

УДК 519.713

студент 2-го курса кафедры «Вычислительные системы  
и информационная безопасность» Сахно Виталий Викторович  
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону);  
старший преподаватель «Вычислительные системы  
и информационная безопасность» Ганжур Марина Александровна  
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

### СИНТЕЗ ЦИФРОВЫХ АВТОМАТОВ

**Аннотация.** Настоящая работа посвящена анализу модели цифрового автомата Виктора Михайловича Глушкова. Цифровым автоматом, представляющий из себя дискретный, конечный преобразователь информации, способный принимать различные состояния, переходить под воздействием входных сигналов, или команд программы решения задачи, из одного состояния в другое и выдавать выходные сигналы.

**Ключевые слова:** Цифровой автомат, операционный автомат, управляющий автомат, микрооперации, моделирование сети Петри.

**Annotation.** The present work is devoted to the analysis of the digital automaton model of Viktor Mikhailovich Glushkov. A digital automaton is a discrete, finite information converter capable of receiving various states, passing under the influence of input signals, or commands of a program for solving a problem, from one state to another and outputting output signals.

**Keywords.** Digital automatic machine, operating machine, control automaton, microoperations, modeling, Petri nets.

**Введение.** Виктор Михайлович Глушков — советский математик, кибернетик. Глушков был инициатором и главным идеологом разработки и создания Общегосударственной автоматизированной системы учёта и обработки информации (ОГАС), предназначенной для автоматизированного управления всей экономикой СССР в целом. Для этого им была разработана система алгоритмических алгебр и теория для управления распределёнными базами данных [1].

Одна из его работ «Синтез цифровых автоматов» потрясла весь мир. Так как одним из значительных достижений науки и техники середины 20 века стало создание электронных цифровых машин с программным управлением, стал вопрос о рациональном конструировании (синтезе) схем.

По модели В.М. Глушкова ЦА как устройство для автоматической обработки цифровой информации по заданным алгоритмам выглядит как совокупность операционного автомата (ОА) и управляющего автомата (УА) рисунок 1 [3].



Рисунок 1. Модель цифрового автомата

ОА предназначен для выполнения набора требуемых операций алгоритма, а второй для задачи последовательности действий по алгоритму в зависимости от условий.

Работа автомата разбивается на определенные интервалы времени. Каждая элементарная, атомарная операция, которая может выполняться в ОА за один интервал времени, называется микрооперацией [5].

УА служит для выдачи управляющих сигналов в каждом интервале работы ЦА, инициирующих выполнение определенных микроопераций в ОА в соответствии с выполняемым алгоритмом и в зависимости от поступающих на входы УА условий. Если УА "знает, что и когда" делать, то ОА "знает, как" делать. При этом для УА "что делать" — это коды команд, про их содержание он не знает [9].

Любая команда, операция или процедура, выполняемая в операционном блоке, описывается некоторой микропрограммой и реализуется за несколько тактов, в каждом из которых выполняется шаг микропрограммы в одну или несколько микроопераций.

Интервал времени, отводимый на выполнение микрооперации, называется рабочим тактом или просто тактом устройства или системы обработки цифровой информации.

Для реализации команды, операции или процедуры (микропрограммы) необходимо на соответствующие управляющие входы операционного блока подать определённым образом распределённую во времени последовательность управляющих сигналов. Часть устройства или системы обработки цифровой информации, предназначенная для выработки последовательностей управляющих сигналов, называется управляющим блоком (или управляющим автоматом). Генерируемая управляющим автоматом последовательность управляющих сигналов задаётся поступающими на входы этого автомата кодом операции (КОП) Z, сигналами из операционного блока U, несущими информацию об особенностях операндов, промежуточных и конечного результата, а также синхросигналами, задающими границы тактов [10].

Синтез цифрового автомата разделяют на четыре этапов, условно их называют:

- а) этап блочного синтеза автомата – на этом этапе происходит разбор на отдельные блоки;
- б) этап абстрактного синтеза – определяется объем затрачиваемой памяти для данного блока;
- в) этап структурного синтеза – происходит выбор логических и запоминающих элементов для построения блока;
- г) этап надежности синтеза – производится преобразование и дополнение построенных схем с целью обеспечения надежности [2].

Существуют два принципиально различных подхода в проектировании микропрограммного автомата (УА): использование принципа схемной логики или принципа программируемой логики.

В первом случае, т.е. при использовании принципа схемной логики, в процессе проектирования подбирается некоторый набор цифровых микросхем (обычно малой и средней степени интеграции) и определяется такая схема соединения их выводов, которая обеспечивает требуемое.

Устройства, построенные по такому принципу, способны обеспечивать наивысшее быстродействие при заданном типе технологии элементов. Недостаток этого принципа построения процессорных устройств состоит в трудности использования последних достижений микроэлектроники – больших интегральных микросхем и сверхбольшой степени интеграции (БИС и СБИС).

Для разных процессорных устройств потребуются различные БИС. Такие БИС окажутся узкоспециализированными. Число типов БИС будет большим, а потребность в каждом типе БИС окажется низкой, что приведет к экономической нецелесообразности выпуска их промышленностью. Эти обстоятельства заставляют обратиться к другому подходу в проектировании цифровых устройств, основанному на использовании принципа программируемой логики. Данный подход предполагает построение с использованием одной или нескольких БИС некоторого универсального устройства, требуемое функционирование (т.е. специализация) которого обеспечивается заключением в память устройства определенной программы (или микропрограммы). В зависимости от введенной программы такое универсальное устройство способно выполнить самые разнообразные функции. Число типов БИС в этом случае оказывается небольшим, а потребность в БИС каждого типа - высокой. Это обеспечивает целесообразность их выпуска промышленностью. Набор типов БИС, обеспечивающих построение таких универсальных устройств, образует микропроцессорный комплект (МПК). Устройства, реализуемые на МПК, – микропроцессорные устройства (МПУ).

Микропроцессорные устройства обеспечили широкое использование цифровых методов в различных технических направлениях. Бурное внедрение этих новых методов рассматривается как революция в технике [7].

**Формулировка цели статьи.** Важность появления данной модели обусловлено тем, что с развитием технологии стало нерационально использовать цифровые автоматы без учета внешних факторов (ЦА, который делает невзирая ни на что), ведь невозможно просчитать все критические ситуации. Когда многие предприятия переходят на автоматизированные системы, не целесообразно не брать в расчёт внешние условия В данной работе расписан синтез цифрового автомата по методу синтеза ЦА по модели Глушкова В.М. с использованием УА.

**Изложение основного материала статьи.** Типовые примеры можно легко увидеть в армейских структурах, системах государственной власти, на различных флотах (морской, воздушный), в коммерческих организациях и т.д. Рассмотрим контрольно-пропускное устройство (КПУ) на входе предприятия. Не рассматривая механику работы данного устройства, перейдем к алгоритму программы.

Устройства может находиться в нескольких состояний:

- 1) С1 – КПУ в открытом состоянии;
- 2) С2 – КПУ в закрытом состоянии;
- 3) С3 – КПУ в открытом состоянии после предъявления пропуска/ ключа;
- 4) С4 – КПУ заблокировано.

Сигналы, подаваемые на устройство: сигнал о предъявлении пропуска/ключа (а1), сигнал о несоответствии пропуска/ключа (а0), сигнал о использовании пропуска/ключа (а2), сигнал о аварийной ситуации (а3), сигнал о нарушении безопасности (а4), сигнал о возврате в прежние состояние (а5). Начальное состояние - это состояние С2, при предоставлении соответствующего пропуска, система отреагирует и подаст сигнал а1, состояние изменится на С3, так же после использование соответствующего пропуска/ключа система должна перейти в прежнее состояние с помощью сигнала а2, при не соответствии пропуска сигнал а0 не изменит состояние. Данное устройство связано с общей системой предприятия и в случаи аварийной ситуации должно перейти в пропускной режим открытого типа, для свободного покидания помещению сотрудников во время эвакуации. Для этого на устройство должен подаваться сигнал а3, следовательно, состояние С2 заменится состоянием С1. Для обеспечения информационную защиту предприятия, в случаи несанкционированного проникновение, должен пойти сигнал а4, который переведет из состояния С2 в С4. А также, у охраны предприятие присутствует сигнал а5, а6, который изменит состояние С1/С4 на С2. Для наглядности рассмотрим в виде графов, где точки «С» – это состояние системы, дуги «а» – переходы из этих состояний. Рассмотрим принцип работы на основе автомата Мили. В таблице переходов АА Мили на пересечении столбца аМ и строки СN записывается состояние аS. Для наглядности рассмотрим таблицу переходов Таблица 1.

Таблица 1

Таблица переходов

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a0
C1	C1	C1	C1	C1	C2	C1	C1
C2	C3	C2	C1	C4	C2	C2	C2
C3	C3	C2	C3	C3	C3	C3	C3
C4	C4	C4	C4	C4	C4	C2	C4

Граф ЦА (ГА) – ориентированный граф, у которого в качестве вершин используются состояния, а в качестве дуг - переходы. Так же можно представить в виде графов, где точки «С» –это состояние системы, дуги «а» – переходы из этих состояний Рисунок 2.

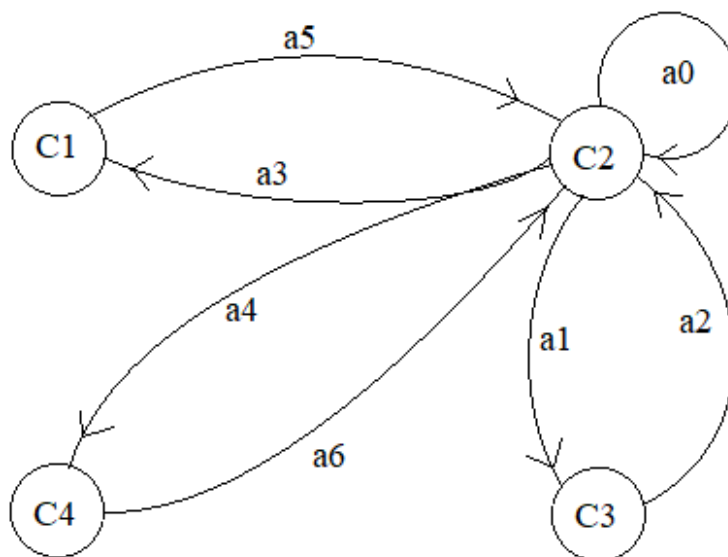


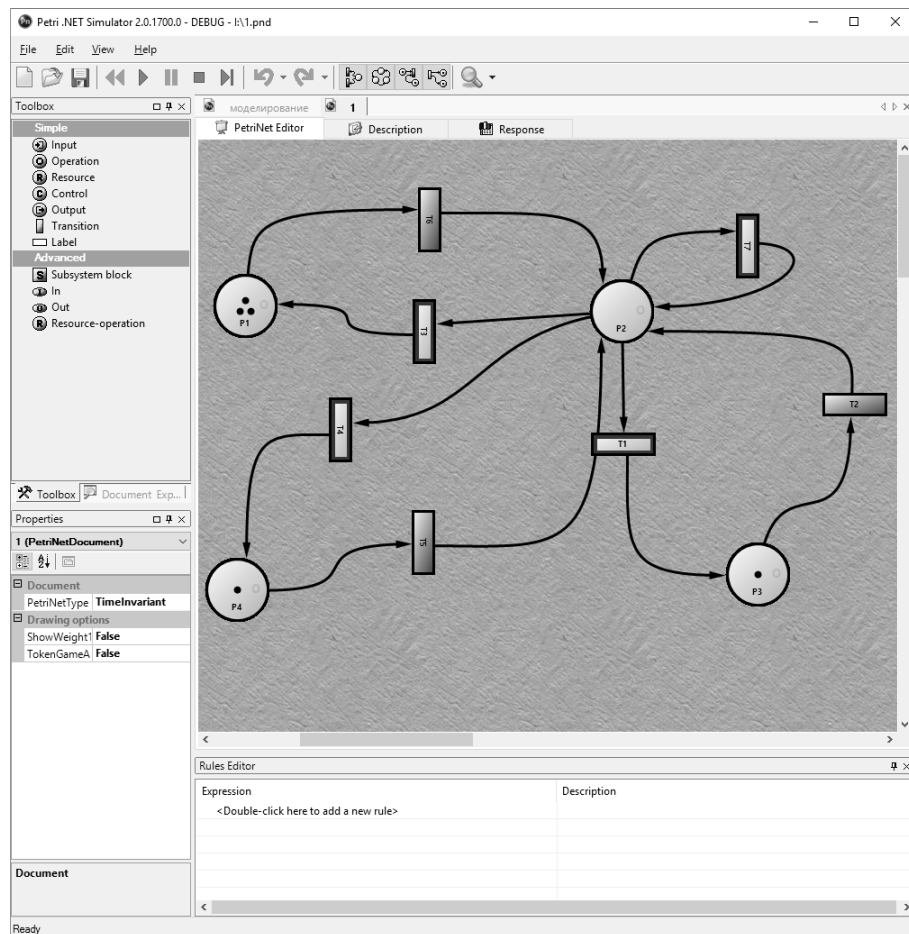
Рисунок 2. Граф состояний

При создании ГА Мили следует не забывать об условия корректности:

- 1) при выходе из данного состояния должны использоваться разные входные сигналы;
- 2) при заходе в данные состояния допускаются одинаковые входные сигналы;
- 3) при заходе в данное состояние разрешаются одинаковые выходные сигналы.

Табличный и графический способы задания автоматов эквивалентны, поэтому граф автомата содержит всю необходимую информацию о функциях выходов и функциях переходов. На граф цифрового автомата следует нанести все необходимые данные по функциям возбуждения триггеров заданного типа. Однако дальнейшее использование информации, заданной в виде разметки графа цифрового автомата, выполняется с использованием табличного или аналитического представления. Таким образом, синтез цифрового автомата только по графу обычно не делается и этот метод синтеза цифрового автомата является гораздо менее распространённым, чем синтез цифрового автомата с использованием таблиц [8].

Продemonстрируем работу данной системы с помощью классической сети Петри. Сети Петри – это инструмент для математического моделирования и исследования сложных систем. Цель представления системы в виде сети Петри и последующего анализа этой сети состоит в получении важной информации о структуре и динамическом поведении моделируемой системы [4].



**Рисунок 3. Моделирование графа состояний с использованием сети Петри на симуляторе Petri Net Simulator**

Данный подход проектирования и анализа систем сети Петри используются, как вспомогательный инструмент анализа. Здесь для построения системы используются общепринятые методы проектирования. Затем построенная система моделируется сетью Петри, и модель анализируется. Если в ходе анализа в проекте найдены изъяны, то с целью их устранения проект модифицируется. Модифицированный проект затем снова моделируется и анализируется. Этот цикл повторяется до тех пор, пока проводимый анализ не приведет к успеху[6].

Задача синтеза автомата возникает, когда нет готовой стандартной интегральной схемы, подходящей для данного случая и когда алгоритм работы интегрируемого автомата не слишком сложен. Если алгоритм сложный, то устройство разбивают на несколько отдельных автоматов или используют микроконтроллер. Автомат можно построить из отдельных типовых интегральных схем или на базе программируемой логической интегральной схемы.

**Выводы.** Таким образом модель В.М. Глушкова цифрового автомата может использоваться при моделировании в системах с дополнительными условиями, где нет простых переходов из одного состояния в другое. Примером применения являются различные контрольно-пропускные пункты, терминалы по формированию очередей и т.д.

#### **Литература:**

1. Глушков Виктор Михайлович Синтез цифровых автоматов. - Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. – 7 с.
2. Синтез цифрового автомата—URL: // <https://www.kazedu.kz/referat/201192> (дата обращения: 18.02.2018).
3. Синтез цифрового автомата—URL: // <http://www.kazreferat.info/read/sintez-cifrovyyh-avtomatov-MjAxMTky> (дата обращения: 18.02.2018)
4. Галатенко В.В., Информационная безопасность, "Открытые системы", N 6 (72), 2005 - 56-75 с.
5. Кельтон С., Лоу Дж., Имитационное моделирование. Классика Computer Science, СПб. "Питер", 2004 - 19-26 с.
6. Сети Петри—URL: <https://studfiles.net/preview/708072/>(дата обращения: 18.02.2018)
7. Богданович М.И. и др. Цифровые интегральные микросхемы, Справочник МИНСК, Беларусь, 1996. - 23-27 с.
8. Баранов С.И. Синтез микропрограммных автоматов. - Л.: Энергия, 1979. - 168-167 с.
9. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж.. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений, – 2-е издание. – Киев: Вильямс, 2002 – 17-53 с.
10. А.Е.Гудилин, Т.А. Барбасова Учебное пособие по курсу «Цифровые автоматы». - 681.3(07) Л561 изд. г. Челябинск: Южно-Уральский государственный университет, г. 2005—120 с.