

В. Б. Венславский

# Учебное проектирование цифровых устройств

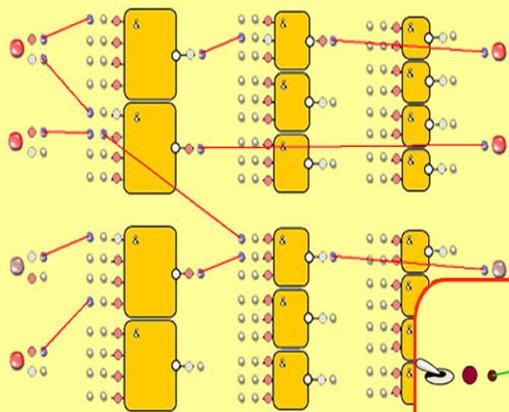
Учебное пособие

Знание

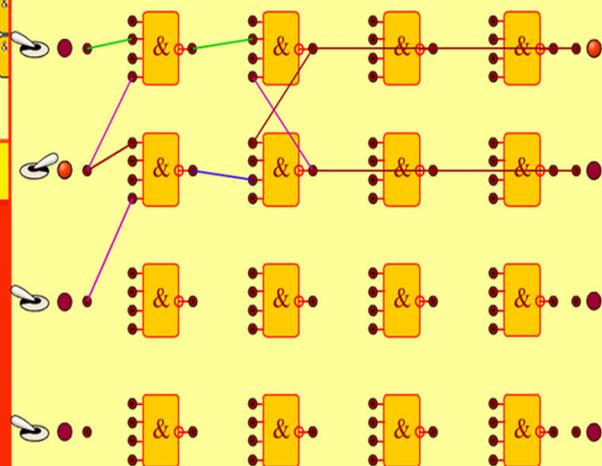
Понимание

Умение моделировать

Умение проектировать



menu



Имитационное моделирование

Забайкальский государственный гуманитарно-педагогический  
университет им. Н.Г. Чернышевского

**В.Б. Венславский**

**УЧЕБНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ**

Учебное пособие  
для студентов физико-математических и индустриально-  
технологических факультетов педагогических университетов

Чита  
ЗабГГПУ  
2010

ББК 32.85 я 7  
УДК 621.37 / 39 (075)  
В 295

Печатается по решению Ученого совета  
Забайкальского государственного гуманитарно-педагогического  
университета им. Н.Г. Чернышевского

**Ответственный за выпуск:** А.А. Томских, канд. геогр. наук,  
первый проректор ЗабГГПУ

**Рецензенты:**

Ю.Л. Хотунцев, д-р физ.-мат. наук, профессор, МПГУ;  
Б.Б. Жалсабон, канд. физ.-мат. наук, доцент ЗабГГПУ

**В 297 Венславский, В.Б.**

Учебное проектирование цифровых устройств: учеб. пособие для  
студентов педагогических университетов / В.Б. Венславский ; Забайкал. гос.  
гум.-пед. ун-т. – Чита, 2010. – 136 с.

ISBN 978-5-85158-627-9

В учебном пособии рассмотрены основы учебного проектирования  
и моделирования комбинационных логических и последовательных цифро-  
вых устройств. Каждая глава содержит примеры и учебные технические за-  
дания для организации учебного моделирования цифровых схем. Все задания  
и мини-проекты ориентированы на использование имитационных программ и  
технических средств учебного назначения. Лабораторный практикум модели-  
рования цифровых схем содержит 18 работ. В заданиях практикума предусмо-  
трено освоение элементов *педагогического проектирования учебных модулей  
и элементов учебно-методических комплексов.*

Пособие предназначено для студентов физико-математических и  
индустриально-технологических факультетов педагогических университетов  
и учителей, которым предстоит работать по направлениям «Вычислительная  
техника» и «Электроника» в условиях профильного обучения. Книга будет  
полезна всем интересующимся преподаванием основ цифровой электроники  
и схемотехники.

ББК ББК 32.85 я 7  
УДК 621.37 / 39 (075)

ISBN 978-5-85158-627-9

© В.Б. Венславский  
© ЗабГГПУ, 2010

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ .....</b>	<b>6</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>7</b>
<b>ГЛАВА 1. АЛГЕБРА ДВОИЧНЫХ ЧИСЕЛ .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1. Позиционные системы счисления .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2. Операторы булевой алгебры .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. Методы минимизации булевых функций .....</b>	<b>18</b>
<i>1.3.1. Алгебраический метод .....</i>	<i>19</i>
<i>1.3.2. Метод карт Карно .....</i>	<i>19</i>
<i>1.3.3. Методы минимизации сложных систем .....</i>	<i>24</i>
<b>ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ...</b>	<b>29</b>
<b>2.1. Схемотехника релейных переключательных схем .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2. Схемотехника релейно-контактных элементов .....</b>	<b>32</b>
<b>2.3. Основы моделирования логических элементов .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4. Логический инвертор – элемент НЕ .....</b>	<b>35</b>
<b>2.5. Логический элемент И.....</b>	<b>37</b>
<b>2.6. Логический элемент ИЛИ .....</b>	<b>39</b>
<b>2.7. Логический элемент Шеффера – И-НЕ.....</b>	<b>40</b>
<b>2.8. Логический элемент Пирса – ИЛИ-НЕ .....</b>	<b>42</b>
<b>2.9. Логический элемент «сложение по модулю два» .....</b>	<b>43</b>
<b>2.10. Комбинационная сборка «эквивалентность» .....</b>	<b>45</b>
<b>2.11. Логические элементы И-ИЛИ-НЕ.....</b>	<b>46</b>
<b>2.12. Логические «повторители».....</b>	<b>46</b>
<b>2.13. Комбинационная сборка «импликация» –</b> <b>«если ... то».....</b>	<b>47</b>
<b>2.14. Комбинационная сборка «коимпликация» –</b> <b>«запрет» .....</b>	<b>48</b>
<b>ГЛАВА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНАЦИОННЫХ</b> <b>СХЕМ .....</b>	<b>50</b>
<b>3.1. Основы анализа и синтеза КЛС .....</b>	<b>50</b>
<b>3.2. Синтез КЛС на основе булевых уравнений.....</b>	<b>51</b>
<b>3.3. Синтез КЛС на основе модели в форме таблицы .....</b>	<b>53</b>
<b>3.4. Синтез КЛС на основе модели в форме эпюры .....</b>	<b>55</b>
<b>3.5. Технологии учебного проектирования цифровых ЭУ .....</b>	<b>56</b>

3.5.1. Технологии договорных отношений на разработку ЭУ .....	57
3.5.2. Технологии выполнения учебного проекта .....	57
3.6. Технологии учебного проектирования КЛС .....	59
<b>ГЛАВА 4. ПРАКТИКУМ: МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ.....</b>	<b>62</b>
4.1. Технические задания мини-проектов .....	62
4.2. Технические средства учебного назначения .....	63
4.2.1. Универсальный цифровой стенд «УЦС-1».....	64
4.2.2. Стенд универсальный «ОАВТ» .....	66
4.2.3. Цифровая лаборатория «V1.01» .....	67
4.2.4. L-микро® – учебное оборудование .....	68
4.2.5. Универсальные стенды «УМ-11М» и «УМ-12М» .....	69
4.2.6. Аппаратно-программный комплекс NI Elvis.....	69
4.3. Программные средства учебного назначения .....	70
4.4. Лабораторный практикум: моделирование КЛС .....	73
4.4.1. Лабораторная работа № 1. Технические и программные средства для учебного моделирования цифровых устройств .....	74
4.4.2. Лабораторная работа № 2. Минимизация комбинационных схем .....	75
4.4.3. Лабораторная работа № 3. Моделирование преобразователей кодов .....	80
4.4.4. Лабораторная работа № 4. Синтез клавиатурных шифраторов.....	82
4.4.5. Лабораторная работа № 5. Моделирование дешифраторов.....	84
4.4.6. Лабораторная работа № 6. Моделирование мультиплексоров .....	86
4.4.7. Лабораторная работа № 7. Моделирование демultipлексоров .....	87
4.4.7. Лабораторная работа № 8. Моделирование одноразрядных сумматоров.....	88
4.4.8. Лабораторная работа № 9. Моделирование устройств защиты информации.....	90
<b>ГЛАВА 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СХЕМ .....</b>	<b>92</b>
5.1. Моделирование элементарных полуавтоматов .....	92
5.2. Моделирование RS-триггеров .....	94
5.2.1. Моделирование RS-триггера S-типа .....	97

5.2.2. Моделирование <i>RS-триггера R-типа</i> .....	99
5.2.3. Моделирование <i>RS-триггера E-типа</i> .....	100
5.3. Моделирование синхронного <i>RCS-триггера</i> .....	101
5.4. Моделирование <i>D-триггера</i> .....	104
5.5. Моделирование <i>T-триггера</i> .....	106
5.6. Моделирование <i>JK-триггера</i> .....	108
5.7. Моделирование регистров .....	109
5.8. Моделирование цифровых счётчиков импульсов .....	110
5.9. Моделирование запоминающих устройств .....	111
<b>ГЛАВА 6. ПРАКТИКУМ: МОДЕЛИРОВАНИЕ</b>	
<b>ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СХЕМ</b> .....	<b>115</b>
6.1. Лабораторная работа № 10. Моделирование асинхронных <i>RS-триггеров</i> .....	116
6.2. Лабораторная работа № 11. Моделирование синхронных <i>RCS-триггеров</i> .....	117
6.3. Лабораторная работа № 12. Моделирование <i>D-триггера</i> .....	118
6.4. Лабораторная работа № 13. Моделирование <i>T-триггера</i> .....	120
6.5. Лабораторная работа № 14. Моделирование асинхронного <i>JK-триггера</i> .....	121
6.6. Лабораторная работа № 15. Моделирование синхронного <i>JCK-триггера</i> .....	123
6.7. Лабораторная работа № 16. Моделирование последовательных регистров .....	125
6.8. Лабораторная работа № 17. Моделирование параллельных регистров .....	126
6.9. Лабораторная работа № 18. Моделирование цифровых счётчиков импульсов .....	127
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>129</b>
<b>ГЛОССАРИЙ</b> .....	<b>131</b>
<b>СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ</b> .....	<b>132</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	<b>133</b>
Методические рекомендации и технические описания .....	134
Справочники по цифровой электронике .....	135

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие предназначено для студентов физико-математических и индустриально-технологических факультетов педагогических университетов и учителей, которым предстоит работать в условиях профильного обучения школьников, разрабатывать элективные курсы и курсы по выбору. В учебном пособии уделяется большое внимание *технологии учебного проектирования и моделирования цифровых устройств*, обсуждаются различные формы моделей и процесс перехода от информационных математических форм моделей к информационным символьным моделям в форме принципиальных схем. Книга ориентирована на выполнение студентами учебных изысканий всех форм моделей как проектных решений в области цифровой схемотехники с последующим выполнением практикумов имитационного и лабораторного моделирования.

Содержание учебного пособия соответствует дисциплинам предметной подготовки «Физическая электроника» и ГОС ВПО РФ по направлениям:

540200 *Физико-математическое образование*, квалификация «бакалавр» образования;

540500 *Технологическое образование*, квалификация «бакалавр» образования.

Учебное пособие «Основы учебного проектирования цифровых устройств» может быть использовано в рамках элективных курсов и при подготовке по индивидуальным программам магистерского уровня:

050200.68 *Физико-математическое образование*, магистерская программа 540202М *Физическое образование*;

050500.68 *Технологическое образование*, магистерская программа 050500.68.01 *Профессиональное образование*.

В основу учебного пособия положены методические материалы, которые использовались автором при организации НИРС и при чтении раздела курса «Физическая электроника» для студентов Забайкальского государственного гуманитарно-педагогического университета им. Н.Г. Чернышевского (<http://www.zabspu.ru>).

Автор благодарит соавторов по разработке элементов учебно-методического комплекса (УМК) по дисциплине «Физическая электроника» А.Н. Грицаенко и студентов-выпускников физико-математического факультета К. Янковского и А. Выходцева.

Автор будет благодарен читателям за любые конструктивные замечания или пожелания по усовершенствованию учебного пособия ([ven-slav@mail.ru](mailto:ven-slav@mail.ru)).