

УДК 62-503.55; 004.35.**О.Є. ІЛАРІОНОВ**

ВНЗ "Університет економіки та права "КРОК"

М.М. ІВАНЧУК

ПП «АРТОН»

ЛАБОРАТОРНИЙ УЧБОВИЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВІ СТЕНДУ AVRК-02

Розроблено учбовий лабораторний комплекс, що включає в себе методичні вказівки, лабораторний стенд AVRК-02 на основі мікроконтролера ATmega16A та віртуальну модель в середовищі Proteus, що дозволяє проводити графічне моделювання роботи лабораторного стенду. Лабораторний стенд включає всі основні блоки типового радіоелектронного пристрою на основі МК – пристрої вводу/виводу (клавіатуру, РКІ, пристрій виводу звуку, годинник реального часу, інтерфейси зв'язку з ЕОМ (міст UART-USB) і SD-картою пам'яті (SPI МК), АЦП, таймери, (використовуються вбудовані в МК модулі). Комплекс може бути використаний для навчання основам проектування мікропроцесорних систем на основі мікроконтролерів а також використовуватись, як лабораторний контролер для автоматизації експерименту.

Ключові слова: мікроконтролер, учбовий лабораторний комплекс, лабораторний стенд, Tmega16A, AVR.

OLEG ILARIONOV

"KROK" University

MICHAEL IVANCHUK

PC "ARTON"

LABORATORY EDUCATIONAL COMPLEX BASED ON DEVELOPMENT KIT AVRК-02

Education complex is developed which includes manuals, development kit AVRК-02 based on ATmega16A microcontroller and Proteus virtual model, which allows graphical simulation of the laboratory model. Laboratory model includes all the basic blocks of a typical electronic device based MC - device input/output (keyboard, LCD, sound output device, RTC, communication interface with a computer (UART-USB bridge interface) and SD- card (build-in microcontroller SPI interface), ADC, timers (using built in MC modules). Education complex can be used for learning the basics of designing microprocessor systems based on microcontrollers and used as a controller for automation laboratory experiment.

Keywords: microcontroller, educational laboratory complex, development kit, ATmega, AVR.

ВСТУП

В сучасній техніці надзвичайно широкого використання набули мікропроцесорні засоби. Особливо поширений принцип використання мікроконтролерів в ролі основного інтелектуального керуючого пристрою радіоелектронного приладу. Тому підготовка висококваліфікованих фахівців є однією з найважливіших задач в сучасних умовах стрімкого розвитку науки і техніки. Одним із важливих засобів глибокого засвоєння навчального матеріалу, а також придбання практичних навичок програмування є комплексне виконання студентами практичних завдань моделювання, а також та практичної апробації проєктованих схем з використанням учбових апаратно-технічних засобів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

За зазначених умов навчальними закладами робляться спроби розробки навчального обладнання з подальшим їх дрібносерійним випуском самостійно або в співпраці з підприємствами малого бізнесу. Прикладами таких рішень можуть бути лабораторний комплекс «IE-NX-DSPIC30F» [1] призначений для вивчення принципів роботи dsPIC-мікроконтролерів. Недоліком даного пристрою є його складність при використанні для початкової підготовки спеціалістів.

Апаратно-програмний комплекс для вивчення 8-, 16- та 32-розрядних мікроконтролерів [2] що представляє собою конструктор з набору функціональних модулів – розробка фірми Mikroelektronika, яка добре відома серед розробників програмного коду для вбудованих систем своїми компіляторами та середовищами розробки. Одним із недоліків якраз і є орієнтованість апаратних засобів на використання в комплексі з досить дорогими програмними продуктами Mikroelektronika.

Програмно-апаратний комплекс "EV8031/AVR", що призначений для застосування в навчальних цілях з курсів програмування (мова Асемблер, Сі), а також як засіб розробки програмного забезпечення для контролерів на базі однокристалної ЕОМ серії MSC-51 [3]. Фірма «Open System» при створенні своїх навчальних стендів здебільшого керуються вимогами вітчизняної вищої школи, що знайшло відображення у навчальних програмах багатьох спеціалізованих навчальних закладів. Стенд в цілому непоганий, але також можна виділити декілька недоліків. Насамперед – його надлишковість і складність, це пояснюється тим, що розроблений стенд на основі промислового контролера і з використанням застарілого на даний час контролера AT89S52 (можливе використання ATMEGA8515), з використанням загальної паралельної шини для зв'язку з масивом пам'яті, організації доступу до периферійних пристроїв. Можливо, для середнього рівня підготовки така організація і виправдана, але для початкового – вносить додаткові складнощі.

Лабораторний стенд на базі AVR-мікроконтролерів, призначений для вивчення основ мікропроцесорної техніки від учбово-наукового центру «Паллада»[4]. Цей стенд має широкі функціональні можливості: дискретні входи-виходи, аналогові входи, вхід лічильника імпульсів, широтно-імпульсна модуляція, цифро-аналоговий перетворювач, світлодіодна індикація. Таке рішення теж досить оптимальне з точки зору наочності і дешевизни виконання, але має ряд складностей при використанні в якості завершеного пристрою – відсутні дружелюбні інтерфейси користувача, складно реалізується ввід-вивід з периферійними пристроями. Хоча вірогідно, такі завдання надлишкові для учбового обладнання. До стенду додається компакт-диск із відповідним програмним та методичним забезпеченням.

Також заслуговує уваги «Учебно-лабораторный стенд для практического изучения микроконтроллеров» [5], розроблений у Тольятінському державному університеті. Стенд містить обчислювальний блок, інтерфейсний блок вводу/виводу, а також елементи скидання, генератор прямокутних імпульсів, RC-ланку в якості часозадаючого елемента, джерело регульованої напруги, програматор, кнопки наборного поля та блок світлодіодів. Авторами навіть запропонована корисна модель на учбово-лабораторний стенд що призначений для практичного вивчення мікроконтролерів. Судячи з аналізу опису, та доданих до опису корисної моделі структурних та функціональних схем – підходи до їх реалізації дещо застарілі, і не надто придатний для навчальних цілей.

Розглянуті приклади зазначених приладів досить цікаві, але реалізація залишає бажати кращого як в плані зручності використання (через великі габарити), так і в плані ціни - всі вони достатньо дорогі. Метою статті є розроблення лабораторного учбового комплексу робіт який дозволить студентам набути навички розроблення та створення як апаратної, так і програмної частини мікропроцесорної системи.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

В основі розробки лабораторного учбового комплексу лежить низка методичних принципів:

- індивідуалізація виконання лабораторних робіт, що сприяє розвитку в студентів навичок самостійної роботи;
- фронтальний метод, за яким студенти виконують одну роботу, пов'язану з тематикою курсу і розглянутою на лекціях;
- уведення в лабораторні роботи дослідницьких елементів, що детально описані у методичних рекомендаціях;
- використання схемотехнічного моделювання під час виконання лабораторних робіт.

Лабораторний учбовий комплекс складається з таких частин:

1. Лабораторний стенд AVRLK-02 на основі мікроконтролера ATmega16A.
2. Методичні вказівки виконання лабораторних робіт;
3. Віртуальної моделі для схемотехнічного моделювання в середовищі Proteus;

Стенд лабораторний «AVRLK V2» призначений для вивчення основ мікропроцесорної техніки. Структурна схема лабораторного стенду представлена на рис. 1.

Центральним вузлом лабораторного стенду є мікроконтролер ATmega16A. Вибір даного мікроконтролера пояснюється тим, що існує велика кількість літератури, прикладів, засобів розробки для даного сімейства мікроконтролерів. Згодом, коли фахівець набуде достатнього багажу знань у програмуванні вбудованих систем йому буде достатньо фірмового опису мікроконтролера. Тому на етапі освоєння програмування мікроконтролера – необхідно мати найбільш доступні засоби програмування/відладки та готових прикладів пристроїв на основі мікроконтролера, що вивчається. Цим вимогам повністю задовольняє сімейство МК ATmega фірми Atmel. Вибраний нами для навчання мікроконтролер ATmega16 [6] має збалансовану систему команд, 8-розрядне RISC ядро, вбудований 8-канальний 10-розрядний АЦП, 4 таймери лічильники, з яких 2 можуть бути генераторами ШІМ, підтримку стандартних послідовних інтерфейсів – USART та SPI, внутрішній тактовий генератор, що дозволяє обходитись без зовнішніх тактуючих пристроїв, контролер зберігає працездатність в широкому діапазоні живлячих напруг – від 2,7 до 5,5 В, це дає можливість використовувати його як разом із застарілими мікросхемами з живленням 5 В, так і з новими, з напругою живлення 3,3 В. Пам'ять програм, об'ємом в 16 К слів дає можливість зберігати досить великі програми керування, а вбудований 1Кбайт EEPROM – дозволяє зберігати дані, які не губляться при виключеному живленні. Окрім того, МК ATmega16 має розвинуту систему переривань, опціональне апаратне «підтягування» ліній цифрових входів до потенціалу живлення, та багато інших рішень, що дозволяють мінімізувати зовнішні апаратні засоби і підвищити ефективність взаємодії з ними.

Матрична телефонна клавіатура служить основним пристроєм вводу даних в діалозі «користувач-стенд». Також використовується для вводу цифрових та символічних даних, за методикою прийнятою у телефонії. Клавіатура розмірністю 3x4 з телефонним розміщенням клавіш вибрана тому, що є досить поширеною в пристроях, які часто зустрічаються в повсякденному житті – кодових замках, панелях керування побутовими пристроями, телефонах. Крім того, вона при мінімальних розмірах і кількості клавіш є повнофункціональним пристроєм введення, за допомогою якого вводять навіть невеликі тексти (тому приклад – введення повідомлень СМС).

Знакосимвольний індикатор служить для відображення найважливіших на поточний момент часу

даних, а також як пристрій виведення інформації при використанні діалогових меню. Для зручності використано дисплей на контролері Hitachi HD44780 [7]. Розмірність дисплея – 16 символів у 2х рядках. Це формат, який найчастіше зустрічається на практиці завдяки оптимальному співвідношенню ціни і густини інформаційного відображення.

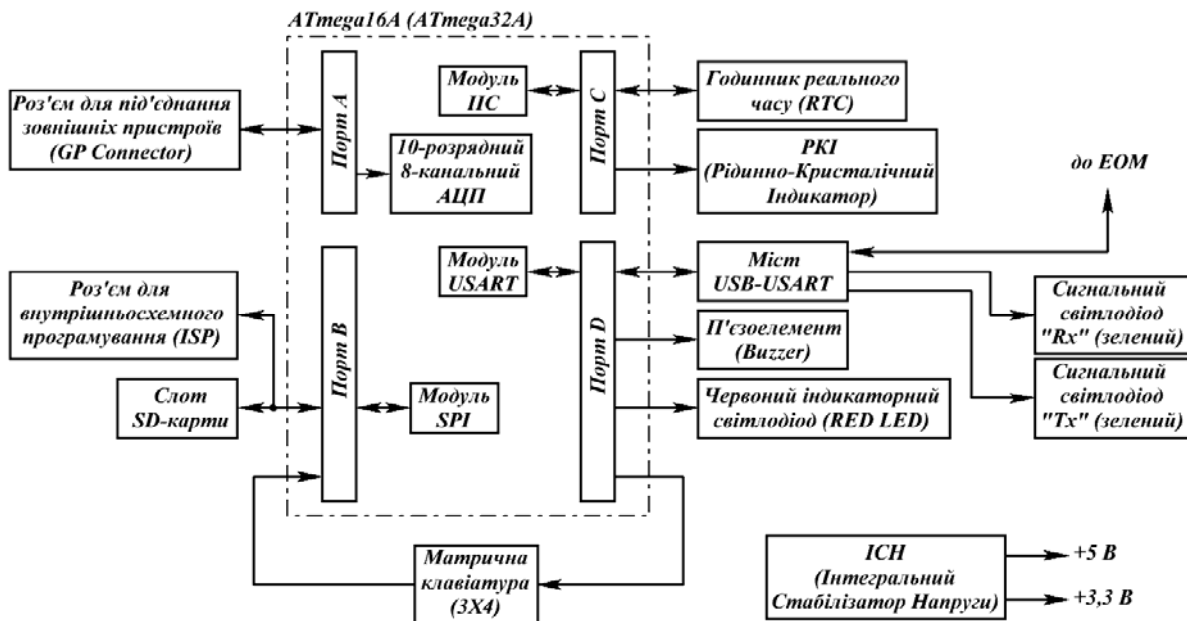


Рис. 1. Структурна схема лабораторного стенду

Лабораторний стенд обладнаний картотримачем для карт пам'яті типу SD [8] та годинником реального часу – це дозволяє використовувати стенд для оцифрування та запам'ятовування даних в реальному часі, освоювати створення файлових систем типу FAT, FAT16, [9] та ін., а також створювати придатні для практичного застосування пристрої з функціями накопичення даних та обміном з EOM.

Універсальний розширювач представляє собою роз'єм, через який мікроконтролер може обмінюватись даними із зовнішнім світом. Враховуючи, що внутрішній 10-розрядний АЦП МК мультиплексований із даним портом – отримуємо можливість оцифрування рівнів напруги на 8 входах універсального розширювача.

Різні стандартні протоколи (I²C, SPI, UART) можна реалізувати програмно з використанням будь-яких виводів порта «А» – всі вони двонаправлені, а швидкодії ядра вистачає для реалізації нескладних (але достатніх в більшості випадків для практичного використання) функцій послідовного вводу-виводу.

Живлення стенду забезпечується з допомогою зовнішнього блока напругою 6.15 вольт (в автономному режимі можна використати акумулятор чи гальванічну батарею), або безпосередньо через шину USB [10].

Лабораторно-учбовий стенд виконаний у вигляді приставки що під'єднується до комп'ютера з допомогою кабелю USB. Живлення приладу забезпечується зовнішнім блоком або безпосередньо через кабель USB комп'ютера. Стенд може бути використаний як самостійно, так і при під'єднанні до комп'ютера. При використанні приладу без комп'ютера для зміни програми МК необхідно мати будь який засіб для програмування МК AVR (рекомендується використовувати засоби фірми Atmel – STK500, STK600, AVR Dragon, та ін.). Зовнішній вигляд лабораторного стенду представлений на рис.2.

Додатково стенд може бути використаний у якості універсального контролера, який може забезпечувати функції вимірювання, контролю, збереження та передачі даних з використанням підключення до комп'ютера за допомогою інтерфейсу USB.

Методичні вказівки виконання лабораторних робіт містять наступні роботи:

1. Створення найпростішої програми на мові C;
2. Виведення інформації на дисплей з контролером Hitachi H44570;
3. Застосування матричної клавіатури 3x4;
4. Виведення звукових повідомлень;
5. Робота з годинником реального часу (RTC) DS1307;
6. Використання зовнішньої пам'яті (SD card) ;
7. Передача даних на EOM по протоколу USART;
8. Комплексна лабораторна робота.

Використання віртуальної моделі лабораторного стенду дозволяє проводити відладку роботи програми МК у режимі реального часу. Це дає можливість складати свої моделі перед тим, як починати реалізовувати, чим забезпечується суттєва економія часу, коштів і сил. Віртуальна модель розроблена так,

щоб наглядно представляти тільки всі необхідні для програмування вузли і пристрої, водночас не переобтяжуючи наглядність і не вносячи надлишковості, це дає можливість студенту сконцентруватись на основному і не допускати лишніх помилок. В моделі не внесено електричні кола, що забезпечують функціональність стенду, але не несуть змістового навантаження з точки зору алгоритмічного функціонування електронної схеми – кола живлення, обмежуючі резистори, та інше.



Рис.2. Зовнішній вигляд лабораторного стенду.

Студент має можливість перевірити роботу SD-карти, форматування FAT, зв'язок з EOM по протоколу USART, функціонування інтегрального годинника реального часу DS1307, рідкокристалічного дисплея, пристрою виводу звуку – віртуально, без використання лабораторного стенду – це дозволяє виконувати домашні завдання за межами навчального закладу, а також надає спрощену можливість студентам обмінюватись своїми напрацюваннями через мережу Internet при колективному вирішенні задач.

Для роботи з віртуальними моделями можна використовувати демонстраційну версію програми «Proteus». Демонстраційна версія дозволяє проводити моделювання пристроїв в повному об'ємі. Схема віртуальної моделі лабораторно-учбового стенду представлена на рис. 3.

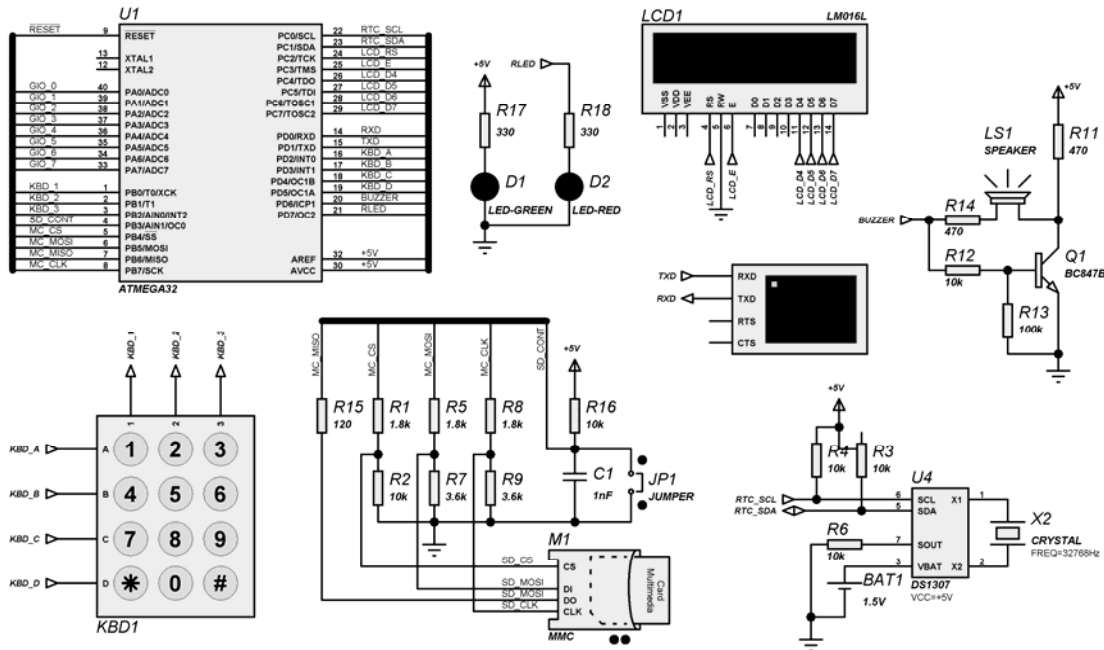


Рис.3. Віртуальна модель лабораторно-учбового стенду в середовищі моделювання Proteus

Передбачений також роз'єм для під'єднання зовнішніх пристроїв. Інтерфейс розширення призначений для підключення розроблених зовнішніх пристроїв. Апаратно інтерфейс представляє собою продовження порту «А» мікроконтролера (рис. 2), який дозволяє використовувати кожен окрему лінію як приймач/передавач цифрового рівня або як вхід АЦП. Це дає користувачеві можливості реалізувати будь-які способи вводу-виводу на свій смак.

Також на роз'єм інтерфейсу виведено живлення +3,3В та +5В для живлення малопотужних схем. Можливе споживання струму до 100 мА. Можна значно розширити кількість лабораторних робіт при використанні модулів розширення – термометр, компас, модуль GSM/GPRS, GPS – модуль, та інші (можливе замовлення унікальних модулів розширення для потреб користувача – замовлення можна зробити на сайті авторів issi.org.ua). Основні технічні характеристики стенду зведені в таблицю 1.

Технічні характеристики стенду учбово-лабораторного KROK AVR-LK V2

№	Параметр	Значення
1	Напруга живлення стенду (від зовнішнього джерела), В	6...15
2	Струм споживання при живленні від зовнішнього джерела, мА	100
3	Струм споживання при живленні від USB, мА	70
4	Вага стенду, не більше, г	100
5	Температура експлуатації, С	+10...+40
6	Відносна вологість, %	0...90

Лабораторно-учбовий стенд розроблений з урахуванням специфіки учбового процесу. Основна увага приділена інтуїтивності і зрозумілості будови стенду та роботи з ним. Робота із стендом зводиться до декількох простих кроків:

1. Під'єднати стенд до комп'ютера з допомогою кабелю USB;
2. Відкрити програму – середовище для написання, компіляції та відладки програмного коду AvrStudio;
3. Виконати процеси введення лістингу програми, компіляції та відладки;
4. Використовуючи середовище Proteus – переконайтесь у функціональності написаної програми;
5. Завантажити програму в пам'ять мікроконтролера, використовуючи завантажувач;
6. Працювати з пристроєм згідно виконуваного алгоритму програми.

Для завантаження програми в пам'ять мікроконтролера використовується завантажувач (bootloader) chip45boot2, що розповсюджується безкоштовно [11]. Завантажувач дозволяє вибрати швидкість передачі, з його допомогою можна завантажувати область як Flash пам'яті програм, так і EEPROM пам'яті даних. Завантажувач використано не тільки з метою здешевлення комплексу в цілому, за рахунок відсутності додаткових засобів відладки, але й з метою освоєння цього засобу практично – значна кількість пристроїв на основі МК, у яких передбачений обмін даними з ЕОМ використовують цей інструмент для оновлення програмної пам'яті мікроконтролера користувачем у процесі експлуатації.

ВИСНОВКИ

Розроблений комплекс лабораторних робіт може бути використаний для вивчення основ цифрової техніки, програмування вбудованих систем, а також як лабораторний блок керування, який може наприклад виконувати функції системи збору та накопичення даних, універсального таймера, та інші. Комплекс може бути використаний як в навчальних курсах середніх та вищих учбових закладів, так і для навчання радіолюбителів і програмістів-початківців вбудованих систем, тому що являє собою цілісну практичну систему навчання, забезпечену як методичними розробками, так і самодостатніми апаратними засобами.

Література

1. Панисько А. Лабораторные комплексы для разработчиков и учебных заведений / Новости электроники №14, 2007 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.terraelectronica.ru/files/mail/s071126.pdf>
2. Бродин В. Перевозчиков П. Аппаратно-программный комплекс на базе универсального лабораторного стенда для изучения 8-, 16- и 32-разрядных микроконтроллеров / Компоненты и технологии № 8, 2008 [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008_08_154.pdf
3. Программно-апаратний комплекс "EV8031/AVR" / Офіційний сайт ПМП «Open System» [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://opensys.com.ua/Stend/Ev8031>
4. Лабораторні стенди для вивчення мікропроцесорної техніки на базі AVR-мікроконтролерів фірми ATMEL // Офіційний сайт компанії ТОВ «Учбово-науковий центр «Паллада» [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://pallada.vinnitsa.com/products/prod05.html>
5. Сесин А.А., Ройтбург Ю.С., Прентсель А.А. Полезная модель № 126865 «Учебно-лабораторный стенд для практического изучения микроконтроллеров» // [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://poleznayamodel.ru/model/12/126865.html>
6. ATmega16A 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash DATASHEET [Electronic resource] – Access mode: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8154-8-bit-AVR-ATmega16A_Datasheet.pdf
7. Алфавитно-цифровые индицирующие ЖК-модули на основе контроллера HD44780 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/lcd/chips/hd44780/start.htm>
8. SD Standard Overview [Electronic resource] – Access mode: <https://www.sdcard.org/developers/overview/>
9. FAT File System [Electronic resource] – Access mode: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc938438.aspx>
10. USB 2.0 Specification [Electronic resource] – Access mode: http://www.usb.org/developers/docs/usb20_docs/

11. AVR ATmega Xmega Bootloader - chip45boot2 [Electronic resource] – Access mode: http://www.chip45.com/avr_bootloader_atmega_xmega_chip45boot2.php

References

1. Panis'ko A. Laboratornyye komplekсы dlya razrabotchikov i uchebnykh zavedeniy / Novosti elektroniki №14, 2007 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://www.terraelectronica.ru/files/mail/s071126.pdf>
2. Brodin V. Perevozchikov P. Apparato-programmnyy kompleks na baze universal'nogo laboratornogo stenda dlya izucheniya 8-, 16- i 32-razryadnykh mikrokontrollerov / Komponenty i tekhnologii № 8, 2008 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008_08_154.pdf
3. Programno-aparatnyy kompleks "EV8031/AVR" / Ofitsiyinyy sayt PMP «Open System» [Yelektroniy resurs] // Rezhim dostupu: <http://opensys.com.ua/Stend/Ev8031>
4. Laboratorni stendi dlya vivchennya mikroprotsesornoї tekhniki na bazi AVR-mikrokontroleriv firmi ATMEL // Ofitsialnyy sayt kompanii TOV «Uchbovo-naukoviy tsentr «Pallada» [Yelektroniy resurs] - Rezhim dostupu: <http://pallada.vinnitsa.com/products/prod05.html>
5. Sesin A.A., Roytburg Y.U.S., Prentsel' A.A. Poleznaya model' № 126865 «Uchebno-laboratornyy stend dlya prakticheskogo izucheniya mikrokontrollerov» // [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://poleznayamodel.ru/model/12/126865.html>
6. ATmega16A 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash DATASHEET [Electronic resource] – Access mode: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8154-8-bit-AVR-ATmega16A_Datasheet.pdf
7. Alfavitno-tsifrovyye inditsiruyushchiye ZHK-moduli na osnove kontrollera HD44780 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/lcd/chips/hd44780/start.htm>
8. SD Standard Overview [Electronic resource] – Access mode: <https://www.sdcard.org/developers/overview/>
9. FAT File System [Electronic resource] – Access mode: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc938438.aspx>
10. USB 2.0 Specification [Electronic resource] – Access mode: http://www.usb.org/developers/docs/usb20_docs/
11. AVR ATmega Xmega Bootloader - chip45boot2 [Electronic resource] – Access mode: http://www.chip45.com/avr_bootloader_atmega_xmega_chip45boot2.php

Рецензія/Peer review : 16.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією

УДК 004.7

С.М. БАБЧУК

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВИБІР СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ У ВИБУХОБЕЗПЕЧНИХ ЗОНАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Визначено, що ефективним напрямком модернізації існуючих автоматизованих систем управління технологічними процесами, які розміщені у вибухобезпечних зонах, є впровадження спеціалізованих комп'ютерних мереж. В результаті проведеного аналізу існуючих спеціалізованих комп'ютерних мереж встановлено мережі, які мають найкращі характеристики з певного напрямку та вказано основні їх особливості.

В результаті проведеної роботи створена методична база для вибору спеціалізованої комп'ютерної мережі для модернізації існуючих АСУ ТП у вибухобезпечній зоні.

Отримані під час дослідження результати створюють умови для правильного вибору необхідної спеціалізованої комп'ютерної мережі спеціалістами служб КВП і А та керівництвом підприємств, що сприятиме прийняттю ефективних рішень щодо подальшої модернізації АСУ ТП підприємства.

Ключові слова: спеціалізовані комп'ютерні мережі, промислові мережі, HART-протокол, Interbus, CAN, WorldFIP, EtherNet/IP, автоматизовані системи управління технологічними процесами, АСУ ТП.

S. BABCHUK

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

SELECTION OF SPECIALIZED COMPUTER NETWORK SYSTEMS FOR AUTOMATION IN EXPLOSION- PROOF ZONE OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Determined that the effective direction of upgrading existing automated process control systems, placed in explosion-proof zone is the introduction of specialized computer networks. The analysis of existing specialized networks established networks that have the best performance from a certain direction and indicated their main features.

As a result of the work created by methodical selection for specialized computer network to upgrade existing APCS in explosion-proof zone.

Obtained from the survey results create the conditions necessary for the correct choice of specialized computer network specialists and automated services and management companies, which will facilitate effective solutions to further modernization APCS company.

Keywords: specialized computer networks, industrial networks, HART-protocol, Interbus, CAN, WorldFIP, EtherNet / IP, automated process control systems.

Постановка проблеми

Промисловість є одним із найважливіших структурних елементів національної економіки і має одне з ключових значень у забезпеченні економічної та політичної безпеки країни, її економічної незалежності, підвищенні добробуту населення. Вона є провідною галуззю економіки України, оскільки забезпечує всі галузі економіки знаряддями праці, сировиною і матеріалами. Від того, як працює промисловість, багато в