

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. Krzysztof Stefański

Wykonawcy mgr inż. K. Stefański, dr inż. W. Stańczak,
mgr inż. J. Zakolski, prof. dr inż. T. Missala

Konsultant mgr inż. Cz. Godzisz, dr inż. A. Syryczyński
mgr inż. K. Majdan

Nr zlecenia 1089

Urządzenia sprzężenia z obiektem
współpracujące z szeregową
magistralą miejscową.

Etap 1. Opracowanie założeń technicznych
urządzeń sprzężenia z obiektem pracują-
cych na magistrali miejscowej.

Zleceniodawca CPBR 7.2 cel:7

Pracę rozpoczęto dnia 87.04.15 Kierownik Pracowni
Kierownik Zespołu mgr inż. K. Stefański zakończono dnia 87.06.30
dr inż. A. Syryczyński Z-ca Dyrektora
d/s Automatyki prof. dr inż. T. Missala
dr inż. T. Gałazka

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron

Egz. 1 BOINTE

rysunków

Egz. 2 OAE

fotografii

Egz. 3 OAE

tabel

Egz. 4 OAE

tablic

Egz. 5 OAE-2

załączników 2

Egz. 6

Nr rejestr. 5858

1

Analiza deskryptorowa

**URZĄDZENIA AUTOMATYCZNEJ REGULACJI I STEROWANIA: MAGISTRALA
MIEJSCOWA + ZAŁOŻENIA TECHNICZNE**

Analiza dokumentacyjna

Opracowanie zawiera założenia techniczne i koncepcję rozwiązania urządzeń sprzężenia z obiektem pracujących z magistralą miejscową. Przedstawiono sposób włączenia urządzeń magistrali miejscowej do systemu INTEL DIGIT-PROWAY.

Tytuły poprzednich sprawozdań

UKD

RIAP-252/03-0000

Spis treści

Str.

1. Wstęp
2. Miejsce magistrali miejscowej w systemie automatyki
3. Koncepcja magistrali miejscowej
4. Magistrala miejscowa w świetle międzynarodowych prac normalizacyjnych
5. Proponowany sposób realizacji magistrali miejscowej i sposób sprzężenia z nią
 - 5.1. Fizyczna realizacja magistrali
 - 5.2. Urządzenie sterujące magistralą
 - 5.3. Urządzenie podporządkowane
 - 5.4. Wymagania konstrukcyjne
 - 5.5. Zasilanie
 - 5.6. Wymagania środowiskowe
 - 5.7. Baza elementowa
6. Protokoły magistrali miejscowej
7. Prognoza rozwoju konstrukcji
8. Problematyka uruchomienia produkcji
 - 8.1. Aparatura i urządzenia specjalistyczne
 - 8.2. Trudnodostępne materiały i elementy
9. Analiza ekonomiczna
 - 9.1. Nakłady na prace badawczo-rozwojowe B+R oraz wdrożeniowe
 - 9.2. Określenie górnej ceny urządzeń magistrali miejscowej
 - 9.3. Efekty ekonomiczne
10. Przewidywany producent
11. Materiały i dokumenty wykorzystane przy opracowaniu założeń.

1. Wstęp

Celem pracy jest zainicjowanie w Polsce działań nad magistralą miejscową i nawiązanie w tej dziedzinie kontaktu z techniką wprowadzaną przez przodujące firmy na świecie, w oparciu o istniejące w kraju warunki ekonomiczne i dostępną bazę elementową.

Przedmiotem niniejszego opracowania jest wykonanie założeń technicznych i przedstawienie koncepcji rozwiązania urządzeń sprzężenia z obiektem pracujących z magistralą miejscową. Przedstawiono tu sposób włączenia urządzeń magistrali miejscowej do zdecentralizowanego systemu automatyki przemysłowej /INTELDIGIT-PROWAY/ i metodę dołączania do magistrali miejscowej urządzeń strefy obiektowej.

Realizacja tej koncepcji pozwoli na opracowanie nowej generacji urządzeń umożliwiających dalszą decentralizację systemu automatyki przemysłowej w najniższej warstwie jego hierarchicznego modelu.

Propozycja przedstawiona w niniejszym opracowaniu jest kontynuacją idei inteligentnych pakietów systemowych obsługujących wejścia i wyjścia obiektowe w scentralizowanych i zdecentralizowanych systemach automatyki. Polega ona na rozproszeniu funkcji pakietu inteligentnego, przestrzennym rozłożeniu poszczególnych, inteligentnych węzłów realizujących autonomiczne zadania zbierania i przetwarzania danych, a także sterowania automatyzowanym obiektem.

Należy podkreślić, że w oparciu o wyniki osiągnięte dzięki zainicjowanym tym opracowaniem działaniom w dziedzinie urządzeń komunikacyjnych z magistralą miejscową powinna powstać nowa generacja aparatury obiektowej.

Jednakże tematyka ta wykracza poza ramy tej pracy i nie zostanie tu szerzej potraktowana. Dla przykładu wspomni się jedynie, że równolegle z tym opracowaniem w pionie pomiarów PIAP rozpoczęto projektowanie czujnika rezonatorowego którego przetwornik będzie sprzęgnięty z magistralą miejscową.

Dlatego też należy dążyć do skoordynowania wysiłków mających na celu utworzenie nowych urządzeń obiektowych, takich jak przetworniki pomiarowe i elementy wykonawcze, w których wykorzystywane są cyfrowe mikroprocesorowe urządzenia przetwarzające. Spójność działań we wspomnianej dziedzinie można naszym zdaniem osiągnąć nawiązując do właśnie prezentowanego opracowania. Tylko w tym przypadku zostaną osiągnięte cele, o których jest mowa w p. 2 i 3.

2. Miejsce magistrali miejscowej w systemie automatyki

Pojęcie magistrali miejscowej /ang. FIELD BUS/ pojawiło się po raz pierwszy w propozycji Niemieckiego Narodowego Komitetu Normalizacyjnego /RFN/ dotyczącej standaryzacji magistrali najniższego poziomu hierarchii przemysłowego systemu automatyki. Propozycja ta została przedstawiona na posiedzeniu podkomitetu 65C IEC w Montrealu w maju 1985 roku. Zasadniczym jej motywem było dążenie do dalszej decentralizacji funkcji sterowania procesem w oparciu o istniejące, dostępne już środki techniczne. Coraz szersze wyposażanie urządzeń obiektowych w urządzenia cyfrowe konstruowane z układów wielkiej skali integracji o coraz wyższym stopniu inteligencji stworzyło potrzebę zapewnienia kompleksowej wymiany informacji między tymi urządzeniami. Potrzebę, której zaspokojenie za pomocą dotąd stosowanych technik komunikacyjnych stało się już niemożliwe.

Najważniejszą cechą nowej techniki wymiany informacji między polem obiektowym, a systemem sterowania przy wykorzystaniu magistrali miejscowej jest zastąpienie połączeń kanałowych /punkt-punkt/ urządzeń obiektowych, czujników i organów wykonawczych z odpowiednimi składnikami systemu sterowania, sprzężeniem ze wspólną magistralą. W konsekwencji uzyskuje się dwukierunkowy przepływ informacji z i do każdego abonenta, potencjalne zwiększenie ilości informacji na linii sygnałowej magistrali, a przede wszystkim znaczne obniżenie kosztu okablowania.

Do negatywnych skutków wprowadzania magistrali miejscowej należy zaliczyć:

- zagrożenie zmniejszenia dyspozycyjności całego systemu wynikające ze skupienia przepływu informacji na nielicznych liniach sygnałowych /przewody magistrali w przypadku ich przeciążenia/ relatywnie wysoki koszt sprzężenia czujników i organów wykonawczych z magistralą i wydłużenie czasu odpowiedzi elementu automatyzującego.

Minimalizację tych negatywnych cech, oprócz kosztu sprzężenia, osiąga się przez ograniczenie liczby abonentów magistrali i przesyłanie informacji w postaci przetworzonej i/lub zagregowanej.

Jak już wspomniano wyżej magistralę miejscową wprowadza się na najniższym poziomie hierarchii zdecentralizowanego systemu automatyki. Nie koliduje ona z rozwiązaniami przyjętymi dla MAP /Manufacturing Automation Protocol/ lecz stanowi logiczne ich uzupełnienie w najniższej warstwie.

Na rys.1 przedstawiono schematycznie zdecentralizowany system automatyki kompleksowej z rozwiązaniami przyjętymi dla MAP. Do magistrali MAP - w/g standardu IEEE 802.4 Broad Band, dołączone są komputery sterujące procesami, komputer zarządzający a poprzez urządzenia sprzęgające typu "Gateway" - sieci lokalne. Dotychczasowe prace podkomitetu 65C IEC przewidują dwie metody dołączania magistrali miejscowej do systemu w/g MAP. Pierwsza z nich polega na bezpośrednim dołączaniu magistrali miejscowej /wraz z urządzeniami na niej pracującymi/ do systemu MAP za pośrednictwem Gateway.

Inna przewidywana konfiguracja systemu zawiera zdecentralizowany sterownik procesu z wewnętrzną magistralą miejscową dołączoną do sieci lokalnej /np. w/g PROWAY lub IEEE 802.4 Base band/. Sieć ta dołączona jest do systemu w/g MAP też za pośrednictwem urządzenia typu Gateway. Zaśladniczym elementem zdecentralizowanego sterownika procesu jest moduł zarządzający pracą wszystkich urządzeń dołączonych do magistrali miejscowej wyposażony w bezpośrednie wyjście do sieci lokalnej /np. PROWAY/. Urządzenia pracujące w magistrali miejscowej to bierne sterowniki procesu realizujące jedną do dwóch pętli regulacji, bierne sterowniki programowalne /5 do 10 kroków/, urządzenia wejść/wyjść analogowych i cyfrowych, sprzężone z czujnikami przetworniki różnych wielkości mierzonych /ciśnienia, temperatury, przepływu itp./ i elementy wykonawcze.

3. Koncepcja magistrali miejscowej

Przewidywana do realizacji w Polsce koncepcja magistrali miejscowej jest oparta o dotychczasowe ustalenia podkomitetu 65C IEC. Są one zawarte w dwóch dokumentach: IEC 65C Germany, April 1985, Proposal of The German National Committee for elaborating a field bus standard for industrial process measurement and control i IEC 65C Sec.59, July 1986, Field Bus standard for use in industrial control systems: Functional requirements. Dalsze punkty tego rozdziału są opracowane na podstawie powyższych dwóch dokumentów i są z nimi zgodne.

3.1. Przeznaczenie

Zadaniem magistrali miejscowej jest połączenie z systemem automatyki przemysłowej inteligentnych urządzeń strefy obiektowej:

- czujników i przetworników pomiarowych np. ciśnienia przepływu, temperatury i położenia,
- wskaźników stanu obiektu generowanych z czujników typu zał/wył i czujników krańcowych,
- binarnych słów informacyjnych z liczników i sumatorów,
- silników skokowych i nastawników zaworów elementów wykonawczych,

- inteligentnych urządzeń lokalnych takich jak sterowniki silników i przepływomierza.

Przewidywane jest wykorzystanie magistrali miejscowej w prostych robotach, sterowaniu wizyjnym i w wielokanałowych przyrządach, takich jak np. chromatografy.

Urządzenia pracujące w magistrali miejscowej znajdują się na poziomie 0 i 1 hierarchicznego systemu automatyki. Są to zwykle urządzenia dość tanie otrzymujące i nadające stosunkowo ograniczone ilości informacji. Zakłada się, że urządzenia te nie zawsze zawierają lokalne zasilacze i w związku z tym przewidywane jest opcjonalne ich zasilanie obwodami linii sygnałowych.

3.2. Ogólne wymagania dotyczące magistrali miejscowej

Magistrala miejscowa będzie szeregowym standardem komunikacyjnym, który zastąpi dotychczasową wymianę informacji sygnałem prądowym 4-20 mA i dwustanowymi sygnałami 24V. Pozwoli to na zwiększenie pojemności informacyjnej sygnałów oraz ich dwukierunkową wymianę między inteligentnymi urządzeniami strefy obiektowej, a wyższym poziomem sterowania systemem automatyki oraz na wprowadzenie środków eliminujących błędy przekazu. Jedna magistrala miejscowa pozwoli na wielopunktowe powiązanie dużej liczby adresowanych urządzeń strefy obiektowej.

Wprowadzenie magistrali miejscowej do systemu automatyki doprowadzi więc do:

- zwiększenia ilości przekazywanej informacji i ograniczenia błędów przekazu,
- ułatwienia wprowadzenia redundancji w systemie,
- uzyskania oszczędności w okablowaniu i zmniejszenia kosztu instalacji,
- ułatwienia dołączania lub usuwania urządzenia strefy obiektowej z systemem,
- zmniejszenia liczby przewodów doprowadzonych do ruchomych urządzeń wykonawczych,
- zredukowania liczby skrzynek połączeniowych.

Długość magistrali i częstość przekazywania informacji

Długość magistrali będzie tu rozumiana jako suma długości wszystkich jej odgałęzień, a częstość przekazu informacji jest funkcją sumy przekazów otrzymywanych i wysyłanych przez wszystkie urządzenia pracujące w magistrali.

Zakłada się, że typowa długość magistrali miejscowej wyniesie 350m, przy minimalnej częstości przekazu 150 informacji/s dla sterowania procesem a maksymalnej - 10.000 informacji/s dla automatyzacji procesu wytwarzania /ang.Manufacturing Automation/.

Dla innych zastosowań takich jak np. roboty przewiduje się stosowanie krótkiej magistrali do 40m przy zakładanej minimalnej częstości przekazu 5000 informacji/s.

Szybkość obiegu i czas dostępu

Magistrala miejscowa w pełnej konfiguracji będzie spełniać wymagania zastosowań gdzie maksymalny czas opóźnienia między przypadkowym /dowolnym/ żądaniem przekazu informacji ze źródłowego urządzenia, a jej otrzymaniem przez inne dowolne urządzenie wyniesie:

- 5 ms /dla automatyzacji procesu wytwarzania
- 20 ms /dla sterowania procesem/

Magistrala miejscowa będzie umożliwiała przekaz informacji między ogniwami systemu lub stacjami bez potrzeby retransmisji.

Stacje magistrali miejscowej

Do jednej magistrali miejscowej będzie dołączonych nie więcej niż 30 stacji. Maksymalna zaś liczba elementów obiektowych /elementem obiektowym w rozumieniu dokumentu [2] jest urządzenie fizyczne realizujące funkcje pomiaru lub sterowania, np. czujnik ciśnienia, ogranicznik, sterownik silnika, pozycjoner zaworu itp) pojedynczej stacji będzie ustalona przez wyższą warstwę protokołu. Jednakże liczba wszystkich elementów obiektowych dołączonych do jednej magistrali miejscowej nie powinna być większa niż 60.

Realizacja fizyczna magistrali

Brane są pod uwagę trzy możliwości fizycznej realizacji magistrali miejscowej:

- a/ jako pary skręcanych przewodów w obejmującym je ekranie
- b/ jako pary skręcanych przewodów z indywidualnymi ekranami /realizacja dla średnich szybkości transmisji/
- c/ w postaci kabla współosiowego.

Jako przyszły kierunek prac wg. IEC przewiduje się zastosowanie światłowodu.

Zasilanie i wymagania na izolację

Przewidywane jest opcjonalne zasilanie niektórych lub wszystkich zdecentralizowanych urządzeń przez te same układy co sygnały komunikacyjne. We wszystkich przypadkach sterowany element dołączony za pośrednictwem stacji jest galwanicznie odizolowany od magistrali.

Wymagany poziom wytrzymałości elektrycznej izolacji -500V.
Każda ze stacji może być zasilana z magistrali w celu:

- zapewnienia pracy części komunikacyjnej
- zapewnienia pracy elementów pomiarowych lub sterujących wewnątrz stacji.

Przewiduje się, że typowa moc czerpana przez stację z magistrali miejscowej wyniesie 50 mW.

Na magistrali będą również pracować stacje zasilane z innych własnych źródeł.

Adresacja

Przyjmuje się, że każdy element obiektowy magistrali miejscowej będzie miał własny adres.

Elementy obiektowe mogą być grupowane lub komutowane w jednej stacji. Stacja więc może zawierać pełną liczbę różnych adresowanych elementów obiektowych.

Magistrala zredundowana

Zakłada się, że standard będzie przewidywał, jako opcję zredundowaną strukturę magistrali.

Zwiększy to koszt magistrali z uwagi na konieczność prowadzenia drugiego kabla i zredundowania układów komunikacyjnych.

4. Magistrala miejscowa w świetle międzynarodowych prac normalizacyjnych

Zagadnienie normalizacji magistrali miejscowej znajduje się w obszarze zainteresowania podkomitetu 65C IEC i działającej w jego ramach grupy roboczej WG6. Dotychczas ukazał się dokument omawiający wymagania funkcjonalne narzucone magistrali miejscowej IEC 65C SEC 59, July 1986, Draft-Field Bus standard for use in industrial control systems: Functional requirements. W maju br. odbyło się kolejne posiedzenie grupy roboczej WG6 poświęcone tym zagadnieniom. Niestety do chwili obecnej nie dotarły do kraju dokumenty z tego posiedzenia.

Problematyka związana z wprowadzeniem i normalizacją magistrali miejscowej znalazła odbicie także w pracach innego podkomitetu IEC. Do grupy roboczej WG-9 podkomitetu 65B zajmującej się urządzeniami wykonawczymi wpłynął dokument ISA-SP 50-1987-17-E, Instrument Society of America Standards and Practices SO: Draft Functional requirements, May 1, 1987.

Tematyka ta leży również w sferze zainteresowań RWPG. Działająca w ramach Rady Głównych Konstruktorów SM EMC grupa robocza TGR-5 d/s urządzeń sprzężenia z obiektem rozważa, w ramach projektu urządzeń t.zw. 4-tej kolejności, wprowadzenie konstrukcji zdecentralizowanych urządzeń sprzężenia z obiektem w oparciu o idee magistrali BITBUS.

5. Proponowany sposób realizacji urządzeń magistrali miejscowej

Proponowany w opracowaniu sposób realizacji urządzeń magistrali miejscowej bierze pod uwagę aktualny stan normalizacyjny, istniejące rozwiązania czołowych firm światowych, przewidywane trendy rozwojowe w tej dziedzinie, a przede wszystkim dostępność bazy elementowej.

Podstawową częścią urządzeń sprzężonych z magistralą miejscową będzie mikrosterownik komunikacyjny. Zakłada się, że będzie on zrealizowany w oparciu o elementy rodziny procesorów 8051. Należy podkreślić, że dużo korzystniejsze byłoby zastosowanie elementu typu 8044 firmy INTEL. Jest on jednak aktualnie trudno dostępny, produkowany jedynie przez firmę INTEL podczas gdy elementy typu 8051 wytwarzane są przez kilkanaście firm /patrz p. 5.7/.

Charakterystyczną cechą elementu 8051 jest to, że jedna z bram może realizować transmisję szeregową asynchroniczną o szybkości 187,5k boba. Ta też szybkość jest zakładana w pierwszej, modelowej realizacji magistrali miejscowej.

Zastosowanie elementu rodziny 8051 jest również bardzo korzystne ze względu na zgodność funkcjonalną, programową i pełną odpowiedniość wyprowadzeń z mikrokontrolerem INTEL8044. Element ten w swojej wewnętrznej strukturze zawiera procesor typu 8051, dwudostępną pamięć RAM i sterownik komunikacji szeregowej /SIU/ realizujący, bez potrzeby użycia dodatkowych elementów, protokół SDLC.

11

Należy podkreślić, że SIU mikrokontrolera 8044 odciąża od zadań komunikacyjnych wewnętrzny procesor 8051.

Dzięki zastosowaniu elementu typu 8044 możliwe by było również znaczne zwiększenie szybkości transmisji /do max 2,4 M bodów dla transmisji asynchronicznej/.

Proponowany do realizacji protokół magistrali miejscowej /opisany w p.6/ oparty jest w głównej mierze o definicję protokołu standardu BITBUS.

Warstwy protokołu przesyłania wiadomości i protokołu zdalnego sterowania i dostępu są w pełni zgodne ze wspomnianym standardem. Różnice występują jedynie w warstwie najniższej, tzn. protokołu komunikacyjnego. Biorąc się one stąd, że do realizacji komunikacji w magistrali miejscowej wykorzystano procesor typu 8051 i w związku z tym zastosowano transmisję start-stopową /podstawową porcję informacji jest tu paczka jedenaśobitowa, a nie jak w standardzie BITBUS jeden bajt - patrz p. 6.1/.

5.1. Fizyczna realizacja magistrali

Przewiduje się maksymalnie prostą realizację magistrali

Typ linii - linia doziemnie symetryczna

Kabel - para skręconych przewodów w ekranie

Nominalna wartość impedancji charakterystycznej - 100om

Typ kabla - odpowiednik typu 24AWG, miedź /oznaczenie w/g RS422A/

Rezystancja kabla - max. 98 om/km

Długość magistrali - max. 350 m

Wymagana izolacja galwaniczna nadajników/ odbiorników linii od układów komunikacji i obwodów obiektowych - 500V

Standard elektryczny nadajników/odbior-
ników linii - RS-422A /RS-485/

Typ transmisji - asynchroniczna

Szybkość transmisji - 187,5 kbit/s

Maksymalny czas między dwoma kolejnymi
sprzężeniami z urządzeniem podporządkowanym
/w/g oszacowania Zał.1/ - od 7,2 do 43,4 ms /dla
30 urządzeń podporządkowanych

Przewiduje się sprzężenie urządzeń pracujących w magistrali miejscowej z tą magistralą za pomocą mikrosterownika komunikacyjnego oddzielonego galwanicznie za pomocą transoptorów od nadajników i odbiorników linii.

Na rysunku 2 przedstawiono sposób realizacji sprzężenia urządzeń z magistralą miejscową. Wprowadzenie oddzielenia galwanicznego umożliwi całkowitą, wzajemną separację urządzeń i zwiększy odporność linii transmisyjnej na zakłócenia elektromagnetyczne.

5.2. Urządzenie sterujące magistralą miejscową /master/

Przeznaczenie

Zadaniem urządzenia będzie sprzężenie modułów magistrali miejscowej z siecią lokalną PROWAY. W proponowanym rozwiązaniu nie przewiduje się bezpośredniego sprzężenia urządzenia z siecią lokalną jak to przedstawiono w p.2. Zakłada się wykonanie urządzenia sterującego magistralą miejscową jako pakietu systemu INTEL DIGIT-PROWAY, pracującego w kasecie systemowej. Jego sprzężenie z magistralą PROWAY zapewnią pakiety kontrolera komunikacyjnego /MK40/ i sterownika linii /MK30/.

Przyjmuje się, że urządzenie sterujące magistralą miejscową powinno zapewnić zarządzanie do 30 dołączonych do niej urządzeń podporządkowanych.

Struktura - rys.3

W urządzeniu sterującym magistralą miejscową można wyróżnić następujące bloki funkcjonalne:

- blok sprzężenia z magistralą kasety systemu INTEL DIGIT-PROWAY,
- mikrokomputer wewnętrzny
- układ sprzężenia mikrokomputera wewnętrznego z mikrosterownikiem komunikacyjnym,
- mikrosterownik komunikacyjny,
- obwody liniowe /nadajniki i odbiorniki linii wraz z elementami optoizolacyjnymi/.

Obwody liniowe

Zgodnie z przyjętą w p.5.1 fizyczną realizacją magistrali miejscowej obwody liniowe będą zbudowane w oparciu o różnicowe nadajniki i odbiorniki linii spełniające wymagania standardu RS 422A, ewentualnie RS 485. Wybór konkretnych ich typów będzie uzależniony od ich dostępności na rynku.

O ile to będzie możliwe zastosowane zostaną elementy typu SN 75176B, SN 75177B, SN 75178B lub SN 75179B spełniające wymagania obu wymienionych wyżej standardów. Należy dodać, że układy scalone do standardu RS 422A są proponowane przez ZSRR do stosowania w realizacjach styku S2 w nowo powstających urządzeniach SM EMC.

Układy izolacji galwanicznej sprzężenia z magistralą

Układy izolacji galwanicznej sprzężenia z magistralą powinny spełniać wysokie wymagania dot. charakterystyki czasowych. Zakłada się, że zastosowanie transoptorów o czasie narastania, opadania sygnału transmitowanego to, $t_n \leq 2 \mu s$ /przy szybkości transmisji rzędu 200 kbodów/. Parametry te mogą być spełnione przez niektóre dostępne w kraju transoptory, pod warunkiem jednak przeprowadzenia selekcji i dobudowania specjalnych układów. W przypadku podwyższenia szybkości transmisji konieczne będzie zastosowanie specjalnych importowanych transoptorów np. typu 6N137 firmy General Instruments.

Mikrosterownik komunikacyjny i układ jego sprzężenia z mikrokomputerem wewnętrznym

Jak już wspomniano wyżej mikrosterownik komunikacyjny zostanie zbudowany w oparciu o element rodziny 8051. Zakłada się zastosowanie elementu typu 80C31 t.zn. elementu bez wewnętrznej pamięci ROM czy też EPROM ze względu na dostępność, cenę i trudności z programowaniem. Ze wstępnych oszacowań wynika, że mikrosterownik komunikacyjny będzie współpracował z pamięcią RAM o pojemności 2 kbajtów i 2-kbajtową pamięcią typu EPROM.

Ze względu na to, że element 80C31 nie ma wyprowadzenia sygnału gotowości /READY/ nie jest możliwe wprowadzenie go w stan WAIT. Element ten nie jest również wyposażony w sygnały HOLD, HLDA. W związku z tym proponuje się realizację jego współpracy z mikrokomputerem wewnętrznym w oparciu o pamięć dwudostępną. Bezkolizyjna współpraca mikrokomputera wewnętrznego z mikrosterownikiem komunikacyjnym za pośrednictwem tej pamięci realizowana będzie metodą programową.

Mikrokomputer wewnętrzny

Proponuje się aby jako jednostkę centralną mikrokomputera wewnętrznego zastosować element typu Z80. Wybór tego elementu jest uzasadniony szerokim jego stosowaniem w pakietach inteligentnych systemu INTEL DIGIT-PROWAY.

Jego dość bogata lista rozkazowa, jednonapięciowe zasilanie i dostępność odpowiednika produkcji NRD predestynuje go do tego zastosowania. Alternatywą dla niego byłoby zastosowanie elementu typu INTEL 8088, niestety aktualnie niedostępnego w krajach RWPG. Ostateczny wybór typu elementu zostanie dokonany w etapie konstrukcji modelu.

Mikrokomputer wewnętrzny powinien zawierać pamięć programu /proponuje się tu wykorzystanie elementów typu 2732/, pamięć danych RAM /elementy typu 6116, 6264/, układ timera i układ przerwanioowy /sygnał przerwania wyprowadzany na magistralę kasety na jeden z poziomów INTO-INT7 wybierane krosem i przerwanie mikrokomputera wewnętrznego uruchamiane programowo przez jednostkę centralną systemu INTELDIGIT-PROWAY/.

Zakłada się wstępnie następujące pojemności pamięci mikrokomputera wewnętrznego:

- pamięć RAM 8 kbajtów
- pamięć EPROM 8 kbajtów.

Blok sprzężenia z magistralą kasety systemu INTELDIGIT-PROWAY

Proponuje się zastosować w bloku sprzężenia z magistralą INTELDIGIT-PROWAY dwudostępną pamięć RAM. Organizacja zasad współpracy magistrali systemu INTELDIGIT-PROWAY z pamięcią dwudostępną USMM i jego mikrokomputerem wewnętrznym będzie oparta o wykorzystanie sygnałów HOLD, HLDA procesora. Alternatywą dla tego rozwiązania byłaby realizacja sprzężenia na zasadzie aktywnego dostępu do magistrali kasety systemu INTELDIGIT-PROWAY. Ostateczny sposób rozwiązania tego sprzężenia będzie przedmiotem dalszych analiz i zostanie rozstrzygnięty w trakcie konstrukcji modelu.

5.3. Urządzenie podporządkowane /slave/

Urządzenie podporządkowane magistrali miejscowej jest to urządzenie obiektowe wyposażone w układy sprzężenia z magistralą. Podobnie jak urządzenie sterujące /master/ zawiera ono obwody liniowe wraz z elementami optoelektronicznymi i mikrosterownik komunikacyjny.

Zasadniczą częścią urządzenia podporządkowanego jest odseparowany galwanicznie od mikrosterownika komunikacyjnego blok sprzężenia z obiektem.

Zakłada się, że mikrosterownik komunikacyjny urządzenia podporządkowanego będzie zasilany z wewnętrznej przetwornicy dc/dc urządzenia. Przetwornice, których zastosowanie będzie rozważone, zostały opracowane przez OBREUS TORUN, ZD EMP GLIWICE i MERA-ZAP Ostrów Wlkp. Wybór typu przetwornicy zostanie poprzedzony ich badaniami.

Przyjmuje się, że w urządzeniu podporządkowanym procesor mikrosterownika komunikacyjnego oprócz zadań komunikacji realizować będzie zadania przetwarzania informacji obiektowych. W przypadkach gdy jego moc obliczeniowa będzie niewystarczająca zakłada się sprzężenie elementu 8031 z drugą jednostką tego typu przez pamięć dwudostępną lub też z innym typem procesora np. Z80 lub 8088. Sposób realizacji i rozwiązania sprzężenia mikrosterownika komunikacyjnego z procesorem przetwarzającym zostanie określony i przebadany w przypadku zaistnienia takich potrzeb. Będzie to inna realizacja urządzenia podporządkowanego.

Wielkość pamięci RAM i EPROM, w którą powinien być wyposażony mikrokontroler komunikacyjny zostanie określona w trakcie realizacji etapu badań modelu. Wstępnie zakłada się, że pojemność pamięci RAM nie przekroczy 4 kbajtów, a pamięci EPROM 8 kbajtów.

Zakłada się, że realizowane w pierwszej kolejności części obiektowa modelowych urządzeń podporządkowanych będzie obsługiwać sygnały dwustanowe. Wybór tego rodzaju części obiektowej wynika z potrzeb. Istnieje również szeroka możliwość późniejszego zastosowania takich modułów np. w konstrukcji zdecentralizowanych sterowników.

Zakłada się, że część obiektowa obsługująca sygnały dwustanowe będzie spełniała następujące ~~parametry~~ wymagania:

liczba wejść dwustanowych - 8

liczba wyjść dwustanowych - 8

napięcie zasilania obwodów obiektowych - 24V DC

Podstawowe parametry wejścia obiektowego:

prąd wejściowy dla stanu aktywnego wejścia - 20mA

prąd wejściowy dla stanu pasywnego wejścia - 5mA

wspólny biegun obwodu zasilania wejść - ujemny.

Podstawowe parametry wyjścia obiektowego

napięcie zasilania - 24V

maksymalny prąd obciążenia - 0,5A

wspólny biegun obwodu wyjściowego - ujemny.

5.4. Wymagania konstrukcyjne

5.4.1. Urządzenie sterujące magistralą

Urządzenie sterujące magistralą miejscową wykonane będzie jako typowy pakiet systemu INTEL DIGIT-PROWAY na płycie drukowanej o wymiarach 220 x 233,4 mm z dwoma złączami magistralnymi /AiB/ typu 811096 i jednym złączem obiektowym o 9 stykach typu 881009 mocowanym do przedniej części płyty drukowanej pakietu.

Złącze to będzie przeznaczone do połączeń linii magistrali miejscowej. Rozmieszczenie sygnałów złącza (zawarte w tabeli 1) jest oparte o rozwiązania zaproponowane w systemie BITBUS.

Tabela 1

Lp.	Nazwa sygnału	Nr pinu
1	ZAS/+5V/	1
2	GND	2
3	DATA */	3
4		4
5	RGND /100 Ω do GND/	5
6	ZAS/+5V/	6
7		7
8	DATA	8
9		9

5.4.2. Urządzenia podporządkowane

- a/ Przewiduje się, że urządzenia takie jak przetworniki ciśnienia, temperatury, przepływu, elementy wykonawcze sterowniki silników itp. będą wyposażone w układy realizujące sprzężenie z magistralą miejscową wmontowywane do wnętrza ich konstrukcji.
- b/ Zakłada się, że urządzenia podporządkowane rodzaju wejść/wyjść dwustanowych i analogowych realizowane będą w postaci dwupłytkowych modułów. Proponuje się przyjęcie płyty o wymiarze pojedynczej EUROCARD podobnie jak w standardzie BITBUS. Moduły powinny mieć możliwość instalacji w kasetach, szafkach sterowniczych i skrzynkach zaciskowych. Sposób konstrukcji obudowy i listw zaciskowych dla sygnałów obiektowych proponuje się rozwiązać tak dla sterownika PR-02/SV

c/ Dla urządzeń podporządkowanych omówionych wyżej w p.b. proponuje się, aby jedna płyta modułu zawierała:

- obwody liniowe,
- mikrosterownik komunikacyjny,
- przetwornicę dc/dc

na drugiej płycie umieszczone byłyby zaś układy sprzężenia z obiektem.

d/ W dalszym etapie prac zakładać należy hybrydyzację układów sprzężenia z magistralą miejscową.

5.4. Zasilanie

Ze względu na oddzielenie galwaniczne mikrosterownika komunikacyjnego od obwodów liniowych i układów obiektowych urządzenia magistrali miejscowej /podporządkowana/ będą zasilane z trzech niezależnych, odizolowanych galwanicznie od siebie zasilających:

- zasilania obwodów liniowych
- zasilania mikrosterownika komunikacyjnego,
- zasilania układów obiektowych.

Zasilacz obwodów liniowych będzie zasilał obwody liniowe wszystkich urządzeń podporządkowanych magistrali miejscowej. Zostanie on zamontowany w zestawie systemu INTEL DIGIT-PROWAY.

Zakłada się, że mikrosterownik komunikacyjny każdego z urządzeń podporządkowanych będzie zasilany z indywidualnej przetwornicy dc/dc, a układy obiektowe - z lokalnych zasilaczy obiektowych lub standardowych napięć dostępnych na obiekcie.

Ze względu na zakłócenia przemysłowe konieczne jest zasilanie scalonych układów cyfrowych poprzez filtry indukcyjne poza standardowo instalowanymi kondensatorami odsprężającymi.

5.6. Wymagania środowiskowe

Wymagania te zostały opracowane wg. aktualnie obowiązujących w kraju norm. W związku z ich przewidywaną nowelizacją, w zał.1 zamieszczono wymagania środowiskowe wymieniane w dokumentach IEC, będących jednak w fazie uzgadniania, a więc też mogących ulec zmianie.

5.6.1. Urządzenia magistrali miejscowej powinny być odporne i wytrzymałe na następujące warunki użytkowania:

5.6.1.1. Temperatura i wilgotność

Lokalizacja B3 wg. tablicy 3 z PN-80/M-32020

Temperatura 5 - 40°C

Wilgotność 5 - 95%

Maksymalna zawartość pary wodnej na 1kg powietrza - 0,028 kg

5.6.1.2. Ciśnienie

Lokalizacja P2 wg. tablicy 4 z PN-80/M-42020

odporność na ciśnienie 66 - 106 kPa

5.6.1.3. Wibracje sinusoidalne

odporność na wibracje sinusoidalne odwzorowane wibracjami próby Fc

Arkusz 06 - lokalizacja N2 wg. tablicy 6 z PN-80/M-42020

- częstotliwość poniżej 55Hz

- amplituda przemieszczenia 0,35 mm

5.6.1.4. Uderzenia mechaniczne

- brak uderzeń mechanicznych.

5.6.1.5. Natężenie zewnętrznych pól magnetycznych

- do 400 A/m.

5.6.1.6. Zmiany parametrów zasilania

- przy zasilaniu 24V tolerancja napięcia -15 - +10%

- przy zasilaniu 220V tolerancja napięcia -15 - +10%
tolerancja częstotliwości 50Hz ±2%.

5.6.1.7. Pozostałe czynniki środowiskowe

Skład atmosfery - bez agresywnych par i gazów, cieczy i pyłów /przewodzących i nieprzewodzących/.

Brak pleśni i bezpośredniego nasłonecznienia.

5.6.1.8. Poziom zakłóceń elektromagnetycznych

Wysoki poziom zakłóceń elektromagnetycznych środowiska wg. PN-86/E-06600.

5.6.1.9. Stopień ochrony obudowy mechanicznej

IP30 /postuluje się IP50 ochrona przed pyłem/.

5.6.2. Urządzenia magistrali miejscowej powinny być wytrzymałe na warunki przechowywania i transportu.

5.6.2.1. Temperatura i wilgotność

Lokalizacja C1 wg. tablicy 4 z PN-89/M-42020

temperatura -25 - 55°C

wilgotność 5 - 100% z kondensacją parą

zawartość pary do 0,028 kg

wodnej w kg. suchego

powietrza. /

5.6.2.2. Wibracje sinusoidalne

Lokalizacja Nr 2 wg. tablicy 6 z PN-80/M-42020.

5.6.3. Urazy mechaniczne

odwzorowane udarami wielokrotnymi próby Eb działającymi kolejno wzdłuż trzech prostopadłych osi opakowania przy parametrach

- przyspieszenie szczytowe udaru 9m/s

- czas trwania udaru 16 ms

- liczba uderzeń dla jednego kierunku 1000 Fb.

5.6.3. Wymagania kompatybilności elektromagnetycznej.

5.6.3.1. Poziom zakłóceń radioelektrycznych przewodzonych do obwodów zasilania wg. PN-69/E-02031 dla grupy 9 urządzeń. Poziom N.

5.6.3.2. Urządzenia magistrali miejscowej /podporządkowane/ powinny być wykonane w klasie W2 o podwyższonej odporności na zakłócenia elektromagnetyczne środowiska - tabela 1 z PN-86/E-06600.

5.6.3.3. Odporność i wytrzymałość urządzeń magistrali miejscowej /podporządkowanych/ na zakłócenia wg. tabeli 5 z PN-86/E-06600 /patrz tabela 2/.

Tabela 2

Lp.	Wymaganie i umowny sygnał zakłócający	Dla obwodu zasilania uziemienia		Dla obwodu interfejsowego		Wykonanie urządzenia
		poziom	metoda symulacji	poziom	metoda symulacji	
1	2	3	4	5	6	7
1	Odporność na zakłócenia					
	a/ impulsowe nanosekundowe 5/50ns	2kV	SN10	1kV	SE10	
	b/ impulsowe dużej energii 1.2/50ns - energia impulsu do 4J	2kV	SN30 SS30	1kV	SM30	
	c/ ciągle sinusoidalne w zakresie częstotliwości od 30Hz do 16Hz w tym - o częstotliwości sieci	-	-	20A lub 250V	SM30	W2
d/ dynamiczne zmiany napięcia zasilania w tym na - zanik napięcia	Un/0- 20ms 0,850 /0-10ms	SS70	-	-		
2	Wytrzymałość na					
	a/ wielokrotne włączanie i wyłączenie	X	X	-	-	
	b/ dynamiczne zmiany napięcia zasilania - zanik napięcia	X	SS70	-	-	W2

5.6.3.4. Wymagania dotyczące odporności linii transmisyjnej na zakłócenia elektryczne statyczne oraz pola elektromagnetyczne i impulsowe wysokiej częstotliwości zostaną określone po badaniach.

5.7. Baza elementowa

5.7.1. Procesory

Zasadniczym elementem realizującym sprzężenie z magistralą miejscową jest mikrokomputer jednoukładowy rodziny MCS 51 firmy INTEL. Elementy tego typu są obecnie wytwarzane przez szereg firm takich jak Advanced Micro Devices, Harris, Mitsubishi, Siemens, Signetic Mulard czy Phillips. Należy podkreślić, że produkcję funkcjonalnych odpowiedników tego procesora podjęto w NRD /UB 8821M/, planowane jest też jej rozpoczęcie w ZSRR i CSRS.

Innymi typami procesorów, których użycie jest zakładane w urządzeniu sterującym pracą magistrali miejscowej są elementy typu Z80 i INTEL 8088. Pierwszy z nich produkowany jest już od szeregu lat w NRD /U880/ i to zarówno w wersji 2,5 MHz jak i 4 MHz.

Niestety element 8088 nie jest jeszcze dostępny w krajach RWPG.

5.7.2. Pamięć

Zakłada się wykorzystanie elementów pamięci spełniających standard wyprowadzeń IEDEC. Zabezpieczy to wymiennosc układów RAM i PROM użyteczną przy uruchamianiu oprogramowania.

Układy pamięci RAM spełniające te wymagania to elementy typu 6116 /2kB/ i 6264 /8kB/ produkowane między innymi przez firmę Hitachi, oraz wytwarzana w NRD pamięć o pojemności 2kB typu U 6516DG. Z pamięci EPROM wymagania IEDEC spełniają elementy typu 2716 /2kB/, 2732 /4kB/, 2764 /8kB/ i 27128 /16kB/. Są one produkowane przez firmę INTEL i wiele [firm] [innych] zachodnich oraz w ZSRR /KS73P02 - 2kB, K573P042 - 4 kB i w NRD /U2716C - 2kB i U 2732C - 4kB/.

5.7.3. Elementy optoelektroniczne

Transoptory wykorzystywane w układach izolacji galwanicznej sprzężenia z magistralą miejscową powinny spełniać wysokie wymagania dot. charakterystyk czasowych. Przy zakładanej szybkości transmisji 187,5 kboda czasy narastania i opadania sygnałów wyjściowych transoptora powinny być nie większe niż 2 μ s. Wymagania te mogą spełniać dostępne w kraju transoptory pod warunkiem przeprowadzenia ich selekcji.

5.7.4. Nadajniki i odbiorniki linii

W tabeli zestawiono typy odbiorników i nadajników spełniających wymagania RS 422A.

Lp	Typ Nadajnika	Typ odbiornika	Producent
1	26LS30	26LS32	Advanced Micro Devices
2	26LS32		
3	SN75158	SN75157	Texas Instruments
4	SNT5199		
5	9634	9637	
6	9638	9639	
7	3487	3486	
8	3688	3689	
9	3691	3690	
10	SN75176B		
11	SN75177B		
12	SN75178B		
13	SN7179B		

Należy podkreślić, że elementy SN75176B, 177B, 178B, 179 spełniają zarówno wymagania standardu RS 422A jak i RS 485.

5.7.5. Dodatkowe wymagania dotyczące bazy elementowej

Zakłada się, że w urządzeniu sterującym magistralą, zrealizowanym wg. wymagań systemu INTEL DIGIT-PROWAY, zostanie wykorzystana typowa baza elementowa używana w pakietach tego systemu.

Urządzenia podporządkowane magistrali miejscowej powinny być budowane w oparciu o bazę elementową CMOS, ze względu na zmniejszenie mocy układów je zasilających oraz zwiększenie odporności na zakłócenia.

6. Protokoły magistrali miejscowej

6.1. Uwagi wprowadzające

Protokół magistrali miejscowej ma strukturę hierarchiczną. Z punktu widzenia oprogramowania można wyróżnić trzy jego warstwy. Są nimi kolejno protokół komunikacyjny, protokół przesyłania wiadomości oraz protokół zdalnego sterowania i dostępu. Warstwę najniższą stanowi protokół komunikacyjny. Jego zadaniem jest uporządkowanie wymiany komunikatów między urządzeniem sterującym /magistralą miejscową/ a urządzeniami podporządkowanymi. Protokół przesyłania wiadomości jest realizowany przy pomocy specjalnych ramek protokołu komunikacyjnego, a mianowicie omówionych dalej ramek informacyjnych. Z kolei protokół zdalnego sterowania i dostępu wykorzystuje pewne specyficzne właściwości protokołu przesyłania wiadomości. Ich opis znajduje się w dalszej części tego rozdziału. Obecnie zajmiemy się jedynie uwagami o charakterze wprowadzającym, które jednak silnie rzutują na treść następujących punktów.

Realizacją protokołu komunikacyjnego jest obciążony procesor komunikacyjny 8051. Oferuje on cztery tryby transmisji. Kierując się między innymi chęcią możliwie największego uproszczenia osprzętu, płytek wybrano tryb 2. Krótko mówiąc polega on na pracy w reżimie start-stopowym. W związku z tym każdy przesyłany bajt danych jest poprzedzany bitem startowym /o wartości 0/, a kończony bitem specjalnego przeznaczenia oraz bitem stopu /o wartości 1/. Dane są transmitowane począwszy od najmniej znaczącego bitu. Bit startowy jest potrzebny dla zsynchronizowania odbiornika z nadajnikiem. Bit specjalnego przeznaczenia służy do sterowania odbiornikiem. Zazwyczaj jest on wyzerowany. Wartość jeden przyjmuje on jedynie w omówionym niżej polu adresowym ramki skierowanej od urządzenia sterującego magistrali miejscowej do urządzenia podporządkowanego

Bit stopu daje opóźnienie potrzebne dla przygotowania odbiornika do ewentualnego odczytania kolejnej jedenastobitowej paczki. Podstawowa zasada działania protokołu komunikacyjnego głosi, że urządzenie podporządkowane samo nigdy nie inicjuje wymiany komunikatów. Zaczyna ono dopiero transmisję w odpowiedzi na komunikat pochodzący z urządzenia sterującego magistrali miejscowej. W związku z tym opis współdziałania obu urządzeń w trakcie wymiany komunikatów wchodzących w skład protokołu komunikacyjnego wygodnie jest rozpocząć od sytuacji, w której urządzenia podporządkowane wykonują zlecone im uprzednio zadania, bądź też nie wykonują żadnych zadań, a także znajdują się w stanie uniemożliwiającym im odczytanie dowolnej jedenastobitowej paczki z wyzerowanym bitem specjalnego przeznaczenia. Ponadto założymy, że urządzenie nadrzędne ma przygotowany komunikat do wysłania. Ma on postać standaryzowanej ramki. Jej format przedstawiono na /rys. 6.1.1.

Pole adresowe ramki składa się z bitu startowego, bajtu adresowego, bitu specjalnego przeznaczenia oraz bitu stopu. Bajt adresowy zawiera adres urządzenia podporządkowanego, do którego skierowany jest komunikat /dokładniejsze dane nt. bajtu adresowego przedstawiono w p. 6.2.1/. Bit specjalnego przeznaczenia ma tu wartość 1. Implikuje to podjęcie specyficznej akcji w każdym z urządzeń podporządkowanych. Składa się na nią przerwanie dotychczasowej pracy wykonywanej przez procesor komunikacyjny urządzenia podporządkowanego i sprawdzenie bajtu adresowego. Jeśli jest on zgodny z fizycznym adresem urządzenia podporządkowanego, to przygotowuje się ono do odebrania pól oznaczonych skrótno na rys. 6.1.1 jako reszta ramki. Polega to między innymi na przejściu urządzenia podporządkowanego w stan, w którym jego procesor komunikacyjny może odbierać jedenastobitowe paczki z wyzerowanym bitem specjalnego przeznaczenia. W przeciwnym zaś przypadku /tzn. gdy bajt adresowy różni się od adresu fizycznego/ urządzenie podporządkowane powraca do swego poprzedniego stanu. Pomija w nim wszystkie jedenastobitowe paczki z wyzerowanym bitem specjalnego przeznaczenia.

Pole opóźniające ramki składa się z samych zer oraz bitów stopu. W związku z tym urządzenia podporządkowane nie stwierdzają w nim pola adresowego /bo bit specjalnego przeznaczenia jest wyzerowany/, a więc ich normalna praca nie jest powtórnie

Jedynie urządzenie podporządkowane chwilowo przystosowane do odbioru jedenastobitowych paczek z wyzerowanym bitem specjalnego przeznaczenia także nie reaguje na pole opóźniające ramki. Wynika to z treści p. 6.2.1 i 6.2.2. Jedynym zadaniem realizowanym przez pole opóźniające ramki jest umożliwienie przygotowania się dopiero co wspomnianego, wybranego uprzednio urządzenia podporządkowanego ^{do} właściwego przyjęcia reszty ramki. zaś długość tego pola /liczona w paczkach jedenastobitowych/ zależy od konkretnej implementacji.

W rezultacie wybrane urządzenie podporządkowane przygotowane jest do odbierania jedenastobitowych paczek z wyzerowanym bitem specjalnego przeznaczenia. Stanowią one właśnie zawartość reszty ramki.

Po zakończeniu nadawania urządzenie sterujące magistrali miejscowej przechodzi w stan analogiczny do stanu urządzenia podporządkowanego po odebraniu właściwego dla niego pola adresowego ramki. Innymi słowy przygotowane jest do otrzymania jedenastobitowych paczek z wyzerowanym bitem specjalnego przeznaczenia. Z takich też właśnie elementów składa się cała ramka, w której przekazywana jest odpowiedź urządzenia podporządkowanego, łączenie z polem adresowym. Rozwiązanie to umożliwia uniknięcie powtórnego przerywania pracy ^{serw} procesów komunikacyjnych pozostałych urządzeń podporządkowanych.

Dalsze szczegóły dotyczące zawartości poszczególnych pól ramki zostaną omówione w kolejnych punktach bieżącego rozdziału. Dla krótkości jednak pomijać się w nich będzie wyżej przedstawione informacje dotyczące bitów startowego, stopu oraz bitu specjalnego przeznaczenia, koncentrując się jedynie na bajtach danych.

6.2. Protokół komunikacyjny magistrali miejscowej

Niektóre ogólne aspekty protokołu komunikacyjnego magistrali miejscowej omówiono już w p.6.1. Teraz zostanie opisany pełny format ramki, a następnie bajty danych poszczególnych jej pól.

6.2.1. Format ramki

Ramka zawiera trzy do pięciu pól. Przedstawiono ją schematycznie na rys. 6.2.1. Pole informacyjne występuje tylko w pewnych sytuacjach i o jego obecności bądź nieobecności decyduje zawartość pola sterującego. Pole opóźniające jest zwykle konieczne w przypadku transmisji od urządzenia sterującego magistrali miejscowej do urządzenia podporządkowanego. Zawartość tego pola oraz rola spełniana przez nie zostały omówione w p.6.1. Pole opóźniające może jednak nie występować w niektórych implementacjach, szczególnie w ramach kierowanych od urządzenia podporządkowanego do urządzenia sterującego magistrali miejscowej.

Pozostałe pola muszą się znajdować w każdej przesyłanej ramce. Zawartość bajtów danych poszczególnych pól oraz ich znaczenie są opisane poniżej:

pole adresowe ramki - zawiera 1 bajt, który przybiera wartość od 01H do OFFH /wartość 00H jest zastrzeżona/. Jeśli ramka jest przekazywana od urządzenia sterującego magistrali miejscowej do urządzenia podporządkowanego, to w omawianym polu przenoszony jest adres odbiornika. W przypadku transmisji w przeciwnym kierunku pole zawiera adres nadajnika;

pole sterujące ramki - zawiera 1 bajt z kodem operacji, której dotyczy dana ramka oraz ewentualne dodatkowe parametry. Kod operacji jest zawsze różny od 00H /por. p.6.2.2/, co zawsze pozwala na odróżnienie pola opóźniającego od pola sterującego. Kod operacji decyduje o tym, czy w ramce występuje pole informacyjne, czy też nie ma go. Bliższe informacje na temat pola sterującego ramki znajdują się w p. 6.2.2;

pole informacyjne ramki - zawiera od 0 /brak/ do 255 paczek jedenastobitowych. Występuje jedynie w ramach informacyjnych, tzn. takich, których zerowy i czwarty bit bajtu danych pola sterującego równają się, odpowiednio, 0 i 1 /por. p. 6.2.2/;

pole zabezpieczające ramki - zawiera dwa bajty danych, w których znajduje się kod kontrolny liczony według wzoru $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ /standard CRC-CCITT/.

6.2.2. Pole sterujące ramki

W protokole komunikacyjnym specyfikuje się trzy rodzaje ramek /podobnie zresztą jak i komunikatów/: synchronizacyjną, służbowe i informacyjne. W zależności od nich pozostaje zawartość bajtu danych pola sterującego ramki. W przypadku ramki synchronizacyjnej spotykamy się z czterema kodami operacji umieszczonymi w bajcie danych pola sterującego. Są to 93H - SNRM, 53H - DISC, 73H - UA oraz 97H - REJ. Pokazano je na rys.6.2.2. Kody SNRM i DISC są używane przy przesyłaniu od urządzenia sterującego magistrali miejscowej do urządzenia podporządkowanego, dwa zaś pozostałe wykorzystuje się podczas transmisji w przeciwnym kierunku.

REJ /ang. frame REJect/ - stosuje się w przypadku stwierdzenia nieprawidłowości w bajcie danych pola sterującego ramki, której inne elementy składowe są jednak poprawne. W szczególności dotyczy to odebrania ramki synchronizacyjnej przez urządzenie podporządkowane będące w stanie aktywnym /tzn. przygotowane do współpracy z urządzeniem sterującym magistrali miejscowej/ oraz ramki służbowej bądź informacyjnej przez urządzenie podporządkowane znajdujące się w stanie nieczynnym /tj. nie przygotowane do odbierania ramek służbowych oraz informacyjnych/. Ponadto kod REJ wysyła się do urządzenia sterującego magistrali miejscowej po wykryciu niezdefiniowanej zawartości bajtu danych pola sterującego dopiero co otrzymanej ramki ewentualnie po stwierdzeniu błędu stanu liczników N_s i N_r /por. ramki służbowe i informacyjne, dalej w tym punkcie/. Po odebraniu kodu REJ urządzenie sterujące przystępuje do akcji mającej na celu resynchronizację /patrz DISC, niżej/ z urządzeniem podporządkowanym transmitującym kod REJ.

DISC /ang. DISConnect/ - stosowany przez urządzenie sterujące dla rozpoczęcia procesu resynchronizacji, tzn. wymuszenia przejścia odpowiedniego urządzenia podporządkowanego do stanu nieczynnego w celu późniejszego spróbowania go ponownie do stanu aktywnego.

DISC wysyła się w odpowiedzi na REJ /patrz wyżej/, w przypadku włączenia urządzenia sterującego magistralą miejscową, bądź też po stwierdzeniu przez urządzenie sterujące nienaprawialnego błędu /tj. niezdefiniowanej zawartości bajtu danych pola sterującego lub błędu stanu liczników N_9 i Nr/.
Prawidłową odpowiedź urządzenia podporządkowanego na skierowane do niego DISC stanowi ramka synchronizacyjna z kodem UA.

SNRM /ang. Set Normal Response Mode/ - stosowany przez urządzenie sterujące magistrali miejscowej dla uzyskania synchronizacji z urządzeniem podporządkowanym. Jeśli to drugie znajduje się w stanie nieczynnym, to powinno przejść do stanu aktywnego i przesłać ramkę z kodem UA. Jeżeli zaś urządzenie podporządkowane jest aktywne, to SNRM traktuje się jako błąd i do urządzenia sterującego przekazuje się kod REJ.

UA /ang. Unnumbered Acknowledge/ - przekazywany jest przez nieczynne urządzenie podporządkowane dla potwierdzenia otrzymania prawidłowo zastosowanego DISC lub SNRM.
Ramki służbowe umożliwiają wplatanie dodatkowych komunikatów podczas przesyłania ciągu ramek informacyjnych między urządzeniem sterującym magistrali miejscowej a urządzeniem podporządkowanym. Pozwala to na kontrolowanie prawidłowości przebiegu wymiany ramek informacyjnych. Bajty danych pól sterujących ramek służbowych przedstawiono na rys. 6.2.3.
Istnieją dwa rodzaje ramek służbowych:

RR /ang.: Receiver Ready/ - w ten sposób urządzenie sterujące magistralą miejscową pyta się o ramkę informacyjną. W odpowiedzi urządzenie podporządkowane wysyła żadaną ramkę informacyjną /jeśli oczywiście ma ją już skompletowaną/, ramkę z kodem RR /jeżeli ramka informacyjna nie jest jeszcze skompletowana, ale urządzenie podporządkowane jest gotowe do przyjęcia następnej ramki informacyjnej/, bądź RNR /patrz niżej/;

- w ten sposób urządzenie podporządkowane potwierdza otrzymanie syntaktycznie poprawnej i bezbłędnej ramki informacyjnej albo też ramki służbowej w sytuacji, w której samo nie ma jeszcze skompletowanej ramki informacyjnej, a dysponuje wolnym buforem na przyjęcie kolejnej ramki informacyjnej.

RNR /ang.Receiver Not Ready/ - jest używany przez urządzenie podporządkowane dla potwierdzenia rozpoznania prawidłowej ramki informacyjnej bądź prawidłowej ramki służbowej z jednoczesnym ostrzeżeniem, że z braku wolnego bufora żadna ramka informacyjna chwilowo nie może być przyjęta. W przypadku uzyskania odpowiedzi z kodem RNR na ramkę informacyjną urządzenie sterujące magistrali miejscowej zobowiązane jest wysłać ramkę informacyjną powtórnie.

- jest wykorzystywane przez urządzenie sterujące magistrali miejscowej do sprawdzania stanu urządzenia podporządkowanego. W odpowiedzi to ostatnie wysyła kod RR lub RNR w zależności od tego, czy ma wolny bufor na przyjęcie ramki informacyjnej, czy też go nie ma.

Wraz z kodami RR i RNR przesyłany jest także licznik N_r /patrz rys. 6.2.3/ urządzenia nadawczego, w którym przekazuje się informację o liczbie ramek służbowych oraz informacyjnych przyjętych do tej pory przez urządzenie nadawcze. Zawartość N_r jest porównywana z licznikiem N_s urządzenia odbierającego / N_s wskazuje na liczbę ramek służbowych oraz informacyjnych wysyłanych do nadajnika/. Jeśli nie jest spełniona żadna z równości: $N_r = N_s$, $N_r = N_s + 1$, to stwierdzany jest błąd, po którym musi nastąpić resynchronizacja urządzenia podporządkowanego /patrz ramki synchronizacyjne - wyżej/.

Do przesyłania wiadomości służą ramki informacyjne. Ich pole sterujące poza odpowiednim kodem zawiera także liczniki N_r oraz N_s urządzenia nadawczego, jak to pokazano na rys. 6.2.4. Podobnie jak w przypadku ramek służbowych zawartości wspomnianych N_r i N_s są porównywane z, odpowiednio, N_s i N_r urządzenia odbiorczego. Pozwala to na stwierdzenie ewentualnego błędu w sekwencji nadchodzących ramek, co w rezultacie prowadzi do wymuszenia resynchronizacji urządzenia podporządkowanego. Wyższe warstwy protokołu magistrali miejscowej tzn. protokół przesyłania wiadomości oraz protokół zdalnego sterowania i dostępu, są właśnie realizowane w wyniku wykorzystania ramek informacyjnych.

6.3. Protokół przesyłania wiadomości magistrali miejscowej

Protokół przesyłania wiadomości magistrali miejscowej służy do transmisji zadań między urządzeniem sterującym a urządzeniami podporządkowanymi. W tym celu wykorzystywany jest schemat polegający na wysyłaniu poleceń przez urządzenie sterujące i odpowiedzi na polecenie - przez stacje podporządkowane. Protokół przesyłania wiadomości realizuje się wykorzystując ramki informacyjne protokołu komunikacyjnego. Format pola informacyjnego ramki informacyjnej stosowanej w protokole przesyłania wiadomości przedstawiono na rys.6.3.1

6.3.1. Format pola informacyjnego ramki informacyjnej

Pole informacyjne ramki informacyjnej protokołu przesyłania wiadomości składa się z pięciu lub sześciu /pod/ pól przedstawionych na rys. 6.3.1. Poza polem parametrów, którego występowanie i interpretacja jest uwarunkowana zawartością pól L oraz C/R, wszystkie inne muszą wchodzić w skład pola informacyjnego. Każde /pod/pole składa się z całkowitej liczby paczek jedenastobitowych o strukturze opisanej w p.6.1 z wyzerowanym bitem specjalnego przeznaczenia. Podobnie jak w p. 6.2 znajmiemy się teraz dla krótkości omawianiem jedynie bajtów danych poszczególnych pól:

pole L /ang. Length/ - zawiera jeden bajt o wartości od 7H do OFFH włącznie. Wskazuje on na długość całego pola informacyjnego /dokładniej, jego wartość równa się powiększonej o 7 liczbie jedenastobitowych paczek znajdujących się w polu Parametry/;

pole F /ang. Flags/ - zawiera jeden bajt danych, którego każdy bit ma inne znaczenie. Omówiono je dokładniej w pkt. 6.3.2;

pole NA /ang. Node Address/ - zawiera jeden bajt danych mających identyczną wartość oraz interpretację jak bajt danych pola adresowego ramki;

pole T /ang. Task/ - zawiera jeden bajt danych podzielony na dwie czterobitowe części. Dokładniejsze ich omówienie przedstawiono w p. 6.3.3;

pole C/R /ang. Command/Response/ - zawiera jeden bajt wykorzystywany zarówno przez zadania użytkownika /patrz też p. 6.4.3./ jak i przez sam protokół przesyłania wiadomości. W tym ostatnim przypadku pole C/R wykorzystywane jest tylko do sygnalizacji błędów przez urządzenie podporządkowane zgodnie z następującymi regułami:

- 00H - brak błędów,
- 80H - brak zadania,
- 91H - błąd protokołu,
- 93H - brak urządzenia, któremu postawiono zadanie,

od 01H do 07FH - znaczenie określone przez użytkownika, zaś pozostałe - w zależności od implementacji, najczęściej jednak zarezerwowane przez system /patrz np. p.6,4,4/;

pole parametrów - jedyne pole, które nie musi występować w polu informacyjnym ramki informacyjnej wchodzącej w skład protokołu przesyłania wiadomości. Jeśli zaś pojawia się w ramce, to jego długość nie powinna przekraczać 248 bajtów i jest jednoznacznie określona przez zawartość pola L /patrz wyżej/. Wymaga się, ażeby konkretne implementacje zapewniały możliwość przesyłania w tym polu co najmniej 8 bajtów danych. Sposób interpretacji pola parametrów wynika z zawartości pola C/R. Innymi słowy pole parametrów zawiera dodatkowe dane potrzebne dla prawidłowego wykonania zadania użytkownika. Przykłady wykorzystania pola parametrów przedstawiono w p. 6.4.

6.3.2. Zawartość pola F.

Bajt danych pola F składa się z pięciu części pokazanych na rys. 6.3.2. Są one następujące:

MT /ang. Message Type/ - jeden bit informujący o kierunku przesyłania wiadomości. Jeśli MT=0, to transmisja zachodzi od urządzenia sterującego magistralą miejscową do urządzenia podporządkowanego. Jeżeli zaś MT=1, to wiadomość biegnie w przeciwną stronę;

SE /ang. Source Extension/ - jeden bit informujący o tym, czy wiadomość dotyczy rozszerzenia urządzenia sterującego magistralę miejscową /SE=1/, czy też samego urządzenia sterującego /SE=0/;

DE/ ang. Device Extension/ - jeden bit informujący o tym, czy wiadomość dotyczy rozszerzenia urządzenia podporządkowanego /DE=1/, czy też samego urządzenia podporządkowanego /DE=0/;

TR /ang. TRAck/ - jeden bit, który może być wykorzystany przy sprawdzaniu poprawności procesu przesyłania wiadomości. Bitowi temu nadaje się wartość 1 w chwili wysyłania wiadomości i zeruje się go w chwili jej odebrania;

RES /ang. REServed/ - cztery kolejne bity zarezerwowane dla ewentualnych dalszych zastosowań. Przy wysyłaniu wiadomości bity te są zerowane, po odebraniu wiadomości ich wartość obecnie^{nie} jest specyfikowana.

6.3.3. Zawartość pola T

Bajt danych pola T składa się z dwóch czterobitowych części /patrz rys. 6.3.3/:

ST /ang. Source Task/ - cztery bity zawierające kod zadania, które wygenerowało polecenie lub czeka na odpowiedź;

DT /ang. Destination Task/ - cztery bity zawierające kod zadania, które ma dać odpowiedź lub czeka na polecenie. Kod DT będzie również omawiany przy okazji rozważania protokołu zdalnego sterowania i dostępu.

6.4. Protokół zdalnego sterowania i dostępu

Protokół zdalnego sterowania i dostępu tworzy się w ramach protokołu przesyłania wiadomości. Wykorzystuje się w tym celu w specyficzny sposób określone zadania użytkownika dla urządzeń podporządkowanych. Protokół zdalnego sterowania i dostępu umożliwia dokonywanie różnego rodzaju operacji ogólnego przeznaczenia w urządzeniach podporządkowanych. Można tu między innymi wymienić zapis i odczyt z urządzeń wejścia/wyjścia oraz różnorakie czynności prowadzące do zmiany zawartości pamięci urządzeń podporządkowanych.

Z wyżej przytoczonych uwag wynika, że format ramki właściwy dla protokołu zdalnego sterowania i dostępu jest identyczny z formatem ramki informacyjnej protokołu komunikacyjnego. Pole informacyjne omawianej ramki ma zawartość opisaną w p. 6.3. Sam zaś protokół zdalnego sterowania i dostępu można zdefiniować specyfikując pole C/R i pole parametrów oraz podpole DT pola T /patrz rys. 6.3.1 i 6.3.3/.

6.4.1. Pole DT

Kodem zadania /zawartością czterobitowego pola DT/ odpowiadającego protokołowi zdalnego sterowania i dostępu jest OH. Umożliwia to zastosowanie omawianego protokołu bez większych zmian w różnych implementacjach. Jeżeli jednak protokół zdalnego sterowania i dostępu nie ma zastosowania dla konkretnego urządzenia podporządkowanego to DT=OH można wykorzystywać do specyfikacji zadania innego rodzaju zlecanego wspomnianemu urządzeniu podporządkowanemu.

6.4.2. Pole C/R i pole parametrów

Zawartości pola C/R i pola parametrów są ściśle ze sobą związane. Zgodnie z uwagami zamieszczonymi w p. 6.3.1 pole parametrów ma dowolną długość ograniczoną od góry przez 248 bajtów. Jednakże w przypadku zastosowania protokołu zdalnego sterowania i dostępu musi istnieć możliwość tworzenia omawianego pola o długości co najmniej 13 bajtów.

Pole C/R zawiera kody poleceń oraz odpowiedzi wykorzystywanych w protokole zdalnego sterowania i dostępu. Tym pierwszym towarzyszy wyzerowane pole MT /fragment pola F por p. 6.3.2/ zaś w przypadku tych drugich wartością bitu MT pola F jest 1.

6.4.3. Polecenia protokołu zdalnego sterowania i dostępu

Polecenia protokołu zdalnego sterowania i dostępu można podzielić na dwie grupy, a mianowicie na polecenia sterujące oraz polecenia dostępu. Jest pięć poleceń sterujących

RS /ang. Reset Slave/ - kod 00H. Polecenie to inicjuje proces ²sprowadzania urządzenia podporządkowanego do stanu początkowego określanego w odrębny sposób dla każdej implementacji. Związane z tym pole parametrów ma zerową długość. Polecenie RS jest ²jedynym poleceniem, które w zasadzie nie wymaga odpowiedzi. Ta ostatnia jest formułowana jedynie w przypadku wystąpienia błędu.

CT /ang. Create Task/ - kod 01H. Polecenie to uruchamia wykonanie zadania w urządzeniu podporządkowanym. Zakłada się przy tym, że wspomniane zadanie zostało już uprzednio przekazane do urządzenia podporządkowanego i jest zapisane w jego ²pamięci. Pole parametrów zawiera ²wskaźnik będący adresem uruchamianego zadania. Adres ten jest przesyłany w odwrotnej kolejności niż większość elementów protokołu komunikacyjnego. Innymi słowy jako pierwszy występuje najbardziej znaczący bajt. Postać wskaźnika zadania /a w związku z tym i długość pola parametrów/ zależy od konkretnej implementacji. Prawidłowa odpowiedź na CT ma niezmienną długość pola parametrów i wyzerowany kod bajtu danych pola C/R.

DTA /ang. Delete TAsk/ - kod 02H. Polecenie to powoduje bezterminowe zawieszenie wykonywania zadania w urządzeniu podporządkowanym. Pole parametrów zawiera 1 bajt danych, w którym zakodowano numer przerywanego zadania /numer OH jest zarezerwowany dla zadań związanych z ²protokołem zdalnego sterowania i dostępu/. Prawidłowa odpowiedź na DTA ma taką samą postać jak odpowiedź na CT.

GFID /ang. Get Function IDentifier/ - kod 03H. Polecenie to umożliwia specyfikację zadania dla urządzenia podporządkowanego w sposób symboliczny, tzn. bez odwoływania się do adresów fizycznych. Innymi słowy każdemu zadaniu przypisuje się ² pewien numer /identyfikator/, a potem wykonanie tego zadania uruchamia się wywołując wspomniany numer. Poleceniu GFID towarzyszy puste pole parametrów o długości potrzebnej dla zapisania identyfikatorów /tzn. liczba bajtów danych jest równa liczbie identyfikatorów/. Prawidłowa odpowiedź na GFID ma kod 00H w bajcie danych pola C/R oraz identyfikatory w bajtach danych pola parametrów zakodowane zgodnie z następującą regułą:

OOH - brak zadania
01H - zadanie protokołu zdalnego sterowania i dostępu
od 02H do 7FH włącznie - zarezerwowane,
od 80H do OFEH włącznie - definiowane przez użytkownika
OFFH - zadanie bez identyfikatora.

RACP /ang. Remote Access Control Protect/ - kod 04H. Polecenie to steruje dostępem zadań specyficznych dla protokołu zdalnego sterowania i dostępu do urządzenia podporządkowanego. Jeśli dostęp jest zablokowany /pole parametrów zawiera bajt danych 01H/, to procesor komunikacyjny urządzenia podporządkowanego rozpoznaje polecenie wspomnianego protokołu, jednakże urządzenie podporządkowane nie realizuje go. W przypadku RACP z wyzerowanym bajtem danych w polu parametrów następuje odblokowanie dostępu. Wówczas polecenia protokołu zdalnego sterowania i dostępu są nie tylko rozpoznawane, ale także i wykonywane /analogiczny efekt można też uzyskać wykonując polecenie RS/. Pole parametrów związane z RACP zawiera 1 bajt danych o wartości 00H lub 01H /patrz wyżej/. Inne jego zawartości nie powinny być używane, gdyż mogą prowadzić do nieoczekiwanych skutków. Prawidłowa odpowiedź na RACP ma podobną postać jak odpowiedź na CT.

Istnieje dziesięć poleceń dostępu o kodach od 05H do 0EH. Można je podzielić na polecenia dotyczące: wejścia/wyjścia, pamięci oraz stanu.

Polecenie wejścia/wyjścia umożliwia urządzeniu sterującemu magistrali miejscowej dostęp do portów /o numerach od 00H do OFFH/ dowolnego urządzenia podporządkowanego. Wszystkie one mają taki sam format pola parametrów. Pokazano go na rys. 6.4.1. Ogólnie mówiąc pole parametrów składa się z pewnej liczby par paczek jedenastobitowych, z których pierwsza zawiera bajt danych specyfikujący numer /adres/ portu urządzenia podporządkowanego udostępnianego urządzeniu sterującemu magistrali miejscowej. Bajt danych drugiej paczki ma różnorakie przeznaczenie w zależności od kodu polecenia. Może on zawierać parametr konieczny do wykonania omawianego polecenia, ewentualnie ma dowolną wartość i służy jedynie do późniejszego zapisania wyniku powstałego na skutek wykonania polecenia. Odpowiedzi na polecenia wejścia/wyjścia mają wyzerowany bajt danych pola C/R, a w polu parametrów niezmiennione bajty numerów portów.

Zawartość pozostałych bajtów pola parametrów zależy od konkretnego polecenia i będzie omówiona niżej. Jest sześć poleceń wejścia/wyjścia:

RI/O /ang. Read I/O ports/ - kod 05H. Polecenie to wymusza odczytanie danych z wyspecyfikowanych portów wejścia/wyjścia urządzenia podporządkowanego. Bajty danych paczek o numerach parzystych pola parametrów mają dowolną wartość. W odpowiedzi bajty te zawierają wyniki odczytu.

WI/O /ang. Write I/O ports/ - kod 06H. Polecenie to powoduje zapisanie danych umieszczonych w bajtach danych paczek o numerach parzystych pola parametrów do specyfikowanych portów wejścia/wyjścia urządzenia podporządkowanego. Pole parametrów odpowiedzi pozostaje niezmienione.

Przebieg wykonania czterech pozostałych poleceń dotyczących wejścia/wyjścia jest podobny. Mianowicie w bajtach danych paczek o numerach parzystych pola parametrów zapisany jest argument specyfikowanej operacji. Operacja ta jest wykonywana na zawartości wskazanych portów, następnie odczytuje się jej wynik, który potem jest przekazywany w polu parametrów odpowiedzi. Reguła ta ma zastosowanie do następujących poleceń:

UI/O /ang. Update I/O ports/ - kod 07H. Wykonuje się operację zapisu do wymienionych portów.

ORI/O /ang. OR I/O ports/ - kod 0AH. Wykonuje się operację logicznego OR na zawartości portów i argumentach przekazanych w polu parametrów.

ANDI/O /ang. AND I/O ports/ - kod 0BH - analogicznie jak w przypadku ORI/O, z tą tylko różnicą, że zamiast operacji OR wykonywana jest operacja AND.

XORI/O /ang. XOR I/O ports/ - kod 0CH - analogicznie jak w przypadku ORI/O, z tą tylko różnicą, że zamiast operacji OR wykonywana jest operacja XOR /różnicy symetrycznej/.

Polecenia dotyczące pamięci umożliwiają przesyłanie bloków danych między pamięciami urządzenia sterującego magistrali miejscowej oraz urządzenia podporządkowanego. Towarzyszy temu specyficzny format pola parametrów, który pokazano na rys. 6.4.2. Liczbę przesyłanych paczek jedenastobitowych /a więc i umieszczonych w nich bajtów danych/ wyznacza się odejmując

liczbę dziewięć od wartości bajtu danych pola L wziętego z pola informacyjnego ramki. Adres wynikający z konkatenacji bajtów danych dwóch pierwszych jedenastobitowych paczek pola parametrów dotyczy umiejscowienia w pamięci pierwszego z przesyłanych bajtów informacji. Kolejne, dalsze bajty są lokowane w pamięci lub czytane z pamięci sukcesywnie, począwszy od wspomnianego adresu początkowego. Mamy dwa następujące polecenia dotyczące pamięci:

MU /ang. Memory Upload/ - kod 08H. Polecenie to powoduje odczytanie zawartości specyfikowanego pola pamięci urządzenia podporządkowanego. W odpowiedzi na MU przesyłana jest ramka informacyjna z kodem C/R = 00H, z dwoma pierwszymi bajtami danych pola parametrów pozostawionymi bez zmiany i z pozostałymi bajtami danych pola parametrów wypełnionymi zawartością odczytaną ze wspomnianego uprzednio pola pamięci.

MD /ang. Memory Download/ - kod 09H. Polecenie to ma podobny skutek jak MU, z tą tylko różnicą, że zamiast czytać wprowadza się do specyfikowanego pola pamięci zawartości poszczególnych bajtów danych z pola parametrów. W odpowiedzi wysyła się ramkę, w której bajt danych pola C/R jest wyzerowany, zaś pole parametrów pozostaje bez zmian.

Polecenia dotyczące stanu umożliwiają stacji nadrzędnej dostęp do 256 bajtów pamięci każdego urządzenia podporządkowanego oraz jego rozszerzenia. Tego typu polecenia stwarzają szansę wygenerowania rozproszonej struktury danych obejmującej zarówno urządzenie sterujące magistrali miejscowej jak i urządzenia podporządkowane. Wszystkie polecenia dotyczące stanu mają taki sam format pola parametrów. Przedstawiono go na rys. 6.4.3. Jest on w zasadzie analogiczny do formatu pola parametrów poleceń wejścia/wyjścia z tą jednak różnicą, że zamiast adresów portów mamy teraz do czynienia z adresami pamięci. Odpowiedzi na polecenia dotyczące stanu są analogiczne do korespondujących z nimi odpowiedzi na polecenia wejścia/wyjścia /patrz RI/O oraz WI/O/,

SR /ang. Status Read/ - kod 0DH - działa podobnie jak RI/O dotyczy jednak pamięci urządzenia podporządkowanego a nie portów,

SW /ang. Status Write/ - kod OEH - działa analogicznie jak WI/O, przy czym występuje tu ta sama różnica jak między SR i RI/O.

6.4.4. Odpowiedzi protokołu zdalnego sterowania i dostępu

Poza niektórymi sytuacjami, w których wystąpił błąd, a także poza przypadkiem RS, na każde polecenie protokołu zdalnego sterowania i dostępu generowana jest odpowiedź. Jej formaty i interpretacje omówiono już w p. 6.4.3. W przypadku pojawienia się błędu mogą wystąpić różnorakie reakcje. Zależne są one od poziomu, na którym zostanie wykryty wspomniany błąd. Jeżeli stanie się to na poziomie protokołu komunikacyjnego, to wówczas nastąpi proces resynchronizacji wspomniany w p. 6.2 /patrz m.in. ramki synchronizacyjne w p. 6.2.2/. Jeśli zaś błąd zostanie stwierdzony na poziomie protokołu przesyłania wiadomości, to wtedy uruchomione zostaną mechanizmy przeciwdziałające opisane w p. 6.3 /por. pole C/R w p. 6.3.1/. W końcu błąd może zostać wykryty dopiero na poziomie protokołu zdalnego sterowania i dostępu. Z tą sytuacją związane są następujące odpowiedzi:

NT /ang. No Task/ - kod 80H. Odpowiedź ta powstaje w wyniku otrzymania polecenia DTA dotyczącego zadania, które nie istnieje.

TO /ang. Task Overflow/ - kod 81H. Odpowiedź ta powstaje w sytuacji, w której urządzenie podporządkowane, bądź też jego rozszerzenie nie może przyjąć następnego zadania.

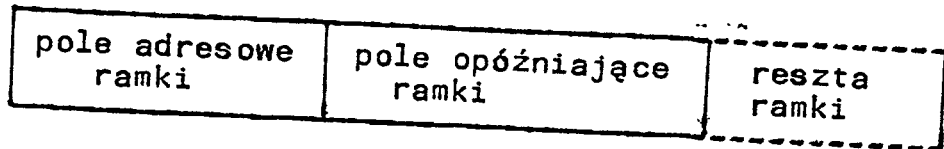
RBO /ang. Register Bank Overflow/ - kod 82H. Odpowiedź ta powstaje w wyniku otrzymania polecenia CT dotyczącego zadania, które nie może zostać wykonane z powodu niedostatecznych zasobów banku rejestrów /patrz organizacja procesora 8051/.

DFID /ang. Duplicate Function Identifiers/ - kod 83H. Odpowiedź ta jest wynikiem sytuacji, w której zadanie wywoływane poleceniem CT ma ten sam identyfikator /patrz opis GFID w p. 6.4.3/ co zadanie właśnie rozpoznane przez system operacyjny urządzenia podporządkowanego poza oczywiście zadaniem o kodzie OFFH.

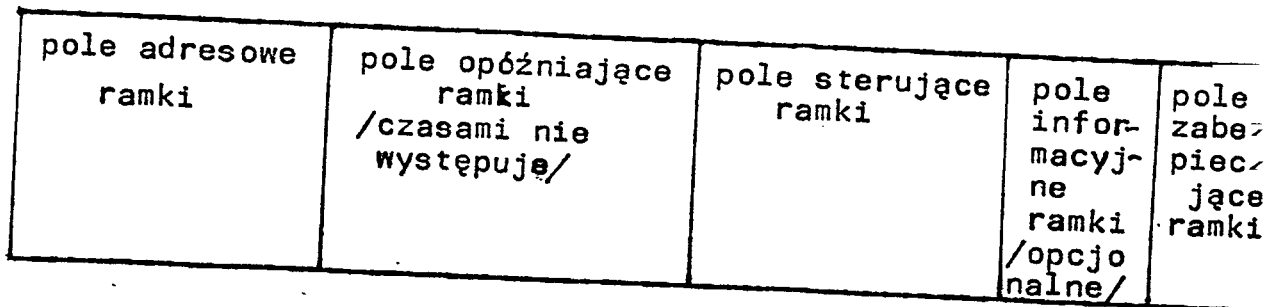
NB /ang. No Buffers/ - kod 84H. Odpowiedź ta powstaje w przypadku otrzymania polecenia CT, którego nie można wykonać z powodu braku pamięci.

RACPE /ang. Remote Access Control Protect Error/ - kod 95H. Odpowiedź ta jest generowana przez zablokowane urządzenie podporządkowane /patrz RACP w p. 6.4.3/ po otrzymaniu polecenia protokołu zdalnego sterowania i dostępu różnego od RS i różnego od RACP z bajtem danych w polu parametrów zawierającym OOH.

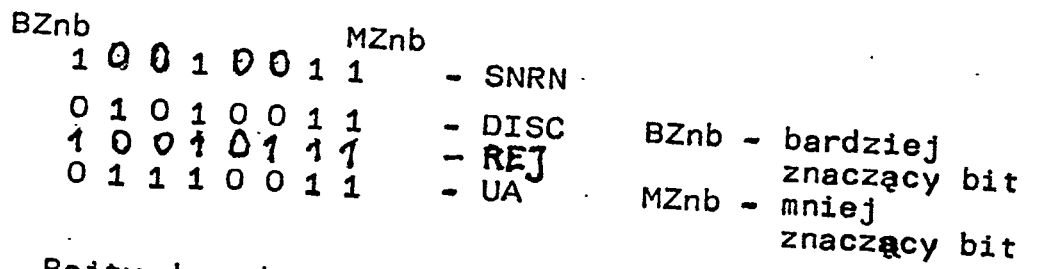
URACC /ang. Unknow Remote Access Control Command/- kod 96H. Odpowiedź ta jest wynikiem nierozpoznania polecenia.



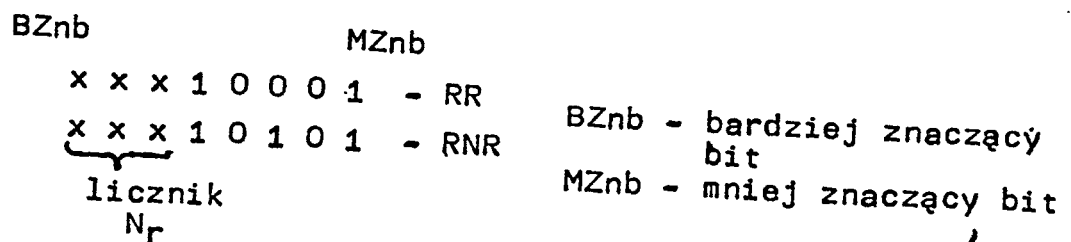
Rys. 6.1.1 Schemat formatu ramki



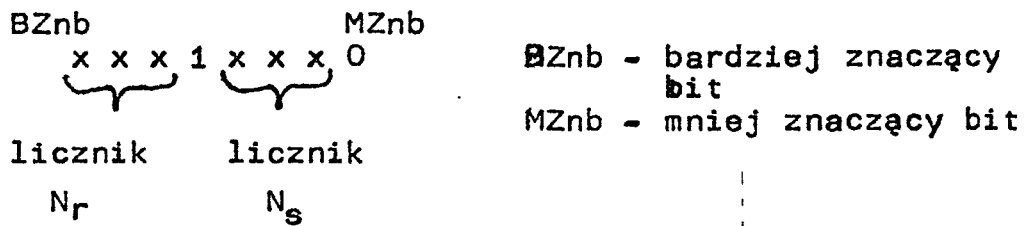
Rys. 6.2.1. Pełny format ramki



Rys. 6.2.2. Bajty danych pól sterujących ramek synchronizacyjnych



Rys. 6.2.3. Bajty danych pól sterujących ramek służbowych



Rys. 6.2.4. Bajt danych pola sterującego ramki informacyjnej

Pole	L
pole	F
pole	NA
pole	T
pole	C/R
pole parametrów /opcjonalne/	

Rys. 6.3.1. Zawartość pola informacyjnego ramki informacyjnej stosowanej w protokole przesyłania wiadomości

MT	SE	DE	TR	RES
----	----	----	----	-----

Rys. 6.3.2. Zawartość bajtu danych pola F

ST	DT
----	----

Rys. 6.3.3. Zawartość bajtu danych pola T.

0	adres portu 1	1	0	1
0	bajt danych 1	1	0	1
0	adres portu 2	1	0	1
0	bajt danych 2	1	0	1
.				
0	adres portu n	1	0	1
0	bajt danych n	1	0	1

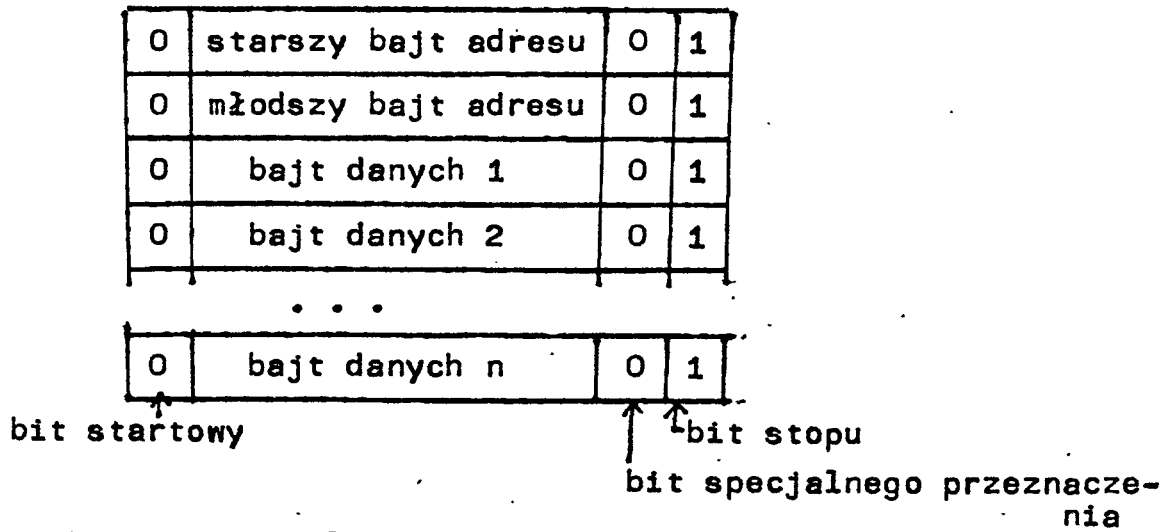
↑ bit startowy

↑ bit stopu

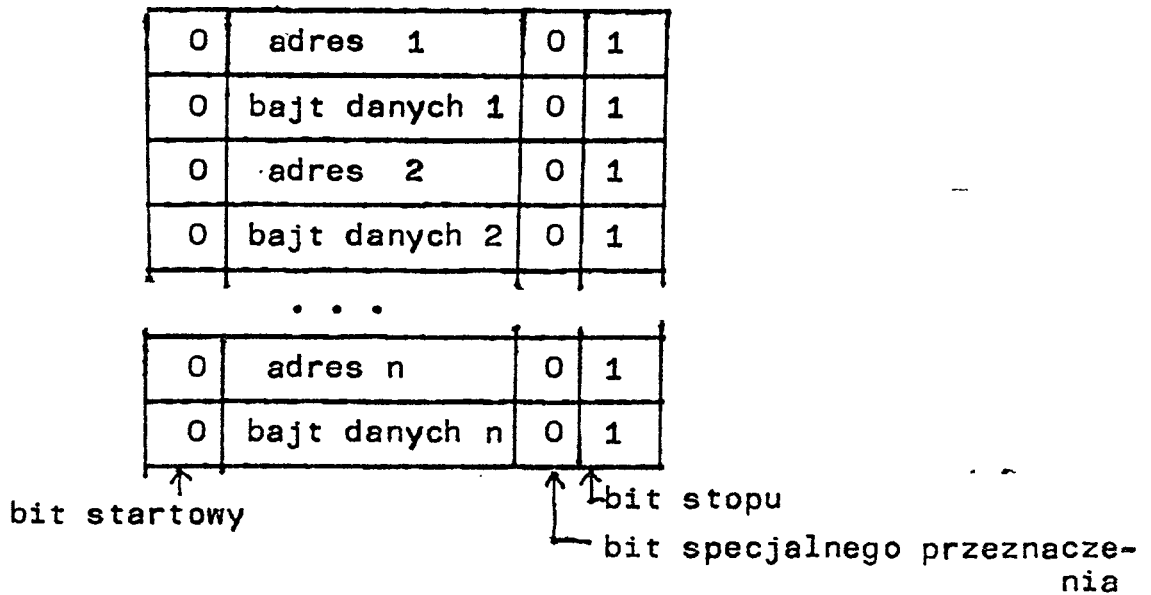
↑ bit specjalnego przeznaczenia

Rys. 6.4.1. Format pola parametrów poleceń wejścia/wyjścia

41



Rys. 6.4.2. Format pola parametrów poleceń dotyczących pamięci.



Rys. 6.4.3. Format pola parametrów poleceń dotyczących stanu.

7. Prognoza rozwoju

Prognozę rozwoju magistrali miejscowej należy rozpatrywać w kilku aspektach. Pierwszy z nich związany jest z modyfikacją zasad działania magistrali sposobów sprzężenia z nią bezpośrednio związanych z procesem tworzenia standardu w IEC. Wydaje się niewątpliwe przyjęcie do stosowania w kraju standardu IEC, jednakże nie powinno się biernie oczekiwać jego pojawienia się. W szczególności dlatego, że może on się ukazać dopiero za kilka lat. Konieczne jest uzyskanie własnych doświadczeń w oparciu o własne konstrukcje, które powinny odpowiadać istniejącym tendencjom światowym. Przyjęta konstrukcja powinna umożliwić maksymalne jej wykorzystanie w przyszłych, zgodnych z przyjętymi w IEC opracowaniach. Z tego też względu szczególną wagę należy przywiązywać do rozwiązań urządzeń podporządkowanych.

Ich konstrukcja powinna umożliwiać ewentualne zastąpienie układów realizujących sprzężenia z magistralą miejscową nowymi, zgodnymi z przyszłym standardem IEC.

W miarę rozwoju magistrali miejscowej powinien zostać opracowany pełny asortyment urządzeń z nią sprzęganych. Poza modułami wejść/wyjść cyfrowych powinien on docelowo objąć wg. p. 5.3:

- proste sterowniki urządzeń technologicznych
- bierne sterowniki programowalne
- urządzenia wejść/wyjść analogowych
- ~~we~~ ^{urządzenia} wejść analogowych /wyjść cyfrowych
- przetworniki ciśnienia
- przetworniki temperatury
- przetworniki przepływu
- elementy wykonawcze
- sterowniki silników.

Przyszły rozwój urządzeń sterujących magistralą miejscową powinien dążyć w kierunku ich bezpośredniego dołączania do magistrali PROWAY-C/MAP. Ze względów konstrukcyjnych będzie to możliwe, gdy w kraju dostępne będą scalone kontrolery realizujące sprzężenie z tą magistralą.

Kolejnymi aspektami związanymi z rozwojem urządzeń ^{magistrali} miejscowej są zagadnienia podwyższenia szybkości transmisji ściśle związane ze stosowaną bazą elementową i zagadnienie zapewnienia iskrobezpiecznej jej realizacji.

Wykonanie iskrobezpieczne rozszerzyłoby znacznie możliwości aplikacyjne, ale zagadnienie to należy stawiać /podobnie zresztą jak to uczyniono w dokumencie IEC/ do realizacji w drugiej kolejności w oparciu o planowaną współpracę z MERA-ELWRO i MERA-PNEFAL.

8. Problematyka uruchomienia produkcji

8.1. Aparatura i urządzenia specjalistyczne

Obok standardowej aparatury i urządzeń używanych w fazie produkcji i uruchamiania cyfrowego sprzętu automatyki niezbędny będzie system uruchomieniowy dla procesorów rodziny MCS 51. Będzie on wykorzystywany zarówno do projektowania i uruchamiania urządzeń jak i do realizacji oprogramowania systemowego i użytkowego.

Wśród zestawów proponowanych przez wiele firm na uwagę zasługuje oferta francuskiej firmy MIWSA. Oferta jej obejmuje:

- emulator DS 8051,2 rodziny procesorów MCS 51
- kompilator C dla 8051
- zestaw crossassemblerów /wśród nich 8051, 8086, 8088/.

Funkcjonalnie jest to urządzenie peryferyjne komputera IBM-PC połączone z nim interfejsem V24, pracujące pod kontrolą systemu operacyjnego MS-DOS. Koszt systemu wynosi około 5500 USD.

8.2. Trudno dostępne materiały

Przewidywane do zastosowania elementy rodziny procesora MCS 51, nadajniki i odbiorniki linii w/g standardu RS 422A nie są aktualnie wytwarzane w kraju i będą wymagały importu z II obszaru płatniczego. Według posiadanych informacji nie są one objęte embargiem, a ich produkcja jest uruchamiana lub zostanie w najbliższym czasie podjęta w krajach RWPG.

9. Analiza ekonomiczna

9.1. Nakłady na prace badawczo-rozwojowe /B+R/ oraz wdrożeniowe /W/.

Prace B+R

1. Opracowanie założeń i dokumentacji technicznej modeli 8mż
 2. Wykonanie i badania modeli /w tym sprawdzenie KEM/ 10ml.zł
 3. Opracowanie dokumentacji prototypów 6 mln.zł
 4. Uruchomienie prototypów
Opracowanie testów do badań pełnych i badań KEM 8 mln.zł
przeprowadzenie badań oraz badania patentowe
 5. Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej, DTR
WTO i instrukcji uruchomienia 2 mln.zł
- 34 mln. zł.

Nakłady na wdrożenie /W/

Szacunkowe koszty inwestycyjne wynoszą

- 10 mln.zł. na zakup komputera kompatybilnego z IBMPC,
- 6000 USD /15 mln.zł./ na zakup systemu uruchomieniowego i oprogramowania.

Należy również uwzględnić koszty opracowania:

- zasilaczy urządzeń podporządkowanych
- konstrukcji mechanicznej urządzeń podporządkowanych

Koszty tych opracowań szacuje się wstępnie na około 20 mln.zł

9.2. Określenie górnej ceny urządzeń magistrali miejscowej.

Urządzenie sterujące magistralą

Koszt materiałów	- 120.000 zł.
Koszt wykonania	- 90.000 zł.
Zysk /20%/	- 22.000 zł.

Górna cena:	232.000 zł.

Urządzenie podporządkowane

Przy określaniu szacunkowej ceny urządzenia podporządkowanego przyjęto następujące założenia:

- 1/ realizuje ono sprzężenie 8 wejściowych i 8 wyjściowych sygnałów dwustanowych
- 2/ posiada indywidualny zasilacz mikrosterownika komunikacyjnego
- 3/ zasilanie obiektowe dostarczone jest z obiektu.

Przy w/w założeniach można dokonać następującego oszacowania kosztu przykładowego urządzenia podporządkowanego:

Koszt materiałów	-	150.000 zł.
Koszt wykonania	-	120.000 zł.
Zysk /20%/	-	54.000 zł.
-----		-----
Górna cena:		324.000 zł.

Uwaga: Przy szacunku kosztów materiałów i wykonania urządzeń magistrali miejscowej wykorzystano jako dane porównawcze koszty o kalkulację pakietów urządzeń systemu INTEL DIGIT-PROWAY produkowanych w PIAP.

9.3. Efekty ekonomiczne

Efekty ekonomiczne wynikające z opracowania i wdrożenia do produkcji urządzeń magistrali miejscowej powstaną zarówno u producenta jak i u użytkownika. Te ostatnie są trudne do oszacowania. Uzależnione są od rodzaju instalacji i wynikają przede wszystkim z redukcji okablowania, stanowiącego zwykle znaczną część kosztów inwestycji podniesienia jakości i zwiększenia efektywności i niezawodności pracy automatyzowanego systemu.

Efekty ekonomiczne u producenta powstaną w wyniku różnicy między ceną zbytu, a kosztami wytworzenia. Zakładając, że w skład jednej instalacji magistrali, miejscowej wejdzie średnio 20 urządzeń podporządkowanych i przyjmując rocznie wdrażanie średnio 20 systemów INTEL DIGIT-PROWAY zawierających przeciętnie po 3 urządzenia sterujące magistralą miejscową z 20 urządzeniami podporządkowanymi każdy, otrzymamy

następujący poziom produkcji rocznej: 150 urządzeń sterujących i 3000 urządzeń podporządkowanych.

Zysk roczny z wyniesie

$$Z = 60 \times 232.000 \times 20\% + 1200 \times 324.000 \times 20\%$$

Zwrot nakładów na opracowanie i wdrożenie do produkcji nastąpi po okresie T różnym:

$$T = \frac{B + R + W}{Z} = \frac{34 \text{ mln. zł.} + 45 \text{ mln. zł.}}{80 \text{ mln. zł.}} = 1 \text{ rok}$$

Oszacowane powyżej efekty ekonomiczne i okres zwrotu nakładu wskazują na efektywność wdrożenia do produkcji urządzeń magistrali miejscowej.

10. Przewidywany producent

Przewiduje się, że modele urządzeń magistrali miejscowej, w oparciu o które przeprowadzone zostaną badania i dokonane sprawdzenia koncepcji zostaną wykonane w PIAP. Prototypy i produkcja zgodnie z projektem umowy, zostanie podjęta w Zakładach Automatyki Przemysłowej MERA-ZAP jako Zakładu najbardziej przygotowanego do jej efektywnej produkcji tak z racji doświadczenia w produkcji sprzętu automatyki przemysłowej, sterowników programowalnych i sterowników robotów przemysłowych jak i z racji wyposażenia.

Wymagania środowiskowe

Opracowane na podstawie załącznika Nr 2 dokumentu ACET opracowanego przez IEC.

1. Warunki użytkowania

1.1. Warunki klimatyczne

Lokalizacja 3K3 /zgodnie z tablicą 1/

Temperatura powietrza

min 5°C

max 40°C

Wilgotność względna

min 5%

max 85%

Wilgotność bezwzględna

min 1 g/m³

max 25 g/m³

Szybkość zmian

temperatury 0,5°C/min

Ciśnienie atmosferyczne

min 70 kPa /proponuje się zmianę na 86kPa/

max 106 kPa

Promieniowanie słoneczne

max 700 W/m²

Promieniowanie cieplne zgodnie z tablicą 3 klasa 3Z3 dla wyrobów w lokalizacji zabezpieczonej przed wpływami atmosferycznymi w pobliżu urządzeń przemysłowych.

Szybkość ruchu powietrza 1m/s

Kondensacje wilgoci brak

Opady niesione przez wiatr brak

Intensywność opadu deszczu brak

Temperatura deszczu minimalna brak

Woda ze źródeł innych niż deszcz brak

Oblodzenie brak.

1.2. Warunki mechaniczne

Lokalizacja 3S2 - 3S4 /zgodnie z tablicą 9/
dla miejsc niezabezpieczonych przed piaskiem i pyłem
z dala od źródeł piasku i pyłu - zabezpieczonych
przed wpływami atmosferycznymi.

Lokalizacja 3M1 - 4M 1 /zgodnie z tablicą 10/.

- Wibracje sinusoidalne stacjonarne o parametrach

amplituda przemieszczenia	0.3 mm
amplituda przyspieszenia	1 m/s ²
zakres częstotliwości	9-200 Hz

- Wibracje niestacjonarne łącznie z udarami

max.przyspieszenie przy widmie przenoszenia udaru typu L	40 m/s ²
---	---------------------

- Maksymalne przyspieszenie przy

widmie przenoszenia udaru typu I i P	brak
--------------------------------------	------

Lokalizacja 3M1 - 3M8 /zgodnie z tablicą 11/

miejsca zabezpieczone przed wibracjami i zabezpieczone
przed wpływami atmosferycznymi.

2. Transport

2.1. Warunki klimatyczne

Lokalizacja 2K4 /zgodnie z tablicą 12/.

- Temperatura powietrza

min.	-40°C
max w pomie- szczeniach wentyl.	+70°C

- Zmiany temperatury

powietrze/powietrze	-40/+30 °C/°C
powietrze/woda	+40/+5 °C/°C

- Wilgotność względna 95% /93 ±3/2 %/

przy stałej temperaturze	+45°C /40 ±2°C/
--------------------------	-----------------

/proponuje się warunki w nawiasach jak w próbie Ca
IEC 68-2-3, PN-84/E-04603/

- Maksymalna wilgotność 95%

względna przy gwałtownych zmianach temperatury	-40°C +30°C
---	----------------

powietrze-powietrze

Maksymalna wartość ^{tnos} wilgotności przy gwałtownych zmianach temperatury powietrze/powietrze	60 g/m ³ +70 °C/°C +15
Minimalne ciśnienie atmosferyczne	70 kPa
zmiany ciśnienia atmosferycznego	brak
szybkość ruchu powietrza	20 m/s
opady deszczu	6 mm/min
promieniowanie <u>słoneczne</u> <u>cieplne</u>	1120 W/m ² 600 W/m ²
woda ze źródeł innych niż deszcz	1 m/s
zawilgocenie	zawilgocenie powierzchni

2.2. Warunki transportu /klimatyczne/ dla lokalizacji 2K4 /zgodnie z tablicą 13/

Ochrona przed zjawiskami atmosferycznymi, brak wentylacji, mokre ściany i podłogi, brak ochrony przed promieniowaniem słonecznym.

2.3. Warunki mechaniczne.

Lokalizacja 2M1 /zgodnie z tablicą 20/
wibracje stacjonarne sinusoidalne

amplituda 3,5 mm dla częstotliwości 2-9 Hz

amplituda przysp. 10m/s² dla częstot. 9-200 Hz

- przyspieszenia 15m/s² - " - 200-500Hz

wibracje stacjonarne przypadkowe

gęstość widmowa przyspieszenia $\frac{1m^2/s^3/0.3m^2/s^3}{10-200Hz \quad 200-2000Hz}$

- maksymalne przyspieszenie

przy widmie przenoszenia udaru typu I 100 m/s²
dla typu II brak

- spadki swobodne 0,25m
/masa poniżej 20 kg/

- przewracanie
/masa poniżej 20kg/ +

- kołysanie brak

- przyspieszenie stałe 20 m/s²

- obciążenie statyczne 5 kP.

2.4. Warunki transportu /mechaniczne/ dla lokalizacji 2M1

- samoloty odrzutowe i śmigłowce
- transport drogowy na poduszce powietrznej
- transport kolejowy z miękkimi resorami
- mechaniczne środki przeładunkowe bez ryzyka upadku
- przewracanie i obracanie ładunku o masie poniżej 20 kg
- przebywanie pod obciążeniem lekkich przedmiotów o maksymalnej wys. 3.5m.

3. Warunki składowania

3.1. Warunki klimatyczne

Lokalizacja 1K5

- | | |
|--|--|
| - Temperatura powietrza min. | -40°C |
| maks.w pomieszczeniach wentyl. | +70°C |
| maks.w pomieszczeniach niewietrzonych | - |
| w pomieszczeniach wietrzonych lub na wolnym powietrzu | - |
| zmiany temperatury powietrze/powietrze | - |
| - Wilgotność względna | |
| min. | 10% |
| max. | 100% |
| - Wilgotność bezwzględna | |
| min. | 0.1 g/m ³ |
| max. | 35 g/m ³ |
| - Wilgotność połączona z szybkimi zmianami temperatury | - |
| - Ciśnienie powietrza | |
| min. | 70 kPa |
| max. | 106 kPa |
| - Zmiana ciśnienia powietrza | - |
| - Promieniowanie słoneczne cieplne | 1120 W/m ²
10 W/m ² |

- Ruch powietrza 5 m/s
- Deszcz brak
- Oblodzenie, szronienie i skraplanie tak

4. Warunki elektryczne

4.1. Zasilanie AC i DC

-24VDC -15/+10%

Absolutne limity 30/19.2
wartość tętnień max. 5%

-220VAC -15/+10%

- częstotliwość
50Hz $\pm 1\%$ ciągle
 $\pm 2\%$ krótkotrwałe

Zawartość harmoniczných

do 10 fn $< 10\%$ wartości globalnej
powyżej 10fn $< 2\%$ wartości globalnej.

4.2. Zakłócenia elektryczne

/Klasa instalacji 3 wg. IEC 801-2/

A - Zasilanie i obwody dwustanowe /24V/

B - Analogowe we/wy, interfejsy komunikacyjne

Rozładowania elektrostatyczne	A	B
150pF/150om	8kV	8kV
Pole elektromagn.	10V/m	10V/m
Szybkie impulsy 4mJ/2kV, 50om	2kV	0,5kV
Tłumione oscylacje 200 om	1kV	-

4.3. Przepięcia w punkcie głównego zasilania nie mogą przekraczać wytrzymałości elektrycznej izolacji.

4.4. Kategoria instalacji

Nie powinny być przekroczone warunki instalacji Installation Category II zgodnie z IEC 664.1980 pkt. 4.6.

4.5. Przepięcia nieokresowe

Użytkownik powinien zrealizować zabezpieczenia chroniące sterownik przed pojawieniem się przepięć w głównym zasilaniu i towarzyszącym im silnym impulsom prądowym. Zjawiska te mogą występować w sieci przemysłowej w wyniku przełączeń w zasilaniu urządzeń silnoprządowych.

Oszacowanie czasu dostępu do magistrali miejscowej.

Czas dostępu do magistrali miejscowej jest funkcją wielu czynników. Zaliczyć do nich można nie tylko prędkość transmisji, ale również inne aspekty, najczęściej niezależne od projektanta. W ich skład wchodzi przede wszystkim różnorakie wskaźniki odnoszące się do bezbłędnosci transmisji, chociażby powszechnie używana elementowa stopa błędu. Można wykazać, że zależy ona również od czynników środowiskowych /założenia/, a więc nie da się jej dowolnie zmniejszać bez ograniczenia rzeczywistej przepustowości, co prowadzi do zwiększenia efektywnego czasu dostępu.

Do innych czynników, na które projektant nie ma decydującego wpływu, należy: licznosc urządzeń podporządkowanych pracujących w konkretnej magistrali miejscowej, ich rodzaj, wreszcie pełnione przez nie funkcje /zakresy wykonywanych przez nie poleceń - patrz p. 6.2 i 6.3/. Zależność czasu dostępu od pierwszego z przed chwilą wymienionych aspektów jest bezdyskusyjna. Omówimy teraz pokrótce pozostałe dwa czynniki.

Rodzaj urządzenia podporządkowanego można określić specyfikując jego oprzyrządowanie, w szczególności zaś podając liczbę i typ zawartych w nim mikroprocesorów. Bardziej rozbudowane urządzenia podporządkowane mogą /docelowo/ niejednokrotnie zawierać kilka mikroprocesorów. Ich cechą wyróżniającą jest wyodrębnienie procesora komunikacyjnego. Pracuje on równolegle z resztą procesorów wykonujących polecenia uprzednio przekazane omawianemu urządzeniu podporządkowanemu. Najprostsze zaś urządzenia podporządkowane zawierają pojedynczy mikroprocesor 8051. Odpowiada on zarówno za komunikowanie się z magistralą jak i za wykonywanie poleceń. Siłą rzeczy każdą z przypisanych mu funkcji realizuje mniej efektywnie. Wpływa to na opóźnienie występujące w realizowaniu poleceń, a w związku z tym na zwielokrotnienie zapytań o wyniki /ramki z kodem RR, patrz p.6.2.2/ zleconych operacji pochodzące od urządzenia sterującego magistrali. Zwiększenie liczby par ramek : urządzenie

sterujące: RR - urządzenie podporządkowane: RR lub urządzenie sterujące: RR - urządzenie podporządkowane: RNR /por.p.6.2.2/ w istotny sposób wpływa na pogorszenie wskaźnika średniego czasu dostępu.

Funkcje /zakres poleceń/ realizowane przez urządzenie podporządkowane mają wpływ na długość ramek informacyjnych. Ten ostatni parametr ma charakter przypadkowy, a jego rozkład zależy zarówno od rodzaju urządzenia /patrz wyżej/ jak i od konkretnego przeznaczenia urządzenia podporządkowanego. Trudno więc z góry przesądzać nawet o średniej długości ramek informacyjnych bez uruchomienia odpowiednich badań symulacyjnych lub pomiarów, z których wyniknęłyby sugestie dotyczące rozkładu zmiennej losowej odpowiadającej długości ramek.

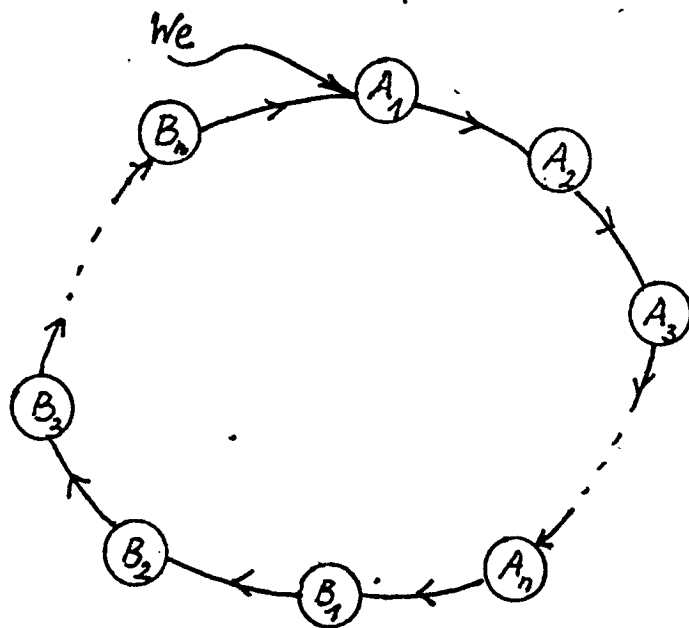
Jeszcze innym aspektem mającym wpływ na średni czas dostępu jest zakładany model zarządzania magistralą miejscową przez urządzenie sterujące. W przypadku przyjęcia modelu randomizowanego znowu występują trudności z oszacowaniem parametrów rozkładu, analogiczne do kłopotów wspomnianych wyżej przy omawianiu funkcji realizowanych przez urządzenie podporządkowane. Dlatego też niżej rozpatrzy się zarządzanie o charakterze sekwencyjnym.

Omówimy teraz model wymiany komunikatów przyjęty dla oszacowania średniego czasu dostępu do magistrali miejscowej. Zakładamy sekwencyjne zarządzanie magistralą, tzn. polecenia /o ile, takie są/ są wysyłane po kolei do urządzeń podporządkowanych ustawionych w pewnej arbitralnie dobranej kolejności. Urządzenia podporządkowane kwitują otrzymanie polecenia /ramka z kodem RR/ i przystępują do jego wykonania, bądź też odpowiadają ramką z kodem RNR oznaczającą rozpoznanie polecenia oraz brak gotowości do jego wykonania /patrz p.6.2.2/. Po wysłaniu poleceń do wszystkich urządzeń podporządkowanych urządzenie sterujące przystępuje do zbierania wyników zleconych czynności /poleceń/. Zatem znowu w uprzednio wspomnianej arbitralnie dobranej kolejności, pyta się o rezultaty. W tym celu wysyła ramki z kodem RR oczekując odpowiedzi w postaci ramki informacyjnej /patrz p. 6.2.2/. Schemat omówionego sposobu zarządzania magistralą miejscową pokazano na rys.Z.21

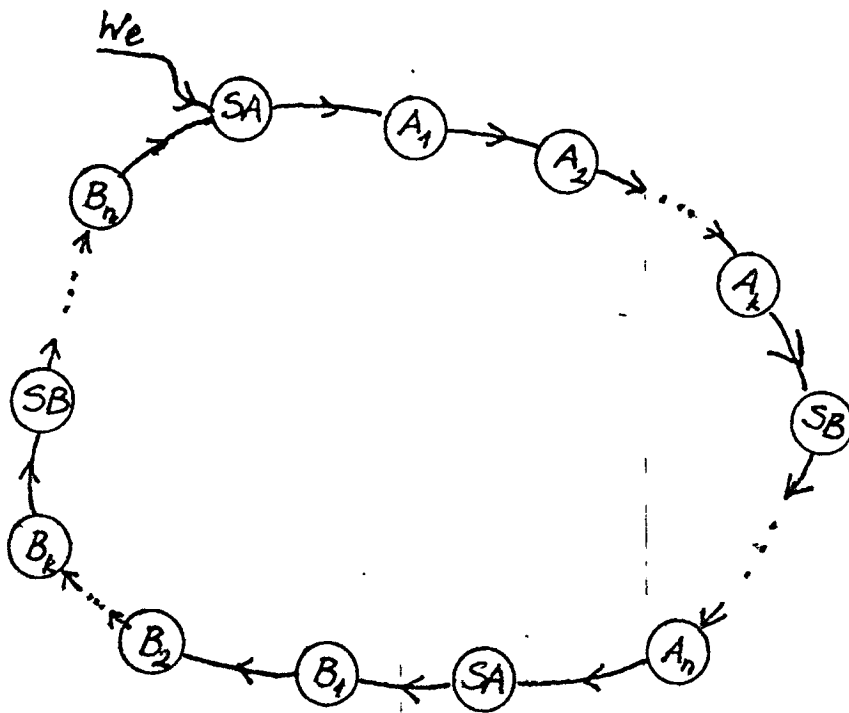
W czasie dzielącym moment otrzymania polecenia od zapytania o jego rezultat urządzenie podporządkowane wykonuje wspomniane polecenie.

Zakładając najmniejszą dopuszczalną długość pola informacyjnego /13 paczek jedenastobitowych, patrz p. 6.3.1/ oraz jedenastobitowe pole opóźniające otrzymujemy długość ramki z poleceniem przesyłanym do urządzenia podporządkowanego równą 187 bitów. Ramka z kodem RR przesyłana jako potwierdzenie zawiera 33 bity, co w sumie z poprzednią daje 220 bitów. Następnie zapytanie o wyniki składa się z czterech paczek jedenastobitowych, a odpowiedź wysyłana w postaci ramki informacyjnej - z szesnastu takich paczek /z trzech w przypadku, w którym odpowiedź jeszcze nie jest gotowa - patrz ramki z kodami RR i RNR w p. 6.2.2/. Daje to w sumie znowu nie więcej niż 220 bitów. Zatem dla n stacji podporządkowanych czas dostępu /rozumiany tu jako okres dzielący polecenie od odpowiedzi/ będzie nie większy niż $220(n+1)/V$, gdzie $V = 187.5$ kb/s jest prędkością transmisji start-stopowej w trybie 2 /patrz opis Intel 8051/. Wobec tego w omawianym modelu czas nie przekracza $1,174(n+1)$ ms, co na przykład dla $n = 30$ urządzeń podporządkowanych daje 36,4 ms.

Może zdarzyć się przypadek, w którym dla pewnej, nielicznej grupy urządzeń podporządkowanych wyznaczony czas dostępu jest zbyt duży. Wówczas np. nieznacznie zmienia się sposób zarządzania magistralą. Można mianowicie w trakcie obiegu pętli przedstawionej na rys. Z.21. wielokrotnie nawiązywać łączność z urządzeniami podporządkowanymi ze wspomnianej grupy, a jedynie dwukrotnie ze wszystkimi pozostałymi. Powoduje to (najczęściej) nieznaczne zwiększenie czasu dostępu do tych drugich urządzeń, a zarazem zmniejszenie wartości omawianego parametru dla urządzeń z omawianej grupy. Schemat takiego zarządzania pokazano na rys. Z.22. Przypuśćmy dla przykładu, że do magistrali miejscowej podłączono 29 urządzeń podporządkowanych. Wtedy zgodnie pierwszym modelem zarządzania /patrz rys. Z.21/ otrzymujemy czas dostępu nie większy niż 35,4 ms. Jeśli zaś np. zastosujemy wariant drugiego modelu wstawiając co cztery seanse łączności seans specjalny polegający na komunikowaniu się z wyróżnionym urządzeniem podporządkowanym, to czas dostępu do tego ostatniego osiągnie wartość nie większą niż 7,2 ms, zaś czas dostępu do pozostałych urządzeń wzrośnie do około 43,4 ms.

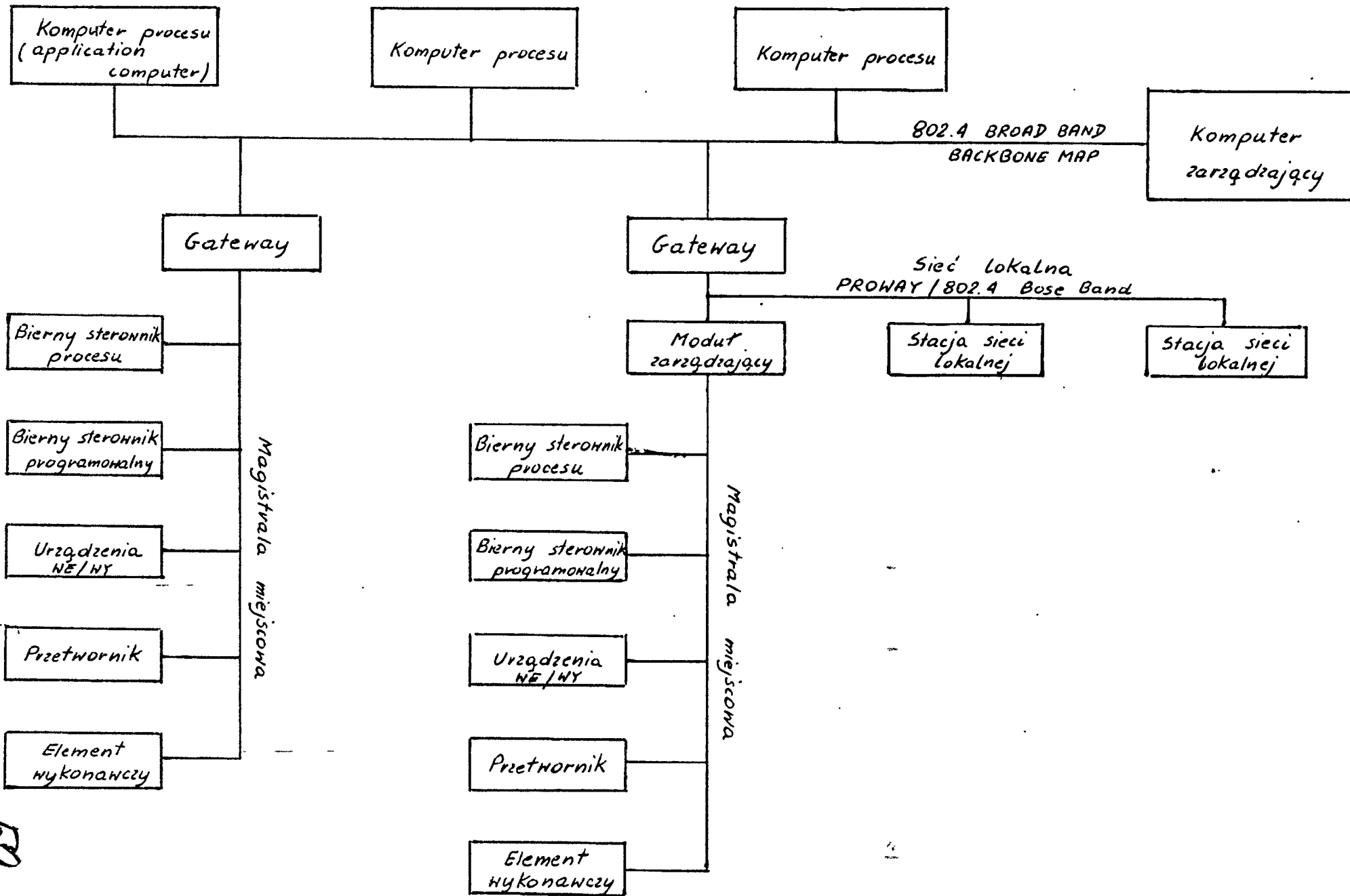


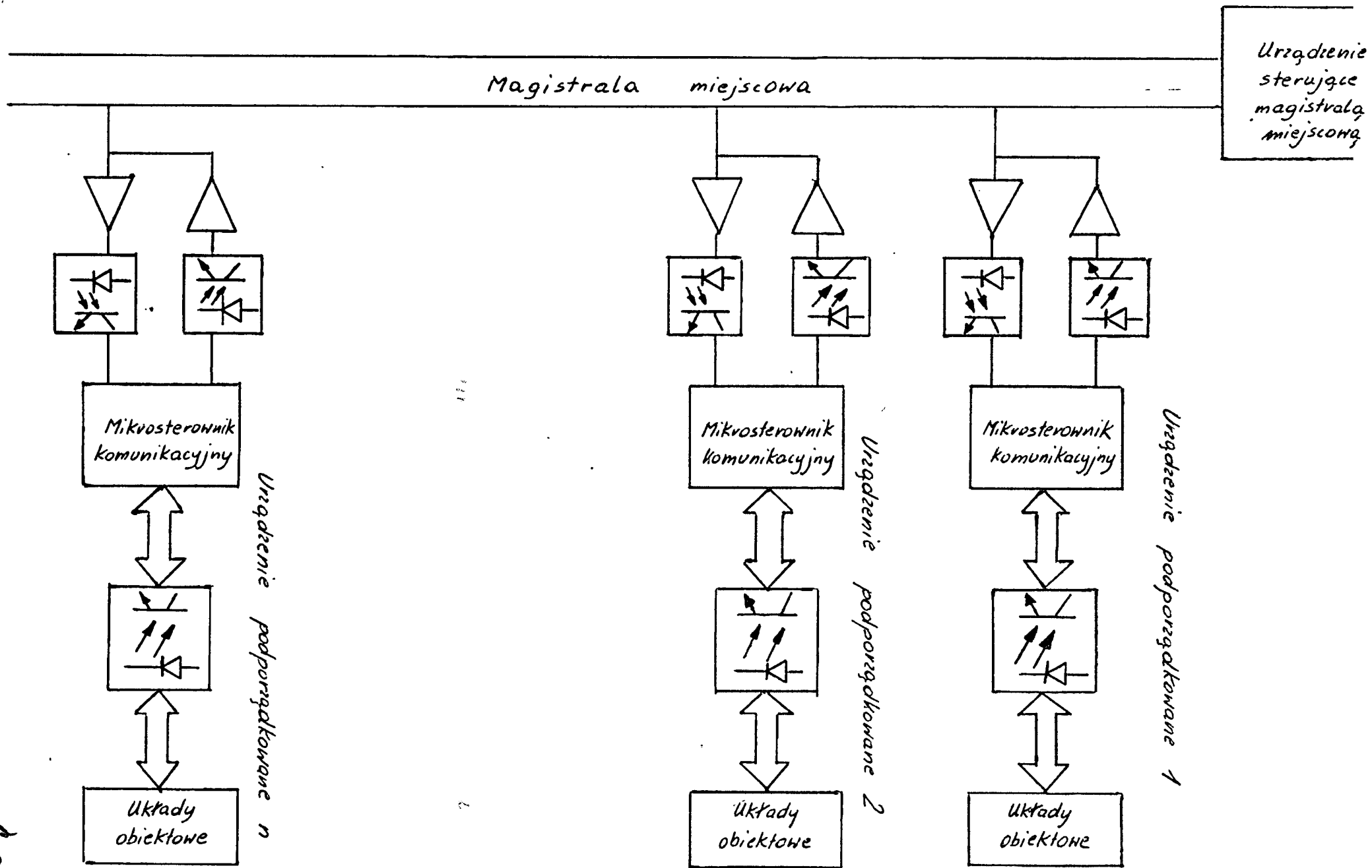
Rys. Z.1.1: Schemat sekwencyjnego zarządzania magistralą miejscową:
 A_i - odpowiada przekazywaniu polecenia do i -tego urzędnika podporządkowanego i potwierdzaniu otrzymania polecenia przez adresata, B_i - odpowiada pytaniu o wyniki realizacji uprzednio przesłanego polecenia i transmisji odpowiedzi.



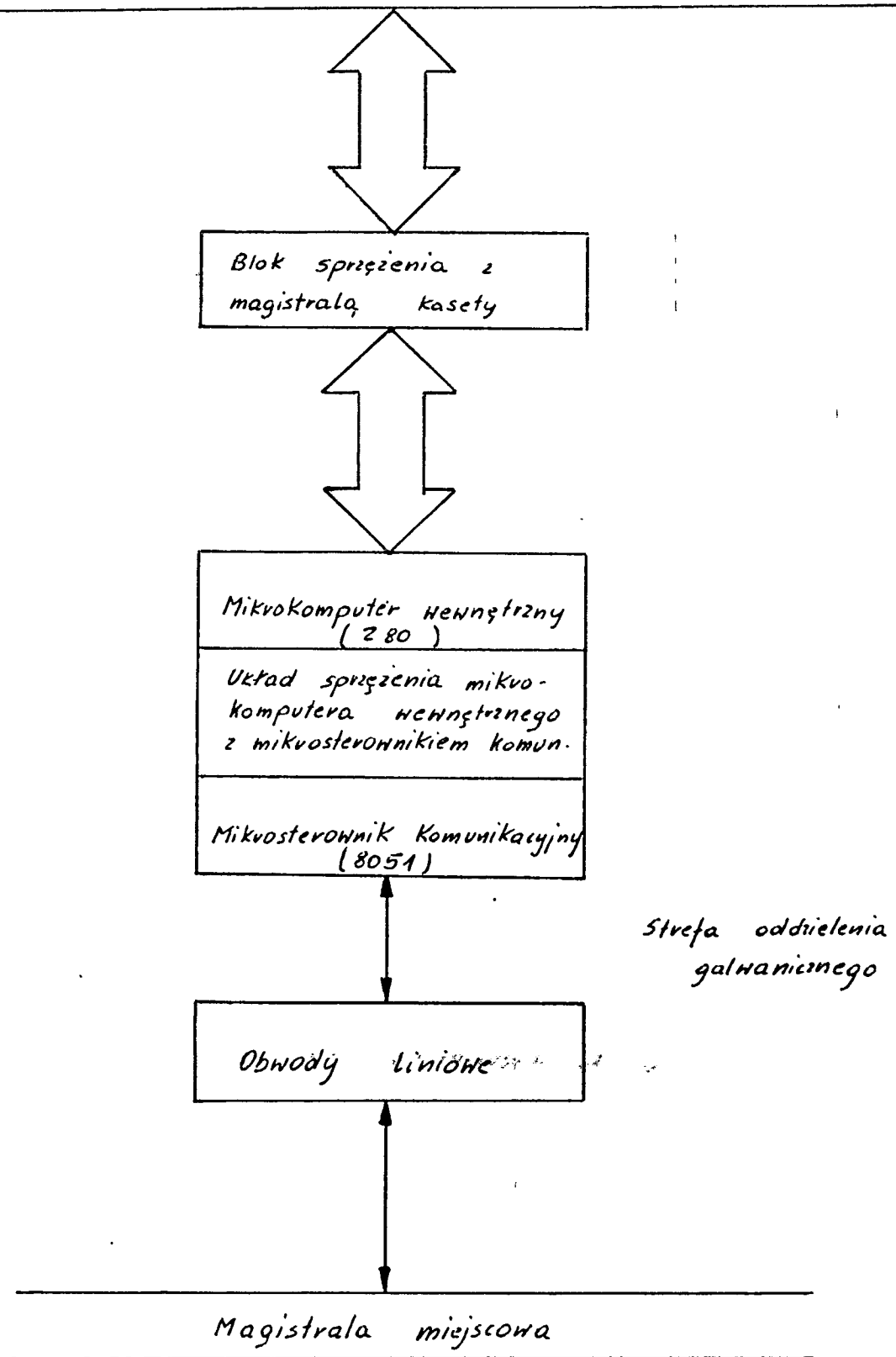
Rys. Z.1.2: Zmodyfikowany schemat zarządzania magistralą miejscową:

A_i oraz B_i mają to samo znaczenie co na rys. Z.1.1. SA i SB symbolizują akcje analogiczne do, odpowiednio A_i i B_i , zastosowane jednakże do wyróżnionej grupy urzędników podporządkowanych.

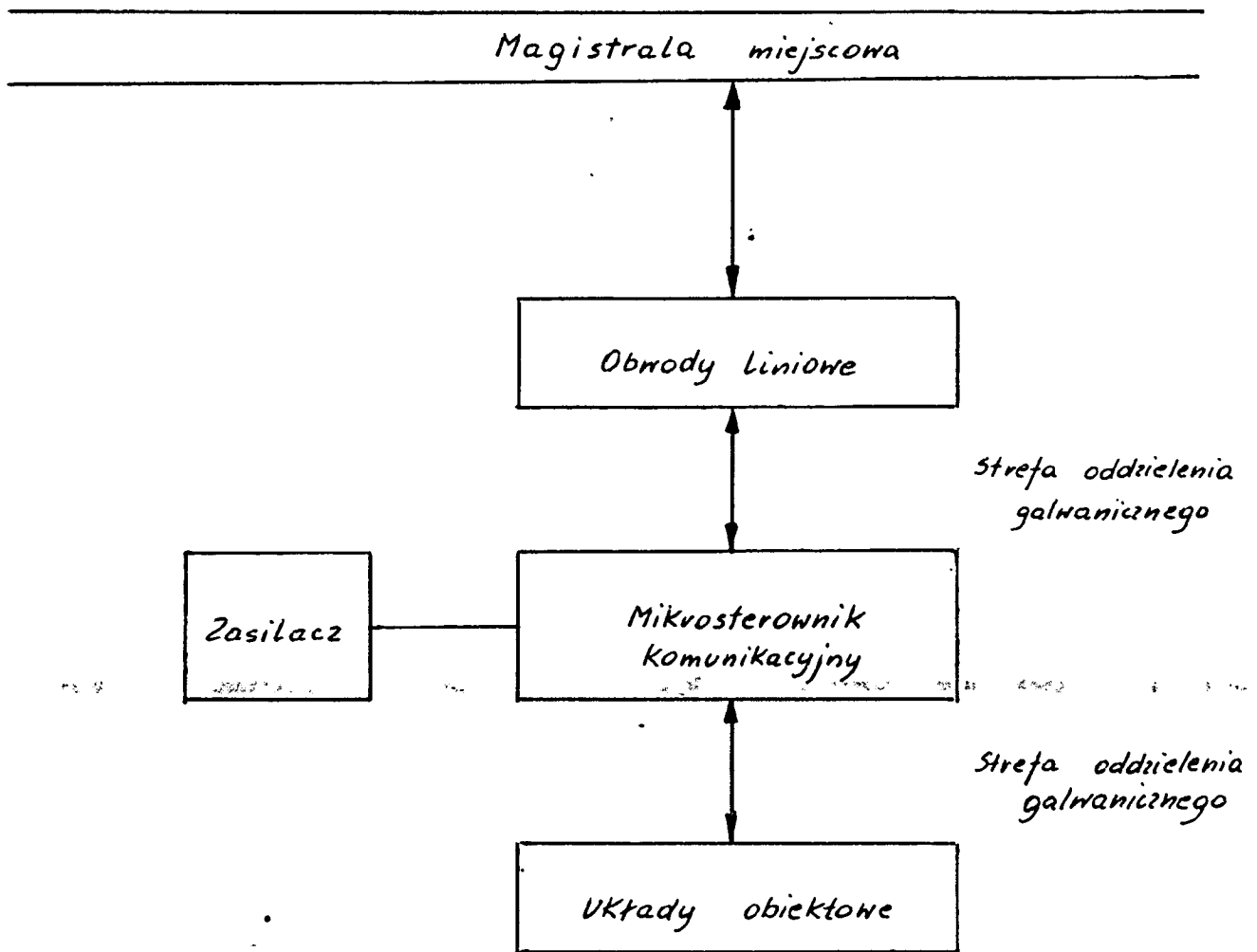




Rys 2. Sprzężenie urządzeń obiektowych z magistralą



Rys 3. Schemat blokowy urządzenia sterującego magistralą miejscową (master)



Rys 4. Schemat blokowy urządzenia podporządkowanego magistrali miejscowej (slave)