

УДК 681.3

Лясковський В.В.¹, студент
Баужа О.С.², к.ф.-м.н., асистент

Розробка макету мобільного уніфікованого комплексу реєстрації радіаційного випромінювання

Київський національний університет імені
Тараса Шевченка, 83000, м. Київ, пр-т.
Глушкова 4г,

¹ e-mail: lwv2006@gmail.com

² e-mail: asb@mail.univ.kiev.ua

V. V. Liaskovskyi¹, degree,
O.S. Bauzha², PhD.

Development of model unified mobile complex for registration of radioactive emissions

Taras Shevchenko National University of Kyiv,
83000, Kyiv, Glushkova st., 4g,

¹ e-mail: lwv2006@gmail.com

² e-mail: asb@mail.univ.kiev.ua

В роботі пропонується метод об'єднання в автоматизований вимірювальний комплекс лічильників Гейгера-Мюллера з мобільними пристроями (ноутбуком, телефоном, планшетом). Результатом роботи є розробка універсального комплексу реєстрації радіаційного випромінювання. Даний комплекс може фіксувати дозу випромінювання небезпечної рівня для людини рівня та сигналізувати про ступені небезпеки.

Ключові слова: дозиметр, лічильник Гейгера-Мюллера, Bluetooth, Arduino

A method of combination of the Geiger-Muller counters with the mobile devices (a laptop, a smartphone, a tablet computer) into the automated measuring system is offered in this work. The result of the work is the development of a universal set of registration of radiation based on the microcontroller Atmel Atmega 328. This set can register the dose of gamma radiation levels dangerous for humans and can signal the degrees of danger. The device also has a built-in counter of the accumulated dose. The adjustment and work with the device occurs with the help of a wireless interface Bluetooth, or with the help of a Universal Serial Bus USB. Bluetooth interface realized with the help of microcircuit BlueCore 417 and USB with the help of CH340G. It is not necessary to use a special set software for the measuring set for the work of a mobile device. The set is compact, portable, has an integrated power supply and can operate without a mobile device as a signal of the dangerous zones. The built-in flashing alarm system and audible alarm system are implemented in the device. This device can be used in the industry, for work on the facilities with high radiation background, and at home, because it is not expensive and it is also affordable.

Key Words: dosimeter, Geiger-Muller counter, Bluetooth, Arduino.

Статтю представив д.т.н. Погорілий С.Д.

Вступ

В наш час, після катастрофи на Чорнобильській АЕС вимірювання зовнішнього радіаційного фону є актуальною метрологічною задачею, адже велика кількість забруднених речовин потрапляє із зони відчуження до решти території України [1,4]. Також, на території України є велика кількість об'єктів, які несуть у собі потенційну загрозу для радіаційної безпеки.

Радіаційна безпека - це забезпечення захисту від іонізуючого опромінення окремих осіб, їх нащадків і людства в цілому. З іншого боку - це необхідність створення відповідних умов для

нормальної повсякденної діяльності людини, під час якої люди можуть потрапляти під дію іонізуючого випромінювання [1,3,7]. Дозиметричний контроль територій проводиться для своєчасного отримання даних про дози опромінення людей та ступінь зараження місцевості, будинків, об'єктів народного господарства, техніки тощо, для вживання своєчасних заходів щодо зменшення небезпеки радіаційного ураження [1,7].

Проникаюча радіація небезпечна своїми наслідками для здоров'я людини. Маючи велику енергію, радіоактивні промені глибоко

приникають в тканини організму людини, іонізують їх та збуджують променеву хворобу.

В статті пропонується створення нового універсального приладу для проведення регулярного радіологічного контролю навколишнього середовища. Необхідно створити універсальний прилад, який дозволяв би вести радіологічний контроль.

Універсальність полягає в наступному:

1. Прилад об'єднує в собі функції дозиметра, радіометра та сигналізатора небезпечних зон.

2. Прилад має широкий діапазон вимірювання, а отже повинен застосовуватись водночас на промислових об'єктах з високим радіаційним фоном і в побуті.

3. Прилад повинен мати низьку собівартість, малі розміри, невелику вагу.

Основні принципи роботи приладу

Радіаційний контроль – це комплекс заходів по дотриманню норм радіаційної безпеки й основних санітарних правил роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючого випромінювання. Основним документом, який регулює радіаційний контроль є Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» від 14 січня 1998 року №15/98-ВР, ст. 9 та 15).

З гігієнічної точки зору, своєчасно проведений радіаційний контроль та усунення

чи зниження до нормативного рівня іонізуючого випромінювання захистить здоров'я, так як знаходження тривалий час у приміщеннях з підвищеним радіаційним фоном чи рівнем радону в повітрі може привести до негативного впливу на стан здоров'я людей.

Найбільш поширеним методом радіаційного контролю є використання дозиметрів, які основані на лічильниках Гейгера-Мюллера. Є багато реалізацій лічильників Гейгера-Мюллера, але найбільшого поширення на території СНД здобув лічильник СБМ-20.

Причиною широко використання є простота виробництва та невелика вартість, що дозволяє використовувати даний лічильник водночас в побутових і професійних приладах радіаційного контролю. СБМ-20 має габарити трохи більше за олівець, що дозволяє створювати на основі нього як великі стаціонарні, так і портативні дозиметри. Дозиметрам називають сімейство приладів фіксації потужності радіоактивного випромінювання, вимірювальний прилад для вимірювання дози або потужності дози іонізуючого випромінювання отриманої приладом за деякий проміжок часу, наприклад, за період перебування на деякій території або за робочу зміну. Вимірювання вищезгаданих величин називається дозиметрією.

Компонентна база

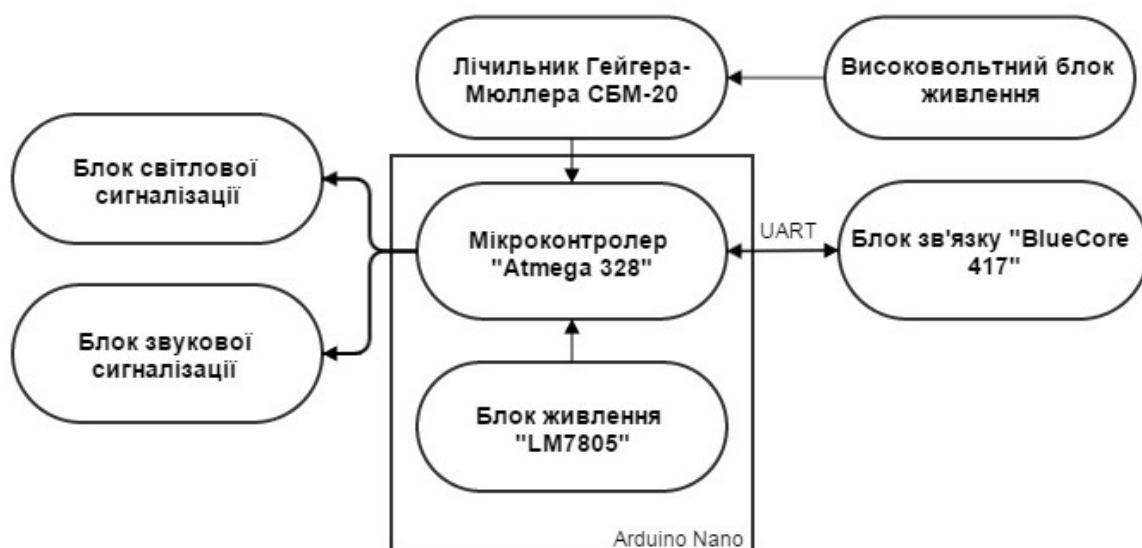


Рис. 1 Блок-схема дозиметричного комплексу

Виходячи з поставленої задачі та представлених на ринку датчиків та мікроконтролерів, було підбрано такі компоненти:

- Мікроконтролер Arduino Nano на процесорі Atmel Atmega328 [5].
- Лічильник Гейгера-Мюллера СБМ-20;
- Модуль зв'язку BC 417 [6];

Принципова схема пристрою зображена на рис.1.

Мікроконтролери сімейства Arduino [5] є мініатюрною апаратно-обчислювальною платформою, оснащеною процесором, оперативною пам'яттю, енергонезалежною флеш-пам'яттю та інтерфейсом вводу-виводу. Програмне забезпечення для цієї платформи може бути розроблене мовами Асемблер або С-подібною мовою Processing/Wiring. Сімейство мікроконтролерів Arduino може використовуватися або створення автономних інтерактивних об'єктів, або для комунікаційного з'єднання до програмного забезпечення, що працює на інших комп'ютерах локальної мережі, зокрема Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider тощо. Інформація про схемотехнічну реалізацію мікроконтролерних систем Arduino знаходиться у відкритому доступі..

Мікроконтролер Arduino Nano складається з процесора фірми Atmel архітектури AVR, а також елементів обв'язки для програмування та інтеграції з іншими пристроями. На багатьох платах наявний лінійний стабілізатор напруги +5В та +3,3В. Тактування здійснюється на частоті 16 або 8 МГц за допомогою зовнішнього кварцового резонатора. У мікроконтролер записано завантажувач (bootloader), тому для зміни програмного забезпечення мікроконтролера, використання зовнішнього програматора не є обов'язковим.

Плати Arduino дозволяють використовувати значну кількість I/O виводів мікроконтролера у зовнішніх схемах. У платі Arduino Nano доступно 14 цифрових входів/виходів, 6 із яких можуть видавати широко-імпульсний сигнал, і 8 аналогових входів.

Лічильники Гейгера-Мюллера СБМ-20 представляють із себе сталеву трубку наповнену спеціальною газовою сумішшю, довжиною

близько 10 сантиметрів і діаметром близько одного сантиметра. З двох сторін лічильник Гейгера СБМ-20 має контакти під цокольне з'єднання.

Лічильники Гейгера-Мюллера СБМ-20 (Рис.1) широко використовувалися в популярних в СРСР дозиметрах побутового та військового призначення.

Лічильник СБМ-20 виробляється з кінця 70х років в без істотних змін конструкції і характеристик.

BC417 [6] однокристална радіосмугова інтегральна мікросхема яка реалізує протокол Bluetooth. Дана мікросхема підтримує підвищену швидкість передачі даних (EDR), що забезпечує передачу даних на швидкості до 3 Мбіт. Дозволяє оперативно з'єднувати пристрій з будь-яким мобільним телефоном, планшетним комп'ютером, або ноутбуком за допомогою протоколу Bluetooth. BC417 (Рис.1) має інтерфейс зовнішньої Flash пам'яті, зі швидкістю до 8Mbit. При використанні з Bluetooth КСВ програмний стек забезпечує повну сумісний Bluetooth специфікації 2.0 для передачі даних і голосу. BC417 може бути використаний як конвертер RS232-to-Bluetooth.

До мікроконтролера Atmega за допомогою цифрових входів під'єднано лічильник Гейгера-Мюллера СБМ-20 (рис.1). При кожному спрацюванні лічильника, відбувається переривання на мікроконтролері.

Живлення мікроконтролера забезпечує мікросхема LM7805, яка з обв'язкою, забезпечує 5 Вольт на виході. Цієї напруги достатньо для живлення всього приладу. Виключенням є лічильник Гейгера-Мюллера СБМ-20. Даний лічильник входить в стан детектування при напрузі живлення в межах від 260 до 320 вольт.

Для живлення лічильника застосовується високовольний блок живлення (Рис.2), який видає потрібну напругу при 6 вольтах на вході. Схема високовольного блоку живлення розроблена ПО «Горизонт» та опублікована в вільному доступі.

На даній схемі зображено три резистори. R1 та R3 по 100 кОм, а R2 – 5,1 МОм. Конденсатори C3 та C4 мають ємність 4700 пФ, C1 – 50 мкФ, а C2 – 0.1 мкФ. В схемі присутні діоди D1 – D2 серії КД102Б та діод D3 серії КД522. Транзистор Q1 серії КТ315Г.

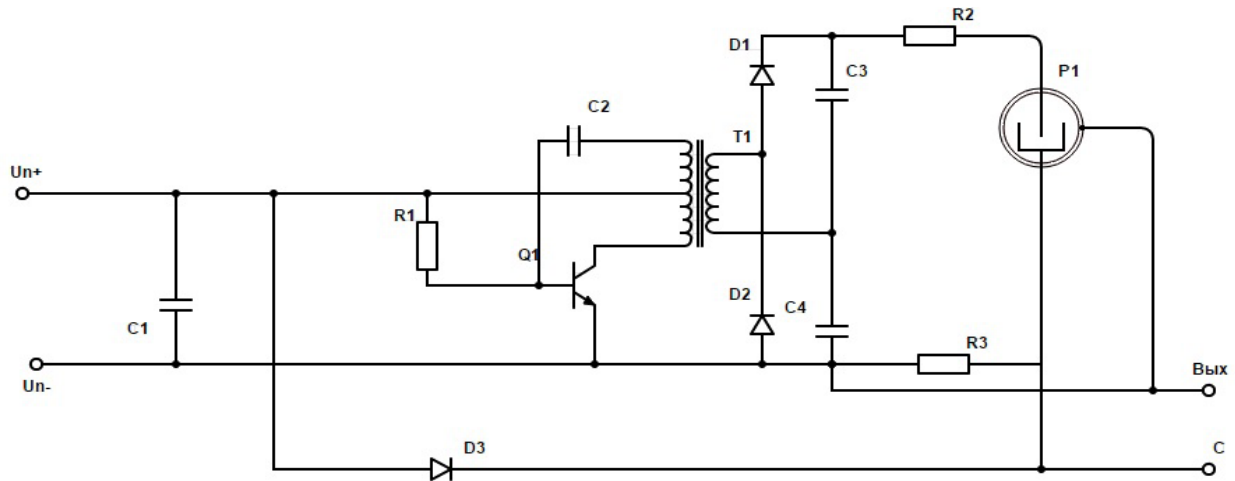


Рис. 2 Принципова схема високовольтного блоку живлення

Трансформатор є основою даного блоку живлення і складається з двох обмоток. Перша обмотка складається із двох блоків по 9 витків, а друга – з 400 витків. В трансформаторі використовується магнітопровід М2000НМ. Р1 позначає лічильник Гейгера-Мюллера СБМ-20.

В приладі присутні блоки звукової та світлової сигналізації (рис.1). Вони призначені

для попередження користувача про потенційну небезпеку. Світлова та звукова сигналізація вмикається при перевищенні поточного порогоу значення радіаційного фону, або якщо накопичена доза перевищує задану за день норму.

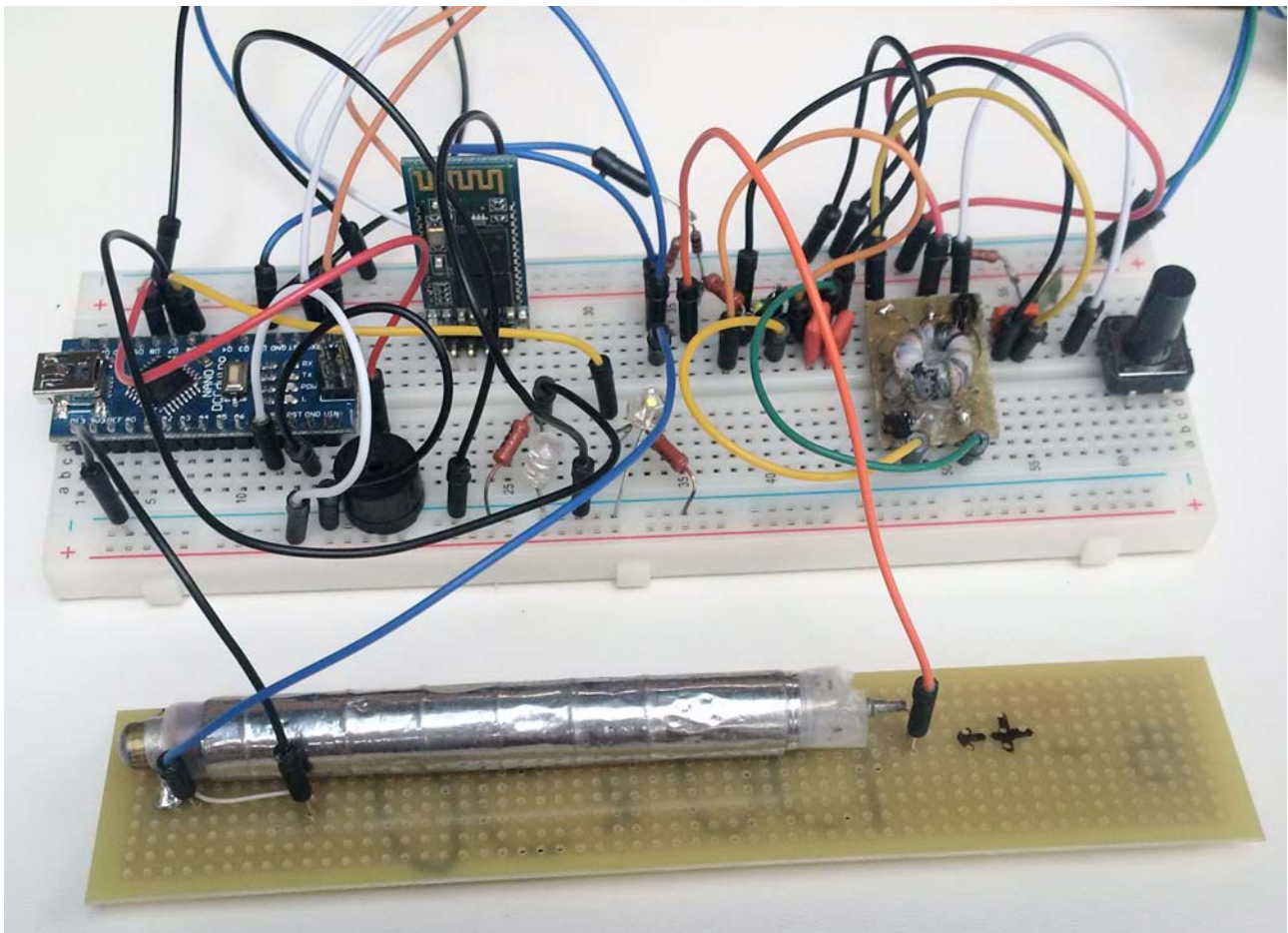


Рис. 3 Стендовий експериментальний зразок дозиметричного комплексу

Є два порогові сигнали: попередження та тривога. Попередження спрацьовує, якщо поточне значення радіаційного фону наближається до критичного значення, але не досягає його. У випадку подальшого росту показника поточного радіаційного фону, вмикається режим тривоги, який продовжує працювати, поки користувач не покине небезпечну зону.

Пороги попередження та тривоги, як для поточного радіаційного фону, так і для накопиченої дози, користувач може встановити за допомогою терміналу.

Модуль зв'язку BC 417 (Рис.1), дозволяє під'єднатися до пристрою за допомогою протоколу Bluetooth. Сам модуль зв'язку під'єднано до мікроконтролера за допомогою інтерфейсу UART [2,6].

Модуль BC 417 дозволяє використовувати будь-який пристрій, який підтримує протокол Bluetooth для перегляду даних з приладу та налаштування його. В якості терміналів до дозиметра можуть бути використані, як персональні комп'ютери на системах (Windows, Linux, Mac OS), так і планшетні ПК та смартфони (Windows Mobile, Windows Phone, Android, iOS, BlackBerry OS).

Для наглядної демонстрації простоти схеми, на Рис. 3 зображено прототип дозиметричного комплексу, зібраного на платі безпаячного монтажу.

Розроблений пристрій є простим у повторенні, адже було використано популярні та дешеві компоненти. Вартість одного приладу при малосерійному виготовленні близька до 14-15 \$.

Прилад можна живити, як від акумуляторів, батарейок, так і від зовнішнього джерела живлення з напругою від 6 – 18 вольт. Габарити пристрою є співрозмірними з пультом до побутової техніки, у випадку збирання на базі одношарової односторонньої плати.

Висновки:

Важкий багаж технологічних та соціальних проблем, який успадкувала Україна в результаті

аварії на ЧАЕС, а також нещодавня аварія на ядерному об'єкті в японській префектурі Фукусіма дають наочні докази того, що своєчасна розробка і впровадження високоточних, портативних і доступних для широкого використання індивідуальних засобів радіаційного контролю є важливим і актуальним питанням для будь-якої розвиненої країни з ядерною енергетикою.

Серед різних проаналізованих методів реєстрації радіаційного забруднення перевагу надано використанню класичного лічильника Гейгера-Мюллера високоенергетичних елементарних частинок моделі СБМ-20 українського виробництва як інтегруючого датчика для побудованого приладу контролю радіаційної безпеки.

Як апаратний обчислювальний пристрій обрано яскравого представника моделі Arduino Nano популярного сімейства сучасних мікроконтролерів, оснащених процесорами корпорації Atmel з власною архітектурою команд AVR через мініатюрні розміри та низьке енергоспоживання цієї моделі.

Оскільки прилад контролю радіаційної безпеки має вбудований емулятор терміналу з власною системою керуючих команд, то цифровий зв'язок з приладом організовано за допомогою універсального асинхронного прийомопередавача UART, для якого фізичним передаючим середовищем є поширений інтерфейс BlueTooth. Це дає можливість практично будь-якому мобільному пристрою або стаціонарному комп'ютеру, оснащеному BlueTooth-інтерфейсом з'єднатися з приладом і виконати керуючі команди.

Даний прилад може застосовуватися як в промисловості, для роботи на об'єктах з високим радіаційним фоном, так і в побуті, адже є не дорогим та доступним.

Список використаних джерел

1. Ильин Л.А. Радиационная безопасность и защита: Справочник / Л.А. Ильин, В.Ф. Кириллов, И.П. Коренков - Москва: Медицина, 1996. – 336с.

References

1. ILYIN L., KIRILLOV V. and KORENKOV I. (1996) *Radiacionnaya bezopasnost' i zaschita: spravochnik* Moskva: Medicina.

2. Гольдберг Л.М. Цифровая обработка сигналов. [изд. 2-е перераб. и доп.] / Л.М. Гольдберг, Б.Д. Матюшкин, М.Н. Поляк – Москва.: Радио и связь, 1990. – 256 с.
3. Шарапов В.М. Датчики: Справочное пособие / В.М. Шарапов, Е.С. Полищук, Н.Д. Кошевой, Г.Г. Ишанин, И.Г. Минаев, А.С. Совлукон – Москва.: Техносфера, 2012. – 624 с.
4. Гвай А.С. Современные методы и средства дозиметрии ионизирующих излучений в медицине / А.С. Гвай, Л.А. Аверьянова, О.Ю. Шалёпа // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. 57, №9. – С. 40-44.
5. ATMEL 8-BIT MICROCONTROLLER WITH 4/8/16/32KBYTES IN-SYSTEM PROGRAMMABLE FLASH [документація, електронний ресурс] – 2014, 650р. – доступ до документації: – http://www.atmel.com/images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Complete.pdf
6. Blue CoreTM4-External, Single Chip Bluetooth® v2.0+EDR System Production Information Data Sheet For BC417143B-IQN-E4 BC417143B-IRN-E4 [документація, електронний ресурс] – 2005, 116 р. – доступ до документації: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Bluetooth/CSR-BC417-datasheet.pdf>
7. Закон України. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку. Закон від 08.02.1995 № 39/95-ВР- [електронний ресурс] доступ до закону: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/39/95-вр>
2. HOLNDBERH L., MATYUSHKINA B. and POLYAK M. (1990) *Cifrovaya obrabotka signalov*. 2 Ed. Moskva: Radio i svyaz'.
3. SHARAPOV V., POLYSCHUK E., KOSHEVOY N., YSHANYN G., MINAEV I. and SOVLUKOV A. (2012) *Datchiki: Spravochnoe posobie*. Moskva: Tehnosfera.
4. HVAY A., AVERYANOVA L. & SHALYEPА O. (2012) *Sovremennye metody i sredstva dozimetrii ionisuyuschih szluchenij v medisine*. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 57 (9). p. 40-44.
5. ATMEL 8-BIT MICROCONTROLLER WITH 4/8/16/32KBYTES IN-SYSTEM PROGRAMMABLE FLASH [Datasheet, online] –2014, 650p. – Available from: http://www.atmel.com/images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Complete.pdf
6. Blue CoreTM4-External, Single Chip Bluetooth® v2.0+EDR System Production Information Data Sheet For BC417143B-IQN-E4 BC417143B-IRN-E4 [Datasheet, online] –2005, 116 p. – Available from: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Bluetooth/CSR-BC417-datasheet.pdf>
7. Zakon Ukrainy. Pro Viktoristannya Yadernoy energii ta radiaciynu bezpeku. Zakon vid 08.02.1995 № 39/95 VR [Online] Available from: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/39/95-вр>

Надійшла до редколегії 05.06.15