



PIOTR PAWEŁKO

**NAPĘD I STEROWANIE PNEUMATYCZNE**  
**PODSTAWY**  
ĆWICZENIA LABORATORYJNE

**Pneumatyczna jednostka taktowo-stopniowa**

Materiały przeznaczone są dla studentów Wydziału Inżynierii Mechanicznej i  
Mechatroniki

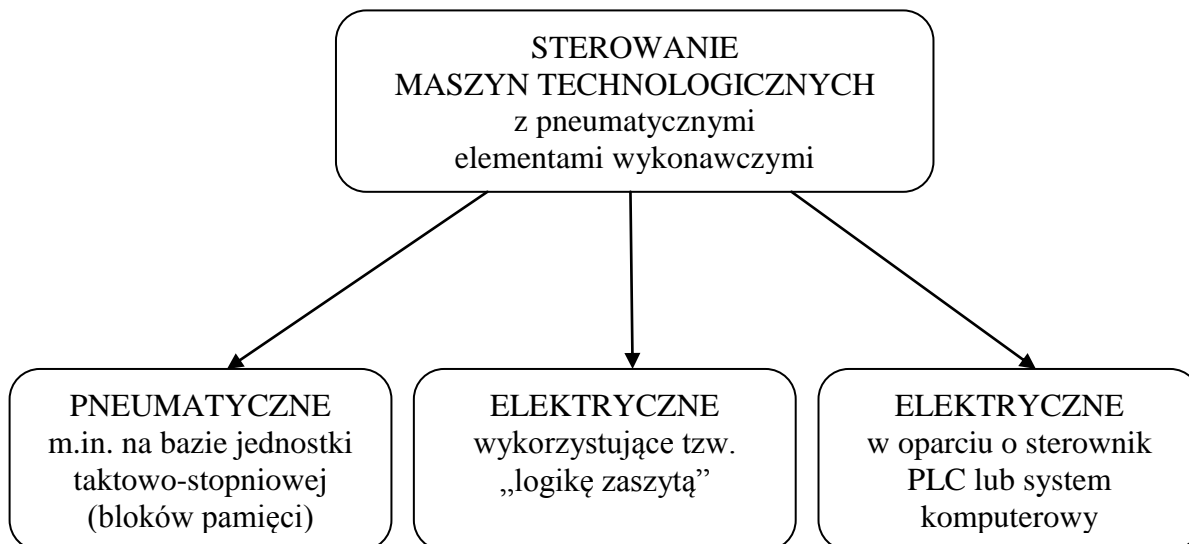
kopiowanie, powielanie, rozpowszechnianie bez wiedzy autora zabronione

Poniższa instrukcja jest fragmentem skryptu o tym samym tytule, wydanym za zgodą  
Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki ZUT w Szczecinie, ISBN  
978-83-7518-614-7, 2013, Szczecin

SZCZECIN 2014

## 1. Pneumatyczna jednostka taktowo-stopniowa

Sterowanie maszynami technologicznymi z pneumatycznymi elementami wykonawczymi można podzielić na trzy główne gałęzie, pokazane na rys. 12.1



Rys. 12.1. Podział sterowania maszynami technologicznymi z pneumatycznymi elementami wykonawczymi.

Obecnie powszechność sterowników PLC (ang. Programmable Logic Controller), czyli uniwersalnych urządzeń mikroprocesorowych, przeznaczonych do sterowania pracą urządzeń technologicznych, oraz systemów komputerowych wydaje się przesądzać o rozwoju sterowania pneumatyką. Należy jednak pamiętać, że przy projektowaniu maszyn specjalizowanych bardzo często nie ma potrzeby przeprogramowywania trybu pracy urządzenia i wystarcza wówczas zastosowanie sterowania elektrycznego z tzw. „logiką zaszytą”. Sytuacja jeszcze bardziej się upraszcza, biorąc pod uwagę zastosowanie źródła zasilania zarówno układu roboczego jak i sterowania. Przewaga w tym miejscu pneumatyki, a dokładnie sprężonego powietrza jako czynnika nie stanowiącego zagrożenia pożarowego, i nie grożącego porażeniem elektrycznym, jest bezsporna. Właśnie w takich układach stosuje się nadal układy ze sterowaniem pneumatycznym, a w przeważającej większości oparte o sterowanie sekwencyjne. Pneumatyczna jednostka taktowo-stopniowa jest jedną z technicznych realizacji układu sterowania opartego o zasady sterowania sekwencyjnego, drugie oprócz układu kombinacyjnego rodzaju sterowania w układach przełączających. Układy przełączające są w zasadzie układami automatycznego sterowania, stosowanymi w celu uzyskania wzajemnej współzależności pracy kilku urządzeń, polegającej na ściśle określonej kolejności ich załączania i wyłączenia wg programu narzuconego przez założony cykl pracy układu technologicznego.

Pneumatyczna jednostka taktowo-stopniowa jest urządzeniem przełączającym, które umożliwia taktowy (krokowy) przebieg zautomatyzowanego cyklu pracy. Podstawowe funkcje jednostki taktowo-stopniowej, to:

- uzyskanie sygnałów wyjściowych w ściśle określonej kolejności,
- uzyskanie w danym takcie tylko jednego sygnału wyjściowego.

Zastosowanie jednostki taktowo-stopniowej upraszcza proces projektowania i budowy układu sterowania. Nadaje mu znaczną przejrzystość, system sterowania jest umieszczony w jednym miejscu, ułatwia analizę poprawności działania układu sterowania i elementów wykonawczych.

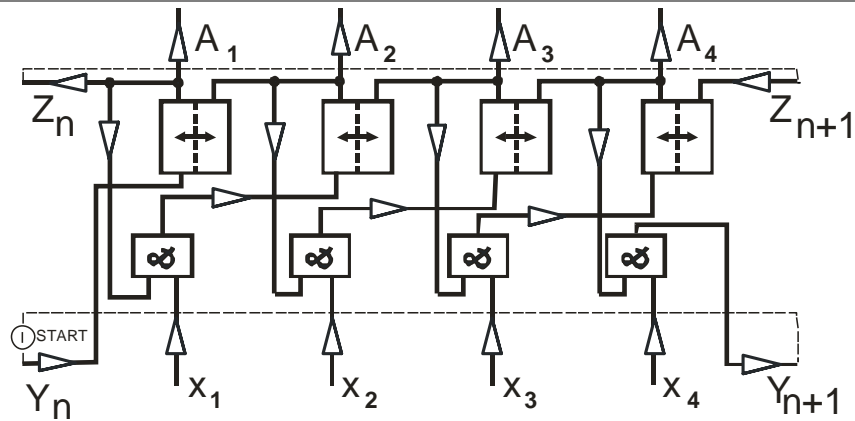
Pneumatyczna jednostka taktowo-stopniowa składa się z segmentów, z których każdy zawiera element pamięci i elementy logiczne. Segmenty połączone są w ten sposób, że włączenie kolejnego segmentu możliwe jest tylko wtedy, gdy nadany zostanie sygnał zwrotny do zamknięcia poprzedniego segmentu.

Schemat logiczny jednostki taktowo-stopniowej przedstawiono na rys. 12.2. Sygnał START wprowadzony na wejściu  $Y_n$  ustawia pamięć pierwszego segmentu oraz sygnał wyjściowy  $A_1$ . Sygnał wyjściowy  $A_1$  z tego segmentu powoduje przygotowanie pierwszego członu koniunkcji &. Jeżeli na wejściu  $X_1$  pojawi się sygnał potwierdzający zakończenie taktu wywołanego sygnałem  $A_1$ , wówczas zostaje ustawiony drugi człon koniunkcji & i pojawia się sygnał wyjściowy  $A_2$ .

Każdy sygnał wyjściowy  $A$  ma trzy zadania do spełnienia:

- przeprowadzenie pracy w danym takcie,
- przygotowanie pamięci do następnego taktu,
- skierowanie sygnału zwrotnego do skasowania poprzedniego taktu (wyzerowanie pamięci w poprzednim segmencie).

To potrójne zadanie wykonywane jest przez każdy segment. Należy przy tym zauważyć, że sygnał wyjściowy  $A_1$  z pierwszego taktu kasuje pamięć w ostatnim segmencie (sygnał zwrotny  $Z_n$  jest połączony z wejściem  $Z_{n+1}$  – linia przerywana). Sygnał wyjściowy  $Y_{n+1}$  z pamięci ostatniego taktu, skierowany na wejście  $Y_n$  poprzez przycisk START, może służyć do uruchomienia kolejnego cyklu pracy - linia przerywana.

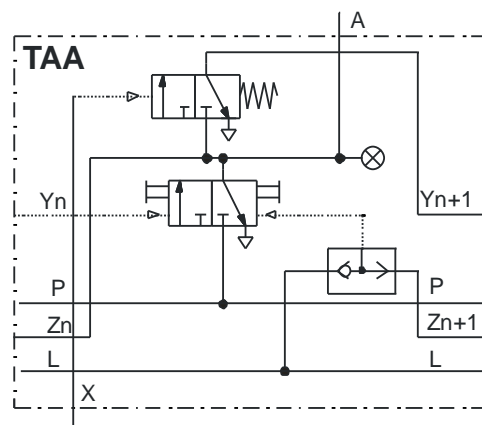


Rys.12.2. Ogólny schemat logiczny pneumatycznej jednostki taktowo-stopniowej

Do budowy jednostki taktowo-stopniowej można wykorzystywać trzy rodzaje segmentów typu TAA, TAB, TAC, których zestawienie tworzy pneumatyczną jednostkę taktowo-stopniową. W tych segmentach występują dodatkowe oznaczenia przyłączy, a mianowicie: P – zasilanie i L – kasowanie pamięci.

Schemat podstawowego segmentu TAA pokazano na rys. 12.3. Segment ten składa się z:

- bistabilnego zaworu rozdzielającego 3/2 (pamięć),
- monostabilnego zaworu rozdzielającego 3/2 (element koniunkcji),
- zaworu alternatywy (OR),
- optycznego wskaźnika ciśnienia (przerzutnik 0/1, sygnalizator optyczny).



Rys.12.3. Schemat funkcjonalny segmentu TAA

Do wejścia P podłączone jest ciśnienie zasilające. Element pamięci przełączany jest przez sygnał wejściowy  $Y_n$ . Po podaniu sygnału i przełączeniu pamięci na wyjściu A pojawia się sygnał, który spełnia cztery zadania:

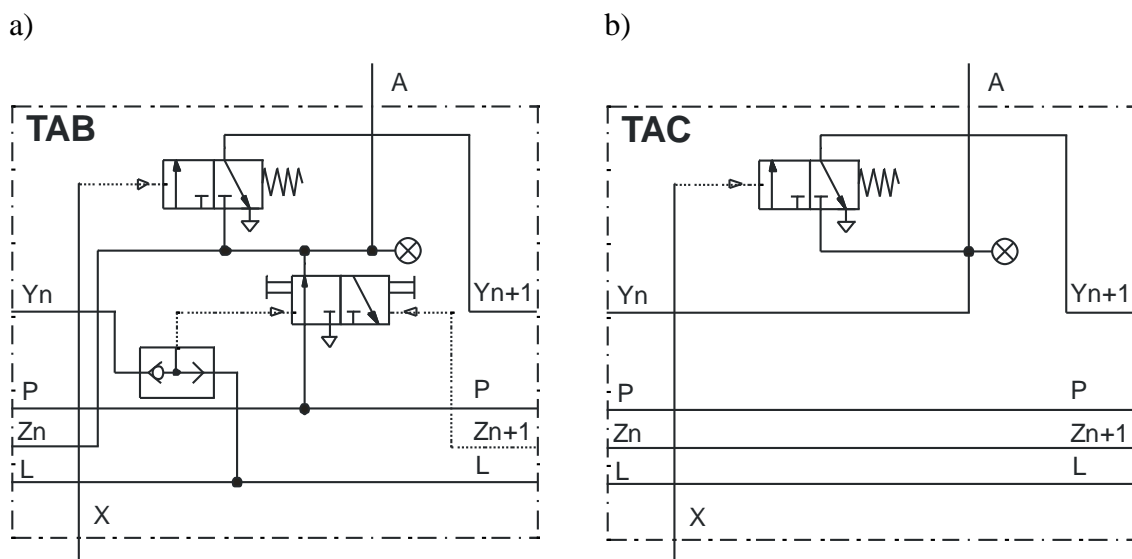
- wywołuje ruch roboczy w danym takcie (steruje elementami wykonawczymi),
- podaje sygnał na wejściu do elementu koniunkcji,
- kieruje sygnał zwrotny  $Z_{n+1}$  do kasowania pamięci w poprzednim takcie,
- uruchamia wskaźnik optyczny.

Jeżeli tylko na wejściu X pojawi się sygnał z układu wykonawczego, informujący o zakończeniu poprzedniego taktu, zostaje otwarte przejście w elemencie koniunkcji i sygnał  $Y_{n+1}$  uruchamia kolejny segment jednostki. Kolejno włączony segment, za pomocą sygnału zwrotnego  $Z_{n+1}$  wprowadzonego na wejściu zaworu alternatywy, kasuje pamięć w poprzednim segmencie, tzn. przełącza zawór 3/2 w położenie wyjściowe.

Podając niezależny sygnał ciśnienia na wejściu L (np. przyciskiem STOP) można poprzez zawór alternatyw skasować pamięć we wszystkich segmentach jednostki. Jeżeli w jednostce taktowo-stopniowej, złożonej z takich segmentów, zostają skasowane pamięci przez sygnał L, wtedy wejście  $Y_n$  w ostatnim segmencie jednostki także nie byłoby zasilane i nie pojawiłby się sygnał  $Y_{n+1}$ . Sygnał  $Y_{n+1}$  z ostatniego segmentu jest niezbędny, gdyż podany przez przycisk START do pierwszego segmentu pozwala na kolejną inicjację pracy jednostki taktowo-stopniowej. Zatem ostatni segment jednostki musi być nieco zmodyfikowany

Segment **TAB** umieszczony jest na końcu jednostki taktowo-stopniowej. W segmencie tym, pokazanym na rys. 12.4.a, przed wejściem  $Y_n$  elementu pamięci umieszczono zawór alternatywy. Tak wprowadzony element powoduje utrzymanie sygnału  $Y_{n+1}$  (o ile istnieje sygnał wejściowy X), chociaż pamięci w całej jednostce taktowo-stopniowej zostały skasowane przez wejście L. Dlatego też sygnał  $Y_{n+1}$  może być użyty do ponownego zainicjowania startu.

Przy starcie jednostki taktowo-stopniowej sygnał zwrotny  $Z_n$ , pochodzący z pierwszego segmentu, kasuje pamięć ostatniego segmentu. Dzieje się tak poprzez doprowadzenie tego sygnału do przyłącza  $Z_{n+1}$  w ostatnim segmencie.

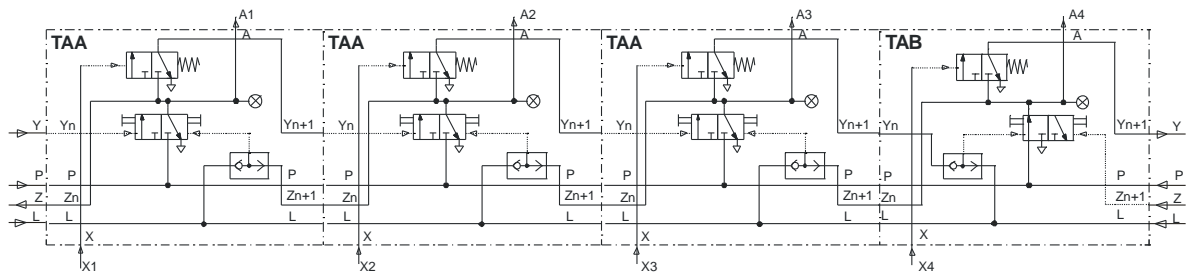


**Rys.12.4. Schemat funkcjonalny segmentu: a) TAB, b) TAC**

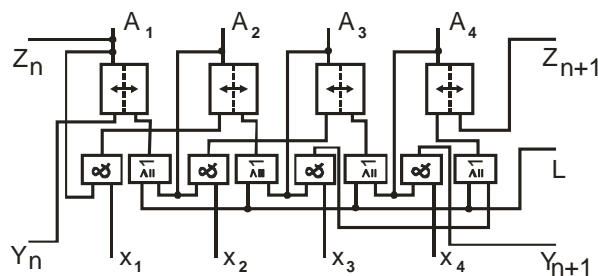
Segment TAC, bez pamięci, może być stosowany w jednostce taktowo-stopniowej wtedy, gdy poprzednio włączone pamięci nie muszą być kasowane (rys. 12.4.b). Sygnał wejściowy  $Y_n$  uruchamia wskaźnik optyczny i pojawia się w elemencie koniunkcji. Po pojawieniu się sygnału  $X$  zostaje otwarte przejście w zaworze koniunkcji i uruchomiony następny segment jednostki przez sygnał  $Y_{n+1}$ . Gdy sygnał ten trafi na kolejny segment TAA lub TAB, zostaje skasowana pamięć w segmencie poprzedzającym segment TAC.

Schemat funkcjonalny jednostki taktowo-stopniowej będącej na wyposażeniu stanowisk pokazano na rys. 12.5. Jednostka składa się z 3-ech segmentów typu TAA oraz 1-go segmentu typu TAB, umieszczonego w jednostce jako ostatni. Do każdego segmentu prowadzony jest sygnał wejściowy  $X_n$  i wyprowadzony sygnał wyjściowy  $A_n$ . Na płycie montażowej jednostki znajdują się gniazda: Y, P, Z i L. Jednostkę taktowo-stopniową można przedstawić w uproszczony sposób, za pomocą schematu blokowego pokazanego na rys. 12.5b.

a)



b)



c)

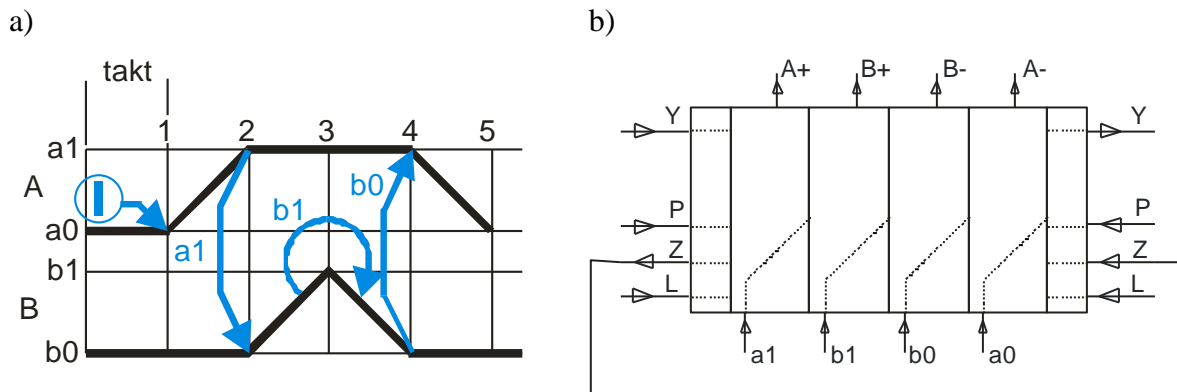


**Rys.12.5 Jednostka taktowo-stopniowa: a) schemat funkcjonalny, b) schemat blokowy, c) wygląd jednostki**

Pierwszym etapem projektowania układu pneumatycznego z zastosowaniem jednostki taktowo-stopniowej jest sporządzenie cyklogramu. Na rys. 12.6 przedstawiono przykładowy cyklogram pracy dla dwóch siłowników A i B. Cykl pracy składa się z czterech taktów, w każdym takcie pokazano stan ruchu tłoczków siłowników.

Cykl pracy można wówczas zapisać w postaci: S ±, A+, B+, B- A-

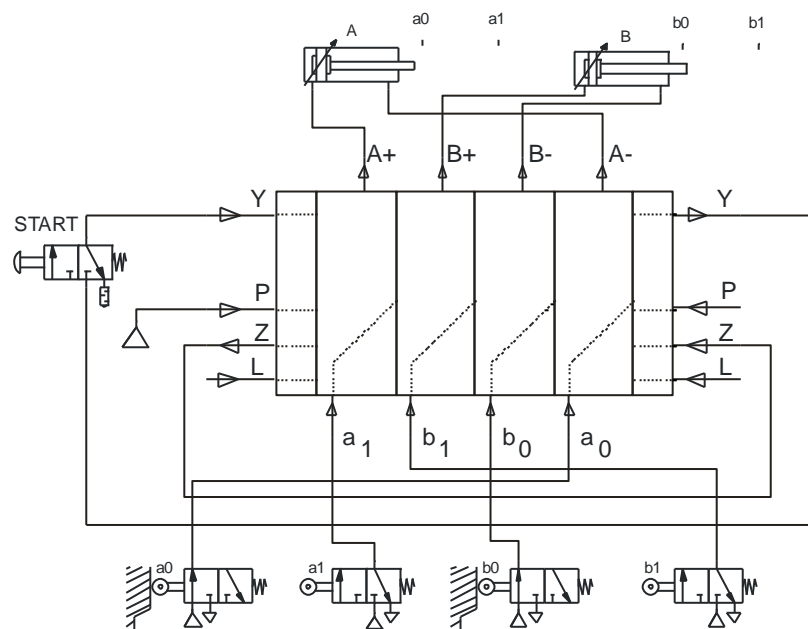
W tym zapisie litery oznaczają elementy układu: S - przycisk START, A i B - siłowniki pneumatyczne. Dodatkowe symbole oznaczają ich stan: „±” - krótkotrwałe (impulsowe) zadziaływanie, „+” - wysuwanie tłoczyska siłownika, „-” - wsuwanie tłoczyska siłownika.



**Rys. 12.6 Projekt układu pneumatycznego wykorzystujący jednostkę taktowo-stopniową:**

**a) cyklogram pracy, b) schemat blokowy z zaznaczonymi sygnałami wejść i wyjść.**

Na cyklogram ten naniesiono dodatkowo symbole pomocnicze, informujące, który z sygnałów: sygnał startu, bądź z wyłączników krańcowych: a1, b1, b0 czy a0 (informujące o położeniu siłowników A i B) powodują wykonanie kolejnego ruchu. Przyporządkowując odpowiednie sygnały wejściowe i wyjściowe przechodzi się do schematu blokowego jednostki (rys. 12.7). Liczba segmentów w jednostce jest równa liczbie taktów ustalonych na cyklogramie.



**Rys. 12.7 Schemat funkcjonalny układu z wykorzystujący do sterowania sekwencyjnego pneumatyczną jednostkę taktowo stopniową (3 x TAA, 1 x TAB)**

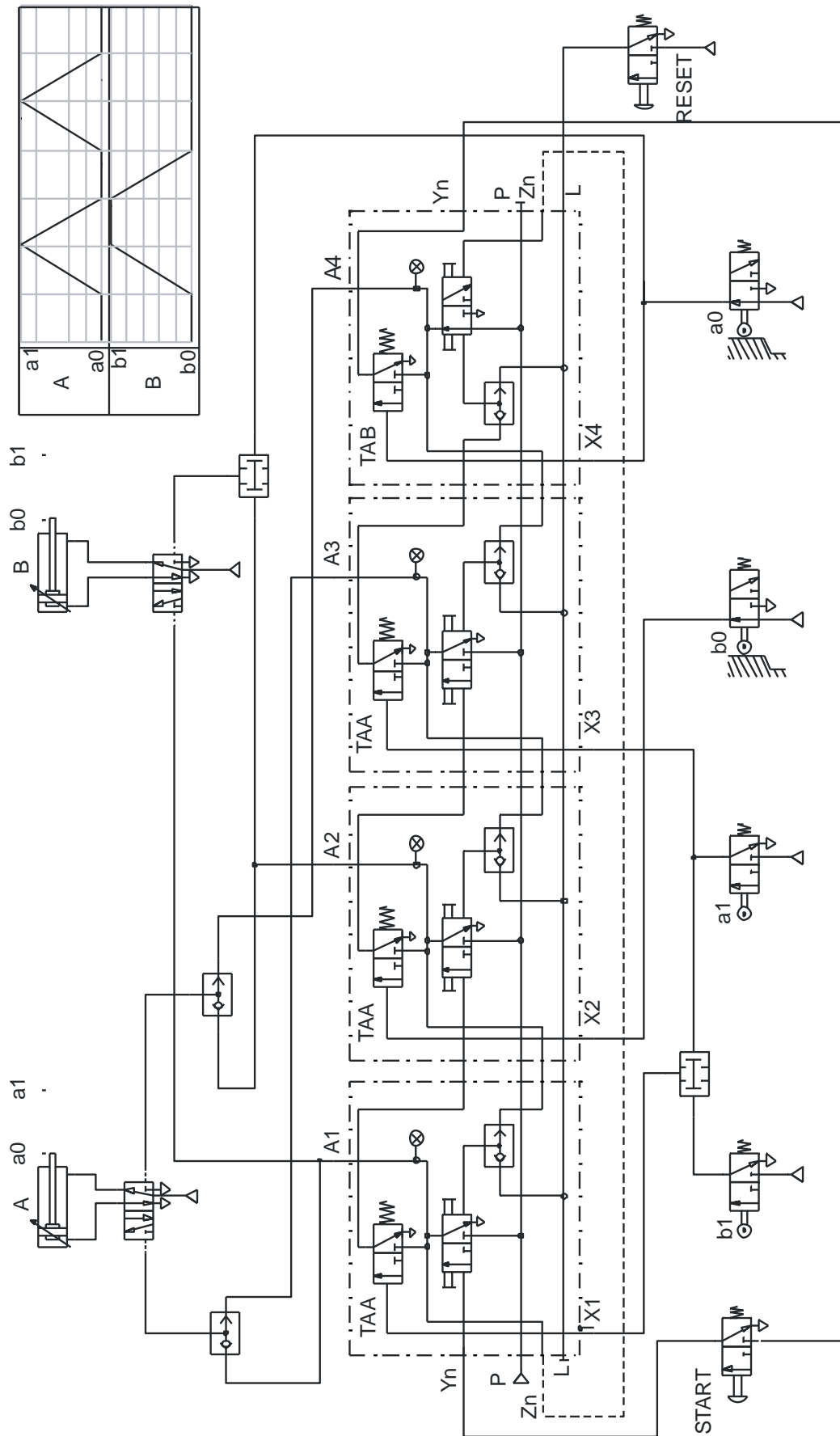
Sygnal Y uruchamiający program, podany na pierwszy segment, doprowadzony jest z przycisku START, który zasilany jest z gniazda Y ostatniego segmentu typu TAB, rys. 13.9. Gniazdo Z w pierwszym segmencie połączone jest z gniazdem Z ostatniego segmentu. Po podaniu sygnału START zostanie zatem skasowane wyjście A- w ostatnim segmencie. Wyjścia z wyłączników krańcowych a1, b1, b0 i a0, doprowadzone na wejścia kolejnych segmentów jednostki, informują o zakończeniu ruchu zespołu wykonawczego. Sygnały wyjściowe A+, B+, B- i A- powodują ruch odpowiedniego tłoka siłownika A lub B.

Sygnal w gnieździe L, podany z przycisku STOP, kasuje wszystkie pamięci (z wyjątkiem w ostatnim segmencie) i przebieg programu zostaje zatrzymany.

### **Przebieg ćwiczenia**

- a) Zapoznać się z rozmieszczeniem gniazd przyłączeniowych jednostki taktowo-stopniowej.
- b) Zrealizować na stanowisku, wg. schematu na rys 12.8 układ wykorzystujący jednostkę taktowo-stopniową, wykorzystując odpowiednie elementy wykonawcze i sterujące.
- c) Narysować pełen cyklogram pracy układu





Rys 12.8 Schematu funkcjonalnego układu wykorzystującego jednostkę taktowo-stopniową

## LITERATURA

### Książki

- [1] Szenajch W. Napęd i sterowanie pneumatyczne, WNT, Warszawa 1992.
- [2] Szenajch W. Przyrządy uchwytu i sterowanie pneumatyczne, WNT, Warszawa 1983.
- [3] Niezgoda J., Pomierski W.: Sterowanie pneumatyczne ćwiczenia laboratoryjne, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1998
- [4] Lewandowski D.i inni.: Pneumatyka i hydraulika urządzeń mechanicznych - laboratorium. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 1999
- [5] Węsierski Ł.: Podstawy pneumatyki. AGH, Kraków, 1990
- [6] Węsierski, Ł. N.; Rzeczywiste działanie elementów pneumatycznych, Pneumatyka; 2000 | nr 5 | 20-22
- [7] Świder J., Sterowanie i automatyzacja procesów technologicznych i układów mechatronicznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006

### Normy

- [8] PN - ISO 1219-1 1991 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Symbole graficzne i schematy układów -- Symbole graficzne
- [9] PN-ISO 1219-2:1998, Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Symbole graficzne i schematy układów -- Schematy układów
- [10] PN-M-73001:1991 + Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne. Terminologia.
- [11] PN-ISO 2944:2005 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Ciśnienia nominalne
- [12] PN-ISO 3320:1998 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Średnice cylindrów i średnice tłoczków -- Szereg metryczny
- [13] PN-ISO 3322:1998 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Cylindry (siłowniki) -- Ciśnienia nominalne
- [14] PN-ISO 4393:1998 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Cylindry -- Skoki tłoka; szereg podstawowy
- [15] PN-ISO 4397:1994 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Łączniki i części współpracujące -- Średnice nominalne zewnętrzne przewodów sztywnych lub półsztywnych i średnice nominalne wewnętrzne przewodów giętkich
- [16] PN-M-73020:1973 - Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne -- Elementy i zespoły hydrauliczne i pneumatyczne -- Ogólny podział i oznaczenie

### Strony www z okresu 01.01.-30.01.2013

- |  |   |
|--|---|
| [17] Materiały firmy FESTO                               | <a href="http://www.festo.com">www.festo.com</a>                      |
| [18] Materiały firmy PNEUMAT                             | <a href="http://www.pneumat.com.pl">www.pneumat.com.pl</a>            |
| [19] Materiały firmy CAMOZZI                             | <a href="http://www.camozzi.com">www.camozzi.com</a>                  |
| [20] Materiały firmy SMC                                 | <a href="http://www.smc.pl">www.smc.pl</a>                            |
| [21] Materiały firmy AIR-COM                             | <a href="http://air-com.pl">http://air-com.pl</a>                     |
| [22] Materiały firmy BIBUS MENOS                         | <a href="http://www.bibusmenos.pl">www.bibusmenos.pl</a>              |
| [23] Materiały firmy PREMA                               | <a href="http://www.prema.pl">www.prema.pl</a>                        |
| [24] Materiały firmy CADWIT                              | <a href="http://www.cadwit.pl">www.cadwit.pl</a>                      |
| [25] Materiały firmy MINDMAN                             | <a href="http://www.mindman.com.tw">www.mindman.com.tw</a>            |
| [26] Napęd i Sterowanie Hydrauliczne i Pneumatyczne      | <a href="http://www.hip.agh.edu.pl">www.hip.agh.edu.pl</a>            |
| [27] Materiały firmy Air-Com                             | <a href="http://www.air-com.pl">www.air-com.pl</a>                    |
| [28] Politechnika Krakowska, Instytut Konstrukcji Maszyn | <a href="http://graf.mech.pk.edu.pl/">http://graf.mech.pk.edu.pl/</a> |