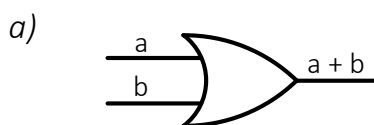


Algebra Boole'a

Algebra Boole'a operuje zmiennymi (a, b, c, ...) dwuwartościowymi o wartościach 0 oraz 1. Wprowadza ona funkcje, których zarówno argumentami jak i wynikami są zawsze 0 lub 1.

Suma logiczna jest równa 1, gdy którykolwiek ze składników jest równy 1.

Sumę argumentów a i b oznacza się jako $a + b$.



b)

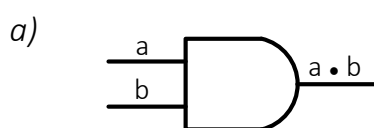
wejście		wyjście
a	b	$a + b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

c)

$$\begin{array}{l} 0 + 0 = 0 \\ 0 + 1 = 1 \\ 1 + 0 = 1 \\ 1 + 1 = 1 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{OR} \\ a \vee b \end{array}$$

Dwuwejściowa bramka logiczna OR (lub): a) symbol graficzny; b) tablica prawdy; c) działania

Iloczyn logiczny jest równy 1, gdy wszystkie czynniki są równe 1. Iloczyn argumentów a i b oznacza się poprzez $a \cdot b$ lub krócej ab .



b)

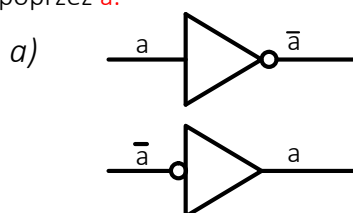
wejście		wyjście
a	b	$a \cdot b$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

c)

$$\begin{array}{l} 0 \cdot 0 = 0 \\ 0 \cdot 1 = 0 \\ 1 \cdot 0 = 0 \\ 1 \cdot 1 = 1 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{AND} \\ a \wedge b \end{array}$$

Dwuwejściowa bramka logiczna AND (i): a) symbol graficzny; b) tablica prawdy; c) działania

Negacja jest działaniem na jednym argumencie i jest równa 1, gdy argument ma wartość 0. Negację oznacza się poprzez \bar{a} .



b)

wejście	wyjście
a	\bar{a}
0	1
1	0

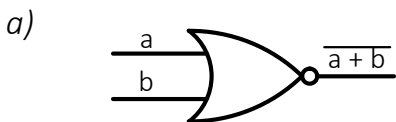
c)

$$\begin{array}{l} \bar{0} = 1 \\ \bar{1} = 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{NOT} \\ \neg a \end{array}$$

Bramka logiczna NOT; a) symbol graficzny; b) tablica prawdy; c) działania

Oprócz sumy, iloczynu i negacji w praktyce duże znaczenie mają także funkcje:

Funkcja Pierce'a a \downarrow b ma wartość 1, jeśli a=0 i b=0. Funkcja ta jest **negacją sumy**, dlatego występuje zwykle pod nazwą **NOR** (Not-OR).



b)

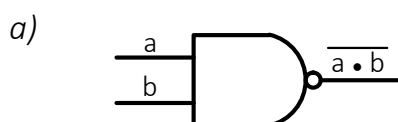
wejście		wyjście
a	b	$\overline{a + b}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

c)

$$\begin{array}{l} \overline{0 + 0} = 1 \\ \overline{0 + 1} = 0 \\ \overline{1 + 0} = 0 \\ \overline{1 + 1} = 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{NOR} \\ a \downarrow b \end{array}$$

Bramka logiczna NOR (nie lub): a) symbol graficzny; b) tablica prawdy; c) działania

Funkcja Shefflera a \uparrow b ma wartość 1, jeżeli a=0 lub b=0. Funkcja ta jest **negacją iloczynu**, dlatego występuje zwykle pod nazwą **NAND** (Not-AND).



b)

wejście		wyjście
a	b	$\overline{a \cdot b}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

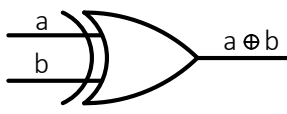
c)

$$\begin{array}{l} \overline{0 \cdot 0} = 1 \\ \overline{0 \cdot 1} = 1 \\ \overline{1 \cdot 0} = 1 \\ \overline{1 \cdot 1} = 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{NAND} \\ a \uparrow b \end{array}$$

Bramka logiczna NAND (nie i); a) symbol graficzny; b) tablica prawdy; c) działania

Algebra Boole'a

Suma modulo 2 (różnica symetryczna, nierównoważność) $a \oplus b$ ma wartość 1, gdy tylko jeden argument ma wartość 1. Funkcja ta jest nazywana **Ex-OR** (Exclusive OR).

a) 

b)

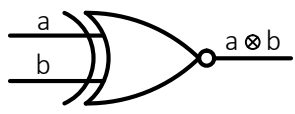
wejście		wyjście
a	b	$a \oplus b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

c) $0 \oplus 0 = 0$
 $0 \oplus 1 = 1$
 $1 \oplus 0 = 1$
 $1 \oplus 1 = 0$

XOR
 $a \oplus b$

Bramka logiczna XOR (nie lub): a) symbol graficzny; b) tablica prawdy; c) działania

Równoważność $a \otimes b$ ma wartość 1, gdy argumenty mają jednakowe wartości. Funkcja ta jest nazywana **Ex-NOR** (Exclusive Not OR).

a) 

b)

wejście		wyjście
a	b	$a \otimes b$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

c) $0 \otimes 0 = 1$
 $0 \otimes 1 = 0$
 $1 \otimes 0 = 0$
 $1 \otimes 1 = 1$

XNOR
 $a \otimes b$

Bramka logiczna XNOR (nie lub): a) symbol graficzny; b) tablica prawdy; c) działania

ALGEBRA BOOLE'A

W algebrze Boole'a obowiązują następujące podstawowe prawa:

Prawo przemienności dodawania i mnożenia

$$a \times b = b \times a$$

$$a + b = b + a$$

Prawo łączności:

mnożenia

$$a \times b \times c = a(b \times c) = (a \times b)c$$

dodawania

$$a + b + c = (a + b) + c = a + (b + c)$$

Prawo rozdzielności

mnożenia względem dodawania

$$a(b + c) = (a \times b) + (a \times c)$$

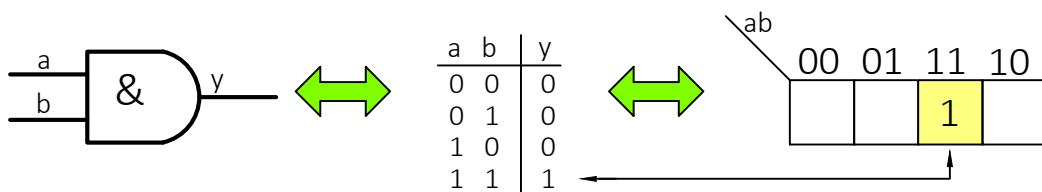
dodawania względem mnożenia

$$a + b \times c = (a + b) \times (a + c)$$

RÓŻNE OZNACZENIA		
Suma	Iloczyn	Negacja
U	∩	~
+	•	\bar{a}
+	•	—
∨	∧	¬
	&	!
OR	AND	NOT

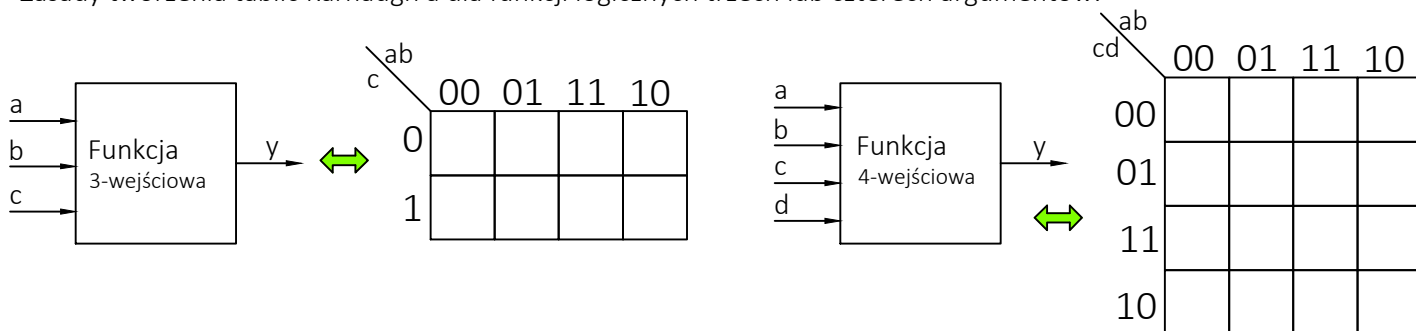
Tablice prawdy Karnaugh'a

Tablice Karnaugh'a to sposób przedstawienia funkcji logicznej np. funkcji logicznej AND dwóch argumentów:

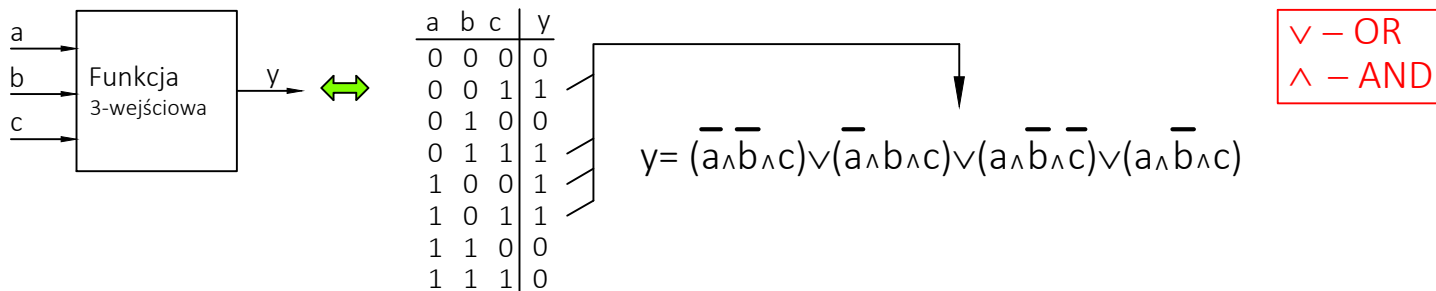


- każdej linii tabeli prawdy odpowiada komórka w tablicy Karnaugh'a,
- sekwencję adresów komórek (00, 01, 11, 10) opisuje kod Graya - sąsiednie adresy różnią się pojedynczym bitem.

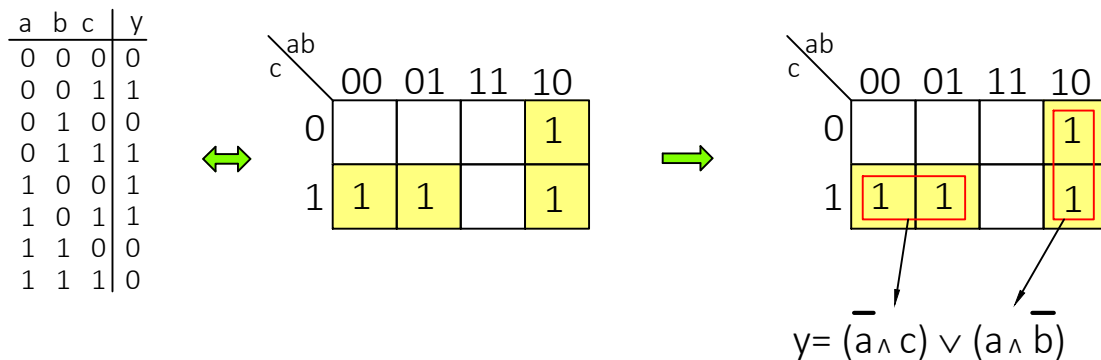
Zasady tworzenia tablic Karnaugh'a dla funkcji logicznych trzech lub czterech argumentów:



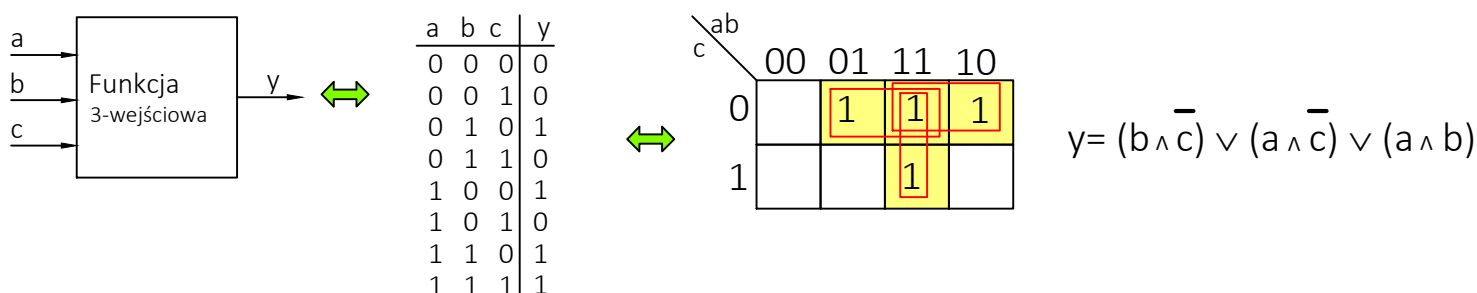
Tablice Karnaugh'a - minimalizacja funkcji logicznych - Funkcja logiczna określona na podstawie Tabeli Prawdy:



Ta sama funkcja logiczna zminimalizowana metodą graficznej analizy Tablicy Karnaugh'a (metodą grupowania par)

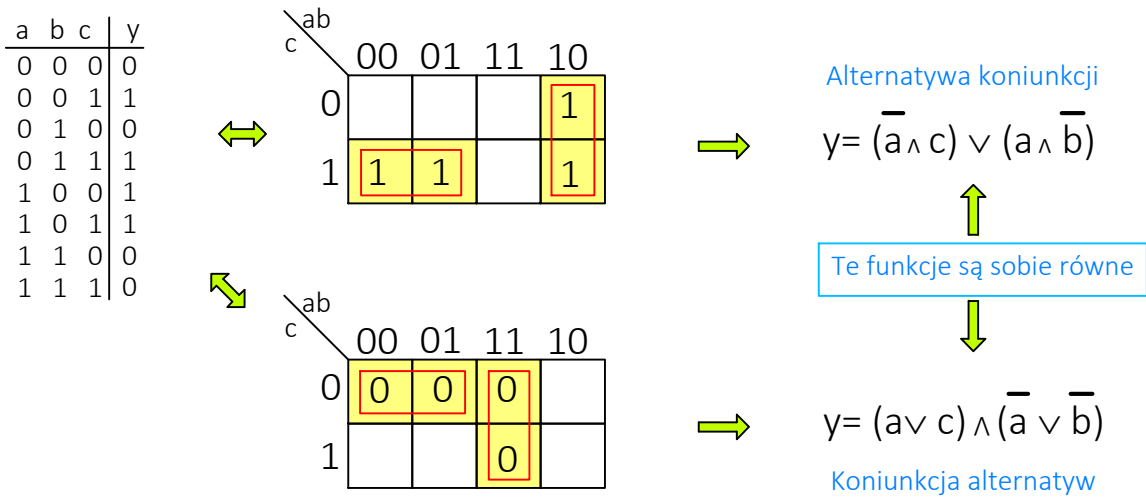


Inny przykład minimalizacji funkcji 3-wejściowej:

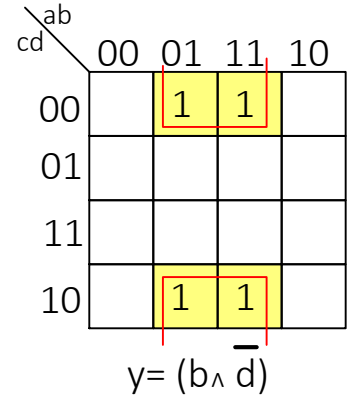
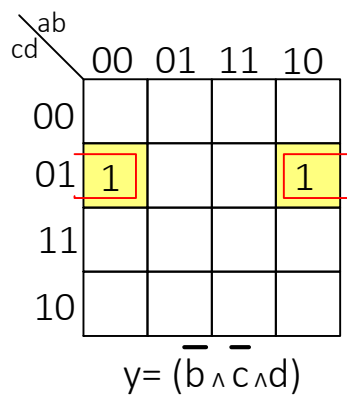
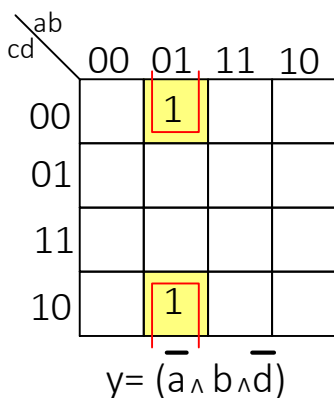
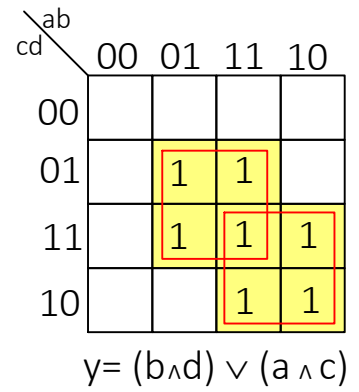
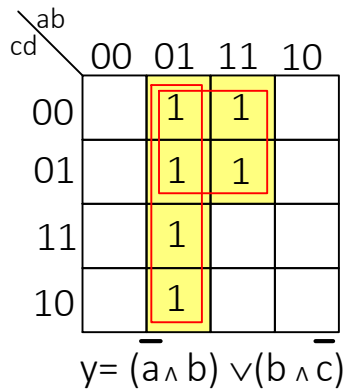
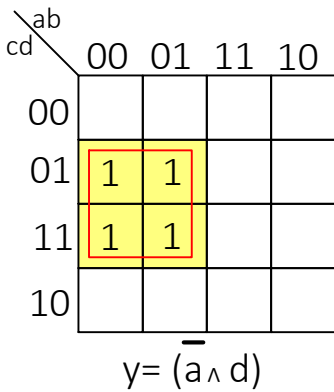
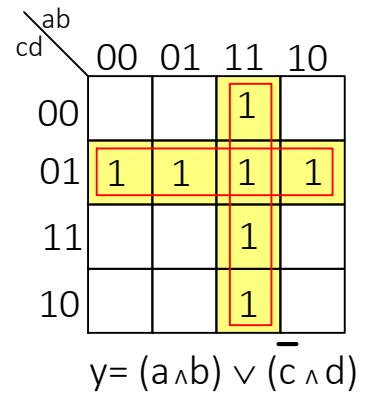
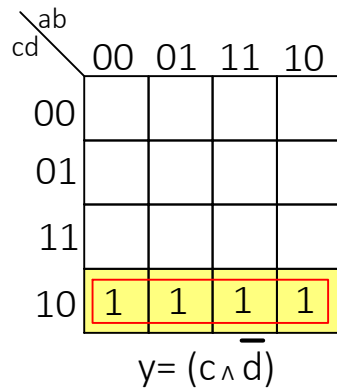
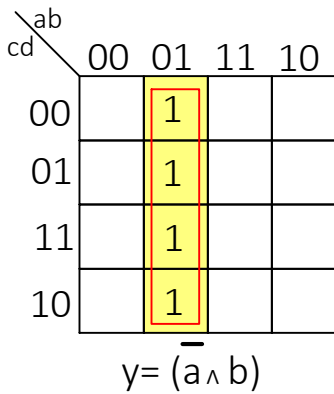


Analiza rozkładu zer logicznych w Tablicy Karnaugh'a

Wynikiem rozkładu "jedynek" logicznych w TK jest alternatywa koniunkcji. Wynikiem analizy rozkładu "zer" logicznych w TK jest koniunkcja alternatyw, ale funkcja logiczna jest taka sama.



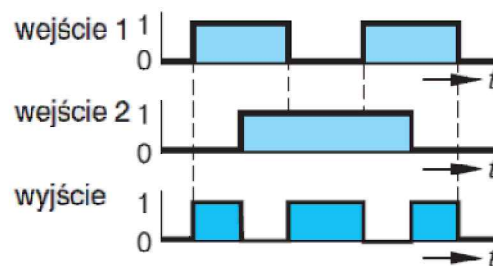
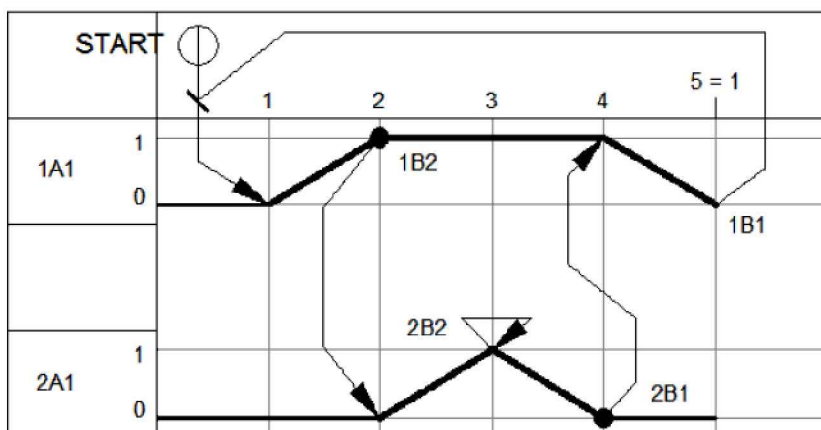
Wybrane reguły minimalizacji funkcji 4-wejściowej:



Diagramy drogowe i diagramy stanów

Diagramy drogowe umożliwiają przedstawienie w sposób graficzny przemieszczeń poszczególnych elementów ruchomych (tłoczków siłowników, wałów silników), wchodzących w skład anego układu sterowania. Na tych diagramach umieszcza się również informacje na temat elementów sygnałowych (przyciski, czujniki) oraz wpływu, jaki wywierają one na ruch poszczególnych elementów wykonawczych. Te same oznaczenia obowiązują również podczas rysowania diagramów stanu.

Symbol	Znaczenie	Symbol	Znaczenie	Symbol	Znaczenie
	włącz		przełącznik ciśnieniowy		połączenie sygnałów funkcją alternatywy OR
	wyłącz		przełącznik czasowy		połączenie sygnałów funkcją alternatywy AND
	włącz/wyłącz		lampka		negacja - NOT
	wyłącznik awaryjny		lampka migająca		ruch liniowy
	praca impulsowa		brzęczyk		ruch wahadłowy
	praca automatyczna		działanie elektryczne		ruch obrotowy
	włącz oburącz		działanie pneumatyczne		ruch nieprostoliniowy
	przetłaczacz		działanie hydrauliczne		ograniczenie przemieszczenia przez nadajnik sygnału
	wyberak		działanie mechaniczne		ograniczenie przemieszczenia przez nastwanik sygnału
	nadajnik sygnału uruchamiany ręcznie		rozgałęzienie sygnałów		przemieszczenie robocze



Przykład

Języki programowania sterowników PLC wg normy IEC 61131-3

W normie IEC 61131-3 opisano dokładną specyfikację języków programowania. Wyróżnić w niej można dwie grupy języków:

a) tekstowe:

- lista instrukcji **IL** (ang. *Instruction List*),
- język strukturalny **ST** (ang. *Structured Text*), lub **STL** (ang. *Statement List*).

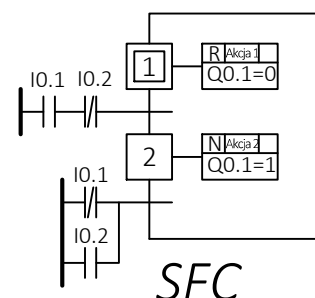
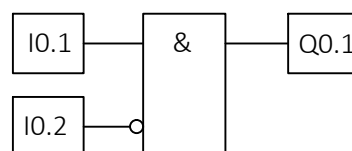
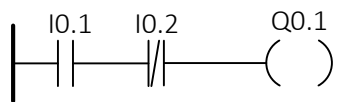
b) graficzne:

- schemat drabinkowy **LD** lub **LAD** (ang. *Ladder Diagram*),
- schemat blokowy **FBD** (ang. *Function Block Diagram*),
- graf sekwencyjny **SFC** (ang. *Sequential Function Chart*).

Instrukcje języka IL (Siemens)	
Instrukcja	Opis
LD	pobranie argumentu (np. zmiennej wejściowej). Wynik logiczny instrukcji jest taki sam jak stan argumentu
LDN	pobranie i zanegowanie argumentu (np. zmiennej wejściowej). Wynik logiczny instrukcji jest taki sam jak zanegowany stan argumentu
LDR	detekcja zbocza narastającego. Wynik logiczny instrukcji będzie miał wartość 1, gdy argument zmieni się z 0 na 1.
LDF	detekcja zbocza opadającego. Wynik logiczny instrukcji będzie miał wartość 1, gdy argument zmieni się z 1 na 0.
AND	funkcja logiczna AND. Wynik logiczny instrukcji jest równy wynikowi operacji iloczyn logiczny, wykonanej na wyniku poprzedniej instrukcji i argumentie
ANDN	funkcja logiczna ANDN. Wynik logiczny instrukcji jest równy wynikowi operacji iloczyn logiczny, wykonanej na wyniku poprzedniej instrukcji i zanegowanym status argumentu
ANDR	funkcja logiczna ANDR. Wynik logiczny instrukcji jest równy wynikowi operacji iloczyn logiczny, wykonanej na wyniku poprzedniej instrukcji i stanie 1 w momencie pojawienia się zbocza narastającego argumentu
ANDF	funkcja logiczna ANDF. Wynik logiczny instrukcji jest równy wynikowi operacji iloczyn logiczny, wykonanej na wyniku poprzedniej instrukcji i stanie 1 w momencie pojawienia się zbocza opadającego argumentu
OR	funkcja logiczna OR. Wynik logiczny instrukcji jest równy wynikowi operacji suma logiczna, wykonanej na wyniku poprzedniej instrukcji i argumentie
AND(funkcja logiczna AND(. Funkcja AND wykonywana na ośmiu poziomach nawiasów
OR(funkcja logiczna OR(. Funkcja OR wykonywana na ośmiu poziomach nawiasów
XOR	funkcja logiczna XOR. Wynik logiczny instrukcji jest równy wynikowi operacji logicznej nierównoważności, wykonanej na wyniku poprzedniej instrukcji i na argumentie
XORN	funkcja logiczna XORN. Wynik logiczny instrukcji jest równy wynikowi operacji logicznej nierównoważności, wykonanej na wyniku poprzedniej instrukcji i na zanegowany status argumentu
XORR	funkcja logiczna XORR. Wynik logiczny instrukcji jest równy wynikowi operacji logicznej nierównoważności, wykonanej na wyniku poprzedniej instrukcji i na stanie 1 w momencie pojawienia się zbocza narastającego argumentu
XORF	funkcja logiczna XORF. Wynik logiczny instrukcji jest równy wynikowi operacji logicznej nierównoważności, wykonanej na wyniku poprzedniej instrukcji i na stanie 1 w momencie pojawienia się zbocza opadającego argumentu
N	funkcja logiczna NOT. Wynik logiczny instrukcji jest równy zanegowanemu stanowi argumentu
ST	wyjście. Argument przyjmuje stan zgodny z wynikiem pochodzącym ze strefy testu
STN	wyjście z negacją. Argument przyjmuje stan zgodny z negacją wyniku pochodzącego ze strefy testu
S	ustaw. Argument przyjmuje stan 1, gdy wynik pochodzący ze strefy testu jest równy 1
R	zeruj. Argument przyjmuje stan 0, gdy wynik pochodzący ze strefy testu jest równy 1

Przykład:

LD %I0.1
ANDN %I0.2
ST %Q0.1



IL

LAD

FBD

SFC

Symbolne graficzne języka GRAFCET /SFC

Diagram GRAFCET składa się z:

- kroków, które zawierają działania;
- przejść, które zawierają warunki;
- połączeń między krokami i przejściami.

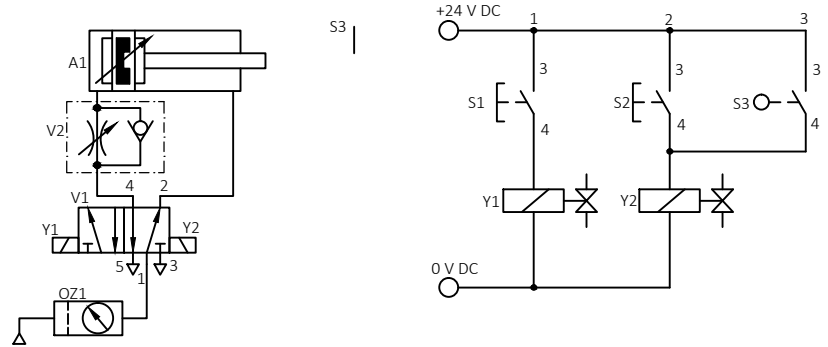
Przejście jest realizowane tylko wówczas, gdy:

- krok bezpośrednio przed nim jest aktywny;
- warunek przejścia jest spełniony (prawdziwy).

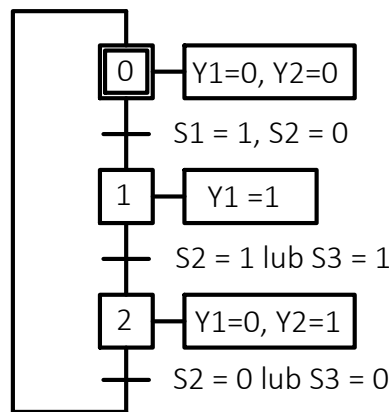
W języku GRAFCET warunek przejścia jest opisany przy pomocy operandów symbolicznych np. $(S0=1) \vee (S1=1)$. Akcja natomiast jest zapisana słownie np. *Wysuw siłownika*.

W języku SFC warunki przejścia jak i same akcje zapisane są przy pomocy operandów absolutnych w sposób graficzny tak jak w języku drabinkowym LAD lub FBD lub języka strukturalnego ST.

Symbolne graficzne języka GRAFCET	
Symbol	Opis
	krok (etap) początkowy
	krok (miejsce)
	makro (krok) sekwencyjny
	makro (krok) współbieżny
	kroki określające początek i koniec makroetapu
	tranzycja (przejście)
	działanie powiązane z krokiem (opis działania, który to miejsce reprezentuje)
	początek koniunkcji (AND)
	koniec koniunkcji (AND)
	początek alternatywy (OR)
	koniec alternatywy (OR)
	przejście do lub z innego kroku



Układ elektropneumatyczny sterujący pracą siłownika dwustronnego działania



Algorytm w języku GRAFCET

W kroku zerowym (początkowym) zapisano działanie: $Y1=0, Y2=0$, co oznacza, że w analizowanym układzie elektropneumatycznym tłoczysko siłownika A1 jest wsunięte. Następnie jest zapisana tranzycja: $S1=1$ i $S2=0$, po której następuje krok Nr1 z zapisanym działaniem: $Y1=1$. Oznacza to, że po spełnieniu warunku: $S1=1$ i $S2=0$ (wciśnięty przycisk S1, a jednocześnie niewciśnięty przycisk S2) zostaje włączona cewka Y1 elektrozaworu V1, co skutkuje wysunięciem się tłoczyska siłownika A1. Przejście od kroku 1 do kroku 2, czyli wsunięcie tłoczyska siłownika A1, jest możliwe po spełnieniu warunku: $S2=1$ lub $S3=1$ oznaczającego przełączenie styku S3 sterowanego rolką lub ręczne wciśnięcie przycisku S2. Gdy układ jest w kroku 2, bezpośrednio po zwolnieniu przycisku S2 oraz powrocie rolki sterującej stykiem S3 układ przechodzi do stanu początkowego (krok 0).

Programowanie w języku SFC

SFC - Sequential Function Chart (Graf sekwencji)

Blok startowy:

- tylko jeden w całym schemacie,
- musi być na początku,
- służy np. do inicjacji zmiennych,
- oznaczony (zazwyczaj) podwójną ramką.

Tranzycja:

- jeżeli tranzycja znajdująca się poniżej aktywnego bloku ma stan logiczny zero, to sterowanie jest zatrzymane w tym bloku,
- jeżeli tranzycja znajdująca się poniżej aktywnego bloku ma stan logiczny "jeden" to sterowanie jest przekazane do bloku lub bloków znajdujących się poniżej tranzycji.

Blok:

- jest aktywny (wykonują się działania skojarzone z danym blokiem) tak długo, jak długo tranzycja znajdująca się bezpośrednio pod nim jest nieaktywna,
- działania skojarzone z blokiem mogą być zapisane w różnych językach (np. w logice drabinkowej) lub jako zestaw ściśle określonych akcji.

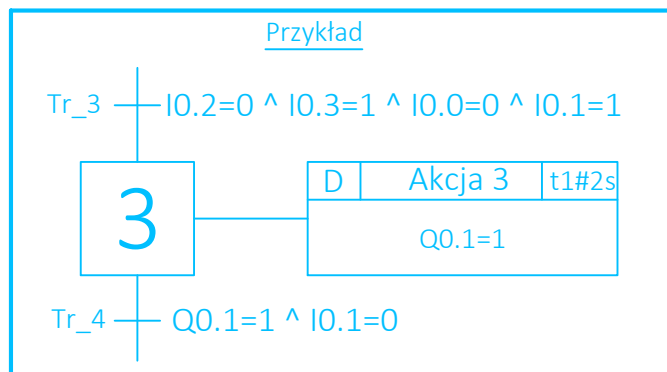
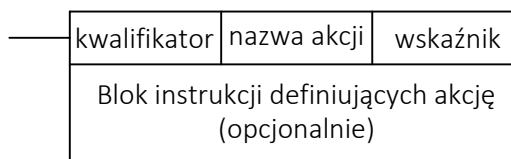
Uwaga:

- zawsze bloki i tranzycje patrząc w pionie są umieszczone na przemian: blok-tranzycja-blok-tranzycja...

Opis kroku akcji:

- kwalifikator - określa sposób oddziaływania na wchodzącą z lewej strony flagę kroku skojarzonego z akcją. Pole to może być pominięte, jeżeli brak kwalifikatora akcji lub kwalifikatoren jest "N",
- nazwa akcji kojarzonej z krokiem,
- wskaźnik - zmienna boolowska informująca o stanie wykonania akcji (opcjonalnie),
- blok instrukcji - akcja zadeklarowana w jednym z języków IL:, ST, LD lub FBD (opcjonalnie).

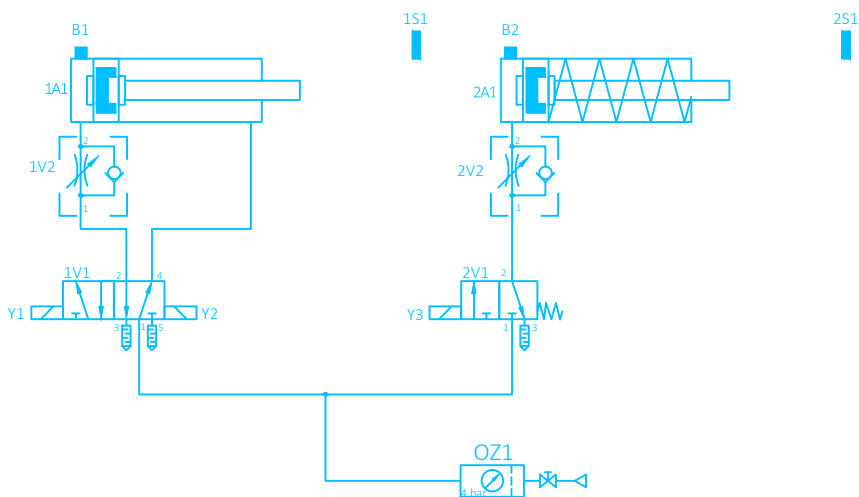
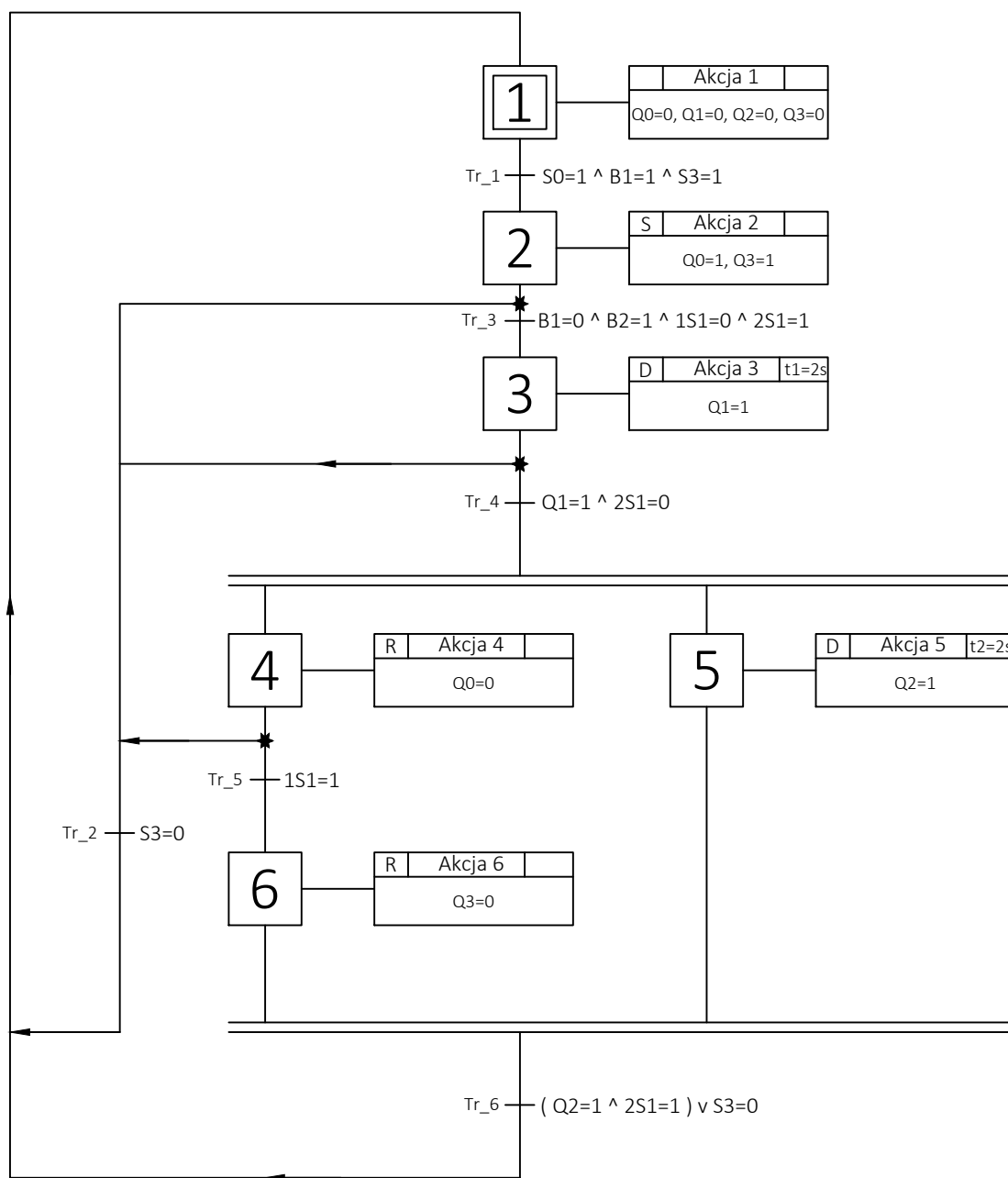
Opis kroku akcji



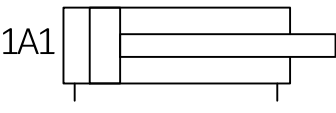
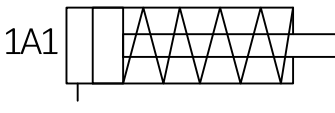
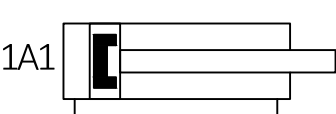
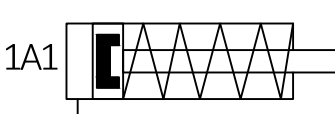
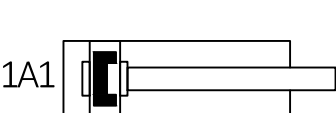
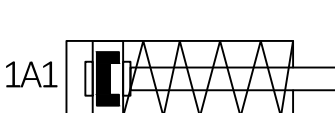
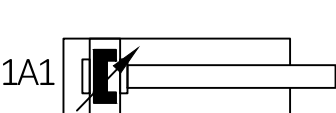
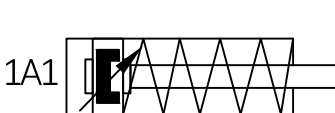
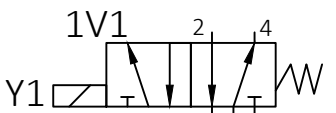
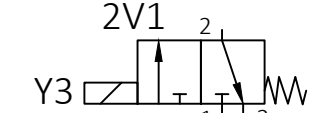
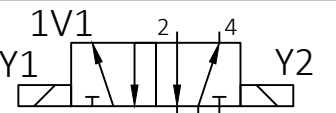
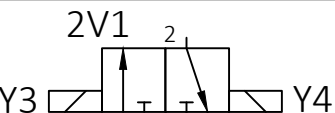
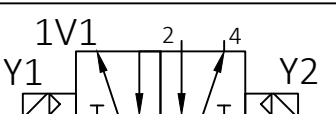
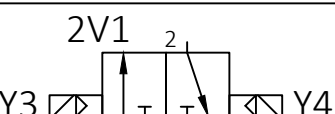
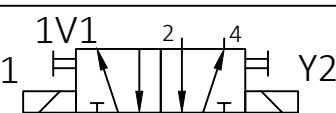
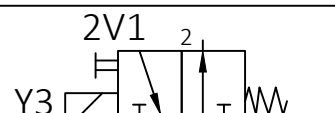
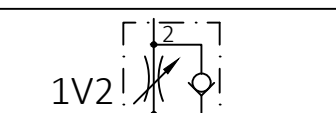
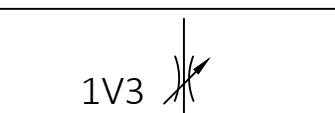
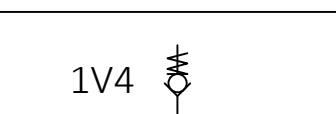
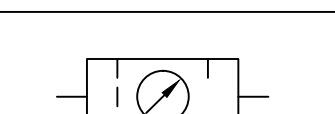
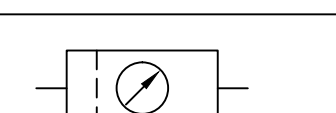
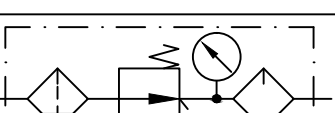
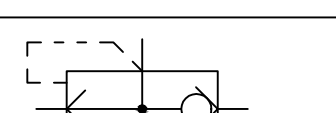
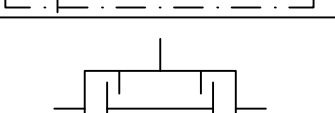
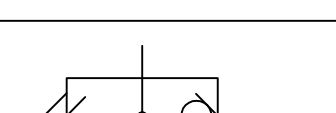
Kwalifikatory poprzedzające blok akcji		
Kwalifikator	Znaczenie	Opis
N lub "brak"	chwilowy (ang. Non-stored)	akcja jest aktywna tak długo jak aktywny jest krok
R	kasowanie/reset (ang. overriding Reset)	akcja jest deaktywowana (reset) gdy krok jest aktywny
S	zapis/set (ang. set-Stored)	akcja staje się aktywna gdy krok jest aktywny i trwa do momentu deaktywacji (reset)
L	ograniczona czasowo (ang. time Limited)	akcja jest aktywna przez określony czas od momentu aktywacji kroku (maksymalnie przez czas aktywności tego kroku)
D	opóźniona czasowo (ang. time Delayed)	akcja staje się aktywna po określonym czasie od momentu aktywacji kroku jeśli krok jest nadal aktywny i pozostaje aktywna tak długo jak krok jest aktywny
P	impuls (ang. Pulse)	akcja wykonywana jest tylko jeden raz gdy krok staje się aktywny
SD	zapisana i opóźniona czasowo (ang. Stored and time Delayed)	akcja staje się aktywna po upływie określonego czasu i trwa do momentu deaktywacji (reset)
DS	opóźniona i przechowywana (ang. Delayed and Stored)	akcja staje się aktywna po upływie określonego czasu pod warunkiem aktywności kroku i trwa do momentu deaktywacji (reset)
SL	zapisana i ograniczona czasowo (ang. Stored and time Limited)	akcja jest aktywna przez określony czas od momentu aktywacji kroku

Programowanie w języku SFC - przykłady

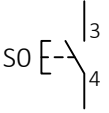
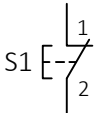
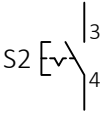
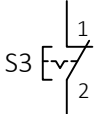
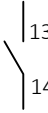
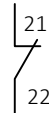
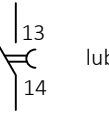
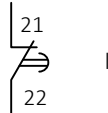
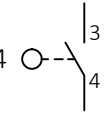

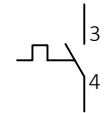
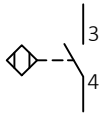
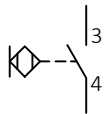
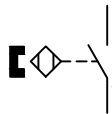
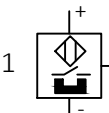
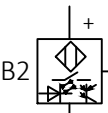
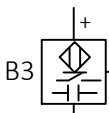
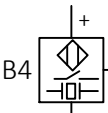
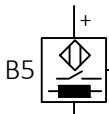
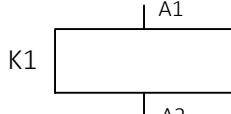
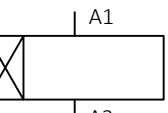

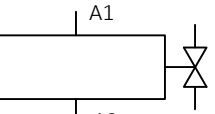


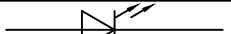
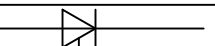
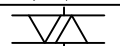
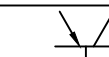
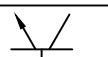
SFC - Sequential Function Chartt (Graf sekwencji)



Przykładowe schematy elementów pneumatycznych

 <p>1A1</p>	<p>Siłownik dwustronnego działania, jednotłoczkowy, bez tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, bez sygnalizacji magnetycznej położenia tłoka.</p>	 <p>1A1</p>	<p>Siłownik jednostronnego działania, jednotłoczkowy, bez tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, bez sygnalizacji magnetycznej położenia tłoka.</p>
 <p>1A1</p>	<p>Siłownik dwustronnego działania, jednotłoczkowy, bez tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.</p>	 <p>1A1</p>	<p>Siłownik jednostronnego działania, jednotłoczkowy, bez tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.</p>
 <p>1A1</p>	<p>Siłownik dwustronnego działania, jednotłoczkowy, z tłumieniem ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.</p>	 <p>1A1</p>	<p>Siłownik jednostronnego działania, jednotłoczkowy, z tłumieniem ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.</p>
 <p>1A1</p>	<p>Siłownik dwustronnego działania, jednotłoczkowy, z regulacją tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.</p>	 <p>1A1</p>	<p>Siłownik jednostronnego działania, jednotłoczkowy, z regulacją tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.</p>
 <p>1V1 Y1 2 4 3V 1V5</p>	<p>Zawór rozdzielający pneumatyczny 5/2, monostabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewki, pozycjonowany przy pomocy sprężyny.</p>	 <p>2V1 Y3 2 1 3</p>	<p>Zawór rozdzielający pneumatyczny 3/2 NC, monostabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewki, pozycjonowany przy pomocy sprężyny.</p>
 <p>1V1 Y1 2 4 3V 1V5 Y2</p>	<p>Zawór rozdzielający pneumatyczny 5/2, bistabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewek.</p>	 <p>2V1 Y3 2 1 3 Y4</p>	<p>Zawór rozdzielający pneumatyczny 3/2, bistabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewek.</p>
 <p>1V1 Y1 2 4 3V 1V5 Y2</p>	<p>Zawór rozdzielający pneumatyczny 5/2, bistabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewek, ze wspomaganie pneumatycznym.</p>	 <p>2V1 Y3 2 1 3 Y4</p>	<p>Zawór rozdzielający pneumatyczny 3/2, bistabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewek.</p>
 <p>1V1 Y1 2 4 3V 1V5 Y2</p>	<p>Zawór rozdzielający pneumatyczny 5/2, bistabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewek, z awaryjnym sterowaniem ręcznym.</p>	 <p>2V1 Y3 2 1 3</p>	<p>Zawór rozdzielający pneumatyczny 3/2 NO, monostabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewki, pozycjonowany przy pomocy sprężyny, z awaryjnym sterowaniem ręcznym.</p>
 <p>1V2</p>	<p>Zawór dwójco-zwrotny</p>	 <p>1V3</p>	<p>Zawór dwójco - nastawny</p>
 <p>1V4</p>	<p>Zawór zwrotny</p>		<p>Zespół przygotowania sprężonego powietrza (filtr, reduktor ciśnienia, manometr, smarownica) wer. uproszczona</p>
	<p>Zespół przygotowania sprężonego powietrza (filtr, reduktor ciśnienia, manometr) wersja uproszczona</p>		<p>Zespół przygotowania sprężonego powietrza (filtr, reduktor ciśnienia, manometr, smarownica)</p>
	<p>Zawór logiczny LUB (OR)</p>		<p>Zawór logiczny I (AND)</p>
	<p>Zawór szybkiego spustu</p>		

Przykładowe schematy elementów elektrycznych

	Przycisk wciskany NO monostabilny (z samopowrotem)		Przycisk wciskany NC monostabilny (z samopowrotem)
	Przycisk wciskany NO bistabilny (bez samopowrotu)		Przycisk wciskany NC bistabilny (bez samopowrotu)
	Zestyk zwierny		Zestyk rozwierny
	Zestyk zwierny - zwiera z opóźnieniem przy uruchamianiu		Zestyk rozwierny - zwiera z opóźnieniem przy powrocie
	Styk NO uruchamiany rolką		Krańcówka - przełącznik pozycji krańcowej
	Styk NO uruchamiany ciepłem (termik)		Przełącznik zbliżeniowy - symbol ogólny (np. czujnik optyczny, indukcyjny, magnetyczny, dźwiękowy)
	Przełącznik dotykowy (np. czujnik pojemnościowy - reaguje na dotyk)		Przełącznik magnetyczny (kontaktron)
	Czujnik magnetyczny NO trójprzewodowy		Czujnik optyczny NO trójprzewodowy
	Czujnik pojemnościowy NO trójprzewodowy		Czujnik ultradźwiękowy NO trójprzewodowy
	Czujnik indukcyjny NO trójprzewodowy		Cewka przekaźnika (symbol ogólny)
	Cewka przekaźnika z opóźnionym załączeniem		Cewka przekaźnika z opóźnieniem wyłączenia
	Cewka elektrozaworu		Dioda półprzewodnikowa (symb. ogóln.)
			Dioda Zenera
			Dioda LED
	Tyrystor (symbol ogólny)		Dioda dwukierunkowa (diak)
	Tranzystor PNP		Tranzystor NPN

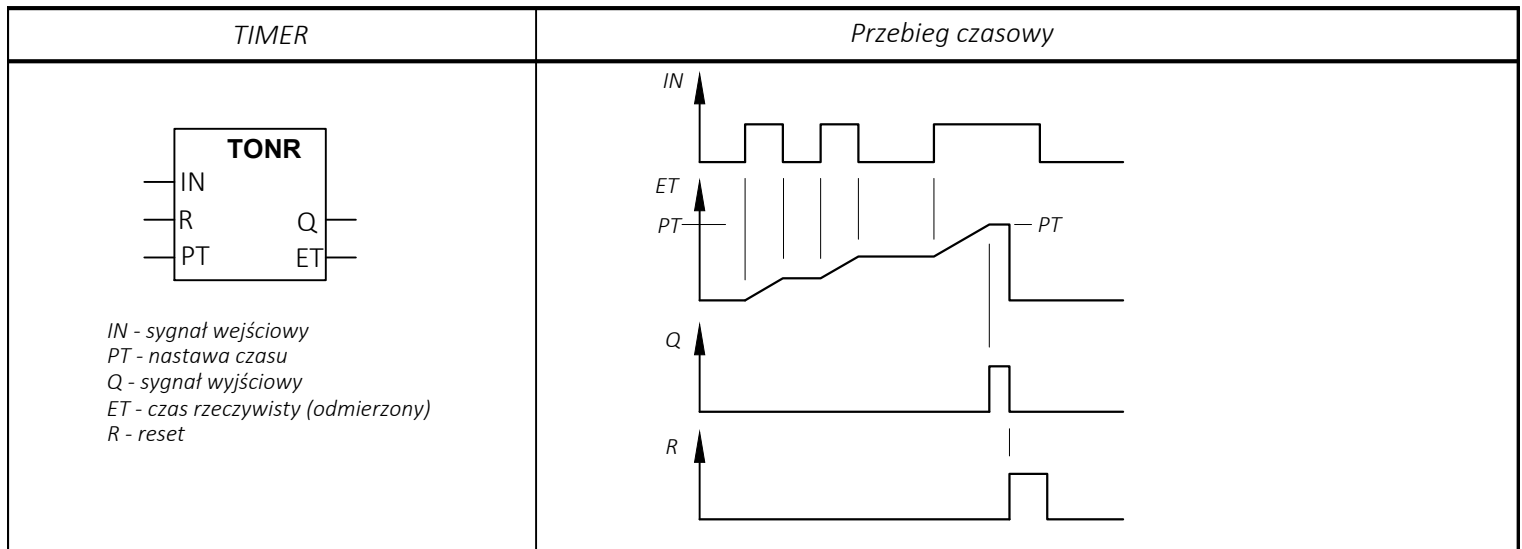
Timer (zegar)

Podstawowe Timery:

- TP - Układ czasowy *Pulse timer* generuje impuls o ustalonym czasie trwania.
- TON - Układ czasowy *ON-delay timer* ustawia stan swojego wyjścia Q na ON (włączony) po upływie zadanego czasu opóźnienia.
- TOF - Układ czasowy *OFF-delay timer* kasuje stan swojego wyjścia Q na OFF (wyłączony) po upływie zadanego czasu opóźnienia.
- TONR - Układ czasowy *ON-delay Retentive timer* ustawia stan swojego wyjścia na ON (włączony) po upływie zadanego czasu opóźnienia. Upływający czas jest naliczany przez wiele okresów, aż do chwili, gdy zliczany upływ czasu zostanie wyzerowany za pomocą wyjścia R.
- PT (preset timer) - określenie nastawy czasu np. Timer 100ms, PT=20 daje nam czas $t=2s$.

TIMER	Przebieg czasowy
<div data-bbox="172 658 389 775" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="134 853 464 954"> <i>IN</i> - sygnał wejściowy <i>PT</i> - nastawa czasu <i>Q</i> - sygnał wyjściowy <i>ET</i> - czas rzeczywisty (odmierzony) </p>	<div data-bbox="687 613 1326 1039" data-label="Figure"> </div>
<div data-bbox="165 1128 389 1245" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="134 1323 464 1424"> <i>IN</i> - sygnał wejściowy <i>PT</i> - nastawa czasu <i>Q</i> - sygnał wyjściowy <i>ET</i> - czas rzeczywisty (odmierzony) </p>	<div data-bbox="687 1122 1294 1509" data-label="Figure"> </div>
<div data-bbox="172 1608 389 1724" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="134 1803 464 1904"> <i>IN</i> - sygnał wejściowy <i>PT</i> - nastawa czasu <i>Q</i> - sygnał wyjściowy <i>ET</i> - czas rzeczywisty (odmierzony) </p>	<div data-bbox="687 1599 1426 2040" data-label="Figure"> </div>

Timer (zegar)

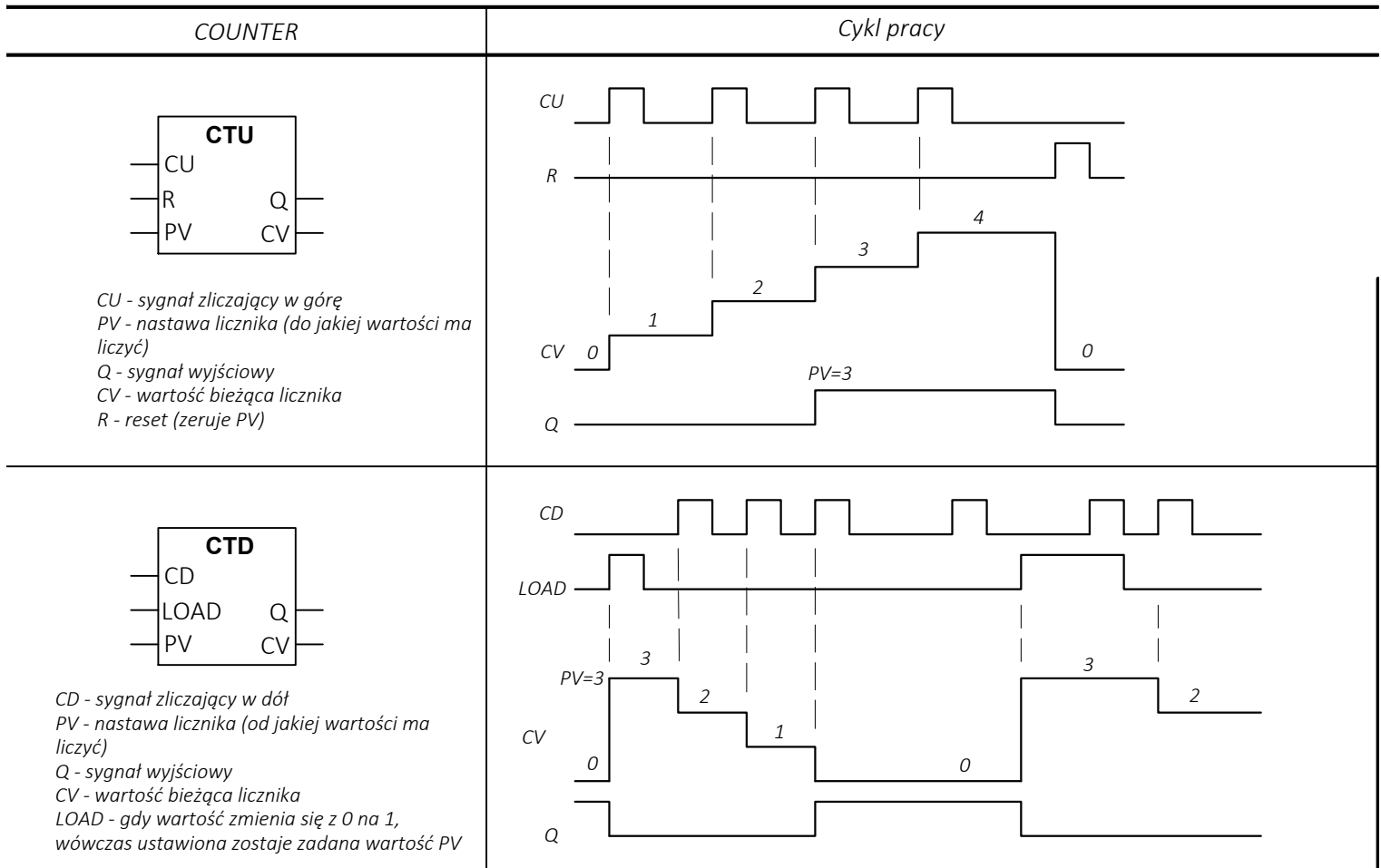


Counter (licznik)

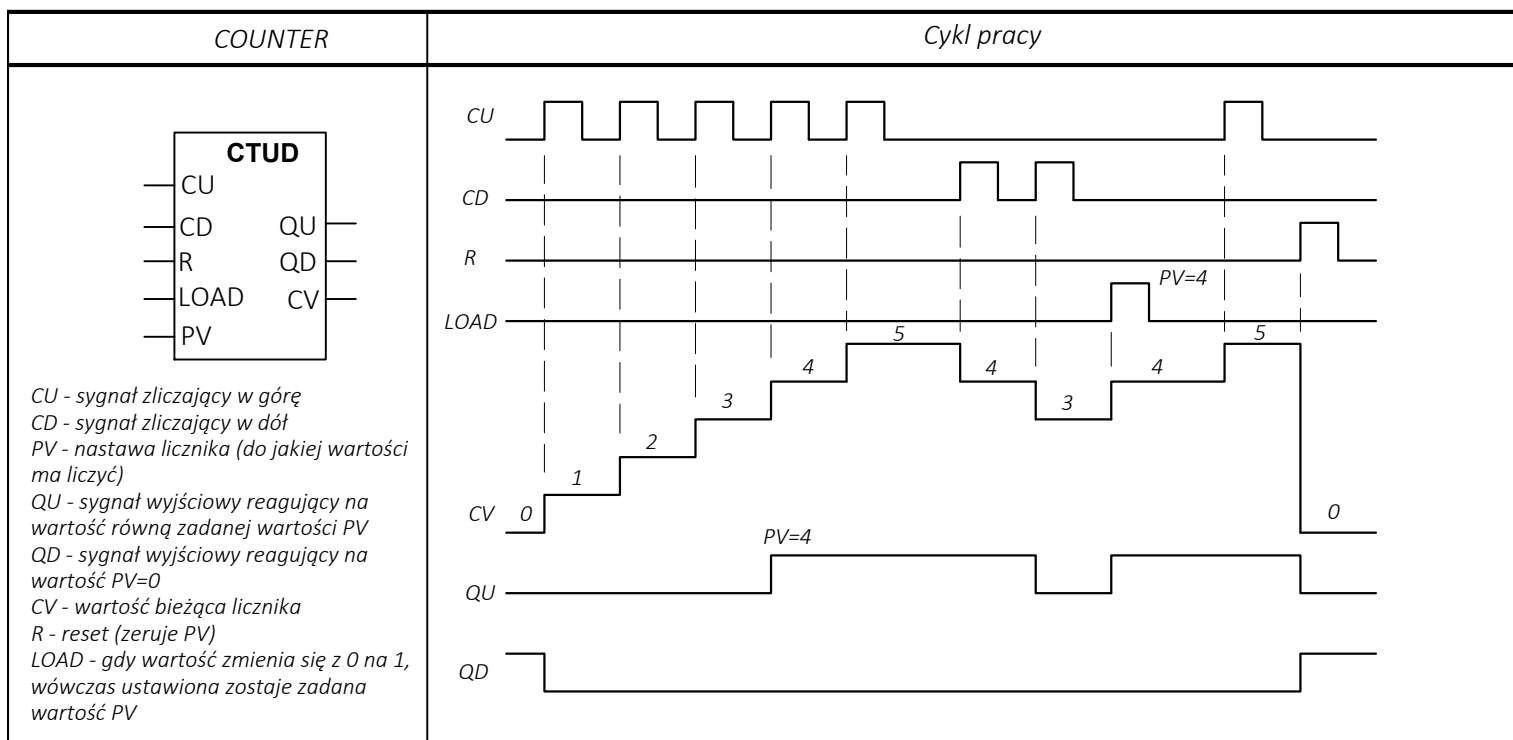
Liczniki:

- CTU - jest to licznik zliczający w górę o wartość 1, gdy wartość wejściowego CU zmienia się z 0 na 1.
- CTD - jest to licznik zliczający w dół o wartość 1, gdy wartość parametru wejściowego CD zmienia się z 0 na 1.
- CTUD - jest to licznik zliczający w górę lub w dół o wartość 1, gdy wartość parametru wejściowego CU lub CD zmienia się z 0 na 1.

Szybkość zliczania za pomocą instrukcji CTU, CTD i CTUD jest ograniczona przez częstotliwość cyklu programu wykonywanego przez CPU. Jeżeli zdarzenia występują częściej niż wynosi częstotliwość wywoływania programu wykonawczego przez CPU, należy użyć HSC (szybkiego licznika).



Counter (licznik)



Na rysunku przedstawiono przebieg czasowy w przypadku licznika CTUD dla PV=4.

Jeżeli wartość parametru CV (current count value - bieżąca wartość zliczeń) jest równa lub większa od wartości parametru PV (preset value - ustalona wartość), to parametr wyjściowy QU=1.

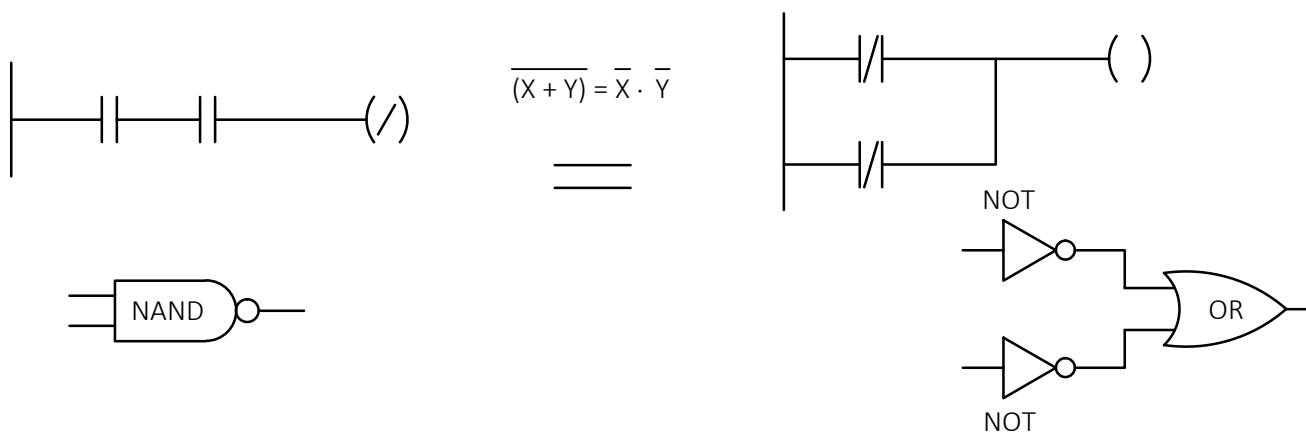
Jeżeli wartość parametru CV jest mniejsza lub równa 0, to parametr wyjściowy licznika QD=1.

Jeżeli wartość parametru LOAD zmienia się z 0 na 1, to wartość parametru PV jest wpisywana do licznika jako nowa wartość CV.

Jeżeli wartość parametru kasującego R zmienia się z 0 na 1, to bieżąca wartość zliczeń zostaje skasowana do 0.

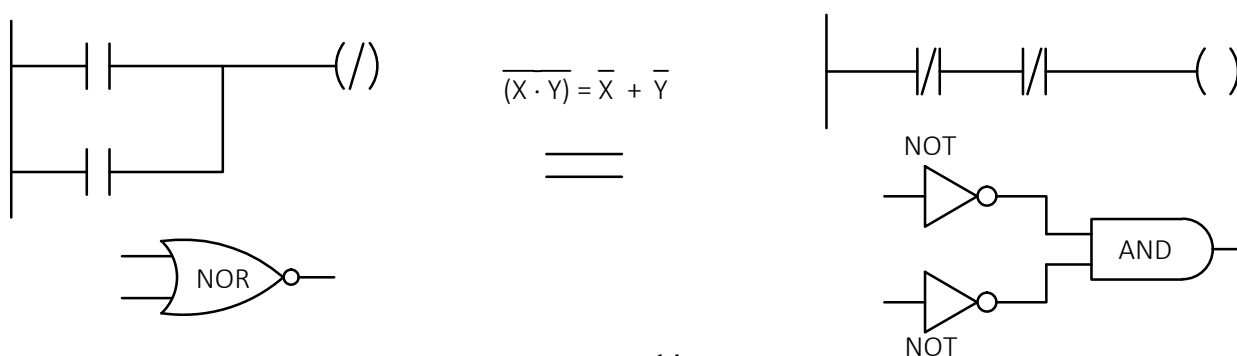
I prawo de Morgana

Zaprzeczenie koniunktji dwóch zdań logicznych jest równoważne alternatywie zaprzeczeń tych zdań.



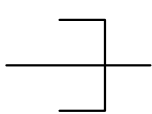
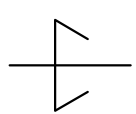
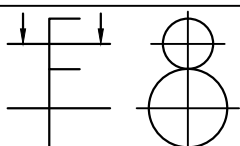
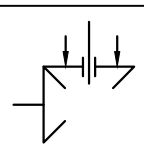
II prawo de Morgana

Zaprzeczenie alternatywy dwóch zdań logicznych jest równoważne koniunktji zaprzeczeń tych zdań.

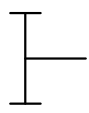
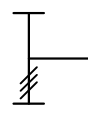
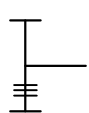

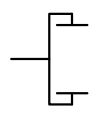
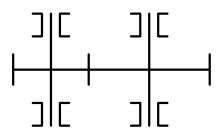
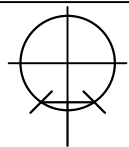
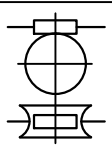


Symbole elementów stosowanych w mechanice

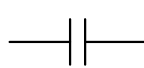
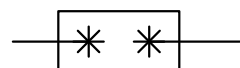
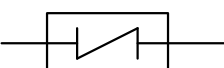

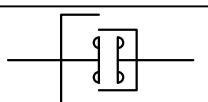

Mechanizmy cierne

Symbol	Objaśnienie	Symbol	Objaśnienie
	Koło cierne walcowe		Koło cierne stożkowe
	Przekładnia cierna walcowa		Przekładnia cierna stożkowa

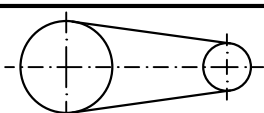
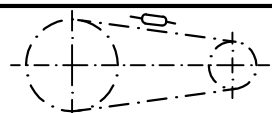
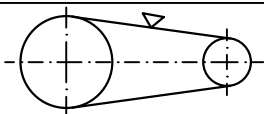
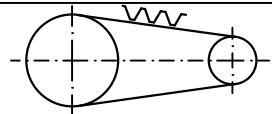
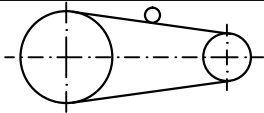
Mechanizmy zębate

Symbol	Objaśnienie	Symbol	Objaśnienie
	Koło zębate walcowe o uzębieniu zewnętrznym (symbol ogólny)		Koło zębate walcowe o uzębieniu skośnym
	Koło zębate walcowe o uzębieniu prostym		Koło zębate walcowe o uzębieniu daszkowym
	Koło zębate walcowe o uzębieniu wewnętrznym		Przekładnia zębata walcowa jednostopniowa
	Przekładnia zębata stożkowa jednostopniowa		Przekładnia zębata walcowa ślimakowa

Sprzęgła i hamulce

Symbol	Objaśnienie	Symbol	Objaśnienie
	Ogólny symbol sprzęgła nierozłącznego		Sprzęgło nierozłączne sztywne
	Sprzęgło podatne		Sprzęgło nierozłączne samonastawne
	Sprzęgło hydrokinetyczne		Ogólny symbol hamulca

Przekładnie cięgnowe

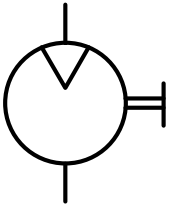
Symbol	Objaśnienie	Symbol	Objaśnienie
	Ogólny symbol przekładni pasowej		Przekładnia łańcuchowa
	Przekładnia z pasem klinowym		Przekładnia z pasem zębatym
	Przekładnia z pasem okrągłym		

Układ osi robota i stopnie swobody

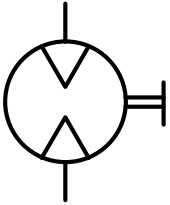
Nazwa konstrukcji	Mechanizm kinematyczny	Schemat kinematyczny	Nazwa konstrukcji	Mechanizm kinematyczny	Schemat kinematyczny
TTT konfiguracja kartezjańska			konfiguracja SCARA		
RTT konfiguracja cylindryczna			<p>Parametrami charakteryzującymi mechanizm kinematyczny maszyn manipulacyjnych są:</p> <ul style="list-style-type: none"> liczba stopni swobody – jest to ilość zmiennych niezbędnych w celu jednoznacznego określenia położenia w przestrzeni łańcucha kinematycznego; liczbę stopni swobody maszyn manipulacyjnych obliczamy, korzystając ze wzoru: $S = 6n - \sum_{i=1}^5 i \cdot p_i,$ <p>gdzie:</p> <ul style="list-style-type: none"> n – liczba członów, p_i – liczba połączeń i-tej klasy; ruchliwość – to liczba stopni swobody maszyny manipulacyjnej z unieruchomionym pierwszym członem (podstawą); oblicza się ją, korzystając ze wzoru: $R = 6(n - 1) - \sum_{i=1}^5 i \cdot p_i;$ <ul style="list-style-type: none"> manewrowość – to liczba stopni swobody maszyny manipulacyjnej z unieruchomionymi członami pierwszym oraz ostatnim; manewrowość obliczamy, korzystając z zależności: $M = 6(n - 2) - \sum_{i=1}^5 i \cdot p_i$		
RRR konfiguracja antropomorficzna			<p>Przykłady obliczeń stopni swobody</p> $S = 6 * 5 - 5 * 5 = 5$ $S = 6 * 6 - 5 * 6 = 6$		
RRT konfiguracja sferyczna			$S = 6 * 8 - 5 * 8 = 8$ $S = 6 * 3 - 5 * 3 = 3$		

Rys. 1.31. Przykłady obliczeń stopnia swobody

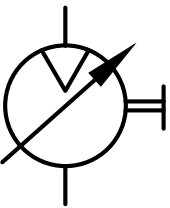
Silniki pneumatyczne



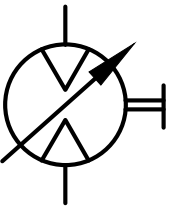
Silnik pneumatyczny o stałym kierunku obrotów i o stałej chłonności



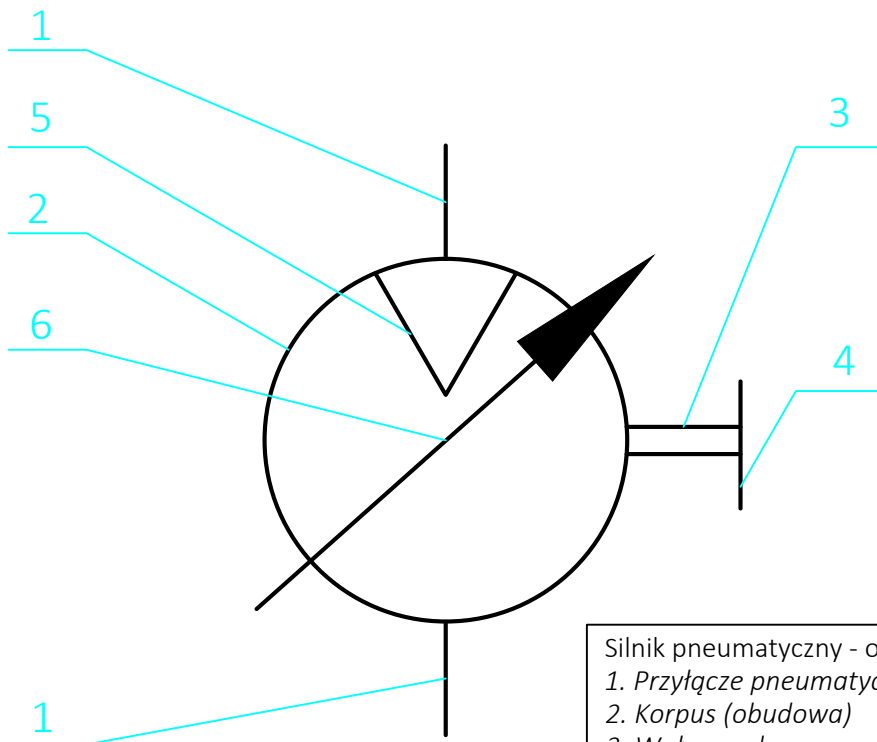
Silnik pneumatyczny o zmiennym kierunku obrotów i o stałej chłonności



Silnik pneumatyczny o stałym kierunku obrotów i o zmiennej chłonności



Silnik pneumatyczny o zmiennym kierunku obrotów i o zmiennej chłonności



Silnik pneumatyczny - opis:

1. Przyłącze pneumatyczny silnika
2. Korpus (obudowa)
3. Wał napędowy
4. Połówka sprzęgła
5. Niezaczerniony trójkąt równoboczny skierowany do środka określa kierunek przepływu powietrza (kierunek obrotów)
6. Strzałka określa zmienną chłonność (chłonność wpływa na prędkość obrotową silnika) gdy nie ma strzałki chłonność silnika jest stała

Sterowanie zaworami rozdzielającymi

Sterowanie ręczne (siłą mięśni)

	Ogólny symbol przycisku		Przycisk wciskany		Przycisk "wyciągany"
	Przycisk wciskany i "wyciągany"		Sterowanie dźwignią		Sterowanie pedałem

Sterowanie mechaniczne

	Sterowanie popychaczem		Sterowanie rolką		Sterowanie rolką z dźwignią
	Sterowanie sprężyną		Zapadka - ustalanie położenia środkowego		Zapadka - przy ruchu w dwóch kierunkach (bez ustalenia położenia środkowego)

Sterowanie elektryczne

	Sterowanie elektryczne elektromagnesem z jedną cewką		Sterowanie elektryczne elektromagnesem z dwoma cewkami działającymi w przeciwnych kierunkach
--	--	--	--

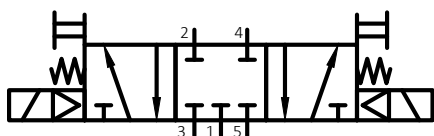
Sterowanie pneumatyczne

	Sterowanie bezpośrednio poprzez wzrost ciśnienia		Sterowanie bezpośrednio poprzez spadek ciśnienia		Sterowanie pośrednio poprzez wzrost ciśnienia (wspomaganie pneumatyczne)
--	--	--	--	--	--

Sterowanie hydrauliczne

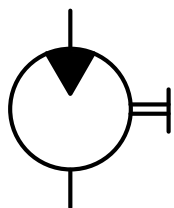
	Sterowanie bezpośrednio poprzez wzrost ciśnienia		Sterowanie bezpośrednio poprzez spadek ciśnienia		Sterowanie pośrednio poprzez wzrost ciśnienia (wspomaganie hydrauliczne)
--	--	--	--	--	--

Dopuszcza się również sterowania złożone składające się z kilku sposobów sterowania np.

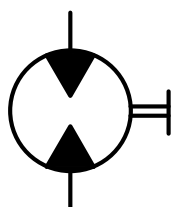


Pneumatyczny zawór rozdzielający 5/3 (pięciodrogowy, dwupołożeniowy), sterowany elektrycznie przy pomocy cewek, ze wspomaganie pneumatycznym, pozycjonowany przy pomocy sprężyn, z możliwością awaryjnego ręcznego przesterowania.

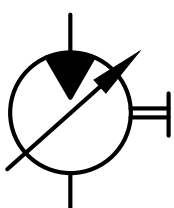
Pompy i silniki hydrauliczne



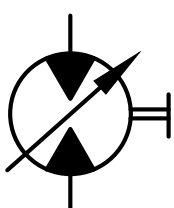
Silnik hydrauliczny o stałym kierunku obrotów i o stałej chłonności



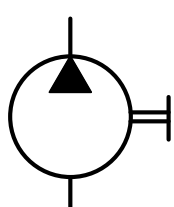
Silnik hydrauliczny o zmiennym kierunku obrotów i o stałej chłonności



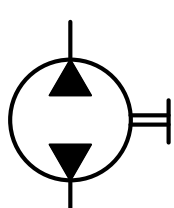
Silnik hydrauliczny o stałym kierunku obrotów i o zmiennej chłonności



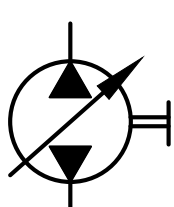
Silnik hydrauliczny o zmiennym kierunku obrotów i o zmiennej chłonności



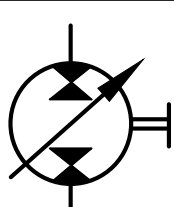
Pompa hydrauliczna o stałym kierunku tłoczenia i o stałej wydajności



Pompa hydrauliczna o zmiennym kierunku tłoczenia i o stałej wydajności

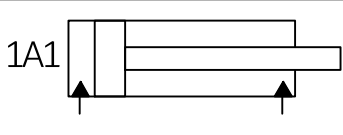
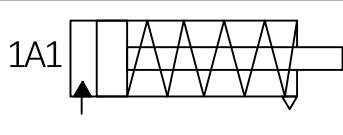
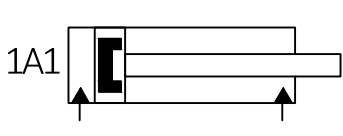
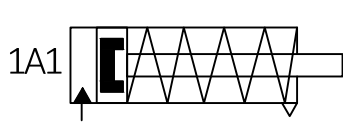
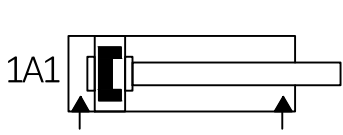
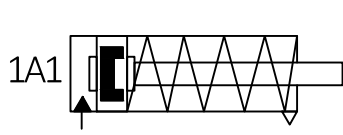
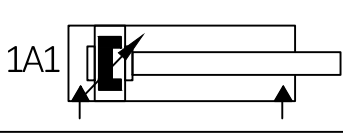
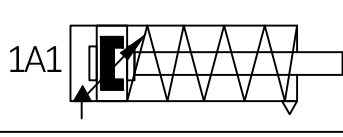
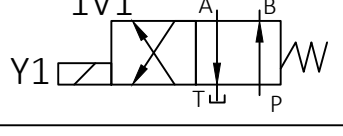
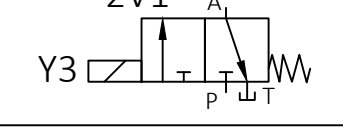
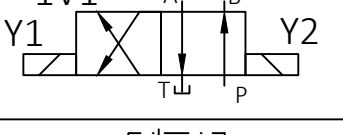
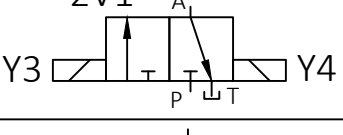
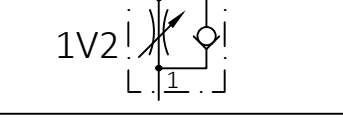
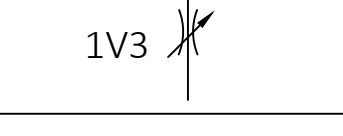
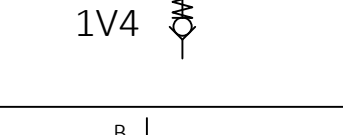
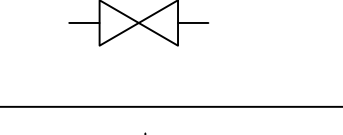
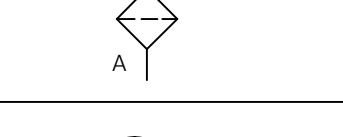
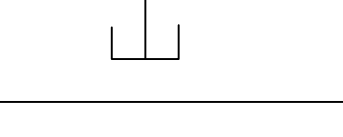
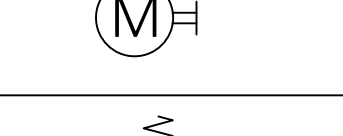
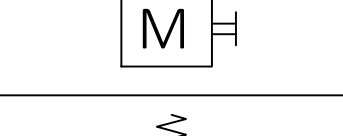
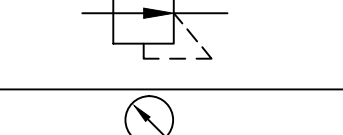
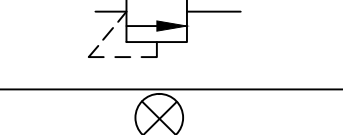
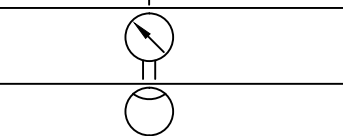
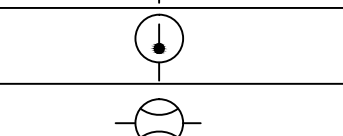
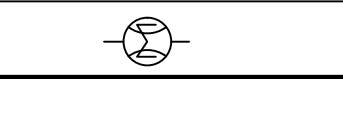
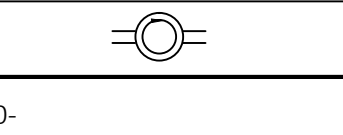




Pompa hydrauliczna o zmiennym kierunku tłoczenia i o zmiennej wydajności

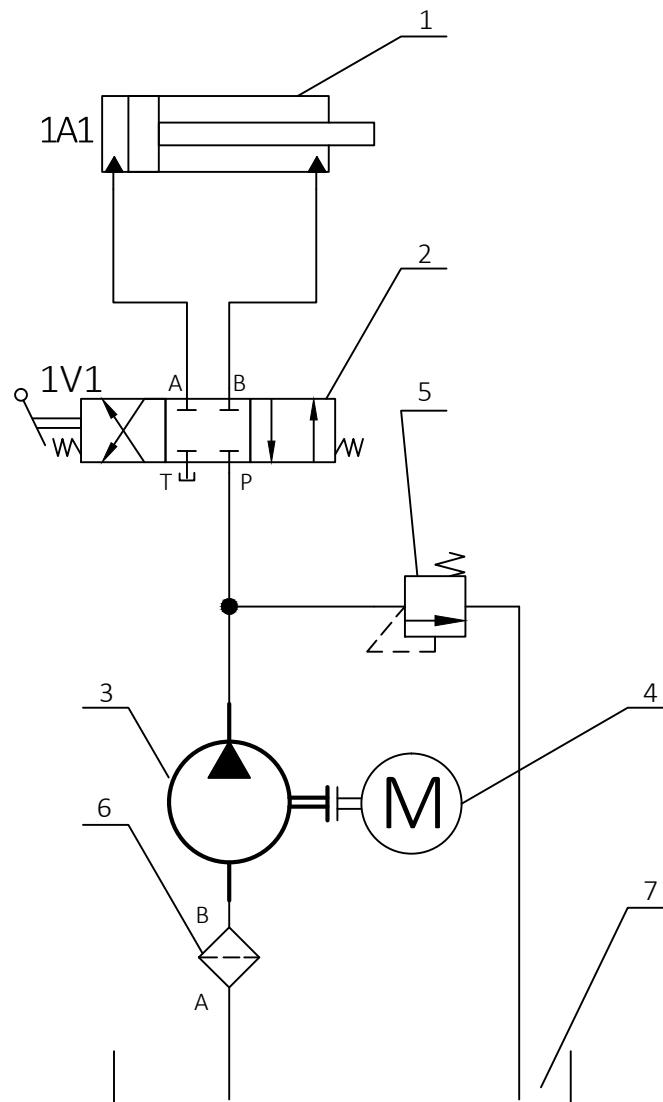


Pompo-silnik hydrauliczny o zmiennym kierunku tłoczenia i o zmiennej wydajności oraz o zmiennym kierunku obrotów i o zmiennej chłonności

Przykładowe schematy elementów hydraulicznych

	Siłownik dwustronnego działania, jednotłoczkowy, bez tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, bez sygnalizacji magnetycznej położenia tłoka.		Siłownik jednostronnego działania, jednotłoczkowy, bez tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, bez sygnalizacji magnetycznej położenia tłoka.
	Siłownik dwustronnego działania, jednotłoczkowy, bez tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.		Siłownik jednostronnego działania, jednotłoczkowy, bez tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.
	Siłownik dwustronnego działania, jednotłoczkowy, z tłumieniem ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.		Siłownik jednostronnego działania, jednotłoczkowy, z tłumieniem ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.
	Siłownik dwustronnego działania, jednotłoczkowy, z regulacją tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.		Siłownik jednostronnego działania, jednotłoczkowy, z regulacją tłumienia ruchu w skrajnych poł. tłoka, z sygnalizacją magnetyczną położenia tłoka.
	Zawór rozdzielający hydrauliczny 4/2, monostabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewki, pozycjonowany przy pomocy sprężyny.		Zawór rozdzielający hydrauliczny 3/2 NC, monostabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewki, pozycjonowany przy pomocy sprężyny.
	Zawór rozdzielający hydrauliczny 4/2, bistabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewek.		Zawór rozdzielający pneumatyczny 3/2, bistabilny, sterowany elektrycznie przy pomocy cewek.
	Zawór dławiąco-zwrotny		Zawór dławiący - nastawny
	Zawór zwrotny		Zawór zasuwowy odcinający, normalnie z jednym położeniem całkowicie zamkniętym
	Filtr - symbol ogólny; A-B kierunek przepływu cieczy przez filtr		Zbiornik otwarty, miejscowe odprowadzenie przecieków albo powrót
	Silnik elektryczny		Napęd główny nieelektryczny
	Regulator ciśnienia (zawór redukcyjny)		Zawór ograniczający ciśnienie (zawór maksymalny, zawór bezpieczeństwa)
	Manometr		Wskaźnik ciśnienia
	Manometr różnicowy		Termometr
	Wskaźnik przepływu		Przepływomierz
	Przepływomierz całkowity		Obrotomierz do pomiaru częstości obrotów

Schemat układu hydraulicznego



Legenda:

1. Siłownik hydrauliczny jednotłoczkowy, dwustronnego działania
2. Zawór rozdzielający 4/3, sterowany ręcznie przy pomocy dźwigni, pozycjonowany przy pomocy sprężyn
3. Pompa hydrauliczna o stałej wydajności i o jednym kierunku tłoczenia
4. Silnik elektryczny (napęd pompy)
5. Zawór bezpieczeństwa (zawór maksymalny o stałej nastawie)
6. Filtr
7. Zbiornik oleju