0x05.

12) Źądaj informację odebraną przez port szeregowy

Kod rozkazu: 0x1d

Rozkaz ten wymusza odczyt zawartości bufora odbiorczego portu szeregowego. Pole danych żądania jest puste. W odpowiedzi moduł radiowy wysyła pakiet o kodzie rozkazu 0x9d. Struktura pola danych opisana została przy prezentacji rozkazu o kodzie 0x06. Jeśli

bufor odbiorczy portu szeregowego będzie pusty, to również pole danych odpowiedzi nie będzie zawierało żadnej informacji.

13) Wyślij dane na port szeregowy modułu radiowego

Kod rozkazu: 0x1e

Rozkaz ten umożliwia wysłanie danych na port szeregowy modułu radiowego. Może on być stosowany w połączeniu z adresem rozgłoszeniowym. W tym przypadku dane zostaną wysłane przez porty szeregowy modułów radiowych, które zostały skonfigurowane do tego rodzaju komunikacji. Pierwszy bajt zawarty w polu danych określa liczbę bajtów, które mają zostać wysłane do portu szeregowego modułu radiowego. Liczba danych wysyłanych do portu szeregowego ograniczona została do czterech bajtów. Poniższa tabela przedstawia strukturę pola danych dla tego rozkazu.

Tabela O.14. Struktura pola danych rozkazu o kodzie 0x1e

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Liczba danych wysyłanych do portu szeregowego
Bajt 1-4	Wysyłane dane

14) Żądaj aktualnego czasu zegara

Kod rozkazu: 0x1f

Rozkaz umożliwia odczytanie bieżącego czasu z modułu radiowego. Pole danych żądania jest puste. W odpowiedzi moduł radiowy wysyła rozkaz o kodzie 0x9f. Pole danych odpowiedzi zawiera trzy bajty tworzące 24-bitowe słowo. Najmłodszy bajt znajduje się jako pierwszy. Odczytana 24-bitowa liczba jest czasem w sekundach, jaki upłynął od godziny 00:00:00.

15) Ustaw czas zegara

Kod rozkazu: 0x20

Przy pomocy tego rozkazu może zostać ustawiony zegar pracujący w module radiowym. Ze względu na programowy charakter zegara czasu rzeczywistego, jego dokładność nie jest zadowalająca. Dlatego zegar ten powinien być ustawiany dość często. Zaleca się, aby zegar był ustawiany przez główny sterownik przynajmniej raz na godzinę. Struktura pola danych wysyłanego pakietu zawiera 24-bitową liczbę określającą aktualny czas w sekundach, które upłynęły od godziny 00:00:00. Pierwszy bajt pola danych jest najmłodszym bajtem 24-bitowego słowa.

16) Inicjalizacja modułu radiowego

Kod rozkazu: 0x21

Inicjalizacja modułu radiowego powoduje usunięcie wszystkich wpisów dotyczących adresów protokołu radiowego, usunięcie wpisów adresów czujników radiowych i ustawienie domyślnej konfiguracji. Po inicjalizacji moduł odszukuje wszystkie czujniki podłączone do magistrali i następnie oczekuje na ponowne przydzielenie adresu przez główny sterownik.

Inicjalizacja może być dokonana na dwa sposoby. Pierwszy sposób polega na przytrzymaniu wciśniętego przycisku podczas podłączania napięcia zasilania. Drugi sposób polega na wysłaniu do modułu rozkazu inicjalizacyjnego. Pole danych pakietu żądania inicjalizacji jest puste.

17) Konfiguracja dotycząca wyboru czujników

Kod rozkazu: 0x22

Rozkaz ten umożliwia wybranie czujników odczytywanych automatycznie w zadanym cyklu. Wybór czujnika odbywa się poprzez ustawienie bitu na pozycji odpowiadającej wirtualnemu adresowi czujnika. Poniższa tabela przedstawia strukturę pola danych.

Tabela O.15. Struktura pola danych rozkazu o kodzie 0x22

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Młodszy bajt wyboru czujników
Bajt 1	Starszy bajt wyboru czujników
Bajt 2	Zarezerwowany
Bajt 3	Zarezerwowany

18) Konfiguracja portów wejść/wyjść binarnych oraz szybkości transmisji portu szeregowego

Kod rozkazu: 0x23

Rozkaz ten umożliwia ustawienie kierunku portów (czy mają być wejściami, czy wyjściami). W wyniku wykonania rozkazu zmienione mogą być tylko te linie portów, które nie są wykorzystywane przez moduł radiowy. Tabela O.16 przedstawia położenia bitów odpowiadających liniom, których kierunek może być programowany. Przyjęcie przez bit wartości jeden powoduje, że odpowiadająca mu linia staje się wyjściem. Jeżeli bit ten ma wartość zero, to linia z nim związana jest wejściem. Czwarty bajt zawarty w polu danych tego rozkazu odpowiada za szybkość transmisji na porcie szeregowym RS232. W tabeli O.17 przedstawiono wartości, które mogą zostać wpisane do czwartego bajtu pola danych i odpowiadające im szybkości transmisji. Postać pola danych wysyłanego rozkazu przedstawiona została w tabeli O.18.

Tabela O.16. Bity odpowiadające za charakter związanych z nimi linii

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Port B	-	-	DDB5	DDB4	-	-	-	-
Port C	-	-	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	-	-
Port D	-	DDD6	-	-	-	-	-	-

Tabela O.17. Szybkości transmisji portu szeregowego i odpowiadająca im wartość bajtu konfiguracyjnego

Szybkość transmisji portu RS232 [bit/s]	Wartość bajtu ustawianego w czasie konfiguracji modułu radiowego
2400	191
4800	95
9600	47
14400	31
19200	23
28800	15
38400	11
57600	7
76800	5
115200	3
230400	1

Tabela O.18. Struktura pola danych rozkazu o kodzie 0x23

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Konfiguracja portu B
Bajt 1	Konfiguracja portu C
Bajt 2	Konfiguracja portu D
Bajt 3	Szybkość transmisji portu szeregowego

19) Konfiguracje bitowe oraz bajt określający numer wejścia analogowego

Kod rozkazu: 0x24

Konfigurację bitową stanowią trzy bajty, których bity mają wpływ na różne elementy systemu i protokołu radiowego. Czwarty bajt określa numer wejścia, z którego przetwarzane będą sygnały analogowe. Numeracja wejść analogowych jest zgodna z wartościami ustawiającymi multiplexer analogowy zawarty w mikrokontrolerze ATmega8 (patrz dokumentacja mikrokontrolera ATmega8). W tabeli O.19 przedstawiono znaczenie poszczególnych bitów w bajtach konfiguracyjnych, a w tabeli O.20 opisano strukturę pola danych dla wysyłanego rozkazu.

Tabela O.19. Znaczenie bitów w bajtach konfiguracyjnych

Pierwszy bajt konfiguracyjny	
Bit 7	0 – alarmowanie czujników wyłączone, 1 – alarmowanie czujników włączone
Bit 6	0 – alarmowanie w czasie przeznaczonym na transmisję, 1 – alarmowanie natychmiast
Bit 5	0 – tryb pracy cyklicznej wyłączony, 1 – tryb pracy cyklicznej włączony
Bit 4	0 – podczas pracy w cyklu odpytywanie kolejno wybranych czujników (na każdy cykl przypada zmierzenie temperatury tylko przez jeden czujnik), 1 – w każdym cyklu wysyłanie pakietu ze zgrubnymi pomiarami wybranych czujników
Bit 3	0 – w cyklu biorą udział wszystkie czujniki temperatury znajdujące się na magistrali,

	1 – w cyklu biorą udział czujniki temperatury wybrane w procesie konfiguracji
Bit 2,1	00 – automatyczne wysyłanie stanu wejść binarnych wyłączone, 01 – stan wejść binarnych wysyłany cyklicznie w czasie przeznaczonym na transmisję, 10 – stan wejść binarnych wysyłany w czasie przeznaczonym na transmisję tylko wtedy, gdy jedno z obserwowanych wejść uległo zmianie, 11 – stan wejść binarnych wysyłany natychmiast po tym, jak jedno z nich zostało zmienione
Bit 0	1 – tryb pracy bateryjnej (odbiornik pracuje cyklicznie, a pomiędzy cyklami jest on wyłączany), 0 – tryb pracy sieciowej (odbiornik pracuje przez cały czas)
Drugi bajt konfiguracyjny	
Bit 7,6	00 – port szeregowy wyłączony, 01 – przesłanie danych z portu szeregowego wysyłane jest tylko na wyraźne żądanie (w odpowiedzi na rozkaz), 10 – przesłanie danych z portu szeregowego natychmiast po ich otrzymaniu, 11 – przesłanie danych z portu szeregowego tylko w czasie, który jest przeznaczony na transmisję
Bit 5	1 – praca w trybie serwera włączona (pakiety otrzymane przez port szeregowy są wysyłane do sieci radiowej, a pakiety otrzymane z sieci radiowej są kierowane na port szeregowy), 0 – praca w trybie serwera wyłączona (normalny tryb pracy modułu radiowego)
Bit 4	1 – potwierdzaj otrzymane pakiety, 0 – nie potwierdzaj otrzymanych pakietów
Bit 3	1 – oczekuj potwierdzeń wysyłanych pakietów, 0 – nie czekaj na potwierdzenia
Bit 2	1 – włącz retransmisję, 0 – wyłącz retransmisję (pakiety, które powinny być retransmitowane są ignorowane)
Bit 1	1 – wysyłaj cyklicznie wartość zmierzoną na wybranym w czasie konfiguracji wejściu analogowym, 0 – nie wysyłaj stanu wybranego wejścia analogowego
Bit 0	1 – diody świecące sterowane drogą radiową, 0 – diody świecące sygnalizujące stan nadajnika i odbiornika (zielona sygnalizuje wysyłanie pakietu, a czerwona jego odbiór)
Trzeci bajt konfiguracyjny	
Bit 7 - 2	Zarezerwowany
Bit 1	1 – w każdym cyklu wysyłany stan wszystkich czujników temperatury 0 – w każdym cyklu wysyłany tylko stan jednego czujnika temperatury
Bit 0	1 – odbiornik zasilany napięciem występującym w układzie 0 – odbiornik zasilany napięciem dostarczonym z przetwornicy impulsowej

Tabela O.20. Struktura pola danych rozkazu o kodzie 0x24

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Pierwszy bajt konfiguracyjny
Bajt 1	Drugi bajt konfiguracyjny
Bajt 2	Trzeci bajt konfiguracyjny
Bajt 3	Numer wejścia analogowego, którego dane będą wysyłane cyklicznie po ustawieniu bitu 1 w drugim bajcie konfiguracyjnym

20) Konfiguracja zmiennej przechowującej przesunięcie cyklu nadawania

Kod rozkazu: 0x25

Przesunięcie cyklu nadawania określa czas w sekundach poczynając od godziny 00:00:00, po którym rozpocznie się czas przeznaczony na nadawanie. Przesunięcie to umożliwia rozdzielenie czasu pomiędzy większą liczbą modułów radiowych. Postać pola danych jest identyczna, jak w przypadku rozkazów ustawiających i odczytujących czas.

21) Konfiguracja odstępu pomiędzy kolejnymi okresami przeznaczonymi na nadawanie oraz ustawienie czasu trwania tych okresów

Kod rozkazu: 0x26

Rozkaz ten umożliwia ustawienie odstępów pomiędzy kolejnymi chwilami czasu przeznaczonymi na nadawanie oraz długości trwania tych chwil. Pierwsze trzy bajty pola danych stanowią 24-bitową liczbę określającą odstęp pomiędzy kolejnymi chwilami czasu przeznaczonego na nadawanie. Odstęp czasu podawany jest w sekundach. Czwarty bajt określa w sekundach czas przeznaczony na nadawanie. Oznacza to, że czas przeznaczony na nadawanie maksymalnie może wynosić 255 sekund. Przedstawiona poniżej tabela opisuje strukturę pola danych dla tego typu rozkazu.

Tabela O.21. Struktura pola danych rozkazu o kodzie 0x26

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Najmłodszy bajt 24-bitowego słowa określającego odstęp pomiędzy chwilami przeznaczonymi na nadawanie
Bajt 1	Drugi bajt 24-bitowego słowa
Bajt 2	Trzeci bajt 24-bitowego słowa
Bajt 3	Czas przeznaczony na transmisję (liczony w sekundach)

22) Ustawienie adresu własnego i adresu, do którego będą kierowane pakiety

Kod rozkazu: 0x27

Pole danych tego rozkazu zawiera dwa bajty. Pierwszy jest adresem modułu radiowego, natomiast drugi jest adresem modułu nadrzędnego, do którego będą wysyłane pakiety.

23) Ustawienie parametrów wykorzystywanych podczas retransmisji

Kod rozkazu: 0x28

Przy użyciu tego rozkazu ustawione zostają adresy wykorzystywane podczas retransmisji pakietów. Ustawiane są dwie pary składające się z jednobajtowego adresu modułu i jednobajtowego adresu podsieci. Piąty bajt określa maskę podsieci. Ustawione w masce najstarsze bity wydzielają z adresu numer charakteryzujący podsieć. Przy odbiorze pakietu przeznaczonego do retransmisji, na adres docelowy pakietu nakładana jest maska, a wyodrębniony numer podsieci porównywany jest z dwoma numerami podanymi podczas wysyłania tego rozkazu. Jeśli adres podsieci wydzielony z otrzymanego pakietu zgadza się z jednym z dwóch ustawionych przy pomocy tego rozkazu, to pakiet przesyłany jest dalej do adresu stanowiącego parę dla trafejnego adresu podsieci. Jeśli adres podsieci wydzielony z otrzymanego pakietu nie zgadza się z żadnym z tych zapisanych w module, to pakiet przesyłany jest bezpośrednio do adresata. W tabeli O.22 została przedstawiona struktura pola danych dla wysyłanego pakietu zawierającego rozkaz o kodzie 0x28.

Tabela O.22. Struktura pola danych rozkazu o kodzie 0x28

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Pierwszy adres, pod który przesyłane są pakiety
Bajt 1	Adres pierwszej podsieci, do której ma trafić retransmitowany pakiet
Bajt 2	Drugi adres, pod który przesyłane są pakiety
Bajt 3	Adres drugiej podsieci, do której ma trafić retransmitowany pakiet
Bajt 4	Maska podsieci

24) Źądaj wartość średnią zmierzoną przez wybrane czujniki temperatury

Kod rozkazu: 0x29, 0x2a

Rozkaz ten umożliwia otrzymanie natychmiastowej informacji o wartości średniej z temperatury zmierzonej przez wybrane czujniki. Pole danych żądania zawiera dwa bajty, które razem stanowią 16-bitowe słowo. Pozycja bitu w słowie określa wirtualny numer czujnika temperatury. Pomiar i obliczenie wartości średniej dokonywane jest na danych otrzymanych z czujników, którym odpowiadające bity ustawione zostały na jeden. W odpowiedzi moduł wysyła pakiet o kodzie rozkazu 0xa9 lub 0xaa. Rozkaz ten występuje w dwóch odmianach. Rozkaz o kodzie 0x29 powoduje wykonanie pomiaru na wybranych czujnikach, obliczenie wartości średniej, a następnie przesłanie wyniku do sterownika głównego. Rozkaz o kodzie 0x2a nie wykonuje pomiaru temperatury. Przesłana zostaje informacja obliczona na podstawie wartości przechowywanych w rejestrach czujników temperatury. W tabeli O.23 przedstawiona została struktura pola danych dla wysyłanego pakietu, a w tabeli O.24 struktura pola danych pakietu otrzymanego w wyniku odpowiedzi na tego typu rozkaz.

Tabela O.23. Struktura pola danych rozkazu o kodzie 0x29 lub 0x2a

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Młodszy bajt 16-bitowego słowa wybierającego czujniki do uśrednienia
Bajt 1	Starszy bajt 16-bitowego słowa wybierającego czujniki do uśrednienia

Tabela O.24. Struktura pola danych pakietu otrzymanego w odpowiedzi na rozkaz o kodzie 0x29 lub 0x2a

Numer bajtu	Znaczenie pola
Bajt 0	Młodszy bajt 16-bitowego słowa wybierającego czujniki do uśrednienia
Bajt 1	Starszy bajt 16-bitowego słowa wybierającego czujniki do uśrednienia
Bajt 2	Młodszy bajt uśrednionej temperatury
Bajt 3	Starszy bajt uśrednionej temperatury

25) Żądaj wartość zmierzoną na wybranym wejściu przetwornika analogowo – cyfrowego

Kod rozkazu: 0x2b

Rozkaz ten umożliwia dokonanie pomiaru na jednym z wejść analogowych. W polu danych wysyłanego rozkazu znajduje się bajt określający numer wejścia analogowego. Numer ten odpowiada ustawieniu multipleksera zawartego w mikrokontrolerze ATmega8. W odpowiedzi otrzymuje się pakiet z numerem rozkazu 0xab. Struktura pola danych odpowiedzi jest identyczna z tą, która została przedstawiona przy opisie rozkazu 0x07.

26) Żądanie odszukania nowych czujników temperatury na magistrali Dallas

Kod rozkazu: 0x2c

Po otrzymaniu tego rozkazu moduł radiowy odszukuje nowe czujniki na magistrali Dallas i zapisuje informację o nich w pamięci EEPROM mikrokontrolera. Pole danych jest w tym przypadku pozostawione puste.

Pakiety potwierdzające

Potwierdzenie polega na odesłaniu pakietu o tym samym numerze. Adres nadawcy potwierdzenia powstaje poprzez wykonanie logicznej sumy na jego rzeczywistym adresie i wartości 0x80. Wszystkie adresy nadawców potwierdzeń posiadają ostatni bit ustawiony na jeden. Przyjęcie takiej postaci protokołu powoduje ograniczenie liczby modułów do 127.

Kody rozkazów w pakietach będących odpowiedziami na żądania powstają poprzez wykonanie sumy logicznej na kodzie rozkazu żądania i wartości 0x80. Wszystkie pakiety, oprócz pakietów potwierdzeń, mają długość trzynastu bajtów. Nieużywane bajty w polu danych ustawiane są na zero. Pakiety potwierdzeń mają długość ośmiu bajtów i nie zawierają pola danych.