

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

Ośrodek Automatyki Elektrycznej

074

Zespół Budowy Cyfrowych Urządzeń Systemowych

A

Główny wykonawca mgr inż. Mirosław Słodczyk

M.Słodczyk

Wykonawcy mgr inż. Krzysztof Czarnomski

Konsultant

Nr zlecenia

U-23.01.01D.

Opracowanie urządzeń mikroprocesorowych systemu MIR - PROWAY.

Etap VII. Opracowanie i uruchomienie oprogramowania kontrolera komunikacyjnego /wersja użytkowa/.

Zleceniodawca

problem węzłowy 06.1.

Pracę rozpoczęto dnia 84.05.15

zakończono dnia 85.12.15

Kierownik Zespołu

A. Syrczyński

dr inż. A. Syrczyński

Kierownik Ośrodka

T. Missala

prof. dr inż. T. Missala

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron

Egz. 1 BOINTE

rysunków

Egz. 2 koordynator - IMM

fotografii

Egz. 3 MERA -- ZAP / 3egz./

tabel

Egz. 4 OAE

tablic

Egz. 5 OAE - 83

załączników - listing program Egz. 6

/tylko w egz. nr 5/

Nr rejestr. 5546

Analiza deskryptorowa

Analiza dokumentacyjna

Praca zawiera opis oprogramowania podstawowego kontrolera komunikacyjnego. Przedstawione są:

- opis funkcjonalny oprogramowania,
- sposób współpracy kontrolera z procesorem użytkownika,
- ogólny schemat budowy oprogramowania.

Tytuły poprzednich sprawozdań

68.1.32 : 621.347 - 18.1.48

Mikroprocesory

UKD

DIAP-252/83-6000

2

SPIS TRESCI

1. Wstep.....	4
2. Zasady ogolne wspolpracy kontrolera komunikacyjnego z procesorem uzytkownika.....	4
3. Limity czasowe protokolu PROWAY.....	8
4. Realizacja obslugi Send Data with Acknowledge.....	9
5. Realizacja obslugi Global Send Data without Acknowledge.....	10
6. Realizacja obslugi Request Data with Reply.....	11
7. Realizacja obslugi Remote Station Recovery.....	12
8. Realizacja obslugi Management of local PROWAY-station.....	13
9. Organizacja oprogramowania kontrolera komunikacyjnego.....	14
10. Opis schematu blokowego programu.....	17
11. Literatura.....	23

1. Wstep.

Przedmiotem niniejszego opracowania jest oprogramowanie podstawowe procesora pakietu kontrolera komunikacyjnego systemu INTEL DIGIT - PROWAY. Praca ta opiera sie na przeprowadzonych poprzednio badaniach i wykonanych opracowaniach dotyczących analizy mozliwosci wykonania protokolu komunikacyjnego systemu PROWAY na roznorodnej bazie elementowej, oraz analizy wymagan stawianych przed sprzetem i oprogramowaniem przez wymagana obsluge kanalu transmisji. Badania te sa przedstawione w opracowaniach [1, 2, 3, 4].

Do przygotowania oprogramowania zostal przyjet kontroler komunikacyjny zbudowany w oparciu o jednoprocessorowy ukklad na mikroprocesorze 8086. Jako wzorzec protokolu komunikacyjnego przyjeto norme protokolu przedstawiona w dokumentach IEC p.t. Process data highway (PROWAY) for distributed process control systems, part 2: Specification for highway - user interface, logical [5], oraz part 3: Specification for highway unit protocol [6]. Do normy zostaly dodane pewne uscislenia konkretyzujace niedookreslone fragmenty normy konieczne do stworzenia programu realizujacego protokol komunikacyjny na konkretnym procesorze, w konkretnej konfiguracji. Zmiany te, poza jedna, nie naruszaja zasad przedstawionych w dokumentach IEC, pozwalajacych na pewna dowolnosc interpretacyjna. Wyjatkiem jest zmiana limitow czasu przedstawionych w normie. Zachowanie tych limitow nie jest mozliwe bez uzycia specjalizowanych ukladow wielkiej skali integracji realizujacych protokol PROWAY nie w sposob programowy, ale sprzetowo.

2. Zasady ogolne wspolpracy kontrolera z procesorem

~~~~~

uzytkownika.

~~~~~

Norma PROWAY obejmuje postac przesylek w linii, sposob zarzadzania linia, limity czasu na realizacje okreslonych dzialan i zasady wspolpracy kontrolera z procesorem nadrzednym (uzytkownika). Oprogramowanie zrealizowanego w PIAP kontrolera komunikacyjnego zostalo napisane tak by realizowal on, w miare mozliwosci, wymagania normy.

Wspolpraca kontrolera komunikacyjnego z procesorem
uzytkownika obejmuje:

- przesyłanie zleceń obsługi PROWAY'a z procesora
uzytkownika do kontrolera i odbiór ich przez kontroler,
- przesłanie odpowiedzi na zlecenia przez kontroler do
uzytkownika,
- spontaniczna sygnalizacja zdarzeń do uzytkownika,
- organizacja dostępu do wspólnej pamięci, do (z) której
sa ładowane (pobierane) dane odbierane (nadawane) z (do)
linii transmisyjnej.

2.1. Zlecenia obsługi PROWAY.

~~~~~

Postać zleceń obsługi PROWAY jest unormowana i składa się z:

1. typu obsługi  
= 1 dla Send Data with Acknowledge,  
2 dla Global Send Data,  
3 dla Management,  
4 dla Remote Station Recovery,  
5 dla Request Data with Reply.
2. adresu stacji przeznaczenia obsługi (nie wykorzystane dla  
obsługi Global Send Data i Management).
3. słowa stanu (wykorzystane tylko dla obsługi Management,  
dla której określa rodzaj obsługi).
4. wskaźnika danych związanych z obsługą - adresu  
początkowego i długości bufora zawierającego dane do  
nadania lub bufora na dane odbierane.

## 2.2. Odpowiedzi na zlecenia obsługi PROWAY.

~~~~~

Postać odpowiedzi na zlecenia obsługi PROWAY jest również
unormowana i składa się z:

1. typu obsługi (tak jak dla zleceń),
2. adresu stacji przeznaczenia obsługi (tak jak dla zleceń)
3. słowa stanu - zawierającego 1 bajt, w którym następującym
bitom odpowiadają następujące błędy:
0 - niepowodzenie transmisji,
1 - lokalna stacja odłączona od linii,
2 - upływanie limitu czasu w stacji lokalnej
(niewykorzystane w aktualnej wersji oprogramowania
kontrolera),

- 3 - brak zasobow w stacji przeznaczenia (t.j. brak bufora na dane odbierane - dla obsługi Send Data with Acknowledge lub brak bufora z danymi przygotowanymi do nadania - dla obsługi Request Data with Reply),
 - 4 - zlecenie nieznanego typu obsługi,
 - 5 - niepoprawne parametry zlecenia.
4. wskaźnika danych związanych z obsługą - adresu początkowego i długości bufora zawierającego nadane dane lub bufora z odebranymi danymi.

Ponad to wykonanie przez kontroler zlecanej obsługi i wysłanie odpowiedzi do procesora użytkownika jest sygnalizowane przerwaniem wysyłanym przez kontroler.

2.3. Sygnalizacja zdarzeń do procesora użytkownika.

Poza wysyłaniem odpowiedzi po wykonaniu zlecanych obsług, kontroler komunikacyjny sygnalizuje do procesora użytkownika wystąpienie następujących zdarzeń:

1. odebranie przesyłki danych obsługa Send Data with Acknowledge,
2. odebranie przesyłki danych obsługa Global Send Data without Acknowledge,
3. zmiana Live List,
4. odłączenie od linii,
5. dołączenie do linii,
6. wykonanie testów off line.

Sygnalizacja każdego z w.w. zdarzeń następuje spontanicznie, natychmiast po jego wystąpieniu. Na sygnalizację składa się informacja zapisywana przez kontroler w buforze odpowiedzi i przerwanie do procesora użytkownika.

2.4. Organizacja dostępu do pamięci zewnętrznej kontrolera.

Bufor na zlecenia obsług z procesora użytkownika do kontrolera komunikacyjnego, bufor na odpowiedzi i sygnalizację zdarzeń, bufor na dane przekazywane pomiędzy procesorem użytkownika a kontrolerem znajdują się w pamięci ogólnej kasety PROWAY i są dwudostępne. Dostęp do tych obszarów jest tak zorganizowany, by uniknąć błędów wynikających z jednoczesnego dostępu do nich dwóch procesorów. Mikroprocesor 8086 w kontrolerze komunikacyjnym pracuje w trybie 'minimal mode' i nie dysponuje możliwością wysłania sygnału 'lock' na magistrale kasety. W związku z tym nie ma możliwości zrealizowania semafora programowego dla w.w. buforów w pamięci dwudostępnej, który dawałby możliwość najsprawniejszej organizacji dostępu do tych obszarów.

Dostęp do buforów w pamięci zewnętrznej kontrolera komunikacyjnego jest naprzemienny, tzn. kontroler i procesor użytkownika mają do każdego z nich dostęp na przemian: raz kontroler, następnie użytkownik, następnie znowu kontroler itd.

Wskaznikiem dostępu do bufora na zlecenia obsługi z użytkownika do kontrolera jest bajt typu obsługi. Dla poszczególnych obsługi typ obsługi jest równy 1-5 (p. pkt. 2.1). Kiedy typ obsługi nie jest równy 0 do bufora zleceń ma dostęp kontroler komunikacyjny, a dla procesora użytkownika dostęp do bufora jest zabroniony. Po wykonaniu zleczonej obsługi kontroler zeruje bajt typu obsługi w buforze zleceń. Od tej chwili dostęp do bufora ma procesor użytkownika. Procesor ten może teraz wpisać do bufora zlecenie obsługi. Ostatni jest wpisywany bajt typu. Opisana sekwencja powtarza się wielokrotnie w trakcie pracy stacji.

Dla bufora odpowiedzi na zlecane obsługi wskaznikiem dostępu jest przerwanie. Przerwanie z kontrolera komunikacyjnego do procesora użytkownika jest przesyłane poprzez pakiet MW-30. Stan przerzutnika przerwania w tym pakiecie jest odczytywany przez kontroler i określa, które urządzenie ma dostęp do bufora odpowiedzi. W stanie przerzutnika 'przerwanie' dostęp do bufora ma procesor użytkownika, natomiast w stanie wyzerowanym - kontroler. Kiedy przerzutnik przerwania jest wyzerowany kontroler może wpisać do bufora odpowiedź na zleconą obsługę lub informacje o zaszłym zdarzeniu i wysłać przerwanie. Po wysłaniu przerwania kontroler traci dostęp do bufora, natomiast procesor użytkownika uzyskuje go. Odczytuje on informacje w buforze, a następnie zeruje przerwanie (przerzutnik przerwania). Cykl ten powtarza się w miarę wysyłania informacji przez kontroler komunikacyjny i odczytywania ich przez procesor użytkownika.

Bufory na dane odbierane (z danymi do nadania) są, po ich zadeklarowaniu, aż do wykorzystania lub unieważnienia, dostępne tylko dla kontrolera komunikacyjnego. Występowanie tych buforów jest opcjonalne. Maksymalnie może ich być trzy: bufor na dane odbierane, bufor z danymi nadawanymi na zadanie i bufor z danymi nadawanymi przez zleconą obsługę.

Bufor na dane odbierane jest deklarowany przez procesor użytkownika za pomocą obsługi Management. Od momentu zadeklarowania jest on dostępny tylko dla kontrolera, który wpisuje do niego dane odbierane w przesyłkach z linii PROWAY. Po odebraniu ważnej przesyłki z danymi dla danej stacji bufor jest uznawany za wykorzystany i kontroler nie ma już do niego dostępu. Kontroler sygnalizuje użytkownikowi odebranie danych, natomiast następne dane odbierane z linii nie są odbierane, aż do zadeklarowania przez procesor użytkownika następnego bufora na dane odbierane.

Bufor z danymi do nadania na zadanie jest deklarowany przez procesor użytkownika za pomocą obsługi Management. Od momentu zadeklarowania jest on dostępny tylko dla kontrolera, który wysyła zapisane w nim dane po odebraniu przesylek Request Data with Reply z linii. Procesor użytkownika może unieważnić zadeklarowany bufor lub/i zadeklarować nowy za pomocą obsługi Management.

Bufor z danymi do nadania przez zleconą obsługę jest deklarowany w zleceniu obsługi. Po zapisaniu przez procesor użytkownika zlecenia obsługi do bufora zlecen bufor z danymi jest dostępny tylko dla kontrolera. Po wykonaniu obsługi przez kontroler i wyzerowaniu typu obsługi w buforze zlecen bufor z danymi staje się niedostępny dla kontrolera. Procesor użytkownika może następnie zadeklarować nowy bufor wraz z nowym zleceniem obsługi.

2.5. Terminologia.

~~~~~

W dalszej części sprawozdania termin kontroler komunikacyjny będzie skrącany do 'kontroler', a termin 'procesor użytkownika' - do 'użytkownik'. Tam, gdzie jest mowa o współpracy stacji PROWAY z użytkownikiem, przez termin 'stacja' należy rozumieć kontroler. Przez pojęcie 'stacja lokalna' rozumie się stację realizującą dane działanie, natomiast 'stacja oddalona' to stacja zaangażowana w wykonanie działania inicjowanego przez inną stację. długości wszelkich buforów określa się w bajtach.

## 3. Limity czasowe protokołu PROWAY.

~~~~~

Norma protokołu PROWAY określa limity czasu na wykonanie poszczególnych operacji protokołu. Wymagania normy w tym zakresie są bardzo wysokie. Na podstawie długotrwałych badań stwierdzono, że przy zastosowaniu dostępnego sprzętu nie jest możliwe ich spełnienie. Zostały przyjęte własne wartości tych limitów. Na razie są to wartości prowizoryczne. Dokładne ich ustalenie będzie możliwe po przeprowadzeniu dalszych badań, a przede wszystkim po uruchomieniu pierwszych aplikacji w warunkach przemysłowych.

W protokole PROWAY występują następujące limity czasu:

1. Czas przerwy pomiędzy ramkami w linii, T₁ - określa maksymalny czas przerwy pomiędzy transmisjami w linii. Stacja inicjująca rozpoczyna jego pomiar po zakończeniu nadawania. Timer czasu T₁ jest zatrzymywany przez rozpoczęcie odbioru ramki z linii. Jeżeli odbior nie

nastąpi, po upływie czasu T1 stacja inicjująca podejmuje odpowiednia akcje. W normie PROWAY ten czas wynosi 50 mikrosek.

2. Czas utraty batonu, T2 - określa czas trwania ciszy w linii, po którym stacja inicjuje nowy obieg batonu uznając, że obieg poprzedni został definitywnie przerwany i baton został utracony. W normie PROWAY ten czas wynosi $(200+50*\text{adres stacji})$ mikrosek.
3. Minimalny czas odpowiedzi, T05 - określa minimalny czas zwłoki, jaki powinien upłynąć pomiędzy zakończeniem odbioru przez stację a rozpoczęciem przez nią nadawania. W normie PROWAY ten czas wynosi 5 mikrosek.

Dla zrealizowanego w PIAP kontrolera przyjęto następujące wartości limitów:

- czas przerwy pomiędzy ramkami w linii T1: 700 mikrosek,
- minimalny czas odpowiedzi T05: 450 mikrosek,
- czas utraty batonu T2 jest zależny od numeru stacji według wzoru:
 $T2 = (2+nr)*T1,$
gdzie nr = adres stacji.

4. Realizacja obsługi Send Data with Acknowledge.

Obsługa polega na przesłaniu danych przygotowanych przez procesor użytkownika do jednej stacji oddalanej PROWAY. W czasie nie większym od T1 stacja oddalona nadaje potwierdzenie informujące stację lokalną o powodzeniu lub niepowodzeniu obsługi. W wypadku nieodebrania potwierdzenia stacja lokalna powtarza 3-krotnie obsługę. Stacja lokalna informuje procesor użytkownika o pomyślnym lub niepomyślnym wykonaniu obsługi. Stacja oddalona po poprawnym odebraniu danych wysyła potwierdzenie do stacji lokalnej i sygnalizuje swojemu procesorowi użytkownika odebranie danych. Jeżeli w stacji oddalonej nie ma zadeklarowanego bufora na dane odbierane wysyła ona "negatywne potwierdzenie" i nie sygnalizuje nic użytkownikowi. Pomiedzy przesłaniem danych przez stację lokalną, a przesłaniem potwierdzenia przez stację oddaloną, w linii PROWAY nie mogą wystąpić żadne inne przesyłki.

4.1. Postać zlecenia obsługi.

Typ obsługi:	1
Adres:	adres stacji oddalonej
Wskaznik danych:	adres początkowy i długość bufora z danymi do nadania

Długość bufora z danymi do nadania nie może być większa od 1024. Adres stacji oddalonej jest liczbą z zakresu 1 - 127.

4.2. Postać odpowiedzi.

~~~~~

|                  |                                                     |
|------------------|-----------------------------------------------------|
| Typ obsługi:     | 1                                                   |
| Adres:           | adres stacji oddalonej                              |
| Słowo stanu:     | informuje jak została wykonana obsługa (p.pkt. 2.2) |
| Wskaźnik danych: | adres początkowy i długość bufora z nadanymi danymi |

#### 4.3. Postać sygnalizacji w stacji oddalonej.

~~~~~

Typ obsługi:	129
Adres:	adres stacji źródłowej
Wskaźnik danych:	adres początkowy zadeklarowanego uprzednio bufora na dane odbierane i długość danych odebranych

5. Realizacja obsługi Global Send Data without Acknowledge.

~~~~~

Obsługa polega na przesłaniu danych przygotowanych przez procesor użytkownika do wszystkich stacji oddalonych. Stacja lokalna po nadaniu danych informuje procesor użytkownika o wykonaniu obsługi. Stacja lokalna nie otrzymuje potwierdzenia ze stacji oddalonych o odebraniu lub nieodebraniu wysłanych danych. Dane te są odbierane jednocześnie przez wszystkie stacje oddalone mające zadeklarowane bufora na dane odbierane. Inne stacje danych nie odbierają. Stacje oddalone sygnalizują swoim użytkownikom poprawne odebranie danych.

#### 5.1. Postać zlecenia obsługi.

~~~~~

Typ obsługi:	2
Wskaźnik danych:	adres początkowy i długość bufora z danymi do nadania

Długość bufora z danymi do nadania nie może być większa od 1024.

5.2. Postac odpowiedzi.

~~~~~

Typ obsługi: 2  
Wskaznik danych: adres początkowy i długość bufora z nadanymi danymi

4.3. Postac sygnalizacji w stacji oddalonej.

~~~~~

Typ obsługi: 130
Adres: adres stacji źródłowej
Wskaznik danych: adres początkowy zadeklarowanego uprzednio bufora na dane odbierane i długość danych odebranych

6. Realizacja obsługi Request Data with Reply.

~~~~~

Obsługa polega na przesłaniu danych zadanych ze stacji oddalonej. Procesor użytkownika stacji lokalnej przygotowuje bufor na dane zadane ze stacji oddalonej. Stacja lokalna wysyła do określonej stacji oddalonej zadanie przesłania danych. W czasie nie przekraczającym  $T_1$  stacja oddalona przesyła do stacji lokalnej odpowiedź. Jeżeli w stacji oddalonej był zadeklarowany bufor z danymi do nadania na zadanie, wysyła ona w odpowiedzi zadane dane. Jeżeli bufor nie był zadeklarowany stacja oddalona wysyła 'negatywne potwierdzenie'. Stacja lokalna 3-krotnie ponawia zadanie przesłania danych jeżeli w czasie  $T_1$  nie odbierze zadanej przesyłki lub 'negatywnego potwierdzenia'. Stacja lokalna informuje użytkownika o pomyślnym lub nie pomyślnym wykonaniu obsługi. Stacja oddalona nie informuje użytkownika o nadaniu danych na zadanie lub wysłaniu 'negatywnego potwierdzenia'.

6.1. Postac zlecenia obsługi.

~~~~~

Typ obsługi: 5
Adres: adres stacji oddalonej
Wskaznik danych: adres początkowy i długość bufora na zadane dane

Długość bufora na zadane dane nie może być mniejsza od 1026.
Adres stacji oddalonej jest liczbą z zakresu 1 - 127.

M

6.2. Postac odpowiedzi.
~~~~~

Typ obsługi: 5  
Adres: adres stacji oddalonej  
Słowo stanu: informuje jak została wykonana obsługa  
(p.pkt. 2.2)  
Wskaźnik danych: adres początkowy bufora z odebranymi  
danymi i ich długość

7. Realizacja obsługi Remote Station Recovery.  
~~~~~

Obsługa polega na przesłaniu komendy działania hardware'owego do stacji oddalonej. Stacja lokalna wysyła do stacji oddalonej komendę i czeka na potwierdzenie. W czasie nie przekraczającym T1 stacja oddalona wysyła potwierdzenie do stacji lokalnej. Jeżeli w czasie T1 stacja lokalna nie odbierze potwierdzenia, wysłanie komendy zostaje 3-krotnie powtórzone, aż do uzyskania potwierdzenia. Stacja oddalona po odebraniu komendy ze stacji lokalnej wysyła do niej potwierdzenie oraz wysyła określony sygnał do użytkownika. Sygnałem takim może być n.p. sygnał reset, powodujący zainicjowanie programu użytkownika. Typ sygnału jest zależny od implementacji. W czasie dotychczasowych badań sygnał taki nie był wykorzystany.

7.1. Postac zlecenia obsługi.
~~~~~

Typ obsługi: 4  
Adres: adres stacji oddalonej

Adres stacji oddalonej jest liczbą z zakresu 1 - 127.

7.2. Postac odpowiedzi.  
~~~~~

Typ obsługi: 4
Adres przeznaczenia: adres stacji oddalonej
Słowo stanu: informuje jak została wykonana obsługa
(p.pkt. 2.2)

B. Realizacja obsługi Management of local PROWAY-station.
~~~~~

Obsługa polega na wykonaniu przez lokalna stacje dzialan zadanych przez uzytkownika i wyslaniu odpowiedzi do uzytkownika informujacej o wykonaniu zleconych dzialan lub zawierajacej zadane informacje. Stacja nie wymaga dostepu do linii dla wykonania obsługi Management.

**B.1. Postac zlecenia obsługi.**  
~~~~~

Typ obsługi: 3
Słowo stanu: rodzaj obsługi Management
Wskaźnik danych: adres początkowy i długość deklarowanego bufora lub inne dane

Rodzaje obsługi Management i odpowiadające im wartości słowa stanu w zleceniu obsługi przedstawia poniższa tabela.

słowo stanu	typ obsługi	argumenty
1	podaj do użytkownika aktualna listę stacji aktywnych	brak
2	ustalenie max długości danych przesyłanych obsługami SDA i GSD	długość danych (max 1023)
30	odłącz od linii	brak
31	dolacz do linii	brak
32	podaj stan licznika powtorzen	brak
34	testuj off line	brak
40	inicjalizuj bufor na dane odbierane	adres startowy i długość bufora
42	inicjalizuj bufor z danymi do nadania na zadanie	adres startowy i długość bufora

Podanie długości bufora = 0 w obsłudze 'inicjalizuj bufor nadane odbierane' oznacza skasowanie poprzednio zadeklarowanego bufora i niedeklarowanie nowego. Nowo deklarowany bufor musi mieć długość nie mniejsza niż 1026.

8.2. Postać odpowiedzi.

Typ obsługi: 3
Słowo stanu: rodzaj obsługi (p. pkt. 8.1.), błędne parametry zlecenia sygnalizowane przez zapalony bit 7
Wskaźnik danych: dla rodzaju obsługi = 1 (podaj aktualna listę stacji aktywnych) adres początkowy i długość listy; dla pozostałych rodzajów - brak

8.3. Postać sygnalizacji zdarzeń.

Typ obsługi: 131
Słowo stanu: rodzaj zdarzenia

Rodzaje zdarzeń i odpowiadające im wartości słowa stanu w przedstawia poniższa tabela.

słowo stanu	zdarzenie
1	zmiana listy stacji aktywnych
30	odłączenie od linii
31	dołączenie do linii
34	wykonanie testów off line

9. Organizacja oprogramowania kontrolera komunikacyjnego.

W trakcie badań nad możliwością implementacji protokołu PROWAY stwierdzono, że procesor kontrolera komunikacyjnego powinien pracować w trybie bezprzerwań ym. To wskazanie wynika z faktu bardzo czasochłonnej obsługi przerw przez mikroprocesor 8086. W związku z powyższym oraz w związku z przyjęciem bardzo wysokiej szybkości transmisji przyjęto, że procesor kontrolera komunikacyjnego będzie wykonywał działania związane z realizacją protokołu PROWAY w czasie ciszy w linii, natomiast w trakcie odbioru lub nadawania będzie zajmował się wyłącznie obsługą kanału transmisji. Rozpoczęcie nadawania lub odbioru nie będzie sygnalizowane przez układ sprzęgający przerwaniem, zamiast tego procesor jeszcze w czasie ciszy w linii, której okres jest określony przez minimalny czas ciszy w linii T05 (p. pkt. 3), będzie wchodził w stan oczekiwania na odbiór .

9.1. Obsługa kanału transmisji.

Przyjęta duża szybkość transmisji postawiła bardzo wysokie wymagania przed procesorem kontrolera na szybkość obsługi kanału transmisji (pobieranie kolejnych bajtów danych z pamięci zewnętrznej kontrolera i przekazywanie ich do układu sprzęgającego - dla nadawania i odwrotne działanie dla odbioru). Przy szybkości transmisji 1 mega bit/sek kolejne bajty muszą być przesyłane co 8 mikrosek. Zrealizowano to przez zastosowanie instrukcji stringowych. Nagłówek ramki jest nadawany lub odbierany do rejestrów procesora, następujące za nim bajty danych są przekazywane jedną instrukcją MOVS z prefixem REP.

W związku z powyższym nie jest możliwa jakakolwiek analiza ramki odbieranej w trakcie jej odbioru. Tak więc, jeżeli zawiera ona dane są one odbierane (jeżeli tylko jest zadeklarowany bufor na dane odbierane) niezależnie od tego czy są przeznaczone dla danej stacji. Dopiero po zakończeniu odbioru kontroler weryfikuje odebrane dane.

Również słowo stanu układu sprzęgającego jest odczytywane przez kontroler dopiero po zakończeniu transmisji. Zakończenie transmisji jest sygnalizowane przerwaniem, przerywającym repetycyjne wykonywanie instrukcji MOVS. Po powrocie z przerwania (nie do miejsca jego wystąpienia) kontroler wykonuje wymagane w danym momencie operacje protokołu. Ramka przesyłana w linii w trakcie wykonywania tych operacji nie będzie przez kontroler odebrana, natomiast wystąpienie przerwania od końca nadawania spowoduje awaryjne odłączenie od linii.

9.2. Przerwania.

W związku z czasochłonną obsługą przerwania przez mikroprocesor 8086 przyjęto, że w kontrolerze mogą być użyte tylko takie przerwania, które nie występują w trakcie obsługi kanału transmisji. Wykluczono przerwania z procesora użytkownika. Kontroler komunikacyjny może obsługiwać następujące przerwania:

- przerwanie od upływu limitu czasu T1 i T2, które nie może wystąpić w trakcie transmisji, natomiast występuje w czasie oczekiwania na odbiór,
- przerwanie od wystąpienia sygnału PWS ze sterownika linii (transmisja niedozwolonej długości lub kolizja na linii), które nie zakłóci poprawnego odbioru lub nadawania, bo występuje wtedy kiedy stan linii jest nieprawidłowy,
- przerwanie od zakończenia transmisji, które jest potrzebne, by wyrwać kontroler z petli REP MOVS.

9.3. Wykonywanie obsługi Management.

Moment wykonania zleczonej obsługi Management nie jest określony w normie PROWAY. Jest on niezależny od dostępu kontrolera do linii i może być dowolny. Ze względu na efektywną współpracę kontrolera z procesorem użytkownika istotne jest by obsługi Management mogły się wykonywać stosunkowo często. Przyjęto, że obsługi Management będą wykonywane przez specjalną procedurę wywoływana w okresach mniejszego obciążenia kontrolera bieżącą obsługą protokołu.

9.4. Kolejowanie informacji dla użytkownika.

Kontroler komunikacyjny przesyła do procesora użytkownika odpowiedzi na zleczone obsługi, sygnalizuje odebranie danych ze stacji oddalonych, zmiany listy stacji aktywnych oraz odłączenia i dołączenia do linii. Te dwie ostatnie sygnalizacje w trakcie normalnej pracy kontrolera nie występują. Przyjęto, że kontroler nie wykonuje następnego zleczenia użytkownika, dopóki ten nie odczyta odpowiedzi na zleczenie poprzednie i nie zwolni bufora odpowiedzi. Tak więc maksymalna długość kolejki informacji dla użytkownika wynosi 3. Składają się na nią:

- jedna odpowiedź na zleczenie,
- jedna informacja o odebranych danych - nie może być ich więcej, bo po odebraniu danych kontroler nie ma już bufora na dane odbierane i ewentualne dane z następnych przesyłek nie są zapisywane,
- jedna informacja o zmianie listy stacji aktywnych - ewentualne następne zmiany są addytywne do pierwszej.

Powyższe informacje są kolejowane. Odłączenie od linii jest sygnalizowane po opróżnieniu kolejki utworzonej w czasie, kiedy stacja była dołączona do linii.

9.5. Organizacja listy stacji aktywnych.

Tworzenie, aktualizowanie, utrzymanie listy stacji aktywnych i wykorzystanie danych w niej zawartych to znacząca część operacji protokołu PROWAY. Efektywna organizacja tej listy jest bardzo istotna dla szybkiego działania kontrolera komunikacyjnego.

Przyjęte rozwiązanie listy wymaga stosunkowo znacznego obszaru pamięci - lista jest utrzymywana w pamięci

zewnętrznej kontrolera, natomiast zapewnia bardzo prosta aktualizacje i łatwe określenie adresu następnej stacji aktywnej, który jest potrzebny do przesłania batonu, w czasie kiedy stacja ma dostęp do linii, a więc w newralgicznym punkcie protokołu.

Lista ma postać ciągu adresów kolejnych stacji aktywnych. Pierwszy w ciągu jest adres następnej stacji aktywnej, dalej następują kolejne adresy, aż do stacji poprzedzającej stację lokalną. Aktualizacja listy po pojawieniu się nowej stacji aktywnej to tylko dopisanie jej adresu do listy. Określenie adresu następnej stacji aktywnej to pobranie pierwszego adresu z listy. Lista jest tworzona od nowa w trakcie każdego obiegu batonu. Poprzednia lista jest przechowywana i przekazywana do użytkownika na zlecenie obsługi Management - 'podaj listę stacji aktywnych', oraz służy do porównywania z listą aktualnie tworzona, aby móc stwierdzić wystąpienie zmian.

9.6. Bufor ostatniego nagłówka.
~~~~~

Norma PROWAY przewiduje utrzymywanie przez kontroler stacji tzw. bufora ostatniego nagłówka. Jest w nim przechowywana ostatnio wysłana odpowiedź (potwierdzenie lub negatywne potwierdzenie) na odebrana przesyłka typu Send Data with Acknowledge. Jeżeli kontroler ponownie odbierze taką samą przesyłkę zostanie na nią wysłana odpowiedź z bufora ostatniego nagłówka. Takie rozwiązanie służy poprawnemu wykonaniu w.w. obsługi w sytuacji, gdy inicjująca ją stacja nie odbierze poprawnie odpowiedzi i ponowi przesłanie danych. Bufor ostatniego nagłówka jest kasowany gdy zostanie odebrana poprawnie przesyłka inna od Send data with Acknowledge do mnie.

10. Opis schematu blokowego programu.  
~~~~~

Zalaczony schemat blokowy przedstawia budowę ogólną oprogramowania kontrolera komunikacyjnego. Poszczególne bloki odpowiadają fazom protokołu PROWAY realizowanym przez kontroler.

10.1. Inicjalizacja.
~~~~~

W trakcie inicjalizacji po uruchomieniu kontrolera następuje ustawienie wartości początkowych zmiennych wykorzystywanych przez oprogramowanie, w szczególności

17

utworzenie początkowej listy stacji aktywnych - w której występują wszystkie możliwe adresy t.j. wszystkie potencjalnie mogące występować stacje są przyjmowane jako aktywne. Inicjalizacja listy stacji aktywnych jest również wykonywana po odłączeniu od linii. Stacja pozostaje w stanie odłączenia od linii do otrzymania zlecenia 'dołącz do linii' lub 'testuj', które powodują dołączenie do linii. Wszystkie inne zlecenia nie są wykonywane, a kontroler wysyła na nie odpowiedź informująca procesor użytkownika o stanie odłączenia od linii.

#### 10.2. Nasłuch.

~~~~~

Kontroler wchodzi w stan nasłuchu po dołączeniu do linii, po oddaniu batonu, po wysłaniu przesyłki w odpowiedzi na przesyłkę odebraną od stacji mającej dostęp do linii, po odebraniu przesyłki niezminiającej stanu stacji lub po przerwaniu realizowanej przez stację obsługi wymagającej dostępu do linii przez przesyłkę nieoczekiwana. Wchodząc w stan nasłuchu kontroler uruchamia timer czasu T2. Następnie kontroler komunikacyjny nasłuchuje transmisji w linii. Kiedy zostanie stwierdzona transmisja, kontroler przechodzi w stan 'odbior'. Jeżeli w czasie T2 nie zostanie stwierdzone rozpoczęcie transmisji w linii, kontroler wznowia obieg batonu przechodząc do stanu 'kontrola zleceń użytkownika', a następnie 'oddaj baton'.

10.3. Odbior.

~~~~~

W stanie 'odbior' kontroler obsługuje kanał transmisji odbierając transmitowaną ramkę, a następnie sprawdza jej poprawność i analizuje nagłówek. Odebranie poprawnej ramki różnej od Send Data with Acknowledge do mnie powoduje skasowanie bufora 'ostatniego nagłówka'. Ramki niepoprawne, ramki o niezidentyfikowanych funkcjach nagłówka i ramki nie będące batonem, o adresie przeznaczenia różnym od adresu stacji lokalnej nie powodują dalszej akcji kontrolera. Po zakończeniu ich odbioru powraca on w stan 'nasłuch'. Odebranie innej ramki powoduje przejście do jednego z kolejnych stanów, w zależności od typu ramki. Jeżeli została odebrana ramka z obsługą Send Data with Acknowledge do stacji lokalnej kontroler przechodzi w stan 'odbior SDA'. Odebranie ramki z obsługą Request Data with Reply powoduje przejście do stanu 'odbior RDR'. Ramka Remote Station Recovery powoduje wejście w stan 'odbior RSR', Global Send Data - 'odbior GSD', natomiast odebranie ramki z batonem powoduje przejście do aktualizacji listy stacji aktywnych.

#### 10.4. Odbior SDA.

~~~~~

Zadaniem wykonywanym przez kontroler komunikacyjny s stanie 'odbior SDA' jest obsługa odebranych ważnych ramek z danymi typu Send Data with Acknowledge do mnie. Jeżeli ramka jest powtórzeniem, kontroler wysyła odpowiedź zapamiętana w buforze ostatniego nagłówka i nie sygnalizuje nic do użytkownika. Jeżeli ramka nie jest powtórzeniem i dane zostały odebrane do zadeklarowanego uprzednio bufora, kontroler sygnalizuje to do procesora użytkownika i wysyła potwierdzenie do stacji inicjującej. Jeżeli ramka nie jest powtórzeniem i dane nie zostały odebrane, kontroler wysyła do stacji inicjującej negatywne potwierdzenie. Wysłana odpowiedź zostaje zapamiętana w buforze ostatniego nagłówka. Następnie kontroler przechodzi do stanu 'nasłuch'.

10.5. Odbior RSR.

~~~~~

W stanie 'odbior RSR' kontroler wysyła potwierdzenie do stacji inicjującej i zadaje określony w implementacji sygnał hardware'owy. Następnie kontroler przechodzi do stanu 'nasłuch'.

#### 10.6. Odbior RDR.

~~~~~

Kontroler komunikacyjny wchodzi w stan 'odbior RDR' po odebraniu poprawnej ramki Request Data with Reply do mnie. Kontroler sprawdza obecność zadeklarowanego bufora z danymi do nadania na zadanie, jeżeli bufor jest, dane z niego zostają wysłane w odpowiedzi do stacji inicjującej. Jeżeli brak bufora z danymi, kontroler wysyła do stacji inicjującej negatywne potwierdzenie. Po wysłaniu odpowiedzi kontroler wchodzi w stan 'nasłuch'.

10.7. Odbior GSD.

~~~~~

Jeżeli dane z ramki Global Send Data zostały odebrane do zadeklarowanego bufora, kontroler w stanie 'odbior GSD' sygnalizuje to do użytkownika. Kontroler przechodzi następnie do stanu 'aktualizacja listy stacji aktywnych'.

#### 10.8. Aktualizacja listy stacji aktywnych.

~~~~~

Po odebraniu ramki zawierającej baton kontroler aktualizuje listę stacji aktywnych. Za stację aktywną rozumie się stację, która przynajmniej raz w trakcie obiegu batonu wysłała w linii ramkę zawierającą baton. Obieg batonu są to wszystkie przesłania batonu, jakie wystąpiły pomiędzy przekazaniem batonu do stacji następnej a otrzymaniem go ze stacji poprzedniej przez stację okalną. Na aktualizację listy składa się dopisanie adresu stacji, z której odebrano ramkę z batonem do listy stacji aktywnych bieżącego obiegu, porównanie z listą utworzoną w obiegu poprzednim w celu stwierdzenia ewentualnych zmian, oraz kontrola czy nastąpiło zamknięcie obiegu. Jeżeli nastąpiło zamknięcie obiegu batonu, lista aktualna zostaje zakończona i dalej jest uważana za listę poprzednią, nowa lista aktualna zostaje wyzerowana. Zmiany w liście stwierdzone w czasie obiegu batonu są sygnalizowane do użytkownika po zakończeniu jego obiegu. Stan, do którego przechodzi kontroler po aktualizacji listy jest zależny od adresu batonu. Jeżeli ostatnio odebrany baton był zaadresowany do mnie kontroler przechodzi do stanu 'kontrola zleceń użytkownika', w przeciwnym razie - do stanu 'nasłuch'.

10.9. Kontrola zleceń użytkownika.

~~~~~

W stanie 'kontrola zleceń użytkownika' kontroler komunikacyjny oblicza adresy na jakie ma wysłać przesyłkę z batonem. Baton jest przekazywany z jednej stacji aktywnej do następnej, w ten sposób krążąc pomiędzy stacjami w linii. Stacja określa adres następnej stacji aktywnej pobierając jej adres z listy stacji aktywnych (p. pkt. 9.5). Ponadto stacje, w trakcie obiegu batonu, sprawdzają czy zostały dołączone do linii nowe stacje. W tym celu każda stacja sprawdza, czy nie pojawiła się nowa stacja w jej szczelinie (gap). Szczelina danej stacji to obszar w przestrzeni adresowej stacji pomiędzy daną stacją, a następną stacją aktywną. Cała przestrzeń adresowa stacji to przedział 1 - 127. N.p. jeżeli w linii są 2 stacje o adresach 12 i 100, to szczelina stacji o adresie 12 jest obszar 13 - 99, a stacji o adresie 100 obszar 101 - 11 (101 - 127, 1 - 11). Przeszukiwanie szczeliny polega na wysłaniu batonu na adres z przedziału szczeliny i oczekiwaniu na transmisję w linii. Jeżeli w czasie mniejszym od T1 rozpocznie się transmisja w linii, stacja przeszukująca uznaje, że to nadaje nowa stacja po otrzymaniu batonu. Brak transmisji oznacza brak stacji o adresie, na jaki był wysłany baton. Każda stacja po otrzymaniu batonu sprawdza jeden adres ze swojej szczeliny, zmieniając cyklicznie jego wartość, tak by kolejnymi krokami wokół szczeliny przeszukiwać ją całą. Każdorazowo po

otrzymaniu batonu, w stanie 'kontrola zleceń użytkownika', kontroler oblicza adres, na jaki ma przesłać próbny baton. Jest to tzw. następny adres szczeliny (Next Gap Address).

Po określeniu adresu następnej stacji aktywnej i następnego adresu szczeliny kontroler odczytuje bufor zleceń obsługi (jeżeli bufor jest dla niego dostępny). Jeżeli w buforze zapisane jest zlecenie obsługi Send Data with Acknowledge lub Remote Station Recovery kontroler przechodzi do stanu 'nadaj SDA'. Zlecenie Request Data with Reply powoduje przejście do stanu 'nadaj RDR'. Zlecenie 'Global Send Data', brak zleceń, niedostępność bufora zleceń powoduje przejście kontrolera w stan 'oddaj baton'.

#### 10.10. Nadaj SDA

~~~~~

W stanie 'nadaj SDA' kontroler komunikacyjny wykonuje zleconą przez użytkownika obsługę Send Data with Acknowledge lub Remote Station Recovery. Kontroler wysyła zleconą przesyłkę do stacji oddalonej i oczekuje na odbiór potwierdzenia. Brak potwierdzenia w czasie T1 powoduje powtórzenie przesyłki (do 3 razy). Kontroler odbiera i analizuje odebraną w odpowiedzi ramkę. Po odebraniu odpowiedzi lub po 3-krotnym powtórzeniu nadawania i braku odpowiedzi kontroler wysyła do użytkownika odpowiedź informującą o poprawnym lub niepoprawnym wykonaniu obsługi. Po odebraniu potwierdzenia, negatywnego potwierdzenia lub po 3-krotnym powtórzeniu nadawania i nie odebraniu odpowiedzi kontroler przechodzi w stan 'oddaj baton'. Jeżeli w odpowiedzi kontroler odbierze inną ramkę następuje przejście w stan 'nasłuch'.

10.11. Nadaj RDR

~~~~~

W stanie 'nadaj RDR' kontroler komunikacyjny wykonuje zleconą przez użytkownika obsługę Request Data with Reply. Kontroler wysyła zadanie przesłania danych do stacji oddalonej i czeka na odbiór danych. Brak odpowiedzi w czasie T1 powoduje powtórzenie przesyłki (do 3 razy). Kontroler odbiera i analizuje odebraną w odpowiedzi ramkę. Po odebraniu odpowiedzi lub po 3-krotnym powtórzeniu nadawania i braku odpowiedzi kontroler wysyła do użytkownika odpowiedź informującą o poprawnym lub niepoprawnym wykonaniu obsługi. Po odebraniu zadanych danych, negatywnego potwierdzenia lub po 3-krotnym powtórzeniu nadawania i nie odebraniu odpowiedzi kontroler przechodzi w stan 'oddaj baton'. Jeżeli w odpowiedzi kontroler odbierze inną ramkę następuje przejście w stan 'nasłuch'.

## 10.12. Oddaj baton

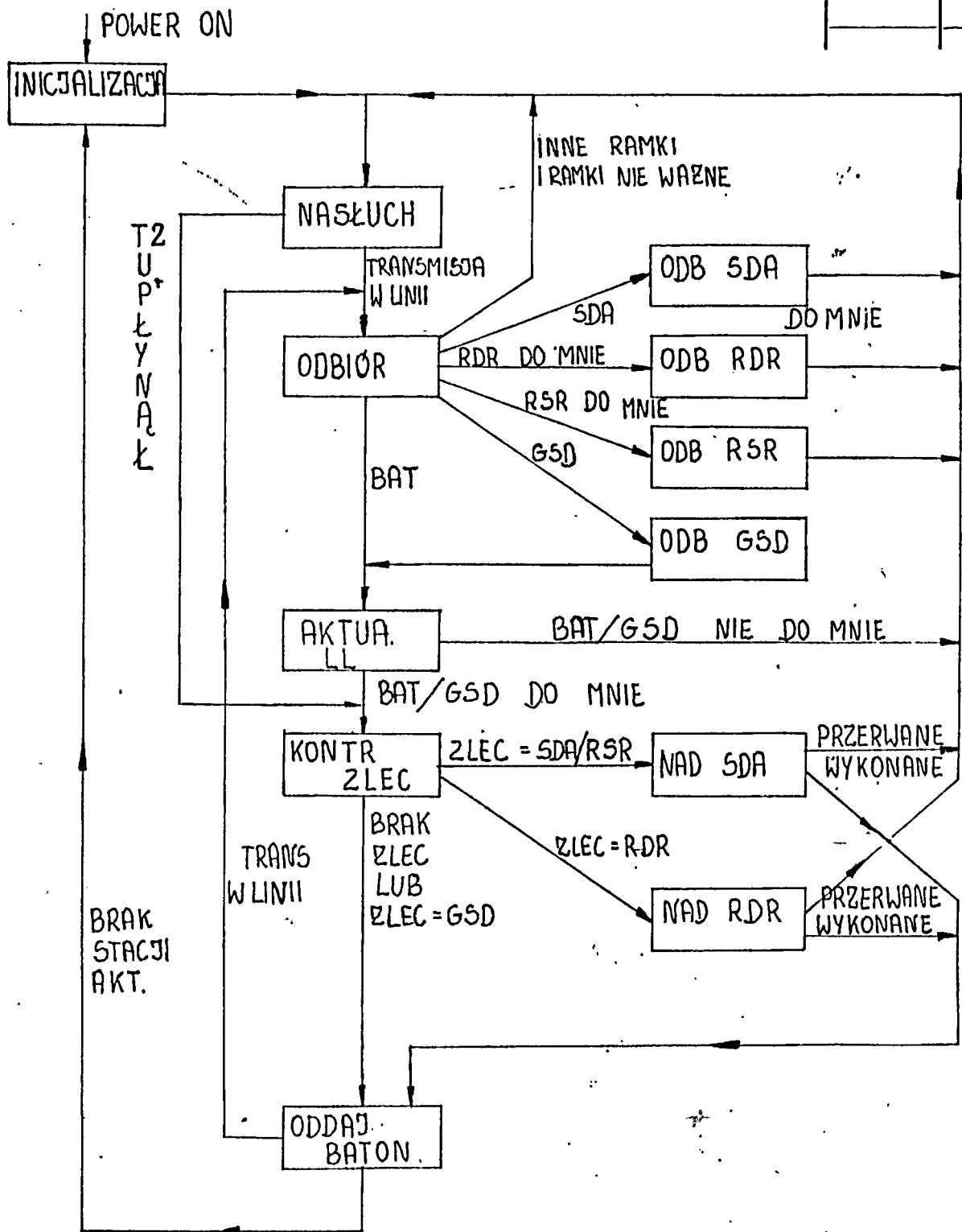
~~~~~

W stanie 'oddaj baton' kontroler komunikacyjny wykonuje pojedyncza probe przeszukiwania szczeliny i oddaje baton do nastepnej stacji aktywnej. Baton jest wysylany najpierw 1 raz do nastepnego adresu szczeliny. Jezeli w czasie T1 (po nadaniu batonu w linii pojawi sie transmisja kontroler przechodzi w stan 'odbior'. Jezeli transmisja sie nie pojawi, kontroler wysyla baton do nastepnej stacji aktywnej. Pojawienie sie transmisji w czasie T1 po nadaniu batonu powoduje przejście kontrolera w stan 'odbior'. Jezeli transmisja nie pojawia sie kontroler 3-krotnie powtarza wyslanie batonu do nastepnej stacji aktywnej, nastepnie 3-krotnie wysyla baton do kolejnej stacji aktywnej, itd., az do momentu, kiedy po nadaniu batonu wystapi transmisja w linii. Jezeli baton zostanie wyslany do wszystkich stacji aktywnych zapisanych na liscie i transmisja w linii nie wystapi, kontroler przechodzi w stan 'inicjalizacja' i nastepuje, sygnalizowane uzytkownikowi, odlaczenie od linii. Jezeli uzytkownik zlecil obsluge 'Global Send Data' zostaje ona wykonana wraz z pierwszym przeslaniem batonu. Jej wykonanie jest sygnalizowane uzytkownikowi.

11. Literatura.

1. Analiza protokolow MIR - PROWAY pod katem mozliwosci ich realizacji na dostepnej w kraju bazie elementowej.
PIAP 1983 nr rej. 5057
2. Analiza mozliwosci realizacji protokolow MIR - PROWAY na dwuprocesorowym ukladzie 8080 - 8035 oraz na procesorze 8086.
Etap 1. Analiza mozliwosci realizacji protokolow MIR - PROWAY na dwuprocesorowym ukladzie 8080 - 8035.
PIAP 1983 nr rej. 5082
3. Analiza mozliwosci realizacji protokolow MIR - PROWAY na dwuprocesorowym ukladzie 8080 - 8035 oraz na procesorze 8086.
Etap 2. Analiza mozliwosci realizacji protokolow MIR - PROWAY na procesorze 8086.
PIAP 1983 nr rej. 5181
4. Opracowanie urzadzen systemu MIR - PROWAY. Zalozenia techniczne na pakiet MK 40 kontrolera komunikacyjnego.
PIAP 1984 nr rej. 5194
5. Process data highway (PROWAY) for distributed process control systems.
Part 2: Specification for highway - user interface, logical.
IEC 65C(Central Office)5 Geneva, 1984
6. Process data highway (PROWAY) for distributed process control systems.
Part 3: Specification for highway unit protocol.
IEC 65C(central Office)6 Geneva, 1984

Wymiary	Odchyłki



Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr ark.	Uwagi
Nazwa				Podziałka
SCHEMAT OGÓLNY				Ciężar
Znak zmiany	Ilość zmian	Treść zmiany	Podpis	Data
Projektował				
Konstruował				
Kreślił		J. Grzegorka		
Sprawdził				
Kier. Pracowni				
Material		Zastępuje rys. Nr	Nr ark.	
		Zastąpiono przez rys. Nr	Nr rys. zest.	
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa		Nr rysunku	Nr części 24	