

УДК 681.53

## УЧЕБНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ И НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32F446

*Столяр И.В.*

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
филиал «Минский радиотехнический колледж»  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Андрейчук А.О. – преподаватель цикловой комиссии «Программируемые цифровые устройства» Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» филиала «Минский радиотехнический колледж», магистр техники и технологий.*

**Аннотация.** Технический прогресс продолжает развиваться, и с каждым днём мы можем наблюдать за новинками и совершенствованиями в электронной технике. В связи с этим в рамках образовательного процесса есть необходимость вывести на рынок востребованный учебный комплекс, который имел бы современное оборудование для изучения программирования встраиваемых систем. Предложено разработать и внедрить учебный комплекс на базе микроконтроллера STM32f446 с методическими рекомендациями по выполнению лабораторных работ для изучения программирования встраиваемых систем.

**Ключевые слова:** микропроцессорные системы, программирование микроконтроллеров, микроконтроллер STM32, учебный стенд.

**Введение.** В связи с постоянным развитием технологий существует потребность в создании современных и нацеленных на перспективы учебных комплексов, и стендов.

В рамках изучения дисциплины: «Программирование микроконтроллеров» наиболее актуальным является обновление и развитие оборудования для изучения программирования встраиваемых систем.

Основываясь на вышесказанном, необходимо разработать стенд для выполнения работ в рамках подобных дисциплин и запросов рынка. Данное задание разработано с целью вывода на рынок востребованного учебного комплекса, который имел бы современное оборудование для изучения программирования встраиваемых систем.

В силу того, что нынешние микроконтроллеры обладают достаточно высокими вычислительными мощностями, позволяющими лишь на одной маленькой микросхеме реализовать полнофункциональное устройство небольшого размера, притом с низким энергопотреблением, стоимость непосредственно готовых устройств становится все ниже.

По этой причине микроконтроллеры можно встретить всюду в электронных блоках совершенно разных устройств: на материнских платах компьютеров, в контроллерах, внутри домашних роботов, программируемых реле, в модулях управления станками и т.д. Так или иначе, практически ни одно современное электронное устройство не может обойтись сегодня без хотя бы одного микроконтроллера внутри себя.

STM32 – это микроконтроллер, построенный на ядре ARM Cortex-M3, а также это идеальная платформа для перехода с 8-битного микроконтроллера на 32-битный, поскольку позволяет многими способами оптимизировать и минимизировать расходы во время разработки и производства. Данное ядро имеет ряд преимуществ:

- универсальность;
- большой выбор средств отладки и бесплатных библиотек;
- использование сред разработки: Cubemx, Keil;
- высокий процент вводов/выводов общего назначения (GPIO) от общего количества ножек корпуса;
- стабильное функционирование в температурном диапазоне от –40 до 85°C;
- высокая производительность;

- периферия исполнена на самом высоком уровне;
- низкий уровень энергопотребления.

**Основная часть.** Учебный комплекс представляет собой стенд в виде печатной платы, установленной в корпус, на которой расположены компоненты стенда. Печатная плата и компоненты модулей (кроме блока питания и USB хаба) не заключены в корпус, а находятся в верхней части и полностью доступны пользователю.

В случае работы с программированием потребуется компьютер, для написания программ и загрузки их в микроконтроллер. Также между компьютером и устройствами могут осуществляться различные типы коммуникации/передачи данных.

Соединение между модулями осуществляется с помощью проводов типа DUPONT, для этого все необходимые выводы модуля выводятся на соответствующие разъёмы (гребёнки) с обозначением каждого вывода. Таким образом при работе учащихся работа максимально приближена к реальной деятельности при прототипировании электронных устройств. Учащиеся не просто подключают условный контакт А к условному контакту Б, в соответствии с методическими рекомендациями, а осуществляют соединение между устройствами в соответствии с документацией на данные устройства. Питание к модулям проведено через блок питания 5v.

Этапы проектирования стенда:

- определение требований и состав схемы, относящихся к данному проекту: технические параметры и эксплуатационные характеристики разрабатываемого устройства.
- потенциальный поиск, изучение рынка на наличие конкретной элементной базы и её аналогов, корректировка результатов работы и окончательное завершение первого этапа.
- основной объем работы, связанный с схемотехническим проектированием: создание принципиальной схемы, спецификации, перечня элементов, пояснительной записки и проектирование печатной платы в Altium Designer.
- создание первого опытного образца: изготовление печатной платы, монтаж всех элементов и модулей на плату. Проведение его испытания, по результатам которого производится корректировка в документации.
- запускается первая опытная партия, производится отладка, массовое серийное производство.

Комплектация (модули):

- микроконтроллер NUCLEO-F446RE
- беспаячная макетная плата;
- клавиатура 4 на 4 с подключением типа матрица;
- адресные RGB светодиоды "Neopixel" WS2813. На плате составлены в виде матрицы 8 на 8 светодиодов;
- дисплей OLED на контроллере SSD1306 и диагональю 1,3 дюйма;
- дисплей 1.54inch e-Paper Module, E-Ink 200×200px.
- LEDbar 10x;
- RTC модуль DS1307.

**Заключение.** После реализации данный стенд предполагается использовать для осуществления образовательных программ как в рамках учебных дисциплин: “Основы программирования микроконтроллеров”, “Программирование микропроцессорных систем”, “Программирование микроконтроллеров для мобильных систем”, “Практика по программированию микропроцессорных систем”, так и объединений по интересам или другим формам обучения. А также к нему разработаны методические рекомендации для выполнения 8 лабораторных работ для вышеупомянутых дисциплин. Данная разработка облегчит изучение программирования встраиваемых систем для учащихся и студентов.

### **Список литературы**

*I. STM32 on Microcontrollers / Gennady A. Piskun, Viktor F. Alexeev, Sergey M. Avakov, Vladimir E. Matyushkov, Dmitry S. Titko ; Edited by PhD, Associate professor Viktor F. Alexeev. – Minsk : Kolorgrad, 2018. – 184 p. – ISBN 978-9857-148-40-0.*

UDC 681.53

## **TRAINING COMPLEX FOR LEARNING PROGRAMMING OF EMBEDDED SYSTEMS AND BASED ON THE STM32F446 MICROCONTROLLER**

*Stoliar I.V.*

*Educational institution «Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics» branch  
«Minsk Radio Engineering College»,  
Minsk, Republic of Belarus*

*Andreychuk A.O. – Master of Engineering and Technology*

**Annotation.** Technological progress continues to develop, and every day we can observe new products and improvements in electronic technology. In this regard, as part of the educational process, there is a need to bring to the market a sought-after educational complex that would have modern equipment for learning embedded systems programming. It is proposed to develop and implement a training complex based on the STM32f446 microcontroller with methodological recommendations for performing laboratory work to study programming of embedded systems.

**Keywords.** microprocessor systems, programming of microcontrollers, STM32 microcontroller, training stand.