

**Київський національний університет імені Тараса Шевченка
факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем**

Лабораторна робота №7

Тема: Синтез мікропрограмного (керуючого) автомата у
вигляді автомата Мура

Роботу виконав
студент 3 курсу
мережевий адміністратор
Цибульський Роман
Олександрович

Київ 2023

Мета роботи: Провести структурний синтез керуючого автомата Мура.

Лабораторне завдання

1. Згідно вашого варіанту, розробіть функціональну схему керуючого автомата, що:

Номер варіанту 6248 = 1 1000 0110 1000, 00 0110 1000 за умовою

| Н6 | Н7 | Н8 | Н9 | Н10 | Завдання |
|----|----|----|----|-----|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | знаходить максимальний та мінімальний елемент масиву A(n,n,n) та міняє їх місцями |

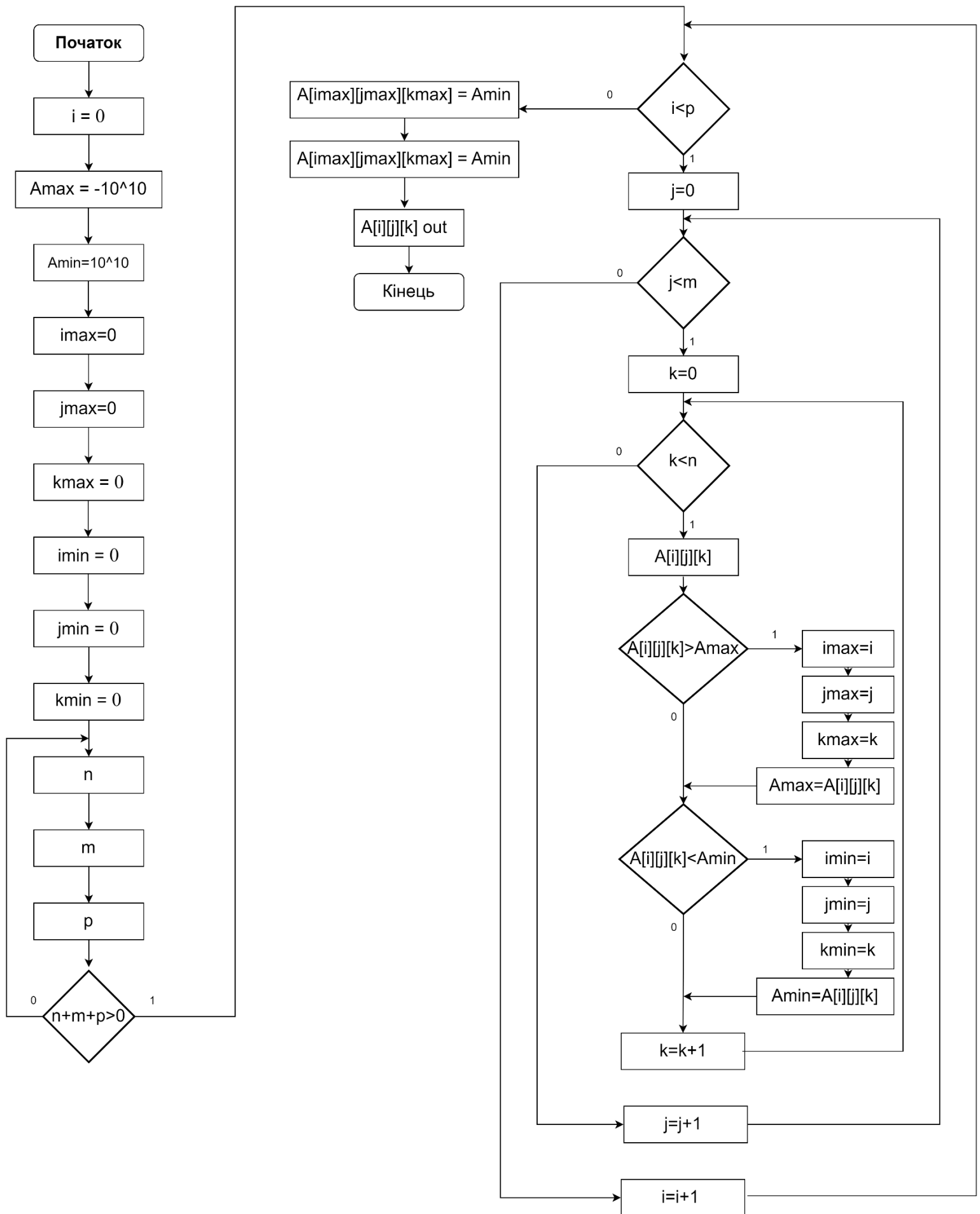
Функціональну схему керуючих частин автомата синтезувати на елементах:

| <i>h1</i> | <i>h10</i> | Логічні елементи |
|-----------|------------|------------------|
| 0 | 0 | I, АБО, НЕ |

Як елемент пам'яті, використайте:

| h5 | Н4 | Тип тригера |
|----|----|-------------|
| 0 | 1 | T |

1.1. Змістовна схема алгоритму

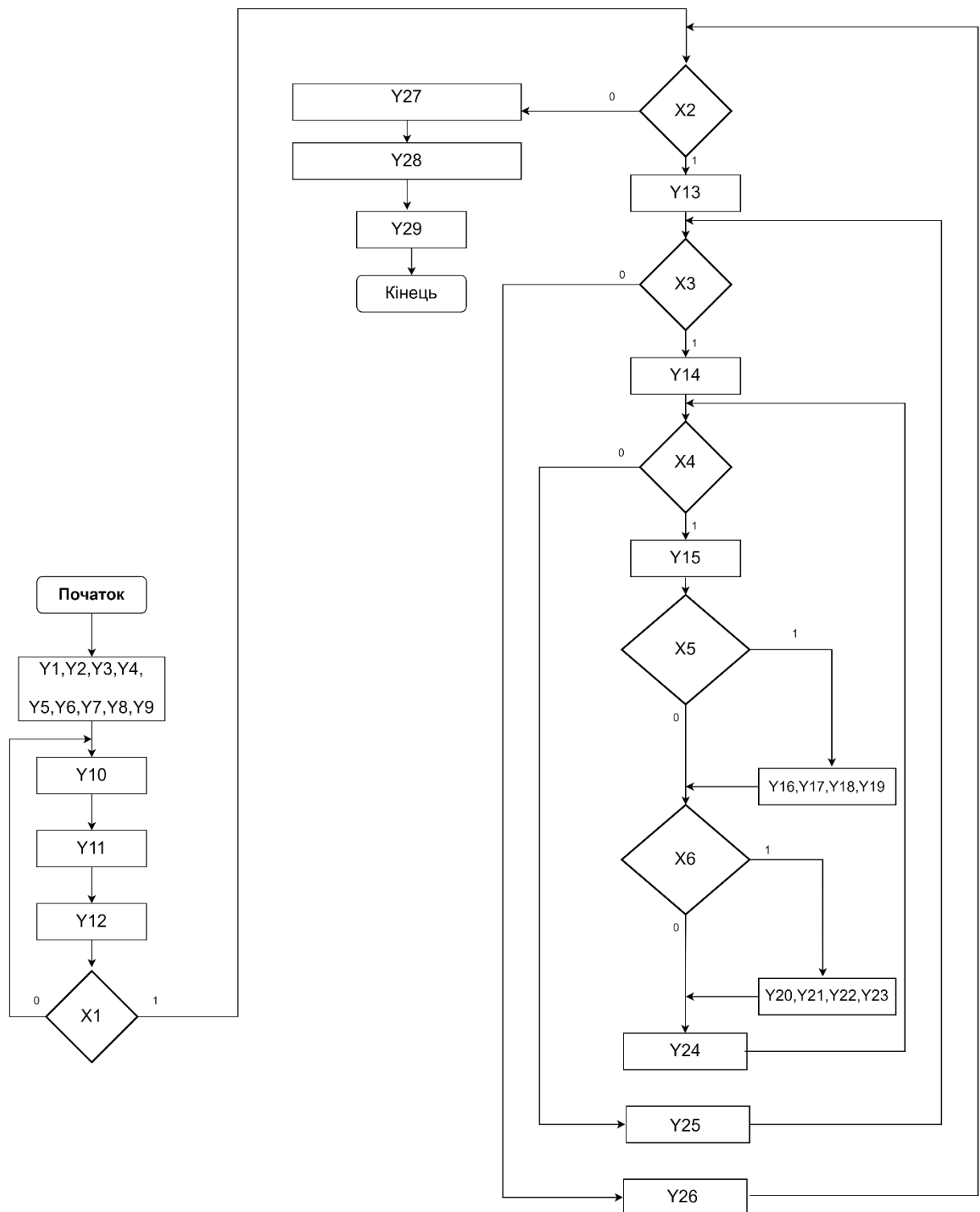


1.2. Таблиця кодування вершин

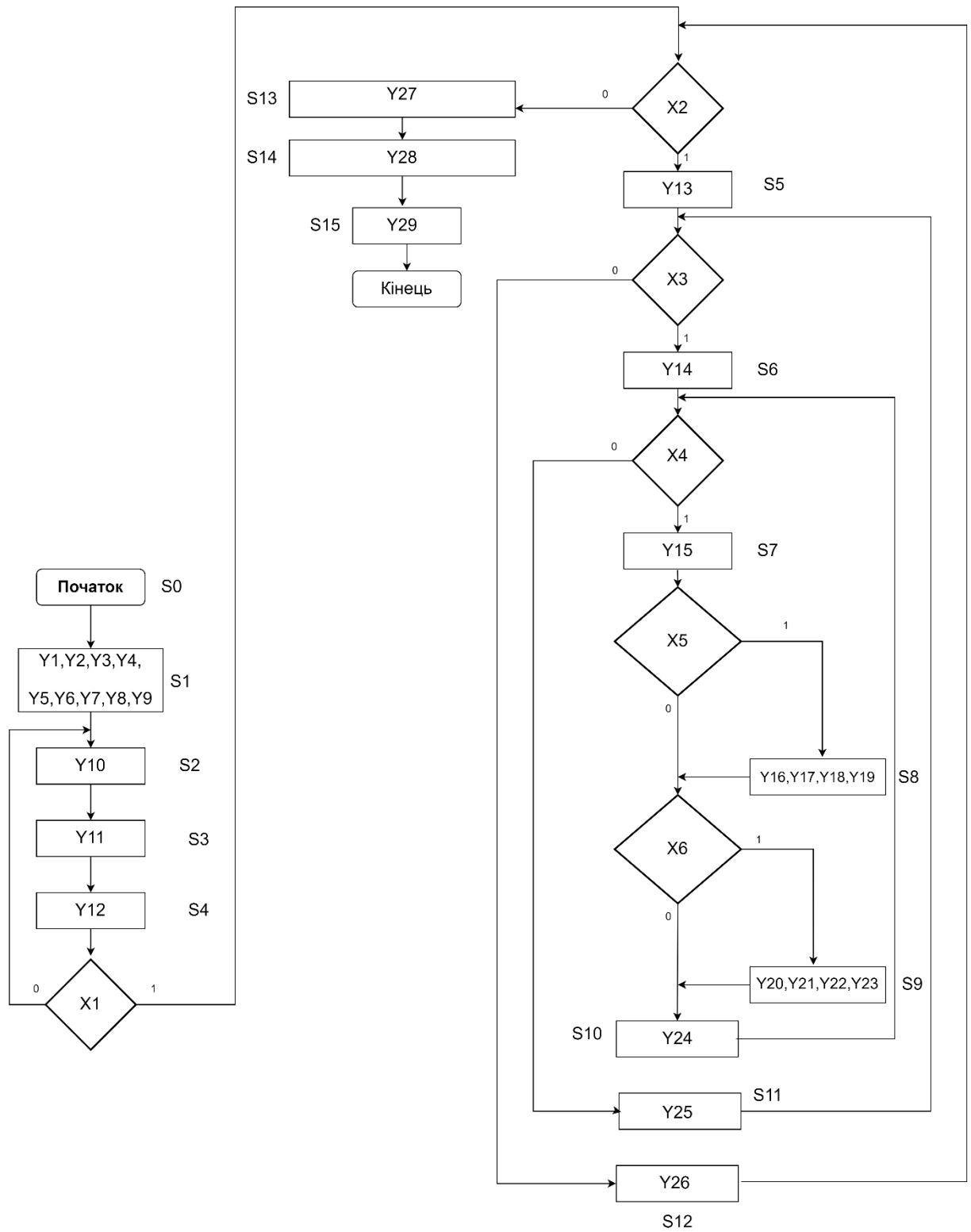
| Код | Зміст | Примітка |
|-----|-------------------------|---|
| Y1 | $i = 0$ | ініціалізація лічильника виміру i масиву $\text{arr}[i][j][k]$ |
| Y2 | $A_{\max} = -10^{10}$ | ініціалізація значення максимального елементу |
| Y3 | $A_{\min} = 10^{10}$ | ініціалізація значення мінімального елементу |
| Y4 | $\text{imax}=0$ | ініціалізація індексу максимального елементу виміру i |
| Y5 | $\text{jmax}=0$ | ініціалізація індексу максимального елементу виміру j |
| Y6 | $\text{kmax}=0$ | ініціалізація індексу максимального елементу виміру k |
| Y7 | $\text{imin}=0$ | ініціалізація індексу мінімального елементу виміру i |
| Y8 | $\text{jmin}=0$ | ініціалізація індексу мінімального елементу виміру j |
| Y9 | $\text{kmin}=0$ | ініціалізація індексу мінімального елементу виміру k |
| Y10 | n | завантаження до відповідного регістру розрядність виміру k масиву $\text{arr}[i][j][k]$ |
| Y11 | m | завантаження до відповідного регістру розрядність виміру j масиву $\text{arr}[i][j][k]$ |
| Y12 | p | завантаження до відповідного регістру розрядність виміру i масиву $\text{arr}[i][j][k]$ |
| Y13 | $j = 0$ | ініціалізація лічильника виміру j масиву $\text{arr}[i][j][k]$ |
| Y14 | $k = 0$ | ініціалізація лічильника виміру k масиву $\text{arr}[i][j][k]$ |
| Y15 | $A[i][j][k]$ | завантаження до відповідного регістру значення елемента масиву A |
| Y16 | $\text{imax}=i$ | переініціалізація індексу максимального елементу виміру i |
| Y17 | $\text{jmax}=j$ | ініціалізація індексу максимального елементу виміру j |
| Y18 | $\text{kmax}=k$ | ініціалізація індексу максимального елементу виміру k |
| Y19 | $A_{\max} = A[i][j][k]$ | Перевизначення максимального елементу на поточний |
| Y20 | $\text{imin}=i$ | ініціалізація індексу мінімального елементу виміру i |
| Y21 | $\text{jmin}=j$ | ініціалізація індексу мінімального елементу виміру j |
| Y22 | $\text{kmin}=k$ | ініціалізація індексу |

| | | |
|-----|--|---|
| | | мінімального елементу виміру k |
| Y23 | $A_{\min} = A[i][j][k]$ | Перевизначення мінімального елементу на поточний |
| Y24 | $k=k+1$ | перехід до дослідження наступного елемента виміру k |
| Y25 | $j=j+1$ | перехід до дослідження наступного елемента виміру j |
| Y26 | $i=i+1$ | перехід до дослідження наступного елемента виміру i |
| Y27 | $A[i_{\max}][j_{\max}][k_{\max}] = A_{\min}$ | Заміна найменшого значення на найбільше |
| Y28 | $A[i_{\max}][j_{\max}][k_{\max}] = A_{\min}$ | Заміна найбільшого значення на найменше |
| Y29 | $A[i][j][k]$ Out | Виведення зміненого масиву |
| X1 | $n+m+p > 0$ | умовна вершина: так – розмір вхідного масиву додатній, ні – перевизначення розміру масива |
| X2 | $i < p$ | умовна вершина: так – дослідження чергового елемента масиву A виміру i, ні – всі елементи масиву A досліджені |
| X3 | $j \leq m$ | умовна вершина: так – дослідження чергового елемента масиву A виміру j, ні – всі елементи масиву A досліджені |
| X4 | $k \leq n$ | умовна вершина: так – дослідження чергового елемента масиву A виміру k, ні – всі елементи масиву A досліджені |
| X5 | $A[i][j][k] > A_{\max}$ | умовна вершина: так – елемент масиву більше за максимальний, ні – елемент менше |
| X6 | $A[i][j][k] < A_{\min}$ | умовна вершина: так – елемент масиву менше за мінімальний, ні – елемент більше |

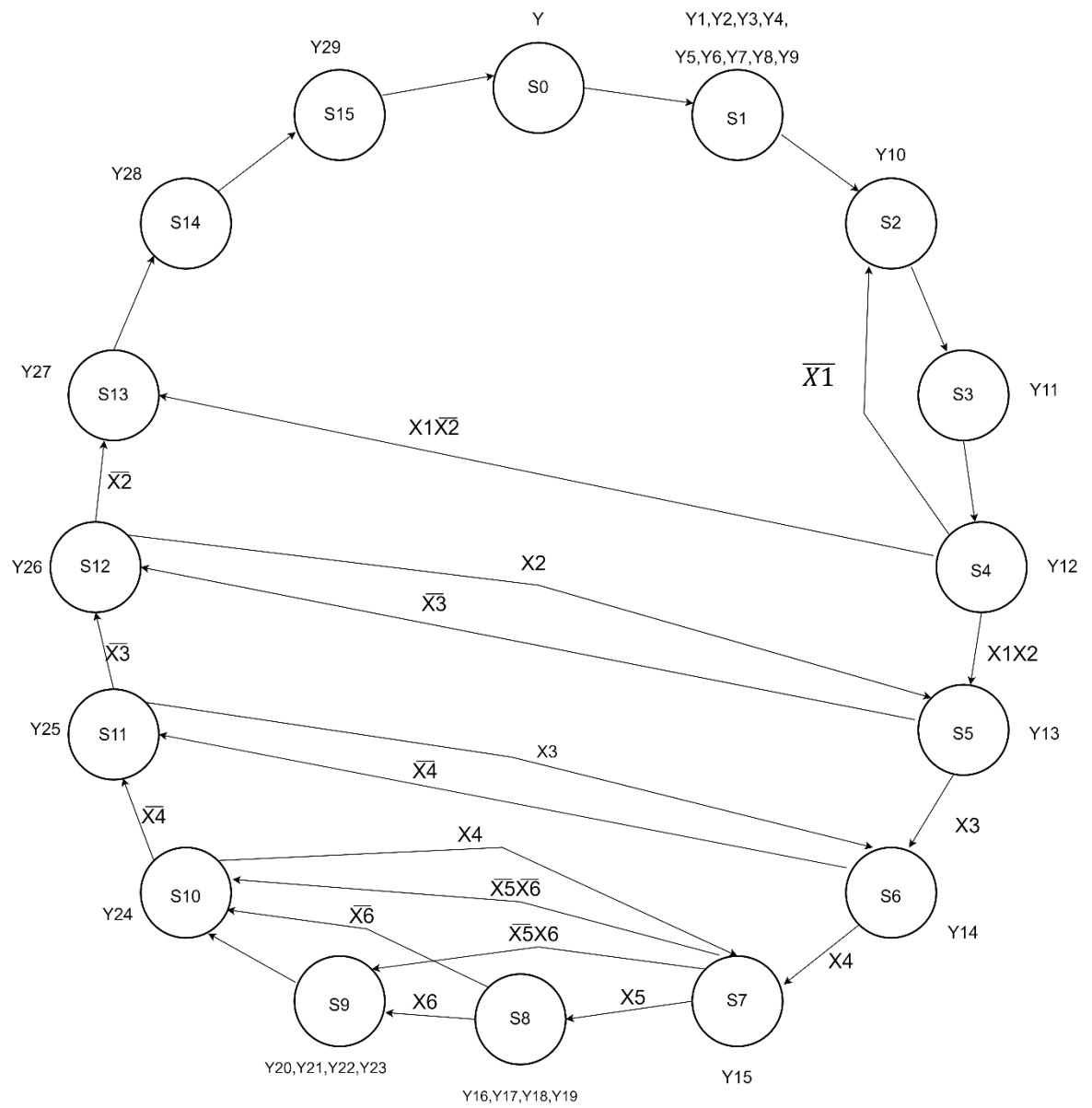
1.3. Закодована мікроопераційна схема алгоритму



1.4. Відмічена ГСА



1.5. Граф-схема переходів



1.6. Прямая таблица переходів-виходів автомата Мура

| Початковий стан sm | Y (вихідний сигнал, що виробляється при переході) | Стан переходу sk | X (умова переходу) |
|-----------------------|---|---------------------|-----------------------|
| S0 | - | S1 | Clk |
| S1 | Y1,Y2,Y3,Y4, Y5,Y6,Y7,Y8,Y9 | S2 | Clk |
| S2 | Y10 | S3 | Clk |
| S3 | Y11 | S4 | Clk |
| S4 | Y12 | S2 | $\overline{X1}$ |
| | | S5 | $X1X2$ |
| | | S13 | $X1X2$ |
| S5 | Y13 | S6 | X3 |
| | | S12 | $\overline{X3}$ |
| S6 | Y14 | S7 | X4 |
| | | S11 | $\overline{X4}$ |
| S7 | Y15 | S8 | X5 |
| | | S9 | $\overline{X5X6}$ |
| | | S10 | $\overline{X5X6}$ |
| S8 | Y16,Y17,Y18,Y19 | S9 | X6 |
| | | S10 | $\overline{X6}$ |
| S9 | Y20,Y21,Y22,Y23 | S10 | Clk |
| S10 | Y24 | S7 | X4 |
| | | S11 | $\overline{X4}$ |
| S11 | Y25 | S6 | X3 |
| | | S12 | $\overline{X3}$ |
| S12 | Y26 | S5 | X2 |
| | | S13 | $\overline{X2}$ |
| S13 | Y27 | S14 | Clk |
| S14 | Y28 | S15 | Clk |
| S15 | Y29 | S0 | Clk |

1.7. Зворотня таблиця переходів-виходів автомата Мура

| Початковий стан sm | Y (вихідний сигнал, що виробляється при переході) | Стан переходу sk | X (умова переходу) |
|-----------------------|---|---------------------|-----------------------|
| S0 | Y1,Y2,Y3,Y4, Y5,Y6,Y7,Y8,Y9 | S1 | Clk |
| S1 | Y10 | S2 | Clk |
| S4 | | | $\overline{X1}$ |
| S2 | Y11 | S3 | Clk |
| S3 | Y12 | S4 | Clk |
| S4 | Y13 | S5 | X1X2 |
| S12 | | | X2 |
| S5 | Y14 | S6 | X3 |
| S11 | | | |
| S10 | Y15 | S7 | X4 |
| S6 | | | |
| S7 | Y16,Y17,Y18,Y19 | S8 | X5 |
| S7 | Y20,Y21,Y22,Y23 | S9 | $\overline{X5X6}$ |
| S8 | | | X6 |
| S7 | Y24 | S10 | $\overline{X5X6}$ |
| S8 | | | $\overline{X6}$ |
| S9 | | | Clk |
| S6 | Y25 | S11 | $\overline{X4}$ |
| S10 | | | |
| S5 | Y26 | S12 | $\overline{X3}$ |
| S11 | | | |
| S4 | Y27 | S13 | X1 $\overline{X2}$ |
| S12 | | | $\overline{X2}$ |
| S13 | Y28 | S14 | Clk |
| S14 | Y29 | S15 | Clk |
| S15 | Y29 | S0 | Clk |

$$M = 16$$

$$m = \lceil \log_2 M \rceil = \lceil \log_2 16 \rceil = 4$$

| | | | | |
|------|-----|-----|-----|----|
| Q4 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Q3 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Q1Q2 | | | | |
| 00 | S0 | S1 | S2 | S3 |
| 01 | S13 | S15 | S14 | S4 |
| 11 | S12 | S9 | S10 | S5 |
| 10 | S11 | S8 | S7 | S6 |

S0 - 0000
 S1 – 0001
 S2 – 0011
 S3 – 0010
 S4 – 0110
 S5 – 1110
 S6 – 1010
 S7 – 1011
 S8 – 1001
 S9 – 1101
 S10 – 1111
 S11 – 1000
 S12 – 1100
 S13 – 0100
 S14 – 0111
 S15 - 0101

| Початковий стан sm | K(sm) | Y (вихідний сигнал, що виробляється при переході) | Стан переходу sk | K(sk) | X (умова переходу) | ФЗ |
|--------------------|-------|---|------------------|-------|------------------------------|-------|
| S0 | 0000 | Y1,Y2,Y3,Y4, Y5,Y6,Y7,Y8,Y9 | S1 | 0001 | Clk | T4 |
| S1 | 0001 | Y10 | S2 | 0011 | Clk | T3 |
| S4 | 0110 | | | | $\overline{X1}$ | T2,T4 |
| S2 | 0011 | Y11 | S3 | 0010 | Clk | T4 |
| S3 | 0010 | Y12 | S4 | 0110 | Clk | T2 |
| S4 | 0110 | Y13 | S5 | 1110 | X1X2 | T1 |
| S12 | 1100 | | | | X2 | T3 |
| S5 | 1110 | Y14 | S6 | 1010 | X3 | T2 |
| S11 | 1000 | | | | | T3 |
| S10 | 1111 | Y15 | S7 | 1011 | X4 | T2 |
| S6 | 1010 | | | | | T4 |
| S7 | 1011 | Y16,Y17,Y18,Y19 | S8 | 1001 | X5 | T3 |
| S7 | 1011 | Y20,Y21,Y22,Y23 | S9 | 1101 | $\overline{X5}X6$ | T2,T3 |
| S8 | 1001 | | | | X6 | T2 |
| S7 | 1011 | Y24 | S10 | 1111 | $\overline{X5}X\overline{6}$ | T2 |
| S8 | 1001 | | | | $\overline{X6}$ | T2,T3 |
| S9 | 1101 | | | | Clk | T3 |

| | | | | | | |
|-----|------|-----|-----|------|-------------------|----------|
| S6 | 1010 | Y25 | S11 | 1000 | $\overline{X4}$ | T3 |
| S10 | 1111 | | | | | T2,T3,T4 |
| S5 | 1110 | Y26 | S12 | 1100 | $\overline{X3}$ | T3 |
| S11 | 1000 | | | | | T2 |
| S4 | 0110 | Y27 | S13 | 0100 | $X1\overline{X2}$ | T3 |
| S12 | 1100 | | | | $\overline{X2}$ | T1 |
| S13 | 0100 | Y28 | S14 | 0111 | Clk | T3T4 |
| S14 | 0111 | Y29 | S15 | 0101 | Clk | T3 |
| S15 | 0101 | - | S0 | 0000 | Clk | T2T4 |

$$T1 = S4X1X2 + S12\overline{X2}$$

$$T2 = S4\overline{X1} + S3 + S5X3 + S7\overline{X5} + S8 + S10 + S11\overline{X3} + S15$$

$$T3 = S1 + S12X2 + S11X3 + S7X5 + S7\overline{X5}X6 + S8\overline{X6} + S9 + S10\overline{X4} + S5\overline{X3} + S4X1\overline{X2} + S13 + S14$$

$$T4 = S0 + S4\overline{X1} + S2 + S6X4 + S10\overline{X4} + S13 + S15$$

$$Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8, Y9 = S1$$

$$Y10 = S2$$

$$Y11 = S3$$

$$Y12 = S4$$

$$Y13 = S5$$

$$Y14 = S6$$

$$Y15 = S7$$

$$Y16, Y17, Y18, Y19 = S8$$

$$Y20, Y21, Y22, Y23 = S9$$

$$Y24 = S10$$

$$Y25 = S11$$

$$Y26 = S12$$

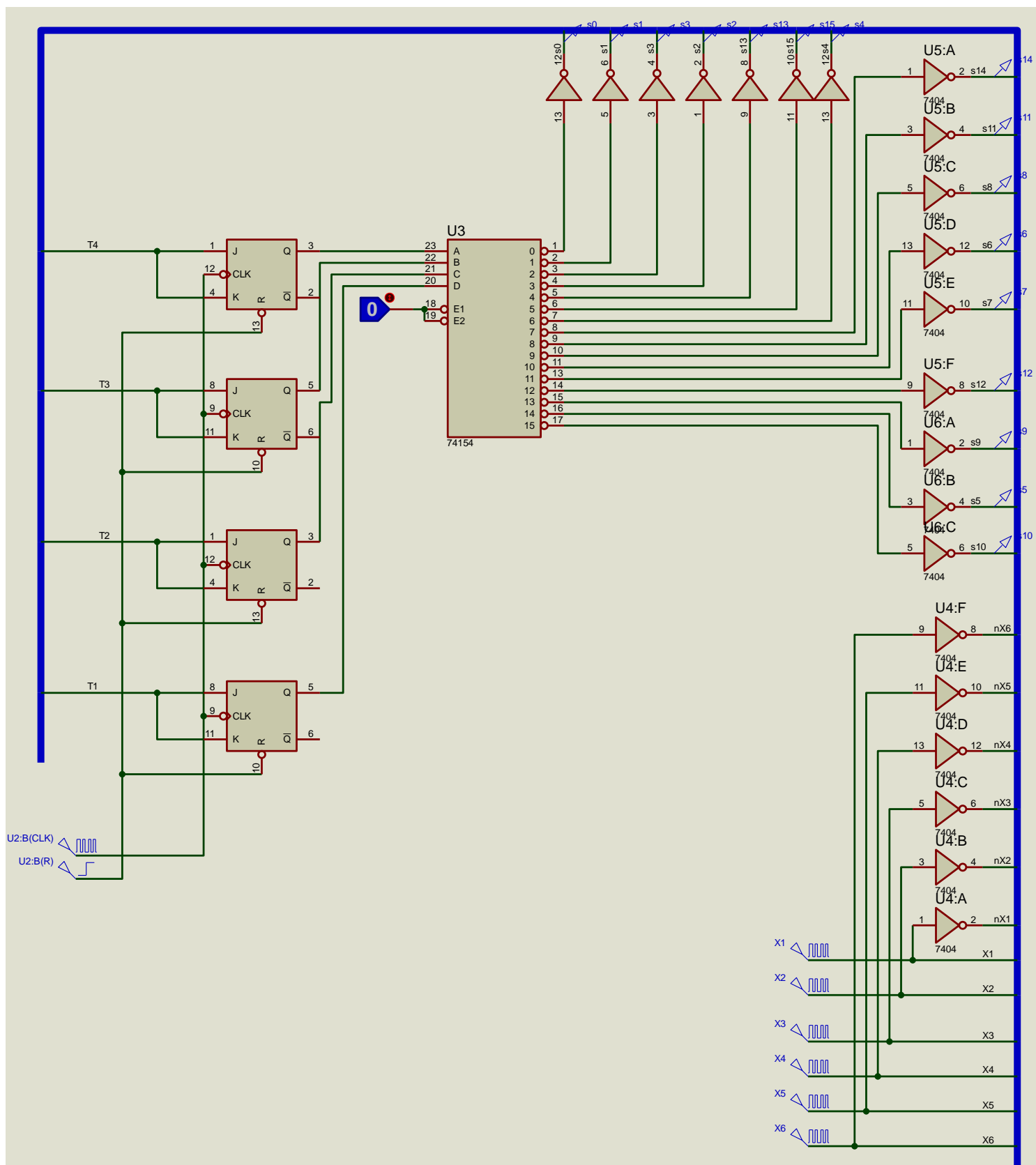
$$Y27 = S13$$

$$Y28 = S14$$

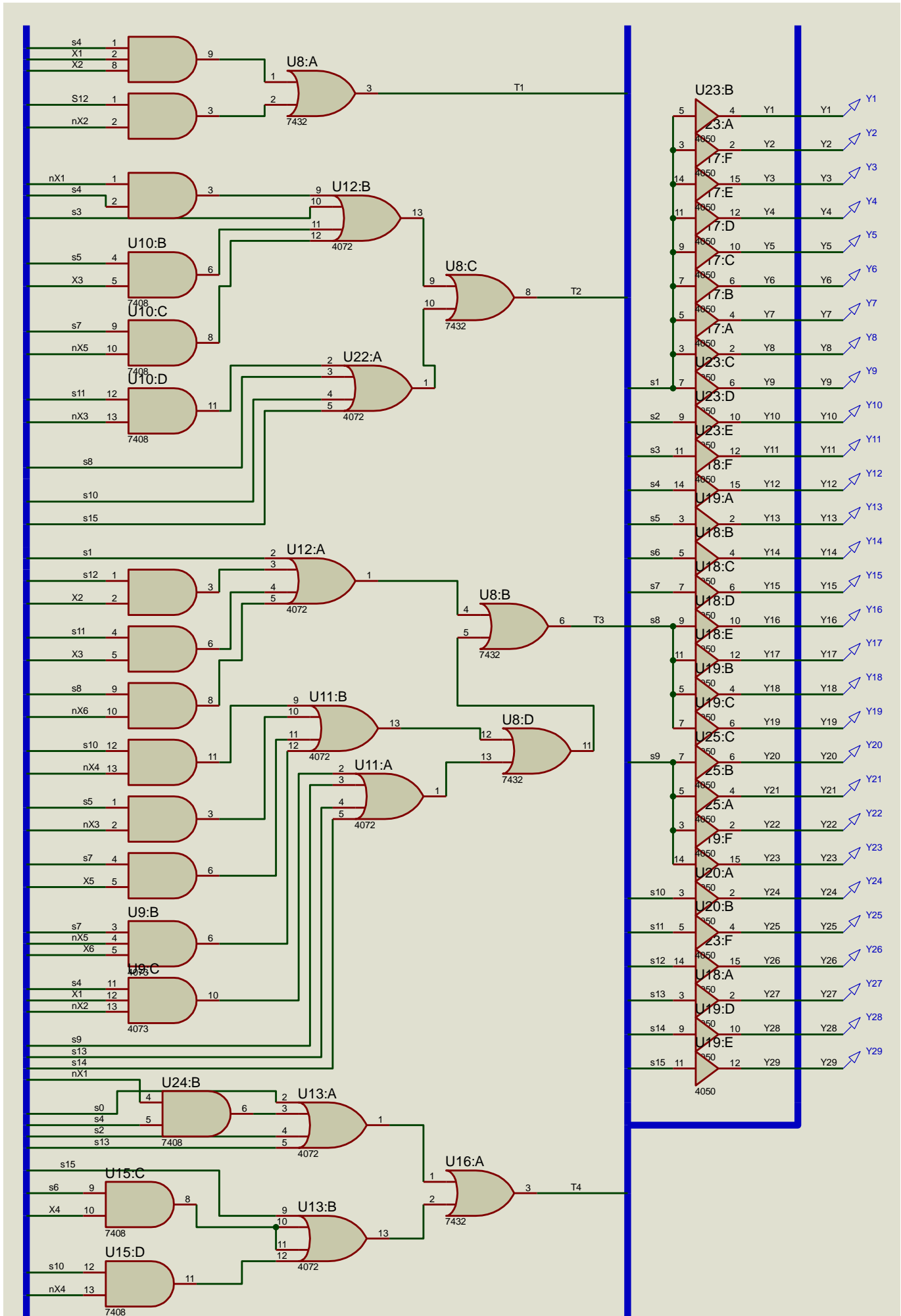
$$Y29 = S15$$

2. Проаналізуйте отриману функціональну схему керуючого автомата у Proteus. Переконайтесь у правильності її роботи.

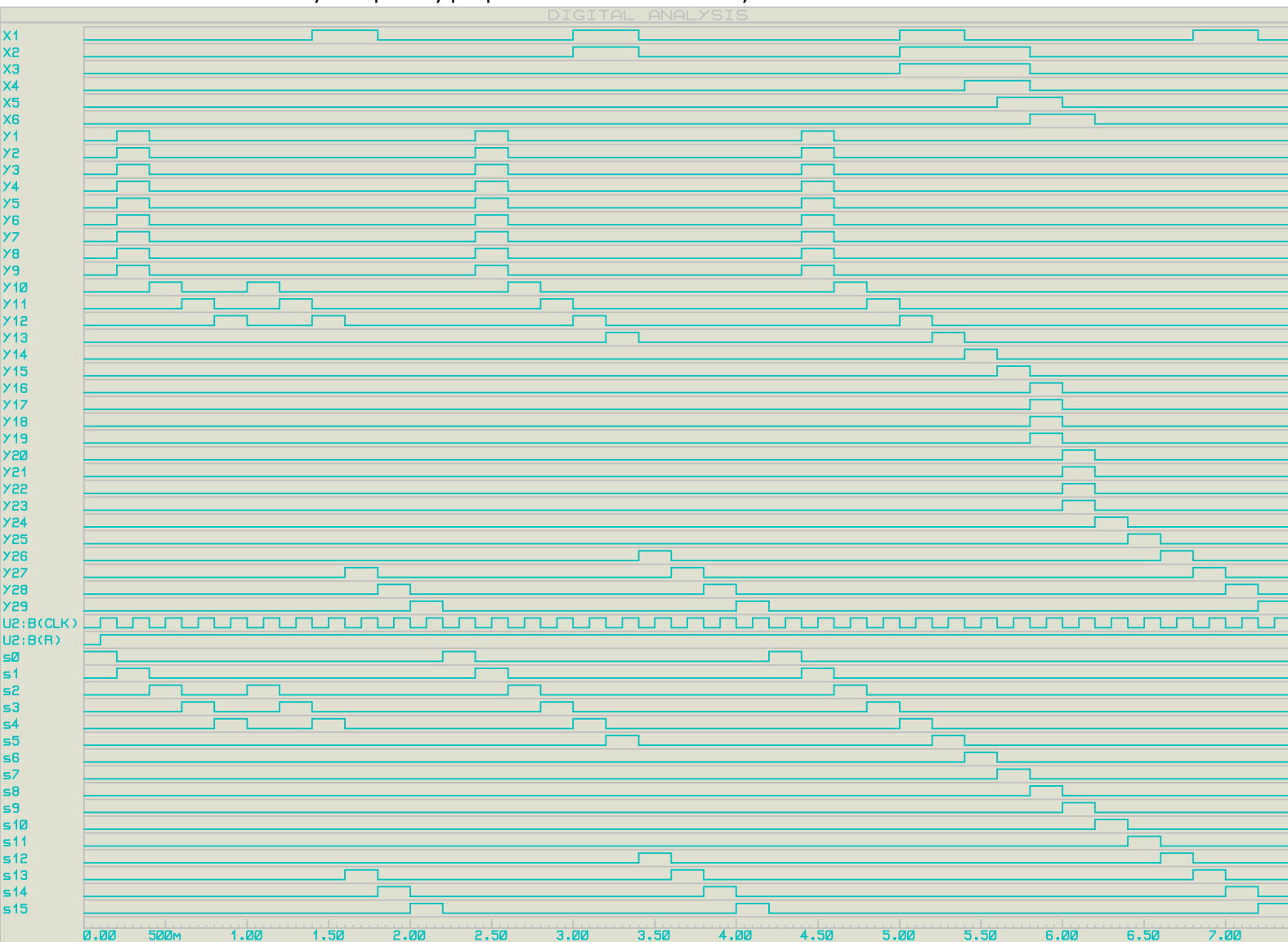
Частина функціональної схеми автомата Мура, що складається з комірок пам'яті (JK тригери у режимі роботи Т тригера), дешифратор (74145) та кодування умовних вершин



Частини функціональної схеми автомата Мура, що складається з комбінаційної схеми визначення функцій виходів та комбінаційної схеми визначення функцій переходів.



3. Виведіть відповідні графіки для вхідних та вихідних сигналів, що будуть в повній мірі описувати роботу розробленого Вами автомату.



Висновок: в даній лабораторній роботі провела структурний синтез керуючого автомата Мура, а також зби́рала його схему в Proteus і перевірила коректність її роботи.

Контрольні питання:

1. Дайте визначення цифрового автомату.

пристрій, що характеризується набором внутрішніх станів в яке він потрапить під дією команд закладеної в нього програми. Перехід автомата з одного стану в інший здійснюється в певний момент часу.

2. З яких етапів складається структурний синтез цифрового автомата Мура?

Етапи проектування

- Побудова змістовної схеми алгоритму.

- Побудова блок-схеми закодованого мікроалгоритму.
- Побудова граф-схеми переходів автомата Мура.
- Побудова таблиць переходів-виходів автомата Мура.
- Кодування станів автомата.
- Побудова структурної таблиці переходів-виходів автомата Мура.
- Визначення системи рівнянь переходів.
- Визначення системи рівнянь виходів.
- Побудова функціональної схеми автомата.

3. Чим відрізняється автомат Мілі від автомата Мура?

Автомати Мілі та Мура відрізняються законами функціонування автомата

Для Мілі це рівняння :

$$a(t+1) = \delta(a(t), z(t));$$

$$w(t) = \lambda(a(t), z(t)),$$

$$t = 0, 1, 2, \dots$$

Для Мура:

- $a(t+1) = \delta(a(t), z(t));$

- $w(t) = \lambda(a(t)),$

- $t = 0, 1, 2, \dots$

Тобто множина вихідних значень у автомата Мілі від множини вхідних значень, а у автомата Мура ні.

4. RS-тригер є автоматом Мура?

Так, бо вихідні значення залежать тільки від стану автомата.

5. Навіщо використано дешифратор в схемі на рис. 7.7?

Для кодування всіх станів автомата.