

УДК 004.3

**АПАРАТНО - ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС МОНІТОРИНГУ
ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ЗАКРИТИХ ПРИМІЩЕНЬ****Посохов І.О., Парамонова Т.А., Сафонова С.О.****HARDWARE AND SOFTWARE OF MONITORING INDOOR
MICROCLIMATE PARAMETERS****Posokhov I., Paramonova T., Safonova S.**

У статті розглянуто питання щодо проведення щоденних замірів, реєстрації та перерахувань параметрів показників якості повітряного середовища робочої зони в лабораторії аналітичних екологічних досліджень для приведення їх до нормальних умов, прописаних в методиках вимірювань. Розроблено систему визначення параметрів робочого середовища, яка проводить автоматичні заміри параметрів повітря робочої зони, реєстрацію та перерахунок показників якості повітряного середовища для приведення їх до нормальних умов.

Ключові слова: сенсорна мережа, мікроконтролер, параметри мікроклімату, передача даних по радіоканалу, координатор мережі, вузол мережі.

Вступ. У сучасному житті полегшення роботи оператора будь-якої складної системи стало нормальним явищем. Будь-який дорогий прилад високої чутливості закордонних виробників має датчики і блоки, які приводять параметри робочого середовища до нормальних умов, прописаних в методиках визначення для кожного шуканого елемента; що робить правдивим кінцевий результат вимірювання. Особливостями таких приладів є: великий рідкокристалічний екран з дисплеєм ідентифікації цілі, простий у використанні інтерфейс меню користувача - вивід графічного зображення всіх визначених параметрів на екран, автоматичний режим балансу параметрів і ручне регулювання балансу повітряного середовища.

Постановка проблеми. Для приладів вітчизняного виробника така система визначення параметрів робочого середовища відсутня і тому в будь-якій лабораторії виникає питання щоденних замірів, реєстрації та перерахунків параметрів показників якості повітряного середовища робочої зони для приведення їх до нормальних умов, прописаних в методиках вимірювань.

Дана робота присвячується вирішенню актуальної науково-технічної проблеми - створення

системи визначення параметрів робочого середовища, яка проводить автоматичні виміри параметрів повітря робочої зони, реєстрацію та перерахунок показників якості повітряного середовища для приведення їх до нормальних умов.

Мета статті. У сучасному світі технічного прогресу виникло гостре питання створення сенсорних мереж для отримання і розрахунку даних параметрів мікроклімату в умовах наявних лабораторій і при наявності вже чинної приладової бази.

Поставлена мета - розробка з'єднання низькошвидкісних периферійних компонентів з мікроконтролером (МК) в лабораторії аналітичних екологічних досліджень.

Основний текст. Найважливішими елементами в сенсорній мережі є вузли, які збирають дані з різних датчиків і передають їх на комп'ютер. Не менш важливу роль відіграє і координатор, який керує роботою мережі, зберігає дані про її топологію та служить шлюзом для передачі даних, що збираються всією бездротовою сенсорною мережею для подальшої обробки на комп'ютері. Обидва ці модулі пропонується побудувати на основі бездротового прийомо-передавача XB24-ACI-001 (рис.1). Це малогабаритний модуль стандарту ZigBee/IEEE 802.15.4, призначений для побудови промислових мереж передачі даних.

Управління модулем здійснюється через інтерфейс UART за допомогою AT-команд. У таблиці 1 наведені основні характеристики даного модуля.

Даний модуль підтримує три топології мережі: Point-to-Point, Point-to-Multipoint, Peer-to-Peer. Це дозволяє реалізувати мережу практично будь-якої складності. Додатково модуль має:

- шість 10-бітних АЦП;
- вісім цифрових каналів вводу/виводу;

- інтерфейс UART;
- API функції для програмування;
- три індикатори станів.



Рис. 1. ZigBee модуль XB24-ACI-001

Таблиця 1
Основні характеристики XB24-ACI-001

| Параметри | Значення |
|---|---------------|
| Радіус дії в приміщенні, м | 30 |
| Радіус дії у вільному просторі, м | 100 |
| Максимальна вихідна потужність, мВт | 1 |
| Швидкість передачі даних по радіоканалу, біт/с | 250000 |
| Швидкість передачі даних по інтерфейсу, біт/с | 1200...115200 |
| Чутливість, дБм | -92 |
| Напруга живлення, В | 2,8...3,4 |
| Струм споживання в режимі передачі, мА | 45 |
| Струм споживання в режимі прийому, мА | 50 |
| Струм споживання в режимі енергозбереження, мкА | 10 |
| Робоча частота, ГГц | 2,4 |
| Кількість каналів | 16 |
| Кількість адрес в мережі | 65000 |
| Розміри, мм | 24,4x27,6 |
| Робочий діапазон температур, °C | -40...85 |

Існує і модуль XBee-PRO, який відрізняється від XBee підвищеною потужністю випромінювання

і, відповідно, збільшеним радіусом дії. Модулі випускаються в трьох варіантах - із дротовою антеною, з вбудованою чіп-антеною і з роз'ємом для підключення зовнішньої антени.

Координатор. Складається з ZigBee прийомо-передавача XB24-ACI-001, який має три світлодіоди, що зображають його стан:

— Power — світлодіод, який показує включений модуль чи ні.

— Associate — показує чи встановлений зв'язок кінцевого пристрою з координатором.

— RSSI — показує потужність сигналу, використовуючи широтно-імпульсну модуляцію.

XB24 з'єднується через інтерфейс UART з двонапрямним перетворювачем інтерфейсів FT232, який дає можливість підключити ZigBee модуль за допомогою інтерфейсу USB 2.0 до персонального комп'ютера для обміну даними. FT232 в свою чергу теж має два світлодіодних індикатори:

1. RxLed — індикація даних, які приймаються.

2. TxLed — індикація даних, які передаються.

Перетворювач інтерфейсів FT232 пов'язаний з енергонезалежною EEPROM пам'яттю, яка використовується для зберігання інформації про вузол. Даний вузол не виконує ніяких функцій по обробці даних, тому в ньому відсутні будь-які мікропроцесорні пристрої через їх непотрібність. Схема електрична принципова координатора зображена на рисунку 2. Живлення координатора здійснюється тільки від порту USB, оскільки координатор має споживання струму порядку десятка міліампер і не передбачає подачу на нього напруги живлення більше 5 В.

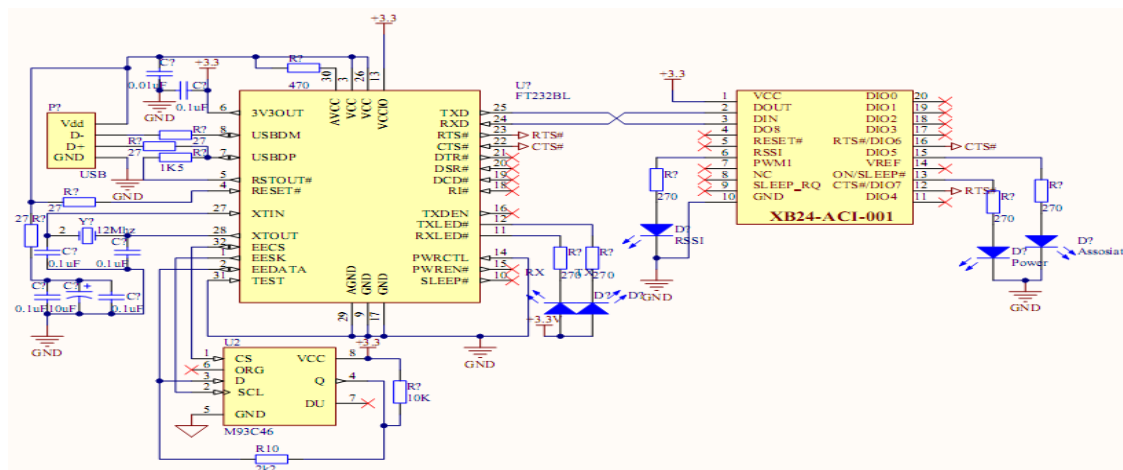


Рис. 2. Координатор. Схема електрична принципова

Вузол. Основним завданням вузла є збір даних від різноманітних датчиків: температури (ДТ), тиску (ДД); відносної вологості повітря (ДВ); освітленості (ДО); напрямку та сили вітру (ДНСВ); радіаційного фону (ДРФ). Структурна схема вузла зображена на рисунку 3.

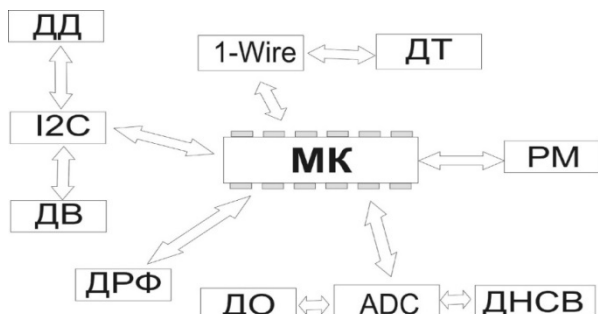


Рис. 3. Вузол. Структурна схема

Вузол виконаний на мікроконтролері сімейства AVR Atmega8, на який покладено функції збору, обробки, прийому та пересилання даних. МК Atmega8 пропонується використовувати в силу його дешевизни, простоти та достатньої конфігурації для реалізації всіх функцій вузла.

У вузлі також є ZigBee прийомо-передавач XB24-ACI-001 з трьома індикаторами. Мікроконтролер Atmega8 з'єднаний через інтерфейс UART з XB24, за допомогою якого і здійснюється

обмін інформацією. Живлення модуля проводиться від батарейки «Крона» з напругою 9 В або 12 В. Попри те, що живлення елементів вузла проводиться напругою 3.3 В, така висока напруга на вході потрібна для датчика радіаційного фону СБМ-20. Схема електрична принципова вузла зображена на рисунку 4.

Вимірювання температури. На роль датчика температури пропонується вибрати датчик фірми Dallas Semiconductors DS18B20.

Переваги датчика:

- вимагає всього однієї лінії для обміну даними;
- не вимагає зовнішніх компонентів;
- перетворює значення температури у дванадцяти бітний цифровий вигляд за 750 мс (максимум);
- може працювати як термостат.

Вимірювання тиску. Пропонується використовувати датчик виробника HOPE MICROELECTRONICS HP03M. Даний датчик складається з двох модулів: модуля вимірювання температури й тиску.

Переваги датчика:

- дозвіл перетворювача 16 біт;
- напруга живлення 2.2-3.6 В;
- низьке енергоспоживання;
- діапазон робочих температур -40...+85°C;
- не вимагає зовнішніх компонентів.

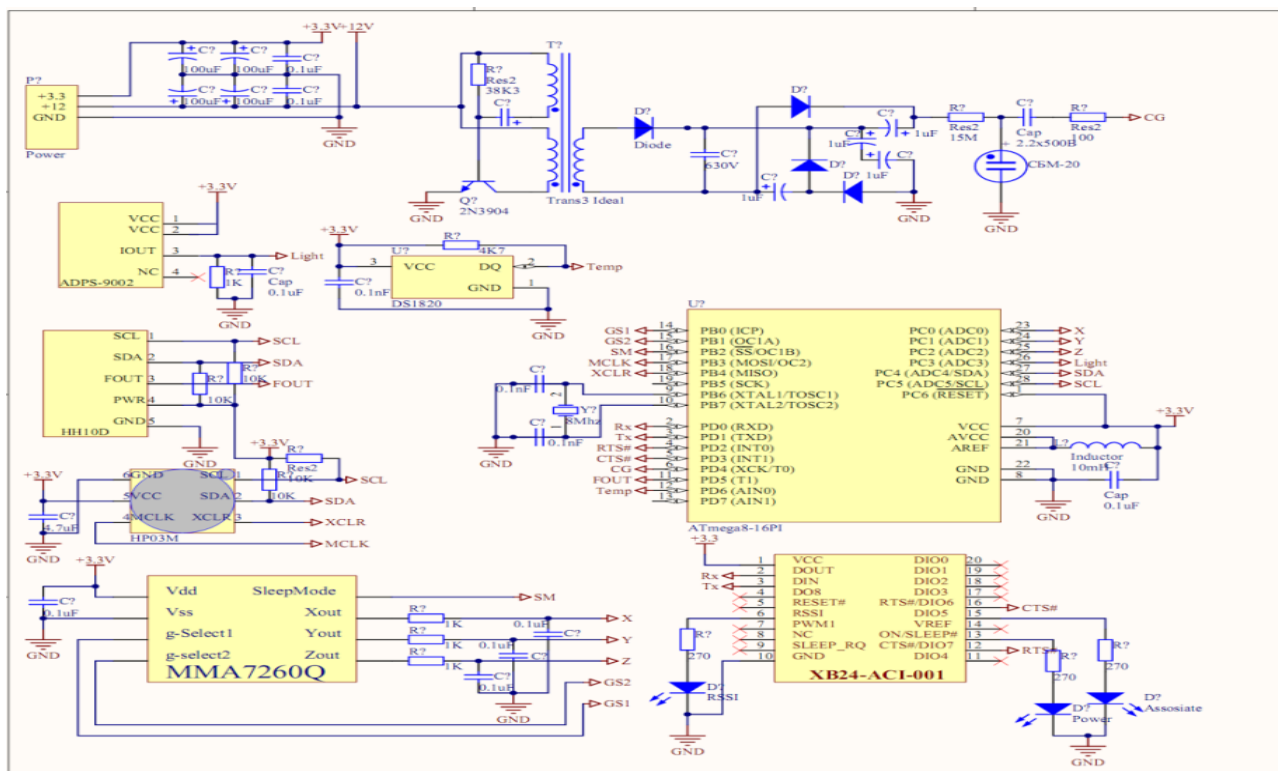


Рис. 4. Вузол. Схема електрична принципова

Вимірювання відносної вологості повітря. Пропонується використовувати датчик вологості HH10D фірми Hore RF.

Переваги датчика:

- дві точки для калібрування датчика;
- частотний вихід датчика легко інтегрується в призначений для користувача пристрій;
- дуже низьке енергоспоживання;
- не вимагає зовнішніх компонентів;
- датчик взаємодіє з МК по шині I²C, використовує для підключення 5 провідників.

Вимірювання освітленості. Пропонується використовувати датчик APDS-9002 фірми Agilen Technologies, який складається зі спектрального фототранзистору, що забезпечує відмінну чутливість, близьку до реакції людського ока.

Переваги датчика:

- гарна чутливість;
- мініатюрний корпус;
- аналоговий вихід;
- стабільна робота від -40 до +85°C;
- напруга живлення 2.5-5.5 В.

Вимірювання радіаційного фону. Для реєстрації всіх видів випромінювання пропонується використовувати датчик Мюллера-Гейгера СБМ-20, який має характеристики, зображені в таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристики СБМ-20

| Параметри | Значення |
|--|----------|
| Робоча напруга, В | 400 |
| Плато - область малої залежності швидкості рахунку від напруги живлення, В | 100 |
| Власний фон лічильника, імп/с, не більше | 1 |
| Радіаційна чутливість лічильника, імп/мкР (* - по кобальту-60) | 78 |
| Амплітуда вихідного імпульсу, В, не менше | 50 |
| Габарити, мм - діаметр x довжина | 11x108 |

Вимірювання напрямку і швидкості вітру. Датчик напрямку і швидкості вітру був розроблений на основі трьох осевого акселерометра MMA7260. Дані з акселерометра надходять в МК. Там вони обробляються і далі обчислюються такі параметри вітру, як напрям і швидкість. Додаткові лінії даних дають можливість вибрати потрібну чутливість датчика.

Переваги акселерометра:

- мінлива чутливість (1.5g, 2g, 4g, 6g);
- маленький струм споживання (500uA);
- струм споживання в сплячому режимі 3 uA;
- напруга живлення 2.2-3.6;
- швидкий запуск;
- низька вартість.

Для візуалізації даних, які зібрані в сенсорній мережі, була розроблена програма візуалізації в

C++Builder 6, інтерфейс якої представлений на рисунку 5.

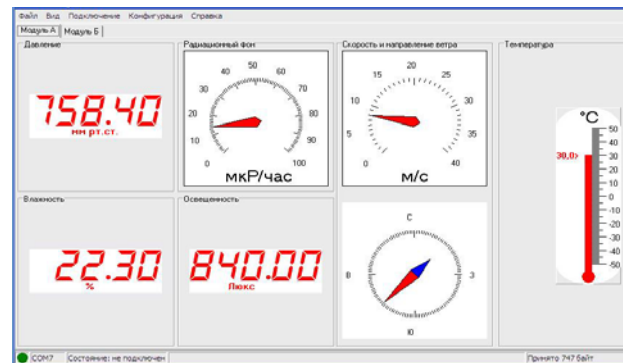


Рис. 5. Інтерфейс користувача

Для створення програми розроблений ряд власних компонентів:

- датчик тиску (показує дані в Па, Бар, Атм, технічна Атм, мм рт.ст., м вод.ст.);
- датчик радіаційного фону (виконується автоматичне перемикання між мР/год и мкР/год);
- датчик вологості (показує відносну вологість в %);
- датчик освітленості (показує освітленість в Люкс);
- датчик параметрів вітру (візуалізує швидкість вітру в м/с, а напрямок вітру вказується червоним кінцем в сторону, куди дують вітер);
- датчик температури (показує дані в К, °F, °C).

Всі розроблені датчики здатні візуалізувати дані у двох режимах: цифровому і завдяки стрілкам.

Висновок.

Система визначення параметрів робочого середовища, яка проводить автоматичні виміри параметрів повітря робочої зони, реєстрацію та перерахунок показників якості повітряного середовища для приведення їх до нормальних умов, вирішує завдання удосконалення параметрів роботи приладів вітчизняного виробника. Даний проект є актуальним і значущим для роботи лабораторії аналітичних екологічних досліджень.

Література

1. Соколов М. Программно-аппаратное обеспечение беспроводных сетей на основе технологии ZIGBEE/802.15.4 / М. Соколов // Электронные компоненты. – 2004. – №12. – с.80-87.
2. IEEE 802.15.4. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), 2003.
3. IEEE Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), 2006.
4. А.А. Дедюхин «Декодирование и анализ сигналов шин I2C, SPI, RS-232C, RS-422, RS-485 и UART с

- использованием осциллографов LeCroy» ЗАО «Прист» 2005.
5. Li, L. Qvs: Quality-aware voice streaming for wireless sensor networks / L. Li, G. Xing, L. Sun, and Y. Liu // Technical Report MSU-CSE-09-9, Department of Computer Science and Engineering, Michigan State University, East Lansing, Michigan, March 2009. – 11 p.
 6. Александр Калачев Беспроводные приложения: план действий, компоненты Texas Instruments – и вперед!// Новости Электроники, №4, 2011.
 7. Н.Е. Клименко, М.В. Сергиевский, С.Н. Сыроежкин, Применение беспроводных сенсорных сетей для оценки состояния критически важных объектов // Труды научной сессии МИФИ-2009, том V.
 8. М.В.Сергиевский, С.Н.Сыроежкин, Беспроводные сенсорные сети: эмуляция работы. // КомпьютерПресс, №11, 2008.
 9. Levis P., Madden S., Polastre J. and dr. “TinyOS: An operating system for wireless sensor networks” // W. Weber, J.M. Rabaey, E. Aarts (Eds.) // In Ambient Intelligence. – New York, NY: Springer-Verlag, 2005. – 374 p.
 10. <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/interface/usb/start>.
 11. htm Интерфейс USB 2.0

References

1. Sokolov M. Programmno-apparatnoe obespechenie besprovodnykh setey na osnove tehnologii ZIGBEE/802.15.4 / M. Sokolov // Jelektronnye komponenty. – 2004. – №12. – s.80-87.
2. IEEE 802.15.4. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), 2003.
3. IEEE Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), 2006.
4. A.A. Dedjuhin «Dekodirovanie i analiz signalov shin I2C, SPI, RS-232C, RS-422, RS-485 i UART s ispol'zovaniem oscillografov LeCroy» ZAO «Prist» 2005.
5. Li, L. Qvs: Quality-aware voice streaming for wireless sensor networks / L. Li, G. Xing, L. Sun, and Y. Liu // Technical Report MSU-CSE-09-9, Department of Computer Science and Engineering, Michigan State University, East Lansing, Michigan, March 2009. – 11 p.
6. Aleksandr Kalachev Besprovodnyie prilozheniya: plan deystviy, komponentyi Texas Instruments – i vpered!// Novosti Elektroniki, #4, 2011.
7. N.E. Klimenko, M.V. Sergievskiy, S.N. Syiroezh-kin, Primenenie besprovodnykh sensornykh setey dlya otsenki sostoyaniya kriticheski vazhnykh ob'ektov // Trudy nau-chnoy sessii MIFI-2009, tom V.
8. M.V.Sergievskiy, S.N.Syiroezhkin, Besprovodnyie sensornye seti: emulyatsiya raboty. // KompterPress, #11, 2008.
9. Levis P., Madden S., Polastre J. and dr. “TinyOS: An operating system for wireless sensor networks” // W. Weber, J.M. Rabaey, E. Aarts (Eds.) // In Ambient

Intelligence. – New York, NY: Springer-Verlag, 2005. – 374 p.

10. <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/interface/usb/start>.

11. htm Interfeys USB 2.0

Посохов И.О., Парамонова Т.А., Сафонова С.А.
Аппаратно - программный комплекс мониторинга параметров микроклимата закрытых помещений.

В статье рассмотрен вопрос о проведении ежедневных замеров, регистрации и перерасчет параметров показателей качества воздушной среды рабочей зоны в лаборатории аналитических экологических исследований для приведения их к нормальным условиям, прописанным в методиках измерений. Разработана система определения параметров рабочей среды, которая производит автоматические замеры параметров воздуха рабочей зоны, регистрацию и перерасчет показателей качества воздушной среды для приведения их к нормальным условиям.

Ключевые слова: сенсорная сеть, микроконтроллер, параметры микроклимата, передача данных по радиоканалу, координатор сети, узел сети.

Posokhov I.O., Paramonova T.A., Safonova S.O.
Hardware and software of monitoring indoor microclimate parameters.

The article considers the question of conducting daily measurements, recording and recalculating the parameters of the indicators of the quality of the air environment of the working area in the laboratory of analytical environmental studies to bring them to normal conditions prescribed in the measurement methods. A system has been developed for determining the parameters of the working environment, which makes automatic measurements of the parameters of the air in the working area, register and recalculate the indicators of the quality of the air environment to bring them to normal conditions.

Keywords: sensor network, microcontroller, microclimate parameters, data transmission over the radio channel, network coordinator, network node.

Посохов И.О. – студент групи КІ -17дм, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. ripper404@ukr.net

Сафонова С.О. – к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та інженерії, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. safonovasa@ukr.net

Парамонова Т.А. – студент групи КН -17дм, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. tanyaparamonova99@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 05.11.2018