

УДК 519.1, 510.6

**С.Ф. Тюрин<sup>1</sup>, Ю.А. Аляев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, Россия

<sup>2</sup>Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации, Пермь, Россия

## **МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «СИНТЕЗ АВТОМАТА-РАСПОЗНАВАТЕЛЯ КОДА»**

Одной из «учебно-ёмких» задач дискретной математики является задача синтеза конечного автомата, например автомата-распознавателя. В ней аккумулируются практически все темы: теория множеств, элементы общей алгебры, комбинаторика, теория графов, кодирование. Эта задача может использоваться в качестве комплексной при оценке знаний, умений и владений. Она хороша ещё и тем, что легко сформировать достаточное количество вариантов, что позволяет предложить каждому студенту свой вариант. Варианты хорошо масштабируются, причём уменьшение длины распознаваемой последовательности создаёт условия для решения задачи в рамках 15-минутной контрольной работы, а при увеличении – сложность достаточна для курсовой работы. Кроме того, результаты решения могут быть использованы в дисциплине «Схемотехника», изучаемой в том же семестре. Описывается методика синтеза и моделирования синхронного автомата-распознавателя заданной последовательности с повторяющимися символами для курсовой работы по дисциплине «Схемотехника» на основе схем-шаблонов, как продолжения лабораторного занятия. Показывается, что в шаблоне блок формирования кода клавиши может быть реализован на базе кодера, а логика переходов и выходов – на основе дешифраторов. Выполняется моделирование в системе схемотехнического моделирования NI Multisim 10 фирмы National Instruments Electronics Workbench Group. Делается вывод о целесообразности использования предложенного подхода для простой последовательности в лабораторных работах и усложнённых версий синхронного автомата во время курсовой работы студентов. Предлагаемая методика может обеспечить масштабирование заданий и времени их выполнения (контроля), что вносит существенный вклад в дело повышения качества подготовки ответственных специалистов в области электронной компонентной базы.

**Ключевые слова:** синтез автомата-распознавателя, схема-шаблон, лабораторное занятие, курсовая работа.

S.F. Tyurin<sup>1</sup>, Yu.A. Alyaev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

<sup>2</sup>Russian presidential academy of national economy and public administration,  
Perm, Russian Federation

## TECHNIQUE OF A FINITE-STATE MACHINE SEQUENCES SET GENERATOR LAB

One of the scholastic capacious problems discrete mathematicians is a problem of the syntheses of the final automaton, for instance, automaton-recognizer. In she contains practically of all subject: theory of sets, elements of the general algebra, combinatorics, graph theory, coding. This task can be used as complex at estimation of the knowledges, skills and possessions. She good else and that that easy to form the sufficient amount a variant that allows to offer each student its variant. Are well scaled moreover reduction of the length recognized sequences creates the condition for decision of the task within the framework of 15-minute checking test, but when increase – a difficulty sufficient for term paper. Besides, results decisions can be used in discipline "Shemotehnika", under study in the same semester. It describes the procedure for the synthesis of synchronous machine-recognizer specified sequence with recurring symbols for course work on discipline "Circuitry" based on templates as a continuation of laboratory classes. It is shown that in such a pattern-forming unit key code can be implemented based on the encoder, and the logic transition and output - based decoders. Running simulation in NI Multisim 10 firm National Instruments Electronics Workbench Group circuit simulation system. It draws conclusions about the appropriateness of the proposed approach for a simple sequence in the laboratory work and complexity; versions of synchronous machine during the course work students.

**Keywords:** Synchronous Machine-Recognizer, Templates, Lab, Course Work.

**Введение.** В современных условиях высшего образования при реализации учебных программ бакалавриата в России преподаватели часто сталкиваются с катастрофическим дефицитом времени. Это приводит как к невозможности в полной мере реализовать полноценные эксперименты на лабораторных занятиях, так и к угасанию интереса обучаемых, на которых буквально сваливаются горы информации и валы различных заданий, отчётов и пр. В связи с этим предлагается своего рода масштабирование учебных заданий с использованием шаблонов, за счет чего сокращается время на проведение эксперимента, так как требуется провести незначительную коррекцию шаблона в соответствии с вариантом задания. В крайнем случае, если изменения не были сделаны, студент может продемонстрировать хотя бы работу шаблона, что свидетельствует о каком-то низком, но уровне знаний. Эта методология также упрощает преподавателю проверку знаний, умений и владений студента. Вместе с тем небольшое увеличение размерности задачи может привести к изменению шаблона так, что задание может быть использовано в качестве курсовой работы. Уменьше-

ние размерности задания вполне годится для использования на зачёте (экзамене). Одной из «инженерообразующих» дисциплин является дискретная математика [1–3]. Важной задачей дискретной математики является задача синтеза автоматов [4–6]. Рассмотрим особенности предлагаемого подхода на примере синтеза синхронного автомата-распознавателя [7–9] кода (кодового замка-распознавателя PIN-кода) в рамках дисциплины «Схемотехника» [10, 11].

**Блоки шаблона автомата-распознавателя кода.** Рассмотрим пример синтеза синхронного автомата, распознающего последовательность на входах ав: «0022» (PIN код). На правильную последовательность срабатывает индикатор  $z_1$ , что может быть интерпретировано как команда «замок открыть». Для всех неверных наборов срабатывает  $z_2$ , что означает «подать сигнал тревоги» или «замок заблокировать». Мы не будем подсчитывать, сколько раз формируются неверные последовательности. Не будем учитывать внешний сигнал общего сброса – его будем осуществлять по штатным входам сброса триггеров. В отличие от входных сигналов, реализуемых статическими ключами с двумя положениями «0» и «1», необходимы динамические ключи, поэтому нужны блок формирования кода ключа (клавиши) и формирователь сигнала активирования одного из ключей (клавиш). Проведём блочный синтез шаблона автомата-распознавателя кода (рис. 1).

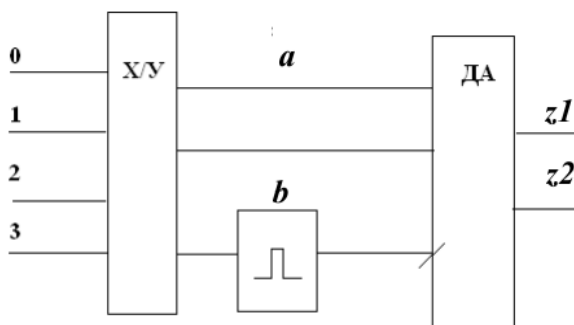


Рис. 1. Блочный синтез шаблона автомата-распознавателя кода

При нажатии кнопки блок формирования кода ключа – кодопреобразователь  $x/y$  формирует код  $ab$  и активирует одновибратор, синхронизирующий синхронный дискретный автомат ДА. Переход осуществляется при нажатии очередной кнопки: кнопку нажали – срабатывает одновибратор и формирует один синхроимпульс.

Реализацию кодопреобразователя выполним в системе схемотехнического моделирования NI Multisim 10 фирмы National Instruments Electronics Workbench Group [12] на микросхеме кодера (кодопреобразователя) 74148 (рис. 2).

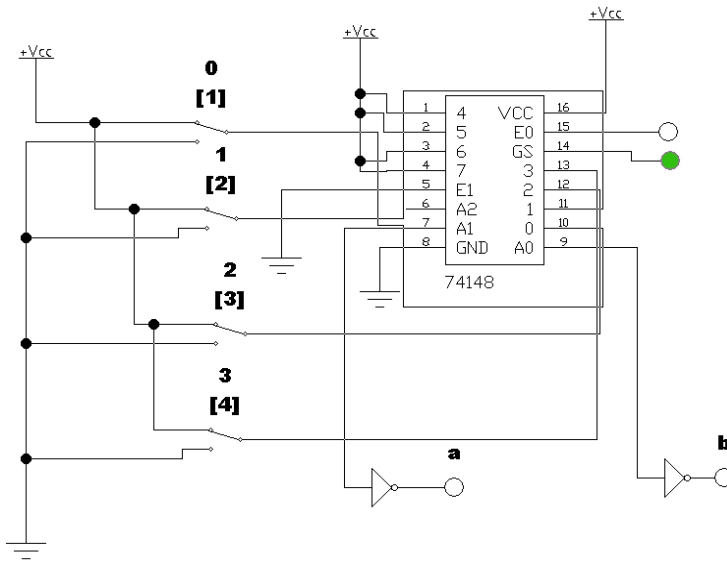


Рис. 2. Реализация кодопреобразователя

Поскольку этот кодопреобразователь имеет выходы фиксации активации одного из входов E0 и GS (см. рис. 2), то необходимость в одновибраторе отпадает – будем использовать GS для синхронизации триггеров памяти автомата.

**Абстрактный синтез автомата-распознавателя с повторяющимися символами.** Приступим к этапу абстрактного синтеза автомата. Построим граф переходов для синхронного автомата Мили (рис. 3).

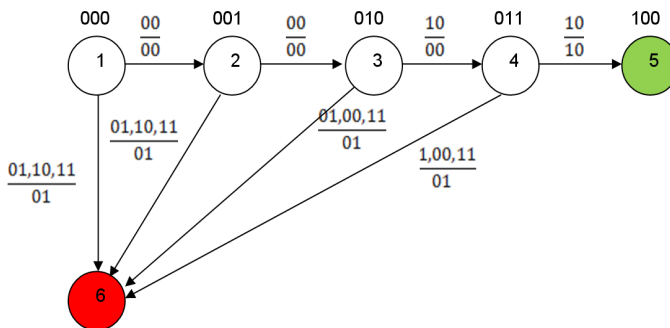


Рис. 3. Граф переходов автомата 0022

На рис. 3 стрелками обозначены переходы из одного состояния в другое. Дробные значения над стрелками: в числителе условия переходов в последующее состояние, в знаменателе – получаемое выходное значение. Цветом обозначены конечные состояния автомата, зеленый – для разрешенной последовательности 0022, красный, соответственно, – для запрещенных.

Используя рис. 3, строим таблицу переходов автомата (рис. 4).

№	<i>ab</i>			
	00	01	10	11
<b>1</b>	2	6	6	6
<b>2</b>	3	6	6	6
<b>3</b>	6	6	4	6
<b>4</b>	6	6	5	6
<b>5</b>	5	5	5	5
<b>6</b>	6	6	6	6

Рис. 4. Таблица переходов автомата Мура 0022

В состоянии 5 формируется сигнал  $z_1$ – открытие «замка», а в состоянии 6 –  $z_2$  – «тревога» («подбор кода»).

Построим таблицу переходов-выходов автомата Мура (рис. 5).

$y_3y_2y_1(t)$	$z_1z_2$	<i>ab</i>				
		00	01	10	11	
<b>000</b>	<b>00</b>	001	101	101	101	
<b>001</b>	<b>00</b>	010	101	101	101	
<b>010</b>	<b>00</b>	101	101	011	101	
<b>011</b>	<b>00</b>	101	101	100	101	
<b>100</b>	<b>10</b>	100	100	100	100	
<b>101</b>	<b>01</b>	101	101	101	101	$y_3y_2y_1(t+1)$

Рис. 5. Таблица переходов-выходов автомата Мура 0022

На рис. 5:  $y_3y_2y_1(t)$  – текущее состояние автомата,  $y_3y_2y_1(t+1)$  – следующее состояние,  $z_1z_2$  – выходные значения.

**Структурный синтез автомата-распознавателя с повторяющимися символами.** Реализацию логических функций выполним на основе дешифраторов 74 154. Память построим на синхронных триггерах D-типа. Шаблон для схемы управления памятью показан на рис. 6.

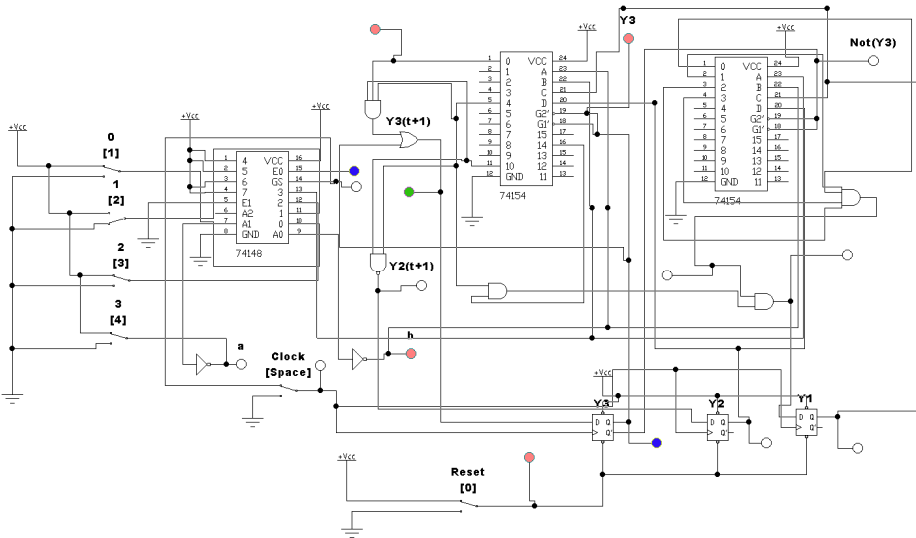


Рис. 6. Реализация логических функций  $y_3(t+1)y_2(t+1)y_1(t+1)$

Построим подсхему реализации  $z1$   $z2$  для соответствующего автомата Мура: в состоянии 4 (100) активируется  $z1$ , в состоянии 5 (101) – активируется  $z2$ . Исходное состояние показано на рис. 7.

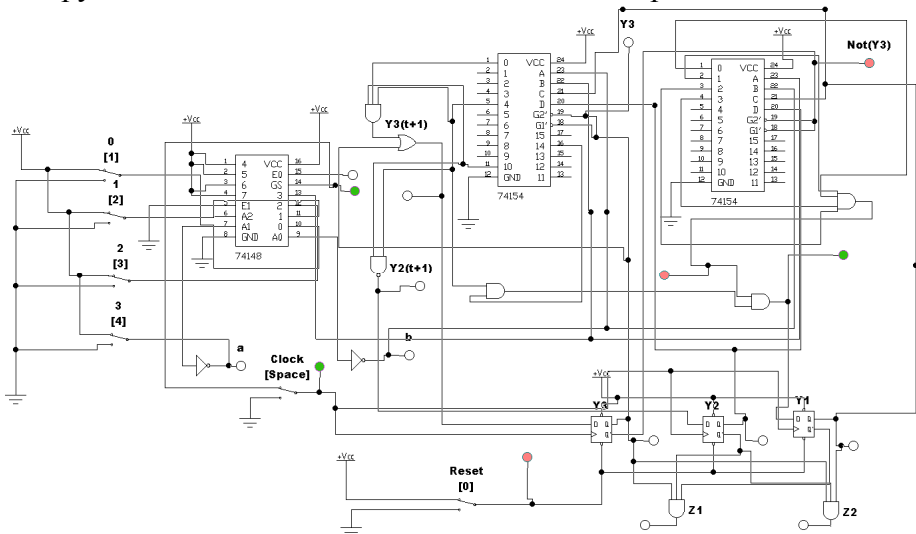


Рис. 7. Реализация логических функций  $z1$   $z2$

**Методика тестирования автомата-распознавателя с повторяющимися символами.** Проверяем реакцию автомата на правильную последовательность 0022 по таблице, показанной на рис. 5. Проводим общий сброс – состояние автомата 000. Нажимаем 0, автомат переходит в состояние 001 (рис. 8).

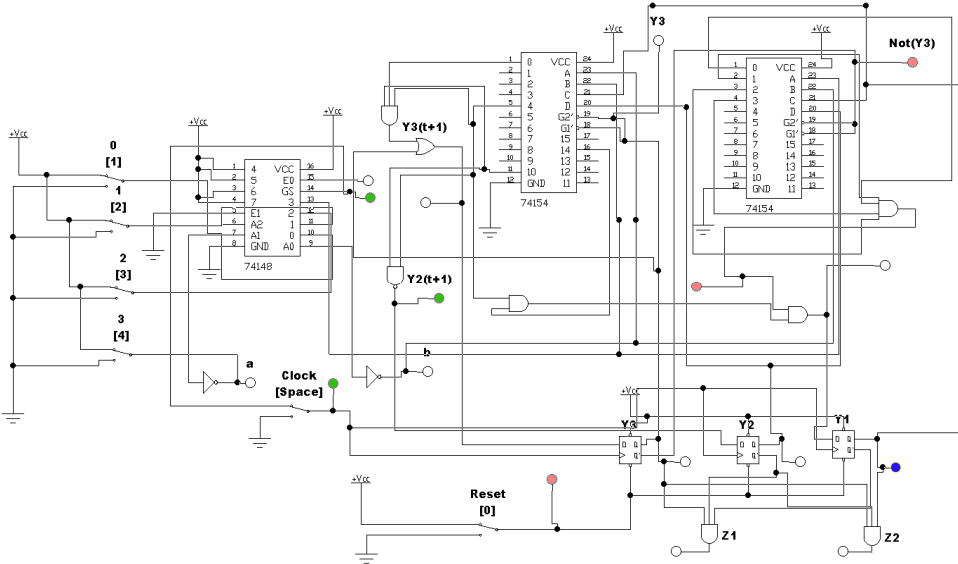


Рис. 8. Реакция автомата на нажатие клавиши «0» – переход в состояние 001

Ещё раз нажимаем 0, автомат переходит в состояние 010 (рис. 9).

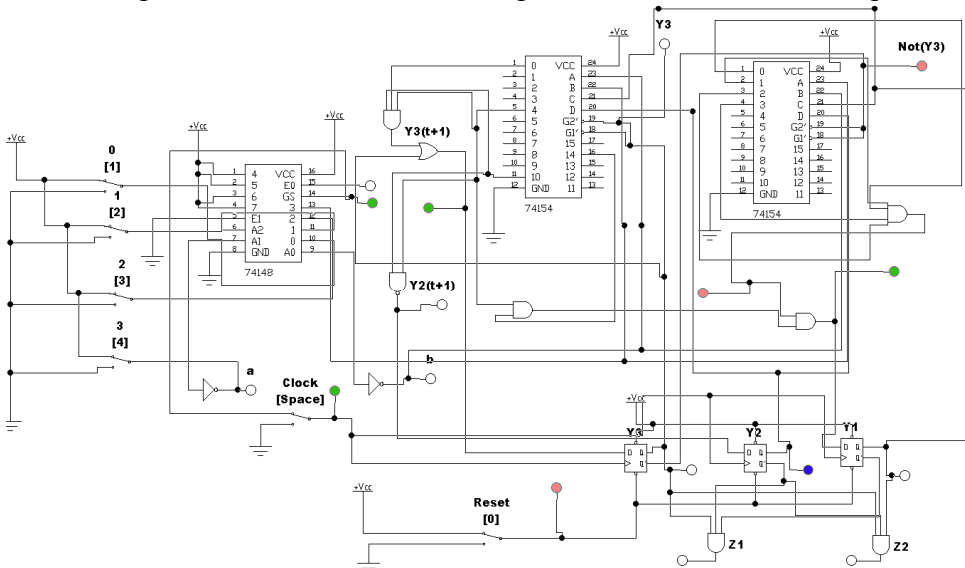


Рис. 9. Реакция автомата на повторное нажатие клавиши «0» – переход в состояние 010

Далее два раза нажимаем 2 – автомат переходит в состояние 4 (100) и формируется сигнал z1 (рис. 10).

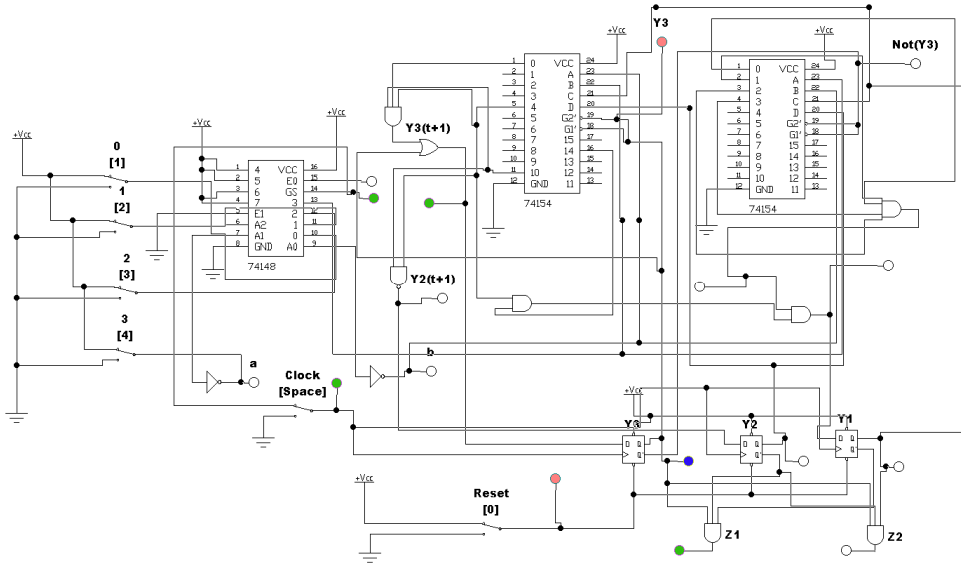


Рис. 10. Правильная последовательность – переход в состояние 100

При нарушении последовательности, например 0023, автомат переходит в состояние 5(101) и формируется сигнал z2 (рис. 11).

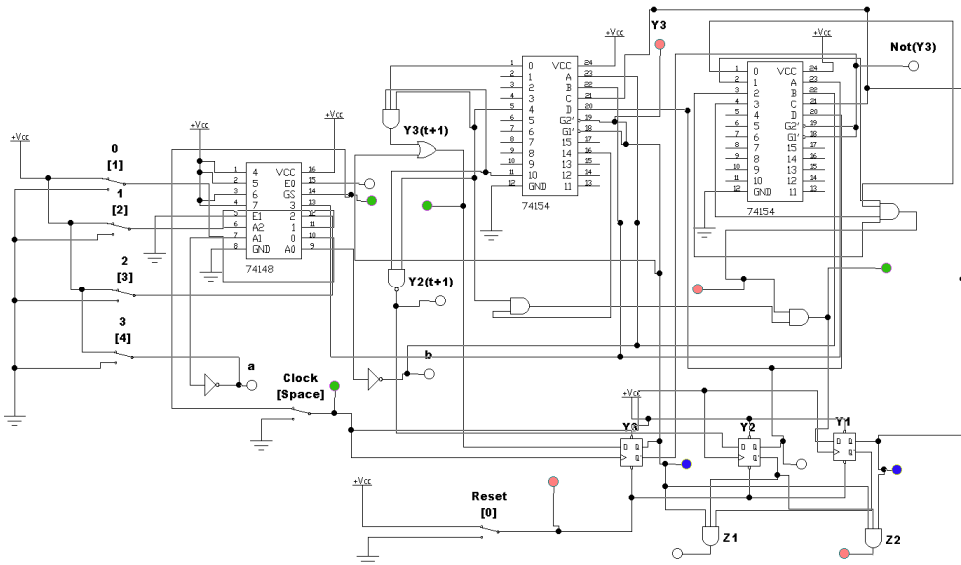


Рис. 11. Реакция автомата на последовательность 0023 – переход в состояние 101, формирование сигнала z2



**Выводы.** Таким образом, синтез автомата-распознавателя с повторяющимися символами может быть осуществлён без минимизации логических функций в системе Electronics Workbench по заданному шаблону (он может быть в библиотеке схем) на базе кодера и дешифраторов. Кодер 74148 позволяет формировать код одной из восьми нажатой клавиши и сигнал активации клавиш, который может быть использован для синхронизации триггеров [13]. В рамках 4-часовой лабораторной работы по дисциплине «Схемотехника» целесообразна реализация автомата, реагирующего на последовательности нажатий 4 клавиш. Более сложный автомат с 8 клавишами может быть вынесен на курсовую работу студентов. Реализация синхронного автомата-распознавателя позволяет сформировать существенно большее число вариантов, чем для автомата с неповторяющимися символами. Предлагаемая методика может обеспечить масштабирование заданий и времени их выполнения (контроля), что в условиях дефицита времени вносит существенный вклад в дело повышения качества подготовки отечественных специалистов в области электронной компонентной базы, в том числе разрабатываемой на кафедре «Автоматика и телемеханика» [14, 15], а также в кооперации с ИПИ РАН [16, 17].

### **Библиографический список**

1. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики: учеб. пособие для вузов. – М.: Энергия, 1972. – 376 с.
2. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики: учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 496 с.
3. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженера. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 450 с.
4. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программиста. – СПб.: Питер, 2001. – 502 с.
5. Горбатов В.А. Фундаментальные основы дискретной математики. Информационная математика: учеб. пособие для вузов. – М.: Наука, 2000. – 540 с.
6. Дискретные устройства автоматизированных систем управления / под ред. Г.Н. Тимонькина, В.С. Харченко / МО СССР. – М., 1990. – 486 с.
7. Аляев Ю.А., Тюрин С.Ф. Дискретная математика и математическая логика. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 368 с.
8. Тюрин С.Ф., Аляев Ю.А. Дискретная математика: практическая дискретная математика и математическая логика. – М.: Финансы и статистика, 2010. – 394 с.

9. Тюрин С.Ф., Аляев Ю.А. Дискретная математика: тест-драйв по дискретной математике и математической логике. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 231 с.

10. Тюрин С.Ф., Громов О.А., Греков А.В. Реализация цифровых автоматов в системе Quartus фирмы Altera: лаб. практикум. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 133 с.

11. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 782 с.

12. Сайт разработчика National Instruments [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ni.com/multisim/> (дата обращения: 08.06.2017).

13. Quartus II. Download Center [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.altera.com/downloads/download-center.html> (дата обращения: 11.05.17).

14. Посягин А.И., Южаков А.А. Разработка двухслойной нейронной сети для самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети // Электротехника. – 2013. – № 11. – С. 10–13.

15. Хижняков Ю.Н., Южаков А.А. Нейронечеткий регулятор частоты газотурбинного двигателя // Приборы. – 2010. – № 5. – С. 17–21.

16. Самосинхронный вычислитель для высоконадежных применений / Ю.А. Степченков [и др.] // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС): сб. тр. всерос. науч.-техн. конф. / Ин-т проблем проектир. в микроэлектронике РАН. – М., 2010. – № 1.

17. Библиотека самосинхронных элементов для технологии БМК / Ю.А. Степченков [и др.] // Проблемы разработки перспективных микроэлектронных систем – 2006: сб. науч. тр. / под общ. ред. А.Л. Степковского. – М.: Изд-во ИППМ РАН, 2006. – С. 259–264.

## References

1. Korshunov Iu.M. Matematicheskie osnovy kibernetiki [Mathematical bases of the cybernetics]. Moscow: Energiia, 1972. 376 p.

2. Korshunov Iu.M. Matematicheskie osnovy kibernetiki [Mathematical bases of the cybernetics]. 3rd ed. Moscow: Energoatomizdat, 1987. 496 p.

3. Kuznetsov O.P., Adel'son-Vel'skii G.M. Diskretnaia matematika dlia inzhenera [Discrete mathematics for inzhenera]. Moscow: Energoatomizdat, 1988. 450 p.

4. Novikov F.A. Diskretnaia matematika dlia programmista [Discrete mathematics for programmer]. Saint Petersburg: Piter, 2001. 502 p.

5. Gorbatov V.A. Fundamental'nye osnovy diskretnoi matematiki. Informatsionnaia matematika [Fundamental bases discrete mathematics. Information mathematics]. Moscow: Nauka, 2000. 540 p.

6. Diskretnye ustroistva avtomatizirovannykh sistem upravleniia [Discrete device automated managerial system]. Ed. G.N. Timon'kina, V.S. Kharchenko. Moscow: MO SSSR, 1990. 486 p.

7. Aliaev Iu.A., Tiurin S.F. Diskretnaia matematika i matematicheskaia logika [Discrete mathematics and mathematical logic]. Moscow: Finansy i statistika, 2006. 368 p.

8. Tiurin S.F., Aliaev Iu.A. Diskretnaia matematika: prakticheskaia diskretnaia matematika i matematicheskaia logika [Discrete mathematics: practical discrete mathematics and mathematical logic]. Moscow: Finansy i statistika, 2010. 394 p.

9. Tiurin S.F., Aliaev Iu.A. Diskretnaia matematika: test-draiv po diskretnoi matematike i matematicheskoi logike [Discrete mathematics: test-drive on discrete mathematics and mathematical logic]. Permskii natsional'nyi issledovatel'skii politekhnicheskii universitet, 2014. 231 p.

10. Tiurin S.F., Gromov O.A., Grekov A.V. Realizatsiia tsifrovyykh avtomatov v sisteme Quartus firmy Altera: laboratornyi praktikum [The implementation of digital machines in the Quarter system of Altera: a laboratory workshop]. Permskii natsional'nyi issledovatel'skii politekhnicheskii universitet, 2011. 133 p.

11. Ugriumov E.P. Tsifrovaia skhemotekhnika [Digital circuitry: a tutorial]. 2 nd ed. Saint Petersburg: BKhV-Peterburg, 2007. 782 p.

12. Sait razrabotchika National Instruments [National Instruments Developer Site], available at: <http://www.ni.com/multisim/> (accessed 08 June 2017).

13. Quartus II. Download Center, available at: <https://www.altera.com/downloads/download-center.html> (accessed 11 May 17).

14. Posiagin A.I., Iuzhakov A.A. Razrabotka dvukhsloinoi neironnoi seti dlia samomارشrutiziruiushchegosia analogo-tsifrovogo preobrazovatel'ia na osnove neironnoi seti [Development of a two-layer neural network for a self-routing analog-to-digital converter based on a neural network]. *Elektrotekhnika*, 2013, no. 11, pp. 10-13.

15. Khizhniakov Iu.N., Iuzhakov A.A. Neironechetkii regulator chastoty gazoturbinnogo dvigatel'ia [Neuro Fuzzy Frequency Control at the Zoturbine Engine]. *Pribory*, 2010, no. 5, pp. 17-21.

16. Stepchenkov Iu.A. [et al.]. Samosinkhronnyi vychislitel' dlia vysokonadezhnykh primenenii [Self-timed computer for high-reliability applications]. *Sbornik trudov Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii: "Problemy razrabotki perspektivnykh mikro- i nanoelektronnykh sistem"*. Moscow: Institut problem proektirovaniia v mikroelektronike RAN, 2010, no. 1.

17. Stepchenkov Iu.A. [et al.]. Biblioteka samosinkhronnykh elementov dlia tekhnologii ВМК [Library elements for self-timed FPGA technology]. *Sbornik nauchnykh trudov "Problemy razrabotki perspektivnykh mikroelektronnykh sistem – 2006"*. Ed. A.L. Stempkovskogo. Moscow: Institut problem proektirovaniia v mikroelektronike RAN, 2006, pp. 259-264.

### Сведения об авторах

**Тюрин Сергей Феофентович** (Пермь, Россия) – заслуженный изобретатель Российской Федерации, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru).

**Аляев Юрий Александрович** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент, академик Академии информатизации образования РФ, профессор Российской академии естествознания, доцент кафедры «Математика и естественно-научные дисциплины» Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (614990, г. Пермь, Бульвар Гагарина, 10, e-mail: alyr1@yandex.ru).

### About the authors

**Tyurin Sergey Feofentovich** (Perm, Russian Federation) is a Honored Inventor of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Automation and Telemechanics Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, 29, Komsomolsky pr., e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru).

**Alyaeв Yuriј Aleksandrovich** (Perm, Russian Federation) is a Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, assistant professor of the pulpit mathematicians and naturally-scientific discipline Russian presidential academy of national economy and public administration (614094, Perm, 10, Gagarin Boulevard, e-mail: alyr1@yandex.ru).

Получено 09.10.2017