

УДК 378:62

**ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ  
НАПРАВЛЕННОСТИ**

В.В. СЕМЕНЕЦ, И.В. СВИД, О.В. ЗУБКОВ, А.В. ВОРГУЛЬ

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Рассматриваются особенности разработки и внедрения образовательной компоненты «Проектирование устройств на

микроконтроллерах и программируемых логических интегральных схемах» с учетом требований современного технического образования, бизнеса и опыта зарубежных университетов-партнеров. Ключевые слова: высшее образование, техническое образование, разработка устройств, лабораторный макет, Matlab, микроконтроллер, STM32, ПЛИС, FPGA, Xilinx.

**Введение.** Обучение студентов на кафедре микропроцессорных технологий и систем (МТС) Харьковского национального университета радиоэлектроники (ХНУРЭ) начато с 2018-2019 учебного года. Главная задача фундаментальной кафедры МТС – усиление качества подготовки профессиональных инженерных кадров в соответствии с международными стандартами в области микропроцессорных технологий и систем [1-4].

Учебная программа по дисциплине «Проектирование устройств на микроконтроллерах и ПЛИС» разработана в тесном сотрудничестве с коллегами из University of Limoges (France), Lublin University of Technology (Poland) and Istanbul Technical University (Turkey). При разработке учебной программы были учтены лучшие международные учебные практики.

В современном обществе уделяется большое внимание качественной подготовке технических специалистов, как составляющей научно-технического прогресса. Научно-педагогические работники ХНУРЭ в соответствии с миссией и основным направлением университета уделяют достаточное внимание развитию и внедрению новейших технологий в техническое образование [1-5].

#### **Основная часть.**

*Описание учебной программы.* При разработке учебной программы по дисциплине «Проектирование устройств на микроконтроллерах и ПЛИС» учитывались лучшие международные практики университетов-партнеров, пожелания бизнеса, научно-педагогический опыт преподавателей университета: максимальная практическая составляющая; решение блочных последовательных практических задач; распределение дисциплины на связанные логические модули; обучение на современном оборудовании; использование новейших технологий и так далее.

Дисциплина «Проектирование устройств на микроконтроллерах и ПЛИС» излагается в цикле общей и специальной профессиональной подготовки для студентов первого (бакалаврской) уровня высшего образования факультетов: автоматике и компьютеризированных технологий; информационных радиотехнологий и технической защиты информации; инфокоммуникаций; электронной и биомедицинской инженерии. Дисциплину изучают студенты следующих специальностей: 125 Кибербезопасность; 151 Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии; 152 Метрология и информационно-измерительная техника; 163 Биомедицинская инженерия 171 Электроника; 172 Телекоммуникации и радиотехника; 173 Авионика.

Материалы дисциплины «Проектирование устройств на микроконтроллерах и ПЛИС» объемом 10 кредитов ECTS разделен на три модуля: Моделирование цифровых сигналов средствами MATLAB и VHDL (2 ECTS); Микроконтроллеры (4 ECTS); Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) (4 ECTS). При распределении аудиторных часов между видами занятий особое внимание уделено практической направленности дисциплины. Поэтому 75% учебного времени направлены на лабораторный практикум, а 25% времени занимают лекционные занятия.

Изучение каждого модуля дисциплины рассчитано на один семестр. Каждый модуль включает лекционные и практические занятия. В каждом модуле по девять лабораторных работ. Лабораторные работы первого модуля выполняются по два академических часа, а работы второго и третьего модулей выполняются по четыре академических часа.

1. Моделирование цифровых сигналов средствами MATLAB и VHDL. Данный модуль направлен на изучение математических основ цифровой обработки сигналов и освоения основных алгоритмов, применяемых для анализа и синтеза устройств цифровой фильтрации сигналов. Лабораторный практикум выполняется с помощью программного обеспечения MatLab [6]. Материалы модуля нацелены на получение студентом следующих умений: рассчитывать спектральные, временные и корреляционные характеристики дискретных сигналов, находить их Z-изображения; определять системную функцию цифровых фильтров; рассчитывать временные и частотные характеристики цифровых фильтров; моделировать структурные схемы цифровых фильтров в прямой, канонической, каскадной и параллельной формах; синтезировать фильтры с бесконечной и конечной импульсными характеристиками.

При выполнении лабораторного практикума моделируется: дискретный сигнал; линейная дискретная система; дискретное преобразование Фурье; синтез КИХ фильтров оконным методом; синтез КИХ фильтров методом наилучшей равномерной аппроксимации; синтез БИХ фильтров методом билинейной z-преобразования; синтез КИХ и БИХ фильтров средствами FDATool и FilterBuilder по использованию VHDL описания фильтра.

2. Микроконтроллеры. Данный модуль направлен на изучение программирования современных микропроцессоров STM32F407VGT производства фирмы ST языке C++, внутрисхемной отладки программного обеспечения микропроцессоров [7]. Значительное внимание уделяется изучению языка программирования, работе с программными пакетами IAR Embedded Workbench for ARM и STM32CubeMX, для написания и отладки программ, применению этих микропроцессоров в цифровых устройствах передачи и обработки информации. Лабораторный практикум выполняется на макетах STM32F4 DISCOVERY с помощью программного обеспечения

MatLab, STM32CubeMX, IAR Embedded Workbench for ARM v8.3 Kikstart. Материалы модуля нацелены на получение соискателем следующих умений: разрабатывать принципиальные схемы и писать программное обеспечение для таких устройств как: контроллер клавиатуры, генератор ШИМ и аналоговых сигналов, измеритель показаний аналоговых датчиков, устройство цифровой фильтрации сигналов, устройство обмена данными через интерфейс UART, устройство управления графическим дисплеем и т.д.; налаживать программное обеспечение с использованием пакетов симуляции STM32CubeMX и IAR Embedded Workbench for ARM; запрограммировать процессор.

Выполнение лабораторного практикума предусматривает изучение: архитектуры и принципов работы портов ввода-вывода процессора stm32f407vgt; программирования таймеров-счетчиков; программирования встроенного цифро-аналогового преобразователя; программирования встроенного аналого-цифрового преобразователя; цифровой фильтрации аналогового сигнала; программирования встроенного асинхронного интерфейса uart; хранения данных во внутренней flash памяти процессора; управления lcd индикатором ili9328 через встроенный интерфейс fsmc; разработки графических окон для индикатором ili9328.

3. ПЛИС. Данный модуль направлен на изучение архитектуры и программирования современных программируемых логических интегральных схем семейства Artix-7 FPGA производства фирмы Xilinx, языки проектирования цифровых устройств VHDL и методов и средств отладки с помощью комплекса программных средств САПР Vivado; использования ПЛИС для разработки устройств цифровой обработки сигналов. Лабораторный практикум выполняется на макетах Artix-7 FPGA Xilinx с помощью САПР Vivado Hx Design Suite 2018.2, MatLab [6, 8-10]. Материалы модуля нацелены на получение соискателем следующих умений: решать на аппаратно-программном уровне задачи построения специализированных технических средств; создавать модели цифровых систем на различных уровнях описания: абстрактном, схематическом и программном; освоить методы декомпозиции системы, реализуются аппаратно программно; реализовывать описание логики (программу) средней сложности на языке VHDL; разрабатывать встроенные микропроцессорные системы на основе ПЛИС.

Выполнение лабораторного практикума предусматривает изучение: логической обработки входных сигналов; управление 7-сегментным индикатором; формирования периодической последовательности импульсов; формирования ШИМ-сигнала; формирования синусоидального аналогового сигнала; управления аналого-цифровым преобразователем; аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразований.

*Организация учебного процесса по дисциплине.* До начала занятий все учебные материалы дисциплины размещаются на сайте dl.nure.ua,

который реализует электронную образовательную среду Moodle. Каждый студент курса получает доступ к курсу. Такая система позволяет студентам более рационально планировать учебное время и заблаговременно готовиться к занятиям. Также при изучении дисциплины студенты имеют возможность принимать участие в научных исследованиях кафедры МТС.

На дисциплине реализовано накопительную систему баллов, которая учитывает: посещение занятий, отчеты по лабораторным работам, тесты; также, как дополнительные баллы, учитывается научная работа студентов.

В ходе выполнения лабораторных работ студенты получают большое количество графиков этапов моделирования и верификации, программных кодов, фотографии работы платы и тому подобное. Все оформленные отчеты студенты сдают исключительно в электронном виде.

Такая система работы на дисциплине была введена при изначальном создании дисциплины.

**Выводы.** Дисциплина «Проектирование устройств на микроконтроллерах и ПЛИС» соответствует современным тенденциям общества по подготовке высококвалифицированных технических специалистов в области микропроцессорных систем и технологий. Также вносит большой вклад в формирование специалистов направлений встраиваемых систем, IoT и IIoT. Предложенное распределение видов занятий на дисциплине позволяет наилучшим образом обеспечить практическую направленность подготовки специалистов. Планируется в дальнейшем на лабораторном практикуме реализовать систему совместной работы студентов над проектами и возможность удаленного доступа к аппаратным платформам.

#### **Список литературы.**

1. V. Semenets, L. Saikivska, I. Svyd, O. Maltsev. Trends in Training Modern Technicians. // First International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» MC&FPGA-2019, Kharkiv, Ukraine, July 26-27, 2019. – Kharkiv: NURE, MC&FPGA, 2019. – P. 35-36. DOI: 10.35598/mcfpga.2019.013

2. I. Svyd, O. Vorgul, V. Semenets, O. Zubkov, V. Chumak, N. Boiko. Special Features of the Educational Component “Design of Devices on Microcontrollers and FPGA”. // II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 55-57. doi: 10.35598/mcfpga.2020.017

3. O. Vorgul, I. Svyd, O. Zubkov, V. Semenets. Teaching microcontrollers and FPGAs in Quarantine from Coronavirus: Challenges and Prospects. // II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 14-17. doi: 10.35598/mcfpga.2020.005

4. В.В. Семенец, И.В. Свид, Л.Ф. Сайковская. Методика повышения качества подготовки технических специалистов. // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития: IX Междунар. науч.-метод. конф. (Минск, 1-2 ноября 2018 года). – Минск: БГУИР, 2018. – С. 415-416.

5. В.В. Семенец, В.Г. Кобзев, В.О. Філатов. Компоненти інформаційної системи моніторингу якості освіти у Харківському національному університеті радіоелектроніки. // Матеріали 7-ї Міжн. наук.-техн. конф. Інформаційні системи та технології (ICT-2018), 10-15 вересня 2018 р., Харків-Коблеве. – Х. : ХНУРЕ, 2018. – С. 51-54.

6. Солонина А.И. Цифровая обработка сигналов в зеркале Matlab. Учебное пособие – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 560 с.

7. G. Brown. Discovering the STM32 Microcontroller. USA, 2016. – 244 p.

8. Соловьев В.В. Архитектуры ПЛИС фирмы XILINX: CPLD и FPGA 7-й серии. – Москва: Горячая линия - Телеком, 2016. – 392 с.

9. Artix-7 FPGAs Data Sheet:DC and AC Switching Characteristics. Product Specification. DS181 (v1.25) June 18, 2018, Xilinx.com, 2018. Available:

[https://www.xilinx.com/support/documentation/data\\_sheets/ds181\\_Artix\\_7\\_Data\\_Sheet.pdf](https://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds181_Artix_7_Data_Sheet.pdf).

10. О.Г. Аврунін, Т.В. Носова, В.В. Семенець. Основи мови VHDL для проектування цифрових пристроїв на ПЛИС: навч. пос. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 196 с.

## **FEATURES OF DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF EDUCATIONAL COMPONENT OF THE TECHNICAL DIRECTION**

V.V. SEMENETS, I.V. SVYD, O.V. ZUBKOV, O.V. VORGUL

*Kharkiv National University of Radio Electronics*

The features of the development and implementation of the educational component «Designing devices based on microcontrollers and programmable logic integrated circuits» taking into account the requirements of modern technical education, business and the experience of foreign partner universities are considered.

Keywords: higher education, technical education, device development, laboratory dashboard, Matlab, microcontroller, STM32, PLD, FPGA, Xilinx.