

Учебный кроссплатформенный эмулятор микропрограммируемой ЭВМ

Н.Н. Коннов, email: knn46@mail.ru
А.И. Пчелинцев, В.Д. Федулов, А.С. Бычков

Пензенский государственный университет

***Аннотация.** Приводится описание кроссплатформенного эмулятора 16-разрядной ЭВМ с микропрограммным управлением, предназначенной для изучения функционирования и проектирования микропроцессорных систем на микропрограммном уровне в учебном процессе подготовки бакалавров по направлению «Информатика и вычислительная техника»*

***Ключевые слова:** эмулятор, процессор, микропрограмма, кроссплатформенность.*

Введение

Подготовка современного специалиста в области вычислительной техники предполагает изучение архитектуры процессоров на двух уровнях [1]:..

– –ассемблерном, когда особенности функционирование процессора можно изучать по правилам использования программнодоступных регистров и ячеек оперативной памяти на реальной аппаратной платформе с применением стандартных средств низкоуровневого программирования;

– –микропрограммном, когда надо рассматривать особенности имплементации команд процессора, реализуемой как последовательность межрегистровых передач (фазы выборки и дешифрации команд, выборки операндов, исполнения команды, записи результата и др.).

Поскольку микропрограмма выполняется внутри кристалла современного процессора, то студент лишен возможности ее контролировать или изменять. Поэтому для изучения функционирования процессора на различных фазах исполнения команд, а так же для освоения навыков проектирования микропрограмм, возникает необходимость создания программ – эмуляторов процессоров на микропрограммном уровне.

На кафедре вычислительной техники ПГУ были разработаны и активно применяются в лабораторном практикуме и курсовом

проектировании DOS и Windows версии программных эмуляторов шестнадцатиразрядного процессора с микропрограммным управлением, использующего логическую организацию некогда популярного разрядно-модульного комплекта серии K1804 [2-4].

Эмуляторы состоят из программно-логических моделей универсального шестнадцатиразрядного микропрограммируемого процессора с разрядно-модульной организацией, шириной выборки шестнадцать разрядов, а так же компоненты графического интерфейса.

Использование программы эмулятора в лабораторном практикуме и курсовом проектировании дисциплин, связанных с изучением архитектуры, позволяет студентам разрабатывать различные алгоритмы выполнения арифметических операций с фиксированной и плавающей точкой, выполнять микропрограммную имплементацию шестнадцатиразрядных ЭВМ с различной процессорной архитектурой (наиболее просто реализуется архитектура PDP-11).

Средством графического описания работы микропрограммируемых устройств являются диаграммы микропрограммной логики (ДМЛ). Разработка и отладка микропрограмм процесс весьма трудоемкий, что затрудняет ручное кодирование микропрограмм, представляющих собой последовательность 64-разрядных двоичных кодов. Для автоматизации подготовки ДМЛ был создан специализированный графический редактор, работающий в среде Microsoft Visio 7/10/13, который представляет собой набор встроенных в шаблон документа Visio макросов, форм и библиотеку фигур на языке VBA [5]. Редактор обеспечивает документирование микропрограмм для учебной микроэвм с учетом всех требований к оформлению, а также непосредственно генерирует файл код микропрограммы, который пользователь затем переносит в эмулятор.

Принятые правительственные решения о переходе органов власти и бюджетных учреждений, в т.ч. и ВУЗов, на импортозамещение используемого ПО заставляет вести работу по переводу учебных программ на отечественное либо свободно распространяемое ПО. Поэтому авторами была разработана и кроссплатформенная версия эмулятора микропрограммируемой ЭВМ «Такт 3» [6].

В настоящем докладе представляется доработанная версия эмулятора «Такт 4», которая интегрирована со специализированным графическим редактором ДМЛ, что позволяет не только сохранить существующие методические разработки при отказе от любых продуктов Microsoft, но снизить трудоёмкость отладки сложных микропрограмм.

1. Описание эмулятора микропрограммируемой ЭВМ

Рабочие окна программы представлены на рисунке 1

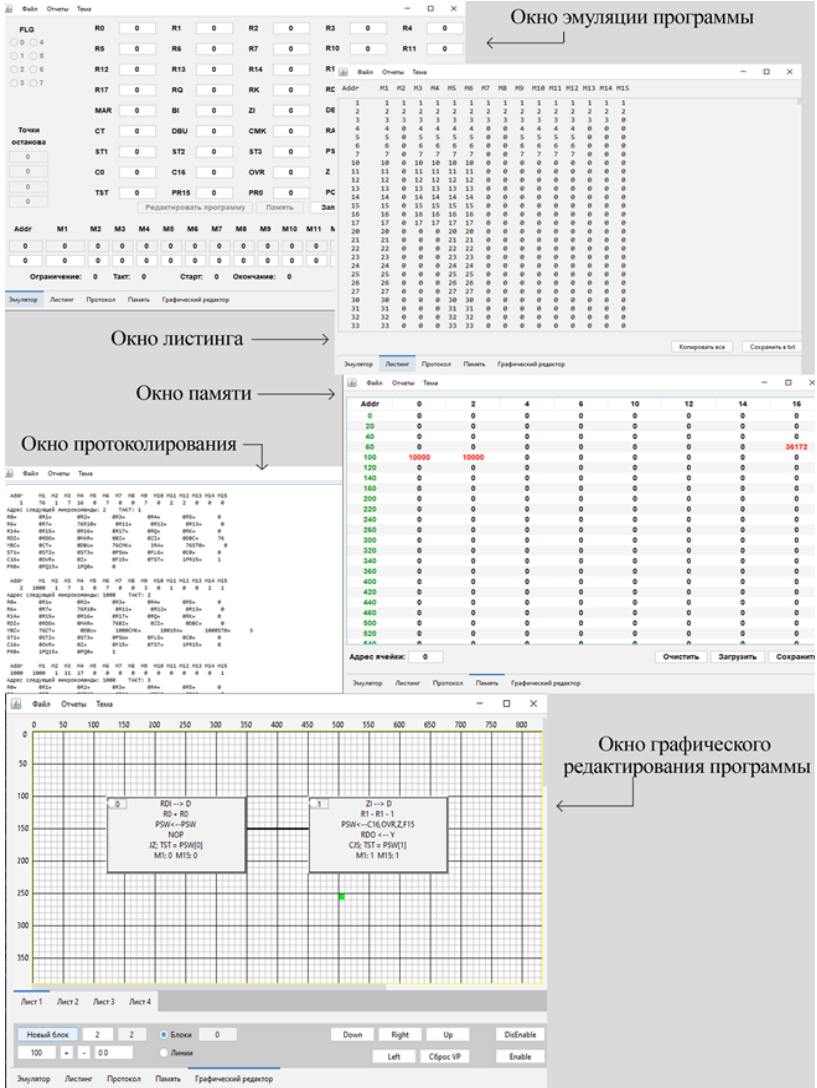


Рис. 1. Рабочие окна программы

Главный экран содержит поля регистров и флагов процессора, для отслеживания текущей информации в них. При необходимости информацию в них можно изменять вручную.

Меню состоит из следующих пунктов: Файл включает в себя функции сохранения и загрузки программы; пункт Отчеты содержит окна необходимые для составления отчета по выполненной программе – Протокол и Листинг; пункт Тема позволяет выбрать пользователю интерфейс.

Ниже располагаются кнопки управления программой: редактирование полей микрокоманды МК1 – МК15, оперативной памяти, запуска и отладки микропрограммы в автоматическом режиме, отладки в потактовом режиме.

Слева располагаются блок для ручной установки флагов FLG, подаваемых в процессор от внешней аппаратуры (готовности оперативной памяти и периферии, прерывания, останова и др.), блок добавления точек останова. В самом низу выводится информация о выполненной микрокоманде и микрокоманде, которая будет выполняться следующим тактом. т внешней аппаратуры (готовности ОП и периферии, прерывания, останова и др.), блок добавления точек останова.

В нижней части главного окна выводится информация о выполненной микрокоманде и микрокоманде, которая будет выполняться следующим тактом.

Окно работы с памятью выводит содержимое оперативной в виде таблицы и содержит кнопки очищения памяти, сохранения и загрузки. При наведении на любую ячейку таблицы внизу будет выведен ее адрес, так же если адрес известен заранее введя число в данную ячейку можно произвести поиск.

Окно запуска отвечает на настройку начальных параметров. Имеет поля для ввода адреса начала и окончания моделирования, задания количества тактов моделирования. Размеры памяти микрокоманд могут быть установлены 256, 512, 1024, 2048, 4096 микрокоманд, что позволяет реализовывать весьма сложные микропрограммы.

В окне протоколирования выводится информация о выполненной МК и текущей информации, хранящейся в регистрах.

В окне листинга выведена каждая МК. Внизу располагаются кнопки копирования и сохранения в текстовом виде.

В верхней части окна графического редактирования микропрограммы расположена рабочая область в которой располагаются блоки ДМЛ, которая может иметь до 4 листов. (С помощью зажатой правой кнопкой мыши происходит перемещение по

рабочему листу. Комбинация CTRL + колесико мыши масштабирует рабочую область.

Окна редактирования микрокоманды придавлены на рисунке 2.

Поля МК разнесены в разные вкладки по типу операций или их порядку выполнения

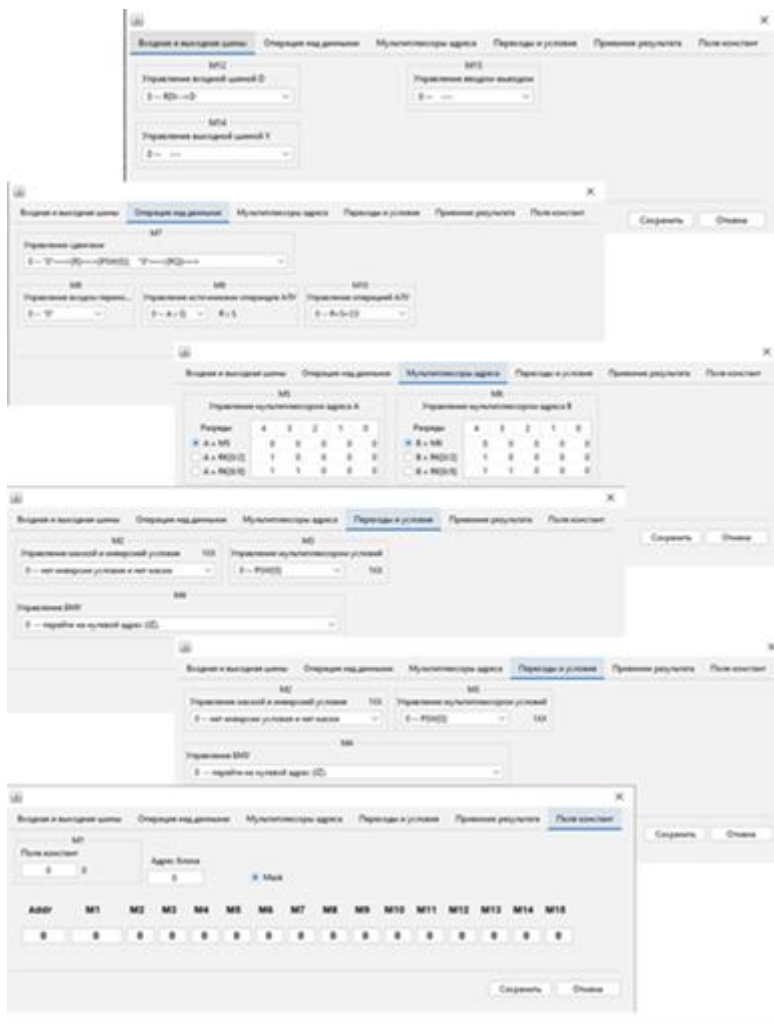


Рис. 2. Окна редактирования микропрограммы

2. Характеристика программной реализации эмулятора

Для реализации поставленных задач был выбран объектно-ориентированный язык программирования Java, отличительными особенностями которого является: платформонезависимость, архитектурная-нейтральность, интерпретированность, высокая производительность, динамичность и адаптируемость. Для реализации графического интерфейса был выбран набор графических компонентов Swing, который в Java является частью базового класса и не зависит от платформы, используется для создания оконных приложений [7].

В данной программе реализовано двенадцать основных классов, каждый из которых отвечает за свою область в программе и имеет индивидуальный набор методов.

iTact – класс, реализующий окно эмулятора. Главный класс, с которого начинается выполнение программы, создает объекты других пользовательских классов и обеспечивает взаимодействие между ними.

Поля данного класса: объекты классов Listing, EditPzu, Protocol, Gr1804 и поля, которые обеспечивают изменения внешних сигналов эмулятора, блокировку пользовательского интерфейса и форматированного ввода значений в регистры эмулятора.

Методы класса: main – это главный метод класса точка входа в приложение; конструктор класса, в котором инициализируются поля, создаются объекты классов, устанавливаются исходные значения регистров эмулятора. Также содержит методы, которые выполняют: установку блокировки и ее отключение на компоненты пользовательского интерфейса; вывод значений регистров на экран; вывод адреса старта и завершения отладки, а также ограничения количества тактов; установку точки останова и цветовой темы приложения; обновление данных регистров, перед запуском эмуляции; подготовку данных к выполнению микрокоманд; запуск отладки; сохранение микропрограммы в файл; чтение микропрограммы в массив из файла.

Gr1804 – класс, реализующий программно-логическую модель микропроцессора и взаимодействие основного класса с ядром. Поля: t – объект класса Tact. Методы класса: в конструкторе класса инициализируется объект t класса Tact и устанавливает начальные значения для эмулятора микропроцессора. Содержит методы, которые выполняют: извлечение микрокоманды из массива микрокоманд; сброс регистров микропроцессора в исходное значение; эмуляция микропроцессора; сохранение адреса текущей команды; проверка на совпадение с адресом завершения или с точками останова; проверка

количества тактов моделирования; выполнение эмуляции в классе Tact; возвращение результата моделирования.

Tact – класс, реализующий ядро микропроцессора. Полей данный класс не содержит. Методы класса выполняют преобразование типов данных, арифметические и логические операции, формирование флагов, обработку определённых битов, а также определяют уровень команды и эмулируют работу блока микропрограммного управления и блока обработки данных

Protocol – класс, реализующий протокол отладки микропрограммы. Поле класса – счетчик тактов для протокола. Методы класса выводят начальную информацию об отладке в текстовое поле, сохраняют очередную микрокоманду и состояние регистров в текстовое поле.

Listing – класс, реализующий листинга микропрограммы. Полей данный класс не содержит. Методы данного класса выводят начальную информацию об отладке в текстовое поле, сохраняют очередную микрокоманду и состояние регистров в текстовое поле

MemoryForm – класс, реализующий эмулятор оперативной памяти ЭВМ в виде таблицы, с возможностью редактирования, сохранения и загрузки. Поля данного класса – модель таблицы, с помощью которой происходит изменение значений в ячейках, а также их проверку на допустимые значения. Методы данного класса выполняют инициализацию компонентов формы, получение модели таблицы и установка шрифтов и цветовой темы, вывода в таблицу данных ячеек памяти, установку значений ячеек по умолчанию и очищение всех ячеек, сохранение в файл и загрузка из файла данных таблицы памяти. Также реализованы методы для получения значения из ячейки памяти и для записи значения в ячейку памяти по указанному адресу по указанному адресу.

Anketa - класс, реализующий вывод микрокоманды, с возможностью ее редактирования и сохранения. Методы этого класса реализуют работу компонентов интерфейса.

Block – класс, реализующий отображение графического элемента и его функционал. Методы данного класса реализуют вывод координат и текста в блоке, масштабирование и размещение блоков в рабочем пространстве, так же формируют текст для дальнейшего размещения.

JLayeredPaneTest – класс, реализующий рабочую область графического редактора. Методы данного класса прорисовывают фоновую сетку, корректно располагают блок в рабочем пространстве, масштабирование рабочего пространства, отвечает за корректировку координат при масштабировании. Так же в данный класс отвечает за

добавление блока в рабочее пространство, его размер и сохранение пропорций при масштабировании.

Line – класс, отвечающий за хранения координат линии сетки.

Rect – класс, отвечающий за хранение координат квадратов и их размеры.

Visio – класс, включающий основные компоненты графического редактора и их обработку. Методы данного класса формируют начальные настройки при добавлении нового блока, отвечает за перемещение по рабочей и сохранения программы в память при переключении вкладки. После описания и проверки данных переходим к фазе подготовки данных. При выполнении различных команд основная цель отформатировать набор данных, привести его к окончательному виду, чтобы в дальнейшем построить качественный анализ.

Программа эмулятора разработана в пакете NetBeans 12.2 [8] и может исполняться в операционных средах Windows 7/8/10 и Linux Ubuntu/Astra/Альт Образование/Manjaro с установленной средой выполнения Java Runtime Environment (версия не менее 1.8.0). Требуемый объём оперативной памяти не менее 256 Мбайт, размер программы – 5 Мбайт. Программа получила государственную регистрацию

Заключение

Программа прошла апробацию в учебном процессе. Её дальнейшее развитие п будет направлено на улучшение графического редактора, сохранение графического представления ДМЛ в формате PDF, оптимизацию программного кода.

Список литературы

1. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера / Э. Таненбаум– СПб. : Б Питер, 2018. –816 с.

2. Гурин Е. И., Коннов Н. Н., Механов В. Б. Проектирование процессора ЭВМ на секционированных микропроцессорных БИС: Методические указания к курсовому проектированию [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/316/66316>.

3. Коннов, Н. Учебный программный эмулятор ЭВМ с микропрограммным управлением / Н. Н. Коннов, С. Е. Филин, П. П. Вирясов, К. О. Барабаш // Университетское образование (МКУО– 2014): сб. ст. XVIII Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 200-летию со дня рождения М. Ю. Лермонтова (г. Пенза, 10–11 апреля 2014 г.) // под ред. А. Д. Гулякова, Р. М. Печерской. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2014. –183–184 с.

4. Коннов, Н. Программный симулятор ЭВМ с микропрограммным управлением / Н.Н. Коннов, Н.В. Исхаков, Д.А. Прокуров // Актуальные вопросы современной науки: теория и практика научных исследований : сб. науч. ст. II Всероссийской научно-практической конференции (Пенза, 1-15 ноября 2018 г.) – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-тет., 2018. –24–27 с.

5. Коннов, Н. Модернизация учебного программного обеспечения по курсу ЭВМ и периферийные устройства / Н. Н. Коннов, А. П. Любезнов, М. Ю. Новиков, И. В. Янович // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. III ежегодной межвуз. студ. науч.-практ. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. –72–73 с.

6. Коннов, Н. Кросс-платформенный эмулятор микропрограммируемой ЭВМ / Н.Н. Коннов, А.И. Пчелинцев, В.Д. Федулов., О.В. Юрова //Сборник научных статей по материалам XVIII Международной научно-технической конференции Новые информационные технологии и системы (НИТиС-2021). – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-тет., – 2021– 33-37 с

7. Шилдт, Г. Java 8. Полное руководство / Герберт Шилдт; – М.: «Питер». Вильяме", 2015. – 816 с.

8. Монахов, В.В. Язык программирования Java и среда NetBeans: [учеб. пособие] / В.В. Монахов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. –703 с.