

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації  
(повна назва)

Кафедра Радіотехнологій та інформаційно-комунікаційних систем  
(повна назва)

## АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

ГЮІК.ХХХХХХ.008 ПЗ  
Система збору інформації на підприємстві: підсистема обробки статичних даних  
(тема)

Виконала: студентка 2 курсу, групи ІКТм-19-1

Малишева Дар'я Андріївна  
(прізвище, ініціали)

спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма інформаційно-комунікаційні технології  
(повна назва освітньої програми)

Керівник професор, д.т.н. Цопа О.І.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

Цопа О. І.  
(прізвище, ініціали)

2020\_p

Не містить відомостей заборонених для відкритого публікування.

Керівник

професор, д.т.н. Цопа О.І.

Студентка

Малишева Д.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації

Кафедра радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки  
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма інформаційно-комунікаційні технології  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентці Малишева Дар'я Андріївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система збору інформації на підприємстві: підсистема обробки статичних даних.

затверджена наказом по університету від 02 11 2020 р. № 1506Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 11 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Науково-технічні публікації та інтернет джерела з тематики атестаційної роботи

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі вступ, 1 поняття мікроконтролер та їх різновиди, 2 lolin, Заналіз процесу збору даних, 4 середовище програмування arduino ide та підготовка його до роботи с платформою lolin, 5 датчики температури та їх основні види, 6 принцип дії системи зі збору температурних даних

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)  
Слайди презентації

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	Зав. каф, проф., д.т.н. Цопа О.І.		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літератури та Інтернет-джерел	10.10.20	виконано
2	Постановка задачі	20.10.20	виконано
3	Дослідження сучасного стану вирішення	09.11.20	виконано
4	Дослідження моделей та методів побудови систем	20.11.20	виконано
5	Написання пояснювальної записки	04.12.20	виконано
6	Підготовка презентації	06.12.20	виконано
7	Перевірка на плагіат	08.12.20	виконано
8	Нормоконтроль	08.12.20	виконано
9	Захист	16.12.20	виконано

Дата видачі завдання 02 10 2020 р.

Студент \_\_\_\_\_  
 (підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
 (підпис) \_\_\_\_\_ (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської атестаційної роботи містить: 87 с., 6 розділів, 34 рис., 1 табл., 10 джерел.

**SYSTEM, COLLECTION, INFORMATION, PROCESSING, DATA.**

В роботі виконано систему зі збору даних температурного режиму на підприємстві. Проаналізовано чинні системи підтримки прийняття рішень.

В ході дослідження отримані такі результати: визначені існуючі програмні засоби збору даних, методи фіксації, а також сфери використання даної системи. Розроблений план проекту: визначено перелік робіт, терміни.

## **ABSTRACT**

The explanatory note to the master's certification work contains: 87 pp., 6 sections, 34 figs., 1 table, 10 sources.

**PROCESS ANALYSIS, SOLUTION SUPPORT SYSTEMS, SYSTEM DEVELOPMENT, COMPUTER VISION**

The system of data collection of temperature regime at the enterprise is executed in the work. The current decision support systems are analyzed.

The study obtained the following results: identified existing software for data collection, methods of recording, as well as the scope of this system. The project plan is developed: the list of works, terms is defined.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ПОНЯТТЯ МІКРОКОНТРОЛЕР ТА ЇХ ОСНОВНІ РІЗНОВИДИ .....	9
1.1 Поняття мікроконтролерів .....	9
1.2 Розвиток мікроконтролерів .....	14
1.3 Відмінності мікроконтролерів .....	15
2 МІКРОКОНТРОЛЕР LOLIN (NODEMCU V3 ТА ESP-WROOM-32).....	17
2.1 Загальна інформація.....	17
2.2 Характеристики NodeMCU V3 .....	18
2.3 Переваги LoLin .....	21
2.4 Мікроконтролер WeMos LoLin32 ESP-WROOM-32.....	23
3.5 Внутрішня пам'ять Wemos LoLin32, файлові системи SPIFFS і FATFS .....	30
3 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗБОРУ ДАНИХ.....	32
3.1 Збір даних.....	32
3.2 Система збору даних.....	34
4 СЕРЕДОВИЩЕ ПРОГРАМУВАННЯ ARDUINO IDE ТА ПІДГОТОВКА ЙОГО ДО РОБОТИ С ПЛАТФОРМОЮ LOLIN (NODEMCU V3) .....	37
4.1 Середовище програмування Arduino IDE .....	37
4.2 Підключення та налаштування LoLin (NodeMCU V3) .....	39
4.3 Підключення та налаштування датчика збору інформації про вологість та температуру.....	44
5 ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЇХ ОСНОВНІ ВИДИ .....	47
5.1 Загальна інформація по датчикам температури.....	47
5.2 Резистивний датчик температури (РТД).....	47
5.3 Термоелектричні перетворювачі (Термопара) .....	54
5.3.1 Принцип роботи термопар. Ефект Зеебека.....	54
5.4 Конструкція термопар .....	56
5.5 Види термопар .....	58
5.6 Підключення термопар .....	65
6 ПРИНЦИП ДІЇ СИСТЕМИ ЗІ ЗБОРУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДАНИХ .....	66
6.1 Опис дії схеми.....	66
ВИСНОВКИ.....	72

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	73
ДОДАТОК А .....	74
Слайди презентації.....	75
ДОДАТОК Б.....	82
Лістинг коду програми .....	83
ДОДАТОК В .....	86
Відомість атестаційної роботи .....	87

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,  
ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

РТД – резистивний датчик температури.

ТПР – термопари платинородій–платинородій.

ТПП – термопари платинородій–платина.

ТХК – термопара хромель–копель.

КХС – компенсація температури холодного спаю.

RFID–мітки – Radio Frequency IDentification – радіочастотна ідентифікація.

ЦАП – цифро–аналоговим перетворювачем.

АСНИ – автоматизована система наукових досліджень.

АСУ – автоматизовані системи управління.

СЗД – система збору даних.

## ВСТУП

У наш час збір статичних даних використовують на підприємствах для того, щоб слідкувати за зміною температури та вологості в приміщенні, або в пристроях. Для цього в проекті була використана мікроконтролер Lolin.

Збір статичних даних використовують для того, щоб регулювати температурний режим у приміщенні для забезпечення комфортного клімату на виробництві.

Потреба в застосуванні мікроконтролеру очевидна: в зв'язку з карантинним режимом в країні через поширення COVID-19 багатьом підприємствам потребується дистанційне слідкування за кліматом у приміщенні. Так як на підприємстві потрібно зменшити кількість людей, які знаходяться там одночасно.

Задачею магістерської роботи було розібрати поняття «мікроконтролер», та знайти інформацію про різновиди, проаналізувати процес збору даних, а також розробити систему збору статичних даних.

Дану систему рекомендується застосовувати у комплексі з системою динамічного збору даних, яка буде слідкувати за температурою в системі опалення (наприклад водопровід або в інших аналогових системах).

# 1 ПОНЯТТЯ МІКРОКОНТРОЛЕР ТА ЇХ ОСНОВНІ РІЗНОВИДИ

## 1.1 Поняття мікроконтролерів

Мікроконтролер – це спеціальна мікросхема, призначена для управління різними електронними пристроями. Мікроконтролери вперше з'явилися в тому ж році, що і мікропроцесори загального призначення (1971).

Розробники мікроконтролерів придумали ідею - об'єднати процесор, пам'ять, ПЗУ і периферію всередині одного корпусу, зовні схожого на звичайну мікросхему. З тих пір виробництво мікроконтролерів щорічно у багато разів перевищує виробництво процесорів, а потреба в них не знижується.

Мікроконтролери випускають десятки компаній, причому виробляються не тільки сучасні 32-бітові мікроконтролери, а й 16, і навіть 8-бітові (як i8051 і аналоги). У середині кожної родини часто можна зустріти майже однакові моделі, що розрізняються швидкості ЦП для збереження і обсягом пам'яті.

Справа в тому, що мікроконтролери застосовуються переважно у вбудованих системах, в іграшках, в верстатах, в масовій домашній техніці, в домашній автоматичності – там, де потрібна не потужність процесора, а, скоріше, баланс між ціною і достатньою функціональністю.

Саме тому найстаріші типи мікроконтролерів ще до сих пір в ходу - вони багато можуть: від автоматичного відкривання дверей і включення поливу газонів до інтеграції в систему «розумний будинок». При цьому існують і більш потужні мікроконтролери, здатні виконувати сотні мільйонів операцій в секунду і обв'язані периферією «до зубів». У них і завдання відповідні. Таким чином, розробник спочатку оцінює завдання, а вже потім вибирає під неї відповідне «залізо».

На сьогоднішній день існує більше 200 модифікацій мікроконтролерів, сумісних з i8051, що випускаються двома десятками компаній, і велика кількість мікроконтролерів інших типів. Популярністю у розробників користуються 8-бітові мікроконтролери PIC фірми Microchip Technology і AVR фірми Atmel, 16-

бітові MSP430 фірми TI, а також 32-бітові мікроконтролери, архітектури ARM, яку розробляє фірма ARM Limited і продає ліцензії іншим фірмам для їх виробництва. [1]

Мікроконтролер характеризується великим числом параметрів, оскільки він одночасно є складним програмно-керованим пристроєм і електронним приладом (мікросхемою). Приставка "мікро" в назві мікроконтролера означає, що виконується він по мікроелектронної технології.

В ході роботи мікрконтроллер зчитує команди з пам'яті або порту вводу і виконує їх. Що означає кожна команда, визначається системою команд мікроконтролера. Система команд закладена в архітектурі мікрконтроллера і виконання коду команди виражається в проведенні внутрішніми елементами мікросхеми певних мікрооперацій.

Мікроконтролери дозволяють гнучко управляти різними електронними та електричними пристроями. Деякі моделі мікроконтролерів настільки потужні, що можуть безпосередньо перемикає реле (наприклад, на ялинкових гірляндах).

Мікроконтролери, як правило, не працюють поодиноці, а запаюються в схему (рис. 1.1), де, крім них, підключаються екрани, клавіатурні входи, різні датчики і т.д.

Софт для мікроконтролерів може привернути увагу тих, хто обожнює «ганятися за бітами», так як зазвичай пам'ять в мікроконтролерах становить від 2 до 128 Кб. Якщо менше, то писати доводиться на асемблері або Форті, якщо є можливість, то використовують спеціальні версії Бейсика, Паскаля, але в основному – Сі. Перш ніж остаточно запрограмувати мікроконтролер, його тестують в емуляторах - програмних або апаратних. [1]

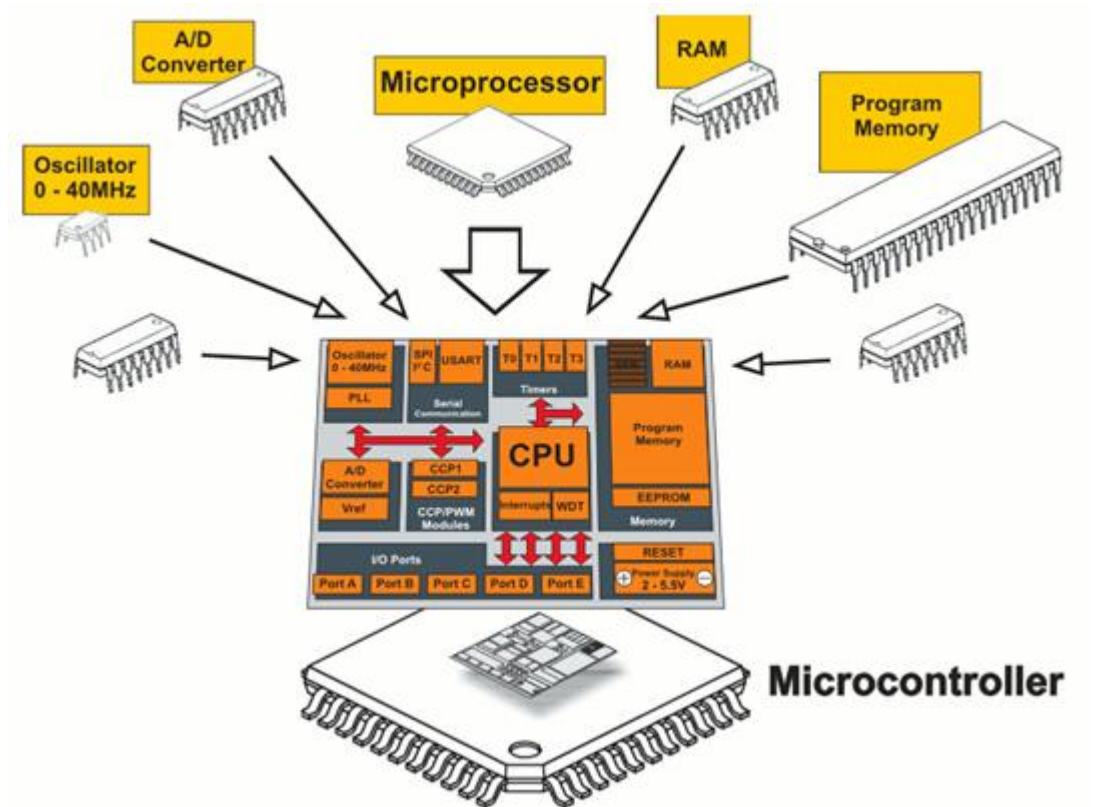


Рисунок 1.1. – Складові мікроконтролера

Тут може виникнути питання: мікропроцесор і мікроконтролер це просто різну назву одного і того ж пристрою, або це все–таки різні речі?

Мікропроцесор це центральний пристрій будь-якої ЕОМ, виконаний за інтегральною технологією. Сама назва говорить про те, що саме в ньому відбуваються обчислювальні процеси. Щоб з нього вийшла ЕОМ, нехай навіть не дуже сучасна і потужна, його треба доповнити зовнішніми пристроями. В першу чергу це оперативна пам'ять і порти введення виведення інформації.

Мікроконтролер має всередині себе процесор, оперативну пам'ять, пам'ять програм, а крім цього цілий набір периферійних пристроїв, які перетворюють процесор на повну ЕОМ. За старою термінологією радянських часів подібні пристрої називалися однокристальними Мікро ЕОМ. Але радянська обчислювальна техніка, як відомо, зайшла в глухий кут, а разом з нею і ОМЕВМ.

Зарубіжна ж обчислювальна техніка на місці не стояла, тому ОМЕВМ стали називатися контролерами (від англ. Control – управляти, управління). І

справді, контролери виявилися вельми придатні для управління різною технікою, навіть не дуже складною.

Центральний процесор, який є в кожному комп'ютері – головний обчислювач. Хоча комп'ютер і не призначений виключно для обчислювального навантаження, процесор є в ньому головним елементом. Але не тільки в комп'ютері є процесор.

Якщо вдуматися і придивитися, то можна виявити, що процесори застосовуються в більшості приладів побутового призначення. Тільки там використовуються не такі процесори як в комп'ютері, а мікропроцесори і навіть мікроконтролери.

Так що ж таке мікроконтролер і чим відрізняється від власне процесора або це зовсім різні електронні компоненти?

Великі інтегральні мікросхеми або мікросхеми з великим ступенем інтеграції і є процесори. Мікропроцесори, по суті ті ж процесори, але через приставки «мікро» визначається їх суть, що вони менше своїх «великих» побратимів. У свою історичну час процесор зі своїм розміром міг займати не одну кімнату, впору їх назвати як вимерлих динозаврів макро–процесорами, щоб і їх якось упорядкувати в сучасному поданні про електроніку.

Зменшений в габаритах і скомпонований процесор займає менше місця і його можна помістити в більш компактний виріб, це і є мікропроцесор. Але сам процесор мало що здатний робити, окрім як дані пересилати між регістрами і здійснювати якісь арифметичні і логічні дії над ними.

Щоб мікропроцесор міг переслати дані в пам'ять, ця сама пам'ять повинна бути присутнім або на самому кристалі, на якому знаходиться сам процесорний елемент, або підключатися до зовнішньої оперативної пам'яті виконаної у вигляді окремого кристала або модуля.

Крім пам'яті процесор повинен взаємодіяти з зовнішніми пристроями - периферією. Інакше який користі можна очікувати від роботи процесора, що переміщує і переміщує дані туди–сюди. Сенс виникає тоді, коли процесор взаємодіє з пристроями введення-виведення. У комп'ютера це клавіатура,

маніпулятор миша і пристрої відображення як дисплей, опціонально – принтер і, наприклад, сканер знову ж для введення інформації.

Щоб керувати пристроями введення-виведення, неодмінно необхідні відповідні буферні схеми та елементи. На їх основі реалізуються інтерфейсні так звані апаратні засоби. Способи взаємодії з інтерфейсними елементами припускають наявність схем портів введення-виведення, дешифраторів адреси і формувачів шин з буферними схемами, для збільшення навантажувальної здатності мікропроцесора.

Інтеграція процесора з усіма необхідними додатковими елементами, для того щоб вони виливалося в якийсь завершений конструктив і призводить до утворення мікроконтролера. Мікросхема або Мікроконтролерні чіп реалізує на одному кристалі процесор і інтерфейсні схеми.

Самодостатній чіп, який містить практично все, щоб цього вистачало для побудови закінченого виробу і є приклад типового мікроконтролера. Наприклад наручний електронний годинник або годинник–будильник мають всередині мікроконтролер, який реалізує всі функції такого пристрою. Окремі периферійні пристрої підключаються безпосередньо до ніжок мікросхеми мікроконтролера, або спільно використовуються додаткові елементи або мікросхеми малої або середньої ступені інтеграції.

Мікроконтролери широко використовуються у виробках які містять всю систему цілком виключно в одній мініатюрної мікросхемі, часто званої Мікроборки. Наприклад «чиповая» кредитна картка містить мікроконтролер всередині в пластиковій основі. Пігулка домофона так само всередині себе містить мікроконтролер. І прикладів використання і застосування мікроконтролерів настільки великий в сучасному світі, що легко виявити наявність контролера в будь–якому мало–мальськи інтелектуальному пристрої від дитячої іграшки до бездротової гарнітури стільникового телефону.

## 1.2 Розвиток мікроконтролерів

Мікро–ЕОМ – головний крок масового застосування комп'ютерної автоматизації в галузі управління. Так як в автоматизації основне завдання контроль і регулювання параметрів, то термін «контролер» закріпився і в цьому середовищі.

Після перебудови почався активний імпорт обчислювальної техніки, і назва «однокристална мікро–ЕОМ» була витіснена словом «Мікроконтроллер» (докладніше про те, чим мікроконтролер відрізняється від мікропроцесора дивіться тут – Призначення і пристрій мікроконтролерів).

А перший патент в СРСР на однокристалних мікро-ЕОМ був виданий в 1971 році М. Кочрену і Г. Буну, з Texas Instruments. З цього часу на кристалі кремнію крім процесора розміщували ще пам'ять, і додаткові пристрої.

Кінець сімдесятих – це нова хвиля конкуренції між Intel і Motorola. Причиною цього стали дві презентації, а саме в 76 році Intel випустила i8048, а Motorola, тільки в 78 – mc6801, який був сумісний з ранимий мікропроцесором mc6800.

Через 4 роки, до 80 року, Intel випускає популярні і досі МК i8051. Це було зародження великої родини, яка живе і досі. Провідні світові виробники випускають на цій архітектури сильно модифіковані мікроконтролери для широкого спектра задач.

Для свого часу він мав великі 128 000 транзисторів. Це в чотири рази перевищувало кількість в i8086 процесорі. [1]

У 2020 році, і останні десятиліття найбільш поширені такі види мікроконтролерів:

- 8-бітові мікроконтролери PIC фірми Microchip Technology і AVR фірми Atmel;
- 16-бітові MSP430 фірми TI;

- 32-бітові мікроконтролери, архітектури ARM. Вона продається розробниками різним фірмам, на базі якої випускається маса різних продуктів.

У Радянському союзі техніка не стояла на місці. Вчені не тільки копіювали найбільш вдалі і цікаві закордонні розробки, а й займалися розробкою унікальних проектів. Таким чином до 1979 року в НДІ ТТ була розроблена К1801BE1, ця мікроархітектура називалася «Електроніка НЦ» і мала 16 розрядів.

### 1.3 Відмінності мікроконтролерів

Мікроконтролери можна розділити за такими критеріями:

- розрядність;
- система команд;
- архітектура пам'яті.

Розрядність – це довжина одного слова оброблюваного контролером або процесором, чим вона більша, тим швидше мікроконтролер може обробити великі масиви даних, але такий підхід не завжди справедливий, для кожного завдання висуваються індивідуальні вимоги, як за швидкістю, так і за способом обробки, наприклад, застосування 32-х розрядного ARM мікропроцесор для роботи в простих пристроях, що оперують з 8 бітними словами може бути не обгрунтоване як по зручності написання програми і обробки інформації, так і по собі вартість. [2]

Однак, за статистикою на 2020 рік, вартість таких контролерів активно знижується, і, якщо так триватиме і далі – він буде дешевше найпростіших PIC контролерів, при наявності набагато більшому наборі функцій. Не зрозуміло тільки одне - це маркетинговий хід і зниження ціни, або реальний технологічний прогрес.

Розподіл відбувається на:

- 8-біт;
- 16-біт;
- 32-біта;

– 64-біта.

Розподіл за типом системи команд:

– RISC-архітектура, або скорочена система команд. Орієнтована на швидке виконання базових команд за 1, рідше 2 машинних циклу, а також має велику кількість універсальних регістрів, і довший спосіб доступу до постійної пам'яті. Архітектурна характерна для систем під управління UNIX;

– CISC-архітектура, або повна система команд, характерна пряма робота з пам'яттю, більше число команд, мале число регістрів (орієнтована на роботу з пам'яттю), тривалість команд від 1 до 4 машинних циклів. Приклад – процесори Intel.

Розподіл за типом пам'яті:

1. Архітектура Фон–Неймана - основна риса загальна область пам'яті для команд і даних, при роботі з такою архітектурою в результаті помилки програміста дані можуть записатися в область пам'яті програм і подальше виконання програми стане неможливим. Пересилання даних і вибірка команди не може здійснюватися одночасно з тих же причин. Розроблено в 1945 році.

2. Гарвардська архітектура – роздільна пам'ять даних і пам'ять програм, використовувалася в перші на комп'ютерах сімейства Mark. Розроблено в 1944 році.

В результаті впровадження мікропроцесорних систем розміри пристроїв знизилися, а функціонал збільшився. Вибір архітектури, розрядності, системи команд, структури пам'яті – впливає на кінцеву вартість пристрою, оскільки при одиничному виробництві різниця в ціні може бути не значно, але при тиражуванні – більш ніж відчутною. [2]

В ході дослідження мікроконтролерів було виявлено, що найбільш популярними, доступними, а також багатофункціональними за невелику ціну є мікроконтролери Arduino, Lolin та ARM Stm32.

## 2 МІКРОКОНТРОЛЕР LOLIN (NODEMCU V3 ТА ESP-WROOM-32)

### 2.1 Загальна інформація

LoLin NodeMcu v3 на базі ESP8266-це мікроконтролер і WiFi модуль одночасно. LoLin NodeMcu v3 використовується для програмування, контролю, управління в різних проектах, в яких потрібно використання мікроконтролерів або можливе підключення до програмного забезпечення, що виконується на комп'ютері.

LoLin NodeMcu v3 поставляється на платі з гніздом microUSB і перетворювачем USB – UART CH340G, тому тепер можна не використовувати зовнішні перетворювачі USB – UART і ламати голову щодо великого споживання чіпа ESP8266.

На базі node MCU можна створити "розумний будинок", налаштувавши управління світлом або вентиляцією через телефон, реєстрацію показань датчиків і багато іншого.

Існує кілька поколінь плат NodeMcu-V1(версія 0.9), V2 (Версія 1.0) і V3 (Версія 1.0). Позначення V1, V2, V3 використовуються при продажу в інтернет-магазинах. Нерідко відбувається плутанина в платах-наприклад, V3 зовні ідентична V2. Також всі плати працюють за принципом open-source, тому їх можуть виробляти будь-які фірми. Але в даний час виробництвом плат NodeMcu займаються Amica, DO IT і LoLin/Webos.

Плати покоління V1 і V2 легко відрізнити – вони володіють різним розміром. Також друге покоління оснащено поліпшеною модифікацією чіпа ESP-12 і 4 Мб флеш-пам'яті. Перша версія, застаріла, виконана у вигляді яскравої жовтої платформи. Використовувати її незручно, так як вона покриває собою 10 виходів макетної плати.

Плата другого покоління зроблена з виправленням цього недоліку - вона стала більш вузькою, виходи добре підходять до контактів плати.

Плати V3 зовні нічим не відрізняються від V2, вони володіють більш надійним USB–виходом. Випускає плату V3 фірма LoLin, з відмінностей від попередньої плати можна відзначити те, що один з двох зарезервованих виходів використовується для додаткової землі, а другий – для подачі USB живлення. Також плата відрізняється більшим розміром, ніж попередні види.

## 2.2 Характеристики NodeMCU V3

Основні характеристики NodeMCU V3:

- процесор 32–бітний;
- WiFi – 802.11 b/g/n;
- напруга живлення 3,3 В;
- зовнішнє живлення 3.6-20 В;
- вбудований стек TCP / IP;
- діапазон робочих температур від–40С до 125С;
- струм споживання: режим передачі даних– 200 мА, режим прийому даних-60 мА;
- підключення до комп'ютер-вхід microUSB;
- має вбудовану flash пам'ять 4 Мб;
- підтримка в базовій прошивці інтерпретатора Lua;
- можливість оновлення прошивки по Wi-Fi;
- час пробудження і відправки пакетів 22 м с;
- вбудовані TR перемикач і PLL;
- наявність підсилювачів потужності, регуляторів, систем управління живленням.

Розмір плати NodeMCU – 6 \* 3 см. Плата досить компактна, це дозволяє використовувати її в більшій кількості проектів. "Ноги" NodeMCU розташовані так, що її без проблем можна встановити в макетну плату (breadboard).

На лицьовій частині плати роз'єм MicroUSB, за допомогою якого в контролер заливати скетчі або подають живлення від powerbank–А або комп'ютера.

Поруч з роз'ємом розташовуються дві кнопки:» Flash «i»Reset". Кнопка "Flash" використовується для налагодження, а кнопка «Reset» для перезавантаження плати.

Найбільше місця на платі займає чіп ESP8266, на якому встановлений мікропроцесор з тактовою частотою 80 МГц (можна розігнати до 160 МГц). Плата має 4 мегабайти Flash–пам'яті.

Для живлення на плату можна подавати напругу від 5 до 12 В, але рекомендується від 10 В. можна жити як від MicroUSB, так і від контакту Vin (від 5В.). Також існують додаткові плати розширення для зручного живлення модулів.

Плата споживає невелику кількість енергії. Це дозволяє використовувати її з автономним живленням.

NodeMCU має 11 портів вводу-виводу загального призначення (рис. 3.1).

Деякі з портів мають додаткові функції:

- D9, D10 — UART
- D1, D2 — I<sup>2</sup>C/TWI
- D5–D8 — SPI
- D1 — D10-виходи з ШІМ (PWM)
- A0–аналоговий вхід з АЦП.

Спеціальні функції і інтерфейси:

1. A0 ... A19 – аналого–цифровий перетворювач (АЦП1, АЦП2). Допустиме вхідна напруга 0-3.3 В, діапазон перетворених значень в інтервалі 0–4095, 12-біт. За умови активної WiFi-зв'язку, контакти АЦП2 не можуть бути задіяні як аналогові.

2. DAC1, DAC2 – цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП1, ЦАП2). Висновки генерують на контактах плати виходить аналогове напруга, заданий на програмному рівні значеннями змінних в проміжку від 0 до 255, розрядність 8–біт.

3. UART – інтерфейс асинхронної послідовної шини, до складу якого входять основні лінії прийому інформації RX, передачі TX, а також службові лінії запиту на відправку даних RTS і дозволу відправки даних CTS. З 3х існуючих в ESP32 UART-інтерфейсів доступні тільки UART0 і UART2. Кожна лінія може бути змінена користувачем на будь-який GPIO.

4. За замовчуванням, в Arduino IDE зумовлена одна UART0-шина з контактами GPIO1 (TX) і GPIO3 (RX).

5. I2C / PC – двонаправлений послідовний інтерфейс, що складається з ліній даних SDA і тактирування SCL. Дозволяє комутувати на одній шині від одного до декількох паралельно підключених зовнішніх датчиків, сенсорів, дисплеїв і т.д. в режимах головний або периферійний. Кожен пристрій має володіти унікальною адресою для звернення. ESP32 має 2 апаратних інтерфейсів I2C, перепризначуваних користувачем на будь-який GPIO.

6. За замовчуванням, в середовищі розробки Arduino IDE передбачена одна I2C-шина з контактами GPIO22 (SCL) і GPIO21 (SDA).

7. SPI – шина послідовного периферійного інтерфейсу (HSPI, VSPI), що налаштовується для підключення зовнішніх пристроїв в режимах головний і ведений. Кожна шина складається з основних ліній: передачі даних від головного до веденого MOSI і від веденого до головного MISO, тактирування CLK і вибору периферії CS0. До складу SPI входять службові висновки QUADWP і QUADHD.

8. I2S – інтерфейс електричної шини, застосовуваний для комутації цифрових стерео аудіо пристроїв з послідовною шиною, а також відеокамер і дисплеїв з паралельною шиною. Служить для збору, обробки і передачі звукової інформації, або для прийому / передачі інформації. ESP-WROOM-32 містить 2 шини протоколу I2S, кожна лінія окремої шини (DATA, BCK, WS, SYNC, ENABLE) може бути змінена користувачем на будь-який GPIO. Лінії синхронізації I2S0 і I2S1 розподілені на контакти з позначенням CLK\_OUT1–3.

9. Touch0 ... 9 – контакт ємнісного сенсорного датчика. Реагує на зміну ємності в електричному ланцюзі виведення, викликаній дотиком людини або

об'єкта до відповідного контакту. Може служити джерелом пробудження ESP–WROOM–32 з режимів сну.

10. SD / SDIO / MMC - хост–інтерфейс (HS2), що підтримує карти пам'яті стандарту SD V3.01

11. SDIO / SPI – периферійний інтерфейс (SD), що підтримує промислові карти пам'яті з специфікацією SDIO 2.0.

12. PWM (ШИМ) – цифрова широтно–імпульсна модуляція сигналу, керована на програмному рівні. Будь–який контакт GPIO, представлений в WROOM–32, підтримує ШИМ.

13. Ethernet MAC (EMAC) – інтерфейси MII / RMII управління доступом до середовища (MAC), сумісну з IEEE–802.3–2008. Для підключення до фізичної шини LAN (скручена пара, волокно і т.д.), процесору ESP32 потрібний зовнішнє PHY–пристрій фізичного інтерфейсу. PHY підключається через 17–сигнальний інтерфейс MII або 9–сигнальний інтерфейс RMII.

### 2.3 Переваги LoLin

Переваги даної плати на основі модуля ESP8266 – це:

1. На платі присутній інтерфейс UART-USB з роз'ємом мікро USB, що дозволяє підключати його до комп'ютера без перехідників.

2. Вона має висновки для всіх доступних контактів ESP8266. А це 11 портів вводу–виводу загального призначення, деякі з яких мають додаткові функції (рис. 2.1).

3. По-третє, на даній платі встановлена прошивка, яка може інтерпретувати команди скриптового мови Lua. Lua–це вбудована мова сценаріїв, яка є маленькою, швидкою та дуже потужною.

За допомогою команд Lua для NodeMCU можна виконувати наступні дії:

- використання плати в якості WiFi точки доступу;
- підключатися (в тому числі і автоматичне) до точки доступу Wi Fi;
- режим зниженого енергоспоживання (догляд в сон);
- перенаправляти висновок;

- виконувати операції зі списком файлів в flash–пам'яті;
- управління користувальницьким таймером і таймером WatchDog;
- управління GPIO1 висновками;
- створення веб-сервера;
- обмінюватися даними I2C — пристроями;
- зчитувати дані на виході АЦП.

Можна не тільки виконувати команди Lua в терміналі але і створювати файли в flash–пам'яті ESP8266 і викликати їх на виконання.

Передбачено три варіанти використання в бездротовому режимі: Клієнт (STA), Точка доступу (AP), клієнт+Точка доступу (STA+AP). Контролер LoLin NodeMcu v3 оснащений PCB антеною, при цьому відстань прийому / передачі в ідеальних умовах 400 м.

Контролер LoLin NodeMcu v3 підтримує функцію OTA оновлення прошивки «по повітрю».

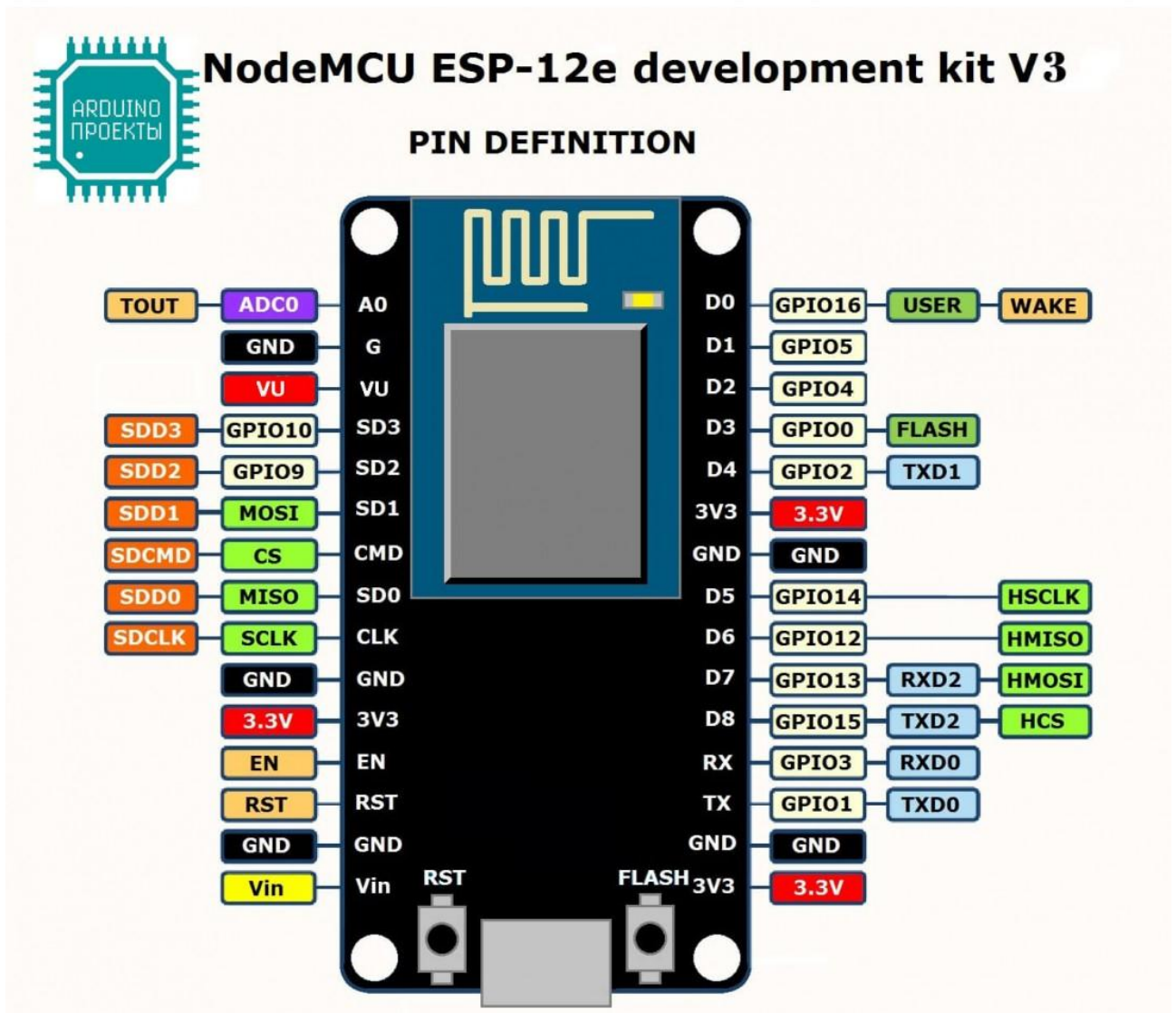


Рисунок 2.1 - Розпіновка NodeMcu v3

## 2.4 Мікроконтролер WeMos Lolin32 ESP-WROOM-32

Якщо ми говоримо про Lolin, то найбільш новою та зручною буде WeMos Lolin32 ESP-WROOM-32, на якій можна побудувати дійсно гарний проект. На момент написання атестаційної роботи дістати її немає змоги, але можна розглянути її характеристики та управління нею.

Технічні характеристики:

1. Модель: Wemos Lolin32 v1.0.0.
2. Харчування: 5 В / 3.7 В від зовнішньої батареї.

3. Робоча напруга: 3.3 В.
4. Струм: до 500 мА.
5. Контролер: ESP-WROOM-32, 2-ядерний процесор ESP32-D0WDQ6 на основі 32-бітових Xtensa LX6 з низьким енергоспоживанням.
6. Тактова частота: до 240 МГц.
7. Внутрішня пам'ять:
  - 448 Кбайт ПЗУ для завантаження і базових функцій;
  - 520 Кбайт статичної ОЗУ для даних і інструкцій;
  - 8 Кбайт швидкої статичної ОЗУ для домену харчування реального часу (RTC), доступною через головний процесор під час завантаження з режиму глибокого сну;
  - 8 Кбайт повільної статичної ОЗУ для домену харчування реального часу (RTC), доступною через співпроцесор в режимі глибокого сну;
  - 1 Кбіт eFuse, 256 біт зайняті системою (MAC-адресу та налаштування чіпа), 768 біт для призначених для користувача додатків, включаючи флеш-шифрування і ідентифікатор мікросхеми (chip-ID).
8. Вбудована пам'ять:
  - 32 Мбіт / 4 МБайт ПЗУ, 40МГц.
9. Діапазон радіочастот: 2.4ГГц–2.5ГГц (2412М–2484М)
10. WiFi:
  - Клієнт, Точка доступу, Клієнт + Точка доступу (station, softAP, station + softAP);
  - протоколи WiFi: 802.11 b / g / n, до 150 Мбіт / сек;
  - вихідна потужність в режимі 802.11b: +20.5 dBm;
  - підтримка WiFi MAC;
  - технологія STBC 2x1;
  - антена: РСВ, розлучена на платі у вигляді доріжки.
11. Bluetooth:
  - версія 4.2 BR / EDR і BLE специфікації;
  - потужність передавального сигналу: + 12dBm;

- NZIF–приймач з чутливістю  $-97\text{dBm}$ ;
  - адаптивна форма стрибкоподібної перебудови частоти (AFH);
  - class–1, class–2 і class–3 передавач без зовнішнього підсилювача потужності;
  - підтримка мульти–з'єднань в режимах класичного BT і BLE;
  - підтримка многорангових з'єднань Piconet і Scatternet;
  - підтримка голосових кодеків CVSD і SBC;
12. Шифрування: WAPI, WEP, TKIP, AES, SHA–2, RSA, ECC.
13. Висновки загального призначення (вхід / вихід, GPIO): 26.
14. Аналогові входи (АЦП): 12, 12–біт.
15. Аналогові виходи (ЦАП): 2, 8–біт.
16. Максимальний струм на контакт загального призначення: 12 мА, рекомендований 6 мА.
17. Інтерфейси: GPIO, UART, I2C, I2S, SPI, PWM, Touch, Ethernet MAC, SDcard, SDIO, IrDA.
18. Швидкість передачі даних UART: до 5 Мбіт / сек.
19. Вбудований перемикач прийому / передачі, узгоджувальний високочастотний трансформатор, підсилювач потужності.
20. Вбудовані блоки: узгодження мережі, фазового автопідстроювання частоти, управління живленням, блоки регулювання.
21. Вбудовані: датчик Холла, ємнісний датчик дотиків.
22. Підтримка Arduino, NodeMCU, MicroPhyton, ESP-IDF.
23. Підтримка файлових систем SPIFFS, FATFS.
24. Підтримка Програмних наборів розробки (SDK), оновлення прошивки по UART / OTA.
25. Програмований світлодіод виведення GPIO5.
26. Автономне живлення:
- контролер заряду зовнішньої батареї: LTC4054;
  - струм заряду: 500 мА;
  - індикатор режиму заряду;

- сумісні батареї: літій-полімерна (Li-pol), літій-іонна (Li-ion);
- роз'єм підключення: PH-2, 2.0 мм;

27. Крок між контактами: 2.54 мм.

28. Розміри: 58 x 25.4 x 7.7 мм.

29. Вага: 5.8гр.

Мікросхема ESP32 підготовлена розробниками з Espressif Systems до декількох робочих режимів, залежних від особливостей конструюваного виробу і способів його енергопостачання. Володіючи надійним зовнішнім джерелом постійного стабільного напруги, контролер може вільно функціонувати в повноцінному активному режимі. З іншого боку, автономне або аварійне живлення від акумуляторної батареї, змушує замислюватися про максимальне і ефективне енергозбереження, безпосередньо пов'язаним з тривалістю роботи платформи Wemos Lolin32. Для подібних цілей, в кристалі ESP32 розміщений співпроцесор з ультранизьким енергоспоживанням (ULP-співпроцесор) і передбачені наступні режими:

1. Активний режим – блоки радіопередавачів постійно включені, чіп може передавати і приймати дані, або вести постійне Радіоспостереження. Струм споживання становить 95–240 мА.

2. Режим сплячого модему - функціонують всі можливості чіпа ESP32, за винятком блоків радіопередавачів WiFi і Bluetooth. Частота процесора автоматично регулюється в залежності від завантаженості ядра і використовуваної периферії. Струм знижується до 20-68 мА.

3. Режим легкого сну – процесор ESP32 зупинений, при цьому пам'ять і периферія домену харчування реального часу RTC, а також ULP-співпроцесор, знаходяться в робочому стані. Вихід з режиму сну заснований на виникненні будяць подій (MAC, хост, таймер RTC або зовнішні переривання). Сила робочого струму в режимі легкого сну не перевищує 0.8 мА.

4. Режим глибокого сну - напруга отримують тільки пам'ять і периферія (RTC\_GPIO, RTC\_I2C) домену харчування реального часу RTC, включаючи ULP-співпроцесор. Всі інші елементи ESP32 знеструмлені. Налаштування

з'єднань WiFi і Bluetooth зберігаються в пам'яті RTC. Енергоспоживання знижується до 10–150 мкА.

5. Режим глибокого сну - вбудований кварцовий генератор на 8 МГц, ULP-співпроцесор і пам'ять домену RTC відключені від живлення. Залишаються активними таймер RTC і деякі контакти RTC GPIO, за допомогою яких можливе повернення із сплячого режиму. Робочий струм в режимі глибокого сну становить всього 5 мкА.

Спеціальні функції і інтерфейси:

A0 ... A19 – аналого-цифровий перетворювач (АЦП1, АЦП2). Допустиме вхідна напруга 0-3.3 В, діапазон перетворених значень в інтервалі 0–4095, 12–біт. За умови активної WiFi–зв'язку, контакти АЦП2 не можуть бути задіяні як аналогові.

DAC1, DAC2 – цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП1, ЦАП2). Висновки генерують на контактах плати виходить аналогове напруга, заданий на програмному рівні значеннями змінних в проміжку від 0 до 255, розрядність 8–біт.

UART – інтерфейс асинхронном послідовної шини, до складу якого входять основні лінії прийому інформації RX, передачі TX, а також службові лінії запиту на відправку даних RTS і дозволу відправки даних CTS. З 3х існуючих в ESP32 UART–інтерфейсів доступні тільки UART0 і UART2. Кожна лінія може бути змінена користувачем на будь-який GPIO.

За замовчуванням, в Arduino IDE зумовлена одна UART0-шина з контактами GPIO1 (TX) і GPIO3 (RX).

I2C / IIC – двонаправлений послідовний інтерфейс, що складається з ліній даних SDA і тактирування SCL. Дозволяє комутувати на одній шині від одного до декількох паралельно підключених зовнішніх датчиків, сенсорів, дисплеїв і т.д. в режимах головний або периферійний. Кожен пристрій має володіти унікальною адресою для звернення. ESP32 має 2 апаратних інтерфейсу I2C, перепризначуваних користувачем на будь-який GPIO.

За замовчуванням, в середовищі розробки Arduino IDE передбачена одна I2C–шина з контактами GPIO22 (SCL) і GPIO21 (SDA).

SPI – шина послідовного периферійного інтерфейсу (HSPI, VSPI), що настраюється для підключення зовнішніх пристроїв в режимах головний і ведений. Кожна шина складається з основних ліній: передачі даних від головного до веденого MOSI і від веденого до головного MISO, тактирування CLK і вибору периферії CS0. До складу SPI входять службові висновки QUADWP і QUADHD.

I2S – інтерфейс електричної шини, застосовуваний для комутації цифрових стерео аудіо пристроїв з послідовною шиною, а також відеокамер і дисплеїв з паралельною шиною. Служить для збору, обробки і передачі звукової інформації, або для прийому / передачі інформації. ESP-WROOM-32 містить 2 шини протоколу I2S, кожна лінія окремої шини (DATA, BCK, WS, SYNC, ENABLE) може бути змінена користувачем на будь-який GPIO. Лінії синхронізації I2S0 і I2S1 розподілені на контакти з позначенням CLK\_OUT1–3.

Touch0 ... 9 – контакт ємнісного сенсорного датчика. Реагує на зміну ємності в електричному ланцюзі виведення, викликаної дотиком людини або об'єкта до відповідного контакту. Може служити джерелом пробудження ESP-WROOM-32 з режимів сну.

SD / SDIO / MMC – хост-інтерфейс (HS2), що підтримує карти пам'яті стандарту SD V3.01.

SDIO / SPI – периферійний інтерфейс (SD), що підтримує промислові карти пам'яті з специфікацією SDIO 2.0.

PWM (ШИМ) – цифрова широтно-імпульсна модуляція сигналу, керована на програмному рівні. Будь-який контакт GPIO, представлений в WROOM-32, підтримує ШИМ.

Ethernet MAC (EMAC) – інтерфейси MII / RMII управління доступом до середовища (MAC), сумісну з IEEE-802.3-2008. Для підключення до фізичної шини LAN (скручена пара, волокно і т.д.), процесору ESP32 потрібний зовнішній PHY-пристрій фізичного інтерфейсу. PHY підключається через 17-сигнальний інтерфейс MII або 9-сигнальний інтерфейс RMII.

Вбудована SPI флеш-пам'ять 4 Мбайт контролера ESP-WROOM-32 апаратно прив'язана до 6 прихованих контактам (GPIO6–GPIO11), висновки

яких відсутні на платі Wemos Lolin32. Не рекомендується використовувати ці контакти або перепризначувати їх на інші функції.

Приклади демонструють способи бездротового підключення, за допомогою яких можна керувати над вбудованим світлодіодом контакту GPIO5.

У першому прикладі створюється простий веб-сервер. Після підключення до заданої точки WiFi, в послідовний порт виводиться IP-адреса, присвоєний Wemos Lolin32, і програма очікує входить команди. На будь-якому смартфоні, планшеті або ПК, підключеним до тієї ж WiFi-мережі, у разі переходу на веб-сторінку з отриманим IP-адресою (наприклад, 192.168.0.104), що відображає текстові команди включення і відключення світлодіода.

Принцип управління заснований на зчитуванні певної команди, переданої слідом за IP-адресою, під час кожного нового клієнтського звернення до сервера. Якщо команда не задана при зверненні, вона автоматично підставляється в кінець рядка натисканням відповідної текстової команди у вікні веб-сторінки, після чого зв'язок з клієнтом розривається.

#### ESP32\_SimpleWiFiServerLedBlink.ino

У другому прикладі показаний метод з'єднання по Bluetooth. Скетч визначає MAC-адресу ESP32 і виводить його значення в послідовний порт, чекаючи команду від клієнта. Сполучення із зовнішнім Bluetooth-пристроєм виконується вручну (наприклад, в настройках Bluetooth-з'єднання смартфона або планшета). Управління світінням світлодіода задається цифровою командою "1" або "0", відправленої з програми Bluetooth Terminal (завантажується з Google Play).

#### ESP32\_SimpleBluetoothLedBlink.ino

### 3.5 Внутрішня пам'ять Wemos Lolin32, файлові системи SPIFFS і FATFS

Плата Lolin32 Wemos оснащена мікросхемою SPI-пам'яті 4 Мегабайт (32 мегабіта). Пам'ять потрібна для зберігання фірмового ПО (прошивки) і виконуваного коду. Розподіл пам'яті на розділи безпосередньо залежить від розміру програмного забезпечення, що кількості бібліотек, що підключаються, необхідність створення файлової системи або області OTA (оновлення по повітрю).

За бажанням користувача, величина кожного з розділів може бути змінена, але їх сумарний розмір не повинен перевищувати загального доступного простору фізичної пам'яті.

Файлова система SPIFFS розміщується в окремо створюваному розділі і дає користувачеві можливість зберігати в своїй незалежній області різні дані: текстові файли з даними скетчу, файли різних налаштувань, графічні файли і готові веб-сторінки для веб-сервера, і так далі. В цілому, файлова система SPIFFS дуже схожа на аналогічні системи, реалізовані в ПК.

З її допомогою здійснюються різноманітні дії над будь-яким з файлів: створення, відкриття для зчитування або запису, видалення і перейменування. У випадку з налаштуванням на сумісність з платою Wemos Lolin32, середовище програмування Arduino IDE (1.8.10) з передвстановленим доповненням підтримки ESP32 (v1.0.4) пропонує на вибір скромний набір схем розподілу розділів:

1. За замовчуванням – 1.2 Мбайт під прошивку і скетч, 1.5 Мбайт для файлової системи.
2. No OTA (Large APP) – 2 Мбайт під скетч і прошивку, 2 Мбайт для роботи з файлами.
3. Minimal SPIFFS (Large APPS with OTA) – 1.9 Мбайт / 170 Кбайт відповідно.

Більш широкий список схем розподілу пам'яті розкривається при вказівці в налаштуваннях редактора сумісність з платою ESP Dev Module.

Переносити дані в файлову систему можна прямо з середовища розробки Arduino IDE, попередньо встановивши додаток "Завантажувач даних скетчу для ESP32".

Образ файлової системи формується завантажувачем Arduino IDE як єдине ціле, виключаючи можливість наступною частковою записи або видалення.

В ході дослідження мікроконтролерів Lolin було виявлено, що найбільш ефективною та функціональною є платформа Wemos Lolin32. В цей же час найбільш доступною по ціні є платформа Lolin NodeMcu v3. Вона і була обрана для створення проекту.

## 3 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗБОРУ ДАНИХ

### 3.1 Збір даних

Збір даних – це процес збору інформації та вимірювання цільових показників в сформованій системі, який згодом дозволяє відповісти на актуальні питання і оцінити отримані результати. Збір даних є частиною досліджень у всіх областях пізнання, включаючи фізику, громадські науки, гуманітарні науки [5] і бізнес. Хоча методи різні для різних дисциплін, упор на забезпечення точної і правдивої інформації залишається тим же самим. Метою всього збору даних є отримання свідчення про якість даних, що дозволяє при аналізі дати переконливі і надійні відповіді на поставлені питання.

Система має на увазі збір і обробку інформації з залученням людини, в неї додаються всілякі реєстратори, які дають можливість отримувати дані безпосередньо з об'єктів. Наприклад, сюди можна віднести різні датчики, таймери, лічильники вироблених деталей та інше аналогічне обладнання. також встановлюються автоматичні реєстратори відхилень у виробничому процесі, які фіксують і передають в систему управління інформацію про відсутність матеріалів, інструментарію, а також помилки роботі обладнання.

До засобів виведення даних відносяться всі пристрої, що дозволяють вивести інформацію в зручному для людини вигляді. Наприклад, різні монітори, які друкують пристрої, термінали, індикатори та ін. Ці пристрої пов'язані з центральним процесором обчислювальної машини і здатні надавати інформацію в реальному часі, через задані проміжки часу, або за запитом користувача або при виникненні позаштатної ситуації.

До складу технічної бази автоматизованих систем управління також входять різні види оргтехніки, контрольно-вимірювальні та облікові прилади, що забезпечують штатний функціонування основних технічних вузлів. Структура сучасної промислової системи автоматизованого управління приведена на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Структура сучасної промислової системи автоматизованого управління виробництвом.

Незалежно від галузі вивчення або переваг при визначенні даних (якісних або кількісних), ретельний збір даних є суттєвою складовою для цілісності дослідження. Вибір відповідних інструментів збору даних (існуючі, модифіковані або спеціально розроблені), а також ясно певні інструкції щодо правильного застосування інструментів скорочують можливість виникнення помилок.

Формальний процес збору даних необхідний, оскільки це забезпечує визначеність, точність отриманих даних і вірність висновків, заснованих на цих даних. Процес збору забезпечує як точку відліку для вимірювань, так і деякі вказівки, які можна поліпшити.

Наслідком неправильно зібраних даних може бути:

1. Неможливість точно відповісти на питання дослідження.
2. Неможливість повторити і перевірити дослідження.

Спотворені результати призводять до розтрати ресурсів і можуть повести інших дослідників в непотрібному напрямку пошуку. Це може також дискредитувати рішення, наприклад, в області державної політики, що може викликати невідповідних шкоди [7].

### 3.2 Система збору даних

Система збору даних (СЗД; Data acquisition, DAS, DAQ) – комплекс засобів, призначений для роботи спільно з персональним комп'ютером, або спеціалізованої ЕОМ і здійснює автоматизований збір інформації про значення фізичних параметрів в заданих точках об'єкта дослідження з аналогових та / або цифрових джерел сигналу , а також первинну обробку, накопичення і передачу даних.

Спільно з персональної ЕОМ, оснащеної спеціалізованим програмним забезпеченням, система збору даних утворює інформаційно-вимірювальну систему (ІВС). ІВС – це багатоканальний вимірювальний прилад з широкими можливостями обробки і аналізу даних.

На основі ІВС можуть бути побудовані різні автоматизовані системи управління (АСУ), серед яких: інформаційно-логічні комплекси (їх називають АСУ технологічними процесами – АСУ ТП), інформаційно-обчислювальні комплекси (автоматизована система наукових досліджень – АСНИ), інформаційно-діагностичні комплекси і інформаційно-контролюючі системи.

За способом сполучення з комп'ютером системи збору даних можна розділити на:

1. СЗД на основі вбудованих плат збору даних зі стандартним системним інтерфейсом (найбільш поширений інтерфейс PCI).
2. СЗД на основі модулів збору даних із зовнішнім інтерфейсом (RS–232, RS–485, USB).
3. СЗД, виконані у вигляді крейти (магістральної-модульні СЗД – КАМАК, VXI).
4. Групи цифрових вимірювальних приладів (ЦПП) або інтелектуальних датчиків. Для їх організації застосовуються інтерфейси: GPIB (IEEE–488), 1–wire, CAN, HART.

За способом отримання інформації СЗД діляться на:

- скануючі;
- мультиплексні (мультиплексорні, іноді говорять «багатоточкові»);
- паралельні;
- мультипліковані.

Останній тип СЗД практично не використовується в силу свого виключно низької швидкодії. Єдине достоїнство СЗД цього типу – відносна простота – повністю нівелюється сучасними технологіями виготовлення інтегральних схем.

Скануючий принцип побудови СЗД використовується там, де треба виміряти поле розподілу параметрів: тепловізор, апарат УЗД, томограф використовують для отримання первинної інформації саме СЗД скануючого типу.

Паралельними системами збору даних слід вважати СЗД на основі інтелектуальних датчиків (ВД). Кожен ВД суть одноканальна СЗД із спеціалізованим інтерфейсом. Історично першими паралельними СЗД були СЗД, де у кожного датчика «особистим» був тільки АЦП, а збір і обробка даних здійснювалася многопроцесорной ЕОМ. [8]

В даний час для збору і обробки вимірювальної інформації як правило цілком вистачає обчислювальних характеристик «звичайної» ЕОМ. Паралельні системи поки ще не витісняють мультиплексорні, в силу своєї апаратною надмірності. Однак в ряді випадків паралельний принцип привабливий: коли є недорогі готові ВД і недорогий канал зв'язку (наприклад система на інтерфейсі

1–Wire) або при невеликому числі каналів (випускаються зчетверені сигма–дельта АЦП) і т. п.

Мультиплексна (мультиплексорного) СЗД має на кожен вимірювальний канал індивідуальні засоби аналогової обробки сигналу і загальний для всіх каналів блок аналого–цифрового перетворення (крім самого АЦП в нього обов'язково входить «антиаліасінговий» ФНЧ, пристрій вибірки зберігання, опціонально – схема захисту і схема формування знакового розряду). Найбільшого поширення в даний час мають саме мультиплексні системи збору даних.

Типова система збору даних є мультиплексною і містить в собі такі вузли: датчики, аналоговий комутатор, вимірювальний підсилювач, аналого-цифровий перетворювач, контролер збору даних, модуль інтерфейсу.

Також СЗД часто оснащуються цифровими лініями введення–виведення і цифро–аналоговим перетворювачем (ЦАП).

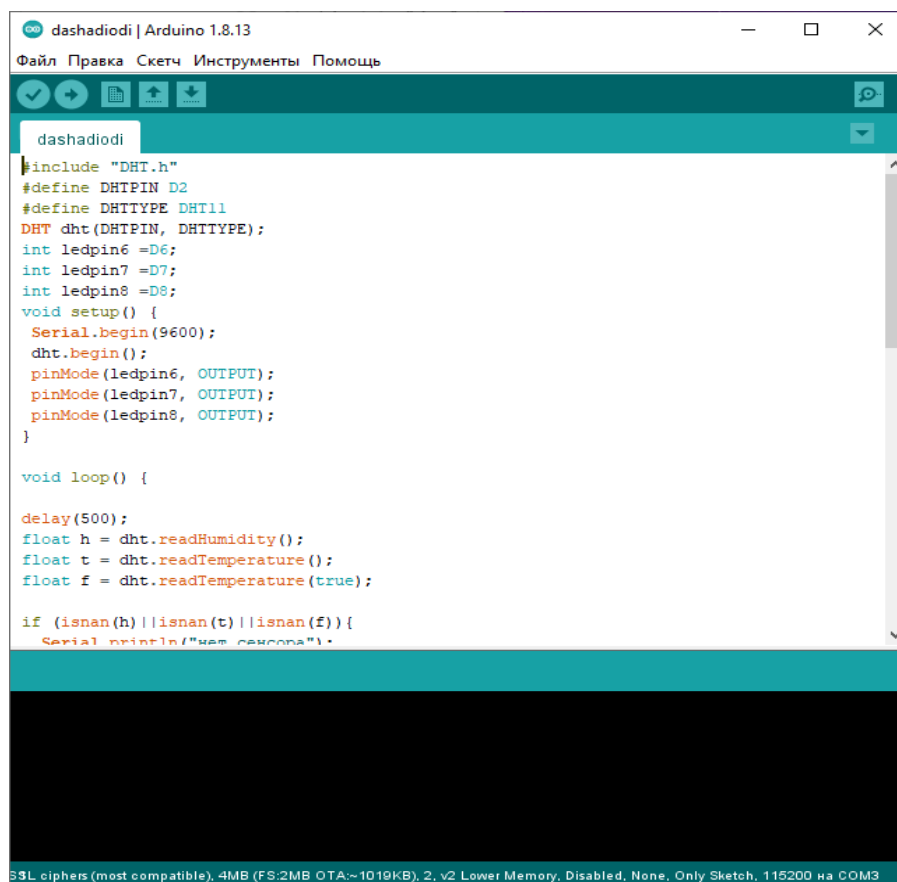
Приклади застосування систем збору даних:

1. Універсальні PCI–плати збору даних.
2. Універсальні модулі збору даних з інтерфейсом RS–232 і USB.
3. Система осцилографування бистропротекаючих процесів на основі ПЕОМ та цифрових осцилографів, оснащених інтерфейсом GPIB.
4. АСУ фізичної установкою (імпульсним ядерним реактором), що містить в своєму складі СЗД з модулів в кейти КАМАК.
5. Система бортового радіоелектронного обладнання (БРЕО) автомобіля з інтерфейсом CAN.

## 4 СЕРЕДОВИЩЕ ПРОГРАМУВАННЯ ARDUINO IDE ТА ПІДГОТОВКА ЙОГО ДО РОБОТИ С ПЛАТФОРМОЮ LOLIN (NODEMCU V3)

### 4.1 Середовище програмування Arduino IDE

Розробка власних додатків на базі плат, сумісних з архітектурою Arduino, здійснюється в офіційній безкоштовній середовищі програмування Arduino IDE. (рис. 5.1) Середовище призначене для написання, компіляції і завантаження власних програм в пам'ять мікроконтролера, встановленого на платі Arduino-сумісного пристрою. Основою середовища розробки є мова Processing/Wiring — це фактично звичайний C++, доповнений простими і зрозумілими функціями для управління введенням / виведенням на контактах. Існують версії середовища для операційних систем Windows, Mac OS і Linux.



```
dashadiodi | Arduino 1.8.13
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь

dashadiodi
#include "DHT.h"
#define DHTPIN D2
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
int ledpin6 = D6;
int ledpin7 = D7;
int ledpin8 = D8;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
  pinMode(ledpin6, OUTPUT);
  pinMode(ledpin7, OUTPUT);
  pinMode(ledpin8, OUTPUT);
}

void loop() {
  delay(500);
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  float f = dht.readTemperature(true);

  if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println("Нав сенсора");
  }
}
```

SSL ciphers (most compatible), 4MB (FS:2MB OTA:~1019KB), 2, v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 на COM3

Рисунок 4.1 – Вікно безкоштовного середовища програмування Arduino IDE

Програма, написана в середовищі Arduino, носить назву скетч. Скетч пишеться в текстовому редакторі, який має кольорове підсвічування створюваного програмного коду. Під час збереження та експорту проекту в області повідомлень з'являються пояснення та інформація про помилки. Вікно виведення тексту показує повідомлення Arduino, що включають повні звіти про помилки та іншу інформацію. Кнопки панелі інструментів дозволяють перевірити і записати програму, створити, відкрити і зберегти скетч, відкрити моніторинг послідовної шини.

Розроблюваним скетчам додаткова функціональність може бути додана за допомогою бібліотек, що представляють собою спеціальним чином оформлений програмний код, що реалізує деякий функціонал, який можна підключити до створюваного проекту. Спеціалізованих бібліотек існує безліч. Зазвичай бібліотеки пишуться так, щоб спростити рішення тієї чи іншої задачі і приховати від розробника деталі програмно-апаратної реалізації.

Середовище Arduino IDE поставляється з набором стандартних бібліотек: Serial, EEPROM, SPI, Wire та ін. Вони знаходяться в підкаталозі `libraries` каталогу установки Arduino. Необхідні бібліотеки можуть бути також завантажені з різних ресурсів. Папка бібліотеки копіюється в каталог стандартних бібліотек (підкаталог `libraries` каталогу установки Arduino).

Всередині каталогу з ім'ям бібліотеки знаходяться файли `*.cpp`, `*.h`. Багато бібліотек забезпечуються прикладами, розташованими в папці `examples`. Якщо бібліотека встановлена правильно, то вона з'являється в меню `Sketch / Import Library`. Вибір бібліотеки в меню призведе до додавання в вихідний код рядка:

```
#include <ім'я бібліотеки.h>
```

Ця директива підключає заголовний файл з описом об'єктів, функцій і констант бібліотеки, які тепер можуть бути використані в проекті. Середовище Arduino буде компілювати створюваний проект разом із зазначеною бібліотекою.

При завантаженні скетча використовується завантажувач (bootloader) Arduino — невелика програма, що завантажується в мікроконтролер на платі. Вона дозволяє завантажувати програмний код без використання додаткових

апаратних засобів. Робота завантажувача розпізнається по миготінню світлодіода на цифровому виводі D13.

Монітор послідовного порту (Serial Monitor) відображає дані, що надсилаються в платформу Arduino (плату USB або плату послідовної шини). Для відправки даних необхідно ввести у відповідне поле текст і натиснути кнопку послати (Send) або клавішу <Enter> .

Потім слід зі списку вибрати швидкість передачі, відповідну значенню Serial.begin в скетчі. На ОС Mac або Linux при підключенні моніторингу послідовної шини платформа Arduino буде перезавантажена (скетч почнеться спочатку).

#### 4.2 Підключення та налаштування LoLin (NodeMCU V3)

Для програмування платформи LoLin (NodeMCU V3) за допомогою Arduino IDE необхідно налаштувати програму, так як по замовчуванню в неї не завантажені бібліотеки для роботи з даною платою. Тому необхідно перейти в меню файл>налаштування як показано на малюнку. (рис. 5.2)

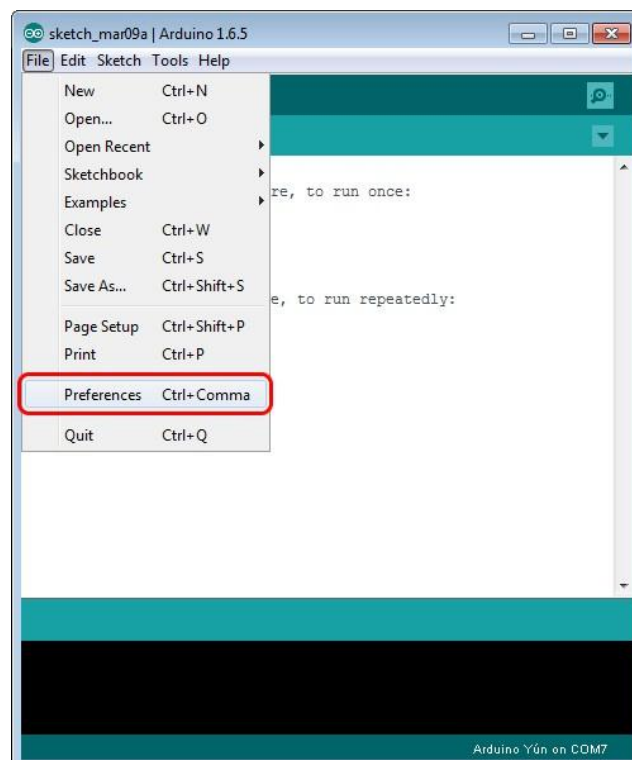


Рисунок 4.2 – Перехід в меню файл>налаштування

Після цього треба додати посилання [http://arduino.esp8266.com/stable/package\\_esp8266com\\_index.json](http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json) в рядок «Додаткові посилання для Менеджера плат» як показано на малюнку (рис. 5.3).

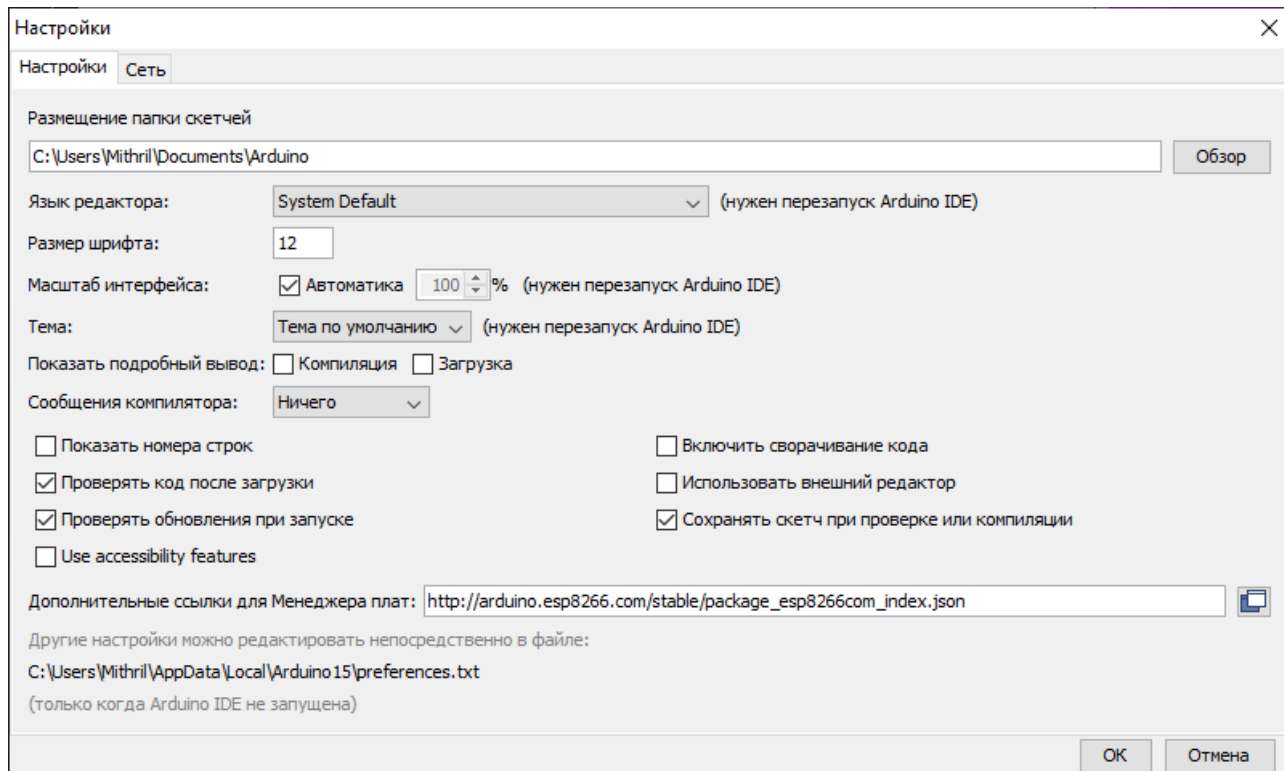


Рисунок 4.3 – Додавання посилання до «Менеджера плат»

Після цього необхідно перейти у вікно інструменти>плата>менеджер плат і ввести в рядок пошуку esp8266, знайти необхідний нам розділ та натиснути кнопку «встановити» як це показано на малюнках (рис. 5.4, рис 5.5, рис 5.6).

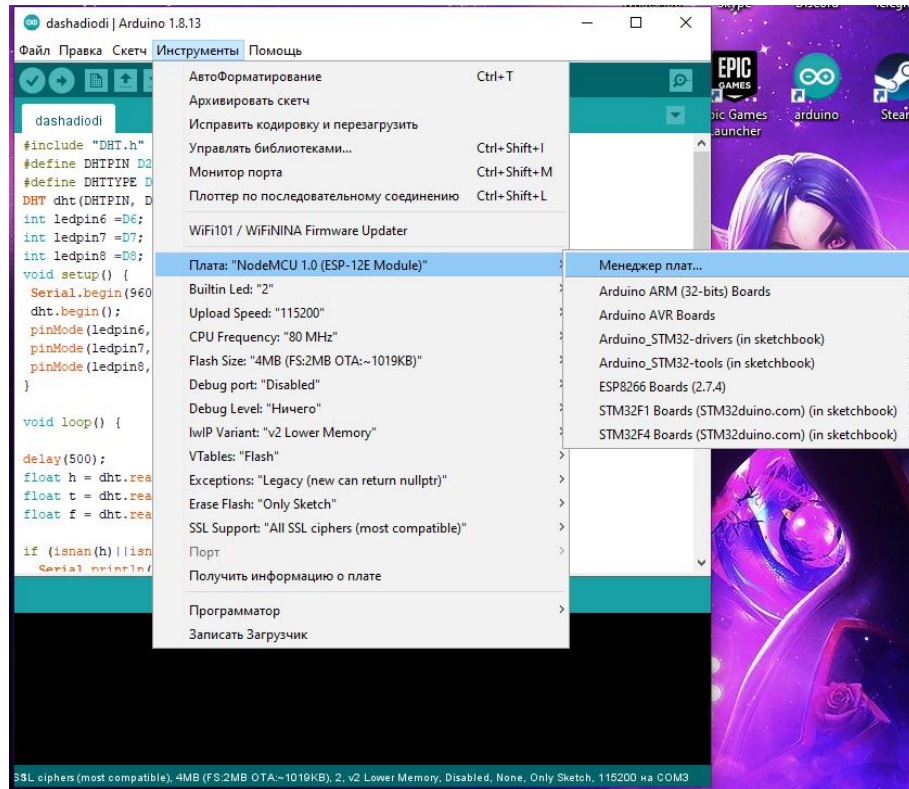


Рисунок 4.4 – Перехід до «Менеджера плат»

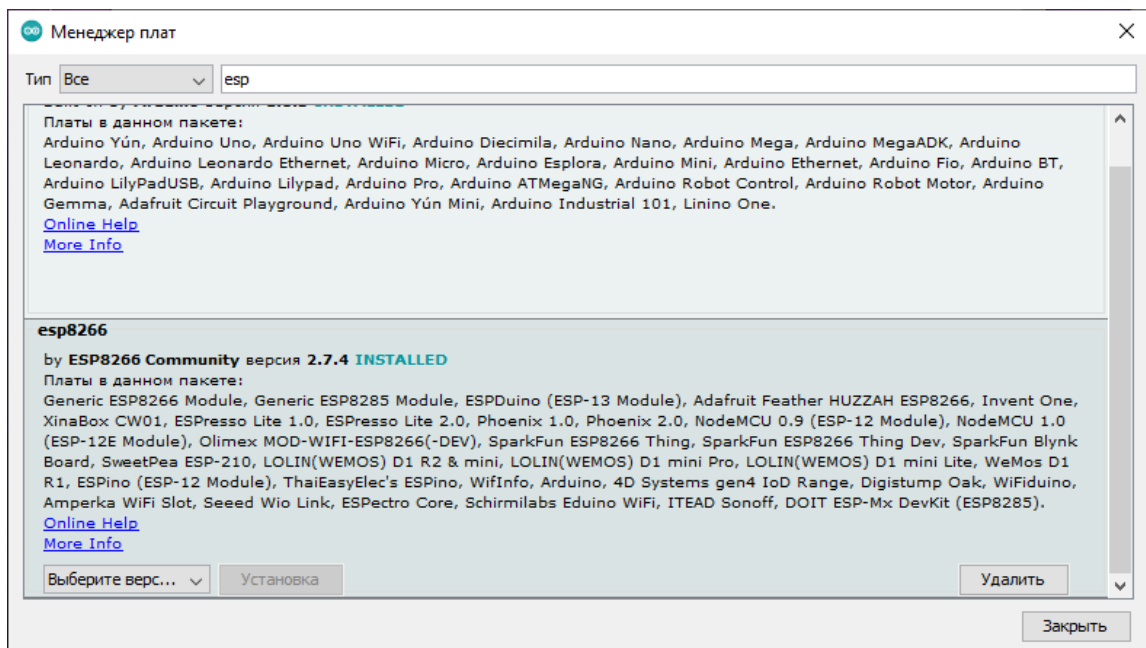


Рисунок 4.5 – Менеджер плат

Далі необхідно перейти у режим вибору, знайти там рядок NodeMCU V1 та натиснути на нього як показано на малюнку (Рис. 5.6)

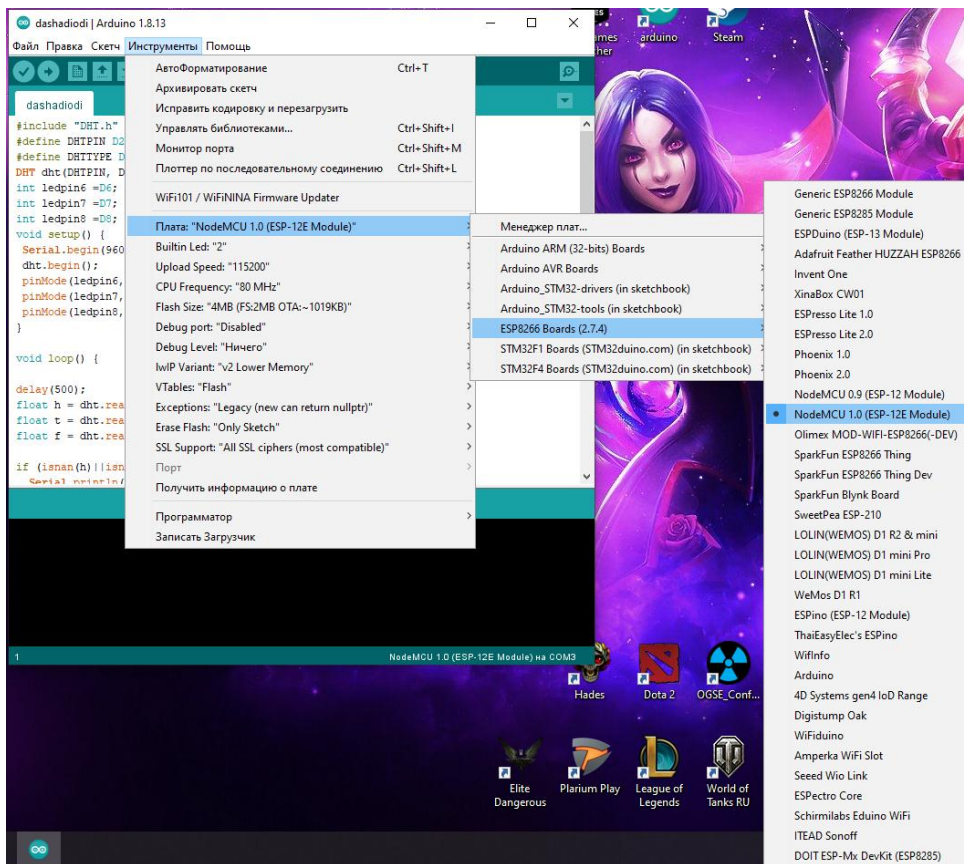


Рисунок 4.6 – Режим вибору

Після цього треба підключити наш пристрій до комп'ютера, встановити драйвери CH340G та в налаштуваннях пристрою в Arduino IDE вибрати потрібний нам COM порт (рис. 5.7)

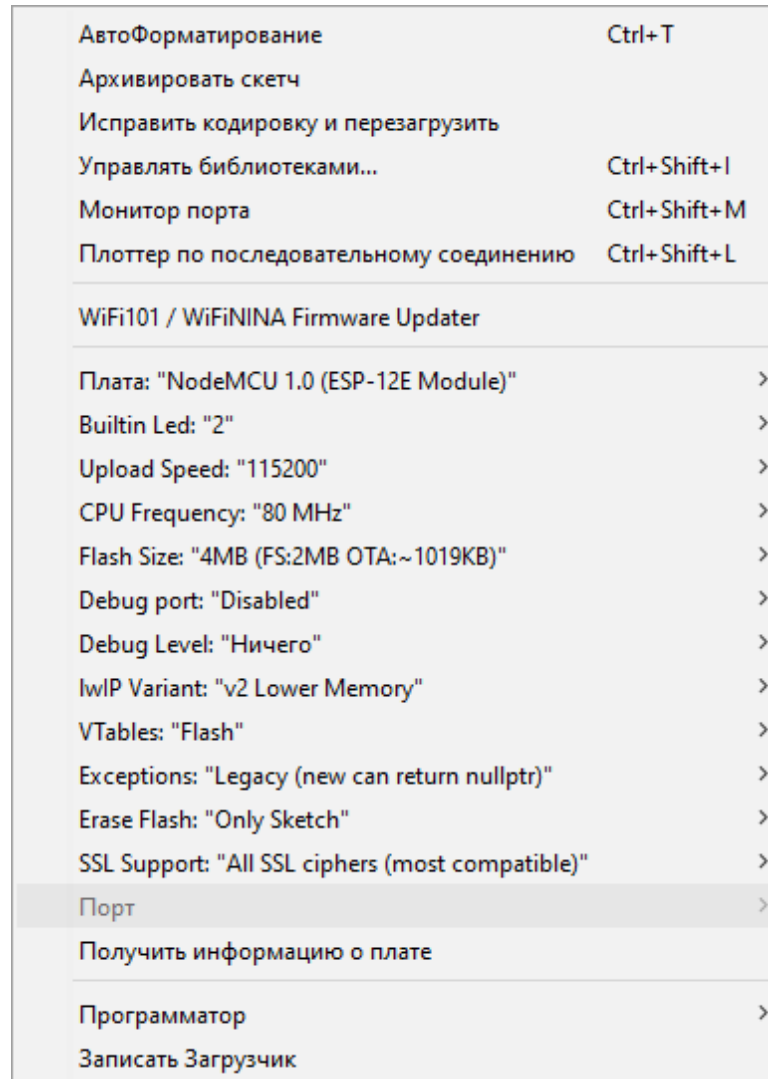


Рисунок 4.7 – Вибір порта

Після цього необхідно встановити усі необхідні бібліотеки для роботи з датчиками та іншими пристроями, які будуть приєднані до плати.

### 4.3 Підключення та налаштування датчика збору інформації про вологість та температуру

Цей датчик (рис. 5.8) дозволяє проводити збір даних про вологість та температуру повітря.

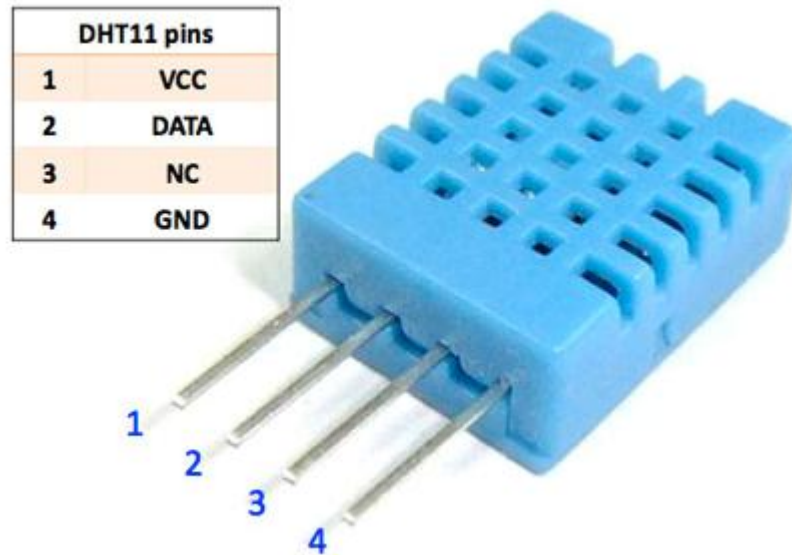


Рисунок 5.8 – Розташування виводів, зовнішній вигляд цифрового датчика температури і вологості DHT11

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ DHT11:

- напруга живлення – від 3,5 до 5,5 в;
- споживаний струм–0,3 мА в режимі вимірювань;
- споживаний струм-60мкА;
- діапазон вимірювання температури від 0 ° до + 50°C;
- максимальна похибка вимірювань температури – 2 °С;
- діапазон вимірювання вологості повітря – 20–95%;
- похибка вимірювання вологості повітря–5%;
- відстань між виводами – 2,54 мм;
- час між зчитуванням даних – 1 сек.

Для роботи з датчиком DHT11 необхідна бібліотека DHT.h. Її треба додатково встановити за допомогою менеджера бібліотек або в ручну за допомогою сайту [playground.arduino.cc](http://playground.arduino.cc) на якому можна знайти усі необхідні файли для роботи з додатковими модулями.

Збір і зберігання даних про хід виробництва – функція, з реалізації якої починається розробка та впровадження більшості MES–систем. Без актуальних і достовірних даних про хід виробництва, поточний стан обладнання, наявності та працездатності виробничого персоналу і т.д. не може виконувати свої функції не тільки MES, але і ERP. На більшості підприємств, розвиток інформаційних систем яких зупинилося на рівні фінансової підсистеми, вважають, що облікові дані цілком можна вводити вручну. Однак при такому підході неможливо забезпечити належну якість облікової інформації за критеріями достовірності, своєчасності, безпомилковості, стабільності. Тому при впровадженні MES-систем практично завжди намагаються максимально автоматизувати збір даних, залишаючи ручне введення тільки на тих ділянках, де обійтися без нього неможливо.

Основними технологіями і підходами, що застосовуються при організації збору даних про роботу обладнання, є наступні:

- використання стандартних галузевих протоколів передачі даних;
- застосування закритих протоколів виробників обладнання;
- безпосереднє підключення до системи управління обладнанням з використанням технології OPC (OLE for Process Control);
- збір даних за допомогою стандартних мережевих протоколів;
- збір даних з інтерфейсних портів, призначених для підключення до виробничої машини принтера або іншого периферійного обладнання;
- збір сигналів датчиків, встановлених на машині, або дооснащення машини новими датчиками для контролю її стану.

Через файлообмінники, реалізовані програмними засобами, отримані дані можуть бути передані безпосередньо в ERP–систему або в MES–систему для використання в розрахунках і аналізу.

Таким чином, досягається можливість отримання даних про поточний стан виробництва. Тільки поєднання актуальних даних, отриманих з обладнання, з функціоналом систем ERP і MES дає можливість оптимального планування і контролю виробництва. На основі використання цих даних стає можливим зниження до мінімуму тривалості виробничого циклу при скороченні простоїв обладнання.

Такі результати сприяють скороченню обсягів незавершеного виробництва. Це, в свою чергу, безпосередньо впливає на можливості інвестування в виробництво. Крім того, підвищується передбачуваність процесів виробництва і забезпечується дотримання термінів виконання замовлень.

Існує й інший спосіб збору даних про хід виробничого процесу. У цьому випадку використовують спеціальний пристрій або персональний комп'ютер з пристроєм зчитування реєстрованої інформації. Інформація розміщується при такому способі збору даних на предмет праці в вигляді штрих-коду, нормалізованого шрифту або RFID-мітки (Radio Frequency IDentification – радіочастотна ідентифікація).

## 5 ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЇХ ОСНОВНІ ВИДИ

### 5.1 Загальна інформація по датчикам температури

Практично в будь-якій сучасній апаратурі є датчики температури. Це пристрій, який дозволяє виміряти температуру об'єкта або речовини, використовуючи при цьому різні властивості і характеристики вимірюваних тіл або середовища. Не дивлячись на те, що всі термодатчики покликані вимірювати температуру, різні типи датчиків роблять це абсолютно по-різному.

Для найбільш точного відображення зміни температури використовуються 2 типи датчиків: резистивний та термопара. Вони відрізняються середовищем, у якому їх можна використовувати, а також принципом роботи.

Для цього проекту було використано безконтактний датчик DHT 11, який вимірює температуру в приміщенні, в якому вона не перевищує 50 °С, та не опускається нижче 0 °С. Для більш точних вимірювань за температури, яка нижче 0 °С, та вище 50 °С – необхідно використовувати інші датчики. Наприклад, для вимірювання невеликих значень температури можна використовувати термопару з необхідними нам характеристиками.

### 5.2 Резистивний датчик температури (РТД)

Завдання отримання правильних результатів вимірювання температури в більшості випадків може бути вирішена при застосуванні резистивних датчиків температури (РТД), які представлені на ринку у великій кількості конструктивних виконань і точнісних характеристик. Вони є одними з найбільш стабільних і точних температурних датчиків, що працюють в температурному діапазоні приблизно від –200 до 800 °С, і використовуються там, де потрібна хороша повторюваність результатів вимірювань при їх високій точності.

Принцип дії:

Робота РТД заснована на властивості металів до зміни свого електричного опору при зміні температури. Відомо, що всі метали змінюють свій опір при зміні температури. Цей факт і визначив появу РТД.

Опір відрізка проводу прямо пропорційно його довжині і обернено пропорційно площі поперечного перерізу:

$$R = \rho L / A \quad (1)$$

де  $\rho$  – питомий опір матеріалу

Кожен метал має певний і унікальний питомий опір, який може бути визначений експериментально. РТД виготовляють з металів, опір яких зростає з температурою. У межах обмеженого температурного діапазону питомий опір лінійно зростає з ростом температури:

$$\rho_t = \rho_0 \alpha [1 + (t - t_0)] \quad (2)$$

де  $\rho_t$  – питомий опір при температурі  $t$ ,  $\rho_0$  – питомий опір при стандартній температурі  $t_0$ ,  $\alpha$  – температурний коефіцієнт опору ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

Вважаючи  $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ , вирішимо спільно рівняння 1 і 2.

Після приведення рішення до стандартної лінійної форми ( $y = mx + b$ ) стає ясно, що зміна опору в залежності від температури є лінійною функцією з нахилом, рівним  $\alpha$ :

$$R/R_0 = \alpha t + 1 \quad (3)$$

Теоретично, будь-який метал може бути використаний в якості датчика температури, проте ідеальний метал повинен мати специфічні характеристики:

- високу точку плавлення;
- стійкість до корозії;
- мати лінійну характеристику  $R = F(t)$ ;
- бути довговічним.

Платиновий провід крихкий, але матеріал високостійкий до забруднення і володіє тільки злегка нелінійною характеристикою  $dR/dt$ , тому платина і була обрана для застосування в РТД. До її позитивних характеристик слід віднести хімічну стабільність, можливість досить легкого отримання матеріалу в хімічно чистій формі, а також електричні властивості, які мають високу повторюваність.

РТД виготовляють або зі сплаву ІЕС / DIN (американський стандарт) або з хімічно чистої платини (європейський стандарт). Відмінність - в ступені чистоти. Якщо стандарт ІЕС / DIN визначає, що датчик виготовляється з платини, яка навмисно забруднена іншими металами платинової групи, то платина, застосовувана в датчиках, що виготовляються за європейським стандартом, має ступінь чистоти не менше 99,99%. Якщо датчики, зроблені з різних матеріалів, матимуть опір 100 Ом при 0 °С, то при 100 °С датчик, виготовлений зі сплаву ІЕС/DIN, матиме опір 138,5 Ом, а датчик, виготовлений за європейським стандартом, — 139,02 Ом.

Міжнародними комітетами були встановлені стандартні криві для РТД. Вони визначили середній температурний коефіцієнт  $\alpha$ , який визначає нахил функції  $R = F(t)$  в діапазоні температур між 0 і 100 °С. з рівняння 3 отримуємо вираз для  $\alpha$  :

$$\alpha = (R_{100} - R_0) / R_0 t \quad (4)$$

Для платини стандарту ІЕС / DIN  $\alpha = 0,00385$  Ом / (Ом \* °С). Для платини європейського стандарту  $-0,003926$  Ом / (Ом \* °С) (максимально).

Залежність між опором і температурою може бути наближено описана рівнянням Каллендар–Ван Дусена:

$$\frac{R}{R_0} = 1 + \alpha \left[ T - \delta \times \left( \frac{T}{100} - 1 \right) \times \right. \\ \left. \times \left( \frac{T}{100} \right) - \beta \times \left( \frac{T}{100} - 1 \right) \times \left( \frac{T}{100} \right)^3 \right] \quad (5)$$

де  $T$ —температура ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $R$ —опір при температурі  $T$ ,  $R_0$ —опір при температурі танення льоду,  $a$ —постійний коефіцієнт (визначає нахил функції  $R = F(T)$  при  $T = 0^{\circ}\text{C}$ ),  $d$ —постійний коефіцієнт,  $b$ —постійний коефіцієнт ( $b = 0$  при  $T > 0^{\circ}\text{C}$ ).

Фактичні значення коефіцієнтів  $a, d$  і  $b$  визначаються експериментально шляхом вимірювання значення РТД при різних температурах і рішення рівняння 5.

Рівняння Каллендар–Вана Дусена може бути спрощено:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t - 100^{\circ}\text{C})t^3] \quad (6)$$

При позитивних температурах поведінка платинового РД спрощується, так як коефіцієнт  $C$  стає рівним нулю, і може бути визначено як

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2) \quad (7)$$

Як було сказано вище, рівняння були отримані Каллендар–Ван Дусеном з експериментальних даних. Він використовував для калібрування три точки:  $0^{\circ}\text{C}$  і ще дві довільно обраних позитивних температури:

- точка кипіння води— $100^{\circ}\text{C}$ ;
- потрійну точку цинку— $419,58^{\circ}\text{C}$ .

Коефіцієнти  $A, B$ , і  $C$  залежать від матеріалу проводу і його чистоти. Ніщо не вічне, навіть дуже хороші датчики іноді виходять з ладу, і їх необхідно міняти. Для того щоб ця операція була безболісною для користувача, датчики повинні мати ідентичні характеристики, тому міжнародний стандарт ІЕС 751 з метою взаємозамінності датчиків визначив коефіцієнти рівняння Каллендар — Ван Дусена, які повинен мати будь-який випускається РТД. Значення коефіцієнтів наведені нижче.

Табл. 1 – Коефіцієнти для платинових датчиків за стандартом ІЕС 751–2 (ITS 90):

A	B	C
$3,9083 \times 10^{-3} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$	$-5,775 \times 10^{-7} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-2}$	$-4,183 \times 10^{-12} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-3}$

Для окремо взятого датчика постійні А, В і С (Табл. 1) можуть злегка відрізнятися від стандартних, в залежності від обраних калібрувальних температур і техноогії його виготовлення. Тому при проведенні точних вимірювань слід уточнити його характеристики у виробника.

Датчики виготовляють двох видів: дротяні або тонкоплівкові.

Дротяні датчики намотують дуже тонким платиновим проводом на котушку до отримання опору рівним 100 Ом. Потім котушка вставляється в керамічну оправлення для запобігання замикань на корпус і забезпечення вібростійкості. Цей процес дуже трудомісткий, а вся робота виконується вручну під мікроскопом.

Тонкоплівкові датчики виготовляються методом осадження тонкого шару платини або її сплавів на керамічну основу і наступної підгонки опору резистора до необхідного значення. Після цього елементи датчика для забезпечення вологостійкості покриваються склом або епоксидною смолою. Перевагою тонкоплівкових датчиків в порівнянні з проволочними є те, що по цій технології можна отримати більш високоомні датчики при значно менших габаритах. Це веде до збільшення дозволу на градус і, відповідно, мінімізує помилки, викликані опором підвідних проводів. Наприклад, випускаються датчики, що мають опір 1000 Ом при 0 °С. тонкоплівкові датчики сприйнятливі до деформації, і мають максимальний температурний коефіцієнт 0,00385 Ом/(Ом •°С).

Параметри датчиків

При виборі конкретного датчика повинні аналізуватися наступні його характеристики:

- схема підключення (двох -, трьох-або чотирипровідна);
- саморозігрів;
- точність;
- стабільність;
- повторюваність;
- час виходу на режим.

Використовуються дво-, трьох- або чотирипровідні схеми підключення датчика до вимірювального пристрою (рис. 5.1). Вони добре відомі і тому не будуть детально описуватися. Але все ж коротко розглянемо основні аспекти їх застосування. Двопровідна схема підключення використовується там, де підводять дроти є дуже короткими і може бути допущена деяка помилка вимірювання. При трьохпроводном підключенні є три підвідних провідника замість двох, що дозволяє в деякій мірі зменшити помилки вимірювання, що вносяться протіканням струму через підводять дроти. Чотирипровідна конфігурація може бути рекомендована для отримання найкращих результатів вимірювання.

Струм збудження датчика проходить через одну пару проводів, а вимірювання опору здійснюється через іншу пару. Це виключає помилку, викликану різним опором підвідних проводів. Цей спосіб дорожчий, ніж дво- або трипровідні конфігурації (особливо при довгих лініях зв'язку), але це кращий спосіб забезпечення високої точності вимірювання.

Ще хотілося б привести досить вдалу схему підключення двох РДТ, опубліковану на сайті. Тут використовується чотирипровідна схема підключення і логометрический метод вимірювання. За твердженням авторів, вона володіє наступними характеристиками:

- 16-розрядна роздільна здатність;
- реальна точність 0,02 °С (при використанні 100-омних датчиків);
- видалення схеми вимірювання від датчика до 500 метрів;
- можливість застосування 100,500 або (max) 1000-омних датчиків.

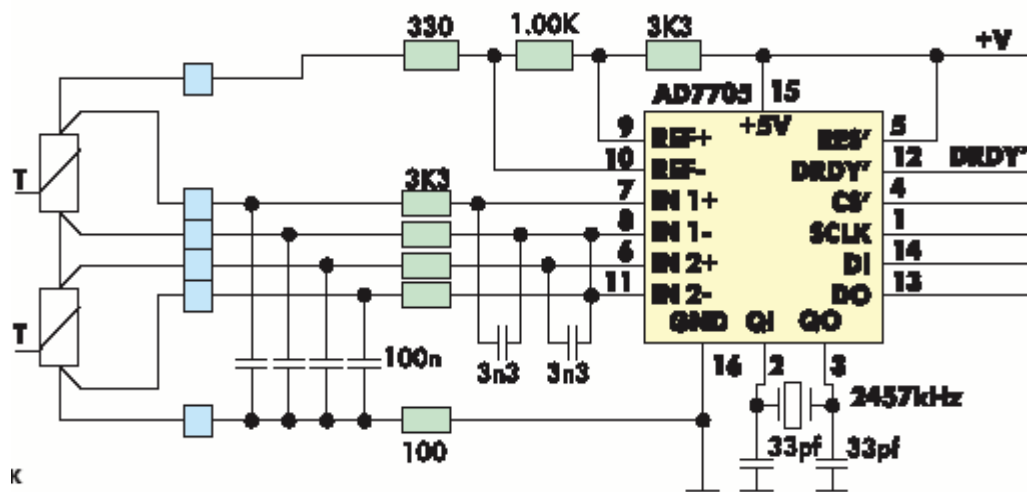


Рисунок 5.1 – Схема підключення РТД

Слід зазначити, що тут точність і стабільність вимірювання визначаються не тільки параметрами датчика, але і точністю і стабільністю резистора 1,00 кОм, включеного між REF+ і REF–, тому рекомендується використовувати високоточний і високостабільний резистор типу С2–29С. [9]

Точність, стабільність і повторюваність часто плутають, тому важливо зрозуміти їх відмінність:

### 1. Точність

Стандарт ІЕС 751 визначає два класи точності-клас " А " і клас " В »:

$$\text{Клас "А": } t = \pm(0,15 + 0,002 \cdot |t|)$$

$$\text{Клас "В": } t = \pm(0,30 + 0,005 \cdot |t|)$$

де  $|t|$  — абсолютна температура в °С.

Клас " А " застосовується для датчиків, що працюють в температурному діапазоні від –200 до 650 °С, і тільки для трьох– або чотирипровідної схеми підключення.

Клас " В " охоплює повний діапазон температур від –200 °С до 850 °С.

### 2. Стабільність

Стабільність-це здатність датчика підтримувати свій незмінний опір при постійному входному впливі. Фізичні або хімічні впливи можуть викликати дрейф градування. Крім цього, так як платина — матеріал досить жорсткий, то провід на сердечнику або на подошке може розширюватися або стискатися,

викликаючи його деформацію і погіршення стабільності. Дрейф, який зазвичай вказується виробниками, становить зазвичай  $0,05\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{рік}$ .

### 3. Повторюваність

Повторюваність – це здатність датчика мати незмінну характеристику протягом тривалого часу при ідентичних умовах застосування. У багатьох випадках не потрібно отримання абсолютної точності, а вся увага звертається на стабільність і повторюваність характеристик датчика. Якщо, наприклад, РТД в точці  $100,00\text{ }^{\circ}\text{C}$  завжди показує  $100,06\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то схема обробки завжди може легко компенсувати цю помилку. Повторюваність характеристик датчиків виняткова, в більшості випадків вона становить  $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$  протягом п'яти років.

Час виходу на режим-це здатність датчика реагувати на зміну температури об'єкта. Воно залежить від теплової маси датчика, а також близькості і місця розположення по відношенню до вимірюваного об'єкту, тобто від конкретної схеми вимірювання температури. Наприклад, датчик, поміщений в термокарман, реагує на зміну температури більш повільно, ніж той же самий датчик, поміщений безпосередньо в процес. Технічні вимоги визначають постійну часу датчика як час, необхідний датчику для того, щоб при ступінчастому впливі температури його показання склало 63% від амплітуди сходинок. Час виходу на режим розраховується як при приміщенні датчика в воду, поточну зі швидкістю  $0,2\text{ м/с}$ , і так і в повітря, поточний зі швидкістю  $1\text{ м/с}$ .

## 5.3 Термоелектричні перетворювачі (Термопара)

### 5.3.1 Принцип роботи термопари. Ефект Зеєбека

Робота термопари (рис. 5.2) обумовлена виникненням термоелектричного ефекту, відкритим німецьким фізиком Томасом Зеєбеком (Tomas Seebeck) в 1821 р. Явище засноване на виникненні електрики в замкнутому електричному контурі при впливі певної температури навколишнього середовища. Електричний струм виникає при наявності різниці температур між двома провідниками (термоелектродами) різного складу (різнорідних металів або

сплавів) і підтримується збереженням місця їх контактів (спаїв). Пристрій виводить на екран приєднаного вторинного приладу значення вимірюваної температури.

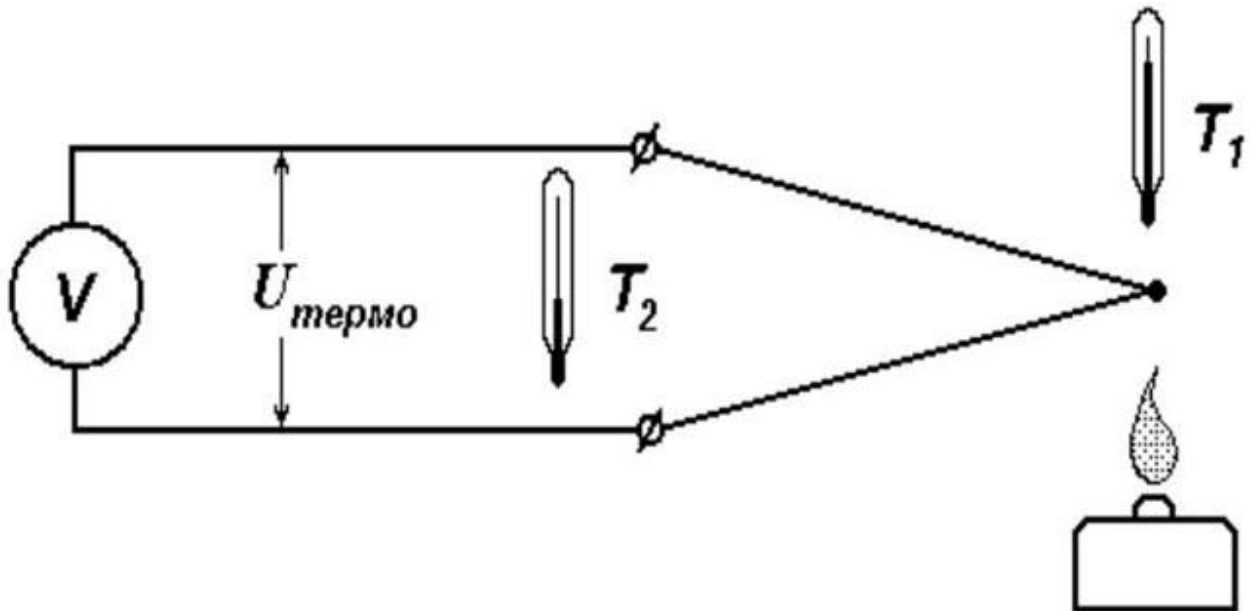


Рисунок 5.2 – Принцип роботи термопар

Видається напруга і температура знаходяться в лінійній залежності. Це означає, що збільшення вимірюваної температури призводить до більшого значення мілівольт на вільних кінцях термопар. Що знаходиться в точці вимірювання температури спай називається «гарячим», а місце підключення проводів до перетворювача — «холодним». [9]

Компенсація температури холодного спаю (КХС) компенсація холодного спаю (КХС) – це компенсація, що вноситься у вигляді поправки в підсумкові показання при вимірюванні температури в точці приєднання вільних кінців термопар (рис. 5.3). Це пов'язано з розбіжностями між реальною температурою холодних кінців з обчисленими показаннями градуовальної таблиці для температури холодного спаю при  $0^{\circ}\text{C}$ .

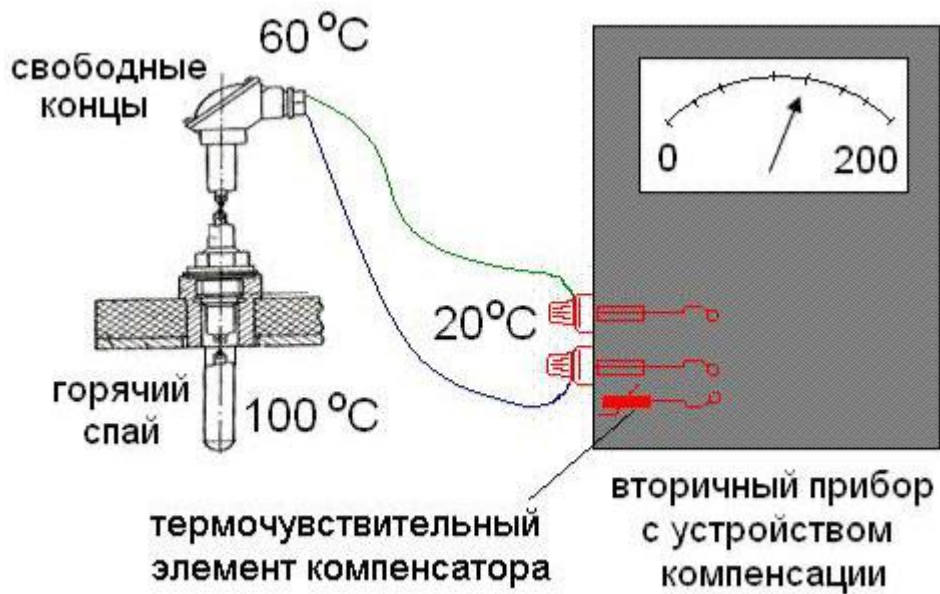


Рисунок 5.3 – Компенсация температуры холодного спая

КХС є диференціальним способом, при якому показання абсолютної температури знаходяться з відомого значення температури холодного спая (інша назва еталонний спай).

#### 5.4 Конструкція термопар

При конструюванні термопар (рис. 5.4) враховують вплив таких факторів, як «агресивність» зовнішнього середовища, агрегатний стан речовини, діапазон вимірюваних температур та інші.



Рисунок 5.4 – Конструкція термопар

Особливості конструкції термопар:

1. Спаї провідників з'єднуються між собою скруткою або скруткою з подальшою електродугового зварюванням (рідко пайкою). Не рекомендується використовувати спосіб скручування через швидку втрату властивостей спаю.
2. Термоелектроди повинні бути електрично ізольовані по всій довжині, крім точки дотику. [10]
3. Спосіб ізоляції підбирається з урахуванням верхнього температурного межі:
  - до 100-120°C – Будь – яка ізоляція;
  - до 1300°C – порцелянові трубки або намиста;
  - До 1950°c – трубки з Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;
  - Понад 2000°C-трубки з MgO, BeO, ThO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>.
4. Захисний чохол.

Матеріал повинен бути термічно і хімічно стійким, з хорошою теплопровідністю (метал, кераміка). Використання чохла запобігає корозії в певних середовищах.

### 5.5 Види термопар

#### 1. Термопара хромель–алюмель (ТХА)

Характеристики:

1. Позитивний електрод: сплав хромель (90% Ni, 10% Cr).
2. Негативний електрод: сплав алюмель (95% Ni, 2% Mn, 2% Al, 1% Si).
3. Ізоляційний матеріал: фарфор, кварц, окису металів і т. д.
4. Діапазон температур від  $-200^{\circ}\text{C}$  до  $1300^{\circ}\text{C}$  короткочасного і  $1100^{\circ}\text{C}$  тривалого нагріву.
5. Робоче середовище: інертна, окислювальна ( $\text{O}_2=2-3\%$  або повністю виключено), сухий водень, короткочасний вакуум. У відновній або окислювальній–відновній атмосфері в присутності захисного чохла (рис. 5.5).

Недоліки: легкість в деформуванні, оборотна нестабільність термо–ЕРС. Можливі випадки корозії і охрупчівання алюмеля в присутності слідів сірки в атмосфері і хромеля в слабоокислювальній атмосфері («Зелена глина»).



Рисунок 5.5 – Термопара хромель–алюмель

## 2. Термопара хромель–копель (ТХК)

Характеристики:

1. Позитивний електрод (рис. 5.6): сплав хромель (90% Ni, 10% Cr).
2. Негативний електрод: сплав копель (54,5% Cu, 43% Ni, 2% Fe, 0,5% Mn). Діапазон температур від  $-253^{\circ}\text{C}$  до  $800^{\circ}\text{C}$  тривалого і  $1100^{\circ}\text{C}$  короткочасного нагріву.
3. Робоче середовище: інертна і окислювальна, короткочасний вакуум.

[10]

Недоліки: деформування термоелектрода. Можливе випаровування хрому при тривалому вакуумі; реагування з атмосферою, що містить сірку, хром, фтор.



Рисунок 5.6 – Термопара хромель–копель

### 3. Термопара залізо–константан (ТЗК)

Характеристики:

1. Позитивний електрод: технічно чисте залізо (маловуглецева сталь).  
(рис. 5.7)
2. Негативний електрод: сплав константан (59% Cu, 39–41% Ni, 1–2% Mn). Використовується для проведення вимірювань у відновлювальних, інертних середовищах і вакуумі.
3. Температура від  $-203^{\circ}\text{C}$  до  $750^{\circ}\text{C}$  тривалого і  $1100^{\circ}\text{C}$  короткочасного нагріву.
4. Застосування складається на спільному вимірі позитивних і негативних температур. Не вигідно використовувати тільки для негативних температур.

Недоліки: деформування термоелектрода, низька корозійна стійкість. Зміна фізико-хімічних властивостей заліза близько  $700^{\circ}\text{C}$  і  $900^{\circ}\text{C}$ . Взаємодіє з сіркою і водяними парами з утворенням корозії.



Рисунок 5.7 – Термопара залізо–константан

#### 4. Термопара вольфрам–реній (ВР)

Характеристики:

1. Позитивний електрод: Сплави ВР5 (95% W, 5% Rh)/ВАР 5 (ВР5 з кремнещелочною і алюмінієвою присадкою)/ВР10 (90% W, 10% Rh). (рис. 5.8)

2. Негативний електрод: Сплави ВР20 (80% W, 20% Rh).

3. Ізоляція: кераміка з хімічно чистих оксидів металів. Відзначається механічна міцність, термостійкість, мала чутливість до забруднень, легкість виготовлення.

4. Вимірювання температур від  $1800^{\circ}\text{C}$  до  $3000^{\circ}\text{C}$ , нижня межа –  $1300^{\circ}\text{C}$ .

5. Вимірювання проводяться в середовищі інертного газу, сухого водню або вакууму. В окислювальних середовищах тільки для вимірювання в швидкоплинних процесах.

Недоліки: погана відтворюваність термо-ЕРС, її нестабільність при опроміненні, непостійна чутливість в температурному діапазоні.



Рисунок 5.8 – Термопара вольфрам–реній

#### 5. Термопара вольфрам–молібден (ВМ)

Характеристики:

1. Позитивний електрод: вольфрам (технічно чистий).
2. Негативний електрод: молібден (технічно чистий).
3. Ізоляція: глиноземиста кераміка, захист кварцовими наконечниками.

(рис. 5.9)

4. Вимірювання: інертне, водневе або вакуумне середовище. Можливе проведення короткочасних вимірювань в окислювальних середовищах в присутності ізоляції.

5. Діапазон вимірюваних температур становить 1400-1800°C, гранична робоча температура близько 2400°C.

Недоліки: погана відтворюваність і чутливість термо-ЕРС, інверсія полярності, охрупчіваніє при високих температурах.



Рисунок 5.9 – Термопара вольфрам–молібден

#### 6. Термопари платинородій–платина (ТПП)

Характеристики:

1. Позитивний електрод: платинородій (Ptс 10% або 13% Rh).
2. Негативний електрод: платина.
3. Ізоляція: кварц, фарфор (звичайний і вогнетривкий). До 1400°C — кераміка з підвищеним вмістом Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, понад 1400°C — кераміку з хімічно чистого Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. (рис. 5.10)
4. Гранична робоча температура 1400°C Тривало, 1600°C короткочасно. Вимірювання низьких температур зазвичай не виробляють. [10]
5. Робоче середовище: окислювальна і інертна, відновна в присутності захисту.

Недоліки: висока вартість, нестабільність при опроміненні, висока чутливість до забруднень (особливо платиновий електрод), зростання зерен металу при високих температурах.

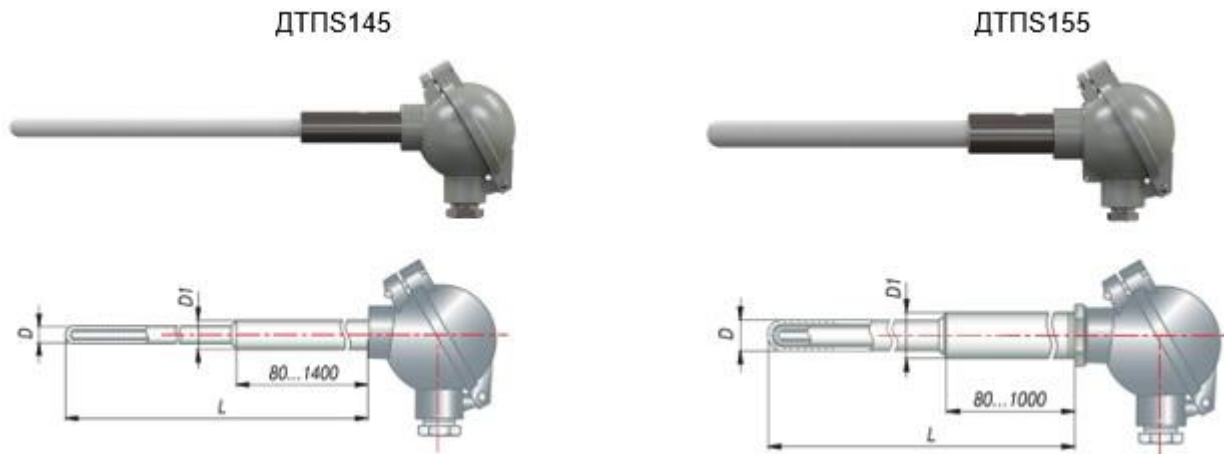


Рисунок 5.10 – Термопары платинородій–платина

### 7. Термопары платинородій–платинородій (ТПР)

Характеристики:

1. Позитивний електрод: сплав Pt С 30% Rh.
2. Негативний електрод: сплав Pt с 6% Rh.
3. Середовище: окислювальна, нейтральна і вакуум.
4. Використання в відновлювальних і містять пари металів або неметалів середовищах в присутності захисту.
5. Максимальна робоча температура 1600°C тривало, 1800°C короткочасно.
6. Ізоляція: кераміка з Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> високої чистоти. Менш схильні до хімічних забруднень і росту зерна, ніж термопара платинородій-платина. (рис. 5.11)



Рисунок 5.11 – Термопары платинородій–платинородій

## 5.6 Підключення термопари

Для підключення термопари до комп'ютера можна використовувати мікропроцесорний модуль (мікроконтролер). Для цього можна скористатися схемою, яка наведена на рис. 5.12.

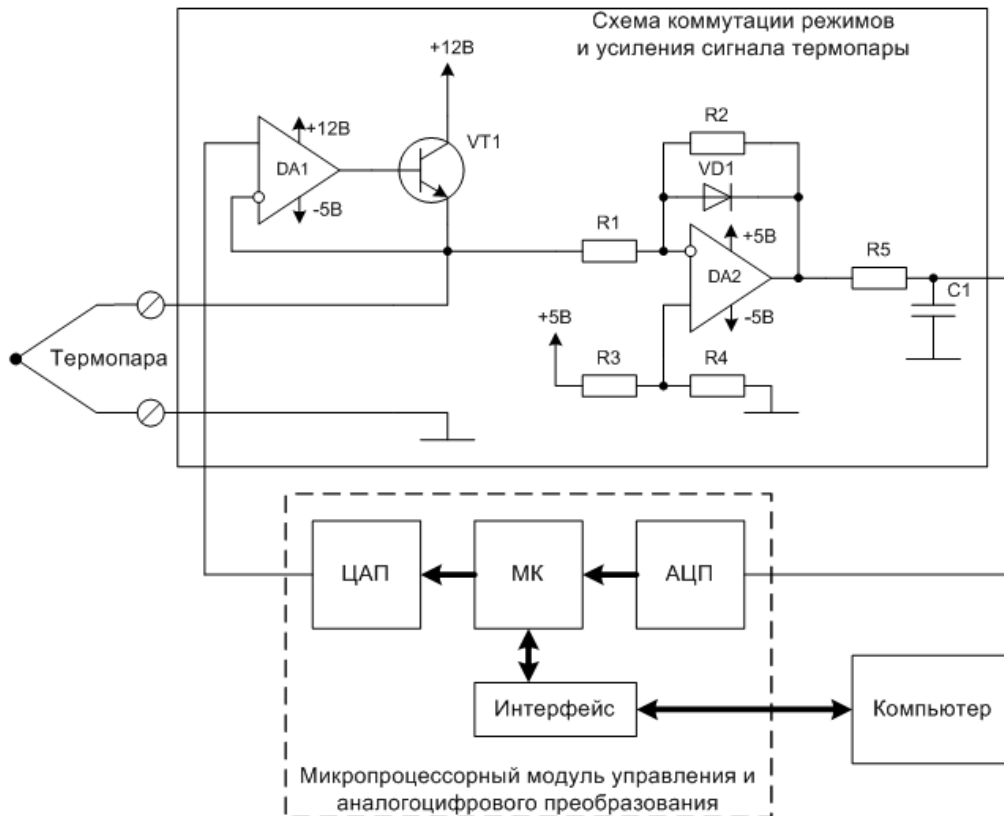


Рисунок 5.12 – Підключення термопари

В ході дослідження датчиків температур було розглянуто 2 основних типи: РДТ та термопара. Для проекту був обраний безконтактний датчик DHT11 так як він був найдоступнішим, бо інші типи важко дістати.

## 6 ПРИНЦИП ДІЇ СИСТЕМИ ЗІ ЗБОРУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДАНИХ

### 6.1 Опис дії схеми

При проведенні досліджень нам потрібно було зробити систему зі збору температурних даних на виробництві. Для цього був використаний мікроконтролер Lolin NodeMCU v3 як основний пристрій для опрацювання зібраних даних. Середовищем розробки було вирішено взяти Arduino IDE.

Для початку була потреба у зборі макету на базі даного мікроконтролеру та температурного датчику DHT 11, а також індикаторної системи на базі LCD світлодіодів.

Тому мною була розроблена принципова схема підключення (рис. 6.1).

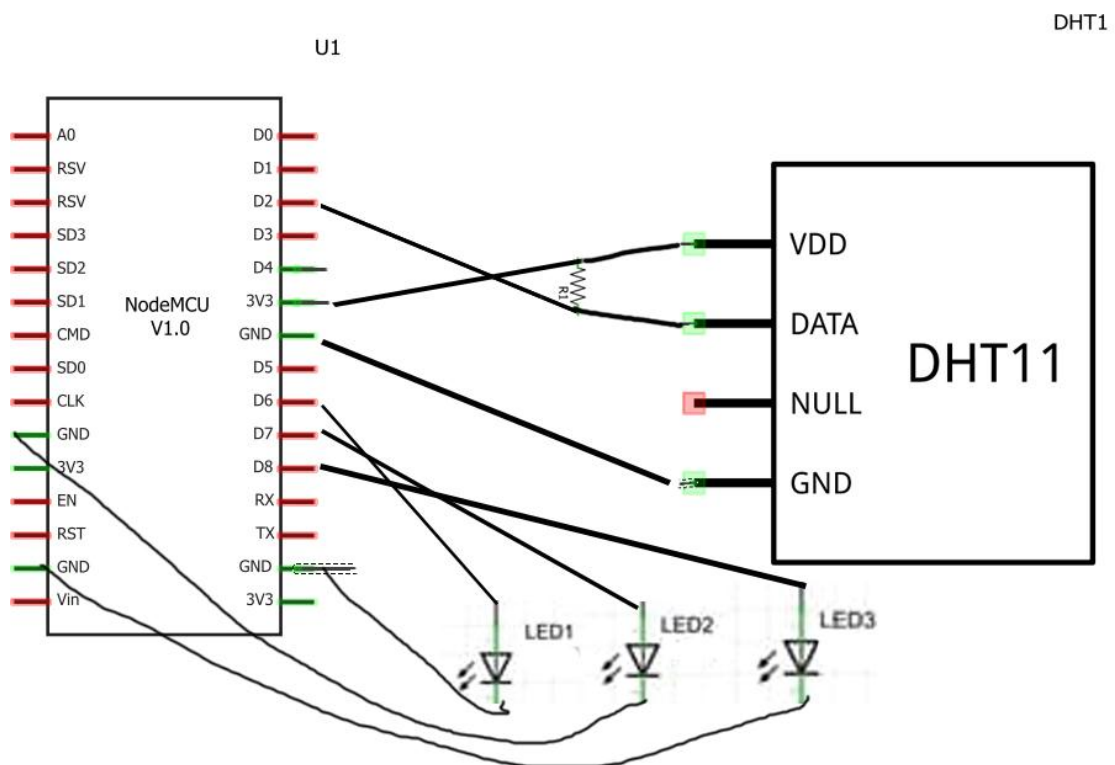


Рисунок 6.1 – Принципова схема підключення

Після розробки схеми потрібно було зібрати макет пристрою за допомогою макетної плати. Для цього були використані дроти з контактами, які не

потребується п'яти, три світлодіоди, датчик температури та вологості повітря та резистор на 10 КОм. (рис. 6.2, рис. 6.3)

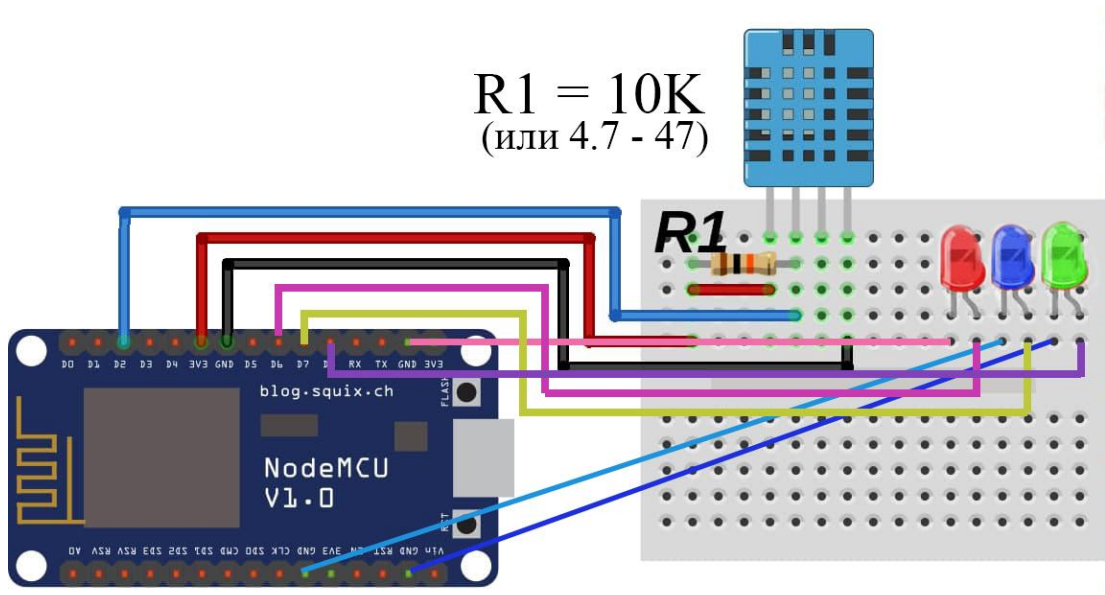


Рисунок 6.2 – Схема макету

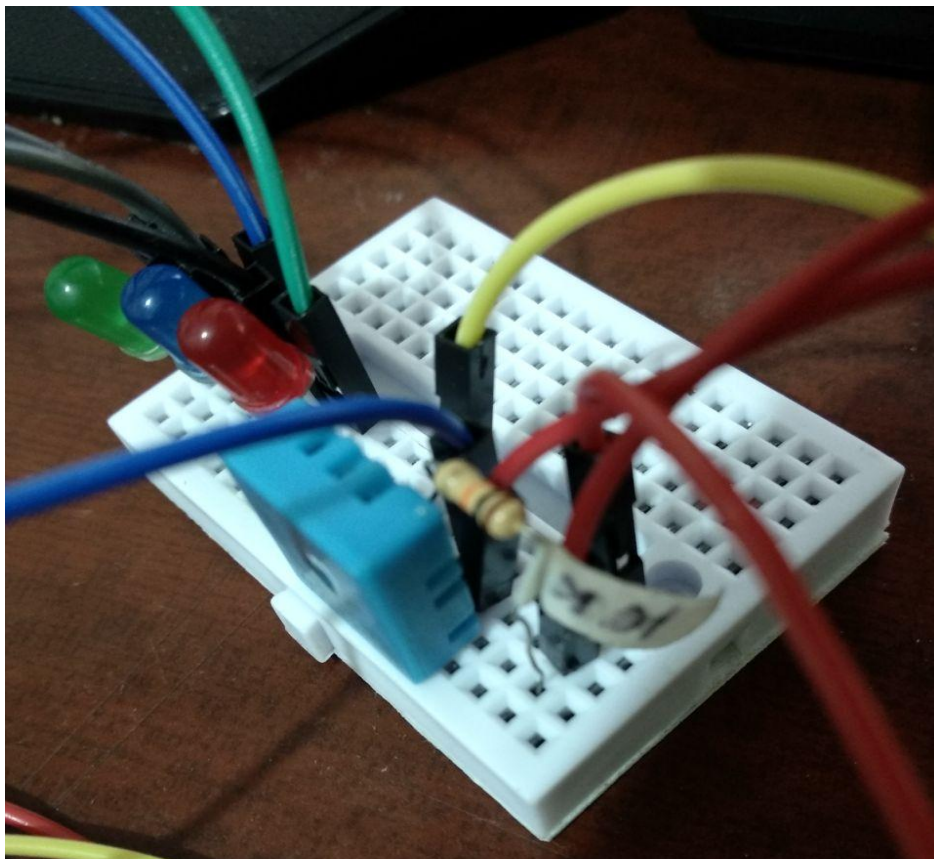


Рисунок 6.3 – Приклад макету

Після цього був написаний програмний код, що прошиває плату та дає змогу слідкувати за температурним режимом в реальному часі за допомогою світлової індикації або безпосередньо через функцію Arduino IDE «Монітор порту». Якщо температура знаходиться нижче вказаної відмітки (рис. 6.4), то спалахує синій світлодіод (рис. 6.5), якщо вона перевищує норму (рис. 6.6), то спалахує червоний світлодіод (рис. 6.7). Якщо температура знаходиться в заданому інтервалі нормального стану (рис. 6.8), то спалахує зелений світлодіод (рис. 6.9). А також якщо датчик вийшов зі строю (рис. 6.10) – будуть горіти всі світлодіоди одночасно (6.11).

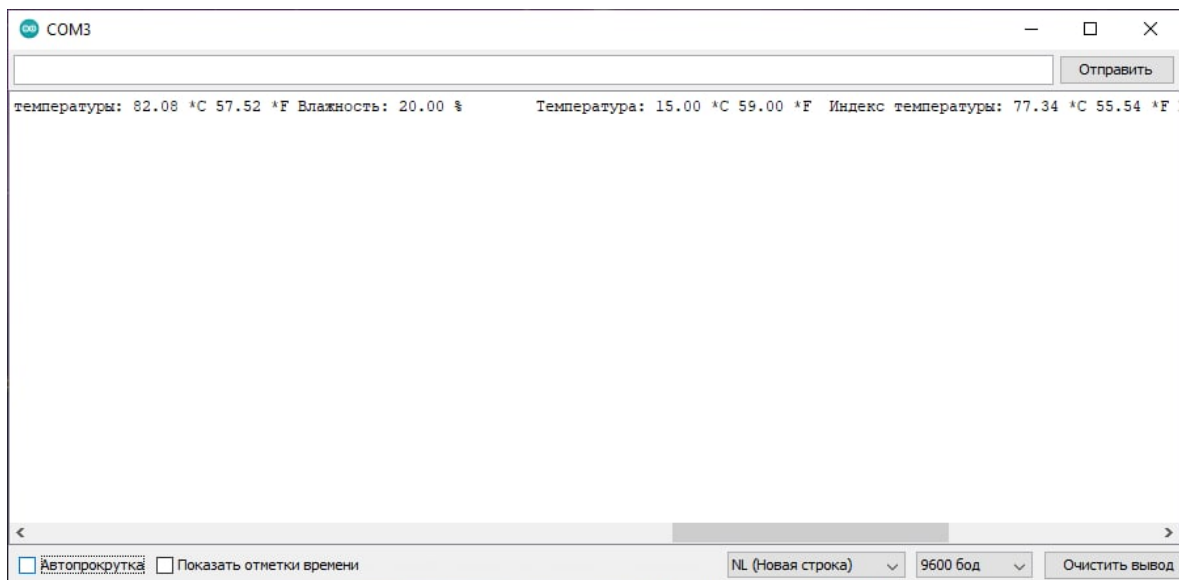


Рисунок 6.4 – Температура нижче норми

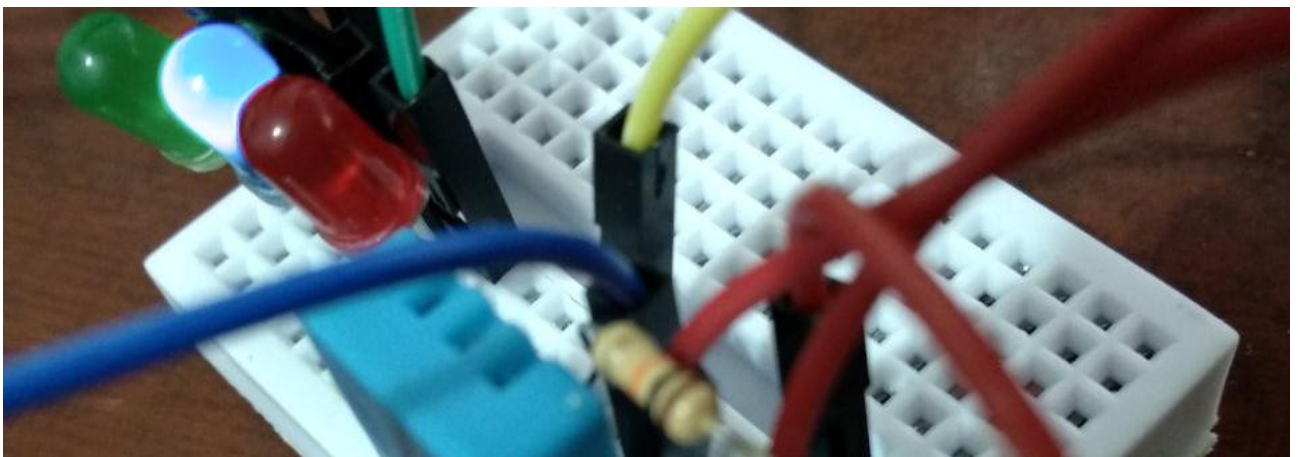


Рисунок 6.5 – Приклад роботи макету, коли температура нижче норми

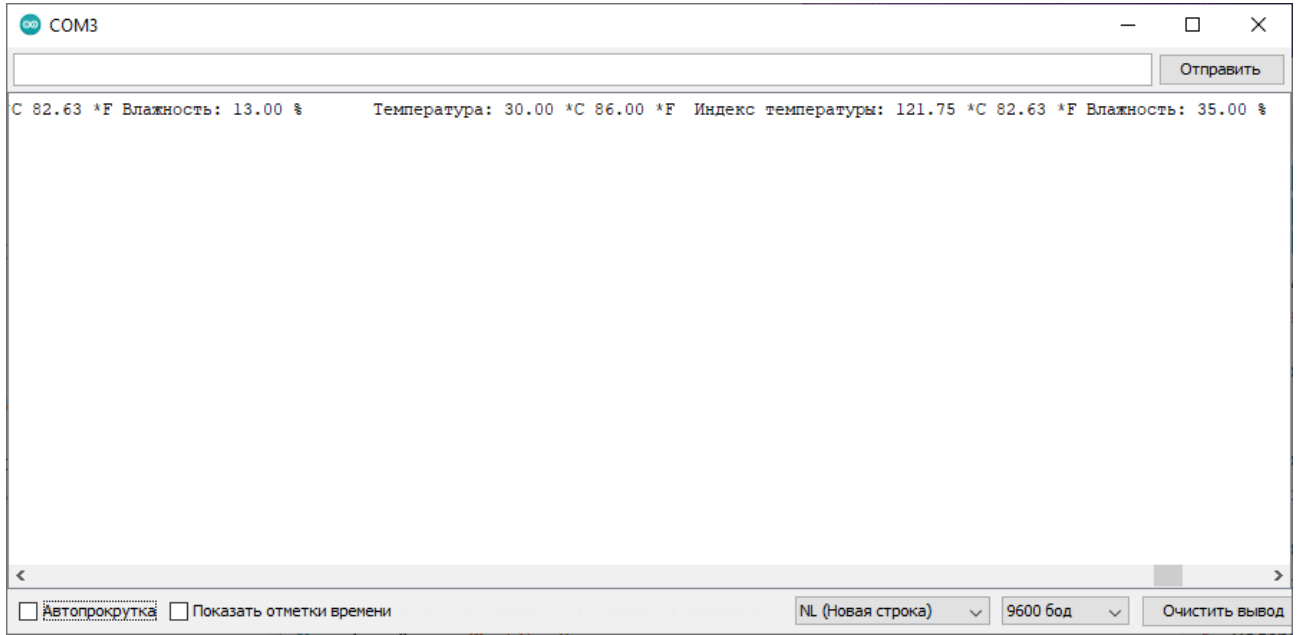


Рисунок 6.6 – Температура вище норми

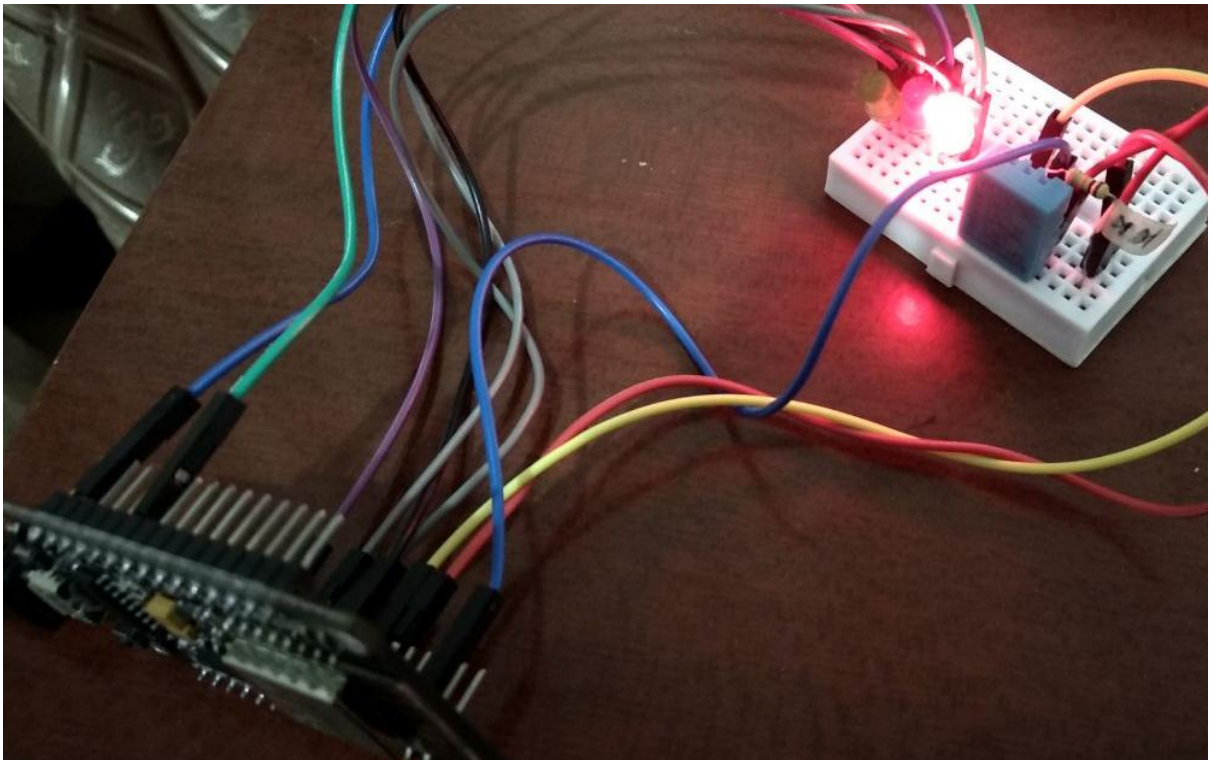


Рисунок 6.7 – Приклад роботи макету, коли температура вище норми

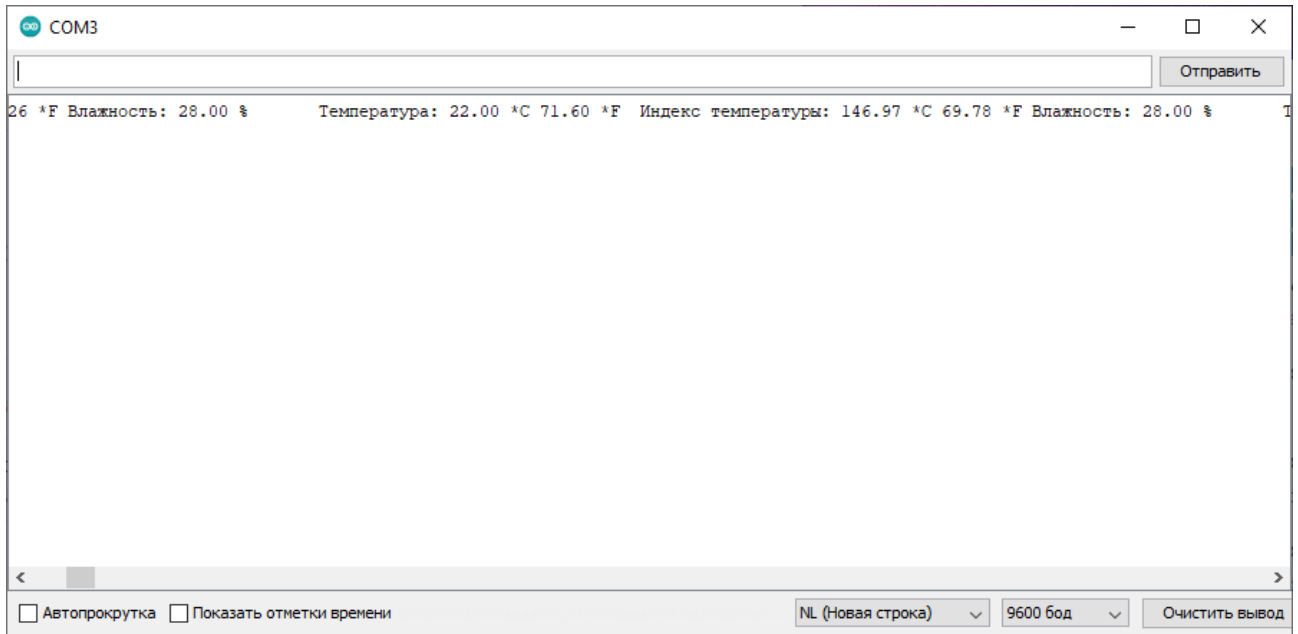


Рисунок 6.8 – Температура в нормі

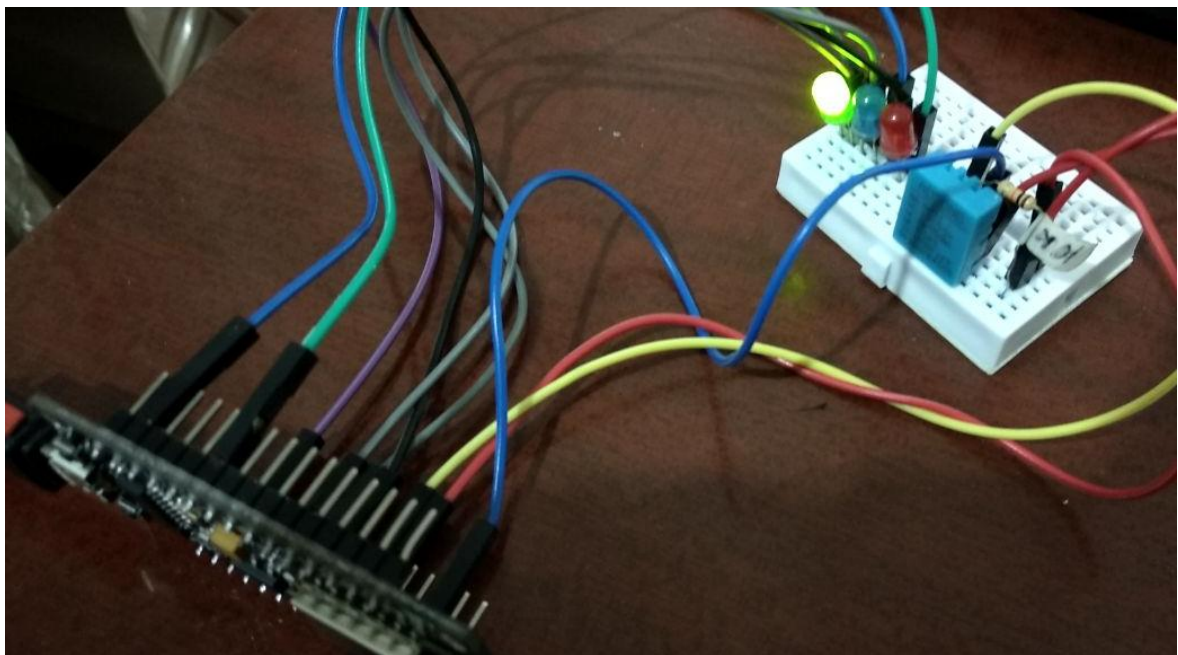


Рисунок 6.9 – Приклад роботи макету, коли температура в інтервалах норми

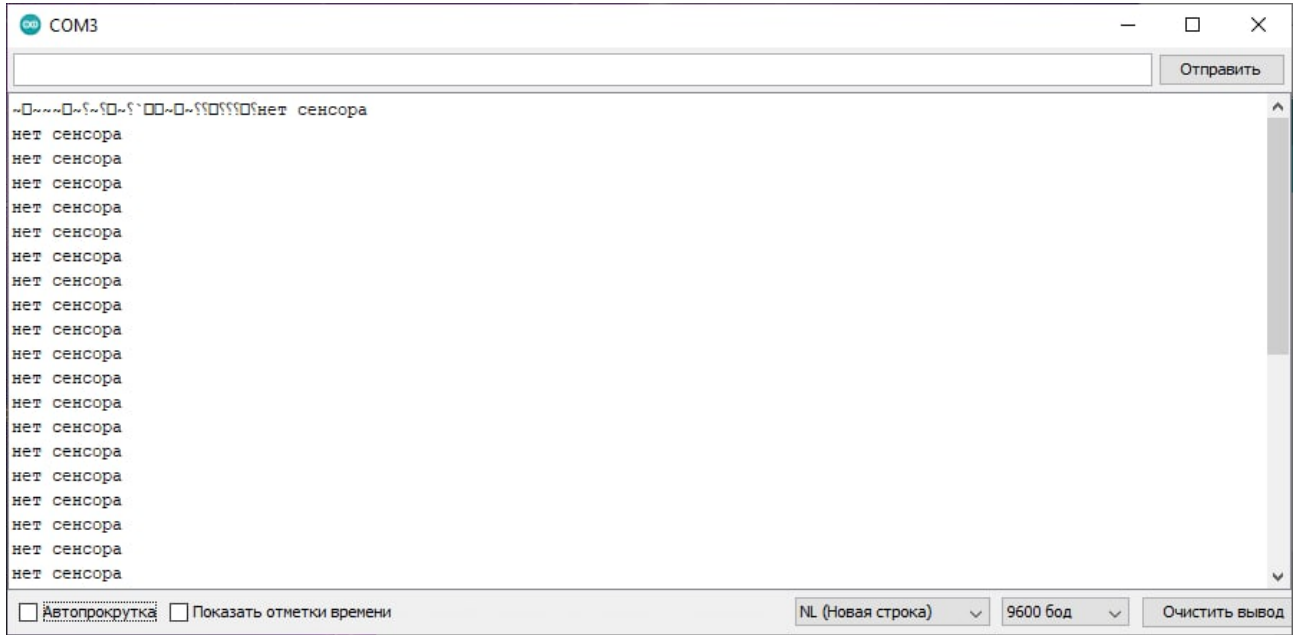


Рисунок 6.10 – Відображення відсутності датчика або його вихід зі строю

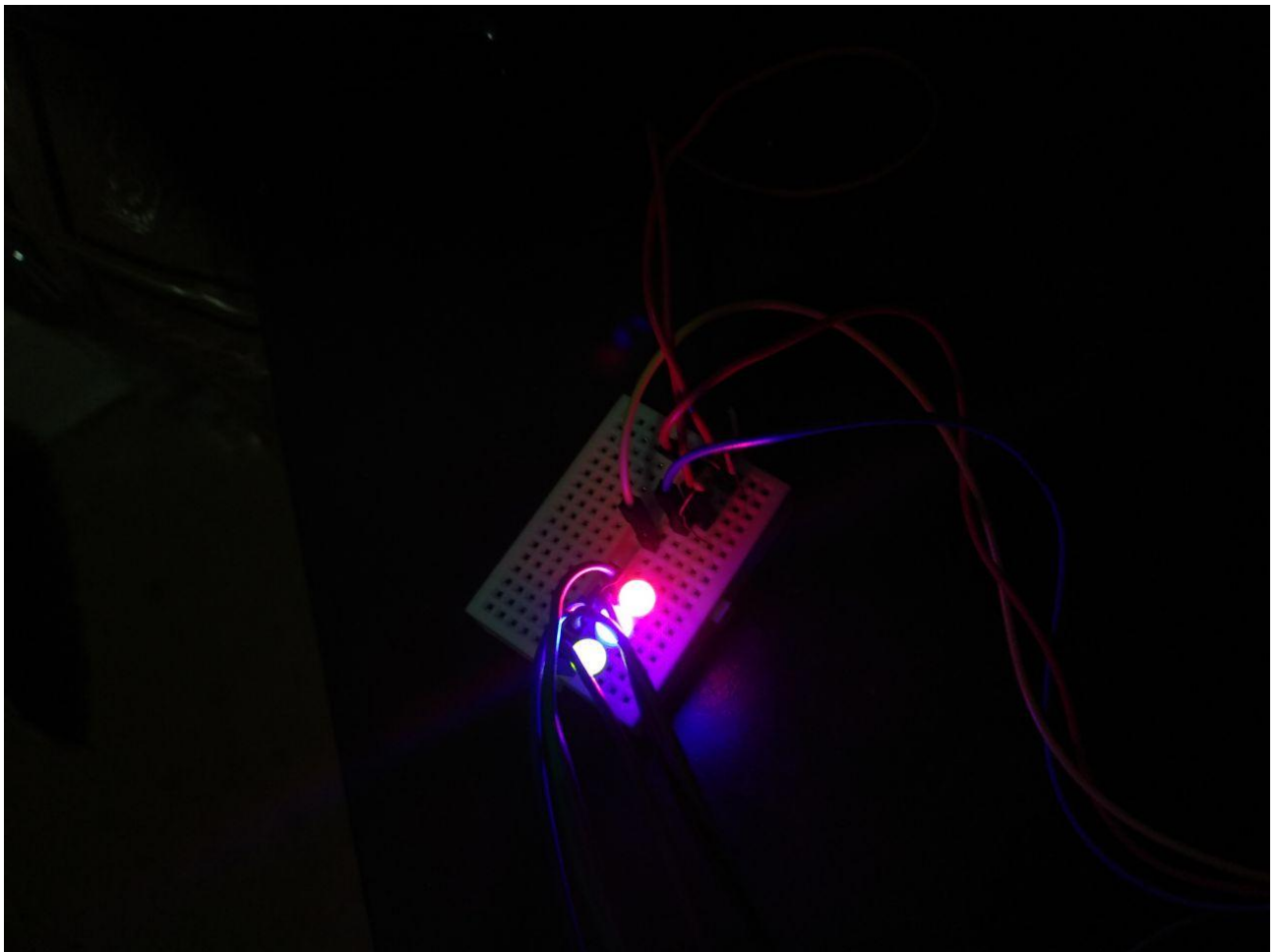


Рисунок 6.11 – Індикація відсутності датчика або його виходу зі строю

## ВИСНОВКИ

В рамках атестаційної роботи мною була розроблена підсистема збору статичних даних на виробництві.

Для вирішення поставленої задачі запропоновано використовувати технологію збору інформації через датчик DHT 11, що вимірює температуру та вологість повітря, і передає інформацію на комп'ютер.

У дослідженні запропонована модель збору статичних даних на виробництві для більш комфортного клімату в приміщенні. При бажанні її можна доробити та зв'язувати безпосередньо з управлінням клімату в приміщенні. Це мінімізує затрати часу на ручне налаштування температури та вологості в приміщенні.

Для створення моделі було задіяно електронні ресурси, а також дроти з контактами, які не потребується паяти, три світлодіоди, датчик температури та вологості повітря та резистор на 10 КОм.

Підсистема працює разом з іншою підсистемою збору динамічних даних, яку розробив мій колега Карасьов О.О.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сайт для електриків [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу <http://electric.info/main/automation/549-cto-takoe-mikrokontrollery-naznachenie-ustroystvo-princip-raboty-soft.html> (Дата звернення 10.11.2020)
2. Сайт для електриків [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу <http://electric.info/main/praktika/1331-pro-mikrokontrollery-dlya-nachinayuschih.html#punkt2> (Дата звернення 10.11.2020)
3. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу <https://compacttool.ru/plata-razrabotchika-wemos-lolin32-esp-wroom-32-bluetooth-btlewifi> (Дата звернення 10.11.2020)
4. Lescroël A. L., Ballard G., Grémillet D., Authier M., Ainley D. G. Antarctic Climate Change: Extreme Events Disrupt Plastic Phenotypic Response in Adélie Penguins // PLoS ONE / Sébastien Descamps. — 2014. — Т. 9, вып. 1. — doi:10.1371/journal.pone.0085291.
5. Quan-Hoang Vuong, Viet-Phuong La, Thu-Trang Vuong, Manh-Toan Ho, Hong-Kong T. Nguyen, Viet-Ha Nguyen, Hiep-Hung Pham & Manh-Tung Ho. An open database of productivity in Vietnam's social sciences and humanities for public use. — 2018. — Сентябрь
6. Research Techniques in Human Engineering / Weimer J.. — Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995.
7. Roger Sapsford, Victor Jupp. Data Collection and Analysis. — Second ed.. — London, Thousand Oaks, New Delhi: SAGE Publications, 2006
8. Крюков В. В. 3. Системы сбора данных // Информационно-измерительные системы. — Владивосток: ВГУЭС, 2000. — 93 с.
9. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу <https://kit-e.ru/sensor/rezistivnye-datchiki-temperatury-princzipu-raboty-i-harakteristiki/> (Дата звернення 14.11.2020)
10. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу <https://odinelectric.ru/kipia/cto-takoe-termopara> (Дата звернення 16.11.2020)