

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

факультет Електронної та біомедичної інженерії
(повна назва)

Кафедра Мікроелектроніки електронних приладів та пристроїв
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

«Система збору, обробки та аналізу експериментальних даних на платформі
Arduino»
(тема)

Виконав: студент 2 курсу II рівня вищої освіти
групи ЕППМ-20-1
спеціальності 171 – «Електроніка»

(код і повна назва спеціальності)

Омельченко К. О.

(прізвище, ініціали)

Тип програми освітньо-професійна
Освітня програма «Електронні
пристрої та системи»

(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Фролова Т. І.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

Бондаренко І.М.
(прізвище, ініціали)

2021 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

факультет Електронної та біомедичної інженерії
Кафедра Мікроелектроніки електронних приладів та пристроїв
Рівень вищої освіти другий (магістерській)
спеціальність 171 «Електроніка»
(шифр и назва)
Тип програми освітньо-професійна
Освітня програма «Електронні прилади та пристрої»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

«____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Омельченко Кирилу Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Система збору, обробки та аналізу експериментальних даних на платформі Arduino

ЗАТВЕРДЖЕНА наказом по університету від " 08 " листопада 2021 р. № 1668 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____

3. Вихідні дані до роботи: Створити пристрій для збору, обробки та аналізу даних на базі платформи Arduino та віртуального пристрою у програмному забезпеченні LabView

4. Перелік запитань, що потрібно опрацювати в роботі Вступ. 1. Актуальність створення систем для автоматичного збору та обробки даних 2. Принципи дії, технічні властивості та особливості використання різних типів первинних перетворювачів 3. Огляд різних систем створення віртуального пристрою

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначеним креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій, слайдів)

Функціональна схема, презентація (слайди)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Інформаційно-тематичний пошук та огляд літературних джерел про первинні перетворювачі	01.11.21-15.11.21	Виконано
2	Створення пристрою для збору та обробки даних	15.11.21 – 21.11.21	Виконано
3	Створення та тестування віртуального пристрою збору, обробки та аналізу даних	22.11.21 – 28.11.21	Виконано
4	Оформлення пояснювальної записки	29.11.21 – 30.11.21	Виконано
5	Оформлення графічних та демонстраційних матеріалів	01.12.21 – 10.12.21	Виконано
6	Проходження нормоконтролю та отримання рецензії	10.12.21 – 13.12.21	Виконано
7	Підготовка та захист кваліфікаційної роботи	13.12.21 – 16.12.21	Виконано

Дата видачі завдання ____ 08.11.1021 р

студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Фролова Т. І.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 56 сторінок, 16 рисунків, 3 додатки, 10 джерел.

МІКРОКОНТРОЛЕР, ВІРТУАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, ПЕРВИННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ.

Об'єкт розробки – система збору, обробки та аналізу інформації.

Предмет розробки — стаціонарна система контролю параметрів навколишнього середовища, передача інформації про стан середовища на персональний комп'ютер.

Мета роботи — створення невеликої за розмірами, вагою та невисокої за вартістю простої системи на основі доступних компонентів для вимірювання параметрів навколишнього середовища.

Метод розробки — аналіз літератури, аналіз подібних конструкцій, фізичне (натурне) моделювання, структурно-функціональне моделювання.

У дипломному проекті розглянуті основні принципи побудови системи контролю параметрів навколишнього середовища та віртуальний пристрій для обробки та аналізу отриманої інформації. Розроблена функціональна схема, алгоритм роботи. Проведено вибір елементної бази, була вибрана апаратно-обчислювальна платформа.

ABSTRACT

Explanatory note of the qualification work: 56 pages, 16 figures, 3 appendices, 10 sources.

MICROCONTROLLER, VIRTUAL DEVICE, PRIMARY CONVERTER.

The object of development is a system of collecting, processing, and analyzing information.

The subject of development is a stationary system of control of environmental parameters, transfer of information about the state of the environment to a personal computer.

The aim of the work is to create a small, weight and low-cost simple system based on available components for measuring environmental parameters.

Method of development - analysis of the literature, analysis of similar structures, physical (full-scale) modeling, structural and functional modeling.

The project considers the basic principles of building a system of control of environmental parameters and a virtual device for processing and analysis of information. The functional scheme, algorithm of work is developed. The element base was selected, the hardware and computer platform were selected.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	7
1.1 Методи і засоби контролю навколишнього середовища.....	10
1.2 Віртуальні лабораторії.....	16
1.3 Програмований логічний контролер.....	20
1.4 Висновки до розділу.....	31
2 КОМПОНЕНТИ СИСТЕМУ ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ІНФОРМАЦІЇ.....	33
2.1 Структурна схема пристрою.....	33
2.2 Функціональна схема пристрою.....	34
2.3 Обґрунтування компонентної бази системи збору інформації.....	35
2.4 Arduino IDE.....	44
2.5 Системи реалізації віртуальних лабораторій.....	47
2.6 LabView.....	48
3 РОЗРОБКА ВІРТУАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ.....	50
3.1 Створення віртуального пристрою.....	50
3.2 Тестування роботи приладу.....	53
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	56
ДОДАТОК А.....	58
ДОДАТОК Б.....	59
ДОДАТОК В.....	61

ВСТУП

У теперішній час для здійснення науково-дослідницької діяльності гостро стоїть необхідність збору, аналізу та обробки інформації про навколишнє середовище. Наприклад – статистика погодних умов, або контроль за ступенями забруднення. За збір необхідних даних відповідають різноманітні первинні перетворювачі. На сьогоднішній день, з використанням сучасної технологій для створення вимірювальної техніки, систем контролю та діагностики все більш поширеними для використання стають не тільки аналогові, але й цифрові первинні перетворювачі. Цифрові технології дозволяють не тільки значно розширити діапазони вимірюваних величин, а також покращити співвідношення сигнал-шум пристроїв. Але для повноцінного використання таким пристроям необхідна система, що не тільки буде збирати інформацію, але й ще обробляти, зберігати та виводити її у зручному для людини вигляді. Сьогодні активно розвивається один з напрямків в теорії та практиці вимірювань – побудова та використання віртуальних приборів. Віртуальний прибор – це середовище графічного програмування, яке усе в більшій степені використовується у науково-дослідницьких лабораторіях так промисловості у якості основного інструмента управління віддаленими пристроями. На разі існує багата кількість як віртуальних так і реальних пристроїв для збору даних. Але часто вони володіють рядом недоліків – недостатня універсальність, неможливість отримання даних від різних типів перетворювачів, проблеми з поєднанням подібних систем з персональними комп'ютерами. Тому розробка та удосконалення подібних систем все ще є актуальним сьогодні.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

Збір інформації про стан параметрів навколишнього середовища може проводитись з різною метою. Це може бути як наукове спостереження за деякими параметрами клімату, збір даних у лабораторії або для контролю мікрокліматом у житлових приміщеннях.

Масштаб території, на якій проводиться збір інформації залежить від мети збору та підрозділяється на наступні типи:

- Локальний контроль проводять стосовно окремих об'єктів або районів. Наприклад, за містом або станом природних об'єктів (озеро, вулкан). Різновид локального контролю — імпактний контроль — здійснюється, як правило, в особливо небезпечних об'єктах промислового і цивільного будівництва або місцях складування відходів.
- Регіональний контроль — стеження за навколишнім середовищем в межах значного за площею району, який відрізняється від сусіднього за природними умовами.
- Глобальний контроль навколишнього середовища проводиться з метою отримання інформації у межах країни або світу [1].

Надійність та точність методів контролю напряду визначає сферу їх застосування. Для домашніх умов достатньо дешевого обладнання з відносно великою похибкою. Для проведення наукових досліджень необхідне спеціалізоване обладнання. Однак підвищити якість можна й організаційними заходами. Для вивчення деяких природних явищ необхідно, торнадо, виверження вулкану, тощо, необхідна оперативність в вимірюванні, яку можна досягнути при використанні мобільних лабораторій та невеликих пристроїв дистанційного збору інформації. Для кліматичних досліджень більш необхідним є автономність та надійність приладів. Автоматизація збору інформації дозволяє

зменшити кількість необхідних задіяних людей та нейтралізувати вірогідність людської помилки.

Методи і засоби спостереження і контролю підрозділяють на контактні та неконтактні (дистанційні).

Контактні методи контролю стану навколишнього середовища представлені методами хімічного аналізу та методами інструментального аналізу.

Найбільш застосовувані з них:

- а) спектральні;
- б) електрохімічні;
- в) хроматографічні.

Загальна схема контролю включає етапи:

- а) відбір проби;
- б) обробка проби з метою консервації необхідного параметра та/або транспортування проби;
- в) зберігання та підготовка проби до аналізу;
- г) вимір необхідного параметра;
- д) обробка та зберігання результатів.

Ефективність будь-якого методу контролю стану навколишнього середовища оцінюється наступною сукупністю показників:

- а) селективністю і точністю визначення;
- б) відтворюваністю одержуваних результатів;
- в) чутливістю визначення;
- г) межами виявлення елемента (речовини);
- д) швидкістю аналізу.

Безконтактні методи контролю стану середовища базуються на використанні двох властивостей зондуючих полів (електромагнітних, акустичних, гравітаційних): здійснюється взаємодія з контрольованим об'єктом і отримана інформація переноситься до датчика. Зондувальні поля мають

широкий набір інформативних ознак і різноманітністю ефектів взаємодії з речовиною об'єкта контролю. Принципи функціонування засобів неконтактного контролю умовно поділяють на пасивні і активні. У першому випадку здійснюється прийом зондуючого поля, що виходить від самого об'єкта контролю, в другому проводиться прийом зондуючих полів створених джерелом, які відбилися, пройшли або перевипромінились. Неконтактні методи спостереження і контролю представлені двома основними групами методів: аерокосмічними та геофізичними. Основними видами аерокосмічних методів дослідження є оптична фотозйомка, телевізійна, інфрачервона, радіотеплова, радіолокаційна, радарна і багатозональна зйомка. Неконтактний контроль атмосфери здійснюється за допомогою радіоакустичних та лідарних методів.

Класифікація приладів контролю стану навколишнього середовища:

- а) Класифікація за видами досліджуваного середовища:
 - прилади для дослідження стану атмосфери;
 - прилади для дослідження стану води;
 - прилади для дослідження стану ґрунту і твердих речовин.
- б) Класифікація за методами отримання інформації:
 - хімічні;
 - фізико-хімічні;
 - електрохімічні;
 - хроматографічні;
 - фізичні;
 - радіометри та дозиметри;
 - електромагнітомери;
 - мас-спектрографи;
 - шумоміри.

в) Класифікація за умовами застосування:

- стаціонарні прилади — це прилади прецизійні (точні) та вимагають спеціальних умов для роботи і підготовки обслуговуючого персоналу;
- пересувні прилади;
- переносні прилади — ці прилади мають невисоку точність, але можуть використовуватися для проведення найпростіших робіт.

1.1 Методи і засоби контролю навколишнього середовища

Методи вимірювання температури. Температура – це ступінь тепла речовини. Це уявлення про температуру базується на теплообміні між двома тілами, що знаходяться в тепловому контакті. Тіло, більш нагріте, що віддає тепло, має і більш високу температуру, ніж тіло, що сприймає тепло. При відсутності передачі тепла від одного тіла до іншого, тобто в стані теплової рівноваги, температури тіл рівні.

Перехід тепла від одного тіла до іншого вказує на залежність температури від кількості внутрішньої енергії, носіями якої є молекули речовини. Згідно молекулярно-кінетичної теорії повідомляється тілу теплова енергія, що викликає підвищення його температури, перетворюється в енергію руху молекул. Виміряти температуру якого-небудь тіла безпосередньо, тобто так, як вимірюють інші фізичні величини, наприклад, довжину, масу, об'єм або час, не представляється можливим, тому що в природі не існує еталона або зразка одиниці цієї величини. Тому визначення температури речовини виробляють за допомогою спостереження за зміною фізичних властивостей іншого, так званого термометричної (робочої) речовини, яка, будучи приведеною до зіткнення з нагрітим тілом, вступає з ним через деякий час в теплову рівновагу. Такий метод вимірювання дає не абсолютне значення температури нагрітого середовища, а

лише різницю щодо вихідної температури робочої речовини, умовно прийнятої за нуль. Внаслідок зміни при нагріванні внутрішньої енергії речовини практично всі фізичні властивості останнього в більшій чи меншій мірі залежать від температури, але для її вимірювання вибираються по можливості ті з них, які однозначно міняються зі зміною температури, не схильні до впливу інших факторів і порівняно легко піддаються вимірюванню. Цим вимогам найбільш повно відповідають такі властивості робочих речовин, як об'ємне розширення, зміна тиску в замкнутому просторі, зміна електричного опору, виникнення термоелектрорушійної сили і інтенсивність випромінювання покладені в основу пристрою приладів для вимірювання температури.

Для вимірювання температури найбільшого поширення набули методи, які базуються:

- г) на тепловому розширенні рідких, газоподібних і твердих тіл (термомеханічний ефект);
- д) зміні тиску всередині замкнутого обсягу при зміні температури;
- е) зміні електричного опору тіл при зміні температури;
- ж) термоелектричному ефекті;
- з) використанні електромагнітного випромінювання нагрітих тіл.

Прилади, призначені для вимірювання температури, називаються термометрами.

Види термометрів:

- а) рідинні термометри (скляні) — неможливість дистанційного вимірювання;
- б) манометричні термометри (газові і рідинні) — можливість дистанційного вимірювання;
- в) термоелектричні термометри (термопари) — можливість дистанційного вимірювання;
- г) термометри електроопору — можливість дистанційного вимірювання;

д) радіаційні термометри (пірометри) — можливість дистанційного вимірювання.

Методи вимірювання вологості повітря. У практиці найбільш широко застосовуються такі методи визначення вологості повітря: психрометричний, метод точки роси, гігроскопічний і масовий.

Психрометричний метод базується на вимірюванні психрометричної різниці температур між «сухим» і «мокрим» термометрами. Мокрий термометр змочується через спеціальний гніт водою. Випаровування, а, отже, і охолодження з поверхні мокрого термометра тим більше, чим нижче вологість газу. Тому різниця температур сухого і мокрого термометрів залежить від вологості газу.

Метод точки роси базується на вимірюванні температури повітря, що охолоджується, наприклад, металевою неокислюючою дзеркальною поверхнею (в момент початку випадання крапельної вологи на дзеркалі фіксується його температура).

Гігроскопічний метод базується на здатності деяких матеріалів змінювати свою форму і розміри (подовжуватися — знежирений людський волос, капронова нитка та інші), або властивості (електропровідність) при всмоктуванні вологи з повітря в кількості, пропорційній його відносної вологості. Тому, використовуючи ці матеріали в механічних або мостових електричних схемах, можна створювати пристрої невисокої точності, які називаються гігрометрами.

Сорбційний метод базується на зв'язку фізичних властивостей гігроскопічних речовин з кількістю поглинутої ними вологи, що залежить від вологості аналізованого газу.

Оптичний метод базується на вимірюванні ослаблення ІЧ-випромінювання за рахунок його поглинання парами води.

Масовий (абсолютний) метод найбільш точний, але трудомісткий і вимагає спеціального обладнання — вентилятора, вологопоглиначів та іншого обладнання. Повітря продувають через поглиначі. Віднісши об'ємну витрату

повітря до маси поглиненої всієї вологи, визначають абсолютну вологість повітря.

Прилади для вимірювання вологості повітря:

- а) гігрометр;
- б) психрометр.

Методи вимірювання атмосферного тиску. Для вимірювання атмосферного тиску використовують барометр — прилад для вимірювання атмосферного тиску. Нижче перераховані наступні методи вимірювання атмосферного тиску за допомогою барометра.

Рідинний метод. Базується на використанні ртутного барометра — змінюється рівень ртуті в залежності від тиску повітря. У цього методу немає можливості дистанційного вимірювання.

Анероїдний метод. Базується на використанні барометра-анероїда — відбувається пружна деформація тіл при коливаннях тиску. У цього методу є можливість дистанційного вимірювання.

Газовий метод. Базується на використанні газового барометра — відбувається зміна обсягу постійної кількості газу, ізольованого від зовнішнього повітря рухомим стовпчиком рідини, при зміні тиску. У цього методу немає можливості дистанційного вимірювання.

Метод, базується на використанні гіпсотермометра — приладу для вимірювання висоти над рівнем моря, який базується на залежності точки кипіння води від атмосферного тиску. У цього методу немає можливості дистанційного вимірювання.

Методи вимірювання вібрації. Існує дві групи методів вимірювання параметрів вібрації: контактні, які передбачають механічну зв'язок датчика з досліджуваним об'єктом, і безконтактні, тобто не пов'язані з об'єктом механічним зв'язком.

Контактні методи. Метод «замкнутого контакту» базується на замиканні електричних контактів при виникненні вібрації. Цей метод реалізується за

допомогою датчиків, які складаються із сенсору, металевої кулі й пружини. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно.

П'єзоелектричний метод — при вібрації (при механічних напругах) виникає поляризація діелектрика. Цей метод реалізується за допомогою п'єзоелектричних датчиків. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно.

Метод відкритого резонатора — вимірюються параметри НВЧ резонатора, які змінюються внаслідок вібрації досліджуваного об'єкта. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно.

Метод сферичних дзеркал — при вібрації (при великих амплітудах) реєструється зсув резонансної частоти. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно.

Безконтактні методи. Метод ультразвукової фазометрії — полягає в вимірі поточного значення різниці фаз опорного сигналу ультразвукової частоти і сигналу, відбитого від досліджуваного об'єкта. В якості чутливих елементів використовується п'єзоелектрична кераміка. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно.

Оптичні методи — засновані на зондуванні об'єкта видимим світлом. Ці методи дозволяють проводити вимірювання дистанційно.

Інтерференційні методи — засновані на зондуванні досліджуваного об'єкта хвилями ВЧ і НВЧ діапазонів, прийомі і аналізі відбитих (розсіяних) об'єктом хвиль. Між випромінювачем і досліджуваним об'єктом в результаті інтерференції утворюється стояча хвиля. Вібрація об'єкта призводить до амплітудної і фазової модуляції відбитої хвилі і до утворення сигналу биття. У виділеного сигналу змінного струму амплітуда пропорційна вібропереміщенню, а частота відповідає частоті вібрації об'єкта. Ці методи дозволяють проводити вимірювання дистанційно.

Резонаторні методи — засновані на розміщенні віброуючого об'єкта у полі НВЧ-резонатора (поза або, хоча б частково всередині нього), внаслідок чого

змінюються характеристики резонатора. Ці методи дозволяють проводити вимірювання дистанційно.

Прилади для вимірювання вібрації:

- а) віброметри;
- б) віброаналізатори.

Методи передачі даних за допомогою електрозв'язку.

Кабельний метод передачі даних — базується на передачі електричних сигналів за допомогою кабельних ліній. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно [2].

Метод радіопередачі — базується на передачі радіохвиль, використовуючи радіопередавач і радіоприймач. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно.

Метод ДХ-, СХ-, КХ и УКХ-передачі даних — базується на використанні ДХ-, СХ-, КХ и УКХ-хвиль. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно.

Метод супутникової передачі даних — базується на використанні космічних ретрансляторів. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно.

Метод радіорелейного передачі даних — базується на застосуванні наземних ретрансляторів. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно.

Метод сотової передачі даних — базується на використанні мережі наземних базових станцій. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно.

Метод волоконно-оптичної передачі даних — базується на використанні світлових хвиль для передачі по оптоволокну. Цей метод дозволяє проводити вимірювання дистанційно.

Методи електроживлення. Методи електроживлення поділяються на методи первинного електроживлення й методи вторинного електроживлення,

але оскільки наша система повинна бути автономною, то були розглянуті лише методи первинного електроживлення.

Хімічний метод електроживлення — базується на окислювально-відновній реакції, що протікає між речовинами, які володіють властивостями окислювача і відновника, супроводжуються виділенням електронів, рух яких утворює електричний струм. Засобами для реалізації цього методу являються гальванічні батареї і акумулятори.

Метод термоперетворення — базується на використанні термобатарей, які складаються із послідовно з'єднаних термопар, у яких одні кінці спаїв нагріваються, а інші мають достатньо низьку температуру, завдяки чому створюється термо-ЕРС і в зовнішньому ланцюзі протікає струм.

Фотоелектричний метод — базується на перетворенні теплової й світлової енергії сонячних променів в електричну. Засобами для реалізації цього методу являються сонячні батареї, які представляють собою ряд фотоелементів, з'єднаних між собою певним способом.

1.2 Віртуальні лабораторії

Віртуальна лабораторія – це програмно-апаратний комплекс, який дозволяє проводити експерименти без безпосереднього контакту з реальною установкою або навіть за повної відсутності такої. У першому випадку це називається лабораторною установкою з віддаленим доступом, у склад якої входить реальна лабораторія, програмне забезпечення для керування установкою та оцифровки отриманих даних, а також засоби комунікації. У другому – усі процеси моделюються за допомогою комп'ютера [3].

Основні переваги віртуальних лабораторій над реальними:

- Відсутність необхідності встановлення дорогого устаткування. Наразі для України актуальним є питання недостатнього фінансування наукових та освітніх лабораторій. Часто у них використовується застаріле обладнання. Це може призводити не тільки до спотворення

результатів досліджень, але й може служити джерелом небезпеки для студентів та дослідників. Окрім того не часто встає питання незабезпеченості лабораторій необхідними розхідниками, що фактично не дозволяє проводити частину досліджень. Слід зазначити, що хоча комп'ютерне обладнання та програмне забезпечення теж коштує багато, але його універсальність та більша довговічність компенсують ці недоліки;

- Можливість моделювати експерименти, які принципово неможливо провести у лабораторіях. До них відносяться як процеси, що важко помітні у реальних умовах без застосування спеціальної техніки, наприклад через малий розмір спостережуваних часток. Так і експерименти з надвеликими, для лабораторії, об'єктами, наприклад процеси обвалу споруд або взаємодії космічних об'єктів. Це усе досягається завдяки наочній візуалізації на моніторах комп'ютерів;
- Можливість спостереження процесів у іншій часовій перспективі. Можна за прийнятний час спостерігати як довготривалі процеси, що займають години, дні, тижні або навіть місяці, так і процеси, що займають доли секунди. А можливість керувати часом у рамках симуляції дозволяє проникнути у тонкості спостережуваних явищ;
- Безпечність є одним з найважливіших факторів при роботі у лабораторії, тому можливість збирати інформацію та керувати ходом експерименту з безпечного місця – це значний плюс для віртуальних пристроїв. Особливо при роботі в небезпечних умовах, наприклад з високою напругою або хімічними реагентами;
- Для повністю цифрової лабораторії, через те, що симуляцію проводить комп'ютер, є можливість швидко проводити серію дослідів з різними значеннями вхідних параметрів. Це часто необхідно для виявлення залежностей вихідних параметрів від вхідних, наприклад при моделюванні електронних схем;

- Полегшення при переводі результатів у електронний формат. У епоху інтернету даними від різних лабораторій можна обмінюватися майже миттєво, але потрібно переводити їх у належний вигляд. Після проведення багатьох досліджень та робіт на виході отримуються значні масиви різноманітних даних, які потребують структуризації та оформлення. Це є одним з найслабших місць реальних лабораторій, адже перенос даних до комп'ютера може займати багато часу та призводить до помилок. Віртуальну лабораторію можна створити так, що під час проведення експерименту усі необхідні дані будуть автоматично записуватися у необхідні файли у готовому вигляді. Це економить дуже багато часу та значно зменшує кількість помилок у кінченому результаті;
- Можливість використання віртуальних лабораторій для дистанційного навчання. Це особливо актуальна перевага подібних структур у наш час. З епідемією COVID-19 та, як наслідок, частими карантинами з жорсткими обмеженнями студентам та викладачам часто заборонено, а в цілому небезпечно для здоров'я знаходитись в університетах. Через це страждає якість освіти, мотивація студентів та викладачів. Віртуальні лабораторії – це потужний інструмент для хоча б часткового повернення до нормального стану освіти.

Приклади віртуальних лабораторій

1. STAR (Software Tools for Academics and Researchers) – програма Массачусетського технологічного інституту (MIT) з розробки віртуальних лабораторій для досліджень та навчання. Діяльність програми полягає у розробці навчальних та дослідницьких додатків із загальної біології, біохімії, генетики, гідрології, в області розподілених обчислень. Більшість програм реалізовані в java або в html.

2. VirtualLab – проект з розробки віртуальних лабораторних робіт для учнів фізики, хімії, біології, екології. Віртуальні лабораторні роботи реалізовані за допомогою технології Flash. Відрізняються вузькою спеціалізацією, здебільшого лінійністю досвіду (вся послідовність дій та результати досвіду задані заздалегідь). Продукти VirtualLab мають пізнавальну цінність та вирішують завдання проведення лабораторних робіт за відсутності необхідного устаткування.
3. Algodoo – програма, призначена для фізичних 2D симуляцій. Має дуже багатий інструментарій для створення різних об'єктів, механізмів та систем з метою моделювання їх фізичної взаємодії та властивостей. Наприклад, можна створити модель працюючих годинників, модель планетоходу або пневматичної гвинтівки. Програма здатна симулювати як механічні процеси, а й оптичні, а можливість програмування за допомогою скриптової мови Thyme дозволяє створювати об'єкти з оригінальними фізичними властивостями, різні функції, ефекти та явища. Також є можливість завантажувати малюнки: малюнок стає об'єктом симуляції та йому можна задати будь-які фізичні властивості
4. PhET – проект, розроблений Університетом Колорадо. Проект включає велике безліч віртуальних лабораторій, що демонструють різні явища в галузі фізики, біології, хімії, математики, наук про Землю.
5. Wolfram Demonstrations Project – наочна демонстрація концепцій сучасної науки та техніки. Wolfram претендує на роль єдиної платформи, що дозволяє створити об'єднаний каталог онлайн-інтерактивних лабораторій. Це, на думку розробників, дозволить користувачам уникнути проблем, пов'язаних із застосуванням різноманітних навчальних ресурсів та платформ розробки. Для перегляду демонстрацій потрібно завантажити та встановити спеціальний Wolfram CDF Player. Wolfram Demonstrations Project має

значний каталог – приблизно 8900 інтерактивних демонстрацій. Каталог проекту складається з 11 основних розділів, що відносяться до різних галузей знання та людської діяльності. Тут є великі фізичні, хімічні та математичні розділи, а також присвячені техніці, інженерній справі, соціальним наукам.

1.3 Програмований логічний контролер

Найголовнішою перевагою ПЛК, що обумовило їх широке поширення полягає в тому, що в однин компактний електронний прилад може замінити десятки та сотні електромеханічних реле. Важливим також є й те, що функції ПЛК реалізуються не апаратно, а програмно. Це призвело до того, що їх можна постійно адаптувати до нової роботи у нових умовах. При цьому витрати та зусилля людини при такій адаптації є мінімальними.

У відмінності від звичайних непрограмованих пристроїв керування, ПЛК мають наступні переваги:

- більша гнучкість;
- більша надійність систем, що будуються навколо ПЛК;
- менші габарити;
- можливість поєднання з іншими пристроями та переналаштовуватися через інтернет;
- швидше виявляють помилки;
- більш енергоефективні;
- менш затратні на великих відрізках часу.

Застосування ПЛК забезпечує високу надійність, просте тиражування та обслуговування систем управління, прискорює монтаж та налагодження обладнання, що забезпечує можливість швидкого оновлення алгоритмів управління (у тому числі і на обладнанні, що працює).

Мікроконтролери Arduino

Мікроконтролери торгової марки Arduino мають в основі AVR-родину восьмибітних мікроконтролерів фірми Atmel. Головна функція AVR – гарантувати правильне програмне виконання. Контролер повинен виконувати операції, такі як звернення до пам'яті, виконання обчислень, управління зовнішніми пристроями, та управління переривання. Для того, щоб максимізувати виконання всіх функцій, AVR користується Гарвардською архітектурою – вони мають поділ програми та даних у різних адресних просторах. Інструкції в програмній пам'яті виконуються з єдиною горизонтальною конвеєрною обробкою. Поки одна інструкція виконується, наступна інструкція попередньо виймається із програмної пам'яті. Це концепція надає можливість інструкціям виконуватись у кожному циклі. Програмна пам'ять - це вбудована флеш пам'ять, що перепрограмується.

Файл реєстру швидкого доступу містить 32 8-бітових реєстра, створюють записи з одним часом доступу до циклу. Це дозволяє виконувати одноктактне арифметичне логічне пристрій (АЛП). В Типовій операції АЛП з файлу реєстру виводяться два операнди (аргументи операції, дані, що обробляються командою), виконується операція і результат зберігається у файлі реєстру – за один цикл. Шість із 32 реєстрів можуть використовуватися як три 16-бітні покажчики для адресації даних – з метою ефективного обчислення. Програмна пам'ять – це вбудована флеш-пам'ять, що перепрограмується. Ці додані функціональні реєстри є 16-бітні X-, Y- і Z-реєстри.

АЛП підтримує арифметику та логічні дії між реєстрами або між константою та реєстром. Дії однієї операції можуть також виконуватися АЛП. Після арифметичної операції статус реєстру оновлюється, щоб відобразити інформацію про результат дії.

Хід виконання програми забезпечується умовним та безумовним переходами та командами звернення, здатних безпосередньо звернутися до цілого адресного простору. Більшість інструкцій AVR мають єдиний формат 16-

розрядного слова. Кожна адреса програмної пам'яті містить 16- або 32-бітну інструкцію.

Програмний простір флеш-пам'яті розділений на дві секції, секції програми завантаження та секції прикладної програми. Обидві секції мають виділені біти блокування для захисту запису та читання/запису. Інструкція SPM, яка записується в секцію прикладної програми повинна знаходитись у розділі програми завантаження. SPM - аббревіатура, що означає програмне забезпечення управління проектами.

Протягом переривань та викликів підпрограми, лічильник команд зберігається у стеку. Стек ефективно розподіляється у загальній статичній пам'яті (SRAM), отже, розмір стека обмежений лише загальним розміром статичної пам'яті та використанням її використанням. SRAM – статична паяти з довільним доступом, напівпровідникова оперативна пам'ять.

Всі програми користувача повинні ініціалізувати BC в підпрограмі "Скидання" (до виконання підпрограм або переривань). Вказівник стека (BC) доступний для читання / запису в просторі введення / виведення. За допомогою SRAM можна легко отримати доступ через п'ять різних режимів адресації, що підтримуються в архітектурі AVR. Простір пам'яті в архітектурі AVR є лінійними і регулярні картки пам'яті.

Модуль гнучкого переривання має свої регістри управління в просторі введення/виводу з додатковим бітом роздільної здатності глобального переривання у регістрі стану. Усі переривання мають окремий вектор переривання у таблиці векторів переривань. Переривання мають пріоритет відповідно до їхньої позиції вектора переривання. Чим нижче адреса вектора переривань, тим вищий пріоритет. Об'єм пам'яті введення / виводу містить 64 адреси для периферійних функцій AVR, таких як регістри управління, SPI та інші функції введення-виводу. Доступ до пам'яті введення/виводу можна отримати безпосередньо або як місцезнаходження простору даних, що слідує за файлом регістру. Крім того, це пристрій має розширений простір введення/виводу в

SRAM, де можуть використовуватися тільки інструкції ST/STS/STD та LD/LDS/LDD.

Високопродуктивний АЛП AVR працює у прямому з'єднанні з усіма 32 робітниками регістрів загального призначення. Протягом одного циклу, виконуються арифметичні операції між регістрами загального призначення або між регістрами та безпосереднього виконання. Операції АЛП поділяються на три основні категорії: арифметичні, логічні, та бітові. Деякі реалізації архітектури також забезпечують потужний множник, що підтримує як знакове/незнакове множення, так і дробовий формат.

Регістр стану містить інформацію про результат самої останньої виконаної арифметичної команди. Ця інформація може бути використана для зміни ходу виконання програми для того, щоб виконувати умовні дії. Регістр стану оновлюється наприкінці операції АЛП. Це у багатьох випадках усуне необхідність у використанні спеціальних команд порівняння, що призведе до більш швидкого та компактного коду. Реєстр стану не зберігається автоматично при введенні підпрограми переривання та відновлюється при поверненні із переривання. Це має бути оброблено програмним забезпеченням.

Реєстровий файл оптимізовано під AVR. Для досягнення необхідної швидкодії та гнучкості, використовуються методи, підтримувані реєстровим файлом:

- один 8-бітний вихідний операнд та один 8-бітний вхідний результат;
- два 8-бітних вихідних операнд та один 8-бітний вхідний результат;
- два 8-бітних вихідних операнд та один 16-бітний вхідний результат;
- один 16-бітний вихідний операнд та один 16-бітний вхідний результат.

Більшість інструкцій, що працюють з реєстровим файлом, мають прямий доступ до всіх записів, і більшість з них є єдиними інструкціями циклу. Кожному запису також присвоєно адресу пам'яті даних, що відображає їх безпосередньо в перші 32 місця користувача простору даних. І хоча фізично вони не

розташовуються в SRAM, ця організація пам'яті забезпечує велику гнучкість у доступі до регістрів, і X-, Y-, і Z-показчики регістру можуть використовуватись, щоб індексувати будь-який регістр у файлі. X-, Y-, і Z-реєстри, що являють собою 16-бітові адресні показчики для непрямой адресації простору даних.

Стек головним чином використовується для зберігання тимчасових даних, для зберігання місцевих змінних та для зберігання адрес повернення після переривань та викликів підпрограми. Реалізація стек здійснюється від більш високих до нижчих місць пам'яті. Показчик стека вказує на область SRAM даних, в якій розташовані підпрограми та стеки переривань. Команда Stack PUSH зменшить вказівник стека. Стек у SRAM даних повинен бути визначений програмою перед виконанням будь-яких викликів підпрограм або дозволених переривань. Початкове значення показчика стека має бути рівним останньою адресою внутрішньої SRAM і повинен бути встановлений у положення, зазначене вище за початок SRAM. Процесор AVR управляється тактовою частотою процесора clkCPU , безпосередньо генерується з вибраного джерела синхронізації для чіпа. Немає внутрішнього розподілу таймера.

AVR надає кілька різних джерел переривань. Ці переривання та вектора переривань мають окремий програмний вектор програмної пам'яті. Усі переривання призначаються індивідуальними бітами включення, які мають бути записані логічно разом із бітом дозволу глобального переривання в регістрі стану, щоб увімкнути переривання. Залежно від значення лічильника програм переривання можуть бути автоматично вимкнені, якщо запрограмовані біт блокування завантаження VLB02 або VLB12. Ця функція покращує безпеку програмного забезпечення.

Найнижчі адреси у програмній пам'яті за замовчуванням визначаються як скидання і вектор переривань. Вони визначають рівні пріоритету: що нижча адреса, то вище рівень пріоритету.

Скидання має найвищий пріоритет, а наступне - INTO – запит зовнішнього переривання 0. Вектори переривань можуть бути перенесені в початок завантажувального сектора, встановивши біт IVSEL в регістр

управління/контролю MCU. Вектор скидання також можна перенести на початок завантажувального сектора за допомогою біта BOOTrST.

Коли відбувається переривання, 1-біт глобального переривання очищується, і всі переривання вимкнено. Користувальницьке програмне забезпечення може записувати логічний код у 1-біт, щоб увімкнути вкладені переривання. Усі дозволені переривання можуть зупиняти поточну процедуру переривання. 1-біт автоматично встановлюється, коли виконується команда вихід з переривання – RETI.

Існують в основному два типи переривань: перший тип запускається подією, яка встановлює прапор переривання. Для цих переривань програмний лічильник векторизований до фактичного вектора переривань для виконання процедури обробки переривань, а апаратне забезпечення очищує відповідний прапор переривання. Прапори переривань також можна очистити, записавши логічний біт у позицію біт - прапора, що підлягає очищенню. Якщо умова переривання відбувається, коли біт дозволу переривання очищується, прапор переривання буде встановлено та збережений доти, доки переривання не буде увімкнено, або прапор не буде очищено програмним забезпеченням. Аналогічно, якщо виконується одне або кілька умов переривання, коли біт глобального дозволу переривань очищується, відповідний прапор переривання буде встановлений і збережений до тих пір, поки біт глобального дозволу переривання не буде встановлений, а потім буде виконуватися по порядку пріоритету.

Другий тип переривань буде спрацьовувати доти, доки є умова переривання. Цим перериванням не обов'язково мати прапори переривання. Якщо умова переривання зникає до того, як переривання увімкнено, переривання не буде запусчено. Коли AVR виходить з переривання, він завжди повертається до основної програми та виконує ще одну команду до того, як буде обслуговуватися якесь очікуване переривання.

Регістр стану не зберігається автоматично під час введення підпрограми переривання і не відновлюється при поверненні з процедури переривання. Це має бути оброблено програмним забезпеченням. При використанні команди CLI для

вимкнення переривань переривання будуть негайно відключені. Команда CLI - належить до класу інструкцій введення/виводу, вона скидає прапори переривання. Після команди CLI всі наступні переривання не будуть виконуватись, навіть якщо воно відбувається одночасно з інструкцією CLI.

Відповідь на виконання переривання для всіх дозволених переривань AVR дорівнює чотирьом тактам. Після чотирьох тактових циклів виконується програмна адреса вектора для дійсної процедури обробки переривань. Під час цього чотирьох тактового циклу лічильник програм міститься в стек. Зазвичай вектор є перехід до процедури переривання, і цей перехід займає три тактові цикли. Якщо переривання відбувається під час виконання команди з декількома циклами, ця команда завершується, перш ніж переривання буде обслуговуватися. Якщо переривання відбувається, коли регістр контролю MCU знаходиться в сплячому режимі, час відгуку на виконання переривання збільшується на чотири тактового циклу. Це збільшення відбувається на додаток до часу запуску з вибраного режиму сну. Повернення з процедури обробки переривань займає чотири тактові цикли. Під час цих чотирьох тактових циклів лічильник програм (два байти) витягується з стека, покажчик стека збільшується на два, а 1-біт глобального переривання в встановлюється SREG – регістр стану.

Архітектура AVR має два основні сектори пам'яті: пам'ять даних Data Memory та програмну пам'ять Program Memory. Усі сектори пам'яті є лінійними та регулярними.

ATmega328 містить 32-кілобайтну вбудовану перезавантажену флеш-пам'ять для зберігання програм. Оскільки всі інструкції AVR мають роздільна здатність 16 або 32 біт, флеш-пам'ять має розмірність 16Кх16. Для безпеки програмного забезпечення простір флеш-пам'яті розділено на дві секції, секції програми завантаження та секції прикладної програми. Флеш-пам'ять має не менше 10 000 циклів запису / стирання. Лічильник програм ATmega328 має дозвіл 14 біт, таким чином звертаючись до осередків пам'яті 16К. Робота секції програми завантаження та програма блокування завантаження пов'язані одними бітами для захисту програмного забезпечення.

Під час скидання всі регістри введення/виводу встановлюються на них початкові значення і програма запускає виконання з вектора скидання. Інструкція, розміщена у векторі скидання, має бути інструкцією абсолютного переходу (JMP) для обробки скидання. Якщо програма ніколи не включає джерело переривання, вектори переривань не використовуються, і в цих місцях може бути розміщений звичайний програмний код. Це також має місце, якщо вектор скидання знаходиться в секції програми, у той час як вектори переривань знаходяться в розділі завантаження чи навпаки. Порти введення-виводу AVR негайно повертаються у вихідний стан, коли джерело скидання активується. Для цього не потрібно запустити будь-яке джерело синхронізації. Після того, як усі джерела скидання неактивні, викликається лічильник затримки, розтягуючи внутрішнє скидання. Це дозволяє досягти стабільного рівня потужності до початка нормальної роботи період тайм-ауту лічильника затримки визначається користувачем через біти SUT та CKSEL.

Вартовий таймер. Якщо вартовий таймер не використовується в програмі, модуль повинен бути вимкнено. Якщо сторожовий таймер увімкнено, він буде включений у всіх режимах сну і, отже, завжди споживатиме електроенергію. В режими глибшого сну це значно вплине на загальне споживання струму.

Пристрій має розширений сторожовий таймер (Watchdog Prescaler). Watchdog Prescaler - це цикли підрахунку окремого таймера вбудованого генератора 128 кГц. Він дає переривання або системне скидання, коли лічильник досягає заданого значення тайм-ауту. У нормальному режимі роботи потрібно, щоб система використовувала інструкцію скидання вартового таймера (Watchdog Timer Reset) для перезапуску лічильника до досягнення значення тайм-ауту. Якщо система не перезапускає лічильник, видається переривання чи скидання системи.

У режимі переривання таймер дає переривання після часу. Це переривання можна використовувати для пробудження пристрою з режимів очікування, а також як загальний системний таймер. Одним із прикладів є обмеження максимального часу, дозволеного для певних операцій, що дає переривання,

коли операція працює довше, ніж очікувалося. У режимі скидання системи сторожовий таймер дає скидання, коли закінчується час таймера. Зазвичай це використовується для запобігання зависанню системи у разі пропуску виконання коду. Третій режим, режим переривання та скидання системи об'єднує два інші режиму, спочатку передаючи переривання, а потім перемикається в режим скидання системи. Цей режим, наприклад, дозволить безпечно вимкнення, зберігаючи критичні параметри перед скиданням системи.

Запобіжник таймера завжди увімкнений (WDTON), і якщо він запрограмований, змусить сторожовий таймер перейти в режим скидання системи. З запрограмованим запобіжником біт режиму скидання (WDE) та біт переривання (WDIE) блокуються на 1 та 0 відповідно. Щоб забезпечити безпеку програми, зміни в налаштування сторожового таймера повинні виконуватись послідовностями по часу.

Порти вводу/виводу. Всі порти AVR мають справжню функцію Read-Modify-Write у використанні як загальних цифрових портів вводу-виводу. Це означає, що напрямок одного порту може бути змінено без ненавмисного зміни напрямку будь-якого іншого порту з інструкціями WGO та SWI. Те саме відбувається при зміні значення с LOW на HIGH (якщо воно налаштоване як вихід) або увімкнення/вимкнення підтягуючих резисторів (якщо налаштовано як вхід). Драйвер введення досить міцний, щоб безпосередньо управляти світлодіодними дисплеями. Всі виводи портів мають індивідуально вибираються підтягувальні резистори з опором напруги живлення.

Кожен порт мікроконтролера є двоспрямованими порти введення-виводу з додатковими внутрішніми підтягуючими резисторами.

Кожен порт складається з трьох бітів регістрів: DD_{xn}, PORT_{xn} та PIN_{xn}.

До бітів DD_{xn} звертаються за адресою DDR_x, бітами PORT_{xn} на адресі введення виводу PORT_x і бітами PIN_{xn} на адресі введення-виводу PIN_x. Біт DD_{xn} в регістрі DDR_x вибирає напрямок цього висновку. Якщо DD_{xn} записується в "1", R_{xn} конфігурується як вихідний висновок. Якщо DD_{xn} записується в "0", R_{xn} конфігурується як вхідний висновок. Якщо PORT_{xn}

записується в «1», коли контакт налаштований як вхідний контакт, активується навантажувальний резистор. Щоб вимкнути підтягуючий резистор, PORTxn повинен бути записаний в "0", або контакт повинен бути налаштований як вихідний висновок. Порти тричі вказуються, коли умова скидання стає активною, навіть якщо таймери не працюють. Якщо PORTxn записується в «1», коли порт налаштований як вихідний висновок, надається значення високого рівня. Якщо PORTxn записує логічний нуль, коли контакт налаштований як вихідний висновок, надається значення низького рівня.

Якщо деякі контакти не використовуються, рекомендується переконатися, що ці контакти мають певний рівень. Незважаючи на те що більшість цифрових входів відключені в режимах глибокого сну уникати плаваючих входів, щоб зменшити споживання струму у всіх інших режимах, де цифрові входи активовані (скидання, активний режим та режим очікування). Найпростіший спосіб забезпечити певний рівень невикористовуваного висновку - це увімкнути внутрішнє підтягування. В у цьому випадку підтягування буде вимкнено під час скидання. Якщо важлива низька споживана потужність під час скидання, рекомендується використовувати зовнішнє підтягування. Не рекомендується підключати невикористовувані контакти безпосередньо до джерела живлення або заземлення, так як це може призвести до надмірного струму, якщо контакт випадково налаштований як вихід.

Зовнішні переривання запускаються за допомогою контактів INT або будь-якого контакту PCINT. Якщо увімкнено, переривання будуть спрацьовувати, навіть якщо контакти INT чи PCINT налаштовані як виходи. Ця функція забезпечує спосіб програмного переривання. Запит переривання буде спрацьовувати, якщо якийсь активований контакт переключиться. Запит переривання зміни спрацьовуватиме, якщо активовано будь-який контакт.

Це означає, що ці переривання можуть використовуватись для пробудження також із режимів сну, крім режиму очікування.

Зовнішні переривання можуть бути викликані спадаючим або наростаючим фронтом чи низьким рівнем. Це налаштовано так, як зазначено у

специфікації для регістру управління зовнішніми перериваннями А (EICRA). Коли зовнішні переривання включені та налаштовані як спрацювання рівня, переривання будуть спрацьовувати до тих пір, поки контакт буде утримуватись на низькому рівні. Переривання низького рівня в INT визначається асинхронно. Це означає, що це переривання можна використовувати для пробудження частини також із режимів сну, крім режиму очікування. Таймер введення/виводу зупиняється у всіх режимах сну, крім режим очікування. Якщо для пробудження від вимкнення живлення використовується переривання з рівнем, необхідний рівень має бути достатньо тривалим, щоб регістр контролю MCU завершив пробудження, щоб викликати переривання рівня. Якщо рівень зникне до закінчення часу запуску, MCU все одно прокинеться, але переривання не буде згенеровано.

Мікроконтроллер оснащений 10-бітним АЦП із послідовним наближенням. АЦП підключений до 8-канального аналогового мультиплексору. Входи з односторонньою напругою відносяться до 0 В (GND). АЦП містить схему, яка гарантує, що вхідна напруга на АЦП утримується постійному під час перетворення. АЦП має окреме аналогове виведення напруги живлення, AVCC.

Канал аналогового введення вибирається шляхом запису в біти MUX регістрі вибору ADC мультиплексора ADMUX.MUX [3:0] Мультиплексор за командою АЦП із кількох аналогових входів використовує лише один. Будь-який з вхідних АЦП портів, а також GND та опорної напруги може бути обраний як один склад входів в АЦП. АЦП активується шляхом запису «1» у біт АЦП «Активувати» у регістрі управління АЦП та регістру стану (ADCSRA.ADEN). Джерело опорної напруги та вхідного каналу вибір не набуде чинності, поки ADEN встановлено. АЦП генерує 10-бітний результат, представлений у регістрах даних ADC, ADCH та ADCL.

Для перетворення АЦП використовує еталонне значення напруги, з яким порівнюється вхідний сигнал з аналогового входу мікроконтролера. Для цього призначено джерело опорного напруги, якою використовується напруга

живлення. Роздільна здатність 10 біт дозволяє отримувати значення сигналу від 0 до 1023.

Процес оцифрування відбувається підбором близького значення напруги по відношенню до вхідного та складається з 10 етапів. Спочатку АЦП формує напругу рівну половині опорного і порівнює його з вхідною напругою. Якщо напруга АЦП менша за вхідну то відповідному біту надається значення «1». Потім напруга АЦП збільшується на 1/4 опорної напруги і якщо вона виявиться більшою вхідного, то біту надається значення «0», а напруга АЦП зменшується на 1/4 опорного. Далі корекція становить 1/8 опорного, потім 1/16 і т.д.

1.4 Висновки до розділу

В аналітичній частині були розглянуті деякі види збору інформації про стан параметрів навколишнього середовища і класифікація приладів контролю навколишнього середовища, методи вимірювання і засоби контролю температури, вологості, вібрації, атмосферного тиску, електронні методи, методи і засоби передачі даних за допомогою електрозв'язку, методи і засоби електроспоживання.

Загальна концепція майбутнього приладу – невелика та проста у реалізації станція для збору інформації та передачі її на персональний комп'ютер для подальшої обробки та виведення у доступний для оператора вигляді. Спираючись на розглянуті методи та засоби контролю параметрів зовнішнього середовища, були обрані найбільш оптимальні варіанти виходячи із складності реалізації цих методів, доступністю й вартістю засобів.

Для вимірювання температури був обраний метод зміни електричного опору тіл при зміні температури. Відповідно до цього методу був обраний засіб для вимірювання температури — термометр електроопору.

Для вимірювання вологості повітря був обраний сорбційний метод. Відповідно до цього методу був обраний засіб для вимірювання вологості повітря — гігрометр.

Для вимірювання атмосферного тиску був обраний анероїдний метод. Відповідно до цього методу був обраний засіб для вимірювання атмосферного тиску — барометр.

Для передачі отриманих даних на персональний комп'ютер був обраний кабельний метод передачі.

2 КОМПОНЕНТИ СИСТЕМУ ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ІНФОРМАЦІЇ

Для реалізації поставленої задачі пропонується сформувані вимоги до системи збору та передачі інформації про стан навколишнього середовища по результатам проведеного аналітичного огляду:

- малі розміри;
- нескладність;
- мала вартість;
- стійкість до поломок;
- ремонтпридатність.

2.1 Структурна схема пристрою

Спираючись на сформовані вимоги до пристрою та на результати аналітичного огляду запропонована структурна схема (рисунок 2.1), а також проведено опис блоків, з яких складається схема і послідовність їх роботи.

Збір інформації про стан навколишнього середовища проводиться за допомогою датчиків контролю (ДК1 та ДК2). Модуль (М) надсилає запити (проводиться періодичне опитування) на отримання показників з датчиків. Модуль обробляє інформацію з датчиків контролю. Після обробки модуль передає інформацію на персональний комп'ютер (ПК).

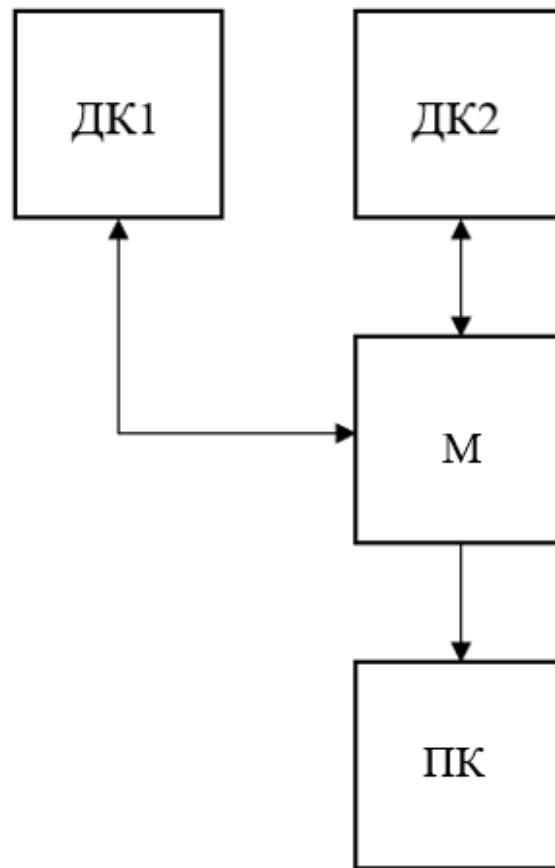


Рисунок 2.1 —Схема структурна пристрою збору інформації

2.2 Функціональна схема пристрою

Опираючись на структурну схему й на результати аналітичного огляду, пропонується розроблена функціональна схема (рисунок 2.2).

Для збору інформації про навколишнє середовище в якості датчиків контролю (ДК1 та ДК2) були обрані: датчик вологості (гігрометр), датчик температури (термометр електроопору), датчик для вимірювання атмосферного тиску (барометр). В якості пристрою обробки й управління для модуля було обрано мікроконтролер. Для передачі даних за допомогою електрозв'язку було обрано USB-кабель. Живлення модуль отримує через USB-кабель.

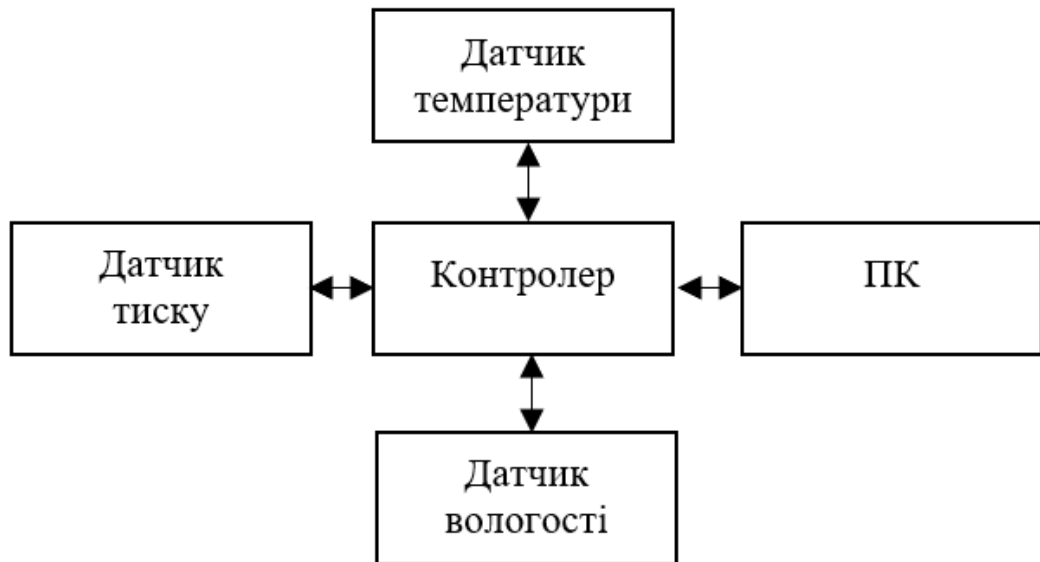


Рисунок 2.2 — Функціональна схема системи збору та передачі інформацію про стан параметрів зовнішнього середовища

2.3 Обґрунтування компонентної бази системи збору інформації

Датчик для вимірювання температури та вологості DHT11.

Первинний перетворювач DHT11 – це цифровий датчик, призначений для вимірювання температури та вологості повітря. Вимірювання проводиться за допомогою ємнісного датчика вологості та термістора. Для перетворення аналогових значень у цифрові датчик має вбудований АЦП (рисунок 2.3).

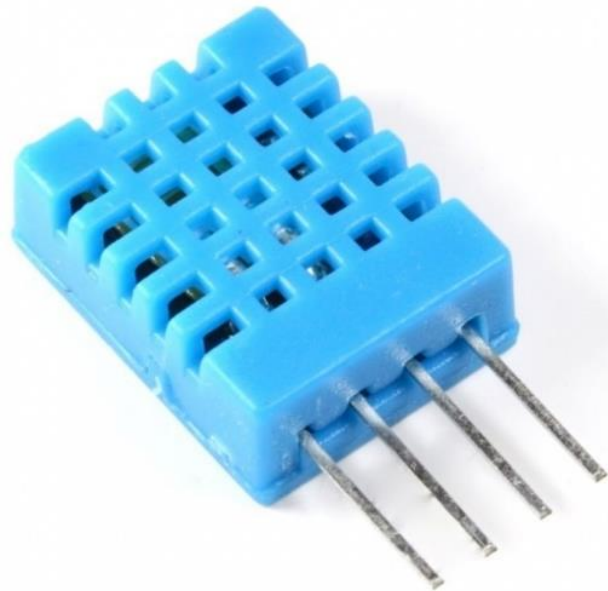


Рисунок 2.3 – Датчик для вимірювання температури та вологості DHT11

Гідності датчика DHT11:

- доступність;
- низка вартість;
- простота;
- широковживанність.

Недоліки датчика DHT11:

- невисока швидкодія;
- невисока точність.

Параметри датчика DHT11:

- діапазон величин вимірювання температури: від 0 до 50 °C;
- похибка при вимірюванні температури: до 1°C;
- діапазон величин вимірювання вологості: від 20 до 90% відносної вологості;
- похибка при вимірюванні вологості: до 5% відносної вологості;
- напруга живлення: від 3.3 до 5 В;
- максимальний струм: 2.5 мА у момент вимірювання;
- частота опитування: не більше 1 Гц;
- геометричні розміри: 15.5 на 12 на 5.5 мм.

Алгоритм роботи датчика DHT11:

- ініціалізація;
- очікування відповіді від датчика;
- зчитування біт з датчика;
- збереження даних;
- перевірка коректності отриманих даних;
- зупинення роботи.

Підключення датчика DHT11 до Arduino Mega.

Таблиця 2.1 – Підключення датчика DHT11 до Arduino Mega

DHT11	GND	VCC	Data	NC
Arduino Mega	GND	5V	D0...D53	Не використовується

Також потрібно підключити вихід датчика Data до виходу Arduino 5V через резистор з номіналом 10 кОм.

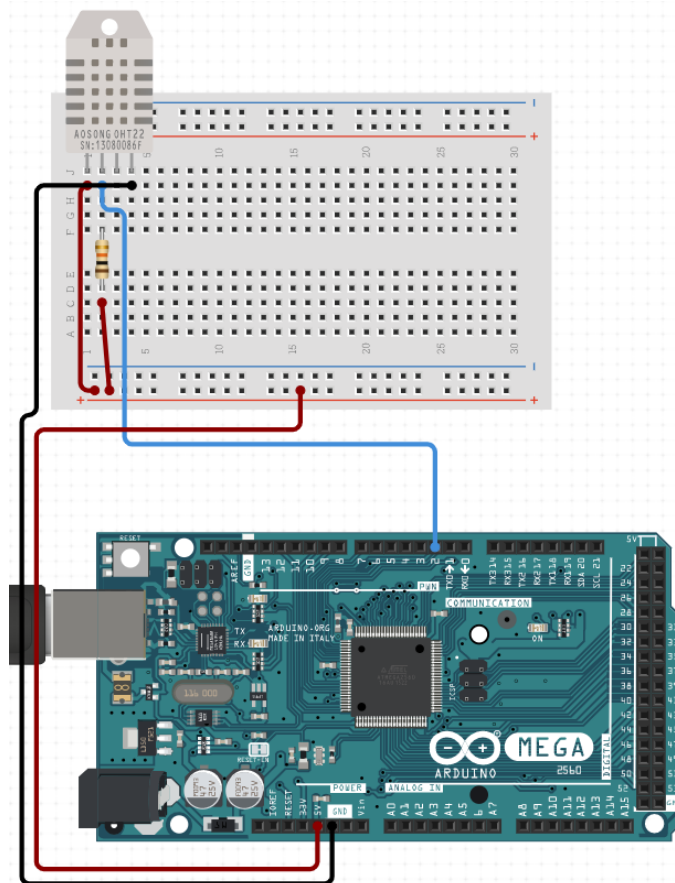


Рисунок 2.4 – Схема підключення датчика DHT11 до Arduino Mega

Датчик тиску та температури BMP180 (рисунок 2.5).

Датчик BMP180 – це датчик вимірювання атмосферного тиску з функцією вимірювання температури навколишнього середовища.

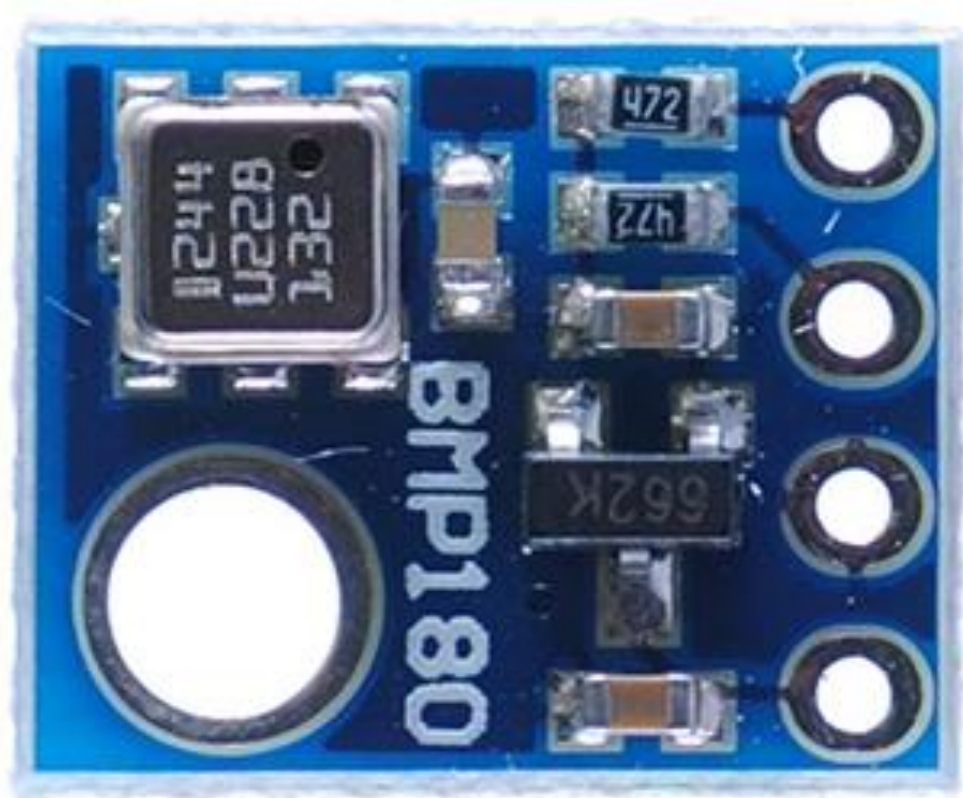


Рисунок 2.5 – Датчик BMP180

Переваги датчика BMP180:

- доступність;
- низька вартість;
- широковживанність;
- простота;
- низьке енергоспоживання;
- малий розмір.

Недоліки датчику BMP180:

- шум у режимі ультранизького споживання: 50 см;
- шум у режимі підвищеної роздільної здатності: 17 см.

Параметри датчику BMP180:

- діапазон величин вимірювання тиску: від 300 гПа до 1100 гПа;
- похибка при вимірюванні тиску: до 3 Па;
- діапазон вимірювання температури: від 0 до 65°C;
- похибка при вимірюванні температури: до 1°C;
- напруга живлення: 3.3 В;
- максимальний струм: 5 мкА;
- частота опиту: 1 Гц;
- швидкість при передачі даних: 3.5 Мг;
- час відгуку: 7.5 мс;
- габаритні розміри: 21 на 18 мм.

Підключення датчика BMP180 до Arduino Mega.

Таблиця 2.2 – Підключення датчика BMP180 до Arduino Mega

BMP180	GND	VCC	SDA	SDL
Arduino Mega	GND	3.3V	SDA 20	SDL 21

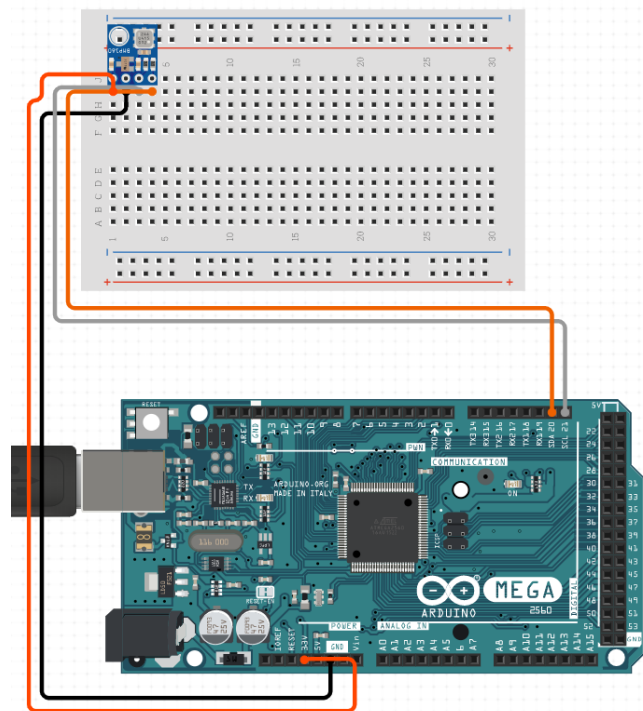


Рисунок 2.9 – Схема підключення датчика BMP180 до Arduino Mega

Arduino Mega

Для модуля збору та обробки інформації була обрана платформа Arduino Mega 2560 R3. Arduino Mega 2560 – це сімейство мікроконтролерів Ардуїно для вирішення різних завдань автоматизації малого рівня. Це пристрій на основі мікроконтролера ATmega2560. Плата має 54 цифрових входу/виходу, 15 з яких використовуються як ШІМ, 16 аналогових входів, 4 апаратних послідовних входів для реалізації послідовних інтерфейсів UART, кварцовий резонатор із частотою 16МГц, USB порт, роз'єм живлення, роз'єм ISCP для програмування пристрої по послідовному протоколу та кнопка скидання мікроконтролера. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю. Arduino Mega сумісний з більшістю плат розширення, розроблених для Arduino Duemilanove та Diecimila.

Mega2560 має компактний розмір: довжиною 10,2 см та шириною 5,4 см з урахуванням USB роз'єму та роз'єму живлення, що виступають з корпусу плати. Плата може працювати від джерела живлення в діапазоні від 6 до 20 вольт. При меншій напрузі плата працює нестабільно. При вищій напрузі плата починає нагріватися і може вийти з ладу.

Виводи живлення Arduino Mega 2560 наведені нижче:

- VIN. Напруга, що надходить в Arduino безпосередньо від зовнішнього джерела живлення (при відсутності подачі напруги на USB порт або іншого стільника). Через цей вихід можна як подавати зовнішнє живлення, так споживати струм, коли пристрій запитано від зовнішнього адаптера.
- 5V. На цей вихід надходить напруга 5В від стабілізатора напруги плати, незалежно від того, як запитано пристрій: від адаптера (7 - 12В), від USB (5В) або через вихід VIN (7 – 12В). Запитувати пристрій через виходи 5V чи 3V3 не рекомендується, оскільки у цьому випадку не

використовується стабілізатор напруги, що може призвести до виходу плати з ладу.

- 3V3. 3.3В, що надходять від стабілізатора напруги на платі.
- Максимальний струм, який споживається від цього виходу, становить 50 мА.
- GND. Вихід землі.
- IOREF. Цей вихід надає платам розширення інформацію про робочій напрузі мікроконтролера Ардуїно. Залежно від напруги, зчитаної з висновку IOREF, плата розширення може перейти на відповідне джерело живлення або задіяти перетворювачі рівнів, що дозволить їй працювати як з 5В, так і з 3.3

Arduino Mega 2560 має 225 Кб флеш-пам'яті, яка використовується для зберігання програмного коду, 8Кб з яких використовуються для завантаження та 4 Кб енергонезалежної пам'яті, що служить для роботи з бібліотекою EEPROM.

Кожен з 54 цифрових пінів на Arduino Mega може працювати в режимі входу або виходу, використовуючи функції `pinMode`, `digitalWrite` та `digitalRead`. Виходи працюють на 5 В. Кожен пін може віддати чи прийняти максимум 40 мА і має внутрішній підтягуючий резистор 20-50 кОм (відключено за замовчуванням). Плюс до цього деякі виходи мають спеціальні функції:

- Послідовний інтерфейс Serial: 0 (RX) та 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) та 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) та 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) та 14 (TX). Ці виходи використовуються для отримання (RX) та передачі (TX) даних за послідовним інтерфейсом. 0 та 1 підключені до виходів мікросхеми ATmega16U2, що виконує роль перетворювача USB-to-ATmega16U2;
- ШИМ виходів 2-13 та 44-46 за допомогою функції `analogWrite` можуть виводити 8-бітні аналогові значення у вигляді ШИМ-сигналу;

- Інтерфейс SPI: виходи 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Виходи здійснюють передачу зв'язку з інтерфейсу SPI, використовуючи бібліотеку SPI. Піни SPI можуть бути виведені на ISCP, сумісний з Arduino Uno, Duemilanove і Diecimila;
- LED 13. Це вбудований в платі світлодіод, який включений в 13 висновок. При подачі сигналу HIGH, світлодіод спалахує, при подачі сигналу LOW вимикається. Служить сигналом про успішне завантаження програми в плату;
- Виходи 20(SDA) і 21(SCL) дозволяють здійснювати передачу зв'язку інтерфейсу TWI.

Mega2560 має 16 аналогових входів, на кожен з яких можна подати аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа.

- Виведення AREF опорної напруги для аналогових входів
- Висновок RESET подає низький рівень сигналу для перезавантаження мікроконтролера.

Arduino Mega 2560 надає ряд можливостей для здійснення зв'язку з комп'ютером, ще одним Ардуїно або іншим мікроконтролером. У ATmega2560 є чотири апаратні приймачі UART для реалізації послідовних інтерфейсів (с логічним рівнем TTL 5В). Мікроконтролер ATmega16U2 забезпечує зв'язок одного з приймачів з USB-портом комп'ютера, і при підключення до ПК дозволяє Ардуїно визначатися як віртуальний COMпорт. У пакет програмного забезпечення Ардуїно входить спеціальна програма SerialMonitor, що дозволяє зчитувати та відправляти на Ардуїно прості текстові дані. При передачі даних через мікросхему ATmega8U2/ATmega16U2 під час USB-з'єднання з комп'ютером, на платі блимають світлодіоди RX і TX. (При послідовній передачі даних за допомогою висновоків 0 та 1, без використання USB-перетворювача, дані світлодіоди не задіяні).

На рисунку 2.6 зображена Arduino Mega та позначені:

1. USB роз'єм;
2. зовнішнє живлення;
3. 16 аналогових входів;
4. кнопка перезавантаження;
5. 5-ISCP;
6. 54 цифрових входу/виходу;
7. ATmega2560;
8. входи ШІМ.

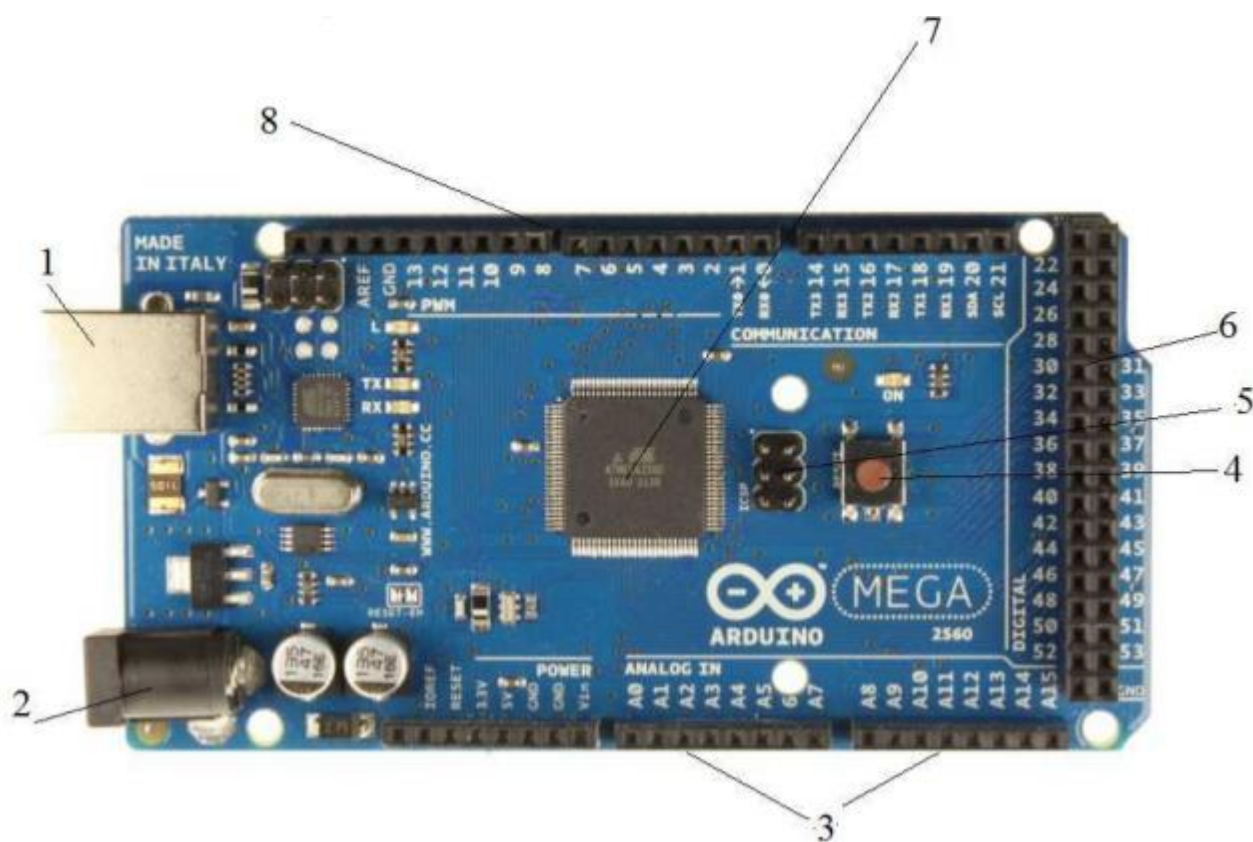


Рисунок 2.6 - Arduino Mega 2560 R3

Бібліотека SoftwareSerial дозволяє працювати з підключенням по послідовного зв'язку на будь-яких цифрових висновках Mega2560.

У мікроконтролері ATmega2560 також реалізована апаратна підтримка послідовних інтерфейсів TWI та SPI. У програмне забезпечення Ардуїно входить

бібліотека Wire, що дозволяє спростити роботу із шиною TWI. Для роботи з інтерфейсом SPI використовується бібліотека SPI.

Для роботи з Arduino Mega необхідно використовувати програмне забезпечення Arduino IDE.

Мікроконтролер ATmega2560 на платі Arduino Mega поставляється з прошитим завантажувачем, який дозволяє завантажувати новий код в мікроконтролер без використання зовнішнього апаратного програматора. Завантажувач використовує оригінальний протокол ST. Також є можливість не використовувати завантажувач та програмувати мікроконтролер через виходи блоку ISCP, використовуючи Arduino ISP або аналогічний.

Вихідний код прошивки ATmega16U2 доступний для скачування репозиторії Arduino ATmega16U2/8U2 завантажується, використовуючи завантажувач DFU, для активації якого необхідно:

- На платах версії R1: замкнути перемицку на звороті плати (біля зображення карти Італії), після перезавантажуємо 8U2.
- На платах версій R2 та вище для спрощення переходу в режим DFU присутній резистор, що підтягує до землі лінію HWB мікроконтролера 8U2/16U2. Після переходу до DFU-режиму для завантаження нової прошивки можна використовувати програмне забезпечення Atmel's FLIP (Для Windows).

2.4 Arduino IDE

Для створення розробок на базі Arduino необхідно програмне забезпечення для написання та завантаження програм у мікроконтролер. Дані функції виконуються за допомогою IDE Arduino. Серед розробки Arduino складається з вбудованого текстового редактора програмного коду, панелі інструменти, вікна виведення тексту. Для завантаження програм необхідно підключити середовище розробки апаратної частини мікроконтролера.

Будь-яка програма, написана серед програмування Arduino IDE, називається скетч. Скетч пишеться в текстовому редакторі, який має інструменти, що дозволяють робити над ним будь-які дії, такі як вставка/видалення, заміна/пошук тексту. Під час збереження чи компіляції скетчу в області повідомлень з'являються пояснення або повідомлення про помилку, у разі неправильного написання програмного коду.

Мова програмування Arduino – це стандартна C++, що має особливості, для полегшення написання програм:

- Файли програм перед компіляцією обробляються препроцесором Arduino;
- Програміст повинен написати дві обов'язкові функції: `setup()` викликана при старті і `loop()`, що повторюється в нескінченному циклі;
- У текст програми не обов'язково записувати заголовні файли під час використання стандартних бібліотек;
- Відсутність попередніх установок компілятора.

Завантаження скетчу відбувається через вбудований завантажувач (Bootloader), є програмою, яка дозволяє завантажувати програмний код без використання додаткових апаратних засобів і може працювати через інтерфейси RS-232, USB та Ethernet.

Завантажувач активний протягом декількох секунд під час завантаження будь-якого скетчу в мікроконтролер. Про роботу завантажувача сигналізує світлодіод, вбудований у плату мікроконтролера.

Для створення рішення задачі збору та обробки в Arduino IDE необхідно виконати такі етапи налаштування:

- створення самого проекту;
- конфігурування обладнання;
- підключення пристроїв до мережі;

- програмування мікроконтролера;
- налаштування візуалізації;
- завантаження даних конфігурації;
- діагностика роботи різних функцій обладнання.

Arduino IDE також містить безліч передбачених бібліотек, додають функціональність скетчам під час роботи з апаратною частиною чи обробці даних. Для використання бібліотеки необхідно вибрати меню "Скетч > Бібліотеки". Одна чи кілька директив «`#include`» будуть розміщені на початку коду скетчу з подальшою компіляцією бібліотек та разом із скетчем. Завантаження бібліотек вимагає додаткового місця в пам'яті Arduino. Невикористані бібліотеки можна видалити зі скетчу прибравши директиву "`#include`". Також є можливість додавання бібліотек зі сторонніх ресурсів та створення власних.

Вибір апаратної платформи впливає швидкість передачі даних, швидкість ЦП, параметри при компіляції та завантаженні скетчів.

Можливість моніторингу порту дозволяє відображати ті, що посилаються дані на платформу Arduino (плата USB). Для надсилання даних необхідно ввести текст та вибрати меню Інструменти>Моніторинг порту. Потім вибирається швидкість передачі даних, що відповідає значенню Serial. Набір функцій Serial для зв'язку пристрою Arduino з комп'ютером або іншими пристроями, які підтримують послідовний інтерфейс обміну даними. Для обміну даними Serial використовують цифрові порти введення/виведення 0 (RX) і 1 (TX), а також USB порт. Важливо враховувати, що якщо ви використовуєте функції Serial, то не можна одночасно з цим використовувати порти 0 та 1 для інших цілей.

Плата Arduino Mega має три додаткові послідовні порту: Serial1 на портах 19 (RX) та 18 (TX), Serial2 на портах на портах 17 (RX) та 16 (TX), Serial3 на портах на портах 15 (RX) та 14 (TX). Щоб використовувати ці порти для зв'язку з комп'ютером знадобиться додаткові адаптери USB-to-Serial, через те, що вони

не підключені до вбудованого адаптера плати Mega. Для зв'язку із зовнішнім пристроєм через послідовний інтерфейс необхідно з'єднати TX порт пристрою з RX порт зовнішнього пристрою і RX порт вашого пристрою з портом TX зовнішнього та з'єднайте "землю" на пристроях.

2.5 Системи реалізації віртуальних лабораторій

На сьогоднішній день існує багато способів реалізації лабораторних систем, які дозволяють здійснювати збір, обробку та аналіз даних, а також забезпечують можливість керування зовнішнім обладнанням [5]. Серед них виділяють платформи, що реалізують графічні мови програмування. Такі системи дозволяють швидко та ефективно вирішувати різноманітні технічні та дослідницькі задачі. Плюсом графічних мов програмування є простота в використанні та вивченні. Найбільш відомим серед подібних систем, є платформа LabView від американської компанії National Instrument. Вона поєднує широкий вибір модулів збору даних, універсальні драйвери під усі існуючі операційні платформи та систему графічного програмування. Однак універсальність цієї платформи компенсується недостатньою гнучкістю – для рішення ряду задач не вистачає можливостей графічного програмування. Доводиться програмувати апаратні модулі, використовуючи відповідні мови. Це призводить до необхідності вивчати технічні особливості використовуваних апаратних модулів збору та обробки даних. Окрім того, використання платформи часто обмежується через її високу ціну.

Інший підхід у реалізації лабораторних систем – використання дискретних електронних компонентів та відносно невеликих мікропроцесорних модулів. Для реалізації подібних систем існують такі платформи як Parallax Basic Stamp, Handy Board, Raspberry та інші[6]. Для цього підходу характерним є самостійна розробка програмного забезпечення керуванням процесором на мовах високого рівня та асемблері. Переваги у гнучкості та невеликих витратах на електронні

компоненти досягаються за рахунок часових витрат та високих вимог до інженерної кваліфікації розробників.

Між цими підходами існує проміжні рішення, які поєднують програмне забезпечення, у вигляді «спрощених» мов програмування, більш гнучких, ніж графічних, але не потребуючих детального вивчення особливостей архітектури конкретних сімейств процесорів, та недорогих готових апаратних модулів.

У процесі аналізу різних програмних середовищ було обрано платформу LabView, через її простоту та універсальність.

2.6 LabView

Платформа LabView використовується для моделювання систем збору та обробки даних, для керування технічними об'єктами та технологічними процесами. Інструментом платформи для програмування є графічна мова "G"[9]. Це високоспеціалізована мова, погано призначена для програм загального призначення, але надає розробнику великий набір спеціальних інструментів.

Програма LabView, що призначена для створення віртуального пристрою, включає в себе дві частини:

- лицьову панель, що імітує інтерфейс віртуального пристрою. На ній розташована палітра елементів (рисунок 2.7);
- блочну діаграму, яка описує логіку роботи пристрою. На ній розташована палітра функцій (рисунок 2.8).

Лицьова панель може складатися з різноманітних засобів вводу-виводу: кнопки, світлові індикатори, шкали, інформаційні табло і тому подібних. Дані інструменти використовуються оператором для аналізу стану пристрою та керуванням.

Блочна діаграма складається з функціональних вузлів, які є джерелами, приймачами та засобами обробки даних.

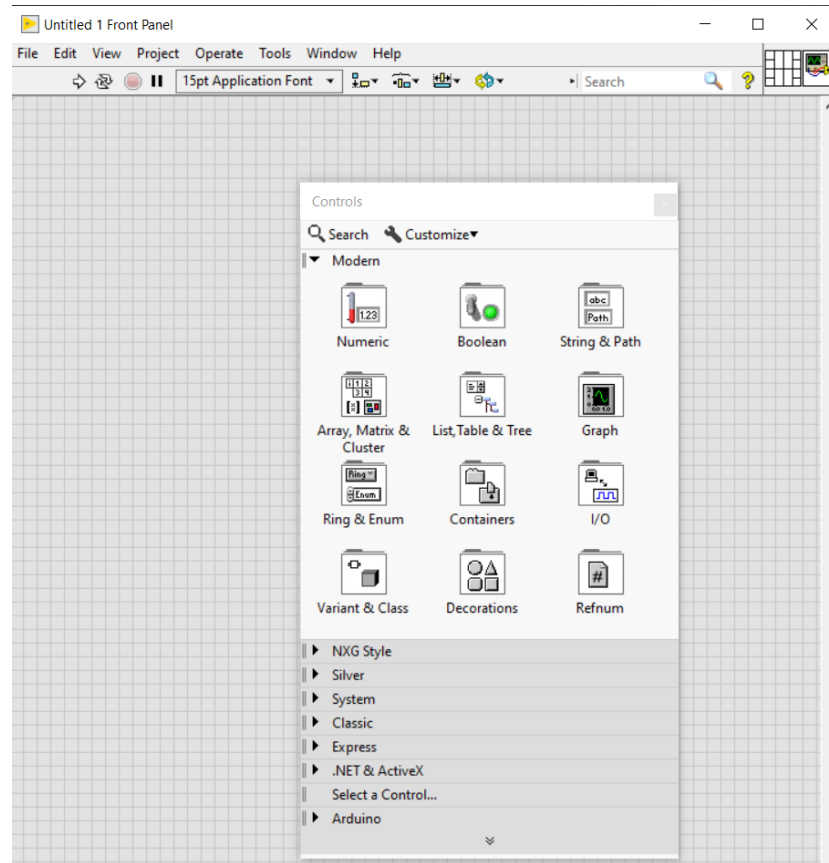


Рисунок 2.7 – вікно лицьової панелі та палітра елементів

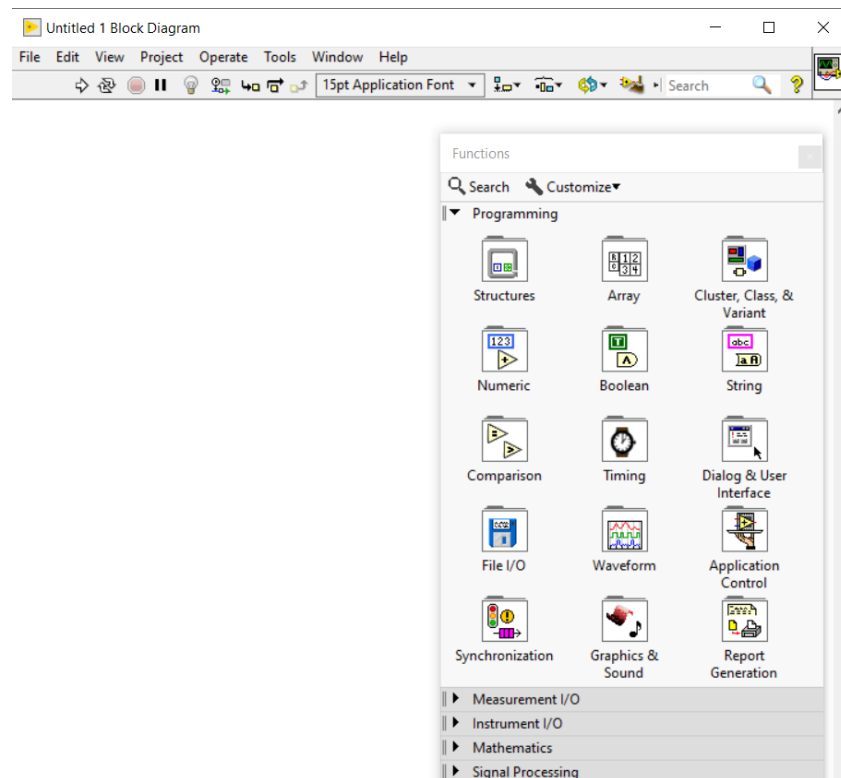


Рисунок 2.8 – Вікно блочної діаграми та палітра функцій

3 ПОБУДОВА ВІРТУАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

3.1 Створення віртуального пристрою

Для побудови віртуального пристрою з використанням платформи LabView необхідно попередньо встановити додаткові компоненти [10]:

- бібліотека LIFA, яка потрібна для інтеграції Arduino та LabView;
- програмне забезпечення NI VISA, яка забезпечує роботу з комунікаційними портами.

Побудова віртуального пристрою починається з створення нового проекту у програмі LabView. Далі у палітрі елементів на вибираємо необхідні структури, які розміщуємо на лицьовій панелі (рисунок 3.1).

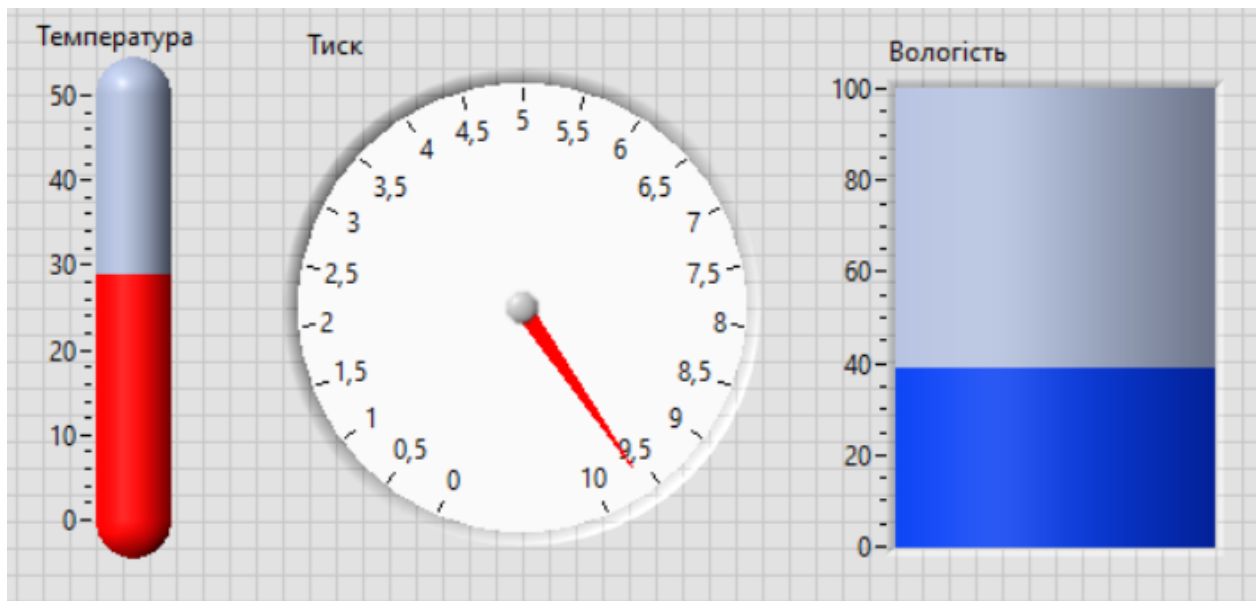


Рисунок 3.1 – Елементи виводу інформації

Підбір елементів обумовлений тими типами даних, що збирає модуль на базі Arduino. Це індикатор температури, тиску та вологості. Далі робота здійснюється у вікні блочної діаграми. На ній вже присутні піктограми розташованих на лицьовій панелі елементів візуалізації (рисунок 3.2).

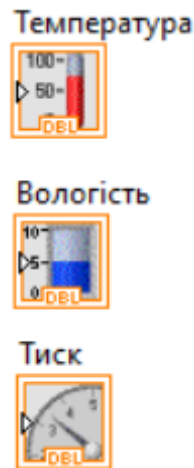


Рисунок 3.2 – Елементи виводу на блочній діаграмі

Побудова блочної діаграми віртуального пристрою, що має містити наступні елементи (рисунок 3.3):

- нескінчений цикл (While Loop);
- VISA Configure Serial Port – елемент ініціалізації, конфігурування послідовного порту;
- VISA Close Serial – елемент, що закриває з’єднання;
- VISA Read Serial – елемент, що виконує зчитування даних з послідовного порту;
- Scan from string – здійснює пошук у строчці, та повертає результат у вигляді числа;

З’єднання елементів блок-діаграми так налаштування параметрів блоків (рисунок 3.4). Після цього віртуальний пристрій готовий до тестування.

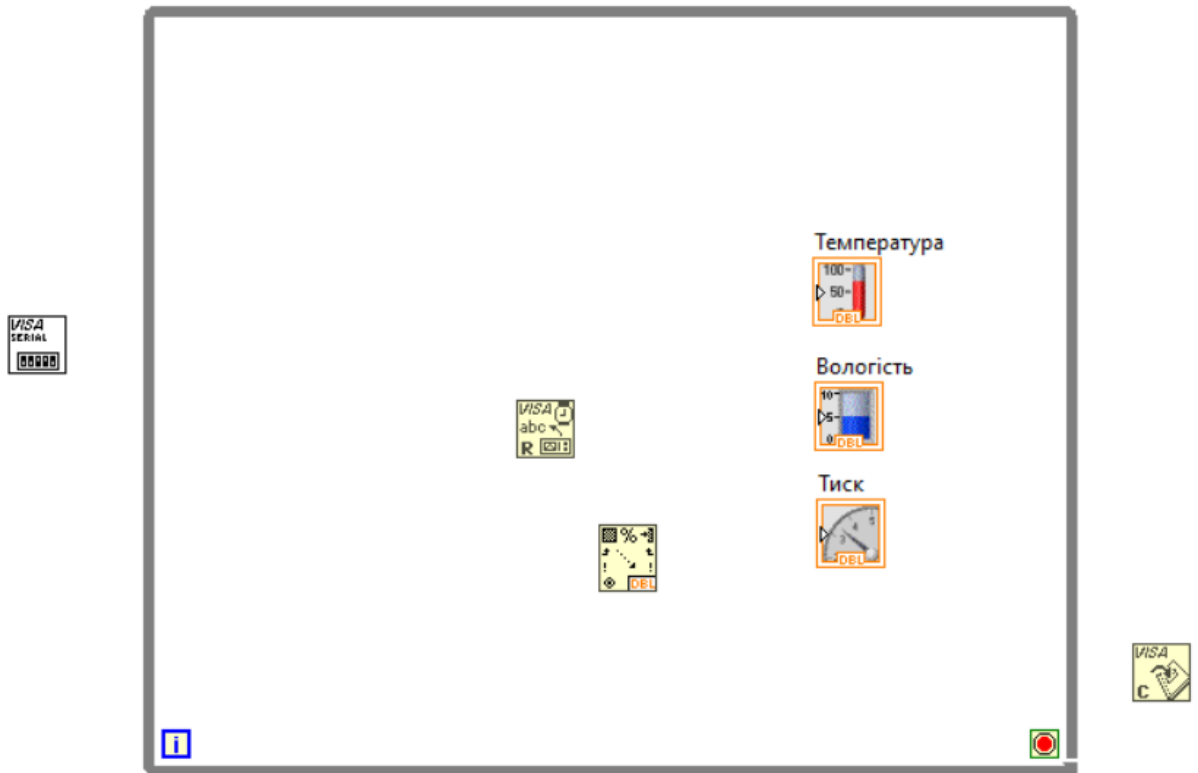


Рисунок 3.3 – Розташування необхідних елементів

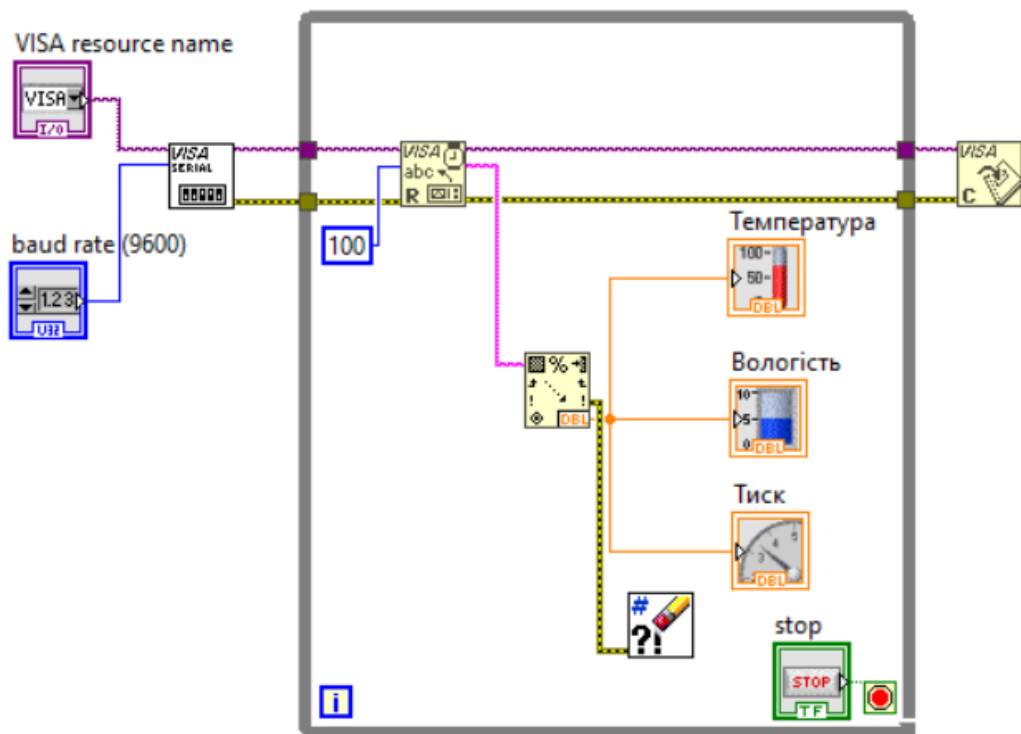


Рисунок 3.4 – Закінчена блок-діаграма

3.2 Тестування роботи приладу

Для початку тесту необхідно підключити зібрану схему модуля збору даних через USB-кабель до персонального комп'ютера. У вікні лицьової панелі потрібно вибрати номер комунікаційного порту, через який проводиться передача даних, у нашому випадку це COM5 (рисунок 3.5). Після цього залишилось почати роботу за допомогою кнопки старту.

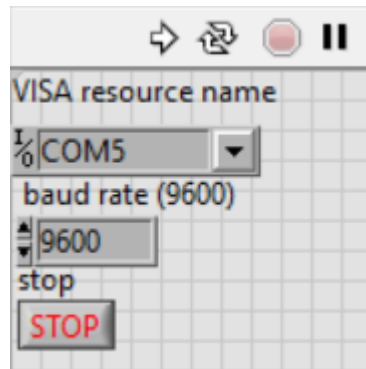


Рисунок 3.5 – Вибір порту

Після початку роботи віртуального пристрою показники елементів виводу змінились (рисунок 3.6). Індикатори показують наступні дані:

- температура повітря приблизно дорівнює 20°C;
- тиск становить приблизно 1010 гПа;
- відносна вологість повітря становить 85%.

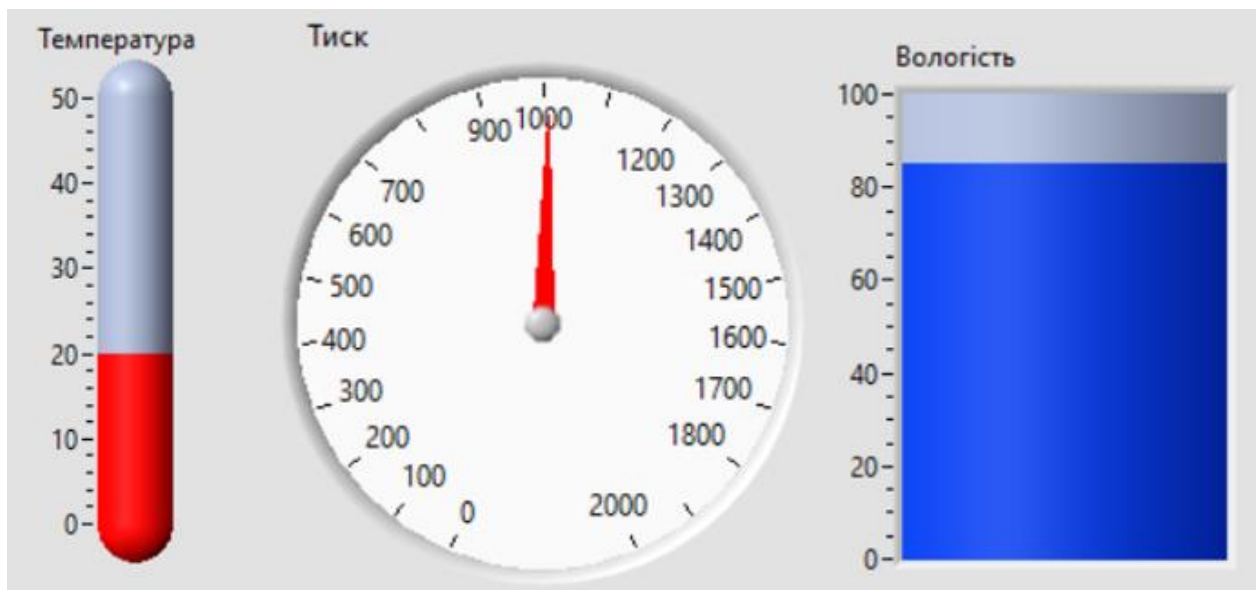
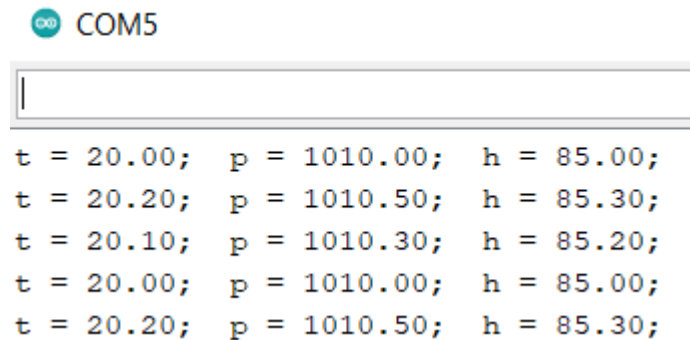


Рисунок 3.6 – Показники елементів виводу після старту

Для перевірки коректної роботи віртуального пристрою необхідно порівняти дані з показників елементів виводу та даних, що надходять у комунікаційний порт (рисунок 3.7).



```
COM5
t = 20.00; p = 1010.00; h = 85.00;
t = 20.20; p = 1010.50; h = 85.30;
t = 20.10; p = 1010.30; h = 85.20;
t = 20.00; p = 1010.00; h = 85.00;
t = 20.20; p = 1010.50; h = 85.30;
```

Рисунок 3.7 – Дані у комунікаційному порту

Дані у комунікаційному порту співпадають з даними на елементах виводу віртуальному пристрою. На основі цього можна зробити вивід, що пристрій працює як і планувалось та передача даних проходить успішно.

ВИСНОВКИ

У ході виконання атестаційної роботи було описано пристрій для безперервного збору інформації про стан навколишнього середовища (температури, вологості, атмосферного тиску) та передавання отриманих даних на персональний комп'ютер. А також система віртуального пристрою для аналізу та обробки отриманих даних. Розробка виконана з використанням мікроконтролера Arduino як основного елемента системи збору даних та платформи LabView для аналізу та обробки даних. Систему можна модернізувати у різних напрямках. Для збільшення об'єму інформації та різноманітності оброблюваних даних потрібно інтегрувати у систему більше датчиків, плат розширення. Для збільшення швидкодії слід оптимізувати програмний код. Для більш точного збору інформації можна використати більш дорожчі та якісні комплектуючі.

На основі розглянутих методів й засобів контролю параметрів навколишнього середовища було обґрунтовано вибір використаних елементів, структурна та функціональні схеми, підбір програмного забезпечення. На основі інформації, розглянутій вище був розроблений нескладний пристрій для збору, аналізу та обробки інформації. Одними з головних умов розробки пристрою були його простота, невеликі розміри, вага, невисока вартість, доступність компонентів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2015. – 464 с.
2. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino : пер. с англ. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2015. – 256 с.
3. А.В. Трухин. «Об использовании виртуальных лабораторий в образовании» // Открытое и дистанционное образование. – 2002. – № 4 (8) – 8 с.
4. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы Atmel. 3-е изд., стер. М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. – 288 с.
5. Виноградова Н.А. Разработка прикладного программного обеспечения в среде LabVIEW. Учебное пособие - М.: Издательство МЭИ, 2005. – 47 с.
6. Кудрин А. В. Использование программной среды LabView для автоматизации проведения физических экспериментов / Электронное учебно-методическое пособие – Нижний Новгород, 2014. – 50 с.
7. Корчагин С.А. Модернизация физических лабораторий посредством внедрения интегрированных информационно-измерительных систем // Информационные технологии в образовании. Саратов: Изд-во ООО «Наука», 2013. – 139 с.
8. Bing Guo, Deqi Ren. Research on temperature system based on LabView // Applied mechanical and materials: 2012, – 308 -312 с.
9. Чуприна А.А., Фролова Т.И. Применение умных технологий для тепличных комплексов на основе платформы ARDUINO, Матеріали 22-го Міжнародного молодіжного форуму "Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті", 17-19 квітня 2018 р., Зб. Матеріалів форуму. Том 5. Конференція "Віртуальний та фізичний комп'ютинг". – Харків: ХНУРЕ. 2018 . – С. 244-245.