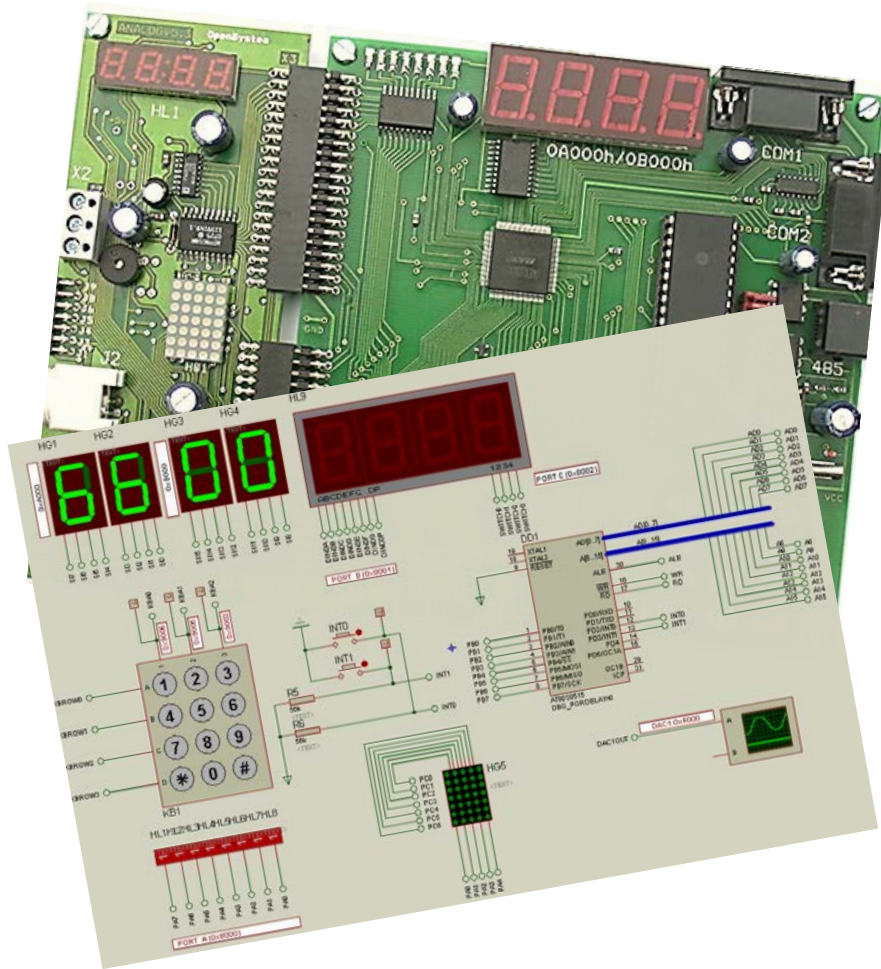


МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький,
Т. І. Трояновська**

МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2017

УДК 004.272.43(075)
ББК 32.971.32-043я73
М59

Автори:

Цирульник С. М., Азаров О. Д, Крупельницький Л. В., Трояновська Т. І.

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 14 від 23 червня 2016 р.)

Рецензенти:

С. І. Перевозніков, доктор технічних наук, професор

В. Ю. Кучерук, доктор технічних наук, професор

Л. Б. Ліщинська, доктор технічних наук, професор

Мікропроцесорна техніка : навч. посіб. / Цирульник С. М., М59 Азаров О. Д, Крупельницький Л. В., Трояновська Т. І. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.

У навчальному посібнику розглянуто особливості програмування та моделювання роботи електричних схем з використанням мікроконтролерів загального призначення виробництва Atmel, що об'єднані під загальною маркою AVR. Посібник призначений для студентів технічних спеціальностей усіх форм навчання при вивченні дисциплін «Архітектура комп'ютерів», «Комп'ютерна схемотехніка» спеціальності 123 – «Комп'ютерна інженерія», інженерів та вчених, а також для всіх, хто вже має певні основні знання про побудову й функціонування мікроконтролерів, бажає зрозуміти й вивчити мікроконтролери AVR і успішно запровадити в життя власні ідеї.

УДК 004.272.43(075)
ББК 32.971.32-043я73

© С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький,
Т. І. Трояновська, 2017

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА EV8031/AVR	6
1.1 Особливості застосування лабораторного макета EV8031/AVR	6
1.2 Робота зі стендом	11
1.3 Віртуальний стенд EV8031/AVR	12
1.4 Архітектура мікроконтролера ATmega8515	14
2 ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ AVR	18
3 ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ	24
3.1 Вивчення стенда EV8031/ AVR, команд сім'ї AVR.....	24
3.2 Схеми відображення інформації	26
3.3 Система переривань. Опитування дискретних датчиків	34
3.4 Цифроаналогове перетворення	43
3.5 Аналого-цифрове перетворення	50
3.6 Обробка частотних і часових сигналів	60
ВИСНОВКИ	72
ЛІТЕРАТУРА	73
Додаток А Лабораторний макет EV8031. Схема електрична принципова	75
Додаток Б Програма «Вогник, що біжить»	77
Додаток В Програма «Лічильник»	79
Додаток Г Програма «Змійка»	81
Додаток Д Програма «Сканер»	83
Додаток Е Програма «Друкарська машинка»	86
Додаток Ж Програма «Рулетка».....	89
Додаток И Програма «Сирена».....	92
Додаток К Програма «Вольтметр»	96
Додаток Л Програма «Маніпулятор».....	99
Додаток М Програма «Табло»	103
Додаток Н Програма «Секундомір»	108
Додаток П Програма «Годинник»	116

ВСТУП

Промисловий випуск мікропроцесорів (МП), імовірно, на кілька сотень порядків більший, ніж випуск персональних комп'ютерів. Багато функцій, а також технічні особливості МП такі, що більшість завдань, реалізованих на МП, просто неможливо реалізувати на звичайних комп'ютерах.

Відмінність програмування мікропроцесорних систем (МПС) від класичного полягає в тому, що крім математичних знань, знання мов програмування, необхідно знати апаратну частину об'єкта, його фізичні або електричні властивості.

Програмування МПС є не менш складною й цікавою галуззю знань, ніж написання програмного забезпечення для комп'ютера, а з урахуванням роботи з реальними процесами – можна вважати, що ця робота дуже наближена до мистецтва.

Лабораторні роботи є найбільш дорогим видом навчальних занять, організація якого на сучасному рівні виявляється практично недоступною з економічних причин для більшості навчальних закладів України. Проте перехід до фундаментальної освіти припускає відповідну зміну мети навчальних лабораторних досліджень. Замість завдань отримання навичок практичної роботи з конкретними об'єктами, які виявляються схильними до прискореного морального старіння, слід шукати підходи до освоєння загальних принципів функціонування, покладених в основу при створенні цілих класів об'єктів.

Фірмою «Open System» [1] випускається навчально-лабораторний стенд EV8031/AVR. Він дозволяє виконувати широкий спектр лабораторних робіт під час вивчення курсів «Комп'ютерна електроніка», «Комп'ютерна схемотехніка», «Архітектура комп'ютерів», «Моделювання компонентів комп'ютерних систем».

Модульна конструкція стенда максимально скорочує час на підготовку устаткування до лабораторних робіт і дозволяє, за необхідності, розширювати його функціональні можливості відповідно до специфіки дисциплін, які вивчаються. Стенд забезпечує максимальну доступність та наочність процесу обробки даних, що допомагає оволодіти сучасними методами програмування та налагодження програм, дослідити принципи роботи мікропроцесорних пристроїв (однокристальних ЕОМ серії MSC-51 та мікроконтролерів архітектури AVR) та особливості узгодження їх з периферійними пристроями.

Стенд побудований на сучасній елементній базі. Наявність системного та периферійного інтерфейсів дозволяє використовувати стенд для налагодження будь-яких систем.

Однак придбання та утримання навчальним закладом стенда EV8031/AVR для навчальних лабораторій у належній кількості є складною задачею, тому альтернативою мають стати віртуальні стенди. Цілеспрямоване застосування комп'ютерів як засобів навчання дозволяє кардинальним чином підвищити роль самостійної роботи в процесі отримання та експериментальної перевірки знань. У роботах [14–16] розглядаються особливості застосування пакета схемотехнічного аналізу Proteus VSM у навчальному процесі при вивченні курсу «Мікропроцесорна техніка».

Застосування комплексного підходу, який поєднує комп'ютерне моделювання роботи віртуального стенда для попереднього ознайомлення з лабораторним обладнанням та реального стенду EV8031/AVR, є золотою серединою, що дозволить у сучасних умовах існування навчальних закладів готувати високоякісних фахівців. Такий підхід підвищує ефективність проведення лабораторної роботи та дозволяє зменшити матеріальні витрати на ремонт лабораторного обладнання.

Стенд орієнтований на використання мікроконтролера серії MSC-51. На даний час дана архітектура є застарілою та малоефективною, тому в наш час не має застосування. Але є можливість використовувати мікроконтролер з архітектурою AVR – ATmega8515. Однак оригінальні методичні вказівки для роботи зі стендом [1] містять лише декілька рядків, що присвячені роботі з мікроконтролером з архітектурою AVR, тому самостійне опанування стенду як викладачем, так і студентом викликає певні труднощі. На чисельні звернення навчальних закладів, де використовується цей стендом, про доопрацювання методичних вказівок фірма «Open System» не реагує. Тому більшість навчальних закладів ВНЗ I-IV рівнів акредитації самотужки вирішує такі проблеми.

Метою роботи є розробка комплексу методичного забезпечення для стенда EV8031/AVR, і призначена вона для студентів технічних спеціальностей усіх форм навчання, інженерів і вчених, а також для всіх, хто вже має певні основні знання про побудову й функціонування мікроконтролерів, бажає зрозуміти й вивчити однокристальні мікроконтролери AVR і успішно запровадити в життя власні ідеї, щоб не відстати від «потяга», що рухається в технологічне майбутнє.

Робота ґрунтується на досвіді викладання дисциплін «Комп'ютерна електроніка», «Комп'ютерна схемотехніка», «Архітектура комп'ютерів», «Моделювання компонентів комп'ютерних систем» на факультеті інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, пройшла апробацію у Вінницькому національному технічному університеті для студентів спеціальності «Комп'ютерні системи та мережі», протягом 2008–2016 років.

Мікропроцесорна техніка використовується широким спектром інформаційно-вимірвальних систем для обчислення результатів і коригування похибок аналого-цифрового та цифроаналогового перетворень.

ВИСНОВКИ

Підготовка технічних спеціалістів неможлива без організації й проведення лабораторних практикумів з базових навчальних дисциплін природничо-наукової, загальної професійної й спеціальної підготовки. У той же час добре відомо, що лабораторні роботи є найбільш дорогим видом навчальних занять, організація якого на сучасному рівні виявляється практично недоступною з економічних причин для більшості навчальних закладів в Україні.

Застосування стенда EV8031/AVR для проведення лабораторних робіт з дисциплін «Комп'ютерна електроніка», «Комп'ютерна схемотехніка», «Архітектура комп'ютерів», «Моделювання компонентів комп'ютерних систем» дасть змогу студентам на практиці набути навички в програмуванні мікроконтролерів, а використання розробленого програмного забезпечення пришвидшить цей процес.

Звичайно, наведені програми не є еталонними. Програміст самостійно приймає рішення, яким способом краще реалізувати той чи інший задум, а подані програми стануть у пригоді як приклади.

При потребі будь-яку програму можна модернізувати відповідно до потреб.

Запропонований підхід поєднання реальних і віртуальних аналогів стендів та вимірювального обладнання дозволяє покращити якість практико-орієнтованої підготовки фахівців за спеціальністю «Комп'ютерна інженерія» у технічних коледжах та університетах України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Open System [Електронний ресурс] / Учебно-отладочный стенд EV8031/AVR – Режим доступа : <http://opensys.com.ua/Stend/Ev8031>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова рос.
2. Белов А. В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR / Белов А. В. – СПб. : Наука и Техника, 2008. – 544 с. – ISBN 978-5-94387-363-8.
3. Богатырев Е. А. Энциклопедия электронных компонентов. Большие интегральные схемы / Е. А. Богатырев, В. Ю. Ларин, А. Е. Лякин ; под ред. А. Н. Еркина. – Т. 1. – М. : ООО «МАКРО ТИМ», 2006. – 224 с. – ISBN 5-9900833-1-9 (978-5-9900833-1-8).
4. Болл С. Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров / С. Р. Болл – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 360 с. – ISBN 978-5-94120-142-6.
5. Евстифеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы «ATMEL» / А. В. Евстифеев. – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2004. – 560 с. – ISBN 5-94120-081-1.
6. Корнев В. VIII Всеукраїнська відкрита студентська олімпіада з прикладного програмування для мікропроцесорних систем / В. Корнев, В. Собченко // CHIP NEWS Україна / Инженерная микроэлектроника. – 2010. – № 3. – С. 72–74.
7. Краткий учебный курс PROTEUS [Електронний ресурс] / Русское руководство для начинающих. – Режим доступа : <http://proteus123.narod.ru>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова рос.
8. Максимов А. Моделирование устройств на микроконтроллерах с помощью программы ISIS из пакета PROTEUS VSM / А. Максимов // Радио. – 2005. – № 4, 5, 6. – С. 30–33, 31–34, 30–32.
9. Радиокот [Електронний ресурс] / Proteus – первое знакомство. – Режим доступа : <http://radiokot.ru/start/soft/proteus/01>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова рос.
10. Схемотехніка електронних систем : у 3 кн. / Кн. 3. Мікропроцесори та мікроконтролери : підручник / [В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В. Я. Жуйков та ін.]. – К. : Вища шк., 2004. – 399 с. – ISBN 966-642-193-3.
11. Трамперт В. AVR-RISC микроконтроллеры / В. Трамперт ; пер. с нем. – К. : МК-Прес, 2006. – 464 с. – ISBN 966-8806-07-7, 3-7723-5476-9.
12. Трамперт В. Измерение, управление и регулировка с помощью AVR микроконтроллеров / В. Трамперт ; пер. с нем. – К. : МК-Пресс, 2006. – 208 с. – ISBN 966-8806-14-X.
13. Хартов В. Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих / В. Я. Хартов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – 240 с.
14. Цирульник С. М. Автоматизація проектування мікропроцесорних систем контролю доступу та охорони / С. М. Цирульник, С. І. Перевозніков, В. С. Озеранський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 1. – С. 10–15.

15. Цирульник С. М. Застосування програми ISIS пакета Proteus VSM при вивченні курсу «Мікропроцесорна техніка» // С. М. Цирульник, В. К. Задорожний : матеріали XIII міжнародної конференції з автоматичного управління (Автоматика 2006). – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2007. – С. 526–530. – ISBN 978-966-641-210-5.
16. Цирульник С. М. Комп'ютеризований лабораторний віртуальний стенд / С. М. Цирульник, В. І. Роптанов / Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 4. – С. 94–98
17. Теоретичні основи комп'ютерних напівпровідникових електронних компонентів : навч. посіб. / Азаров О. Д., Гарнага В. А., Сапсай Т. Г., Тарасенко В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 134 с.
18. Комп'ютерні мережі : навч. посіб. / О. Д. Азаров, С. М. Захарченко, О. В. Кадук та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 500 с.
19. Багаторозрядні АЦП і ЦАП із ваговою надлишковістю, стійкі до параметричних відмов : монографія / О. Д. Азаров, О. В. Кадук. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 150 с.
20. Двотактні підсилювачі постійного струму для багаторозрядних перетворювачів форми інформації, що самокалібруються : монографія / О. Д. Азаров, В. А. Гарнага. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 156 с.
21. Багатоканальні ІВС опрацювання стрибкоподібних сигналів на базі АЦП із ваговою надлишковістю : монографія / Азаров О. Д., Снігур А. В. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 138 с.
22. Інформаційна технологія доставки контенту у системі комп'ютеризованої підготовки спеціалістів / О. І. Гороховський, О. Д. Азаров, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 160 с.
23. Азаров О. Д. Аналого-цифрові пристрої систем, що самокоригуються, для вимірювань і оброблення низькочастотних сигналів : монографія / О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 167 с.
24. Азаров О. Д. Самокалібровані АЦП із накопиченням заряду на основі надлишкових позиційних систем числення / Азаров О. Д., Захарченко С. М., Харьков О. М. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 235 с.
25. Азаров О. Д. Обчислювальні АЦП і ЦАП, що самокалібруються, для систем цифрового оброблення аналогових сигналів : монографія / О. Д. Азаров, О. О. Коваленко. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 146 с.
26. Азаров О. Д. Аналого-цифрове порозрядне перетворення на основі надлишкових систем числення з ваговою надлишковістю : монографія / Азаров О. Д. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 232 с.
27. Азаров О. Д. Методи та засоби високоточного слідкувального аналого-цифрового перетворення з ваговою надлишковістю. : монографія / О. Д. Азаров, О. В. Дудник. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 120 с.

Навчальне видання

**Цирульник Сергій Михайлович
Азаров Олексій Дмитрович
Крупельницький Леонід Віталійович
Трояновська Тетяна Іванівна**

МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет підготовлено С. Цирульником

Підписано до друку
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад пр. Зам. № 2017

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38,
publish.vntu.edu.ua; email: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.