МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
“Оренбургский государственный университет”

Кафедра вычислительной техники

И.В. ЖУКАЛИНА

ТЕОРИЯ АВТОМАТОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К КУРСОВОЙ РАБОТЕ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 230101

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
“Оренбургского государственного университета”

Оренбург 2009

УДК 004.3(076.5)
ББК 32.97я73
Ж 85

Рецензент
доктор технических наук, ст. н. с. Т. З. Аралбаев

Жукалина, И.В.
Ж 85 Теория автоматов: методические указания к курсовой работе для специальности 230101/ И.В. Жукалина. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 29 с.

Методические указания предназначены для выполнения курсовой работы по дисциплине «Теория автоматов» для студентов, обучающихся по специальности 230101.

ББК 32.97я73

© Жукалина И.В., 2009
© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

1 Задание и содержание курсовой работы..... 4
2 Общие сведения о цифровых автоматах ……...5
2.1 Модель В.М. Глушкова ……..…… 5
2.2 Виды управляющих автоматов. Структуры автоматов Мили и Мура…….7
3 Методические указания по синтезу управляющего автомата с жесткой логикой …….....10
3.1 Абстрактный синтез управляющего автомата ……10
3.1.1 Получение отмеченной граф-схемы алгоритма…….……11
3.1.2 Построение графа функционирования автомата ……..……...…12
3.1.3 Построение таблицы переходов-выходов ...……..12
3.2 Структурный синтез управляющего автомата ……14
3.2.1 Кодирование внутренних состояний ……14
3.2.2 Формирование структурной таблицы автомата ……...15
3.2.3 Формирование функций возбуждения и выходов ……15
3.2.4 Построение функциональной схемы управляющего автомата ……...15
4 Пример синтеза управляющего автомата для заданного алгоритма ……....17
Список использованных источников.....27
Приложение А Пример оформления бланка задания на курсовую работу……..28
Приложение В Функциональная схема управляющего автомата Мура (Мили)..29

1 Задание и содержание курсовой работы

Согласно заданию спроектировать управляющий цифровой автомат по заданной содержательной граф-схеме алгоритма. Проанализировать различные варианты построения комбинационной схемы ЦА и выбрать наиболее оптимальный с точки зрения аппаратурных затрат. Для данного варианта построить функциональную схему ЦА. Дать оценку конструктивной сложности ЦА. Представить рекомендации по выбору элементной базы для реализации цифрового автомата.

Исходными данными являются:

1) содержательная граф-схема алгоритма функционирования управляющего автомата;

2) тип элементов памяти и логических элементов;

3) требования к схеме автомата по стоимости и быстродействию.

Результаты курсовой работы должны быть представлены в форме пояснительной записки и графической части, содержащей функциональную схему управляющего автомата.

Общие требования к оформлению пояснительной записки и графической части курсового проекта изложены в стандарте СТП 101-00. Условные обозначения элементов цифровой техники определяет ГОСТ 2.743-91.

Курсовая работа должна содержать следующие разделы:

Содержание
1 Постановка задачи
2 Синтез управляющего автомата Мура (Мили)
2.1 Содержательная граф-схема алгоритма цифрового автомата
2.2 Кодированная и отмеченная граф-схема алгоритма цифрового автомата
2.3 Построение графа-переходов цифрового автомата
2.4 Вычисление количества элементов памяти для цифрового автомата
2.5 Кодирование состояний цифрового автомата Мура (Мили)
2.6 Построение структурной таблицы цифрового автомата
2.7 Формирование и минимизация функций возбуждения элементов памяти и функций выходов
2.8 Составление таблицы покрытия конъюнкциями системы логических уравнений
2.9 Определение элементной базы и оценка конструктивной сложности и быстродействия схемы
Список использованных источников
Заключение
Приложение А Функциональная схема цифрового автомата Мура (Мили)

2 Общие сведения о цифровых автоматах

2.1 Модель В.М. Глушкова

Согласно модели академика В.М. Глушкова цифровой автомат (ЦА) как устройство для автоматической обработки цифровой информации по заданным алгоритмам представляет собой совокупность операционного автомата (ОА) и управляющего автомата (УА).

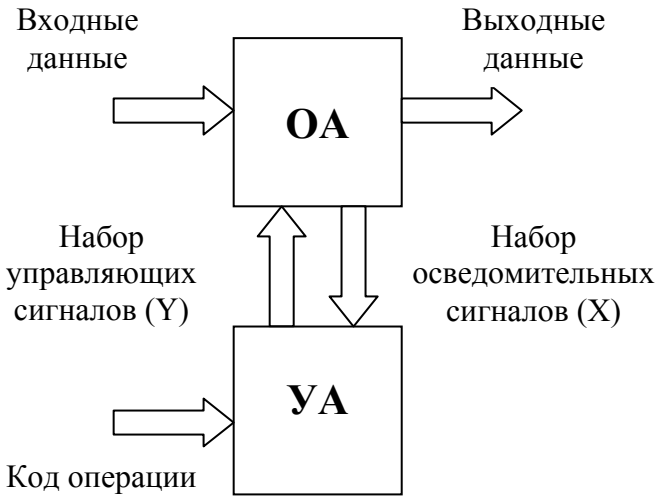


Рисунок 1 - Структура цифрового автомата

Операционный автомат служит для выполнения собственно набора требуемых операций алгоритма. Управляющий автомат задает последовательность действий по алгоритму в зависимости от условий (которые также формируются ОА как логические сигналы), т.е. координирует действия узлов ОА. Он вырабатывает в некоторой временной последовательности управляющие сигналы, под действием которых в узлах ОА выполняются требуемые действия, например, установка регистра в некоторое состояние, инвертирование содержимого разрядов регистра, пересылка содержимого одного узла в другой, сдвиг содержимого узла влево, вправо, счет, при котором число в счетчике (регистре) возрастает или убывает на единицу, сложение и т. д.

Работа автомата разбивается на такты (дискретные интервалы времени). Каждое такое элементарное действие, выполняемое в одном из узлов ОА в течение одного тактового периода, называется микрооперацией.

Совокупность микроопераций, которые могут выполняться в ОА параллельно в одном такте, называется микрокомандой. Последовательность микрокоманд, реализующих алгоритм, называется микропрограммой.

Таким образом, если в ОА предусматривается возможность исполнения n различных микроопераций, то из УА выходят n управляющих цепей, каждая из которых соответствует определенной микрооперации. И если необходимо в ОА выполнить некоторую микрооперацию, достаточно из УА по определенной управляющей цепи, соответствующей этой микрооперации, подать сигнал (например, напряжение уровня лог.1). В силу того, что УА определяет микропрограмму, т.е. какие и в какой временной последовательности должны выполняться микрооперации, он получил название микропрограммного автомата.

Формирование управляющих сигналов y_1, y_2…..y_n для выполнения микрокоманд может происходить в зависимости от состояния узлов ОА, определяемого сигналами x_1, x_2, ... , x_s , которые подаются с соответствующих выходов ОА на входы УА. Управляющие сигналы y_1, y_2…..y_n могут также зависеть от внешних сигналов x_{s+1}, …., x_L.

Для сокращения числа управляющих цепей, выходящих из УА (в тех случаях, когда оно конструктивно выполняется отдельно от операционного), микрокоманды могут кодироваться.

Результаты обработки, выполненной в ОА, снимаются с его выходов z_1, z_2, …z_m.

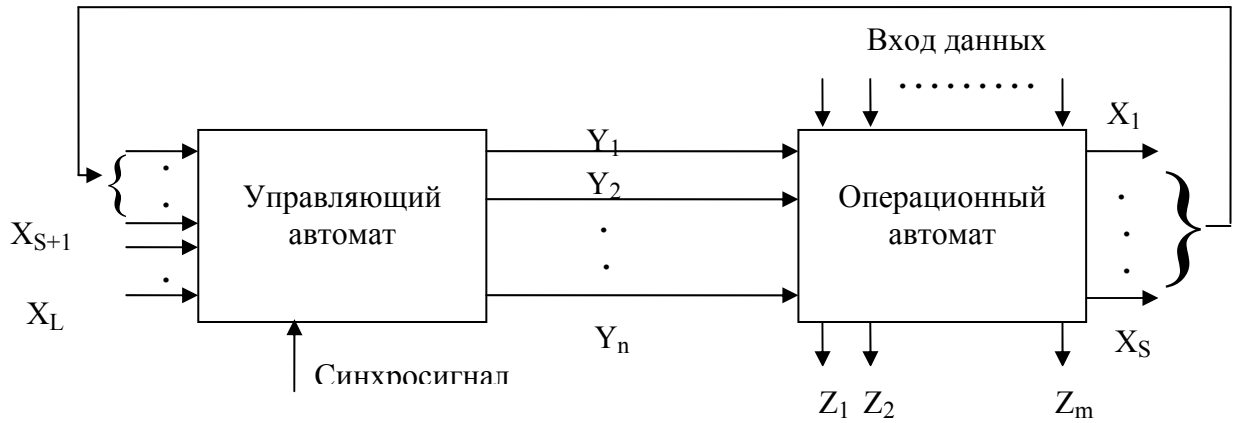


Рисунок 2 – Композиция операционного и управляющего автоматов

Таким образом, УА предназначен для выдачи управляющих сигналов в каждом такте работы ЦА, инициирующих выполнение определенных микроопераций (или микрокоманд) в ОА в соответствии с выполняемым алгоритмом и в зависимости от поступающих на входы УА информационных сигналов (условий). Фактически УА реализует последовательность действий по алгоритму, при этом содержание этих действий зависит от управляемого объекта, в данном случае – от ОА. Если ОА "знает как" делать, то УА "знает, что и когда", то есть в какой последовательности что делать. При этом для УА "что делать" – это просто коды команд, про их содержание он не знает.

2.2 Виды управляющих автоматов. Структуры автоматов Мили и Мура

Существует два принципиально разных подхода к проектированию микропрограммного автомата (управляющего автомата): использование принципа схемной логики (автоматы с жесткой логикой УАЖЛ) и использование принципа программируемой логики (УАПЛ).

В первом случае в процессе проектирования подбирается некоторый набор цифровых микросхем (обычно малой и средней степени интеграции) и определяется такая схема соединения их выводов, которая обеспечивает требуемое функционирование (т.е. функционирование определяется тем, какие выбраны микросхемы и по какой схеме выполнено соединение их выводов). Устройства, основанные на таком принципе схемной логики, способны обеспечивать наивысшее быстродействие при заданном типе технологии элементов. Недостаток этого принципа построения автомата состоит в трудности использования БИС и СБИС. Это связано с тем, что при использовании схемного принципа каждый разрабатываемый автомат окажется индивидуальным по схемному построению и потребует изготовления индивидуального типа БИС.

Эти обстоятельства заставляют обратиться к другому подходу в проектировании цифровых автоматов, основанному на использовании принципа программируемой логики. Этот подход предполагает построение с использованием одной или нескольких БИС некоторого универсального устройства, в котором требуемое функционирование (т.е. специализация устройства на выполнение определенных функций) обеспечивается занесением в память устройства определенной программы (или микропрограммы). В зависимости от введенной программы такое универсальное управляющее устройство способно обеспечивать требуемое управление операционным автоматом при решении самых разнообразных задач.

Следует, однако, иметь в виду, что наивысшее быстродействие достигается в ЦА, в которых УА строится с использованием принципа схемной логики, а ОА выполняется в виде устройства, специализированного для решения конкретной задачи.

Автоматы с жесткой логикой строятся на базе памяти состояний, которая обычно реализуется совокупностью триггеров, и комбинационной схемы, которая управляет переключением триггеров (то есть - сменой состояний) и формированием выходных (управляющих) сигналов y_m в зависимости от входных сигналов x_n и текущего состояния Q_l. Код текущего состояния хранится в триггерах. Схема жестко реализует закон функционирования автомата, откуда следует название автоматов данной группы.

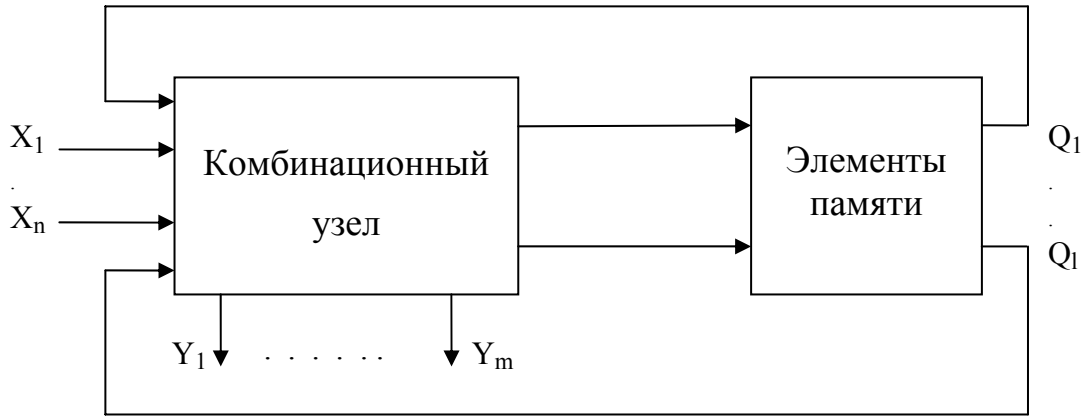


Рисунок 3 - Структурная схема управляющего автомата с жесткой логикой

Для построения обоих типов автоматов, но прежде всего, УАЖЛ, используется теория абстрактных конечных автоматов (КА). Для построения используется две базовые модели КА, функционально аналогичные: автомат Мура и автомат Мили.

Любой ЦА описывается следующем кортежем: $M = \{X, Y, S, \delta, \lambda, s_0\}$, где X, Y, S – соответственно множества входных, выходных значений ЦА и внутренних состояний.

$X = \{x_1, x_2, x_3, \ldots x_n\}$

$Y = \{y_1, y_2, y_3, \ldots y_m\}$

$S = \{s_1, s_2, s_3, \ldots s_k\}$ где m, n, k – конечные значения.

Если m, n, k конечны, то автомат называют конечным.

Состояние ЦА определяется состоянием элементов памяти δ, λ – соответственно характеристические функции перехода из одного состояния в другое (δ) и функция выхода ЦА (λ). s_0 – начальное состояние ЦА.

По закону функционирования или по виду выходной функции ЦА делятся на: автоматы 1-го рода (автоматы Мили) и автоматы 2-го рода (автоматы Мура).

Закон функционирования ЦА первого рода (автомата Мили) есть:

$$s(t) = \delta(s(t-1), x(t)), \quad y(t) = \lambda(s(t-1), x(t)), \text{ где}$$

s (t) - состояние автомата в настоящий момент;

s (t-1)- состояние автомата в предыдущий момент. Если t=0, то $s(t-1)=s_0$;

x (t) - входной сигнал в текущий момент;

δ - оператор формирования данного состояния s;

λ - оператор формирования данного выходного сигнала y.

Т.е., закон функционирования представляет собой совокупность двух функций: функции перехода δ и функции выхода λ, а также, что данное состояние s (t) зависит от предыдущего состояния s (t-1) и входного сигнала в данный момент времени, что выходной сигнал в данный момент времени так

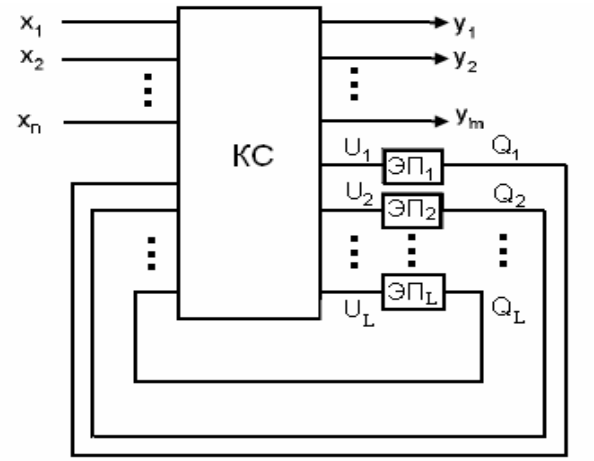
же определяется предыдущим состоянием и входным сигналом в данный момент времени.

Функция выхода ЦА 2-го рода отличается от такой функции ЦА 1-го рода тем, что используется состояние в данный момент времени s (t). Таким образом, закон функционирования ЦА 2-го рода есть:

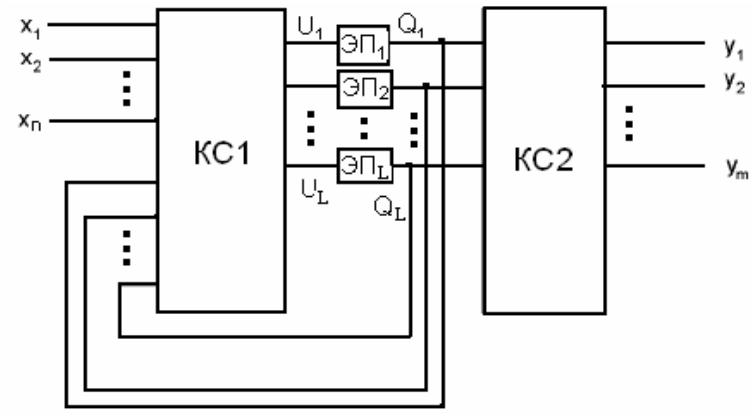
$$S(t) = \delta(s(t-1), x(t)), \quad y(t) = \lambda(s(t), x(t)).$$

У ЦА Мили выходной сигнал имеется только тогда, когда есть входной сигнал, а у ЦА Мура выходной сигнал имеется всегда.

Структурные схемы автомата Мили и автомата Мура изображены на рисунке 4 а) и б) соответственно.



а)



б)

а - для автомата Мура,
б - для автомата Мили.

Рисунок 4 - Структурные схемы автомата

3 Методические указания по синтезу управляющего автомата с жесткой логикой

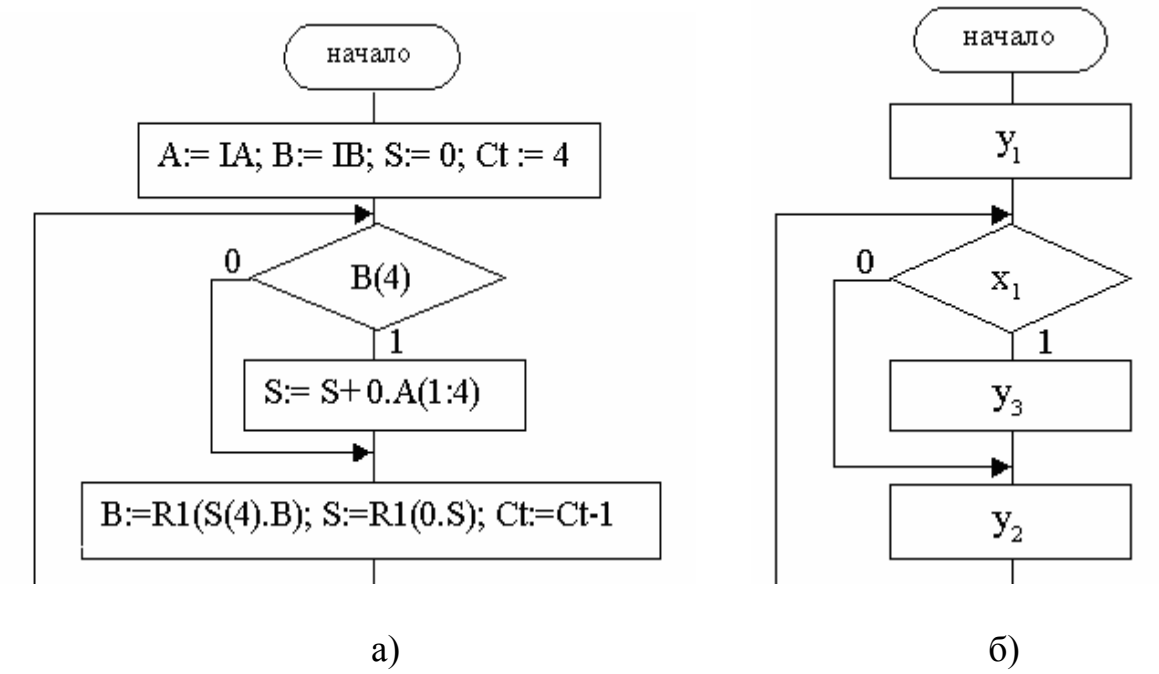
При синтезе управляющего автомата с жесткой логикой выделяются этапы абстрактного и структурного синтеза.

На этапе абстрактного синтеза по алгоритму, заданному на начальном языке строится таблица переходов, записываются системы канонических уравнений (СКУ) и системы выходных функций.

На этапе структурного синтеза строится функциональная схема управляющего автомата.

3.1 Абстрактный синтез управляющего автомата

Функция управляющего автомата задаётся кодированной граф-схемой алгоритма (ГСА) микропрограммы. Кодированную ГСА (рисунок 5, б)) получают путём замены в содержательной ГСА (рисунок 5,а) микрооператоров (наборов совместимых микроопераций) на коды микрокоманд, а логических условий на их идентификаторы.



а) б)

Рисунок 5 - Фрагмент содержательной (а) и кодированной (б) ГСА микропрограммы

3.1.1 Получение отмеченной ГСА

Абстрактный синтез управляющего автомата начинается с отметки внутренних состояний кодированной ГСА. Отметка состояний должна соответствовать закону функционирования автомата Мура или Мили, то есть выполняется для них различным образом.

Будем полагать, что автомат начинает работу с состояния s_0, в котором он не вырабатывает никаких выходных сигналов и после выполнения микропрограммы снова оказывается в этом же состоянии. Затем автомат переходит в состояния, предписанные законом функционирования, и формирует микрокоманды y, соответствующие текущим значениям сигналов x. Момент окончания выполнения микропрограммы отмечается возвратом автомата в начальное состояние s_0.

Поскольку в автомате Мура выходные сигналы связаны только с состоянием автомата, то каждой операторной вершине нужно поставить в соответствие одно из состояний автомата. Правило отметки состояний автомата на ГСА микропрограммы будет выглядеть следующим образом:

- символом s_0 отмечаются начальная и конечная вершины ГСА;
- каждая операторная вершина отмечается единственным символом s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, ...;
- две различные операторные вершины не могут быть отмечены одинаковыми символами.

На рисунке 6, а) представлена ГСА, отмеченная по приведенному выше правилу. В каждом такте автомат Мура, интерпретирующий данную микропрограмму, переходит из одного состояния в другое и выдаёт соответствующие выходные управляющие сигналы y_i. Порядок выдачи выходных сигналов y_i определяется значениями входных сигналов x_i. Так, при наличии входного сигнала $x_1 = 0$ автомат из состояния s_0 перейдет в состояние s_1 и выдаст выходной сигнал y_1. В следующем такте работы под воздействием входного сигнала $x_2 = 1$ автомат из состояния s_1 перейдёт в состояние s_3 с выдачей выходных сигналов y_2 и y_3.

Если для интерпретации закодированной ГСА используется автомат Мили, то отметка граф-схемы производится в следующем порядке:

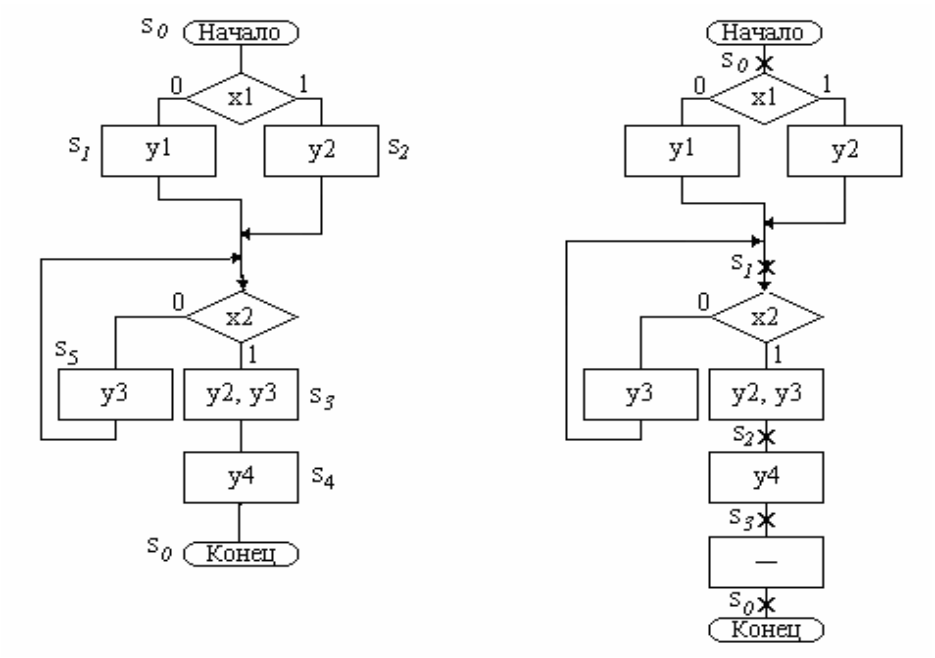
- символом s_0 отмечается выход начальной и вход конечной вершины;
- символами s_1, s_2, ... отмечаются входы вершин, следующие за операторными вершинами;
- входы двух различных вершин не могут быть отмечены одинаковыми символами;
- входы вершины могут отмечаться только одним символом состояния.

Приведенные правила означают, что если вершина имеет несколько входов, то символом состояния отмечается их подмножество, состоящее из входов, следующих только за начальной или за операторными вершинами.

Если один из входов конечной вершины соединен с выходом операторной вершины, то между ними необходимо ввести пустую операторную

вершину, иначе автоматы Мура и Мили, построенные по одной ГСА не будут эквивалентными.

На рисунке 6, б) представлена ГСА, отмеченные по приведённому выше правилу.



а) б)

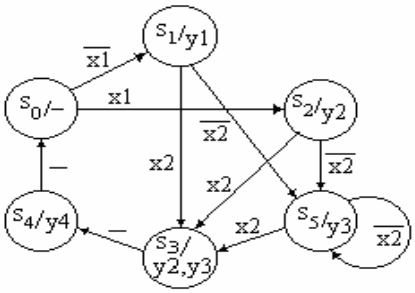
а - для автомата Мура,
б - для автомата Мили.

Рисунок 6 – Отмеченные граф-схемы

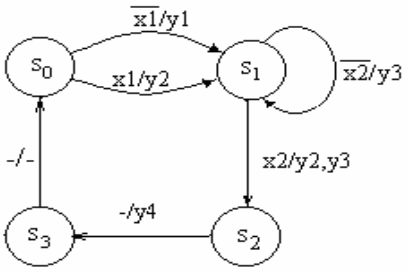
3.1.2 Построение графа-переходов или функционирования автомата

Для автоматов Мура и Мили их внутренние состояния представляются вершинами графа. Внутренние переходы от одного состояния к другому изображаются направленными дугами. Для автоматов Мили и Мура значение входного сигнала, вызывающего этот переход из текущего состояния s(t) в последующее s(t+1), приписывается соответствующей дуге. Для автомата Мура значения выходных сигналов зависят только от внутреннего состояния и поэтому приписываются соответствующей вершине. Таким образом, на графах отображаются обе характеристические функции конечного автомата. Граф автомата Мура, построенный по ГСА, представлен на рисунке 7, а).

При формировании графа для автомата Мили необходимо учитывать, что значения выходных сигналов y(t), определяемые значениями текущего состояния s(t) и входных сигналов x(t), ставятся в соответствие самой дуге. Граф автомата Мили приведен на рисунке 7, б).



а)



б)

а - для автомата Мура,
б - для автомата Мили.

Рисунок 7 – Графы функционирования автоматов

3.1.3 Построение таблицы переходов и выходных функций

Для автомата Мура в ячейках таблицы переходов-выходов для каждой пары значений аргументов x(t), s(t) проставляются будущие внутренние состояния s(t+1). Значения выходных сигналов y(t) представляются в отдельном столбце. Пример табличного представления функций автомата Мура приведен на рисунке 8, а).

Для автомата Мили в ячейках таблицы переходов-выходов для каждой пары значений аргументов проставляются будущие внутренние состояния и текущие значения выходных сигналов. Пример табличного представления функций автомата Мили приведен на рисунке 8, б).

	x_1x_2				y
	00	01	10	11	Y
s_0	s_1	s_1	s_2	s_2	-
s_1	s_5	s_3	s_5	s_3	y_1
s_2	s_5	s_3	s_5	s_3	y_2
s_3	s_4	s_4	s_4	s_4	y_2, y_3
s_4	s_0	s_0	s_0	s_0	y_4
s_5	s_5	s_3	s_3	s_5	y_3

а)

	x_1x_2			
	00	01	10	11
s_0	s_1/y_1	s_1/y_1	s_1/y_2	s_1/y_2
s_1	s_1/y_3	s_2/y_2y_3	s_1/y_3	s_2/y_2y_3
s_2	s_3/y_4	s_3/y_4	s_3/y_4	s_3/y_4
s_3	s_0/-	s_0/-	s_0/-	s_0/-

б)

а - для автомата Мура,
б - для автомата Мили.

Рисунок 8 – Табличное представление функций

3.2 Структурный синтез управляющего автомата

При заданных типах элементов памяти структурный синтез управляющего автомата сводится к выполнению следующих проектных операций:

- кодирование внутренних состояний;
- формирование структурной таблицы или таблицы функционирования автомата;
- формирование и минимизация функций возбуждения элементов памяти и функций выходов;
- построение комбинационной схемы автомата в выбранном базисе логических элементов и функциональной схемы автомата.

3.2.1 Кодирование внутренних состояний

Структурный синтез начинается с двоичного кодирования внутренних состояний автомата - установления взаимно-однозначного соответствия между состояниями автомата и комбинациями состояний элементов памяти.

Анализ структурного синтеза автоматов показывает, что различные варианты кодирования состояний автомата приводят к различным выражениям функций возбуждения и функций выходов, в результате чего оказывается, что сложность комбинационной схемы автомата существенно зависит от выбранного кодирования. Как правило, нахождения вариантов кодирования состояний, которые обеспечивают ослабленную функциональную зависимость для функций возбуждения, дает более экономичную схему, чем при других типах кодирования.

При кодировании состояний каждому состоянию устройства должна быть поставлена в соответствие некоторая кодовая комбинация. Число разрядов кода выбирается из следующих соображений: если число состояний равно S, то для обеспечения s кодовых комбинаций требуется k-разрядный код, где k-минимальное целое число, при котором выполняется неравенство $s \leq 2^k$.

При двоичном кодировании состояний автомата число триггеров в его схеме равно числу разрядов кода и вычисляется по формуле:

$$n = k = \lceil \log_2 S \rceil, \text{ где}$$

S – число состояний автомата;

$\lceil\rceil$ - округление в большую сторону.

Обычно выполняют экономичное кодирование состояний, которое обеспечивает наиболее простую реализацию комбинационной схемы (КС) автомата. Используется метод соседнего кодирования, основанный на поиске соседних состояний и назначении им соседних кодов.

3.2.2 Формирование структурной таблицы автомата

Структурную таблицу или таблицу функционирования автомата можно получить непосредственно из таблицы переходов-выходов и таблицы кодов состояний. Для этого символы состояний необходимо заменить соответствующими кодами и установить порядок следования строк и столбцов.

Структурная таблица автомата содержит графы, в которые заносятся данные текущего состояния, значения входных условий, данные следующего состояния, в которое должно перейти устройство, и выходные сигналы комбинационного узла.

Для наглядности выполняемых преобразований структурная таблица автомата заполняется с учетом функционирования заданного элемента памяти.

Таблица 1 – Таблица переходов триггеров

Q(t)→Q(t+1)	D	T	S	R	J	K
0 → 0	0	0	0	x	0	x
0 → 1	1	1	1	0	1	x
1 → 0	0	1	1	0	x	1
1 → 1	1	0	x	0	x	0

3.2.3 Формирование функций возбуждения и выходов

В структурной таблице автомата отображаются значения функций возбуждения и выходов для всех рабочих наборов. С целью упрощения их аналитического представления используют карты Карно и выполняют их минимизацию.

Минимизацию функций целесообразно выполнять по критериям оптимальности совместной минимизации: минимум числа различных термов (конъюнкций или дизъюнкций), используемых для покрытия всех функций системы и минимум рангов этих термов. При этом один и тот же терм может входить в покрытие нескольких функций.

3.2.4 Построение функциональной схемы управляющего автомата

На основе полученных функций возбуждения и функций выходов можно построить функциональную схему микропрограммного автомата. На практике чаще всего используют базисы Буля (элементы И, ИЛИ, НЕ), Шеффера (элементы И-НЕ) и Пирса (элементы ИЛИ-НЕ). Качество решения задачи синтеза КС оценивают по затратам оборудования и быстродействию.

При разработке схем на основе конкретной элементной базы количество оборудования обычно измеряется числом корпусов (модулей), используемых в

схеме. В теоретических разработках ориентируются на произвольную элементную базу и поэтому для оценки затрат оборудования используется оценка сложности схем по Квайну. Сложность (цена) схемы по Квайну определяется суммарным числом входов логических элементов в составе схемы. При такой оценке единица сложности, т. е. единица оборудования - один вход логического элемента. При этом цена инверсного входа обычно принимается равной двум.

Такой подход к оценке сложности схем является результативным по следующим причинам. Во-первых, сложность схемы легко вычисляется по булевым функциям, на основе которых строится схема: сложность схемы равна сумме числа букв в дизъюнктивной нормальной форме, причем букве со знаком отрицания соответствует цена два, и числа знаков дизъюнкции, увеличенного на единицу для каждого дизъюнктивного выражения. Во-вторых, все классические методы минимизации булевых функций обеспечивают минимальность схемы именно в смысле цены схемы по Квайну.

И наконец, практика показывает, что схема, минимальная в смысле цены по Квайну, обычно реализуется наименьшим числом конструктивных элементов - корпусов.

Быстродействие схемы оценивается максимальной задержкой сигнала при прохождении его от входа схемы к выходу, т. е. определяется промежутком времени от момента поступления входных сигналов до момента установления соответствующих значений выходных сигналов. Задержка сигнала кратна числу элементов, через которые проходит сигнал от входа к выходу схемы. Поэтому быстродействие схемы характеризуется значением $d\tau$, где τ - задержка сигнала на одном логическом элементе. Значение d определяется количеством уровней комбинационной схемы, которое рассчитывается следующим образом. Входам комбинационной схемы присваивается уровень 0. Элементы, связанные только с входами схемы, относятся к уровню 1. Элемент относится к уровню d, если он связан по входам с элементами уровней d-1, d-2, ..., 0. Максимальный уровень элементов определяет количество уровней комбинационной схемы.

4 Пример синтеза управляющего автомата для заданного алгоритма

По заданной содержательной схеме алгоритма в микрооперациях разработать функциональную схему управляющего автомата Мура (Мили) (рисунок 9), в качестве элементов памяти использовать D-триггеры, комбинационную схему реализовать на логических элементах. Дать оценку конструктивной сложности ЦА.

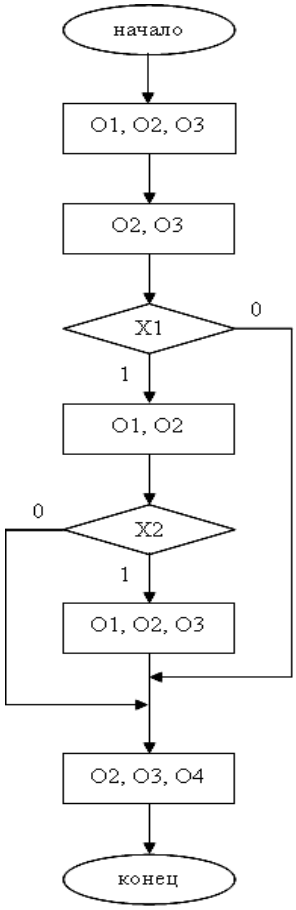
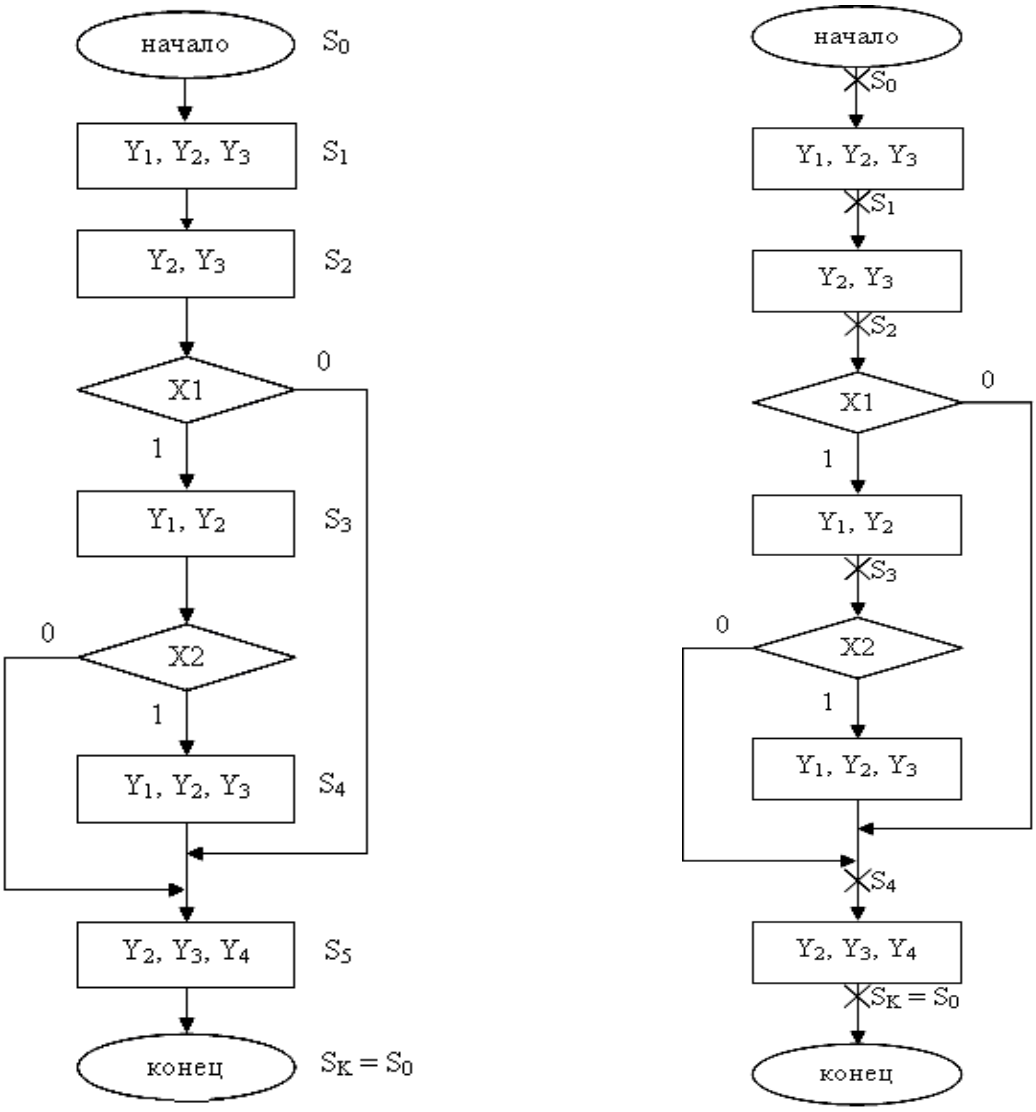


Рисунок 9 – Схема алгоритма в микрооперациях

1) Заменим наборы микроопераций O1, O2, O3, O4 на коды микрокоманд Y1, Y2, Y3, Y4. В результате получим кодированную ГСА в микрокомандах.

2) Построим отмеченную граф-схему алгоритма (ГСА) управляющего автомата Мура (Мили)

В соответствии с требованиями предъявляемыми к разметке состояний цифрового автомата Мура (Мили) получаем отмеченную ГСА цифрового автомата (рисунок 10, а), б)).



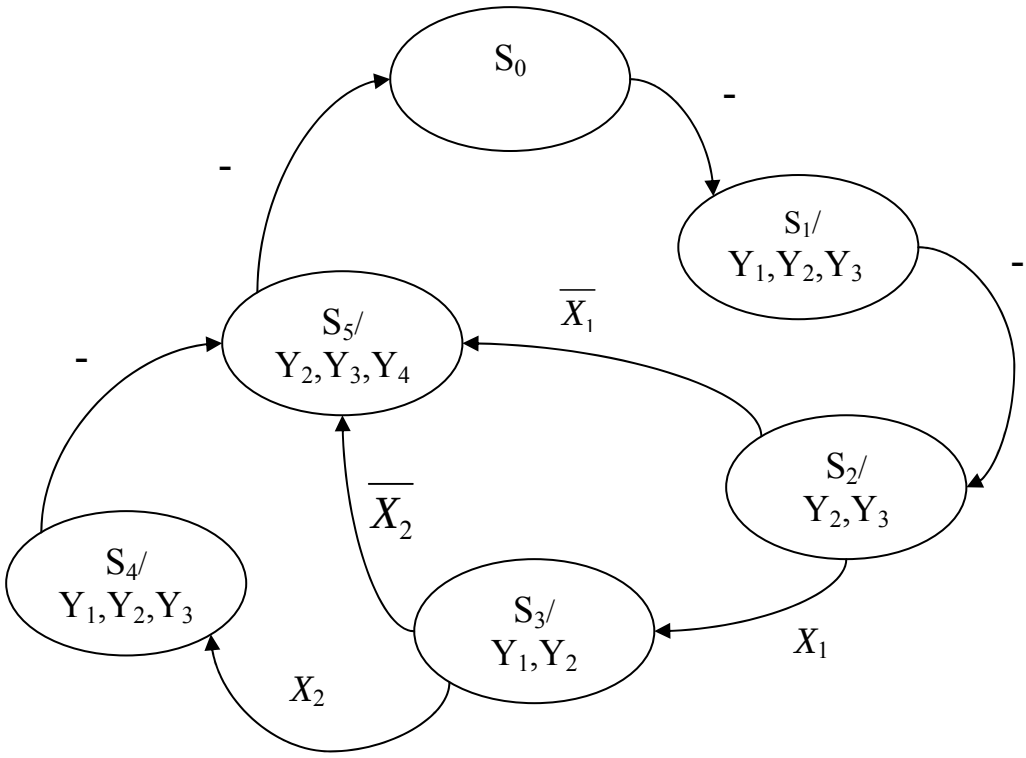
а) б)

а - для автомата Мура,
б - для автомата Мили.

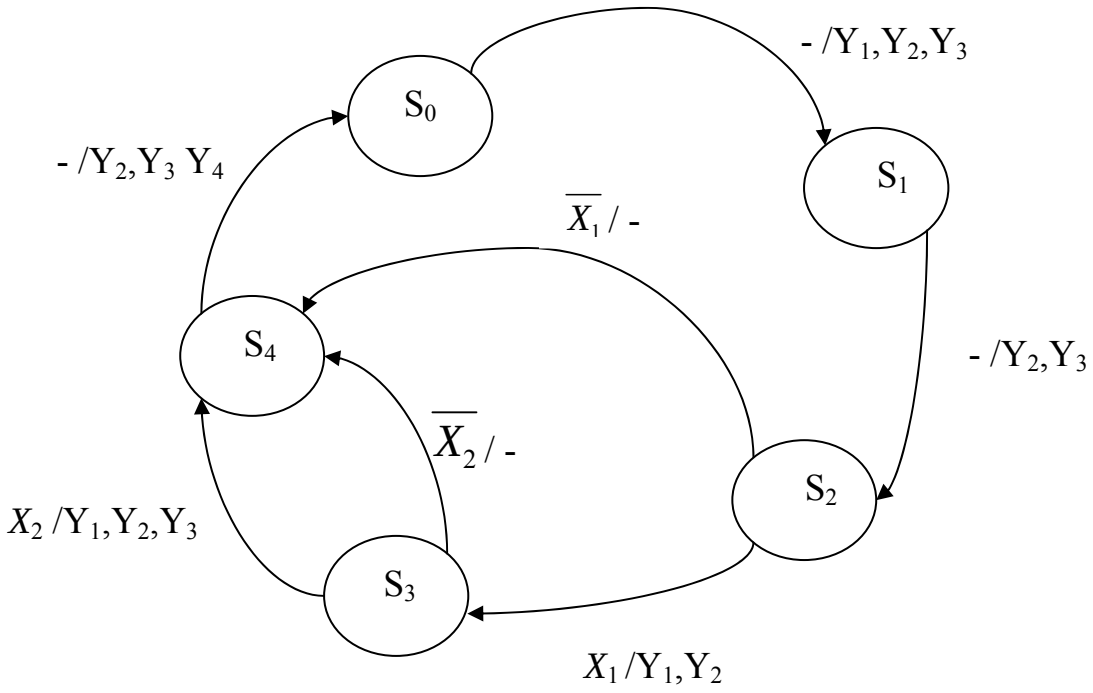
Рисунок 10 – Отмеченные граф-схемы

3) Построение графа функционирования автомата

Согласно отмеченной граф-схеме алгоритма управляющего автомата Мура (Мили) строим граф функционирования автомата (рисунок 11, а), б)).



а)



б)

а - для автомата Мура,
б - для автомата Мили.

Рисунок 11 – Графы функционирования автоматов

4) Кодирование состояний устройства

Число разрядов кода состояния соответствует числу элементов памяти и определяется по формуле: $k = \lceil \log_2 S \rceil$, где

k – число разрядов (число элементов памяти)

S – число внутренних состояний;

$\lceil\rceil$ - округление в большую сторону.

В нашем случае для автомата Мура число состояний S = 6. Количество разрядов кода состояния (число элементов памяти): $K =]\log_2 S[=]\log_2 6[= 3$.

Для автомата Мили число состояний S = 5. Количество разрядов кода состояния (число элементов памяти): $k =]\log_2 S[=]\log_2 5[= 3$.

Таблицы кодировки состояний для автомата Мура и автомата Мили приведены на рисунке 12, а) и б) соответственно.

Состояние	Код состояния
S_0	000
S_1	001
S_2	010
S_3	011
S_4	100
S_5	101

а)

Состояние	Код состояния
S_0	000
S_1	001
S_2	010
S_3	011
S_4	100

б)

а - для автомата Мура,

б - для автомата Мили.

Рисунок 12 - Таблицы кодировки состояний

5) Построение структурной таблицы автомата

По отмеченной ГСА или графу функционирования автомата, таблицы кодировки состояний автомата и таблицы переходов триггеров строим структурную таблицу автомата.

Таблица 2 – Таблица переходов D-триггера

Q(t)→Q(t+1)	D
0 → 0	0
0 → 1	1
1 → 0	0
1 → 1	1

Таблица 3 – Структурная таблица автомата Мура

Исходное состояние				Усло-вия пере-хода	Последующее состояние				Функции возбуждения			Выходные функции			
мет ка	код				мет ка	код									
	Q_1	Q_2	Q_3			Q_1	Q_2	Q_3	D_1	D_2	D_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
S_0	0	0	0	–	S_1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
S_1	0	0	1	–	S_2	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0
S_2	0	1	0	X_1	S_3	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
				$\overline{X_1}$	S_5	1	0	1	1	0	1				
S_3	0	1	1	X_2	S_4	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
				$\overline{X_2}$	S_5	1	0	1	1	0	1				
S_4	1	0	0	–	S_5	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
S_5	1	0	1	–	S_0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Таблица 4 - Структурная таблица автомата Мили

Исходное состояние				Условия перехода	Последующее состояние				Выходные функции	Функции возбуждения		
метка	код				метка	код						
	Q_1	Q_2	Q_3			Q_1	Q_2	Q_3		D_1	D_2	D_3
S_0	0	0	0	–	S_1	0	0	1	Y_1,Y_2,Y_3	0	0	1
S_1	0	0	1	–	S_2	0	1	0	Y_2,Y_3	0	1	0
S_2	0	1	0	X_1	S_3	0	1	1	Y_1,Y_2	0	1	1
				$\overline{X_1}$	S_4	1	0	0	–	1	0	0
S_3	0	1	1	X_2	S_4	1	0	0	Y_1,Y_2,Y_3	1	0	0
				$\overline{X_2}$					–			
S_4	1	0	0	–	S_0	0	0	0	Y_2,Y_3,Y_4	0	0	0

6) Минимизация функций возбуждения элементов памяти и функций выходов

Из структурной таблицы автомата Мура (Мили) получаем систему логических уравнений для цифрового автомата Мура (Мили).

Система логических уравнений для цифрового автомата Мура:

$$D_1 = \overline{Q_1}\,Q_2\overline{Q_3}\,\overline{X_1} \vee \overline{Q_1}Q_2Q_3\,X_2 \vee \overline{Q_1}Q_2Q_3\,\overline{X_2} \vee Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} =$$

$$= \overline{Q_1}\,Q_2\overline{Q_3}\,\overline{X_1} \vee \overline{Q_1}Q_2Q_3 \vee Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3}$$

$$D_2 = \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}Q_3 \vee \overline{Q_1}Q_2\overline{Q_3}X_1$$

$$D_3 = \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} \vee \overline{Q_1}\,Q_2\overline{Q_3}X_1 \vee \overline{Q_1}\,Q_2\overline{Q_3}\,\overline{X_1} \vee \overline{Q_1}\,Q_2Q_3\overline{X_2} \vee$$

$$\vee\, Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} = \overline{Q_2}\,\overline{Q_3} \vee \overline{Q_1}\,Q_2\overline{Q_3} \vee \overline{Q_1}\,Q_2Q_3\overline{X_2}$$

$$Y_1 = \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}Q_3 \vee \overline{Q_1}Q_2Q_3 \vee Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} = \overline{Q_1}Q_3 \vee Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3}$$

$$Y_2 = \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}Q_3 \vee \overline{Q_1}Q_2\overline{Q_3} \vee \overline{Q_1}Q_2Q_3 \vee Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} \vee Q_1\overline{Q_2}\,Q_3 =$$

$$= \overline{Q_2}Q_3 \vee \overline{Q_1}Q_2 \vee Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3}$$

$$Y_3 = \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}Q_3 \vee \overline{Q_1}Q_2\overline{Q_3} \vee Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} \vee Q_1\overline{Q_2}\,Q_3 = \overline{Q_2}Q_3 \vee$$

$$\vee\, \overline{Q_1}Q_2\overline{Q_3} \vee Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3}$$

$$Y_4 = Q_1\overline{Q_2}\,Q_3$$

Система логических уравнений для цифрового автомата Мили:

$$D_1 = \overline{Q_1}\,Q_2\,\overline{Q_3}\,\overline{X_1} \vee \overline{Q_1}Q_2Q_3X_2 \vee \overline{Q_1}Q_2Q_3\overline{X_2} = \overline{Q_1}\,Q_2\,\overline{Q_3}\,\overline{X_1} \vee \overline{Q_1}Q_2Q_3$$

$$D_2 = \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}Q_3 \vee \overline{Q_1}\,Q_2\overline{Q_3}X_1$$

$$D_3 = \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} \vee \overline{Q_1}Q_2\overline{Q_3}X_1$$

$$Y_1 = \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} \vee \overline{Q_1}Q_2\overline{Q_3}X_1 \vee \overline{Q_1}\,Q_3Q_3X_2$$

$$Y_2 = \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} \vee \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}Q_3 \vee \overline{Q_1}Q_2\overline{Q_3}X_1 \vee \overline{Q_1}\,Q_2Q_3X_2 \vee Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} =$$

$$= \overline{Q_2}\,\overline{Q_3} \vee \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}Q_3 \vee \overline{Q_1}Q_2\overline{Q_3}X_1 \vee \overline{Q_1}\,Q_2Q_3X_2$$

$$Y_3 = \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} \vee \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}Q_3 \vee \overline{Q_1}\,Q_2Q_3X_2 \vee Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} =$$

$$= \overline{Q_1}\,\overline{Q_2} \vee \overline{Q_1}\,Q_2Q_3X_2 \vee Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3}$$

$$Y_4 = Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3}$$

Из системы логических уравнений для цифрового автомата Мура получаем полное множество конъюнкций для данного автомата:

$$K_1 = \overline{Q_1}Q_2\overline{Q_3}\,\overline{X_1} \qquad K_7 = \overline{Q_1}\,Q_2\overline{Q_3}$$

$$K_2 = \overline{Q_1}Q_2Q_3 \qquad K_8 = \overline{Q_1}Q_2Q_3\overline{X_2}$$

$$K_3 = Q_1\overline{Q_2}\,\overline{Q_3} \qquad K_9 = \overline{Q_1}Q_3$$

$$K_4 = \overline{Q_1}\,\overline{Q_2}Q_3 \qquad K_{10} = \overline{Q_2}Q_3$$

$$K_5 = \overline{Q_1}\, Q_2 \overline{Q_3} X_1 \qquad K_{11} = \overline{Q_1} Q_2$$

$$K_6 = \overline{Q_2}\, \overline{Q_3} \qquad K_{12} = Q_1 \overline{Q_2}\, Q_3$$

Из системы логических уравнений для цифрового автомата Мили получаем полное множество конъюнкций для данного автомата:

$$K_1 = \overline{Q_1}\, Q_2\, \overline{Q_3}\, \overline{X_1} \qquad K_5 = \overline{Q_1}\, \overline{Q_2}\, \overline{Q_3} \qquad K_9 = Q_1 \overline{Q_2}\, \overline{Q_3}$$

$$K_2 = \overline{Q_1} Q_2 Q_3 \qquad K_6 = \overline{Q_1}\, Q_2 Q_3 X_2$$

$$K_3 = \overline{Q_1}\, \overline{Q_2} Q_3 \qquad K_7 = \overline{Q_2}\, \overline{Q_3}$$

$$K_4 = \overline{Q_1} Q_2 \overline{Q_3} X_1 \qquad K_8 = \overline{Q_1}\, \overline{Q_2}$$

Из полного множества конъюнкций получаем таблицу покрытия конъюнкциями системы логических уравнений.

Таблица 5 - Таблица покрытия конъюнкциями для цифрового автомата Мура

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	K_{11}	K_{12}
D_1	+	+	+									
D_2				+	+							
D_3						+	+	+				
Y_1			+						+			
Y_2			+							+	+	
Y_3			+				+			+		
Y_4												+

Таблица 6 - Таблица покрытия конъюнкциями для цифрового автомата Мили

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9
D_1	+	+							
D_2			+	+					
D_3				+	+				
Y_1				+	+	+			
Y_2			+	+		+	+		
Y_3						+		+	+
Y_4									+

7) Построение функциональной схемы управляющего автомата Мура (Мили)

На основе полученных функций возбуждения и функций выходов строим функциональную схему управляющего автомата Мура (Мили).

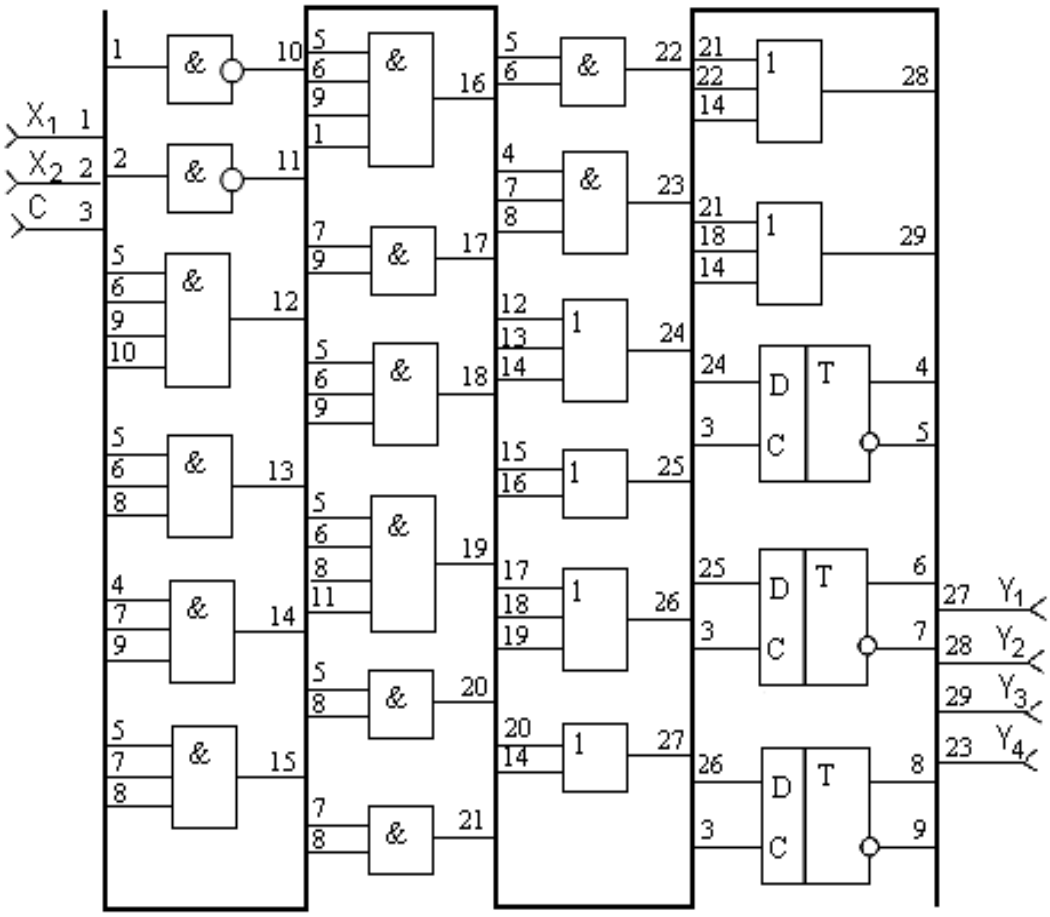


Рисунок 13 - Функциональная схема управляющего автомата Мура

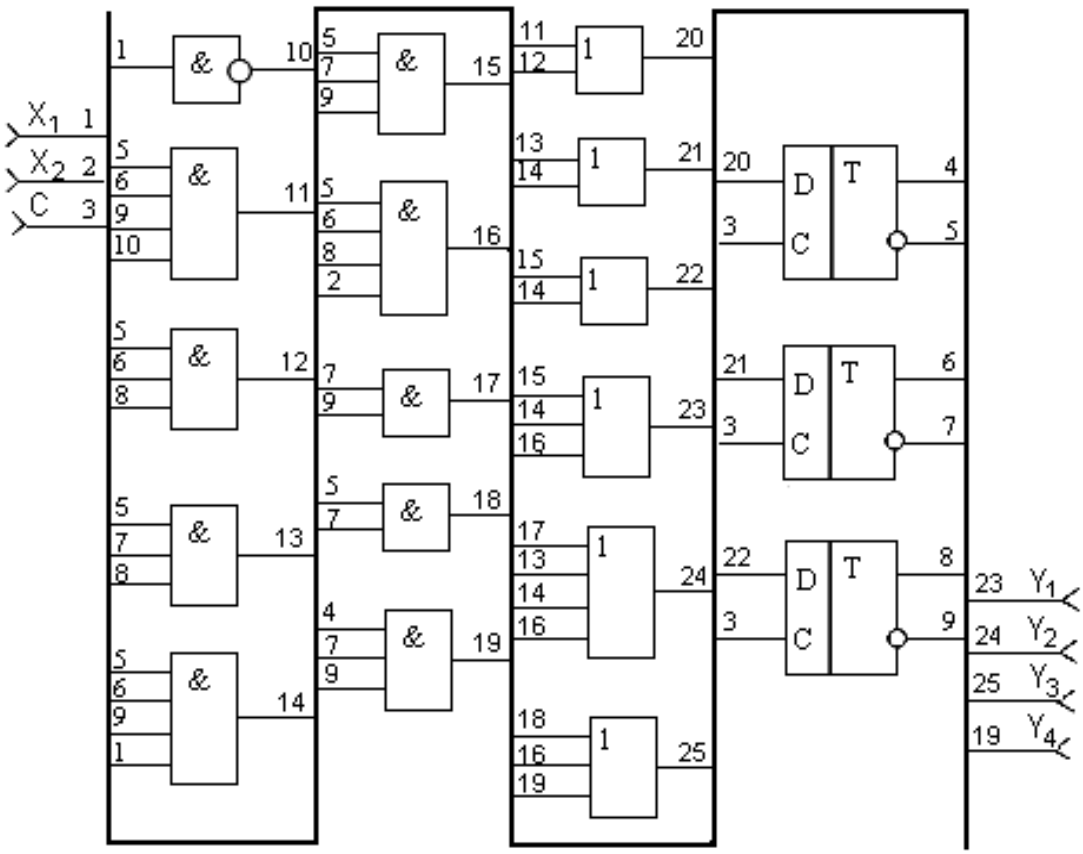


Рисунок 14 - Функциональная схема управляющего автомата Мили

8) Оценка конструктивной сложности управляющего автомата Мура (Мили):

- определение конструктивной сложности автомата Мура методом Квайна - число входов логических элементов: 59.

- число ярусов сигнала на самом длинном пути от входа к выходу: 4.

- количество элементов необходимых для построения функциональной схемы:

Таблица 7 – Оборудование для реализации автомата Мура

Автомат	Логические элементы	на 2 входа	на 3 входа	на 4 входа	D - триггеров	Всего элементов
Мура	И	4	5	3	3	23
	ИЛИ	2	4			
	И-НЕ	2				

- определение конструктивной сложности автомата Мили методом Квайна - число входов логических элементов: 51.

- число ярусов сигнала на самом длинном пути от входа к выходу: 4.

- количество логических элементов необходимых для построения функциональной схемы:

Таблица 8 – Оборудование для реализации автомата Мили

Автомат	Логические элементы	на 2 входа	на 3 входа	на 4 входа	D - триггеров	Всего элементов
Мили	И	2	4	3	3	19
	ИЛИ	3	2	1		
	И-НЕ	1				

Список использованных источников

1 **СТП 101-00.** Общие требования и правила оформления выпускных квалификационных работ, курсовых проектов (работ), отчетов по РГР, по УИРС, по производственной практике и рефератов. – Оренбург: ОГУ, 2000. – 62 с.

2 **Глушков, В.М.** Синтез цифровых автоматов / В.М. Глушков. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. – 476 с.

3 **Савельев, П.В.** Функционально-логическое проектирование БИС / П.В. Савельев**,** В.В.Коняхин. – М.: Высшая школа, 1990. – 160 с.

4 **Савельев, А.Я**. Прикладная теория цифровых автоматов / А.Я. Савельев. - М.: Высшая школа,1987. - 272 с.

5 **Баранов, С.И.** Синтез микропрограммных автоматов / С.И. Баранов. – Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1979. - 232 с.

6 **Майоров, С.А.** Структура электронных вычислительных машин / С.А. Майоров, Г.И. Новиков. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979.– 384 с.

7 **Власов, В.В.** Логические основы построение ЭВМ / В.В. Власов, В.С. Дудкин, А.В. Крайников. – Санкт-Петербург: СПГЭТУ, 1993. – 32 с.

8 **Постников, А.И.** Основы теории цифровых автоматов: учебное пособие для вузов по спец. Вычислительные машины, комплексы, системы и сети / А.И. Постников. - Красноярск, 2000. - 296 с.

9 **Калабеков, Б.А.** Цифровые устройства и микропроцессорные системы / Б.А. Калабеков. - М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 336 с.

Приложение А
(обязательное)
Пример оформления бланка задания на курсовую работу

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет информационных технологий

Кафедра вычислительной техники

Задание на курсовую работу

Синтез управляющего автомата

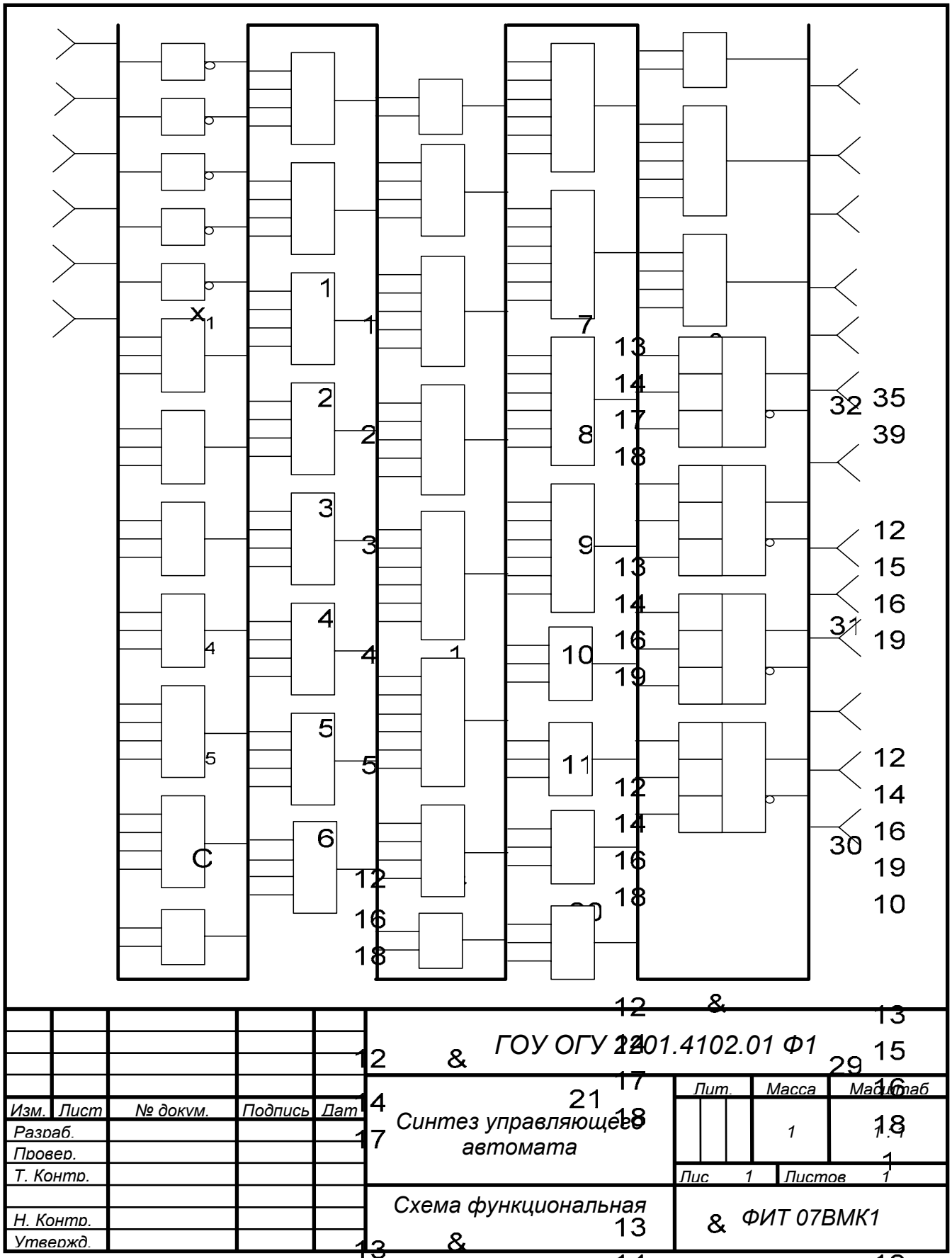
Исходные данные: Граф- схема алгоритма функционирования управляющего автомата;
тип автомата: автомат Мура (Мили);
тип элемента памяти: D (T, RS, JK) – триггер.

Разработать: Функциональную схему управляющего автомата по заданной граф – схеме алгоритма, используя в качестве элементов памяти D (T, RS, JK) – триггеры, комбинационную схему реализовать на логических элементах.

Дата выдачи задания "____"_____200__г.

Руководитель Петров А.Б.

Исполнитель
студент группы 07ВМК1 Иванов Д.И.

Срок защиты проекта "____ "_____200__г.

Приложение Б
(справочное)
Функциональная схема управляющего автомата Мура (Мили)