ПВНЗ Університет Короля Данила

Кафедра Інформаційних технологій та програмної інженерії

УДК 004

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Тема ***Розробка терморегулятора з Wi – Fi доступом***

Напрям підготовки ***121 «Інженерія програмного забезпечення»***
(код і назва спеціальності)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
КР.ІПЗс– 08.00.000 ПЗ
(позначення)

Студент

Ковалюк А.Ю.
(підпис) (дата) (розшифрування підпису)

Нормоконтроль
к.т.н. Мануляк І.З.
(посада) (підпис) (дата) (розшифрування підпису)

Керівник проекту
к.т.н. Мельничук С.І.
(посада) (підпис) (дата) (розшифрування підпису)

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
д.т.н.,доц. Мануляк І.З.
(посада) (підпис) (дата) (розшифрування підпису)

ЗМІСТ

ВСТУП ……..……..9

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОПИС……..……..10

1.1 Порівняння терморегуляторів з Wi – Fi доступом і без...……10

1.2 Проблема безпеки……11

1.3 Переваги термостатів...……....12

1.4 Аналіз розробок терморегулятора……..13

1.5 Постановка задачі……21

РОЗДІЛ 2. СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГОТОВОГО ТЕРМОРЕГУЛЯТОРА ТА ЙОГО ПРОГРАМУВАННЯ…....22

2.1Програмне середовище……22

2.1.1 Переваги Arduino..……....23

2.1.2 Основні компоненти Arduino…….....23

2.2 Вибір мови програмування……26

2.2.1 Основні особливості C++……..27

2.3 Вибір програми……28

2.3.1 Програмне середовище…..……29

2.4 Принцип роботи терморегулятора.……29

РОЗДІЛ 3. ЗБІР, НАЛАШТУВАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРА..……....32

3.1 Компоненти терморегулятора……..32

3.2 Покрокове підключення терморегулятора……..37

ВИСНОВКИ……...49

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА……...51

ДОДАТКИ……..54

ВСТУП

Сучасний стан технологій дозволяє створювати нові додатки, пристрої використовуючи і поєднуючи різні технології та бібліотеки. Часом їх стає настільки багато, що з'являються проблеми зв'язані з вибором того чи інакшого «продукту».

Напевно не новина що в кожному домі є багато електричних приборів, або ж є система «Розумний дім». Припустимо у вас є проект, який здатен контролювати все за допомогою телефона. Це зацікавить багатьох людей, особливо якщо буде зваблива ціна. Цей «продукт» необхідно передати користувачеві. Для цього можна написати інструкцію по установці. Після цього витрачається багато часу на вирішення проблем клієнта на зразок: «у мене нічого не працює», «ваш «продукт» не працює - що тепер робити», «я переплутав порядок кроків в інструкції і тепер не можу йти далі» і т. п.

Світ не стоїть на місці із кожним днем кожна компанія вдосконалює свої технології, добавляючи щось нове.

В наші дні ніхто не може обійтись без інтернету, навіть самі дрібні запитання ми вбиваємо у пошук "Google" або інакші пошукові системи. Телевізори здатні працювати з мережею «інтернет», системи «Розумний будинок», які контролюються за допомогою телефону через мережу «інтернет».

Один з таких приладів являється темою моєї дипломної роботи, а саме терморегулятор з Wi – Fi доступом.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОПИС

1.1 Порівняння терморегуляторів з доступом Wi – Fi і без

Терморегулятори з вбудованим Wi – Fi модулем - останній тренд у забезпеченні домашніх комфортабельних умов. З їх підтримкою звичайно зручно виконувати певні функції відповідно до певного смартфона або комп'ютера. Так ви можете керувати температурою на радіостанціях, знаходячись у будь-яких частинах світу, де є Інтернет-з'єднання.

«Розумні» термостати, або термостати з Wi – Fi доступом, які можуть бути використані з домашньою автоматикою та відповідати за контроль в домашніх умовах. Вони виконують ті самі функції, як програмуючі терморегулятори, за допомогою яких вони контролюють температуру свого домашнього будинку протягом дня, використовуючи графік, проте на відміну від звичайних термостатів без доступу до мережі «Інтернет» вони містять додаткові функції, такі як датчики та підключення Wi - Fi, які вдосконалюють за допомогою програми програмні термостати.

Не можна казати що термостати без доступу до мережі «Інтернет» погані. Вони досі працюють у багатьох квартирах, будинках і т. д. , проте новітні термостати з Wi – Fi доступом – гідна заміна і навіть не тільки гідна але й дуже зручна.

Деякі користувачі називають їх Wi-Fi термостатами, інші ж, як це зараз прийнято, «розумними» термостатами. Однак, як вже зазначили, вони є частиною великої структури домашньої автоматизації, яка в підсумку може змінити наше уявлення про управління житлом та іншою електронікою в ньому.

1.2 Проблема безпеки

Це найсерйозніша проблема, яка може бути, однак, часто не береться до уваги. З появою мережі «Інтернет», з’явились і люди яких називають «хакери». Не всі пристрої добре захищені від зламу, користувачі погано освічені в питаннях їх захисту.

Багато хто скаже: «Кому я потрібен, ніхто мене ламати не буде», однак це велика помилка. «Хакеру» потрібно декілька хвилин, щоб знайти «слабке місце» в домашній Wi – Fi мережі. Якщо ж вдається підключитись до чужої мережі, наприклад до якої підключений терморегулятор, людина, яка підключилась має доступ до всієї системи обігріву приміщення. Виробники обладнання для IoT мають розробити стандартизовані протоколи, однакові для всіх пристроїв. Проте на даний момент IoT створює платформу для соціального розвитку в державах «третього світу», яка, разом з дешевими мікропроцесорами і сенсорами, буде доступна для сімей з низькими доходами. Щоб запобігти кібератакам, нам слід змінити культуру користування IoT пристроями, щонайменше, не ставити прості й очевидні паролі і відключати віддалений доступ.

Якщо ж ці всі умови збережені(окрім випадків віддаленого доступу до терморегулятора), ймовірність проникнення «хакера» до вашої мережі і до системи опалення стрімко знижується.

Як сказав футуролог, доктор Саймон Мурс на виставці IFSEC, завдання інтеграції будівель, оснащених смарт-лічильниками електроенергії, системами вентиляції і кондиціонування, а також освітлення, є "майже нерозв'язною проблемою".

"Більшість виробників продуктів випускають обладнання та програмне забезпечення без будь-яких гарантій, а уряди випускають його без тестування," - каже Черрудо. Хоча вони можуть суворо перевіряти функціональність,

кібербезпека може не бути частиною цього процесу. Наприклад, Черрудо виявив вразливість 200000 датчиків контролю руху, встановлених в містах по всьому світу, включаючи Нью-Йорк, Вашингтон і Лондон.

1.3 Переваги терморегуляторів з Wi – Fi доступом

Розумні термостати – чергова категорія смарт-пристроїв екосистеми сучасного розумного будинку, покликана спростити, а то і зовсім автоматизувати процес регулювання температури у вашому домі.

Розумний термостат з підтримкою Wi-Fi надасть вам:

– віддалений доступ з будь-якого місця за допомогою смартфона, планшета або комп'ютера;

– контроль температури за допомогою голосового асистента, такого як Google Home;

– економію витрат на комунальні послуги за рахунок оптимізації енергоспоживання;

– попередній нагрів або охолодження приміщення по дорозі додому;

– контроль доступу до термостата, і багато іншого.

Основні особливості:

– економія;

– автоматизація;

– зручність і простота установки;

– оповіщення, нагадування.

1.4 Аналіз розробок терморегуляторів

Для збереження потрібного рівня температури в нагрівальних системах застосовуються електричні пристрої, які називаються терморегулятори. Всі прилади, що мають в складі електронагрівальні елементи, обладнані електричними терморегуляторами.

Терморегулятор являє собою електричний пристрій необхідне для автоматичного регулювання температури в охолоджувальному і опалювальному обладнанні. Вони монтуються в системах обігріву, штучного клімату, охолоджуючих або морозильних системах. Широко використовуються в домашньому господарстві в облаштуванні теплиць.

Мета роботи терморегулятора визначається включенням або виключенням нагрівальних елементів будь-якого приладу при показниках температури нижче або вище зазначених відповідно. Завдяки роботі терморегулювальних пристроїв, повітря в приміщенні, вода, поверхні приладів і т.п. маю стабільну температуру.

Працюють всі терморегулятори, в якому б приладі вони не знаходилися, за єдиним принципом. Автоматичний регулятор отримує дані про температуру з навколишнього його середовища, завдяки тому, що оснащується вбудованим або виносним термодатчиком.

Спираючись на отриману інформацію, терморегулятор визначає, коли потрібно включатися і відключатися. Щоб виключити проблеми з функціонуванням, термодатчик належить встановлювати в приміщенні подалі від прямого впливу різного нагрівального обладнання, в іншому випадку, може виникнути спотворення показників і, природно, регулятор буде працювати помилково.

Принцип роботи всіх механізмів, що регулюють температуру однаковий, але видів терморегуляторів дуже багато, і вони відрізняються по:

Призначенням:

– кімнатні;

– погодні.

Способом монтажу:

– стінні;

– настінні;

– кріпляться на DIN рейку.

Функціональними можливостями:

– центральне регулювання;

– бездротове регулювання.

Способу управління:

– механічні;

– електромеханічні;

– цифрові (електронні).

Також терморегулятори відрізняються технічними властивостями: Діапазон вимірювань температури. Різні моделі терморегуляторів в залежності від модифікації підтримують температуру від -60 до 1200 ° С.

Кількість каналів:

– одноканальні. Застосовуються для автоматичного регулювання та збереження температури об'єкта на зазначеному рівні. Відрізняються меншими розмірами і вагою від багатоканальних приладів;

– багатоканальні. Випускаються для фіксування температури серії стандартних термодатчиков. Їх використовують на виробництвах, лабораторіях, а також в народному господарстві.

Габаритні розміри:

– компактні;

– великі;

– великі.

Застосування регуляторів і датчиків температури

Терморегулятори можуть встановлюватися в житлових і промислових приміщеннях. В цілому можна виділити:

– контролюючі температуру повітря в конкретній зоні приміщення. Ці прилади відносяться до категорії кімнатних регуляторів. Бувають аналогові і цифрові.

– підтримують температуру певних предметів - це регулятори для підлогового опалення. Температуру повітря зовні - погодні термостати.

Регулятори, які експлуатуються в промислових приміщеннях, бувають двох видів:

– Індустріальні просторові. До цих приладів відносяться аналогові стінні регулятори, які мають підвищений захист.

– Індустріальні з окремими датчиками. Це аналогові прилади з зовнішніми датчиками, які можуть бути настінними або встановлюватися на спеціальну рейку. Датчики можуть встановлюватися на стіни або в підлозі будинку, в залежності від їх типу і призначення.

Виділяють також кілька видів датчиків за призначенням:

– датчик температури підлоги;

– датчик температури повітря;

– інфрачервоний датчик для підлоги і повітря.

Датчик, що вимірює температуру повітря, часто розміщують на корпусі терморегулятора. Терморегулятори з інфрачервоними датчиками можна застосовувати для контролю всієї системи опалення. Ці датчики відмінно підходять для установки в ванні кімнати, душові, сауни та інші приміщення з підвищеною вологістю.

Регулятори для теплих підлог відрізняються своїм внутрішнім пристроєм, це:

– цифрові;

– аналогові.

Цифрові пристрої мають хорошу стійкість до різних типів перешкод, тому виключають спотворення даних і гарантують більшу точність, ніж аналогові.

Особливості функціональних можливостей електричних регуляторів температури:

– Бездротове регулювання (дистанційне). Рекомендовано застосовувати при додатковій інсталяції гріють елементів і проведенні реконструкцій, коли виконувати класичну регулювання неможливо або дуже складно. Дистанційне керування виключає додаткові будівельно-ремонтні роботи при електроінсталяцій (наприклад, монтажі кабельної проводки).

– Пристрої програмування. Центральне (класичне) пристрій дозволяє виробляти регулювання температури цілого великого об'єкта з однієї точки. Для програмування регулятора використовують комп'ютер або пристрої управління. Також контроль здійснюється за допомогою телефонного модему.

Розглянемо принципи дії, плюси та мінуси.

Механічний регулятор температур вважається простим і практичним пристроєм. Застосовується в нагрівальних та охолоджувальних цілях. Найчастіше він зовнішнє електроустановочний виріб, призначене для внутрішньої установки в житлові приміщення в системи опалення. Зовнішній вигляд подібний до стандартного запірного крану.

На рисунку 1.1 зображено механічний терморегулятор.

Рисунок 1.1 - Механічний терморегулятор

Працює апарат по особливому принципу, що полягає у властивостях деяких речовин і матеріалів змінювати свої механічні якості від зміни температури.

При зміні температури до конкретно зазначеної, відбувається розрив або замикання електричного кола, що обумовлює виключення або включення приладів для нагрівання. Необхідний показник температури вибирається на шкалі приладу шляхом обертання спеціального коліщатка.

Позитивні моменти механічних термостатів:

– надійність;
– стійкість до перепадів напруги;
– не підвладні до збоїв електроніки;
– працюють при негативних температурах;
– можна експлуатувати в умовах різких змін температури;
– просте управління;
– тривалий термін служби.

Недоліки:

– наявність похибки;

– ймовірність появи невеликих клацань при подачі напруги на інфрачервоні нагрівачі;

– низька функціональність.

Незалежно від недоліків, вони є найпоширенішими і зустрічаються в організації обігрівальних систем частіше за інших термостатів, завдяки простому управлінню і невисокої вартості.

На рисунку 1.2 показаний електромеханічний терморегулятор.

Рисунок 1.2 - Електромеханічний терморегулятор

Електромеханічні регулятори температури використовується в різних побутових електроприладах. Ці вироби бувають двох модифікацій:

– З біметалічною пластиною і групою контактів. Пластина, нагріваючись до певної температури, згинається і розмикає контакти, через що припиняється подача електроструму на нагрівальну спіраль або ТЕН приладу. Після охолодження пластина прогинається назад в своє початкове положення, контакти при цьому замикаються, повертається подача електрики і прилад нагрівається. Приладами з цими регуляторами користується в повсякденному житті практично кожна людина - це праски, електроплити, електрочайники тощо

– З капілярної трубкою. Виріб складається з трубки, наповненої газом і вміщеній в ємність з водою, а також контактів. Принцип дії базується на

особливостях матеріалів розширюватися при певних температурах. Речовина, що знаходиться в порожнистій трубці, починає розширюватися при розігріві води, через що виникає замикання контакту. Після охолодження води, контакти розмикаються, а електроприлад починає розігріватися. Подібними регуляторами найчастіше оснащуються водонагрівачі, масляні обігрівачі, бойлери.

Електромеханічні терморегулятори зарекомендували себе як невибагливі пристрої:

– автоматичне включення обігріву;
– герметичність;
– невисока ціна.

Мінуси цих приладів:

– низька функціональність;
– складність досягання високої точності регулювання.

Специфіка електронних терморегуляторів.

Електронні пристрої дуже поширені, вони експлуатуються з багатьма електрообігрівачами. Зазвичай ними обладнають загальні опалювальні системи і кондиціонування, а також теплі підлоги.

На рисунку 1.3 зображений електронний терморегулятор.

Рисунок 1.3 - Електронний терморегулятор

Головні складові частини:

– виносної термодатчик;

– контролер - пристрій, що встановлює конкретний рівень температури в будинку, а також створює команди включення і відключення нагрівача;

– електронний ключ - контактна група.

Датчик приладу відправляє дані про температуру контролера, який обробляє отриманий сигнал і вирішує, потрібно знижувати або підвищувати температуру.

Види електронних термостатів:

– Звичайні терморегулятори. У цих приладах можна виставляти бажані межі температури або точну температуру, яка буде зберігатися. Пристрої обладнані електронним дисплеєм.

– Цифрові терморегулятори з закритою логікою. Регулювання виконується за допомогою передачі команд за вказаними параметрами конкретним приладів. Параметри задаються заздалегідь залежно від потреб використовуваних приладів для певної температури. Але саме ці термостати найбільш часто застосовують в побуті:

– З відкритою логікою. Ці апарати контролюють точний процес обігріву приміщень. Мають додаткові параметри, завдяки чому можна поміняти їх алгоритм роботи. Управляються кнопками або сенсорною панеллю.

– Програмовані термостати зручно експлуатувати, вони відкривають широкі можливості для тонкої настройки приладів на потрібні температурні показники, які залежать від вимог окремих зон приміщень.

Переваги:

– широкий діапазон регулювань;

– різноманітність дизайнерських рішень;

– економія електроенергії;

– висока точність;

– ефективність;

– безпека при експлуатації.

Також терморегулятори прості в управлінні і мають невисоку вартість, тільки ці два плюса не стосуються регуляторів з відкритою логікою. Електронні регулятори нерідко є складовою частиною системи розумного будинку.

1.5 Постановка задачі

Розробити терморегулятор з Wi – Fi доступом. Запрограмувати його, та протестувати бездротовий програмований Wi-Fi кімнатний термостат з монітором якості повітря і іншими корисними функціями

В системі автономного опалення моєї квартири працює випускається серійно бездротової кімнатний термостат. Система, звичайно, функціонує і без нього: термостат був придбаний для економії споживання газу та підвищення комфорту.

Було вирішено зібрати щось схоже на куплений термостат, додавши для початку в макет термостата більш зручну настройку і підключення до Інтернету.

РОЗДІЛ 2 СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ СТВОРЕННЯ ГОТОВОГО ТЕРМОРЕГУЛЯТОРА ТА ЙОГО ПРОГРАМУВАННЯ

2.1 Програмне середовище

Arduino (Ардуіно) — апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++[15]. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері (наприклад: Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider). Інформація про плату (рисунок друкованої плати, специфікації елементів, програмне забезпечення) знаходяться у відкритому доступі і можуть бути використані тими, хто воліє створювати плати власноруч.

Рисунок 2.1 - Arduino IDE з прикладом простої програми.

2.1.1 Переваги Arduino

Відокремимо основні переваги програми:

– Кроссплатформенність. З Arduino можна працювати в Windows, Mac OS. Більшість програм розрахована виключно для Windows.

– Проста програмна обстановка. Платформа відмінно підходить для новачків, детальних уроків у мережах великої кількості.

– Відкритий ресурс і розширення програмного забезпечення. Продвинуті програми можуть без проблем самостійно розповсюджувати під себе ПЗ

Інтерфейс програми зображений на рисунку 2.2

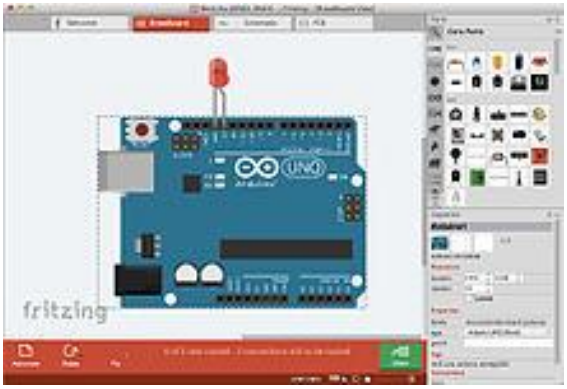

Рисунок 2.2 – Інтерфейс програми проектування апаратного забезпечення

2.1.2 Основні компоненти Arduino

Arduino Uno — це широко використовувана плата мікроконтролерів з відкритим кодом на базі мікроконтролера ATmega328P.

У його склад входить все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів/виходів (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для програмування

всередині схеми (ICSP) і кнопка скидання. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.

Після короткого опису, можна відзначити основні елементи:

– мікроконтролер;
– кнопка скидання;
– порт USB;
– світлодіод;
– живення.

На рисунку детально описано основні елементи Arduino Uno.

Рисунок 2.3 - Основні елементи Arduino Uno

На рисунку 2.4 показана детальна схема розпіновки портів

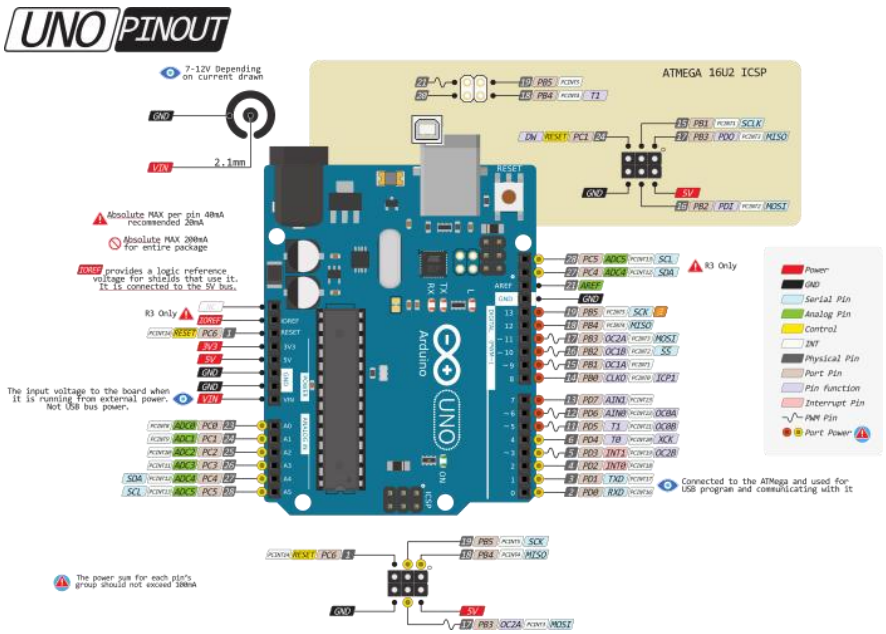

Рисунок 2.4 – Розпіновка потрів, детальна схема

Платформа програмується за допомогою ПЗ Arduino. З меню Tools> Board вибирається «Arduino Uno» (згідно зі встановленим микроконтроллеру).

Мікроконтролер ATmega328 поставляється з записаним завантажувачем, що полегшує запис нових програм без використання зовнішніх программаторов. Зв'язок здійснюється оригінальним протоколом STK500[4].

Автоматична (програмна) перезавантаження

Uno розроблена таким чином, щоб перед записом нового коду перезавантаження здійснювалася самою програмою Arduino на комп'ютері, а не натисканням кнопки на платформі. Одна з ліній DTR мікросхеми ATmega8U2, керуючих потоком даних (DTR), підключена до висновку перезавантаження микроконтроллеру ATmega328 через 100 нФ конденсатор. Активація даної лінії, тобто подача сигналу низького рівня, перезавантажує мікроконтролер. Програма Arduino, використовуючи цю функцію, завантажує код одним натисканням кнопки Upload в самому середовищі програмування. Подача сигналу низького

рівня по лінії DTR скоординована з початком запису коду, що скорочує таймаут завантажувача.

Функція має ще одне застосування. Перезавантаження Uno відбувається кожного разу при підключенні до програми Arduino на комп'ютері з ОС Mac X або Linux (через USB). Наступні півсекунди після перезавантаження працює завантажувач. Під час програмування відбувається затримка декількох перших байтів коду. Якщо проводиться разова налагодження скетчу, записаного в платформу, або введення будь-яких інших даних при першому запуску, необхідно переконатися, що програма на комп'ютері очікує протягом секунди перед передачею даних.

На Uno є можливість відключити лінію автоматичної перезавантаження розривом відповідної лінії.Лінія маркована «RESET-EN». Вимкнення автоматичного перезавантаження також можливо підключивши резистор 110 Ом між джерелом 5 В і даною лінією.

2.2 Вибір мови програмуваня

Оскільки вибрана програма Arduino, мова програмування вибереться сама собою. Це давно відома всім мова програмування **C++** (**Сі-плюс-плюс**)[19]. C++ стала однією з найуживаніших мов програмування загального призначення. Мову використовують для системного програмування, розробки програмного забезпечення, написання драйверів, потужних серверних та клієнтських програм, а також для розробки розважальних програм, наприклад, відеоігор. C++ суттєво вплинула на інші популярні сьогодні мови програмування: C# та Java.

На Рисунку зображений приклад коду, написаного на C++

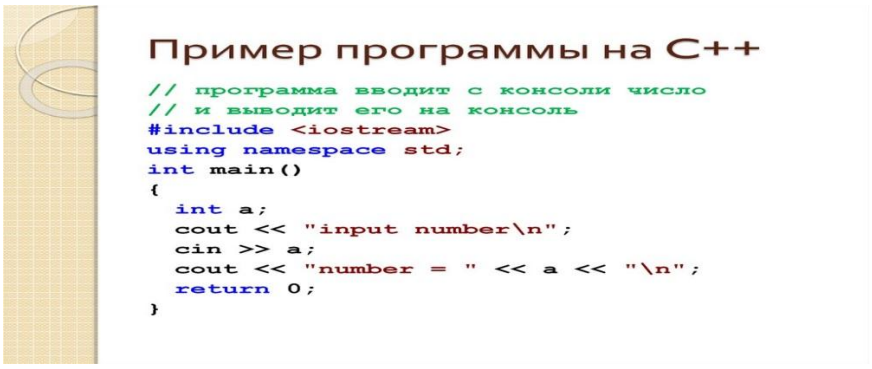

Рисунок 2.5 – Приклад коду написаного на C++

2.2.1 Основні особливості C++

При створенні C++ прагнули зберегти сумісність з мовою C. Більшість програм на C справно працюватимуть і з компілятором C++. C++ має синтаксис, заснований на синтаксисі C. Нововведеннями C++ порівняно з C є:

- підтримка об'єктно-орієнтованого програмування через класи;
- підтримка узагальненого програмування через шаблони;
- доповнення до стандартної бібліотеки;
- додаткові типи даних;
- обробка винятків;
- простори імен;
- вбудовані функції;
- перевантаження операторів;
- перевантаження імен функцій;
- посилання і оператори управління вільно розподіленою пам'яттю.

У C ++ доступні наступні вбудовані типи. Типи C ++ практично повністю повторюють типи даних в C:

- Символьні: char, wchar_t (char16_t і char32_t, в стандарті C ++ 11).

– Цілочисельні знакові: signed char, short int, int, long int (і long long, в стандарті С ++ 11).

– Цілочисельні беззнакові: unsigned char, unsigned short int, unsigned int, unsigned long int (і unsigned long long, в стандарті С ++ 11).

– З плаваючою точкою: float, double, long double.

– Логічний: bool, що має значення true або false.

Операції порівняння повертають тип bool. Вирази в дужках після if, while приводяться до типу bool.

2.3 Вибір програми

Серед усіх програм, які можна було використати я обрав Arduino. Це програма призначена для програмування мікроконтролерів з зручним інтерфейсом. В програмі використовується мова програмування С++.

Мова програмування пристроїв Ардуіно заснований на С / С ++ і скомпонований з бібліотекою AVR Libc і дозволяє використовувати будь-які її функції. Разом з тим він простий в освоєнні, і на даний момент Arduino - це, мабуть, найзручніший спосіб програмування пристроїв на мікроконтролерах.

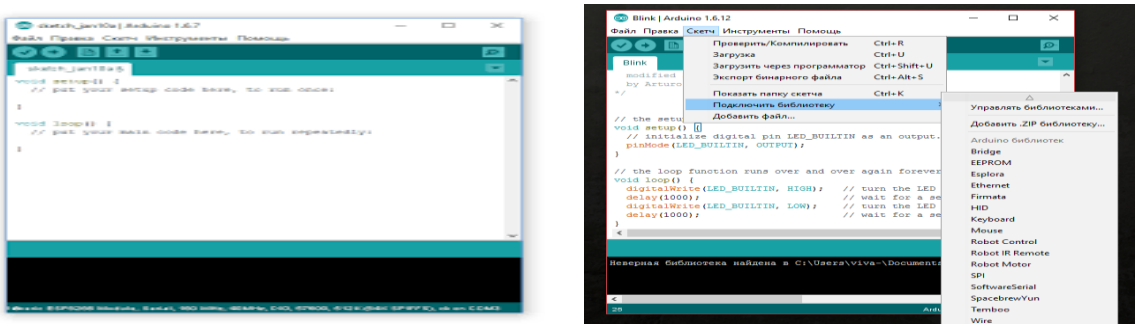

Рисунок 2.6 – Середовище Arduino

2.3.1 Програмне середовище

Arduino (Ардуіно) — апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері (наприклад: Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider). Інформація про плату знаходяться у відкритому доступі і можуть бути використані тими, хто воліє створювати плати власноруч.

Середовище розробки Arduino складається з вбудованого текстового редактора програмного коду, області повідомлень, вікна виведення тексту (консолі), панелі інструментів з кнопками часто використовуваних команд і декількох меню. Для завантаження програм і зв'язку середовище розробки підключається до апаратної частини.

Рисунок 2.7 - Arduino IDE

2.4 Принцип роботи терморегулятора

Основний принцип роботи терморегуляторів на справді дуже простий. Він усього лише порівнює фактичну температуру (яка заміряє термодатчик) із

заданою, і виконує рішення щодо подання або припинення живлення кліматичної системи. Якщо температура в приміщенні відлічається від заданої, реле термостату включає напругу, а після досягнення заданого завдання - відключення живлення. Термостат може підтримувати конкретне значення температури або її діапазон. На це впливає параметр гістерезису[10,13].

Звісно, існує багато моделей, які мають більшу кількість додаткових функцій, таких як включення нагрівання за таймером або програмування роботи відповідно до конкретної графіки. У основі всіх пристроїв лежить саме цей простий принцип.

Існує багато видів таких пристроїв у залежності від визначень, типів управління, способів монтажу, потужності і т.д.

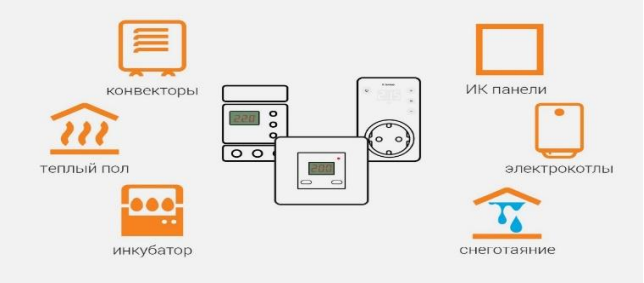

Рисунок 2.8 – Види терморегуляторів

На рисунку 2.9 показана детальна схема підключення терморегулятора до центрального опалення(котла)

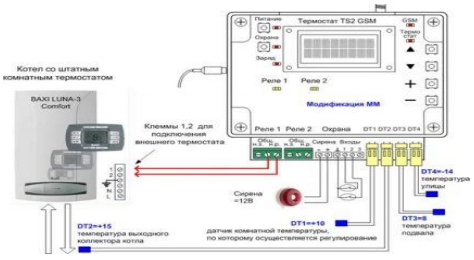

Рисунок 2.9 – Схема підключення терморегулятора до котла

Розглянем схему з’єднання терморегулятора з доступом до мережі «Інтернет». Такі підключення часто використовують в наш час. На малюнку 2.9 зображена схема підключення.

Рисунок 2.10 – Схема підключення терморегулятора з дистанційним керуванням

Переходим до схем підключення термостата до мережі «Інтернет». На рисунку 3 показана схема підключення термостата до бездротової мережі.

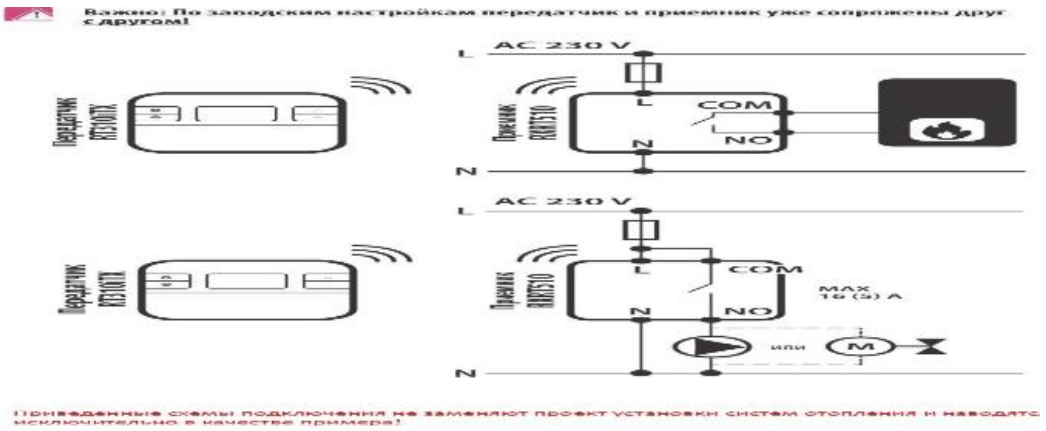

Рисунок 2.11 – Схема підключення термостата до бездротової мережі

РОЗДІЛ 3 ЗБІР,НАЛАШТУВАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРА

3.1 Компоненти терморегулятора

Для складання пристрою знадобляться компоненти, перелік яких і їх орієнтовна вартість за цінами сайту AliExpress приведена в таблиці.

Компонент	**Цена, $**
аналізатор	
Wi-Fi плата NodeMCU CP2102 ESP8266	2,53
Датчик температури и вологи DHT22	2,34
Датчик утримання CO2 MH Z-19	18,50
Годинник RTC DS3231	1,00
Екран OLED LCD синий 0.96" I2C 128x64	1,95
RF модуль 433MHz, передатчик (ціна комплекта: передатчик, приймач)	0,99
4-канальний перетворювач логічних рівнів 3,3В-5В (Logical Layer Converter)	0,28
Стабілізатор напруги LM7805 (10 шт.)	0,79
Адаптер AC100-240V 50/60Hz DC12V 2A	10,70
Макетна плата (склотекстоліт), контакти та інше.	2,00
контактор	
Модуль Arduino Pro Mini 5V	1,45
RF модуль 433MHz (приймач)	-
2-канальный модуль реле	0,98
Адаптер AC-DC HLK-PM01	4,29
Макетна плата (склотекстоліт), контакти та інше.	2,00
Всього (приблизно):	***50***

Мозок аналізатора - контролер ESP8266 на платі модуля NodeMCU CP2102. Він приймає сигнали з датчиків і формує сигнали управління передавачем і екраном.

На рисунку 3.1 предсталено аналізатор.

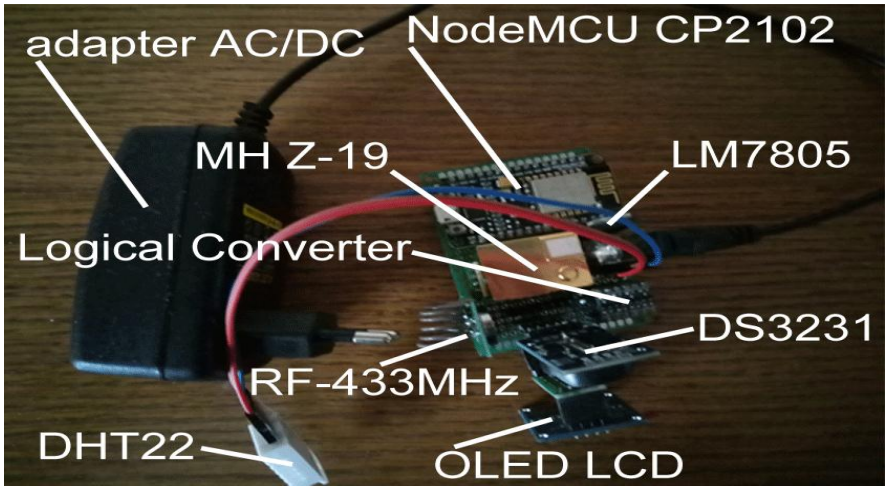

Рисунок 3.1 – Аналізатор

На рисунку 3.2 показано на схемі встановлення датчика тепла та вологості(DHT 22)

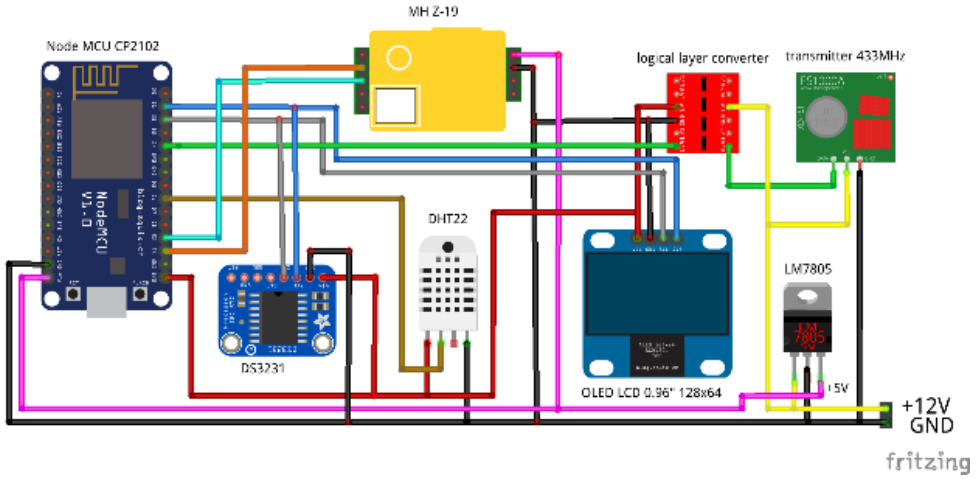

Рисунок 3.2 – встановлення датчика DHT 22

При установці датчика DHT22 на платі, виміряна температура на 1,5 ... 2°C вище реальної (навіть без корпусу!). Тому слід розміщувати датчик температури подалі від елементів з великим виділенням тепла LM7805 і NodeMCU CP2102. Крім того, було б непогано встановити стабілізатор напруги LM7805 на радіатор

і однозначно необхідно забезпечити хорошу конвекцію повітря в корпусі для зниження температури і зменшення помилки її вимірів.

В Інтернеті багато нарікань на низьку точність вимірювання вологості датчика DHT22. На сьогодні є альтернатива: більш сучасні датчики температури і вологості HTU21D, Si7021, SHT21.

На аналізатор подається постійна напруга 12В від адаптера AC / DC. Далі стабілізатор постійної напруги LM7805 формує напруга 5В. напруга харчування передавача - 12В. При тестуванні пристрою, коли аналізатор і контактор знаходяться поруч на робочому столі, харчування аналізатора можна організувати з USB-порту комп'ютера, подавши напругу на модуль NodeMCU CP2102 стандартним кабелем USB - microUSB. Напруга харчування NodeMCU CP2102 і MH Z-19 - 5В, харчування інших вузлів схеми (3,3) формує стабілізатор модуля NodeMCU CP2102.

Датчик температури і вологості DHT22 підключений до висновку D6 модуля NodeMCU CP2102. Годинники DC3231 і дисплей 0.96 "підключені до ESP8266 (на модулі NodeMCU CP2102) через двопровідний інтерфейс I2C, а висновки Tx, Rx датчика вмісту CO2 MH Z-19 підключені до висновків Rx, Tx ESP8266 відповідно.

Сигнал на передавач надходить з NodeMCU CP2102 через перетворювач логічних рівнів, який перетворює сигнал з NodeMCU CP2102 з амплітудою близько 3,3 в сигнал, амплітуда якого близька до напруги харчування передавача 12В.

Якщо в модулі годин ви використовуєте батарейку замість акумулятора, то не забудьте розірвати ланцюг заряду акумулятора, інакше батарейка вздується через кілька тижнів роботи під напругою. З автономним живленням годин точність ходу 2 сек / год вам забезпечена.

Скетч аналізатора для завантаження в ESP8266 знаходиться під спойлером.
скетч аналізатора

Якщо хоча б один з параметрів повітря знаходиться за межами запрограмованих порогових значень, то пристрій в половині кожної години отруює на е-мейл лист, який показаний на рисунку 3.3.

```
Данное сообщение сформировано монитором качества воздуха №7687859 автоматически.  Один или несколько параметров воздуха в помещении (температура, влажность или содержание углекислого газа) находятся за пределами заданных граничных значений. === Температура: 20.40°C === Влажность: 49% === Содержание углекислого газа: 617 ppm === Проанализируйте информацию! === Время, дата: 11:35 09.01.19
```

Рисунок 3.3 – відправка листа на e-mail

Повідомлення на е-мейл відправляються php-скриптом. Скрипт завантажений на мій поштовий сервер. Він знадобиться, якщо планується відправка повідомлень з іншого ресурсу.

Наступним на черзі йде контактор. Його зовнішнй вигляд зображений на рисунку 3.4

Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд

На рисунку 3.5 можна побачити з чого він складається(з яких плат)

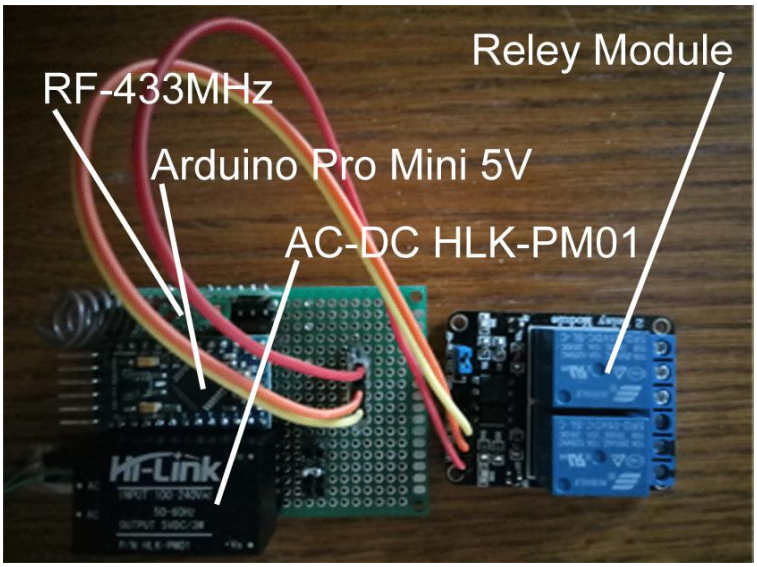

Рисунок 3.5 – Компоненти контактора

Управління в контакторі здійснює модуль Arduino Pro Mini. Він приймає сигнал з RF приймача і виробляє сигнали перевищення порогових значень параметрів повітря. Детальна схема показана на рисунку 3.6

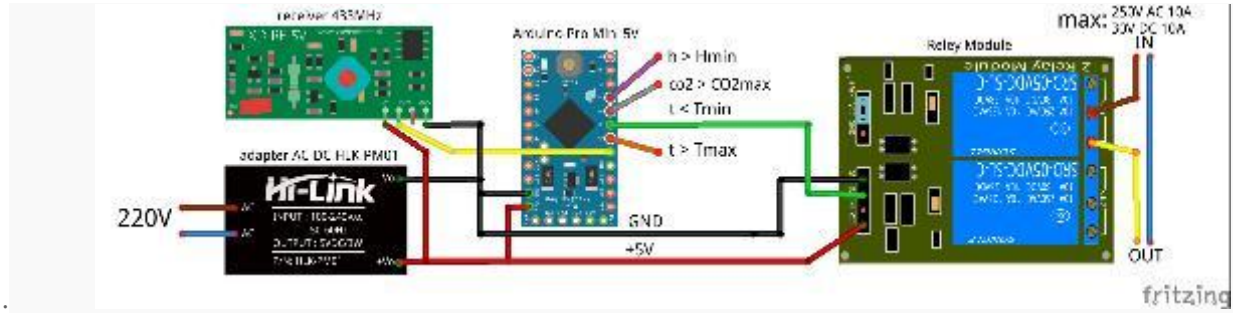

Рисунок 3.6 – Схема управління модуля Arduino Pro Mini

Напруга живлення всіх вузлів контактора 5В надходить з адаптера AC / DC HLK-PM01.

У сучасних побутових газових котлах нормально розімкнуті контакти реле (червоний, жовтий дроти на схемі) підключити замість знімною перемички в котлі.

Сигнали з висновків контролера 6 (h> Hmin), 5 (co2> CO2max), 3 (t> Tmax) можна використовувати для організації автоматичного зволоження, примусової вентиляції або кондиціонування повітря. Перевага полягає в тому, що відпадає

необхідність в прокладанні кабелю для передачі сигналу управління з датчика на ту чи іншу систему - досить розмістити контактор неподалік від одного з кінців проводу живлення або управління системою.

3.2 Покрокове підключення терморегулятора

Перед тим, як перейти до запуску термостату і підкллючити його до мережі через Wi – Fi, згадаєм що саме являє собою ця мережа та які в неї принципи роботи.

Принцип роботи Wi-Fi базується на використанні радіохвиль, а сам обмін даними нагадує перемови по радіозвязку. За звичайною схемою Wi-Fi-мережі містять не одну точку доступу та не одного клієнта. Так само підключення двох клієнтів, коли точка доступу не використовується, а клієнти з'єднують між собою кілька адаптерів «натискання». Адаптери на кожному комп'ютері перетворюють цифрові дані в радіосигналах, які передаються на інші мережеві пристрої. Вони ж перетворюють вхідні радіосигнали від мережевих пристроїв у цифрові даниі. Радіопередавачі та приймачі однієї Wi-Fi-мережі працюють на одних і тих, що часто використовують і використовують один і той самий вид модуляції даних у радіовольні.

Wi-Fi-мережі працюють у спеціальних діапазонах радіочастот «2,4» і «5» ГГц, які зарезервуються у великіих країні світу під так названими неліцензованими радіослужбами, які можна використовувати. Діаграму мережі бездротового маршрутизатора показано на рисунку 3.7.

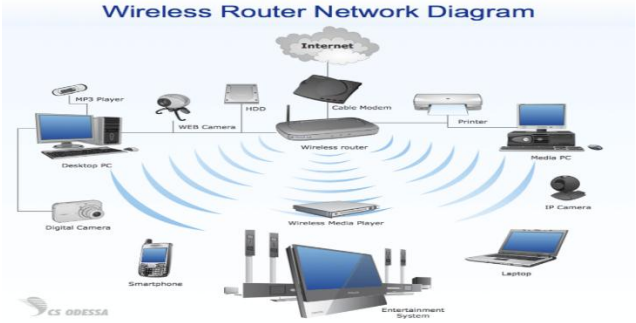

Рисунок 3.7 – Діаграма мережі безтротового маршрутизатора

Прийшов час включити термостат.

Крок 1**:**

Спочатку включимо аналізатор. Підключення показано на рисунку 3.8.

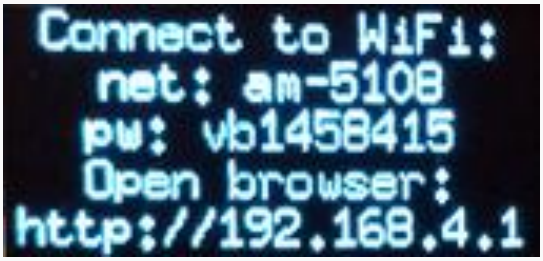

Рисунок 3.8 – Підключення аналізатора

Спочатку треба набратися терпіння і, нічого не роблячи, почекати 3 хвилини. Термостат автоматично перейде в автономний режим роботи - без підключення по Wi-Fi до домашньої мережі та Інтернету. Через 3 хвилини на екрані аналізатора в трьох рядках почне миготіти все, що орудує термостат.

На рисунку 3.9 зображено 3 рядки, після очікування, на перші два ми не звертаєм поки що увагу, але дивимся на 3 рядок, який показує статус нашого аналізатора. В даному випадку він поки що не підключений до мережі Wi – Fi.

Рисунок 3.9 – Статус аналізатора

Перші два рядки на екрані не потребують коментарів. У третьому рядку - режим роботи термостата (Offline, Online або OffBlynk) і інформація про вихід за межі встановлених порогових значень параметрів повітря. Наприклад, Offline CO2> 1000 - термостат працює в автономному режимі, а виміряний вміст CO2 вище заданого порогового значення 1000 ppm.

Годинники в автономному режимі будуть показувати неправильний час. Вони ще не синхронізовані з сервером точного часу, а також не виконано введення часового поясу - це в наступному кроці.

В автономному режимі встановлена температура термостатування 21 ° C протягом доби.

З першим кроком ми закінчили, аналізатор запущений і працює в автономному режимі, час переходити до наступного кроку.

Крок 2**:**

Освоївшись з автономним режимом, вимкнемо і знову включимо адаптер AC / DC аналізатора. На екрані з'явиться знайоме повідомлення, до якого встигли звикнути за три хвилини очікування автономного режиму.

Пристрій підняло точку доступу am-5108. Знайдемо Цю точку в списку доступних мереж и підключімося до неї, пароль - на екрані. Потім відкріємо в браузері сторінку http://192.168.4.1 . На рисунку 4 зображене меню «Wi – Fi менеджер».

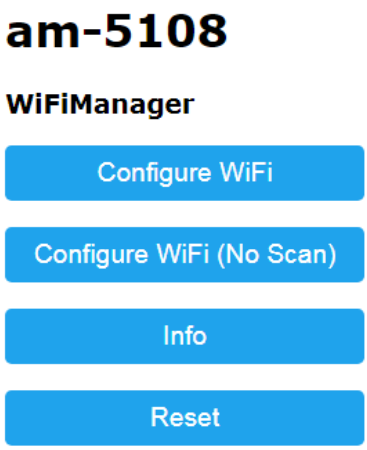

Рисунок 3.10 – Меню «Wi – Fi менеджер»

Натиснемо кнопку Configure WiFi (No Scan). Відкриється сторінка з формою налаштувань термостата. Після чого, відкривається детальні налаштування, в яких ви маєте вказати данні від мережі, пароль та дані від програми BLynk(мобільного додатку, за допомогою якого ми будем контролювати терморегулятор через мережу).

На рисунку 3.10.1 ми бачимо ці поля.

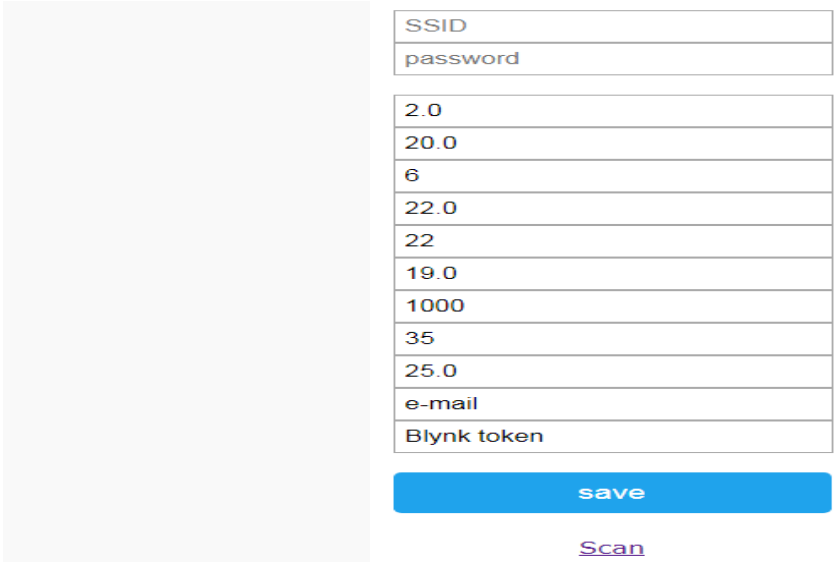

Рисунок 3.10.1 – Відкритий пункт налаштування Configure WiFi (No Scan).

Вкажемо в формі ім'я і пароль своєї домашньої мережі, ключ ідентифікації BLynk, електронну пошту. Змінимо задані за замовчуванням часовий пояс, час (годинник) і температуру для тимчасових точок, а також порогові значення температури, вологості і вмісту CO2.

Добу двома тимчасовими точками розбиті на три тимчасові діапазона - перший: з 00 год 00 хв до точки 1 (Hour 1, Minute 1), другий: з точки 1 (Hour 1, Minute 1) до точки 2 (Hour 2, Minute 2) і третій: з точки 2 (Hour 2, Minute 2) до 00 год 00 хв.

Полів для введення хвилин на формі немає, хвилини для точок 1,2 можна змінити в скетчі (змінні MinPoint1, MinPoint2). У кожному з трьох тимчасових діапазонів можна задати свою температуру термостатирования - Temperature 0, Temperature 1 і Temperature 2. Якщо планується підтримувати постійної одну і ту ж температуру протягом доби, то досить задати значення Temperature 0, а поля для точок 1,2 залишити порожніми.

При виборі порогових значень параметрів повітря я орієнтувався на показники, які знайшов в Інтернеті:

1. Комфортна температура вночі під час сну 19 ... 21 ° C, вдень - 22 ... 23 ° C.

2. Оптимальною відносною вологістю в холодну пору року вважається вологість 30 ... 45%, а в тепле - 30 ... 60%. Граничні максимальні показники вологості: взимку вона не повинна перевищувати 60%, а влітку - 65%.

На рисунку 3.11 ми бачимо таку ж саму форму, але ще не заповнену.

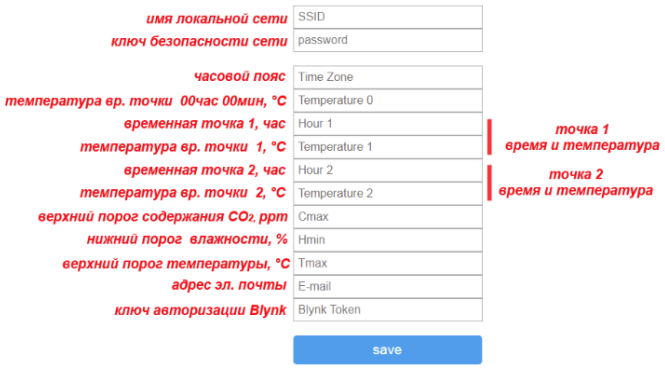

Рисунок 3.11 – Незаповнена форма налаштувань

3. Максимальний рівень вмісту вуглекислого газу в приміщеннях не повинен перевищувати 1000 ppm. Рекомендований рівень для спалень, дитячих кімнат - не більше 600 ppm. За позначку 1400 ppm - межа допустимого вмісту CO2 в приміщенні. Якщо його більше, то якість повітря вважається низьким.

За замовчуванням добова програма термостатирования (вдень - висока температура, вночі - низька) задана з припущення, що днем хтось із мешканців знаходиться в приміщенні, наприклад, працює на дому. Програму легко змінити під свої реалії.

Поле e-mail можна не заповнювати. Тоді надана можливість отримувати листи на електронну пошту про вихід параметрів повітря за порогові значення буде втрачена. Без введеного ключа Blynk'a - неможливо управляти термостатом і отримувати інформацію про параметри повітря на видаленні. Втім, термостат не «розгубиться», якщо залишаться незаповненими поля з граничними значеннями параметрів повітря, тоді за ним залишиться тільки одна функція: «термостування».

І ще. Всі числа вводьте, будь-ласка, в форматі змінних з плаваючою комою, далі перетворення в потрібний формат виконуються в скетчі.

Виняток: тимчасові точки 1,2 (годину) - формат цілого числа.

Ви зберегли в пам'яті ESP8266 (кнопка Save), аналізатор підключиться до мережі і почне роботу.

Якщо помилитись або вирішити змінити налаштування, знову прийдеться двічі загрузити скетч у ESP8266. Перший раз - з розкоментованою у Setup'і строкою factoryReset(); а другий раз – з закоментованою, потім повторити крок 2.

Крок 3:

Тепер можна включити контактор.

При стійкому радіозв'язку між аналізатором і контактором - світлодіод D13 на платі Arduino блимає з частотою близько 1 Гц.

Якщо контактор прийняв з аналізатора команду на включення обігрівального приладу або опалювальної системи - замкнуться нормально розімкнуті контакти реле і загориться відповідний йому світлодіод на модулі реле.

Якщо немає проблем з «холостим ходом» контактора, то підключаємо обігрівальний прилад або електроніку системи опалення. Обігрівальний прилад слід підключати проводом певного перерізу. Питома показник для розрахунку перетину мідного дроту - 5 А /мм^2.

На рисунку 3.12 показано включення контактора.

Рисунок 3.12 – Включення контактора

Про крок 3 багато немає чого розказувати, тому що це просто підключення до живлення контактора(у розетку).

Переходим до кроку 4.

Крок 4**:**

Прийшов час запустити на смартфоні додаток Blynk. Декілька слів чому саме цей додаток я використовував та його переваги.

Blynk є хмарний сервіс для створення графічних пультів управління і підходить для широкого спектра мікрокомп'ютерів і мікроконтролерів. Там, де раніше для збору інформації з датчиків потрібно було писати повноцінний інтерфейс введення-виведення або купувати додаткові модулі, тепер можна обійтися п'ятихвилинної роботою в Blynk.Для створення власного проекту з управлінням через Blynk потрібно зовсім небагато: встановити додаток (доступні версії для iOS і Android) або скористатися веб-формою. Тут потрібно реєстрація в один крок - введення email і пароля. Реєстрація потрібна з огляду на те, що Blynk - хмарне рішення і без неї контроль над залізякою може отримати будь-який користувач [1].

Змінні для Blynk (щоб не шукати їх в скетчі аналізатора): температура - V1, вологість - V2, вміст CO2 - V3, температура термостатування - V4, віртуальна кнопка - V10[2,3]. На моєму смартфоні інтерфейс Blynk'a (його можна змінювати) показаний на малюнку 3.13.

Рисунок 3.13 – Інтерфейс додатку

На графіку - виміряна температура (білий), температура термостатування (жовтий), інтервал часу - добу. Змінні вологості і вмісту CO2 на графік не виведені, оскільки дві додаткові шкали сильно обмежують поле графіка, де можна розглянути самі криві.

Сигнал з віртуальної кнопки термостат формується тільки в момент натискання на кнопку. При натисканні на кнопку на екрані аналізатора миготить повідомлення Thermo OFF! або Thermo ON! - в залежності від попереднього стану кнопки. Це повідомлення актуально при тестуванні термостата.

Скріншот нижче ілюструє процес обігріву тепловентилятором потужністю 2 кВт / год приміщення площею близько 5-ти квадратних метрів з початковою температурою 16 ° С. Тут - температура (жовтий), вологість (синій) і зміст CO2 (червоний). На рисунку 3.14 показаний графік процесу обігріву тепловентилятором з додатку Blynk.

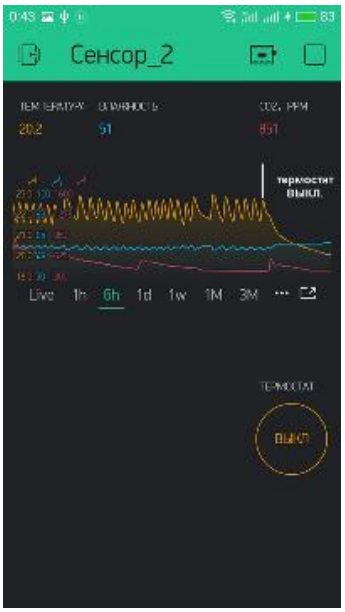

Рисунок 3.14 – Графік

Зубчаста крива вологості на графіку - ще одне підтвердження відомого факту, що відкритий ТЕН(трубчастий електронагрівач) сушить повітря, а піки на кривій вмісту CO2 - свідоцтво моїх короткочасних візитів в приміщення.

Тепер протестуємо роботу системи оповіщення на е-мейл. Введемо в адресний рядок браузера закоментувавши рядок з http-адресою з коду php-скрипта. Якщо ви не забули в настройках вказати свій е-мейл, а у вікні браузера - інформація, як на картинці нижче, то проблем з прийомом повідомлень швидше за все не буде. Тест особливо корисний при перенесенні php-скрипта з мого сервера на інший.

На рисунку 3.16 зображене вікно повідомлення, яке буде предаватись на пошту, в якому буде вказано усі показники які показує терморегулятор.

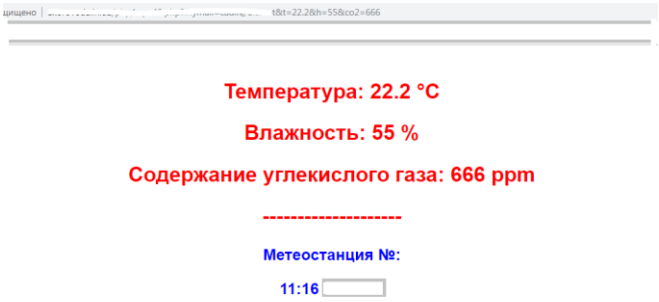

Рисунок 3.16 – Вікно повідомлення

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ

Завдяки підключенню до Інтернету, функціонал термостата значно розширився. Крім основної функції, в ньому реалізований цілий ряд інших: від відправки повідомлень на е-мейл - до можливості автоматичної підтримки якості повітря в приміщенні.

В термостаті з'явилася нова якість: їм можна управляти через Інтернет.

Радує легкість, з якою програмується термостат: потрібно лише заповнити форму на сторінці браузера.

З'явилася можливість зберігати в пам'яті термостата персональні дані, як це робиться, наприклад, в роутерах.

Отже можна сказати , що зв'язок між вузлами термостата здійснюється по повітрю на радіочастоті.

Протягом доби термостат підтримує постійними три задані значення температури.

Налаштування термостата (програма роботи, граничні параметри повітря, інші) задаються дистанційно через Wi-Fi з форми в браузері.

В термостаті включена функція монітора якості повітря з вимірюванням температури, рівня вмісту вуглекислого газу і вологості повітря.

Термостат укомплектований годинами реального часу з синхронізацією годин з сервером точного часу через Інтернет.

Управління термостатом здійснюється з інтерфейсу мобільного додатка Blynk. Крім того, додаток Blynk приймає і відображає результати вимірювання температури, вмісту CO2 і вологості повітря.

Термостат автоматично переходить в автономний режим роботи при відсутності Wi-Fi.

З термостата відправляються повідомлення на е-мейл, якщо температура, вміст CO2 або вологість повітря знаходяться за межами порогових значень.

ВИСНОВКИ

В першому розділі були розглянуті терморегулятори старого типу(без доступу до мережі «Інтернет») та нові. Після порівняння було розглянуто проблеми безпеки нових термостатів, де було сказано, що якщо ваша мережа має надійний пароль вірогідність взлому різко знижується. Далі було відокремлено переваги новітніх терморегуляторів з доступом до мережі «Інтернет», після чого ми поставили вимоги.

Вважаю, більшість з нас будуть використовувати новітні ерморегулятори, які були розглянуті в моїй роботі, тому що це економія грошей. А у новітніх технологіях є чимало переваг.

У другому розділі ми обирали програму для написання кодів для нашого термостата, обирали мову програмування та розглянули середовище програми. В даній роботі була використана програма Arduino, тому що наш куратор Сергій Петрович Ващищак зацікавив мене своїми розповідями і практичними заняттями на створення термостата саме в цій програмі.

Третій розділ був для мене самим захопливим. Все знов таки дякуючи нашому куратору. Самому збирати, підключати, дивитись як правильно підключити, щоб не сталось замикання це дуже цікаво, навіть деколи не замічав як пролітав час. Розібравшись з усіма схемами та підключивши все як слід переходим до запуску готового термостата.

На даному етапі було показано сам процес запуску та детально розібраний. Майже До кожного кроку був прикріплений скріншот – звіт.

Продемонстрований кожен крок, а саме:

– запуск аналізатора;
– детальне налаштування;
– підключення контактора;

– підключення додатку Blynk до нашого термостата, та виведення всіх даних на екран;

– підключення сповіщення на e-mail(відправка даних з термостата).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Електронний ресурс [режим доступу]:сайт Blynk з документацією. – https://docs.blynk.cc
2. Електронний ресурс [режим доступу]:Форум про додаток Blynk - https://4pda.ru/forum/index.php?showtopic=818763 -
3. Електронний ресурс [режим доступу]:Опис додатку Blynk - https://lifehacker.ru/blynk/
4. Електронний ресурс [режим доступу]:Сайт про мікроконтролери, які програмуються через Arduino–https://rcl-radio.ru
5. Електронний ресурс [режим доступу]:Вікіпедія. – Режим доступа: https://uk.wikipedia.org
6. Електронний ресурс [режим доступу]:Записки программиста. Режим доступа: http://eax.me
7. Електронний ресурс [режим доступу]:DOU. https://dou.ua
8. Електронний ресурс [режим доступу]:Хакер ру. https://xakep.ru
9. Електронний ресурс [режим доступу]:XGU ru
10. Електронний ресурс [режим доступу]:Основні визначення терморегулятора - https://uk.wikipedia.org/wiki/Терморегулятор
11. Вакуленко М.О. – Тлумачний словник з фізики
12. Електронний ресурс [режим доступу]:https://t-oblik.com/tseny/ - терморегулятори і їх типи.
13. Електронний ресурс [режим доступу]:Принципи роботи термостатів - https://ru.wikipedia.org/wiki/Термостат
14. Електронний ресурс [режим доступу]:StudeFiles Файловый архив студентов. - https://studfile.net
15. Електронний ресурс [режим доступу]:Опис програми Arduino - https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino_Uno

16. Електронний ресурс [режим доступу]:Термостати та його опис - https://ru.qwe.wiki/wiki/Thermostat#External_links
17. Електронний ресурс [режим доступу]:Профессиональный справочник(термостат) - http://ritetemp-thermostats.com/Professional%20reference%20guide%2021dec07.pdf
18. Електронний ресурс [режим доступу]:Стаття по основам автоматичних термостатам - https://books.google.com.ua/books?id=diEDAAAAMBAJ&pg=RA1-PA48&dq=popular+science+1951+"bed+bikes"&hl=en&ei=RQXETI7MHtC9ngee4ZA3&sa=X&oi=book_result&ct=result&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true
19. Електронний ресурс [режим доступу]:Мова програмування С++ та опис - https://ru.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B
20. Електронний ресурс [режим доступу]:Мікроконтролери та терморегулятори(Гугл книга) - https://books.google.com.ua/books?id=cs7kDwAAQBAJ&pg=PA150&lpg=PA150&dq=книги+про+терморегулятор&source=bl&ots=jBiIpDUJJW&sig=ACfU3U1psSttgBDA5-I-yh1m7Uw9-xN_VA&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwjb3a-F1pPqAhUSr4sKHTCkCwsQ6AEwBXoECAoQAQ#v=onepage&q=книги%20про%20терморегулятор&f=false
21. Електронний ресурс [режим доступу]:Вікіпедія. Терморегулятори та опис. - https://ru.wikipedia.org/wiki/Терморегулятор
22. Електронний ресурс [режим доступу]: Програмируемый по Wi – Fi монитор качества воздуха - https://habr.com/ru/post/442856/
23. Електронний ресурс [режим доступу]:Терморегуляторы. Виды и работа. Применение и особености. -

https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/jelektroobogrev/termoregulia tory/

24. Електронний ресурс [режим доступу]:Технічні характеристики терморегуляторів - https://studfile.net

25. Електронний ресурс [режим доступу]:Механічний терморегулятор - https://grandmeyer.com.ua

26.ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.

27.ГОСТ 2.708-81 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.

28.ГОСТ 2.709-89 ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов оборудования и участков цепей в электрических схемах.

29.ГОСТ 2.710-81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.

30.ГОСТ 2.414-75 ЕСКД. Правила выполнения чертежей жгутов, кабелей и проводов.