POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA I ENERGETYKI
INSTYTUT: MASZYN I URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH

Kombinacyjne układy logiczne

Laboratorium automatyki

(A – 2)

Opracował: mgr inż. Daniel Węcel
Sprawdził: dr inż. Jerzy Widenka
Zatwierdził: dr hab. inż. Janusz Kotowicz

1) Wprowadzenie

Układy i elementy przełączające

W niektórych układach sterowania, szczególnie sterowania cyklicznego realizowanego w układach otwartych, wartość sygnałów informacyjnych i wykonawczych przyjmuje tylko dwa poziomy np.: minimalny i maksymalny, które umownie przyjęto oznaczać jako „0” i „1”. Przejście z jednego poziomu na drugi nastąpuje skokowo. Sygnały o tych cechach nazywamy sygnałami dwójkowymi (binarnymi), a urządzenia, w których sygnały te występują – urządzeniami przekaźnikowymi. Układy w których wykorzystuje się powyższe sygnały nazywa się układami logicznymi (ponieważ wykonują funkcje logiczne). Sygnały dwójkowe występują w maszynach cyfrowych i niektórych urządzeniach przeliczających, występują również w wielu procesach technologicznych, których sterowanie można sprowadzić do załączenia i wyłączenia poszczególnych urządzeń.

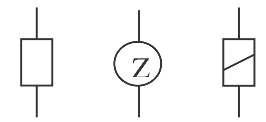
Podstawowym elementem przełączającymi jest przekaźnik. Jest to urządzenie reagujące na zmianę pewnej wielkości fizycznej w taki sposób, że po przekroczeniu określonej wartości (progu zadziałania) wielkości wejściowej wielkość wyjściowa zmienia się skokowo. Rozróżniamy przekaźniki:

a. elektromechaniczne,
b. półprzewodnikowe,
c. cieczowe (płynowe, gazowe),
d. magnetyczne.

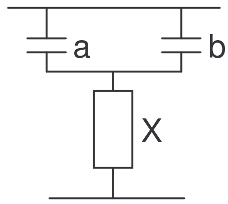
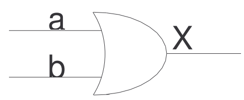
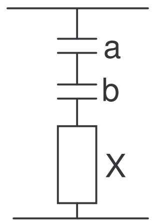
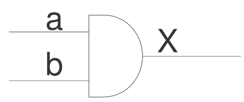
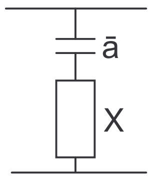
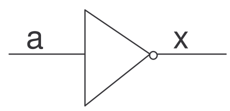
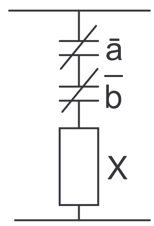
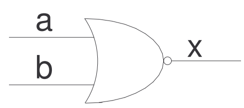
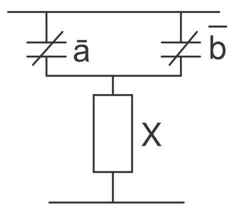
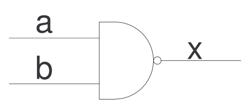
Układy kombinacyjne

Układ kombinacyjny jest układem przełączającym (automatem cyfrowym) służącym do przetwarzania sygnałów dwuwartościowych (binarnych). Sygnały wejściowe układu mogą pochodzić z: czujników, wyłączników, przycisków itp. Sygnały wyjściowe mogą sterować np. lampkami sygnalizacyjnymi, pracą silników lub zaworów. Stan wyjść układu kombinacyjnego zależy tylko od aktualnego stanu wejść. Charakteryzuje się brakiem pamięci, która umożliwiłaby zapamiętywanie poprzednich stanów wejść.

2) Podstawowe oznaczenia schematyczne

Nazwa elementu	Oznaczenie	Kodowanie
Uzwojenie		Z = 1 uzw. pod napięciem Z = 0 uzw. Bez napięcia
Styki normalnie otwarte		a
Styki normalnie zamknięte		ā

Elementy algebry Boole'a

Nazwa działań	Właściwości	Nazwa elementu	Realizacja stykowa	Realizacja bezstykowa
Alternatywa X=a+b	a b X 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1	LUB OR		
Koniugacja X = a·b	a b X 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1	I AND		
Negacja X = ā	a X 0 1 1 0	NIE NOT		
Negacja sumy $X = \overline{a+b} =$ $\bar{a} \cdot \bar{b}$	a b X 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0	NOR		
Negacja iloczynu $X = \overline{a \cdot b} =$ $\bar{a} + \bar{b}$	a b X 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0	NAND		

3) Przykład syntezy kombinacyjnego układu sterowania

Układy przełączające dzielimy na:

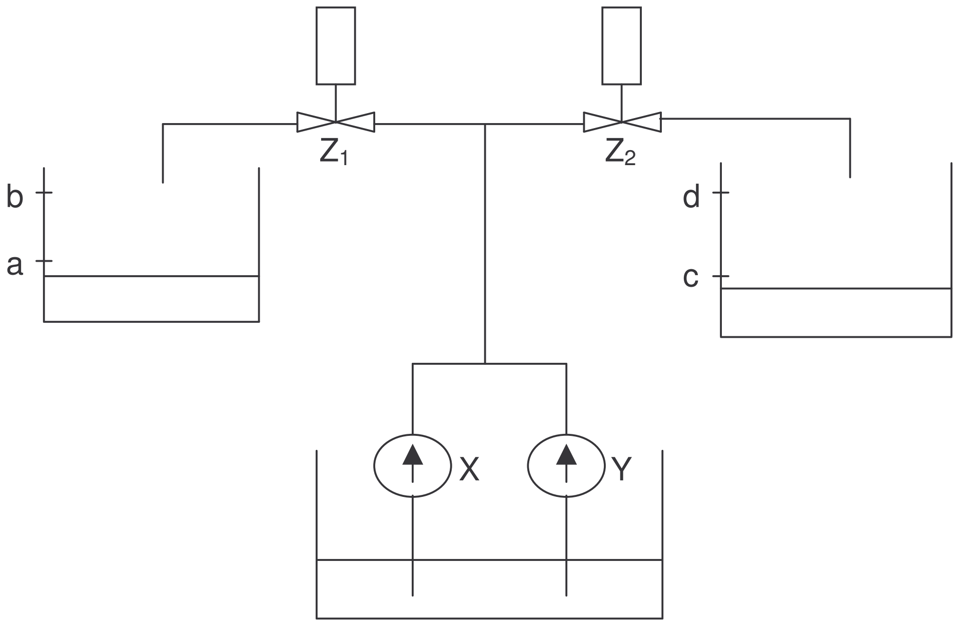
a. kombinacyjny układ sterowania (KUS)
   - układ jedno-taktowy bez pamięci,
   - taki w którym jednemu stanowi wejść odpowiada jeden i tylko jeden stan wyjść,

b. sekwencyjny układ sterowania (SUS)
   - układ wielotaktowy z pamięcią,
   - taki w którym jednemu stanowi wejść odpowiadają dwa stany wyjść.

Projektowanie układu przełączającego nazywamy **syntezą** tego układu.

Algorytm syntezy kombinacyjnego układu sterowania:
1. słowny opis warunków działania układu (poparty schematem),
2. określenie liczby i rodzaju wielkości wejściowych i wyjściowych,
3. zapis warunków pracy układu w postaci tablicy zależności,
4. minimalizacja graficzna wyrażenia liczbowego (funkcji przełączających) przy pomocy siatki zależności,
5. schemat logiczny.

PRZYKŁAD



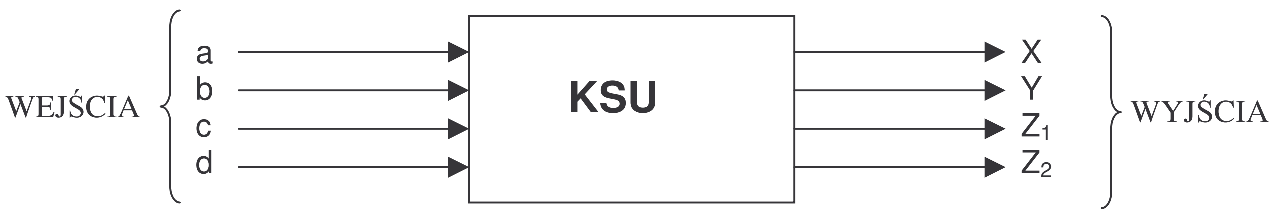
Schemat układu wykonawczego

Ad 1.

Sterować tak pracą pomp, że jeżeli oba zbiorniki są puste to pracują obie pompy **X**, **Y** i zawory **Z_1** i **Z_2** są otwarte. Jeżeli woda w zbiorniku osiągnie poziom czujnika **c** to wtedy przestanie pracować pompa **Y**. Jeżeli osiągnięte zostaną poziomy minimalne w obu zbiornikach (poziomy **a** i **c**) przestaje pracować pompa **X**, a zaczyna pracować pompa **Y**. Jeżeli poziom wody sięgnie czujnika **d** to wtedy zamyka się zawór **Z_2** przy czym pracuje nadal pompa **Y**, a zawór **Z_1** jest otwarty. Gdy poziom wody osiągnie poziom czujnika **b**, przy zamkniętym zaworze **Z_2**, wówczas pompy **X** i **Y** przestają pracować, a zawory **Z_1** i **Z_2** zostają zamknięte. Wydajność pompy **X** jest większa od wydajności pompy **Y**. Stan działania pompy oznaczamy przez **1,** a nie działania przez **0**. Gdy czujniki poziomu wody **a**, **b**, **c**, **d** zostaną zalane wodą, to przesyłają sygnał **1,** a nie zalane sygnał **0**. Zawór zamknięty oznaczamy przez **0**, a otwarty przez **1**.

Ad 2.

Ze względu na to, że pompy i zawory pracują w zależności od stopnia wypełnienie zbiorników, sygnałami wejściowymi do KUS będą sygnały pochodzące od czujników poziomu, a sygnałami wyjściowymi będą sygnały przesyłane do silników napędzających pompy i przełączających zawory.



$X = f\ (a, b, c, d)$ $\qquad$ $Z_1 = f\ (a, b, c, d)$

$Y = f\ (a, b, c, d)$ $\qquad$ $Z_2 = f\ (a, b, c, d)$

Zarówno stany wejść jak i stany wyjść mogą przyjmować wartości **0** lub **1**. Funkcje **X**, **Y**, $\mathbf{Z_1}$, $\mathbf{Z_2}$ nazywamy funkcjami przełączającymi (logicznymi).

Ad 3.

Sporządzenie tablicy zależności

a	b	c	d	X	Y	Z_1	Z_2
0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	1	-	-	-	-
0	0	1	0	1	0	1	1
0	0	1	1	1	0	1	0
0	1	0	0	-	-	-	-
0	1	0	1	-	-	-	-
0	1	1	0	-	-	-	-
0	1	1	1	-	-	-	-
1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	1	-	-	-	-
1	0	1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1	1	0
1	1	0	0	1	0	0	1
1	1	0	1	-	-	-	-
1	1	1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0	0	0

Przez znak **Ø** lub **—** oznaczamy stany niemożliwe fizycznie, które w ogóle w układzie nie mogą wystąpić. Stany wejść odpowiadające stanowi wyjść **1** nazywamy stanami działania, a stany wejść odpowiadające sygnałowi wyjściowemu **0** nazywamy stanami nie działania.

Ad 4.

W dalszym ciągu rozpatrujemy zależność dla **X**, **Y**, $\mathbf{Z_1}$, $\mathbf{Z_2}$ wg poniższego schematu:

a. określenie wyrażenia strukturalnego **X** (funkcji przełączającej **X**) na podstawie warunków działania układów. Funkcję **X** określamy tu w postaci tzw. normalnej sumy.

$$\mathbf{X = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5}$$

Normalna suma składa się ze składników **1** (S_i) których jest tyle ile stanów działania. Składnik jedynki jest iloczynem sygnałów wejściowych:

$$\mathbf{S = a \cdot b \cdot c \cdot d}$$

takim aby wynik był równy **1** Składniki jedynki dla funkcji **X** w kolejności wg tablicy zależności:

$S_1 = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{d}$ $\quad$ $S_2 = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c \cdot \bar{d}$

$S_3 = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c \cdot d$ $\quad$ $S_4 = a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{d}$

$S_5 = a \cdot b \cdot \bar{c} \cdot \bar{d}$

Następnie podstawiamy te składniki do wyrażenia na normalną sumę i posługując się prawami i twierdzeniami algebry Boole'a, minimalizujemy wyrażenie literowe aż do najprostszej postaci.

b. określenie wyrażenia strukturalnego **X** (funkcji przełączającej **X**) na podstawie warunków nie działania układu. Funkcję **X** określamy w postaci tzw. normalnego iloczynu.

$$\mathbf{X = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4}$$

Normalny iloczyn składa się z czynników **0** (C_i), których jest tyle ile stanów nie działania. Czynniki **0** są sumą sygnałów wejściowych.

$$\mathbf{C = a + b + c + d}$$

ale takich aby wynik był równy **0**. Jeżeli sygnał wejściowy jest równy **1** należy go zanegować:

$C_1 = \bar{a} + b + \bar{c} + d$ $\quad$ $C_3 = \bar{a} + \bar{b} + \bar{c} + d$

$C_2 = \bar{a} + b + \bar{c} + \bar{d}$ $\quad$ $C_4 = \bar{a} + \bar{b} + \bar{c} + \bar{d}$

Następnie podstawiamy te czynniki do wyrażenie na normalny iloczyn i posługując się prawami i twierdzeniami algebry Boole’a minimalizujemy wyraźnie literowe aż do najprostszej postaci. Oba sposoby są alternatywne. Istnieje prostszy sposób wyznaczania funkcji przełączającej. W tym celu zapisujemy tablicą zależności w postaci siatki zależności Karnaugh’a. Ponieważ w tablicy mamy 16 możliwości, siatka zależności musi mieć 16 pól. W każde pole wpisujemy jeden stan wyjścia. Każde pole jest opisane stanem wyjść.

Siatka zależności dla funkcji **X**

S’ S’’

ab \ cd	00	01	11	10
00	1	-	1	1
01	-	-	-	-
11	1	-	0	0
10	1	-	0	0

S_2

S_1

X

Jak poprzednio funkcję **X** możemy wyznaczyć ze stanów działania lub ze stanów nie działania.

a. ***ze stanów działania***

Ponieważ stany niemożliwe fizycznie w ogóle nie występują, można stan ten przyjąć raz za **1** a raz za **0** w zależności od potrzeb

$$S' = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} \quad (=1)$$
$$S'' = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot d \quad (=1)$$

Oba składniki jedynki różnią się między sobą tylko czynnikiem **d**, a wynik jest ten sam. A więc **d** nie wpływa na wynik i można go pominąć i zamiast S’ i S’’ napisać

$$S = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \quad (=1)$$

Zamiast rozpatrywać osobno S’ i S’’ można utworzyć grupę z dwóch pól siatki i od razu wypisać S biorąc te wejścia, które są wspólne dla obu pól i odrzucając te, którymi oba pola się różnią. Im większa grupa tym mniejsza liczba składników wyrażenia literowego.
Każdej grupie odpowiada jeden składnik **1** a więc następuje zmniejszenie liczby tych składników. Wszystkie **1** muszą być ujęte w grupy. W grupie można łączyć tylko te pola, które są sąsiednie logicznie (różniące się w swoim opisie wielkościami **a**, **b**, **c**, **d** tylko na jednym miejscu).
Polami sąsiednimi logicznie są również kratki położone symetrycznie względem pionowej i poziomej osi symetrii. Grupy mogą mieć kształt tylko kwadratów lub

prostokątów i mogą się składać tylko z 1, 2, 4, 8 pól (dla siatki z szesnastoma polami).

$$\left.\begin{array}{l} S_1 = \bar{c} \\ \\ S_2 = \bar{a} \end{array}\right\} \; X = \bar{c} + \bar{a}$$

b. <u>ze stanów nie działania</u>

Tok postępowania jest identyczny jak przy stanach działania. Jedyna różnica jest w definicji normalnego iloczynu i czynnika **0**. Te same stany niemożliwe fizycznie, które uprzednio przyjęto za **1** teraz można przyjąć za **0**.

$$C_1 = \bar{a} + \bar{c}$$
$$X = C_1 = \bar{a} + \bar{c}$$

Siatki zależności (Karnaugh'a) dla wszystkich funkcji wyjść:

X=f(a,b,c,d)

ab \ cd	00	01	11	10
00	1	-	1	1
01	-	-	-	-
11	1	-	0	0
10	1	-	0	0

X

Z_1=f(a,b,c,d)

ab \ cd	00	01	11	10
00	1	-	1	1
01	-	-	-	-
11	0	-	0	0
10	1	-	1	1

Z_1

Y=f(a,b,c,d)

ab \ cd	00	01	11	10
00	1	-	0	0
01	-	-	-	-
11	0	-	0	1
10	0	-	1	1

Y

Z_2=f(a,b,c,d)

ab \ cd	00	01	11	10
00	1	-	0	1
01	-	-	-	-
11	1	-	0	1
10	1	-	0	1

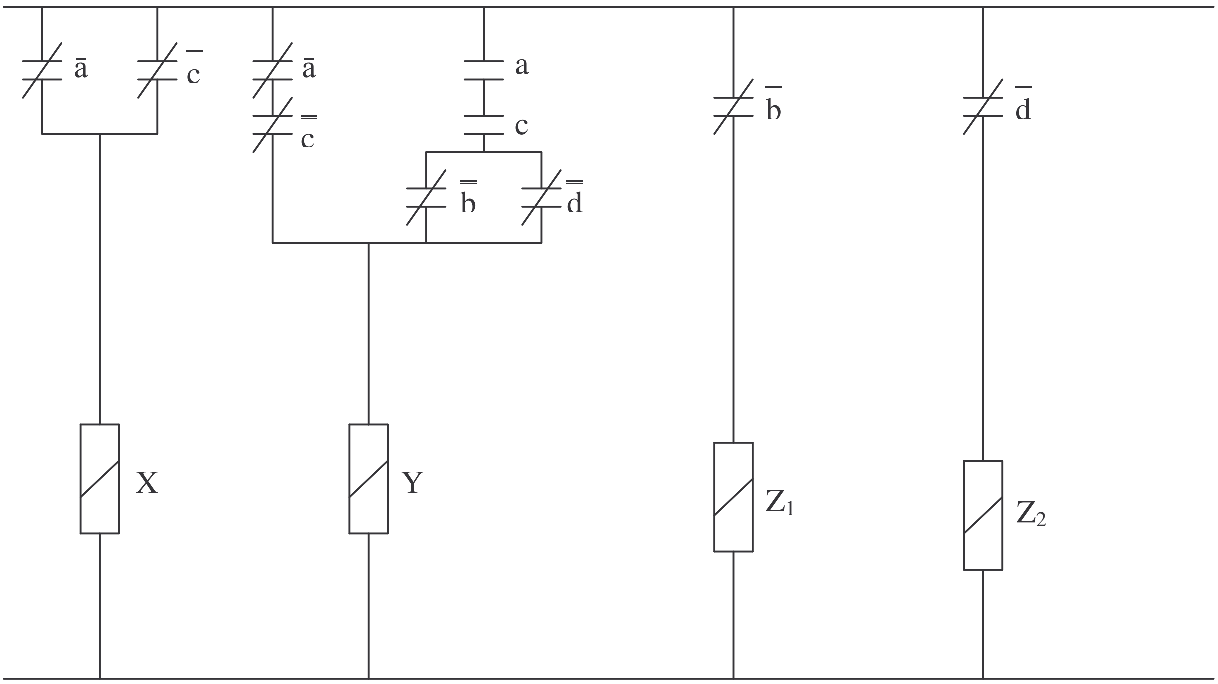
Z_2

<u>Określenie wyrażeń strukturalnych na funkcje rozliczone na podstawie siatek zależności.</u>

Otrzymujemy wyrażenia na podstawie warunków działania w postaci sumy.

$$X = \bar{a} + \bar{c}$$
$$Y = \bar{a}\,\bar{c} + a\,c\,\bar{d} + a\,\bar{b}\,c = \bar{a}\,c + a\,c\,(\bar{b} + \bar{d})$$
$$Z_1 = \bar{b}$$
$$Z_2 = \bar{d}$$

Ad 5. Narysowanie schematu ideowego



Program ćwiczeń:

1. Zamodelować rozwiązany w instrukcji przykład na stanowisku laboratoryjnym.
   Sprawdzić działanie układu na modelu.
2. Sporządzić schemat ideowy omawianego układu dla elementów bezstykowych (bramek typu NAND).
3. Zamodelować otrzymany układ połączeń na logisterze i sprawdzić poprawność pracy układu.
4. Rozwiązać samodzielnie przykład podany przez prowadzącego i sprawdzić poprawność jego działania na logisterze.