



УДК 004.382.7 (076.5)

НОВЫЙ МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ СУДОВЫМ СИСТЕМАМ

Тищенко А.Ю.

Херсонская государственная морская академия

В статье рассматривается проблема организации лабораторного практикума по курсу микропроцессорных приборов и систем. Приводится ряд известных решений, которые однако основаны на морально устаревшем оборудовании или требуют значительных затрат.

Представлена возможность использования демонстрационных плат, выпускаемых производителями однокристальных микроконтроллеров и систем на кристалле, в качестве лабораторных стендов при проведении лабораторного практикума по микропроцессорным судовым системам. Целесообразность использования описанного оборудования и программного обеспечения подтверждают приведенные примеры лабораторных работ. Показана возможность для курсантов, как глубоко изучить предмет «Микропроцессорные устройства и системы» так и закрепить межпредметные связи с другими изучаемыми курсами. Делается вывод, что на невысокую стоимость рабочего места (до 200 гривен), возможно обеспечить ознакомление курсантов с особенностями применения реального оборудования и фирменного (легального) программного обеспечения, которые используются при разработке и эксплуатации новейших микроконтроллерных систем автоматики.

Ключевые слова: лабораторный практикум, микроконтроллер, демонстрационная плата, ТАУ, терморегулятор.

Постановка проблемы. За последние годы бурное развитие получило направление, связанное с выпуском однокристальных микроконтроллеров, которые предназначены для улучшения технических характеристик и реализации более удобного взаимодействия с обслуживающим персоналом оборудования различного назначения, в том числе средств судовой автоматики. Использование микроконтроллеров в системах управления позволяет, за счёт реализации достаточно сложных алгоритмов достигнуть исключительно высоких показателей эффективности при низкой стоимости систем. Во многих применениях система может состоять только из одной БИС микроконтроллера. Поэтому микроконтроллерам, видимо, нет разумной альтернативной элементной базы для построения управляющих и/или регулирующих систем. Следовательно, одной из проблем подготовки специалистов в сфере проектирования, производства и эксплуатации транспортных систем является усвоение учащимися основ теории и приобретение практических навыков работы с системами управления, построенными на базе однокристальных микроконтроллеров.

Лабораторный практикум является важнейшей составляющей курса по микропроцессорным приборам и системам. В то-же время анализ учебников и интернет публикаций (на русском языке) показывает, что большая часть лабораторных работ выполняемых в ВУЗах бывшего СНГ основана на использовании стендов на базе разрядно-модульных микропроцессоров (серия K1804) [1] или микропроцессоров серии K580 [2]. Такая ситуация, по-видимому, сложилась вследствие наличия оборудования доставшегося в наследство со времён СССР. При использовании этого оборудования основное внимание при выполнении лабораторных работ уделяется изучению структуры микропроцессорного ядра и его связей с периферийным оборудованием (блоки памяти, регистры ввода/вывода, интерфейсы связи, таймеры). С появлением однокристальных микроконтроллеров и систем на кристалле этот вопрос решается разработчиками таких микроэлектронных приборов, и перестал быть актуальным для разработчиков и тем более специалистов по эксплуатации микропроцессорных средств автоматики используемых на транспорте. Переоснащение учебных заведений современным лабораторным оборудованием сдерживается его высокой ценой, составляющей несколько тысяч гривен за одно рабочее место. Заметим, что высокая цена вполне обоснована крайне малым тиражом выпуска таких изделий.



Актуальною проблемою является организация лабораторного практикума отражающего современный подход к применению микропроцессоров при жёстких ограничениях на стоимость оборудования рабочего места.

Постановка задачи. Известные решения при организации лабораторного практикума. Рассмотрим основные подходы к реализации современного лабораторного практикума.

Одним из подходов, практикуемым в ряде учебных заведений, является замена лабораторных работ выполняемых на реальном оборудовании моделированием устройств и систем на персональных компьютерах [3]. Так работе [4] говорится «Для сокращения затрат времени студентов на выполнение работ в учебный процесс внедрен эмулятор emKP580, который представляет собой программу-приложение, имитирующую все основные действия, выполняемые микропроцессором KP580BM80A при отработке им некоторой управляющей программы, составляемой студентом на языке Ассемблер». В другой работе [5] читаем «Занятия проводятся в компьютерном классе, с применением специального программного комплекса Electronics Workbench (EWB).

Недостатком такого решения являются совершенно справедливое сомнение учащихся в том, что игры с персональным компьютером достаточно полно отражают поведение реального судового оборудования и высокая стоимость серьёзных программ моделирования, таких как LabVIEW, MatLab.

Другой подход состоит в использовании специализированных учебных стендов, выполненных на базе современных микроконтроллеров. С рядом таких стендов можно познакомиться по работе [6].



Рисунок 1 – Учебно-лабораторные стенды

На рис. 1 показаны некоторые из этих стендов:

– используемый в ряде ВУЗов России учебный лабораторный стенд SDK-1.1 на базе микроконтроллера ADuC812 и ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема) [7];

– стенд инженера-проектировщика MlabSTK500 в состав, которого входят: STK500 – оценочная плата и STK501 – плата расширения [8];

– универсальный лабораторный стенд, включающий ПЛИС и встроенную современную однокристалльную микроЭВМ PCF80C552 семейства MCS-51 [9].

Следует отметить, что общим недостатком упомянутых стендов является их высокая стоимость (свыше 5000 гривен за одно рабочее место).

Наибольший интерес представляет последний стенд, при разработке которого специалисты Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (г. Москва, Россия) исходили из следующих соображений [10]:

– учебные методики и средства должны разрабатывать специалисты, имеющие большой опыт разработки систем проектирования и целевых систем управления;



- в качестве учебных средств должны использоваться версии профессиональных систем проектирования, поскольку использование чисто учебных средств искажает методику проектирования и приводит к необходимости последующего переучивания;
- ввиду большого объема информации по элементной базе и сложности систем проектирования основным принципом лабораторного практикума должен быть «делай как я», то есть в каждой работе должно быть обязательное задание, процесс выполнения которого подробно описан.

Целью данной статьи является представление результатов исследований автора, направленных на поиск возможности реализации перечисленных выше требований к современному лабораторному практикуму с использованием максимально дешёвого оборудования.

Результаты исследования. Для решения описанной проблемы *предлагается использовать в качестве лабораторных стендов демонстрационные платы, выпускаемые самими производителями однокристальных микроконтроллеров и систем на кристалле* доукомплектованные незначительным количеством доступных внешних компонент. Далее показана возможность такого подхода к организации рабочего места лабораторного практикума по микропроцессорным судовым системам на базе стандартного компьютерного класса.

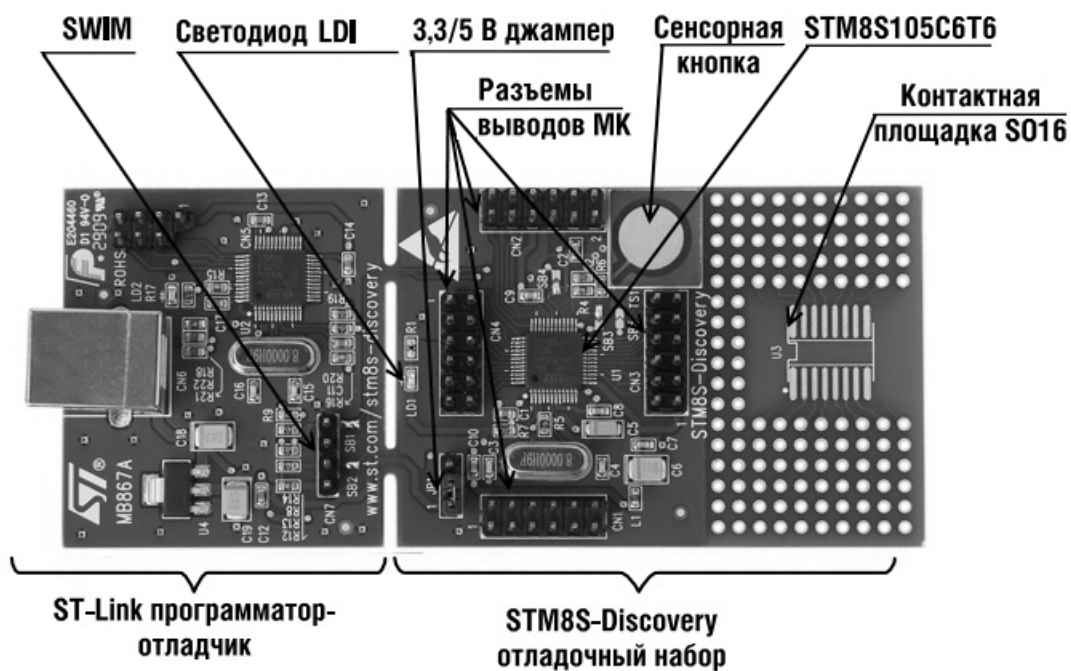


Рисунок 2 – Демонстрационная плата

Поскольку демонстрационные платы изготавливаются с целью ознакомления разработчиков с возможностями перспективных видов продукции и формирования, таким образом, спроса на неё, эти платы включают новейшие компоненты, укомплектованы бесплатным математическим обеспечением и описаниями примеров применения, выпускаются значительным тиражом и распространяются по минимально возможной цене.

Для организации лабораторных работ была выбрана демонстрационная плата STM8S-Discovery [11] (рис. 2), имеющая следующие основные характеристики и функциональные возможности:

- микроконтроллер STM8S105C6T6, имеющий 32 КБ Flash ПЗУ, 2 кБ ОЗУ, 1 кБ EEPROM ПЗУ;
- питание от USB, через соединительный кабель между персональным компьютером и платой;
- USB-интерфейс для отладки и программирования;



- наличие сенсорной кнопки и пользовательского светодиода;
- разъемы расширения, в которые выведены все доступные линии ввода/вывода микроконтроллера;
- монтажное поле для макетирования пользовательских схем;
- возможность выбора напряжения питания между 5 и 3,3 В;
- встроенный внутрисхемный отладчик/программатор ST-LINK;
- поддержка режима отладки SWIM.

Данный выбор обусловлен, в первую очередь, очень низкой стоимостью комплекта (меньше 10 долларов США), его доступностью и возможностью использовать эти платы при разработке оригинального оборудования в ходе дипломного проектирования курсантов и научной работы. Плата состоит из двух частей: контроллера STM8S105C6 со светодиодом, сенсорной кнопкой и разъемами, на которые выведены все свободные порты ввода/вывода и программатора-отладчика ST-Link с USB-интерфейсом. Последний можно отделить от основной платы после окончания отладки программного обеспечения.

Программным обеспечением для этой демонстрационной платы является бесплатный пакет ST Toolset [12], который включает в себя среду разработки ST Visual Developer. Среда разработки ST Visual Developer (рис. 3) позволяет разрабатывать программное обеспечение на языке ассемблер, но у нее также имеется возможность подключения и использования компиляторы с языка Си разработанные фирмами Raisonance и Cosmic software. Все бесплатные среды с Си-компиляторами предоставляют возможность использования с некоторыми ограничениями, а именно – по загружаемому коду во flash-память. У Cosmic software оно составляет 32 Кбайт, что вполне достаточно для учебных целей. В состав пакета входит так же редактор ориентированный на синтаксис языков программирования STM-ассемблер и Си. Такой редактор выделяет выбранным цветом различные конструкции языка, что значительно облегчает анализ программ. В составе пакета есть также бесплатная библиотека стандартной периферии, которая содержит набор функций, структур данных и макросов, использующихся при написании подпрограмм работы с периферийными устройствами микроконтроллеров STM8S. Использование библиотеки обычно позволяет написать собственное программное обеспечение даже не изучая документацию с именами регистров и описания их функционального назначения. Бесплатно распространяется и программа STM Studio [13].

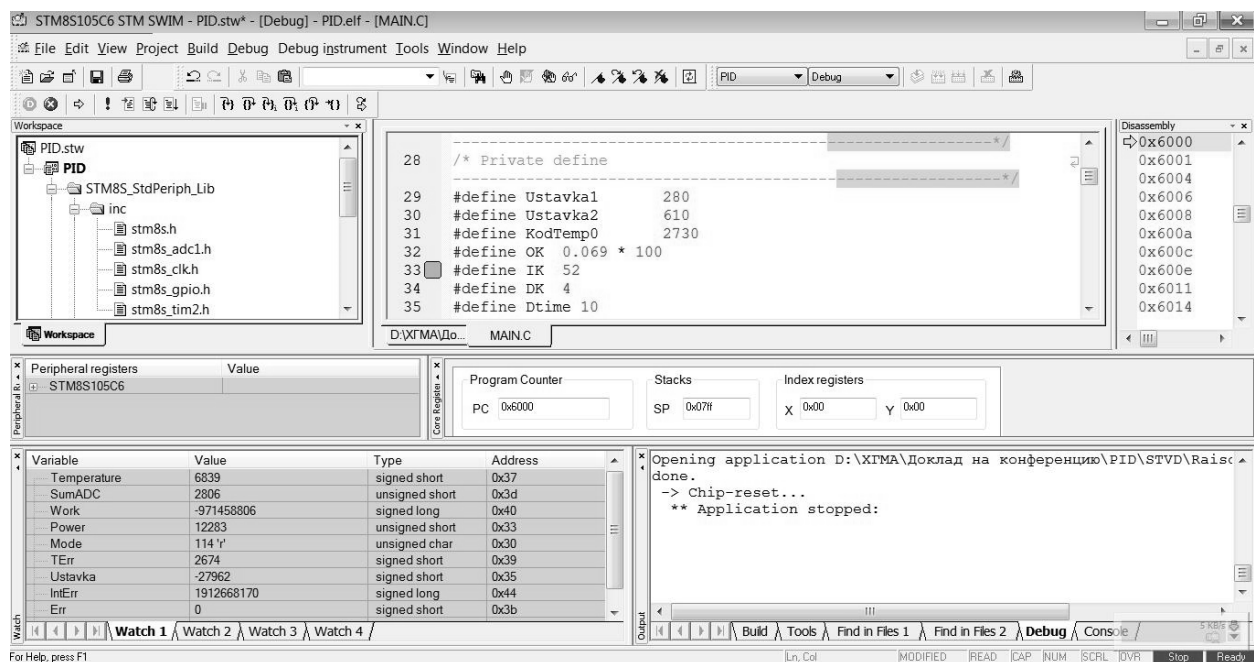


Рисунок 3 – Экран среды разработки ST Visual Developer в режиме отладки



Эта программа позволяет считывать и отображать информацию во время исполнения программы, загруженной в микроконтроллер, в реальном времени и совершенно не влияет на исполнение этой программы, что очень полезно для отладки и диагностирования приложений, реализованных на микроконтроллерах STM8. Для отладки и работы с STM Studio необходимы стандартные средства отладки, одно из них (программаторы-отладчики ST-Link) входит в состав демонстрационной платы. Программа STM Studio является дополнением к стандартным средствам отладки и особенно актуальна для приложений, где критичен останов работающего программного обеспечения микроконтроллера, например в управлении двигателями.

С использованием одной только демонстрационной платы можно провести лабораторные работы по изучению:

- применения интегральной среды разработки (редактирование текстов, трансляция отдельных частей программы, связывание отдельных частей, загрузка программ в микроконтроллер и отладка с анализом состояния в заданных точках останова);
- состава команд микропроцессорного ядра и особенностей их выполнения;
- программирование и особенностей работы дополнительных блоков системы на кристалле, а именно таймеров (включая генерацию ШИМ сигналов), АЦП, цифровых интерфейсов обмена (асинхронный последовательный канал, SPI, I²C и др.).

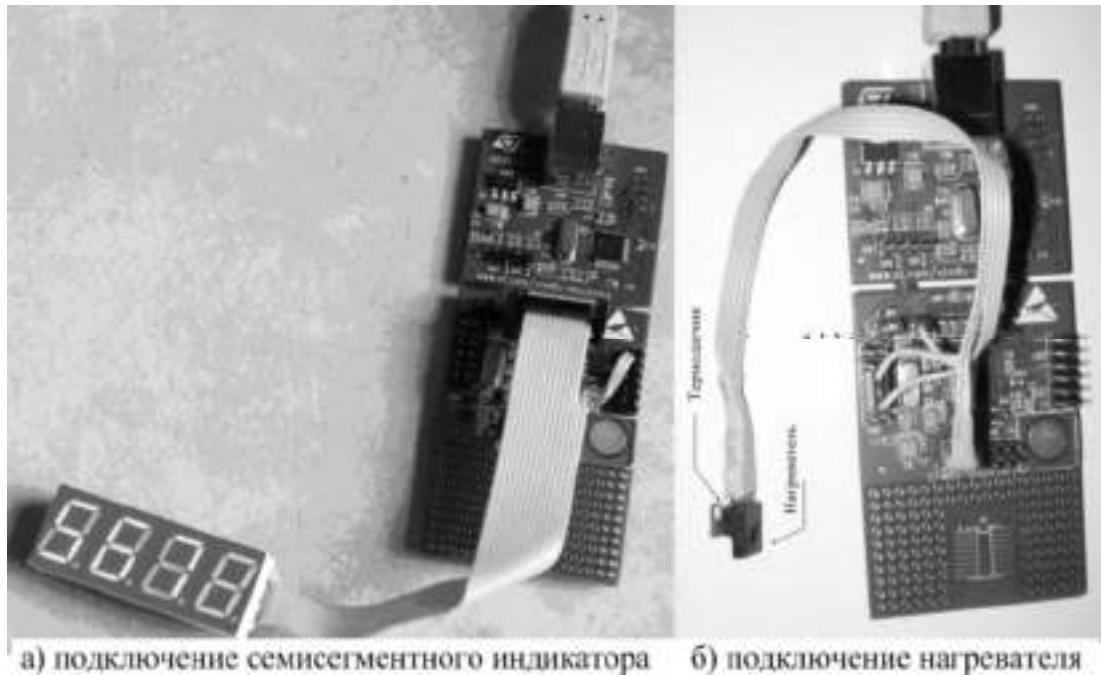


Рисунок 4 – Лабораторные стенды

Для выполнения более сложных работ, демонстрирующих особенности построения, программирования и отладки микроконтроллерных систем управления и межпредметные связи в соответствии с курсом теории автоматического управления (ТАУ), к платам подключались несложные дополнительные узлы, например сборка семисегментных светодиодных индикаторов и нагреватель с датчиком температуры (рис. 4).

Рассмотрим подробнее лабораторную работу по изучению терморегуляторов, которая выполняется на стенде, показанном на рис. 4б. Нагревателем служит транзистор с небольшим ограничивающим резистором в коллекторной цепи. На базу транзистора поступает (через резистор) ШИМ сигнал с вывода микроконтроллера.

Сигнал с термодатчика LM35 (запитан как и нагреватель напряжением +5В от канала USB) поступает непосредственно на вход внутреннего АЦП микроконтроллера. В ходе работы изучаются:



- програмная реализация ПИД регулирования на микроконтроллере;
- исследование характеристик объекта терморегулирования;
- методика расчёта коэффициентов ПИД регулятора;
- сравнение качества разных алгоритмов регулирования.

В соответствии с заданной программой прикосновение к сенсорной кнопке последовательно включает режимы: нагреватель выключен, нагреватель включен на полную мощность, регулирование с уставкой 28°C и регулирование с уставкой 61°C.

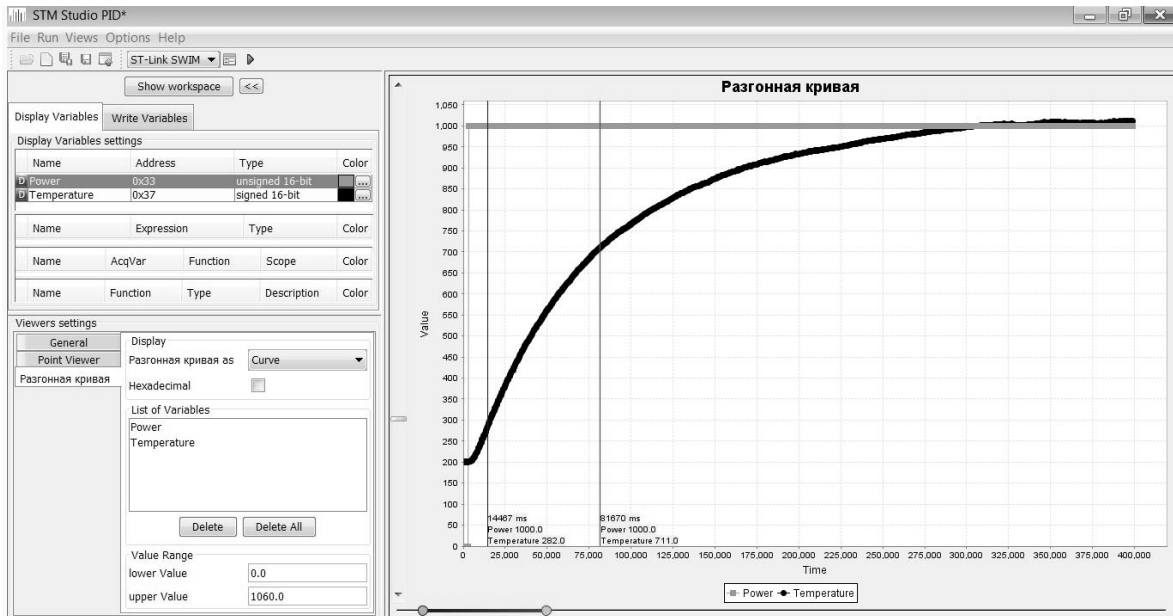


Рисунок 5 – Получение разгонной кривой

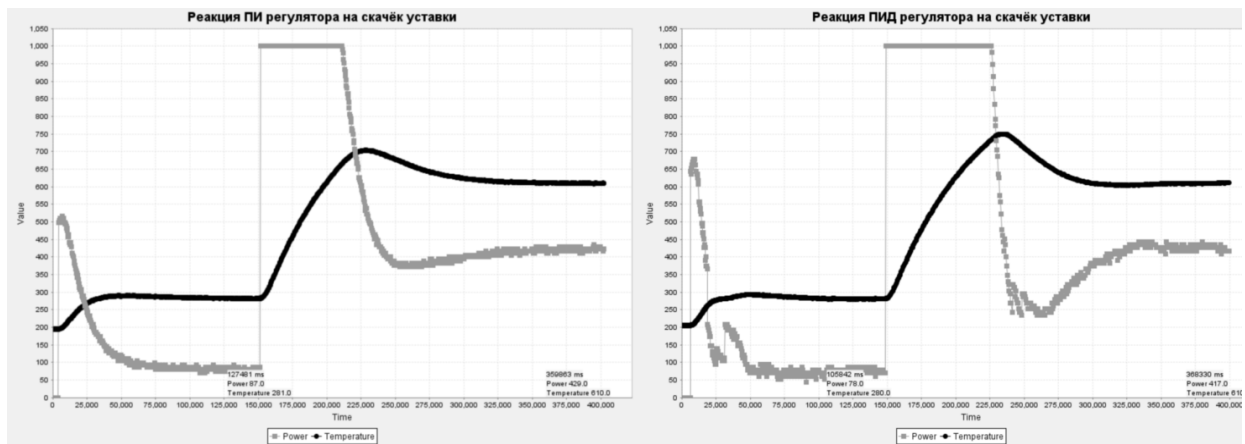


Рисунок 6 – Экспериментальные результаты реакции терморегуляторов на скачек уставки

Сначала получаем разгонную кривую включив нагреватель на полную мощность и записывая с помощью программы STM Studio график изменения мощности и температуры со временем (рис. 5). По методике, изложенной в [14], рассчитываем коэффициенты ПИ и ПИД регуляторов и, вводя их последовательно в программу регулирования, получаем реакции на скачки уставки, которые показаны на рис. 6. Полученные результаты позволяют сравнить качество регулирования по различным алгоритмам известным из ТАУ.

Вывод. Использование демонстрационных плат позволяет в ходе лабораторных работ изучить на реальном оборудовании новейшие микроконтроллеры и системы на кристалле. Глубина работ обеспечивает освоение курса «Микропроцессорные устройства и системы» и понимание его связи с другими изучаемыми курсами, например курсом теории автоматического управления. Стоимость оборудования одного рабочего места не превышает 200 гривень (не включая стоимость стандартного компьютерного класса), что



в десятки раз менше, чем при использовании традиционных лабораторных стендов. В дальнейшем представляет интерес исследовать возможность реализации на данном оборудовании лабораторных работ по изучению самонастраивающихся ПИД-регуляторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бормонтов Е. Н. Лабораторный практикум по программированию микропроцессоров на базе схем серии K1804 : учебно-методическое пособие / Е. Н. Бормонтов, Г. В. Быкадорова, Ю. К. Николаенков. – Воронеж : Издание Воронежского Государственного Университета, 2005. – 43 с.
2. Майоров В. Г. Практический курс программирования микропроцессорных систем / В. Г. Майоров, А. П. Гаврилов. – М. : Машиностроение, 1989. – 272 с.
3. Батоврин В. К. LabVIEW практикум по электронике и микропроцессорной технике : учебное пособие для вузов / В. К. Батоврин, А. С. Бессонов, В. В. Мошкин. – М. : ДМК Пресс, 2005. – 182 с.
4. Кондусов В. А. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Цифровые интегральные схемы и микропроцессоры». – Воронеж : Издание Воронежского Государственного Технического Университета, 2008. – 40 с.
5. Карлащук В. И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение / В. И. Карлащук. – М. : Солон-Р, 1999. – 506 с.
6. Мониторинг учебного оборудования для проведения лабораторных работ при освоении различных модулей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://morc.kai.ru/?page_id=154.
7. Комплекс лабораторных работ для учебного лабораторного стенда SDK-1.1 (Версия 1.1.0) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://embedded.ifmo.ru/sdk/sdk11/labs/2010/SDK-1.1_labs_r110.pdf.
8. Микропроцессорные системы : лаб. практикум / [О. В. Непомнящий, В. А. Хабаров, В. И. Иванов, М. В. Савицкая]. – Красноярск : Вздание Сибирского Федерального Университета, 2009. – 62 с.
9. Гуров В. В. Проектирование микропроцессорных систем : лабораторный практикум : учебное пособие / В. В. Гуров, И. А. Егорова, В. Г. Тышкевич. – М. : Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2010. – 64 с.
10. Бродин В. Б. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики / В. Б. Бродин, А. В. Калинин. – М. : Издательство ЭКОМ, 2002. – 400 с.
11. Демонстрационная плата STM8S-DISCOVERY. Руководство пользователя. (Авторский перевод STM UM0817) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://mcu.ucoz.ru/STM8S-Discovery/User_manual/um0817_rus.pdf.
12. Попов Р. Микроконтроллеры STM8 «с нуля» / Роман Попов // Новости электроники. – 2010. – № 6. – С. 8-14.
13. STM Studio for STM32 and STM8 devices datasheets фирмы STMicroelectronics April 2011 Doc ID 18244 Rev 3
14. Ерков А. Измерители-регуляторы температуры / А. Ерков, А. Хорошавцев [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://icm-tec.com/main1_110.htm.

Тіщенко О.Ю. НОВИЙ МЕТОД ОРГАНІЗАЦІЇ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СУДНОВИХ СИСТЕМ

У статті розглядається проблема організації лабораторного практикуму за курсом мікропроцесорних приладів і систем. Приводиться ряд відомих розв'язків, які однак засновані на морально застарілому обладнанні або вимагають значних витрат. Представлена можливість використання демонстраційних плат, що випускаються виробниками однокристальних мікроконтролерів і систем на кристалі, у якості лабораторних стендів при проведенні лабораторного практикуму по мікропроцесорних суднових системах. Доцільність використання описаного встаткування й програмного забезпечення підтверджують наведені приклади лабораторних робіт. Показана можливість для курсантів, як глибоко вивчити предмет «Мікропроцесорні обладнання й системи» так і закріпити міжпредметні зв'язки з іншими



досліджуваними курсами. Робиться висновок, що на невисоку вартість робочого місця (до 200 гривень), можливо забезпечити ознайомлення курсантів з особливостями застосування реального встаткування й фірмового (легального) програмного забезпечення, які використовуються при розробці й експлуатації новітніх мікроконтролерних систем автоматики.

Ключові слова: лабораторний практикум, мікроконтролер, демонстраційна плата, ТАУ, терморегулятор.

Tishchenko O. Ju. NEW METHOD IN THE ORGANISATION OF A LABORATORY PRACTICAL WORK ON MICROPROCESSOR SHIP SYSTEMS

In paper the problem of the organisation of a laboratory practical work at the rate of microprocessor devices and systems is observed. A row of known solutions which however are based on the obsolete equipment is resulted or demand considerable expenses. Possibility of use of the discovery kits released by producers of single-crystal microcontrollers and systems on a crystal, in the capacity of laboratory stands is presented at conducting of a laboratory practical work on microprocessor ship systems. Expediency of use of the presented equipment and software confirms the resulted instances of laboratory works. Possibility for cadets is shown how deeply to study a subject «Microprocessor devices and systems» and to fix intersubject communications with other studied headings. The leading-out that becomes, on low cost of a work station (to 200 UA), was possibly to provide acquaintance of cadets with features of application of the real equipment and the firm (legal) software which are used by working out and maintenance of the newest microcontroller automatics systems.

Keywords: a laboratory practical work, the microcontroller, the discovery, the temperature control.

Статтю прийнято
до редакції 16.04.14.