**Мили на D-триггерах**

Таблица переходов автомата Мили для 4-х D-триггеров

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | a0 | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | a7 | a8 |
| Состояния, из которых есть переход | a0, a3, a4, a7,  a8 | a0 | a1(2), a2 | a2 | a3(2) | a4(2), a6(2) | a5 | a6 | a3, a4, a6(2), a7(2), a8 |
| Сортировка в порядке убывания | | | | | | | | |  |
| Состояние | a8 | a0 | a5 | a2 | a4 | a1 | a3 | a6 | a7 |
| Состояния, из которых есть переход | a3, a4, a6(2), a7(2), a8 | a0, a3, a4, a7,  a8 | a4(2), a6(2) | a1(2), a2 | a3(2) | a0 | a2 | a5 | a6 |
| Число переходов | 7 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Код | 0000 | 0001 | 0010 | 0100 | 1000 | 0011 | 1100 | 1001 | 0110 |

Структурная таблица переходов и выходов автомата Мили для 4-х D-триггеров

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние am | Код am | Состояние перехода аs | Код as | Входной сигнал (am, as) | Выходной сигнал Y(am, as) | Функции возбуждения  D-триггеров |
| a0 | 0001 | a0 | 0001 | ~x0 | - | D0 |
| a1 | 0011 | x0 | Y1(y0,y1,y2) | D1D0 |
| a1 | 0011 | a2 | 0100 | ~x1 | Y3(y4,y5,y6) | D2 |
| a2 | 0100 | x1 | Y2(y3,y4,y5,y6) | D2 |
| a2 | 0100 | a2 | 0100 | ~x0 | - | D2 |
| a3 | 1100 | x0 | Y4(y1) | D3 D2 |
| a3 | 1100 | a0 | 0001 | x2 | Y5(y8) | D0 |
| a4 | 1000 | ~x2~x3x1 | Y7(y4) | D3 |
| a4 | 1000 | ~x2~x3~x1 | Y8(y3,y4) | D3 |
| a8 | 0000 | ~x2x3 | Y6(y2,y13) | - |
| a4 | 1000 | a0 | 0001 | x4 | Y9(y7) | D0 |
| a5 | 0010 | ~x4~x5x6 | Y10(y6,y9,y10) | D1 |
| a5 | 0010 | ~x4~x5~x6 | Y11(y6,y10) | D1 |
| a8 | 0000 | ~x4x5 | Y6(y2,y13) | - |
| a5 | 0010 | a6 | 1001 | 1 | Y12(y14) | D3 D0 |
| a6 | 1001 | a5 | 0010 | ~x7x6 | Y10(y6,y9,y10) | D1 |
| a5 | 0010 | ~x7~x6 | Y11(y6,y10) | D1 |
| a7 | 0110 | x7x8 | Y13(y11) | D2D1 |
| a8 | 0000 | x7~x8~x9 | - | - |
| a8 | 0000 | x7~x8x9 | Y6(y2,y13) | - |
| a7 | 0110 | a0 | 0001 | x4 | Y9(y7) | D0 |
| a8 | 0000 | ~x4~x9 | - | - |
| a8 | 0000 | ~x4x9 | Y6(y2,y13) | - |
| a8 | 0000 | a0 | 0001 | x10 | Y14(y12) | D0 |
| a8 | 0000 | ~x10 | - | - |

D0 = a0~x0 ⋁ a0x0~x6x7 ⋁ a3x2 ⋁ a4x4 ⋁ a5 ⋁ a7x4 ⋁ a8x10

D1 = a0x0 ⋁ a4~x4~x5x6 ⋁ a4~x4~x5~x6 ⋁ a6~x7x6 ⋁ a6~x7~x6 ⋁ a6x7x8

D2 = a1~x1 ⋁ a1x1 ⋁ a2~x0 ⋁ a2x0 ⋁ a6x7x8

D3 = a2x0 ⋁ a3~x2~x3x1 ⋁ a3~x2~x3~x1 ⋁ a5

y0 = a0x0

y1 = a0x0 ⋁ a2x0

y2 = a0x0 ⋁ a3~x2x3 ⋁ a4~x4x5 ⋁ a6x7~x8x9 ⋁ a7~x4x9

y3 = a1x1 ⋁ a3~x2~x3~x1

y4 = a1~x1 ⋁ a1x1 ⋁ a3~x2~x3x1 ⋁ a3~x2~x3~x1

y5 = a1~x1 ⋁ a1x1

y6 = a1~x1 ⋁ a1x1 ⋁ a4~x4~x5x6 ⋁ a4~x4~x5~x6 ⋁ a6~x7x6 ⋁ a6~x7~x6

y7 = a4x4 ⋁ a7x4

y8 = a3x2

y9 = a4~x4~x5x6 ⋁ a6~x7x6

y10 = a4~x4~x5x6 ⋁ a4~x4~x5~x6 ⋁ a6~x7x6 ⋁ a6~x7~x6

y11 = a6x7x8

y12 = a8x10

y13 = a3~x2x3 ⋁ a6x7~x8x9 ⋁ a7~x4x9

y14 = a5

Выделение общих частей:

e = a0x0 (2)

f = a1x1 (2)

g = a1~x1 (2)

h = a2x0 (2)

i = a3~x2~x3x1 (4)

j = a3~x2~x3~x1 (4)

k = a3~x2x3 (3)

l = a4~x4~x5x6 (4)

m = a4~x4~x5~x6 (4)

n = a6x7x8 (3)

o = a6~x7x6 (3)

p = a6~x7~x6 (3)

q = a7~x4x9 (3)

r = a8x10 (2)

s = o ⋁ p (2)

t = l ⋁ m (2)

u = s ⋁ t (2)

v = a6x7~x8x9 (4)

w = k ⋁ v ⋁ q (3)

x = a4x4 (2)

y = a7x4 (2)

z = x ⋁ y (2)

ee = f ⋁ g (2)

ff = a3x2 (2)

hh = i ⋁ j (2)

После выделения общих частей в логических выражениях и некоторого их упрощения получаем логические уравнения для построения функциональной схемы управляющего автомата.

Функции возбуждения:

D0 = a0~x0 ⋁ a0x0~x6x7 ⋁ a3x2 ⋁ z ⋁ a5 ⋁ r (14)

D1 = e ⋁ u ⋁ r (3)

D2 = ee ⋁ a2~x0 ⋁ h ⋁ n (6)

D3 = h ⋁ hh ⋁ a5 (3)

y0 = e (0)

y1 = e ⋁ h (2)

y2 = w ⋁ e ⋁ a4~x4x5 (6)

y3 = f ⋁ j (2)

y4 = ee ⋁ hh (2)

y5 = ee (0)

y6 = ee ⋁ u (2)

y7 = z (0)

y8 = ff (0)

y9 = l ⋁ o (2)

y10 = u (0)

y11 = n (0)

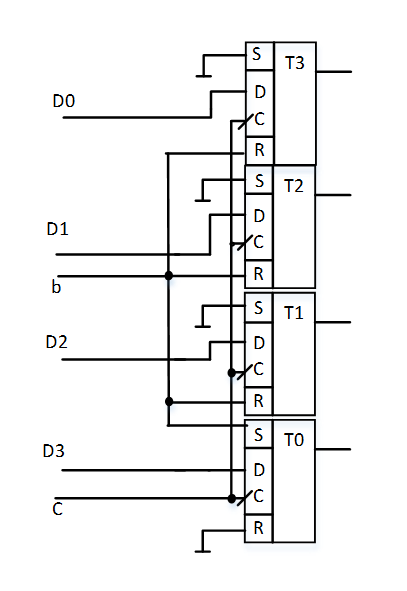
y12 = r (0)

y13 = k ⋁ v ⋁ q (3)

y14 = a5 (0)

Инверторы: ~x0, ~x1, ~x2, ~x3, ~x4, ~x5, ~x6, ~x7 ,~x8, ~x9, ~x10 (11)

Схема начальной установки для D-триггеров в качестве ЭП приведена на рисунке 1, где D0, D1, D2, D3 – функции возбуждения соответствующих ЭП.



Таким образом, цены по Квайну схем различных частей управляющего автомата равны:

КС = 108 ИНВ = 11 ЭП = 16 НУ = 0 ДШ = 4

Итого цена схемы автомата Мили на D-триггерах с использованием дешифратора равна С=139.

**Мили на счётчике**

Для кодирования состояний автомата на счётчике применяется метод последовательного кодирования. Его состоит в том, что состояния располагаются в той последовательности, в которой они расположены в алгоритме, и кодируются последовательными кодами, то есть арифметическая разность кодов двух последовательных состояний по модулю должна быть равна 1. Состояния и их коды представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Состояния и коды состояний

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | а0 | а1 | а2 | а3 | а4 | а5 | а6 | а7 | a8 |
| Код | 0001 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 | 1000 | 0000 |

На основе выбранных кодов состояний составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили (таблица 11).

Таблица 11 – Структурная таблица переходов и выходов автомата Мили

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние am | Код am | Состояние перехода аs | Код as | Входной сигнал (am, as) | Выходной сигнал Y(am, as) | Функции возбуждения  D-триггеров |
| a0 | 0001 | a0 | 0001 | ~x0 | - | - |
| a1 | 0010 | x0 | Y1(y0,y1,y2) | +1 |
| a1 | 0010 | a2 | 0011 | ~x1 | Y3(y4,y5,y6) | +1 |
| a2 | 0011 | x1 | Y2(y3,y4,y5,y6) | +1 |
| a2 | 0011 | a2 | 0011 | ~x0 | - | - |
| a3 | 0100 | x0 | Y4(y1) | +1 |
| a3 | 0100 | a0 | 0001 | x2 | Y5(y8) | D0, EWR |
| a4 | 0101 | ~x2~x3x1 | Y7(y4) | +1 |
| a4 | 0101 | ~x2~x3~x1 | Y8(y3,y4) | +1 |
| a8 | 0000 | ~x2x3 | Y6(y2,y13) | R |
| a4 | 0101 | a0 | 0001 | x4 | Y9(y7) | D0, EWR |
| a5 | 0110 | ~x4~x5x6 | Y10(y6,y9,y10) | +1 |
| a5 | 0110 | ~x4~x5~x6 | Y11(y6,y10) | +1 |
| a8 | 0000 | ~x4x5 | Y6(y2,y13) | R |
| a5 | 0110 | a6 | 0111 | 1 | Y12(y14) | +1 |
| a6 | 0111 | a5 | 0110 | ~x7x6 | Y10(y6,y9,y10) | -1 |
| a5 | 0110 | ~x7~x6 | Y11(y6,y10) | -1 |
| a7 | 1000 | x7x8 | Y13(y11) | +1 |
| a8 | 0000 | x7~x8~x9 | - | R |
| a8 | 0000 | x7~x8x9 | Y6(y2,y13) | R |
| a7 | 1000 | a0 | 0001 | x4 | Y9(y7) | D0, EWR |
| a8 | 0000 | ~x4~x9 | - | R |
| a8 | 0000 | ~x4x9 | Y6(y2,y13) | R |
| a8 | 0000 | a0 | 0001 | x10 | Y14(y12) | D0, EWR |
| a8 | 0000 | ~x10 | - | - |

На основе составленной таблицы формируются функции возбуждения ЭП и выходные сигналы:

+1 = a0x0 ⋁ a1~x1 ⋁ a1x1 ⋁ a2x0 ⋁ a3~x2~x3x1 ⋁ a3~x2~x3~x1 ⋁ a4~x4~x5x6 ⋁ a4~x4~x5~x6 ⋁ a5 ⋁ a6x7x8

-1 = a6~x7x6 ⋁ a6~x7~x6

R = a3~x2x3 ⋁ a4~x4x5 ⋁ a6x7~x8~x9 ⋁ a6x7~x8x9 ⋁ a7~x4~x9 ⋁ a7~x4x9

D1 = D2 = D3

D0 = EWR = a3x2 ⋁ a4x4 ⋁ a7x4 ⋁ a8x10

y0 = a0x0

y1 = a0x0 ⋁ a2x0

y2 = a0x0 ⋁ a3~x2x3 ⋁ a4~x4x5 ⋁ a6x7~x8x9 ⋁ a7~x4x9

y3 = a1x1 ⋁ a3~x2~x3~x1

y4 = a1~x1 ⋁ a1x1 ⋁ a3~x2~x3x1 ⋁ a3~x2~x3~x1

y5 = a1~x1 ⋁ a1x1

y6 = a1~x1 ⋁ a1x1 ⋁ a4~x4~x5x6 ⋁ a4~x4~x5~x6 ⋁ a6~x7x6 ⋁ a6~x7~x6

y7 = a4x4 ⋁ a7x4

y8 = a3x2

y9 = a4~x4~x5x6 ⋁ a6~x7x6

y10 = a4~x4~x5x6 ⋁ a4~x4~x5~x6 ⋁ a6~x7x6 ⋁ a6~x7~x6

y11 = a6x7x8

y12 = a8x10

y13 = a3~x2x3 ⋁ a6x7~x8x9 ⋁ a7~x4x9

y14 = a5

Выделение общих частей:

e = a0x0 (2)

f = a1x1 (2)

g = a1~x1 (2)

h = a2x0 (2)

i = a3~x2~x3x1 (4)

j = a3~x2~x3~x1 (4)

k = a3~x2x3 (3)

l = a4~x4~x5x6 (4)

m = a4~x4~x5~x6 (4)

n = a6x7x8 (3)

o = a6~x7x6 (3)

p = a6~x7~x6 (3)

q = a7~x4x9 (3)

r = a8x10 (2)

s = o ⋁ p (2)

t = l ⋁ m (2)

u = s ⋁ t (2)

v = a6x7~x8x9 (4)

w = k ⋁ v ⋁ q (3)

x = a4x4 (2)

y = a7x4 (2)

z = x ⋁ y (2)

ee = f ⋁ g (2)

ff = a3x2 (2)

hh = i ⋁ j (2)

ii = e ⋁ h (2)

После выделения общих частей в логических выражениях и некоторого их упрощения получаем логические уравнения для построения функциональной схемы управляющего автомата.

Функции возбуждения:

+1 = ii ⋁ ee ⋁ hh ⋁ tt ⋁ a5 ⋁ n (6)

-1 = s (0)

R = w ⋁ s ⋁ a7~x4~x9 (6)

D1 = D2 = D3 (0)

D0 = EWR = ff ⋁ z ⋁ r (3)

y0 = e (0)

y1 = ii (0)

y2 = w ⋁ e ⋁ a4~x4x5 (6)

y3 = f ⋁ j (2)

y4 = ee ⋁ hh (2)

y5 = ee (0)

y6 = ee ⋁ u (2)

y7 = z (0)

y8 = ff (0)

y9 = l ⋁ o (2)

y10 = u (0)

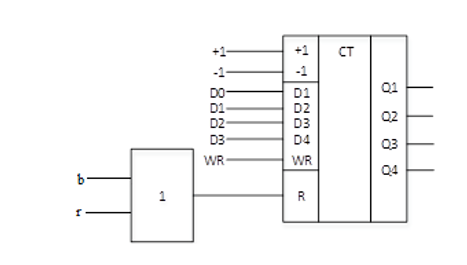
y11 = n (0)

y12 = r (0)

y13 = w (0)

y14 = a5 (0)

Инверторы: ~x0, ~x1, ~x2, ~x3, ~x4, ~x5, ~x6, ~x7 ,~x8, ~x9, ~x10 (11)



За сигнал начальной установки можно считать входной сигнал сброса b, подключаемый к элементу логического «или», отвечающего за формирование сигнала сброса счетчика.

Таким образом, цены по Квайну схем различных частей управляющего автомата равны:

КС = 97 ИНВ = 11 ЭП = 9 НУ = 2 ДШ = 4

Итого цена схемы автомата Мили на D-триггерах с использованием дешифратора равна С=123.

**Мура на D-триггерах**

На основе описанного в пункте 8.1 метода кодирования для D-триггеров определяются коды состояний данного автомата Мура. Процесс определения кодов состояний приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Таблица переходов автомата Мура

|  |  |
| --- | --- |
| Состояние | Состояния, из которых есть переход |
| b0 | b0, b6, b10, b16 |
| b1 | b0 |
| b2 | b1 |
| b3 | b1 |
| b4 | b2, b3, b4 |
| b5 | b2, b3, b4 |
| b6 | b5 |
| b7 | b5, b8, b9, b13, b14 |
| b8 | b5 |
| b9 | b5 |
| b10 | b8, b9, b14 |
| b11 | b8, b9, b13 |
| b12 | b8, b9, b13 |
| b13 | b11, b12 |
| b14 | b13 |
| b15 | b7, b13, b14, b15 |
| b16 | b7, b13, b14, b15 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сортировка в порядке убывания | | | |
| Состояние | Состояния, из которых есть переход | Число переходов | Код |
| b7 | b5, b8, b9, b13, b14 | 5 | 00000 |
| b0 | b0, b6, b10, b16 | 4 | 00001 |
| b15 | b7, b13, b14, b15 | 4 | 00010 |
| b16 | b7, b13, b14, b15 | 4 | 00100 |
| b4 | b2, b3, b4 | 3 | 01000 |
| b5 | b2, b3, b4 | 3 | 10000 |
| b10 | b8, b9, b14 | 3 | 00011 |
| b11 | b8, b9, b13 | 3 | 00110 |
| b12 | b8, b9, b13 | 3 | 01100 |
| b13 | b11, b12 | 2 | 11000 |
| b1 | b0 | 1 | 10001 |
| b2 | b1 | 1 | 10010 |
| b3 | b1 | 1 | 10100 |
| b6 | b5 | 1 | 01001 |
| b8 | b5 | 1 | 01010 |
| b9 | b5 | 1 | 00101 |
| b14 | b13 | 1 | 00111 |

Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мура (таблица 13).

Таблица 13 - Структурная таблица переходов и выходов автомата Мура

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние am | Выходной сигнал Y(am, as) | Код am | Состояние перехода аs | Код as | Входной сигнал (am, as) | Функции возбуждения  D-триггеров |
| b0 | - | 00001 | b0 | 00001 | ~x0 | D0 |
| b1 | 10001 | x0 | D4D0 |
| b1 | Y1(y0,y1,y2) | 10001 | b2 | 10010 | x1 | D4D1 |
| b3 | 10100 | ~x1 | D4D2 |
| b2 | Y2(y3,y4,y5,y6) | 10010 | b4 | 01000 | ~x0 | D3 |
| b5 | 10000 | x0 | D4 |
| b3 | Y3(y4,y5,y6) | 10100 | b4 | 01000 | ~x0 | D3 |
| b5 | 10000 | x0 | D4 |
| b4 | - | 01000 | b4 | 01000 | ~x0 | D3 |
| b5 | 10000 | x0 | D4 |
| b5 | Y4(y1) | 10000 | b6 | 01001 | x2 | D3D0 |
| b7 | 00000 | ~x2x3 | - |
| b8 | 01010 | ~x2~x3x1 | D3D1 |
| b9 | 00101 | ~x2~x3~x1 | D2D0 |
| b6 | Y5(y8) | 01001 | b0 | 00001 | 1 | D0 |
| b7 | Y6(y2,y13) | 00000 | b15 | 00010 | ~x10 | D1 |
| b16 | 00100 | x10 | D2 |
| b8 | Y7(y4) | 01010 | b7 | 00000 | ~x4x5 | - |
| b10 | 00011 | x4 | D1D0 |
| b11 | 00110 | ~x4~x5x6 | D2D1 |
| b12 | 01100 | ~x4~x5~x6 | D3D2 |
| b9 | Y8(y3,y4) | 00101 | b7 | 00000 | ~x4x5 | - |
| b10 | 00011 | x4 | D1D0 |
| b11 | 00110 | ~x4~x5x6 | D2D1 |
| b12 | 01100 | ~x4~x5~x6 | D3D2 |
| b10 | Y9(y7) | 00011 | b0 | 00001 | 1 | D0 |
| b11 | Y10(y6,y9,y10) | 00110 | b13 | 11000 | 1 | D4D3 |
| b12 | Y11(y6,y10) | 01100 | b13 | 11000 | 1 | D4D3 |
| b13 | Y12(y14) | 11000 | b7 | 00000 | x7~x8x9 | - |
| b11 | 00110 | ~x7x6 | D2D1 |
| b12 | 01100 | ~x7~x6 | D3D2 |
| b14 | 00111 | x7x8 | D2D1D0 |
| b15 | 00010 | x7~x8~x9~x10 | D1 |
| b16 | 00100 | x7~x8~x9x10 | D2 |
| b14 | Y13(y11) | 00111 | b7 | 00000 | ~x4x9 | - |
| b10 | 00011 | x4 | D1D0 |
| b15 | 00010 | ~x4~x9~x10 | D1 |
| b16 | 00100 | ~x4~x9x10 | D2 |
| b15 | - | 00010 | b15 | 00010 | ~x10 | D1 |
| b16 | 00100 | x10 | D2 |
| b16 | Y14(y12) | 00100 | b0 | 00001 | 1 | D0 |

Исходя из таблицы переходов, составляются функции возбуждения элементов памяти:

D4 = b0x0 ⋁ b1x1 ⋁ b1~x1 ⋁ b2x0 ⋁ b3x0 ⋁ b4x0 ⋁ b11 ⋁ b12

D3 = b2~x0 ⋁ b3~x0 ⋁ b4~x0 ⋁ b5x2 ⋁ b5~x2~x3x1 ⋁ b8~x4~x5~x6 ⋁ b9~x4~x5~x6 ⋁ b11 ⋁ b12 ⋁b13~x7~x6

D2 = b1~x1 ⋁ b5~x2~x3~x1 ⋁ b7x10 ⋁ b8~x4~x5x6 ⋁ b8~x4~x5~x6 ⋁ b9~x4~x5x6 ⋁ b9~x4~x5~x6 ⋁ b13~x7x6 ⋁ b13~x7~x6 ⋁ b13x7x8 ⋁ b13x7~x8~x9x10 ⋁ b14~x4~x9x10 ⋁ b15x10

D1 = b1x1 ⋁ b5~x2~x3x1 ⋁ b7~x10 ⋁ b8x4 ⋁ b8~x4~x5x6 ⋁ b9x4 ⋁ b9~x4~x5x6 ⋁ b13~x7x6 ⋁ b13x7x8 ⋁ b13x7~x8~x9~x10 ⋁ b14x4 ⋁ b14~x4~x9~x10 ⋁ b15~x10

D0 = b0~x0 ⋁ b0x0 ⋁ b5x2 ⋁ b5~x2~x3~x1 ⋁ b6 ⋁ b8x4 ⋁ b9x4 ⋁ b10 ⋁ b13x7x8 ⋁ b14x4 ⋁ b16

Аналогично составляем функции выходов:

y0 = b1 (0)

y1 = b1 ⋁ b5 (2)

y2 = b1 ⋁ b7 (2)

y3 = b2 ⋁ b9 (2)

y4 = b2 ⋁ b3 ⋁ b8 ⋁ b9 (4)

y5 = b2 ⋁ b3 (2)

y6 = b2 ⋁ b3 ⋁ b11 ⋁ b12 (4)

y7 = b10 (0)

y8 = b6 (0)

y9 = b11 (0)

y10 = b11 ⋁ b12 (2)

y11 = b14 (0)

y12 = b16 (0)

y13 = b7 (0)

y14 = b13 (0)

Выделение общих частей:

e = b0x0 (2)

f = b1x1 (2)

g = b1~x1 (2)

h = b5x2 (2)

i = b5~x2~x3~x1 (4)

j = b5~x2~x3x1 (4)

k = b8x4 (2)

l = b8~x4~x5x6 (4)

m = b8~x4~x5~x6 (4)

n = b9x4 (2)

o = b9~x4~x5x6 (4)

p = b9~x4~x5~x6 (4)

q = b13~x7x6 (3)

r = b13~x7~x6 (3)

s = b13x7x8 (3)

t = b14x4 (2)

u = i ⋁ s (2)

v = l ⋁ o ⋁ q (3)

w = m ⋁ p ⋁ r (3)

x = n ⋁ t ⋁ k (3)

Упрощение функций переходов:

D4 = e ⋁ f ⋁ g ⋁ b2x0 ⋁ b3x0 ⋁ b4x0 ⋁ b11 ⋁ b12 (14)

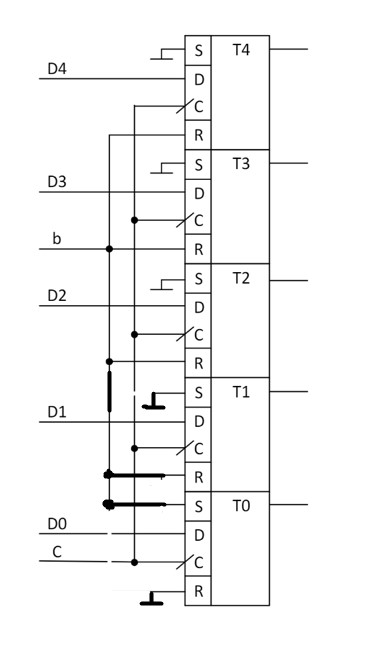
D3 = b2~x0 ⋁ b3~x0 ⋁ b4~x0 ⋁ h ⋁ j ⋁ w ⋁ b11 ⋁ b12 (14)

D2 = g ⋁ u ⋁ b7x10 ⋁ v ⋁ w ⋁ b13x7~x8~x9x10 ⋁ b14~x4~x9x10 ⋁ b15x10 (21)

D1 = f ⋁ j ⋁ b7~x10 ⋁ x ⋁ v ⋁ b13x7x8 ⋁ b13x7~x8~x9~x10 ⋁ b14~x4~x9~x10 ⋁ b15~x10 (25)

D0 = b0~x0 ⋁ e ⋁ h ⋁ b6 ⋁ b10 ⋁ x ⋁ b16 ⋁ u (10)

Инверторы: ~x0, ~x1, ~x2, ~x3, ~x4, ~x5, ~x6, ~x7 ,~x8, ~x9, ~x10 (11)



Таким образом, цены по Квайну схем различных частей управляющего автомата равны:

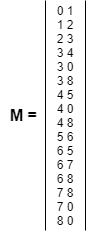
КС = 160 ИНВ = 11 ЭП = 20 НУ = 0 ДШ = 5

Итого цена схемы автомата Мура на D-триггерах с использованием дешифраторов равна С=196.

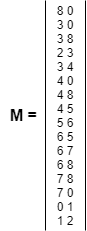
**Мили на RS-триггерах**

Особенность использования RS-триггеров состоит в том, что количество переключаемых триггеров равно расстоянию по Хеммингу между кодом исходного состояния и кодом состояния, в которое будет осуществлен переход. Исходя из этого, наилучшим методом кодирования будет являться метод соседнего кодирования. Однако, граф имеет циклы с нечетным количеством вершин, поэтому метод соседнего кодирования неприменим, и для кодирования состояний автомата будет использован эвристический метод.

1. Составим матрицу М пар переходов:



1. Отсортируем все элементы так, чтобы в каждой следующей строке, кроме первой, содержался хотя бы один уже закодированный элемент:

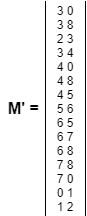


1. Закодируем первую строку:

a0 = 0000

a8 = 0001

1. Построим матрицу М', исключая уже закодированную строку:



Элемент a3 не закодирован.

Построим матрицу М13:

C:\Users\user\Downloads\Untitled Diagram (30).png

B3 = {0000, 0001}

C10 = {0010, 0100, 1000}

C18 = {1001, 0101, 0011}

D13 = {0010, 0100, 1000, 1001, 0101, 0011}

W0010 = |0010 - 0000|2 + |0010 - 0001|2 = 3

W0100 = |0100 - 0000|2 + |0100 - 0001|2 = 3

W1000 = |1000 - 0000|2 + |1000 - 0001|2 = 3

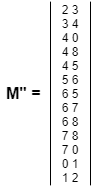
W1001 = |1001 - 0000|2 + |1001 - 0001|2 = 3

W0101 = |0101 - 0000|2 + |0101 - 0001|2 = 3

W0011 = |0011 - 0000|2 + |0011 - 0001|2 = 3

Закодируем элемент a3 = 0010

1. Построим матрицу М”, исключая уже закодированную строку:



Элемент a4 не закодирован.

Построим матрицу М14:

C:\Users\user\Downloads\Untitled Diagram (32).png

B4 = {0000, 0001, 0010}

C10 = {0010, 0100, 1000}

C18 = {1001, 0101, 0011}

C13 = {1010, 0110, 0011}

D14 = {0100, 1000, 1001, 0101, 0011, 1010, 0110}

W0100 = |0100 - 0000|2 + |0100 - 0001|2 + |0100 - 0010|2= 5

W1000 = |1000 - 0000|2 + |1000 - 0001|2 + |1000 - 0010|2= 5

W1001 = |1001 - 0000|2 + |1001 - 0001|2 + |1001 - 0010|2= 6

W0101 = |0101 - 0000|2 + |0101 - 0001|2 + |0101 - 0010|2= 6

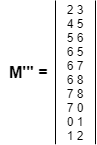
W0011 = |0011 - 0000|2 + |0011 - 0001|2 + |0011 - 0010|2= 4

W1010 = |1010 - 0000|2 + |1010 - 0001|2 + |1010 - 0010|2= 6

W0110 = |0110 - 0000|2 + |0110 - 0001|2 + |0110 - 0010|2= 6

Закодируем элемент a4 = 0011

1. Построим матрицу М”’, исключая уже закодированную строку:



Элемент a5 не закодирован.

Построим матрицу М15:

C:\Users\user\Downloads\Untitled Diagram (36).png

B5 = {0011}

C14 = {1011, 0111, 0010}

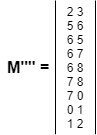
D15 = {1011, 0111}

W1011 = |1011 - 0011|2 = 1

W0111 = |0111 - 0011|2 = 1

Закодируем элемент a5 = 1011

1. Построим матрицу М””, исключая уже закодированную строку:



Элемент a6 не закодирован.

Построим матрицу М16:

C:\Users\user\Downloads\Untitled Diagram (39).png

B6 = {1011}

C14 = {1001, 0011, 1010, 1111}

D16 = {1001, 1010, 1111}

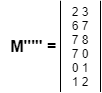
W1001 = |1001 - 1011|2 = 1

W1010 = |1010 - 1011|2 = 1

W1111 = |1111 - 1011|2 = 1

Закодируем элемент a6 = 1001

1. Построим матрицу М”’”, исключая уже закодированную строку:



Элемент a7 не закодирован.

Построим матрицу М17:

C:\Users\user\Downloads\Untitled Diagram (43).png

B7 = {1001, 0000, 0001}

C16 = {1000, 1101, 1011}

C10 = {0010, 0100, 1000}

C18 = {1001, 0101, 0011}

D17 = {1000, 1101, 0100, 0101}

W1000 = |1000 - 1001|2 + |1000 - 0000|2 + |1000 - 0001|2= 4

W1101 = |1101 - 1001|2 + |1101 - 0000|2 + |1101 - 0001|2= 6

W0100 = |0100 - 1001|2 + |0100 - 0000|2 + |0100 - 0001|2= 6

W0101 = |0101 - 1001|2 + |0101 - 0000|2 + |0101 - 0001|2= 5

Закодируем элемент a7 = 1000

1. Построим матрицу М”””, исключая уже закодированную строку:

C:\Users\user\Downloads\Untitled Diagram (44).png

Элемент a1 не закодирован.

Построим матрицу М11:

C:\Users\user\Downloads\Untitled Diagram (45).png

B1 = {0000}

C10 = {0010, 0100, 1000}

D11 = {0100}

Закодируем элемент a1 = 0100

10) Построим матрицу М”’””, исключая уже закодированную строку:

C:\Users\user\Downloads\Untitled Diagram (46).png

Элемент a2 не закодирован.

Построим матрицу М12:

C:\Users\user\Downloads\Untitled Diagram (47).png

B2 = {0010, 0100}

C11 = {1100, 0110, 0101}

C13 = {0110, 1010, 0011}

D12 = {1100, 0110, 0101, 1010}

W1100 = |1100 - 0010|2 + |1100 - 0100|2 = 4

W0110 = |0110 - 0010|2 + |0110 - 0100|2 = 2

W0101 = |0101 - 0010|2 + |0101 - 0100|2 = 4

W1010 = |1010 - 0010|2 + |1010 - 0100|2 = 4

Закодируем элемент a2 = 0110

11) Результаты кодирования внутренних состояний для модели Мили на RS-триггере представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты кодирования внутренних состояний для модели Мили на RS-триггера

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | a0 | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | a7 | a8 |
| Код | 0000 | 0100 | 0110 | 0010 | 0011 | 1011 | 1001 | 1000 | 0001 |

Для определения эффективности кодирования применяется коэффициент k, который является отношением минимального количества переключений (если бы состояния были закодированы соседним кодированием) к общему количеству переключений триггеров, где состояния закодированы с помощью эвристического метода кодирования:

W = |0000 - 0100|2 + |0100 - 0110|2 + |0110 - 0010|2 + |0010 - 0000|2 + |0010 - 0001|2 + |0010 - 0011|2 + |0011 - 1011|2 + |0011 - 0000|2 + |0011 - 0001|2 + |1011 - 1001|2 + |1001 - 1011|2 + |1001 - 1000|2 + |1001 - 0001|2 + |1000 - 0001|2 + |0010 - 0000|2 + |0001 - 0000|2  = 19

Среднее число переключений на переход: 19 / 16 = 1.188 – хорошее кодирование.

На основе выбранных кодов составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное состояние am | Код am | Состояние перехода аs | Код as | Входной сигнал (am, as) | Выходной сигнал Y(am, as) | Функции возбуждения  RS-триггеров |
| a0 | 0000 | a0 | 0000 | ~x0 | - | - |
| a1 | 0100 | x0 | Y1(y0,y1,y2) | S2 |
| a1 | 0100 | a2 | 0110 | ~x1 | Y3(y4,y5,y6) | S1 |
| a2 | 0110 | x1 | Y2(y3,y4,y5,y6) | S1 |
| a2 | 0110 | a2 | 0110 | ~x0 | - | - |
| a3 | 0010 | x0 | Y4(y1) | S2 |
| a3 | 0010 | a0 | 0000 | x2 | Y5(y8) | R1 |
| a4 | 0011 | ~x2~x3x1 | Y7(y4) | S0 |
| a4 | 0011 | ~x2~x3~x1 | Y8(y3,y4) | S0 |
| a8 | 0001 | ~x2x3 | Y6(y2,y13) | R1 S0 |
| a4 | 0011 | a0 | 0000 | x4 | Y9(y7) | R1 R0 |
| a5 | 1011 | ~x4~x5x6 | Y10(y6,y9,y10) | S3 |
| a5 | 1011 | ~x4~x5~x6 | Y11(y6,y10) | S3 |
| a8 | 0001 | ~x4x5 | Y6(y2,y13) | R1 |
| a5 | 1011 | a6 | 1001 | 1 | Y12(y14) | R1 |
| a6 | 1001 | a5 | 1011 | ~x7x6 | Y10(y6,y9,y10) | S1 |
| a5 | 1011 | ~x7~x6 | Y11(y6,y10) | S1 |
| a7 | 1000 | x7x8 | Y13(y11) | R0 |
| a8 | 0001 | x7~x8~x9 | - | R3 |
| a8 | 0001 | x7~x8x9 | Y6(y2,y13) | R3 |
| a7 | 1000 | a0 | 0000 | x4 | Y9(y7) | R3 |
| a8 | 0001 | ~x4~x9 | - | R3 S0 |
| a8 | 0001 | ~x4x9 | Y6(y2,y13) | R3 S0 |
| a8 | 0001 | a0 | 0000 | x10 | Y14(y12) | R0 |
| a8 | 0001 | ~x10 | - | - |

На основе составленной таблицы формируются функции возбуждения элементов памяти:

R0 = a4x4 ⋁ a6x7x8 ⋁ a8x10

R1 = a3x2 ⋁ a3~x2x3 ⋁ a4x4 ⋁ a4~x4x5 ⋁ a5

R3 = a6x7~x8~x9 ⋁ a6x7~x8x9 ⋁ a7x4 ⋁ a7~x4~x9 ⋁ a7~x4x9

S0 = a3~x2~x3x1 ⋁ a3~x2~x3~x1 ⋁ a3~x2x3 ⋁ a7~x4~x9 ⋁ a7~x4x9

S1 = a1~x1 ⋁ a1x1 ⋁ a6~x7x6 ⋁ a6~x7~x6

S2 = a0x0 ⋁ a2x0

S3 = a4~x4~x5x6 ⋁ a4~x4~x5~x6

Аналогично составляем функции выходов:

y0 = a0x0

y1 = a0x0 ⋁ a2x0

y2 = a0x0 ⋁ a3~x2x3 ⋁ a4~x4x5 ⋁ a6x7~x8x9 ⋁ a7~x4x9

y3 = a1x1 ⋁ a3~x2~x3~x1

y4 = a1~x1 ⋁ a1x1 ⋁ a3~x2~x3x1 ⋁ a3~x2~x3~x1

y5 = a1~x1 ⋁ a1x1

y6 = a1~x1 ⋁ a1x1 ⋁ a4~x4~x5x6 ⋁ a4~x4~x5~x6 ⋁ a6~x7x6 ⋁ a6~x7~x6

y7 = a4x4 ⋁ a7x4

y8 = a3x2

y9 = a4~x4~x5x6 ⋁ a6~x7x6

y10 = a4~x4~x5x6 ⋁ a4~x4~x5~x6 ⋁ a6~x7x6 ⋁ a6~x7~x6

y11 = a6x7x8

y12 = a8x10

y13 = a3~x2x3 ⋁ a6x7~x8x9 ⋁ a7~x4x9

y14 = a5

Выделяем общие части формул:

e = a0x0 (2)

f = a1x1 (2)

g = a1~x1 (2)

h = a2x0 (2)

i = a3x2 (2)

j = a3~x2x3 (3)

k = a3~x2~x3x1 (4)

l = a3~x2~x3~x1 (4)

m = a4x4 (2)

n = a4~x4x5 (3)

o = a4~x4~x5x6 (4)

p = a4~x4~x5~x6 (4)

q = a6x7x8 (3)

r = a6~x7x6 (3)

s = a6~x7~x6 (3)

t = a6x7~x8x9 (4)

u = a7~x4x9 (3)

v = a7~x4~x9 (3)

w = a7x4 (2)

x = a8x10 (2)

y = g ⋁ f (2)

z = o ⋁ r (2)

ee = e ⋁ h (2)

ff = v ⋁ u (2)

gg = z ⋁ p ⋁ s (3)

hh = j ⋁ t ⋁ u (3)

ii = k ⋁ l (2)

С учётом упрощений:

R0 = m ⋁ q ⋁ x (3)

R1 = i ⋁ j ⋁ m ⋁ n ⋁ a5 (5)

R3 = a6x7~x8~x9 ⋁ t ⋁ w ⋁ ff (8)

S0 = ii ⋁ j ⋁ ff (3)

S1 = y ⋁ r ⋁ s (3)

S2 = ee (0)

S3 = o ⋁ p (2)

y0 = e (0)

y1 = ee (0)

y2 = e ⋁ hh ⋁ n (3)

y3 = f ⋁ l (2)

y4 = y ⋁ ii (2)

y5 = y (0)

y6 = y ⋁ gg (2)

y7 = m ⋁ w (2)

y8 = i (0)

y9 = z (0)

y10 = gg (0)

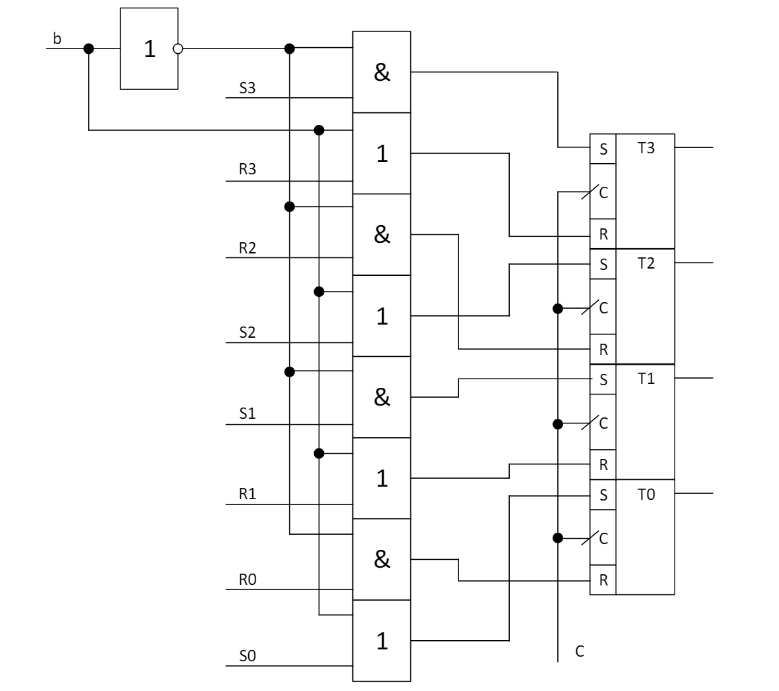
y11 = q (0)

y12 = x (0)

y13 = hh (0)

y14 = a5 (0)

Инверторы: ~x0, ~x1, ~x2, ~x3, ~x4, ~x5, ~x6, ~x7, ~x8, ~x9, ~x10 (11)



Таким образом, цены по Квайну схем различных частей управляющего автомата равны:

КС= 108 ИНВ=11 ЭП=4\*3=12 НУ=4\*4+1=17 ДШ=4

Итого цена схемы автомата Мили на RS-триггерах   
с использованием дешифратора равна C = 152.