Protokół komunikacyjny FACON

Multiprojekt ◦ Elektrokomplex

FATEK Automation Corporation

Wersja 1.0 2019

Tłumaczenie:

- Mariusz Żynel,
- Grzegorz Lewandowski.

Przy współpracy z Multiprojekt oraz Elektrokomplex.

Tekst opracowano w oparciu o dokumentację techniczną:
FACON-PLC Communication Protocol, Fatek Automation Corp., 2001, Ver. 1.1.
oraz o doświadczenia autorów. Wykorzystano materiały z w/w dokumentacji.

Spis treści

1 Urządzenia nadrzędne i podrzędne **5**

2 Format komunikatu **5**

3 Kody błędów **7**

4 Polecenia **7**

4.1 Zestawienie dostępnych rejestrów 8

4.2 Zestawienie dostępnych poleceń 8

4.3 Polecenie `0x40` -- odczyt uproszczonego statusu sterownika 10

4.4 Polecenie `0x41` -- uruchomienie i zatrzymanie sterownika 11

4.5 Polecenie `0x42` -- zapis statusu rejestru 1-bitowego 13

4.6 Polecenie `0x43` -- odczyt statusu kolejnych rejestrów 1-bitowych 14

4.7 Polecenie `0x44` -- odczyt wartości kolejnych rejestrów 1-bitowych 15

4.8 Polecenie `0x45` -- zapis wartości kolejnych rejestrów 1-bitowych 16

4.9 Polecenie `0x46` -- odczyt wartości kolejnych rejestrów 16 lub 32-bitowych . 18

4.10 Polecenie `0x47` -- zapis wartości kolejnych rejestrów 16 lub 32-bitowych . 19

4.11 Polecenie `0x48` -- odczyt wartości dowolnych rejestrów 20

4.12 Polecenie `0x49` -- zapis wartości dowolnych rejestrów 21

4.13 Polecenie `0x4E` -- testowa pętla zwrotna 23

4.14 Polecenie `0x4F` -- odczyt programu ze sterownika 24

4.15 Polecenie `0x50` -- zapis programu do sterownika 25

4.16 Polecenie `0x53` -- odczyt szczegółowego statusu sterownika 26

5 API w C **28**

5.1 Stałe 28

5.2 Struktury 30

5.3 Zmienne globalne 30

5.4 Funkcje 31

5.4.1 Nawiązanie połączenia 31

5.4.2 Zakończenie połączenia 31

5.4.3 Przesłanie komunikatu 31

5.4.4 Odczyt uproszczonego statusu sterownika 32

5.4.5 Uruchomienie i zatrzymanie sterownika 32

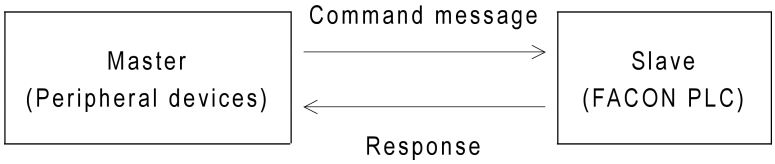
5.4.6 Zapis statusu rejestru 1-bitowego 32
5.4.7 Odczyt statusu kolejnych rejestrów 1-bitowych 32
5.4.8 Odczyt i zapis wartości kolejnych rejestrów 32
5.4.9 Odczyt wartości dowolnych rejestrów 33
5.4.10 Zapis wartości dowolnych rejestrów 33
5.4.11 Testowa pętla zwrotna 33
5.4.12 Odczyt szczegółowego statusu sterownika 34

6 API w PHP **34**
6.1 Stałe 34
6.2 Klasy 35
6.2.1 Klasa komunikat 35
6.2.2 Klasa rejestr 35
6.2.3 Klasa sterownik 35

Protokół komunikacyjny FACON ma zastosowanie do wszystkich portów komunikacyjnych sterowników PLC marki Fatek działających w standardowym trybie. Urządzenie peryferyjne, które komunikuje się ze sterownikiem PLC, powinno być wyposażone w odpowiedni interfejs sprzętowy skonfigurowany zgodnie z wymaganymi parametrami, a przekazywane wiadomości powinny być formatowane z zastosowaniem opisywanego tutaj protokołu.

1 Urządzenia nadrzędne i podrzędne

Podczas komunikacji sterownik PLC nazywany jest *urządzeniem podrzędnym*, natomiast urządzenie peryferyjne nazywane jest *urządzeniem nadrzędnym* (por. rys. 1). To urządzenie peryferyjne rozpoczyna komunikację i aktywnie wysyła komunikaty do sterownika PLC natomiast sterownik PLC wyłącznie pasywnie odpowiada na odebrane komunikaty.



Rysunek 1: Urządzenia nadrzędne i podrzędne.

Połączone ze sobą urządzenia nadrzędne i podrzędne tworzą sieć komunikacyjną. W takiej sieci występuje dokładnie jedno urządzenie nadrzędne oraz maksymalnie do 255 urządzeń podrzędnych, czyli sterowników PLC. Każdemu urządzeniu podrzędnemu w sieci przypisany jest jego unikalny identyfikator -- *numer stacji* z zakresu od `0x01` do `0xFE`.

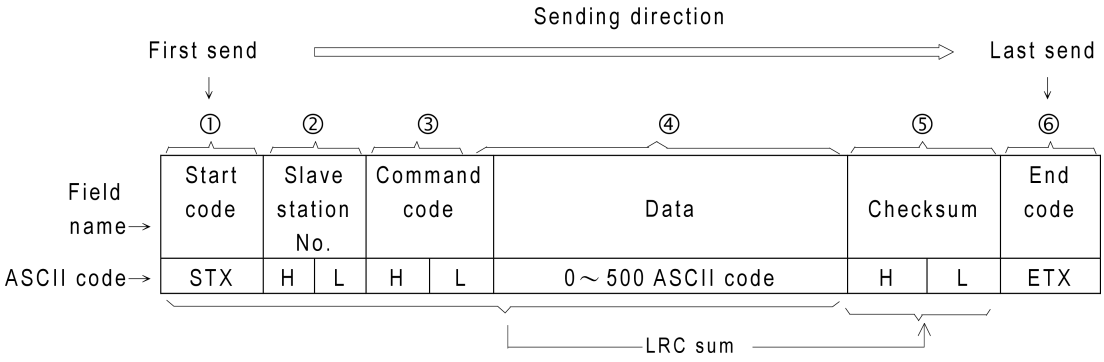
Fabrycznie wszystkim sterownikom PLC nadawany jest numer stacji o wartości 1. W protokole FACON nie przewidziano możliwości zmiany numeru stacji. Aby zmienić numer stacji należy użyć programu konfiguracyjnego lub WinProLadder.

Wszystkie wartości przesyłane są w protokole FACON jako ich szesnastkowa reprezentacja w kodzie ASCII. Na przykład numer stacji o dziesiętnej wartości 26, czyli szesnastkowo `0x1A`, przesyłany jest jako dwa znaki `1A`, natomiast wartość rejestru, dziesiętnie 171, czyli szesnastkowo `0xAB`, przesyłana jest jako dwa znaki `AB`. Praktycznie całość transmisji w protokole FACON jest czytelna w surowej postaci bez potrzeby dekodowania przesyłanych danych. Czyni to protokół FACON przejrzystym i ułatwia diagnostykę, za pewną cenę jednak jaką jest narzut w ilości przesyłanych danych. Zgodnie z przyjętą konwencją bowiem, aby przesłać 1 bit zużywa się aż 1 bajt (1 znak ASCII), czyli 8 bitów, natomiast do przesłania 16-bitów zużywa się 4 bajty (4 znaki ASCII), czyli 32 bity.

2 Format komunikatu

Wszystkie komunikaty, zarówno *żądania* wysyłane z urządzenia nadrzędnego jak i *odpowiedzi* wysyłane przez urządzenie podrzędne mają ten sam format (por. rys. 2).

Komunikat w protokole FACON zbudowany jest z sześciu następujących pól:



Rysunek 2: Format komunikatu w protokole FACON.

Znak początku Jeden znak (jeden bajt) `STX` (Start Of Text) w kodzie ASCII o wartości `0x02`. Ten znak rozpoczyna zarówno żądanie jak i odpowiedź. Gdy urządzenie oczekuje na komunikację i odbierze taki znak to oznacza początek komunikatu.

Numer stacji podrzędnej Dwa znaki (dwa bajty) reprezentujące numer stacji podrzędnej w kodzie szesnastkowym. Wartość 00 oznacza, że komunikat adresowany jest do wszystkich stacji podrzędnych. Gdy urządzenie nadrzędne chce wysłać żądanie zaadresowane do konkretnej stacji podrzędnej umieszcza jej numer w tym właśnie polu komunikatu. Stacja podrzędna zawsze umieszcza swój numer w tym polu w odsyłanej odpowiedzi.

Kod polecenia Dwa znaki (dwa bajty) reprezentujące kod polecenia w kodzie szesnastkowym. To jest kod polecenia jakie urządzenie nadrzędne chce aby zostało wykonane przez urządzenie podrzędne, czyli na przykład: zapis lub odczyt danych dyskretnych itp. Kod polecenia w odpowiedzi urządzenia podrzędnego jest taki sam jak kod polecenia w żądaniu jakie otrzymało.

Dane Od 0 do 500 znaków (bajtów), choć praktyka pokazuje, że może być nieco więcej. To pole zwykle zawiera adresy rejestrów do odczytu i ewentualnie ich wartości do zapisu w sterowniku PLC. Pierwszy znak odpowiedzi w tym polu to kod błędu. W przypadku braku błędu przesyłany jest znak `0` o wartości `0x30` w tabeli ASCII. Po nim następują właściwe przesyłane w odpowiedzi urządzenia podrzędnego dane. Jeśli wystąpi błąd, przesyłany jest znak reprezentujący szesnastkową wartość jego kodu. Wówczas jest to jedyny znak w tym polu i nie są przesyłane żadne dodatkowe dane.

Suma kontrolna Dwa znaki (dwa bajty) reprezentujące wartość sumy kontrolnej w kodzie szesnastkowym. Suma kontrolna obliczana jest przy pomocy zmodyfikowanego algorytmu LRC. Dodawane są do siebie kolejno wartości znaków od znaku początku po ostatni znak w polu danych. Przy każdym sumowaniu obliczane jest modulo 256.

Urządzenie odbierające komunikat oblicza sumę kontrolną stosując ten sam algorytm i porównuje wynik z przesłaną sumą kontrolną w komunikacie. Jeśli wartości są równe to mamy gwarancję, że odebrany komunikat jest taki sam jak został nadany. W przeciwnym razie podczas transmisji wystąpiło przekłamanie.

Znak końca Jeden znak (jeden bajt) `ETX` (End Of Text) w kodzie ASCII o wartości `0x03`. Ten znak kończy zarówno żądanie jak i odpowiedź. Odczytanie znaku końca przez

urządzenie odbierające dane oznacza koniec komunikatu. Następuję zakończenie odczytu danych i urządzenie powinno zacząć przetwarzać komunikat.

3 Kody błędów

W sytuacji, gdy format komunikatu jest niepoprawny, nieprawidłowy jest kod polecenia, przekroczone są adresy rejestrów lub ich wartości w przypadku zapisu, albo wystąpiła usterka sprzętowa, polecenie przesłane w żądaniu z urządzenia nadrzędnego nie może zostać poprawnie wykonane przez urządzenie podrzędne. Wówczas urządzenie podrzędne zwraca odpowiedni kod błędu w odpowiedzi do urządzenie nadrzędnego. Niezależnie od kodu polecenia oraz danych w żądaniu, format komunikatu odpowiedzi zawierającej kod błędu, jest taki sam jak pozostałych komunikatów. Do urządzenia nadrzędnego zostanie przesłana odpowiedź zawierająca znak początku, numer stacji, kod polecenia, w polu danych kod błędu informujący urządzenie nadrzędne co się stało, wyliczoną sumę kontrolną oraz znak końca. Wyjątkiem jest polecenie o kodzie `0x4E`, czyli testowa pętla zwrotna. Z założenia odpowiedź jest tutaj identyczna jak żądanie, dlatego nie ma kodu ewentualnego błędu.

Kod błędu	Opis
`0x00`	Brak błędu
`0x02`	Niepoprawna wartość
`0x03`	Zapis zabroniony
`0x04`	Niepoprawna składnia polecenia, kod polecenia lub polecenie nie może być wykonane
`0x05`	Błędna suma kontrolna programu
`0x06`	Niezgodne identyfikatory sterownika PLC oraz programu
`0x07`	Błąd syntaktyczny
`0x09`	Niewspierane instrukcje w kodzie programu
`0x0A`	Niepoprawny adres odwołania

Tabela 1: Kody błędów odpowiedzi w protokole FACON.

4 Polecenia

W tym rozdziale zostaną przedstawione poszczególne polecenia i odpowiedzi na nie występujące w protokole FACON. Tutaj opisane zostaną jedynie poprawne odpowiedzi, natomiast kody błędów opisane są w rozdziale 3.

4.1 Zestawienie dostępnych rejestrów

Głównym celem komunikacji w protokole FACON jest odczyt i zapis wartości oraz statusów sterownika PLC. W tabeli 2 zebrane zostały dostępne rejestry do odczytu i zapisu.

Symbol	Nazwa	Adresy rejestrów		
		1-bitowych	16-bitowych	32-bitowych
X	Styk wejściowy	X0000 - X9999	WX000 - WX9984	DWX0000 - DWX9968
Y	Przekaźnik wyjściowy	Y0000 - Y9999	WY000 - WY9984	DWY0000 - DWY9968
M	Przekaźnik wewnętrzny	M0000 - M9999	WM000 - WM9984	DWM0000 - DWM9968
S	Przekaźnik krokowy	S0000 - S9999	WS000 - WS9984	DWS0000 - DWS9968
T	Zegar	T0000 - T9999	WT000 - WT9984	DWT0000 - DWT9968
C	Licznik	C0000 - C9999	WC000 - WC9984	DWC0000 - DWC9968
T	Zegar	-	RT0000 - RT9999	DRT0000 - DRT9998
C	Licznik	-	RC0000 - RC9999	DRC0000 - DRC9998
R	Rejestr danych	-	R00000 - R65535	DR00000 - DR65534
D	Rejestr danych	-	D00000 - D65535	DD00000 - DD65534

Tabela 2: Zestawienie dostępnych rejestrów.

Dyskretny rejestr 16-bitowy oraz 32-bitowy (o symbolu X, Y, M lub S) utworzony jest z, odpowiednio, 16 lub 32 kolejnych rejestrów 1-bitowych. Adres takiego rejestru powinien być wielokrotnością liczby 8.

Adresy rejestrów 1-bitowych przekazywane są jako 5 znaków (1 znak na symbol plus 4 znaki na adres), adresy rejestrów 16-bitowych przekazywane są jako 6 znaków (1 lub 2 znaki na symbol i odpowiednio 5 lub 4 znaki na adres), natomiast adresy rejestrów 32-bitowych przekazywane są jako 7 znaków (2 lub 3 znaki na symbol i odpowiednio 5 lub 4 znaków na adres). Wartość numeryczna adresu jest zawsze dopełniana znakiem `0` z lewej strony do żądanej ilości znaków.

Podane w tabeli 2 zakresy adresów są największe z możliwych dla wszystkich modeli sterowników PLC marki Fatek. Dla konkretnego modelu sterownika zakresy te mogą być mniejsze. Przekroczenie dopuszczalnego zakresu sterownik będzie sygnalizował w odpowiedzi kodem błędu `0x0A`.

4.2 Zestawienie dostępnych poleceń

W protokole FACON, *znak* oznacza wartość 8 bitową, czyli 1 bajt, liczbę całkowitą z zakresu od 0 do 255 lub od `0x00` do `0xFF` heksadecymalnie. Wartość taką określa się znakiem ponieważ w komunikacie przekazywana jest jako odpowiadający tej wartość

znak ASCII. Na przykład wartość 65, albo `0x41` szesnastkowo, przesyłana jest jako znak `A`.

Wartość całkowita z zakresu od 0 do 65535, czyli od `0x0000` do `0xFFFF` heksadecymalnie, określana jest jako *słowo* i przesyłana jest jako 4 znaki ASCII. Te 4 znaki kodują daną wartość w systemie szesnastkowym. To znaczy, na przykład, liczba 431 przekazywana jest jako `01AF` bo 431 szesnastkowo to właśnie `0x1AF`.

Kod	Opis polecenia	Rozmiar danych
`0x40`	Odczyt uproszczonego statusu sterownika PLC	---
`0x41`	Uruchomienie i zatrzymanie sterownika PLC	---
`0x42`	Zapis statusu rejestru 1-bitowego	1 znak
`0x43`	Odczyt statusu kolejnych rejestrów 1-bitowych	1--256 znaków
`0x44`	Odczyt wartości kolejnych rejestrów 1-bitowych	1--255 znaków
`0x45`	Zapis wartości kolejnych rejestrów 1-bitowych	1--255 znaków
`0x46`	Odczyt wartości kolejnych rejestrów 16 lub 32-bitowych	1--64 słów
`0x47`	Zapis wartości kolejnych rejestrów 16 lub 32-bitowych	1--64 słów
`0x48`	Odczyt wartości dowolnych rejestrów	1--64 słów
`0x49`	Zapis wartości dowolnych rejestrów	1--32 słów
`0x4E`	Testowa pętla zwrotna	0--256 znaków
`0x4F`	Odczyt programu ze sterownika PLC	64 słowa
`0x50`	Zapis programu do sterownika PLC	64 słowa
`0x53`	Odczyt szczegółowego statusu sterownika PLC	---

Tabela 3: Zestawienie dostępnych poleceń.

Podczas przesyłania wartości rejestru 1-bitowego, w polu danych komunikatu przekazywany jest jeden znak: `0` oznacza wyłączony, `1` oznacza załączony. Wartość rejestru 16-bitowego to słowo i przekazywana jest jako 4 znaki reprezentujące tę wartość heksadecymalnie.

Wartość rejestru 32-bitowego to dwa kolejno po sobie następujące słowa. Do przesłania wartości takiego rejestru używa się 8 znaków reprezentujących jego wartość. Rejestry 32-bitowe, podczas przesyłania ich wartości, powinny być traktowane jako 2 rejestry 16-bitowe. Na przykład, w poleceniach `0x46` i `0x47` można przekazać maksymalnie 64 słowa, czyli wartości 64 rejestrów 16-bitowych albo wartości 32 rejestrów 32-bitowych. Polecenia te pozwalają przesyłać albo tylko rejestry 16-bitowe, albo tylko rejestry 32-bitowe.

Przy pomocy polecenia `0x48` możemy odczytać maksymalnie 64 słowa, czyli 256 znaków, natomiast przy pomocy polecenia `0x49` możemy zapisać maksymalnie 32 słowa, czyli 128 znaków. Przy pomocy tych poleceń można przekazywać wartości rejestrów dowolnego typu. Należy pamiętać jednak o tym, że jedna wartość 32-bitowa zajmuje tyle miejsca co dwie wartości 16-bitowe, albo 4 wartości 1-bitowe. Odpowiednio zajmują one 8, 4 lub 1

znak.

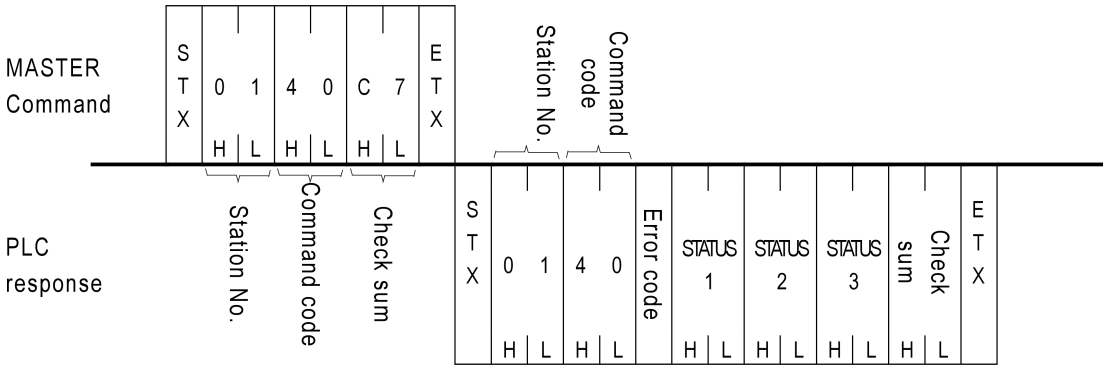
Aby przesłać wartości kolejnych rejestrów wystarczy wskazać adres pierwszego z nich oraz ich ilość. Nie podaje się adresów poszczególnych rejestrów. W jednym poleceniu wszystkie rejestry muszą być tego samego typu.

Jeśli w jednym poleceniu przesyłane są wartości rejestrów różnych typów, to należy podać adresy każdego z rejestrów. Wówczas kolejność w jakiej dane są zapisywane do lub odczytywane z rejestrów może być losowa.

Przesyłając program z lub do sterownika PLC w ramach jednego polecenia możemy przysłać maksymalnie 64 słowa, czyli 256 znaków, tego programu. Gdy pogram jest większy należy dane polecenie wykonać odpowiednią ilość razy.

4.3 Polecenie `0x40` -- odczyt uproszczonego statusu sterownika

Polecenie o kodzie `0x40` używane jest w celu sprawdzenia aktualnego stanu sterownika PLC. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 3.



Rysunek 3: Schemat komunikatu polecenia `0x40`.

W żądaniu tego polecenie nie przekazujemy żadnych danych. W odpowiedzi, jako dane, sterownik zwraca 6 znaków -- po dwa znaki na jedną wartość statusu. Tak więc w odpowiedzi dostajemy 3 składowe: STATUS_1, STATUS_2, STATUS_3. Znaczenie poszczególnych bitów STATUS_1 przedstawione są w tabeli 4.

Druga składowa STATUS_2, gdy program w sterowniku PLC jest programem krokowym, może przyjmować jedną z wartości zamieszczonych w tabeli 5'

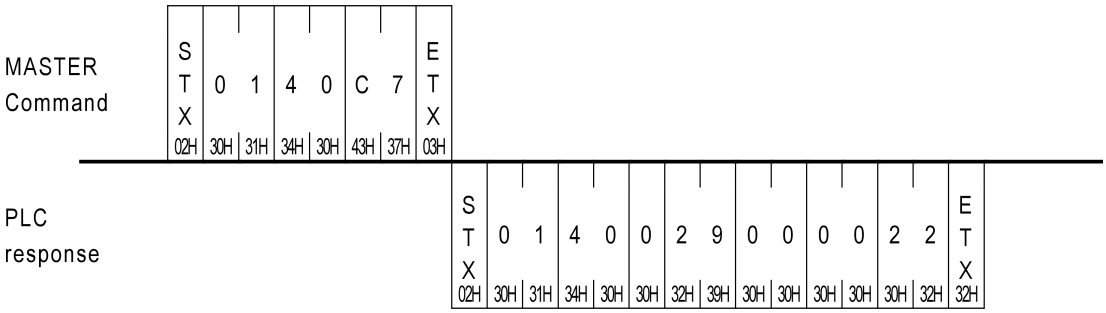
Trzecia składowa STATUS_3 jest zarezerwowana do przyszłych zastosowań.

Przykład

Jeśli sterownik wyposażony jest w ROM PACK, jego ID oraz ID w ROM PACK są ustawione oraz sterownik pracuje normalnie to w odpowiedzi zwróci STATUS_1 o wartości `0x29`. Bity B0, B3 oraz B5 ustawione są na 1 pozostałe na 0. Daje to wartość `0x29` (por. rys. 4).

Bit	Znaczenie	Wartość 0	Wartość 1
B0	stan sterownika	zatrzymany	działa
B1	status baterii	normalny poziom	niski poziom
B2	suma kontrolna programu	OK	błąd
B3	ROM PACK	nieużywany	używany
B4	status WDT	OK	błąd
B5	status ID	nieustawiony	ustawiony
B6	status awaryjnego zatrzymania	OK	zatrzymanie awaryjne
B7	zarezerwowany	--	--

Tabela 4: Znaczenie bitów statusu sterownika PLC.



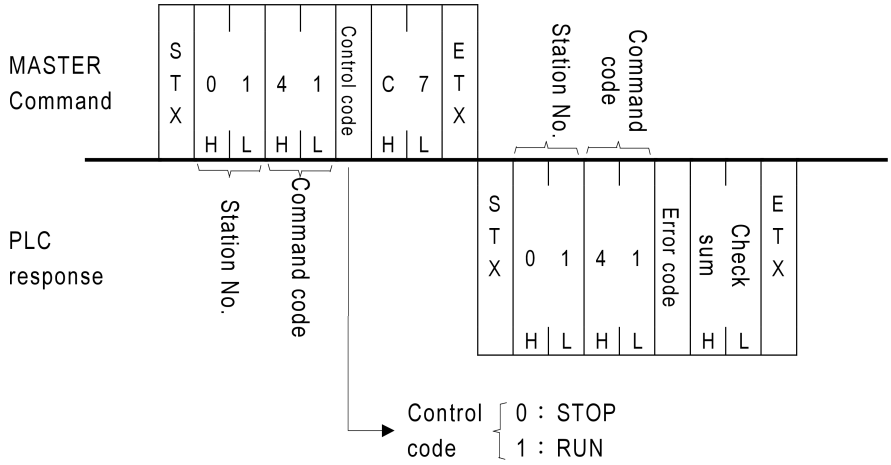
Rysunek 4: Przykład komunikatu polecenia 0x40.

4.4 Polecenie 0x41 -- uruchomienie i zatrzymanie sterownika

Polecenie o kodzie 0x41 używane jest aby uruchomić lub zatrzymać sterownik. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 5.

Wartość	Znaczenie
0x00	wartość zarezerwowana
0x53	program krokowy FBE 8k
0x54	program krokowy FBE 13k
0x55	program krokowy FBN 8k
0x56	program krokowy FBN 13k
0xFF	program krokowy FB 8k

Tabela 5: Znaczenie drugiej składowej STATUS_2 uproszczonego statusu sterownika PLC.

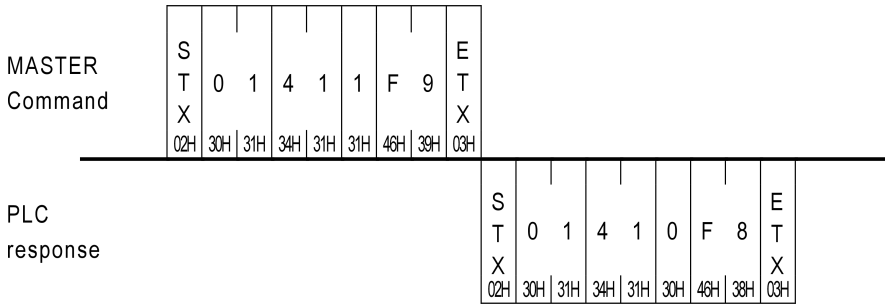


Rysunek 5: Schemat komunikatu polecenia `0x41`.

W żądaniu tego polecenie przekazywany jest 1 znak o możliwych dwóch wartościach: `0` -- zatrzymaj sterownik, `1` -- uruchom sterownik. W odpowiedzi sterownik nie zwraca żadnych danych.

Przykład

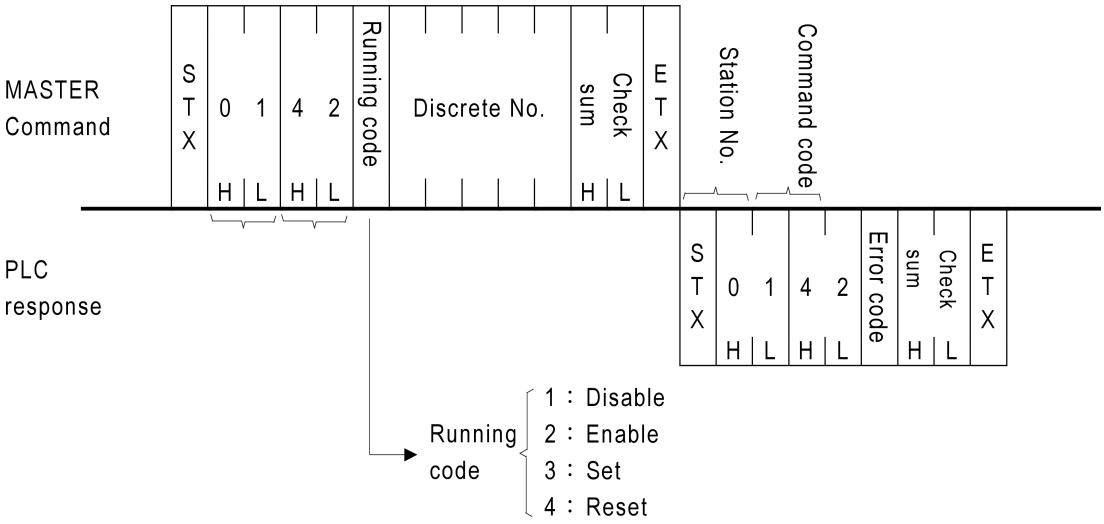
Aby uruchomić sterownik wysyłamy w polu danych znak `1`. W odpowiedzi na to żądanie nie ma żadnych danych.



Rysunek 6: Przykład komunikatu polecenia 0x41.

4.5 Polecenie 0x42 -- zapis statusu rejestru 1-bitowego

Polecenie o kodzie 0x42 używane jest do zapisania statusu pojedynczego rejestru 1-bitowego. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 7.



Rysunek 7: Schemat komunikatu polecenia 0x42.

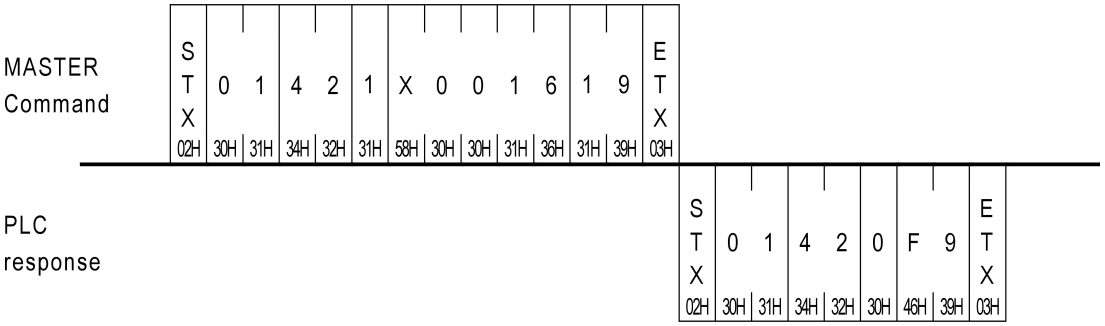
W żądaniu tego polecenia przekazywany jest docelowy status rejestru 1-bitowego jako 1 znak o możliwych czterech następujących wartościach:

- 1: wyłącza rejestr z użycia w programie PLC,
- 2: załącza rejestr do użycia w programie PLC,
- 3: ustawia wartość rejestru na 1,
- 4: ustawia wartość rejestru na 0.

Po nim wysyłany jest symbol rejestru i jego adres jako 4 znaki, razem 5 znaków. W odpowiedzi na to polecenie sterownik nie zwraca żadnych danych.

Przykład

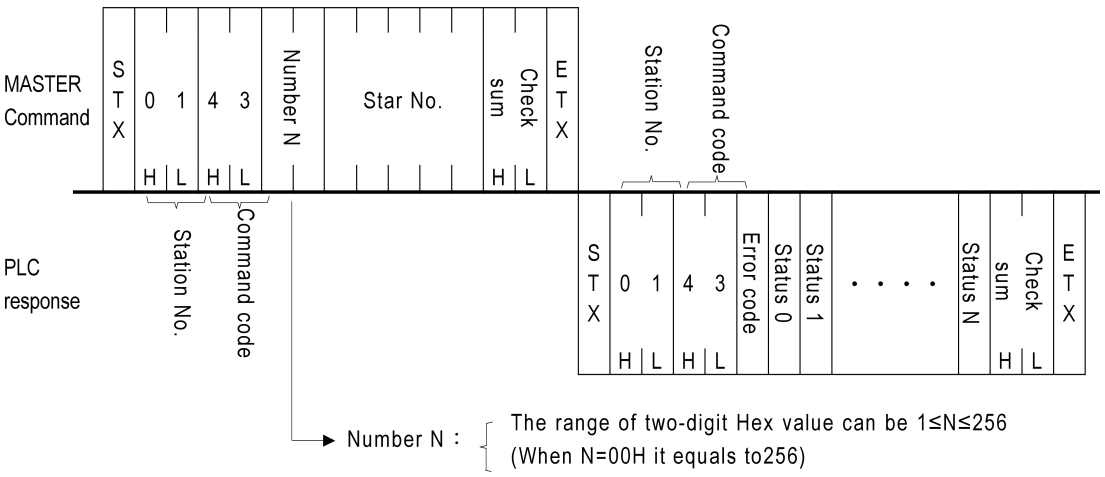
Aby wyłączyć rejestr 1-bitowy `X16` wysyłany jest znak `1`, czyli heksadecymalnie `0x31`. Kolejny znak w żądaniu to symbol `X` rejestru, po którym podany jest adres rejestru jako 4 znaki ASCII, czyli napis `0016`.



Rysunek 8: Przykład komunikatu polecenia `0x42`.

4.6 Polecenie `0x43` -- odczyt statusu kolejnych rejestrów 1-bitowych

Polecenie o kodzie `0x43` używane jest do odczytania statusu kolejnych rejestrów 1-bitowych. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 9.



Rysunek 9: Schemat komunikatu polecenia `0x43`.

Status rejestru 1-bitowego możemy modyfikować za pomocą polecenia o kodzie `0x42`, które zostało opisane w poprzedniej sekcji. Status rejestru w tym poleceniu rozumiany jest nieco inaczej i może przyjmować tylko dwie wartości:

- 0: rejestr jest załączony do użycia w programie PLC,
- 1: rejestr jest wyłączony z użycia w programie PLC.

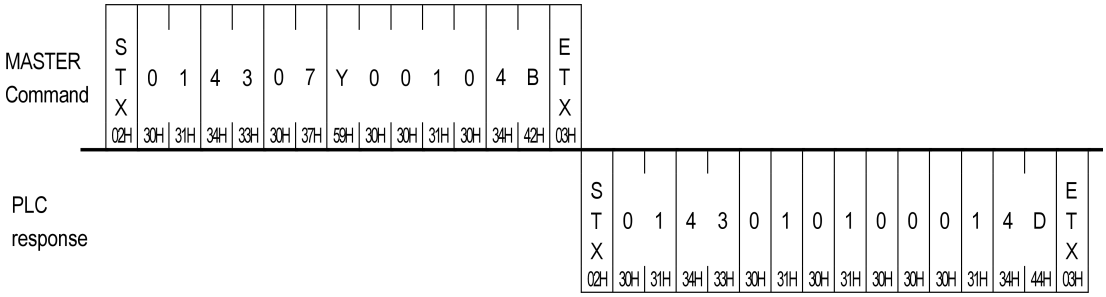
W poleceniu tym, jako dane przesyłamy najpierw ilość rejestrów, których status nas interesuje. Liczbę tę podajemy jako 2 znaki reprezentujące jej heksadecymalną wartość.

Przesłanie napisu 12 oznacza 18 rejestrów. Wartość 00 odpowiada 256 rejestrom i tyle maksymalnie statusów rejestrów możemy odczytać w jednym poleceniu. Kolejnych 5 znaków to: 1 znak na symbol i 4 znaki na adres rejestru początkowego.

W odpowiedzi polecenie zwraca ciąg znaków 0, 1 będących statusami kolejnych rejestrów począwszy od rejestru wskazanego w żądaniu. Ilość znaków w odpowiedzi powinna być taka jak ilość wskazana w żądaniu.

Przykład

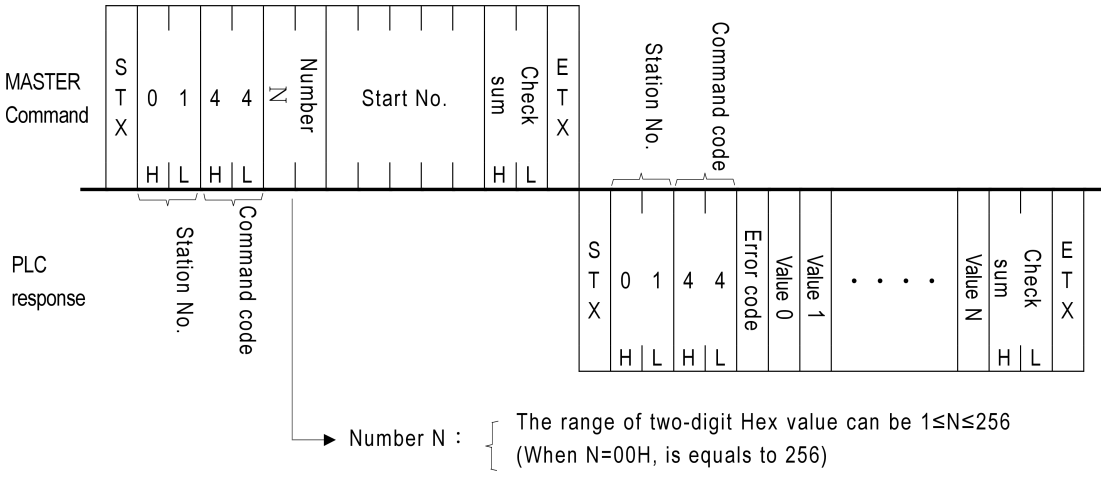
Jeśli chcemy odczytać statusy rejestrów począwszy od Y10 do Y16, to w polu danych komunikatu polecenia 0x43 umieszczamy 07, bo interesuje nas 7 kolejnych rejestrów. Następnie umieszczamy tak symbol i adres pierwszego rejestru, czyli Y0010 (por. rys. 10). W odpowiedzi dostajemy ciąg 1010001, co oznacza, że rejestry Y10, Y12 i Y16 są wyłączone, a pozostałe załączone.



Rysunek 10: Przykład komunikatu polecenia 0x43.

4.7 Polecenie 0x44 -- odczyt wartości kolejnych rejestrów 1-bitowych

Polecenie o kodzie 0x44 stosujemy aby odczytać wartości kolejnych rejestrów 1-bitowych. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 11.



Rysunek 11: Schemat komunikatu polecenia 0x44.

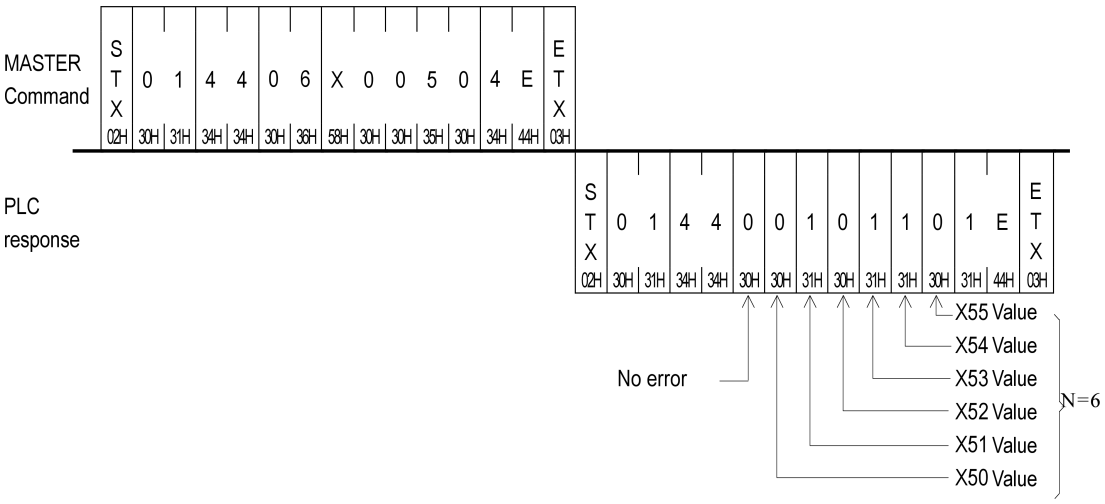
Tego polecenia używa się bardzo podobnie jak polecenia 0x43 do odczytu statusów.

W polu danych umieszczamy najpierw ilość rejestrów, których wartości nas interesują. Liczbę tę podajemy jako 2 znaki reprezentujące jej heksadecymalną wartość. Przesłanie napisu `21` oznacza 33 rejestry. Wartość `00` odpowiada 256 rejestrom i tyle maksymalnie rejestrów możemy odczytać w jednym poleceniu. Kolejnych 5 znaków to: 1 znak na symbol i 4 znaki na adres rejestru początkowego.

W odpowiedzi dostajemy ciąg znaków `0`, `1` będących wartościami kolejnych rejestrów począwszy od rejestru wskazanego w żądaniu. Ilość znaków w odpowiedzi powinna być taka jak ilość wskazana w żądaniu.

Przykład

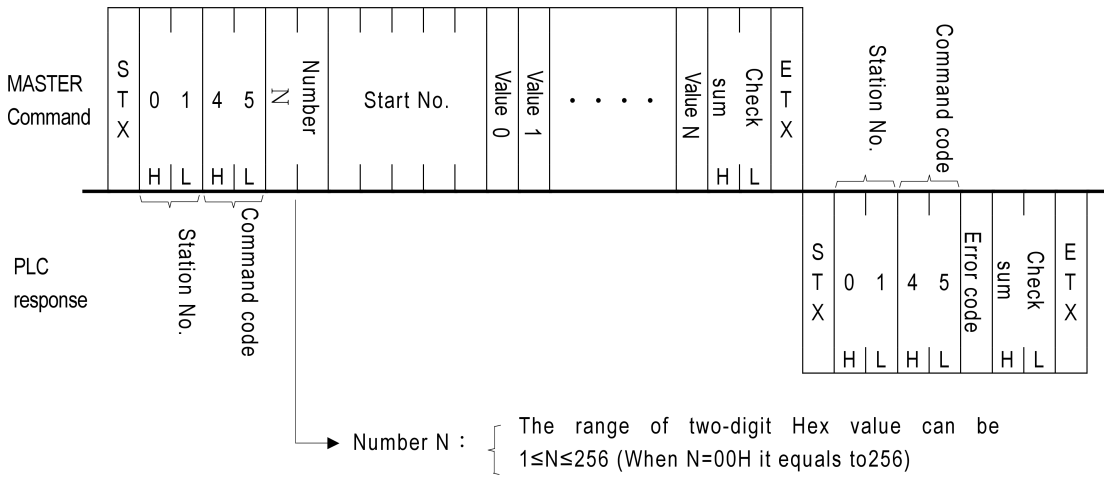
Powiedzmy, że interesują nas wartości 6 kolejnych rejestrów od `X50` do `X55` włącznie. W polu danych żądania umieszczamy napis `06`, a następnie napis `X0050`, co zostało pokazane na rysunku 12. Sterownik zwraca wartości interesujących nas rejestrów jako ciąg znaków `010110`. Zatem rejestry `X50`, `X52` i `X55` mają wartość 0, natomiast rejestry `X51`, `X53` i `X54` mają wartość 1.



Rysunek 12: Przykład komunikatu polecenia `0x44`.

4.8 Polecenie `0x45` -- zapis wartości kolejnych rejestrów 1-bitowych

Polecenie o kodzie `0x45` stosujemy aby zapisać wartości kolejnych rejestrów 1-bitowych. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 13.



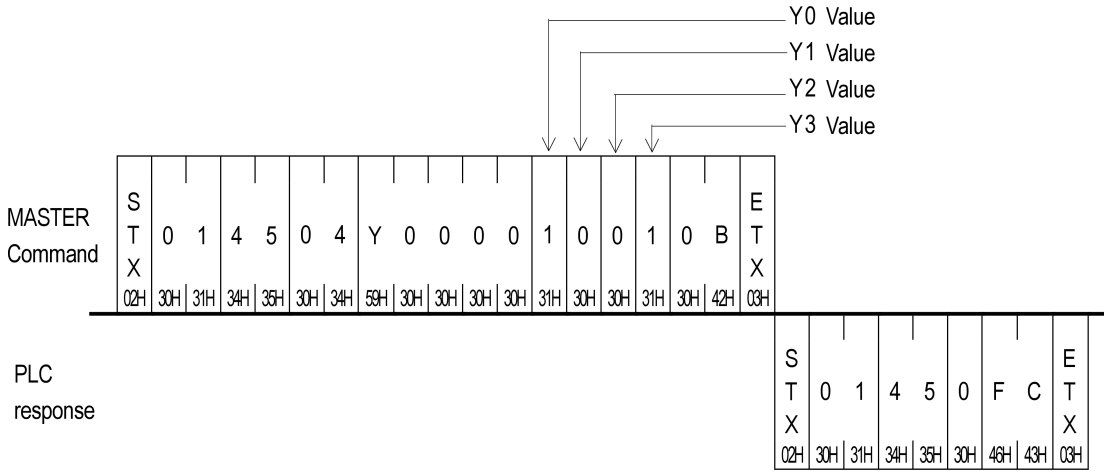
Rysunek 13: Schemat komunikatu polecenia 0x45.

Aby zapisać wartości kolejnych rejestrów 1-bitowych w polu danych komunikatu umieszczamy najpierw ilość tych rejestrów. Ilość podajemy jako 2 znaki reprezentujące jej heksadecymalną wartość, podobnie jak w poleceniach 0x43 oraz 0x44. Przesłanie napisu 1A oznacza 26 rejestrów. Wartość 00 odpowiada 256 rejestrom i tyle maksymalnie rejestrów możemy zapisać w jednym poleceniu. Kolejnych 5 znaków to: 1 znak na symbol i 4 znaki na adres rejestru początkowego.

To polecenie nie zwraca żadnych danych.

Przykład

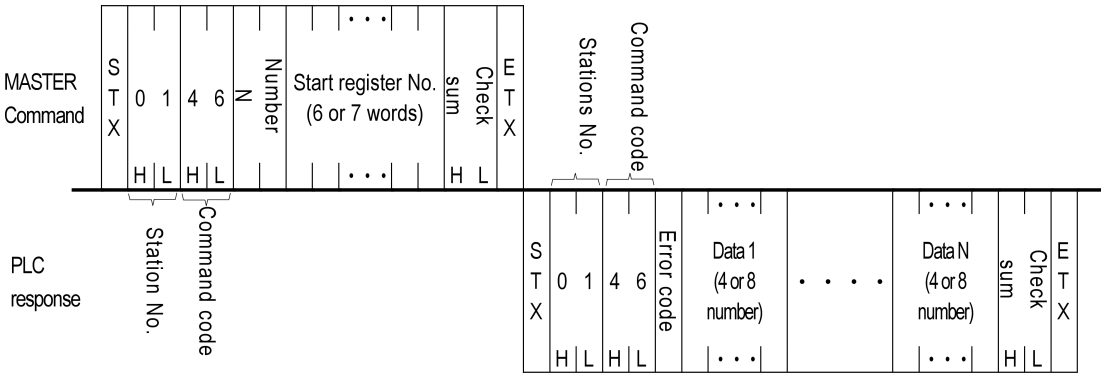
Załóżmy, że zapisujemy wartość 1 do rejestrów Y0, Y3 oraz wartość 0 do rejestrów Y1, Y2. Są to 4 kolejne rejestry, więc stosujemy polecenie 0x45. W danych umieszczamy napis 04 wskazujący ilość rejestrów do zapisu, dalej symbol i adres rejestru początkowego, czyli Y0000, a następnie musimy podać ciąg 4 znaków odpowiadających poszczególnym rejestrom, czyli 1001, tak jak na rysunku 14.



Rysunek 14: Przykład komunikatu polecenia 0x45.

4.9 Polecenie 0x46 -- odczyt wartości kolejnych rejestrów 16 lub 32-bitowych

Polecenie o kodzie 0x46 używane jest do odczytywania wartości kolejnych rejestrów 16-bitowych lub 32-bitowych. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 15.



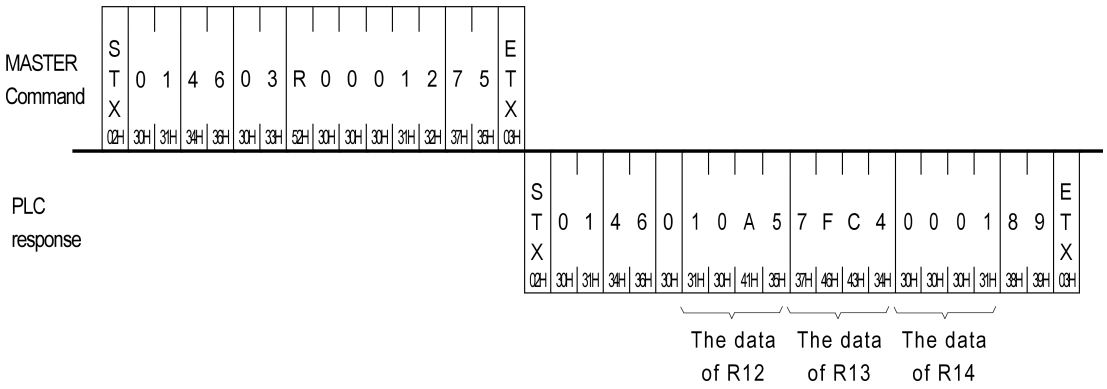
Rysunek 15: Schemat komunikatu polecenia 0x46.

W jednym poleceniu możemy odczytać maksymalnie 64 rejestry 16-bitowe albo 32 rejestry 32-bitowe. Ponieważ odczytujemy wartości kolejno po sobie następujących rejestrów, w polu danych polecenia najpierw umieszczamy ilość rejestrów do odczytania. Podobnie jak w poleceniach 0x43 -- 0x45 przesyłamy 2 znaki reprezentujące tę ilość szesnastkowo, to znaczy napis 1B oznacza 27 rejestrów. Dalej, w polu danych umieszczamy pełny, alfanumeryczny adres rejestru, którego format zależy od typu i symbolu. Zgodnie z tabelą 2 adres rejestru 16-bitowego to zawsze 6 znaków, a rejestru 32-bitowego to 7 znaków. Tak więc jako dane przesyłamy 8 lub 9 znaków w zależności od tego, czy odczytujemy rejestry 16-bitowe, czy 32-bitowe.

Zwracana wartość rejestru 16-bitowego składa się z 4 znaków reprezentujących wartość tego rejestru w kodzie szesnastkowym. Natomiast wartość rejestru 32-bitowego składa się z 8 znaków. Tak więc, w odpowiedzi dostajemy ciąg znaków po 4 znaki na każdy rejestr 16-bitowy, albo po 8 znaków na każdy rejestrów 32-bitowy.

Przykład

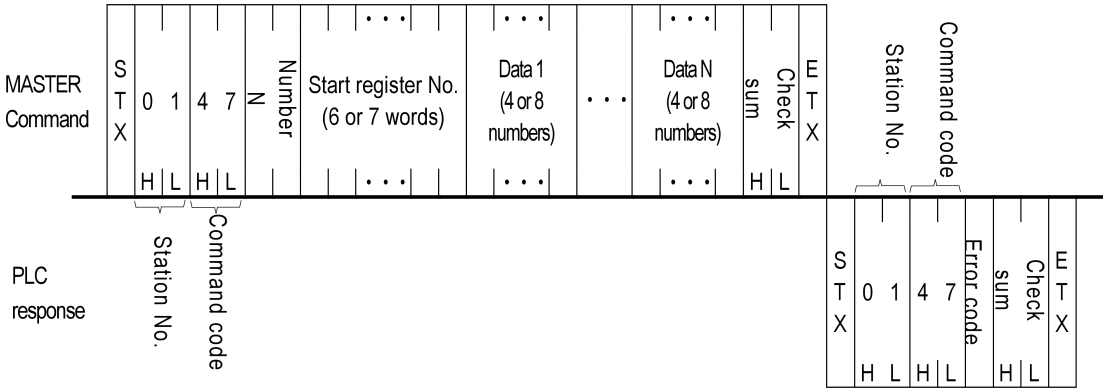
Odczytujemy 3 kolejne rejestry 16-bitowe począwszy od R12, czyli R12, R13 i R14. W polu danych umieszczamy ciąg 03, a po nim R00012. W odpowiedzi dostajemy razem 12 znaków, po 4 znaki kolejno na każdy z rejestrów. W przykładzie na rysunku 16 są to 10A5 dla rejestru R12, 7FC4 dla rejestru R13 oraz 0001 dla rejestru R14.



Rysunek 16: Przykład komunikatu polecenia 0x46.

4.10 Polecenie 0x47 -- zapis wartości kolejnych rejestrów 16 lub 32-bitowych

Polecenie o kodzie 0x47 używane jest do zapisu wartości kolejnych rejestrów 16-bitowych lub 32-bitowych. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 17.

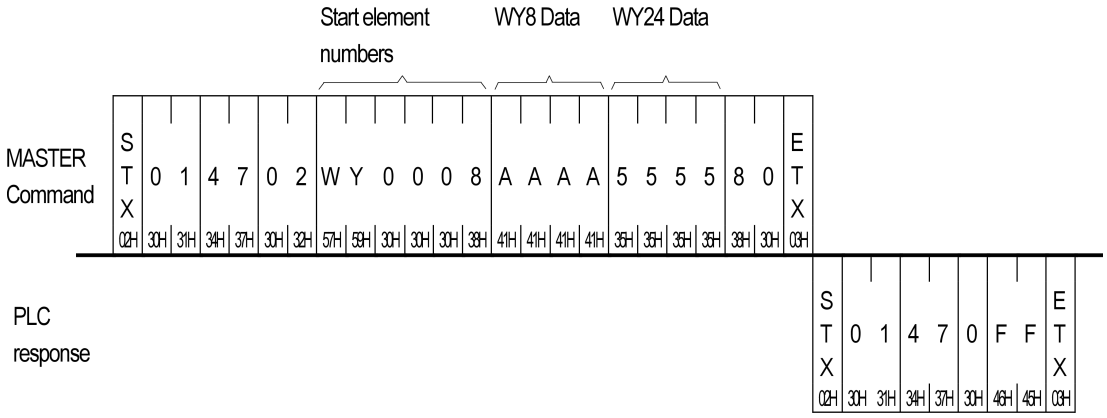


Rysunek 17: Schemat komunikatu polecenia 0x47.

Podobnie jak w poleceniu 0x46 możemy tutaj zapisać maksymalnie 64 rejestry 16-bitowe albo 32 rejestry 32-bitowe. Na początku pola danych polecenia wskazujemy ilość rejestrów do zapisu. Umieszczamy tam 2 znaki reprezentujące tę ilość szesnastkowo. Dalej umieszczamy pełny, alfanumeryczny adres rejestru sformatowany zgodnie z tabelą 2. Pełny adres rejestru 16-bitowego składa się z 6 znaków, natomiast 32-bitowego z 7 znaków. Po adresie podajemy wartości kolejnych rejestrów. Wartości rejestrów 16-bitowych przesyłamy jako 4 znaki, natomiast 32-bitowych jako 8 znaków każdy.

Przykład

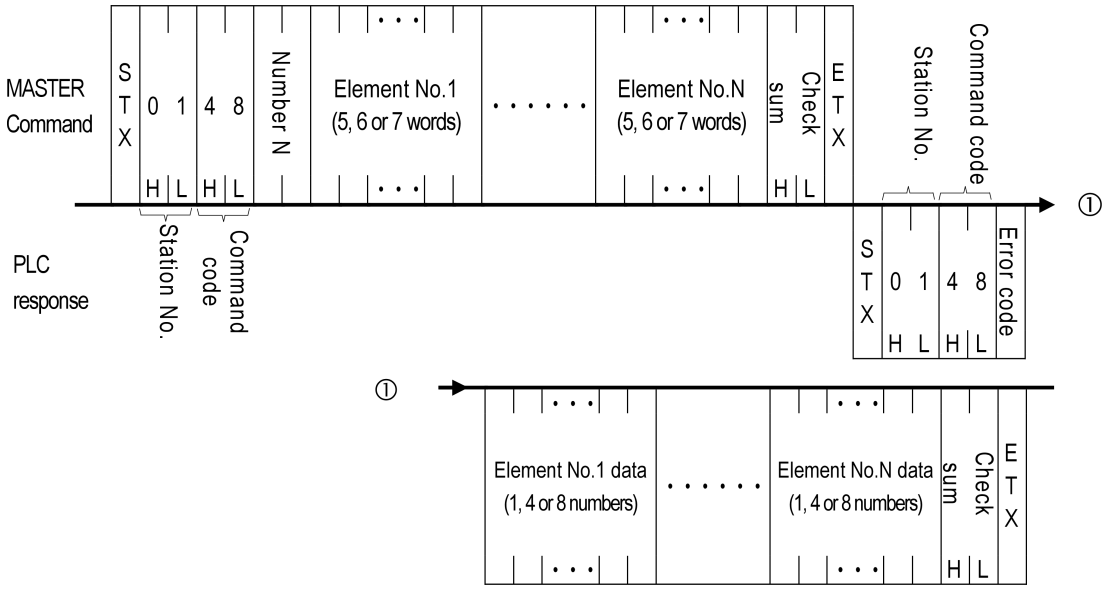
W rejestrze WY8 zapisujemy wartość 0xAAAA, a w rejestrze WY24 wartość 0x5555. Pozornie rejestry te nie wyglądają na kolejne, ale w rzeczywistości, z uwagi na tabelę 2, każdy z nich odpowiada 16 rejestrom 1-bitowym. Tak więc chcemy zapisać 32 kolejne bity zaadresowane jako WY8. W danych umieszczamy ilość rejestrów 02, adres pierwszego rejestru WY00008, a po nim napis reprezentujący 2 wartości AAAA5555.



Rysunek 18: Przykład komunikatu polecenia `0x47`.

4.11 Polecenie `0x48` -- odczyt wartości dowolnych rejestrów

Polecenie o kodzie `0x48` używamy do odczytania wartości dowolnych, niekoniecznie kolejnych rejestrów. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 19.



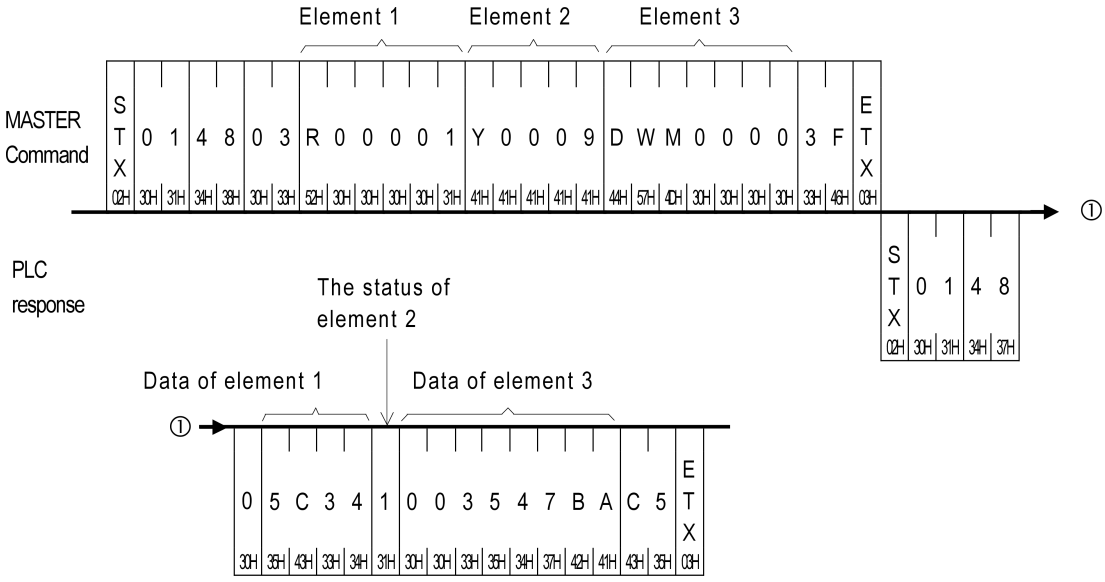
Rysunek 19: Schemat komunikatu polecenia `0x48`.

Przy pomocy tego polecenia możemy odczytywać wartości do 64 różnych rejestrów. Pierwsze dwa znaki pola danych to ilość rejestrów do odczytania. Standardowo jest to napis reprezentujący tę ilość w postaci szesnastkowej. Dalej w polu danych umieszczamy pełne, alfanumeryczne adresy rejestrów do odczytania sformatowane zgodnie z tabelą 2. Pojedynczy adres zajmuje 5 znaków dla rejestru 1-bitowego, 6 znaków dla rejestru 16-bitowego i 7 znaków dla rejestru 32-bitowego.

W odpowiedzi otrzymujemy wartości rejestrów w tej kolejności jak przesłane zostały adresy w żądaniu. Na rejestr 1-bitowy przypada 1 znak odpowiedzi, na rejestr 16-bitowy 4 znaki i na rejestr 32-bitowy 8 znaków. Są to wartości w kodzie szesnastkowym.

Przykład

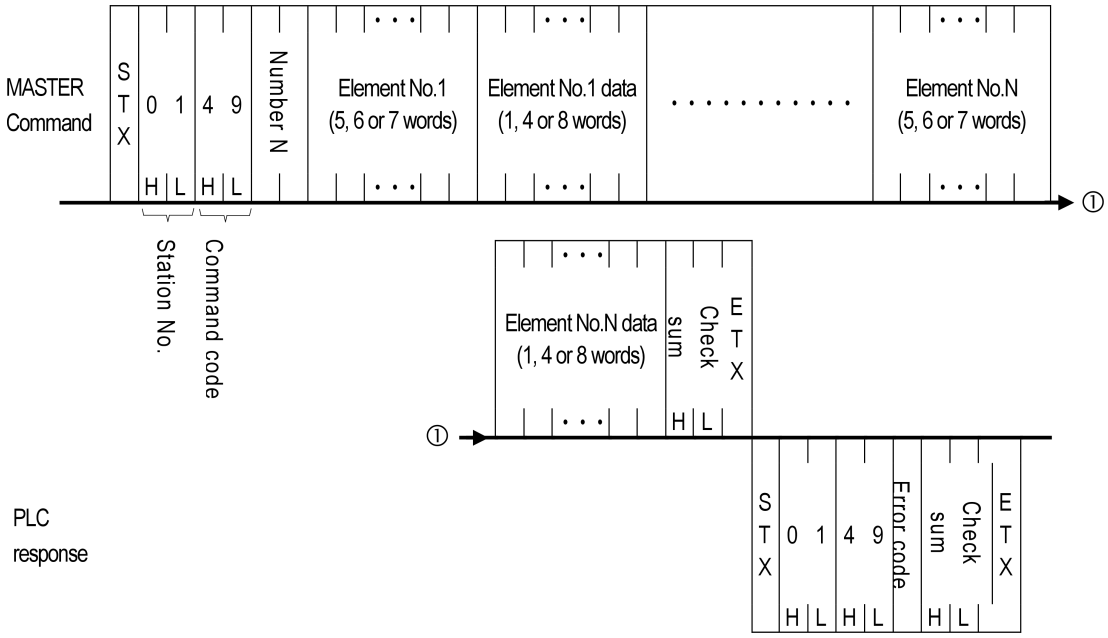
Jeśli chcemy odczytać wartości rejestrów R1, Y9 i DWM0, to w polu danych komunikatu wysyłamy ciąg znaków utworzony przez trzy następujące napisy: R00001, Y0009, DWM0000. W przykładzie na rysunku 20 w odpowiedzi otrzymujemy odpowiednio: 5C34, 1, 003547BA. Zwróćmy uwagę, że rejestr DWM0 jest utworzony przez 32 kolejne rejestry 1-bitowe od M0 do M31 włącznie. Tak więc wartość DWM0 to 32-bitowa liczba całkowita której poszczególne bity to rejestry od M0 do M31, przy czym najmniej znaczący bit znajduje się w M0.



Rysunek 20: Przykład komunikatu polecenia 0x48.

4.12 Polecenie 0x49 -- zapis wartości dowolnych rejestrów

Polecenie o kodzie 0x49 używamy do zapisu wartości dowolnych, niekoniecznie kolejnych rejestrów. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 21.



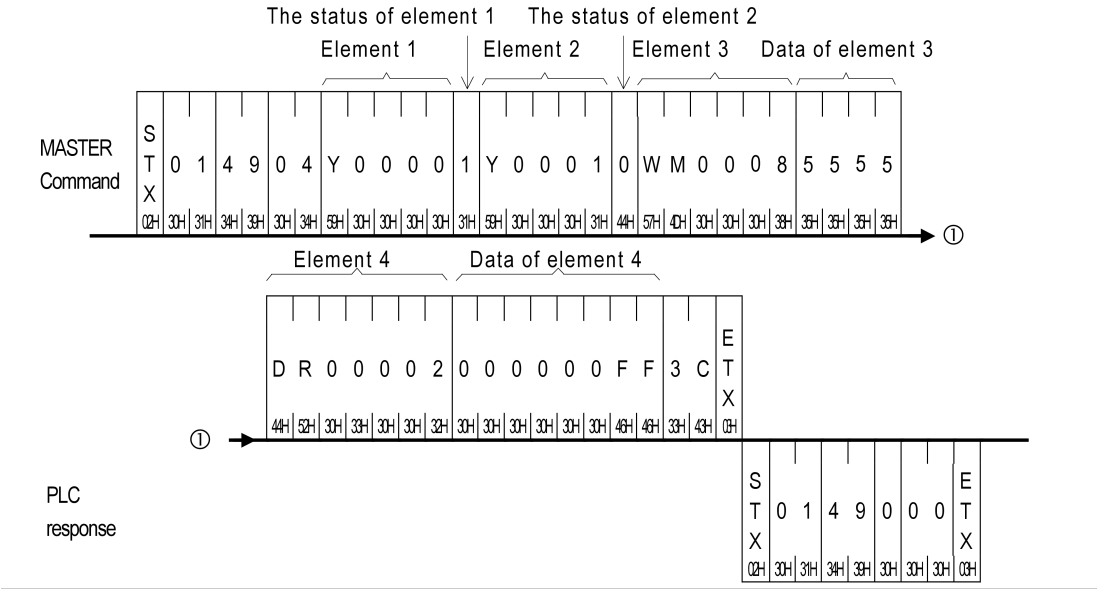
Rysunek 21: Schemat komunikatu polecenia `0x49`.

Za pomocą tego polecenia możemy zapisywać wartości do 32 różnych rejestrów. Pierwsze dwa znaki pola danych to ilość rejestrów do zapisania. Standardowo jest to napis reprezentujący tę ilość w postaci szesnastkowej. Dalej w polu danych umieszczamy pełne, alfanumeryczne adresy rejestrów, których wartości chcemy zapisać, sformatowane zgodnie z tabelą 2. Pojedynczy adres zajmuje 5 znaków dla rejestru 1-bitowego, 6 znaków dla rejestru 16-bitowego i 7 znaków dla rejestru 32-bitowego. Bezpośrednio za każdym adresem znajduje się wartość danego rejestru w postaci 1 znaku dla rejestru 1-bitowego, 4 znaków dla rejestru 16-bitowego i 8 znaków dla rejestru 32-bitowego.

W odpowiedzi nie otrzymujemy żadnych danych.

Przykład

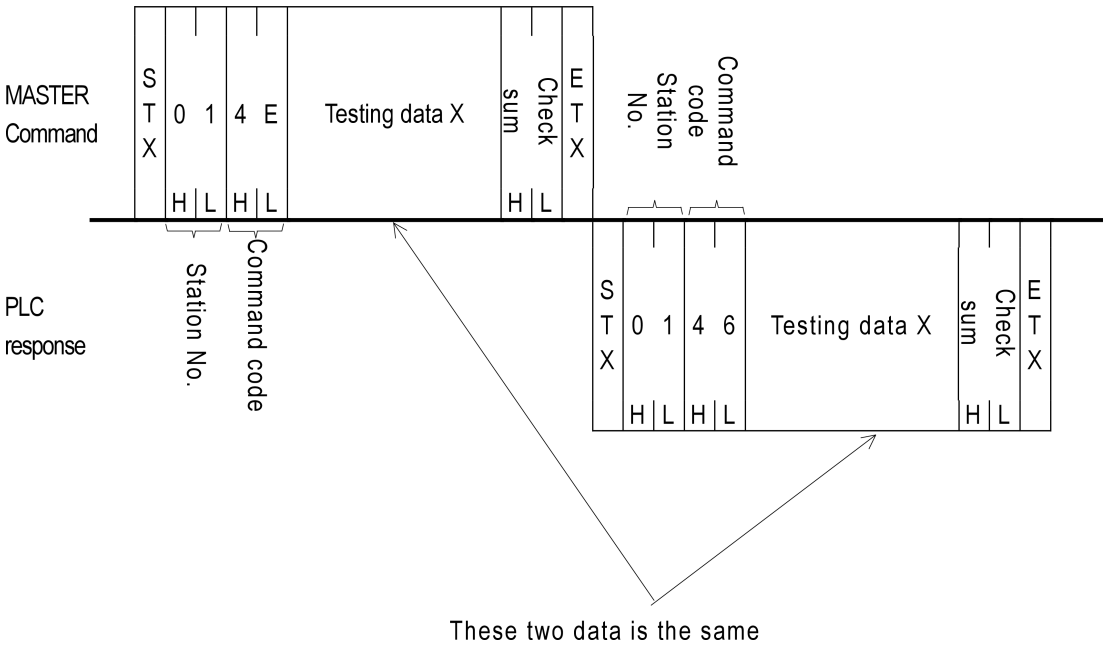
Powiedzmy, że do rejestru `Y0` zapisujemy 1, do `Y1` zapisujemy 0, do `WM8` zapisujemy `0x5555`, a do `DR2` zapisujemy `0xFF`. Wówczas w polu danych komunikatu umieszczamy ciągi znaków: `Y0000`, `1`, `Y0001`, `0`, `WM0008`, `5555`, `DR00002`, `000000FF` tak jak na rysunku 22.



Rysunek 22: Przykład komunikatu polecenia 0x49.

4.13 Polecenie 0x4E -- testowa pętla zwrotna

Polecenie o kodzie 0x4E służy do testowania, czy komunikaty docierają do sterownika w niezmienionej postaci, tak jak zostały wysłane. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 23.



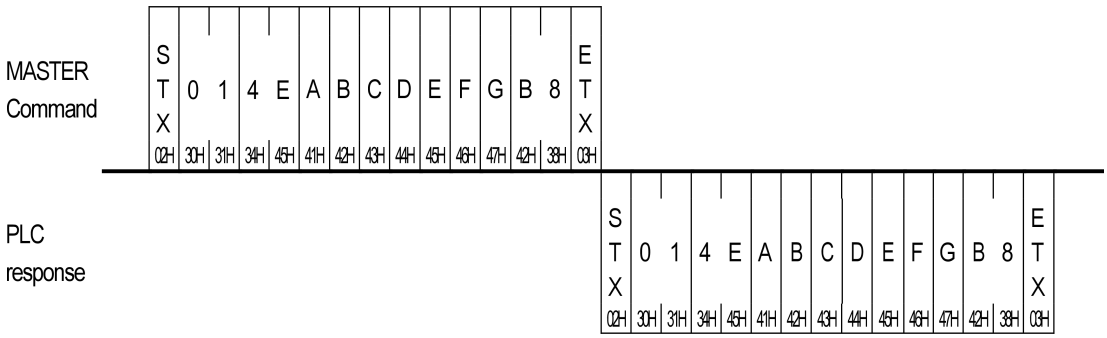
Rysunek 23: Schemat komunikatu polecenia 0x4E.

Ciąg znaków alfanumerycznych przekazany w żądaniu powinien zostać zwrócony w odpowiedzi. Zauważmy, że wyjątkowo odpowiedź w tym wypadku nie zawiera kodu błędu.

Polecenie to służy wyłącznie do testowania komunikacji ze sterownikiem, nie wpływa na działanie sterownika i na program PLC, który na nim działa.

Przykład

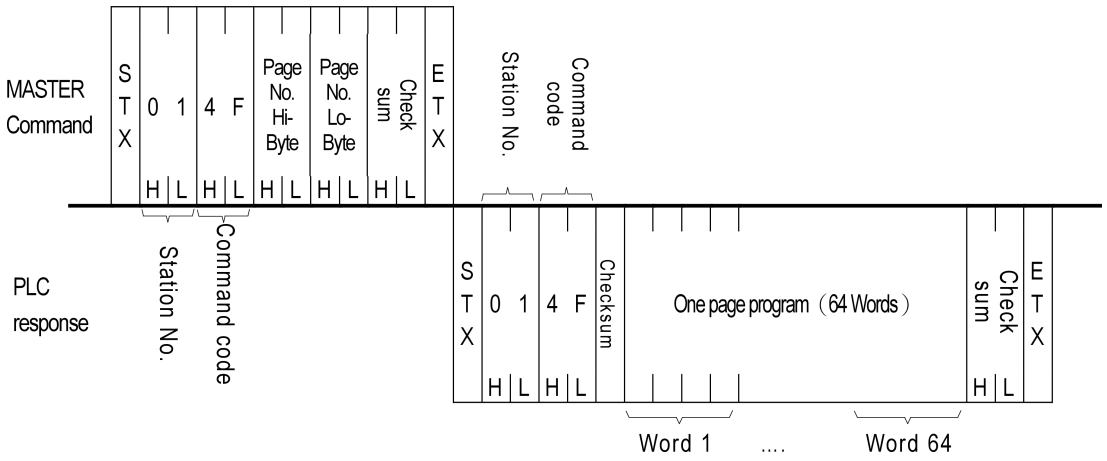
Wysyłamy ciąg 7 znaków `ABCDEFG`, aby sprawdzić, czy sterownik udzieli odpowiedzi i czy nie ma przekłamań podczas komunikacji.



Rysunek 24: Przykład komunikatu polecenia `0x4E`.

4.14 Polecenie `0x4F` -- odczyt programu ze sterownika

Polecenie o kodzie `0x4F` używane jest do odczytania programu ze sterownika. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 25.



Rysunek 25: Schemat komunikatu polecenia `0x4F`.

Przed odczytaniem programu PLC ze sterownika urządzenie nadrzędne powinno odczytać szczegółowy status sterownika za pomocą polecenia o kodzie `0x53`. Pola STATUS_5 i STATUS_6 odpowiedzi na to polecenie zawierają rozmiar programu znajdującego się w sterowniku. Rozmiar programu N wylicza się w następujący sposób:

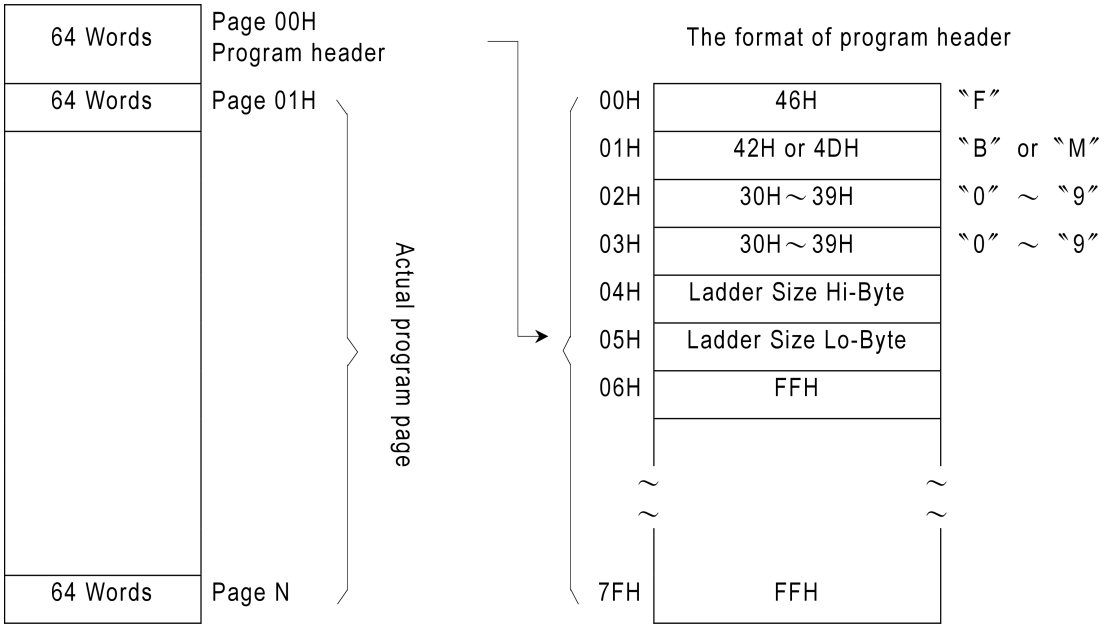
$$N = \frac{\mathrm{STATUS}_5 * 256 + \mathrm{STATUS}_6}{64}.$$

W jednym poleceniu 0x4F możemy odczytać maksymalnie jedną stronę programu, czyli 64 słowa. Dlatego musimy wcześniej znać rozmiar programu, aby wiedzieć ile razy wykonać to polecenie do odczytania całego programu.

Pierwsza odczytywana strona zawiera nagłówek programu PLC. Dlatego też, należy przeczytać $N + 1$ stron, aby uzyskać cały program z nagłówkiem.

Z uwagi na to, że w nagłówku programu (por. rys. 26), w bajtach 4 i 5, także znajduje się rozmiar programu, zamiast odczytywać szczegółowy status sterownika można pobrać nagłówek programu, obliczyć ilość stron do pobrania i kontynuować odczyt programu.

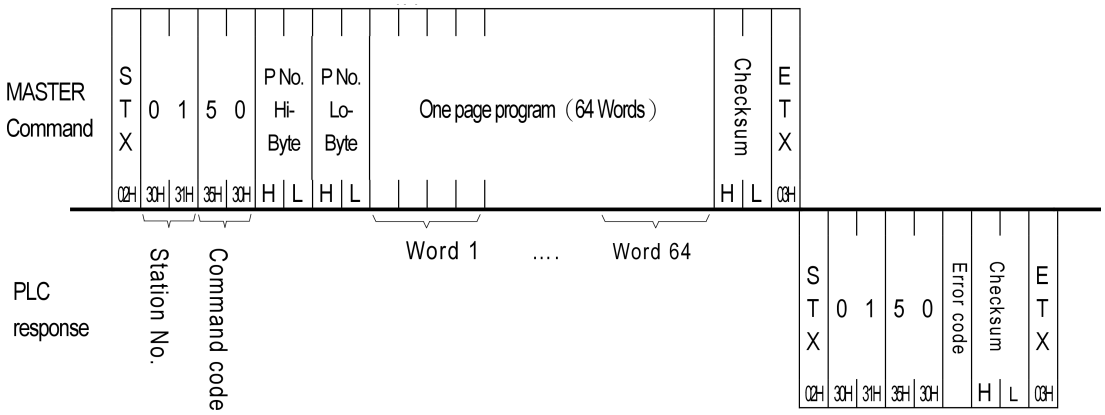
Aby przeczytać konkretną stronę programu w polu danych danych przekazujemy dwa znaki. Pierwszy to heksadecymalna reprezentacja bardziej znaczącego bajtu numeru strony, a drugi znak to heksadecymalna reprezentacja mniej znaczącego bajtu numeru strony.



Rysunek 26: Podział programu PLC na strony i schemat jego nagłówka.

4.15 Polecenie 0x50 -- zapis programu do sterownika

Polecenie o kodzie 0x50 używane jest w celu zapisania programu do sterownika. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 27.



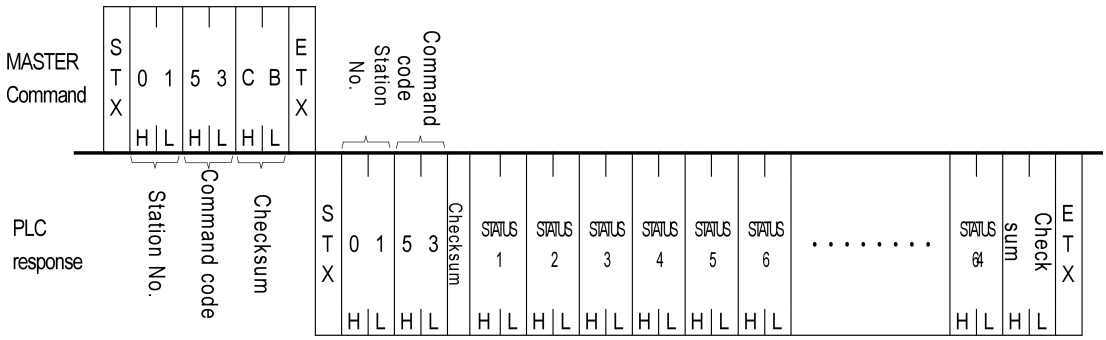
Rysunek 27: Schemat komunikatu polecenia `0x50`.

Jedno polecenie `0x50` może przesłać 1 stronę zawierającą do 64 słów. Aby zapisać program PLC do sterownika najpierw należy przygotować nagłówek tego programu zgodnie ze schematem na rysunku 26 i przesłać go jako pierwszą stronę. Następnie dzielimy kod programu na strony, maksymalnie po 64 słowa każda. Polecenie `0x50` wykonujemy tyle razy ile jest właściwych stron programu PLC do przesłania, za każdym razem przesyłając kolejną stronę programu.

Aby zapisać konkretną stronę programu w polu danych danych przekazujemy dwa znaki. Pierwszy to heksadecymalna reprezentacja bardziej znaczącego bajtu numeru strony, a drugi znak to heksadecymalna reprezentacja mniej znaczącego bajtu numeru strony. Dalej w polu danych umieszczamy kod programu PLC.

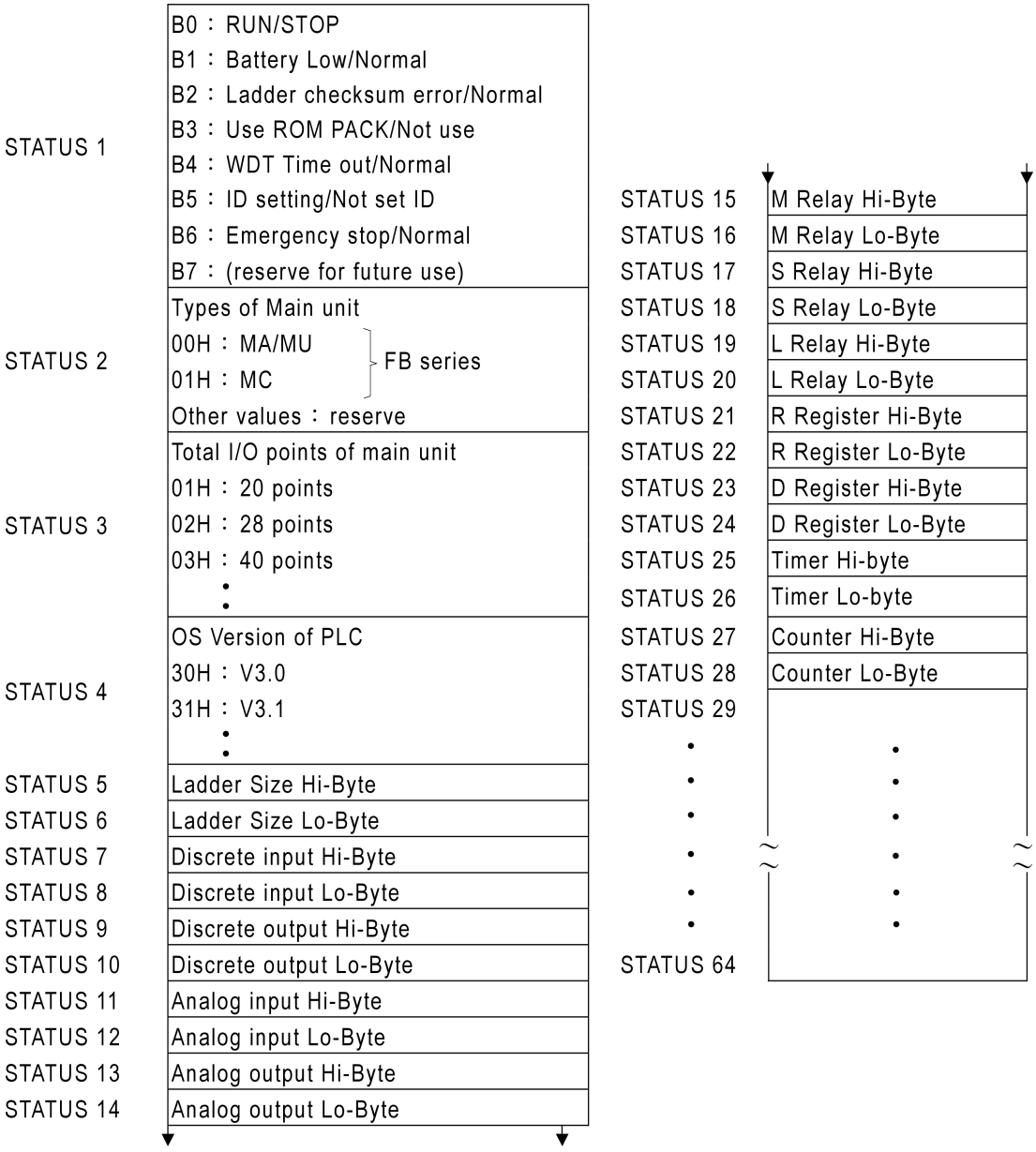
4.16 Polecenie `0x53` -- odczyt szczegółowego statusu sterownika

Polecenia o kodzie `0x53` używa się do odczytania szczegółowego statusu sterownika. Schemat żądania i odpowiedzi przedstawiono na rys. 28.



Rysunek 28: Schemat komunikatu polecenia `0x53`.

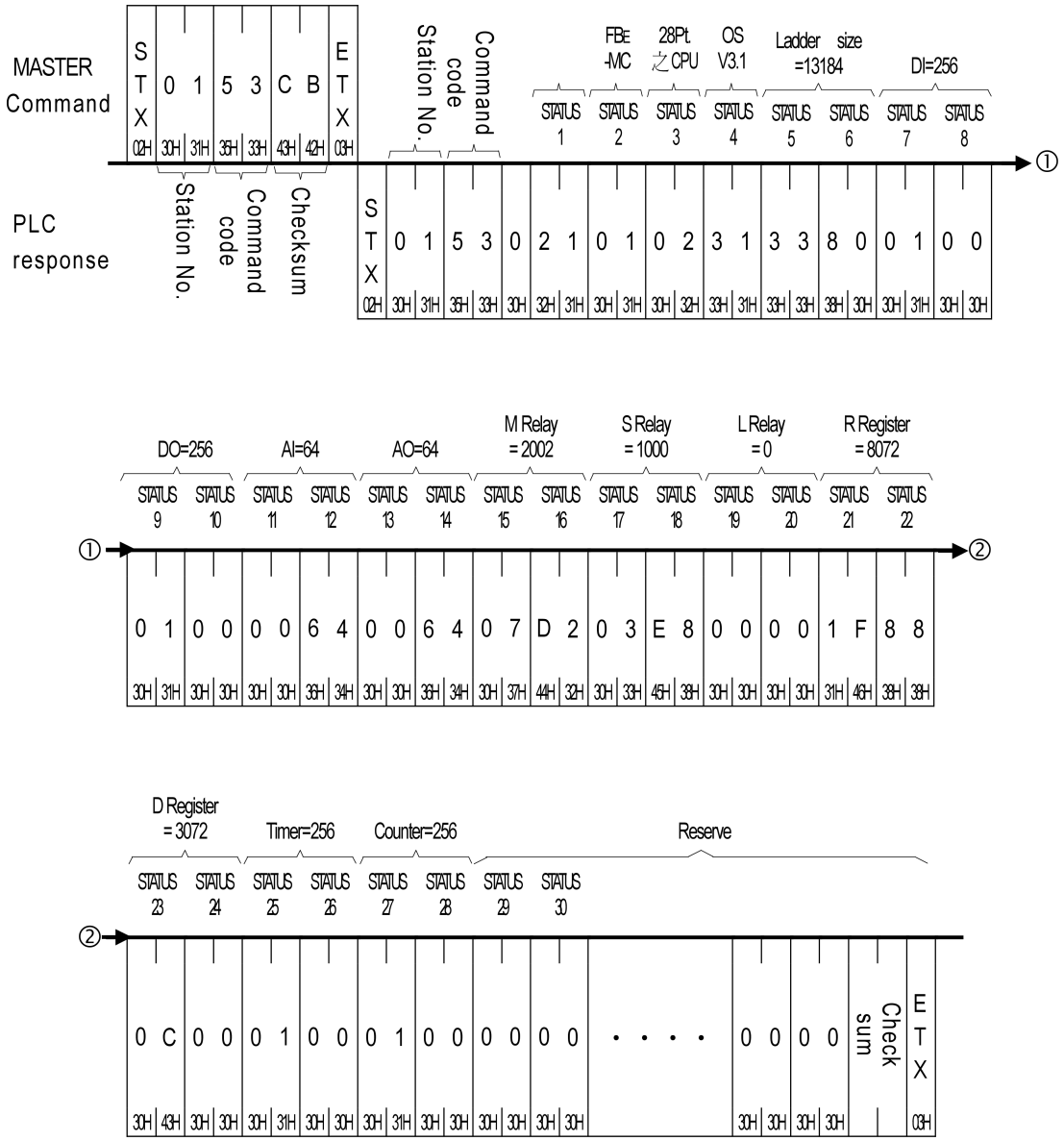
W żądaniu tego polecenia nie przesyłamy żadnych danych. W odpowiedzi natomiast dostajemy 128 znaków, po 2 znaki na 1 bajt. Tak więc mamy 64 bajty nazywane jako STATUS_1, STATUS_2 itd. Znaczenie poszczególnych bitów i bajtów statusu zebrano na rysunku 29.



Rysunek 29: Schemat szczegółowego statusu sterownika.

Przykład

Jeśli posiadany model sterownika PLC to FBE-28MC, wersja systemu operacyjnego to 3.10, rozmiar programu wynosi 13k słów, sterownik nie jest wyposażony w ROM PACK, ID nie są ustawione, parametry sterownika są ustawione na wartości domyślne i sterownik jest uruchomiony w normalnym trybie to komunikat odczytu szczegółowego statusu sterownika będzie wyglądał jak na rysunku 30.



Rysunek 30: Schemat szczegółowego statusu sterownika.

5 API w C

5.1 Stałe

Funkcje biblioteki mogą zwracać jedną z poniższy wartości:

```
#define FATEK_OK                0
#define FATEK_ERROR_READ        (-1)
#define FATEK_ERROR_WRITE       (-2)
#define FATEK_ERROR_RESPONSE    (-3)
#define FATEK_ERROR_CHECKSUM    (-4)
#define FATEK_ERROR_OVERFLOW    (-5)
#define FATEK_ERROR_MEMALLOC    (-6)
```

```
#define FATEK_ERROR_REGTYPE      (-7)
```

Ich znaczenie jest następujące:

`FATEK_OK` operacja została wykonana pomyślnie.

`FATEK_ERROR_READ` błąd podczas odczytu danych ze sterownika PLC,

`FATEK_ERROR_WRITE` błąd podczas przekazywania danych do sterownika PLC,

`FATEK_ERROR_RESPONSE` nieprawidłowy format komunikatu lub niepoprawny rozmiar pola danych,

`FATEK_ERROR_CHECKSUM` błąd sumy kontrolnej podczas odczytu danych ze sterownika PLC,

`FATEK_ERROR_OVERFLOW` za duży rozmiar pola danych,

`FATEK_ERROR_MEMALLOC` nie można zaalokować odpowiedniej ilości pamięci,

`FATEK_ERROR_REGTYPE` niepoprawny typ rejestru.

W sterownikach PLC marki FATEK mamy trzy typy rejestrów: 1-bitowe, 16-bitowe oraz 32-bitowe. Odpowiadają im następujące stałe określające ilość bitów na dany rejestr:

```
#define FATEK_REG_TYPE_BOOL      0x01
#define FATEK_REG_TYPE_16BIT     0x10
#define FATEK_REG_TYPE_32BIT     0x20
```

Adres rejestru prefiksowany jest symbolem tego rejestru. Możliwe symbole zostały zebrane w tabeli 2. Przypisujemy im stałe będące wartościami kodów ASCII odpowiednich znaków:

```
#define FATEK_REG_SYMBOL_X       0x58
#define FATEK_REG_SYMBOL_Y       0x59
#define FATEK_REG_SYMBOL_M       0x4D
#define FATEK_REG_SYMBOL_S       0x53
#define FATEK_REG_SYMBOL_T       0x54
#define FATEK_REG_SYMBOL_C       0x43
#define FATEK_REG_SYMBOL_R       0x52
#define FATEK_REG_SYMBOL_D       0x44
```

Rejestry poza wartością mają określony stan. Mogą być wyłączone z użycia lub załączone do użycia w programie PLC. Poza tym dla rejestrów 1-bitowych można ich wartość ustawić na 1 lub 0. Wartości odpowiednich stałych zgodne są z protokołem FACON (rysunek 7):

```
#define FATEK_REG_STATE_DISABLE  0x01
#define FATEK_REG_STATE_ENABLE   0x02
#define FATEK_REG_STATE_SET      0x03
#define FATEK_REG_STATE_RESET    0x04
```

W zwracanym przez polecenie o kodzie 0x40 uproszczonym statusie sterownika PLC jest rozmiar programu PLC. Może on mieć specjalne znaczenie, gdy program w PLC jest programem krokowym, nie drabinkowym. Możliwe wówczas są następujące wartości:

```
#define FATEK_CAPACITY_FB        0xFF
#define FATEK_CAPACITY_FBE8      0x53
#define FATEK_CAPACITY_FBE13     0x54
#define FATEK_CAPACITY_FBN8      0x55
#define FATEK_CAPACITY_FBN13     0x56
```

5.2 Struktury

Ponieważ żądanie i odpowiedź w komunikacji ze sterownikiem PLC mają praktycznie tę samą budowę (rysunek 2) w bibliotece przewidziano jedną, wspólną strukturę opisującą taki komunikat:

```
typedef struct fatek_msg_s {
    int      station;
    int      command;
    int      error;
    char     *data;
    size_t   size;
} fatek_msg_t;
```

Pole `station` to numer stacji identyfikujący sterownik PLC, `command` to kod komunikatu (tabela 3), `error` to ewentualny kod błędu w odpowiedzi, `data` to ciąg znaków przekazywanych danych, a `size` to długość tego ciągu.

Komunikacja ze sterownikiem PLC polega głównie na odczycie i zapisie wartości rejestrów. Dlatego też bardzo ważna jest struktura opisująca taki rejestr:

```
typedef struct fatek_reg_s {
    uint32_t    type;
    uint32_t    symbol;
    uint32_t    address;
    uint32_t    state;
    uint32_t    value;
} fatek_reg_t;
```

Dla każdego rejestru określony jest jego typ w polu `type`, symbol w polu `symbol`, adres numeryczny w polu `address`. Te dane zwykle nie zmieniają się w trakcie wykonania programu. To co zmienia się podczas komunikacji ze sterownikiem to stan rejestru `state` oraz wartość rejestru `value`.

Uproszczony status sterownika PLC opisuje następująca struktura:

```
typedef struct fatek_status_s {
    uint8_t    run : 1;
    uint8_t    battery : 1;
    uint8_t    ladder : 1;
    uint8_t    rom_pack : 1;
    uint8_t    wdt_status : 1;
    uint8_t    id_status : 1;
    uint8_t    emergency : 1;
    uint8_t    : 1;
    uint8_t    capacity;
} fatek_status_t;
```

Pierwszych 7 pól to wartości bitowe opisane w tabeli 4. Pole `capacity` to rozmiar programu drabinkowego w sterowniku PLC. Jeśli program jest programem krokowym wówczas pole to ma specjalne wartości takie jak w tabeli 5.

5.3 Zmienne globalne

W bilbliotece `fatek` przewidziano dwie zmienne globalne do sterowania tybem diagnostycznym.

```
int io_debug = 0;
int fatek_debug = 0;
```

Przypisanie `io_debug` wartości niezerowej przy kompilacji spowoduje wypisywanie na `stderr` informacji diagnostycznych na poziomie komunikacji za pomocą gniazd (ang. sockets). Wypisywane będę surowe dane wysyłane do i ze sterownika PLC, co pomaga podczas uruchamiania programów korzystających z biblioteki.

Zmienna `fatek_debug` odpowiada za wypisywanie na `stderr` danych diagnostycznych na poziomie funkcji bibliotecznych. Wypisywane są parametry oraz wyniki działania poszczególnych funkcji z bilioteki.

5.4 Funkcje

Najważniejszą częścią biblioteki są oczywiście funkcje interefejsu. Funkcje w bibliotece `fatek` można podzielić na trzy rodzaje: są dwie funkcje pomocnicze, jedna ogólna realizująca przekazanie komunikatu oraz te najważniejsze, odpowiadające poszczególnym poleceniom z protokołu komunikacyjnego FACON.

5.4.1 Nawiązanie połączenia

```
int fatek_connect(const char *host, uint16_t port);
```

Funkcja `fatek_connect()` służy do nawiązania połączenia TCP/IP ze sterownikiem PLC, którego nazwa lub adres IP podane są w `host`, natomiast jego port TCP w `port`. Standardowy port komunikacyjny TCP to 500.

Po nawiązaniu połączenia przechowywany jest wewnętrznie punkt końcowy (ang. endpoint) do utworzonego gniazda komunikacyjnego (ang. socket). Może być tylko jeden punkt końcowy i jedno gniazdo. W konsekwencji, przy pomocy biblioteki `fatek` można nawiązać połączenie tylko z jednym sterownikiem PLC. Aby połączyć się z innym, należy rozłączyć się z pierwszym. Rzadko jednak w praktyce mamy więcej niż jeden sterownik PLC. Zwykle jest jeden sterownik rozbudowany o dodatkowe moduły rozszerzające. W przyszłości można nieco zmodyfikować bibliotekę umożliwiając łączność z wieloma sterownikami PLC w tym samym czasie.

Jako pierwszy argument `station` w funkcjach realizujących poszczególne polecenia protokołu FACON przekazywany jest numer stacji identyfikujący sterownik PLC. Ponieważ kumunikacja ograniczona jest do jednego tylko sterownika, a adres IP i port jednoznacznie go wyznaczają, może się to wydać nadmiarowe. W łatwy jednak sposób można, modyfikując tylko warstwę `I/O` wydzieloną w `io.c` w bibliotece, łączyć się z wieloma sterownikami PLC w sieci RS485. Wówczas konieczna jest identyfikacja poprzez numer stacji, a uchwyt połączeniowy (ang. handle) jest tylko jeden tak jak jedno jest gniazdo.

Funkcja ta, jak wszystkie kolejne, zwraca `FATEK_OK` lub kod błędu.

5.4.2 Zakończenie połączenia

```
int fatek_disconnect(void);
```

Aby zakończyć połączenie ze sterownikiem wołamy `fatek_disconnect()`.

5.4.3 Przesłanie komunikatu

```
int fatek_message(fatek_msg_t *req, fatek_msg_t *rsp);
```

Funkcja `fatek_message()` służy do wysłania żądania określonego struturą wskazywaną przez `req` i odebrania odpowiedzi, która zostanie umieszczona w strukturze wskazywanej

przez `rsp`. Wołający tę funkcję musi zadbać o odpowiednie zaalokowanie pamięci dla struktur żądania i odpowiedzi, a potem o jej zwolnienie. Zwolnić należy również bufora danych odpowiedzi `rsp->data`.

W praktyce rzadko będzie potrzeba korzystania z tej funkcji bo wszystkie polecenia protokołu zostały zaimplementowane jako osobne funkcje.

5.4.4 Odczyt uproszczonego statusu sterownika

```
int fatek_get_status(int station, fatek_status_t *status);
```

Przy pomocy funkcji `fatek_get_status()` odczytujemy uproszczony status sterownika PLC. Wynik umieszczany jest w strukturze wskazywanej przez `status`. Wołający musi zadbać o zaalokowanie i zwolnienie pamięci wskazywanej przez `status`. Opis struktury `fatek_status_t` znajduje się w podrozdziale 5.2.

5.4.5 Uruchomienie i zatrzymanie sterownika

```
int fatek_runstop(int station, int ccode);
```

Funkcja `fatek_runstop()` służy do zatrzymania i wznowienia pracy sterownika PLC. Jeśli `ccode` ma wartość 0 sterownik zostanie zatrzymany, gdy 1 to zostanie on uruchomiony. Kilkukrotne zawołanie tej funkcji, z tą samą wartością `ccode`, nie ma żadnego wpływu na działanie sterownika PLC.

5.4.6 Zapis statusu rejestru 1-bitowego

```
int fatek_set_state(int station, fatek_reg_t reg);
```

Tej funkcji używamy w celu zmiany statusu rejestru 1-bitowego. W `reg` znajduje się opis rejestru, to znaczy, jego typ, symbol, adres numeryczny i status jaki ma być ustawiony. Dopuszczalne są tutaj tylko rejestry 1-bitowe.

5.4.7 Odczyt statusu kolejnych rejestrów 1-bitowych

```
int fatek_get_state(int station, fatek_reg_t regs[], int number);
```

Funkcja `fatek_get_state()` służy do odczytu statusu kolejnych, w sensie adresów, rejestrów 1-bitowych. Liczba `number` może przyjmować wartości od 0 do 255 włącznie. Jeśli `number` wynosi 0, to odczytanych zostanie 256 statusów rejestrów. W tablicy `regs` powinno być co najmniej `number` rejestrów. Istotną rolę odgrywa pierwszy z nich. Odczytany zostanie status kolejnych `number` rejestrów począwszy od pierwszego rejestru z tablicy `regs`. Wszystkim `number` rejestrom w tej tablicy zostanie przypisany typ i symbol takie jak pierwszego rejestru oraz adres i status kolejno odczytanego rejestru ze sterownika PLC.

5.4.8 Odczyt i zapis wartości kolejnych rejestrów

```
int fatek_get_bvalue(int station, fatek_reg_t regs[], int number);
int fatek_set_bvalue(int station, fatek_reg_t regs[], int number);
int fatek_get_ivalue(int station, fatek_reg_t regs[], int number);
int fatek_set_ivalue(int station, fatek_reg_t regs[], int number);
```

Odczyt i zapis wartości jednego rejestru w jednym komunikacie byłby nieefektywny. Narzut wymagany przez protokół jest stosunkowo duży do danych dla jednego rejestru. Dlatego w sterownikach FATEK przewidziano możliwość odczytu i zapisu wielu rejestrów w jednym komunikacie. Wymienione wyżej funkcje pozwalają odczytać i zapisać wartości

kolejnych, w sensie adresów, rejestrów. Typ oraz symbol odczytywanych bądź zapisywanych rejestrów są zawsze takie same, wyznaczone poprzez pierwszy rejestr z tablicy `regs`.

Funkcje `fatek_get_bvalue()` i `fatek_set_bvalue()` służą odpowiednio do odczytu i zapisu wartości kolejnych rejestrów 1-bitowych, natomiast funkcje `fatek_get_ivalue()` i `fatek_set_bvalue()` do odczytu i zapisu wartości kolejnych rejestrów 16 lub 32-bitowych.

W `fatek_get_bvalue()` i `fatek_set_bvalue()` liczba `number` może przyjmować wartości od 0 do 255 włącznie. Jeśli `number` wynosi 0, to odczytanych bądź zapisanych zostanie 256 wartości rejestrów. W `fatek_get_ivalue()` i `fatek_set_bvalue()` liczba `number` może przyjmować wartości z zakresu od 1 do 64.

Tablica `regs` powinna zawierać przynajmniej `number` rejestrów. Istotną rolę odgrywa pierwszy z nich. Typy, symbole oraz adresy pozostałych są ignorowane. Przy odczycie, ze sterownika PLC zostaną pobrane wartości kolejnych `number` rejestrów począwszy od pierwszego rejestru z tablicy `regs`. Wszystkim `number` rejestrom w tej tablicy zostanie przypisany typ i symbol pierwszego rejestru, oraz adres i wartość kolejno odczytanego rejestru. Przy zapisie natomiast w sterowniku PLC zapisane zostaną wartości kolejnych `number` rejestrów począwszy od pierwszego rejestru z tablicy `regs`. Ignorowane są typ, symbol oraz adres wszystkich rejestrów w tablicy `regs` poza pierwszym.

5.4.9 Odczyt wartości dowolnych rejestrów

```
int fatek_get_value(int station, fatek_reg_t regs[], int number);
```

W praktyce `fatek_get_value()` to najczęściej używana funkcja ponieważ pozwala odczytać wartości wielu, różnych, pod względem typu i adresu, rejestrów naraz w jednym komunikacie. Typ, symbol oraz adres rejestru, którego wartość ma zostać odczytana znajdują się w poszczególnych pozycjach tablicy `regs`. Po zawołaniu tej funkcji, na każdej z `number` pozycji tej tablicy zostanie umieszczona wartość rejestru odczytana ze sterownika PLC.

Liczba `number` może przyjmować wartości od 1 do 64 włącznie.

5.4.10 Zapis wartości dowolnych rejestrów

```
int fatek_set_value(int station, fatek_reg_t regs[], int number);
```

`fatek_set_value()` to druga, z najczęściej używanych w oprogramowaniu do komunikacji ze sterownikiem PLC, funkcji. Umożliwia zapisanie wartości wielu rejestrów o różnych typach i adresach w jednym komunikacie, oszczędzając na transmisji danych. W tablicy `regs` znajduje się przynajmniej `number` rejestrów. Do sterownika PLC zapisane zostanie `number` wartości rejestrów zgodnie z podanymi typami, symbolami i adresami w tablicy `regs`.

Liczba `number` może przyjmować wartości od 1 do 32 włącznie.

5.4.11 Testowa pętla zwrotna

```
int fatek_loopback(int station, char *data);
```

Funkcja `fatek_loopback()` używana jest do testowania komunikacji ze sterownikiem PLC. Do sterowanika wysyłany jest ciąg znaków podany w `data`. Jeśli przekazano wartość `NULL` to wysłany zostanie ciąg znaków:

```
TEST abcdefghijklmnopqrstuvwxz 0123456789
```

Funkcja zwraca `FATEK_OK` jeśli ciągi znaków w żądaniu i odpowiedzi są takie same, natomiast `FATEK_ERROR_RESPONSE` w przeciwnym razie.

5.4.12 Odczyt szczegółowego statusu sterownika

```
int fatek_get_details(int station);
```

Funkcja `fatek_get_details()` służy do odczytania szczegółowych parametrów sterownika PLC. Przy obecnej implementacji na `stdout` wypisywane są surowe dane odczytane za sterownika w formie tablicy, także z podanymi wartościami w postaci binarnej.

6 API w PHP

PHP jest składniowo językiem bardzo przypominającym C, co ułatwia przetłumaczenie kodu z C na PHP. Interfejsy w C i w PHP są bardzo podobne. Różnice wynikają oczywiście ze składni tych języków oraz z tego, że interfejs w PHP jest obiektowy. Implementacja w PHP znacznie się upraszcza bo nie ma konieczności pilnowania gospodarki pamięcia, alokowania i zwalniania pamięci.

6.1 Stałe

W PHP mamy analogiczne stałe jak w C. W wyniku uproszczenia komunikacji za pomocą gniazd w PHP nie mamy tak szczegółowych informacji o błędach. Pozostałe stałe mają te same wartości.

```
define('FATEK_OK',                    0);
define('FATEK_ERROR_RESPONSE',       -1);

define('FATEK_REG_TYPE_BOOL',        0x01);
define('FATEK_REG_TYPE_16BIT',       0x10);
define('FATEK_REG_TYPE_32BIT',       0x20);

define('FATEK_REG_SYMBOL_X',         0x58);
define('FATEK_REG_SYMBOL_Y',         0x59);
define('FATEK_REG_SYMBOL_M',         0x4D);
define('FATEK_REG_SYMBOL_S',         0x53);
define('FATEK_REG_SYMBOL_T',         0x54);
define('FATEK_REG_SYMBOL_C',         0x43);
define('FATEK_REG_SYMBOL_R',         0x52);
define('FATEK_REG_SYMBOL_D',         0x44);

define('FATEK_REG_STATE_DISABLE',    0x01);
define('FATEK_REG_STATE_ENABLE',     0x02);
define('FATEK_REG_STATE_SET',        0x03);
define('FATEK_REG_STATE_RESET',      0x04);

define('FATEK_CAPACITY_FB',          0xFF);
define('FATEK_CAPACITY_FBE8',        0x53);
define('FATEK_CAPACITY_FBE13',       0x54);
define('FATEK_CAPACITY_FBN8',        0x55);
define('FATEK_CAPACITY_FBN13',       0x56);
```

6.2 Klasy

Cały interfejs programistyczny biblioteki `fatek` w PHP składa się z trzech klas reprezentujących: komunikat, rejestr oraz sterownik PLC. Prywatne własności i metody zostały ukryte.

6.2.1 Klasa komunikat

```
class FatekMessage {
    public $station;
    public $command;
    public $error;
    public $data;
    public $size;
}
```

Klasa `FatekMessage` reprezentuje żądanie i odpowiedź w komunikacji ze sterownikiem PLC. Odpowiada ona strukturze `fatek_msg_s` w C.

6.2.2 Klasa rejestr

```
class FatekRegister {
    public $type;
    public $symbol;
    public $address;
    public $state;
    public $value;

    public function __construct($type, $symbol, $address, $value = 0);
    public function details();
    public function format_symbol_address();
    public function format_symbol_address_value();
}
```

Klasa `FatekRegister` to dopowiednik struktury `fatek_reg_s`. Posiada ona kilka użytecznych metod. Konstruktor wymaga określenia typu `$type`, symbolu `$symbol` oraz numerycznego adresu `$address`. Opcjonalnie można podać wartość rejestru `$value`.

`details()`
: Metoda wypisuje sformatowane własności rejestru.

`format_symbol_address()`
: Metoda zwraca sformatowany, pełny adres rejestru zależny od jego typu, zgodny z tabelą 2.

`format_symbol_address_value()`
: Metoda zwraca konkatenację sformatowanego, pełnego adresu rejestru (podobnie jak `format_symbol_address()`) oraz jego wartości, gotowe do umieszczenia w polu danych komunikatu.

6.2.3 Klasa sterownik

```
class FatekPLC {
    protected $socket;
    protected $host;
    protected $port;
```

```
    public function __construct($host = PLC_HOST, $port = PLC_PORT,
        $debug = PLC_DEBUG);
    public function connect();
    public function disconnect();
    protected function read();
    protected function write($buf);
    protected function lrc($buf);
    protected function message(FatekMessage $req,
        FatekMessage $rsp);
    public function get_status($station);
    public function runstop($station, $ccode);
    public function set_state($station, FatekRegister $reg);
    public function get_state($station, array $regs);
    public function get_bvalue($station, array $regs);
    public function set_bvalue($station, array $regs);
    public function get_ivalue($station, array $regs);
    public function set_ivalue($station, array $regs);
    public function get_value($station, array $regs);
    public function set_value($station, array $regs);
    public function loopback($station, $data = NULL);
    public function get_details($station);
}
```

Konstruktor klasy `FatekPLC` wymaga podania nazwy hosta bądź jego adresu IP, portu TCP oraz flagi diagnostyki. Można te wartości umieścić w predefiniowanych w pliku konfiguracyjnym stałych: `PLC_HOST`, `PLC_PORT` oraz `PLC_DEBUG`. Domyślny port TCP ma numer 500.

Metody tej klasy odpowiadają funkcjom API analogicznej biblioteki `fatek` napisanej w C.

`connect()`
: Metoda tworzy gniazdo (ang. socket) połączenia ze sterownikiem PLC. W przeciwieństwie do implementacji w C nie ma tutaj ograniczenia do ilości sterowników PLC, z którymi jednocześnie odbywa się komunikacja, ponieważ gniazdo jest prywatną własnością każdego obiektu typu `FatekPLC`.

`disconnect()`
: Metoda kończy połączenie ze sterownikiem PLC.

`read()`
: Metoda zwraca odebrane, surowe dane ze sterownika PLC.

`write($buf)`
: Metoda wysyła surowe dane do sterownika PLC umieszczone w `$buf`.

`lrc($buf)`
: Metoda zwraca sumę kontrolną dla łańcucha umieszczonego w `$buf`.

`message(FatekMessage $req, FatekMessage $rsp)`
: Metoda wysyła żądanie `$req` do sterownika PLC. Odebrana odpowiedź przekazywana jest w `$rsp`. Błędy podczas komunikacji powodują wyrzucenie wyjątku.

`get_status($station)`
: Metoda odczytuje uproszczony status sterownika PLC i wypisuje go w formie tabelarycznej na standardowe wyjście.

`runstop($station, $ccode)`
: Sterownik PLC zostaje wyłączony, gdy `$ccode` jest równe 0, natomiast załączony gdy `$ccode` jest równe 1.

`set_state($station, FatekRegister $reg)`
: Metoda zmienia status rejestru 1-bitowego na określony w `$reg`.

`get_state($station, array &$regs)`
: Metoda odczytuje status kolejnych rejestrów 1-bitowych. Tablica `$regs` zawiera obiekty typu `FatekRegister`. Długość tej tablicy powinna wynosić od 1 do 256, poindeksowana powinna być kolejnymi liczbami naturalnymi od 0. Typ, symbol oraz adres początkowy rejestrów do odczytu są takie jak w rejestrze `$regs[0]`. Odczytanych zostanie tyle rejestrów jaka jest długość tablicy `$reg`. Wszystkim rejestrom z tablicy `$regs` zostaną przypisane typ i symbol pierwszego rejestru, kolejny adres i odczytany status ze sterownika PLC.

`get_bvalue($station, array $regs)`

`set_bvalue($station, array $regs)`

`get_ivalue($station, array $regs)`

`set_ivalue($station, array $regs)`
: Metody `get_bvalue()` i `set_bvalue()` służą do odczytu i zapisu wartości rejestrów 1-bitowych, natomiast `get_ivalue()` i `set_ivalue()` do odczytu i zapisu wartości rejestrów 16 lub 32-bitowych. Tablica `$regs` zawiera obiekty typu `FatekRegister`. Długość tej tablicy powinna wynosić od 1 do 256 w `get_bvalue()` i `set_bvalue()`, albo od 1 do 64 w `get_ivalue()` i `set_ivalue()`. Poindeksowana powinna być kolejnymi liczbami naturalnymi od 0. O tym, które rejestry są odczytywane lub zapisywane decyduje zawsze rejestr `$regs[0]`. Metody działają tak jak analogiczne funkcje z API w C.

`get_value($station, array $regs)`

`set_value($station, array $regs)`
: Metody do odczytu i zapisu wartości wielu, różnych rejestrów w jednym komunikacie. Zasady działania tak jak dla powyższych metod oraz analogicznych funkcji z API w C.

`loopback($station, $data = NULL)`
: Metoda realizuje testową pętlą zwrotną na zasadach ja analogiczna funkcja z API w C.

`get_details($station)`
: Metoda odczytuje szczegółowy status sterownika PLC i wypisuje go w formie tabularycznej na standardowe wyjście.