Automatyzacja procesów produkcyjnych – zagadnienia wybrane – opracowanie

Kacper Borucki | Robert Leśniak

# Podział, budowa i zasada działania sterowników PLC.

## Podział sterowników.

### Producent, rodzina, model

Na początek, sterowniki dzielimy ze względu na ich producenta. Z kolei w ofertach poszczególnych producentów poszczególne modele można podzielić na **rodziny sterowników**, które charakteryzują się następującymi wspólnymi cechami:

* możliwość programowania w tym samym pakiecie programowym, przy wykorzystaniu tego samego języka programowania
* takie same zmienne programowe oraz podobna struktura modułów rozszerzeń
* możliwość bezproblemowego przenoszenia programów pomiędzy modelami

### Podział ze względu na wielkość

Sterowniki można dzielić ze względu na wielkość, często utożsamianą z ilością dostępnej pamięci i liczbą dostępnych wejść/wyjść. Na tej podstawie sterowniki można podzielić na:

* **małe** – obsługujące do 128 wejść/wyjść I/O i posiadające pamięć programu do 2 kB;
* **średnie** – obsługujące do 512 I/O i posiadające pamięć programu do 16 kB;
* **duże** – obsługujące do 4096 I/O i posiadające pamięć do 96 kB

### Podział ze względu na cechy konstrukcyjne

Sterowniki można dzielić ze względu na cechy konstrukcyjne, takie jak rodzaj obudowy czy możliwość instalacji dodatkowych modułów rozszerzeń. Można wyróżnić sterowniki:

* **bez obudowy** (Open Frame) – stosowane jako wbudowane systemy sterowania, przeznaczone do instalacji wewnątrz maszyn i urządzeń;
* **kompaktowe** – o prostej budowie i małych wymiarach; konstrukcja sterownika łączy w jednej obudowie zasilacz, jednostkę centralną i moduły I/O;
* **kompaktowe rozbudowywalne** – o budowie kompaktowej, z możliwością instalowania dodatkowych modułów rozszerzeń;
* **modułowe** – najczęściej w formie średnich i dużych sterowników, o elastycznej konstrukcji której funkcjonalność konfiguruje użytkownik poprzez dobór odpowiednich modułów: jednostki centralnej, modułów I/O, modułów komunikacyjnych, modułów specjalnych; moduły rozszerzeń instaluje się w specjalnych kasetach-panelach
* **zintegrowane z panelem operatorskim** –jednostka centralna, interfejsy komunikacyjne i moduły I/O znajdują się w obudowie panelu operatorskiego.

### Przekaźniki programowalne

Przekaźniki programowalne są klasyfikowane jako osobny typ urządzenia. Są to kompaktowe urządzenia sterujące o ograniczonych możliwościach programowych, obsługujące zazwyczaj niewielką liczbę wejść/wyjść. Przeznaczone są do montażu w typowych instalacjach automatyki domowej. Ich zaletą jest niski koszt.

## Budowa sterowników PLC

Podstawowa konfiguracja sterownika modułowego zawiera następujące elementy (moduły) funkcjonalne:

* **Zasilacz:** na ogół sterowniki zasila się zasilaczami o napięciu 24V; wykorzystywane są w tym celu wysokiej jakości zasilacze impulsowe o wysokiej sprawności i gęstości mocy, dobrej stabilizacji napięcia wyjściowego, wbudowanych zabezpieczeniach przeciążeniowych i przepięciowych, możliwości pracy w trudnych warunkach przemysłowych i spełniające normy w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej.
* **Jednostka centralna (CPU):** główny podzespół każdego PLC, którego zadaniami są realizacja programu sterującego użytkownika, zarządzanie pracą całego sterownika, obsługa modułów rozszerzeń oraz komunikacja z programatorem oraz opcjonalnie z innymi elementami systemu sterowania; podstawowym elementem CPU jest mikroprocesor, od którego zależą parametry i możliwości całego sterownika, a także rodzaj pamięci wykorzystywanej do przechowywania programu sterującego (RAM, EEPROM, FLASH EPROM).
* **Moduł wejść cyfrowych:** podstawowe obwody wejściowe sterownika, stanowiące interfejs pomiędzy dwustanowymi elementami zewnętrznego systemu sterowania a jednostką centralną sterownika; moduły te zmieniają zewnętrzne sygnały AC lub DC na sygnały cyfrowe o poziomach dostosowanych do obwodów wejściowych jednostki centralnej
* **Moduł wyjść cyfrowych:** służą do wyprowadzenia dyskretnych sygnałów sterownika do zewnętrznych obwodów wykonawczych sterowanego obiektu; do wyjść najczęściej podłącza się cewki przekaźników lub styczników sterujących pracą maszyn
* **Moduł wejść analogowych:** moduły przetwarzające analogowe (ciągłe) sygnały wejściowe na postać cyfrową; ich głównym elementem jest przetwornik analogowo-cyfrowy przetwarzający postać ciągłą sygnału wejściowego na postać dyskretną zakodowaną w słowach o odpowiedniej rozdzielczości
* **Moduł wyjść analogowych:** służą do zamiany wartości liczbowych zapisanych w pamięci sterownika na sygnały ciągłe na sterowanym obiekcie; podstawowym elementem tego typu modułów są przetworniki cyfrowo-analogowe (DAC);
* **Moduły komunikacyjne:** moduły pełniące funkcję interfejsu wymiany danych między sterownikiem programowalnym a innymi urządzeniami, które tworzą system sterowania: innymi sterownikami, stacjami rozproszonych wejść-wyjść, urządzeń wykonawczych, czujników inteligentnych, paneli operatorskich, systemów sterowania nadrzędnego i komputerów z oprogramowaniem SCADA; do jednego PLC może być dołączonych kilka modułów komunikacyjnych, obsługujących różne sieci przemysłowe: PROFIGBUS, DeviceNet, etc.
* **Moduły specjalne:** urządzenia rozszerzające możliwości sterowników PLC o dodatkowe funkcje programowe, sprzętowe i komunikacyjne, np.: moduły do pomiaru temperatury, moduły szybkich liczników, moduły pozycjonowania.

## Zasada działania sterowników PLC

Sterownik PLC pracuje według programu zapisanego w pamięci, zawierającego ciąg rozkazów logicznych, sterujących pracą urządzenia. Program sterujący to zapis algorytmu sterowania w postaci listy rozkazów, wykonywanych kolejno jeden po drugim. Pojedynczy rozkaz jest najmniejszą częścią programu sterującego i składa się z operacji (określającej rodzaj wykonywanej funkcji) oraz argumentów (określających sygnały wejściowe i wyjściowe sterownika, powiązane ze sobą funkcjami logicznymi).

Program sterujący jest przesyłany i zapisany w pamięci sterownika w postaci zakodowanych liczbowo rozkazów oraz ich argumentów. Rozkazy te są następnie przetwarzane przez system mikroprocesorowy sterownika, który na ich podstawie wykonuje odpowiednie działanie: operacje logiczne, operacje arytmetyczne, odczyt i zapis danych z i do pamięci.

**Sterownik PLC pracuje sekwencyjnie, tzn. rozkazy programowe są opracowywane kolejno jeden po drugim. Sterownik pracuje również cyklicznie, co oznacza, że opracowywanie rozkazów programowych jest ciągle powtarzane. Czas opracowania wszystkich rozkazów w danym programie nazywany jest czasem cyklu.**

Sterowniki PLC pracują według określonego cyklu, składającego się z charakterystycznych etapów powtarzanych w nieskończonej pętli:

1. **Inicjalizacja sterownika**: sterownik testuje poprawność działania swoich obwodów wewnętrznych i poprawność konfiguracji sprzętowej
2. **Odczyt sygnałów wejściowych sterownika**: odczytanie wszystkich fizycznych wejść sterownika i zapisanie ich w obszarze PII pamięci; odczyt wejść jest wykonany jednorazowo w każdym cyklu pracy sterownika
3. **Wykonanie programu użytkownika**: przetwarzanie kolejno instrukcji programu sterującego, na podstawie których mikroprocesor wykonuje odpowiednie działania i zapisuje wyniki obliczeń w pamięci danych. Po wykonaniu instrukcji programu zostaje wygenerowany nowy stan wyjść, zapisywany w obszarze PIO pamięci. Podstawową zasadą pracy sterowników PLC jest działanie sekwencyjne: poszczególne rozkazy wykonywane są kolejno po sobie – stąd trzeba pamiętać o odpowiedniej kolejności obróbki sygnałów.
4. **Zapis sygnałów wyjściowych sterownika**: pobranie wartości stanu wyjść z obszaru pamięci PIO i aktualizacja wyjść sterownika.
5. **Obsługa komunikacji**: faza, w której sterownik komunikuje się z innymi urządzeniami sieciowymi lub z komputerem z podłączonym programatorem – o ile któreś z tych urządzeń jest do niego podłączone;
6. **Autodiagnostyka**: kontrola poprawności działania podzespołów sterownika oraz wykonywania programu – wszelkiego rodzaju problemy skutkują zatrzymaniem programu i sygnalizacją błędu.

Sterownik może znajdować się w różnych trybach pracy:

* **Tryb wykonywania programu (RUN)** – realizacja wszystkich faz cyklu pracy sterownika, zablokowane możliwości modyfikacji zwartości programu.
* **Tryb zatrzymania sterownika (STOP)** – sterownik nie wykonuje programu, ale jest gotowy do przyjęcia komend od programatora.
* **Tryb monitorowania (MONITOR)** – tryb umożliwiający jednocześnie na wykonywanie programu oraz dostęp do pamięci sterownika; jest to tryb przeznaczony głównie do testów aplikacji.

# Automatyzacja w nowoczesnym zakładzie produkcyjnym (rys historyczny, wymagania, struktura, systemy sterowania, itp.).

## Rys historyczny

Konwencjonalne systemy sterowania były realizowane wyłącznie sprzętowo, czyli poprzez struktury elektromechaniczne, stycznikowo-przekaźnikowe i wyspecjalizowane układy elektroniczne. Były to układy nieelastyczne, bez możliwości zmiany programu czy zasady działania. Podstawową zaletą nowoczesnych sterowników PLC była ich elastyczność. Pierwszym układem PLC był wprowadzony w 1969 roku Modicon model 084.

## Wymagania

Podstawowymi założeniami projektowymi dla sterowników PLC były:

* łatwe programowanie i przeprogramowanie w zależności od zmieniających się warunków przemysłowych
* łatwe utrzymanie w ruchu produkcyjnym
* budowa modułowa, zapewaniająca prostą naprawę poprzez wymianę uszkodzonych modułów
* małe gabaryty i duża niezawodność urządzeń
* niskie koszty instalacji

Celem automatyzacji produkcji przemysłowej jest całkowite wyeliminowanie bezpośredniego udziału człowieka w pracy zarówno fizycznej, jak i umysłowej, przy pozostawieniu mu czynności nadzorczo-kontrolnych.

Korzyściami automatyzacji są: obniżenie kosztów produkcji, poprawa bezpieczeństwa pracy, polepszenie jakości produktów.

Do zadań systemów automatyki zalicza się:

* sterowanie procesem technologicznym
* diagnostykę procesu i jego ocenę technologiczną
* analizę ekonomiczną przedsiębiorstwa
* planowanie zasobów produkcyjnych
* optymalizację produkcji

## Struktura sterowania

Zintegrowany system sterowania składa się z czterech warstw, z których dla każdej przydzielone są określone zadania:

* Warstwa zerowa: obsługa urządzeń zainstalowanych bezpośrednio w procesie technologicznym
* Warstwa pierwsza: analiza funkcji realizowanych przez pojedyncze urządzenia sterujące zainstalowane w procesie oraz analiza obsługiwanego przez te urządzenia fragmentu procesu
* Warstwa druga: prezentacja wyników obrazujących funkcjonowanie procesu przemysłowego jako całości, najczęściej przez użycie tzw. systemów wizualizacji typu SCADA
* Warstwa trzecia: kontrola kompleksowa przebiegu procesu przemysłowego; wymaga to skomunikowania ze sobą różnych systemów sterowania procesem przemysłowym

## systemy sterowania

Można wyróżnić kilka struktur systemów sterowania:

* **Sterowanie lokalne** – indywidualne sterowanie procesem
* **Sterowanie zintegrowane** – sterowanie z jednego miejsca wielu urządzeń procesu przemysłowego, które określane jest obecnie jako rozproszone
* **Sterowanie zdalne** – sterowanie stosowane w przypadku istnienia większych odległości między urządzeniem sterującym i sterowanym

Najbardziej znanymi systemami sterowania są:

* Rozproszony system sterowania (DCS) – system posiadający wspólną bazę danych dla sterowania i wizualizacji
* System SCADA – system sterowania nadrzędnego i zbierania danych, rozszerzający możliwość sterowników poprzez realizację w warstwie sterowania nadrzędnego takich funkcji jak komunikacja z urządzeniami obiektowymi, zbieranie i przetwarzanie zmiennych procesowych czy generowanie sygnałów alarmowych.

# Struktury systemów sterowania w przemyśle (charakterystyka, układ otwarty i zamknięty, systemy skupione, rozproszone, SCADA, DCS, sterowanie lokalne, zdalne itp.).

## Układ otwarty i zamknięty

**Sterowanie w układzie otwartym** odbywa się bez porównywania wielkości sterowanej z zadaną, czyli oddziałuje się na urządzenie sterujące tak, by mimo wystąpienia zakłóceń w czasie realizacji procesu przemysłowego uzyskać pożądaną wartość wielkości wyjściowej.

**Sterowanie w układzie zamkniętym** opiera się o porównanie wartości wielkości sterowanej z zadaną i wypracowanie sygnału sterującego na tej podstawie. Sterowanie w układzie zamkniętym dzieli się na kilka rodzajów: programowe (sygnał zadający ustalany według przygotowanego programu), stałowartościowe (utrzymywanie wybranej zmiennej w granicach dopuszczalnego uchybu), nadążne (wartość sygnału wyjściowego ma przebieg analogiczny do wartości sygnału wejściowego).

## Systemy skupione i rozproszone

Skupione systemy sterowania opierały się na tym, że każde urządzenie było sterowane bezpośrednio w miejscu, w którym się znajdowało. Systemy rozproszone z kolei pozwalają na komunikację wielu różnych urządzeń na podstawie tej samej bazy zmiennych procesowych wykorzystywanych w celu sterowania i wizualizacji. Sterowniki systemów rozproszonych powinny opierać się na systemie operacyjnym czasu rzeczywistego, co pozwala na wykonanie wszystkich zaplanowanych operacji w czasie rzeczywistym.

## SCADA

SCADA to systemy sterowania nadrzędnego i zbierania danych, dopełniające i rozszerzające możliwości sterowników poprzez realizację takich funkcji jak:

* komunikacja z urządzeniami obiektowymi (sterowniki, regulatory)
* zbieranie i przetwarzanie zmiennych procesowych pochodzących z urządzeń obiektowych oraz ich archiwizacja w bazie danych
* stanowienie interfejsu operatora służącego do wizualizacji procesu i jego obsługi
* wizualizacja wartości zmiennych procesowych w różnych formach graficznych
* opracowanie raportów dotyczących bieżącego stanu procesu, zużycia materiałów oraz stanu pracy maszyn i urządzeń
* generowanie sygnałów alarmowych związanych z przekroczeniem wartości granicznych
* diagnostyka zasobów, komunikacji i ewentualnie redundancja

Systemy PLC w połączeniu z systemami SCADA są bardzo uniwersalne i pozwalają na łączenie urządzeń różnych producentów we wspólny system zarządzający. Tego rodzaju systemy sterowania opierają się na realizacji algorytmów sterowania dyskretnego, pozwalają na wizualizację zmiennych procesu za pomocą paneli HMI lub systemu SCADA, a przy tym wymagają reakcji operatora przede wszystkim w sytuacjach awaryjnych.

## DCS

Systemy DCS charakteryzuje wspólna baza danych dla sterowania i wizualizacji, w przeciwieństwie do systemu opartego na sterownikach PLC i systemie SCADA. Systemy tego typu działają w systemach operacyjnych czasu rzeczywistego. Są przeznaczone głównie do konkretnych obiektów sterowania takich jak elektrownie. Realizuje się w nich zaawansowane algorytmy obliczeniowe, opierające się o wspólną bazę danych i najczęściej komponenty jednego producenta. Ich zaletą jest duża niezawodność sprzętowa i programowa. Wymagają jednak ciągłego nadzoru operatora nad procesem i bardzo szczegółowej wizualizacji zmiennych procesowych.

## Sterowanie lokalne, zdalne, zintegrowane

**Sterowanie lokalne** polega na indywidualnym sterowaniu procesem lub częścią procesu przez pojedyncze, niezależne urządzenie; np. sterowanie pojedynczym urządzeniem w linii produkcyjnej.

**Sterowanie zintegrowane** polega na sterowaniu z jednego miejsca wielu urządzeń procesu przemysłowego; obecnie ten rodzaj sterowania określa się jako rozproszone; np. sterowanie całą linią pakowania w zakładzie przemysłowym.

**Sterowanie zdalne** stosowane jest w przypadku istnienia większych odległości między urządzeniem sterującym i sterowanym, np. w różnych pomieszczeniach czy budynkach.

# Omówić budowę i zasadę działania sterowników PLC na przykładzie sterownika OMRON CJ1M. (Klasyfikacja, podstawowe parametry, interfejsy I/O, cykl i tryby pracy, mapa pamięci, zasady adresowania)

## Klasyfikacja CJ1M

Sterownik CJ1M należy do grupy sterowników modularnych. Jego możliwości funkcjonalne i zasoby sprzętowe sterowników CJ1M zależą od doboru modułów rozszerzeń, czyli:

* modułu zasilacza
* podstawowych modułów wejść/wyjść – stanowiących interfejs cyfrowy sterownika i zawierających moduły wejść i wyjść dyskretnych w różnej liczbie
* specjalnych modułów wejść/wyjść – chodzi m.in. o moduły z wejściami/wyjściami analogowymi, regulatory temperatury, moduły z szybkimi licznikami, moduły pozycjonujące
* moduły komunikacyjne: np. moduły komunikacji szeregowej, moduły sieci Ethernet, DeviceNet, Profibus itd.
* moduły sterujące, umożliwiające dołączenie dodatkowych grup rozszerzeń do sterownika

## Podstawowe parametry

Poszczególne jednostki centralne sterowników z rodziny CJ1M różnią się maksymalną liczbą cyfrowych wejść wyjść (160-640), pojemnością programu (5000-20000 kroków), maksymalną liczbą modułów rozszerzeń (9-20) oraz funkcjami wbudowanymi, np. jednostki CPU2\* zawierają po dwa wejścia enkoderów, a pozostałe nie.

Na przykład jednostka centralna CJ1M CPU12-ETN może obsługiwać do 320 wejść/wyjść, jej pamięć programu to 10 tys. kroków, maksymalna liczba modułów rozszerzeń to 9. Czas przetwarzania tej jednostki to 0,5 ms, a zakres ustawień minimalnego czasu trwania cyklu to 1-32 ms. Stertownik ten posiada wbudowany moduł sieci Ethernet oraz dwa złącza komunikacji szeregowej.

## Interfejsy I/O

W sterownikach CJ1M dla każdego modułu jest alokowana część pamięci we/wy. Do sterowników tego typu można stosować moduły wejść i wyjść cyfrowych oraz moduły wejść i wyjść analogowych, przy czym w przypadku jednego sterownika można stosować różne rodzaje tych modułów. Dla każdego modułu I/O alokowane zostaje tyle słów, ile jest wymagane (np. dla modułu z 16 wejściami cyfrowymi przydzielone zostaje jedno słowo pamięci – 16 bitów). Proces ten jest automatyczny i przypisuje każdemu modułowi unikalny adres w obszarze CIO. Dla modułów podstawowych adresy są ustawiane w zakresie CIO 0000-0999 z alokacją 25 słów, dla modułów specjalnych – w zakresie CIO 2000-2959 z alokacją 10 słów.

## Cykl i tryby pracy

Sterowniki PLC pracują według określonego cyklu, składającego się z charakterystycznych etapów powtarzanych w nieskończonej pętli:

1. **Inicjalizacja sterownika**: sterownik testuje poprawność działania swoich obwodów wewnętrznych i poprawność konfiguracji sprzętowej
2. **Odczyt sygnałów wejściowych sterownika**: odczytanie wszystkich fizycznych wejść sterownika i zapisanie ich w obszarze PII pamięci; odczyt wejść jest wykonany jednorazowo w każdym cyklu pracy sterownika
3. **Wykonanie programu użytkownika**: przetwarzanie kolejno instrukcji programu sterującego, na podstawie których mikroprocesor wykonuje odpowiednie działania i zapisuje wyniki obliczeń w pamięci danych. Po wykonaniu instrukcji programu zostaje wygenerowany nowy stan wyjść, zapisywany w obszarze PIO pamięci. Podstawową zasadą pracy sterowników PLC jest działanie sekwencyjne: poszczególne rozkazy wykonywane są kolejno po sobie – stąd trzeba pamiętać o odpowiedniej kolejności obróbki sygnałów.
4. **Zapis sygnałów wyjściowych sterownika**: pobranie wartości stanu wyjść z obszaru pamięci PIO i aktualizacja wyjść sterownika.
5. **Obsługa komunikacji**: faza, w której sterownik komunikuje się z innymi urządzeniami sieciowymi lub z komputerem z podłączonym programatorem – o ile któreś z tych urządzeń jest do niego podłączone;
6. **Autodiagnostyka**: kontrola poprawności działania podzespołów sterownika oraz wykonywania programu – wszelkiego rodzaju problemy skutkują zatrzymaniem programu i sygnalizacją błędu.

Sterownik może znajdować się w różnych trybach pracy:

* **Tryb wykonywania programu (RUN)** – realizacja wszystkich faz cyklu pracy sterownika, zablokowane możliwości modyfikacji zwartości programu.
* **Tryb zatrzymania sterownika (STOP)** – sterownik nie wykonuje programu, ale jest gotowy do przyjęcia komend od programatora.
* **Tryb monitorowania (MONITOR)** – tryb umożliwiający jednocześnie na wykonywanie programu oraz dostęp do pamięci sterownika; jest to tryb przeznaczony głównie do testów aplikacji.

## Mapa pamięci i zasady adresowania

Pamięć danych sterownika CJ1M ma strukturę 16-bitową. Adres komórki pamięci określa numer słowa, a nie bajtu, jak ma to miejsce w innych sterownikach. Dostęp do poszczególnych komórek pamięci uzyskuje się przez podanie prefiksu obszaru pamięci oraz określenie adresu słowa. Wyjątkiem są obszary wejść/wyjść sterownika, gdzie podaje się adres bez prefiksu.

Wyszczególnia się kilka obszarów pamięci, z odpowiednimi prefiksami (bez prefiksu w przypadku CIO):

* **obszar wejść/wyjść CIO** – przechowuje dane określające stany wejść i wyjść sterownika, modułów komunikacyjnych oraz bity robocze ogólnego przeznaczenia; obszar ten dzieli się na poszczególne podobszary dla różnego rodzaju modułów wejść i wyjść, zależnie od ich rodzaju;
* **obszar W** (Working area) – przechowuje dane sterujące przebiegiem programu
* **obszar danych D** (Data area) – może służyć do przechowywania ogólnych danych liczbowych użytkownika
* **obszar pamięci H** (Holding area) – przechowuje różnych danych w postaci słów albo bitów, przy czym dane te podtrzymywane są po zaniku zasilania sterownika
* **obszar pomocniczy A** (Auxiliary area) – zawiera flagi i bity sterujące, które mogą służyć do monitorowania i sterowania pracą sterownika PLC
* **obszar czasomierzy T** (Timer area) – przechowuje bieżące wartości PV oraz flag wypełnienia poszczególnych czasomierzy;
* **obszar liczników C** (counter area) – przechowuje wartości bieżące PV oraz znaczniki wypełnienia poszczególnych liczników

## Zasady adresowania

W adresowaniu można stosować dwie metody notacji: z kropką (podaje się a dres słowa, a po kropce numer bitu, np. W14.03) lub bez kropki (nie podaje się separatora bitowego, domyślnie numer bitu określają dwie ostatnie cyfry, np. W1403).

# Analogowe i cyfrowe interfejsy I/O sterownika CJ1M (moduły podstawowe, specjalne i komunikacyjne, alokacja pamięci, rodzaje i parametry sygnałów).

Dołączane moduły wejścia/wyjścia są przypisywane do określonych zakresów adresowych, w obszarze pamięci CIO w zależności od rodzaju interfejsu. Np. dla obszaru modułów komunikacyjnych wydzielone są adresy w zakresie CIO 1500-1899 (25 słów na moduł), dla modułów specjalnych – CIO 2000-2959 (10 słów na moduł), z kolei dla podstawowych modułów zakres ten to CIO 0000-0159 z możliwością zmiany adresu dla pierwszej grupy modułów (dla modułów podstawowych alokowane jest tyle słów, ile jest wymagane – np. dla 16-wejściowej jednostki przydzielone jest jedno słowo – 16 bitów).

## Rodzaje i parametry sygnałów.

W przypadku modułów wejść cyfrowych ID211, napięciem znamionowym jest 24 V DC z logiką dodatnią (podanie 24 V na wejściu fizycznym modelu oznacza stan wysoki). Prąd wejścia przy 24 V to 7 mA.

Dla modułów wyjść cyfrowych OD212, w stanie aktywnym na zaciskach modułu pojawia się napięcie +24 V DC, przy czym moduł ma maksymalny prąd obciążenia równy 0,5 A na kanał.

Moduł AD041 ma wejścia analogowe, które można skonfigurować jako wejścia napięciowe lub prądowe. Można przy tym wybrać różne zakresy sygnałów wejściowych (np. 0-5 V lub 4-20 mA) zależnie od zastosowania modułu, a także skonfigurować liczbę buforowanych próbek do obliczania wartości średniej sygnału .

Moduł DA041 ma wyjścia analogowe z możliwością wykorzystania ich jako wyjść prądowych lub napięciowych o zakresach analogicznych do modułu AD041. Rodzaj sygnału wyjściowego oraz zakres przetwarzania jest wybierany przez użytkownika w zależności od wymagań aplikacji.

# Omówić działanie wybranych instrukcji i funkcji logicznych (przerzutniki, timery, liczniki. komparatory, detektory zbocza, … itp.)

## Przerzutniki

Przerzutniki to podstawowe elementy bistabilne. Wyróżnia się przerzutniki RS oraz SR, które różnią się priorytetem wejść. W przerzutniku RS priorytet ma wejście RESET (ustawia się stan niski), w przerzutniku SR – wejście SET (ustawia się stan wysoki). Przerzutniki mogą służyć np. w celu zbudowania przycisków naprzemiennie włączających i wyłączających wyjście podczas wielokrotnego naciskania przycisku. Można je realizować przez instrukcje SET lub RSET, przez wykorzystanie zwykłych styków, lub przez wykorzystanie instrukcji KEEP.

## Timery i czasomierze

Czasomierze to instrukcje realizujące funkcje czasowe. Buduje się różnego rodzaju czasomierze:

* TIM – służy do odmierzania czasu załączenia sygnału i resetuje się po wyłączeniu tego sygnału; jest to zasadniczo timer z którego można skorzystać budując wejście z opóźnionym załączeniem (timer TON)
* TTIM – Totalising Timer – czasomierz akumulujący, który może np. zliczać łączny czas trwania danego sygnału, nie zwiększając wartości PV (akumulacji) gdy sygnał ten jest wyłączony
* TP – czasomierz podtrzymujący sygnał wyjściowy w stanie wysokim przez określony czas, niezależnie od czasu trwania sygnału wejściowego
* TOF – czasomierz z opóźnionym wyłączeniem, który podtrzymuje przez określony czas załączenie danego sygnału

## Liczniki

Liczniki służą do zliczania impulsów pojawiających się na ich wejściu. Licznik CNT jest licznikiem jednokierunkowym, zliczającym zmianę stanu logicznego wejścia z wartości 0 na wartość 1. Licznik CNTR działa dwukierunkowo – pozwala na zmianę kierunku zliczania, czyli impuls na wejściu może powodować także zmniejszenie wartości tego licznika, nie tylko zwiększenie.

## Komparatory

Komparatory porównują dwie wartości wejściowe i na ich podstawie dobierają wartość wyjściową sygnału. Komparator CMP ralizuje funkcję komparatora, którego argumentami wejściowymi są liczby całkowite bez znaku, o długości jednego słowa. Komparator CPS działa również w przypadku liczb całkowitych ze znakiem. Wyjście komparatora nazywa się flagą porównania.

## Detektory zbocza

Detektory zboczy to instrukcje bitowe, które wykrywają dynamiczne zmiany sygnałów cyfrowych. Wyróżnia się detektory zboczy narastających (zmiana wartości logicznej ze stanu niskiego na wysoki) oraz detektory zboczy opadających (zmiana wartości logicznej ze stanu wysokiego na niski). W praktyce, służą one np. do budowania programów reagujących na zmianę stanu którejś ze zmiennych lub któregoś sygnału sterującego. Można je realizować za pomocą instrukcji DIFU (zbocze narastające) lub DIFD (zbocze opadające). Inną metodą jest wykorzystanie wbudowanej funkcji oprogramowania CX-Programmera umożliwiającej wstawienie do programu styku z detekcją zbocza.

## Generatory taktujące

Generator taktujący wytwarza sygnał prostokątny o zadanych parametrach czasowych. Parametrami tymi są częstotliwość (oraz okres sygnału), a także współczynnik wypełnienia (stosunek czasu trwania wysokiego stanu logicznego do okresu sygnału). W sterownikach OMRON za generatory taktujące służą specjalne flagi systemowe, można także wykorzystać do ich budowy czasomierze TIM. Zastosowaniem tego typu elementów może być np. stworzenie migającej sygnalizacji.

# Operacje na danych w sterowniku CJ1M (instrukcje transferu danych, logiczne, arytmetyczne, konwersja typów).

## Instrukcje transferu danych

Podstawowymi instrukcjami transferu danych są:

* MOV – instrukcja służąca do kopiowania danych z jednej komórki pamięci do drugiej; pierwszym operandem jest komórka źródłowa, drugim – docelowa
* MOVN – odmiana instrukcji MOV, która pobiera daną z komórki źródłowej, dokonuje negacji wszystkich jej bitów, a następnie umieszcza w komórce docelowej
* MOVB – służy do kopiowania wartości jednego określonego bitu komórki źródłowej do wybranego bitu komórki docelowej; trzy operandy: adres komórki źródłowej, słowo sterujące i adres komórki docelowej
* XFER – operacja ta służy do kopiowania bloku danych; określa się tu liczbę kopiowanych słów, adres początkowy bloku źródłowego oraz adres początkowy bloku docelowego (czyli skopiowanie np. wartości 10 słów do innego zakresu słów)
* BSET – instrukcja ta wypełnia obszar pamięci jednakową wartością – czyli ustalenie tej samej wartości dla wszystkich słów w wybranym zakresie
* XCHG – instrukcja ta zamienia miejscami wartości dwóch komórek, czyli dla komórki A przypisuje wartość komórki B, dla komórki B – wartość komórki A
* ASL i ASR – operacje arytmetycznego przesunięcia bitów w słowie, odpowiednie w lewo lub prawo; zależnie od kierunku przesunięcia, najstarszy lub najmłodszy bit zostanie wyzerowany, a przeciwległy do niego – odpowiedni najmłodszy lub najstarszy – przeniesiony do znacznika CY
* ROL i ROR – cykliczne przesunięcie bitów; operacja ta działa podobnie do ASL i ASR, przy czym w ROL najstarszy bit przesunięty jest do znacznika CY, a najmłodszy zastąpiony poprzednią wartością tego znacznika; istnieją też odpowiedniki tych funkcji bez użycia znacznika CY (RLNC oraz RRNC)

## Operacje logiczne

Instrukcjami logicznymi są:

* ANDW – funkcja iloczynu logicznego, czyli dla dwóch słów jeśli wartości bitów na tych samych miejscach w różnych słowach są równe 1, wynikiem operacji dla tego bitu jest 1;
* ORW – funkcja sumy logicznej, czyli w przypadku gdy któryś z bitów jest równy 1, wartość bitu na danej pozycji w słowie wyjściowym jest równa 1
* XORW – alternatywa wykluczająca, funkcja XOR na dwóch komórkach danych
* COM – inwersja logiczna – zanegowane zostają wszystkie bity argumentu wejściowego funkcji

## Operacje arytmetyczne

Operacjami arytmetycznymi dostępnymi w sterownikach OMRON są:

* dodawanie
* odejmowanie
* mnożenie
* dzielenie
* inkrementacja
* dekrementacja

W przypadku operacji arytmetycznych, stosowane są oznaczenia literowe specyfikujące typ danych i działanie instrukcji. Określa się tu stosowanie bitu przeniesienia czy format danych liczbowych.

## Konwersja typów

Funkcje konwersji typów pozwalają na przetwarzanie typów danych z jednej postaci na drugi. Pozwala to na zmianę sposobu interpretacji zapisanych danych, a także wielkość zajmowanego przez nie miejsca w obszarze pamięci sterownika. Wyróżnia się tu instrukcje BCD, BCDL, BIN, BINL, FIX, FIXL, FLT oraz FLTL, przy czym każda z nich oznacza konwersję danych z jednego określonego typu na drugi (np. BCD – przekształcenie liczby 16-bitowej na 4-cyfrową w kodzie BCD).

# Strukturyzacja programu użytkownika (sekcje, taski, podprogramy, instrukcje skoków, itp.)

## Strukturyzacja programu

Strukturyzacja programu przy pomocy SFC polega na opracowaniu sieci złożonej z

kroków i warunków przejść pomiędzy tymi krokami (tranzycji). Działanie wewnętrzne poszczególnych kroków opisuje się za pomocą zdefiniowanych w normie IEC 61131 języków programowania sterowników PLC.

## Sekcje

W środowisku CX-Programmer program opracowywany przez użytkownika w języku drabinkowym (który jest najpopularniejszy) możliwy jest podział programu użytkownika na mniejsze fragmenty, czyli sekcje. Sekcje są wykonywane w każdym cyklu, kolejno jedna po drugiej. Należy pamiętać, że kolejność wykonywania sekcji zależy od ich umiejscowienia w drzewie projektu, a więc sekcja położona „wyżej” w projekcie zostanie wykonana pierwsza. Podział programu na sekcje zwiększa również jego czytelność (również ze względu na komentarze), a także podatność na późniejsze modyfikacje.

## taski (zadania)

Stertowniki serii CJ1 pozwalają rozdzielić program na odrębne jednostki programowe, tak zwane zadania (ang. Tasks). Poszczególne zadania mogą być wykonywane cyklicznie lub przerwaniowo, jeśli wystąpi skojarzone z danym zadaniem zdarzenie.

Zadanie cykliczne jest aktywne i uruchamiane jednokrotnie w każdym cyklu Maksymalna liczba zadań wynosi 32.

Zadania przerwaniowe są wykonywane, jeżeli wystąpi przerwanie danych zdarzeń:

* Power OFF Task – zadanie wykonywane jednokrotnie, z chwilą wyłączenia zasilania sterownika
* Scheduled Interrupt Task – zadania zaplanowane, wywoływane co określony czas (np. 10ms)
* I/O Interrupt Task – zadanie wywoływane, gdy wejście specjalnego modułu I/O zostanie ustawione w stan wysoki
* External Interrupt Task – zadania wywoływane przez przerwania od specjalnych modułów I/O
* Extra Cyclic Task - zadanie traktowane jak cykliczne, czyli wykonywane 1 raz na cykl

## Podprogramy

Podprogramy to wydzielone fragmenty programu głównego. Zawierają zestaw instrukcji realizujących daną funkcję, która może być wywoływana wielokrotnie, w obrębie działania programu głównego. W sterownikach OMRON serii CJ można definiować tzw. podprogramy globalne. Są one dostępne dla wszystkich programów należących do danego (jednego) projektu.

## Instrukcje skoków

Instrukcje skoku JMP (od angielskiego JUMP) zawsze występuje wraz z instrukcją JME. Realizuje ona funkcję skoku bezwarunkowego do miejsca w programie, w którym jest umieszczona skojarzona z nią instrukcja JME. Obie te instrukcje posiadają jeden operand, na który wprowadza się numer instrukcji skoku (w zakresie 0-1023). Instrukcja JMP posiada jedno wejście zezwolenia, które steruje wykonaniem skoku i wykona ona „skok” gdy warunek nie będzie spełniony. Przeciwnie działa instrukcja CJP, która realizuje funkcję skoku warunkowego, a więc wykona skok gdy warunek będzie spełniony.

## Pętle iteracyjne

Pętle iteracyjne - instrukcja FOR połączona wraz z instrukcją NEXT umożliwia realizację pętli programowych. Powtarzają one wykonanie fragmentu programu określoną liczbę razy pod rząd. Instrukcja FOR posiada jeden operand wejściowy, na który wprowadza się wartość liczbową z przedziału 0-65535, która określa liczbę powtórzeń w pętli.

Instrukcja NEXT nie ma parametrów, zamyka powtarzany fragment programu. Jeśli występuje konieczność szybszego zakończenia pętli, trzeba zastosować instrukcję BREAK, która powoduje wykonywanie instrukcji pustych i zakończenie pętli.

# Bloki funkcyjne – budowa, zasady stosowania, rodzaje zmiennych, przykłady zastosowań..

## Budowa

Blok funkcyjny to element języka, który zawiera określenie struktury danych na wejściu, wyjściu i zmiennych wewnętrznych oraz zbioru operacji, które będą na nich wykonane. Definicje bloku funkcyjnego to programy zwarte w bloku funkcyjnym. Każda taka definicja zawiera algorytm oraz deklaracje zmiennych. Instancje bloku funkcyjnego to kolejne wywołania tego samego bloku funkcyjnego w jednym programie sterującym. W zależności od CPU, możliwe jest wywołanie 256 lub 2048 takich instancji.

## Zasady stosowania

Użytkownik może samemu stworzyć blok funkcyjny a także zapisać go do osobnego pliku .cxf. W oprogramowaniu CX-Programmer znajduje się biblioteka gotowych bloków funkcyjnych.

## Rodzaje zmiennych

W blokach funkcyjnych występują zmienne takie jak:

* Internals (zmienne wewnętrzne) – używane są tylko w obrębie jednej instancji bloku funkcyjnego i nie mogą być używane do przekazywania danych bezpośrednio do pamięci I/O sterownika
* Externals (zmienne zewnętrzne) są zdefiniowane w CX-Programmer, tj. flagi statusu lub bity z obszaru pamięci A sterownika, lub zmiennymi globalnymi użytkownika.
* Inputs (zmienne wejściowe) – służą do wprowadzania parametrów lub wyników działań do wnętrza instancji bloku funkcyjnego.
* Outputs (zmienne wyjściowe) – służą do wyprowadzania parametrów lub wyników działań na zewnątrz instancji bloku funkcyjnego.
* In Out (zmienne we/wy) – służą do wprowadzania parametrów z zewnątrz instancji bloku funkcyjnego, mogąc jednocześnie przekazywać wynik operacji na zewnątrz instancji bloku.

## Przykłady zastosowań

Wśród najprostszych możliwych do utworzenia bloków, takich jak timery TOF, TON itp., oraz dowolnych, utworzonych przez użytkownika funkcji, w bibliotece FBL znajdują się takie komponenty wykorzystujące wiele bloków funkcyjnych, które stosowane są m.in. jako:

* Elementy automatyki – kontrolery temperatury, czujniki wizyjne, czytniki kodów kreskowych..
* Sterowniki PLC – jednostki CPU, karty pamięci.
* Sterowanie ruchem – moduły pozycjonowania, falowniki, serwonapędy.

# Przemysłowe sieci komunikacyjne (klasyfikacja, podział ze względu na zakres stosowania, porównanie, topologie, profile, stosowane media transmisji, itp.).

## Klasyfikacja i podział ze względu na zakres stosowania

Podstawowym kryterium klasyfikacji sieci jest jej rozmiar, czyli odległość między najdalej położonymi w niej węzłami, umownie wyróżniamy trzy grupy:

* sieci lokalne (LAN) – o zasięgu kilku kilometrów
* sieci metropolitalne (MAN) – o zasięgu od kilkunastu do kilkudziesięciu kilometrów, obejmują zespół miejski
* sieci rozległe (WAN) – obejmują zasięgiem region, kraj, cały świat.

Sieci przemysłowe nazywa się często sieciami miejscowymi lub polowymi (fieldbus) i zaliczają się do grupy sieci lokalnych, ponieważ ich rozmiar jest ograniczony do rozmiarów sterowanej instalacji lub hali produkcyjnej. Sieci miejscowe mogą łączyć się z innymi segmentami sieci ogólnozakładowych, przez co staja się elementami niejednorodnych sieci o rozległym obszarze działania. Charakteryzuje je przede wszystkim:

* wysoka niezawodność i odporność na zakłócenia przemysłowe
* deterministyczny czas przekazywania wiadomości i efektywne przenoszenie ich dużej liczby
* łatwość rozbudowy o dodatkowe czujniki pomiarowe, podporządkowane głównemu sterownikowi

## Topologie

Wśród najbardziej znanych i stosowanych typów sieci wyróżnić można:

* magistralową
* pierścieniową
* osiową
* gwiaździstą
* nieregularną (posiadającą nieregularne połączenia

## Porównanie

Sieci lokalne biurowe – są stosowane w domach, biurach, bankach etc. Łączą komputery, przesyłają dokumenty, multimedia itp. Sieci te wymagają często bardzo dużej przepustowości, a chwilowe opóźnienia w transmisji nie wpływają na ich stabilność i bezpieczeństwo.

Sieci przemysłowe wykorzystuje się do sterowania instalacjami technicznymi, dlatego łącza nie tylko komputery, ale również sterowniki i czujniki. Przekazują wartości pomiarowe, parametry sterujące oraz stany czujników, dlatego długość komunikatów jest bardzo krótka a natężenie przekazów w cyklu stałe. Wszelkie opóźnienia w transmisji są potencjalnie niebezpieczne dla procesów produkcyjnych, a przede wszystkim dla pracowników obsługujących np. linię produkcyjną.

## Profile

System sterowania w sieciach przemysłowych, można przedstawić jako trójkątny model warstwowy, w którym, kolejno od góry, można wymienić:

* Poziom zarządzania – urządzenia należące do tego poziomu to indywidualne „wyspy urządzeń automatyki. Na tym poziomie łączy się poszczególny wyspy między sobą i podłącza do większych jednostek. Wymiana danych odbywa się w sposób blokowy, dane są przesyłane w pakietach zawierających wiele bajtów (np. 32 lub 64 bajty).
* Poziom sterowania – należą do niego bardziej skomplikowane czujniki i elementy wykonawcze a także moduły o liczbie wejść/wyjść 8 lub więcej. Są to np. skanery laserowe, przetworniki, napędy z regulacją prędkości czy stacje operatorskie. Dane wymieniane są w postaci komunikatów o długości do kilku bajtów.
* Poziom procesu (czujników) – zalicza się do niego większość binarnych czujników i elementów wykonawczych, takich jak sensory (przyciski, przełączniki, czujniki indukcyjne itd., enkodery osiowe). Do elementów wykonawczych zaliczamy zawory pneumatyczne i hydrauliczne, lampki sygnalizacyjne i proste napędy elektryczne. Urządzenia w tym poziomie przesyłają informacje bitowo, dlatego długość komunikatu to najczęściej jeden lub kilka bitów.

## Stosowane media transmisji

Protokoły komunikacyjne zależne są od poziomu w systemie sterowania, jednak można wymienić protokoły takie jak AS-Interface, Modbus, CANOpen, DeviceNET, Profibus, ProfiNET, ControlNET.

# Analogowe i cyfrowe systemy telemetryczne. Budowa, parametry i mechanizm wymiany danych w wybranych sieciach przemysłowych (HART, CAN, DeviceNet, AS-i, EtherNet/IP, EtherCAT).

## Ogólnie

W analogowych systemach telemetrycznych dla realizacji zdalnych pomiarów, przy odległościach do 3km, stosowany jest standard prądowy 4-20mA przy 24V DC.

## HART

Protokół komunikacyjny HART (Highway Addressable Remote Transducer) jest rozszerzeniem standardu analogowego 4-20mA o cyfrową komunikację z „inteligentnymi” (mikroprocesorowymi) kładami WEJ/WYJ. HART wykorzystuje modulację kluczowania częstotliwości z fazą ciągłą (ang. Frequency Shift Keying): jeden cykl 1200Hz reprezentuje binarne „1”, natomiast dwa cykle 2200Hz – binarne „0”. To rozwiązanie pozwala uniknąć ewentualnych zniekształceń wyłączeniowych. W protokole HART zmodulowany sygnał cyfrowy jest nałożony na prądowy sygnał analogowy 4-20mA.

Sieć HART może pracować w konfiguracji

* „punkt-punkt” – wówczas pasmo sygnału analogowego (4-20mA) ograniczone jest do 25Hz
* „wielopunkt” zrealizowany na magistrali dwu lub trzyprzewodowej – wówczas dopuszczona jest tylko transmisja cyfrowa, a do sieci przyłączonych max. 15 modułów.

Każdy moduł musi mieć inny adres, dla pierwotnego mastera adres 1, dla wtórnego adres 0. Moduły slave są przełączone do trybu stałego obciążenia prądem 4mA.

## ASI

Sieć ASI (Actuator-Sensor Inteface) należy do najprostszych sieci miejscowych – łączy punkty binarne. Interfejs ASI to międzynarodowy standard, stosowany na najniższym poziomie komunikacji. Poprzez sieć ASI kontrolowane są:

* czujniki
* elementy wykonawcze
* urządzenia wejściowo-wyjściowe

Sieć ASI może zostać skonfigurowana w dowolną strukturę rozgałęźną „drzewo”. Do systemu można włączyć max.2 wzmacniacze sieciowe, uzyskując zasięg do 300m. Komponenty w sieci są połączone za pomocą profilowanego, płaskiego i nieekranowanego dwużyłowego kabla (2x 1.5mm^2 w kolorze żył żółtym i czarnym), którym oprócz transmisji danych dostarczane jest również napięcie do wszystkich modułów slave. Jest to sieć typu master-slave. Transmisja danych w magistrali odbywa się poprzez zakodowany sygnał prądowy przy napięciu 30V DC. Montaż urządzeń odbywa się poprzez „założenie” na kabel bazy montażowej urządzenia, która „przebija” izolację do żył. Dzięki unikalnej „samoregenerującej” właściwości izolacji, sieć może być łatwo przebudowywana. Moduły są po prostu podłączane równolegle w odpowiednich miejscach „linii” transmisyjnej. W sieci ASI kod transmisji to tzw. kod Manchester. Słowo nadawane jest w naturalnym kodzie binarnym, podawane na filtr dolnoprzepustowy, a przebieg ten o ograniczonym paśmie wchodzi na konwerter U/I, na którego wyjściu uzyskiwany jest prąd (0-60)mA i taki prąd „forsowany” jest na magistrali.

## Sieć CAN

Sieć CAN (ang. Controller Area Netowrk) została opracowana dla potrzeb pojazdów w firmie Bosch GmbH. Jej różne standardy odnoszą się do zastosowań w samochodach osobowych, a także ciężarówkach, autobusach i innych ciężkich pojazdów specjalnych. Magistrala CAN występuje najczęściej w konfiguracji:

* linearnej
* gwiaździstej
* pierścieniowej

Do poprawnej wymiany informacji potrzebna jest odpowiednia konstrukcja sterowników. Zawierają one blok przetwarzający treść przesyłanej informacji, kontroler CAN i układ nadawczo-odbiorczy (transceiver). Kontroler i „transceiver” są odpowiedzialne za nadawanie danym odpowiedniej postaci i komunikację z magistralą. Magistrala to dwa przewody (tzw. skrętka), z czego w większości sieci CAN, zbudowana z przewodów określanych jako „low/high”, czyli bity „0 i 1” przesyłane są nimi metoda różnicową, aby były „symetryczne” względem siebie. Poziomami napięć w magistrali CAN, są napięcia 2,5-5V dla przewodu CAN HIGH, oraz 2,5 – 0 V dla przewodu CAN LOW. Przyjmuje się, że niska różnica napięć pomiędzy przewodami (<0,5 V) oznacza stan recesywny, natomiast różnica wysoka (>0,9 V) – stan dominujący. Przyjmuje się, że iloczyn długości magistrali i szybkość transferu ma wartość stałą. Oznacza to, że np. magistrala może mieć długości 400 m i przesyłać sygnały z prędkością 100 kB/s lub długość 40 m i transfer 1MB/s.

## DeviceNet

Sieć devicenet jest standardową, otwartą siecią, wynalezioną przez Rockwell Automation w 1993 roku. Parametry techniczne sieci i jej protokół są otwarte, co oznacza, że sprzedawcy nie są zmuszeni do zakupu sprzętu, ani oprogramowania, czy też do uiszczania opłat licencyjnych, aby podłączać urządzenia do systemu. DeviceNet jest efektywnym łączem przeznaczonym do komunikacji pomiędzy urządzeniami przemysłowymi takimi jak: wyłączniki krańcowe, czujniki fotoelektryczne, zawory wielodrożne, rozruszniki silników, przyciski sterujące, falowniki, wyświetlacze i interfejsy operatorskie. System DeviceNet oparty jest na sprawdzonej technologii CAN (Controller Area Network). Technologia ta używana jest w wielu gałęziach przemysłu, a dzięki ogromnej popularności, koszt budowy sieci jest bardzo niski. System DeviceNet posiada magistralowo-odczepową topologię. Urządzenia mogą być przyłączane lub odłączane do sieci przy włączonym zasilaniu. Sieć DeviceNet pozwala na sterowanie poprzez wymianę danych w czasie rzeczywistym, za pomocą następujących metod:

* szybka i efektywna metoda przesyłania informacji "sterowana zdarzeniami", polegająca na tym, że urządzenia wysyłają swoje dane tylko wtedy gdy następuje zmiana ich stanu,
* metoda "cykliczna", kiedy urządzenia wysyłają swoje dane co pewien, precyzyjnie ustalony przez użytkownika, okres czasu (na przykład co każde l0ms, 50ms, 200ms, itd.),
* metoda "strobowana", kiedy jedna wiadomość jest dostarczana to wielu urządzeń równocześnie,
* tradycyjna metoda odpytywania stosowana w pojedynczym układzie master/slave.

Szybkość transmisji mieści się w granicach (125-500)Kbps, jest zależna od rodzajów przewodów oraz długości (nawet do 500m przy 125kbps).

# Sieć przemysłowa PROFIBUS (ogólna charakterystyka, zakres zastosowań, podział, budowa, zasada cyklicznej wymiany danych, komunikacja mono- i multi-master, topologie połączeń, przykładowe urządzenia, itp.)

## Ogólna charakterystyka i zakres zastosowań

Założeniem sieci PROFIBUS było utworzenie szybkiej sieci cyfrowej typu fieldbus, która byłaby standardem dla rozproszenia stacji polowych. Jest to zatem standard sieci przemysłowej czasu rzeczywistego, obsługującej komunikację master/slave lub master/master.

## Podział sieci PROFIBUS

Rodzinę sieci PROFIBUS stanowią:

* Profibus FMS – uniwersalna wersja dla poziomu gniazd, realizuje cyklicznie i acyklicznie zadania przekazu danych między inteligentnymi urządzeniami obiektowymi. Pozwala na budowanie kompleksowych i elastycznych aplikacji
* Profibus DP – zoptymalizowany pod kątem szybkości, dedykowany do komunikacji pomiędzy kontrolnymi systemami automatyki a rozproszonymi układami wejścia/wyjścia
* Profibus PA – przeznaczony do automatyzacji procesów produkcyjnych, pozwala na podłączenie sensorów i aktuatorów za pomocą wspólnej magistrali w obszarach zagrożonych wybuchem. Za pomocą dwu żyłowego kabla przesyłane są dane komunikacyjne i zasilanie.

W przypadku sieci PROFIBUS DP rozróżnia się także poszczególne wersje sieci: DP-V0, DP-V1 i DP-VW2. Różnią się one funkcjonalnością i możliwościami.

## Budowa sieci PROFIBUS

PROFIBUS wykorzystuje topologię magistrali. Umożliwia to dołączanie i odłączanie stacji podczas pracy systemu komunikacyjnego bez wpływu na cały system. Stosowane są trzy podstawowe techniki transmisyjne: RS-485, MBP oraz światłowód.

## Zasada cyklicznej wymiany danych

Transmisja danych przez PROFIBUS DP bazuje na strukturze telegramów o wysokiej efektywności. Dane wejściowe oraz wyjściowe ze stacji są transmitowane w pojedynczym cyklu odpytywania. Master wysyła telegram żądania (request), który zawiera dane wyjściowe dla DP Slave. Slave odpowiada natychmiast po otrzymaniu zapytania. W telegramie odpowiedzi DP-Slave umieszcza stany swoich wejść.

Jeśli więc telegram żądania lub odpowiedzi jest uszkodzony, np. przez zakłócenia elektromagnetyczne, to „Master” natychmiast powtarza dany cykl wysyłania telegramu. Liczba tych powtórzeń jest konfigurowalna przez programistę.

## Komunikacja mono- i multi-master

System mono-master składa się z 1 mastera klasy 1, z 1-125 urządzeń Slave oraz opcjonalnie jednego mastera klasy 2 – urządzenia do konfiguracji i diagnozowania. Systemy DP-mono-master osiągają najkrótsze czasy cyklu sieci, gdyż nie zachodzi w nich konieczność przekazywania uprawnień pomiędzy urządzeniami typu master (znacznika - tzw. tokena) oraz wyszukiwania nowych stacji. Systemy takie potrafią przesłać 1kB danych w czasie krótszym niż 2ms.

System multi-master składa się z wielu masterów klasy 1 lub 2, oraz z 1-124 urządzeń Slave. Na jednej magistrali może być maksymalnie 126 urządzeń.

## Topologie połączeń

Głównymi topologiami sieci typu Profibus są:

* liniowa
* gwiazdowa
* pierścień redundantny

## Przykładowe urządzenia

W sieci Profibus wyróżnić można następujące typy urządzeń:

* DP-Master klasy 1 (DPM1) – sterowanie centralne, wymiana danych z rozproszonymi urządzeniami WE/WY
* DP-Master Klasy 2 (DPM2) – to narzędzia do projektowania, nadzoru i serwisu. Służą do uruchamiania, parametryzacji i serwisu.
* DP-Slave – typowe urządzenia to moduły WE/WY, napędy elektryczne

# Wymiana danych w systemach rozproszonych na przykładzie sterowników firmy OMRON.

PC-Link jest prostą siecią komunikacyjną do wymiany danych pomiędzy sterownikami Omron CJ1M, przy wykorzystaniu standardowego portu RS-232. W komunikacji wykorzystywany jest protokół NT Link (1:N). Do sieci może być podłączonych maksymalnie 9 modułów, przy czym powyżej dwóch urządzeń niezbędne jest zastosowanie konwerterów RS232-RS485.

W sieci PC-Link wyróżnia się dwa rodzaje urządzeń:

* PC Link Master
* PC Link Slave (do max. 8)

Każdy ze sterowników, na potrzeby komunikacji ma przydzielony obszar pamięci (max 10 słów na jednostkę) w przestrzeni adresowej CIO 3100-CIO 3199. Użytkownik ma możliwość wyboru jednego z dwóch trybów wymiany danych:

* ALL – wszystkie jednostki SLAVE mają możliwość wymiany danych z jednostką MASTER oraz pomiędzy sobą;
* Master – jednostki SLAVE wymieniają dane z jednostka MASTER, ale nie „widzą” siebie nawzajem

# Zadania praktyczne.