

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації
(повна назва)

Кафедра Радіотехнологій 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 динамічних
даних
(тема)

Виконав: студент 2 курсу, групи ІКТМ-19-1

Карасьов Олексій Олександрович
(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_р

Не містить відомостей заборонених для відкритого публікування.

Керівник професор, д.т.н. Цопа О.І.

Студент Карасьов О.О.

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

студенту Карасьов Олексій Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

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

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, 2 поняття мікроконтролер та їх різновиди, 3 розширена інформація про платформу arduino nano, 4 аналіз процесу збору даних, 5 середовище програмування arduino ide та підготовка його до роботи с платформою arduino, 6 датчики температури та їх основні види, 7 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	06.12.20	виконано
9	Захист	11.12.20	виконано

Дата видачі завдання __02__ __10__ 2020 р.

Студент _____
 (підпис)

Керівник роботи _____
 (підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської атестаційної роботи містить: 79 с., 6 розділів, 39 рис., 2 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: 79 pp., 6 sections, 39 figs., 2 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 Різниця між мікроконтролерами AVR, ARM, 8051 і PIC	15
2 РОЗШИРЕНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПЛАТФОРМУ ARDUINO NANO.....	19
2.1 Загальна інформація.....	19
2.2 Характеристики Arduino Nano	20
2.3 Роспіновка Arduino Nano	22
2.4 Зв'язок	24
3 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗБОРУ ДАНИХ.....	26
3.1 Збір даних.....	26
4 СЕРЕДОВИЩЕ ПРОГРАМУВАННЯ ARDUINO IDE ТА ПІДГОТОВКА ЙОГО ДО РОБОТИ С ПЛАТФОРМОЮ ARDUINO NANO ATMEGA 328P	29
4.1 Середовище програмування Arduino IDE.....	29
4.2 Підключення та налаштування Arduino Nano ATmega 328P	30
4.3 Підключення та налаштування датчика збору інформації про вологість та температуру.....	34
5 ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЇХ ОСНОВНІ ВИДИ	35
5.1 Загальна інформація по датчикам температури.....	35
5.2 Резистивний датчик температури (РТД).....	35
5.3 Термоелектричні перетворювачі (Термопара)	39
5.3.1 Принцип роботи термопар. Ефект Зеебека.....	39
5.4 Конструкція термопар	41
5.5 Види термопар	42
5.6 Підключення термопар	53
5.7 Ємнісні датчики температури	54
6 ПРИНЦИП ДІЇ СИСТЕМИ ЗІ ЗБОРУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДАНИХ	57
6.1 Опис дії схеми.....	57
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	65

ДОДАТОК А	66
Слайди презентації	66
ДОДАТОК Б.....	73
Лістинг коду програми	73
ДОДАТОК В	77
Відомість атестаційної роботи	78

**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.

АСНД – автоматизована система наукових досліджень.

АСУ – автоматизовані системи управління.

СЗД – система збору даних.

ВСТУП

Сьогодні збір динамічних даних використовують на підприємствах для того, щоб слідкувати за зміною температури в системах водопроводу та інших альтернативних системах. Для цього в проєкті був використаний мікроконтролер Arduino.

Збір динамічних 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 на багатьох виробництвах потрібно слідкування за кліматом у системі на відстані. Так як на підприємстві потрібно зменшити кількість людей, які перебувають там одночасно.

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

Дану систему рекомендується застосовувати у комплексі з системою статичного збору даних, яка буде слідкувати за температурою в приміщенні.

1 ПОНЯТТЯ МІКРОКОНТРОЛЕР ТА ЇХ ОСНОВНІ РІЗНОВИДИ

1.1 Поняття мікроконтролерів

Мікроконтролер це невелика мікросхема, на кристалі якій зібрано справжній мікрокомп'ютер. Це означає, що всередині однієї мікросхеми змонтували процесор, пам'ять (ПЗУ і ОЗУ), периферійні пристрої, змусили їх працювати і взаємодіяти між собою і зовнішнім світом за допомогою спеціальної прошивки, яка зберігається всередині мікроконтролера.

Основне призначення мікроконтролерів – це управління різними електронними пристроями. Таким чином, вони застосовуються не тільки в персональних комп'ютерах, а й майже у всій побутовій техніці, автомобілях, телевізорах, промислових роботів, навіть у військових радіолокаторах.

Можна сказати, що мікроконтролер це універсальний інструмент управління електронними пристроями, причому алгоритм управління ви закладаєте в нього самі і можете в будь-який час його поміняти в залежності від завдання, покладеного на мікроконтролер.

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]

Мікроконтролери характеризує велике число параметрів, оскільки він одночасно складний програмно-керований пристрій і електронний прилад (мікросхема).

В ході роботи мікроконтролер зчитує команди з пам'яті або порту вводу і виконує їх. Що означає кожна команда, визначається системою команд мікроконтролера. Система команд закладена в архітектурі мікроконтролера і

виконання коду команди виражається в проведенні внутрішніми елементами мікросхеми певних мікрооперацій. Основні структурні елементи мікроконтролера вказана на рис. 1.1.

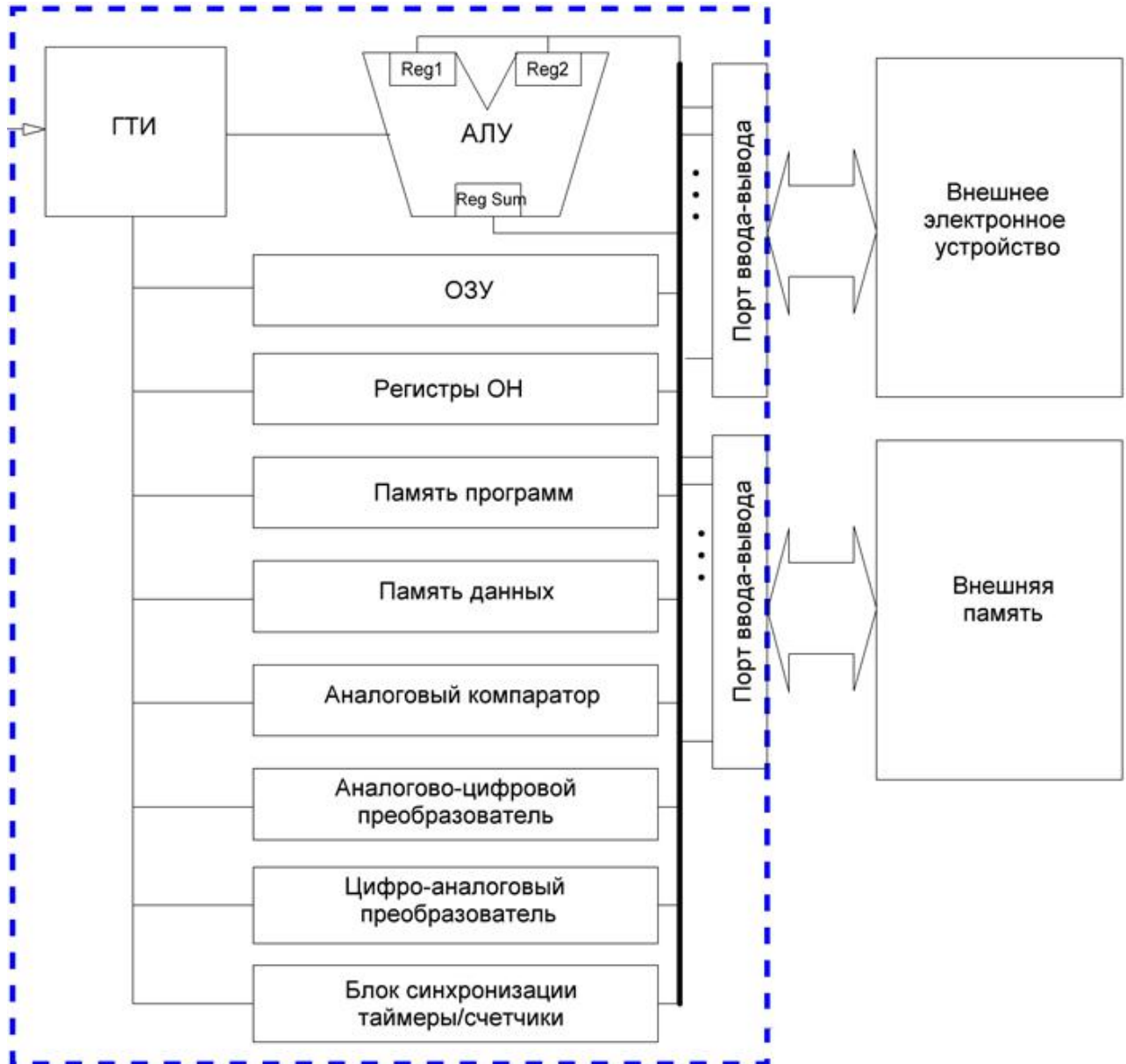


Рисунок 1.1 – Основні структурні елементи мікроконтролера

Арифметико-логічний пристрій (АЛП) – призначено для виконання арифметичних і логічних операцій, насправді в сукупності з регістрами загального призначення АЛУ виконує функції процесора.

Оперативно – пристрій (ОЗУ) – призначено для тимчасового зберігання даних при роботі мікроконтролера.

Пам'ять програм – виконана у вигляді перепрограмувальний постійного пам'яті і призначена для запису прошивки управління мікро контролером, так звана прошивка.

Пам'ять даних застосовується в деяких мікроконтролерах як пам'ять для зберігання все можливих констант, табличних значень функцій і т.д.

Мікроконтролер в своєму складі може мати і інші допоміжні елементи.

Аналоговий компаратор – призначений для порівняння двох аналогових сигналів на його входах.

Таймери в мікроконтролерах застосовуються для здійснення різних затримок і установки різних інтервалів часу в роботі мікроконтролера.

Аналогово–цифровий перетворювач (АЦП) необхідний для введення аналогового сигналу в мікроконтролер і його функція перевести аналоговий сигнал в цифровий.

Цифро–аналоговий перетворювач (ЦАП) виконує зворотну функцію, тобто сигнал з цифрового виду перетворює в аналоговий вигляд.

Робота мікроконтролера синхронізується тактовими імпульсами з генератора і управляється пристроєм управління мікроконтролера.

Таким чином, мікроконтролер це електронний конструктор, за допомогою якого ви можете зібрати свій пристрій управління. Шляхом програмування мікроконтролера ви відключаєте або підключаєте складові пристрою всередині мікроконтролера, задаєте свої алгоритми роботи цих пристроїв.

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. 1.2), де, крім них, підключаються екрани, клавіатурні входи, різні датчики і т.д. [1]

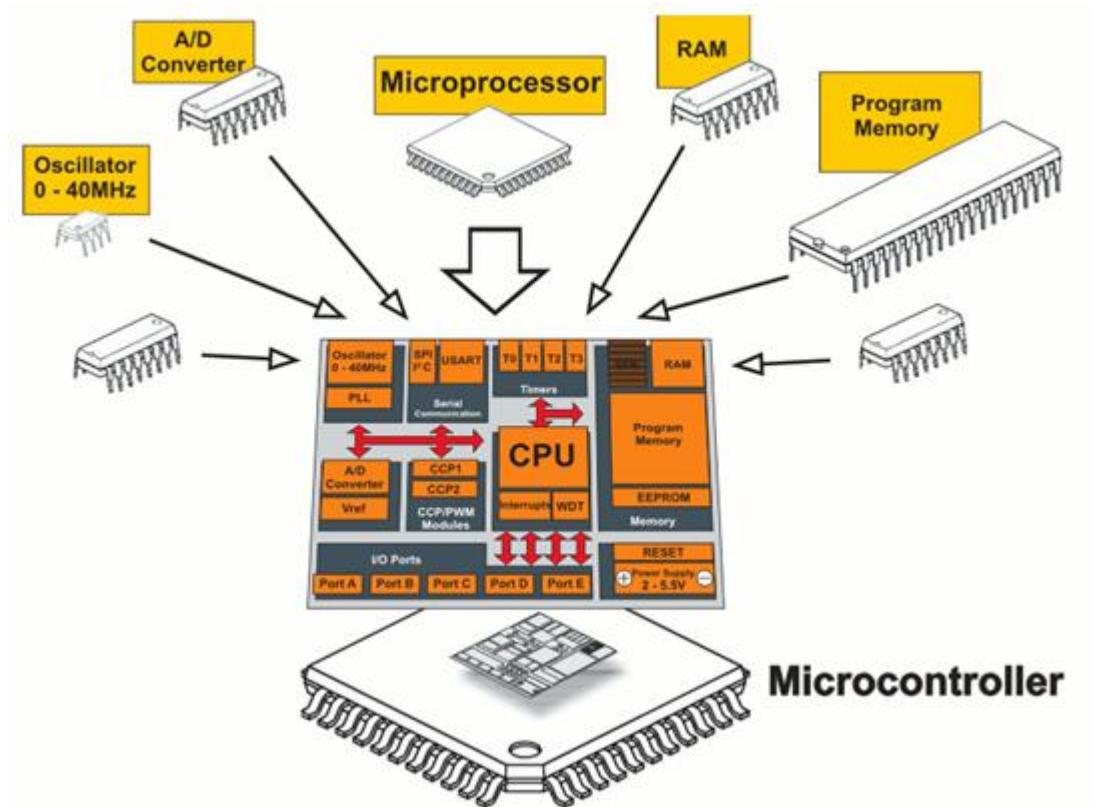


Рисунок 1.2. – Складові мікроконтролера

При розробці цифрової системи потрібно зробити правильну модель мікроконтролера. Головною метою є підбір недорогого контролера для зменшення загальної вартості всієї системи. Однак, необхідно, щоб він відповідав специфіці системи, вимогам надійності, продуктивності і умов використання.

Основними факторами підбору мікроконтролера є:

1. Придатність для прикладної системи:

- чи може вона бути зроблена на однокристальному мікроконтролері або її можна реалізувати на основі будь-якої спеціалізованої мікросхеми?
- чи має мікроконтролер необхідне число контактів / портів введення / виводу, тому що в разі їх нестачі він не зможе виконати роботу, а в разі надлишку ціна буде занадто високою?
- чи має він всі необхідні периферійні пристрої, такі як послідовні порти введення / виводу, RAM, ROM, A / D, D / A і т.д.?
- чи має він інші периферійні пристрої, які не будуть потрібні в системі?

- чи забезпечує ядро процесора необхідну продуктивність, тобто обчислювальну потужність, що дозволяє обробляти системні запити протягом усього життя системи на обраному прикладному мовою? Занадто багато марнотратно, занадто мало не працюватиме.
- виділено чи в бюджеті проекту достатньо коштів, щоб дозволити собі використовувати даний мікроконтролер. Для відповіді на це питання, звичайно потрібні розцінки постачальника. Якщо даний мікроконтролер не прийнятний для проекту, всі інші питання стають несуттєвими, і ви повинні почати пошуки іншого мікроконтролера.

2. Доступність:

- чи існує пристрій в достатніх кількостях?
- проводиться воно зараз?
- що очікується в майбутньому?

3. Підтримка розробника:

- асемблери;
- компілятори.

4. Середовище налагодження:

- оціночний модуль (EVM);
- внутрісхемні емулятори;
- насадки для логічних аналізаторів;
- налагодження монітори;
- відладчики програм в початкових текстах;

5. Інформаційна підтримка:

- приклади застосування;
- повідомлення про помилки;
- утиліти, в тому числі "безкоштовні" асемблери;
- приклади вихідних текстів;

6. Підтримка застосувань у постачальника:

- чи є спеціальна група, яка займається тільки підтримкою застосувань?

- чи є інженери, техніки або продавці?
- наскільки кваліфікований підтримує персонал, чи дійсно він зацікавлений у допомозі вам при вирішенні вашої проблеми?

– чи існує телефонна і / або FAXовая зв'язок?

7. Надійність фірми виробника:

- компетентність, підтверджена розробками.
- надійність виробництва, тобто якість продукції.
- час роботи в цій галузі.

Остаточний вибір відповідного мікроконтролера проекту нелегке рішення. Мікроконтролери стали більш складними пристроями з тих пір, як були додані внутрішньосхемні ресурси. І з тих пір, як процес рухається в бік все більшої внутрішньосхемною інтеграції зовнішніх ресурсів для зниження вартості системи, рішення стає все більш складним.

1.2 Розвиток мікроконтролерів

Поява першого мікропроцесора в 1971 році зробило революцію в області цифрової електроніки і обчислювальних машин. Розроблявся мікропроцесор як елемент, здатний замінити велику кількість мікросхем процесорної плати ЕОМ. В результаті, в одному корпусі були скомпоновані лічильники, регістри, логічні блоки та інші елементи.

Для отримання готового комп'ютера, до мікропроцесора слід додати пристрої введення / виводу, пам'ять і деякі інші елементи. При цьому майже відразу виникло питання, а чи не можна і всю цю периферію також розмістити на кристалі мікропроцесора? Через деякий час такий елемент був створений і отримав назву мікроконтролера.

Поява і розвиток мікроконтролерів повністю змінило можливості сучасної техніки. Вона стала більш функціональною, більш розумною і при цьому дешевою. При цьому створювати багато пристроїв стало доступним, не виходячи з дому. У майбутньому застосування мікроконтролерів буде тільки

збільшуватися і цілком можливо, що незабаром вони складуть реальну конкуренцію і на ринку персональних комп'ютерів.

1.3 Різниця між мікроконтролерами AVR, ARM, 8051 і PIC

Мікроконтролери 8051

Мікроконтролер 8051 – це 8-бітове сімейство мікроконтролерів, розроблене Intel в 1981 році. Це одне з популярних сімейств мікроконтролерів, які використовуються у всьому світі. Крім того, цей мікроконтролер спочатку називався «системою на кристалі», оскільки він має 128 байт оперативної пам'яті, 4 Кбайт ПЗУ, 2 таймера, 1 послідовний порт і 4 порту на одному кристалі. Процесор може обробляти до 8 біт даних одночасно. Якщо дані більше 8 біт, то вони повинні бути розбиті на частини, щоб процесор міг легко їх обробляти. Більшість мікроконтролерів серії 8051 різних виробників містять 4 Кбайт ПЗУ, хоча обсяг ПЗУ може бути розширений до 64 Кбайт.

Мікроконтролери 8051 використовуються у величезній кількості пристроїв, головним чином тому, що їх легко інтегрують в проект. Нижче перераховані основні напрямки їх застосування.

По-перше, це контроль електроенергії: ефективні системи вимірювання полегшують контроль використання енергії в будинках і виробничих приміщеннях. Ці вимірювальні системи оптимальні для можливості інтеграції мікроконтролерів.

Сенсорні екрани. Велика кількість постачальників мікроконтролерів включає сенсорні функції в свої пристрої. Прикладами сенсорних екранів на мікроконтролерах є портативна електроніка, така як стільникові телефони, медіаплеєри та ігрові пристрої.

Автомобілі: мікроконтролери 8051 знаходять широке застосування в автомобільних рішеннях. Вони широко використовуються в гібридних транспортних засобах для обробки даних з двигунів і управління ними. Крім того, такі функції, як круїз-контроль і анти-гальмівна система, більш ефективні з використанням мікроконтролерів.

Медичні пристрої: переносні медичні пристрої, такі як вимірювачі артеріального тиску та монітори глюкози, використовують мікроконтролери для відображення даних, що забезпечує більш високу надійність при наданні медичних результатів.

Мікроконтролери PIC

Контролер периферійного інтерфейсу (PIC) - це серія мікроконтролерів, розроблена компанією Microchip. Мікроконтролер PIC швидше і простіше реалізує програми, якщо порівнювати з іншими мікроконтроллерами, такими як 8051. Простота програмування і простота взаємодії з іншими периферійними пристроями робить PIC більш успішним мікро контролером.

PIC - це мікроконтролер, який також складається з центрального процесора, ОЗУ, ПЗУ, таймерів, лічильників, АЦП (аналого-цифрових перетворювачів), ЦАП (цифроаналогових перетворювачів). Мікроконтролер PIC також підтримує протоколи, такі як CAN, SPI, UART для взаємодії з додатковими периферійними пристроями. PIC в основному використовує модифіковану гарвардську архітектуру, а також підтримує RISC (скорочений набір команд). Завдяки цьому PIC швидше, ніж контролери на основі ядра 8051, які засновані на фон-неймановской архітектурі.

Мікроконтролери AVR

Перші мікроконтролери AVR були розроблені в 1996 році компанією Atmel (тепер частина Microchip). Проект AVR був розроблений Альф-Егіл Богеном і Вегара Волланом, тому AVR аббревіатура отримала дві перші букви від імен розробників: Alf-Egil Bogen Vegard Wollan RISC, після ця аббревіатура стала розшифровуватися більш офіційно як Advanced Virtual RISC. AT90S8515 був першим мікро контролером в лінійці AVR, хоча першим мікро контролером, який потрапив на комерційний ринок, був AT90S1200 (в 1997 році).

Мікроконтролери AVR

Мікроконтролери AVR доступні в трьох основних підродинах:

1. TinyAVR: менше пам'яті, невеликий розмір, підходить тільки для більш простих додатків.

2. MegaAVR: це популярні мікроконтролери, в основному мають відносно велику кількість пам'яті (до 256 КБ), більшу кількість вбудованих периферійних пристроїв і підходять для досить складних додатків.

3. XmegaAVR: використовуються в комерційних додатках для вирішення складних завдань, яким потрібна велика пам'ять програм і висока швидкість.

Мікроконтролери ARM

Мікроконтролери з ядром ARM також є одним з сімейств процесорів на базі архітектури RISC, розробленим компанією Advanced RISC Machines (ARM).

Мікроконтролери ARM засновані на 32-бітних і 64-бітних багатоядерних процесорах RISC. Процесори RISC призначені для виконання меншої кількості інструкцій, щоб вони могли працювати з більшою швидкістю, виконуючи додаткові мільйони інструкцій в секунду (MIPS). Усуваючи непотрібні інструкції і оптимізуючи обробку інформації, RISC-процесори забезпечують більшу продуктивність у порівнянні з більшістю розглянутих вище мікроконтролерів.

Процесори ARM широко використовуються в споживчих електронних пристроях, таких як смартфони, планшети, комп'ютери програвачі та інші мобільні пристрої. Через скороченого набору команд їм потрібно менше транзисторів, що дозволяє зменшити розмір матриці інтегральної схеми. Процесори ARM з меншими розмірами зменшують складність проектування і скорочують енергоспоживання, що робить їх придатними для більш мініатюрних пристроїв. Основне розходження між мікроконтролерами AVR, ARM, 8051 і PIC показані на рис. 1.3.

	8051	PIC	AVR	ARM
Розрядність	8 бит	8/16/32 бит	8/32 бит	32 бит, иногда 64 бит
Інтерфейси	UART, USART, SPI, I2C	PIC, UART, USART, LIN, CAN, Ethernet, SPI, I2S	UART, USART, SPI, I2C, иногда CAN, USB, Ethernet	UART, USART, LIN, I2C, SPI, CAN, USB, Ethernet, I2S, DSP, SAI, IrDA
Швидкість	12 тактов на инструкцию	4 такта на инструкцию	1 такт на инструкцию	1 такт на инструкцию
Пам'ять	ROM, SRAM, FLASH	SRAM, FLASH	Flash, SRAM, EEPROM	Flash, SDRAM, EEPROM
Шинна архітектура	CLSC	Частично RISC	RISC	RISC
Архітектура пам'яті	Фон-неймановская	Гарвардская	Модифицированная	Модифицированная гарвардская
Енерговикористання	Середнє	Низьке	Низьке	Низьке
Сімейства	Вариации 8051	PIC16, PIC17, PIC18, PIC24, PIC32	Tiny, Atmega, Xmega, спец. AVR	ARMv4,5,6,7 ...
Виробники	NXP, Atmel, Silicon Labs, Dallas, Cypress, Infineon ...	Microchip	Atmel (Microchip)	Apple, Nvidia, Qualcomm, Samsung Electronics, TI ...
Ціна	Низька	Середня	Середня	Низька
Популярні мікроконтролери	AT89C51, P89v51	PIC18fXX8, PIC16f88X, PIC32MXX	Atmega8, 16, 32; вариации для Arduino	LPC2148, ARM Cortex-M0, ARM Cortex-M3, ARM Cortex-M7

Рисунок 1.3 – Основні розходження між мікроконтролерами AVR, ARM, 8051 і PIC

2 РОЗШИРЕНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПЛАТФОРМУ ARDUINO NANO

2.1 Загальна інформація

Ардуіно Нано – це аналог Arduino Uno, яка також працює на чіпі ATmega328P, але відрізняється форм фактором плати, яка в 2–2,5 рази менше, ніж Уно (53 x 69 мм).

Відмінність такої мініатюрної плати, полягає у відсутності винесеного гнізда для зовнішнього живлення, але замість нього з легкістю можна підключитися безпосередньо до пінам. У платі використовується чіп FTDI FT232RL для USB–Serial перетворення і застосовується mini–USB кабель для зв'язку з Ардуіно замість стандартного. Зв'язок з різними пристроями забезпечують UART, I2C і SPI інтерфейси.

Платформа має контакти у вигляді пінів, тому її легко встановлювати на макетну плату. Arduino Nano використовується там де важлива компактність, а можливостей Mini або не вистачає, або не хочеться займатися пайкою.

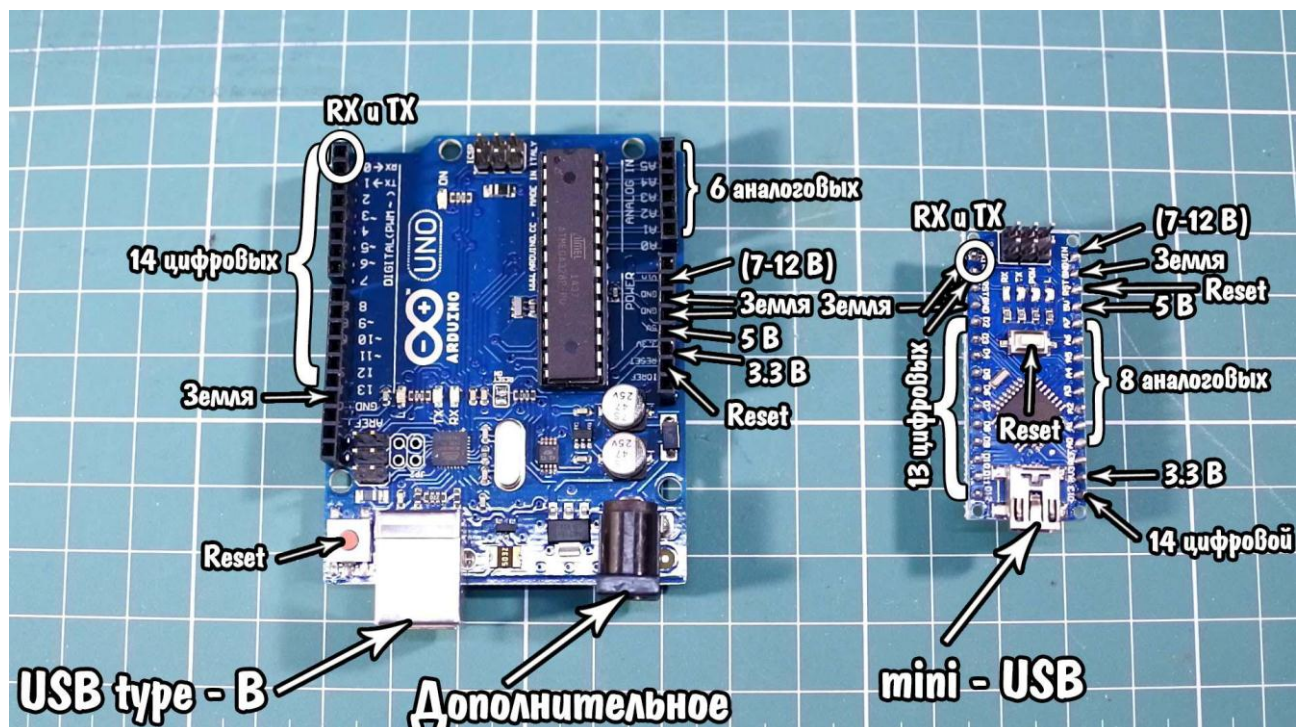


Рисунок 2.1 – Порівняльне зображення розміру Arduino Uno і Nano

2.2 Характеристики Arduino Nano

Табл. 1 – Основні характеристики Arduino Nano

Мікроконтролер	ATmega328
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В
Робоча напруга (логічна рівень)	5 В
Вхідна напруга (граничне)	6-20 В
Цифрові входи / виходи	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)
Постійний струм через вхід / вихід	40 mAh з одного виводу і 500 mAh з усіх виводів
ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
Тактова частота	16 МГц
Аналогові входи	8
Флеш-пам'ять	32 Кб (ATmega328) при цьому 2 Кб використовуються для завантажувача
Розміри	1.85 см x 4.2 см
EEPROM	1 Кб (ATmega328)

Головний конкурент Arduino Nano за розміром-це Arduino Micro. В цілому вони схожі, але у «мікро» інтерфейс SPI розведений на інші піни, як і шина I2C, а також змінено кількість виводів переривань. В цілому, плати схожі розмірами, але різні співвідношення сторін, а також деякі схемотехнічні нюанси.

Arduino Nano має 8 аналогових входів, вони можуть використовуватися як цифровий вихід, 14 цифрових з яких 6 можуть працювати як широтно-імпульсний модулятор (ШІМ), ще два задіяні під I2C і 3 під SPI.

У протилежному кінці плати від роз'єму мікро-юсб розташована колодка Arduino ISP для прошивки мікроконтролера.

ШІМ виходи і транзистори допоможуть вам: регулювати обороти двигуна, яскравість світлодіодів, потужність нагрівачів і багато іншого. А аналогові входи дозволяють читати значення з аналогових датчиків, таких як:

- фоторезистор;
- терморезистор;
- термopара;
- Вимірювачі вологості;
- датчики тиску та інші.

Виходи Digital 2 і 3 можуть бути використані для зовнішніх переривань. Це такі сигнали, які повідомляють мікроконтролеру про будь-яку важливу подію. За цими сигналами викликається програма обробки переривання і виконуються необхідні дії, наприклад, вихід з режиму енергозбереження та виконання обчислень.

На базі плати Nano вийде відмінний мініатюрний програматор Arduino ISP, для прошивки цілого ряду контролерів.

Arduino Nano може працювати з різних джерел живлення, його можна підключити як через Mini-B USB комп'ютера, або від звичайного нерегульованого 6-20 вольт (pin 30), або регульованого 5 вольт (pin 27). Плата автоматично вибере живлення з найвищою напругою.

Зовнішнє живлення (рис. 2.2) стабілізується завдяки LM1117IMPX-5.0 з напругою 5В. коли підключення відбувається через USB використовується діод Шотткі.

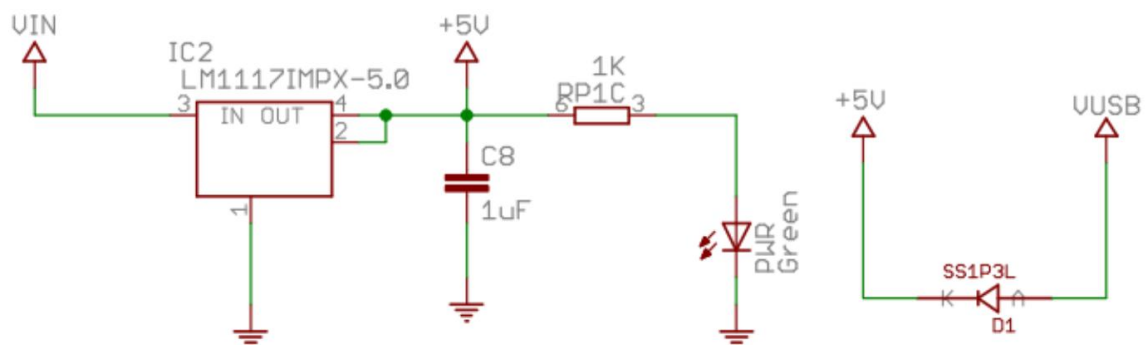


Рисунок. 2.2 – Схема живлення Arduino Nano

2.3 Роспіновка Arduino Nano

У Arduino Nano роспіновка виконана так, як показано на зображенні (рис. 2.3)

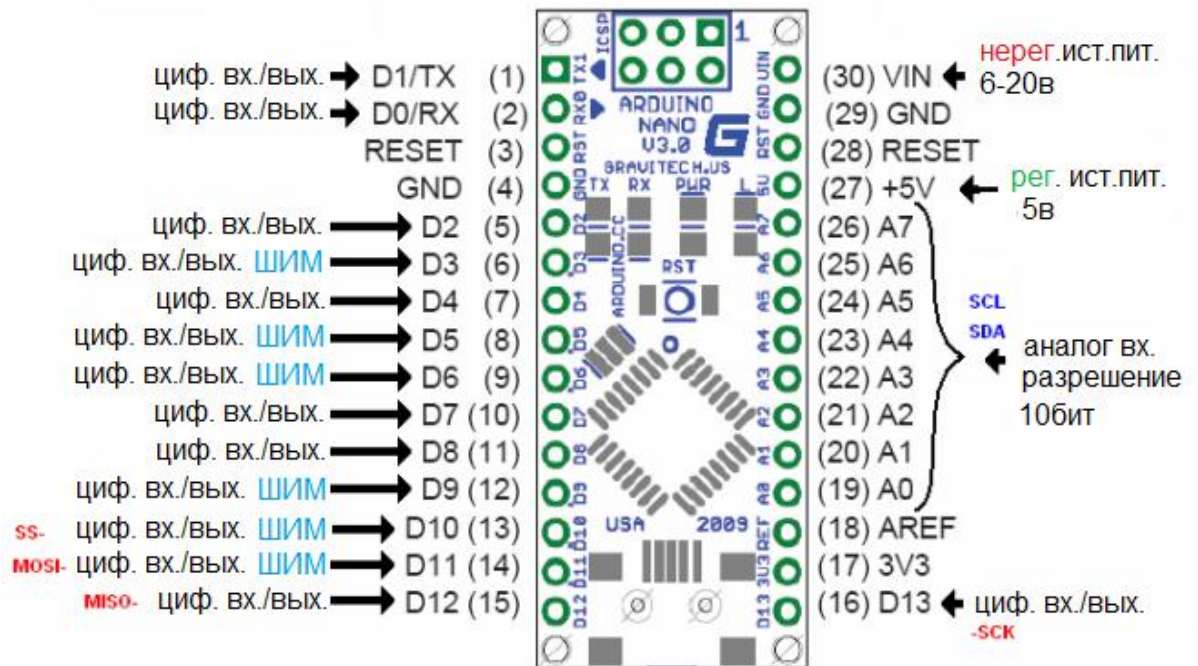


Рисунок 2.3 – Схема роспіновки Arduino Nano

Піни живлення

- VIN: Вхідний пін для підключення зовнішнього джерела живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12 вольт.
- 5V: Вихідний пін від регулятора напруги на платі з виходом 5 вольт і максимальних струмом 800 мА. Живити пристрій через висновок 5V не рекомендується - ви ризикуєте спалити плату.
- 3.3V: Вихідний пін від стабілізатора мікросхеми FT232R з виходом 3,3 вольт і максимальних струмом 50 мА. Живити пристрій через висновок 3V3 не рекомендується - ви ризикуєте спалити плату.
- GND: Виводи землі.

– AREF: Пін для підключення зовнішнього опорного напруги АЦП щодо якого відбуваються аналогові вимірювання при використанні функції `analogReference ()` з параметром «EXTERNAL».

Порти введення / виводу:

– Цифрові входи / виходи: Піни 0-13. Логічний рівень одиниці - 5 В, нуля - 0 В. Максимальний струм виходу - 40 мА. До контактів підключені підтягує резистори, які за замовчуванням вимкнені, але можуть бути включені програмно.

– ШІМ: Піни 3,5,6,9,10 і 11. Дозволяє виводити аналогові значення в вигляді ШІМ-сигналу. Розрядність ШІМ не змінюється і встановлена в 8 біт.

– АЦП: Піни А0-А7. Дозволяє представити аналогову напругу в цифровому вигляді. Розрядність АЦП не змінюється і встановлена в 10 біт. Діапазон вхідної напруги від 0 до 5 В. При подачі більшої напруги - ви вб'єте мікроконтролер.

– TWI / I²C: Піни А4 (SDA) і А5 (SCL). Для спілкування з периферією по інтерфейсу I²C. Для роботи використовуйте бібліотеку `Wire`.

– SPI: Піни 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) і 10 (SS). Для спілкування з периферією по інтерфейсу SPI. Для роботи - використовуйте бібліотеку `SPI`.

– UART: Піни 0 (RX) і 1 (TX). Використовується для комунікації плати `Arduino` з комп'ютером або іншими пристроями по послідовному інтерфейсу. Висновки 0 (RX) і 1 (TX) з'єднані з відповідними USB-UART перетворювача `FT232R`. Для роботи з послідовним інтерфейсом - використовуйте методи бібліотеки `Serial`.

Більш детальна схема вводів-виводів на зображенні нижче (рис. 2.4).

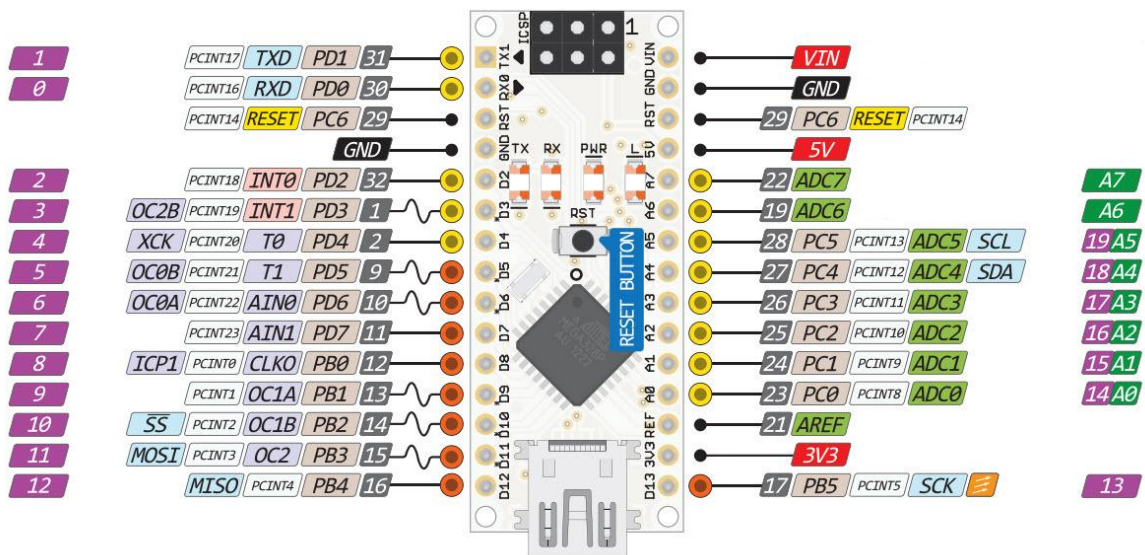


Рисунок 2.4 – Детальна схема всіх виводів Arduino Nano

AIN0 і AIN1 – це входи швидкодіючого аналогового компаратора. Крім того, є 6 каналів з виходом широтно-імпульсного модулятора (ШІМ). До того ж є більше число пінів, на які можуть бути переведені запити переривань.

Проблема з мікроконтролерами полягає в тому, що при великих функціональних можливостях (адже в них крім процесора є ще досить багатий набір периферійних пристроїв) вони мають обмежене число виводів. Розробнику тут є над чим подумати вже на етапі складання принципової схеми, адже його мета – максимально використовувати пристрій, в той же час не допускаючи конфліктів між функціями виводів.

2.4 Зв'язок

На платформі Arduino Nano встановлено кілька пристроїв для здійснення зв'язку з комп'ютером, іншими пристроями Arduino або мікроконтролерами. ATmega328 підтримують послідовний інтерфейс UART TTL (5 В), здійснюваний виводами 0 (RX) і 1 (TX). Встановлена на платі мікросхема FTDI FT232RL направляє даний інтерфейс через USB, а драйвери FTDI (включені в програму Arduino) надають віртуальний COM порт програмі на комп'ютері. Моніторинг послідовної шини (Serial Monitor) програми Arduino дозволяє посилати і отримувати текстові дані при підключенні до платформи. Світлодіоди RX і TX

на платформі будуть блимати при передачі даних через мікросхему FTDI або USB підключення (але не при використанні послідовної передачі через виводи 0 і 1).

Бібліотекою `SoftwareSerial` можливо створити послідовну передачу даних через будь-який з цифрових виводів Nano. ATmega328 підтримують інтерфейси I2C (TWI) і SPI. У Arduino включена бібліотека `Wire` для зручності використання шини I2C. більш детальна інформація знаходиться в документації. Для використання інтерфейсу SPI зверніться до технічних даних мікроконтролерів ATmega328.

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 і бізнес.

Оскільки інформація фіксується і передається на матеріальних носіях, необхідні дії людини і робота технічних засобів по сприйняттю, збору інформації, її записи, передачі, перетворення, обробки, зберігання, пошуку і видачі. Ці дії забезпечують нормальне протікання інформаційного процесу і входять в технологію управління. Вони реалізуються технологічними процесами обробки даних з використанням електронних обчислювальних машин та інших технічних засобів.

Технологічний процес обробки даних починається з їх збору та реєстрації. Сутність цього етапу полягає у визначенні та реєстрації на носії даних кількісних і якісних значень показників, що відображають стан об'єкта управління. При цьому можуть виконуватися вимірювання, підрахунок, зважування та ін.

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.

За внесеними службами і підрозділами підприємства зауважень і пропозицій остаточно вибирається зручний для обробки і зберігання формат при раціональній компактній структурі документа, а також проводиться оптимальне розміщення даних в документі. Як приклад можна привести первинний носій

інформації, який отримав назву Картки обліку відмов і дефектів. Ця картка уніфікована для всієї продукції, що випускається підприємством, т. Е. Для тієї, у якій закінчився гарантійний термін експлуатації, і продукції, що знаходиться на гарантійному обслуговуванні у підприємства. Розроблений технологічний процес збору, накопичення, зберігання та передачі інформації про відмови і дефектах випущеної продукції, яка знаходиться в експлуатації, а також обробки даних та отримання вихідних документів дозволяє оперативно і з достатнім ступенем точності визначати кількість необхідних запасних частин для продукції, що випускається, що знаходиться на гарантійному обслуговуванні, і продукції, щодо якої термін гарантійного обслуговування вже закінчився.

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:

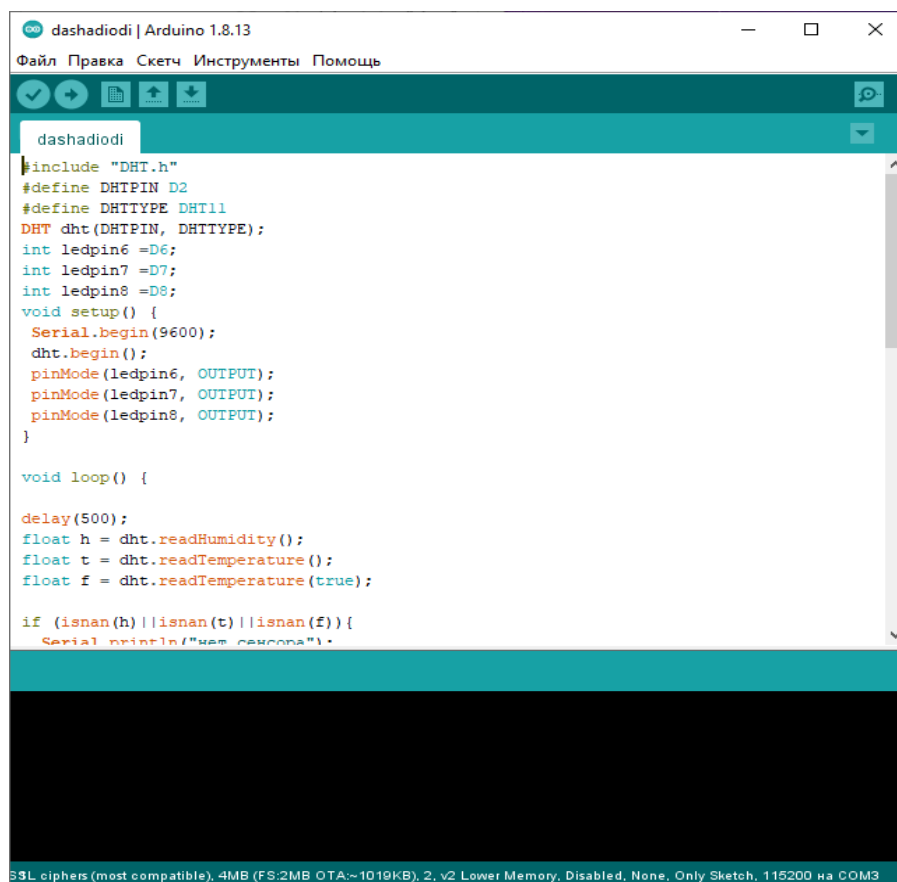
1. Неможливість точно відповісти на питання дослідження.
2. Неможливість повторити і перевірити дослідження.

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].

4 СЕРЕДОВИЩЕ ПРОГРАМУВАННЯ ARDUINO IDE ТА ПІДГОТОВКА ЙОГО ДО РОБОТИ С ПЛАТФОРМОЮ ARDUINO NANO ATMEGA 328P

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. 4.1) 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

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 Arduino.

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.

Фактично немає особливого мови програмування Arduino. Модулі Arduino програмуються на C / C ++. Особливості програмування зводяться до того, що існує набір бібліотек, що включає деякі функції (pinMode, digitalWrite і т.д.) і об'єкти (Serial), які значно полегшують процес написання програми.

4.2 Підключення та налаштування Arduino Nano ATmega 328P

Для програмування платформи Arduino Nano ATmega328P за допомогою Arduino IDE необхідно налаштувати програму. Для цього треба перейти у вікно інструменти>плати>Arduino AVR Boards та вибрати пункт Arduino Nano, як це показано на рис. 4.2.

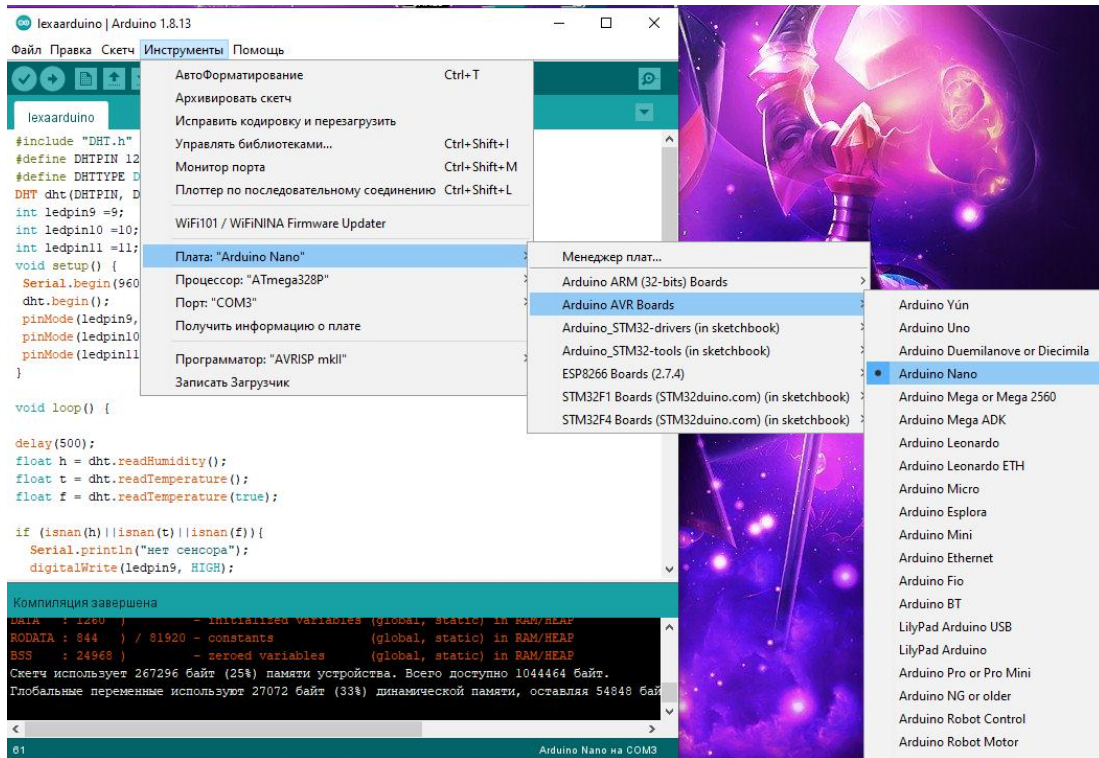


Рисунок 4.2 – Перехід у вікно інструменти>плати>Arduino AVR Boards

Після цього необхідно підключити мікроконтролер до комп'ютера та встановити драйвер USB–Serial CH340 (якщо він не встановився за замовчуванням).

Для перевірки наявності драйверу необхідно перейти в Меню Пуск\ Панель управління \ Обладнання та звук\пристрої та принтери та знайти там пристрій, як показано на рис. 4.3. Якщо на пристрої не має жовтого трикутника, то драйвер встановлений.

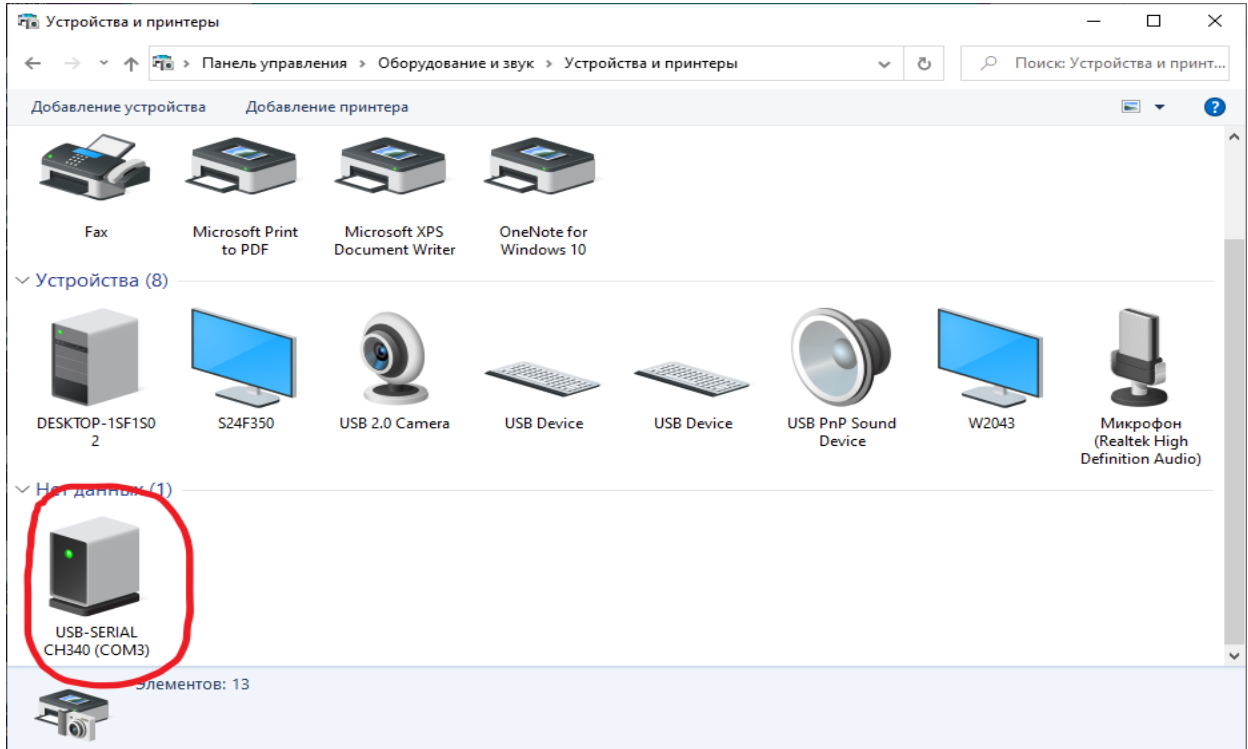


Рисунок 4.3 – Меню пристрої та принтери

Далі треба вибрати порт, як це показано на рис. 4.4

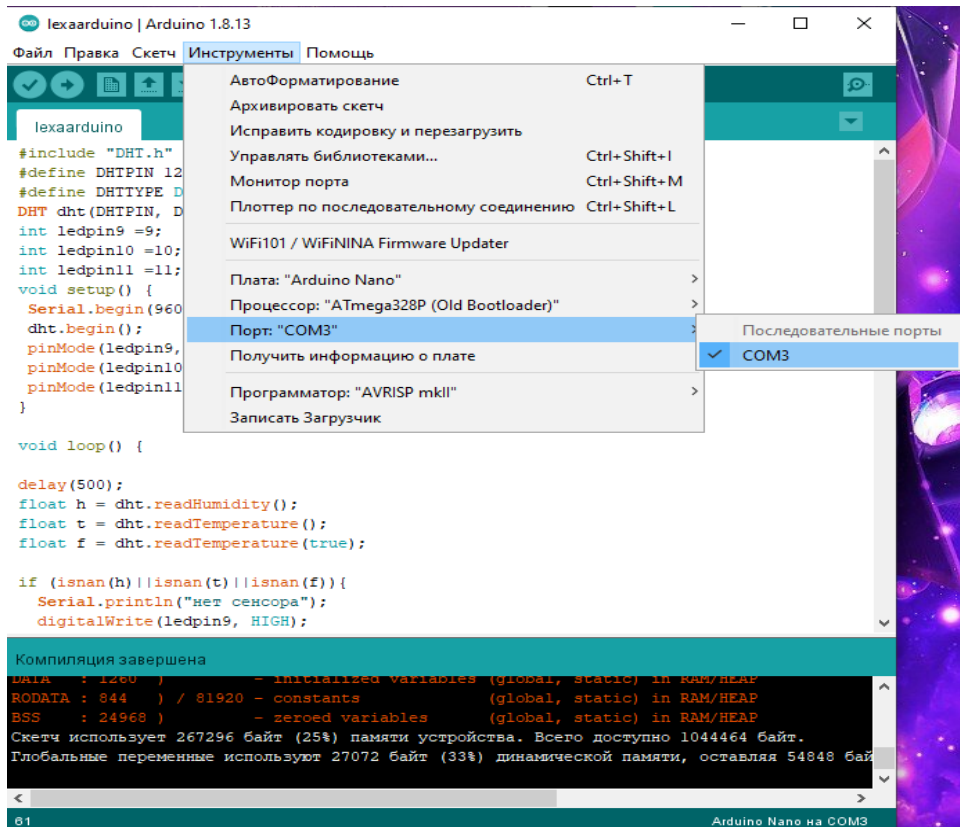


Рисунок 4.4 – Вікно вибору порта

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

Якщо під час прошивки пристрою виникає збій завантаження даних, то можливо треба змінити спосіб завантаження на інший. За замовчуванням встановлюється процесор ATmega 328P, але при виникненні проблеми з завантаженням треба перевірити можливість вибору іншого процесору, як це було в нашому випадку (Рис. 5.5).

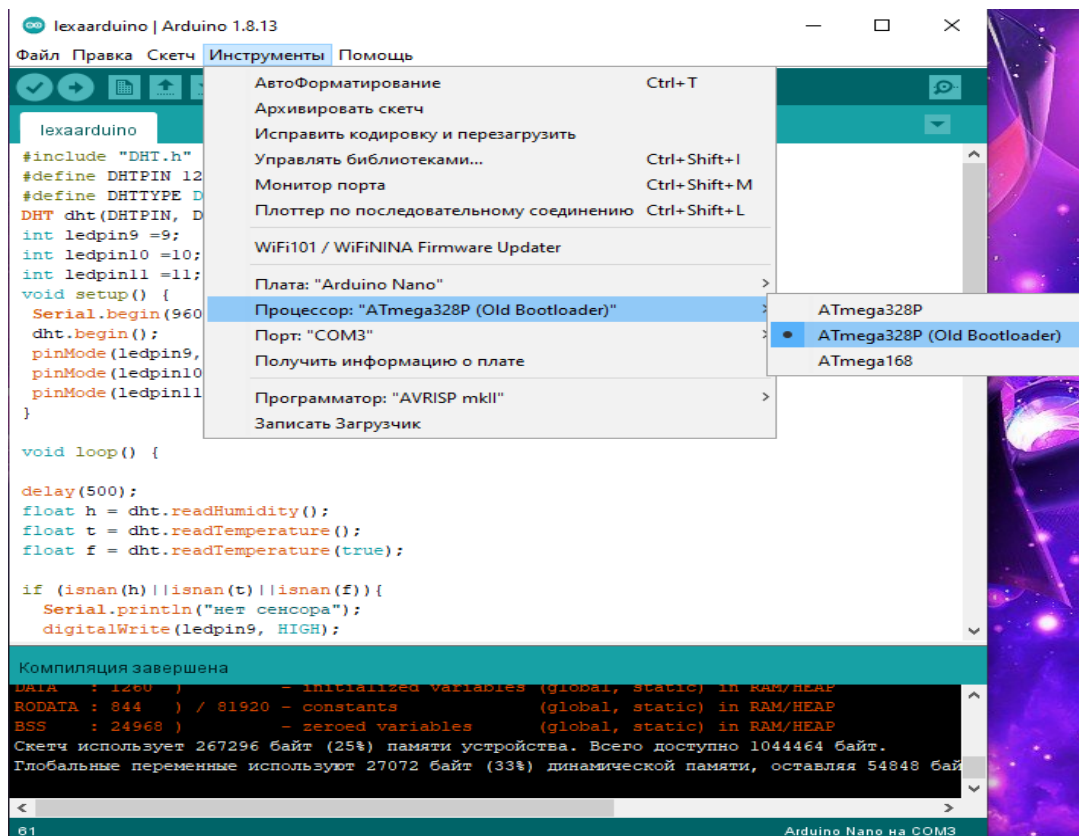


Рисунок 4.5 – Вікно вибору процесора

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.

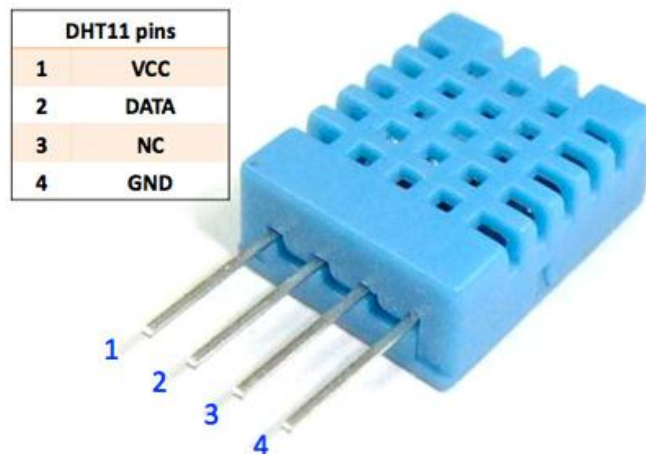


Рис. 4.8 – Розташування виводів, зовнішній вигляд цифрового датчика температури і вологості DHT11

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 на якому можна знайти усі необхідні файли для роботи з додатковими модулями.

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 ДНТ 11, якій 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.

RTD або резистивні датчики температури - це датчики температури, які містять резистор, який змінює значення опору при зміні його температури. Вони використовувалися протягом багатьох років для вимірювання температури в лабораторних і промислових процесах і зарекомендували себе як точні і стабільні.

Більшість елементів RTD складаються з тонкої спіральної дроту, оберненої навколо керамічного або скляного сердечника. Елемент, як правило, досить крихкий, тому його часто поміщають всередину датчика, що захищає його. Елемент RTD зроблений з простого матеріалу, опір якого при різних температурах було зафіксовано. Матеріал має прогнозована зміна опору при зміні температури; саме це прогнозована зміна використовується для визначення температури. Платиновий провід крихкий, але матеріал високостійкий до забруднення і володіє тільки злегка нелінійної 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.

Для вимірювання температури елемент RTD повинен бути підключений до будь-якого контрольованого або регульованого обладнання. Оскільки вимірювання температури заснована на опорі елемента, будь-яке інше опір (опір підвідного дроту, з'єднання і т. Д.), Доданий в ланцюг, призведе до помилки вимірювання.

За винятком двухпроводної конфігурації, всі інші схеми електропроводки дозволяють контрольованого або регульованим обладнанню виокремлювати небажані опору проводів і інші опору, які виникають в ланцюзі. Датчики, що використовують 3-х дровову конструкцію, є найбільш поширеною конструкцією, яка використовується в промислових процесах і системах контролю. Датчики виготовляють двох видів: дротяні або тонкоплівкові.

Тонкоплівкові РДТ, виготовлені з тонких шарів платини або її сплавів, нанесених на відповідну підкладку, наприклад, на кремнієву мікромембрану. РДТ часто формуються у вигляді серпантинної структури для отримання високого відношення довжини до ширини

Дротяні РДТ, в яких платинова провід намотаний всередині керамічної трубочки і прикріплена до неї за допомогою високотемпературного клею. Така конструкція дозволяє виготовляти датчики, що володіють дуже високою стабільністю.

Відповідно до Міжнародної практичної температурної шкали (IPTS-68) «прецизійні датчики температури потрібно калібрувати при температурах, які визначаються відтвореними рівноважними станами деяких матеріалів. У цій шкалі температури в Кельвіна позначаються символом T_{68} , а в градусах Цельсія - t_{68} ».

При виборі конкретного датчика повинні аналізуватися наступні його характеристики:

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

Використовуються дво -, трьох–або чотирипроводні 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. Двопроводна схема підключення використовується там, де

підводять дроти є дуже короткими і може бути допущена деяка помилка вимірювання. При трехпроводном 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 (рис. 5.1). Тут використовується чотирипровідна схема підключення і логометрический метод вимірювання. За твердженням авторів, вона володіє наступними характеристиками:

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

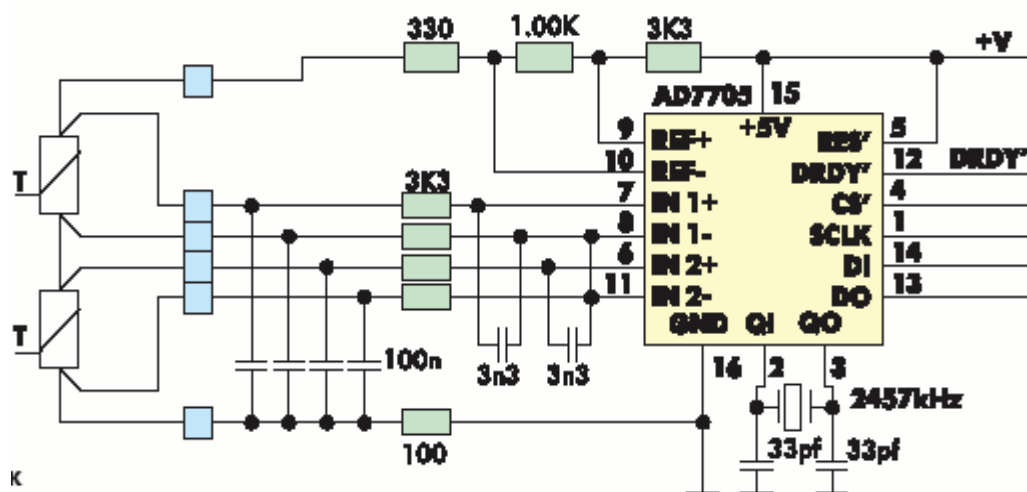


Рисунок 5.1 – Схема підключення РДТ

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 C2-29C. [9]

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.

Ефект Зеєбека полягає в наступному: «Замкнута ланцюга, що складається з різнорідних провідників, виникає термо-ЕРС, якщо місця контактів підтримують при різних температурах. Ланцюг, яка складається тільки з двох різних провідників, називається термоелементом або термопарою». [9]

Величина, що виникає в першому наближенні термо-ЕРС залежить тільки від матеріалу провідників і температур гарячого і холодного контактів.

У найпростішому випадку коефіцієнт термо-ЕРС визначається тільки матеріалами провідників, однак, строго кажучи, він залежить і від температури, і в деяких випадках зі зміною температури змінює знак.

Величина термо-ЕРС становить одиниці мілівольт на $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ різниці температур спаїв. Наприклад, пара мідь-константан дає $4,28\text{ мВ} / 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, хромель-алюмель - $4,1\text{ мВ} / 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. [9]

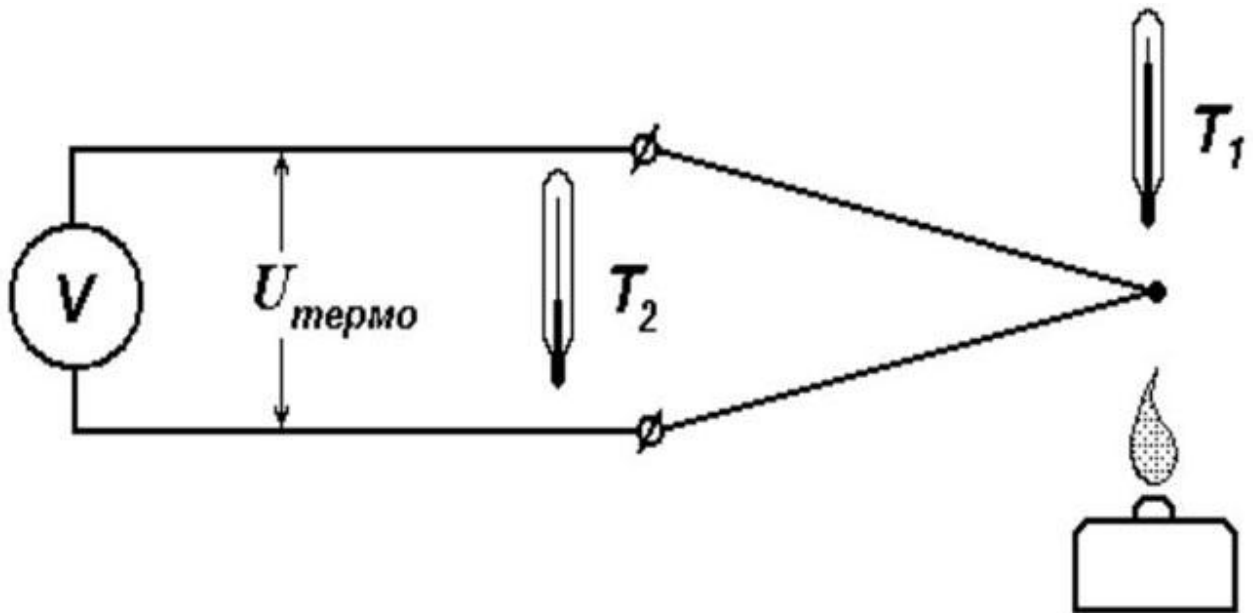


Рисунок 5.2 – Принцип роботи термопар

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. 6.3). Це пов'язано з розбіжностями між реальною температурою холодних кінців з обчисленими показаннями градувальної таблиці для температури холодного спаю при 0°C .

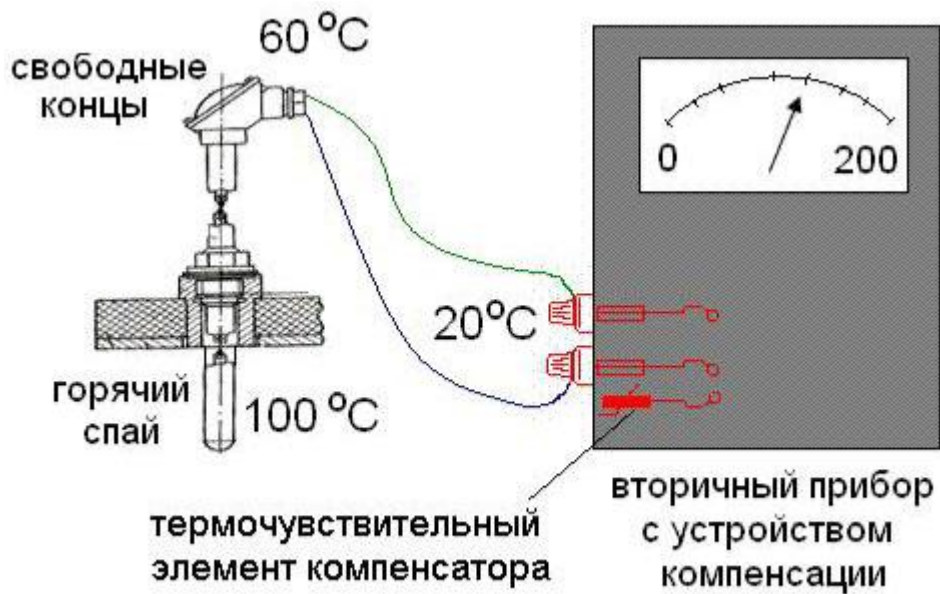


Рисунок 6.3 – Компенсація температури холодного спаю

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

5.4 Конструкція термопар

При конструюванні термопар (рис. 6.4) враховують вплив таких факторів, як «агресивність» зовнішнього середовища, агрегатний стан речовини, діапазон вимірюваних температур та інші.



Рисунок 5.4 – Конструкція термопар

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)

Дріт хромель і алюмель ізолювана одна від одної і від корпусу керамічними одноканальними ізоляторами з керамічними наконечниками на кінці, що захищають від зіткнення з металевим чохлам. Термопара з даних сплавів характеризується високою інерційністю. Винятком є термопарі хромель–алюмель типів ТХ–VII і ТХА–У–XV з низькими показниками інерційності. Дріт алюмель і хромель має звичайну стійкість до механічних пошкоджень крім використовуваної в термопарах ТХА–420 і ТХА–430, яка має підвищену стійкість до вібраційних навантажень.

В основному термопари мають стандартну конструкцію головки, але існують і варіанти з водозахищеного і бризгонепроніцаемими головками. Термопари Тхапа не мають головки. Для введення проводів використовується гнучкий шланг або штуцер.

Одним з основних переваг термоелектродних дротів з хромелю і алюмелю є їх стійкість до окислення, що дозволяє їм надійно працювати в окислювальному середовищі завдяки появі при нагріванні тонкої захисної плівки, яка перешкоджає проникненню кисню всередину металу. Але при цьому слід врахувати, що тривала робота термопари в окислювальному середовищі може привести до деякої зміни термо-ЕРС, особливо при температурах 300-500 і 800-1000 ° С. Не рекомендується їх використовувати в атмосфері з високим вмістом сірки, яка негативно впливає на обидва матеріали – хромель і алюмель.

Характеристики

1. Використовується для вимірювання температур в діапазоні від -200 ° С до $+1100$ ($+1300$) ° С. В дужках вказана максимальна температура при короткочасному вимірі.
2. У діапазоні температур від 200 до 500 ° С може виникнути ефект гистерезиса, коли показання при нагріванні і охолодженні можуть відрізнятись. У деяких випадках різниця досягає 5 ° С.
3. Працює в нейтральній атмосфері або атмосфері з надлишком кисню.
4. Після термічного старіння свідчення знижуються.
5. Може статися зміна термо-ЕРС при використанні в розрідженій атмосфері, тому що хром може виділятися з Ni-Cr виведення (так звана міграція). При цьому термопара показує занижену температуру.
6. Атмосфера сірки шкідлива для термопари, тому що негативно впливає на обидва електроди.



Рисунок 5.5 – Термопара хромель–алюмель

2. Термопара хромель–копель (ТХК)

Термопара хромель–копель є термочутливий елемент (датчик), який застосовується в вимірювальних і перетворювальних пристроях для вимірювання температур, а також в різних автоматичних системах контролю і управління. Складається термопара з дроту двох різнорідних електропровідних високочутливих металевих сплавів – хромелю і Копель.

Для виробництва термопари дріт хромель у вигляді відрізка певної довжини і Термоелектродний дріт копель послідовно з'єднуються (згуртовуються) кінцями між собою. Діапазон робочих температур, вимірюваних термопарою хромель-копель, становить $200\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$, а короткочасно яка вимірюється температура може досягати $800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Застосування термопар хромель-копель

Головним чином термопара хромель-копель використовується в пірометрії, яка представляє собою сукупність безконтактних (без контакту

термоелектрода з тілом) методів вимірювання відносно високих температур різних середовищ. Основне призначення датчиків на хромель-копелєві термопарі - безперервний контроль над температурним режимом в промислових і лабораторних установках з температурою від 200°C до 600°C . Ними вимірюють температуру теплового випромінювання в печах випалу на керамічних заводах, нагрітих газів, полум'я і т.п.

Оскільки тіла і рідини при високих температурах випромінюють теплову енергію і задовольняють вимогам пірометрії, термопара хромель-копелєв застосовується для вимірювання температури плавлення легкоплавких металів, яка, як правило, нижче 600°C . У їх числі галій (Тпл 30°C), кадмій (Тпл 321°C), вісмут (Тпл 271°C), талій (Тпл 303°C), цинк (Тпл 419°C), індій (Тпл 157°C), олово (Тпл 232°C) і інші. Такі метали найчастіше використовуються в електро- і радіотехніці, повинні бути високої якості, тому дотримання температурного режиму їх плавлення дуже важливо для підсумкового результату.

Переваги та недоліки термопар хромель-копелєв:

Термопару хромель-копелєв відрізняє простота і надійність конструкції, порівняно високий ступінь точності вимірювання температур. Завдяки тому, що Термоелектродний дріт хромель і копелєв володіє відмінними термоелектричними властивостями, малою інерційністю і високу жароміцних, термопара може бути використана в самих різних сферах і середовищах. Крім того, термопарного дріт має низьку вартість, що важливо з економічної точки зору для споживачів. Єдиний недолік термопар цього типу – чутливість до деформацій, що, однак, не робить ніякого впливу на точність і якість проведення вимірювань.



Рисунок 5.6 – Термопара хромель–копель

3. Термопара залізо–константан (ТЗК)

Термопары цього типу можна вважати самими універсальними. Їх рекомендується застосовувати у випадках, коли температура в системі може бути як позитивною, так і негативною. Вони володіють достатньою чутливістю і точністю, при цьому коштують дешевше в порівнянні з "конкурентами" з нікелевих і мідно-нікелевих сплавів. Також універсальність досягається за рахунок різноманітного складу середовищ, в яких може експлуатуватися ТЖК (залізо-константан).

Вироби виготовляються з низьковуглецевої сталі і мідно-нікелевого сплаву константан МНМц 40-1,5.

Сталь складається з заліза (Fe), яке є основою, і містить невеликий відсоток вуглецю (C) - до 0,25%. Легуючі елементи в даний матеріал не додаються.

Константан включає до свого складу 56,1-60,0% міді (Cu), 39-41% нікель + кобальт (Ni + Co) і 1-2% марганцю (Mn). Інші компоненти представлені незначними частками.

Хімічний склад константана МНМц 40-1,5 визначається стандартом ГОСТ 492-2006, низьковуглецевої сталі (заліза) - відповідними стандартами на вказани

Характеристики

Діапазон вимірюваних температур: від -203°C до $+750 (+1100)^{\circ}\text{C}$. В дужках вказана максимальна температура при короткочасному використанні.

Експлуатується однаково в окислювальному і відновній середовищі. Може застосовуватися в атмосфері інертних газів і вакуумі.

Для ізоляції електродів використовується фарфор, кварц, скловолокно, емалі, азбест.

Застосування:

Напівфабрикати з розглянутих матеріалів застосовуються для виготовлення термопар залізо-константан (ТЖК). Вони призначені для вимірювання як негативних, так і позитивних температур до 1100°C . На практиці ж термопары цього типу використовують в системах, в яких температура може бути як вище нуля, так і нижче. В інших випадках хромель-алюмель і / або хромель-копель справляються краще. Серед конкретних пристроїв, в яких застосовується (ТЖК), можна виділити наукове і промислове обладнання. й тип стали.



Рисунок 6.7 – Термопара залізо–константан

4. Термопара вольфрам–реній (ВР)

Найважливішою перевагою всіх вольфрамових сплавів є притаманна даному металу тугоплавкість. Крім цього якості, вольфрам вигідно характеризується високою твердістю і значною питомою масою. Температури плавлення і кипіння вольфраму складають, відповідно, $3412\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $6693\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура поверхні Сонця!). За критеріями твердості і тугоплавкості з'єднання вольфраму займають лідируючі позиції в ряді всіх інших сплавів.

Своїми термічними характеристиками реній не у чому поступається вольфраму, маючи температуру плавлення - $3172\text{ }^{\circ}\text{C}$, кипіння - $5868\text{ }^{\circ}\text{C}$. Основні переваги ренію полягають, крім цього, в його високу механічну і жароміцних, стійкості до корозії, пластичності, малій швидкості випаровування (при високих температурах) і високим електричному опорі.

Добавка до вольфраму до 5% ренію значно покращує показники пластичності, одночасно збільшуючи температуру рекристалізації ВР-сплаву. В такому співвідношенні сплав вольфрам-реній використовують для виготовлення позитивних електродів ТВР.

Досягти найвищих показників значення термо-ЕРС вдається при наявності в сплаві до 35% ренію. У разі більш високої концентрації вже при $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище

сплав стає неоднорідним, а його термо-ЕРС виявляє тенденцію до зниження. Зазвичай вміст ренію в ВР-сплавах вітчизняного виробництва не перевищує 20%. Науково встановлено, що така концентрація ренію в негативних електродах вольфрам-ренієві термопар є цілком оптимальною, допускаючи ефективне використання ТВР при температурах до 2500 ° С.

Найбільш затребуваними з усіх ТВР є вироби з позитивним електродом з термопарної дроту ВР5 (95% W, 5% Re) і негативним - з термопарної дроту ВР20 (80% W, 20% Re). З метою більш стабільної роботи в високотемпературних середовищах вольфрамо-ренієвая Термоелектродний дріт нерідко легується кремній-лужними присадками.

З урахуванням коливання показників термо-ЕРС вольфрам-ренієві термоелектродний пари поділяють на три категорії: А-1, А-2, А-3. При цьому кожна з категорій має свої термоелектричні характеристики.

Максимальна робоча температура (° С):

- А-1 - 2200-2800;
- А-2 - 1800-2100;
- А-3 - 1500-1700.

Номінальне значення термо-ЕРС (мВ):

- А-1 - 21,97;
- А-2 - 23,31;
- А-3 - 24,59.

Відхилення термо-ЕРС від номінального (мкВ):

- А-1 - ± 97 ;
- А-2 - ± 98 ;
- А-3 - ± 101 .

До основних недоліків сплавів ВР5 / ВР20 можна зарахувати:

- відносно високу вартість вольфраму та ренію (вважаються рідкісними металами), а значить, і виробів із сплавів на їх основі, що обмежує можливості практичного використання;

- недостатньо ефективний рівень відтворюваності термо-ЕРС, внаслідок чого виникає необхідність в групуванні термоелектродних пар за категоріями А-1, А-2, А-3;
- неприпустимість комплектування ТВР термоелектроди з різних партій дроту, оскільки показники термо-ЕРС і в кожній з партій можуть відрізнятися;
- необхідність додаткового захисту при використанні в окислювальних середовищах;
- нестабільність термо-ЕРС в умовах опромінення;
- значне падіння чутливості при температурах вище 2400 ° С.



Рисунок 5.8 – Термопара вольфрам–реній

1. Термопара вольфрам–молібден (ВМ)

Вольфрам-молібденові термопари мають чутливістю 8 мкВ / Г С. Високі температури вимірюються також за допомогою вольфрамо-іридієвих сплавів (до 2 100 С), имеющих високу чутливість 25 мкВ / 1 С.

Вольфрам-молібденові термопари використовують для вимірювання температури рідких металів (до 1850 С) - шляхом короткочасних занурень. У таких термопарах вольфрамовий термоелектроди є позитивним, а молібденовий - негативним.

Вольфрам-молібденові термопари (ВМ) служать для вимірювання температур до 2000 С і вище. Вони задовільно працюють в нейтральних газах, вакуумі і в відновної середовищі, але зовсім не підходить для вимірювання температур в окислювальному середовищі.

При приєднанні вольфрам-молібденового термопари до вторинного приладу слід враховувати, що якщо різниця температури повітря близько головки термопари і температури всередині приладу складає 25 - 30 С, то можна використовувати компенсаційний провід КПГО. Якщо ж різниця вище 30 С, то проводку необхідно робити термоелектродного дротом.

Попередня стабілізація вольфрам-молібденових термопар через дроту діаметром 0,5 мм, що проводиться в водні протягом 6 ч при 1100 С, дозволяє контролювати без зміни термоелектродвіжущей сили протягом 250 ч температуру зразка, що нагрівається в вакуумі або в захисній атмосфері інертного газу.

Особливі в порівнянні з іншими термопарами умови роботи вольфрам-молібденового термопари, призначеної для вимірювання температури рідкої сталі, зумовлюють особливості її конструкції.

Температуру нагрівання зразків в діапазоні 1000 - 2300 С вимірюють вольфрам-молібденовими термопарами, позитивним термоелектроди яких служить чистий вольфрам, а негативним - сплав молібдену з 4% алюмінію.

Для вимірювання температури до 2000 С в нейтральних або відновлювальних середовищах застосовуються вольфрам-молібденові термопари, а до 2500 - 3000 С - вольфрам-іридієві або вольфрам-ренієві термопари, а також напівпровідникові, основу яких складає борованої графіт. В останніх термопарах стрижень з борованого графіту приварюється до дну трубки з силіциду молібдену або карбіду титану. Одним термоелектроди є стрижень, а другим - трубка.



Рисунок 5.9 – Термопара вольфрам–молібден

2. Термопари платинородій–платина (ТПП)

Область застосування

Термопари ТПП платинородій-платинові використовуються в стандартних промислових методах економічно ефективного вимірювання температури в широкому діапазоні з прийнятною точністю. Вони використовуються в різноманітних застосуваннях аж до $+2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ в бойлерах, водонагрівачі, печах і літакових двигунах, і т.д.

Особливості тпп

- рекомендована максимальна температура робочого діапазону $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (залежить від діаметра дроту);
- короткочасне застосування можливо до $1750\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- може забруднюватися при температурах вище $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ воднем, кремнієм, парами міді і заліза, але ефект менше, ніж для термопар типу S і R;
- при температурі вище $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ термопара може забруднюватися кремнієм, який присутній в деяких видах захисних керамічних матеріалів. Важливо використовувати керамічні трубки, що складаються з високочистого оксиду алюмінію;
- може використовуватися в окислювальному середовищі;

– не рекомендується застосування при температурі нижче 600°C , де ТЕДС дуже мала і не лінійна.

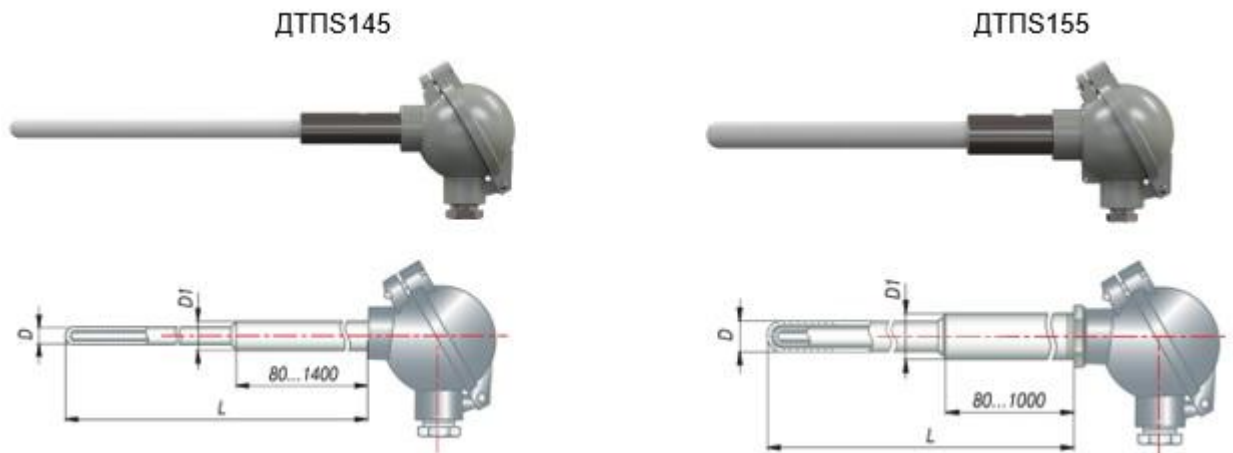


Рисунок 5.10 – Термопары платинородій–платина

5.6 Підключення термопары

Для підключення термопары до комп'ютера можна використовувати мікропроцесорний модуль (мікроконтролер). Для цього можна скористатися схемою, яка наведена на рис. 6.12.

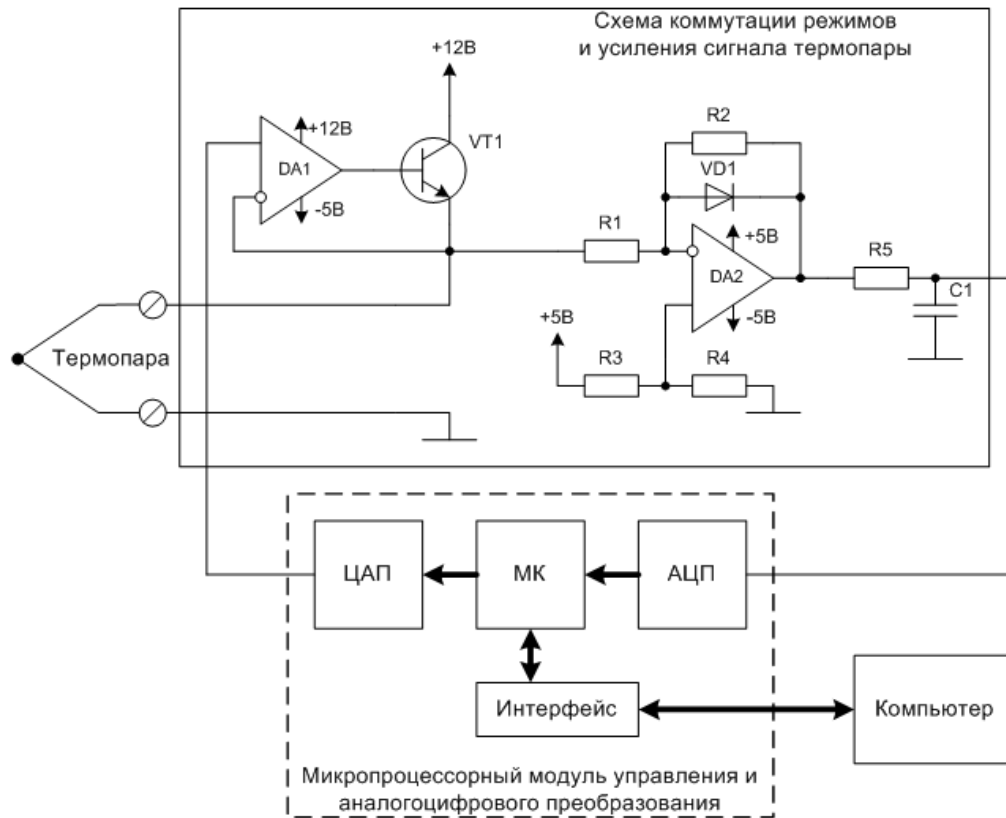


Рисунок 5.12 – Підключення термопары

5.7 Ємнісні датчики температури

DHT11 / DHT22 - досить відомі датчики для визначення відносної вологості і температури, складаються з ємнісного датчика вологості і термістора. Також, датчик містить в собі АЦП для перетворення аналогових значень вологості і температури.

Ці цифрові датчики засновані на протоколі, який для зв'язку використовує один провід / шину з відкритим колектором, тому обов'язкова підтяжка резистором 5-10кОм до плюса харчування. Основна відмінність між DHT11 і DHT22 полягає в тому, що DHT22 має більш високу роздільну здатність і більш точний в порівнянні з DHT11. Крім цього, терморегулятори і програмування однакові для обох.

DHT11 (рис.5.13):

- Дуже дешевий.
- Харчування від 3 до 5В.

- Максимально споживаний струм - 2.5мА при перетворенні (при запиті даних).
- Розрахований на вимірювання рівня вологості в діапазоні від 20% до 80%. При цьому точність вимірювань знаходиться в діапазоні 5%.
- Вимірює температуру в діапазоні від 0 до 50 градусів з точністю плюс-мінус 2%.
- Частота вимірів не більше 1 Гц (один вимір в секунду).
- Розмір корпусу: 15.5 мм x 12 мм x 5.5 мм.
- 4 коннектора. Відстань між сусідніми - 0.1 ".

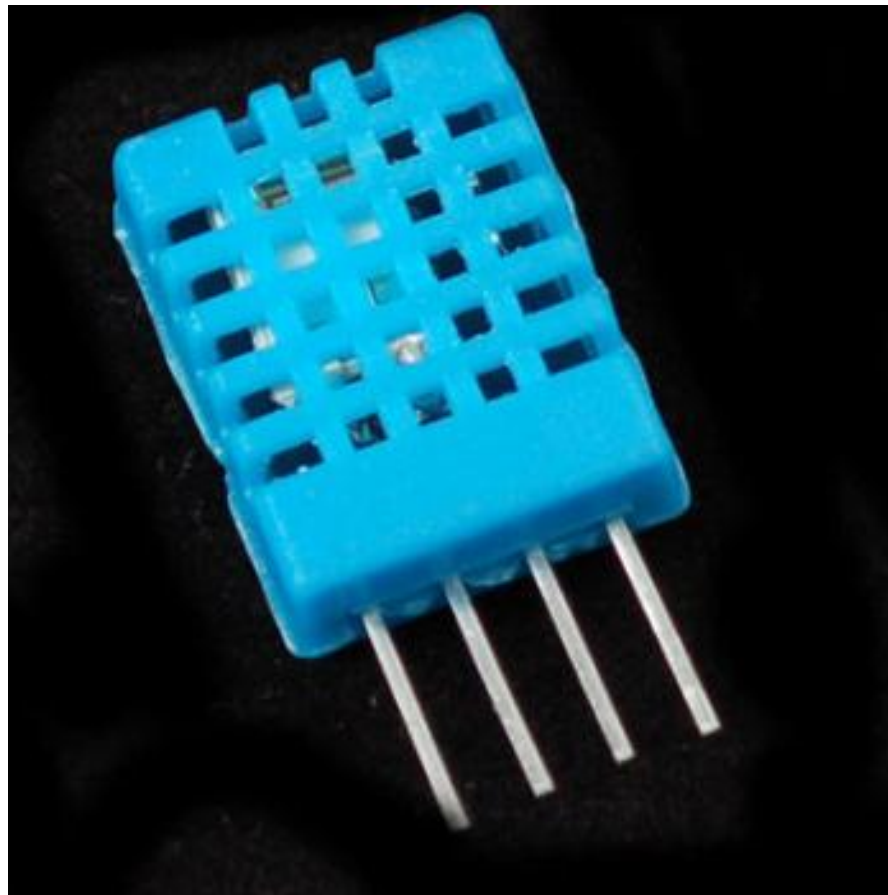


Рисунок 5.13 – Датчик DHT11

DHT22 (рис. 5.14):

- Дешевий.
- Харчування від 3 до 5В.

- Максимально споживаний струм - 2.5мА при перетворенні (при запиті даних).
- Розрахований на вимірювання рівня вологості в діапазоні від 0% до 100%. При цьому точність вимірювань знаходиться в діапазоні 2% -5%.
- Вимірює температуру в діапазоні від -40 до 125 градусів з точністю плюс-мінус 0.5 градусів за Цельсієм.
- Частота вимірів до 0.5 Гц (один вимір за 2 секунди).
- Розмір корпусу: 15.1 мм x 25 мм x 7.7 мм.
- 4 коннектора. Відстань між сусідніми - 0.1 ".

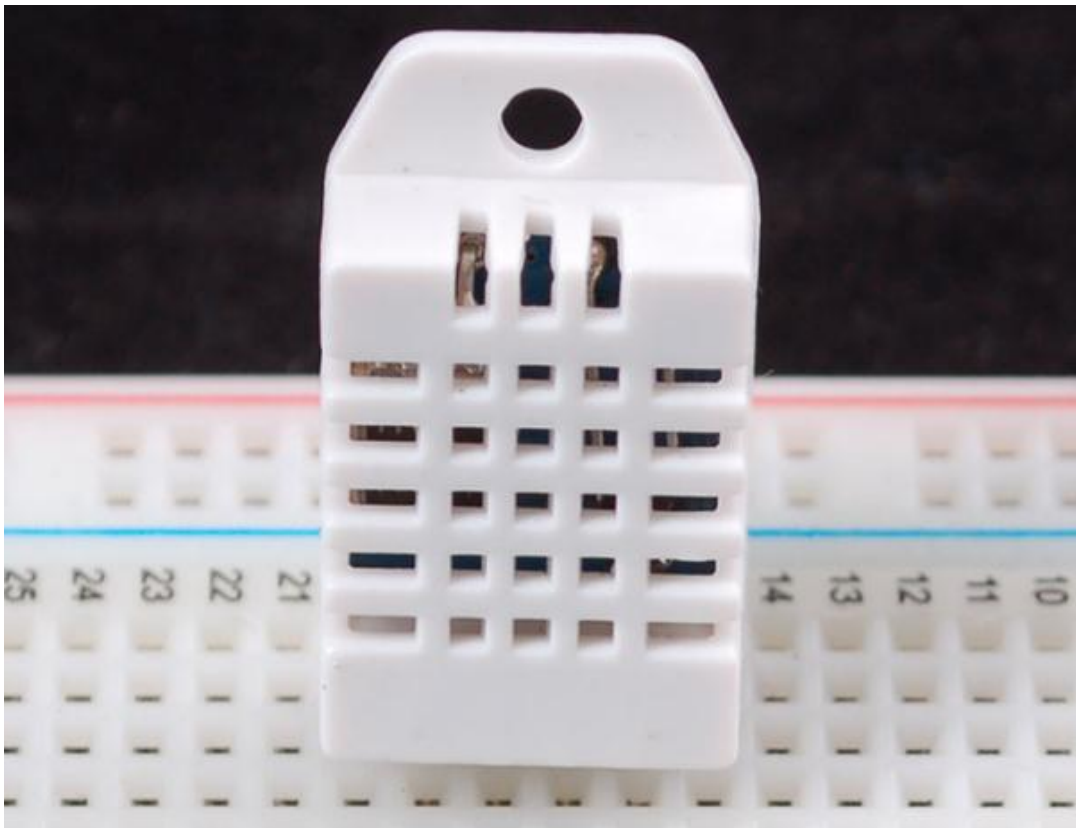


Рисунок 5.14 – Датчик DHT22

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 Arduino Nano ATmega328P 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 датчика DHT 11, а також індикаторної системи на базі LCD світлодіодів.

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

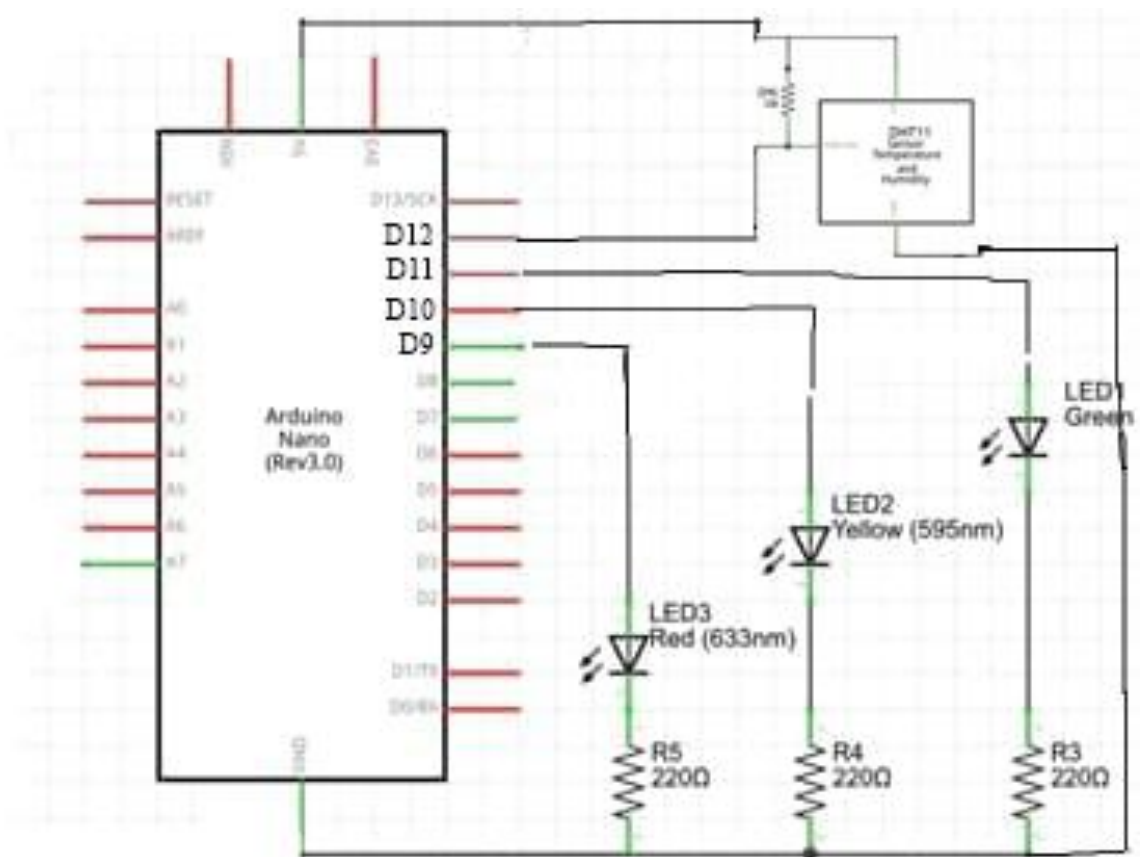


Рисунок 6.1 – Принципова схема підключення

Після розробки схеми потрібно було зібрати макет пристрою за допомогою макетної плати. Для цього були використані дроти з контактами, які не потребується паяти, три світлодіоди, датчик температури та вологості повітря, 3 резистори на 220 Ом та резистор на 5,4 КОм. (рис. 6.2, рис. 6.3)

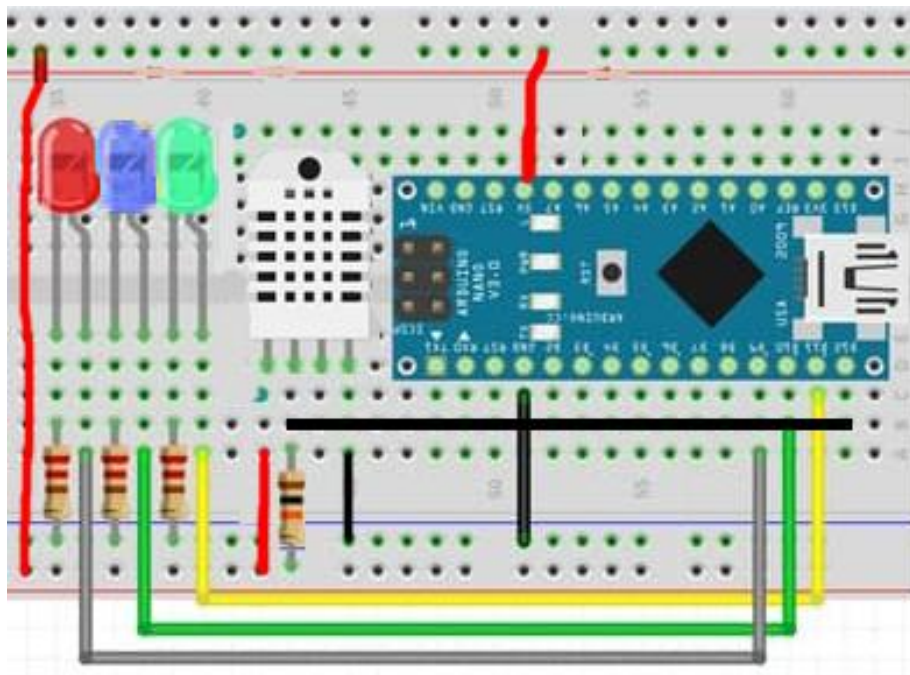


Рисунок 6.2 – Схема макету

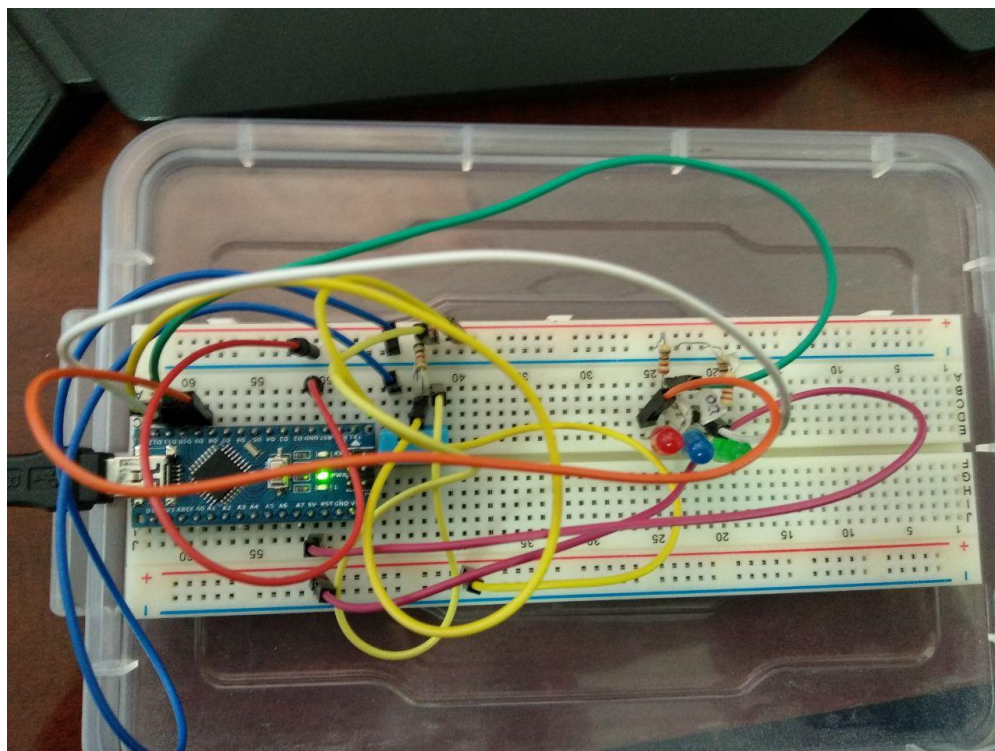


Рисунок 6.3 – Приклад макету

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

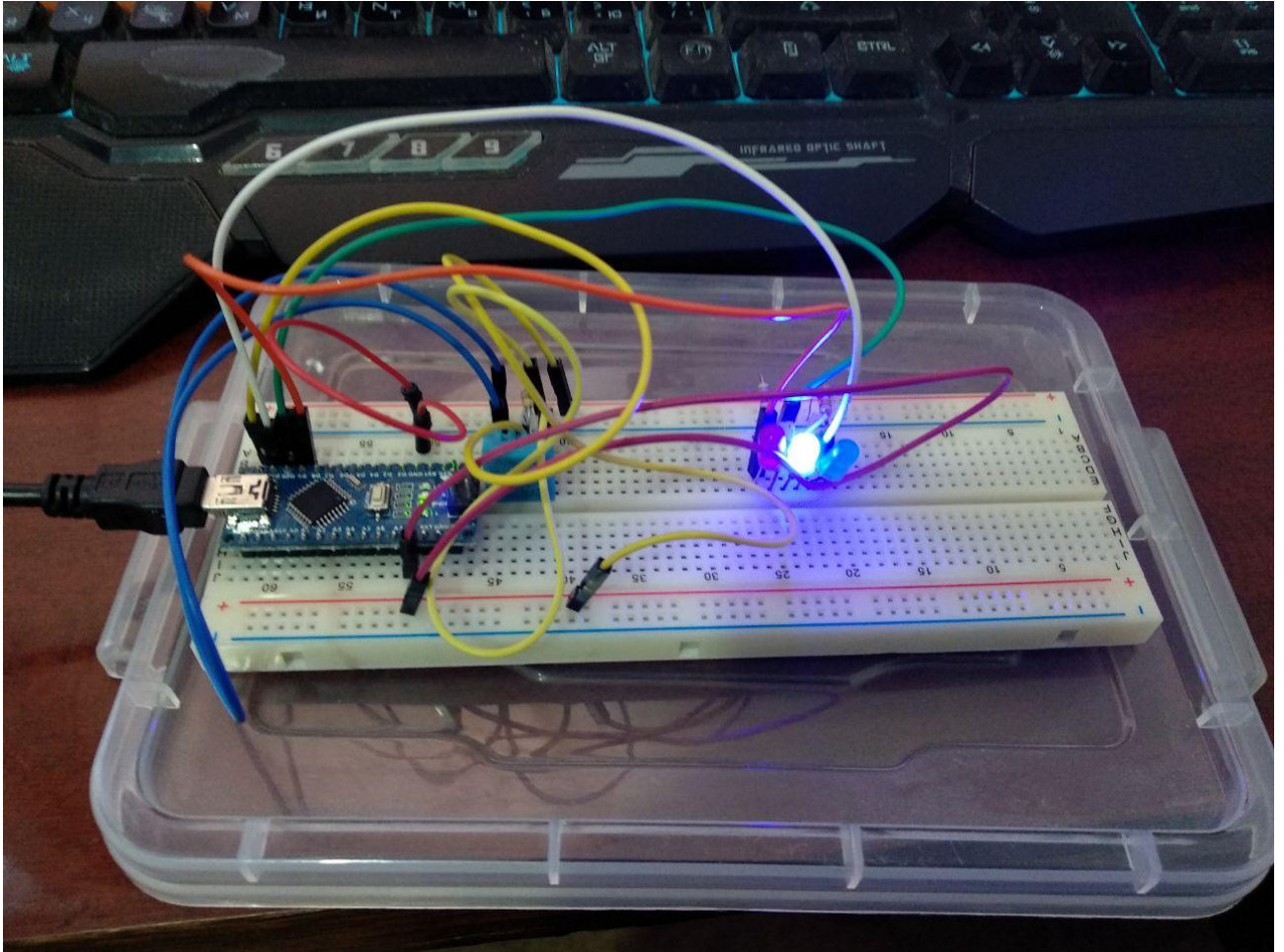


Рисунок 6.5 – Приклад роботи макету, коли температура нижче норми



Рисунок 6.6 – Температура вище норми

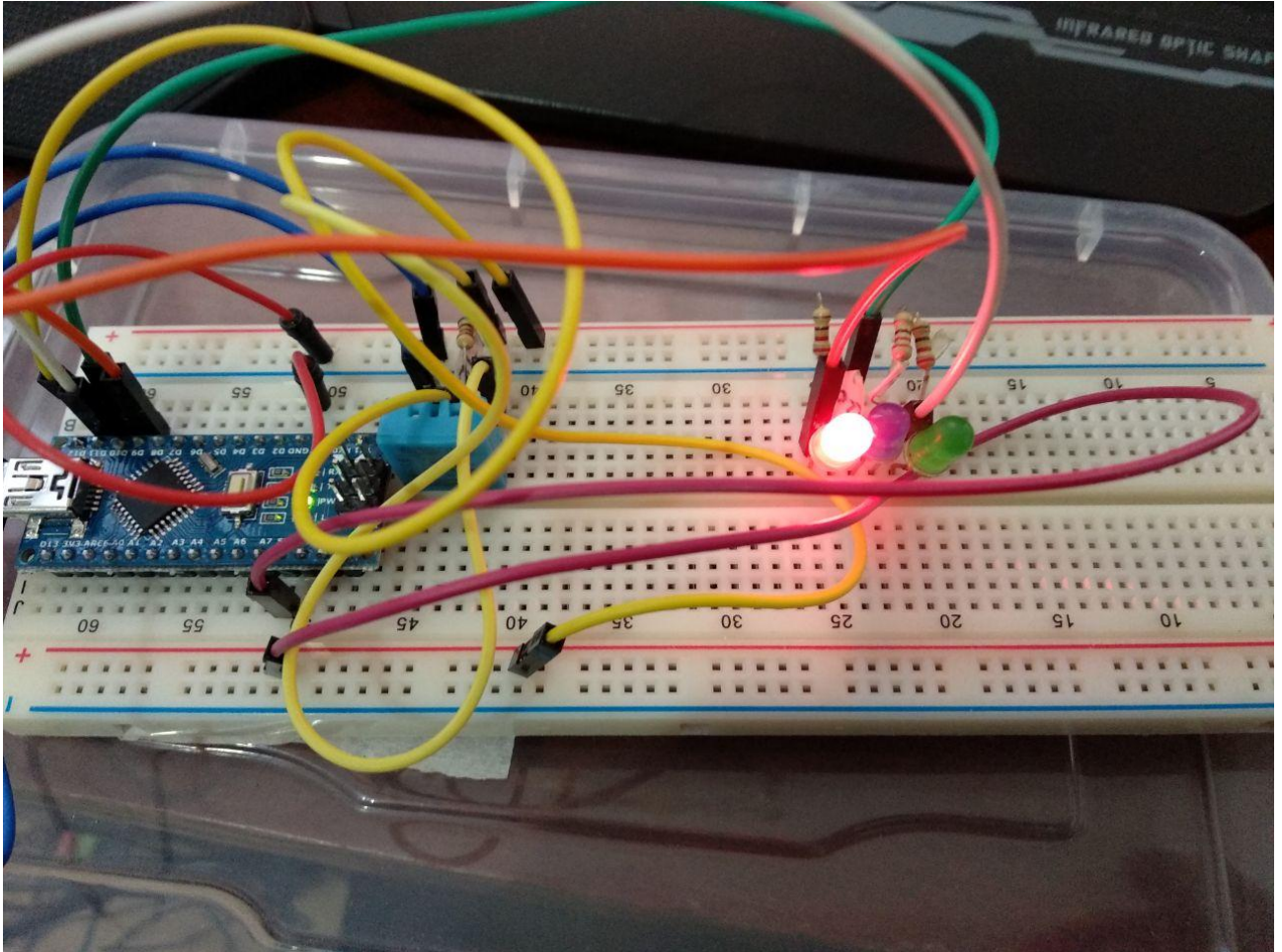


Рисунок 6.7 – Приклад роботи макету, коли температура вище норми



Рисунок 6.8 – Температура в нормі

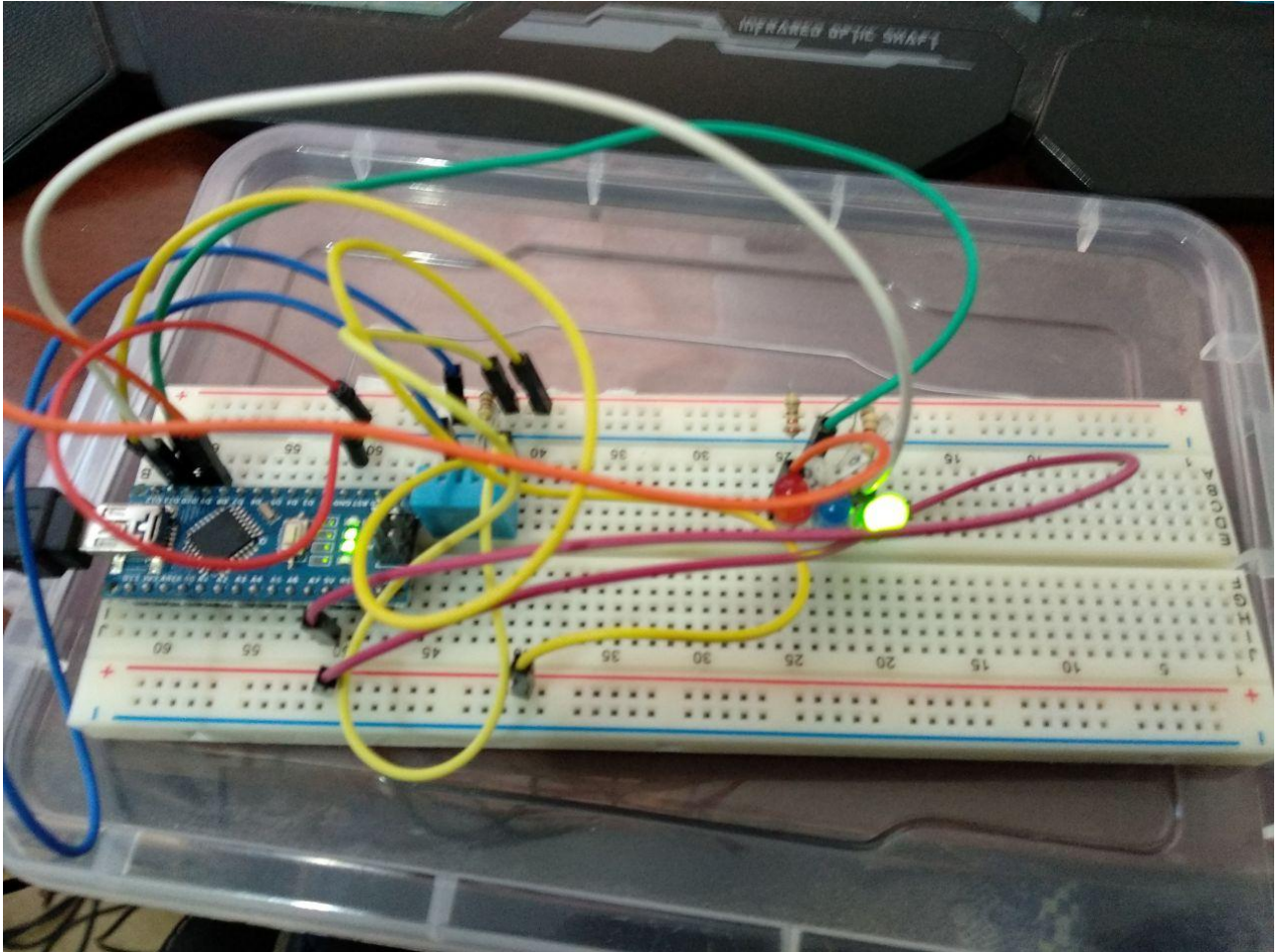


Рисунок 6.9 – Приклад роботи макету, коли температура в інтервалах норми

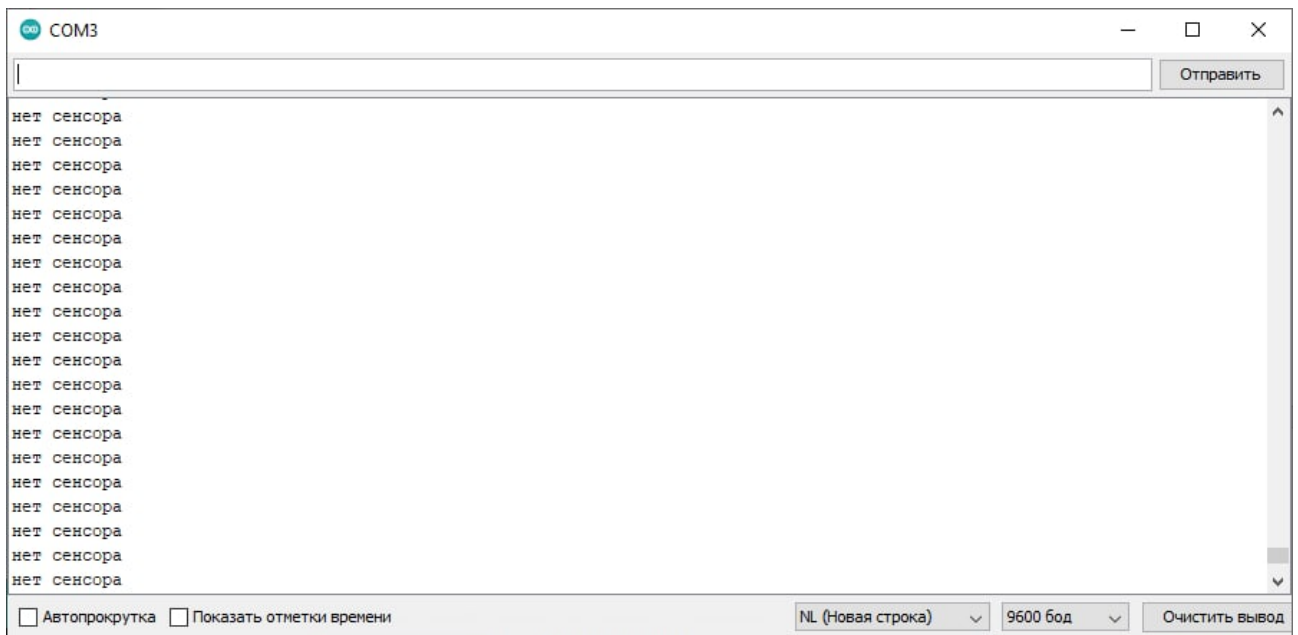


Рисунок 6.10 – Відображення відсутності датчика або його вихід зі строю

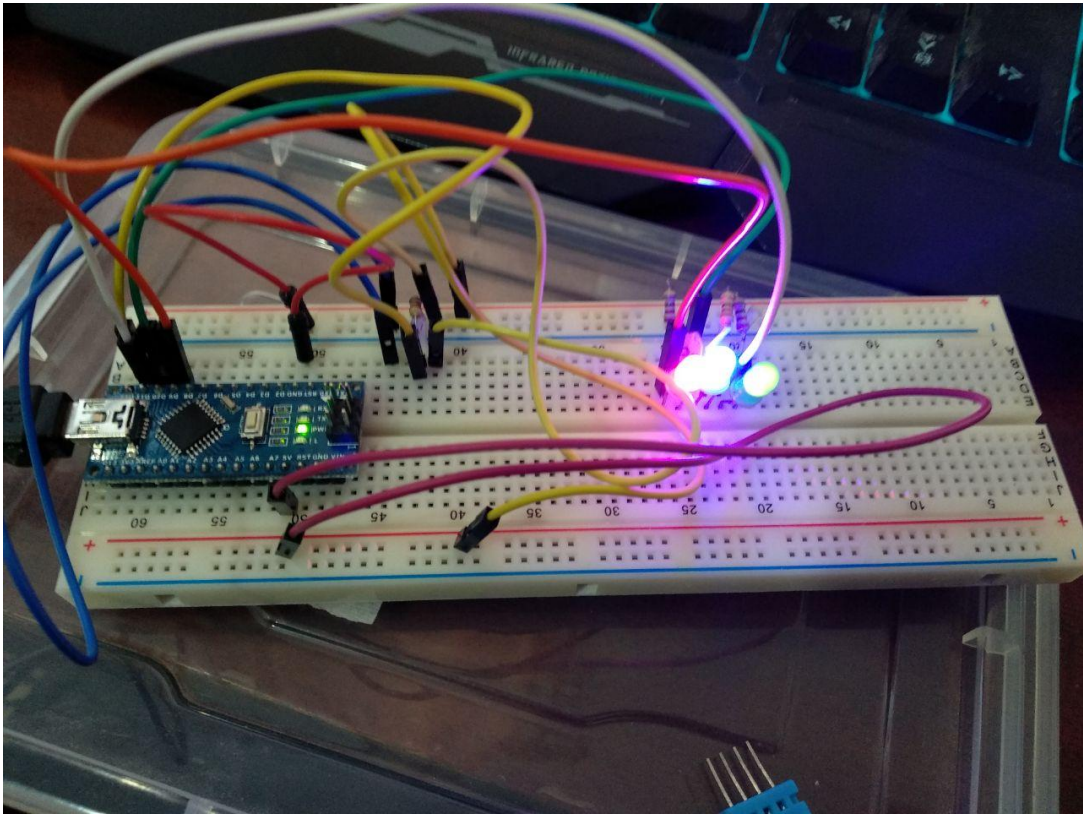


Рисунок 6.11 – Індикація відсутності датчика або його виходу зі строю

Також в ході дослідження було виявлено, що даний прилад можливо використовувати від портативного джерела живлення (рис. 6.12)



Рисунок 6.12 – Використання приладу від PowerBank

ВИСНОВКИ

В рамках атестаційної роботи було розроблено підсистему збору динамічних даних на виробництві.

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

У дослідженні запропонована модель збору динамічних даних на виробництві для більш точного та ефективного регулювання температурного режиму в приміщенні або всередині системи опалювання. 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 3 резистори на 220 Ом, а також резистор на 5,4 КОм.

Підсистема працює разом з іншою підсистемою збору статичних даних, яку розробила моя колега Малишева Д.А.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сайт для електриків [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу <http://elektrik.info/main/automation/549-что-такое-mikrokontrollery-naznachenie-ustroystvo-princip-raboty-soft.html> (Дата звернення 10.11.2020)
2. Сайт для електриків [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу <http://elektrik.info/main/praktika/1331-pro-mikrokontrollery-dlya-nachinayuschih.html#punkt2> (Дата звернення 10.11.2020)
3. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano> (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. Кухлинг Х. Справочник по физике. — М. : Мир. — 1982. — С.374-375. зеебик
10. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу <https://odinelectric.ru/kipia/что-такое-termopara> (Дата звернення 16.11.2020)