



MINISTERSTWO EDUKACJI  
i NAUKI



**Artur Rudnicki**

## **Projektowanie układów komunikacyjnych w urządzeniach i systemach mechatronicznych 311[50].Z1.05**

**Poradnik dla ucznia**

**Wydawca**

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy  
Radom 2005**

Recenzenci:

dr inż. Stanisław Derlecki

mgr inż. Andrzej Rodak

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr inż. Janusz Figurski

Korekta:

mgr Joanna Iwanowska

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[50].Z1.05. Projektowanie układów komunikacyjnych w urządzeniach i systemach mechatronicznych zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik mechatronik.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

---

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

# SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie</b>	3
<b>2. Wymagania wstępne</b>	4
<b>3. Cele kształcenia</b>	5
<b>4. Materiał nauczania</b>	6
<b>4.1. Komunikacja w mechatronice</b>	6
4.1.1. Materiał nauczania	6
4.1.2. Pytania sprawdzające	9
4.1.3. Ćwiczenia	9
4.1.4. Sprawdzian postępów	10
<b>4.2. FELDBUS</b>	11
4.2.1. Materiał nauczania	11
4.2.2. Pytania sprawdzające	20
4.2.3. Ćwiczenia	21
4.2.4. Sprawdzian postępów	22
<b>4.3. Projektowanie układów komunikacyjnych</b>	23
4.3.1. Materiał nauczania	23
4.3.2. Pytania sprawdzające	27
4.3.3. Ćwiczenia	27
4.3.4. Sprawdzian postępów	28
<b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>	29
<b>6. Literatura</b>	32

# 1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o projektowaniu układów komunikacyjnych i systemach mechatronicznych.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne, wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia, wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania, zbiór wiadomości teoretycznych niezbędnych do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy już opanowałeś materiał nauczania,
- ćwiczenia, które pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw zadań i pytań. Pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi, że dobrze pracowałeś podczas zajęć i że opanowałeś wiedzę i umiejętności z zakresu tej jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą.

## 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu nauczania jednostki modułowej powinieneś umieć:

- czytać podstawowe schematy elektroniczne,
- rozpoznawać urządzenia mechatroniczne,
- stosować algebrę Boole'a,
- tworzyć proste algorytmy i programy,
- obsługiwać komputer na poziomie podstawowym,
- korzystać z różnych źródeł informacji.

### 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

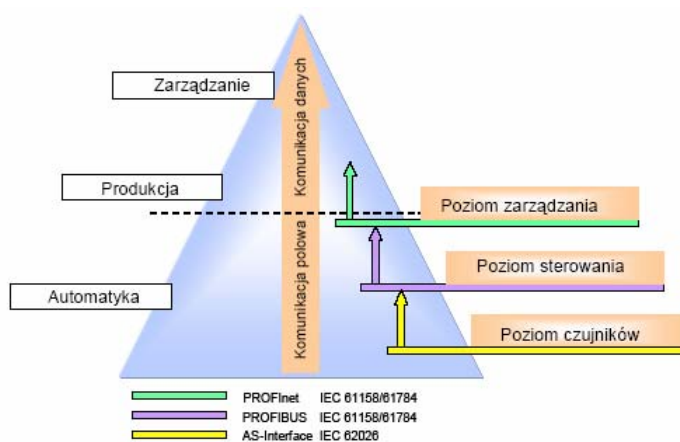
- opisać zadania i funkcje układów komunikacyjnych,
- opisać strukturę układów komunikacyjnych stosowanych w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- dobrać elementy układów komunikacyjnych,
- sporządzić dokumentację techniczną systemu mechatronicznego wykorzystującego wybraną sieć komunikacyjną,
- współpracować w grupie,
- poszukać specjalistycznych informacji w ogólnodostępnych źródłach informacji.

## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Komunikacja w mechatronice

#### 4.1.1. Materiał nauczania

Możliwość komunikacji urządzeń i systemów oraz spójna technologia przekazywania informacji stanowi podstawę koncepcji komunikacji systemów automatyki. Komunikacja łączy stacje w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej zapewniając dostęp do najniższej komórki obiektu. Hierarchiczny i zorientowany obiektowo system komunikacji, taki jak standard PROFIBUS z możliwością przejścia do innych poziomów: sieć AS-Interface lub Ethernet (poprzez PROFINet - rys.1), stwarza idealne możliwości do tworzenia sieci we wszystkich obszarach produkcji.



Rys.1 Komunikacja w mechatronice

#### Komunikacja przemysłowa

**Na najniższym poziomie obiektu AS-I** sygnały z binarnych czujników i elementów wykonawczych transmitowane są poprzez sieć sygnałową. Daje to prostą i stosunkowo taną technologię przesyłania danych i zasilania tym samym kablem. AS-Interface stanowi idealne rozwiązanie dla tego typu aplikacji i wymagań.

**Na poziomie polowym** rozproszone stacje takie jak moduły I/O, przetworniki, napędy, zawory i panele operatorskie komunikują się z systemem automatyki poprzez wydajny system komunikacji PROFIBUS. Transmisja danych procesowych odbywa się cyklicznie, podczas gdy dodatkowe przerwania, dane konfiguracyjne i diagnostyczne przesyłane są acyklicznie na żądanie. PROFIBUS w pełni spełnia te wymagania i daje uniwersalne możliwości komunikacji w automatyce.

**Na poziomie sterowania** sterowniki programowalne takie jak PLC i IPC komunikują się z innymi systemami IT i siecią biurową poprzez Ethernet, TCP/IP, Intranet oraz Internet. Tego typu informacje wymagają dużych pakietów danych i wydajnej komunikacji.

Podobnie jak PROFIBUS, oparty na bazie sieci Ethernet – standard PROFINet, spełnia stawiane tutaj wymagania.

**Sieci polowe** pozwalają na komunikację przemysłową z wykorzystaniem różnych mediów transmisji, takich jak kabel miedziany, światłowód lub komunikacja bezprzewodowa do połączenia różnych urządzeń polowych (czujniki, elementy wykonawcze, napędy, przetworniki) z jednostką centralną lub systemem nadrzędnym. Technologia sieci polowych została rozwinięta

w latach 80, a jej celem było zastąpienie powszechnie stosowanej techniki centralnego okablowania. Z powodu różnych wymagań i preferencji rozwiązań poszczególnych producentów, opracowano liczne systemy sieciowe na rynku. Większość oparto na standardzie IEC 61158 oraz IEC 61784. PROFIBUS jest integralną częścią tych standardów. Ostatnio zaczęły rozwijać się systemy komunikacyjne oparte na sieci Ethernet. Stwarza to duże możliwości komunikacyjne pomiędzy różnymi poziomami automatyki i siecią biurową. PROFInet stanowi przykład sieci opartej na systemie Ethernet.

**Zalety użytkowe** zapewniają bezpieczeństwo dalszego rozwoju technologii sieci polowych. Dodatkowo zapewniły redukcję całościowych kosztów, jak również wzrost wydajności i jakości systemów automatyki. Zalety są widoczne podczas konfiguracji, okablowania, eksploatacji i uruchomienia sieci, a także w trakcie pracy. Główną zaletą jest redukcja kosztów eksploatacyjnych sieci. Mamy również do dyspozycji bogatą diagnostykę i ważne informacje dla służb utrzymania ruchu i serwisu.

Sieci polowe znacznie zwiększyły elastyczność i wydajność instalacji, w porównaniu z tradycyjnymi technologiami.

## **Ogólne informacje o sieciach polowych**

Model referencyjny ISO/OSI opisuje komunikację pomiędzy stacjami w systemie sieciowym oraz definiuje zasady transmisji i interfejs wykorzystywany w danym protokole. W 1983r. Międzynarodowa Organizacja dla celów Standaryzacji (ISO) ustanowiła model referencyjny OSI („Open Systems Interconnection Reference Model”), który definiuje elementy, strukturę i zadania związane z komunikacją. Model został podzielony na siedem warstw (rys. 2). Każda z warstw spełnia określone funkcje w procesie komunikacyjnym. Jeżeli jednak system komunikacyjny nie wymaga którejś z funkcji, wtedy odpowiednia warstwa nie jest wykorzystywana, jest pomijana.

Protokoły komunikacyjne definiują sposób w jaki dwie lub więcej stacji wymieniają dane wykorzystując odpowiednie ramki komunikacyjne. Ramka danych zawiera różne pola związane z informacjami sterującymi meldunkami. Pole danych bieżących poprzedzane jest nagłówkiem (adres stacji źródłowej i docelowej oraz szczegóły związane z danym meldunkiem) oraz zakończone stopką w celu zabezpieczenia danych, z uwzględnieniem korekcji transmisji i wykrywaniem błędów. Cechą sieci polowych jest optymalna transmisja małej ilości danych, krytycznych czasowo oraz maksymalne uproszczenie procesu transmisji.

Kontrola dostępu do sieci (MAC, Medium Access Control) jest specjalną procedurą, która określa w jakim momencie stacja może wysyłać dane. Stacje aktywne mogą same rozpoczynać wymianę danych, a stacje pasywne mogą tylko rozpocząć komunikację jeżeli dostaną zapytanie od stacji aktywnej. Ponadto rozróżnia się procedury dostępu deterministyczne z pracą w trybie rzeczywistym – real-time oraz losowe, niedeterministyczne.

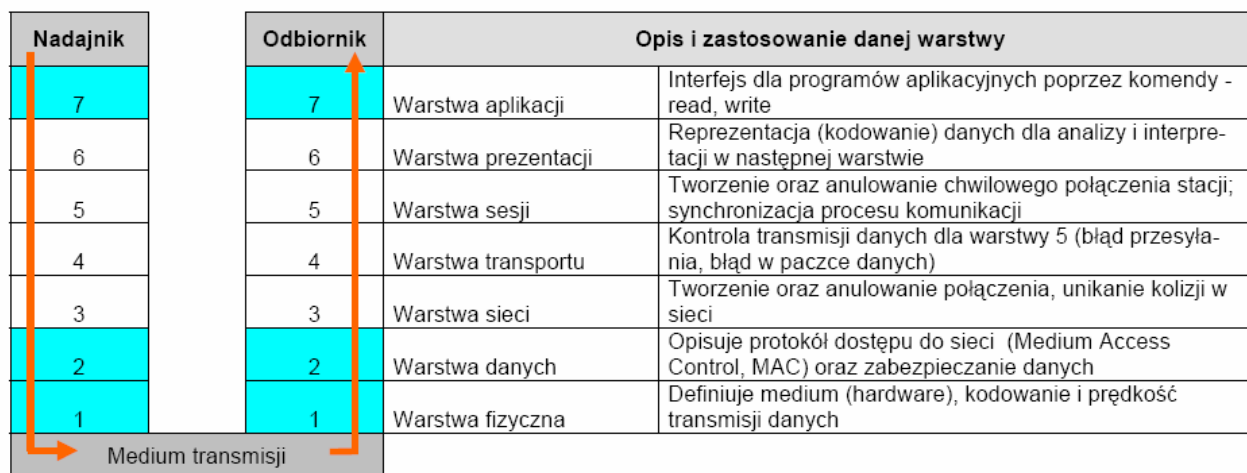
Adresowanie wymagane jest do jednoznacznej identyfikacji danej stacji. Nadawanie adresu odbywa się poprzez odpowiedni przełącznik adresowy (adresacja sztywna) lub przez odpowiedni parametr programowy (adresacja programowa).

Usługi komunikacyjne określają zadania komunikacyjne danej stacji związane z cykliczną oraz acykliczną wymianą danych. Ilość oraz typ usług komunikacyjnych jest określony przez obszar aplikacyjny danego protokołu. Rozróżnia się usługi zorientowane na sztywne połączenie (Connection-oriented – związane z procedurą potwierdzania i monitoringu) oraz usługi bez sztywnego połączenia (Connectionless). Druga grupa zawiera w sobie komunikaty typu multicast oraz broadcast, które przesyłane są do określonej grupy lub do wszystkich stacji.

Profile wykorzystywane są w komunikacji do definiowania właściwości i sposobu działania stacji, rodziny urządzeń lub całego systemu. Tylko urządzenia i systemy wykorzystujące profile niezależne od producenta, zapewniają wzajemną kompatybilność w sieci. Profile aplikacyjne odnoszą się przede wszystkim do urządzeń (stacji polowych, regulatorów) i zapewniają zgodność



wybranej komunikacji sieciowej z daną aplikacją urządzenia. Ten typ profilu służy producentowi do rozwoju urządzenia zgodnego z określonym profilem. Profile systemowe opisują klasy systemu (funkcjonalność, interfejs oraz narzędzia integrujące).



Rys. 2 Model referencyjny OSI

## Międzynarodowa standaryzacja

**Międzynarodowa standaryzacja** systemów sieciowych wymagana jest przede wszystkim ze względu na powszechną akceptację, zgodność i ogólne korzyści.

**Normę IEC 61158** zatytułowano „Cyfrowa komunikacja danych w sieciach polowych, pomiarowych i sterujących, do zastosowania w przemysłowych systemach sterujących” („Digital Data Communication for Measurement and Control – Fieldbus for Use in Industrial Control Systems”) i podzielono ją na 6 części oznaczonych jako 61158-1, 61158-2 i następne. Część 1 zawiera ogólny wstęp, podczas gdy poszczególne części ukierunkowane są na warstwy w modelu referencyjnym OSI (warstwa 1, 2 oraz 7); patrz tabela 1.

Tabela 1. Norma IEC 61158 podział

Dokument IEC 61158	Zawartość	Warstwa OSI
IEC 61158-1	Wstęp	
IEC 61158-2	Warstwa fizyczna – specyfikacja i definicja usług	1
IEC 61158-3	Definicja usług Data-link	2
IEC 61158-4	Specyfikacja protokołu wymiany danych	2
IEC 61158-5	Warstwa aplikacji – definicja usług	7
IEC 61158-6	Warstwa usług – specyfikacja protokołu	7

Różne części normy IEC 61158 definiują między innymi liczne usługi sieciowe i protokoły do komunikacji pomiędzy stacjami i w całości uważane są jako pełny zbiór, przy czym kolejne części określają poszczególne systemy sieciowe.

O różnorodności systemów sieciowych na rynku świadczy fakt, że w normie IEC 61158 zdefiniowano 10 „typów protokołów sieciowych” oznaczonych kolejno jako Typ 1 do Typ 10.

Norma IEC 61158 stwierdza, że komunikacja sieciowa (z definicji) możliwa jest tylko pomiędzy stacjami posługujących się tym samym typem protokołu.

**Norma IEC 61784** została zatytułowana jako „Zbiór profili dla systemów ciągłych i dyskretnych bazujących na sieciach polowych wykorzystywanych w przemysłowych systemach sterowania” („Profile Sets for Continuous and Discrete Manufacturing Relative to Fieldbus Use in Industrial Control Systems”). Połączenie z normą IEC 61158 ustanowiono przez następujący wpis: „Ten międzynarodowy standard (IEC 61784) określa zbiór profili danego protokołu komunikacyjnego opartego na bazie normy IEC 61158, do zastosowania przy realizacji urządzenia do komunikacji w układach sterowania i obsługi zakładów”.

Norma IEC 61784 określa, które zbiory ze wszystkich dostępnych zestawów „usług” oraz „protokołów” określonych w normie IEC 61158 (i innych standardach) wykorzystywane są przez dany system sieciowy do komunikacji. Zorientowane sieciowo „profile komunikacyjne” określone w ten sposób zebrano w „Grupie Profili Komunikacyjnych” – „Communication Profile Families (CPF)” według ich zastosowania w poszczególnych systemach sieciowych.

#### 4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Na czym polega komunikacja przemysłowa?
2. Co to są sieci polowe?
3. Wymień przykładowe sieci polowe
4. Co rozumiesz pod pojęciem zalet użytkowych sieci i wymień kilka z nich?
5. Wymień charakterystyczne cechy sieci polowych
6. Na czym polega adresacja sieci?
7. Na czym polega kontrola dostępu do sieci?

#### 4.1.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Wymień podstawowe elementy wchodzące w skład układu komunikacyjnego

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z kartą katalogową układu komunikacyjnego,
- 2) zanotować przy nazwie każdego urządzenia elementy wchodzące w skład układu komunikacyjnego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe układów komunikacyjnych,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

##### Ćwiczenie 2

Wymień i określ zastosowanie danej warstwy modelu komunikacyjnego

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w materiałach dydaktycznych informacje, o modelach komunikacyjnych,

---

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

- 2) zanotować rodzaje modeli,
- 3) wyszukać informację, jakie warstwy wchodzi w skład modelu komunikacyjnego,
- 4) zanotować przy nazwie warstwy jakie pełni zastosowanie,
- 5) scharakteryzować warstwy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe układów komunikacyjnych,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

### Ćwiczenie 3

Wskaż bloki funkcjonalne sieci polowych

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w literaturze informacje o sieciach polowych,
- 2) wyszukać w katalogach urządzeń informacje dotyczące bloków funkcjonalnych określonej sieci polowej,
- 3) zanotować, jakie elementy stanowią w określonych urządzeniach poszczególne bloki funkcjonalne.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe urządzeń,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

#### 4.1.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz?**

- |   | Tak                      | Nie                      |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) wyjaśnić pochodzenie słowa sieć?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) zdefiniować termin sieć polowa?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) określić, z jakich dziedzin wiedzy potrzebne były wiadomości do skonstruowania określonej sieci polowej? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) scharakteryzować bloki funkcjonalne sieci polowej?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) wskazać bloki funkcjonalne w określonej sieci polowej?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 4.2. FELDBUS

### 4.2.1. Materiał nauczania

Do łączenia przyrządów w obszarze maszyn produkcyjnych i urządzeń procesów przemysłowych, (dla połączenia sensorów z układem sterowania robotem), niezbędne są proste i tanie systemy magistral. Stosowane są tu najczęściej magistrale przewodowe typu skrętki, jako medium przesyłowe o łatwiejszych niż w przypadku sieci LAN procedurach dostępu do magistrali.

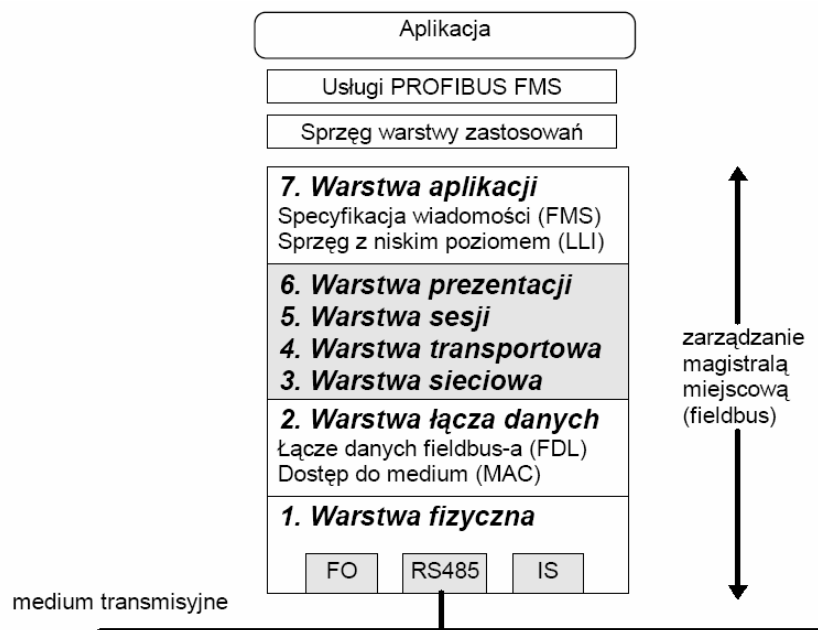
### PROFIBUS

Sieć **PROFIBUS** jest otwartą i standardową technologią komunikacyjną. PROFIBUS przewidziano dla aplikacji krytycznych czasowo oraz do kompleksowych zadań komunikacyjnych.

Komunikacja PROFIBUS oparta jest na międzynarodowym standardzie IEC 61158 oraz IEC 61784. Bazuje na magistrali miejscowej (FELDBUS) z rozproszonym sterowaniem, w którym komputery klasy master tworzą pierścień logiczny i zarządzają prawem wysłania za pomocą metody token-passing. Protokół PROFIBUS zezwala na długość sieci do 1200 metrów, a maksymalna liczba stacji równa jest 126. Protokół PROFIBUS wywodzi się z technik komunikacyjnych i bazuje na klasycznym modelu Client-Server z logicznymi połączeniami 1:1 i fizycznymi adresami.

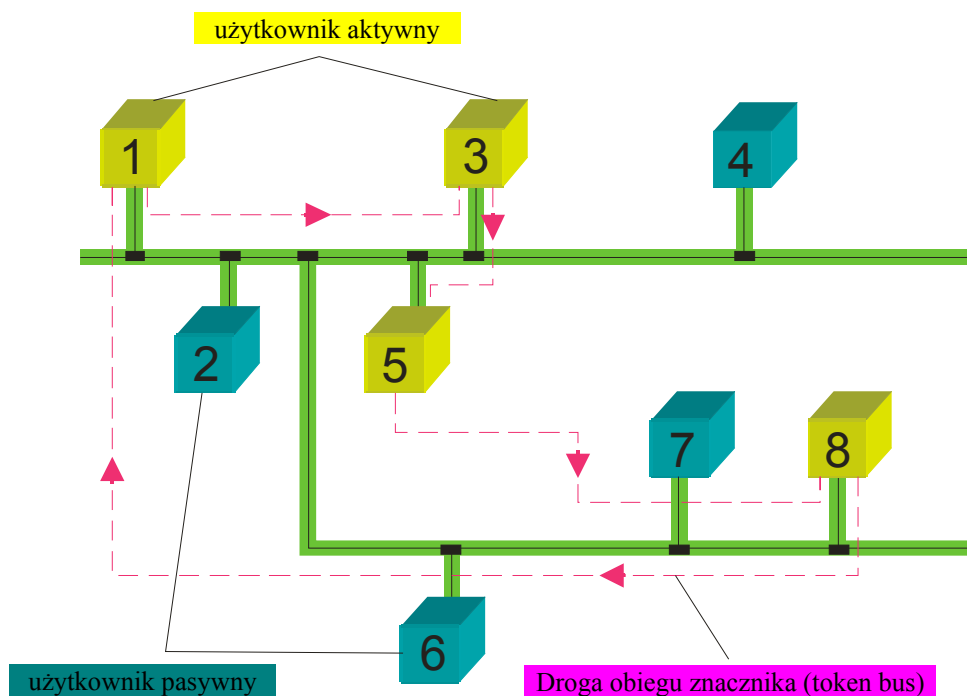
PROFIBUS wspomaga otwarte systemy komunikacyjne różnych producentów. W tym celu użyta jest koncepcja wirtualnego urządzenia VFD (Virtual Field Device). VFD jest obiektem komunikacyjnym, który dostarcza użytkownikom operacji niezależnie od stosowanych rzeczywistych urządzeń. Rozproszone procesy użytkownika komunikują się między sobą poprzez te abstrakcyjne sprzęgi (interfejsy). Dopasowanie rzeczywistych urządzeń do urządzeń wirtualnych następuje za pomocą sprzęgu warstwy zastosowań (Application Layer Interface), który nie jest składową protokołu PROFIBUS.

W protokole PROFIBUS pominięto warstwy: sieciową, transportową, sesji i prezentacji (rys. 3). Warstwa łącza danych podzielona została na dwie podwarstwy. Podwarstwa FDL (Fieldbus Data Link) uniezależnia funkcjonowanie wyższych warstw sieci od warstwy fizycznej. Podwarstwa MAC (Media Access Control) określa zasady dostępu do sieci i kontroli nad ośrodkiem transmisyjnym. Jednym ze standardowych sposobów jest przesyłanie danych ze znacznikiem (token bus). Najbardziej rozpowszechnionymi ośrodkami transmisyjnymi są: skrętka TP (Twisted Pair), kabel koncentryczny CX (Coaxial), światłowody FO (Fibre Optics), przewody elektryczne PL (Power Line), podczerwień IR (Infrared), fale radiowe RF (Radio Frequency).



Rys. 3. Architektura protokołu PROFIBUS

W sieci wyróżnia się użytkowników (węzły, stacje) aktywnych i pasywnych (rys. 4). Użytkownicy aktywni mogą wysyłać wiadomości bez wezwania. Uprawnienie do wysyłania wiadomości jest udzielane w momencie przejścia przez użytkownika znacznika (token). Użytkownicy pasywni mogą tylko odbierać wiadomości, kwitować ich odbiór lub wysyłać dane na określone żądanie. Jeśli w sieci PROFIBUS występuje tylko jeden użytkownik aktywny (komputer główny), znacznik (token bus) jest niepotrzebny.



Rys. 4. Struktura sieci PROFIBUS

Możliwe są dwie podstawowe topologie sieci: magistralowa i rozgałęziona.

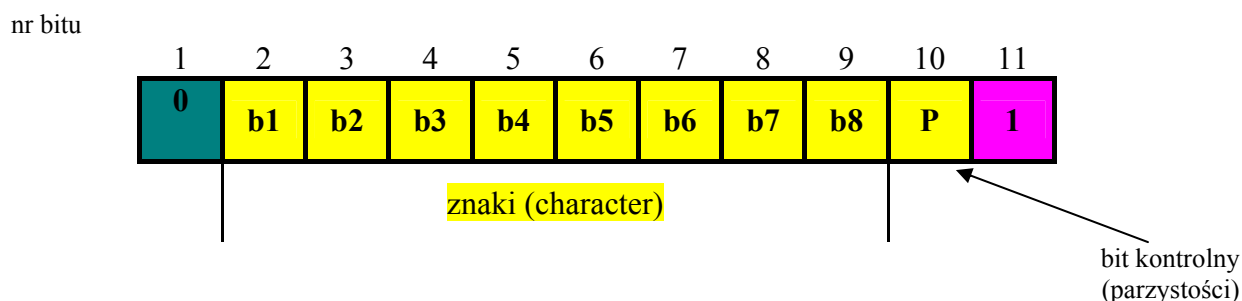
System rozpoznaje następujące zakłócenia i stany:

- pojawienie się wielu znaczników,
- zniknięcie znacznika,
- niewłaściwe przekazanie znacznika,
- kilka jednakowych adresów użytkowników,
- uszkodzony odbiornik użytkownika,
- dołączenie i odłączenie użytkownika.

Występują następujące tryby pracy:

- dostęp do magistrali następuje w momencie otrzymania znacznika,
- cykliczne wysyłanie i odbieranie wiadomości kolejno przez wszystkich użytkowników,
- dostęp do magistrali ustalany przez użytkowników.

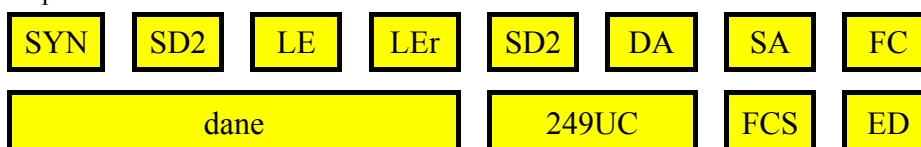
Wiadomości składają się ze znaków UC (z ang. UART – Characters; UART – Universal Asynchronous Receiver/Transmitter = uniwersalny asynchroniczny odbiornik/przełącznik, Character = znak). Znaki UC składają się z 11 bitów danych (rys. 5).



Rys. 5. Znak UC

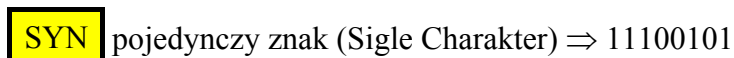
Istnieje kilka formatów ramek danych, dopasowanych do różnego rodzaju przesyłanych danych. Na przykład pokwitowanie odbioru wiadomości składa się z tylko jednego znaku UC, podczas gdy pakiet wiadomości może zawierać do 261 znaków UC (rys. 6).

Odpowiedź:



- SD2 bajt startowy (Start Delimeter) ⇒ 01101000
- LE długość danych (4...249)
- LEr powtórzenie LE
- DA adres docelowy (Destination Adress)
- SA adres źródłowy (Source Adress)
- FC bajt kontrolny (Frame Control)
- FCS bajt sprawdzający (Frame Cheque Sequence)
- ED bajt końcowy (End Delimiter) ⇒ 00010110
- SYN znak synchronizujący (co najmniej 33 razy znak 0)

skwitowanie

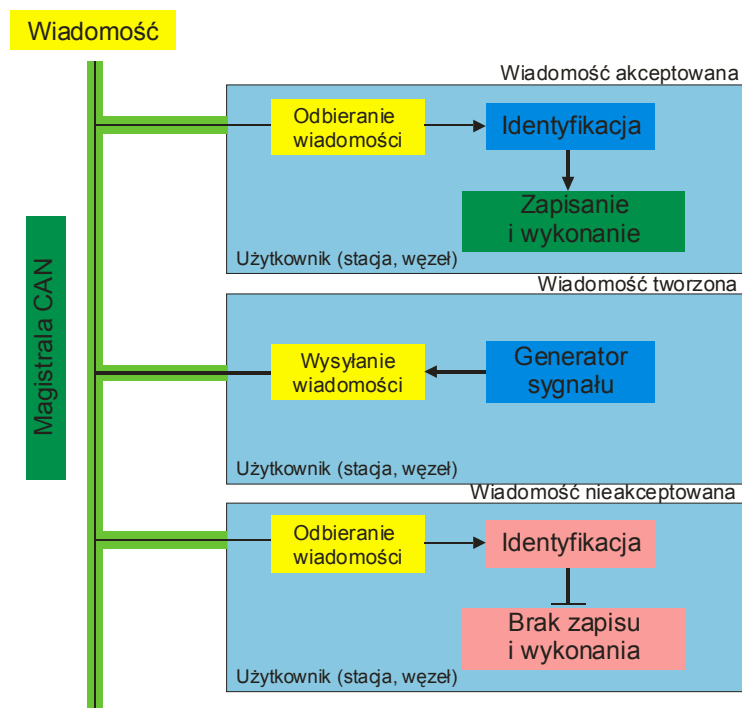


Rys. 6. Format ramki

## Magistrala CAN

Magistrala CAN (ang. Control Area Network), początkowo przeznaczona tylko do sterowania urządzeniami znajdującymi się w samochodach, znajduje coraz powszechniejsze zastosowanie w przemyśle jako jedna z bardziej niezawodnych i korzystnych cenowo sieci typu FELDBUS.

W jednostce sterującej wykorzystującej magistralę CAN jest kilka równouprawnionych węzłów sieci (stacji). Adresowanie danych jest ustalane w oparciu o zadania (nie o użytkowników – stacje, węzły), każdy użytkownik otrzymuje wszystkie dane, zapisuje jednak tylko te, które go dotyczą (rys. 7). Zapisywane dane są identyfikowane dzięki identyfikatorowi, pakiet danych „liczba obrotów silnika” jest wybierany przez sterownik silnika jako dane dotyczące tego właśnie sterownika. Charakterystyczne dane techniczne magistrali CAN zostały zestawione w tab. 2.



Rys. 7. Magistrala CAN

Tabela 2. Magistrala CAN

dane techniczne	wartość
max. długość sieci	40 m (1 Mbit/s) 1000 m (50 kbit/s)
prędkość przesyłania	1 MBit/s (40m) 50 kbit/s (1000m)
adresowanie	oparte o zadania, nie o użytkowników, 2032 wiadomości
przydział magistrali	na podstawie priorytetów, 2031 priorytetów
liczba użytkowników	bez ograniczeń
bezpieczeństwo przesyłania	bardzo wysokie
medium przesyłu danych	przewód dwużyłowy, przewód światłowodowy

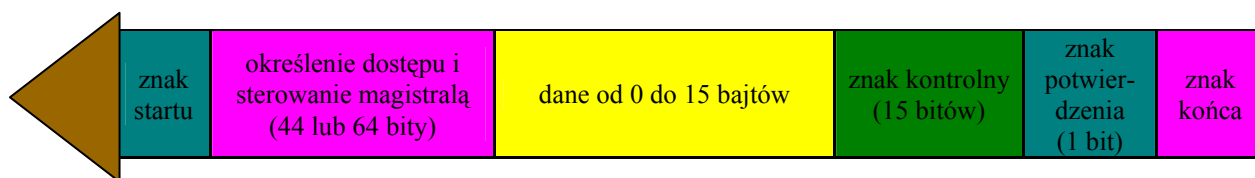
## Sterowanie magistralą

Gdy magistrala nie jest zajęta, każda ze stacji może nadawać. Jednoczesne rozpoczęcie nadawania przez kilka stacji nie powoduje konfliktu dostępu do magistrali dzięki procedurze „Wired-AND”. Polega ona na fizycznym przejściu kontroli nad magistralą przez wiadomość o najwyższym priorytecie. Brak tej procedury powodowałby duże straty czasu przesyłania lub też traciłoby się bity przesyłanych danych. Każdy z nadawców o niższym priorytecie kończy przesyłanie stając się chwilowym odbiorcą – po uwolnieniu magistrali podejmie kolejną próbę przesyłania. Protokół CAN określa stan bitu służącego do przechowywania informacji o zajętości magistrali jako niski „magistrala wolna” lub jako wysoki „magistrala zajęta”. W momencie zajęcia magistrali przez zadanie i wysłania bitu „magistrala zajęta” stan bitów zajętości pozostałych użytkowników sieci („magistrala wolna”) zostaje odpowiednio zmieniony.

## Sprawdzanie informacji i ramka danych

Jeśli identyfikator wiadomości przesyłanej występuje w wykazie identyfikatorów danego użytkownika, to wiadomość ta zostanie przyjęta. Ramka danych składa się z siedmiu pól (rys. 8). Początek ramki stanowi znak startowy, oznaczający początek wiadomości i synchronizujący pozostałych użytkowników. Pole arbitrażowe składa się z identyfikatora wiadomości.

Magistrala CAN pracuje w oparciu o zadania, a nie o adresy.

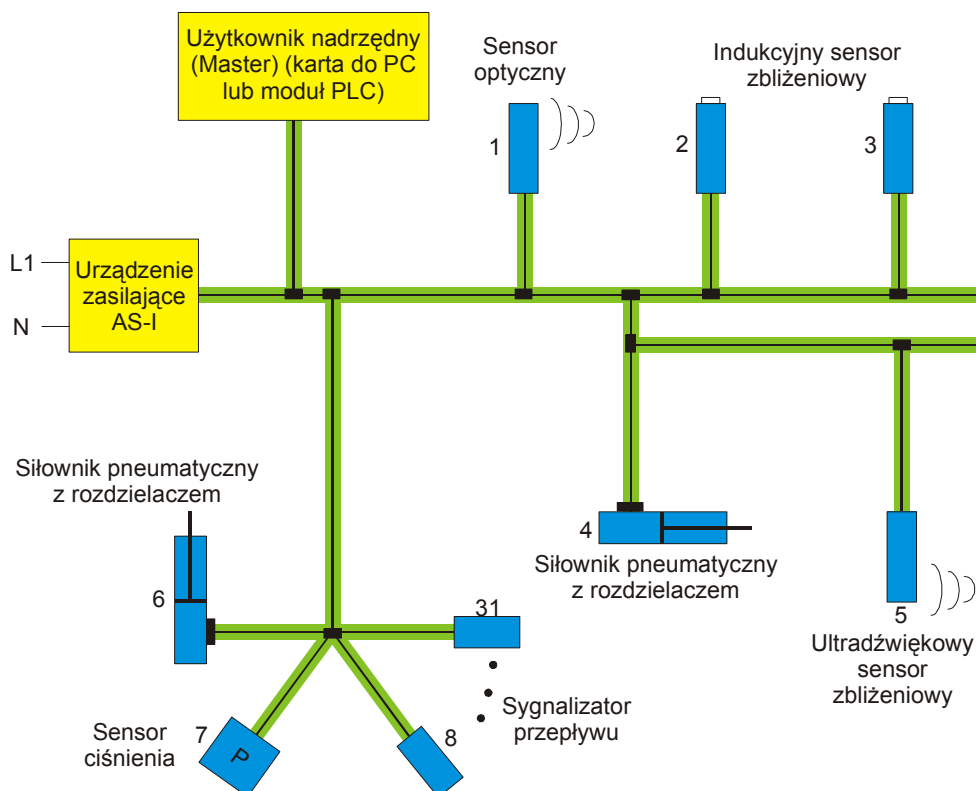


Rys. 8. Format danych

## Actuator-Sensor-Interface (AS-I)

Sieć AS-I (ang. Actuator-Sensor-Interface = interfejs urządzeń wykonawczych aktuatorów i sensorów) jest siecią typu FELDBUS służącą do łączenia przetworników pomiarowych – sensorów (optycznych sensorów położenia) i urządzeń wykonawczych (siłowników pneumatycznych) przy pomocy prostego przewodu dwużyłowego (rys. 9). Przesyłanie danych dokonywane jest tymi samymi przewodami, którymi dostarczana jest energia zasilająca sensory i aktulatory. Maksymalna prędkość przesyłania danych wynosi 167 kbit/s. Maksymalna odległość pomiędzy użytkownikami (węzłami) sieci nie może przekraczać 100 m – do sieci może być podłączonych maksymalnie 31 użytkowników. Przy pomocy powtarzaczy (repeater) można zwiększyć liczbę użytkowników i odległości pomiędzy nimi.

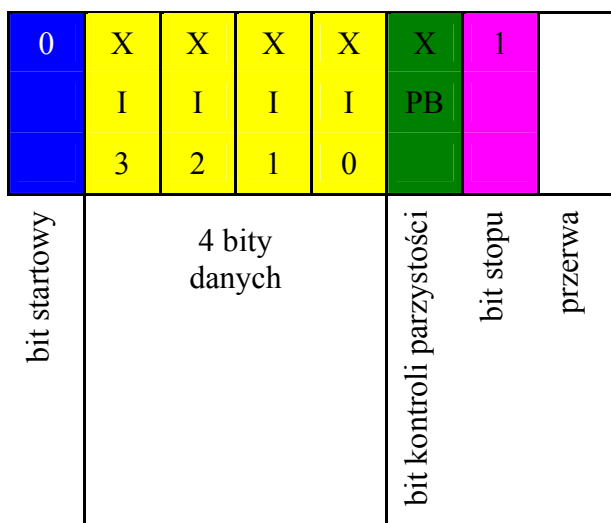
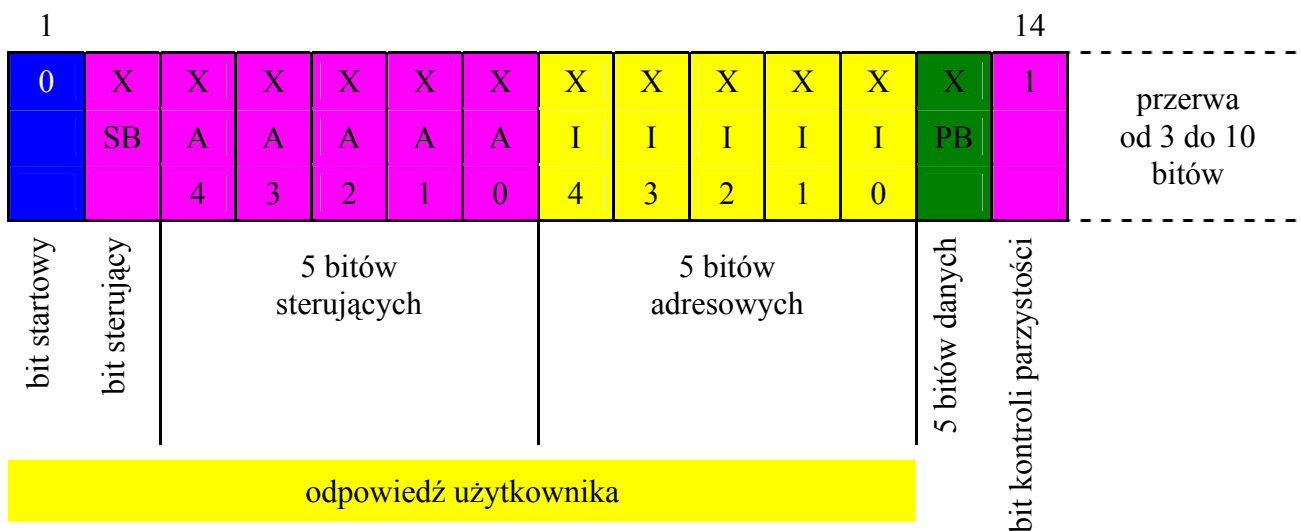




Rys. 9. FELDBUS AS-I z przykładowymi sensorami i akuatorami

Sterowanie magistralą realizuje użytkownik nadrzędny (ang. Master). Steruje on pozostałymi użytkownikami sieci, odpytuje po kolei sensory lub wysyła kolejno do wszystkich akuatorów sygnały sterujące. Czynności te są powtarzane cyklicznie (ang. Polling = wybieranie). Czas cyklu zależy od liczby dołączonych urządzeń (ang. Slaves), jednak nigdy nie jest większy niż 5 ms. Operacja przekazania wiadomości składa się z 14-bitowego wywołania, przerwy po wywołaniu o długości od 3 do 10 bitów (master) oraz wysłania 7-bitowej odpowiedzi zakończonej jednobitową pauzą (rys. 10). Synchronizacja odbywa się przy użyciu bitów startu oraz stopu. Przekazywane wiadomości mogą zawierać dane, parametry, rozkazy lub adresy (master). Z 14 bitów wysyłanej przez użytkownika nadrzędnego wiadomości 5 bitów przeznaczonych jest do zaadresowania jednego z 31 użytkowników sieci – w kolejnych 5 bitach znajdują się informacje przeznaczone dla zaadresowanego użytkownika. Użytkownik sieci przesyła do mastera 4 bity danych (wartości sygnałów wyjściowych sensora lub komunikat o pojawieniu się błędów).

Wywołanie użytkownika nadrzędnego (master)



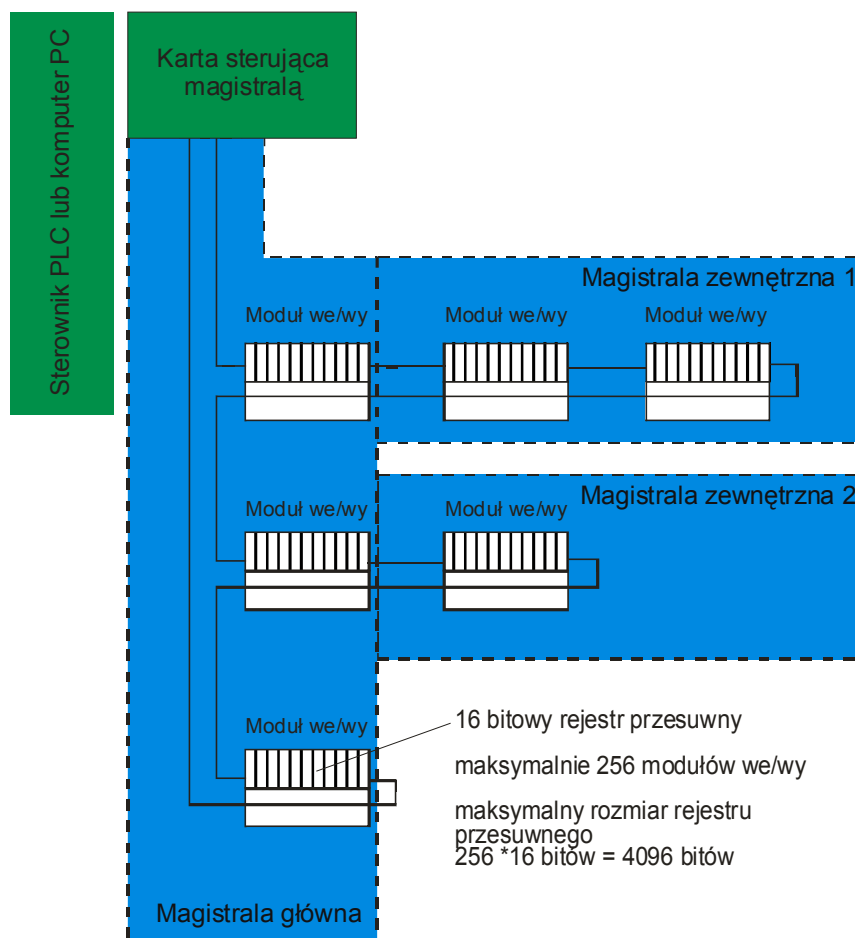
Rys. 10. Ramka wiadomości AS-I

Przy pomocy odpowiednich komend master może wyzerować aktualny stan użytkownika (ang. Reset), skasować jego adres, nadać mu nowy adres, odczytać lub skasować jego status. W trakcie instalacji sieci AS-I wszystkim użytkownikom muszą zostać przydzielone kolejne adresy. Istnieją moduły AS-I prowadzące automatycznie inicjalizację sieci. Za pomocą mastera, postaci karty do komputera PC bądź modułu do sterownika PLC, możliwy jest również transfer danych do systemu nadrzędnego (do sieci Ethernet).

Przyłącze AS-I tworzy obwód scalony (IC) zintegrowany konstrukcyjnie z sensorem lub aktuatorem. W celu dołączenia użytkownika stosowane są specjalne moduły z obwodem scalonym, do których należy tylko włożyć przewody magistrali. Dzięki zastosowaniu ostro zakończonych styków połączenie jest wykonywane bez konieczności przecięcia przewodów (styki „wampirze”).

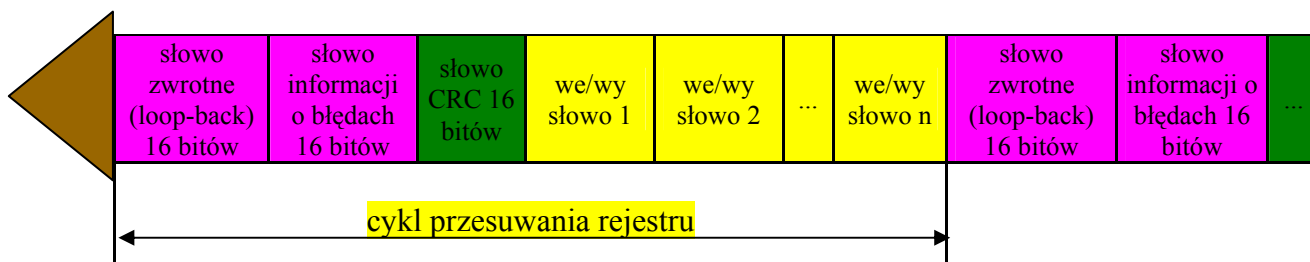
## Interbus-S

Sieć Interbus-S jest stosowana przede wszystkim do łączenia sterowników, aktuatorów i sensorów ze sterownikami programowalnymi PLC oraz do tworzenia sieci sterowników PLC. W jej skład wchodzi: magistrala główna, karta sterująca magistralą (master) oraz przyłączeni do niej użytkownicy (slaves) wyposażeni w moduły wejścia/wyjścia (rys. 11). Moduły przyłączeniowe użytkowników są łączone magistralą zewnętrzną (peryferyjną) za pomocą 14-żyłowego przewodu, w magistrali głównej stosowany jest kabel 5-żyłowy lub światłowód. Maksymalna długość sieci (bez użycia powtarzaczy) dla pojedynczej magistrali zewnętrznej wynosi 10 m, magistrali głównej – 400 m, w przypadku użycia repeterów może wynosić nawet kilka kilometrów. Moduły wejścia/wyjścia mają 8 wejść i wyjść przeznaczonych dla sygnałów binarnych.



Rys. 11. Struktura sieci Interbus-S

Każdy przyłączany moduł wejścia/wyjścia opisany jest przez jedno lub kilka słów 16-bitowych tworzących część rejestru przesuwającego (rys. 11 i rys. 12). Ramka wiadomości składa się z 16-bitowych słów we/wy, pojedynczego słowa CRC (ang. Cyclic Redundancy Check = cykliczna kontrola redundancyjna) przeznaczonego do badania kodu, pojedynczego słowa zawierającego informacje o błędach oraz słowa zwrotnego (ang. Loop-back). Karta sterująca magistralą wysyła taką długą ramkę wiadomości, która dociera kolejno do wszystkich przyłączonych do magistrali modułów we/wy. W chwili otrzymania słowa zwrotnego (Loop-back) przez kartę sterującą, w pamięci każdego modułu zapisane zostały wszystkie słowa we/wy. Słowa te mogą zostać pobrane za pośrednictwem modułu we/wy lub zapisane od nowa. Wszystkie dane są zawsze przesyłane przez kartę sterującą magistralą. Może ona w jednym cyklu pobrać informacje z modułu we/wy nr 5 i w kolejnym cyklu wpisać do pamięci modułu we/wy nr 1.



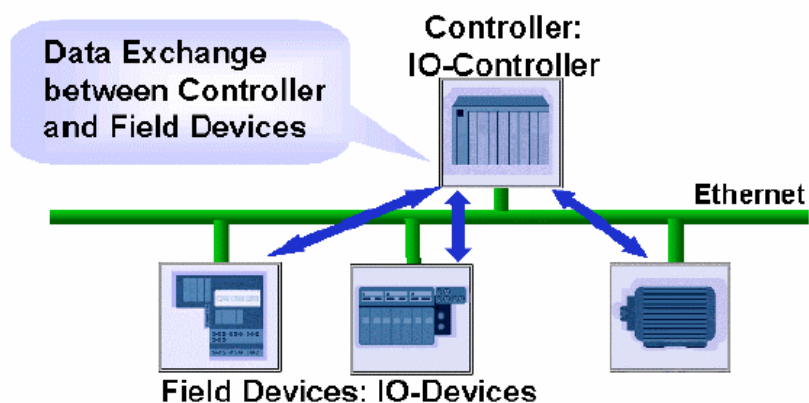
Rys. 12. Ramka wiadomości

Kolejność podłączeń modułów we/wy do sieci jest zarazem kolejnością 16-bitowych słów we/wy w ramce wiadomości. Długość rejestru przesuwającego oraz czas trwania cyklu określa więc liczbę modułów we/wy w sieci.

Sieć Interbus-S pracuje jak binarny rejestr przesuwany.

## PROFINet

PROFINet jest nowoczesnym standardem przemysłowym opracowanym przez PROFIBUS International do budowy zintegrowanych i zwartych systemów automatyki, opartym na sieci Industrial Ethernet. PROFINet pozwala na integrację w jednej sieci prostych urządzeń polowych oraz aplikacji krytycznych czasowo. System PROFINet umożliwia również budowę rozproszonych systemów automatyki opartych na modelu komponentów (Component based automation).



Rys. 13. Architektura sieci PROFINet

Rozproszone urządzenia polowe można zintegrować w sieci PROFINet IO. Wykorzystana jest tutaj podobna metoda działania, jak w przypadku sieci PROFIBUS DP, gdzie dane z fizycznych wejść i wyjść urządzeń polowych są cyklicznie przesyłane do sterownika PLC.

PROFINet opisuje model urządzenia wzorowany na modelu sieci PROFIBUS – zawierający slot i kanał. Parametry urządzenia opisane są przez plik GSD (General Station Description) bazujący na technologii XML.

Konfiguracja sieci PROFINet jest podobna do konfiguracji sieci PROFIBUS, gdzie poszczególne urządzenia przypisywane są do sterownika już na etapie tworzenia samej konfiguracji.

Model komponentów PROFINet jest efektywny w przypadku rozproszonych instalacji przemysłowych. Dedykowany jest dla urządzeń inteligentnych oraz programowalnych urządzeń automatyki.

Model komponentów PROFINet traktuje poszczególne moduły maszyny lub instalacji jako

moduły technologiczne. System automatyki rozproszonej na bazie modułów technologicznych, znacznie upraszcza podział maszyny lub instalacji na grupy funkcyjne, przez co ułatwia programowanie oraz dodatkowo pozwala na powtórne wykorzystanie poszczególnych modułów.

PROFINet bazujący na modelu komponentów jest opisywany za pomocą plików PCD (PROFINet Component Description). Pliki XML, które można tworzyć za pomocą generatora komponentów dostarczanego przez producenta sprzętu lub za pomocą programu PROFINet Component.

Standard PROFINet wykorzystuje różne warstwy w procesie komunikacji, różniące się wydajnością:

- PROFINet przesyła dane niekrytyczne czasowo takie jak parametry, dane konfiguracyjne, informacje o połączeniach za pomocą kanału TCP/UDP oraz IP. Pozwala to na integrację poziomu automatyki z innymi sieciami informatycznymi zakładu (MES, ERP).
- Do transmisji danych procesowych krytycznych czasowo wewnątrz instalacji wykorzystywany jest kanał czasu rzeczywistego – SRT (Soft Real Time). Kanał ten jest implementowany jako oprogramowanie w sterownikach.
- Dla aplikacji synchronizowanych czasowo, dostępna jest komunikacja z izochronicznym kanałem czasu rzeczywistego (IRT), która zapewnia dokładność impulsów na poziomie 1  $\mu$ s przy okresie zegara 1 ms.

Komunikacja w systemie PROFINet może być elastycznie skalowana.

Ma ona trzy poziomy wydajności:

- 1) TCP, UDP oraz IP dla danych niekrytycznych czasowo, dane konfiguracyjne i parametry;
- 2) Soft Real Time (SRT) dla danych krytycznych czasowo wykorzystywanych w automatyce przemysłowej;
- 3) Izochroniczny tryb Real Time (IRT) do wyjątkowo wymagających zastosowań sterowania numerycznego (Motion Control).

Trzy wymienione poziomy wydajności pokrywają szerokie spektrum zastosowań w automatyce. Najważniejsze cechy standardu komunikacyjnego PROFINet zawierają:

- równoległe wykorzystywanie protokołu czasu rzeczywistego oraz komunikacji bazującej na TCP w jednej sieci;
- standardowy protokół czasu rzeczywistego dla wszystkich aplikacji: zarówno do komunikacji pomiędzy komponentami systemu rozproszonego jak i pomiędzy sterownikiem i zdecentralizowanymi urządzeniami polowymi;
- skalowalna komunikacja czasu rzeczywistego, od wydajnej do wysoko wydajnej z synchronizacją czasową.

Własności skalowalne i komunikacja na bazie standardu są jednymi z najważniejszych założeń sieci PROFINet. Zapewniają one łatwość integracji systemów, aż do poziomu zarządzania przedsiębiorstwem oraz krótkie czasy odpowiedzi w procesie automatyki.

#### 4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania sprawdzisz czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Do czego stosowane są systemy typu FELDBUS?
2. Jak dokonywana jest transmisja danych magistralą PROFIBUS?
3. Czym różnią się użytkownicy aktywni od pasywnych w sieci PROFIBUS?
4. Jak realizowane jest sterowanie w przypadku magistrali CAN?
5. Od czego zależy prędkość przesyłania danych w magistrali CAN?
6. Gdzie stosowane są sieci AS-I?
7. W jaki sposób udostępniana jest magistrala w przypadku sieci AS-I?
8. Ilu użytkowników może być dołączonych do sieci AS-I?

9. Jak działa sieć Interbus-S?
10. Jakimi zadaniami zajmuje się karta sterująca w sieci Interbus-S?
11. Czym charakteryzuje się sieć PROFINet?

### 4.2.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Wymień podstawowe elementy struktury sieci PROFIBUS.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z budową sieci PROFIBUS,
- 2) zanotować przy nazwie każdego elementu sieci PROFIBUS jego przeznaczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plansze poglądowe sieci PROFIBUS,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

#### Ćwiczenie 2

Wymień podstawowe elementy struktury sieci Interbus-S.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z budową sieci Interbus-S,
- 2) zanotować przy nazwie każdego elementu sieci Interbus-S jego przeznaczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe urządzeń mechatronicznych,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

#### Ćwiczenie 3

Wskaż bloki funkcjonalne sieci CAN

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w literaturze informacje o blokach funkcjonalnych układów komunikacyjnych,
- 2) wyszukać w literaturze przedmiotu informacje dotyczące bloków funkcjonalnych sieci CAN,
- 3) zanotować, jakie elementy wchodziły w skład sieci CAN.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty układów komunikacyjnych,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

#### 4.2.4. Sprawdzian postępów

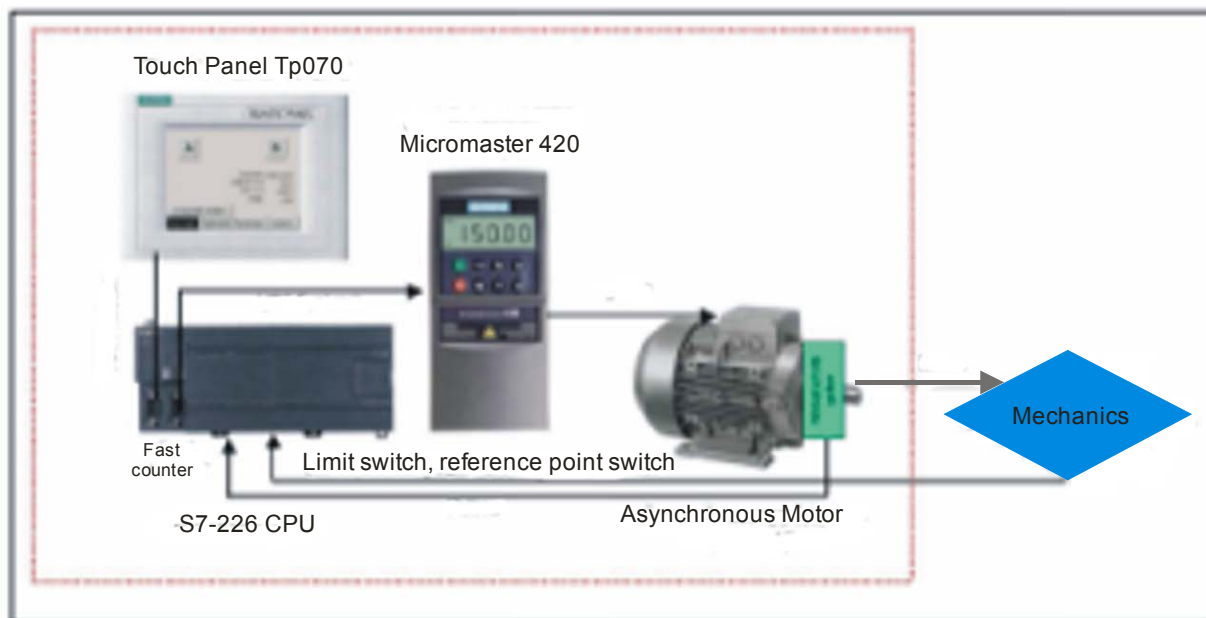
**Czy potrafisz:**

- |  | Tak                      | Nie                      |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) wyjaśnić pochodzenie sieci PROFIBUS?                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) zdefiniować termin PROFIBUS?                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) określić, z jakich bloków funkcjonalnych składa się sieć CAN? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) scharakteryzować bloki funkcjonalne sieci?                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) wskazać bloki funkcjonalne w konkretnej sieci?                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 4.3. Projektowanie układów komunikacyjnych.

### 4.3.1. Materiał nauczania

W celu zaprezentowania zagadnienia dotyczącego projektowania układów komunikacyjnych przedstawiony będzie układ pokazany na rysunku poniżej.



Rys. 14. Układ do sterowania pracą silnika z wykorzystaniem Micromastera oraz sterownika S7–CPU 226.

Układ składa się z następujących elementów:

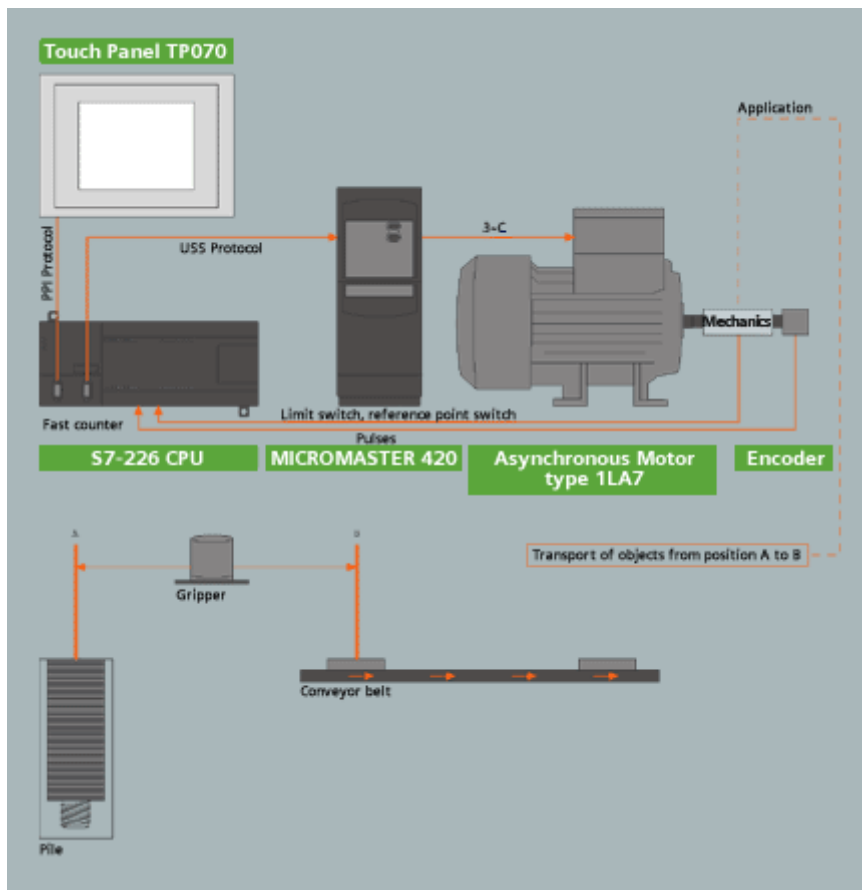
- sterownika rodziny S7 z jednostką centralną CPU 226,
- panelu operatorskiego TP070,
- silnika asynchronicznego,
- falownika Micromaster 420.

Micromaster jest rodziną falowników przeznaczoną do regulacji prędkości obrotowej trójfazowych silników indukcyjnych prądu przemiennego.

Kolejnym elementem wykorzystanym w tym układzie jest panel operatorski TP070. Jest on dotykowym panelem operatorskim służącym do sterowania pracą sterownika, który steruje falownikiem oraz silnikiem asynchronicznym.

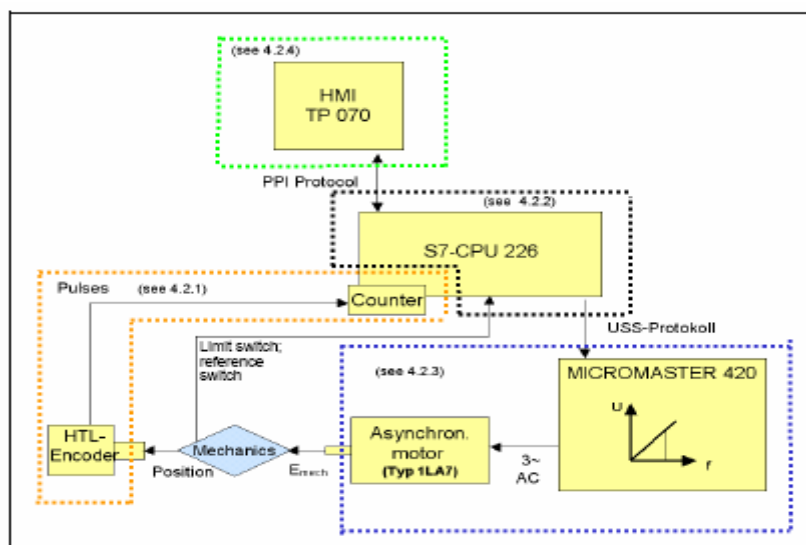


Szczegółowy schemat omawianego układu przedstawia rysunek poniżej.



Rys. 15. Schemat sterowania pracą silnika asynchronicznego z wykorzystaniem sterownika, Micromastera oraz panelu operatorskiego TP070 [11]

Na rysunku poniżej przedstawiono schemat strukturalny układu sterowania silnikiem asynchronicznym z wykorzystaniem Micromastera i sterownika PLC Simatic S7 – 226.



Rys. 16. Schemat strukturalny układu [11]

Micromaster 420 to przekształtnik częstotliwości o największej funkcjonalności spośród wszystkich rodzin Micromaster 4. Precyzyjne sterowanie wektorowe pozwala na dokładną regulację prędkości obrotowej lub momentu obrotowego podczas pracy bez czujnika prędkości lub pracy z czujnikiem prędkości poprzez opcjonalny moduł enkodera. Zwiększona liczba wejść/wyjść binarnych/analogowych umożliwia elastyczną realizację sposobu sterowania. Przekształtnik posiada trzy przełączalne zestawy danych pozwalające na szybką zmianę danych silnika lub sposobu sterowania. Dzięki wbudowanym wolnym blokom funkcjonalnym (bramki logiczne, przerzutniki, timery, układy arytmetyczne), można realizować proste układy automatyki bez dodatkowego sterownika programowalnego.

### **Micromaster 420 – Dane techniczne**

#### Zakresy napięcia i mocy

- 200–240 V, ± 10%, 1 AC, 0,12 do 3 kW
- 200–240 V, ± 10%, 3 AC, 0,12 do 45 kW
- 380–480 V, ± 10%, 3 AC, 0,37 do 250 kW
- 500–600 V, ± 10%, 3 AC, 0,75 do 90 kW

#### Temperatura pracy

- 0,12 do 75 kW(CT): -10 °C do +50 °C
- 90 do 200 kW(CT): 0 °C do +40 °C

Wejścia: 6 wejść binarnych, 2 wejścia analogowe, 1 wejście czujnika temperatury silnika (PTC/KTY)

Wyjścia: 2 wyjścia analogowe, 3 wyjścia przekaźnikowe

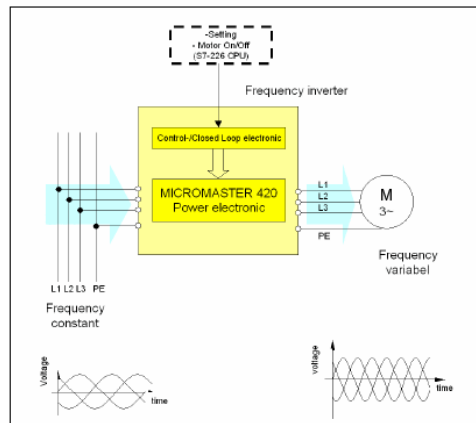
Integracja z automatyką

Idealny partner dla automatyzacji, od podłączenia do SIMATIC S7-200, aż po całkowitą integrację z SIMATIC i SIMOTION.

Największe zalety:

- kompaktowa budowa,
- łatwy do instalacji,
- wyrafinowane sterowanie wektorowe (prędkość/moment),
- uniwersalne wejścia i wyjścia,
- kierowane uruchamianie,
- wysoka przeciążalność,
- przetwarzanie sygnałów z enkodera silnika (opcja) dla maksymalnego sterowania momentu przy niskich prędkościach (nawet przy prędkości zerowej),
- modułowy system opcji rozszerzeń,
- może być wymiarowany dla CT (stały moment) lub VT (zmienny moment),
- wybór 1 z 3 zestawów danych napędu dla adaptacji przekształtnika do różnych warunków pracy,
- kontrola momentu obciążenia,
- buforowanie kinetyczne spadków napięcia,
- hamowanie mieszane dla kontrolowanego szybkiego hamowania,
- zintegrowany chopper hamowania dla mocy wyjściowych aż do 90 kW VT),
- wolne bloki funkcyjne (bramki logiczne, timery),
- 4 częstotliwości pomijane dla eliminacji rezonansu mechanicznego maszyny,
- automatyczny ponowny rozruch,
- lotny start dla załączania przy wirującym silniku,
- kontrola temperatury silnika dla zintegrowanej ochrony silnika,
- przygotowany do stosowania w sieciach IT,
- dostępny z wbudowanym filtrem lub bez filtra EMC,

Rysunek poniżej przedstawia schemat podłączenia Micromastera do układu.

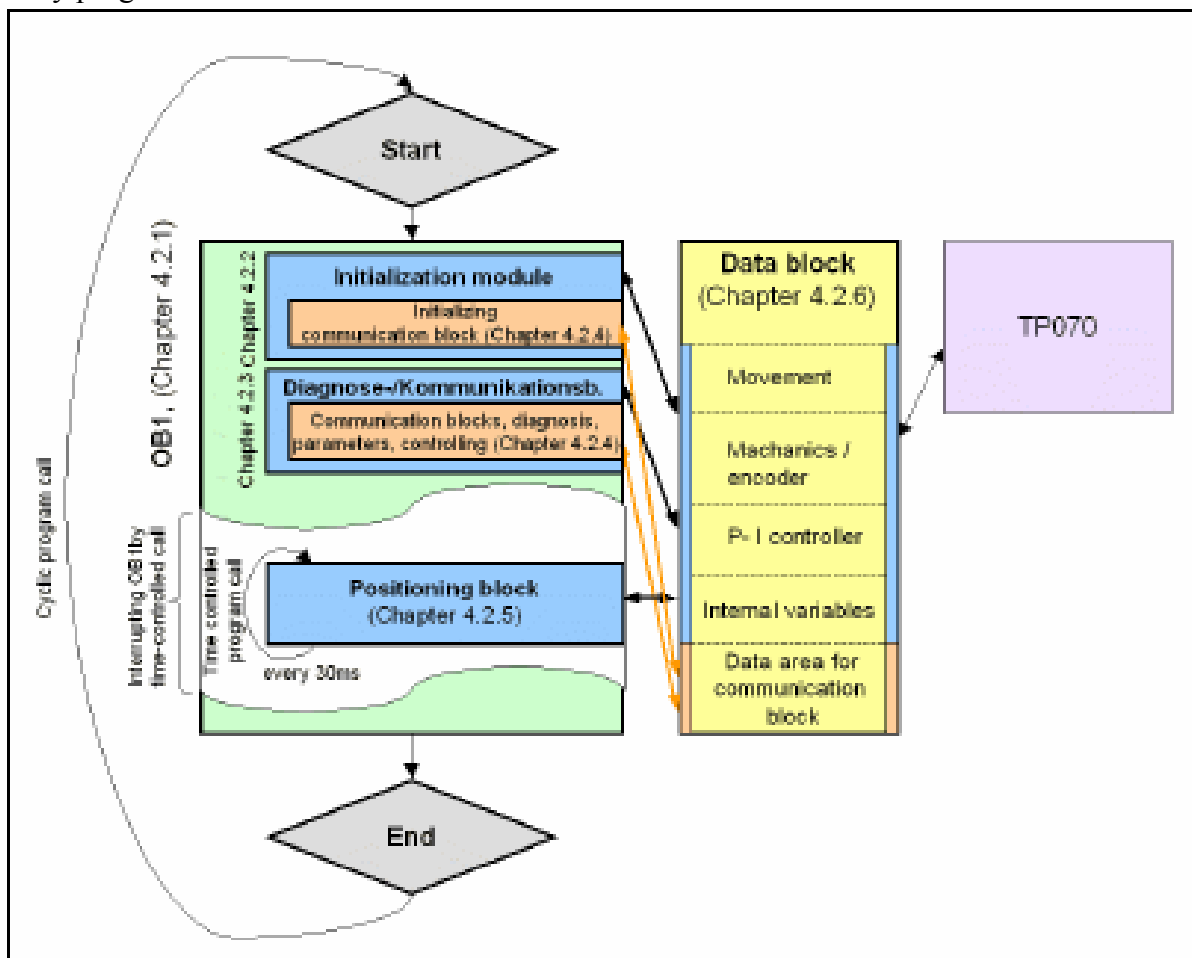


Rys. 17. Schemat podłączenia Micromastera [12]

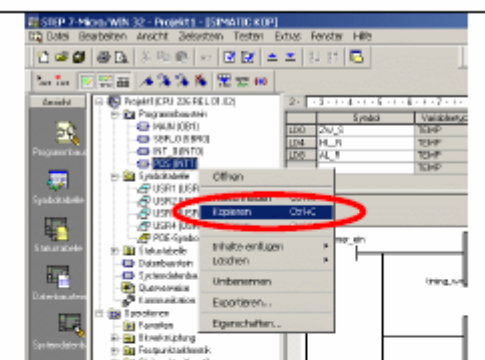
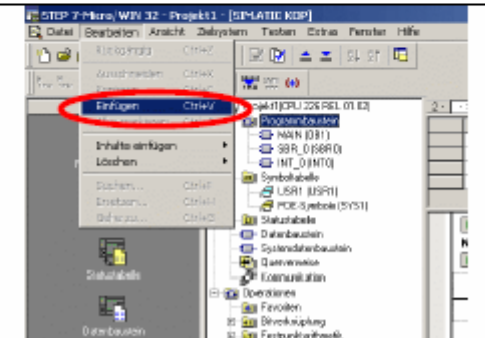
Sterownik Simatic S7 – 226 jest programowany z wykorzystaniem programu Step 7 MicroWin. Jest to program, który wykorzystuje trzy języki programowania:

- LAD,
- STL,
- FBD.

Poniżej na rysunku przedstawiono przykładowe okno z programu MicroWin oraz schemat blokowy programu MicroWin.



Rys. 18. Struktura programu MicroWin [12]

Schritt	Fokus	Aktion
1	Open the project	Open the production master of the application project via "File → open".
2	Copy interrupt program into clipboard	
3	Open new/own project	Open the work copy of your own project via "File → open" or create a new one via "File → new".
4	Insert interrupt program from clipboard	
5	Change to Application project	Change to Application project

Rys. 19. Przykładowe okno z programu MicroWin [17]

### 4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania sprawdzisz czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Na czym polega komunikacja przemysłowa?
2. Co to jest sterownik PLC?
3. Co to jest silnik asynchroniczny?
4. Omów działanie silnika asynchronicznego.
5. Na czym polega programowanie sterownika PLC?

### 4.3.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj podstawowe elementy wchodzące w skład układu komunikacyjnego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) dokonać analizy karty katalogowej układu komunikacyjnego,
- 2) zanotować przy nazwie każdego urządzenia elementy wchodzące w skład układu komunikacyjnego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe układów komunikacyjnych,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

#### 4.3.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

Tak Nie

- |   |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) zdefiniować pojęcie układ komunikacyjny?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) zdefiniować termin sterownik PLC?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) wymienić, z jakich dziedzin wiedzy potrzebne były wiadomości do skonstruowania określonego układu komunikacyjnego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) scharakteryzować elementy układu komunikacyjnego?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) wymienić zadania Micromastera w układzie komunikacyjnym?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

### INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem pytań testowych.
4. Test zawiera 9 pytań. Do każdego pytania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Na rozwiązanie testu masz 30 min.

Powodzenia!

### Zestaw zadań testowych

1. Adresowanie sieci polowych polega na
  - a) jednoznacznej identyfikacji danej stacji.
  - b) identyfikacji kilku stacji.
  - c) komunikacji pomiędzy stacjami w systemie roboczym.
  - d) polega na transmisji małej ilości danych.
2. Warstwa fizyczna modelu OSI
  - a) opisuje protokół dostępu do sieci.
  - b) definiuje medium.
  - c) definiuje medium, kodowanie i prędkość transmisji danych.
  - d) definiuje interfejs.
3. Sieć AS – I składa się z
  - a) urządzeń wykonawczych (aktuatorów).
  - b) sensorów.
  - c) aktuatorów i sensorów.
  - d) tylko z interfejsu.
4. Układy komunikacyjne charakteryzują się
  - a) inteligencją, nieograniczoną funkcjonalnością, możliwością niewidocznego dla operatora sposobu działania.
  - b) ograniczoną funkcjonalnością, inteligencją, elastycznością, możliwością widocznego dla operatora sposobu działania.
  - c) inteligencją, ręcznym sterowaniem, możliwością widocznego dla operatora sposobu działania.
  - d) ograniczoną funkcjonalnością, inteligencją, elastycznością, możliwością niewidocznego dla operatora sposobu działania.

5. Ilu użytkowników może być dołączonych do sieci AS – I?
- maksymalnie 1,
  - maksymalnie 11,
  - maksymalnie 21,
  - maksymalnie 31.
6. Czas opracowywania wszystkich rozkazów w danym programie sterowniczym jest to
- czas cyklu.
  - operacja.
  - operand.
  - czas odpowiedzi.
7. Na czym polega funkcja konwersji interfejsu?
- Zapewnia wymaganą synchronizację transmisji danych między jednostkami poprzez interfejs, uwzględniając ewentualne nieregularne lub przypadkowe opóźnienia w kanale transmisyjnym.
  - Pozwala na zatrzymanie normalnej komunikacji, aby umożliwić przesłanie specjalnych komunikatów przez kanał transmisyjny.
  - Dostosowuje typ danych w jednostce do typu danych stosowanego w kanale transmisyjnym, a przede wszystkim dopasowuje poziomy logiczne, kody i formaty wszystkich informacji przesyłanych przez jednostki w systemie poprzez interfejs.
  - Pozwala na korekcję błędów w danych spowodowanych przez sam kanał transmisyjny.
8. Pamięć ROM to pamięć
- tylko do odczytu.
  - o dostępie swobodnym.
  - programowalna.
  - statyczna.
9. Magistrala to
- przewód danych używany przez wszystkie węzły.
  - przewód, po którym przesyłane dane pochodzące z jednego węzła.
  - węzeł chcący wysłać dane.
  - szyna, po których przesyłane są dane od nadawcy do odbiorcy.

# KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

## Projektowanie układów komunikacyjnych w urządzeniach i systemach mechatronicznych.

Zakreśl poprawną odpowiedź.

<b>Nr zadania</b>	<b><i>Odpowiedź</i></b>				<b>Punkty</b>
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
Razem:					



## 6. LITERATURA

1. Gawrysiak M.: Mechatronika i projektowanie mechatroniczne. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 1997
2. Kordowicz-Sot A.: Automatyka i robotyka. Robotyka. WSiP, Warszawa 1999
3. Koruba. Z.: Postęp w budowie i nawigacji bezpilotowych aparatów latających. PAR 12/2001
4. Kurek J.: Mechatronika – wyzwanie przyszłości, nauka, kształcenie, przemysł. 40 lat Wydziału Mechatroniki. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002
5. Legierski T., Wyrwał J., Kasprzyk J., Hajda J.: Programowanie sterowników PLC. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1998
6. Mikulski K., Sarnak M.: Mechatronika na farmie i w sadzie. PAR 9/1997
7. Świder J. (red.): Sterowanie i automatyzacja procesów technologicznych i układów mechatronicznych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002
8. Świder J., Wszolek G.: Metodyczny zbiór zadań laboratoryjnych i projektowych ze sterowania procesami technologicznymi. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002
9. Norma IEC 61158 – Cyfrowa komunikacja danych w sieciach polowych pomiarowych i sterujących, do zastosowania w przemysłowych systemach sterujących
10. Norma 61784 – Zbiór profili dla systemów ciągłych i dyskretnych bazujących na sieciach polowych wykorzystywanych w przemysłowych systemach sterowania
11. <http://www.siemens.pl>
12. <http://www.sterownikiprogramowalne.pl>
13. <http://www.elektroda.pl>
14. <http://www.profibus.org.pl>
15. <http://www.pl.profibus.com>
16. <http://www.can.pl>
17. Program komputerowy MicroWin ver. 3.2