

Kazimierz Peszyński

Bud. 2.3. pokój 314

Godz. konsultacji 14.00 –15.00 wtorek

Podstawy automatyki

Zaliczenie przedmiotu (zwolnienie z egzaminu)– pozytywne oceny z:

1. Kolokwium – 45 min., 8 tydzień wykładowy
2. Kolokwium – 45 min., 15 tydzień wykładowy
3. Zaliczenie z ćwiczeń tablicowych

Kolokwia można poprawiać w godzinach konsultacji co tydzień

Literatura

Peszyński K., Siemieniako F.: Regulacja i sterowanie, podstawy, przykłady. Podręcznik akademicki, Wydawnictwa Uczelniane, ATR - Bydgoszcz 2002

Peszyński K., Siemieniako F.: Sterowanie procesów i maszyn, Podręcznik akademicki, Wydawnictwa Uczelniane, ATR Bydgoszcz, 2005 (w przygotowaniu)

Siemieniako F., Peszyński K.: Automatyka w przykładach i zadaniach. Podręcznik akademicki. Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Białostockiej, 2007

Literatura uzupełniająca

Chorowski B., Werszko M., 1990. Mechaniczne urządzenia automatyki. WNT Warszawa.

Kamiński L.M., 1998. Automatyka – materiały do ćwiczeń. Wyd. Uczel. ATR Bydgoszcz.

Kuo B. J., 1995. Automatic control systems. Prentice Hall.

Ogata K. 1997. Modern Control Engineering. Upper Saddle River: Prentice-Hall.

Peszyński K., 1998. Pomiar i automatyka dla chemików. Wyd. Uczeln. ATR Bydgoszcz.

Peszyński K., 1980. Zbiór zadań z podstaw i elementów automatyki. Wyd. Uczeln. ATR Bydgoszcz.

Siemieniako F., Gawrysiak M., 1996. Automatyka i robotyka. Wyd. Szkolne i Pedagogiczne Warszawa.

Siemieniako F., 1996. Podstawy automatyki z zadaniami. Wyd. Politechniki Białostockiej, Białystok.

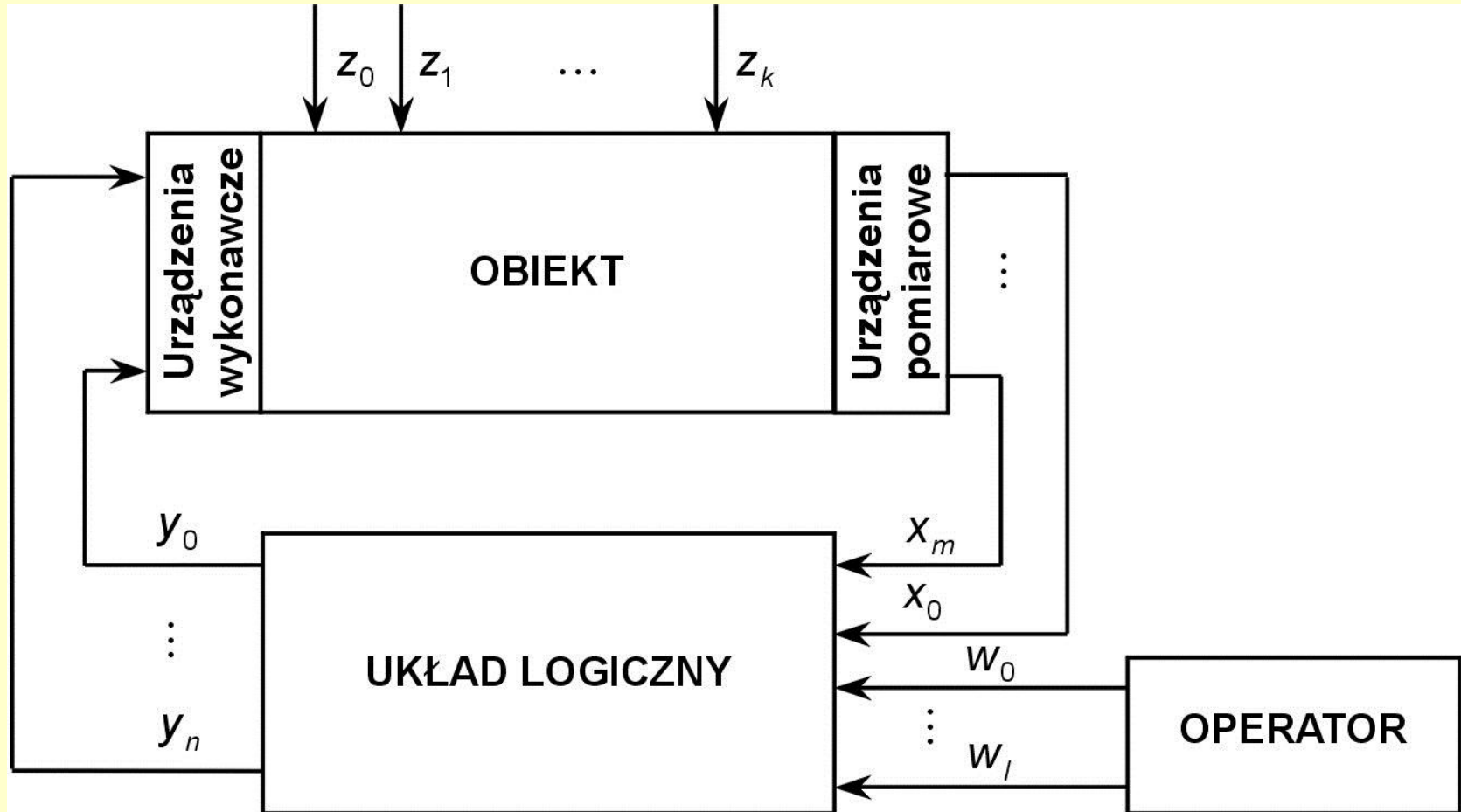
Szenajch W., 1997. Napęd i sterowanie pneumatyczne. WNT Warszawa.

Plan wykładów

1 – 7 Układy logiczne i dyskretne

8 – 14 Układy analogowe

Schemat ideowy układu logicznego



Podstawowe sygnały

Z obiektem sterowania związane są:

- urządzenia służące do pomiaru i przetwarzania danych o stanie obiektu (sygnały) – sensory, $x_0, x_1, \dots, x_m$
- urządzenia służące do przetwarzania i wzmacniania sygnałów wykonawczych, $y_0, y_1, \dots, y_n$
- wielkości zakłócające proces $z_0, z_1, \dots, z_k$

Układ sterowania (układ logiczny) wypracowuje następujące funkcje logiczne:

$$y_0 = f_0(x_0, x_1, \dots, x_m, w_0, w_1, \dots, w_l)$$

$$y_1 = f_1(x_0, x_1, \dots, x_m, w_0, w_1, \dots, w_l)$$

$$\vdots$$

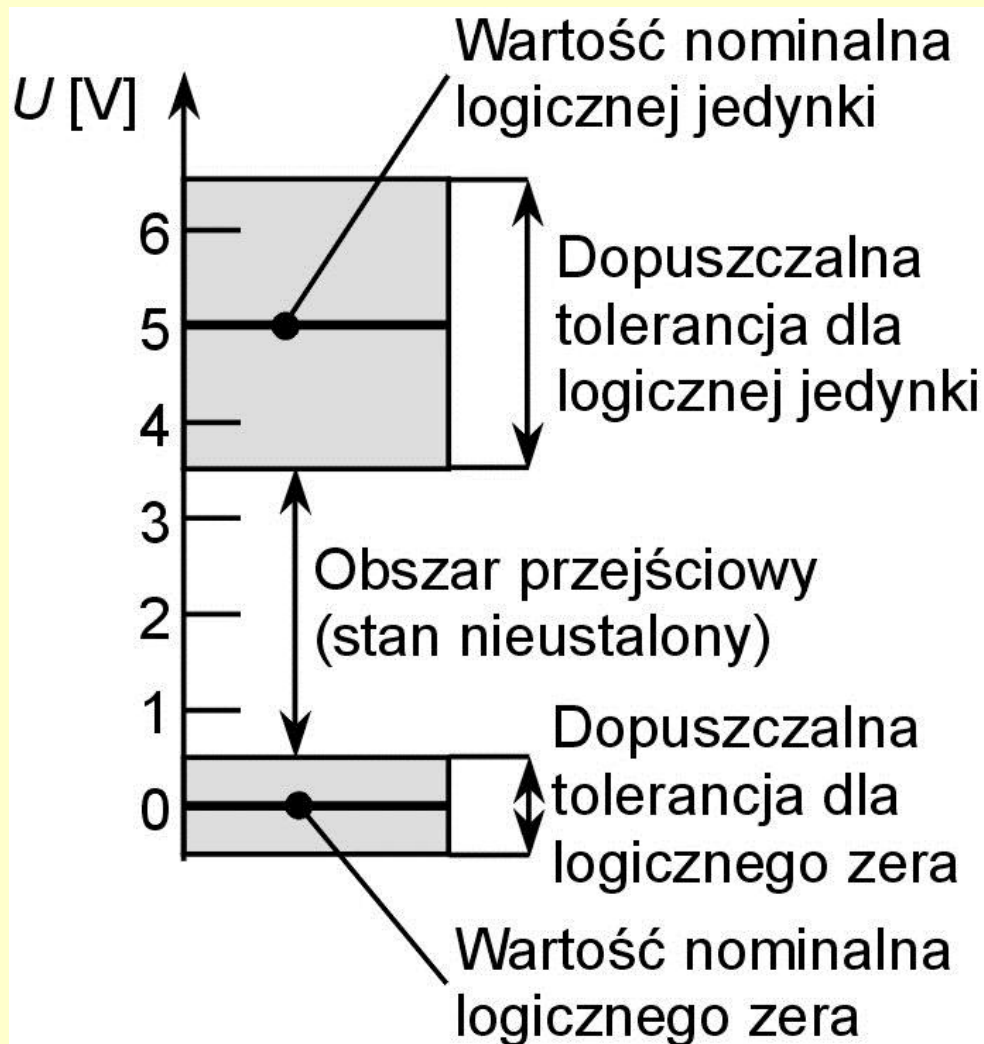
$$y_n = f_n(x_0, x_1, \dots, x_m, w_0, w_1, \dots, w_l)$$

Wielkości binarne

Dwuwartościowe (binarne) wielkości, na bazie których realizowane jest sterowanie logiczne, wyróżniają dwie wartości, umożliwiające rozpoznanie dwóch możliwych stanów układu lub funkcji, umownie będą oznaczane symbolami 0 lub 1. Są one w zasadzie otrzymywane dwoma sposobami:

- bądź reprezentują dwa wyłącznie możliwe stany, z który jeden jest zaprzeczeniem drugiego (np. silnik włączony wyłączony),
- lub rozgraniczają dwa możliwe zbiory stanów spełniających, lub niespełniających określonego warunku, np. wartość zmiennej ciągłej jest większa lub mniejsza od ustanowionej granicy (np. ciśnienie w zbiorniku jest $p \geq p_{pr}$ lub $p < p_{pr}$, p_{pr} jest tzw. ciśnieniem progowym).

Tolerancja dla sygnałów logicznych



Podział układów logicznych

Kombinacyjne

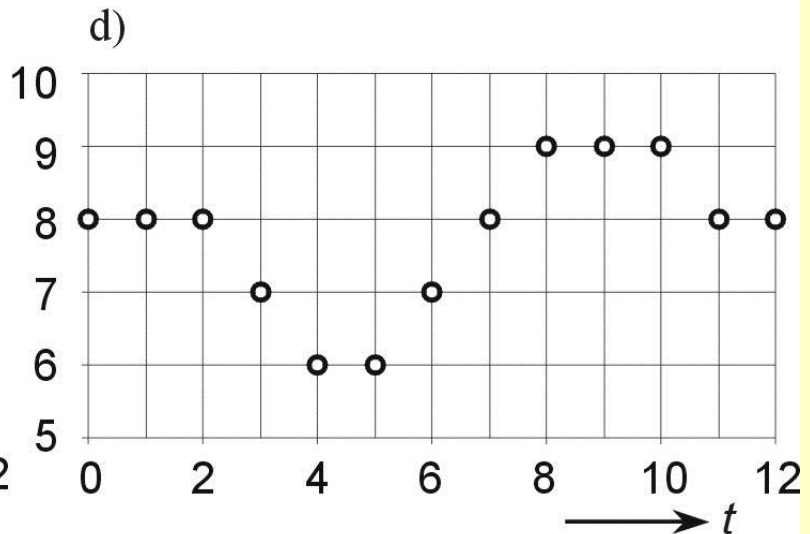
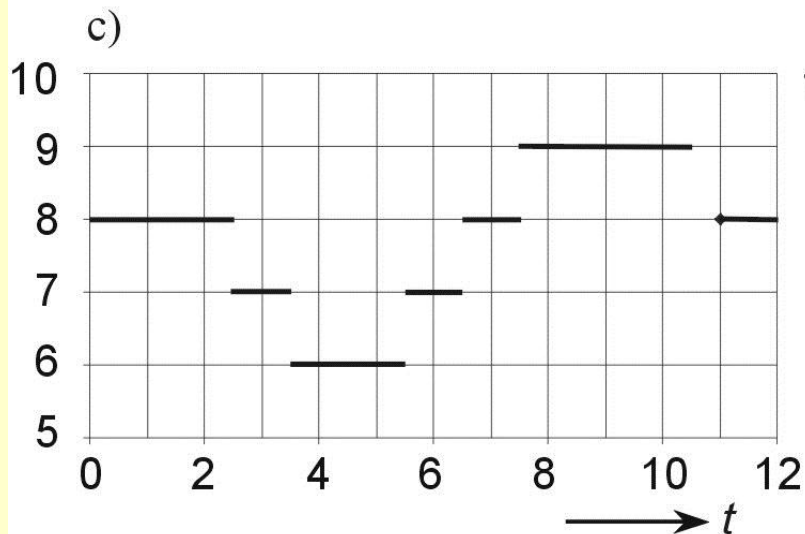
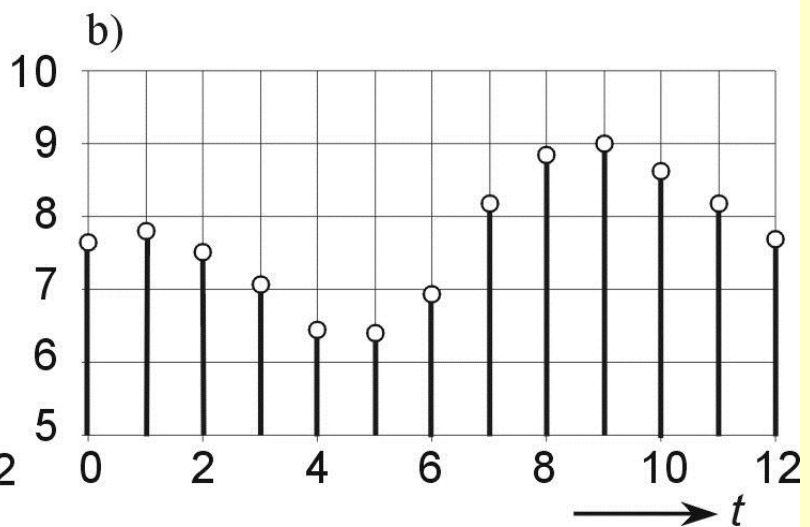
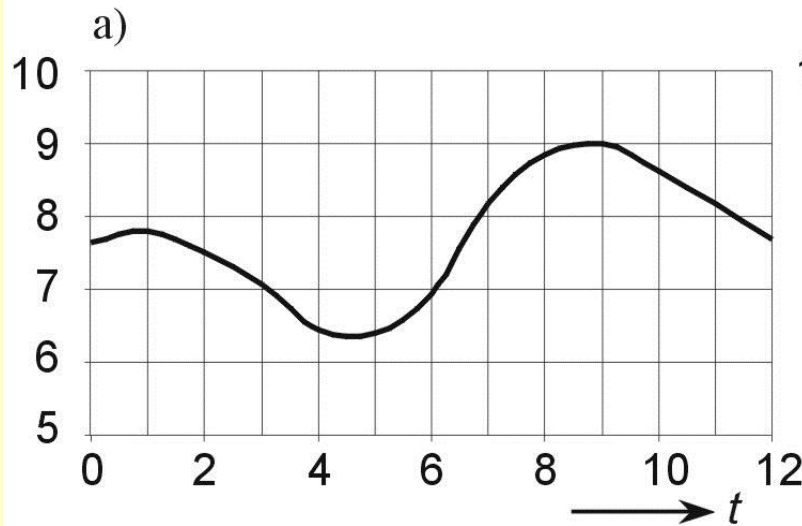
Sekwencyjne

a) Asynchroniczne

b) Synchroniczne

Rodzaje sygnałów

a) ciągły – analogowy, b) ciągły próbkowany,
c) nieciągły kwantowany, d) nieciągły dyskretny



Kody cyfrowe

$$17_{10} = 1 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0$$

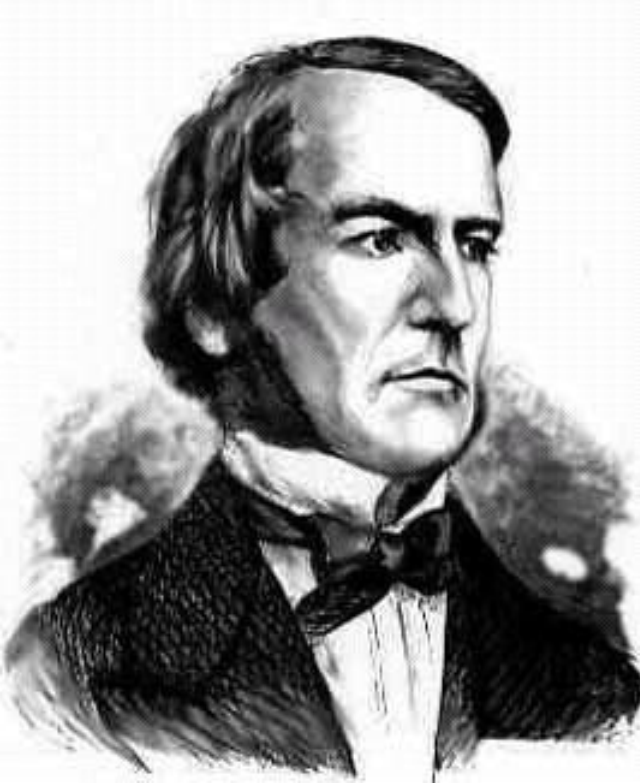
$$17_{10} = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 10001_2$$

$$17_{10} = 1 \cdot 16^1 + 1 \cdot 16^0 = 11_{16}$$

$$17_{10} = 0001_0111_{2-10}$$

$$17_{10} = 11001_G$$

$$\begin{array}{rcccc|c} & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \oplus 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & \\ \hline & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{array}$$



George Boole

**Born: 2 Nov 1815 in Lincoln,
Lincolnshire, England**

**Died: 8 Dec 1864 in Ballintemple,
County Cork, Ireland**

Brytyjski matematyk i logik, samouk, od 1849 prof. Queens College, Cork, członek Towarzystwa Królewskiego w Londynie.

Jego główne dzieło *An investigation into the Laws of Thought* (1854) jest uważane za pierwsze w dziejach współczesnej logiki matematycznej (stanowiącej odtąd pełnoprawną i niezależną od filozofii część matematyki).

W tym dziele Boole potraktował logikę formalną jako rodzaj algebry, opartej na trzech aksjomatach: dwuargumentowych działaniach mnożenia i dodawania oraz jednoargumentowym dopełnieniu (negacji)

Aksjomaty algebry Boole'a

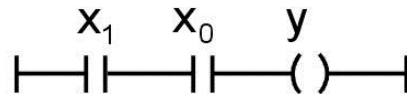
a)

$y = \bar{x}$	
x	y
0	1
1	0



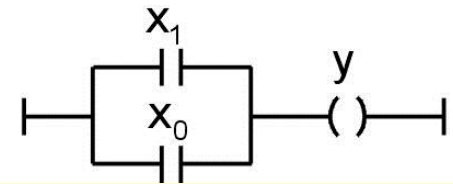
b)

$y = x_1 x_0$		
x_1	x_0	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



c)

$y = x_1 + x_0$		
x_1	x_0	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



$$x + 0 = x$$

$$x + 1 = 1$$

$$x \cdot 0 = 0$$

$$x \cdot 1 = x$$

$$x + x = x$$

$$x + \bar{x} = 1$$

$$x \cdot x = x$$

$$x \cdot \bar{x} = 0$$

Podstawowe prawa algebry Boole'a

Prawa przemienności

$$x_1 + x_0 = x_0 + x_1$$

$$x_1 \cdot x_0 = x_0 \cdot x_1$$

Prawa łączności

$$(x_2 + x_1) + x_0 = x_2 + (x_1 + x_0) = x_2 + x_1 + x_0$$

$$(x_2 x_1) x_0 = x_2 (x_1 x_0) = x_2 x_1 x_0$$

Prawa rozdzielności

mnożenia względem dodawania

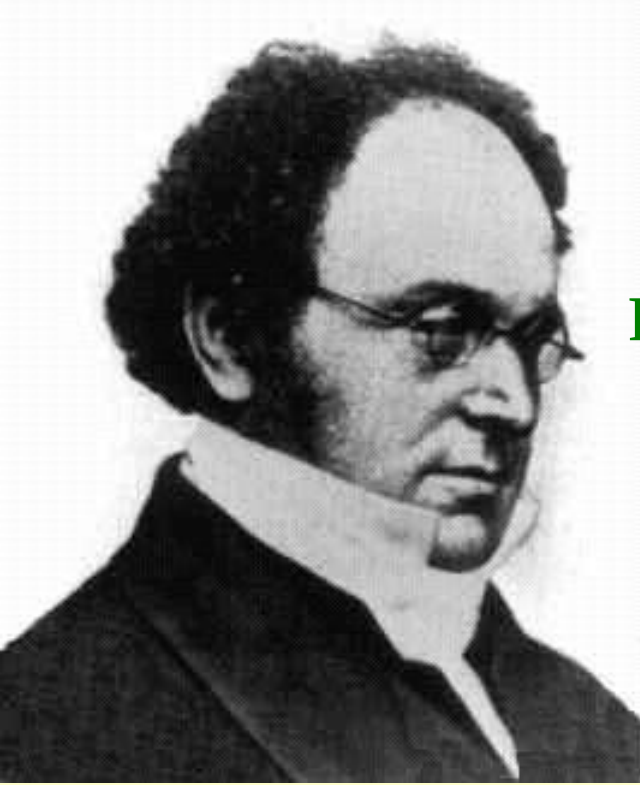
$$x_2(x_1 + x_0) = x_2 x_1 + x_2 x_0$$

dodawania względem mnożenia

$$x_2 + x_1 x_0 = (x_2 + x_1)(x_2 + x_0)$$

Prawo podwójnego zaprzeczenia

$$\overline{\overline{x}} = x$$



Augustus De Morgan

**Born: 27 June 1806 in Madura, Madras
Presidency, India (now Madurai, Tamil Nadu)**

Died: 18 March 1871 in London, England

Angielski logik i matematyk, twórca praw
logiki znanych jako prawa de Morgana (

Prawa de Morgana

$$\overline{X_2 + X_1 + X_0} = \bar{X}_2 \bar{X}_1 \bar{X}_0$$

$$\overline{X_2 X_1 X_0} = \bar{X}_2 + \bar{X}_1 + \bar{X}_0$$

Prawa pochłaniania

$$X_1 + X_1 X_0 = X_1, \quad X_1(X_1 + X_0) = X_1,$$

$$X_1 + X_1 \bar{X}_0 = X_1, \quad X_1(X_1 + \bar{X}_0) = X_1,$$

Reguły sklejania

$$(X_1 + X_0)(X_1 + \bar{X}_0) = X_1, \quad X_1 + \bar{X}_1 X_0 = X_1 + X_0,$$

$$X_1 X_0 + X_1 \bar{X}_0 = X_1, \quad \bar{X}_1 + X_1 X_0 = \bar{X}_1 + X_0,$$

Dowód prawa de Morgana

	x_1	x_0	$x_1 \cdot x_0$	$\overline{x_1 \cdot x_0}$	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_0$	$\bar{x}_1 + \bar{x}_0$
0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	0	1
2	1	0	0	1	0	1	1
3	1	1	1	0	0	0	0
				L	=		P

System funkcjonalnie pełny

- NIE (NOT), I (ORAZ, AND), LUB (OR)
- NIE (NOT), I (ORAZ, AND)
- NIE (NOT), LUB (OR)
- NIE+LUB (NOT+OR=NOR)
- NIE+I (NOT+AND=NAND)

Dualność praw algebry Boole'a

$$x_0 + 0 = x_0$$

$$x_0 + x_1 = x_1 + x_0$$

$$x_0 + \bar{x}_0 = 1$$

$$\overline{x_0 \cdot x_1} = \bar{x}_0 + \bar{x}_1$$

$$x_0 + \bar{x}_0 \cdot x_1 = x_0 + x_1$$

$$x_0 + x_0 \cdot x_1 = x_0$$

$$x_0 \cdot x_1 + x_0 \cdot x_2 = x_0 \cdot (x_1 + x_2)$$

$$\overline{x_0 \cdot x_1 \cdot x_2 \dots} = \bar{x}_0 + \bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots$$

$$(x_0 + x_1) \cdot (\bar{x}_0 + x_2) = x_0 \cdot x_2 + \bar{x}_0 \cdot x_1$$

Pary
dualne

$$x_0 \cdot 1 = x_0$$

$$x_0 \cdot x_1 = x_1 \cdot x_0$$

$$x_0 \cdot \bar{x}_0 = 0$$

$$\overline{x_0 + x_1} = \bar{x}_0 \cdot \bar{x}_1$$

$$x_0 \cdot (\bar{x}_0 + x_1) = x_0 \cdot x_1$$

$$x_0 \cdot (x_0 + x_1) = x_0$$

$$(x_0 + x_1) \cdot (x_0 + x_2) = x_0 + x_1 \cdot x_2$$

$$\overline{x_0 + x_1 + x_2 + \dots} = \bar{x}_0 \cdot \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \dots$$

$$x_0 \cdot x_1 + \bar{x}_0 \cdot x_2 = (x_0 + x_2) \cdot (\bar{x}_0 + x_1)$$

Tworzenie funkcji logicznej

Opis słowny

Tabela zależności (stanów, prawdy)

Normalna (kanoniczna, zupełna) postać funkcji

Minimalizacja funkcji logicznej

Realizacja funkcji logicznej

Opis słowny

Punktem wyjścia przy tworzeniu funkcji logicznej (przełączającej) jest jej opis słowny. Musi on jednoznacznie przyporządkować zbiorowi sygnałów wejściowych x_i zbiór sygnałów wyjściowych y_j . W opisie należy stosować spójniki odpowiadające podstawowym funkcjom logicznym. Sumę logiczną określamy spójnikiem LUB, iloczyn logiczny spójnikiem I (ORAZ), natomiast negacji odpowiada wyraz NIE. Należy również zdefiniować jakim wartościom wielkości wejściowych i wyjściowych przyporządkujemy wartości logiczne 0 i 1.

Zazwyczaj dobrą ilustracją opisu słownego są pomocnicze szkice.

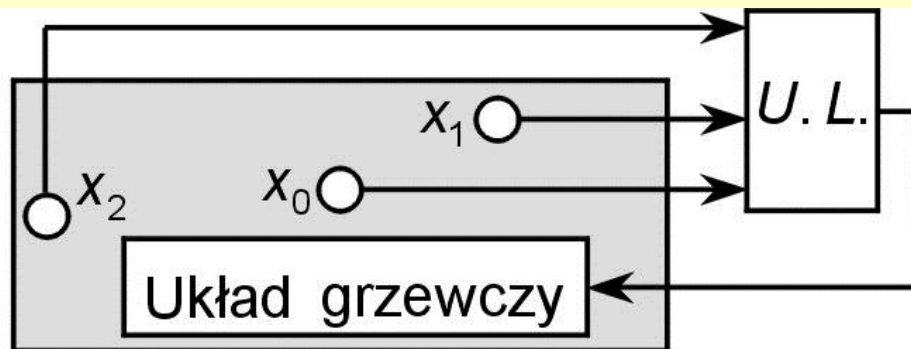
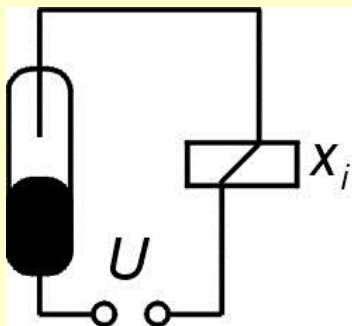
Przykład opisu słownego

Zaprojektować układ sterowania włączaniem układu grzewczego hali magazynowej ($y=1$ – układ włączony, $y=0$ – układ wyłączony).

Sygnały wejściowe pochodzą z trzech czujników temperatury (termometrów kontaktowych) oznaczonych symbolem x_i $i = 0, 1, 2$.

Sygnał $x_i=0$ dla temperatury poniżej wartości zadanej, $x_i=1$ dla temperatury równej lub wyższej od wartości zadanej.

Układ grzewczy musi być włączony gdy przynajmniej dwa z trzech sygnałów wejściowych mają wartość 0.



Tablica zależności (stanów, prawdy)

Tablica zależności w postaci ciągów zero-jedynkowych jest prostszą formą opisu układu. Określa ona wartości sygnałów x_i i odpowiadające im sygnały y_j . Przy przyjętym sposobie indeksowania wielkości wejściowych, numer wiersza tablicy jest numerem zapisanym w kodzie dziesiętnym uporządkowanej sekwencji sygnałów wejściowych, gdzie indeksy są wagami potęg liczby 2.

Przebieg czasowy pokazuje zależności pomiędzy sygnałami wejściowymi i wyjściowymi, zazwyczaj w skali mierzonej taktami. **Takt** jest odstępem czasu między kolejnymi zmianami sygnałów.

Tablica kolejności łączy jest uproszczona forma przebiegu czasowego.

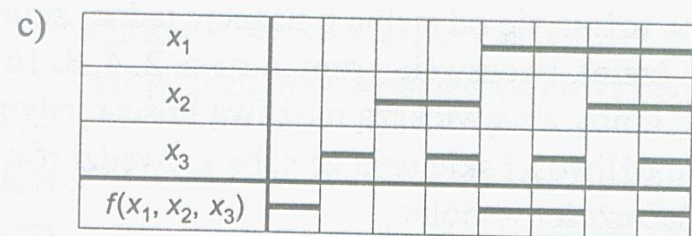
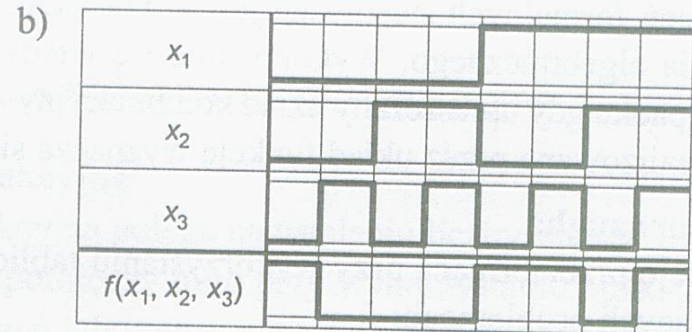
Tablica zależności do przykładu

Takt	x_2	x_1	x_0	y
0	0	0	0	1
1	0	0	1	1
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	1	1	0	0
7	1	1	1	0

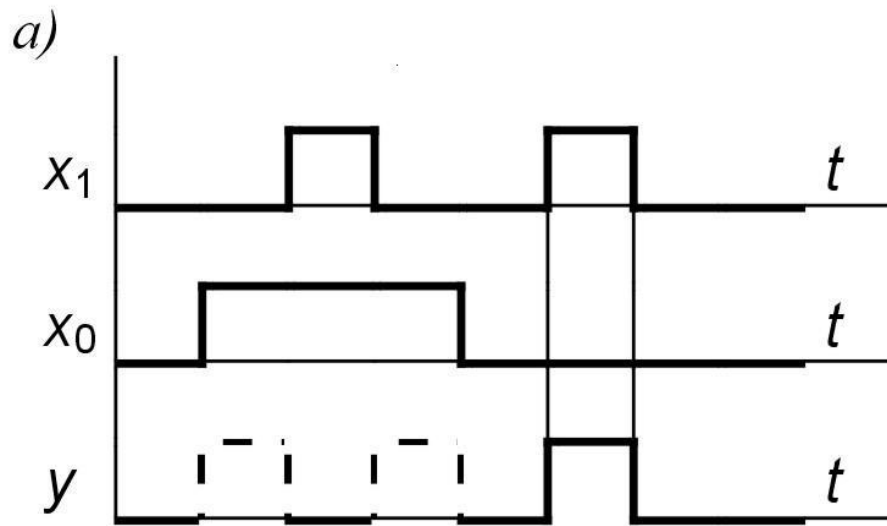
$$3 = 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$

a)

Takty	1	2	3	4	5	6	7	8
x_1	0	0	0	0	1	1	1	1
x_2	0	0	1	1	0	0	1	1
x_3	0	1	0	1	0	1	0	1
$f(x_1, x_2, x_3)$	1	0	0	0	1	1	0	1



Funkcja niepełna



b)

	x_1	x_0	y
0	0	0	0
1	0	1	—
2	1	1	0
3	0	1	—
4	0	0	0
5	1	0	1
6	0	0	0

c)

	x_1	x_0	y
0	0	0	0
1	0	1	—
2	1	0	1
3	1	1	0

Wykres czasowy układu kombinacyjnego: a) przebieg funkcji; b) zapis przebiegu funkcji w tabeli; c) tabeli po eliminacji stanów powtarzających się

Normalna postać funkcji

Postać normalna sumy tworzona jest na podstawie wszystkich wierszy tabeli zależności, w których funkcja logiczna przyjmuje wartość 1. Poszczególne składniki tej sumy są iloczynami wszystkich zmiennych wejściowych, przy czym zmienne posiadające w danym wierszu wartość 0 pisane są ze znakiem negacji, natomiast posiadające wartość 1 – bez znaku negacji.

Postać normalna iloczynu tworzona jest na podstawie wszystkich wierszy tabeli zależności, w których funkcja logiczna przyjmuje wartość 0. Poszczególne czynniki tego iloczynu są sumą wszystkich zmiennych wejściowych, przy czym zmienne posiadające w danym wierszu wartość 0 pisane są bez znaku negacji, natomiast posiadające wartość 1 – ze znakiem negacji.

Normalna postać funkcji do przykładu

	x_2	x_1	x_0	y	
0	0	0	0	1	$\bar{x}_2 \cdot \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_0$
1	0	0	1	1	$\bar{x}_2 \cdot \bar{x}_1 \cdot x_0$
2	0	1	0	1	$\bar{x}_2 \cdot x_1 \cdot \bar{x}_0$
3	0	1	1	0	$x_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0$
4	1	0	0	1	$x_2 \cdot \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_0$
5	1	0	1	0	$\bar{x}_2 + x_1 + \bar{x}_0$
6	1	1	0	0	$\bar{x}_2 + \bar{x}_1 + x_0$
7	1	1	1	0	$\bar{x}_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0$

Normalna postać funkcji do przykładu

$$y(x_2, x_1, x_0) = \bar{x}_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0 + \bar{x}_2 \bar{x}_1 x_0 + \bar{x}_2 x_1 \bar{x}_0 + x_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0$$

$$y(x_2, x_1, x_0) = \sum(0, 1, 2, 4)$$

$$y(x_2, x_1, x_0) = (x_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0)(\bar{x}_2 + x_1 + \bar{x}_0) \\ (\bar{x}_2 + \bar{x}_1 + x_0)(\bar{x}_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0)$$

$$y(x_2, x_1, x_0) = \prod(3, 5, 6, 7)$$

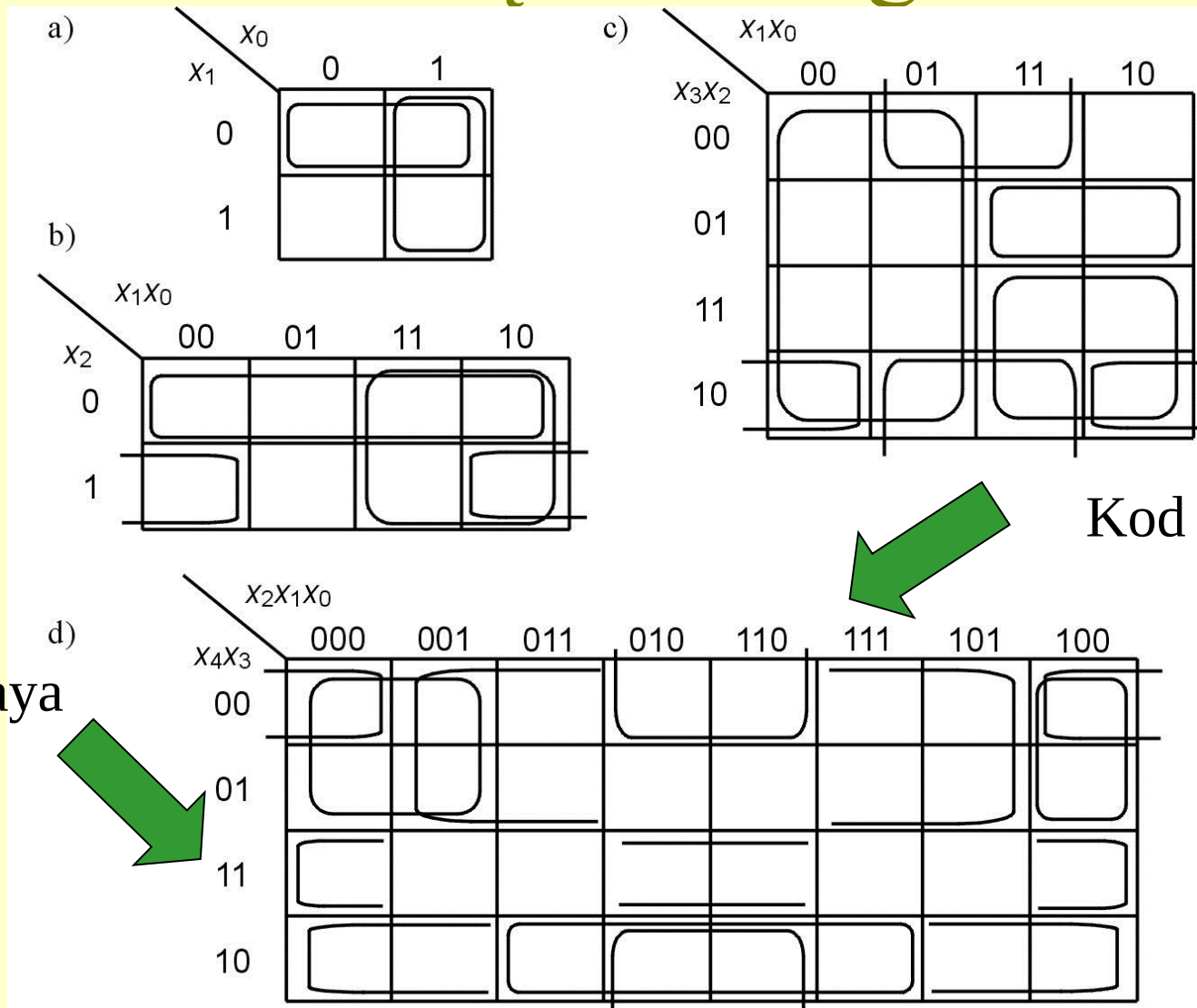


Maurice Karnaugh

The **Karnaugh map** (K-map for short) was invented in [1950](#) by Maurice Karnaugh, a [telecommunications](#) engineer at [Bell Labs](#). It is a very useful tool to facilitate [Boolean algebraic](#) expressions. Normally, extensive calculations are required to obtain the minimal expression of a Boolean function, but one can use a Karnaugh map instead. Karnaugh maps make use of the human brain's excellent pattern-matching capability to decide which terms should be combined to get the simplest expression.

Maurice Karnaugh, *The Map Method for Synthesis of Combinational Logic Circuits*, Trans. AIEE. pt I, 72(9):593-599, November 1953

Minimalizacja funkcji logicznych metodą Karnaugh



Kod Graya

Kod Graya

Tablica Karnaugh

a)

x_1x_0		00	01	11	10
x_2	0	1	0	—	—
	1	1	0	0	1

$y = \bar{x}_0$; $y = \bar{x}_0$

b)

x_1x_0		00	01	11	10
x_2	0	$\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0$ $(x_2 + x_1 + x_0)$	$\bar{x}_2\bar{x}_1x_0$ $(x_2 + x_1 + \bar{x}_0)$	$\bar{x}_2x_1\bar{x}_0$ $(x_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0)$	$\bar{x}_2x_1x_0$ $(x_2 + \bar{x}_1 + x_0)$
	1	$x_2\bar{x}_1\bar{x}_0$ $(\bar{x}_2 + x_1 + x_0)$	$x_2\bar{x}_1x_0$ $(\bar{x}_2 + x_1 + \bar{x}_0)$	$x_2x_1\bar{x}_0$ $(\bar{x}_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0)$	$x_2x_1x_0$ $(\bar{x}_2 + \bar{x}_1 + x_0)$

Przykład sklejania grupy 1 i grupy 0 z uwzględnieniem stanów obojętnych

Zadanie

Wyznaczyć postacie minimalne (sumy i iloczynu) funkcji logicznej określonej za pomocą tabeli metodą tabel Karnaugh.

Lp.	x_2	x_1	x_0	y
0	0	0	0	0
1	0	0	1	1
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

X_1X_0		00	01	11	10
X_2	0	0	1	1	1
	1	0	0	1	1

$$y = x_1 + \bar{x}_2 x_0$$

$$y = (\bar{x}_2 + x_1)(x_0 + x_1)$$