

Учебно-лабораторный комплекс для изучения микропроцессорной техники

09, сентябрь 2015

Бошляков А. А.¹, Рассадкин Ю. И.¹,
Синицын А. В.^{1,*}

УДК: 378.147.88

¹Россия, МГТУ им. Баумана

[*kutta@mail.ru](mailto:kutta@mail.ru)

Введение

В соответствии с общепринятым определением, мехатроника – это синергетическое объединение механики и электроники с обязательным наличием компьютерного (микропроцессорного) управления [1-2]. Поэтому изучение микропроцессорной техники является важной составной частью обучения студентов по специальности «Мехатроника».

В процессе изучения курса «Микропроцессорная техника» студенты знакомятся с основными принципами представления информации в ЭВМ, принципами функционирования микропроцессора и других цифровых устройств. А также с основами проектирования микропроцессорных систем, в том числе и программной реализации алгоритмов управления.

На всех этапах изучения курса исключительно важным является закрепление материала в ходе выполнения лабораторных работ. Традиционно на лабораторный практикум выносятся следующие вопросы [3-4]:

1. Принципы передачи информации в микропроцессорной системе.
2. Система команд микропроцессора, порядок и особенности выполнения основных операций.
3. Освоение основных приемов программирования на Ассемблере и реализация простейших алгоритмов.

Для проведения лабораторных работ необходима лабораторная база, состав которой в значительной степени определяет как тематику, так и содержание работ. При этом её характеристики должны позволять методически правильное построение выполнения ра-

бот, наилучшим образом обеспечивающее закрепление студентами теоретического материала, полученного в лекционном курсе.

Все эти вопросы на кафедре «Робототехнические системы и мехатроника» (СМ7) МГТУ им.Н.Э.Баумана удалось успешно решить, создав лабораторию с применением оборудования компании Lucas Nulle.

1. Общая организация лаборатории

Лаборатория, оснащенная стендами компании Lucas Nulle, создана на кафедре СМ7 в 2011 году. В её состав входят 6 лабораторных стендов, соединенных с персональными компьютерами студентов - ноутбуками и центральный компьютер преподавателя, подключенный к интерактивной доске.

3.1. Состав лабораторного оборудования

Структура лабораторного оборудования представлена на рисунке 1.

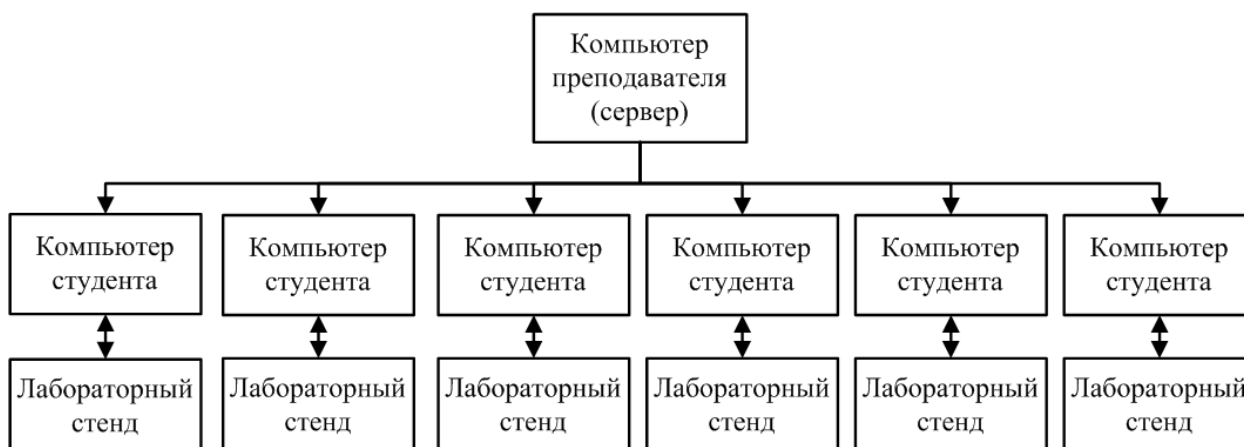


Рисунок 1. Структура лабораторного оборудования

Основным элементом лаборатории является связка «стенд-компьютер студента», образующая одно рабочее место, за которым могут работать два студента. Центральный компьютер выполняет роль сервера, на котором хранятся методические материалы, необходимые для выполнения работ и результаты работ. Преподаватель, работая за центральным компьютером, имеет доступ ко всем материалам. Он может оказать помощь в процессе выполнения работы, проконтролировать результаты по её окончании или в любой момент в последующем.

Студент выполняет работу на своем рабочем месте, используя специальную программу-оболочку. Она с одной стороны предоставляет студенту методический материал по выполнению работы, с другой стороны обеспечивает доступ к аппаратной части стенда и измерительным средствам. Такая же программа-оболочка может быть использована и на компьютере преподавателя, подключенном к интерактивной доске. Это позволяет да-

вать пояснения по ходу выполнения работы для всех студентов, а перед началом работы – делать её краткий обзор и пояснять наиболее сложные моменты.

Собственно стенд построен по модульному принципу. Он состоит из корпуса и устанавливаемых в него модулей-плат, состав которых зависит от выполняемой лабораторной работы. В корпус стенда одновременно может быть установлено до двух модулей. Также имеется блок питания, обеспечивающий необходимые для конкретной работы напряжения. С рабочим компьютером студента стенд связан с помощью интерфейса USB.

Программа-оболочка обеспечивает доступ к следующим виртуальным приборам:

- осциллограф;
- вольтметр;
- амперметр;
- мультиметр;
- индикатор состояния цифровых входов и выходов.

Гнезда для подачи сигналов на виртуальные измерительные приборы находятся на корпусе стенда.

1.2. Порядок выполнения лабораторной работы

В общем случае выполнение работы состоит из двух этапов: подготовка стендов и собственно выполнение.

На этапе подготовки производится установка в лабораторный стенд необходимых модулей-плат, включение и проверка работоспособности стенда, запуск на компьютере студента программы-оболочки, создание учетной записи студента, выбор лабораторной работы из списка доступных, проверка соединения компьютера со стендом.

Собственно выполнение работы заключается в том, что студент читает в программе-оболочке методические указания и выполняет эксперименты в соответствии с ними. Периодически студенту предлагается тест, без успешного прохождения которого дальнейшее выполнение работы невозможно. В конце работы предлагается итоговый тест для проверки качества усвоения материала. Имеется возможность включения режима, препятствующего использованию подбора при ответах на вопросы теста.

Результаты выполнения работы, прохождения тестов, как и сами методические материалы, хранятся на центральном компьютере-сервере и в любой момент доступны для просмотра преподавателем.

1.3. Методические особенности построения лабораторных работ

В отличие от методической практики, принятой в нашей системе образования, где курс лабораторного практикума разбит на отдельные законченные работы длительностью 3-4 часа каждая, в методическом сопровождении от Lucas Nulle такая разбивка отсутствует.

Система западного обучения предполагает, что лабораторные работы представляют собой единый курс последовательно выполняемых экспериментов, теоретических фраг-

ментов и проверочных тестов. Студент выполняет работы в удобное для него время в ходе ряда посещений лаборатории и затрачивает на это столько времени, сколько нужно исходя из своего уровня подготовки и уровня сложности выполняемой работы. Так как ход выполнения работы фиксируется на компьютере-сервере, преподаватель может в любом момент оценить прогресс студента, а по окончании семестра определить возможность постановки зачета по лабораторному практикуму. В целом можно сказать, что такая система, ориентированная на западного студента, предполагает его большую самостоятельность и сознательность.

В наших условиях с учетом жесткого регламентирования времени, отводимого на выполнение лабораторных работ, подобные методические подходы требуют коррекции.

2. Состав и структура лабораторных работ по микропроцессорной технике

В соответствии с принятой в методическом обеспечении от Lucas Nulle концепцией, все лабораторные работы делятся на курсы. Каждому курсу соответствуют сменные модули-платы, устанавливаемые в лабораторный стенд. К области микропроцессорной техники относятся два таких курса: «Технология микрокомпьютеров 1» и «Технология микрокомпьютеров 2».

Курс «Технология микрокомпьютеров 1» по объему примерно соответствует двум стандартным 4-х часовым лабораторным работам. Основная цель – изучение принципов работы микропроцессорной системы, принципов обмена данными и системы команд микропроцессора. В курсе предусмотрен теоретический материал, эксперименты и тесты по следующим основным темам:

1. Знакомство с экспериментальным стендом.
2. Компоненты микропроцессорной системы.
3. Понятие адресации.
4. Шины адреса, данных и управления, принципы передачи информации по ним, взаимодействие шин.
5. Организация устройств ввода-вывода и работа с ними с помощью команд микропроцессора.
6. Организация памяти, работа с ней с помощью команд микропроцессора.
7. Архитектура микропроцессора, регистры, принцип функционирования.
8. Команды микропроцессора, система команд.
9. Микропроцессор Intel 8085, архитектура, особенности.
10. Основы программирования на Ассемблере, работа в отладчике.

В качестве базового микропроцессора в лабораторном стенде используется Intel 8085. Такой выбор можно считать удачным, так как этот микропроцессор имеет простую и понятную архитектуру, стройную систему команд и хорошо подходит для учебных целей.

По окончании первого лабораторного курса студент закрепляет на практике знания об архитектуре микропроцессорной системы и её компонентов, осваивает работу с лабо-

раторным стендом и получает начальные навыки по написанию программ на Ассемблере с помощью прилагаемой среды разработки и отладки.

Курс «Технология микрокомпьютеров 2» соответствует 4 стандартным 4-х часовым лабораторным работам. Основная цель его – получение студентом практики программирования на Ассемблере и реализации типовых алгоритмов, таких как опрос портов, формирование задержек заданной длительности, выдача управляющих сигналов в соответствии с заданной логикой, обработка прерываний, различные варианты организации хранения данных в памяти.

Основными темами курса являются:

1. Система команд микропроцессора Intel 8085.
2. Правила программирования на Ассемблере (команды, данные, таблицы, метки, директивы компилятора).
3. Программная реализация базовых алгоритмов:
 - а) опрос устройства с использованием битовой маски;
 - б) цикл ожидания;
 - в) цикл задержки с заданной длительностью;
 - г) использование подпрограмм;
 - д) работа с таблицами;
 - е) обработка прерываний.
4. Решение практических задач:
 - а) управление светофором на железнодорожном переезде;
 - б) управление светофорами на перекрестке (по заранее заданному алгоритму);
 - в) управление жидкокристаллическим дисплеем;
 - г) ввод и вывод данных с использованием цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразователей.

При работе с указанными курсами используются две сменные платы-модуля, содержащие следующие компоненты:

- микропроцессор Intel 8085;
- светодиодный шинный монитор для визуального отображения цифровых сигналов с шин адреса, данных и управления. Имеется также возможность подачи через специальный разъем сигнала с каждой линии шины на измерительные приборы;
- три восьмиразрядных параллельных порта со светодиодной индикацией состояния выходов, возможностью подачи сигнала с выхода на измерительный прибор и с источника питания на вход;
- восьмиразрядный порт ввода-вывода, разряды которого через четыре кнопки и четыре тумблера подключены к источнику питания, что позволяет формировать на входах порта требуемый логический уровень постоянно (тумблером) или временно (кнопкой);
- двухстрочный буквенно-цифровой жидкокристаллический дисплей;
- датчик освещенности соединенный с аналого-цифровым преобразователем;

- цифро-аналоговый преобразователь, соединенный со светодиодом;
- кнопки, формирующие запрос на прерывания (2 типа) для микропроцессора;
- модель перекрестка с автомобильными и пешеходными светофорами (в виде светодиодов).

Для выполнения работ по курсу «Технология микрокомпьютеров 1» необходима установка только одной платы, для курса «Технология микрокомпьютеров 2» - обеих.

При установке указанных сменных модулей в стенд, в программе-оболочке становится доступной среда разработки для написания программ на языке Ассемблер, включающая в себя:

- текстовый редактор с подсветкой синтаксиса;
- компилятор;
- отладчик;
- справочник по системе команд микропроцессора Intel 8085.

3. Методическая адаптация работ

Необходимость методической адаптации была вызвана двумя причинами:

- различием в общем подходе к организации лабораторных работ;
- погрешностями в методическом материале, прилагаемом к лабораторным стендам.

Суть различий в общем подходе заключается в том, что в методических материалах от Lucas Nulle курс лабораторных работ представляет собой единый массив экспериментов и тестов. Возникла необходимость выделения частей курса, соответствующих стандартным четырехчасовым лабораторным работам. Такое разделение могло быть выполнено только исходя из потребного времени выполнения работы. Так как никаких сведений о расчетном времени выполнения в исходных методических материалах не содержалось, оно было определено экспериментально в ходе постановочного прохождения курсов преподавателями и корректировалось в дальнейшем исходя из реальной практики выполнения работ студентами. В результате возникло следующее распределение частей лабораторных курсов по условно-стандартным 4-часовым работам:

1. Работа №1. Архитектура и принцип действия микропроцессорной системы:
 - а) знакомство с экспериментальным стендом;
 - б) компоненты микропроцессорной системы;
 - в) понятие адресации;
 - г) шины адреса, данных и управления, принципы передачи информации по ним, взаимодействие шин;
 - д) организация устройств ввода-вывода и работа с ними с помощью команд микропроцессора;
 - е) организация памяти, работа с ней с помощью команд микропроцессора.
2. Работа №2. Архитектура микропроцессора, система команд:
 - а) архитектура микропроцессора, регистры, принцип функционирования;
 - б) команды микропроцессора, система команд;

- в) микропроцессор Intel 8085, архитектура, особенности;
 - г) основы программирования на Ассемблере, работа в отладчике;
3. Работа №3. Основы программирования на Ассемблере:
- а) система команд микропроцессора Intel 8085;
 - б) правила программирования на Ассемблере (команды, данные, таблицы, метки, директивы компилятора);
 - в) программная реализация базовых алгоритмов (опрос устройства с использованием битовой маски, цикл ожидания, цикл задержки с заданной длительностью).
4. Работа №4. Базовые приемы программирования на ассемблере:
- а) использование подпрограмм;
 - б) работа с таблицами;
 - в) обработка прерываний.
5. Работа №5. Решение практических задач управления:
- а) управление светофором на железнодорожном переезде;
 - б) управление светофорами на перекрестке (по заранее заданному алгоритму, используется несколько различных алгоритмов).
6. Работа №6. Управление внешними устройствами:
- а) управление жидкокристаллическим дисплеем;
 - б) ввод и вывод данных с использованием цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразователей.

Четыре часа лабораторной работы распределяются по времени следующим образом:

- повторение теоретического материала и знакомство с методикой проведения лабораторной работы -30 мин;
- практическая работа на лабораторных стендах – 3 часа;
- оформление отчетов и защита лабораторной работы – 30 мин.

Погрешности в методическом материале Lucas Nulle, прежде всего, касались неточностей перевода с немецкого на русский язык. Их можно условно разделить на две группы:

- стилистические ошибки;
- использование некорректной терминологии.

Вторая проблема связана с тем, что в микропроцессорной технике имеется своя специфическая терминология, которая требует от переводчика технического текста знания контекста.

На начальном этапе освоения лабораторных работ погрешности в методических материалах компенсировались разъяснительной работой преподавателя, ведущего лабораторную работу. В дальнейшем планируется создание адаптированных методических руководств по выполнению лабораторных работ, в которых будут не только устранены стилистические и терминологические ошибки, но и более подробно разъяснены вопросы, вызывающие наибольшие затруднения у студентов.

4. Обобщение опыта проведения лабораторных работ

Лабораторные работы по микропроцессорной технике проводятся на описанном в статье оборудовании в течение трех лет. За это время накоплен некоторый опыт, показывающий, что в целом выполнение работ позволяет достичь желаемого результата – закрепления на практике студентами теоретических знаний, полученных в ходе лекционного курса в области устройства и принципа действия компонентов микропроцессорной системы, а также реализации основных типовых алгоритмов управления на языке программирования Ассемблер. Анализ хода выполнения работ показал, что в методических материалах имеются существенные недостатки, которые должны быть устранены. Также обнаружилось, что требуемое на выполнение работ время может существенно различаться в зависимости от конкретного студента с учетом его индивидуального уровня подготовки. Такая ситуация требует наличия некоторого запаса при оценке необходимого времени выполнения работ и планировании лабораторного практикума в рамках конкретного учебного курса. В целом можно отметить, что студенты проявляют большой интерес, работают увлеченно и с желанием. В существенной степени это является следствием продуманной компоновки и хорошей эргономики стендов.

Заключение

Трехлетний опыт проведения лабораторных работ с использованием стендов Lucas Nulle показал, что они хорошо подходят для проведения лабораторного практикума по микропроцессорной технике. Требуется некоторая доработка методических материалов с целью устранения имеющихся в них недостатков. При необходимости на имеющемся оборудовании могут быть поставлены дополнительные эксперименты и разработаны новые лабораторные работы.

Список литературы

1. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. пособие для студентов вузов. 2-е изд. М.: Машиностроение, 2007. 256 с.
2. Чигарев А.В., Циммерманн К., Чигарев В.А. Введение в мехатронику: учеб. пособие для вузов. Минск: Изд-во БНТУ, 2013. 387 с.
3. Рассадкин Ю.И., Сеницын А.В. Система команд микропроцессора Intel 8086: метод. указ. к лаб. работам по курсу «Микропроцессорная техника». М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 20 с.
4. Рассадкин Ю.И. Микропроцессорные системы управления: метод. указания к лаб. раб. по курсу «Микропроцессорные системы управления». Ч.1. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1989. 25 с.