

## КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ОПОВІЩЕННЯ КРИТИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННІ

Я. С. Парамуд, А.В. Янчинський

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра електронних обчислювальних машин  
E-mail: [yaroslav.s.paramud@lpnu.ua](mailto:yaroslav.s.paramud@lpnu.ua), [andrii.yanchynskyi@gmail.com](mailto:andrii.yanchynskyi@gmail.com)

© Парамуд Я. С., Янчинський А.В., 2021

Досліджено систему оповіщення, в якій дані датчиків можуть збиратися та аналізуватися для подальших операцій та дій. Сповіщення генеруються, коли дані порівнюються з певними критеріями. Базовим пристроєм для реалізації подібної системи обрано мікроконтролер ESP8266, оскільки даний контролер компанії Espressif є високо інтегрованим Wi-Fi SoC рішенням, яке задовольняє запити індустрії кіберфізичних систем в низькому енергоспоживанні, компактності і надійності. Таке рішення є одним із найбільш ефективних для системи оповіщення. На основі даного мікроконтролера спроектовано технічні засоби комп'ютерної системи та функціональне програмне забезпечення для реалізації функцій моніторингу та оповіщення критичних значень мікроклімату в приміщенні.

Досліджено архітектуру комп'ютерної системи. Обґрунтовано вибір основних вузлів апаратної частини системи, розглянуто елементну базу. Запропоновано деталізовану схему алгоритму роботи програмного забезпечення, також та продемонстровано результати роботи розробленої комп'ютерної системи для оповіщення критичних значень мікроклімату в приміщенні.

**Ключові слова:** комп'ютерна система, система оповіщення, кіберфізичні системи, мікроконтролер, ESP8266, мікроклімат.

### Вступ

Кожен новий реалізований концепт має також намір зробити умови життя людини якомога комфортнішими і продуктивними. Системи, які базуються на давачах температури чи інших сенсорах, є широко розповсюдженими та достатньо функціональними. Вони можуть використовуватись як засоби оцінки мікрокліматичних умов чи для сповіщення користувача про критичну ситуацію, що виникла внаслідок локальної зміни кліматичних характеристик.

Згідно кіберфізичної концепції подібні системи можуть складатися з фізичних пристроїв та програмного забезпечення, що в реальному часі буде зчитувати дані з датчиків, опрацьовувати їх та виводити відповідний результат[1,2]. Одним із застосувань CPS (Cyber-Physical Systems) є моніторинг температури разом з вологістю. Засоби для контролю температури є надзвичайно корисними для користувачів та галузей, де температура відіграє вирішальну роль у визначенні якості мікрокліматичних умов.

У таких засобах датчики постійно вимірюють температуру наперед визначеного обмеженого середовища та передають відповідні дані централізованій платформі через мережу. Використовуючи подібну платформу, людина може віддалено контролювати температуру системи та переконатися, що все гаразд з мікрокліматичними умовами в тій чи іншій сфері. Багато пристроїв підтримують локальний моніторинг у вигляді звукового сигналу або локальної сигналізації. Цей

тип моніторингу стає більш цінним, якщо доповнити систему повноцінним програмним інтернет-модулем сповіщення. Одночасно моніторинг стає суттєво зручнішим, оскільки користувачеві не треба постійно слідкувати за даними, достатньо всього лиш очікувати сповіщення, в якому буде певне повідомлення про зміну того чи іншого значення.

Перспективними застосуваннями можуть бути різні сфери, оскільки використання систем віддаленого моніторингу температури чи вологості надають користувачам широкі функціональні можливості. Наприклад, система дистанційного контролю температури пропонує миттєві сповіщення в режимі реального часу, вони дозволяють користувачам чи компаніям відстежувати ці сповіщення, оскільки вони базується на мобільних пристроях. Ці дані можуть включати час, в який продукти погіршуються, та інші фактори, пов'язані з показниками температури чи вологості. Незалежно від типу товару, це допомагає компаніям підтримувати високу якість своєї продукції. Одним із позитивних показників є доступність моніторингу із віддалених місць. Іншими словами, віддалений контроль температури може здійснюватися, якщо реалізований модуль сповіщень, дані, якого зібрані за допомогою датчиків віддаленого моніторингу температури, тоді ці показники можна отримати з будь-якої точки світу через веб-програму або мобільний додаток, або ж локально, якщо говорити за користувацький пристрій.

Враховуючи викладене можна вважати, що дослідження щодо побудови ефективних систем моніторингу та оповіщення критичних значень мікроклімату в приміщенні є важливими та актуальними.

### **Огляд літературних джерел**

На теперішній час використовується велика кількість різних цифрових систем управління, які отримують інформацію про стан об'єкта чи середовища від давачів, виконують обчислювальний алгоритм, формують управляючі коди, за якими забезпечується нормальний режим функціонування об'єкта чи стан середовища [3]. Такі принципи управління використовуються як в простих пристроях, так і в складних фундаментальних дослідженнях. Треба мати розуміння про створення кіберфізичних систем, підходи до їх вирішення та розуміти базові засади побудови багаторівневої платформи кіберфізичних систем, які сформовані відповідно до досягнень та сучасних концепцій застосування комп'ютерних, інформаційних та телекомунікаційних технологій [1].

Знати про особливості застосування стандартизованих інтерфейсів обміну інформацією у кіберфізичних системах та класи телекомунікаційних інтерфейсів [2].

Основними елементами, які виконують обчислювальний алгоритм, є мікропроцесори, мікроконтролери та мікро-ЕОМ.

Використання мікроконтролера має базуватися на його технічних характеристиках, що забезпечують виконання прикладної задачі з найбільшою ефективністю. Одночасно потрібно враховувати ціновий діапазон. Вибір мікроконтролера з конкретні технічні характеристики потрібно здійснювати за інформацією офіційної технічної специфікації [4]. Те саме варто зазначити і про давачі та пам'ять системи [5,6].

### **Постановка завдання**

Метою дослідження є розроблення та дослідження архітектурних та алгоритмічно-програмних рішень комп'ютерної системи відображення та оповіщення критичних значень мікроклімату в приміщенні, в першу чергу за критичними значеннями температури та вологості, заданими користувачем.

### **Результати дослідження**

Основним функціональним завданням системи буде слідкування за температурою та вологістю в приміщенні та передача сповіщення на вказану користувачем електронну адресу за допомогою SMTP протоколу з можливістю обирати критичні значення, за якими буде спрацьований програмний тригер, та надіслано повідомлення користувачеві. Система має забезпечувати

можливість відображення поточних даних про температуру та вологість у приміщенні на екранах комп'ютера чи смартфона. Побудову такої системи доцільно виконувати із використанням концепції кіберфізичних систем [1,2]. Вибір цієї концепції обумовлений наступними чинниками:

Кіберфізичні системи мають надзвичайно широке застосування. Під кіберфізичною системою розуміють поєднання фізичних процесів та кібернетичних засобів, які забезпечують організацію вимірювальних та обчислювальних процесів, захищене зберігання та обмін вимірювальною і службовою інформацією, організацію та здійснення впливів на фізичні процеси. Інтеграція цих компонентів у межах однієї системи дає змогу отримувати якісно нові результати, які можна використовувати для створення широкого спектра принципово нових наукових, технічних та сервісних засобів [1].

Сфера застосування КФС – керування рухом транспортних засобів, медичні, виробничі та військові системи, виробництво, постачання та зберігання електроенергії, контроль доступом, постачання води та тепла, робототехніка тощо. У КФС поєднуються математичні та інженерні моделі та методи фізики, хімії, біотехнології, механіки та електротехніки з моделями та методами комп'ютерних наук та технологій. На основі цього поєднання формується новий науково-інженерний напрям зі своїми моделями та методами. Потенційний ефект від створення та застосування кіберфізичних систем можна порівняти за масштабом та впливом з ефектом від створення мережі Інтернет. Деякі наукові колективи вважають, що метою створення КФС є забезпечення суттєвого підвищення рівня взаємодії людини з фізичним світом подібно до того, як Інтернет підвищив рівень взаємодії між людьми. Подібно до «Інтернету речей», що є комунікаційною мережею об'єктів, які мають технології для взаємодії між собою та з навколишнім середовищем без втручання людини, тобто автономно, рівні КФС також взаємодіють між собою та з навколишнім середовищем автономно [1].

Логічні режими роботи телекомунікаційної підсистеми Ethernet-орієнтованої КФС ґрунтуються на стеку протоколів TCP/IP. Його повноцінна реалізація вимагає залучення доволі значних обчислювальних ресурсів, а тому вибір засобів для реалізації блока мережних інтерфейсів визначається насамперед наявністю вільних обчислювальних ресурсів в ядрі телекомунікаційної підсистеми, тобто в блоці опрацювання даних та керування. За низької обчислювальної складності алгоритмів обробки даних та низької інтенсивності інформаційного обміну рекомендується реалізація телекомунікаційної підсистеми у вигляді поєднання мікроконтролера з інтерфейсним мостом UART-Ethernet або UART-WiFi. Під час розроблення низькобюджетних безкабельних КФС доцільно звернути увагу на міст UART – WiFi на базі SoC ESP8266 від Espressif [2].

Приклади пристроїв та систем КФС включають:

- домашня сигналізація;
- медичний моніторинг та лікувальні пристрої;
- промислове застосування [3].

Наведені особливості КФС є важливими аргументами на користь того, що вони концептуально можуть бути застосовані при побудові комп'ютерної системи оповіщення.

### **Принципи побудови комп'ютерної системи оповіщення**

Комп'ютерна система оповіщення на базі мікроконтролера представляє собою визначену сукупність елементів, які об'єднані між собою, виконують окремі вузько спеціалізовані дії, орієнтовані на вирішення певних прикладних задач. Обов'язковим елементом системи є джерела інформації – давачі. В більшості випадків це давачі температури, звуку, світла, тиску, руху.

Взаємодія елементів системи здійснюється централізовано мікроконтролером, який функціонує у відповідності із завчасно розробленим та відлагодженим функціональним програмним забезпеченням.

Основою системи став мікроконтролер ESP8266 який в реальному часі зчитує дані з комбінованого давача температури та вологості DHT11. Візуально результат вимірів можна

спостерігати на веб-сервері в межах бездротової мережі WiFi, який відображає поточні значення температури та вологості з формою для введення пошти.

Функціональні задачі даної системи:

- оповіщення користувача за введеною електронною адресою про критичні значення мікроклімату в приміщенні, власне температури чи вологості;
- демонстрація через веб-сервер зчитаних даних з можливістю введення пошти для оповіщення.

Дана система може використовуватися як: засіб «розумного будинку» або самостійно як простий термогігрометр.

Ядром системи є мікроконтролер ESP8266, який використовує режим станції основним призначенням якого є зчитування сигналу з датчиків та оповіщення користувача.

Мікроконтролер з'єднується з бездротовою мережею WiFi для створення локального сервера, на якому розміщені дані, вироблені комбінованим датчиком температури та вологості.

У разі випадку, коли мікроконтролер не зміг приєднатися до мережі, він переходить в режим точки доступу (SoftAP) без паролю для можливості під'єднання клієнта та введення вірних даних WiFi.

Після ініціалізації датчик починається робота програмного таймера, який відправляє зчитаний сигнал кожні 6 секунд на веб-сервер та перевіряє чи значення точно є числом, якщо ж ні, то зберігається та відправляється попередній сигнал.

Користувач вводить пошту на яку слід відправляти оповіщення, надсилання листа здійснюється по SMTP протоколу при спрацьовуванні функції-тригера, введена пошта зберігається у вбудованій пам'яті.

Чіп ESP8266 компанії Espressif – високоінтегроване Wi-Fi SoC рішення. Працюючи під керуванням зовнішнього мікроконтролера, ESP8266 може виступати в ролі Wi-Fi адаптера, передаючи дані через SPI, SDIO, I2C або UART інтерфейси. ESP8266 містить антенний перемикач, узгоджувальний трансформатор, підсилювач потужності, малощумний підсилювач, фільтри, модулі управління живленням, Компактна конструкція і висока ступінь інтеграції дозволяють мінімізувати розмір друкованої плати і число зовнішніх компонентів. ESP8266 містить розширену версію 32-бітного процесора Lx106 фірми Tensilica серії Diamond і вбудовану оперативну пам'ять (SRAM).

Технічні характеристики ESP8266 наведено нижче [4]:

- стандарт WiFi 802.11 b / g / n, вбудований стек протоколів TCP / IP;
- вбудований 32-бітний MCU з низьким енергоспоживанням;
- вбудований 10-бітний АЦП;
- вбудований РЧ комутатор, РЧ трансформатор опорів, LNA, підсилювач потужності;
- вбудовані блоки ФАПЧ і управління потужністю;
- Wi-Fi 2,4 ГГц, підтримка WPA / WPA2;
- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IRDA, PWM, GPIO, STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO;
- споживання до 215 мА в режимі передачі, 100 мА в режимі прийому, 70 мА в режимі очікування, споживання в режимі глибокого сну <10 мкА, струм витоку в вимкненому режимі <5 мкА;

- пробудження і передача пакетів через <2 мс;
- вихідна потужність +20 дБм в режимі 802.11b, діапазон робочих температур: -40-125 °С.

На рис.1. зображено схему архітектури комп'ютерної системи оповіщення, яка описує принципи побудови апаратної частини та показує необхідні елементи для її реалізації. До проектованої системи входять такі вузли:

- мікроконтролер: ESP8266;
- пам'ять: W25Q32FV SPI Flash Memory 4МБ;
- вузол вводу-виводу: датчик DHT11 (Визначення вологості: 20-90% RH ± 5% (макс.),

визначення температури:  $0-50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (макс.), частота опитування: не більше 1 Гц) разом з активним зумером;

- вузол скиду Reset;
- вузол живлення 3.3V;
- вузол синхронізації 24MHz.

Середовище передачі даних: WiFi (Мікроконтролер -> Веб-сервер, Веб-сервер -> Мікроконтролер). Режими роботи МК: станція (Station mode або коротко STA), програмна точка доступу (SoftAP), а також змішаний – Station + SoftAP. В системі використовується перший та другий режим.

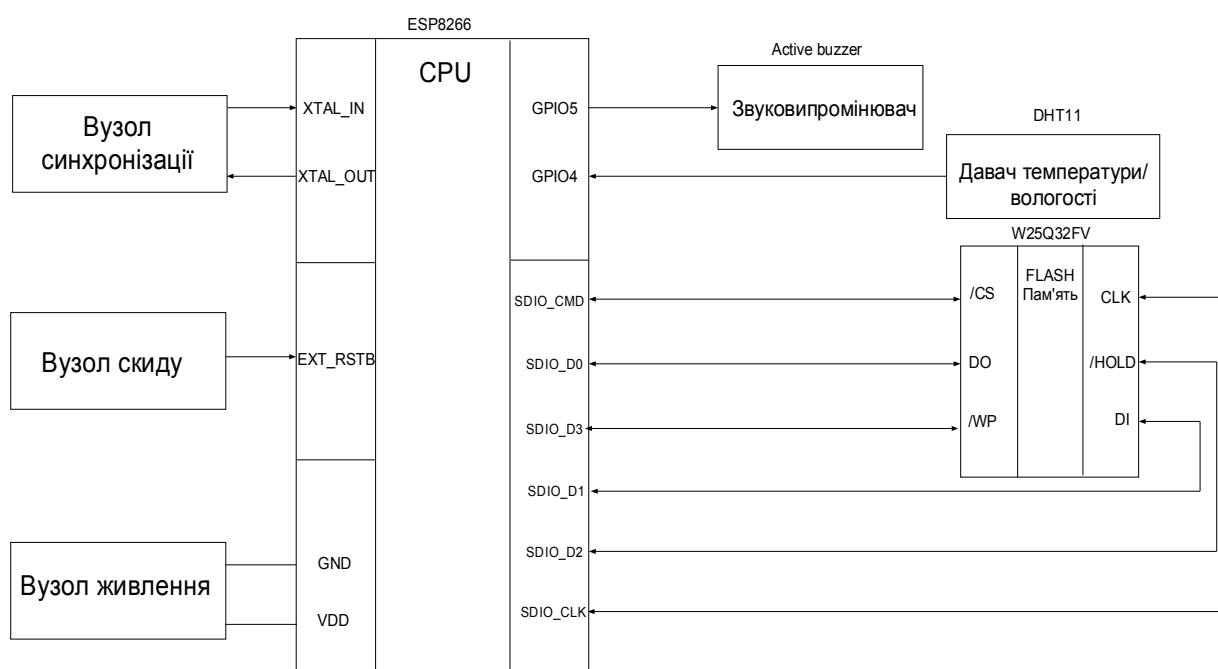


Рис. 1. Архітектура комп'ютерної системи оповіщення критичних значень мікроклімату в приміщенні

Комп'ютерна система складається з зовнішньої пам'яті, мікроконтролера, вузла скиду, синхронізації і живлення, а також з давача та активного зумера в якості виводу звукового сигналу.

Призначенням вузла синхронізації є формування тактових сигналів. Він підключається до мікроконтролера за допомогою виводів XTAL\_IN і XTAL\_OUT. Вузол скиду призначений для затримки сигналу на деякий час, щоб вузли мікроконтролера встигли перезавантажитись та встановитись в початковий режим роботи.

В системі використовується запам'ятовуючий Flash пристрій з ємністю 4МБ, який підключається за допомогою інтерфейсу SPI [2].

Звуковий сигнал необхідний для локального оповіщення про спрацьовування програмного тригера за даними, виданими давачем температури і вологості значень.

Після закінчення роботи над принципами апаратної частини слід описати принцип роботи прошивки мікроконтролера. Логіка програмного забезпечення комп'ютерної системи полягає в алгоритмі, завдяки якому мікроконтролер створює локальний веб-сервер, де будуть розміщені дані, видані комбінованим давачем температури та вологості. На рис. 2 зображено алгоритм функціонування КС.

Детальні особливості кожного кроку, який відбувається наалгоритмічно-програмному рівні:

- мікроконтролер ESP8266 автоматично під'єднується до бездротової мережі WiFi;

- перевіряється чи дані для під'єднання є коректними;
- якщо ж дані виявилися некоректними, то мікроконтролер переходить в режим точки доступу без паролю для можливості під'єднання клієнта та введення вірних даних WiFi, при першому запуску системи він автоматично переходить в цей режим, щоб користувач міг ввести дані;
- мікроконтролер переходить в режим пошуку бездротової мережі;
- після вірно введених даних та з'єднання, ініціалізуються давачі та запускається веб-сервер;
- запуск роботи програмного таймера, який відправляє зчитаний сигнал кожні 6 секунд на веб-сервер;
- запуск сторінки з даними та можливістю введення пошти, щоб надсилати сповіщення, також користувач має ввести порогові значення вручну, інакше будуть встановленні стандартні, які вказані в програмному коді;
- сигнал давачів зчитується та обробляється;
- перевіряється чи значення точно є числом, якщо ж ні, то зберігається та відправляється попередній сигнал на веб-сервер;

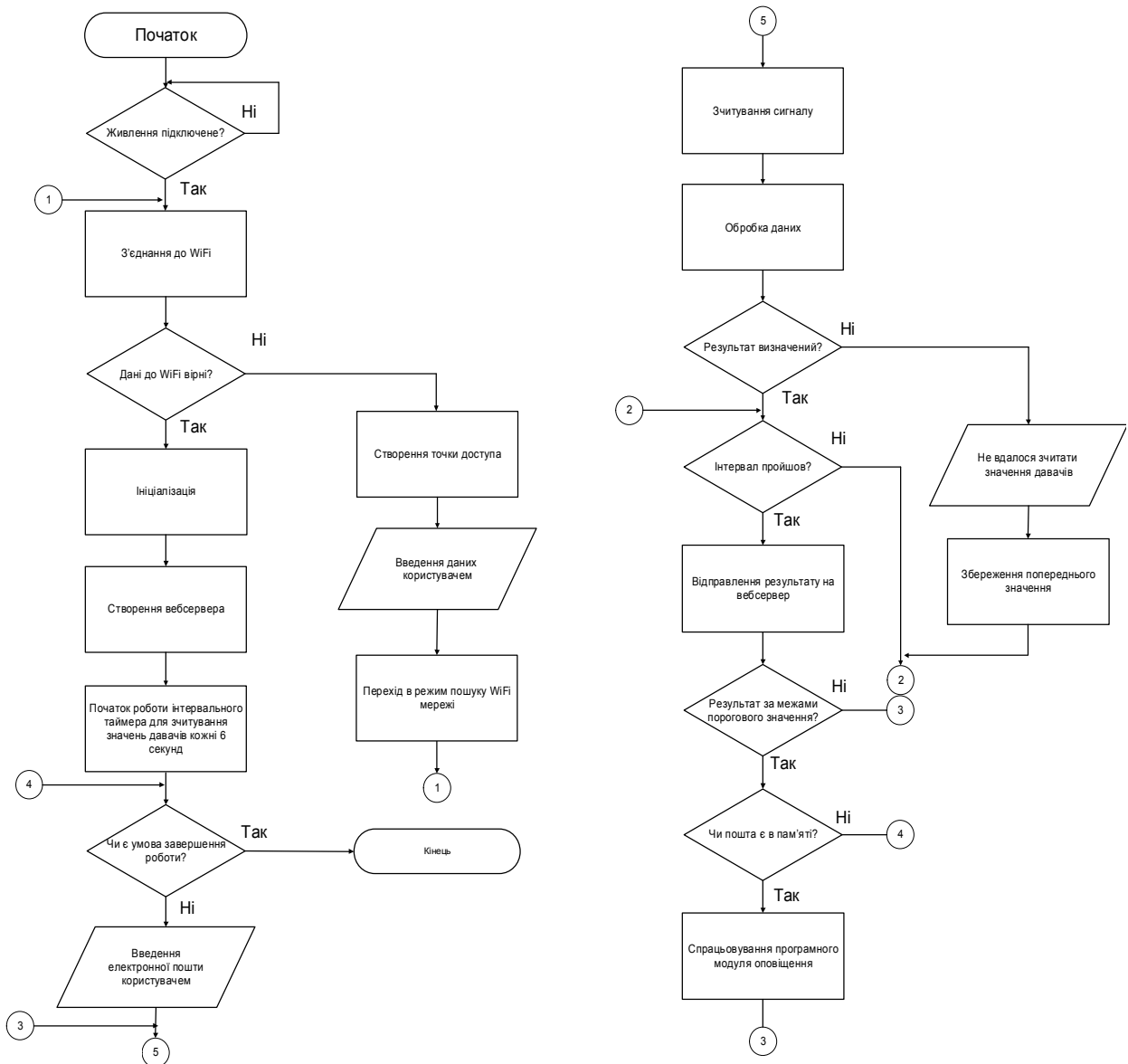


Рис. 2. Схема алгоритму роботи комп'ютерної системи

- перевіряється чи минуло 6 секунд, щоб можна було надіслати дані;
- коли дані зчитані, перевіряється чи вони за межами порогового значення та чи є введена назва пошти в пам'яті, якщо ж так, то спрацьовує програмний модуль оповіщення.

Нижче наведено варіант реалізації системи оповіщення критичних значень мікроклімату в приміщенні для експериментального підтвердження ефективності запропонованих принципів побудови.

### Експериментальна перевірка реалізованої комп'ютерної системи

Враховуючи огляд серійних мікроконтролерів та та різниця давачів температури та вологості можна зробити висновок, що сучасна елементна база дозволяє побудову ефективних КС оповіщення. Одним із найкращих на виконання функцій обчислювального ядра є мікроконтролер ESP8266, який і використаний в запропонованому рішенні. Аналогічні висновки щодо інших компонентів комп'ютерної системи, а саме: комбінованого давача температури та вологості DHT11, звуковипромінювача, автономного живлення в виді літій-полімерної батареї. Аналізуючи принцип роботи КС за схемою алгоритму роботи, варто зазначити, що запропоновані засоби забезпечують ефективне виконання функціональних задач.

На рис.1. зображено функціональну схему проектованої комп'ютерної системи оповіщення критичних значень мікроклімату в приміщення.

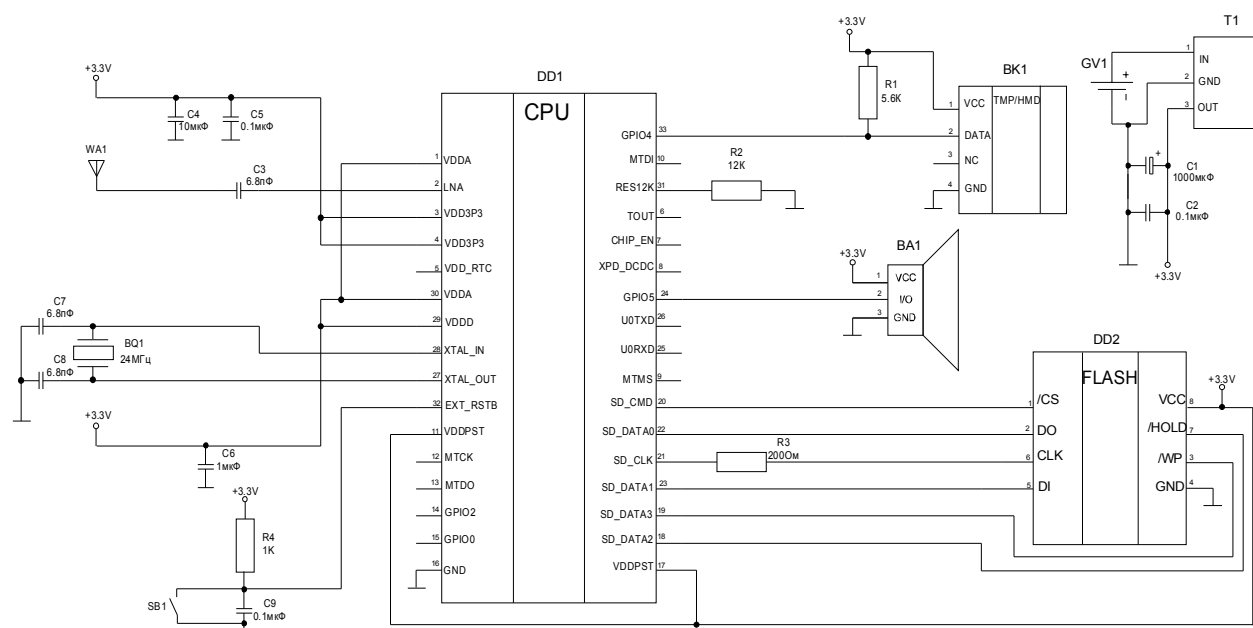


Рис. 3. Функціональна схема комп'ютерної системи оповіщення критичних значень мікроклімату в приміщенні

ESP8266 має два цифрових виводи для живлення, Pin11 і Pin17. Для живлення цифрових портів немає необхідності додавати додаткові конденсатори. Напруга живлення для мікроконтролера становить від 2,5В до 3,6В.

Мікроконтролер має п'ять аналогових контактів для живлення, включаючи Pin1, Pin3, Pin4, джерело живлення для внутрішніх PA і LNA; та Pin29, Pin30 для внутрішньої PLL. Операційна напруга для аналогових контактів джерела живлення становить 2,5В ~ 3,6 В. Канал живлення може бути пошкоджений внаслідок раптового збільшення струму, коли передається аналоговий сигнали, тому слід використати відповідні обмеження.

Функцію автономного живлення виконує літій-полімерна батареяка. При використанні LDO-стабілізатора батареяка буде працювати, якщо її вихідною напругою буде лише 3,4В.

В мікроконтролері інтегрований високочастотний генератор. Тактовий сигнал створюється вбудованим генератором із використанням зовнішнього резонатора. ESP8266 може підтримувати резонатори частотою 40 МГц, 26 МГц і 24 МГц. Ємність двох конденсаторів на схемі можуть бути від 6 пФ до 22 пФ. [4]. На рис. 3 зображено вузол синхронізації мікроконтролера. Кварцовий кристал генератора системи підключається безпосередньо до виведень XTAL\_IN і XTAL\_OUT.

Pin32 EXT\_RSTB служить контактом скидання ESP8266. Для коректної роботи периферійних пристроїв та функціональних блоків мікроконтролера ESP8266 потрібен вузол перезавантаження, який встановлює режим роботи за замовчуванням і складається з RC-ланки, що дозволяє уникнути збоїв в роботі.

Для підключення зовнішньої пам'яті використовується інтерфейс SPI [2]. Вихід SD\_CLK підключений до контакту флеш-пам'яті CLK разом з вхідним резистором. Послідовне підключення, зменшуючи струм, усуває зовнішні завади. Початковий опір резистора становить 200 Ом. [5]

Мікроконтролер виступає в ролі ведучого пристрою шини та відповідає за ініціювання взаємодії та за операцію читання. Давач вологості і температури DHT11 завжди залишається в якості підлеглого пристрою і відповідає даними, коли МК створює запит.

Коли давач вологості і температури збирається надіслати дані, він спочатку відправляє MSB (Most Significant Bit) – старший значущий біт.

Дані від датчика передаються у вигляді посилки, що складаються з 40 біт даних – це 5 байт. Перші два байти містять інформацію про вологість, наступні два – про температуру, п'ятий байт парності. Байт парності дорівнює сумі попередніх байт. 1 і 2 байт містять відповідно цілу і дробову частину інформації про вологість, 3 і 4 байт містять цілу і дробову частину інформації про температуру [6].

Зумер є модулем випромінювання звуку, звуковипромінювачем, для використання в різних проектах на мікроконтролерах для забезпечення звукової сигналізації будь-якої функції, процесу і т.п. Для використання зумера потрібно створити на його основі вузол: підключити живлення та підключити керуючий сигнал. Зумер видає такий же звук, як динамік ініціалізації в системному блоці комп'ютера. Зумер є активним, тому для його роботи не потрібен зовнішній частотний генератор.

Резистор R1 на схемі необхідний для того, щоб гарантувати на логічному вході, з яким сполучений провідник, високий або низький рівень сигналу, якщо ж провідник не з'єднаний з логічним виходом, то приєднаний логічний вихід знаходиться в високоімпедансному стані.

Коли система зібрана та прошивка успішно завантажена, увімкнувши живлення комп'ютерної системи слід приєднатися до точки доступу, яку створює система, щоб ввести дані для під'єднання до WiFi мережі. Після введення користувачем даних система збереже їх та виконає під'єднання до безпроводної мережі. У випадку вірно введених даних система запустить локальний веб-сервер. У випадку, якщо дані не є вірні, користувачу прийдеється заново їх ввести таким же чином.

Щоб переглянути отримані дані давача, необхідно ввести в будь-якому браузері адресу, яка була присвоєна маршрутизатором. Приклад вікна, яке відкриється у браузері, зображене на рис. 4.

Вікно відображає зчитані дані давачем та дає змогу користувачеві ввести пошту, на яку буде надсилатися лист-сповіщення. Одночасно можна ввести порогові значенні параметрів мікроклімату, за якими буде спрацьовувати система.

Коли значення температури чи вологи виходить за межі заданого порогового значення, спрацьовує тригер та формується лист з критичними даними, щоб сповістити користувача на вказану адресу. На рис. 5. демонструється приклад згенерованого комп'ютерною системою повідомлення.



# Monitoring System

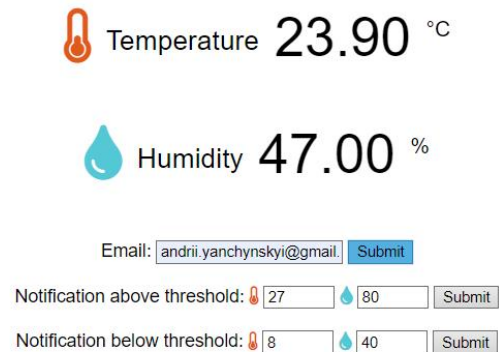
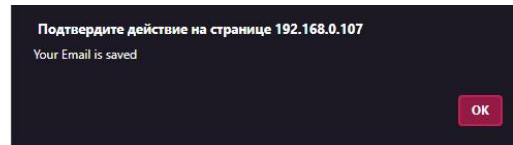
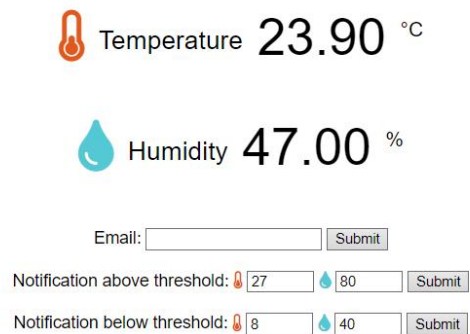


Рис. 4. Локальний WiFi веб-сервер з відображенням значень температури та вологості в приміщенні та формою введення пошти разом з пороговими значеннями

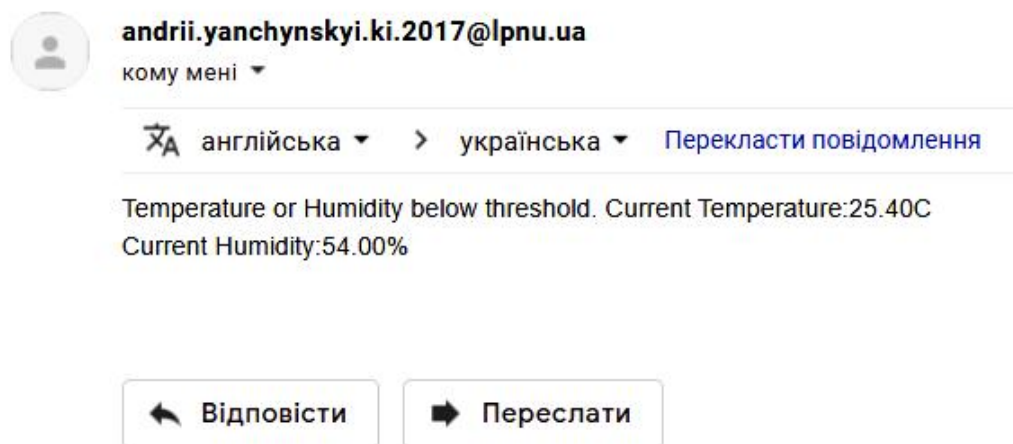


Рис. 5. Повідомлення, згенероване комп'ютерною системою

Якщо проаналізувати перевірку КСО, яка була описана вище, можна зробити однозначний висновок, що експериментально підтверджено ефективність запропонованих рішень щодо принципів побудови комп'ютерної системи оповіщення критичних значень мікроклімату в приміщенні. Розроблена система успішно виконує свої функціональні задачі.

## Висновки

У роботі наведено результати розроблення та дослідження комп'ютерної системи, яка слідує за значенням температури та вологості задля оповіщення користувача. Виконано аналіз даних про сучасний стан та концепцію побудови подібних систем. Основним елементом системи вибрано сучасний мікроконтролер ESP8266, який в реальному часі читає дані з комбінованого датчика температури та вологості DHT11 та опрацьовує їх за відповідними алгоритмами. Візуально результати опрацювання можна спостерігати на веб-сервері в межах бездротової мережі WiFi, який відображає з частотою не більше 1 Гц поточні значення температури з дискретністю 0,1 град. та вологості з дискретністю 0,1 % за форматом для виведення на визначену адресу електронної пошти. Дана система може використовуватися для оповіщення або в іншому режимі як простий термогігрометр. На основі виконаної роботи можна зробити висновок, що запропонована комп'ю-

терна система відповідає концепції кіберфізичних систем, має прості технічні та алгоритмічно-програмні рішення, характеризується широкими функціональними можливостями та при виконанні відповідних дослідно-конструкторських робіт може знайти практичне застосування.

1. Melnyk A.O. *Intehratsiia rivniv kibfyzichnoi systemy / Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politehnika"*. Zbirnyk naukovykh prats. Seriia "Kompyuterni systemy ta merezhi". – 2015.- Number 830. – PP 61-67. <http://science.lpnu.ua/csn/All Volume and Issues> (Accessed: 16 November 2021).

2. Y.Paramud. *Digital interfaces in cyber-physical systems/ Andrii Grebeniak, Eugene Miyushkovych, Yaroslav Paramud// Advances in Cyber-Physical Systems.-Volume II, Number 1, 2017.- PP 6-10.* <http://science.lpnu.ua/acps/All Volume and Issues>. DOI: <https://doi.org/10.23939/acps2017.01.006> (Accessed: 16 November 2021).

3. *The Basics of Embedded Systems and the Internet of Things [Online]*. Available: <https://dzone.com/articles/the-basics-of-embedded-systems-and-the-internet-of-things>. (Accessed: 16 November 2021).

4. *ESP8266 Datasheet [Online]*. Available: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0aESP8266\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0aESP8266_datasheet_en.pdf) (Accessed: 16 November 2021).

5. *W25Q32FV Flash-Memory Datasheet [Online]*. Available: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/902027/Winbond/W25Q32FV/1>. (Accessed: 16 November 2021).

6. *DHT11 Sensor Datasheet [Online]*. Available: <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>. (Accessed: 16 November 2021).

## COMPUTER SYSTEM FOR ALERTING INDOOR MICROCLIMATE CRITICAL VALUES

Y. Paramud, A. Yanchynskyi

Lviv Polytechnic National University,  
Computer Engineering Department

© Paramud Y., Yanchynskyi A., 2021

An alert system has been studied, in which sensor data can be collected and analyzed for further processing and action. Notifications are generated when data is compared against certain criteria. The ESP8266 microcontroller has been chosen as the basic device for implementing such a system, as this Espressif controller is a highly integrated Wi-Fi SoC solution that meets the demands of the cyberphysical systems industry in low power consumption, compactness and reliability. This solution is one of the most effective for the alert system. On the basis of this microcontroller the technical means of the computer system and the functional software for realization of functions of monitoring and the notification of critical values of a microclimate indoors are designed.

The architecture of the computer system is studied. The choice of the main components of the hardware part of the system is substantiated, the element base is considered. A detailed scheme of the software operation algorithm is offered, as well as the results of the developed computer system for alerting the critical values of the indoor microclimate are demonstrated.

**Key words:** computer system, alarm system, cyberphysical systems, microcontroller, ESP8266, microclimate.