

<https://vk.com/acs20>

Лабораторная работа № 3

Выполнение микроопераций в
регистрах

Операционное устройство. Принцип микропрограммного управления

ЭВМ – совокупность взаимосвязанных операционных устройств (ОУ).
Процессор, АЛУ, контроллеры внешних устройств – все это ОУ.

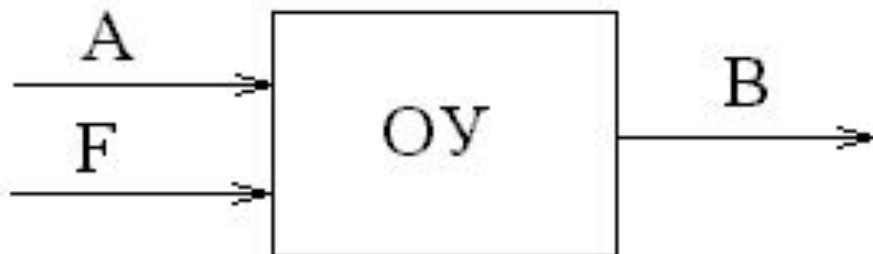


Рисунок 1 - Операционное устройство

Таблица переходов четырехразрядного счетчика содержит $2^n = 2^4 = 16$ строк

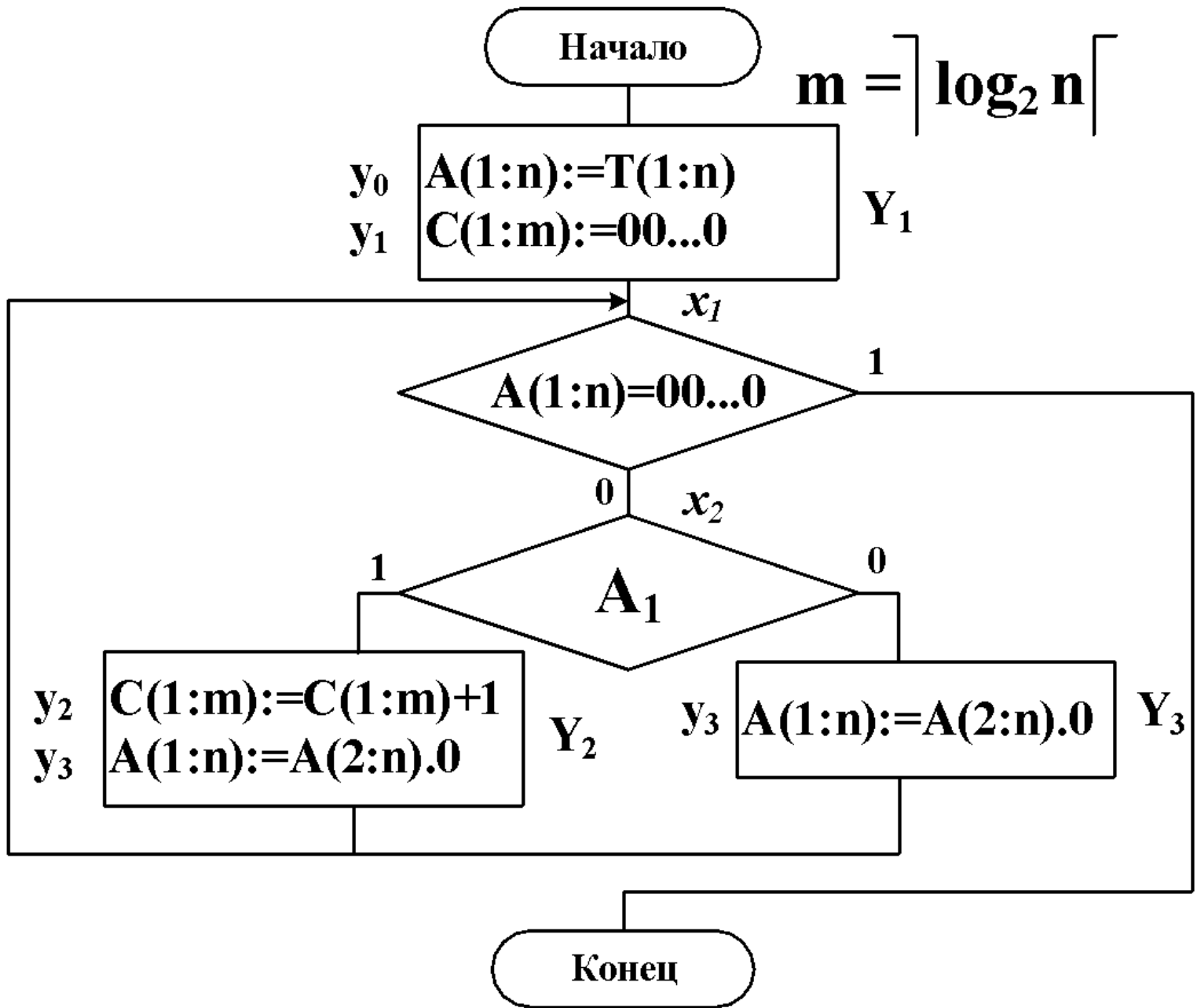
Q^t	Q^{t+1}
0000	0001
0001	0010
0010	0011
...	...
1111	0000

А если $n=32$ или 64 ? – ЭВМ обрабатывает многоразрядные слова!

Принцип микропрограммного управления

Каждая сложная операция обработки данных (например, подсчет числа единиц в слове А) реализуется как микропрограмма.

Микропрограмма – это последовательность элементарных операций. Каждая i -ая элементарная операция инициируется соответствующим сигналом y_i и выполняется ОА за один такт.



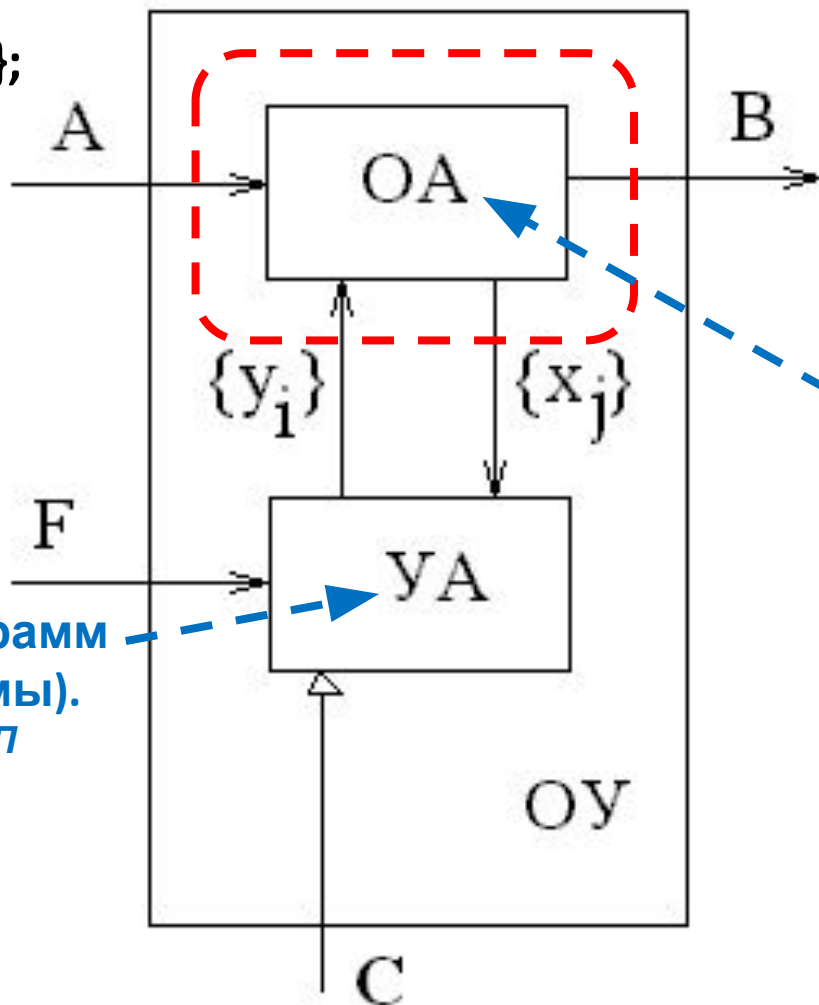
ОУ строится как совокупность операционного автомата (ОА) и управляющего автомата (УА)

$$x_j \in \{0,1\}; \quad y_i \in \{0,1\};$$

УА инициирует выполнение микроопераций в ОА, вырабатывая управляющие сигналы y_i .

Микропрограммы (алгоритмы).
Конкретная МП выбирается сигналом из множества F

УА анализирует осведомительные сигналы x_j для осуществления разветвлений в микропрограмме



ОА выполняет микрооперации (y_i) над входными словами A с получением результата B

Операционные элементы: сдвиговые регистры, счетчики, сумматоры, шины, комбинационные схемы.

ОА вырабатывает осведомительные сигналы о результатах микроопераций (x_j)

Рисунок 2 - Схема взаимодействия операционного и управляющего автоматов

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение принципов структурной и функциональной организации регистров, методов выполнения микроопераций сброса, установки кода, приема кода и сдвига, а также формирования осведомительных сигналов.

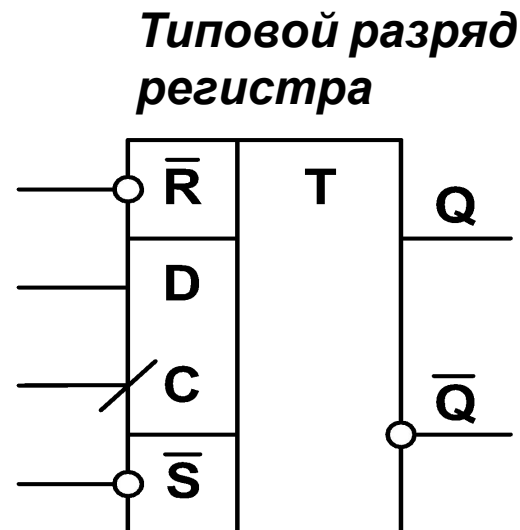
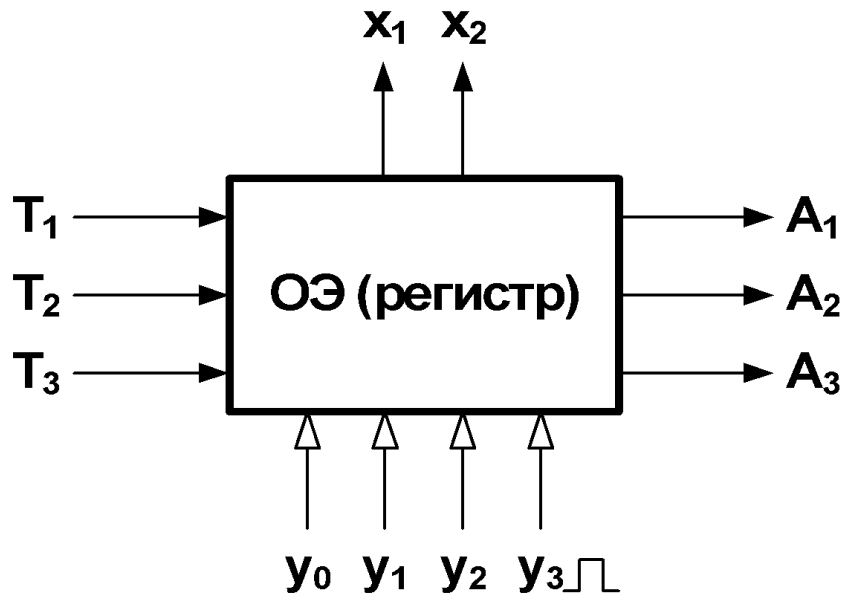
2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задание предусматривает проектирование трехразрядного регистра, выполняющего микрооперации сброса, установки кода, приема кода с регистра переключателей, микрооперацию сдвига, а также синтез схем формирования осведомительных сигналов, отражающих состояние регистра. Разработанная схема должна быть собрана и отлажена на макете L-T. Вариант задания представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Вариант задания

№ вар.	Тип триггера	Устанавливаемые коды	МО приема кода	Количество тактов приема, установки кода	Тип сдвига	Направление сдвига	Осведомительный сигнал
1	D	000 001	$A(1:3) := T(1:3)$	2	C	L	$A(1:3) = 001$ $A(1:3) \leq 101$

3. МОДЕЛЬ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ОПЕРАЦИОННОГО ЭЛЕМЕНТА (ОЭ)



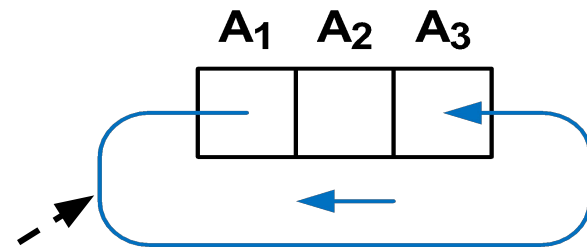
Список микроопераций, выполняемых ОЭ:

y_0 : $A(1:3) := 000$ (сброс);

y_1 : $A(1:3) := 001$ (установка кода – 2 такта);

y_2 : $A(1:3) := T(1:3)$ (прием кода – 2 такта);

y_3 : $A(1:3) := A(2:3).A_1$ (сдвиг влево циклич. на 1 разряд).



Осведомительные сигналы

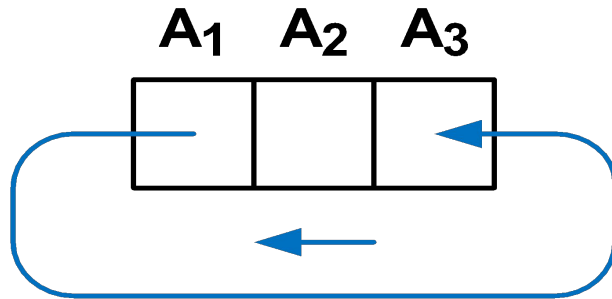
$x_1 = (A(1:3) = 001)$;

$x_2 = (A(1:3) \leq 101)$.

Варианты микрооперации

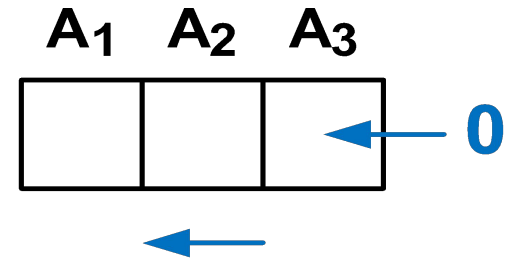
сдвига

Циклический влево (C, L)



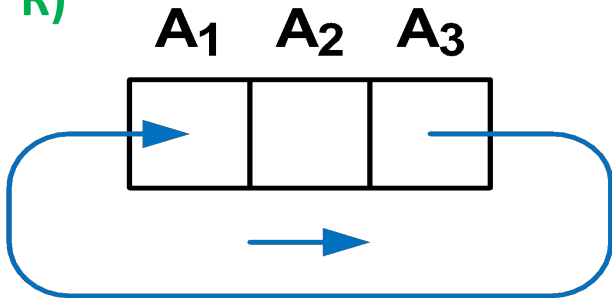
$$y_3: A(1:3) := A(2:3).A_1$$

Логический влево (L, L)



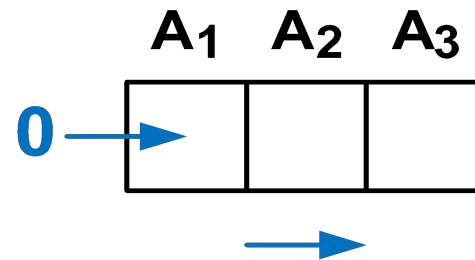
$$y_3: A(1:3) := A(2:3).0$$

Циклический вправо (C, R)



$$y_3: A(1:3) := A_3.A(1:2)$$

Логический вправо (L, R)

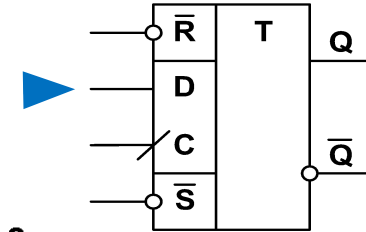


$$y_3: A(1:3) := 0.A(1:2)$$

4. РАЗРАБОТКА ТЕСТОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СХЕМЫ

Таких (типовых) разрядов для трехразрядного регистра нужно три

Таблица состояний операционного элемента (регистра)



Входы триггеров должны зависеть от управляющих сигналов y_i

y	R_1	R_2	R_3	S_1	S_2	S_3	D_1	D_2	D_3	C_1	C_2	C_3	1 такт (подготов.)			2 такт (основной)			x_1	x_2
													A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3		
y_0	1	1	1				X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	1
y_1	1	1				1	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0	1	1	1
y_2	\bar{T}_1	\bar{T}_2	\bar{T}_3	T_1	T_2	T_3	X	X	X	X	X	X	0	0	0	T_1	T_2	T_3	$f(A)$	$f(A)$
y_3							A_2	A_3	A_1	\downarrow	\downarrow	\downarrow	0	0	1	0	1	0	$f(A)$	$f(A)$
													0	1	0	1	0	0		
													1	0	0	0	0	1		

При разработке устройств вычислительной техники рассматриваются два критерия эффективности,

противоречащих друг другу:

стоимость (аппаратная

сложность) и быстродействие.

Для упрощения функций

возбуждения R-входов,

микрооперации установки и приема

кода выполняются за **2 такта**.

Установка:

1 такт – y_0 (сброс: $R_i = 1$);

2 такт – y_1 (установка единиц:

$S_3 = 1$).

Прием:

1 такт – y_0 (сброс: $R_i = 1$);

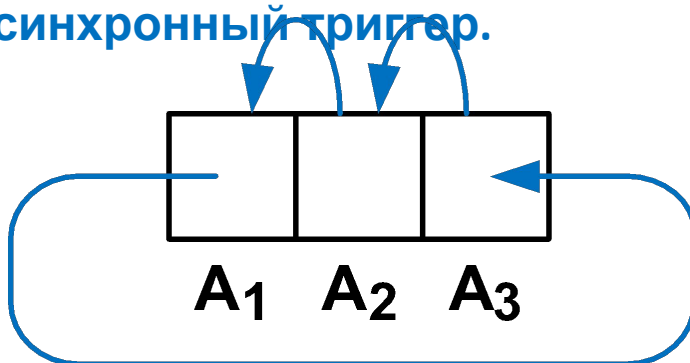
2 такт – y_2 (прием единиц: $S_i = T_i$).

Вопрос: «Зачем использовать RS-входы триггера, ведь операции установки и приема кода можно делать и по D-входам?»

Ответ: «Чтобы разгрузить D-входы (сделать функции возбуждения D-входов проще)».

Вопрос: «Почему микрооперации установки и приема кода можно сделать по RS-входам (они асинхронные), а операцию сдвига нужно делать обязательно на синхронном триггере (здесь – D-триггере)?»

Ответ: «В микрооперациях установки и приема кода триггеры (разряды) регистра являются только приемниками информации (принимают сигналы извне). В операции сдвига в одном и том же такте каждый триггер является и источником и приемником информации (бит передается с триггера на триггер). За 1 такт должен осуществиться 1 сдвиг. Чтобы отсчитать 1 такт (1 сдвиг) и нужен синхронный триггер.»



Исходное состояние

0	0	1
---	---	---

1 такт

0	1	0
---	---	---

2 такт

1	0	0
---	---	---

3 такт

0	0	1
---	---	---

5. РАЗРАБОТКА И МАКЕТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОЭ

Построение функций возбуждения входов триггеров и функций для вычисления осведомительных сигналов.

Для однотоктной установки функции возбуждения R-входов были бы достаточно сложными:

$$\begin{aligned} \overline{R_1} &= \overline{y_0 \vee y_1 \vee y_2 T_1} ; & 1 & \text{такт} \\ \overline{R_2} &= \overline{y_0 \vee y_1 \vee y_2 T_2} ; & \text{такт} & \\ \overline{R_3} &= \overline{y_0 \vee y_2 T_3} ; & \text{такт} & \end{aligned}$$

y	R ₁	R ₂	R ₃	S ₁	S ₂	S ₃	D ₁	D ₂	D ₃	C ₁	C ₂	C ₃
y ₀	1	1	1				x	x	x	x	x	x
y ₁	1	1				1	x	x	x	x	x	x
y ₂	$\overline{T_1}$	$\overline{T_2}$	$\overline{T_3}$	T ₁	T ₂	T ₃	x	x	x	x	x	x
y ₃							A ₂	A ₃	A ₁	┘	┘	┘

Функции инвертируются, т.к. R-входы в используемом триггере являются инверсными.

Из-за сложности функций не хватит проводов на макете! Критический ресурс – аппаратная сложность (стоимость) схемы.

Пришлось пожертвовать временем! Операции приема и установки кода будут двухтактными.

$$\overline{R_1} = \overline{R_2} = \overline{R_3} = \overline{y_0}$$

Функции возбуждения R-входов теперь зависят только от y₀!

$$\overline{R_1} = \overline{R_2} = \overline{R_3} = \overline{y_0}$$

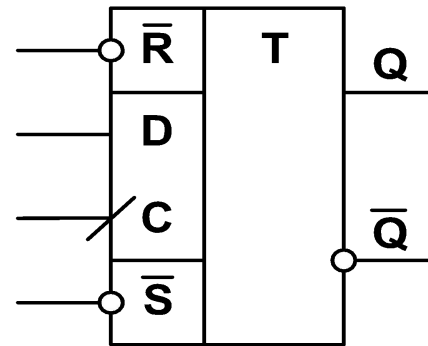
Сложность функций возбуждения S-входов не зависит от числа тактов установки.

$$\overline{S_1} = y_2 \overline{T_1};$$

$$\overline{S_2} = \overline{y_2} \overline{T_2};$$

$$\overline{S_3} = \overline{y_1 \vee y_2} \overline{T_3};$$

y	R ₁	R ₂	R ₃	S ₁	S ₂	S ₃	D ₁	D ₂	D ₃	C ₁	C ₂	C ₃
y ₀	1	1	1				x	x	x	x	x	x
y ₁						1	x	x	x	x	x	x
y ₂				T ₁	T ₂	T ₃	x	x	x	x	x	x
y ₃							A ₂	A ₃	A ₁	┌	┌	┌



$$D_1 = A_2 ;$$

$$D_2 = A_3 ;$$

$$D_3 = A_1 ;$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = y_3 c = y_3^\Gamma ;$$

Для сокращения числа проводов в схеме будем считать, что управляющий сигнал y_3^Γ снимается с выхода генератора синхроимпульсов.

По заданию с выходов операционного элемента (регистра) должны сниматься осведомительные сигналы x_j (т.е. сигналы, осведомляющие о состоянии регистра после выполнения микрооперации):

$$x_1 = (A(1:3) = 001);$$

$$x_2 = (A(1:3) \leq 101).$$

Функции для вычисления осведомительных сигналов:

$$x_1 = \overline{A_1} \overline{A_2} A_3;$$

$$x_2 = \begin{array}{c} \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline & & & \overline{A_2} \\ \hline \overline{A_1} & & & \\ \hline & & & \\ \hline & & & \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{c} \text{A}_3 \end{array} \end{array} = \overline{A_1} \vee \overline{A_2} = \overline{\overline{\overline{A_1}} \vee \overline{\overline{\overline{A_2}}}} = \overline{A_1 A_2}$$

Функцию $x_2 = \overline{A_1 A_2}$ можно получить интуитивно (не строя матрицу), учесть, что под условием $x_1 = (A(1:3) \leq 101)$ не подходят наборы 110 и 111, у которых $A_1=1$ и $A_2=1$.

Схема регистра,
построенная в
соответствии с
полученными функциями.

$$R_1 = R_2 = R_3 = y_0$$

$$\overline{S_1} = \overline{y_2 T_1};$$

$$\overline{S_2} = \overline{y_2 T_2};$$

$$\overline{S_3} = \overline{y_1 \vee y_2 T_3};$$

$$D_1 = A_2;$$

$$D_2 = A_3;$$

$$D_3 = A_1;$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = y_3 c = y_3^r;$$

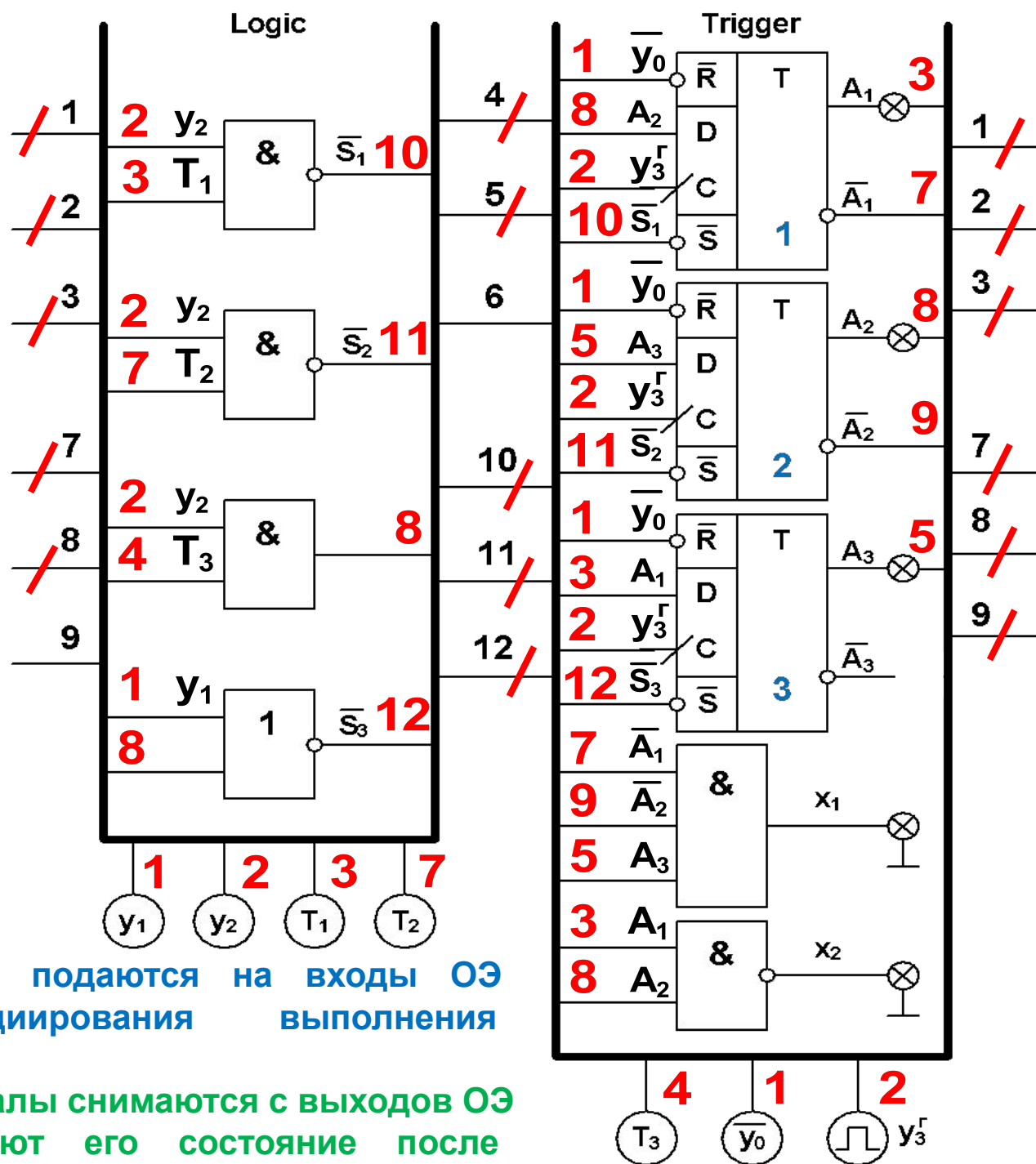
$$x_1 = \overline{A_1 A_2 A_3};$$

$$x_2 = \overline{A_1 A_2}$$

Использовали 16
проводов из 18.

Управляющие сигналы подаются на входы ОЭ
(регистра) для инициирования выполнения
микроопераций (МО).

Осведомительные сигналы снимаются с выходов ОЭ
(регистра) и характеризуют его состояние после



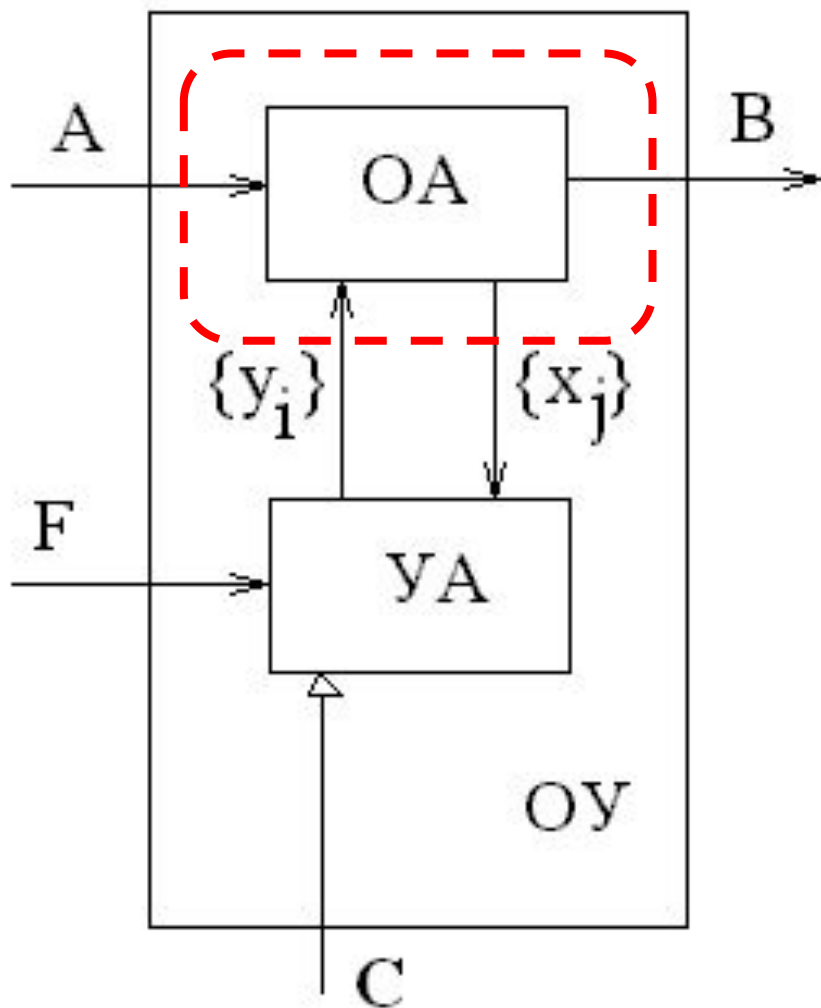


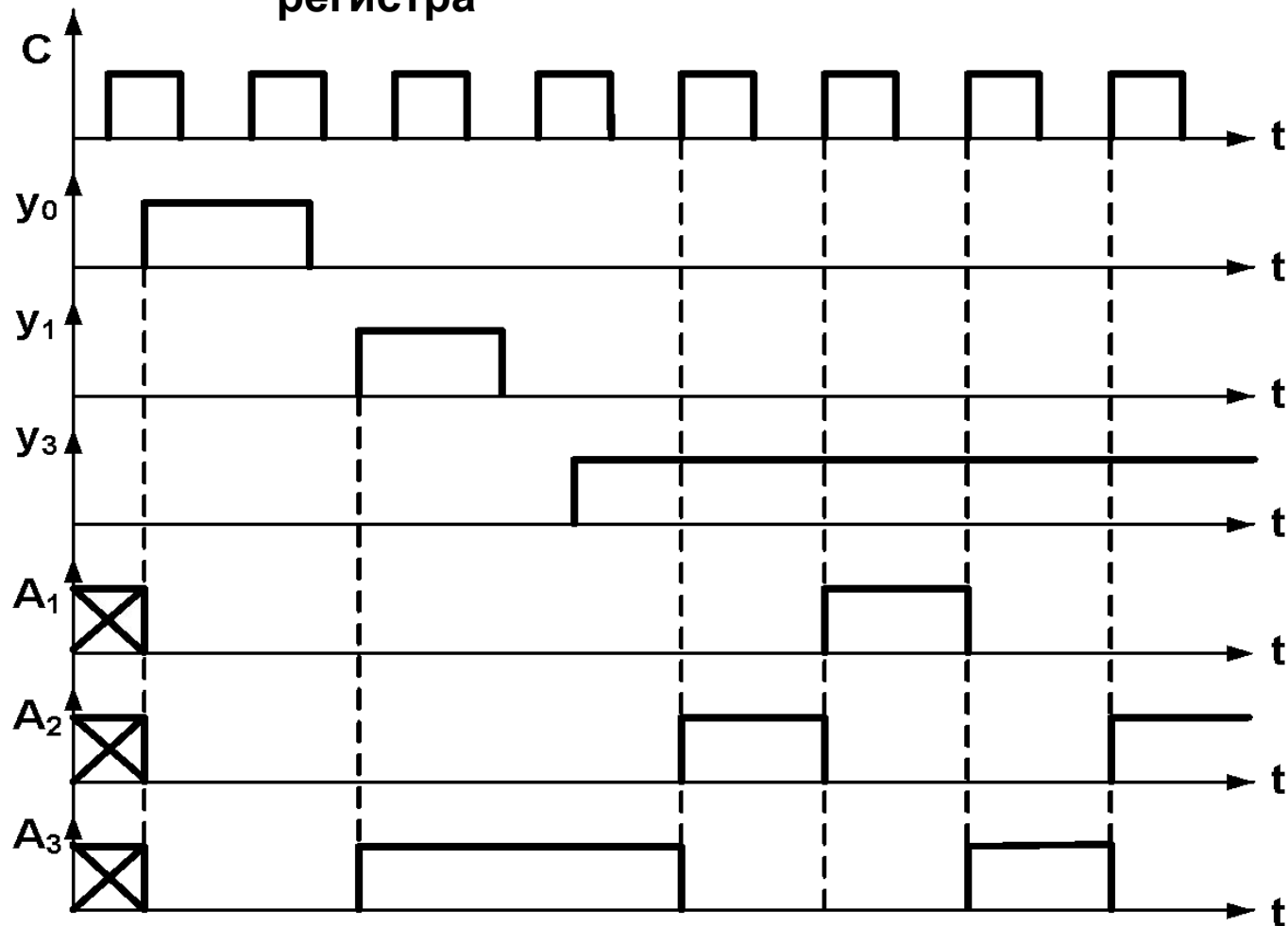
Рисунок 2 - Схема взаимодействия операционного и управляющего автоматов

В рассмотренном примере мы построили простой операционный автомат, который умеет выполнять микрооперации сброса, установки и приема кода, циклического сдвига на 1 разряд влево.

Роль управляющего автомата на лабораторной работе выполняет студент при тестировании схемы операционного автомата (подает в схему управляющие сигналы и анализирует осведомительные сигналы).

6. ТЕСТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ОЭ (РЕГИСТРА)

Временные диаграммы работы регистра



$$y_3^C = y_3^\Gamma;$$

Далее в этом пункте (шестом) описать, какие проблемы и неисправности возникли при наладке схемы на макете, их причины, и каким образом они были устранены.

ВЫВОД

Вывод по лабораторной работе должен констатировать, что достигнуты все цели работы (перечисляются), и выполнены все поставленные задачи (перечисляются).