

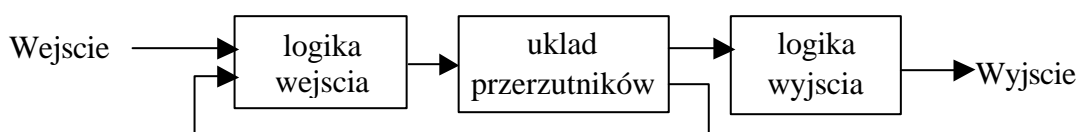
Automaty

(opracowane na podstawie zajęć dr inż. E. Jamro)

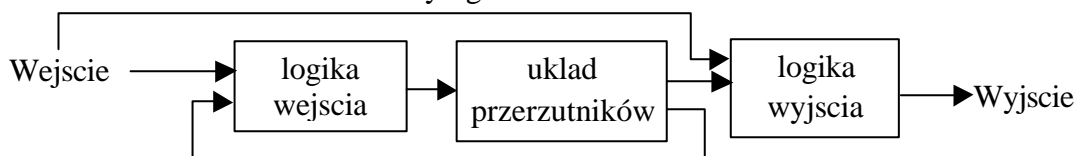
Automat logiczny jest układem sekwencyjnym, czyli odpowiedź układu zależy nie tylko od stanu wejść automatu, lecz także od jego poprzedniego stanu. Innymi słowy, automat logiczny jest to układ wyposażony w pamięć. Układ sekwencyjny można opisać za pomocą logiki wejścia (jak od stanu wejścia zależy stan pamięci), pamięci wewnętrznej i logiki wyjścia (w jaki sposób tworzone są informacje na wyjściu).

Istnieją dwa typy automatów. W automacie Moore'a wyjście zależy jedynie od stanu pamięci, zaś w automacie Mealy'ego wyjście zależy od stanu wejść i stanu pamięci.

Schemat automatu Moore'a:



Schemat automatu Mealy'ego:



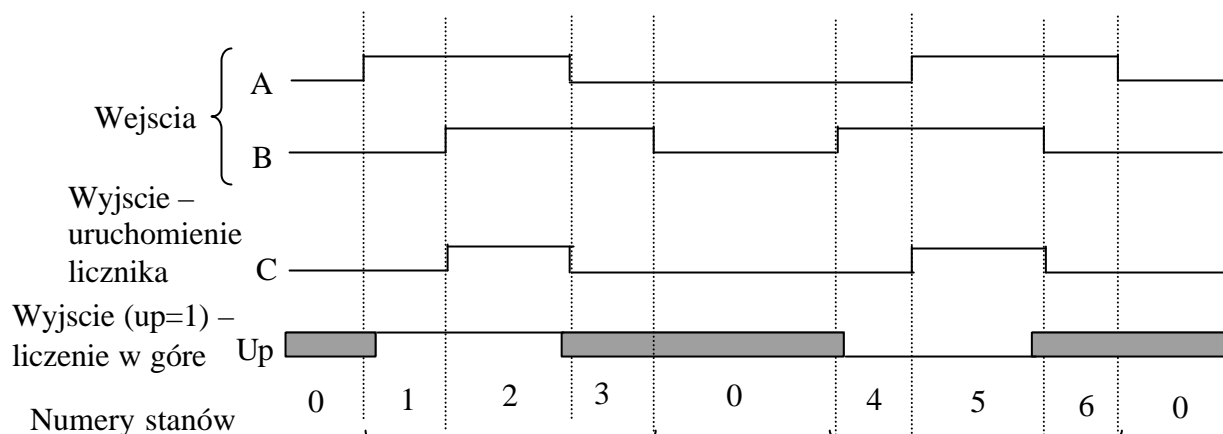
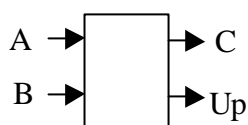
Dalsze zagadnienia zostaną omówione na przykładzie

Opis automatów:

Najprostszym sposobem opisu automatów jest opis słowny działania, np.:

„Automat sterujący licznikiem dwukierunkowym, umożliwiającym zliczanie osób w pomieszczeniu na podstawie sygnałów z dwóch fotokomórek umieszczonych przy wejściu (kolejność włączania fotokomórek wskazuje na kierunek przejścia osoby).”

Opis taki jest intuicyjny, ale niezbyt ścisły. Dokładniejszym opisem jest wykres czasowy prezentujący reakcje automatu na sygnały: A, B – sygnały z fotokomórek, C- sygnał zegarowy licznika, Up- sygnał kierunku zliczania (Up= 1 – w górę, Up= 0- w dół)

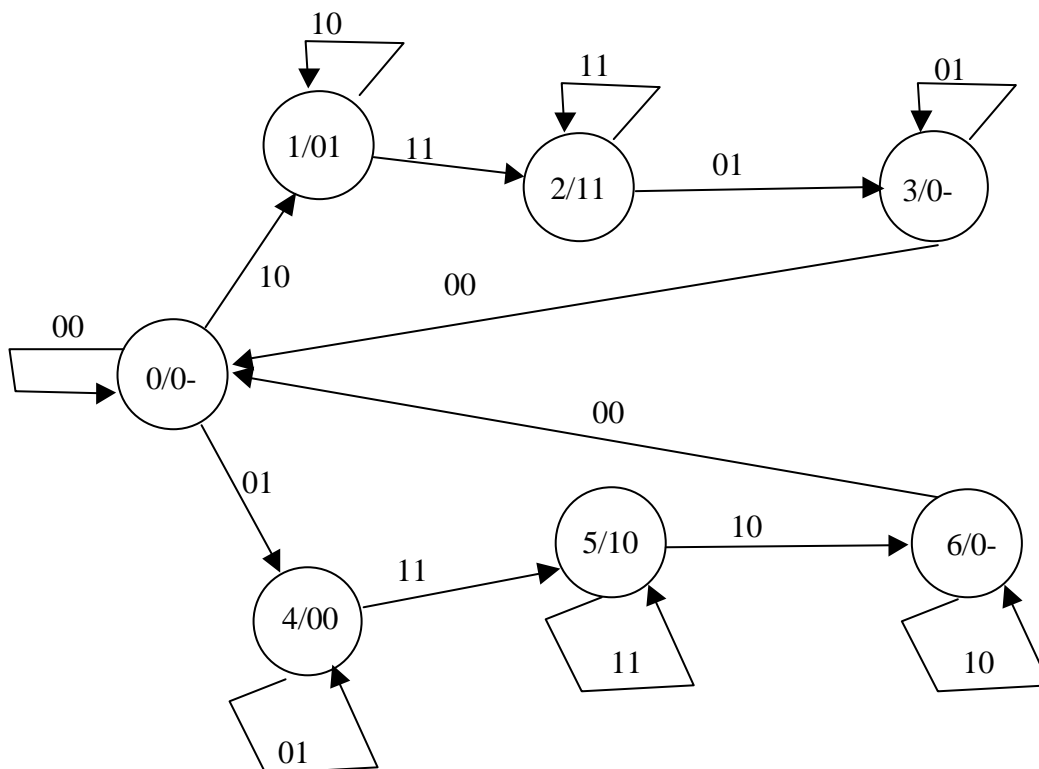


Pierwszy sygnał daje fotokomórka A – człowiek wchodzi do pokoju – licznik zlicza w górę.
1

Pierwszy sygnał daje fotokomórka B – człowiek wychodzi z pokoju – licznik zlicza w dół.

Automat Moore'a

Dużo bardziej ścisłym sposobem opisu działania automatów jest graf przejść i wyjść, przedstawiający stany jako węzły grafu, a przejścia jako linie pomiędzy nimi. Przedstawiony tutaj graf będzie diagramem automatu Moore'a (wyjścia automatu będą przypisane bezpośrednio do stanów wewnętrznych)



Na gałęziach znajdują się stany wejść (A B) przy których następują przejścia, w wierzchołkach grafu podany jest numer stanu łamany przez stan wyjść (C Up). Na podstawie grafu stosunkowo łatwo jest skonstruować tabele przejść i wyjść automatu.

Tabela przejść i wyjść:

S_n	S_{n+1} (AB)				C	Up
	AB=00	AB=01	AB=11	AB=10		
0	0	4	-	1	0	-
1	-	-	2	1	0	1
2	-	3	2	-	1	1
3	0	3	-	-	0	-
4	-	4	5	-	0	0
5	-	-	5	6	1	0
6	0	-	-	6	0	-

Tabela ta obrazuje zmiany stanów automatu w zależności od stanu wejść. S_{n+1} (AB) jest to stan, w jaki przechodzi stan S_n przy danym wejściu (AB). Na podstawie tej tablicy można dokonać minimalizacji automatu (utworzyć automat o mniejszej liczbie stanów funkcjonujący dokładnie tak samo). Pozwala to na uproszczenie konstrukcji układów logicznych i zmniejszenie ilości potrzebnej pamięci.

Minimalizacja automatów:

Minimalizacja polega na łączeniu ze sobą stanów równowaznych. Stany równowazne są to stany, które mają takie same wyjścia i przechodzą w te same stany. Dwa stany mogą być też równowazne warunkowo (pod warunkiem, że dwa inne stany też są równowazne).

Poniższa tabela zawiera wszelkie możliwe sposoby łączenia różnych stanów z wyszczególnieniem tych, które są równowazne:

1	V	---	---	---	---	---
2	X	X	---	---	---	---
3	(3,4)	V	X	---	---	---
4	V	X	X	V	---	---
5	X	X	X	X	X	---
6	(1,6)	V	X	V	V	X
S_n	0	1	2	3	4	5

Stany, których łączenie jest bezpośrednio możliwe oznaczono V, a te, których łączenie jest bezpośrednio niemożliwe oznaczono X. Należy zaznaczyć, iż fakt, że stany można połączyć nie oznacza automatycznie, że będą one połączone (0 można połączyć z 1 albo z 4, ale nie jednocześnie, ponieważ 1 nie można połączyć z 4). Oznaczenie (1,6) przy połączeniach oznacza, że dane dwa stany mogą być połączone pod warunkiem, że stany 1 i 6 są połączone (analogicznie oznaczenie (3,4)).

Na podstawie tej tabeli można utworzyć nowe stany:

$P_1 = \{0, 1, 6\}$ $P_2 = \{2\}$ $P_3 = \{3, 4\}$ $P_4 = \{5\}$ (sposób 1)

Jest to tylko jeden z możliwych sposobów połączenia stanów, inny wygląda tak:

$P_1 = \{1, 6\}$ $P_2 = \{2\}$ $P_3 = \{0, 3, 4\}$ $P_4 = \{5\}$ (sposób 2)

Wybieramy sposób 1 i tworzymy nową tabelę przejść i wyjść:

S_n	S_{n+1} (AB)				C	Up
	AB=00	AB=01	AB=11	AB=10		
P_1	P_1	P_3	P_2	P_1	0	1
P_2	-	P_3	P_2	-	1	1
P_3	P_1	P_3	P_4	-	0	0
P_4	-	-	P_4	P_1	1	0

W tej tabeli nie można uprościć żadnych stanów. Jest to opis automatu minimalnego.

Ponieważ automat ma dwa cztery stany do jego wykonania wystarczą dwa przerzutniki: $Q_1 Q_0$

Kodowanie stanów na przerzutnikach zapisujemy w tablicy (kodowanie ustalamy tak, aby logika wyjścia była jak najprostsza):

S_n	Q_1	Q_0
P_1	0	1
P_2	1	1
P_3	0	0
P_4	1	0

Na tej podstawie można utworzyć logikę wejścia (dla znanych przerzutników) i wyjścia. Dla przykładu zbudujemy układ oparty na przerzutniku D:

$C = Q_1$ $Up = Q_0$ (logika wyjścia)

Aby znaleźć logikę wejścia buduje tablice Karnaugh dla D_1 i D_0

D ₁	Q ₁ Q ₀				
		00	01	11	10
AB	00	0	0	-	-
	01	0	0	0	-
	11	1	1	1	1
	10	-	0	-	0

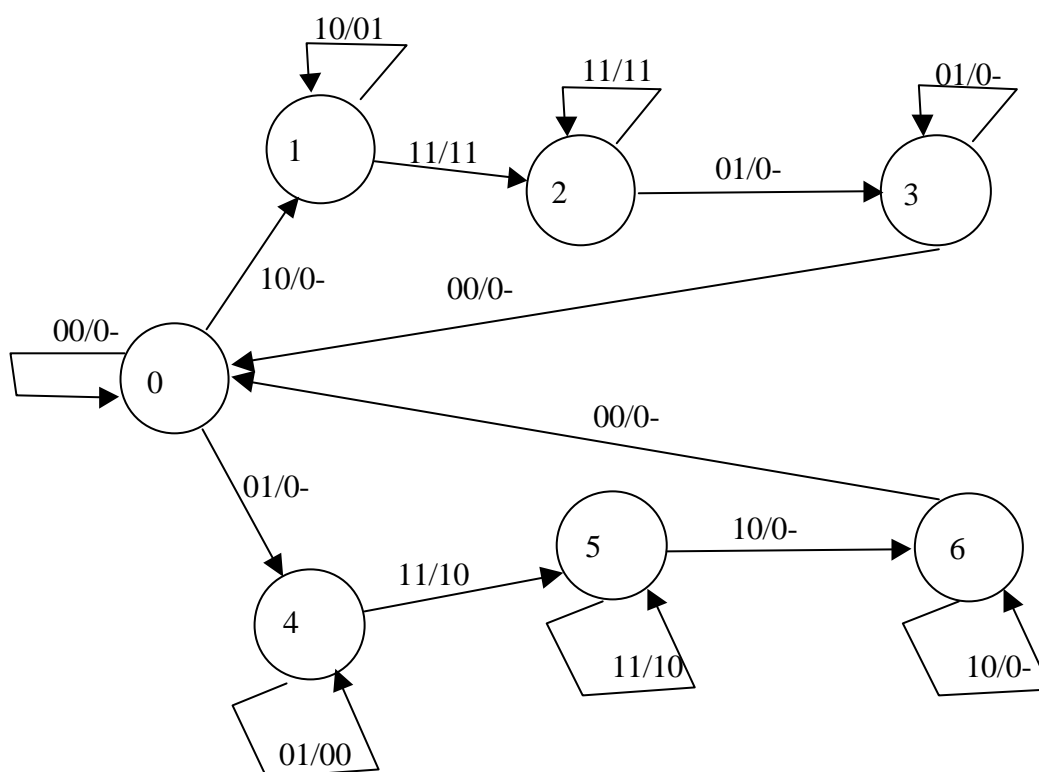
$$D_1 = AB$$

D ₀	Q ₁ Q ₀				
		00	01	11	10
AB	00	1	1	-	-
	01	0	0	0	-
	11	1	0	1	0
	10	-	1	-	1

$$D_0 = \bar{B} \oplus A Q_1 Q_0 \oplus A Q_1 \bar{Q}_0$$

Automat Mealy'ego

Do wykonania tego samego zadania można zbudować również automat Mealy'ego. Na podstawie tego samego wykresu czasowego tworzymy wtedy graf przejść i wyjść dla automatu Mealy'ego. Różni się on od grafu dla automatu Moore'a tym, że stany wyjścia są napisane na gałęziach grafu (ponieważ są zależne od stanów wejścia) a nie w węzłach.



Na gałęziach są opisane przejścia (A B/C Up) z wyszczególnieniem stanów wyjść. Przy przejściach 0? 1, 0? 4, 2? 3, 5? 6 Up jest nieokreślony, ponieważ na wykresie czasowym zmiana wyjścia Up nie następuje na granicy stanów (dopuszczona jest taka nieokreśloność). Na podstawie grafu tworzymy tabelę przejść (uzależniając wyjście od A B).

S _n	S _{n+1} / C Up (AB)			
	AB=00	AB=01	AB=11	AB=10
0	0/0-	4/0-	-/--	1/0-
1	-/--	-/--	2/11	1/01
2	-/--	3/0-	2/11	-/--
3	0/0-	3/0-	-/--	-/--
4	-/--	4/00	5/10	-/--
5	-/--	-/-	5/10	6/0-
6	0/0-	-/--	-/--	6/0-

Podobnie jak w automacie Moore'a dokonujemy minimalizacji liczby stanów (biorąc też pod uwagę to, że stan wyjściowy musi być zgodny):

1	V	---	---	---	---	---
2	(3,4)	V	---	---	---	---
3	(3,4)	V	V	---	---	---
4	V	X	X	V	---	---
5	(1,6)	X	X	V	V	---
6	(1,6)	V	V	V	V	V
S_n	0	1	2	3	4	5

$P_1=\{0,1,2,6\}$ $P_2=\{3,4,5\}$ (możliwe jest też: $P_1=\{1,2,6\}$ $P_2=\{0,3,4,5\}$)

S_n	$S_{n+1} / C \text{ Up (AB)}$			
	AB=00	AB=01	AB=11	AB=10
P_1	$P_1/0-$	$P_2/0-$	$P_1/11$	$P_1/01$
P_2	$P_1/0-$	$P_2/00$	$P_2/10$	$P_1/0-$

Automat Mealy'ego ma dwa stany wewnętrzne. Do jego wykonania wystarczy jeden przerzutnik. Dla przykładu zbudujemy układ na przerzutniku T.

S_n	Q
P_1	0
P_2	1

T	Q	
AB		
		0 1
	00	0 1
	01	1 0
	11	0 0
	10	0 1

C	Q	
AB		
		0 1
	00	0 0
	01	0 0
	11	1 1
	10	0 0

Up	Q	
AB		
		0 1
	00	- -
	01	- 0
	11	1 0
	10	1 -

$$T = Q\bar{B} \oplus \bar{A}B\bar{Q}$$

$$C = AB$$

$$Up = \bar{Q}$$

Automat Mealy'ego ma mniej stanów wewnętrznych (potrzeba tylko 1 przerzutnik) i prostsza logika wejścia, ale za to logika wyjścia jest bardziej skomplikowana niż w automacie Moore'a. Funkcjonalnie obydwa automaty są równoważne.