

УДК 621.3.087.44

DOI: <http://dx.doi.org/>

Чемерис А. Т.<sup>1</sup>, студент, Моніт Я. В.<sup>2</sup>, студент,  
Добролюбова М. В.<sup>3</sup>, доцент, к.т.н.

## ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА «КЛІМАТ-КОНТРОЛЬ»

**En** The work is dedicated to designing and developing microcontroller module and information and measuring system of monitoring temperature environment with the appropriate problem-oriented base of measurement data. The information and measuring system is designed for remote control to obtain the necessary information about the temperature inside the rooms.

In developing the information and measuring system, actual element base of radio elements (eg. low cost NTC 103 thermistors for obtaining high-precision measurement of the environmental temperature), hardware and program linearization methods of the temperature dependence on the resistance, which combination helped to minimize the measurement error, are used.

The system for implementing server and user interface technology openHAB software and specialized integrated development environment openHAB Designer, based on framework Eclipse SmartHome and programming language Xtend, are applied. Modbus RTU is used as transfer protocol for RS485. If it is necessary, data transmission can occur via GSM-modem and via radio transmitters that provide system mobility.

Relevance of work is determined by the high cost of similar systems, due to import substitution both software and components. As a result the system, which enables to control and maintain stable climate parameters inside the residential and industrial rooms, was developed. The use of the system in the residential premises will ensure reliable operation of heating, ventilation and air conditioning, while its application in manufacturing can avoid breaching conditions of equipment and storage, reducing the performance of the individual units.

The system is relevant to all niches of automation, allowing its cost to bring the concept of "smart house" outside of housing the premium segment.

**Ru** Описаны и обоснованы основные причины и принципы построения информационно-измерительной системы мониторинга температурных параметров окружающей среды. Приведена структурная схема и рассмотрен принцип действия системы.

---

<sup>1</sup> Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" факультет авіаційних і космічних систем

<sup>2</sup> Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" факультет авіаційних і космічних систем

<sup>3</sup> Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" кафедра автоматизації експериментальних досліджень

**Вступ**

В сучасному світі важко уявити продуктивну діяльність людини без автоматизованих систем, які допомагають їй в повсякденній роботі. Вони сповіщають всю необхідну інформацію про стан системи, надають можливість віддаленого збору даних, а також дозволяють виконувати автоматично певні дії в залежності від отриманих даних, що часто супроводжується не лише зручністю у використанні, а й значною економією ресурсів. Саме тому ці системи набули широкого вживання в місцях підвищеної небезпеки, промислової автоматизації, системах «розумний будинок» або з метою моніторингу вимірювальних параметрів. Розробкою систем моніторингу «клімат-контроль» займаються і вітчизняні, і закордонні компанії протягом тривалого періоду, проте з часом їх актуальність не втрачається, а навпаки тільки привертає все більше уваги [1-8].

Інформаційно-вимірювальна система (ІВС) «клімат-контроль» на базі мікроконтролерного модуля безпосередньо пов'язана з концепцією Інтернету речей – концепцією створення «розумних будинків», «розумних міст», «розумних автівок» тощо, – сучасним і перспективним способом зробити життя людини більш комфортним [9].

Актуальність розробки обумовлена тим фактом, що технології створення «розумних будинків» є хоча і розвиненими, але не користуються достатнім попитом у вітчизняних споживачів по-перше через свою доволі високу ціну, а по-друге, через нерозуміння того, що саме вони хочуть отримати від такої системи. Окрім того, розробка важлива і з точки зору імпортозаміщення, оскільки більша частина програмного забезпечення, яке використовується при створенні подібних систем, іноземного виробництва, тому достатньо коштовне, а в багатьох випадках і закрите від модифікацій. Тому сучасні дослідження і розробки в цій сфері спрямовані на створення у складі систем «розумний будинок» ІВС «клімат-контроль» вітчизняного виробництва.

**Мета**

Розробка ІВС «клімат-контроль», яка дозволяє більш ефективно контролювати температуру у побутових та виробничих приміщеннях, забезпечує економне витрачання енергоресурсів та сприяє створенню комфортних умов за рахунок вбудованої в її програмне забезпечення можливості сповіщати користувача про відхилення показників від встановлених.

### Основні положення

Впровадження автоматизованої системи моніторингу виконується з метою здійснення контролю за кліматичними параметрами житлових та виробничих приміщень, що сприяє підвищенню ефективності споживання та раціонального використання ресурсів.

Розроблена ІВС задовольняє наступні вимоги:

- визначення об'єкта спостереження;
- обстеження виділеного об'єкта спостереження;
- створення інформаційної моделі для об'єкта спостереження;
- планування спостережень;
- оцінка стану об'єкта спостереження та ідентифікація його інформаційної моделі;
- прогнозування зміни стану об'єкта спостереження;
- надання інформації в зручній для використання формі і доведення її до користувача системи.

Розроблені ІВС моніторингу температурних показників оточуючого середовища та мікроконтролерні міні-модулі збору даних і керування складаються з апаратної та програмної частин.

### Апаратна частина системи моніторингу

Структурна схема ІВС на базі мікроконтролерного модуля для вимірювання температури оточуючого середовища зображена на рис. 1 [10, 11].

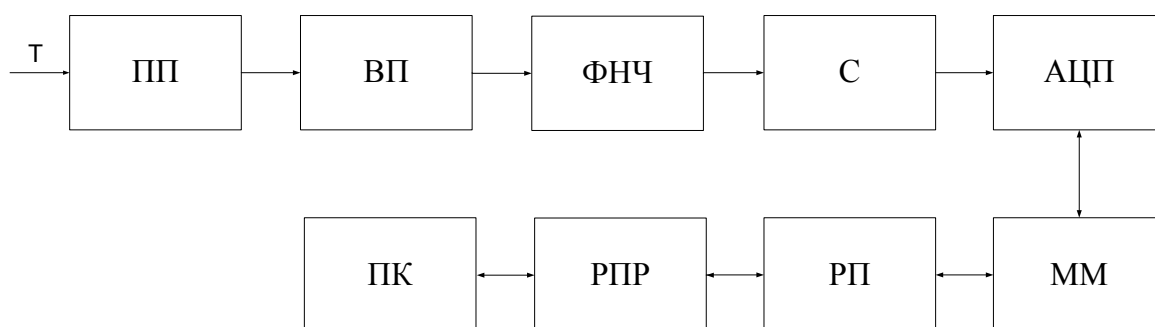


Рис. 1. Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи на базі мікроконтролерного модуля:

ПП – первинний перетворювач; ВП – вимірювальний підсилювач; С – суматор; ФНЧ – фільтр нижніх частот; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; ММ – мікроконтролерний модуль; РП – радіопередавач; РПР – радіоприймач; ПК – персональний комп'ютер

Мікроконтролер виконує наступні функції:

- керування роботою аналого-цифрового перетворювача;

- прийом кодів;
- обробка результатів вимірювання;
- передача оброблених результатів до *UART*.

Для розробки системи та мікроконтролерного модуля використаний мікроконтролер компанії *Atmel* серії *ATmega 328p-AU* [13]. Серед великої кількості аналогів саме він найбільш розповсюджений на території України та Європи, має низьку вартість і супроводжується великою кількістю документації та співдружностей.

Мікроконтролер має запатентовану архітектуру ядра під назвою *Advanced Virtual RISC (AVR)*, яка забезпечує продуктивність до 1 MIPS/МГц, що в свою чергу дозволяє досягнути оптимального відношення продуктивності до витраченої енергії. *Atmega 328p-AU* має розрядність 8 біт, а максимальна частота, на якій може працювати мікроконтролер, складає 20 МГц. Одна повноцінна інструкція виконується за один такт процесору. Мікроконтролерний модуль виконує вимірювання температури за допомогою терморезистора *NTC 103* [14]. Опір даного терморезистора має експоненціальну залежність від температури. Після зчитування та обробки даних готові результати передаються на сервер за допомогою інтерфейсу *RS-485* та протоколу *Modbus RTU* або радіопередавача серії *NRF24L01* компанії *Nordic Semiconductor*. Дані радіопередавачі відносяться до серії *Low-Power*, що дозволяє використовувати їх в системах з автономним живленням. Частота, на якій працюють модулі складає 2.4 ГГц, що дозволяє використовувати їх при побудові систем без отримання дозволу на діапазон радіочастот.

Обраний підхід при створенні ІВС «клімат-контроль» на базі мікроконтролерних міні-модулів збору даних і керування дозволяє вимірювати температуру в інтервалі від  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$  з точністю до  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

### **Програмна частина системи моніторингу**

Для розробки програмного забезпечення системи моніторингу температурних показників оточуючого середовища «Розумний будинок» на базі мікроконтролерних міні-модулів збору даних і керування використано популярну платформу *Arduino IDE*, яка дозволяє користувачу застосовувати відкриті бібліотеки для реалізації типових завдань збору даних та керування, спростити і підвищити швидкість розробки програмного забезпечення для міні-модулів, та серверну частину системи *OpenHAB* [15]. На теперішній час, завдяки відкритості програмного забезпечення, *OpenHAB* підтримує більше п'ятидесяти розробників систем «розумний будинок» та дозволяє створити свою власну систему із

використанням свого власного програмного та апаратного забезпечення, що і було з успіхом реалізовано.

Кожен пристрій в системі повинен бути сконфігурований як окремий елемент (*items*).

Для написання правил роботи, сценаріїв, описування окремих елементів використовується спеціалізоване інтегроване середовище розробки *OpenHAB Designer* [n], що базується на відкритому програмному забезпеченні *Eclipse*. Для написання правил роботи та сценаріїв використовується мова програмування *Xtend*[n], розроблена командою *Eclipse*, яка дозволяє з легкістю запрограмувати поведінку системи та не потребує спеціалізованого і тривалого її вивчення [16].

В якості інтерфейсу користувача проект дає змогу використовувати як окремі програми для найпопулярніших операційних мобільних систем, так і доступ за допомогою браузера.

Розроблена система будується за топологією «шина».

Для обміну даними використано протокол *Modbus RTU*[n], що є відкритим комунікаційним протоколом, побудованим на технології ведучий-підлеглий [17]. В якості фізичного рівня передачі даних можуть бути застосовані такі шини: *RS-485*, *RS-232*, *RS-422*, а також спеціалізовані мережі *TCP/IP*. Контролери в мережі взаємодіють, використовуючи модель ведучий-підлеглий, засновану на транзакціях, що складаються із запиту та відповіді. Зазвичай в мережі *Modbus* існує один ведучий та декілька підлеглих. Ведучий ініціює транзакцію, а підлегли передають запитувані дані. Транзакції в мережі можуть бути індивідуальні або ширококомвні. Специфікація *Modbus* описує структуру запитів і відповідей, їх основа це елементарний пакет, так званий *Protocol Data Unit (PDU)*.

Для використання протоколу в системі *OpenHAB* потрібно підключити біндінг *Modbus* та налаштувати його. Система дозволяє налаштувати частоту запитів транзакцій від керуючого до підлеглого. За замовчування частота запитів складає 200 мс.

Основні функції програми мікроконтролеру:

- функція ініціалізації;
- функція зчитування аналогових входів;
- функція зчитування цифрових входів;
- функція зміни напрямку портів модуля (вхід/вихід);
- встановлення ШИМ сигналу.

### **Основні результати**

На рис. 2 зображено розроблений мікроконтролерний міні-модуль збору даних і керування.

Система моніторингу температурних показників оточуючого середовища зображена на рис. 3.

Діаграма бази даних вимірювання температури наведена на рис. 4.

Перевагою розробленої системи є висока точність, легкість виконання, універсальність і зручність при використанні, низька вартість. Недоліком є те, що на даний час налаштування та монтаж системи можливий лише з певним рівнем кваліфікації.



Рис. 2. Мікроконтролерний міні-модуль збору даних і керування: апаратна частина



Рис. 3. Система моніторингу температурних показників оточуючого середовища: апаратна частина

Measurement		
Column Name	Data Type	Allow Nulls
Id	int	<input type="checkbox"/>
Date	datetime	<input type="checkbox"/>
Temperature	float	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Notification		
Column Name	Data Type	Allow Nulls
Id	int	<input type="checkbox"/>
MeasurementId	int	<input type="checkbox"/>
Date	datetime	<input type="checkbox"/>
NotificationType	nvarchar(20)	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. 4. Структура бази даних вимірювання температури

## Системи та процеси керування

Розроблена система моніторингу температурних показників оточуючого середовища «Розумний будинок» на базі мікроконтролерних міні-модулів збору даних і керування дозволяє вимірювати температуру в інтервалі від  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$  з точністю до  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

Особливість системи полягає у постійному вимірюванні та погодинному записі показників температури протягом доби.

Особливістю розробленої системи є і той факт, що при виникненні ситуації із виходом температурних показників оточуючого середовища за границі показників, встановлених користувачем, система інформує про це користувача за допомогою *push*-повідомлення на смартфоні, включення звукового сигналу, електронного листа, смс-повідомлення (рис. 5). Це дозволяє більш ефективно контролювати температуру у побутових та виробничих приміщеннях, забезпечує економне витрачання енергоресурсів та сприяє створенню комфортних умов.

Подальший розвиток системи передбачає застосування технологій її навчання з метою оптимізації прийняття рішень щодо збільшення або зменшення температурних показників за рахунок можливості задіювати відповідні засоби, як то кондиціонери або батареї. В подальшому планується вдосконалення системи до рівня, орієнтованого на звичайного користувача, що дозволить самостійно встановити, налаштувати та використовувати розроблену систему.

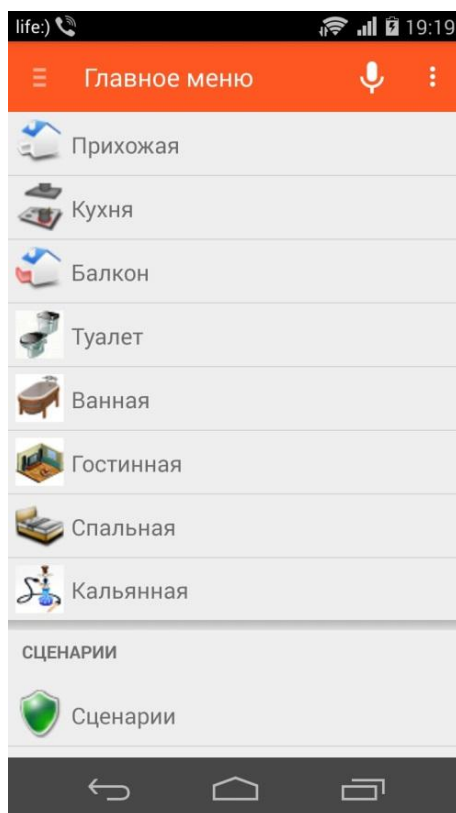


Рис. 5. Система моніторингу температурних показників оточуючого середовища: програмна частина

**Висновки**

При розробці ІВС використана сучасна елементна база радіоелементів, схемо-технічні та програмні методи лінеаризації залежності опору від температури, сукупність яких дозволила мінімізувати похибку вимірювання. Завдяки розробленій системі моніторингу температурних показників оточуючого середовища «клімат-контроль» на базі мікроконтролерних міні-модулів збору даних і керування з'явилась можливість постійного вимірювання та погодинного запису показників температури протягом доби, контролю границь температурних показників, встановлених користувачем, що забезпечує економне витрачання енергоресурсів та сприяє створенню комфортних умов.

Отже, розроблена ІВС «клімат-контроль» дозволяє ефективно контролювати температуру у побутових і виробничих приміщеннях, забезпечує економне витрачання енергоресурсів, сприяє створенню комфортних умов для користувача та є актуальною для всіх ніш автоматизації, оскільки її вартість дозволяє вивести концепцію «Розумний будинок» за межі житла преміум-сегменту.

**Список використаної літератури**

1. Что такое Умный Дом? // СтройНЭТ. – Режим доступа: <http://decentral.web-box.ru/stati/tehnologija-umnyj-dom-sistema-umnyj/chto-takoe-umnyj-dom/> – Что такое Умный Дом?
2. Умный дом: Наиболее перспективные разработки // Холдинг GS Group. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/company/gsgroup/blog/265958/> – Умный дом: Наиболее перспективные разработки.
3. «Умный дом»: производители и цена на оборудование // Компания АРЗЕ.РУ. – Режим доступа: <http://arze.ru/smart-house/umnyj-dom-proizvoditeli-i-tsena-na-oborudovanie.html> – «Умный дом»: производители и цена на оборудование.
4. Как выбрать умный дом? // Компания INSYTE. – Режим доступа: <http://www.insyte.ru/company/articles/kak-vybrat-umnyy-dom/> – Как выбрать умный дом?
5. Система Умный дом – официальный сайт производителя – система, проект и технология Умный дом // Компания Умный дом. – Режим доступа: <http://umnyj-doms.ru/> – Умный дом от российского производителя.
6. Умный дом GRAVITY // Компания GRAVITY. – Режим доступа: <http://gravity.com.ua/smarthome/?gclid=C1bp6J3Mss0CFaHUcgodijYJMQ> – Превратите Ваш дом в жилье будущего.
7. Искусство управления информационной безопасностью // ISO27000.RU. – Режим доступа: <http://www.iso27000.ru/chitalnyi->



- [zai/prochie-stati/principy-postroeniya-sistemy-umnyi-dom](http://zai/prochie-stati/principy-postroeniya-sistemy-umnyi-dom) – Принципы построения системы Умный Дом.
8. Розумний будинок: як Google, Apple і Samsung змінять наші оселі // Forbes Україна. – Режим доступу: <http://forbes.net.ua/ua/lifestyle/1376410-rozumnij-budinok-yak-google-apple-i-samsung-zminyat-nashi-oseli> – Розумний будинок: як Google, Apple і Samsung змінять наші оселі.
  9. Умный интернет вещей – кто он и с чем его едят? // Хабрахабр. – Режим доступу: <https://habrahabr.ru/post/259243/> – Умный интернет вещей – кто он и с чем его едят?
  10. Моніт Я. В. Система «Розумний будинок» з відкритим програмним забезпеченням / Я. В. Моніт // XIX науково-технічна конференція студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», 15-16 лютого 2016 р. – К.: «Політехніка», 2016. – С. 43-44.
  11. Чемерис А. Т. Підсистема моніторингу вологості повітря у приміщенні / А. Т. Чемерис, М. В. Добролюбова // XIX науково-технічна конференція студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», 15-16 лютого 2016 р. – К.: «Політехніка», 2016. – С. 58-59.
  12. Продукты Analog Devices // Analog Devices. – Режим доступу: <http://www.analog.com/ru/products/analog-to-digital-converters/ad-converters/ad7888.html#product-overview> – Продукты Analog Devices. Аналого-цифровой преобразователь AD7888. Datasheet.
  13. Продукты Microchip Atmel // Atmel. – Режим доступу: <http://www.atmel.com/ru/ru/devices/atmega328p.aspx> – Продукты Atmel. Микроконтроллер ATmega 328p-AU. Datasheet.
  14. Electronic Components Datasheet Search // ALLDATASHEET. – Режим доступу: <http://category.alldatasheet.com/> – NTC DATASHEET.
  15. openHAB // openHAB. – Режим доступу: <http://www.openhab.org/> – openHAB Home.
  16. Что такое платформа Eclipse и как ее использовать? // IBM developerWorks. – Режим доступу: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-eclipse/> – Технические материалы.
  17. Просто о Modbus RTU с подробным описанием и примерами // IPC2U. – Режим доступу: <http://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/modbus-rtu/> – Промышленная автоматизация.