Zautomatyzowane Systemy Produkcyjne

Politechnika Poznańska
Katedra Sterowania i Inżynierii Systemów

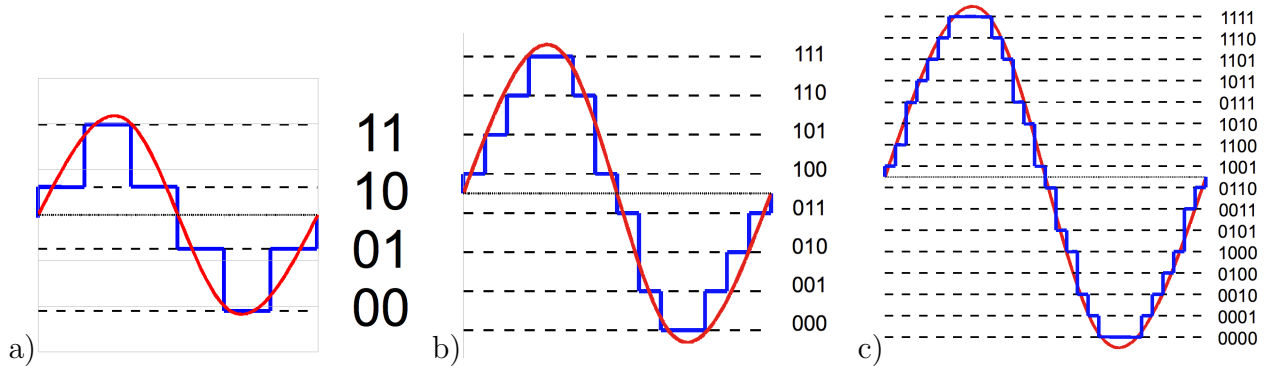
ĆWICZENIE 1

Podstawy programowania sterowników PLC Siemens

1 Rodzaje sygnałów

1.1 Analogowe

Sygnał analogowy – sygnał, który może przyjmować dowolną wartość z ciągłego przedziału (nieskończonego lub ograniczonego zakresem zmienności). Jego wartości mogą zostać określone w każdej chwili czasu, dzięki funkcji matematycznej opisującej dany sygnał.
Przeciwieństwem sygnału analogowego jest sygnał skwantowany, nazywany również dyskretnym (w szczególności: cyfrowym) [5].



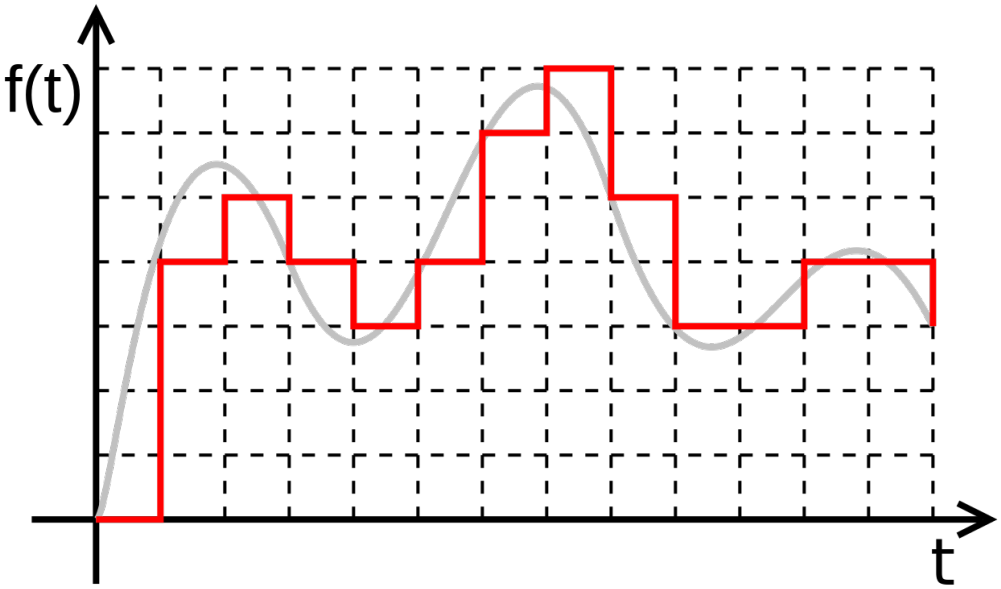
Rysunek 1: Porównanie sygnału analogowego (czerwony) z cyfrowym (niebieski)

1.2 Cyfrowe

Sygnał cyfrowy – sygnał, którego dziedzina i zbiór wartości są dyskretne. Jego odpowiednikiem o ciągłej dziedzinie i ciągłym zbiorze wartości jest sygnał analogowy. Znaczenie tego terminu może odnosić się do:

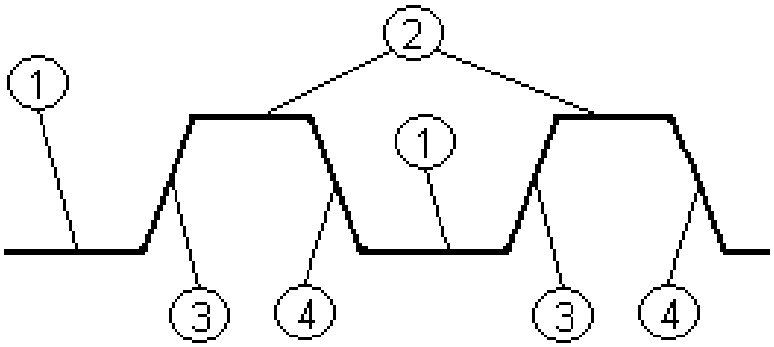
- wielkości fizycznej, która z natury jest dyskretna (np. liczba błysków lampy w ciągu godziny)

- wielkości pierwotnie ciągłej i analogowej, która została spróbkowana i skwantowana (np. sygnał na wyjściu komparatora napięcia kontrolującego pewien proces w określonych chwilach)
- każdej reprezentacji jednego z powyższych, w tym (najczęściej) w postaci ciągu liczb zapisanych w pamięci maszyny cyfrowej (np. pliku komputerowym typu WAV).



Rysunek 2: Sygnał analogowy (szary) i przykładowe przekształcenie na sygnał cyfrowy (czerwony)

Rysunek 3 przedstawia przebieg napięcia dwupoziomowego (binarnego) sygnału cyfrowego. W przebiegu tym sygnał przyjmuje dwie ustalone wartości, które mogą zmieniać się w określonych momentach.



Rysunek 3: Sygnał cyfrowy: 1) poziom niski, 2) poziom wysoki, 3) zbocze narastające, 4) zbocze opadające.

Współcześnie telekomunikacja i elektronika powszechnego użytku prawie całkowicie zostały zdominowane przez cyfrowe przetwarzanie sygnałów, które jest powtarzalne, bardziej niezawodne i tańsze od przetwarzania analogowego.

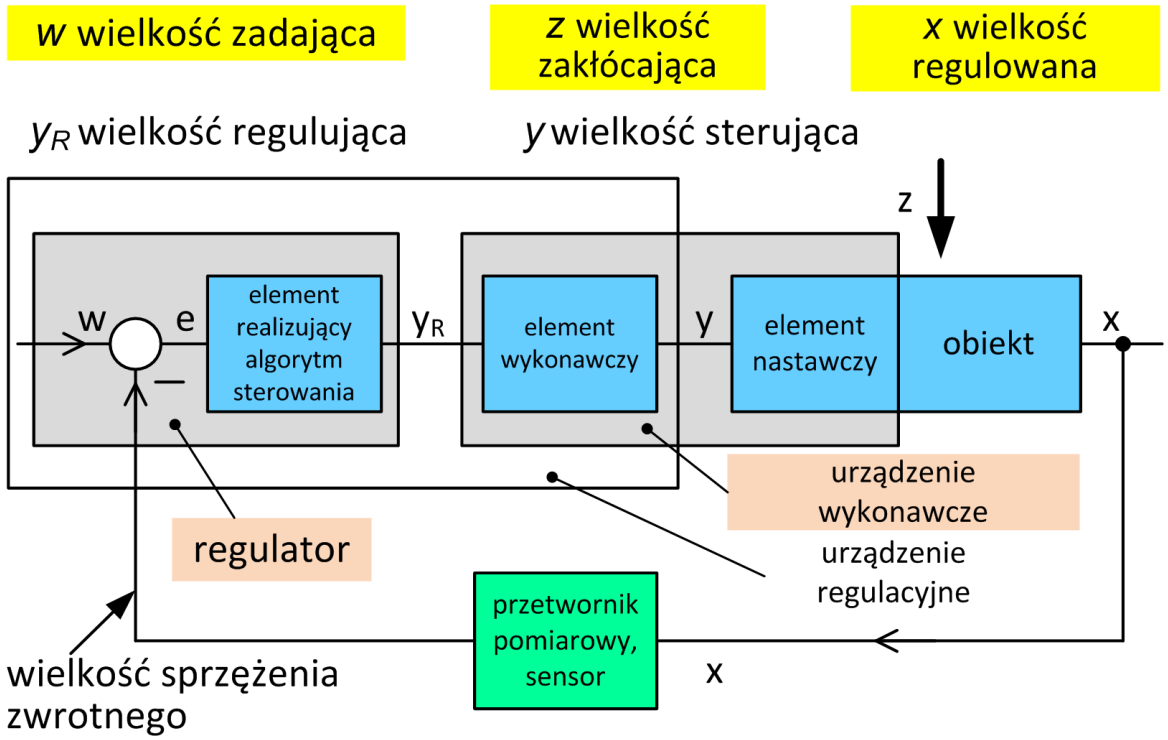
W technice cyfrowej sygnał cyfrowy to odpowiedni poziom napięcia elektrycznego reprezentującego jedną z dwóch wartości logicznych: 0 lub 1, zgodnie z teorią algebry Boole'a [5].

2 Układy sterowania

Sterowniki (PC) to komputery przemysłowe, które umożliwiają sterowanie pracą maszyn i urządzeń w układzie otwartym i/lub zamkniętym. Istnieją dwa podstawowe sposoby sterowania:

- w układzie otwartym
- w układzie zamkniętym, czyli w układzie ze sprzężeniem zwrotnym (w układzie regulacji).

Układ otwarty sterowania składa się z elementu sterującego i obiektu sterowania. Element sterujący nie otrzymuje żadnych informacji o sygnale wyjściowym y, natomiast ma określony cel sterowania – utrzymanie sygnału wyjściowego na poziomie określonym przez wartość zadaną y_0. Niestety ten cel w otwartym układzie sterowania jest trudny do zrealizowania i sygnał wyjściowy ustala się na wartościach zależnych od zakłócenia.
Układ zamknięty sterowania (rys. 4), nazywany również układem regulacji, otrzymujemy w wyniku podania sygnału wyjściowego na wejście przy użyciu ujemnej pętli sprzężenia zwrotnego. Podczas eksploatacji na obiekt wpływają zakłócenia, z których jedne mogą zmieniać nieznacznie parametry obiektu, natomiast drugie powodują zmianę wartości sygnałów w układzie.



Rysunek 4: Układ regulacji z regulatorem, urządzeniem wykonawczym, obiektem i przetwornikiem pomiarowym [1]

3 Elementy stykowych układów sterowania

Układy sterowania elektrycznego składają się najczęściej ze źródeł energii elektrycznej (zasilaczy), różnego rodzaju urządzeń sterujących (łączniki, przekaźniki, styczniki, wyłączniki mocy), urządzeń sygnalizacyjnych (buczki, lampki, wskaźniki), urządzeń zabezpieczających (bezpieczniki), z elektrycznych elementów wykonawczych (silniki, elektromagnesy, silniki krokowe itp.), a także z innych elementów np. filtrów, liczników energii, mierników i przetworników, przekładników prądowych i napięciowych .

Jeżeli sterowanie realizowane jest przez przełączanie styków elektrycznych (kontaktów) to takie sterowanie nazywa się sterowaniem stycznikowym, jeżeli sterowanie odbywa się bez użycia styków (funkcje styku wypełniają elementy elektroniczne np. tyrystory, triaki, tranzystory) to sterowanie nazywa się bezstykowym lub elektronicznym.

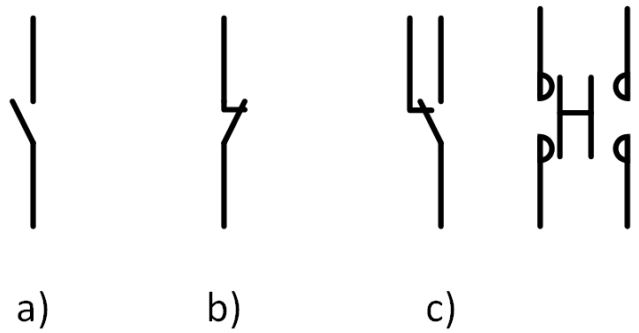
Sterowanie stycznikowe polega na logicznym przełączaniu obwodów elektrycznych przy pomocy styków elektrycznych.

Dla przejrzystego przedstawienia zasad działania elektrycznego układu sterowania (i do jego budowy) tworzy się schematy połączeń urządzeń. Każde urządzenie przedstawiane jest na schemacie w postaci znormalizowanego symbolu graficznego [4].

3.1 Styki

Styki elektryczne zamyka się i otwiera z wykorzystaniem różnego rodzaju energii (ręcznie, mechanicznie, magnetycznie, elektromagnetycznie. Styki elektryczne tworzą tzw. zestyk. Zestyki mogą być (rys. 5):

- zwierne (NO – normalnie otwarty) – w stanie bez wymuszenia zestyk jest otwarty, zamknie się po podaniu wymuszenia np. naciśnięcia działającej na niego dźwigni,
- rozwierne (NZ, NC – normalnie zamknięty) – w stanie bez wymuszenia zestyk jest zamknięty, po podaniu wymuszenia zestyk otworzy się,
- przełączne – złożone z zestyku zwiernego i rozwiernego o wspólnym elemencie ruchomym. Po podaniu wymuszenia następuje zamknięcie zestyku zwiernego i jednocześnie otwarcie zestyku rozwiernego



Rysunek 5: Typy zestyków elektrycznych: a) NO (normalnie otwarty) – zwierny, b) NZ (normalnie zamknięty) – rozwierny, c) przełączny

3.1.1 Łączniki

Łączniki napędzane ręcznie przez naciśnięcie noszą nazwę **przycisków**.
Łączniki napędzane mechanicznie to **wyłączniki krańcowe** (przełączane poruszającym się elementem mechanicznym po osiągnięciu przez mechanizm skrajnego położenia.
Łączniki zbliżeniowe (elektroniczne) to:

- łączniki indukcyjne – reagują przestawieniem styków wyjściowych po wprowadzeniu w strefę działania łącznika przedmiotu metalowego,
- łączniki pojemnościowe – reagują przestawieniem styków wyjściowych po wprowadzeniu w strefę działania łącznika przedmiotu z metalu lub dielektryka (szkło, tworzywo sztuczne),
- łączniki optyczne – przestawiają styki wyjściowe po przerwaniu odbitego od obiektu promienia świetlnego (działają w podczerwieni),
- łączniki ultradźwiękowe – przestawiają styki wyjściowe po przekroczeniu mierzonej odległości do obiektu (w stosunku do zadanej) [4].

4 Przekaźniki

Przekaźnik spełnia dwa fundamentalne zadania:

1. Galwaniczne oddzielenie (separacja) pomiędzy obwodem sterowania a obwodem wyjściowym.
2. Przełączanie obciążeń dużej mocy z wysokim napięciem i / lub prądem o wysokim natężeniu przy małym zużyciu energii (niskie napięcie / małe natężenie prądu), nawet przy małych sygnałach elektrycznych.

4.1 Typy przekaźników

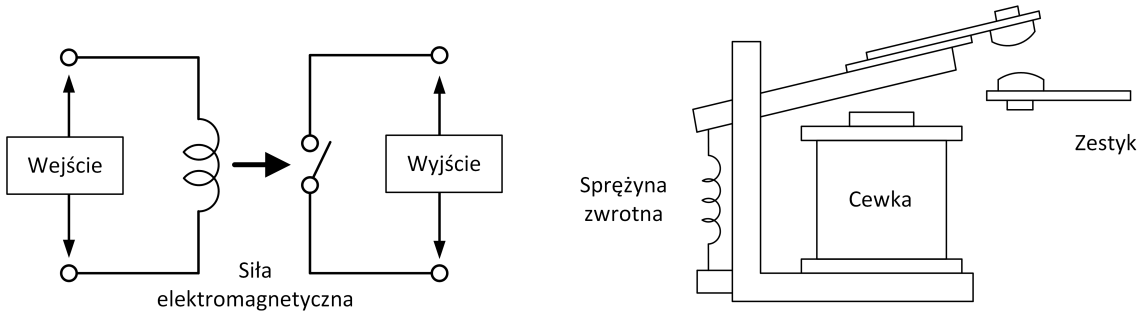
Istnieją dwa główne typy: przekaźnik elektromechaniczny i półprzewodnikowy (Solid State Relay, SSR).

Funkcjonowanie przekaźników półprzewodnikowych i elektromagnetycznych jest bardzo podobne - polega na przełączaniu obwodu obciążenia, które jest sterowane sygnałem niskonapięciowym odizolowanego obwodu wejściowego.

Przekaźnik elektromagnetyczny

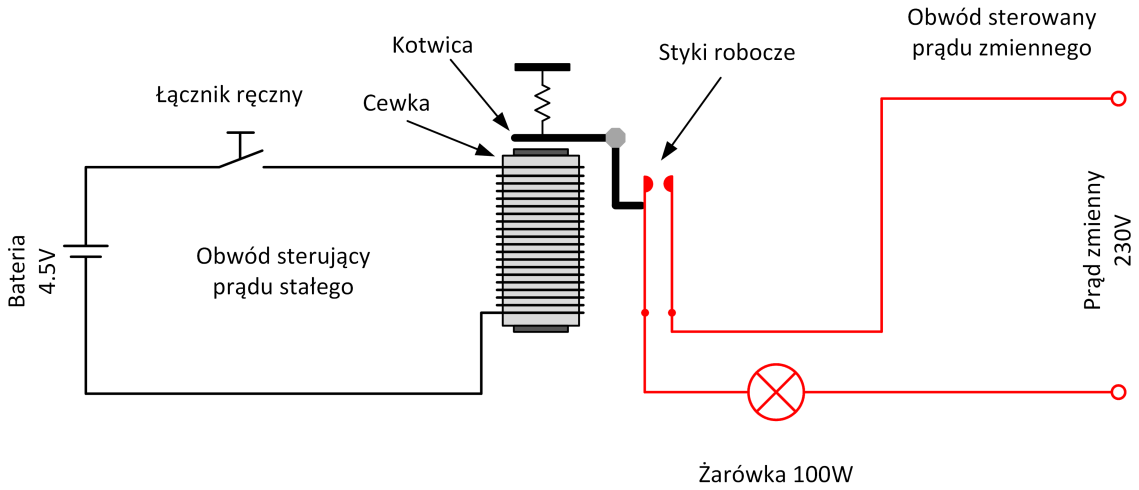
Uproszczona budowa przekaźnika pokazana jest na rysunku 6. Na metalowy rdzeń nasunięty jest izolacyjny korpus z umieszczoną w nim nawiniętą cewką. Przyłączenie cewki do zasilania powoduje przepływ przez nią prądu i powstanie pola magnetycznego. Pole magnetyczne zamyka się w obwodzie: rdzeń – ruchoma zwora – rdzeń wytwarzając siłę przyciągającą zworę do rdzenia. Pod wpływem tej siły zwora przesuwa się w kierunku rdzenia ruchem obrotowym powodując naciągnięcie sprężyny powrotnej i przemieszczenie styku ruchomego w zestyku (popychaczem zbudowanym z materiału izolacyjnego). Wyłączenie cewki powoduje zanik pola magnetycznego. Cofnięcie zwory i styku ruchomego do położenia wyjściowego dokonuje sprężyna zgromadzoną w niej energią.

Przekaźnik, którego działanie opisano wyżej może posiadać wiele zestyków. Wszystkie styki ruchome w tych zestykach przestawiają się jednocześnie. Można więc włączeniem i wyłączeniem cewki przełączać jednocześnie wiele innych obwodów elektrycznych.



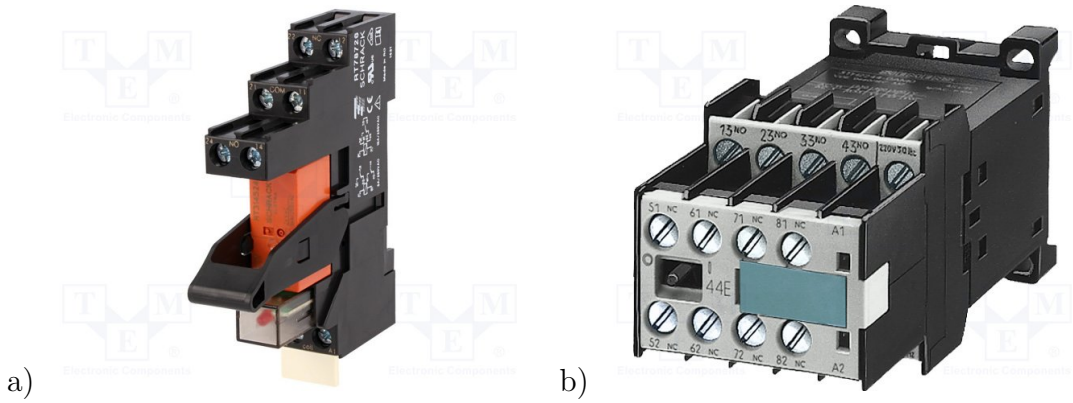
Rysunek 6: Schemat działania przekaźnika elektromagnetycznego

Przykład zastosowania przekaźnika do załączenia obwodu prądu zmiennego przedstawiony jest na rysunku 7. Polega ono na załączaniu żarówki 100W do sieci prądu zmiennego 230V, 50 Hz z użyciem bateryjki. W tym przypadku przekaźnik stanowi wzmacniacz mocy. Do wysterowania przekaźnika potrzeba niewielkiej mocy (< 5W) zaś moc przełączana wynosi 100 watów.



Rysunek 7: Sterowanie obwodem prądu zmiennego przy pomocy obwodu prądu stałego

Styki przekaźników są z reguły bardzo delikatne i nie mogą przewodzić dużych prądów (np. do odbiorników mocy – silników, podgrzewaczy elektrycznych). Dopuszczalne prądy przekaźników nie przekraczają 10A [4].



Rysunek 8: Przykładowy wygląd: a) przekaźnika wraz z podstawką, b) stycznika

5 Sterowniki PLC

5.1 Sterowniki

Zanim w przemyśle pojawiły się sterowniki PLC, systemy sterowania budowano na bazie przekaźników i styczników połączonych przewodami według określonego schematu. Dziś układy te wyparły sterowniki PLC, które wraz z odpowiednimi elementami tworzą układ sterowania. Układ ten odczytuje stany sygnałów z cyfrowych elementów automatyki (przyciski, wyłączniki krańcowe) i analogowych elementów automatyki (czujniki, przetworniki), które doprowadzone są do niego przez zaciski wejściowe. Następnie przetwarza te sygnały zgodnie z programem umieszczonym w sterowniku i przekazuje wyniki do zacisków wyjściowych, do których podłączone są cyfrowe lub analogowe elementy automatyki (styczniki, przekaźniki, siłowniki, silniki).

Podziału sterowników PLC można dokonać zarówno pod kątem konstrukcji mechanicznej, jak i wielkości obsługiwanych obiektów przemysłowych.
W pierwszym przypadku sterowniki PLC można podzielić na kompaktowe i modułowe. Sterowniki kompaktowe oprócz jednostki CPU mają zintegrowane układy wejść/wyjść i przeznaczone są do sterowania niewielkimi instalacjami technologicznymi. W większości spotykanych rozwiązań sterowniki kompaktowe mogą być rozbudowane o dodatkowe moduły wejść/wyjść.
Sterowniki PLC o architekturze modułowej składają się z niezależnych funkcjonalnie modułów, takich jak jednostka CPU, moduły wejść lub wyjść (sygnałowe), moduły komunikacyjne lub funkcjonalne.
Inny podział wynika z liczby punktów obsługiwanych przez sterownik, czyli łącznej liczby wejść i wyjść.

Typ sterownika	**Liczba punktów**
nano	do 32
mały (kompaktowy)	do 128
średni	do 512
duży	powyżej

5.2 Modułowa budowa sterowników

Każdy sterownik programowalny PLC, pomimo dużej liczby ich wersji oferowanych przez różnych producentów i mających różne zastosowania, składa się z następujących podstawowych i niezbędnych elementów [1]:

- **procesor** – centralna jednostka przetwarzająca CPU, podejmująca decyzję na podstawie instrukcji programowych i obsługująca urządzenia wejść/wyjść procesowych,
- **zasilacz** – układ zasilający jednostkę CPU i wszystkie dołączone moduły rozszerzające,
- **moduły wejścia/wyjścia** – punkty połączenia PLC z obiektami zewnętrznymi, przy użyciu których dochodzi do wymiany danych pomiędzy otoczeniem a komputerem [3] Można wyróżnić następujące trzy grupy modułów:
  - sygnałowe, bazowe, analogowe, cyfrowe – wejścia i/lub wyjścia
  - funkcyjne, specjalne – analogowe wejścia i wyjścia, liczniki sprzętowe, regulatory PID, regulatory rozmyte, pozycjonery, głosowe, itd.
- **interfejs komunikacyjny** – układ z portem umożliwiający połączenie PLC z urządzeniem programującym (komputer PC, programator)
- **wskaźniki stanu** – diody lub wyświetlacze informujące o trybie pracy CPU i stanie wejść i wyjść.

5.3 Podstawy Programowania

Starsze systemy sterowania logicznego były wykonywane na przekaźnikach. Odpowiednie połączenie, czyli "odrutowanie" przekaźników (oprogramowanie) realizowało operacje logiczne niezbędne do sterowania.

Współczesne programowalne sterowniki logiczne (PLC) wspomniane "odrutowanie" realizują programowo. Każdy program jest zapisem kombinacji styków i cewek umieszczonych w pamięci sterownika. Styki mogą być pogrupowane w blokach na dwa sposoby: Szeregowy (AND) lub równoległy (OR), a dotyczy to również połączeń bloków.

Kombinacje styków i cewek realizują określone funkcje (operacje) logiczne przy użyciu określonego zestawu instrukcji. Funkcja logiczna składa się z dwu lub większej liczby instrukcji logicznych. Procesor odczytuje steny wejść, ale również stany wyjść, stany zegarów i liczników. W wyniku opracowania tych odczytów otrzymywany jest wynik operacji logicznej, nazywany też warunkiem wykonywalności.

5.3.1 Bloki wejść-wyjść

Typy sygnałów z czujników wejściowych:

- przycisk monostabilny (powrotny) to przycisk, który wraca do położenia wyjściowego po usunięciu siły działającej na niego; czujnik indukcyjny (zbliżeniowy) to taki, który zmieni swój stan, jeżeli zbliżymy do niego kawałek metalu, nazywany jest też wyłącznikiem krańcowym.
  Stan wyjściowy przycisku, czujnika (bez naciskania, zbliżania metalu) może być niski "0" i wtedy taki przycisk, czujnik nazywany jest normalnie otwartym (NO), zwiernym, lub może być wysoki "1" i nazywany jest normalnie zamkniętym (NZ), rozwiernym. Ten typ przycisków, czujników jest dominujący w automatyce.
- przycisk bistabilny (bezpowrotny) to typ włączników, z którymi mamy najczęściej do czynienia w domu. Poz zadziałaniu siły zmienia on swój stan przeważnie na wysoki, czyli urządzenie ma zasilanie, lampa świeci. Kolejne naciśnięcie zmienia stan na przeciwny. Ta zmiana stanów we włącznikach jest widoczna przez zmianę położenia klawisza, ale są przypadki, w których nie jest to widoczne. Wtedy mówi się na nie przełączniki (ang. *switch*); jedno naciśnięcie ustawia stan wysoki (NZ), a drugie naciśnięcie stan niski (NO) [2].

5.3.2 Zasada działania sterowników PLC

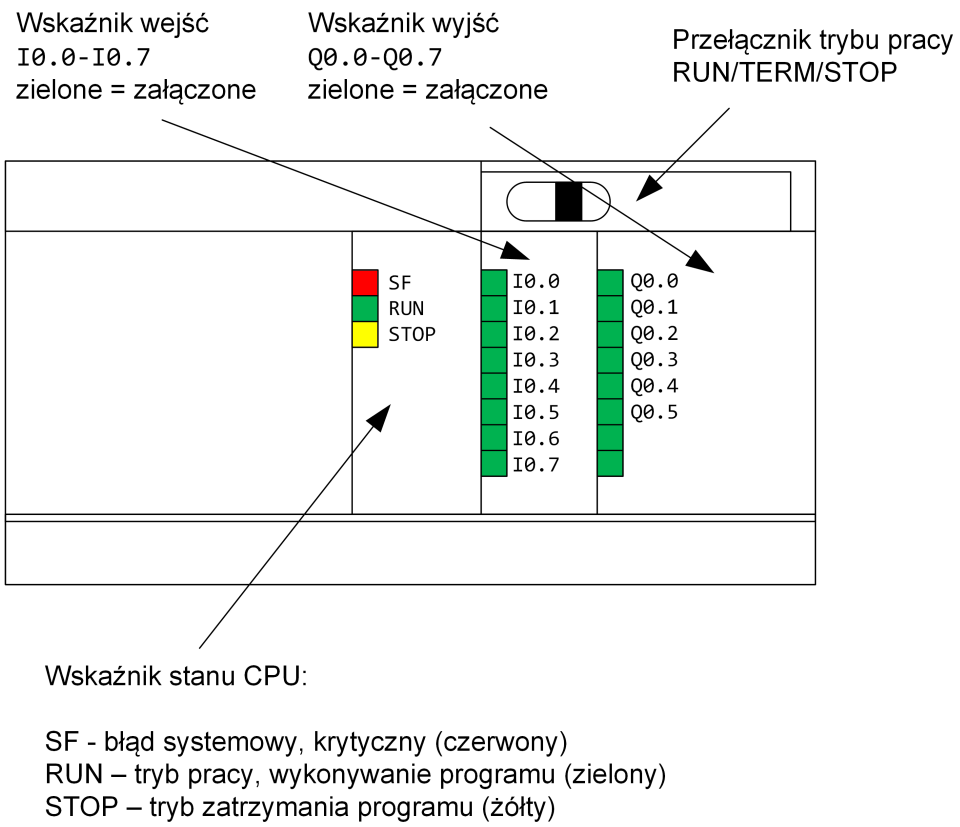
Bieżący tryb pracy sterownika kompaktowego pokazują wskaźniki stanu (diody świecące LED) umieszczone na jego płycie czołowej (rys. 9) [1]:

- **SF** (ang. *System Fault* = błąd systemowy) – zbiorczy wskaźnik błędów, takich jak: przepełnienie rejestru, dzielenie przez zero, uszkodzenie pamięci lub sprzętu itp.
- **RUN** – wykonywanie programu sterującego
- **STOP** – zatrzymanie sterownika.

W trybie pracy STOP można:

- ładować (ang. *download*) program sterujący do pamięci sterownika
- przeglądać i zmieniać zawartość rejestrów sterownika
- zmieniać parametry konfiguracyjne sterownika

W trybie pracy RUN, gdy wykonywany jest program sterujący, nie jest możliwe konfigurowanie sterownika, jak również załadowanie do niego programu.



Rysunek 9: Schemat płyty czołowej sterownika PLC

5.3.3 Rodzaje zmiennych, operandów:

- zmienne **wejściowe cyfrowe** (ang. **I**, *Input* = wejście) – argumenty funkcji logicznych, dostarczane z sensorów,
- zmienne **wyjściowe cyfrowe** (ang. **Q**, *Quit, Output* = wyjście) – wartości funkcji logicznych, sygnały sterujące wysyłane do aktuatorów,
- zmienne **wejściowe analogowe** (ang. **AI**, *Analog Input*) – wartości zmiennych procesowych, dostarczane z sensorów pracesu,
- zmienne **wyjściowe analogowe** (ang. **AQ**, *Analog Quit, Output* = wyjście) – sygnały sterujące ciągłe, wysyłane do aktuatorów,
- zmienne **wewnętrzne** (ang. **M**, Marker = marker, znacznik) – przechowujące pośrednie wyniki obliczeń logicznych (w niektórych sterownikach zwane flagami, ang. **F**, Flag),
- zmienne **wewnętrzne specjalne** (ang. **SM**, Special Marker) – przechowujące ważne informacje systemowe,
- zmienne **czasowe** (ang. **T**, Timer = licznik czasu) – wykorzystywane do odmierzania czasu lub realizacji uwarunkowań czasowych,
- zmienne **licznikowe** (ang. **C**, Counter = licznik impulsów) – zliczające impulsy w górę i w dół.

5.3.4 Języki programowania sterowników PLC

Zgodnie z normą IEC 61131-3 wyróżnia się dwie grupy języków programowania sterowników PLC:

- języki **tekstowe**
  - **IL** (ang. *Instruction List*) – lista instrukcji; (**STL** (ang. *Statement List*) – Siemens)
  - **ST** (ang. *Structured Text*) – tekst strukturalny
- języki **graficzne**
  - **LAD** (ang. *Ladder Diagram*) – schemat drabinkowy; opracowany został z myślą o projektantach elektrycznych układów przekaźnikowych, realizujących funkcje logiczne poprzez odpowiednie łączenie styków i cewek przekaźników;
  - **FBD** (ang. *Function Block Diagram*) – schemat bloków funkcyjnych, schemat blokowy
  - **SFC** (ang. *Sequential Function Chart*) – schemat sekwencji funkcji, graf sekwencyjny

5.3.5 Operacje na bitach (*Bit Logic*) [3]

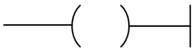
Do wykonywania operacji na bitach służą instrukcje, które umożliwiają odczytanie danych z przykładowej fali prostokątnej, wykorzystywanych do napisania programu do sterownika. Wśród tych instrukcji jest m.in. instrukcja: *Contact* (styk), *Coil* (cewka), POS, NEG, RS, SR, itp. Wszystkie te instrukcje znajdują się w bibliotece *Bit Logic*.

Styk normalnie otwarty, normalnie zamknięty i cewka

W reprezentacji graficznej LAD (rys. 10) symbol styku normalnie otwartego (NO) ma zadanie odpytywać sygnał o stan wysoki. Natomiast symbol styku normalnie zamkniętego (NC) ma zadanie odpytywać sygnał o stan niski. Stan sygnału z lewej strony symbolu styku NO/NC jest przenoszony na prawą stronę styku, jeśli odpytywany bit jest w stanie wysokim/niskim.

Rysunek 10: Styk NO i NC

Cewka jest elementem końcowym – znajdującym się zawsze na końcu linii programu. Przekazywany jest do niej stan najbliżej położonego elementu po lewej stronie cewki (rys. 11).

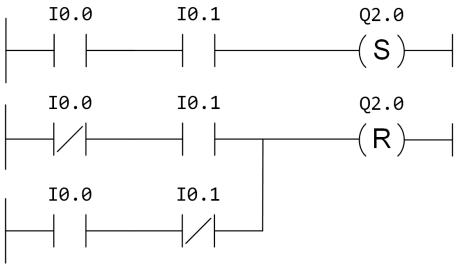


Rysunek 11: Cewka

Ustawianie i kasowanie bitu

Ustawianie i kasowanie bitu odbywa się przy użyciu instrukcji S (*Set*) i R (*Reset*). Stan pozostaje niezmieniony do momentu skasowania do po uprzednim ustawieniu lub do momentu ustawienia do po poprzednim skasowaniu przez inną instrukcję.

Na rys. 12 zamieszczony jest przykładowy program, ktory po jednoczesnym wciśnięciu dwóch przycisków (wejście I0.0 i I0.1) uruchamia urządzenie (S). Zwolnienie któregoś z przycisków powoduje zarzymanie urządzenia (R).

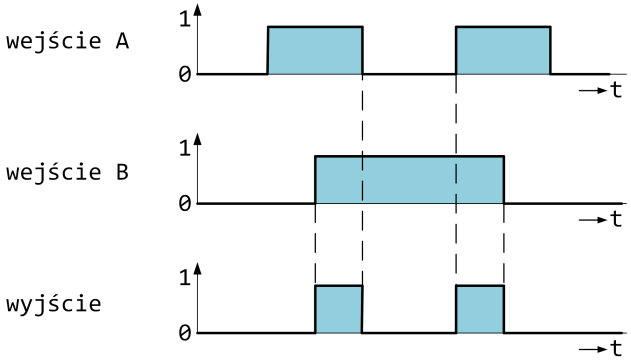


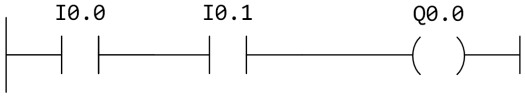
Rysunek 12: Zastosowanie instrukcji S i R do dwuręcznego startu urządzenia

5.3.6 Podstawowe funkcje logiczne (AND, OR, NOT)

Podstawowymi funkcjami logicznymi są: **AND** (koniunkcja, iloczyn logiczny, I), **OR** (alternatywa, suma logiczna, LUB) oraz **NOT** (negacja, zaprzeczenie, NIE). Na rys. 13 zdefiniowano dwuargumentową funkcję **AND**, podając jej tablicę wartości (tablice funkcji) oraz wykres czasowy. Przyjmuje ona stan logiczny 1, jeżeli wszystkie wartości są również w stanie 1.

wejście A	wejście B	wyjście
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

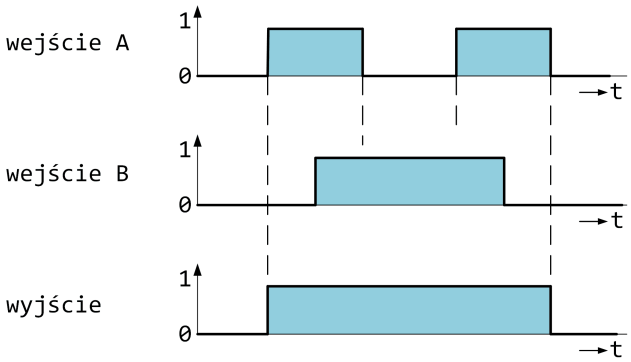


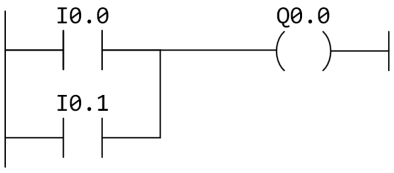


Rysunek 13: Funkcja AND. Program w języku LAD

Funkcja logiczna **OR** (alternatywa) przyjmuje wartość logiczną 1, jeżeli co najmniej jedno z jej wejść będzie miało również wartość 1 (rys. 14).
Funkcja logiczna **NOT** (negacja) przyjmuje wartość logiczną 1, jeżeli wejście będzie miało wartość 0, oraz przyjmie wartość 0, gdy wejście będzie miało wartość 1.

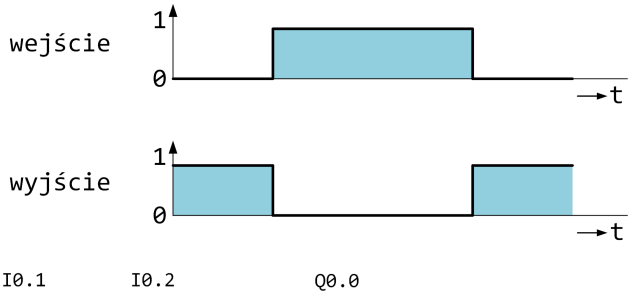
wejście A	wejście B	wyjście
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

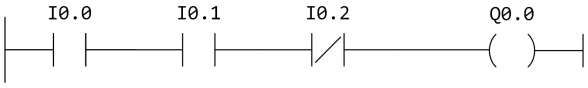




Rysunek 14: Funkcja OR. Program w języku LAD

wejście	wyjście
0	1
1	0





Rysunek 15: Funkcja NOT. Program w języku LAD

ĆWICZENIE 2

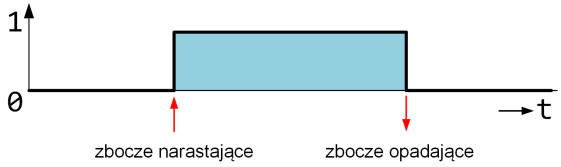
Przejazd kolejowy

1 Dodatkowe funkcje

1.1 Detekcja zbocza

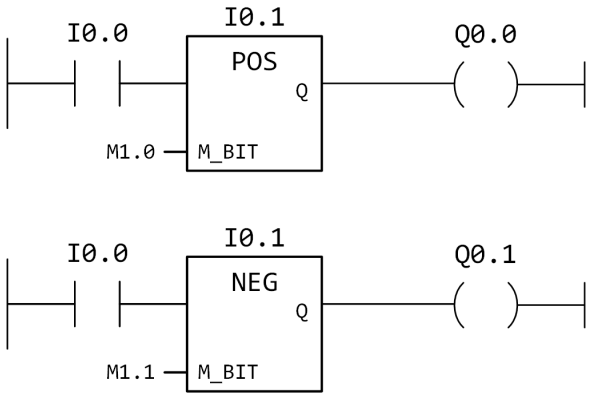
W sterownikach bardzo często jest wykorzystywana detekcja zbocza sygnału. W wielu zastosowaniach przebieg sterowania uzależnić należy nie od stanu sygnału, ale od zmiany sygnału z wartości `0` na wartość `1` (zbocze narastające, przednie zbocze, dodatnie zbocze) lub z wartości `1` na wartość `0` (zbocze opadające, tylne zbocze, ujemne zbocze) [3].

Funkcje detekcji zbocza sygnału (rys. 16) mają na celu wykrycie zmiany wartości zmiennej logicznej z `0` na `1` – zbocze narastające (ang. **P**, *Positive*) lub z `1` na `0` – zbocze opadające (ang. **N**, *Negative*) [1].



Rysunek 16: Zbocza sygnału

Rysunek (17) ilustruje zastosowanie elementów `POS` i `NEG` do wykrywania zboczy sygnałów. W przykładzie wykrywane są zbocza sygnału wejściowego `I0.1`. Wejście `I0.1` ma charakter statycznego sygnału zezwolenia, bramkującego elementy POS i NEG.



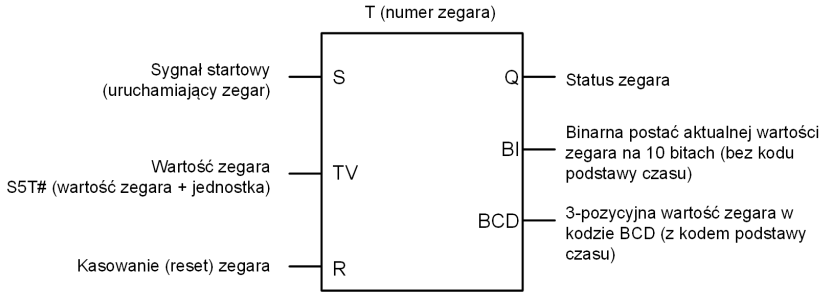
Rysunek 17: Wykrywanie zbocza zmiany sygnału [3]

Do wykrywania przedniego zbocza sygnału służy instrukcja `POS`, która:

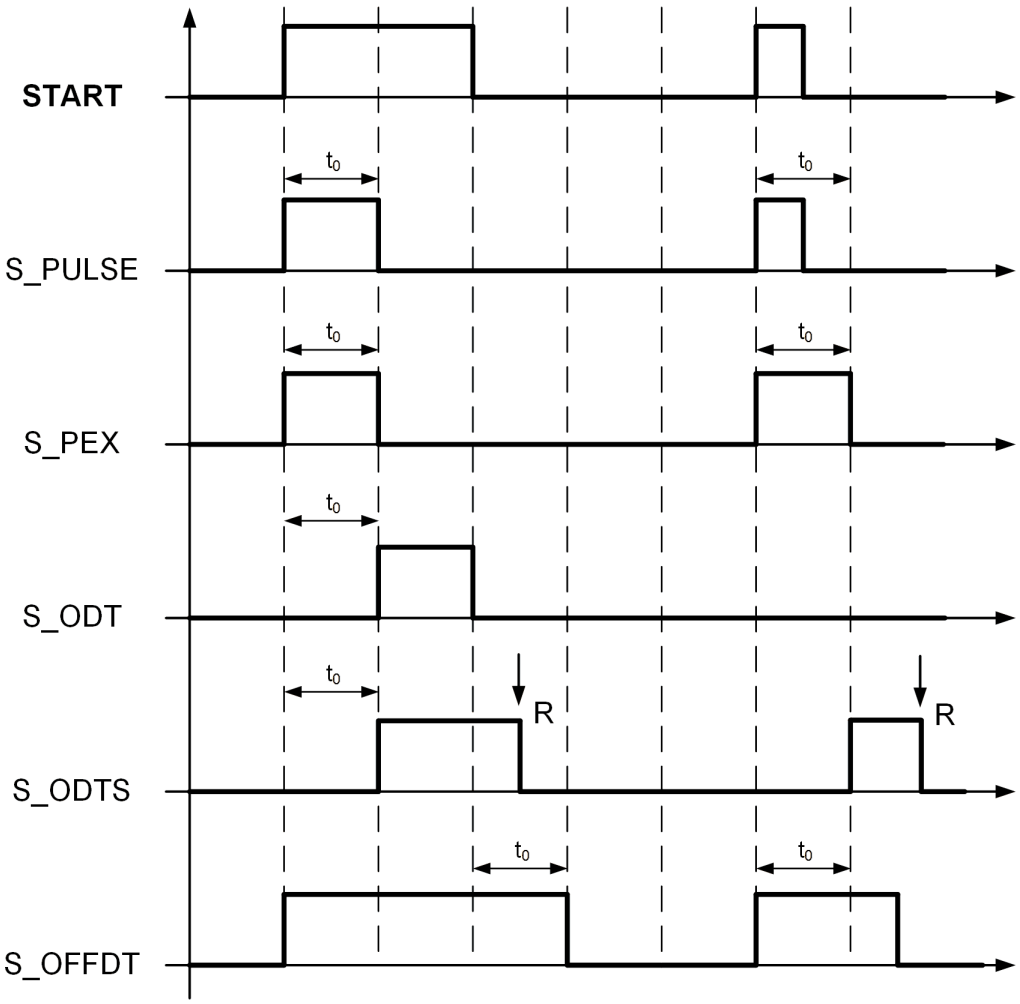
- ustawia wyjście `Q` w stan "1", jeśli wykryje zmianę sygnału z "0" na "1",
- zeruje wyjście `Q`, jeśli nie wykryje zmiany sygnału z "0" na "1".

1.2 Timery

Timery umożliwiają programową realizację działań związanych z czasem (sterowanie czasowo-zależne), w odróżnieniu od sterowania obiektowo-zależnego, nie związanego z czasem), np. odmierzanie czasów oczekiwania i nadzoru, pomiary okresu czasu, opóźnień lub tworzenie impulsów o zadanym czasie trwania,



Rysunek 18: Budowa bloku zegara w postaci pełnej

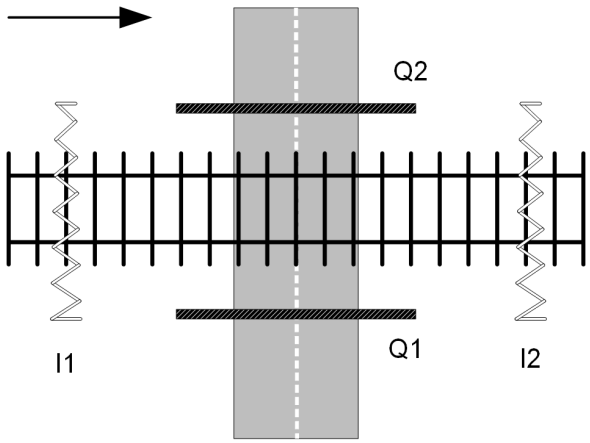


Rysunek 19: Sposób działania zegarów w sterowniku S7-300

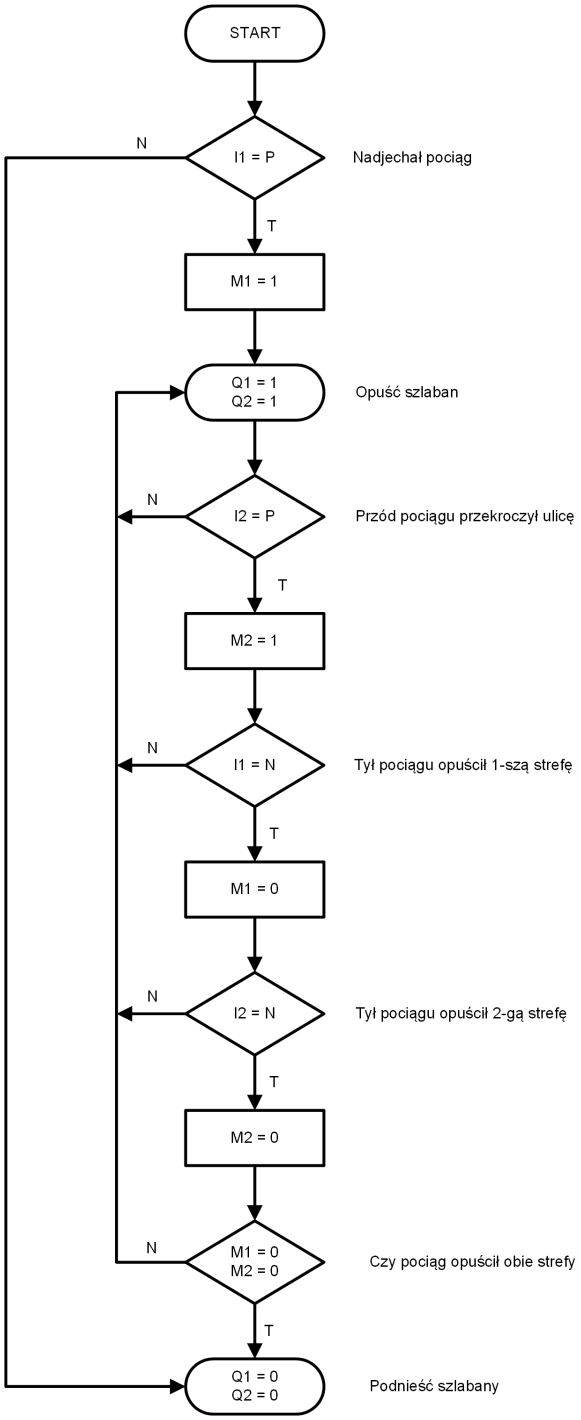
1.3 Zadanie 1

Napisać program, który będzie realizował zadanie sterowania opuszczaniem szlabanów na przejeździe kolejowym (rys. 20) wg. następującego schematu (rys. 21).

- `I1` oraz `I2` oznaczają "wejścia" naszego systemu sterowania. Są to pętle indukcyjne (czujniki) wykrywające nadjeżdżający pociąg.
- `Q1` oraz `Q2` oznaczają "wyjścia" naszego systemu sterowania. Są to dwa szlabany zabraniające przejazdu przez torowisko.
- W momencie wykrycia przez czujnik `I1` czoła pociągu, następuje opuszczenie szlabanów `Q1` i `Q2`.
- Szlabany pozostają opuszczone do momentu zjechania tyłu pociągu z czujnika `I2`.
- Dodać opcję podniesienia szlabanów po 5[s] od zjechania przez pociąg z czujnika `I2`.



Rysunek 20: Schematyczny wygląd skrzyżowania dróg pojazdów szynowych i kołowych



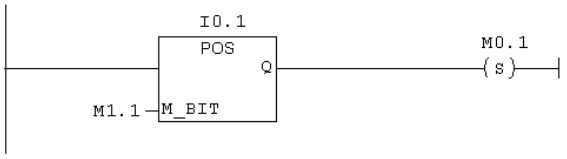
Rysunek 21: Schemat działania programu

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Przejazd kolejowy

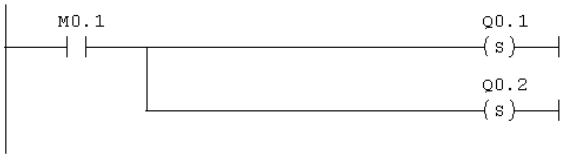
Network 1: Title:

Nadjechał pociąg



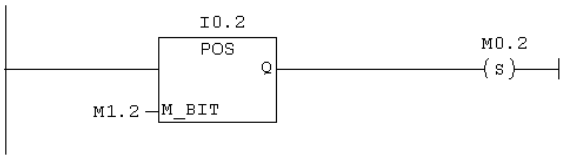
Network 2: Title:

Opuść szlabany



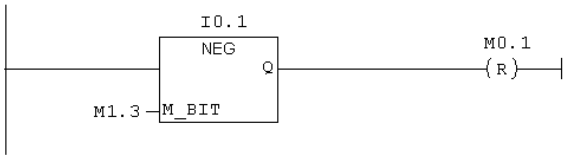
Network 3: Title:

Przód pociągu przekroczył ulicę



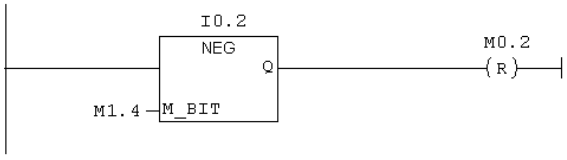
Network 4: Title:

Tył pociągu opuścił 1-szą strefę (przed ulicą)



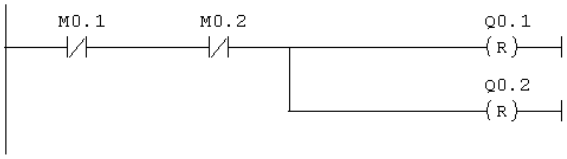
Network 5: Title:

Tył pociągu opuścił 2-gą strefę (za ulicą)



Network 6: Title:

Podnieś szlabany



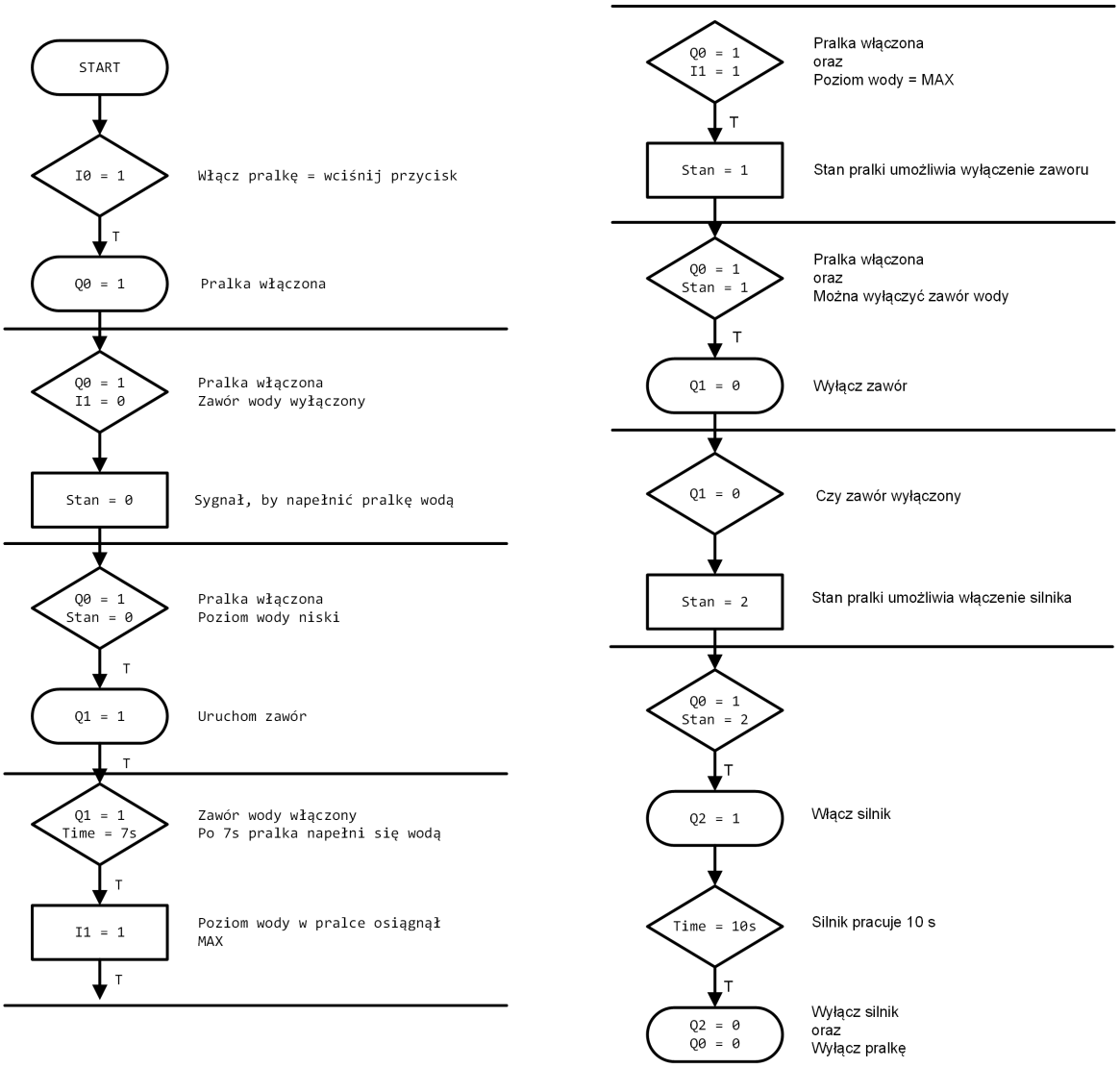
Rysunek 22: Przykładowa realizacja programu

ĆWICZENIE 3

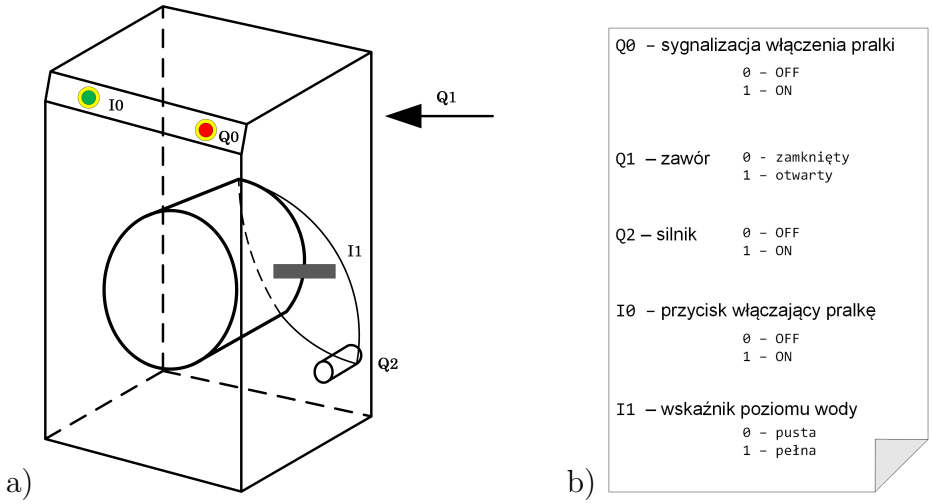
Pralka automatyczna

1.4 Zadanie 2

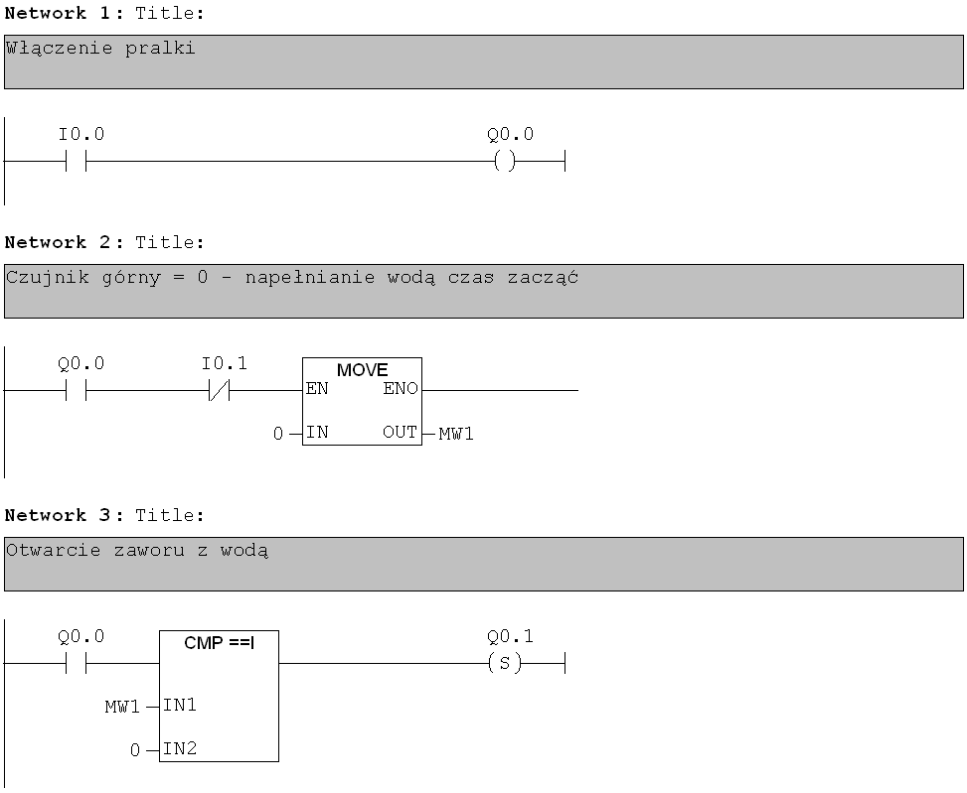
- Napisać program symulujący w uproszczeniu działanie pralki automatycznej, zgodnie ze schematem działania z rys. (23).
- Uproszczony schemat budowy pralki przedstawia rys. (24 a).
- Opis sygnałów znajduje się na rys. (24 b).
- Przykładowy początek programu zawarto na rys. (25).



Rysunek 23: Schemat działania programu



Rysunek 24: a) Schemat pralki, b) opis sygnałów



Rysunek 25: Przykładowa realizacja początku programu

1.4.1 Zadanie 2.1

Dopisać kod programu realizujący następujące zadania:

- Po wyłączeniu silnika zainicjalizować odpompowanie wody z pralki (czas $3s$),
- Po $2s$. od odpompowania wody wyłączyć przycisk włączający pralkę `I0`.

Literatura

[1] Olszewski M.; *Urządzenie i systemy mechatroniczne cz. 1*, Wydawnictwo REA s.j., Warszawa, 2009

[2] Kwaśniewski J.; *Inteligentny dom i inne systemy sterowania w 100 przykładach.*; Wydawnictwo BTC., Legionowo, 2011

[3] Kwaśniewski J.; *Programowalny sterownik SIMATIC S7-300 w praktyce inżynierskiej.*; Wydawnictwo BTC., Legionowo, 2009

[4] *Materiały dydaktyczne. Wstęp do mechatroniki.*; Akademia Morska w Szczecinie

[5] www.wikipedia.pl