

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ МЕТЕОСТАНЦІЇ ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА МІКРОКЛІМАТОМ У ПРИМІЩЕННІ НА ПЛАТФОРМІ ARDUINO

А. Р.Купінський, І. Ю.Юрчак

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних обчислювальних машин
E-mail: andrii.kupinskyi.mki.2020@lpnu.ua, Iryna.Y.Yurchak@lpnu.ua

© Купінський А.Р., Юрчак І.Ю., 2021

У роботі представлено принципи побудови метеостанції для спостереження за мікрокліматом у приміщенні на платформі Arduino. Розглянуто платформу для розробки та середовище для програмного забезпечення. Змодельовано віртуальну схему метеостанції. Описано основні функції складових компонентів, показано їхнє підключення до мікроконтролера. Розглянуто процес прошивки мікроконтролера, описано алгоритм роботи системи та розроблено його схему електричну функціональну. Описано налаштування метеостанції та представлено інструкції для користування. Наведено результати тестування приладу. Наведено порівняння з аналогами.

Ключові слова: мікроконтролер, мікропроцесор, Arduino, давач, метеостанція, термометр, гігрометр, барометр, вуглекислий газ, погода.

Вступ

У теперішньому світі настала інформаційна ера, а отже існування людини стало тісно пов'язане з використанням різноманітних гаджетів. Вони створені для полегшення та покращення життя. Сучасні люди стали більше піклуватись про своє здоров'я, тому домашня метеостанція для кожного стане у пригоді [1].

Домашня метеостанція показує місцевий прогноз погоди, тому можна знати показники в конкретному місці, де проживає людина, а не у цілому місті чи просто за вікном. В цьому і головна відмінність від аналогічних даних прогнозу погоди, які можна знайти в інтернеті. Даний прилад є багатофункціональним, і окрім функцій годинника та календаря, може виконувати багато інших. Найголовніші з них це – вимірювання температури повітря, відносної вологості, атмосферного тиску. Доведено, що саме від цих параметрів часто і залежить самопочуття людини. Окрім фізичного стану, від погоди також чимало залежить і емоційний стан людини. Тому, на основі цих даних можна створити комфортний мікроклімат.

В усіх квартирах, офісах та інших приміщеннях, де перебувають люди, вуглекислий газ є головним забруднювачем повітря. Нормальними умовами для дихання людини є концентрація у 400ppm, саме стільки його міститься у повітрі на вулиці. Ситуація у приміщенні дещо інша, адже людина з кожним видихом збільшує рівень CO₂, на близько 20 літрів за годину. Вуглекислий газ не має ні кольору, ні запаху, через це людина не може самотужки одразу помітити збільшення його концентрації вдома, в офісі чи деінде.

Люди, які хворі на астму, перші відчувають підвищення концентрації вуглекислого газу, при рівні у 600 ppm в них вже ускладнюється дихання. В інших людей перші зміни в організмі виникають при концентрації у 800ppm: починається головний біль, втома та запалення очей. При

рівні у 1000ppm, а це вже 0,1%, знижуються увага та зосередженість аж на 30%, починається слабкість, мігрень, звужуються бронхи. Коли концентрація вуглекислого газу в повітрі доходить до 1500ppm зменшується імунітет, порушується гомеостаз та ацидоз, а також зменшується вентиляція легень. При таких рівнях вуглекислого газу неможливо працювати. Критичними показами є концентрація у 3000ppm та більше, саме тоді швидко настає кисневе голодування.

Домашні метеостанції керуються за допомогою плат з мікроконтролером. На даний момент, ринок представляє широкий вибір різноманітних плат. Найпопулярніші з них це Arduino, Raspberry Pi, Orange Pi, NodeMCU, STM32 [2].

1. Огляд відомих методів розв'язання задач

Домашня метеостанція – це сучасний компактний метеорологічний прилад, який виконує функції вимірювання атмосферних показників (температури, атмосферного тиску, вологості) та на підставі отриманих даних складає прогноз погоди.

Метеостанції стрімко витісняють з ринку термогігрометри, які здатні лише вимірювати показники. Давачі вологості, температури, атмосферного тиску, найчастіше, вмонтовані в основний блок. Внаслідок цього прилад і проводить вимірювання мікроклімату у приміщенні, в якому знаходиться. Також, в основному блоці розташований дисплей, який власне і відображає показники для користувача. Основний блок оснащений кнопками управління, які дозволяють користувачу взаємодіяти з приладом [3].

На теперішній час точність вимірювань домашніх метеостанцій достатньо висока. При вимірюванні температури похибка може становити лише 0,1 градус, що значно точніше від звичайних спиртових термометрів за вікном.

За технічними можливостями метеостанції можна розділити на дві категорії: аналогові та цифрові.

Аналогові метеостанції обладнані механічними кліматичними пристроями, які спроможні лише реєструвати поточні зміни атмосферних показників. Функціональні можливості даних пристроїв є досить обмеженими.

Цифрові метеостанції можуть не лише фіксувати поточні параметри, а й складати прогноз погоди на найближчі дні. Крім домашнього використання, часто такі метеостанції використовують у професійній сфері.

Головними складовими будь-якої метеостанції є давачі. Давач слугує надійним приймачем та перетворювачем вимірюваних величин, який до того ж володіє високою точністю. Після проведення вимірювань, він видає вихідний сигнал, що є зручним рішенням для дистанційного передавання, зберігання та подальшої обробки інформації. На сьогодні існує широкий вибір давачів, які використовуються у метеостанціях [4]:

- Давач температури – відображає поточну температуру у приміщенні.
- Давач вологості – визначає рівень вологості у приміщенні.
- Давач атмосферного тиску – відображає рівень атмосферного тиску у міліметрах ртутного стовпчика або паскалях.
- Давач вуглекислого газу – показує концентрацію вуглекислого газу у повітрі.
- Давач сили та напрямку вітру – фіксує дані та відображає їх в системних одиницях (м/с, км/год, милі/год).
- Давач кількості опадів – визначає кількість опадів, яка випала за визначений період часу.
- Давач руху – вмикає підсвічування дисплею, коли людина наближається до метеостанції.
- Давач годинник реального часу – показує поточні дату та час.

Ринок давачів дуже стрімко розвивається, виробники сумлінно працюють над створенням нових та вдосконаленням вже існуючих моделей. Важливою особливістю даних пристроїв є їхня стабільність та працездатність, вони не потребують сну і відпочинку, тому постійно придатні до роботи.

Для реалізації метеостанції проаналізовано доступні на ринку пристрої з різних цінових категорій, з метою виявити їх функції, можливості та врахувати слабкі місця. Завдяки аналізу визначено напрямки подальших робіт по створенню метеостанції. У літературному джерелі [1] розглянуто сучасний стан розвитку гаджетів для покращення життя людини. Поняття мікропроцесор, його призначення, можливості та найпопулярніші приклади наведено у ресурсі [2]. У джерелах [3, 4] викладено інформацію щодо метеостанцій, їхніх функцій та можливостей, а також щодо давачів – складових частин метеостанцій, описано їхнє широке різноманіття та призначення кожного з них. Саме на основі цих даних було обрано складові компоненти для метеостанції на платформі Arduino. Інформацію про саму плату Arduino Nano, її характеристики, функціональні можливості та підключення отримано з джерела [5]. Програмування мікроконтролерів відбувається у спеціальному інтегрованому середовищі розробки. Arduino IDE – це програмне забезпечення, яке дозволяє писати програми для Arduino, його принцип роботи розглянуто у джерелі [6]. Плата Arduino Nano керується за допомогою мікроконтролера Atmega328p, характеристики, можливості та принцип роботи якого наведено у джерелі [7].

2. Постановка задачі

Метою роботи є створення метеостанції, що оснащена необхідними пристроями вимірювання, які знадобляться для забезпечення сприятливих умов для самопочуття та здоров'я людини. Тому, окрім базових давачів, типу термометра, гігрометра, барометра, обов'язковим є використання давача, що вимірює рівень вуглекислого газу, оскільки саме концентрація CO₂ в повітрі сильно впливає на сонливість, втому, увагу та працездатність.

Дана розробка повинна виконувати такі задачі:

- Вимірювання температури.
- Вимірювання вологості.
- Вимірювання атмосферного тиску.
- Вимірювання концентрації вуглекислого газу в повітрі.
- Сповіщення при високому рівні концентрації вуглекислого газу в повітрі.
- Прогноз погоди.
- Відображення поточних дати та часу.
- Виведення графіків вимірювань за годину та добу.

Завдяки функції перегляду графіків вимірювань за останні години та добу, надано можливість аналізу ефективності провітрювання, зволоження та збереження тепла. Окрім виконання цих функцій, основними критеріями є низька вартість, зрозумілість у використанні та довготривалість роботи. Не дивлячись на таку вартість, у розробці повинні використовуватись сучасні давачі, з високою точністю вимірювань.

3. Огляд платформи Arduino

Arduino – апаратна обчислювальна платформа, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки [5]. Дану платформу можна використовувати для створення самостійних інтерактивних об'єктів, а також підключатися до програмного забезпечення, що виконується на комп'ютері. Присутня сумісність з різноманітними операційними системами: Windows, Mac OS, Linux. Програмне та апаратне забезпечення знаходяться у безкоштовному відкритому доступі. Завдяки цьому можна не лише читати та вивчати, а й навіть розширювати їхні можливості як в плані програмного забезпечення, так і з точки зору апаратних засобів.

Використовується Arduino для різноманітних цілей: навчання, наукові розробки, побутова автоматика, комерційні пристрої. Завдяки простому та зрозумілому доступу до його портів вводу/виводу надається можливість керування різними дискретними та аналоговими пристроями.

Можна вмикати та вимикати реле чи світлодіоди, використовуючи дискретні входи. Проводити транспортування даних застосовуючи більш складні пристрої, типу GSM модуля. Завдяки дискретному виходу керувати двигуном постійного струму. За допомогою аналогових входів можна вимірювати напругу. Arduino знадобиться як для контролю за апаратними вимірюваннями, так і в ролі самого вимірювального пристрою.

Основою плати Arduino є мікроконтролер Atmel AVR та елементи обв'язки для програмування та інтеграції з іншими пристроями. В більшості плат присутній лінійний стабілізатор напруги +5В або +3,3В. Кварцовий резонатор здійснює тактування на частоті 16МГц або 8МГц. Зовнішній програматор не потрібний, оскільки у мікроконтролер вже записаний завантажувач.

На концептуальному рівні програмування всіх плат здійснюється через RS-232 (послідовне з'єднання). Хоча реалізація цього способу відрізняється на різних версіях плати. Новіші плати програмуються через USB. Таку можливість надає мікросхема конвертера USB-to-Serial FTDI FT232R. Контролер Atmega8 у SMD-корпусі використовується як конвертер у версії платформи Arduino Uno. Завдяки даному рішення з'являється можливість таким чином програмувати конвертер, щоб платформа одразу була розпізнана як мишка, геймпад або інший пристрій, який обрав розробник зі всіма необхідними додатковими сигналами керування.

У платах Arduino використовується велика кількість виводів мікроконтролера в ролі вхідних/вихідних контактів у зовнішніх схемах. Для прикладу можна розглянути плату Decimila. В ній доступно 14 цифрових входів/виходів, із них 6 можуть генерувати ШІМ сигнал, та 6 аналогових входів. Доступ до цих сигналів на платі здійснюється за допомогою контактних площадок або штирових роз'ємів. Ці роз'єми забезпечують можливість приєднання до плати Arduino зовнішніх плат розширення, які називаються "shields" (щити).

Пристрої розширення Arduino – це завершений пристрій, призначення якого полягає у виконанні визначених функцій та підключення до основного контролера за допомогою стандартних роз'ємів. На таких платах встановлено всі необхідні електронні компоненти.

Взаємодія з мікроконтролером та іншими компонентами основної плати виконується через стандартні піни Arduino. Живлення на шилд в більшості випадків подається також із основної плати Arduino, хоча присутнє живлення і з інших джерел. В усіх шилдах завжди залишаються декілька вільних пінів, які можна використати для підключення інших компонентів.

Найпопулярнішими прикладами шилдів є плати розширення для роботи з LCD-екранами, SD-картами, датчиками, двигунами, мережні та GPS-шилди, а також шилди з вбудованим реле, що забезпечує підключення до навантаження.

Для підключення шилда достатньо прикріпити його поверх основної плати. Здебільшого контакти шилда легко вставляються в роз'єми плати Arduino. Не дивлячись на те, що зазвичай шилд призначений для певної версії мікроконтролера, більшість із них підходять і до інших версій. До прикладу на платі Arduino Mega перші 14 цифрових контактів та контакти з протилежного боку плати повністю збігаються з розташуванням контактів на Arduino Uno.

4. Програмне забезпечення

Інтегроване середовище розробки (IDE) для Arduino це багатоплатформний додаток, розроблений на Java. Він об'єднує редактор коду, компілятор та модуль передачі прошивки в плату. Середовище розробки створене на мові програмування Processing. Спроектване таким чином, щоб початківці, які не знайомі з розробкою програмного забезпечення, могли із легкістю програмувати. Дана мова схожа з мовою Wiring. У цілому, це C++, яку доповнено певними бібліотеками. Завдяки препроцесору програми обробляються, а за допомогою AVR-GCC потім компілюються [6].

Створення проекту Arduino можна розділити на 3 основні етапи: написання коду, макетування та прошивка. Власне для написання самого коду, а потім прошивання плати і потрібне середовище розробки. Програми пишуться на мові програмування C або C++, які є адаптовані під Arduino. Структура коду складається з двох основних функцій:

- `setup()`: у даній функції проводяться всі базові налаштування, вона виконується лише один раз при запуску мікроконтролера.

- `loop()`: ця функція призначена для зчитування даних з датчиків, обробки, виводу на дисплей, та виконується циклічно.

Для зрозумілості принципу роботи платформи можна написати просту програму. Основа роботи цієї програми досить проста: спочатку світлодіод загоряється на 1 секунду, згасає на 1 секунду, і так далі по циклу (рис.1).

```
int Led = 13; // оголошуємо змінну Led на 13 пін (вихід)
void setup(){
    pinMode(Led, OUTPUT); // визначаємо змінну
}
void loop(){
    digitalWrite(Led, HIGH); // подаємо напругу на 13 пін
    delay(1000); // очікуємо 1 секунду
    digitalWrite(Led, LOW); // не подаємо напругу на 13 пін
    delay(1000); // очікуємо 1 секунду
}
```

Рис.1. Приклад найпростішої програми

У прикладі даної програми використано особливість переважної більшості плат Arduino. Вони мають вбудований світлодіод з резистором навантаження, які підключені між землею та тринадцятим контактом. Дана особливість є зручною для великої кількості простих тестів.

5. Моделювання віртуальної схеми

Після аналізу компонентів метеостанції, їхніх переваг, недоліків та особливостей, прийнято рішення розробити мікропроцесорну систему для метеостанції на базі плати Arduino Nano, використовуючи датчик температури, вологості і атмосферного тиску, датчик вуглекислого газу, годинник реального часу, дисплей та сенсорну кнопку. Вибір складових обґрунтовано їхньою ефективністю, якістю та вартістю.

Етап моделювання віртуальної схеми потрібний для розуміння структури приладу, принципу роботи, розбору елементів та визначення можливих помилок, ще до збору власне самого приладу.

На таких схемах показують необхідні елементи, які використовуються у системі, зображають входи/виходи всіх компонентів та як потрібно їх з'єднувати між собою (рис.2). Завдяки цьому можна спроектувати будь-яку систему не маючи жодних мікросхем та датчиків біля себе. І в подальшому вже з впевненістю купувати все, що потрібно.

6. Реалізація приладу

Після моделювання віртуальної схеми та перевірки її правильності, можна приступати до збору приладу. Для початку потрібно під'єднати LCD дисплей до адаптера, що дозволить підключитись до шини I2C. Завдяки цьому керування дисплеєм буде здійснюватися лише чотирма проводами, замість дванадцяти. Через адаптер I2C дисплей з'єднується з мікроконтролером. Живлення надходить від мікроконтролера при напрузі у 5В. В даному приладі LCD дисплей слугує пристроєм відображення та передачі візуальної інформації користувачу. Дані, які збирає кожен з датчиків у цій системі, надходять на екран. Крім них, можна переглянути поточні дату та час, а також проаналізувати графіки за останню годину чи добу, які створенні з даних, що збирають датчики.

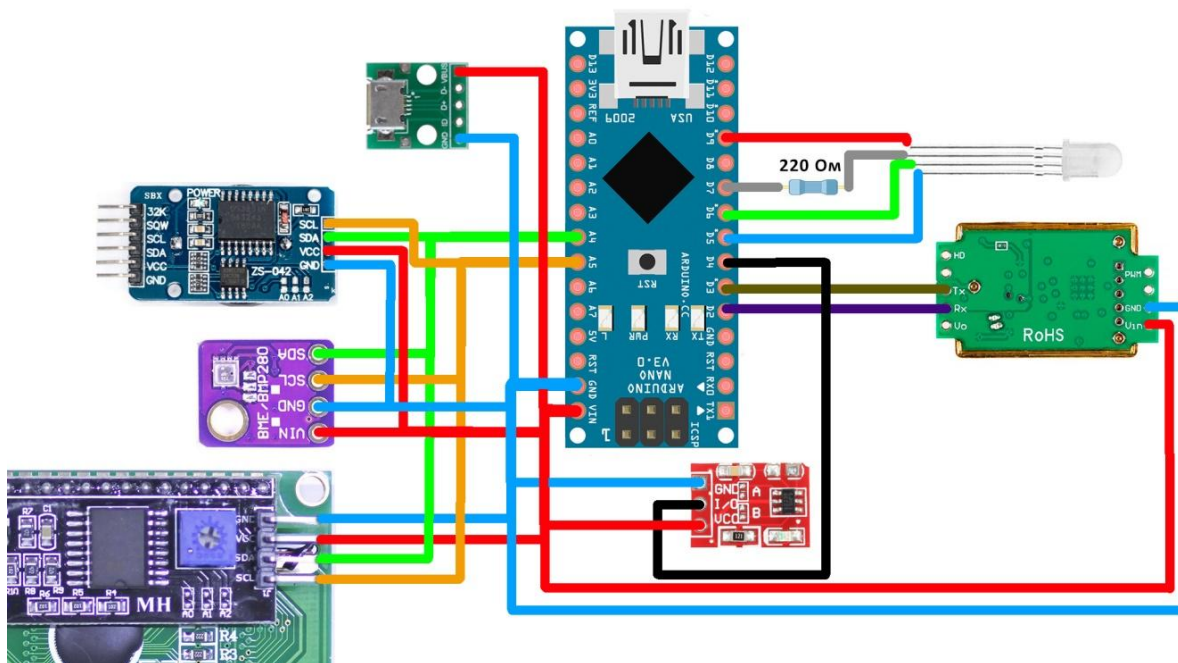


Рис.2. Віртуальна схема

Розроблена метеостанція показуватиме не тільки атмосферні параметри, а ще й слугуватиме календарем та годинником. Тому, наступним кроком є під'єднання годинника реального часу. З його допомогою можна бачити точний час та дату. Навіть при вимиканні живлення годинник продовжить свою роботу та дані не зіб'ються. Дана функція можлива за рахунок резервного живлення, яке зумовлене змінною батарейкою CR2032.

Головним давачем метеостанції є – VME280, оскільки він вимірює атмосферні параметри: температуру, вологість, атмосферний тиск. Тому, саме його наступним буде під'єднано до мікроконтролера. Давач дуже простий у користуванні, попередньо відкалібрований та не потребує додаткових компонентів. Завдяки цьому, почати його використовувати у даній системі можна дуже швидко. Для підключення до Arduino Nano можна скористатися простим двохпровідним інтерфейсом I2C.

Особливою відмінністю дорогих метеостанцій є наявність давача, який вимірює концентрацію вуглекислого газу в повітрі. Саме високий рівень CO₂ в повітрі призводить до зниження уваги, сонливості, зменшення працездатності, збільшення частоти серцевих скорочень. Тому, такий давач буде дуже актуальним в даному приладі. Він буде використовуватись у закритому приміщенні, без додаткової вентиляції. MH-Z19 під'єднується через послідовний порт UART до мікроконтролера.

Для сигналізації рівня вуглекислого газу в повітрі використано RGB LED світлодіод. Переваги даного світлодіоду у тому, що він простий у конструюванні, маленьких розмірів, з високим коефіцієнтом корисної дії світловіддачі та об'єднує у своєму корпусі одразу три кристали різних кольорів. Саме червоного, зеленого та синього кольору достатньо для відображення всієї палітри відтінків.

Перед під'єднанням до мікроконтролера потрібно до спільної ніжки, в даному випадку спільного аноду, припаяти резистор на 220 Ом.

Сенсорна кнопка у даній системі призначена для перемикання «сторінок» дисплею: детальнішого перегляду вимірювань, виводу графіків та повернення на головну «сторінку». Принцип роботи кнопки полягає в реагуванні за зміну ємності. Тіло людини має певну ємність та невеликий реактивний опір. Якщо до якогось провідника доторкнутися пальцем, то по ньому пройде струм

витоку. Саме на нього і реагує чіп, що встановлений в сенсорних кнопках. І при досягненні певного значення кнопка спрацьовує.

Останнім, але не менш важливим, складовим компонентом розробленого приладу є Мікро USB адаптер. Блок живлення на 5В та 1,5мА з виходом на Мікро USB підключається до даного перехідника та живить метеостанцію. Таке рішення прийнято у зв'язку з тим, що при стандартному підключенні до Arduino Nano через USB напруга падає до 4,5В і дисплей показує не так чітко та яскраво.

Детальніше розглянути підключення складових компонентів можна на схемі електричній принциповій (рис.3).

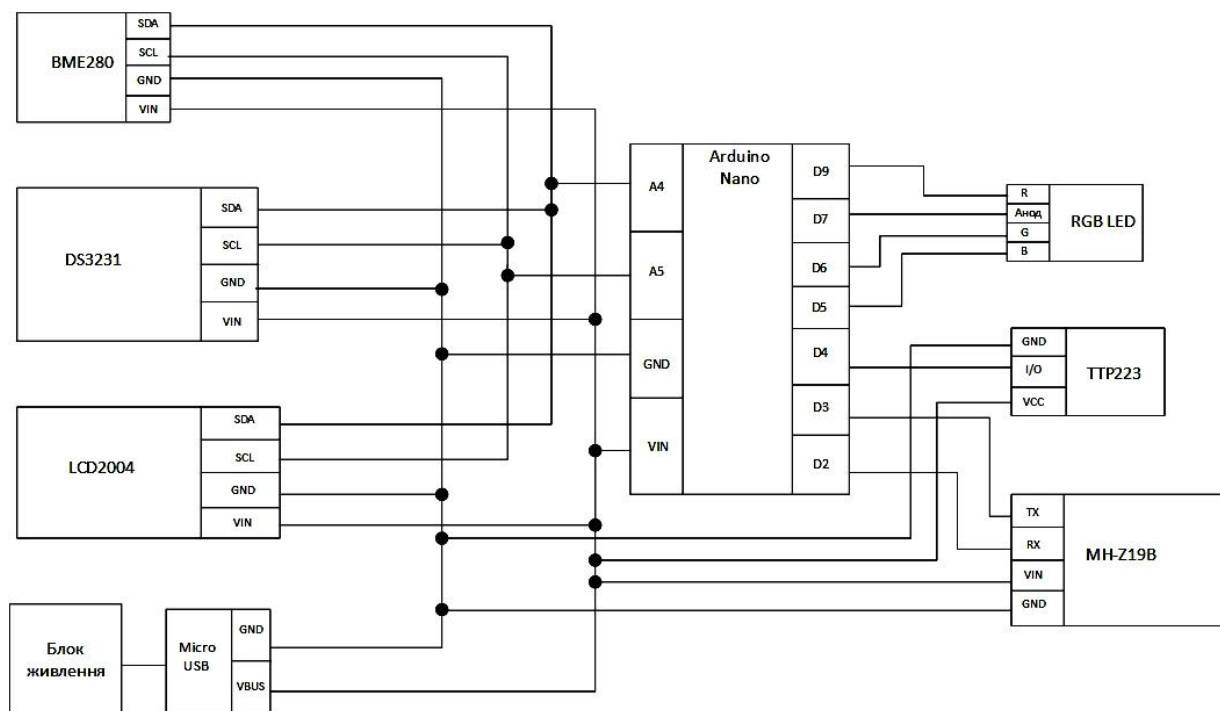


Рис.3. Схема електрична функціональна

Створення програми, що виконується мікроконтролером, разом з складанням схеми є основними складовими роботи приладу [7]. Завантаження скетчу на плату виконується у інтегрованому середовищі розробки Arduino IDE. Важливою відмінністю Arduino від інших мікроконтролерів є можливість завантаження прошивки через кабель USB. Така особливість можлива завдяки вбудованому в плату завантажувачу – bootloader. Для нього не потрібно жодних проводів, додаткових пристроїв тощо. Перед завантаженням в налаштуваннях в Arduino IDE потрібно лише вказати назву плати, процесора та com-порт, до якого під'єднано мікроконтролер. Після компіляції розпочнеться завантаження прошивки та, при успішному закінченні, буде отримано повідомлення: «Вивантаження виконано».

7. Алгоритм роботи

Алгоритм роботи метеостанції простий та зрозумілий, описати його можна кількома блоками (рис.4).

- Блок 1. Подача живлення на мікроконтролер. Живлення виконується через блок живлення, який підключається до мікроконтролера по мікро USB.
- Блок 2. В даній частині алгоритму проводиться ініціалізація складових компонентів метеостанції: підготовка до роботи, налаштування, визначення параметрів.
- Блок 3. Зчитування вимірюваних значень отриманих з датчиків.

- Блок 4. Зі значень, отриманих з датчиків, виводяться певні графіки для різних параметрів: температура, вологість, атмосферний тиск, концентрація вуглекислого газу в повітрі.
- Блок 5. Отримані значення та графіки виводяться на дисплей.
- Блок 6. Робиться зупинка на 30 секунд, після чого знову починається з блоку №3 і так далі по циклу.

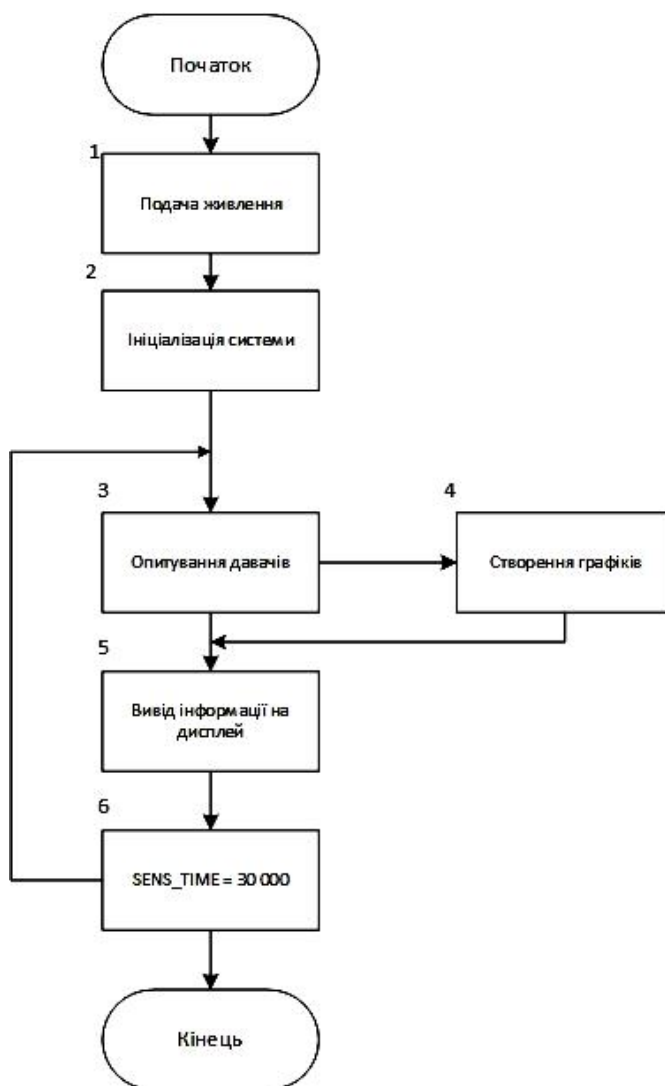


Рис.4. Схема алгоритму роботи

8. Налаштування та тестування приладу

Налаштування метеостанції виконується у середовищі розробки Arduino IDE. Код написаний таким чином, що зробити це дуже легко, потрібно лише змінити деякі значення. На рисунку 5 зображено приклад коду, де власне і виконуються ці налаштування.

Це основні налагодження для роботи метеостанції, їх достатньо провести лише раз при завантаженні прошивки на мікроконтролер. Нижче наведено фрагменти коду з поясненнями для налаштування:

- `#define SENS_TIME (30000)` – налаштовується періодичність оновлення показів з датчиків, які виводяться на дисплей. Час вказується у мілісекундах.
- `#define LED_BRIGHT (255)` – налаштовується яскравість світлодіоду, що сигналізує про рівень CO2. Чим більше число вказано, тим яскравіше світитиме світлодіод.


```

// НАЛАШТУВАННЯ
#define SENS_TIME 30000 // час оновлення показів з датчиків, у мілісекундах
#define LED_BRIGHT 255 // яскравість світлодіода від 0 до 255
#define DISP_MODE 1 // в правому верхньому кутку відображаємо: 0 - рік, 1 - день тижня, 2 - секунди
#define DEBUG 1 // перевірка підключення датчиків
#define PRESSURE 1 // вивід 0 - графік атмосферного тиску, 1 - графік прогнозу погоди.
#define CO2_SENSOR 1 // вивід з датчика CO2 (1 вкл, 0 викл)

// діапазон відображення вимірювань для графіків
#define TEMP_MIN 10
#define TEMP_MAX 35
#define HUM_MIN 0
#define HUM_MAX 100
#define PRESS_MIN -100
#define PRESS_MAX 100
#define CO2_MIN 300
#define CO2_MAX 2000

```

Рис.5. Налаштування приладу

- `#define DISP_MODE (1)` – в даній частині коду вказується, що буде відображатися в правому верхньому кутку дисплею. Можна обрати рік, якому відповідає значення «0», день тижня «1» та секунди у реальному часі «2».

- `#define DEBUG (1)` – при подачі живлення на метеостанцію виконується ініціалізація складових компонентів. Задавши значення «1» налаштуванню DEBUG на дисплей виводиться перевірка правильності підключення датчиків та їх справності. Переконавшись, що все працює, можна задати значення «0» та більше не повертатись до цього пункту.

- `#define PRESSURE (1)` – вибирається, який графік буде виведено: 0 – атмосферного тиску, 1 – прогнозу погоди. В домашніх умовах навряд можна суттєво вплинути на рівень атмосферного тиску, тому краще буде виводити графік прогнозу погоди.

- `#define CO2_SENSOR (1)` – даний фрагмент коду дозволяє увімкнути (1) та вимкнути (0) датчик для вимірювання концентрації вуглекислого газу у повітрі.

Окрім цих налаштувань, також можна вказати обсяг вимірювань, визначити мінімальні та максимальні значення для відображення графіків. Вони дещо будуть відрізнятись від діапазону значень, які здатні вимірювати датчики, адже метеостанція використовуватиметься у домашніх умовах. Тому, вказувати мінімальну температуру з мінусовим значенням буде недоцільно. Нижче наведено фрагменти коду з поясненнями для задання діапазонів.

- `#define TEMP_MIN (10)` – вказується мінімальне значення температури у °C для побудови графіку.

- `#define TEMP_MAX (35)` – вказується максимальне значення температури у °C для побудови графіку.

- `#define HUM_MIN (0)` - вказується мінімальне значення вологості у % для побудови графіку.

- `#define HUM_MAX (100)` - вказується максимальне значення вологості у % для побудови графіку.

- `#define PRESS_MIN (-100)` - вказується мінімальне значення атмосферного тиску у мм.рт.ст. для побудови графіку.

- `#define PRESS_MAX (100)` - вказується максимальне значення атмосферного тиску у мм.рт.ст. для побудови графіку.

- `#define CO2_MIN (300)` - вказується мінімальне значення концентрації вуглекислого газу в повітрі у ppm для побудови графіку.

- `#define CO2_MAX (2000)` - вказується максимальне значення концентрації вуглекислого газу

в повітрі у ppm для побудови графіку.

Одним з найважливіших критеріїв для розробки метеостанції була її ціна, вартість всіх складових компонентів становить 957 гривень, що є нижчою за бюджетний аналог. Нижче наведено таблицю 8.1, у якій надано порівняння даної розробки з розглянутими аналогами.

Таблиця 1

Порівняння з аналогами

	Метеостанція на Arduino Nano	Oregon Scientific	La Crosse	Netatmo Urban
Вартість	957грн	1300грн	2600грн	7000грн
Живлення	5В	3.6В Або батарейки 2хААА	1,5В	Батарейки 4хААА
Наявність дисплею	+	+	+	-
Підсвітка дисплею	+	+	-	-
Годинник та календар	+	+	+	-
Вимірювання з вулиці	+/-	-	+	+
Вимірювання CO ₂	+	-	-	+
Прогноз погоди	+	-	+	+
Перегляд вимірювань	+	-	+	+
Діапазон вимірювання атмосферного тиску	від 300ГПа до 1100ГПа	-	від 800ГПа до 1100ГПа	від 260ГПа до 1160ГПа
Діапазон вимірювання температури	від -40°C до 85°C	від -5°C до 50°C	від -9,9°C до 59,9°C	від -0°C до 50°C
Діапазон вимірювання вологості	від 0 до 100%.	-	від 1 до 99%.	Від 0 до 100%
Виносні давачі	+/-	-	+	+
Шумове забруднення	-	-	-	+
Будильник	-	+	+	-

Проаналізувавши дану таблицю, можна зробити висновок, що розроблений прилад є конкурентноспроможним. Він ідеально підходить для використання в домашніх умовах, для чого власне і був розроблений. При такій низькій вартості, він практично нічим не поступається не тільки бюджетним та середньої вартості, а й навіть дорогим аналогам.

Висновки

Розглянуто принцип побудови метеостанції для спостереження за мікрокліматом у приміщенні на платформі Arduino. Принцип побудови полягає у під'єднанні датчиків, які вимірюють покази, до мікроконтролера. Саме він збирає, обробляє та виводить інформацію про вимірювання. Особливістю даної розробки є оснащення метеостанції датчиком, який вимірює рівень вуглекислого газу. Також для аналізу ефективності провітрювання, збереження тепла, зволоження чи просто моніторингу атмосферних показників, створено можливість перегляду вимірювань за останню годину та добу. Реалізована дана функція за допомогою побудови графіків за певні проміжки часу. Варто звернути увагу на результати порівняння з популярними приладами на ринку, дана розробка показала себе дуже добре. Вона поєднала функціональні можливості та особливості дорогих метеостанцій і ціну 957 гривень, яка є нижчою за бюджетні аналоги. Діапазон вимірювань атмосферних параметрів ширший, ніж у наведених метеостанціях, для атмосферного тиску він становить від 300ГПа до 1100ГПа, для вимірювання температури від -40°C до 85°C, для вимірювання вологості повітря від 0 до 100%. Живлення здійснюється від блоку у 5В. Присутнє вимірювання концентрації вуглекислого газу в повітрі, дана функція властива тільки дорогим приладам. Отже у приладі є все, що потрібно для вимірювання мікроклімату у приміщенні та й навіть більше. Наявність дисплею з підсвічуванням надає додаткових переваг над аналогами. Можливість вимірювань з вулиці та підключення додаткових датчиків наявна, адже залишена можливість самостійної модифікації проекту.

1. Oksana Syystun, Iryna Yurchak. *Recommendation Dialog System for Selecting the Computer Hardware Configuration. Advances in Cyber-Physical Systems, Volume 6, Number 1, 2021, pp. 70 - 76. ISSN: 2524-0382 (print), 2707-0069 (online) DOI: <https://doi.org/10.23939/acps2021.01.070>.*

2. Furber Steve 2017 *Microprocessors: the engines of the digital age Proc. R. Soc. A.4732016089320160893 DOI: <http://doi.org/10.1098/rspa.2016.0893>.*

3. *Meteostantsii dlia domu: mozhlyvosti «rozumnykh synoptykiv». [Electronic resource]. Available at: <https://homediz.info/meteostancii-dlya-domu-mozhlyvosti-rozumnix>, (Accessed: 08 December 2021).*

4. M. Kusriyanto and A. A. Putra, "Weather Station Design Using IoT Platform Based On Arduino Mega," 2018 *International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD), 2018, pp. 1-4, DOI: <http://doi.org/10.1109/ISESD.2018.8605456>.*

5. Kurniawan A. (2021) *Arduino Nano 33 IoT Board Development. In: Beginning Arduino Nano 33 IoT. Apress, Berkeley, CA. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6446-1_2.*

6. Pan T., Zhu Y. (2018) *Getting Started with Arduino. In: Designing Embedded Systems with Arduino. Springer, Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-4418-2_1.*

7. Dunbar N. (2020) *ATmega328P Configuration and Management. In: Arduino Software Internals. Apress, Berkeley, CA. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5790-6_7.*

WEATHER STATION FOR MONITORING THE MICROCLIMATE IN THE ROOM ON ARDUINO PLATFORM

A. Kupinskyi, I. Yurchak

Lviv Polytechnic National University,
Computer Engineering Department

© *Kupinskyi A., Yurchak I., 2021*

In this project was shown approaches to the implementation of a weather station for monitoring the microclimate in the room on Arduino platform. Considered a platform for project development and software environment. The virtual scheme of the weather station is modeled. The main functions of the components are described and their connection to the microcontroller is shown. The process of firmware of the microcontroller is considered. The algorithm of system operation is described. A functional electrical diagram were also constructed. Described the weather station settings and instructions for use are provided. The device was also tested. Comparisons with analogues are given.

Keywords: microcontroller, microprocessor, Arduino, sensor, weather station, thermometer, hygrometer, barometer, carbon dioxide, weather.