

440

BE 10

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

Ośrodek Automatyki Elektrycznej

Zespół Budowy Cyfrowych Urządzeń Systemowych

Główny wykonawca

mgr inż. Janusz Zakolski

Wykonawcy

mgr inż. Janusz Zakolski
dr inż. W. Stańczak
mgr inż. R. Spruśil

Konsultant

Nr zlecenia 9541

Szeregowa magistrala miejscowa
zgodna z protokołem Bitbus

Etap 1 - Opracowanie założeń
technicznych

Zleceniodawca: praca własna

Pracę rozpoczęto dnia

06.10.89

zakończono dnia

31.10.89

Kierownik zespołu

Kierownik Ośrodka

dr inż. A. Syrczyński

Z-ca Dyr. d/s
Autom i Pomiar.

dr inż. B. Kontrymowicz

doc. dr inż. T. Gałazka

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

4

stron

Egz. 1

BOINTE

rysunków

Egz. 2

OAE

fotografii

Egz. 3

OAE

tabel

Egz. 4

OAE-4

tablic

Egz. 5

załączników

1

Egz. 6

Nr rejestr.

6362

Analiza deskryptorowa

URZADZENIA AUTOMATYCZNEJ REGULACJI
I STEROWANIA: ~~MAGISTRALA MIEJSCOWA~~
ZALOZENIA ~~TECHNICZNE~~ BITBUS *konstrukcyjnym*
urządzenia sprzęgające z obiektem

Analiza dokumentacyjna

Przedstawiono założenia techniczne
i koncepcję rozwiązania urządzeń
sprzężenia z obiektem pracującym
z magistralą miejscową typu BITBUS

Tytuły poprzednich sprawozdań

681.5 Technika sterowania automatycznego

681.324 Słci komputerowe

UKD

PIAP 41/88 10000

SPIS TREŚCI

1.Wstęp	1
2.Analiza międzynarodowych propozycji rozwiązań	2
2.1.Profibus	2
2.2.FIP	3
2.3.Bitbus	3
3.Możliwości realizacji magistrali miejscowej typu BITBUS	5
3.1.Ogólna struktura magistrali miejscowej wg standardu Bitbus	5
3.2.Urządzenie nadrzędne (MASTER)	5
3.3.Urządzenie podporządkowane (SLAVE)	6
3.4.Łącze transmisyjne	7
3.5.Tryby transmisji	7
4.Baza elementowa i materiałowa	12
4.1.Procesory	12
4.1.1.Procesor 8044 z rodziny RUPI 44	12
4.1.2.Procesor 8051 z rodziny MCS 51	13
4.1.3.Mikroprocesor 8088	15
4.2.Pamięci	16
4.3.Elementy optoelektroniczne	17
4.4.Nadajniki i odbiorniki linii	17
4.5.Kabel transmisyjny	17
5.Struktura wewnętrzna urządzeń magistrali miejscowej	19
5.1.Urządzenie nadrzędne (MASTER)	19
5.2.Urządzenie podporządkowane (SLAVE)	20

6. Opis protokołów magistrali miejscowej typu Bitbus	21
6.1. Uwagi wprowadzające	21
6.2. Realizacja sprzętowa protokołu	21
6.2.1. Realizacja sprzętowa protokołu przez procesor 8044 z rodziny RUPI 44	22
6.2.2. Realizacja sprzętowa protokołu przez procesor 8051 bez układu interfejsu szeregowego Z80 SIO	22
6.2.3. Realizacja sprzętowa protokołu przez procesor 8051 z układem interfejsu szeregowego Z80 SIO	23
6.3. Podstawowe zasady transmisji w protokole BITBUS	24
6.4. Protokół komunikacyjny magistrali miejscowej	27
6.4.1. Format ramki	27
6.4.2. Pole sterujące ramki	29
6.5. Protokół przesyłania wiadomości magistrali miejscowej	33
6.5.1. Format pola informacyjnego ramki informacyjnej	34
6.5.2. Zawartość pola F	36
6.5.3. Zawartość pola T	37
6.6. Protokół zdalnego sterowania i dostępu	37
6.6.1. Pole DT	38
6.6.2. Pole C/R i pole parametrów	38
6.6.3. Polecenia protokołu zdalnego sterowania i dostępu	38
6.6.4. Odpowiedzi protokołu zdalnego sterowania i dostępu	45
7. Parametry techniczne magistrali miejscowej	47
7.1. Procesor 8044 z rodziny RUPI 44	47
7.2. Procesor 80C31 z rodziny MCS 51	47
7.2.1. Mikroprocesor 80C31 bez układu interfejsu szeregowego	47
7.2.2. Mikroprocesor 80C31 z układem interfejsu szeregowego Z80 SIO	48
8. Wymagania konstrukcyjne	49

9.Wymagania środowiskowe	50
9.1.Warunki użytkowania	50
9.1.1.Temperatura i wilgotność	50
9.1.2.Ciśnienie	50
9.1.3.Wibracje sinusoidalne	50
9.1.4.Udary mechaniczne	50
9.1.5.Natężenie zewnętrznych pól magnetycznych	51
9.1.6.Zmiany parametrów zasilania	51
9.1.7.Pozostałe czynniki środowiskowe	51
9.1.8.Poziom zakłóceń elektromagnetycznych	51
9.1.9.Stopień ochrony obudowy mechanicznej	51
9.2.Przechowywanie i transport	51
9.2.1.Temperatura i wilgotność	52
9.2.2.Wibracje sinusoidalne	52
9.2.3.Udary mechaniczne	52
9.3.Wymagania kompatybilności elektromagnetycznej	52
9.3.1.Poziom zakłóceń radioelektrycznych przewodzonych	52
9.3.2.Zakłócenia elektromagnetyczne środowiska	52
9.3.3.Odporność i wytrzymałość urządzeń podporządkowanych	53
magistrali miejscowej na zakłócenia	
10.Problematyka uruchomienia produkcji	54
10.1.Aparatura i urządzenia specjalistyczne	54
10.2.Trudno dostępne materiały	55
11.Analiza ekonomiczna	56
12.Przewidywany producent	58
13.Wykorzystane materiały i dokumenty	59
Załącznik 1	60

1. WSTĘP

Celem pracy jest przygotowanie założeń urządzeń magistrali miejscowej typu BITBUS. Urządzenia te będą włączone do nowo opracowywanego w PIAP sterownika grupy robotów i ESP. Urządzenia magistrali znajdą zastosowanie w przypadku konieczności decentralizacji urządzeń obiektowych.

Zastosowanie magistrali miejscowej jest zgodne z najnowszymi tendencjami w technice światowej i umożliwia przekazywanie informacji o stanie obiektu do jednostki centralnej przy wykorzystaniu linii transmisyjnej zrealizowanej w postaci pary skręcanej w ekranie. Taki szeregowy sposób przekazu eliminuje okablowanie obiektowe konieczne w instalacjach starego typu. Wadami systemu są: wydłużenie czasu dostępu w systemie i konieczność instalacji inteligentnych urządzeń obiektowych. Pierwszą z tych wad można eliminować poprzez tworzenie efektywnych i szybkich systemów transmisyjnych, natomiast zastosowanie inteligentnych urządzeń wejścia / wyjścia jest obecnie coraz powszechniejsze i koszt tych urządzeń relatywnie obniża się. Przewiduje się, że urządzeniami podporządkowanymi magistrali miejscowej mogą być urządzenia wejść / wyjść analogowych i cyfrowych, sprzężone z czujnikami przetworniki różnych wielkości mierzonych (np: ciśnienia, temperatury, przepływu, itp.) oraz elementy wykonawcze.

2. ANALIZA MIĘDZYNARODOWYCH PROPOZYCJI ROZWIĄZAŃ

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 65 IEC w Montrealu w maju 1985 r. Zasadniczym jej motywem było dążenie do dalszej decentralizacji funkcji sterowania procesem w oparciu o dostępne już środki techniczne. Coraz szersze wyposażanie urządzeń obiektowych w urządzenia mikroprocesorowe stworzyło potrzebę zapewnienia wzajemnej wymiany informacji pomiędzy tymi urządzeniami. Dotychczas stosowane techniki transmisyjne nie spełniały postawionych wymagań.

Najważniejszą cechą nowej techniki wymiany informacji przy wykorzystaniu magistrali miejscowej jest zastąpienie połączeń bezpośrednich między urządzeniami obiektowymi a centralnym systemem sterowania poprzez sprzężenie tychże urządzeń obiektowych oraz centralnego systemu sterowania ze wspólną magistralą miejscową.

Nie ma obecnie dokumentu IEC, który określałby międzynarodowy standard dla magistrali miejscowej. Jest natomiast dostępny szereg propozycji zgłaszanych przez poszczególne firmy lub krajowe komitety normalizacyjne:

- PROFIBUS zaproponowany przez firmę SIEMENS został zaakceptowany przez zachodniemiecki komitet normalizacyjny DIN. Protokół PROFIBUS jest oparty na znanych standardach takich jak IEEE 802.4, PROWAY/IEEE 802.2 i ISO 1177 & 2022. Proponuje się w nim transmisję asynchroniczną o szybkości w zakresie od 9,6 kbit/s do 500 kbit/s. Protokół PROFIBUS jest jednak zbyt złożony aby mógł znaleźć zastosowanie w prostych sterownikach mikroprocesorowych.

Jego realizacja wymagałaby zaangażowania dużych kosztów na opracowanie oprogramowania oraz byłaby trudna do wykonania przy sprzęcie będącym obecnie do dyspozycji w kraju. Ponadto nie wydaje się celowe realizowanie tak złożonego protokołu wymiany informacji na niskim poziomie hierarchii jaki stanowi magistrala miejscowa.

- FIP został zaproponowany przez francuskie towarzystwo CLUB FIP. Protokół magistrali jest względnie skomplikowany. Dane przekazywane są poprzez magistralę w kodzie MANCHESTER II. Kod ten, mając składową stałą równą zero, jest idealnie przystosowany do używania prostej separacji galwanicznej. Dzięki temu jest możliwe zastosowanie zwykłych transformatorów. Mankamentem tego rozwiązania jest bardziej skomplikowany sposób dekodowania przesyłanych informacji. Najważniejszym argumentem, który można postawić przeciw zastosowaniu tego rozwiązania, jest, według dostępnych w kraju informacji, niezdefiniowanie pewnych aspektów dotyczących najniższej warstwy wymiany informacji.

- BITBUS został zaproponowany przez firmę amerykańską INTEL. Protokół magistrali BITBUS w porównaniu z wyżej wymienionymi protokołami PROFIBUS i FIP jest bardzo prosty i stosunkowo łatwy do oprogramowania. Ma on strukturę hierarchiczną i najwyższa warstwa protokołu jest dobrze dostosowana do wymagań automatyki przemysłowej. W magistrali BITBUS wyróżnia się urządzenie sterujące (MASTER) i do 28 urządzeń podporządkowanych (SLAVE). W trybie synchronicznym (przesyłany zegar) można uzyskać szybkość transmisji od 500 kbit/s do 2,4 Mbit/s na odległość około 30 metrów. Przy transmisji synchronizowanej (self clocked) można przysyłać z szybkością 375 kbit/s na odległość do 300 m i z szybkością 62,5 kbit/s na odległość do 1200 m.

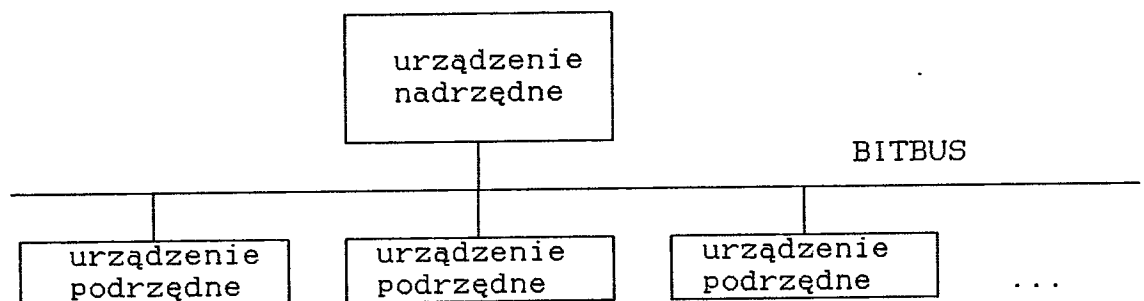
Konkluzje:

Do tej pory nie powstał dokument IEC, który standaryzowałby magistralę miejscową zarówno w aspekcie rozwiązań sprzętowych jak i programowych. Nie ma jak dotąd żadnych sygnałów pozwalających określić termin pojawienia się takich dokumentów. Istnieje jednak pilna potrzeba uzyskania doświadczeń w oparciu o własne konstrukcje odpowiadające w możliwym do uzyskania zakresie międzynarodowym propozycjom standardów. Szczególnie ważne jest zebranie doświadczeń dotyczących zastosowań magistrali miejscowej w warunkach przemysłowych, uzyskanie danych o odporności linii transmisyjnej na zakłócenia KEM, o wpływie zakłóceń KEM na przepustowość linii transmisyjnej oraz opracowanie rozwiązań sprzętowo - programowych umożliwiających efektywne i niezawodne transmitowanie danych o obiekcie. Jednocześnie wydaje się konieczne przyjęcie rozwiązań najprostszych, które byłyby realne z punktu widzenia kosztów opracowania i będących do dyspozycji urządzeń diagnostycznych oraz oprogramowania nadrzędnego. Pracownia OAE 42 posiada już pewne doświadczenie w zakresie sprzętowo programowym systemu MCS 51 firmy INTEL. Ponadto ma ona do dyspozycji emulator firmy MICROTEK MICE II S, oprogramowanie skrośne na komputery osobiste typu IBM PC oraz symulator programowy mikroprocesora INTEL 8051. Został już także opracowany układ umożliwiający sprzężenie rezonatorowego czujnika ciśnienia z magistralą miejscową typu BITBUS. Za magistralą BITBUS dodatkowo przemawia też większe zaawansowanie prac wdrożeniowych firm zachodnich niż w przypadku innych szeregowych magistrali miejscowych. Jeśli zaś chodzi o rozwiązania sprzętowe samej linii transmisyjnej, to we wszystkich znanych rozwiązaniach magistrali miejscowej panuje zgodność w tym zakresie. Wszystkie znane obecnie rozwiązania opierają się na międzynarodowym standardzie RS 485. Wymienione powyżej argumenty przemawiają za kontynuacją dotychczasowych badań i przyjęcie do realizacji standardu BITBUS jako podstawy do dalszych prac.

3. MOŻLIWOŚCI REALIZACJI MAGISTRALI MIEJSCOWEJ TYPU BITBUS

3.1. Ogólna struktura magistrali miejscowej wg. standardu BITBUS

Magistrala miejscowa wg. standardu BITBUS pozwala na skonstruowanie niezawodnego i taniego rozproszonego systemu automatyki przemysłowej. Umożliwia ona podłączenie do sterownika nadrzędnego oddalonych urządzeń wejścia / wyjścia przekazujących dane o stanie procesu oraz innych podrzędnych sterowników procesu. Magistrala ma strukturę hierarchiczną, którą przedstawia poniższy rysunek:



3.2. Urządzenie nadrzędne (MASTER)

Głównym urządzeniem magistrali miejscowej jest urządzenie nadrzędne nazywane za literaturą anglosaską MASTER. MASTER stanowi ogniwo pośredniczące umożliwiające przekaz informacji z oddalonych urządzeń podporządkowanych (SLAVE) do jednostki centralnej sterownika. W opisywanej tu propozycji rozwiązania magistrali miejscowej przyjęto strukturę jednowarstwową. Wymiana informacji polega na zadawaniu pytań i uzyskiwaniu na nie odpowiedzi. Transmisję inicjuje zawsze urządzenie nadrzędne - MASTER. Nie dopuszcza się przekazywania nadrzędności pomiędzy poszczególnymi węzłami w sieci (ang. token passing) ze względu na niezawodność - (możliwość zgubienia wskaźnika nadrzędności).

Zadania urządzenia nadrzędnego (MASTER):

- przyjmowanie zleceń od jednostki centralnej sterownika, sprawdzanie ich poprawności pod względem syntaktycznym i zgłaszanie przerwania w przypadku błędu oraz umieszczanie kodu błędu w pamięci dwudostępnej. Zakłada się, że w zależności od typu zlecenia może ono dotyczyć jednego lub więcej urządzeń podporządkowanych.
- przetworzenie zlecenia jednostki centralnej na ciąg poleceń protokołu zdalnego sterowania i dostępu (RAC). Po wykonaniu polecenia zgłaszane jest przerwanie, natomiast przez pamięć dwudostępną przekazywane są dane uzyskane w wyniku realizacji polecenia oraz, ewentualnie, kod określający numer błędu (w przypadku jego wystąpienia).
- realizacja ciągu poleceń protokołu zdalnego sterowania i dostępu (RAC). Oznacza to realizację polecenia na niższych poziomach tzn. na poziomie protokołu przesyłania wiadomości oraz na najniższym poziomie protokołu przesyłania danych.
- zgłoszenie przerwania w przypadku błędu układu WATCHDOG, lub błędu w komunikacji.

3.3. Urządzenie podporządkowane (SLAVE).

Urządzenie podporządkowane (nazywane zgodnie z nomenklaturą anglosaską SLAVE) stanowi adresowaną jednostkę podrzędną. Jakkolwiek w magistrali miejscowej dopuszcza się do 250 urządzeń podporządkowanych, to jednak w przyjętej w tym opracowaniu strukturze jednowarstwowej bez regeneratorów zakłada się, że możliwa będzie instalacja co najwyżej 28 takich urządzeń.

Zadania urządzenia SLAVE:

- realizacja zadań (ang. task) przesłanych poprzez linię transmisyjną z urządzenia nadrzędnego MASTER.
- przygotowanie i przesyłanie odpowiedzi do urządzenia nadrzędnego

Szczegółowy opis protokołu BITBUS podany zostanie w rozdz. 6.

3.4. Łącze transmisyjne

Zgodnie z międzynarodowymi zaleceniami przyjmuje się, że standardem elektrycznym nadajników i odbiorników linii będzie EIA RS 485. Kabel będzie stanowić linię doziemnie symetryczną zrealizowaną w postaci pary skręconej w ekranie. Nie przewiduje się struktur wielowarstwowych, w których urządzenie podporządkowane SLAVE na danym poziomie hierarchii jest urządzeniem nadrzędnym na poziomie niższym. Nie przewiduje się także regeneratorów (ang. repeaters), których zadaniem jest regenerowanie sygnałów w linii w celu polepszenia stosunku mocy sygnału użytecznego do szumu, a w wyniku - zmniejszenia prawdopodobieństwa wystąpienia błędów transmisji.

3.5. Tryby transmisji

W standardzie BITBUS dopuszcza się następujące tryby transmisji:

- synchroniczny, w którym w jednej linii przesyłana jest szeregowo informacja cyfrowa, natomiast w drugiej linii przesyłany jest sygnał zegarowy. Taki tryb transmisji wykorzystuje się w przypadku konieczności realizacji przesyłania z dużą prędkością na małe odległości. Szybkość transmisji może wówczas wynosić od 500 kbit/s do 2,4 Mbit/s na odległość ok. 30 metrów.

- synchronizowany (ang. self-clocked), w którym występuje tylko jedna linia transmisyjna. Dane są wówczas zakodowane w kodzie NRZI (ang. non return to zero inverted). Pozwala to wyodrębnić z przesyłanego ciągu sygnałów sygnał zegarowy i dane transmitowane. Układy odbiorcze wydzielające zegar synchronizowane są przez układ cyfrowej pętli fazowej DPLL. Taki tryb transmisji umożliwia przesyłanie na większe odległości przy znacznie mniejszej szybkości transmisji. Szybkość transmisji może wówczas wynosić 62,5 kbit/s i 375 kbit/s na odległość, odpowiednio, 1200 m i 300 m.

Zarówno w trybie synchronicznym jak i synchronizowanym informacja w danej chwili przesyłana jest w jednym kierunku. Taki sposób transmisji informacji (półdupleks) wynika z przyjętej zasady pytanie/odpowieź.

Tryb synchroniczny daje największą szybkość transmisji. Związany jest jednak z ograniczeniem odległości do 30 m przy przyjętych szybkościach transmisji 500 kbit/s i 2,4 Mbit/s. Ograniczenie to niepotrzebnie znacznie zawęziłoby klasę możliwości zastosowania urządzeń magistrali miejscowej. Wstępne oszacowania pozwalają wnioskować, że wymaganie transmisji o szybkości powyżej 500 kbit/s nie wystąpi w typowych zastosowaniach przemysłowych. Można tu posłużyć się następującym wyliczeniem. Załóżmy mianowicie, że mamy do czynienia z urządzeniami podporządkowanymi wymagającymi transmisji ok. 40 bitów co 10 ms (w przewidywanych zastosowaniach wydaje się to być bardzo wygórowanym żądaniem). Wówczas w przypadku maksymalnej liczby urządzeń szybkość transmisji wyniesie nie więcej niż ok. 120 kbit/s. Ponadto widoczną wadą trybu synchronicznego jest konieczność łączenia drugiej linii transmisyjnej dla zegara.

Tryb synchronizowany daje optymalne parametry transmisji. Wymaga on jednak zastosowania elementów odbiorczych pozwalających na przyjmowanie informacji w kodzie NRZI i posiadających układ cyfrowej pętli fazowej DPLL. Zaletą tego

trybu transmisji jest możliwość wykorzystania mikroprocesora z rodziny INTEL 8044 który, odpowiednio zaprogramowany, automatycznie realizuje omawiany tryb. Zastosowanie tego procesora umożliwiłoby spełnienie wszystkich wymagań standardu BITBUS bez większych wysiłków programistycznych. Należy tu podkreślić, że wszystkie znane zachodnie implementacje magistrali miejscowej BITBUS realizowane są w oparciu o ten element. Jest wówczas możliwe uzyskanie wysokich parametrów całego systemu. Wykorzystanie procesora transmisji szeregowej (SIU) znajdującego się obok procesora typu 8051 w jednej strukturze elementu 8044 pozwoliłoby na łatwe rozdzielenie zadań na poziomie urządzenia podporządkowanego SLAVE. Procesor transmisyjny SIU realizowałby wówczas zadania związane z obsługą transmisji w trybie AUTO nie wymagającym interwencji procesora nadrzędnego w strukturze typu 8051. Natomiast procesor nadrzędny mógłby realizować zadania związane z realizacją przesłanych zadań (task). Obecnie rozważa się możliwości zakupu procesora 8044.

Innym wariantem jest odstąpienie od standardu BITBUS w zakresie najniższej warstwy protokołu. Ewentualność odstępstw od standardu rozważa się z następujących powodów:

- spodziewane trudności przy zakupie mikrokontrolera 8044;
- przewidywany wysoki koszt tego mikrokontrolera.

Z tych też powodów było już proponowane następujące rozwiązanie:

- zastosowanie łatwodostępnego mikroprocesora 8051 w wersji CMOS - 80C31, który daje możliwość transmisji w trybie asynchronicznym - start/stopowym - z szybkością transmisji 187,5 kbit/s. Ten tryb przesyłania jest w sposób prosty dostępny, nie wymaga mianowicie wykorzystania wewnętrznego licznika, pozostawiając możliwość jego użycia do innych celów np. pomiaru częstotliwości. Rozwiązanie to nie daje jednak zadawalających parametrów użytkowych. Można co

prawda sugerować, że transmisja w trybie asynchronicznym ma większą odporność na zakłócenia, jak twierdzi przykładowo firma SIEMENS, w której powstała norma PROFIBUS. Jednakże na pewno uzyskuje się mniejszą przepustowość kanału transmisyjnego ze względu na konieczność przesyłania bitów Start i Stop w każdym znaku. Powstaje tu też dodatkowy problem dotyczący wyznaczania przewidzianego w standardzie BITBUS pola kontrolnego FCS (ang. Frame Check Sequence). FCS zwykle wylicza się sprzętowo. Mikroprocesory z rodziny MCS 51 nie są do tego przystosowane. Wymusza to wyznaczenie pola FCS programowo. Ze względu jednak na czas obliczenia FCS rozwiązanie to spowalnia zarówno transmisję jak również poważnie ogranicza moc obliczeniową procesora potrzebną do obróbki danych obiektowych.

Rozpatrywano też możliwość dalszych odstępstw od protokołu BITBUS jak np. zastąpienie CRC w polu FCS ramki poprzez sumę kontrolną. Takie zabezpieczenie ramki w warunkach przemysłowych nie daje jednak wystarczającej wiarygodności transmisji, więc jest niedopuszczalne.

Z wyżej wymienionych powodów można zaproponować:

- realizację transmisji w trybie synchronicznym. Procesor 8051 umożliwia pracę w trybie synchronicznym, jednak tylko przy szybkości transmisji równej $1/12$ częstotliwości zegara taktującego.
- realizację transmisji w trybie synchronizowanym przy zachowaniu protokołu wymiany SDLC (zgodnego z propozycją standardu BITBUS) przy wykorzystaniu dodatkowego układu interfejsu szeregowego, przystosowanego do realizacji transmisji zgodnie z protokołem SDLC. Jedną z pojawiających się tu możliwości jest zastosowanie łatwodostępnego na rynku elementu Z80 SIO (produkowanego między innymi w NRD jako U856). Element ten nie jest jednak wyposażony w układ cyfrowej pętli fazowej (DPLL), który jest konieczny do

wydzielenia impulsów zegarowych z przesyłanych danych zakodowanych w kodzie NRZI. Z tego też powodu należy rozważać przekazywanie sygnałów taktujących przy pomocy dodatkowej linii transmisyjnej lub zastosowanie zewnętrznego układu cyfrowej regulacji fazy DPLL. Są produkowane również inne elementy realizujące interfejs szeregowy SDLC np: I8273, I82530, mające wbudowany wyżej wymieniony układ DPLL. Koszt tych układów wspólnie z kosztem procesora MCS 51 jest porównywalny z kosztem procesora 8044.

4. BAZA ELEMENTOWA I MATERIAŁY

4.1. Procesory

4.1.1. Procesor 8044 z rodziny RUPI 44

Zasadnicze elementy realizujące sprzężenie z magistralą typu BITBUS należą do rodziny RUPI 44. Na przykład mikrokontroler 8044 zawiera część centralną, którą stanowi mikroprocesor 8051 oraz procesor transmisji szeregowej SIU. Procesory te komunikują się poprzez wbudowaną w strukturę pamięć dwudostępną oraz zestaw specjalizowanych rejestrów. Korzyści wynikające z zastosowania elementu z rodziny RUPI-44 są następujące:

- możliwość uzyskania pełnej zgodności ze standardem BITBUS;
- zwiększenie przepustowości informacyjnej magistrali miejscowej;
- zmniejszenie do minimum czasu odpowiedzi systemu definiowanego jako czas pomiędzy chwilą zaistnienia zdarzenia na obiekcie a momentem reakcji na wspomniane zdarzenie w urządzeniu oddalonym;
- rozdzielenie funkcji transmisyjnych od realizowanych zadań obsługi obiektu.

Z zastosowaniem procesora z rodziny RUPI-44 wiążą się też następujące wady:

- wysoki koszt elementu;
- jego niedostępność na rynku w krajach socjalistycznych;
- brak urządzeń wspomagających rozwój oprogramowania i testowania, np. emulatora.

Należy jednak jeszcze raz wyraźnie podkreślić, że układ 8044 jest stosowany prawie we wszystkich znanych urządzeniach magistrali miejscowej typu BITBUS.

4.1.2. Procesor 8051 z rodziny MCS 51

Procesor 8051 nie daje tak wysokich parametrów transmisyjnych jak element typu 8044. Może on jednak zostać zastosowany w przypadku, w którym nie są potrzebne wysokie parametry dotyczące czasu odpowiedzi w systemie lub jeśli urządzenia podporządkowane SLAVE są w stanie podejmować samodzielne decyzje dotyczące sterowania podległym sobie odcinkiem obiektu. Na przykład sytuacja taka ma miejsce wówczas, gdy pakiet SLAVE posiada zarówno wejścia jak i wyjścia obiektowe i przesyła do jednostki centralnej jedynie informacje o awarii. Urządzenia takie można odpytywać rzadziej niż urządzenia podporządkowane przesyłające jedynie informacje o stanie wejść obiektowych, tym samym zmniejszając obciążenie procesora związane z realizacją protokołu transmisji.

Za zastosowaniem procesora 8051 przemawiają następujące argumenty:

- łatwa dostępność na rynku krajów socjalistycznych;
- niska cena;
- możliwość wykorzystania dostępnego w PIAP emulatora (np MICE II S);
- posiadanie symulatora programowego elementu 8051 działającego w środowisku komputera osobistego IBM PC;
- doświadczenie konstruktorów i programistów w wykorzystaniu procesora 8051;

Wady wynikające z zastosowania samego procesora 8051 (tzn. z wyłączeniem elementów wspomagających) są następujące:

- konieczność odstępstw od standardu BITBUS, tzn. zastosowanie transmisji asynchronicznej i innej niż w standardzie szybkości transmisji - 187,5 kbit/s;
- brak możliwości rozdzielenia zadań obsługi obiektu i protokołu transmisji;
- pojawienie się ograniczeń przy próbie uzyskania wysokich parametrów transmisyjnych wynikających z konieczności przesyłania bitów startu i stopu wraz z każdym bajtem.

Jak już wcześniej wspomniano procesor 8051 może być wspomagany przez dodatkowy układ specjalizowanego interfejsu szeregowego, np. przez Z80 SIO. Wykorzystanie elementu Z80 SIO spowoduje odciążenie procesora 8051 pozwalając w ten sposób więcej czasu jednostki centralnej sterownika przeznaczyć na współpracę z obiektem. Mianowicie Z80 SIO może przejąć następujące funkcje niezbędne przy realizacji protokołu transmisji szeregowej:

- automatyczne wyliczanie i sprawdzanie poprawności CRC;
- badanie zgodności pola adresowego przesyłki z adresem urządzenia podporządkowanego.

Z zastosowaniem układu Z80 SIO wiąże się również i pewna niedogodność. Polega ona na konieczności zastosowania albo układu cyfrowej pętli fazowej DPLL albo dodatkowej linii transmisyjnej dla zegara.

4.1.3. Mikroprocesor 8088

Mikroprocesor 8088 nie jest bezpośrednio przystosowany do współpracy z linią transmisyjną jak wyżej wymienione procesory RUPi 8044 i 8051. Można by rozważyć zastosowanie elementu 8088 jedynie wraz z elementem specjalizowanym obsługującym transmisję, np. z Z80 SIO.

Z zastosowania procesora 8088 wiążą się następujące korzyści (uzasadnione byłoby wykorzystanie jego jedynie w urządzeniu nadrzędnym - MASTER):

- zwiększenie mocy obliczeniowej, co daje w wyniku znaczne przyspieszenie zarządzania pracą magistrali miejscowej i oprócz tego umożliwia autonomiczne zarządzanie podległymi urządzeniami obiektowymi;
- kompatybilność programowa z IBM PC, co pozwala na bezpośrednie wykorzystanie kompilatorów języków wyższego rzędu jak np. C lub PASCAL jak również narzędzi testujących oprogramowanie (np. CodeView firmy Microsoft);
- doświadczenie konstruktorów i programistów w wykorzystaniu tego procesora.

Wady wynikające z zastosowania procesora 8088 są następujące:

- wysoki koszt, dodatkowo zwiększony w wyniku wystąpienia konieczności instalacji interfejsu szeregowego;
- konieczność uruchomienia dwóch różnych wersji oprogramowania protokołu: dla urządzenia nadrzędnego (MASTER) - w assemblerze 8088 oraz dla urządzenia podporządkowanego (SLAVE) - w assemblerze 8051.

4.1.4. Uwagi dodatkowe

Ze względu na potrzebę uzyskania odpowiedniej odporności na zakłócenia i zmniejszenie mocy zasilania mikroprocesor i elementy cyfrowe urządzenia podporządkowanego magistrali miejscowej (SLAVE) powinny być zrealizowane w technice CMOS. Układy cyfrowe powinny być typu HC lub HCT.

4.2. Pamięci

Zakłada się wykorzystanie pamięci spełniających standard wyprowadzeń IEDEC. Zabezpieczy to wymiennność układów RAM i EPROM użyteczną przy uruchamianiu oprogramowania oraz możliwość zwiększenia pojemności w przypadku zwiększenia wymagań.

Układy spełniające te wymagania to:

- pamięci RAM: 6116 (2 kB) i 6264 (4 kB) firmy Hitachi oraz U6516DG - produkcji NRD;
- pamięci EPROM: 2716 (2 kB), 2732 (4 kB), 2764 (8 kB) i 27128 (16 kB). Są one produkowane przez wiele firm jak: Intel, Siemens, oraz w krajach socjalistycznych przez ZSRR (K573P02 - 2 kB, K573P042 - 4 kB) i w NRD (U2716 - 2 kB i U2732 - 4 kB).

Rozważono zastosowanie elementu z rodziny RUPI 44 np. 8744 lub elementu z rodziny MCS 51 np. 8751H12 z wewnętrzną pamięcią EPROM. Niestety elementy te są dużo droższe od dostępnych na rynku procesorów 8344 lub 8031 pracujących z zewnętrzną pamięcią EPROM.

4.3. Elementy optoelektroniczne

Ze względu na zwiększenie odporności na zakłócenia zarówno obwody obiektowe jak i obwody linii transmisyjnej będą oddzielone galwanicznie od części mikroprocesorowej. Dla sygnałów dwustanowych będą stosowane łatwo obecnie dostępne transoptory CNY17. W przypadku transoptorów sprzęgających obwody cyfrowe z magistralą miejscową należy wykorzystać szybkie transoptory o czasach narastania i opadania mniejszych od 1 μ s. Wymagania takie spełniają niektóre elementy firmy Hewlett-Packard, np. 6N137.

4.4. Nadajniki i odbiorniki linii

Przyjęto standard elektryczny linii magistrali miejscowej zgodny z normą EIA RS 485. Elementy spełniające ten standard to: SN 75176 nadajnik/odbiornik, SN 75172, SN 75174 - nadajniki linii i SN 75173 oraz SN75175 - odbiorniki linii.

4.5. Kabel transmisyjny

Charakterystyka kabla według normy RS 485 powinna być następująca:

-nominalna impedancja charakterystyczna.....	100 Ω
-rezystancja szeregową pętli DC.....	< 240 Ω
-rezystancja jednostkowa.....	< 98 Ω /km
-pojemność jednostkowa.....	< 65 pF/m

W sprzedaży dostępny jest kabel YPMYekw o następujących parametrach:

-nominalna impedancja charakterystyczna.....	ok.	75 Ω
-rezystancja jednostkowa.....	ok.	11,5 Ω /km
-pojemność jednostkowa.....	ok.	300 pF/m

Zle dobrane parametry kabla mogą niekorzystnie wpłynąć na parametry magistrali miejscowej. Wpływ ich będzie rozpatrzony podczas badań modelu.

5. STRUKTURA WEWNĘTRZNA URZĄDZEŃ MAGISTRALI MIEJSCOWEJ

5.1. Urządzenie nadrzędne (MASTER)

W urządzeniu nadrzędnym magistrali miejscowej można wyróżnić następujące bloki funkcjonalne:

- pamięć dwudostępna umożliwiająca komunikację pomiędzy jednostką centralną sterownika i procesorem komunikacyjnym. Pojemność pamięci powinna zapewniać przechowanie komunikatów określających sposób pracy urządzenia nadrzędnego (MASTER) wraz z danymi dotyczącymi wszystkich urządzeń podporządkowanych. Przeprowadzone rozpoznanie wskazuje, że pojemność tej pamięci nie może być mniejsza od 8 kbajtów.
- układ zgłaszania przerwań do jednostki centralnej sterownika;
- procesor komunikacyjny (ewentualnie dodatkowo interfejs szeregowy);
- układ budzika (ang. WATCHDOG);
- pamięć programu - minimum 4 kbajty;
- pamięć danych- minimum 2 kbajty;
- obwody linii transmisyjnej (nadajniki i odbiorniki linii wraz z elementami optoizolacyjnymi);
- zasilacz obwodów magistrali miejscowej - przetwornica o napięciu wyjściowym +5 V.

5.2. Urządzenie podporządkowane (SLAVE)

W urządzeniu podporządkowanym magistrali miejscowej można wyróżnić następujące bloki funkcjonalne:

- procesor komunikacyjny (ewentualnie dodatkowo interfejs szeregowy);
- pamięć programu - minimum 4 kbajty;
- pamięć danych - minimum 2 kbajty;
- obwody linii transmisyjnej (nadajniki i odbiorniki linii wraz z elementami optoizolacyjnymi);
- zasilacz obwodów magistrali miejscowej - przetwornica o napięciu wyjściowym +5 V;
- blok sprzężenia z obiektem.

6. OPIS PROTOKOŁÓW MAGISTRALI MIEJSCOWEJ TYPU BITBUS

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 następnych punktów.

6.2. Realizacja sprzętowa protokołu

Za realizację protokołu komunikacyjnego odpowiada (w zależności od przyjętego rozwiązania sprzętowego) albo procesor 8044 z rodziny RUP1 44 albo procesor 8051 (być może wspomagany przez układ interfejsu szeregowego Z80 SIO), ewentualnie (por. p. 4.1.3) mikroprocesor 8088 sterujący elementem specjalizowanym obsługującym transmisję, np. Z80 SIO. Z punktu widzenia transmisji ten ostatni wariant można rozpatrywać jako szczególny przypadek współpracy mikroprocesora 8051 z układem interfejsu szeregowego Z80 SIO, nie będzie więc on wyróżniony w dalszym tekście.

6.2.1. Realizacja sprzętowa protokołu przez procesor 8044 z rodziny RUPI 44

W przypadku zastosowania procesora 8044 funkcje transmisyjne przejmowane są przez jednostkę SIU, która pracuje współbieżnie z procesorem nadrzędnym o strukturze 8051. Komunikacja między SIU a 8051 odbywa się na zasadzie przerw. Istnieje możliwość programowego ustawienia SIU w tryb AUTO. Wówczas SIU sprzętowo (tzn. bez udziału oprogramowania i bez angażowania 8051) realizuje protokół SDLC, przekształca otrzymywane/nadawane dane z/na kod NRZI, wyznacza i sprawdza kod kontrolny CRC-CCITT. Ponadto sprawdza pole adresowe ramki (por. p. 6.4.1) i w przypadku zgodności zawartości tegoż pola z adresem urządzenia podporządkowanego czyta resztę zawartości ramki. W przeciwnym zaś przypadku pomija resztę zawartości ramki. Poza tym SIU w trybie AUTO automatycznie realizuje cały protokół komunikacyjny magistrali miejscowej BITBUS (opisany w p. 6.4) wysyłając i odpowiednio reagując na pole sterujące ramki. Mianowicie bez udziału procesora 8051 SIU jest w stanie wysyłać i odebrać ramki o zawartości pola sterującego REJ, UA oraz obydwie ramki służbowe : RR i RNR. Ponadto SIU automatycznie modyfikuje liczniki Nr i Ns (por. p. 6.4 i dalsze) ułatwiając realizację protokołu przesyłania wiadomości magistrali miejscowej.

W opisywanym przypadku po linii transmisyjnej przesyłane są ramki, które składają się z poszczególnych bajtów (jednostek ośmiobitowych) dla ujednoczenia nazywanych w dalszym tekście paczkami ośmiobitowymi.

6.2.2. Realizacja sprzętowa protokołu przez procesor 8051 bez układu interfejsu szeregowego Z80 SIO

W omawianym przypadku realizacją protokołu komunikacyjnego jest obciążony wyłącznie procesor 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 reżymie 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) tworząc w ten sposób paczkę danych złożoną z 11 bitów. 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 1 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.

W odróżnieniu od przypadku, w którym wykorzystano procesor 8044 tylko jedna funkcja konieczna do realizacji protokołu komunikacyjnego BITBUS jest realizowana sprzętowo - w sposób automatyczny. Chodzi tu o rozpoznawanie pola adresowego ramki (por. p. 6.3.1). Inne funkcje, w tym także rozpoznawanie zgodności adresu, muszą być realizowane programowo.

6.2.3. Realizacja sprzętowa protokołu przez procesor 8051 z układem interfejsu szeregowego Z80 SIO

Omawiany obecnie przypadek stanowi wariant pośredni między sytuacją opisaną w p. 6.2.1 a sytuacją omówioną w p. 6.2.2. Transmisją kieruje procesor 8051, jednakże część zadań związanych z realizacją protokołu komunikacyjnego BITBUS przejmuje na stałe układ interfejsu szeregowego Z80 SIO. Należą do nich: realizacja protokołu SDLC, wyznaczenie i sprawdzanie kodu kontrolnego CRC - CCITT. Ponadto odpowiednio zaprogramowane Z80 SIO sprawdza pole adresowe ramki (por. p. 6.4.1) i w przypadku zgodności zawartości tegoż pola z adresem urządzenia podporządkowanego czyta resztę zawartości ramki. W przeciwnym zaś przypadku pomija resztę zawartości ramki. Jednakże w odróżnieniu od SIU w trybie AUTO (por. p. 6.2.1) układ interfejsu szeregowego Z80 SIO nie jest w stanie

automatycznie zrealizować pozostałych części protokołu komunikacyjnego BITBUS, a więc wysyłania i reakcji na odebrane ramki z polem sterującym REJ, UA oraz ramek służbowych: RR i RNR. Z80 SIO nie potrafi modyfikować liczników Nr i Ns (por. p. 6.4 i dalsze).

W omawianym przypadku po linii transmisyjnej przesyłane są ramki, które składają się z poszczególnych bajtów (jednostek ośmiobitowych). Dla ujednoczenia dalszego tekstu będą one nazywane paczkami ośmiobitowymi.

6.3. Podstawowe zasady transmisji w protokole BITBUS

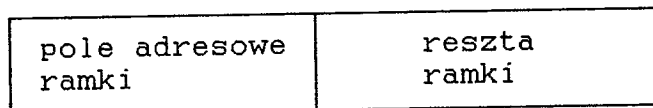
Podstawowa zasada działania protokołu komunikacyjnego BITBUS głosi, że urządzenie podporządkowane samo nigdy nie inicjuje wymiany komunikatów. Zaczyna ono dopiero transmisję w odpowiedzi na komunikat pochodzący z urządzenia sterującego magistrali miejscowej. W związku z tym opis współdziałania obu urządzeń w trakcie wymiany komunikatów wchodzących w skład protokołu komunikacyjnego wygodnie jest rozpocząć od sytuacji, w której urządzenia podporządkowane wykonują zleczone im uprzednio zadania, bądź też nie wykonują żadnych zadań, a także znajdują się w stanie uniemożliwiającym im odczytanie dowolnej paczki ośmiobitowej lub 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. 6.3.1.

pole adresowe ramki	pole opóźniające ramki	reszta ramki
---------------------	------------------------	--------------

Rys. 6.3.1. Schemat formatu ramki

W przypadku paczki jedenastobitowej 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. 6.4.1). Bit specjalnego przeznaczenia ma tu wartość 1. Implikuje on 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 wspomniane urządzenie podporządkowane przygotowuje się do odebrania pól oznaczonych skrótowo na rys. 6.3.1 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.



Rys. 6.3.2. Schemat formatu ramki właściwej

W przypadku paczki ośmiobitowej (por. p. 6.2.1 i 6.2.3) ramka składa się z ramki właściwej o konstrukcji przedstawionej na rys. 6.3.2, która poprzedzona jest i kończona specyficznym bajtem synchronizacyjnym o zawartości 7EH. Bajt ten jest w sposób automatyczny wstawiony w przypadku przesyłania - i rozpoznawany, a następnie pomijany - w przypadku odbioru - zarówno przez SIU wchodzące w skład RUPI 44 jak i przez Z80 SIO. Pole adresowe stanowi następną paczkę ośmiobitową przychodzącą bezpośrednio po bajcie o zawartości 7EH. Dalsze postępowanie jest tu analogiczne jak w przypadku paczek jedenastobitowych. Mianowicie, po stwierdzeniu zgodności bajtu adresowego z fizycznym adresem urządzenia podporządkowanego, to ostatnie przygotowuje się do odebrania pól oznaczonych

skrótowo na rys. 6.3.2 jako reszta ramki. W przeciwnym zaś przypadku (tzn. gdy bajt adresowy różni się od bajtu fizycznego) urządzenia powraca do swego poprzedniego stanu.

W przypadku paczki jedenastobitowej (rys. 6.3.1) w skład ramki wchodzi opcjonalne (w zależności od implementacji) pole opóźniające. Składa się ono z samych zer oraz bitu 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 zakłócana. Jedyne urządzenie podporządkowane chwilowo przystosowane do odbioru jedenastobitowych paczek z wyzerowanym bitem specjalnego przeznaczenia także nie reaguje na pole opóźniające ramki. 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, w przypadku paczek jedenastobitowych urządzenie nadrzędne magistrali miejscowej (MASTER) 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, łącznie z polem adresowym: W przypadku zaś paczek ośmiobitowych urządzenie nadrzędne oczekuje na bajt synchronizacyjny o zawartości 7EH. Rozwiązanie to umożliwia uniknięcia powtórnego przerywania pracy procesorów komunikacyjnych pozostałych urządzeń podporządkowanych.

Dalsze szczegóły dotyczące zawartości poszczególnych pól ramki zostaną omówione w kolejnych punktach bieżącego rozdziału. Dla krótkości w przypadku paczek jedenastobitowych pomijać się w nich będzie wyżej przedstawione informacje dotyczące bitów startowego, stopu oraz bitu specjalnego przeznaczenia, koncentrując się jedynie na bajtach danych. Umożliwi to jednolity opis działania protokołu bez odwoływania się do szczegółów implementacyjnych.

6.4. Protokół komunikacyjny magistrali miejscowej

W tym punkcie zostanie opisany pełny format ramki, a następnie bajty danych poszczególnych jej pól.

6.4.1. Format ramki

pole adresowe ramki	pole opóźniające ramki (czasem nie występuje)	pole sterujące ramki	pole informacyjne ramki (opcjonalne)	pole zabezpieczające ramki
---------------------	---	----------------------	--------------------------------------	----------------------------

Rys.6.4.1. Pełny format ramki

Ramka zawiera trzy do pięciu pól. Przedstawiono je schematycznie na rys. 6.4.1. 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 i pojawia się jedynie przy paczkach jedenastobitowych. Zawartość tego pola oraz spełniana przez nie rola zostały omówione w p. 6.3. Pole opóźniające może jednak nie występować w niektórych implementacjach z paczkami jedenastobitowymi, szczególnie w ramach kierowanych od urządzenia podporządkowanego do urządzenia nadrzędnego 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 0FFH (wartość 00H jest zastrzeżona). Jeśli ramka jest przekazywana od urządzenia nadrzędnego 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. 6.4.2), 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. 6.4.2.

pole informacyjne ramki - zawiera od 0 (brak) do 255 paczek ośmio lub jedenastobitowych. Występuje jedynie w ramkach informacyjnych, tzn. w takich, w których zerowy i czwarty bit bajtu danych pola sterującego równa się, odpowiednio, 0 i 1 (por. p. 6.4.2);

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).

6.4.2. Pole sterujące ramki

W protokole komunikacyjnym specyfikuje się trzy rodzaje ramek (podobnie zresztą jak i komunikatów): synchronizacyjne, służbowe i informacyjne. W zależności od nich pozostaje zawartość bajtu danych pola sterującego ramki. W przypadku ramki synchronizującej 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. 6.4.2.

MSB	LSB
1 0 0 1 0 0 1 1	-SNRN
0 1 0 1 0 0 1 1	-DISC
1 0 0 1 0 1 1 1	-REJ
0 1 1 1 0 0 1 1	-UA

LSB - najmniej znaczący bit

MSB - najbardziej znaczący bit

Rys.6.4.2. Bajty danych pól sterujących ramek synchronizacyjnych

Kody SNRM i DISC są używane przy przesyłaniu od urządzenia nadrzędnego magistrali miejscowej (MASTER) do urządzenia podporządkowanego (SLAVE), 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 Ns i Nr (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 nadrzędne dla rozpoczęcia procesu resynchronizacji, tzn. wymuszenia przejścia odpowiedniego urządzenia podporządkowanego do stanu nieczynnego w celu późniejszego sprowadzenia go ponownie do stanu aktywnego. DISC wysyła się w odpowiedzi na REJ (patrz wyżej), w przypadku włączenia urządzenia nadrzędnego magistrali miejscowej, bądź też po stwierdzeniu przez urządzenie nadrzędne nienaprawialnego błędu (tj. niezdefiniowanej zawartości bajtu danych pola sterującego lub błędu stanu liczników Ns oraz 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 ono 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 nadrzędnym magistrali miejscowej a urządzeniem podporządkowanym. Pozwala to na kontrolowanie prawidłowości przebiegu wymiany ramek informacyjnych. Bajty danych pól sterujących ramek służbowych przedstawiono na rys. 6.4.3.

MSB	LSB
X X X 1 0 0 0 1	-RR
X X X 1 0 1 0 1	-RNR

Licznik N_r

LSB - najmniej znaczący bit

MSB - najbardziej znaczący bit

Rys.6.4.3. Bajty danych pól sterujących ramek służbowych

Istnieją dwa rodzaje ramek służbowych:

- RR - (and. Receiver Ready) - w ten sposób urządzenie nadrzędne magistrali 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 nadrzędne magistrali miejscowej zobowiązane jest wysłać ramkę informacyjną powtórnie.
- jest wykorzystywane przez urządzenie nadrzędne 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 Nr (patrz rys. 6.4.3) urządzenia nadawczego, w którym przekazuje się informację o liczbie ramek służbowych oraz informacyjnych przyjętych do tej pory przez urządzenie nadawcze. Zawartość Nr jest porównywana z licznikiem Ns urządzenia odbierającego (Ns wskazuje na liczbę ramek służbowych oraz informacyjnych wysyłanych do nadajnika). Jeśli nie jest spełniona żadna z równości: $Nr = Ns$; $Nr = Ns + 1$, 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 licznik Nr oraz Ns urządzenia nadawczego, jak pokazano na rys. 6.4.4.

MSB
LSB
X X X 1 X X X 0

—————
—————
 Licznik N_r Licznik N_s

LSB - najmniej znaczący bit

MSB - najbardziej znaczący bit

Rys. 6.4.4. Bajty danych pola sterującego ramki informacyjnej

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.

6.5. Protokół przesyłania wiadomości magistrali miejscowej

Protokół przesyłania wiadomości magistrali miejscowej służy do transmisji zadań między urządzeniem nadrzędnym a urządzeniami podporządkowanymi. W tym celu wykorzystywany jest schemat polegający na wysyłaniu poleceń przez urządzenie nadrzędne 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. 6.5.1.

Pole	L
Pole	F
Pole	NA
Pole	T
Pole	C/R
Pole	parametrów (opcjonalne)

Rys.6.5.1. Zawartość pola informacyjnego ramki informacyjnej stosowanej w protokole przesyłania wiadomości

6.5.1. Format pola informacyjnego ramki informacyjnej

Pole informacyjne ramki informacyjnej protokołu przesyłania wiadomości składa się z pięciu lub sześciu (pod)pól przedstawionych na rys. 6.5.1. 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 ośmio lub jedenastobitowych o strukturze opisanej w p. 6.2.2 (w przypadku paczek jedenastobitowych z wyzerowanym bitem specjalnego przeznaczenia). Podobnie jak w p. 6.4 zajmiemy się teraz dla krótkości omawianiem jedynie bajtów danych poszczególnych pól:

pole L (ang. Length) – zawiera jeden bajt o wartości od 07H do OFFH włącznie. Wskazuje on na długość całego pola informacyjnego (dokładniej, jego wartość równa się powiększonej o 7 liczbie paczek bitów znajdujących się w polu Parametry);

pole F (ang. Flags) – zawiera jeden bajt danych, którego każdy bit ma inne znaczenie. Omówiono je dokładniej w p. 6.5.2;

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. 6.5.3;

pole C/R (ang. Command/Response) - zawiera jeden bajt wykorzystywany zarówno przez zadania użytkownika (patrz też p. 6.6.3) jak i przez sam protokół przesyłania wiadomości. W tym przypadku pole C/R używane 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

01H do 7FH - znaczenie określone przez użytkownika

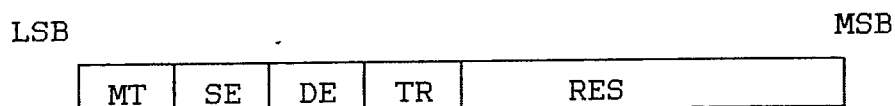
zaś pozostałe - w zależności od implementacji, najczęściej jednak zarezerwowane przez system (patrz np. p. 6.6.4);

pole parametrów - jedyne pole, które nie musi występować w polu informacyjnym ramki informacyjnej wchodzącej w skład protokołu przesyłania wiadomości. Jeśli zaś pojawia się ono 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. 6.6.

6.5.2. Zawartość pola F

Bajt danych pola F składa się z pięciu części pokazanych na rys. 6.5.2. Są one następujące:



Rys.6.5.2. Zawartość bajtu danych pola F

MT (ang. Message Type) - jeden bit informujący o kierunku przesyłania wiadomości. Jeśli $MT = 0$, to transmisja zachodzi od urządzenia nadrzędnego magistrali miejscowej 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 nadrzędnego magistrali miejscowej ($SE = 1$), czy też samego urządzenia nadrzędnego ($SE = 0$);

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.

6.5.3. Zawartość pola T

Bajt danych pola T składa się z dwóch czterobitowych części (patrz rys. 6.5.3):



Rys.6.5.3. Zawartość bajtu danych pola T

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.

6.6. 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. 6.5. Sam zaś protokół zdalnego sterowania i dostępu można zdefiniować specyfikując pole C/R i pole parametrów oraz podpole DT pola T (patrz rys. 6.5.1 i 6.5.3).

6.6.1. Pole DT

Kodem zadania (zawartością czterobitowego pola DT) odpowiadającego protokołowi zdalnego sterowania i dostępu jest 0H. 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 wariant DT = 0H można wykorzystać do specyfikacji zadania innego rodzaju zlecanego wspomnianemu urządzeniu podporządkowanemu.

6.6.2. Pole C/R i pole parametrów

Zawartości pola C/R i pola parametrów są ściśle ze sobą związane. Zgodnie z uwagami zamieszczonymi w p. 6.5.1 pole parametrów ma dowolną długość ograniczoną od góry przez 248 paczek ośmio lub jedenastobitowych. Jednakże w przypadku zastosowania protokołu zdalnego sterowania i dostępu musi istnieć możliwość tworzenia omawianego pola o długości co najmniej 13 paczek ośmio lub jedenastobitowych.

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. 6.5.2) zaś w przypadku tych drugich wartością bitu MT pola F jest 1.

6.6.3. 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 sprowadzania urządzenia podporządkowanego do stanu początkowego określanego w odrębny sposób dla każdej implementacji. Związane z tym pole parametrów ma zerową długość. Polecenie RS jest jedynym 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 pamięci. Pole parametrów zawiera wskaźnik będący adresem uruchamianego zadania. Adres ten jest przesyłany w odwrotnej kolejności niż większość elementów protokołu komunikacyjnego. Innymi słowy jako pierwszy występuje najbardziej znaczący bit. Postać wskaźnika zadania (a w związku z tym i długość pola parametrów) zależy od konkretnej implementacji. Prawidłowa odpowiedź na CT ma niezmienione pole 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 0H jest zarezerwowany dla zadań związanych z protokołem 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 w 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:

00H-brak zadania

01H-zadanie protokołu zdalnego sterowania

02H-7FH-zarezerwowane

80H-FEH-definiowane przez użytkownika

FFH-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 i także wykonywane (analogiczny efekt można 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.

Polecenia wejścia/wyjścia umożliwiają urządzeniu sterującemu magistrali miejscowej dostęp do portów (o numerach od 00H do 0FFH (dowolnego urządzenia podporządkowanego). Wszystkie one mają taki sam format pola parametrów. Pokazano go na rys. 6.6.1.

LSB

MSB

Adres portu 1	
Bajt danych 1	
Adres portu 2	
Bajt danych 2	
Adres portu 3	
Bajt danych 3	
.....	
Adres portu N	
Bajt danych N	

Rys.6.6.1. Format pola parametrów poleceń wejścia/wyjścia

Ogólnie mówiąc pole parametrów składa się z pewnej liczby paczek ośmio lub jedenastobitowych, z których pierwsza zawiera bajt danych specyfikujący numer (adres) portu urządzenia podporządkowanego udostępnianego urządzeniu nadrzędnemu 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 zapisywania wyniku powstałego na skutek wykonania polecenia. Odpowiedzi na polecenie wejścia/wyjścia mają wyzerowany bajt danych pola C/R, a w polu parametrów niezmienione bajty numerów portów. Zawartość pozostałych bajtów pola parametrów zależy od konkretnego polecenia i będzie omówiona poniżej.

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 ośmio lub jedenastobitowych o numerach parzystych pola parametrów zapisywany 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:

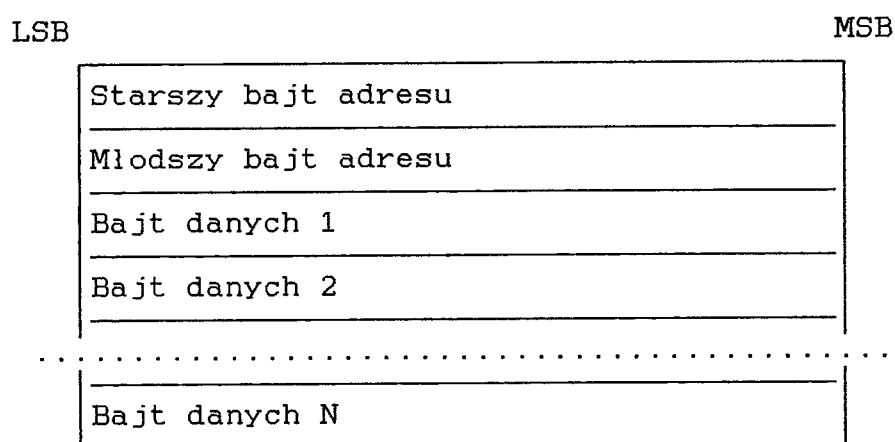
UI/O (ang. Update I/O ports) - kod 07H. Wykonuje się operację zapisu do wymienionych portów.

ORI/O (ang. OR I/O ports) - kod 0AH. Wykonuje się operację logicznego OR na zawartości portów i argumentów 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 wykonana 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 pomiędzy pamięciami urządzenia nadrzędnego magistrali miejscowej oraz urządzenia podporządkowanego. Towarzyszy temu specyficzny format pola parametrów, który pokazano na rys. 6.6.2.

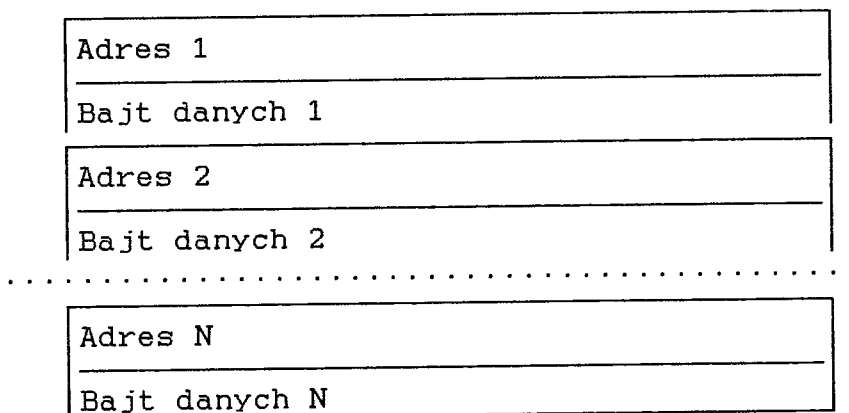


Rys. 6.6.2. Format pola parametrów poleceń dotyczących pamięci

Liczbę przesyłanych paczek ośmio lub jedenastobitowych (a więc i umieszczonych w nich bajtów danych) wyznacza się odemując liczbę dziewięć od wartości bajtu pola danych L wziętego z pola informacyjnego ramki. Adres wynikający z konkatencji 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 pozostałymi bajtami danych pola parametrów zapelnionymi 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 wyspecyfikowanego 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.



Rys.6.6.3. Format pola parametrów poleceń dotyczących stanu

Polecenie 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. 6.6.3. Jest on w zasadzie analogiczny do formatu pola

parametrów poleceń wejścia wyjścia, z tą tylko 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 ODH - 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 pomiędzy SR i RI/O.

6.6.4. 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. 6.6.3. 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 punkcie 6.4 (patrz m. in. ramki synchronizacyjne w p. 6.4.2.). Jeżeli zaś błąd zostanie stwierdzony na poziomie protokołu przesyłania wiadomości, to wtedy będą uruchomione mechanizmy przeciwdziałające opisane w punkcie 6.5 (pole C/R poruszone w punkcie 6.5.1). W końcu błąd może zostać wykryty na poziomie 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 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 wywołane poleceniem CT ma ten sam identyfikator (patrz opis GFID w p. 6.6.3) co zadanie właśnie rozpoznane przez system operacyjny urządzenia podporządkowanego, oczywiście poza 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. 6.6.3.) po otrzymaniu polecenia protokołu zdanego sterowania i dostępu różnego od RS i różnego od RACP z bajtem danych w polu parametrów zawierającym 00H.

7. PARAMETRY TECHNICZNE MAGISTRALI MIEJSCOWEJ

Spodziewane parametry techniczne magistrali miejscowej silnie zależą od zastosowanego procesora. Dlatego też poniżej przedstawi się analizę wariantową.

7.1. Procesor 8044 z rodziny RUPI 44

W przypadku zastosowania procesora z rodziny RUPI 44 można uzyskać następujące parametry:

- szybkość transmisji 375 kbitów/s lub 187,5 kbitów/s w trybie synchronizowanym półdupleks;
- pełny protokół BITBUS;
- maksymalna liczba urządzeń podporządkowanych - 28;
- jedno wejście częstotliwościowe w urządzeniu podporządkowanym;
- długość magistrali zależna od typu kabla (będzie ona określona po badaniach).

7.2. Procesor 80C31 z rodziny MCS 51

W przypadku zastosowania procesora z rodziny MCS 51 uzyskane parametry będą zależały od tego, czy zostanie wykorzystany układ interfejsu szeregowego Z80 S10.

7.2.1. Mikroprocesor 80C31 bez układu interfejsu szeregowego

- szybkość transmisji 187,5 kbitów/s w trybie asynchronicznym;

- struktura znaku (11 bitów w znaku):
 - 1 bit startu
 - 8 bitów informacyjnych
 - 1 bit kontrolny umożliwiający pracę wieloprocesorową
 - 1 bit stopu

- mniejsza przepustowość informacyjna toru transmisyjnego ze względu na konieczność transmisji bitów startu, stopu oraz bitu kontrolnego w każdym znaku;

- bardzo mała sprawność transmisji ze względu na konieczność programowego wyliczania CRC;

- maksymalna liczba urządzeń podporządkowanych wynosi 28, przy czym czas obsługi będzie wielokrotnie dłuższy niż w przypadku procesora 8044;

- jedno wejście częstotliwościowe w przypadku procesora 80C31 i dwa wejścia częstotliwościowe w przypadku procesora 80C32;

- długość magistrali będzie zależna od typu kabla.

7.2.2. Mikroprocesor 80C31 z układem interfejsu szeregowego Z80 SIO

- szybkość transmisji 62,5 kbitów/s w trybie SDLC w trybie synchronizowanym zewnętrznym układem DPLL (w przeciwnym przypadku konieczność zastosowania dodatkowej linii transmisyjnej dla zegara);

- maksymalna liczba urządzeń podporządkowanych - 28;

- jedno wejście częstotliwościowe w przypadku procesora 80C31 i dwa wejścia częstotliwościowe w przypadku procesora 80C32;

- długość magistrali będzie zależna od typu kabla.

8. WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE

Urządzenia nadrzędne i podporządkowane zastosowane w sterowniku grupy robotów i ESP będzie wykonane na płycie drukowanej o wymiarach 160 x 233,4 mm z jednym złączem magistralnym 811064 i jednym złączem transmisyjnym typu 871 009 mocowanym na przedniej części płyty drukowanej pakietu. Złącze to będzie przeznaczone do połączeń magistrali miejscowej. Rozmieszczenie sygnałów na złączu przedstawiono w poniższej tabeli:

Lp	Nazwa sygn.	Nr pinu
1	+5VT	1
2	+5VT	6
3	TGND	2
4	TGND	7
5	DATA *	3
6	DATA	8
7	DCLK* /RTS*	4
8	DCLK/RTS	9
9	RGND	5

Dopuszcza się również inne wersje mechaniczne płyty urządzenia podporządkowanego w celu dopasowania jej do konstrukcji mechanicznej urządzeń obiektowych, szafek sterowniczych lub skrzynek zaciskowych.

9. WYMAGANIA ŚRODOWISKOWE

Poniżej podano wymagania środowiskowe opracowane wg. aktualnie obowiązujących norm. Dla porównania w zał. 1 zamieszczono wymagania środowiskowe wymieniane w dokumentach IEC.

9.1. Warunki użytkowania

Urządzenia magistrali miejscowej powinny być odporne i wytrzymałe na wpływy środowiska ujęte w poniższych punktach.

9.1.1. Temperatura i wilgotność

Lokalizacja B3 wg. tablicy 3 z PN-80/M-42020

Temperatura 5-40°C

Wilgotność 5-95%

Maksymalna zawartość pary wodnej na 1 kg powietrza
0.028 kg

9.1.2. Ciśnienie

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

Odporność na ciśnienie 66-106 kPa

9.1.3. Wibracje sinusoidalne

Odporność na wibracje sinusoidalne odwzorowane wibracjami próby Fc

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

- częstotliwość poniżej 55 Hz

- amplituda przemieszczenia 0,35 mm

9.1.4. Udary mechaniczne

- brak uderzeń mechanicznych

9.1.5. Natężenie zewnętrznych pól magnetycznych

- do 400 A/m

9.1.6. Zmiany parametrów zasilania

- przy zasilaniu 24 V tolerancja napięcia -15--+10%
- przy zasilaniu 220 V tolerancja napięcia -15--+10%
- tolerancja częstotliwości 50 Hz +-2%

9.1.7. Pozostałe czynniki środowiskowe

- skład atmosfery:
 - bez agresywnych par i gazów, cieczy i pyłów (przewodzących i nieprzewodzących)
 - brak pleśni i bezpośredniego nasłonecznienia

9.1.8. Poziom zakłóceń elektromagnetycznych

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

9.1.9. Stopień ochrony obudowy mechanicznej

IP30 (postuluje się IP50 - ochrona przed pyłem)

9.2. Przechowywanie i transport

Urządzenia magistrali miejscowej powinny być wytrzymałe na warunki przechowywania i transport zgodnie z treścią poniższych punktów.

9.2.1. Temperatura i wilgotność

Lokalizacja C1 wg. tablicy 4 z PN-80/M-42020

Temperatura -25 - 55°C

Wilgotność 5-100%

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

9.2.2. Wibracje sinusoidalne

Lokalizacja N2 wg. tablicy 6 z PN-80/M-42020

9.2.3. Udary mechaniczne

Odwzorowane udarami wielokrotnymi próby Eb działającymi kolejno wzdłuż trzech osi prostopadłych opakowania przy następujących parametrach:

- przyspieszenie szczytowe udaru 9 m/s
- czas trwania udaru 16 ms
- liczba uderzeń dla jednego kierunku 1000 Fb

9.3. Wymagania kompatybilności elektromagnetycznej

9.3.1. Poziom zakłóceń radioelektrycznych przewodzonych do obwodów zasilania

- wg. PN-69/E-02031 dla grupy 9 urządzeń. Poziom N.

9.3.2 Poziom zakłóceń elektromagnetycznych środowiska

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

9.3.3. Odporność i wytrzymałość na zakłócenia

Odporność i wytrzymałość urządzeń podporządkowanych magistrali miejscowej wg. tabeli 5 z PN-86/E-06600 (patrz tabela 1).

TABELA 1.

Lp	Wymaganie i umowny sygnał zakłócający	Dla obwodu zasilania uziemienia		Dla obwodu interfejsowego		Wyko- nanie
		poziom	metoda sym.	poziom	metoda sym.	
1	a. impulsowe nano-sekundowe 5/50ns	2kV	SN10	1kV	SE10	W2
	b. impulsowe dużej energii 1,2/50ns energia impulsu 4J	2kV	SN30 SS30	1kV	SM30	
	c. ciągle sinusoidalne w zakresie 30Hz-1GHz w tym -o częstotl. sieci	-	-	20A lub 250V	SM30	
	d. dynamiczne zmiany napięcia zasil.	$U_n / 0 -$ 20ms $0,85U_n$ /0- 10ms	SS70	-	-	
2	a. wielokrotne włączanie i wyłączanie	X	X	-	-	W2
	b. dynamiczne zmiany napięcia zasilania -zanik napięcia	X	SS70	-	-	

9.3.4. Odporność na zakłócenia elektryczne statyczne oraz pola elektromagnetyczne i impulsowe w.cz.

- zostanie określona po badaniach.

10. PROBLEMATYKA URUCHOMIENIA PRODUKCJI

10.1. Aparatura i urządzenia specjalistyczne

Obok standardowej aparatury i urządzeń używanych w fazie produkcji i uruchamiania cyfrowego sprzętu automatyki niezbędne są następujące narzędzia:

w przypadku realizacji sprzętu na mikroprocesorze 80C31:

- emulator mikroprocesora z rodziny MCS 51;
- symulator programowy mikroprocesora z rodziny MCS 51;
- kompilator języka C dla mikroprocesora z rodziny MCS 51;
- zestaw assemblerów skrośnych dla mikroprocesora z rodziny MCS 51

Narzędzia te są obecnie dostępne w OAE. Należą do nich: emulator firmy Microtek - MICE II S, symulator programowy procesora 8051 firmy 2500AD Software Inc.

w przypadku realizacji sprzętu na mikroprocesorze 8344 (z rodziny RUPI 44):

- emulator mikroprocesora z rodziny RUPI 44;
- symulator programowy mikroprocesora z rodziny RUPI 44;
- kompilator języka C dla mikroprocesora z rodziny RUPI 44;
- zestaw assemblerów skrośnych dla mikroprocesora z rodziny RUPI 44.

Narzędzia te nie są obecnie dostępne w OAE. Zastępczo można wykorzystać narzędzia przystosowane dla mikroprocesora z rodziny MCS 51, gdyż w strukturze mikroprocesora 8344 zawarty jest rozbudowany mikroprocesor 8051.

10.2. Trudno dostępne materiały

Większość materiałów stosowanych przy realizacji magistrali miejscowej pochodzi z importu z II obszaru płatniczego. Należą do nich:

- mikroprocesor 8344 (bez pamięci ROM/EPROM)

lub alternatywnie

- mikroprocesor 80C31 (bez pamięci ROM/EPROM);
- Z80 SIO, w przypadku urządzenia podporządkowanego wersja CMOS -Z80CA-SIO;
- nadajniki i odbiorniki linii RS 485;
- szybkie transoptory niezbędne w układach transmisyjnych.

11. ANALIZA EKONOMICZNA

11.1. Nakłady na prace badawczo-rozwojowe (B+R)

1.Opracowanie założeń	5,5.....mln zł
2.Wykonanie i badania modeli.....	90.....mln zł
3.Uruchomienie prototypów, badania pełne i KEM oraz badania patentowe.....	110.....mln zł
4.Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej, DTR, WTO i instrukcji uruchomienia	8... ..mln zł

11.2. Określenie górnej ceny urządzeń magistrali miejscowej

11.2.1. Urządzenia z wykorzystaniem mikroprocesora 8344 z rodziny RUPI 44.

Koszty te nie są znane. W celu uzyskania cen zostały podjęte rozmowy z firmą Dragon Electr. i Shop - tronic oraz wysłano teleksy do firm: Della Schiava - Electronics Monachium, HZD - Berlin Zach., Bagara - Wiedeń.

11.2.2. Urządzenia z wykorzystaniem mikroprocesora 80C31 z rodziny MCS 51

- urządzenie nadrzędne (MASTER)

koszt materiałów.....	400.....	tys. zł
koszt wykonania.....	250.....	tys. zł
zysk (20%).....	130.....	tys. zł
górna cena.....	780.....	tys. zł

- urządzenie podporządkowane (SLAVE)*

koszt materiałów.....	350.....	tys. zł
koszt wykonania.....	250.....	tys. zł
zysk (20%).....	120.....	tys. zł
górna cena.....	720.....	tys. zł

* dotyczy tylko kosztów sprzężenia z magistralą miejscową BITBUS i jednostką centralną sterownika grupy robotów i ESP.

11.3. Efekty ekonomiczne

Efekty ekonomiczne wynikające z opracowania i wdrożenia do produkcji urządzeń magistrali miejscowej powstaną zarówno u producenta jak i użytkownika. Te ostatnie są trudne do oszacowania. Uzależnione są one 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 pomiędzy ceną zbytu, a kosztami wytwarzania. Zakładając, że w skład jednej instalacji magistrali miejscowej wejdzie średnio 20 urządzeń podporządkowanych i przyjmując roczne wytwarzanie średnio 50 sterowników, otrzymamy następujący poziom produkcji rocznej: 50 urządzeń sterujących i 1000 urządzeń podporządkowanych.

Zysk roczny wynosi wówczas:

$$Z = 50 * 780.000 * 20\% + 1000 * 720.000 * 20\% = 151,8 \text{ mln. zł}$$

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

$$T = B + R = 213,5/151,8 = 1,5 \text{ roku}$$

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

12. 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 zostanie podjęta w pionie produkcji DW PIAP oraz w MERA PNEFAL. Istnieje również możliwość wytwarzania przez MERA ZAP.

13. WYKORZYSTANE MATERIAŁY I DOKUMENTY

1. Instrument Society of America. Standards and practices 50. Draft - Functional guidelines. May 1987. ISA-SP50-1987-17-E
2. International Electrotechnical Commission. 65C (Secretariat) 62 Field Bus Standard for use in industrial control systems. Functional requirements. July 1987
3. FIP- A standard proposal for Fieldbus. Union Technique de l'electricite 46/Ge6-112
4. PROFIBUS PROPOSAL to ISA SP50 - outline - Feb., 1988
5. BITBUS. Interconnect Specification. INTEL Corp.
6. Katalogi firmy INTEL Corp.
7. Katalogi firmy TEXAS INSTR.
8. Katalogi firmy ZILOG
9. PN-80/M-42020. Automatyka i pomiary przemysłowe. Urządzenia - Ogólne wymagania i badania
10. PN-69/E-02031. Przemysłowe zakłócenia radioelektryczne - Dopuszczalne poziomy
11. PN-86/E-06600. Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń. - Ogólne wymagania i badania.
12. Electrical characteristics of balanced voltage digital interface circuits EIA RS-485

Załącznik 1

Wymagania środowiskowe opracowane na podstawie załącznika Nr.
2 dokumentu ACET/(Geneva/Chairman WG1) 5 JUNE 1986

1. Warunki użytkowania

1.1 Warunki klimatyczne

Praca stacjonarna w pomieszczeniach chronionych od wpływu pogody, inne (nie klimatyzowane) pomieszczenia pod dachem - 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/m ³ max 25 g/m ³
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/m ²
Promieniowanie ciepłe	zgodnie z tablicą 3 - klasa 3Z3 dla wyrobów w lokalizacji zabezpieczonej przed wpływami atmosferycznymi w pobliżu urzędzie przemysłowych.
Szybkość ruchu powietrza	1 m/s

Kondensacja wilgoci	brak
Opady niesione przez wiatr	brak
Intensywność opadu deszczu	brak
Minimalna temperatura deszczu	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 - 3M8 (zgodnie z tablicą 11) - miejsca zabezpieczone przed wibracjami i zabezpieczone przed wpływami atmosferycznymi.

Lokalizacja 3M1 - 4M1 (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

2. Transport

2.1. Warunki klimatyczne

Lokalizacja 2K4 (zgodnie z tablicą 12) - ochrona przed zjawiskami atmosferycznymi, brak wentylacji, mokre ściany i podłogi, brak ochrony przed promieniowaniem słonecznym.

Temperatura powietrza: min. - 40 °C
max. + 70 °C

Zmiany temperatury:
powietrze/powietrze - 40/+ 30 °C/°C
powietrze/woda + 40/+ 5 °C/°C

Wilgotność względna
przy stałej temperaturze max. 95 % (93 ± 3/2 %)
+ 45 °C (40 ± 2°C)
(proponuje się warunki w nawiasach jak w próbie Ca
IEC 68-2-3, PN - 84/E-04603)

przy gwałtownych zmianach temperatury powietrze /
powietrze max. 95 %, -40 °C/+30°C

Wilgotność bezwzględna
przy gwałtownych zmianach temperatury powietrze /
powietrze max. 60 g/m³, +70°C/+15°C

Minimalne ciśnienie atmosferyczne 70 kPa

Zmiany ciśnienia atmosferycznego brak

Szybkość ruchu powietrza 20 m/s

Opady deszczu 6 mm/min

Promieniowanie słoneczne 1120 W/m²
cieplne 600 W/m²

Woda ze źródeł innych niż deszcz **Brak-**

Zawilgocenie zawilgocenie powierzchni

2.2. Warunki mechaniczne

Lokalizacja 2M1 (zgodnie z tablicą 20):

Wibracje stacjonarne sinusoidalne

amplituda	3.5 mm	, 2 - 9 Hz
amplituda przyspieszenia	10 m/s ²	, 9 - 200 Hz
	15 m/s ²	, 200 - 500 Hz

Wibracje stacjonarne przypadkowe

gęstość widmowa przyspieszenia	1 m ² /s ³	, 10 - 200 Hz
w zakresie częstotliwości	0,3 m ² /s ³	, 200 - 2000 Hz
maksymalne przyspieszenie	typ I	100 m/s ²
przy widmie przenoszenia udaru	typ II	brak
(Patrz rys. 1 publikacji IEC 721-3-1,	721-3-2,	
721-3-3, 721-3-4)		
spadki swobodne (masa poniżej 20 kg)	0.25 m	
przewracanie (masa poniżej 20 kg)	+	
kołysanie	brak	
przyspieszenie stałe	20 m/s ²	
obciążenie statyczne	5 kPa	

2.3. Warunki mechaniczne transportu

Lokalizacja 2M1:

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

3. Składowanie

3.1 Warunki klimatyczne

Lokalizacja 1K5

Pomieszczenia częściowo chronione przed wpływem czynników atmosferycznych.. Ogrzewanie może być stosowane w celu podwyższenia niskich temperatur, szczególnie, gdy istnieją duże różnice pomiędzy warunkami tej klasy a otaczającym powietrzem. Warunkom klasy odpowiadają zwykle magazyny, pomieszczenia dla wyrobów odpornych na mróz, garaże, hangary.

Temperatura powietrza

w pomieszczeniach wentyl.	min. - 40 °C
	max. + 70 °C
niewietrzonych	-
zmiany temperatury powietrze/powietrze	-

Wilgotność względna

min. 10 %
max. 100 %

Wilgotność bezwzględna

min. 0.1 g/m³
max. 35 g/m³

Wilgotność połączona z szybkimi zmianami temperatury

brak

Ciśnienie powietrza

min. 70 kPa
max. 106 kPa

Promieniowanie słoneczne cieplne

1120 W/m²
10 W/m²

Ruch powietrza

5 m/s

Deszcz	brak
Oblodzenie, szronienie i skraplanie	tak

4. Warunki elektryczne:

Zasilanie AC i DC

24 V DC	min	- 15 %
	max	+ 10 %

Limity bezwzględne	min	19.2 V
	max	30.2 V

Wartość tętnień	max	5 %
-----------------	-----	-----

220 V AC	min	- 15 %
	max	+ 10 %

Częstotliwość	50 Hz	± 1 %	ciągłe
		± 2 %	krótkotrwałe

Zawartość harmonicznych:

do 10 fn	<	10 %	wartości globalnej
powyżej 10 fn	<	2 %	wartości globalnej

4.2. Zakłócenia elektryczne

(Klasa instalacji 3 wg. IEC 801-2 odpowiednik PN-86/E-06600)

A - Zasilanie i obwody dwustanowe (24V)

B - Analogowe we/wy, interfejsy komunikacyjne

	A	B
Rozładowania elektrostatyczne		
150 pF/150 Ω	8 kV	8 kV

Pole elektromagnetyczne	10 V/m	10 V/m
Szybkie impulsy 4 mJ/2 kV, 50 Ω	2 kV	0.5 kV
Tłumione oscylacje 200 Ω	1 kV	-

Przebiecia w punkcie glównego zasilania nie mogą przekraczać wytrzymałości elektrycznej izolacji.

Kategoria instalacji

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

Przebiecia nieokresowe

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