

УДК 004; 685

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.5.2/13>

Злотенко Б.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

Стаценко Д.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мельник Г.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

Калашнік В.Ю.

Київський національний університет технологій та дизайну

Гольдберг М.І.

Київський національний університет технологій та дизайну

НАВЧАЛЬНИЙ ІТ-ПРОЄКТ СТВОРЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ

Досліджено підхід до формування навичок реалізації навчального ІТ-проєкту, який передбачає розробку і виготовлення лабораторного обладнання для підготовки фахівців у сфері комп'ютерних наук. Розглянуто результати розробки і впровадження в навчальний процес лабораторного стенду для дослідження комп'ютерно-інтегрованої системи керування температурою повітря в приміщеннях на основі використання мікроконтролера Arduino. Досліджено основні принципи роботи модулів бездротового зв'язку. Визначено компоненти системи, розроблено лабораторний стенд для демонстрації її роботи. Розроблено систему керування нагрівальними приладами в приміщенні, побудована на основі мікроконтролера Arduino і радіо передатчика і радіо приймача. Проведено експериментальні дослідження, які підтверджують можливість використання терморезисторів як датчиків температури повітря. Доведено працездатність системи бездротового керування електронагрівачами повітря на основі використання мікроконтролерів Arduino, яка забезпечує раціональне використання електроенергії за рахунок дотримання встановленого температурного режиму у приміщеннях будівлі.

Доведено, що процес складання та налагодження лабораторного стенду, розробка керуючих алгоритмів і програмного забезпечення, а також демонстрація роботи системи керування температурою приміщень є невід'ємною частиною навчального процесу. Досліджено діяльність здобувачів вищої освіти з комп'ютерних наук, яка здійснюється в ході виконання практичних занять при створенні реальної комп'ютерно-інтегрованої системи. Розглянуто підхід до підготовки фахівців, який дозволяє їм не лише засвоїти теоретичні знання, а й отримати цінний практичний досвід у проєктуванні, збиранні та програмуванні апаратних рішень, що сприяє розвитку навичок, необхідних для майбутньої професійної діяльності, включаючи системне мислення, навички розв'язання проблем, командну роботу та проєктування.

Ключові слова: ІТ-проєкт, навчання, комп'ютерна система, дослідження, алгоритм, програма.

Постановка проблеми. При підготовці фахівців з комп'ютерних наук постає питання формування у них навичок ефективного управління ІТ-проектами і ознайомлення інших осіб з результатами такої проектної діяльності, що передбачає висвітлення спеціальних теоретичних і практичних аспектів розробок в галузі комп'ютерних наук. Особливо корисним для досягнення цієї мети може стати розробка і виготовлення здобувачами освіти навчального лабораторного обладнання.

У наш час гостро постають питання енергозбереження і раціонального використання ресурсів, включаючи збереження природних джерел матеріалів та енергії, розробку нових матеріалів та енергозберігаючих технологій, нового, енергоефективного обладнання.

Енергозбереження може стати складною задачею, коли необхідно забезпечити обігрів будинків в умовах холодного клімату, коли поряд із системами централізованого опалення використовуються електричні прилади для додаткового нагрівання повітря. У цьому випадку важливо забезпечити чіткий контроль і регулювання температури повітря, що потребує використання ефективної системи керування вмиканням і вимиканням електронагрівальних приладів.

Особливість такої системи керування буде полягати у тому, що електронагрівальні прилади мають власні засоби автоматичного контролю і підтримки заданої температури повітря в кімнаті. Крім того, вони можуть переноситись з одного місця на інше в межах житлової площі будинку і підключатись до мережі живлення в різних частинах кімнати чи у різних кімнатах як одночасно, так і вибірково.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні задача автоматизованого контролю і підтримання заданої температури в кімнатах вирішується шляхом використання систем комплексної автоматизації інженерного обладнання будівель [1], які виникли у результаті розвитку нових цифрових технологій розумного будинку та інтернету речей.

Зазначені системи будуються на основі складних комп'ютерно-інтегрованих елементів, потребують застосування відповідних алгоритмів і програмного забезпечення, а також підключення до комп'ютерних мереж бо інших засобів комунікації [2]. У зв'язку з цим, розроблення, встановлення та користування такими системами вимагає високої інженерної кваліфікації і, як правило, пов'язано з певними матеріальними затратами.

Натомість, для широкого кола споживачів можна запропонувати спеціалізовані системи автоматизації для диференційованого керування інженерним обладнанням будівель. Прикладом може стати автономна система керування електричними приладами для нагрівання повітря в кімнатах, побудована на основі використання однієї з існуючих мікропроцесорних платформ. Така система буде більш доступною у користуванні, не потребуватиме складного професійного налаштування і буде мати меншу вартість у порівнянні з існуючими рішеннями комплексної автоматизації сфери побуту.

Метою роботи є: реалізація навчального ІТ-проекту на прикладі створення лабораторного стенду для дослідження комп'ютерно-інтегрованої системи керування температурою повітря приміщень, з використанням мікроконтролера Arduino і модуля безпроводного зв'язку.

Виклад основного матеріалу. Лабораторний стенд для дослідження НТС терморезистора (рис. 1), складається з терморезистора з номінальним опором 10 кОм, цифрового датчика температури DHT11, постійний резистор з номінальним опором 10 кОм, і LCD дисплею.

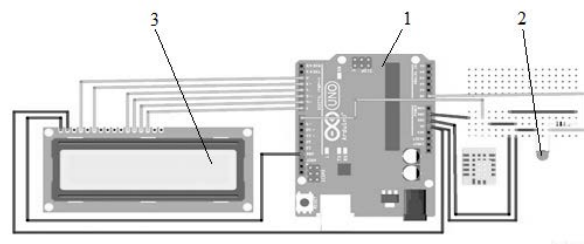


Рис. 1. Змодельована схема дослідження терморезистора у програмі Fritzing: 1 – контролер; 2 – давач температури; 3 – дисплей

До цифрових виходів 2-7 приєднаний дисплей, 8 – датчик температури. До аналогового входу A0 підключений досліджуваний терморезистор. Дисплей, датчик температури також підключені до відповідного порту 5 В і землі (GND). Щоб перетворити зчитану температуру у опір, послідовно підключено ще один резистор (рис. 3).

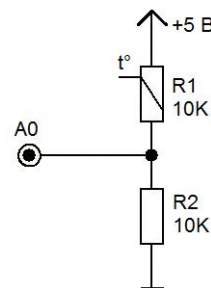


Рис. 2. Схема підключення терморезистора

Оскільки використано постійний резистор номінальним опором 10 кОм, напруга на виході (V_0), яка передається Arduino, дорівнює:

$$V_0 = \frac{R}{(R+10000)*V_c}, \quad (1)$$

де V_c – напруга джерела живлення (3,3 або 5 В).

Коли вимірюється напруга АЦП на контролері Arduino отримується числове значення:

$$ADCvalue = \frac{V_0 * 1023}{V_c}. \quad (2)$$

Підставляючи (1) у (2), після перетворень, отримаємо:

$$ADCvalue = \frac{R}{(R+10000)*V_c * 1023} = \frac{R}{(R+10000)*1023}. \quad (3)$$

В кінцевому вигляді, вираз для визначення опору терморезистора, буде мати вигляд:

$$R = \frac{10000}{\left(\frac{1023}{ADC} - 1\right)}. \quad (4)$$

При проведенні вимірювань аналогових значень можна використовувати два методи для поліпшення якості показань. Перший – використовувати пін 3.3 В для аналогового сигналу і другий – зібрати невеликий масив експериментальних значень і усереднити їх. У проведених дослідках було використано перший спосіб.

Після заміру опору протягом певного часу зростання температури, необхідно перетворити це значення у температуру. Для цього можна використовувати рівняння Стейнхарта-Харта, яке дозволить реалізувати досить достовірну апроксимацію конвертованих значень:

$$\frac{1}{T} = a + b * \ln(R_T) + c * (\ln(R_T))^3, \quad (5)$$

де T – температура в Кельвінах; R_T – опір при температурі T ; a , b , c – коефіцієнти рівняння Стейнхарта – Харта, які залежать від типу і початкового опору терморезистора.

Для забезпечення достовірності результатів дослідів поряд з терморезистором використано цифровий давач температури DHT11, який підключається до одного з цифрових виводів Arduino. Дані з цього датчика так само виводяться на дисплей.

В таблиці 1 наведені результати вимірювання температури за допомогою терморезистора і термодатчика в процесі нагрівання.

Залежність, яка відображає залежність температури від часу в процесі нагрівання, отримана в результаті використання терморезистора має вигляд:

$$T = 51,38 * e^{0,054*t} - 31,86. \quad (6)$$

При цьому аналогічна залежність, отримана за допомогою термодатчика має вигляд:

$$T = 45,092 * e^{0,059*t} - 25,664. \quad (7)$$

Залежності температури від часу в процесі нагрівання, отримана за допомогою термодатчика, терморезистора і розрахунком за виразами (11) і (12), представлені на рис. 3.

Як видно з табл. 1 і рис. 3, різниця між значеннями температури, визначеної за допомогою терморезистора і термодатчика не перевищує 0,5 градуса. При цьому усі значення температури, отримані за допомогою терморезистора перевищують відповідні значення, отримані за допомогою термодатчика.

Базуючись на отриманих результатах дослідження, було розроблено автономну систему керування електричними приладами для нагрівання повітря в кімнатах будівель (рис. 4), до складу якої входять радіопередавач і радіоприймач з робочою частотою 433 МГц.

Розроблена система побудована на використанні контролера Arduino UNO для зчитування значень температури повітря і забезпечення інтерфейсу користувача, до складу якого входить дисплей і тактові перемикачі для навігації [3, 4]. В якості датчика температури використано NTC терморезистор.

Безпосереднє вмикання і вимикання електричного нагрівального приладу відбувається за допомогою контролера Arduino Nano, розташованого в місці його підключення до мережі живлення. При цьому між контролерами Arduino UNO і Arduino Nano встановлюється радіозв'язок.

Мікроконтролер Arduino Nano у своєму складі має мікропроцесор ATmega328 у випадку Arduino Nano 3.0, чи ATmega168 у випадку Arduino Nano 2.x. Даний контролер має менші розміри, ніж Arduino UNO, а отже, краще підходить до використання у невеликих вбудованих системах, завдяки широкому спектру своїх функціональних можливостей. Проте, в його конструкції відсутній

Таблиця 1

Температура, визначена за допомогою давача DHT11 t д, °C і терморезистора mf52-103 3435 t p, °C

T, хв	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t д, °C	22	25	28	32	35	39	42	46	51	56
t p, °C	22,29	25,10	28,40	32,30	35,50	39,50	42,50	46,32	51,46	56,32

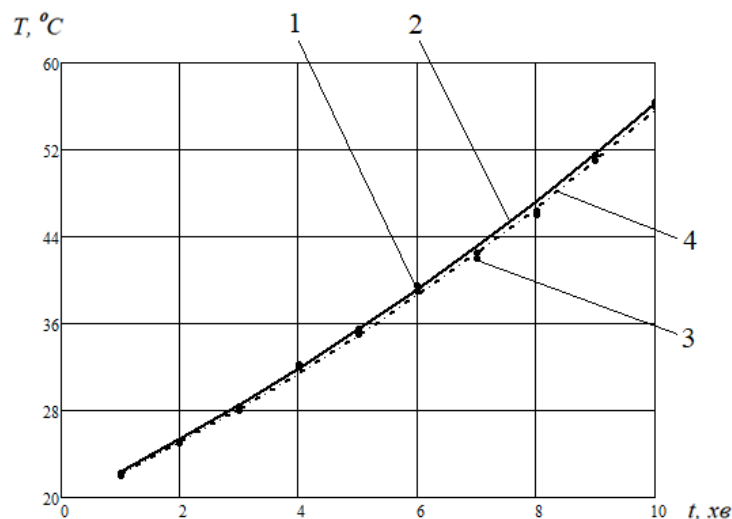


Рис. 3. Залежності температури від часу в процесі нагрівання: 1 – отримана за допомогою термодавача; 2 – отримана за допомогою терморезистора; 3 – розрахована за виразом (6); 4 – розрахована за виразом (7)

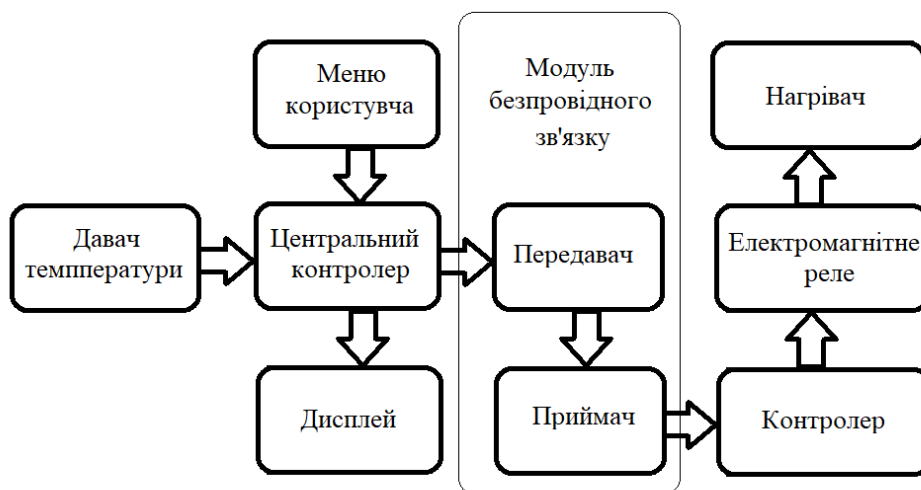


Рис. 4. Структурна схема системи безпроводного керування мікрокліматом у приміщенні

силовий роз'єм постійного струму, а для підключення до зовнішніх пристроїв використовується роз'єм Mini-B USB, що не стає на заваді при вирішенні поставленої задачі.

Наявність рознесених на відстань контролерів Arduino Uno і Arduino Nano передбачає використання двох індивідуальних блоків живлення з робочою напругою 6 В.

Запропонована система керування отримує дані щодо температури повітря від датчика, розташованого в тій, чи іншій кімнаті, обробляє їх за допомогою контролера Arduino Uno і передає

команду контролеру Arduino Nano щодо вмикання чи вимикання електричного нагрівального приладу відповідно до налаштування.

Дистанційне керування вмиканням і вимиканням електричного нагрівального приладу здійснюється за допомогою радіозв'язку, що дозволяє уникнути використання кабельної проводки, зменшити обсяг робіт і витрати на монтаж та експлуатацію системи, а також підвищити її надійність і зручність у користуванні.

На сьогоднішній день доступний широкий спектр модулів зв'язку, здатних виконати поставлену задачу, враховуючи особливості об'єкта авто-

матизації. Наприклад, для систем віддаленого зв'язку успішно використовуються модулі GPS і WiFi. Модулі GPS забезпечують підключення до мобільних мереж, у той час, як модулі WiFi призначені для підключення до мережі Internet. Використовуючи відповідні протоколи, ці модулі здатні передавати значні обсяги інформації на великі відстані.

При передачі даних на невеликі відстані використовуються модулі Bluetooth, що значно спрощує і здешевлює систему керування, оскільки в цьому випадку передбачається обмін інформацією без підключення до мережі Internet.

Для дистанційного керування електронагрівальними приладами, розташованими в різних кімнатах найкраще підходить радіо модуль, оскільки він не потребує кабельної проводки і напередбачає підключення до мережі Internet.

Розроблена система керування температурою повітря приміщень містить модуль радіозв'язку, який працює з робочою частотою 433 МГц. До складу модуля входять радіопередавач MX-FS-03V і радіоприймач MX-05V. При цьому модуль MX-FS-03V підключено до контролера Arduino UNO, а модуль MX-05V – до контролера Arduino Nano.

Безпосереднє керування вмиканням електронагрівального приладу до силової мережі і його вимиканням здійснюється за допомогою електромагнітного реле. В запропонованій системі використано реле SRD-05VDC з максимальною потужністю 2 кВт, постійною напругою в колі керування 5 В і змінною напругою 220 В в силовому колі для живлення електронагрівального приладу.

Для встановлення заданих параметрів роботи електронагрівальних приладів в системі керування використано інтерфейс, який містить дисплей і 4 тактові перемикачі. Найбільш простим у користуванні і доступним виявився LCD дисплей з розмірністю 1602 з контролером HD44780. За допомогою тактових перемикачів встановлюється задана температура повітря в кімнаті, а дисплей відображає встановлене значення, а також фактичне значення температури.

Температура повітря в кімнаті вимірюється за допомогою NTC терморезистора mf52-103 3435, який дозволяє вимірювати температуру в діапазоні -30...+125 °C. Перевагою використання терморезистора в якості датчика температури є його невелика вартість, надійність і простота підключення, що вигідно відрізняється від систем керування на основі аналогових датчиків LM35, TMP36, цифрових датчиків DS18B20, або термопар.

Температура у кімнаті вимірюються за допомогою аналогового сигналу падіння напруги,

викликаного зміною опору терморезистора, який подається на контролер Arduino Uno, де він обробляється, і виводиться на дисплей як градуси за шкалою Цельсія. В результаті порівняння вимірюваного значення температури з встановленим значенням за допомогою модулю радіозв'язку від радіопередавача до радіоприймача передається сигнал 1, якщо температура повітря менше встановленого значення, або 0, якщо температура повітря більше встановленого значення.

Прийнятий сигнал передається далі від радіоприймача до контролера Arduino Nano. У випадку, коли на контролер передається сигнал 1, він подає керуючий сигнал на реле для вмикання електронагрівального приладу. Якщо на контролер надходить сигнал 0, на реле подається керуючий сигнал для вимикання електронагрівального приладу.

Контролери Arduino зазвичай під'єднуються до комп'ютера через COM порт. Проте, вони забезпечені вбудованим драйвером для моделювання віртуального COM порту. Тому, під'єднавши контролер до комп'ютера через USB порт, завантажують і встановлюють цей драйвер [5]. При цьому віртуальний порт відображається в розділі диспетчер пристроїв.

Для забезпечення роботи системи керування температурою повітря в приміщеннях розроблено відповідний алгоритм налаштування меню.

Розроблено також алгоритми роботи елементів модулю радіозв'язку: радіопередавача і радіоприймача. На основі зазначених алгоритмів розроблено програмне забезпечення у вигляді скетчу з використанням бібліотек, які дозволяють керувати радіоприймачем, радіопередавачем і дисплеєм.

Для розробки скетчу використано середовище Arduino IDE. Програмування здійснювалось мовою програмування Wiring, яку можна вважати спрощеним варіантом мови програмування C++ [6].

Висновки. Проведені дослідження продемонстрували здатність здобувачів освіти до реалізації ІТ-проєкту з розроблення і виготовлення навчального лабораторного дстенду для дослідження системи керування температурою повітря в приміщеннях.

Отримана залежність опору терморезистора від температури відповідає рівнянню Стейнхарта – Харта, що свідчить про достатньо високу надійність і точність вимірювання температури.

В процесі нагрівання значення температури виміряні з використанням терморезистора практично співпадають зі значеннями, отриманими з використанням цифрового датчика. Тому, терморезистор можна рекомендувати в якості датчика для систем контролю і автоматичного регулювання температури повітря у кімнатах будівель.

Впровадження автономних систем керування інженерним обладнанням будівель дозволить покращити житлові умови для мешканців будівель і зробити їх більш зручними у користуванні.

Впровадження в освітній процес методів створення навчальних ІТ-проектів сприятиме покращенню підготовки фахівців у галузі інформаційних технологій за рахунок створення умов для практичної реалізації отриманих теоретичних знань.

Список літератури:

1. Javed A. Building Arduino Projects for the Internet of Things. Experiments with Real-World Applications. Apress Media, LLC, 2016. 244 p. URL: <https://download.e-bookshelf.de/download/0007/6167/61/L-G-0007616761-0014508896.pdf>
2. Elsenpeter R., Velte T. Build Your Own Smart Home. McGraw-Hill Osborne Media, 2003. 56 p. URL: [https://www.iz3mez.it/wp-content/library/ebook/Build%20Your%20Own%20Smart%20Home%20-%20R.%20Elsenpeter,%20T.%20Velte%20\(2003\)%20WW.pdf](https://www.iz3mez.it/wp-content/library/ebook/Build%20Your%20Own%20Smart%20Home%20-%20R.%20Elsenpeter,%20T.%20Velte%20(2003)%20WW.pdf)
3. Margolis M. Arduino Cookbook. O'Reilly Media, 2011. 632p. URL: <https://juniorfall.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/11/arduino-cookbook.pdf>
4. Gheorghe AC, Stoica CI (2021) Wireless Weather Station Using Arduino Mega and Arduino Nano. Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty 21(1). 35–38.
5. Blum J. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry. – Wiley, 2013. 384 p. URL: https://mirzaproject.ir/_files/En/Wiley.Exploring.Arduino.Jul.2013.pdf
6. Sommer U. Arduino: Mikrocontroller-Programmierung mit Arduino/Freduino. Franzis, 2010. 264 s. URL: https://books.4nmv.ru/books/programmirovanie_mikrokontrollernykh_plat_arduinoarduino_3752502.pdf
7. Ibraheem R, Ahmad F. The Versatile World of Arduino Boards: A Comprehensive Review. JOJ Material Sci. 2024; 9(1): 555753. DOI: 10.19080/JOJMS.2024.09.555753

Zlotenko B.M., Statsenko D.V., Melnyk H.V., Kalashnik V.Yu. Goldberg M.I. EDUCATIONAL IT PROJECT OF CREATING A LABORATORY STAND FOR MATHEMATICAL MODELING AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF A COMPUTER SYSTEM FOR CONTROLLING ROOM AIR TEMPERATURE

The approach to the formation of skills for the implementation of an educational IT project is studied, which involves the development and manufacture of laboratory equipment for training specialists in the field of computer science. The results of the development and implementation of a laboratory stand into the educational process for the study of a computer-integrated indoor air temperature control system based on the Arduino microcontroller is considered. The basic principles of operation of wireless communication modules were studied. The components of the system were determined, and a laboratory stand was developed to demonstrate its operation. A control system for indoor heating devices was developed, built on the basis of the Arduino microcontroller and a radio transmitter and radio receiver. Experimental studies were conducted that confirm the possibility of using thermistors as air temperature sensors. The operability of the wireless control system for electric air heaters based on the use of Arduino microcontrollers was proven, which ensures the rational use of electricity by maintaining the established temperature regime in the premises of the building.

It is proven that the process of assembling and setting up a laboratory stand, developing control algorithms and software, as well as demonstrating the operation of a room temperature control system is an integral part of the educational process. The activity of higher education students in computer science, which is carried out during practical classes when creating a real computer-integrated system, is studied. An approach to training specialists is considered, which allows them not only to master theoretical knowledge, but also to gain valuable practical experience in designing, assembling and programming hardware solutions, which contributes to the development of skills necessary for future professional activities, including system thinking, problem-solving skills, teamwork and design.

Key words: IT project, training, computer system, research, algorithm, program.

Дата надходження статті: 22.09.2025

Дата прийняття статті: 03.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025