

УДК 004.312.44

**А. С. Кобайло, И. А. Миронов**

Белорусский государственный технологический университет

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ MULTISIM  
В УЧЕБНЫХ КУРСАХ**

В статье рассмотрены методы и программные средства, предназначенные для симуляции работы электронных схем, что является полезным инструментом для наглядной демонстрации схемотехнических основ и архитектурной организации ЭВМ и вычислительных систем. Среди таких программных средств наиболее приемлемым является программная среда NI Multisim, которая эффективно поддерживает проектирование электронных схем и изучение архитектуры компьютера на цифровом логическом уровне.

Предложены аспекты использования среды Multisim в изучении основных элементов алгебры логики, базовых логических элементов, представления логических функций математическими выражениями, перехода от логической функции к логической схеме. Приводятся результаты исследования запоминающих элементов (на примере триггеров RS, D, T и JK), преобразователей кодов на примере шифратора и дешифратора, коммутационных узлов на примере мультиплексора и демультиплексора, суммирующих и вычитающих узлов, организации и функционирования запоминающих узлов.

Использование в учебном процессе разработанного цикла лабораторных работ на базе инструментального средства Multisim позволит закрепить теоретические и практические знания.

**Ключевые слова:** программное средство, симуляция, логический элемент, алгебра логики.

**A. S. Kobaylo, I. A. Mironov**

Belarusian State Technological University

**THE USE OF THE MULTISIM TOOL ENVIRONMENT  
IN EDUCATIONAL COURSES**

The article describes the methods and software tools designed to simulate the performance of electronic circuits, which is a useful tool to demonstrate the circuit foundations and architectural organization of computers and computer systems. Among such software the most appropriate is the software environment NI Multisim, which effectively supports the electronic circuit design and the study of computer architecture at digital logic level.

The aspects of Multisim environment using are considered at learning the basic elements of logic algebra, basic logical elements, representing of logical functions with mathematical expressions, a transition from logic function to logic schema. The study of storage elements (for example, RS, D, T and JK triggers), converters of codes, for example, the encoder and decoder, the switching nodes based on the multiplexer and demultiplexer, adding and subtracting nodes, organization and functioning of memory nodes are presented.

The use of the developed laboratory work cycle in the classroom, based on instrumental environment Multisim will consolidate the theoretical and practical knowledge.

**Key words:** software tool, simulation, logic element, the algebra of logic.

**Введение.** На начальной стадии подготовки инженера-программиста, специализирующегося в области разработки и использования современных информационных технологий и систем, необходимо предусмотреть изучение следующих областей знаний: арифметических основ вычислительной техники на базе двоичной арифметики, логических основ вычислительной техники на базе изучения алгебры логики, схемотехнических основ и архитектурной организации ЭВМ и вычислительных систем, компьютерное моделирование цифровых компонентов (элементов, узлов и устройств) вычислительной техники.

**Основная часть.** Для освоения данных областей знаний и получения практических навыков

необходимо использовать специализированные программные продукты. В настоящее время широкое распространение получили компьютерное моделирование и анализ схем электронных устройств в таких программных средах, как Electronics Workbench, DesignLab, APlac, P-Spice, Micro-Logic, Lab VIEW, NI Multisim и др.

На этапе начального освоения студентами моделирования электронных схем и изучения архитектуры компьютера на цифровом логическом уровне наиболее приемлемым средством является программная среда NI Multisim, разработанная группой Electronics Workbench (входящей в корпорацию National Instruments).

Multisim состоит из редактора схем и подсистемы моделирования, базирующейся на

интеграции вычислительных ядер Spice 3F5 (BSpice) и XSpice. Пакет MCU позволяет включать в эмуляцию смешанной схемы определенные микроконтроллеры.

Инструментальное средство Multisim имитирует реальное рабочее место в исследовательской лаборатории, которое оборудовано измерительными приборами: генераторами, мультиметрами, осциллографами, анализатором спектра, измерителем АЧХ и ФЧХ, измерителем нелинейных искажений, преобразователем и анализатором логических сигналов.

Multisim является программой с многооконным графическим интерфейсом, позволяющим строить и редактировать схемы, модели и изображения компонентов, а также представлять результаты расчетов в удобном графическом виде.

Пользовательский интерфейс Multisim хорошо приспособлен к настройке. Отдельные настройки могут быть применены, когда различные типы листов становятся активны. Например, панели инструментов и подвижные окна могут реконфигурироваться при перемещении со схемного листа на лист описания.

Инструментальные панели могут крепиться в разных местах и с разной ориентацией. Содержание инструментальных панелей может приспособливаться к необходимым задачам. Могут создаваться новые инструментальные панели. Система меню полностью настраиваема, включая все всплывающие меню для разных типов объектов.

Точно так же и система горячих клавиш полностью настраиваема. Это означает, что любые клавиши и комбинации клавиш могут назначаться для любых команд, которые могут размещаться в меню или на инструментальной панели.

В Multisim есть базы данных трех уровней:

- главная база данных (Master Database), из которой можно только считывать информацию, в ней находятся все компоненты;

- пользовательская база данных (User Database) соответствует текущему пользователю компьютера. Она предназначена для хранения компонентов, которые нежелательно предоставлять в общий доступ;

- корпоративная база данных (Corporate Database), предназначенная для тех компонентов, которые должны быть доступны другим пользователям по сети.

Средства управления базами данных позволяют перемещать компоненты, объединять две базы в одну и редактировать их. Все базы данных разделяются на группы, а они, в свою очередь, на семейства. Когда пользователь выбирает компонент и помещает его в схему, создается новая копия и все изменения с ней ни-

как не затрагивают информацию, хранящуюся в базе данных.

Имеющиеся в программе библиотеки включают в себя большой набор широко распространенных электронных компонентов (их насчитывается около 16 000). Есть возможность подключения и создания новых библиотек компонентов.

Библиотеки программы содержат следующие компоненты:

- источники напряжения и тока, заземление (источники постоянного и переменного напряжения, источники прямоугольных импульсов и сигнала через определенные промежутки времени, постоянные и переменные источники тока);

- базовые компоненты (резистор, переменный резистор, конденсатор, переменный конденсатор, катушка индуктивности, катушка с переменной индуктивностью, трансформатор, ключи, реле, переключатели);

- диоды (диод, стабилитрон, светодиод, диодный мостик, диод Шоттки, симистор);

- транзисторы (биполярные, полевые, МОП-транзисторы);

- аналоговые компоненты (операционный, дифференциальный, инвертирующий усилитель, компаратор);

- цифровые микросхемы ТТЛ;

- цифровые микросхемы КМОП;

- микроконтроллеры (8051, 8052, PIC16F84, PIC16F84A – с возможностью программирования) и микросхемы памяти RAM, ROM;

- подключаемые внешние устройства (дисплеи, терминалы, клавиатура);

- цифровые устройства (логические элементы, микроконтроллеры, микропроцессоры, микросхемы памяти, триггеры, регистры, счетчики, мультиплексоры, микросхемы цифровой обработки сигналов, программируемые логические интегральные схемы).

Особенностью программы Multisim является наличие виртуальных приборов, имитирующих реальные аналоги, к которым относятся измерительные приборы и генераторы. К примеру:

- генератор слов предназначен для генерации 32-разрядных двоичных слов и используется для оправок цифрового слова или битового шаблона в схему при симуляции цифровых схем;

- логический анализатор – это прибор, предназначенный для отслеживания состояния логических элементов цифровых электронных устройств при разработке больших систем, а также для выявления неисправностей.

Multisim имеет встроенные модели для большинства типов устройств, но невозможно предложить модели для всех имеющихся устройств. Их поведение может быть крайне

трудным для моделирования групп Spice-компонентов, но может быть проще описано в терминах уравнений поведения. В результате управление поведением таких устройств может выполняться с применением моделирующего кода.

Моделирующий код – это поведение моделируемых устройств, чьи управляющие уравнения известны.

Код модели состоит из набора определений интерфейса и реализации Си функций, описывающих поведение устройства. Имена и место расположения этих файлов важно. Модель создается комбинацией двух файлов (Ifspec.ifs и Cfunc.mod). Результирующий файл, которому присваивается то же имя, что и папке, содержащей его исходные файлы, размещается в папке codemodl [1]. Структура моделирующего кода представлена на рис. 1.

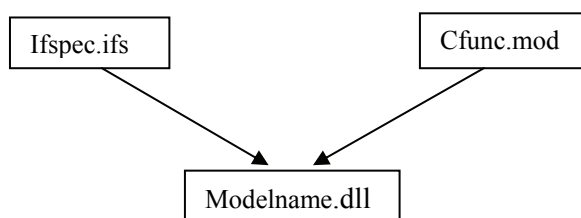


Рис. 1. Файлы, описывающие моделирующий код

Файл интерфейса задает выходные и входные таблицы (out, in tables), имена, используемые моделью, электрические соединения с устройством (ports) и определенные пользователем переменные (parameters), которые поддерживают лучшее управление поведением модели. Файл интерфейса вместе с файлом реализации (implementation) нуждаются в компиляции в DLL для завершения построения код-модели.

При каждой итерации симуляции для схемы, использующей код-модель, XSpice-механизм

симуляции в Multisim вызывает файл реализации. Файл реализации вместе с файлом интерфейса нужно связать в DLL, чтобы укомплектовать код-модель.

После сборки схемы в редакторе запускается процесс симуляции, что аналогично включению реальной электрической схемы.

Симуляция – это математический метод эмуляции поведения схемы. С помощью симуляции можно определить многие свойства схемы без ее физической сборки или использования реальных приборов. Хотя Multisim делает симуляцию интуитивно простой, технология, поддерживающая скорость и точность симуляции, как и простоту использования, достаточно сложна.

На базе инструментальной среды Multisim разработан и внедрен в учебный процесс курс лабораторных работ по дисциплине «Компьютерные системы и сети».

В лабораторных работах рассматриваются основные элементы алгебры логики, базовые логические элементы, приемы представления логических функций математическими выражениями, переход от логической функции к логической схеме.

Приводятся основные характеристики и результаты исследования запоминающих элементов (на примере триггеров RS, D, T и JK). Триггер – это устройство последовательностного типа с двумя устойчивыми состояниями равновесия, предназначенное для записи и хранения информации.

Ключевым вопросом рассмотрения являются преобразователи кодов на примере шифратора и дешифратора (пример схемы испытания шифратора представлен на рис. 2), а также коммутационных узлов на примере мультиплексора и демультиплексора.

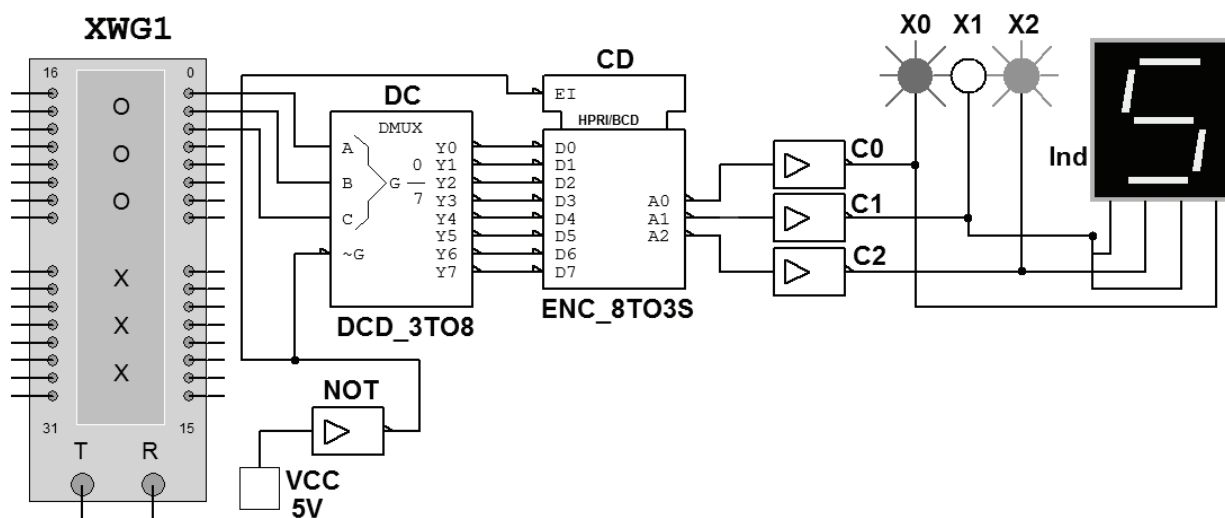


Рис. 2. Фрагмент схемы для испытания шифратора в инструментальной среде Multisim

Областью использования шифраторов является отображение в виде двоичного кода номера нажатой кнопки или положения многопозиционного переключателя, а также номера устройства, подавшего сигнал на обслуживание в микропроцессорных системах.

Кроме того, в лабораторных работах происходит ознакомление с устройством и функционированием регистров и регистровой памяти, испытание интегрального универсального регистра сдвига, организации и функционирования запоминающих узлов и других типовых элементов и узлов цифровой вычислительной техники.

**Заключение.** Использование в учебном процессе разработанного цикла лабораторных работ на базе инструментального средства Multisim позволяет:

– закрепить теоретические знания по арифметическим и логическим основам цифровой вычислительной техники;

– приобрести практические навыки проектирования цифровых компонентов вычислительной техники;

– освоить навыки компьютерного моделирования архитектурных составляющих цифрового уровня компьютерных систем.

Главная особенность инструментальной среды Multisim – простой наглядный интерфейс, мощные средства графического анализа результатов моделирования, наличие виртуальных измерительных приборов, копирующих реальные аналоги.

При помощи этой платформы студенты могут с легкостью перейти от теории к практике, создавая опытные образцы и углубляя свои знания в основах проектирования схем.

### Литература

1. Хернтер Марк Е. Электронное моделирование в Multisim. М.: ДМК Пресс, 2011. 492 с.

### References

1. Herniter Mark E. *Elektronnoe modelirovanie v Multisim* [Electronic simulation in Multisim]. Moscow, DMK Press Publ., 2011. 492 p.

### Информация об авторах

**Кобайло Александр Серафимович** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ask@belstu.by

**Миронов Игорь Александрович** – ассистент кафедры информатики и веб-дизайна. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: mironov@belstu.by

### Information about the authors

**Kobaylo Alexander Serafimovich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, Assistant Professor, the Department of Information Systems and Technologies. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ask@belstu.by

**Mironov Igor Aleksandrovich** – assistant lecturer, the Department of Informatics and Web-design. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mironov@belstu.by

Поступила 29.04.2016