

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра «Електронні обчислювальні машини»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри
Жуковицький І. В.

(підпис) (ПІБ)
« ____ » _____ 20 ____ р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань _____ 12 _____ Інформаційні технології _____

Спеціальність _____ 123 _____ Комп'ютерні системи та мережі _____
(код) (повна назва)

Тема «Дослідження та розробка мікропроцесорної системи управління штучною екосистемою. Апаратна частина та програма керування» _____

Theme «Research and development of a microprocessor control system for an artificial ecosystem. Hardware and control program» _____

Керівник дипломного проекту _____ Дзюба В.В.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Консультант розділу з БЖД _____ Музикін М. І.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Нормоконтролер _____ Шаповалов В. О.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Студент групи _____ Гирька А.О.
(група) (підпис) (ПІБ)

Student _____ Нурка Artem
(family name)

Дніпро
2020

**Дніпровський національний університет
залізничного транспорту ім. академіка В.Лазаряна**
Факультет Комп'ютерних технологій і систем кафедра ЕОМ
Спеціальність Комп'ютерні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ:

зав. кафедрою

д.т.н., проф. _____ (Жуковицький І.В.)

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломного проекту студента КС 1921 групи
Гирьки Артема Олександровича

1. Тема проекту (роботи): Дослідження та розробка мікропроцесорної системи управління штучною екосистемою. Апаратна частина та програма керування

затверджена наказом по університету № 57 ст. від «17» 01. 2020 р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту (роботи) – 11.12.2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Теоретичні відомості сучасних штучних мікробіомів та екосистем,

<https://www.raspberrypi.org/>

https://www.st.com/content/st_com/en.html

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (роботи)

Вступ та постановка завдання

1. Огляд існуючих систем

2. Вибір апаратних засобів для реалізації системи

3. Побудова мікропроцесорної системи керування

4. Алгоритм управління екосистемою

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6. Висновки

5. Перелік креслень (з переліком обов'язкових креслень)

Структурна схема системи

Порівняльна таблиця

Електрична принципова схема пристрою

Друкована плата (Зд вигляд)

Графік аналізу роботи системи

6. Консультанти (з назвами розділів)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання - 11.02.2020

Керівник проекту _____ (Дзюба В.В.)
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ (Гирька А.О.)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва розділів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання розділів проекту (роботи)	Примітки
1	Вступ та постановка завдання	02.02.2020 р.	3%
2	Огляд існуючих систем	29.02.2020 р.	14%
3	Вибір апаратних засобів для реалізації системи	24.07.2020 р.	44%
4	Побудова мікропроцесорної системи керування	11.09.2020 р.	12%
5	Алгоритми управління екосистемою	27.10.2020 р.	9%
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	08.12.2020 р.	17%
7	Висновки	10.12.2020 р.	1%

Студент-дипломник _____ (Гирька А.О.)

Керівник проекту _____ (Дзюба В.В.)

РЕФЕРАТ

Гирька А.О. Дослідження та розробка мікропроцесорної системи управління штучною екосистемою. Апаратна частина та програма керування.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, кафедра електронних обчислювальних машин. – Дипломний проект. – 112 с., 42 рис., 5 табл., 33 джерела, 5 додатків.

В даному дипломному проекті було досліджено та розроблено мікропроцесорну систему управління штучною екосистемою. Розроблена апаратна частина та програма керування нею. Проведено огляд існуючих систем. Проведено огляд технічних засобів для розробки системи. Розроблені структурні та принципові схеми.

**МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА, АПАРАТНА ЧАСТИНА,
ШТУЧНА ЕКОСИСТЕМА.**

RESUME

Hyrka A.A. Research and development of a microprocessor control system for an artificial ecosystem. Hardware and management software.

Dnepropetrovsk National University of railway transport named after academician V. Lazaryana, Department of electronic computers. - Diploma project. – 112 P., 42 Fig., 4 tab., 33 sources, 5 applications.

In this diploma project the microprocessor control system of an artificial ecosystem was investigated and developed.. The hardware part and its management program have been developed. The existing systems were reviewed. A review of technical means for developing the system was carried out. Structural and schematic diagrams have been developed.

MICROPROCESSOR SYSTEM, HARDWARE, ARTIFICIAL ECOSYSTEM.

ЗМІСТ

	ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ	8
1	ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	10
1.1	Мікро-екосистема Grove.....	10
1.2	Розумка мікро теплиця Віород.....	11
1.3	InnoGro – домашня ферма, заснована на аквапоніці.	12
1.4	Особливості розумних теплиць:	12
1.5	Висновки.....	15
2	ВИБІР АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ	16
2.1	Задача вибору апаратної частини	16
2.2	Характеристика доступного обладнання.	22
	2.2.1 Atmega328P	22
	2.2.2 STM32F103c8t6	239
	2.2.3 ESP8266	24
	2.2.4 ESP32	24
	2.2.5 Raspberry pi 4 B.....	26
	2.2.6 ORANGE PI ONE	26
	2.2.7 W5100	27
	2.2.8 W5500	31
2.3	Тестування.....	34
2.4	Висновки.....	41
3	ПОБУДОВА МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ . 43	
3.1	Структурна схема мікропроцесорної системи.....	43
3.2	Опис протоколу MQTT.	43
3.3	Опис інформаційних топіків.	49
3.4	Опис допоміжних інструментів для побудови екосистеми	50
3.5	Визначення енергозатрат керуючої системи.....	51

ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Людина, починаючи з самого початку, займалася вирощуванням різних рослин. Чим більше людина навчалася, тим більше вона могла зробити, покращити, створити.... Була винайдені та розроблені різні технології, методи для покращення життя, його спрощення. За весь час, людина не в змозі лише приборкати стихію. Досить складно вирощувати будь-які рослини в кліматі, який для цього не підходить. Тому люди почали розроблювати штучні екосистеми, теплиці і т.п.

Штучні екосистеми — це такі екосистеми, які створює, підтримує і контролює людина для своєї користі.

Штучні екосистеми складаються з рослин-виробників, тварин-споживачів, тварин ґрунту — руйнівників. Головним споживачем продукції у штучних екосистемах є людина, тому саме вона визначає склад цих систем і підтримує його сталість. Наприклад, штучна екосистема поля представлена рослинами-виробниками (пшениця — головна культура, волошки, берізка — бур'яни), споживачами (птахи, миші, комахи, але головний споживач – це людина), руйнівниками (тварини ґрунту). Рослинна продукція збирається і вивозиться з поля. Тобто ті речовини, які рослини поглинали з ґрунту для росту та розвитку, не повертаються назад, як у природних екосистемах. Щоб підтримувати родючість ґрунту, людина повинна вносити добрива.

Штучна екосистема представлена тими ж групами організмів, що й природна. Але різноманітність рослин і тварин у ній регулює людина. У природних екосистемах немає такого поняття, як шкідники: усі живі істоти приносять користь системі в цілому, підтримують її баланс. Штучні екосистеми створюють для вирощування певних рослин, тому всі істоти, що заважають їм розвиватися, розглядаються як шкідники і знищуються [1].

Вивчаючи матеріал, було знайдено декілька найбільш підходящих систем, одну з яких розробив росіянин, інші дві канадець та американець.

Метою дипломного проекту є дослідження та розробка мікропроцесорної системи управління штучною екосистемою. Її апаратна частина та програма керування. Відповідно до мети дипломного проекту поставлені наступні задачі:

- Зробити огляд існуючих систем;
- Вибрати апаратні засоби для реалізації системи;
- Побудова мікропроцесорної системи керування;
- Моделювання алгоритмів управління екосистемою;

Дипломний проект складається з вступу, п'яти розділів та висновків. У першому розділі представлено перелік існуючих систем, їх короткий опис та принципи побудови. У другому розділі розглянуто різні типи апаратних засобів, та зроблено вибір апаратної частини, на якій буде будуватися проект. У третьому розділі було спроектовано мікропроцесорну систему керування. У четвертому розділі було створено модель алгоритмів управління екосистемою. У п'ятому розділі було розглянуто вимоги щодо безпеки конструкції, розміщення всієї електронної системи відповідно до вимог ТБ. Також розглянуто вимоги безпеки у надзвичайних ситуаціях.

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

1.1 Мікро-екосистема Grove.

Російська розробка називається «Grove» [2] (рис.1.1.). Вона представляє собою штучну екосистему, що складається з акваріума і невеликого огороду. Тобто ферма використовує відходи життєдіяльності рибок для виробництва екологічно чистих продуктів цілий рік! Grove використовує високотехнологічний сільськогосподарський метод - аквапоніку, який заснований на тому, що відходи життєдіяльності риб, хоча і шкідливі для замкнутої екосистеми акваріума, для рослин представляють живильне середовище. Це позбавляє від необхідності чистити акваріум і удобрювати рослини.

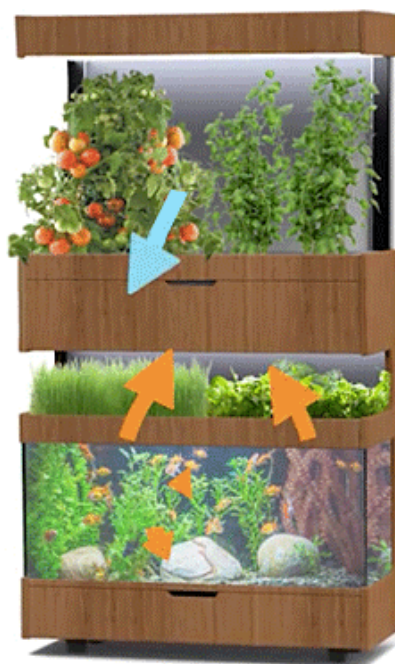


Рисунок 1.1. Система Grove

Контролювати і автоматизувати міні-сад дозволить мобільний додаток Grove OS, крім того в ньому міститься вся необхідна довідкова інформація. Екосистема Grove використовує датчики визначають температуру, вологість повітря, рівень води і створює ідеальні умови для рослин і риб. Світлодіоди імітують сонячне світло і автоматично регулюються для досягнення

оптимального фотосинтезу. Систему навіть можна залишити без нагляду на тиждень – з її мешканцями нічого поганого не трапиться.

Система поставляється в повному комплекті - можна швидко зібрати ферму-акваріум і приступити до роботи. Додаток Grove OS показує та направляє через весь процес, від посіву насіння, заселення риб в акваріум, до збору першого врожаю. Всього через місяць-півтора можна спробувати свіжі органічні продукти, причому Grove дозволяє домогтися більшої врожайності, ніж в звичайному саду.

1.2 Розумка мікро теплиця Віород.

Контрольована за допомогою смартфона домашня теплиця Віород [3] (рис.1.2) допоможе цілий рік вирощувати прямо на столі все, що завгодно, від городніх овочів до тропічних лісів. Досить покласти в землю насіннячко, повідомити програмі, що саме ви посіяли, і додаток не тільки дасть рекомендації по вирощуванню, але і буде автоматично регулювати температури, освітленість, вологість повітря і полив у вашій мікро теплиці.

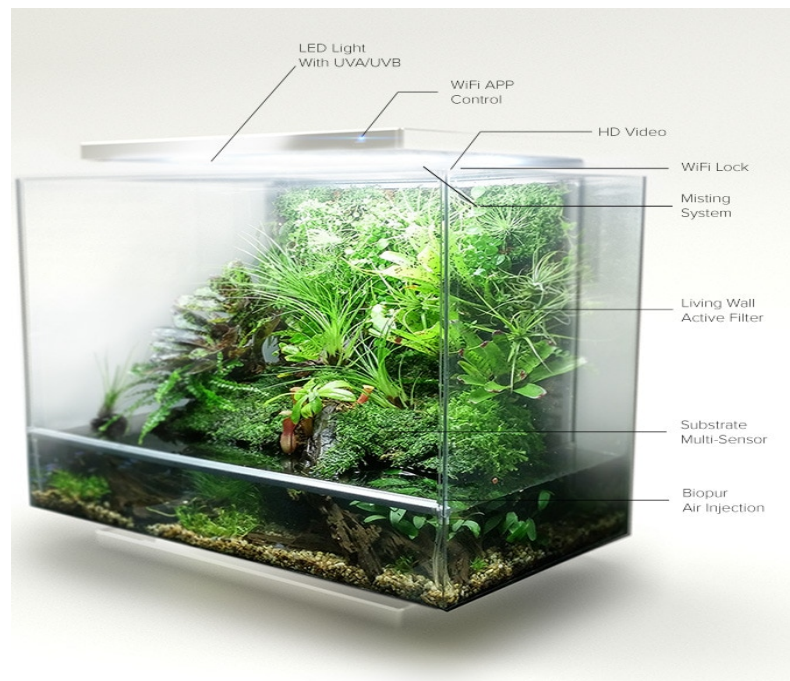


Рисунок 1.2. мікро теплиця Віород

Таким чином прямо в будинку можна виростити сад, який буде цвісти цілий рік і послужить відмінною прикрасою інтер'єру вітальні або офісу.

1.3 InnoGro – домашня ферма, заснована на аквапоніці.

Американський стартап представив систему домашньої ферми InnoGro [4] (рис.1.3) на основі аквапоніки – поєднанні аквакультури (розведенні риби) і гідропоніки (безпідставного вирощування рослин). ТанDEM домашнього акваріума і овочевих культур забезпечить користувача свіжими продуктами круглий рік.

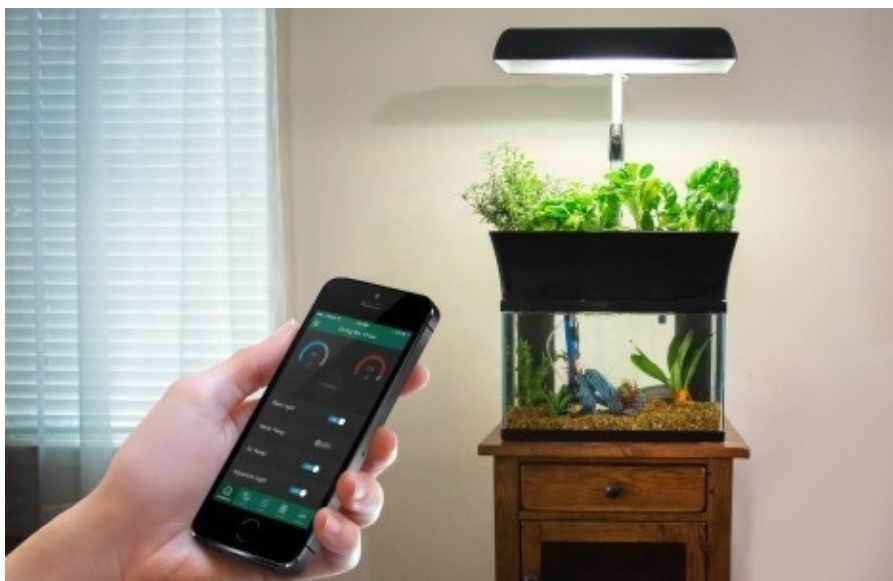


Рисунок 1.3. Мікро теплиця InnoGro

Рослинна ферма встановлена на Акваріум ємністю 45 літрів. Користуватися InnoGro зможуть навіть новачки. За допомогою програми на телефон, можна керувати системою. Користувачу треба обрати бажані рослини і рибу з пропонованої бази даних, після чого Ю сформує необхідні настройки для догляду. У InnoGro інтегровані датчики і автоматизоване обладнання, завдяки цьому новинка працює практично автономною. Дані передаються на смартфон за допомогою бездротового зв'язку WiFi. Для забезпечення необхідного освітлення в конструкції передбачена люмінесцентна лампа. Користувачеві навіть не доведеться чистити акваріум - відходи від риб використовуються рослинами.

1.4 Особливості розумних теплиць:

- Автоматичне провітрювання [5]

Система автоматичного провітрювання передбачає особливу конструкцію кватирок. Вони можуть бути зроблені в різних варіантах.

- Гідравлічний.

Може бути і фабричним, і виготовленим самостійно. Складається з двох ємкостей, з'єднаних шлангом і заповнених рідиною, але не повністю. Ємності розташовують всередині і зовні теплиці.

При нагріванні рідина розширюється і перетікає в іншу посудину. Поршень рухається, і кватирка відкривається.

- Електричний.

Необхідно під'єднання до електричного кола. Сигнал датчика температури приводить в дію стулки кватирок.

Систему можна купити, можна зробити самому на основі контролера Arduino UNO. Петлі кватирки повинні бути зверху, щоб вона закривалася під впливом своєї тяжкості.

- Біметалічний.

Виготовляються з двох різних видів металу, при нагріванні розширюються і стулку кватирки виштовхує з рами. Найбільш вдалий варіант розташування кватирок-нагорі, по всьому периметру.

Так як тепле повітря піднімається вгору, він буде виходити в кватирки, а входить більш холодне повітря, рівномірно змішуючись з теплим, не буде різко впливати на рослини.

Автономний полив.

Автономний полив досягається шляхом крапельного зрошення рослин. Вода поставляється до коріння кожної рослини невеликими партіями. Система робиться з гумових або пластикових трубок з крапельницями. Повільна подача води забезпечує необхідний прогрів і постійно вологий ґрунт. Для автономного поливу також можна застосовувати принцип гідравліки.

При підвищенні температури рідина витісняється з ємності, і починається полив. Ємність з водою потрібно ставити на піднесене місце, щоб не було переливу і фарбувати в темний колір для кращого нагріву.

Опалення з терморегулятором

В якості додаткового удосконалення розумної теплиці можна запропонувати зробити опалення з терморегулятором. Але зробити його можна тільки при підключенні електроенергії.

Для автоматичного опалення згодиться будь-який Автоматичний підігрівач на масляній основі.

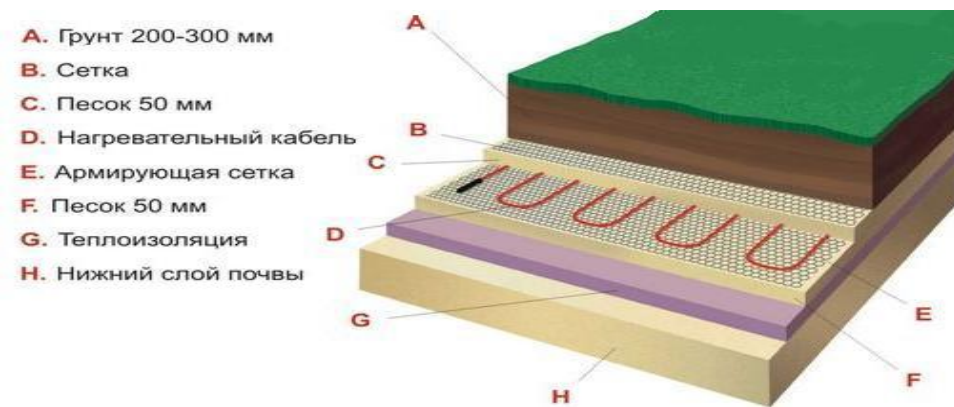


Рис. 1.4. Схема підігріву ґрунту

Освітлення. Для вирощування деяких культур потрібно додаткове підсвічування. Якщо застосувати контролер Arduino, можна включати підсвічування в темний час дня або при затемненні. Необхідна кількість ламп розраховується, виходячи з площі теплиці. Деякими системами можна управляти віддалено, зі смартфона або планшета, що дуже зручно.

Ґрунт всередині теплиці накривається шаром мульчі-пухкого органічного матеріалу. Це не дає рости бур'янам і затримує випаровування вологи.

Для кращого прогрівання ґрунту, можна накривати чорним поліетиленом або спеціальними агроматеріалами: Лутрасил, Люмітекс, Агроспан і т. п. Влітку матеріал забирається, щоб уникнути перегріву. Можна залишити легкі шари мульчі з соломи або тирси.

Таблиця 1.1. Порівняльна характеристика зразкових систем

Система	Grove	Biopod	InnoGro
Можливості			
Контроль температури	-	-	+
Контроль за допомогою телефону	+	+	+
Рівень вологи повітря	+	+	-
Рівень вологи землі	+	+	+
Рівень освітленості	+	+	+
Камера спостереження	-	+	-
Рівень кисню/вуглецю	-	+	-
Додаткові модулі	акваріум	-	-
Ціна	2700\$	500\$	380\$

1.5 Висновки

Провівши дослідження існуючих систем та їх функціонал, було виділено декілька параметрів, котрі треба контролювати та аналізувати. До основних із них, відносяться:

- Температура
- Загальний рівень вологи
- Рівень освітлення

В якості додаткових параметрів, котрі будуть відрізняти даний проект від інших, виступають:

- Рівень CO₂
- Додатковий аналіз зовнішньої температури

Також розроблено новий тип контролю системою з використанням відносно нового протоколу, але сам протокол в таких системах раніше ніколи не використовувався.

2 ВИБІР АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ

Обравши тему дипломного проекту з'явилося питання, яке апаратне та програмне забезпечення використовувати для його реалізації. Перш за все треба було вирішити, які будуть розміри проекту, від чого він буде запитуватися, налаштувати за допомогою панелі керування на самому системі, чи зробити керування з використанням мобільного додатку. Буде пристрій один, чи буде декілька пристроїв які будуть формувати «матрицю», «колонію».

Спочатку була ідея використовувати для відправки даних на сервер апаратний Ethernet, але провівши деякі тести, було вирішено використовувати безпроводні мережі WiFi. Вивчивши подібні системи, було вирішено робити напівавтоматичну систему з індикацією стану в реальному часі. А також розробити план екстрених сповіщень та програмних сценаріїв при виникненні екстрених\аварійних ситуацій. Після підбору керуючої частини, було вирішено які параметри будуть врегулюватися, зчитуватися, та що буде контролюватися:

- Подача води
- Рівень CO₂
- Загальний рівень вологи (грунту, повітря)
- Аналіз зовнішньої температури та контроль внутрішньої
- Рівень освітлення.

2.1 Задача вибору апаратної частини

В якості керуючого засобу, на вибір було обрано декілька контролерів:

- Atmega328 (Рис.2.1)
- STM32F103C8t6 (Рис.2.2)
- ESP8266 (Рис.2.3)
- ESP32 (Рис.2.4)

ESP-12E

диаграмма выводов

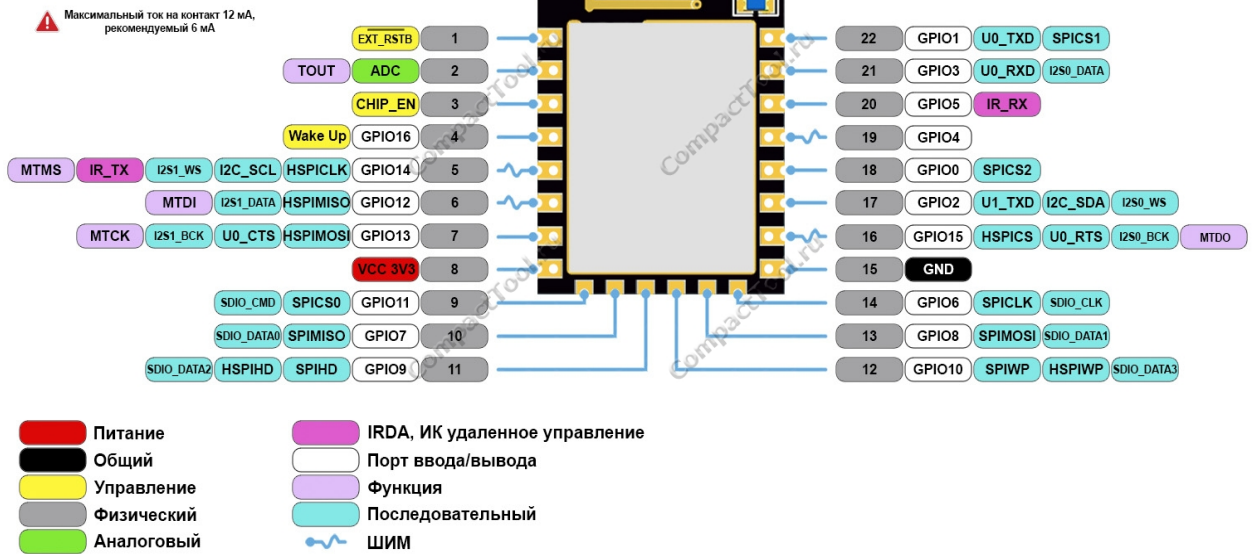


Рисунок 2.3. Микроконтролер ESP8266

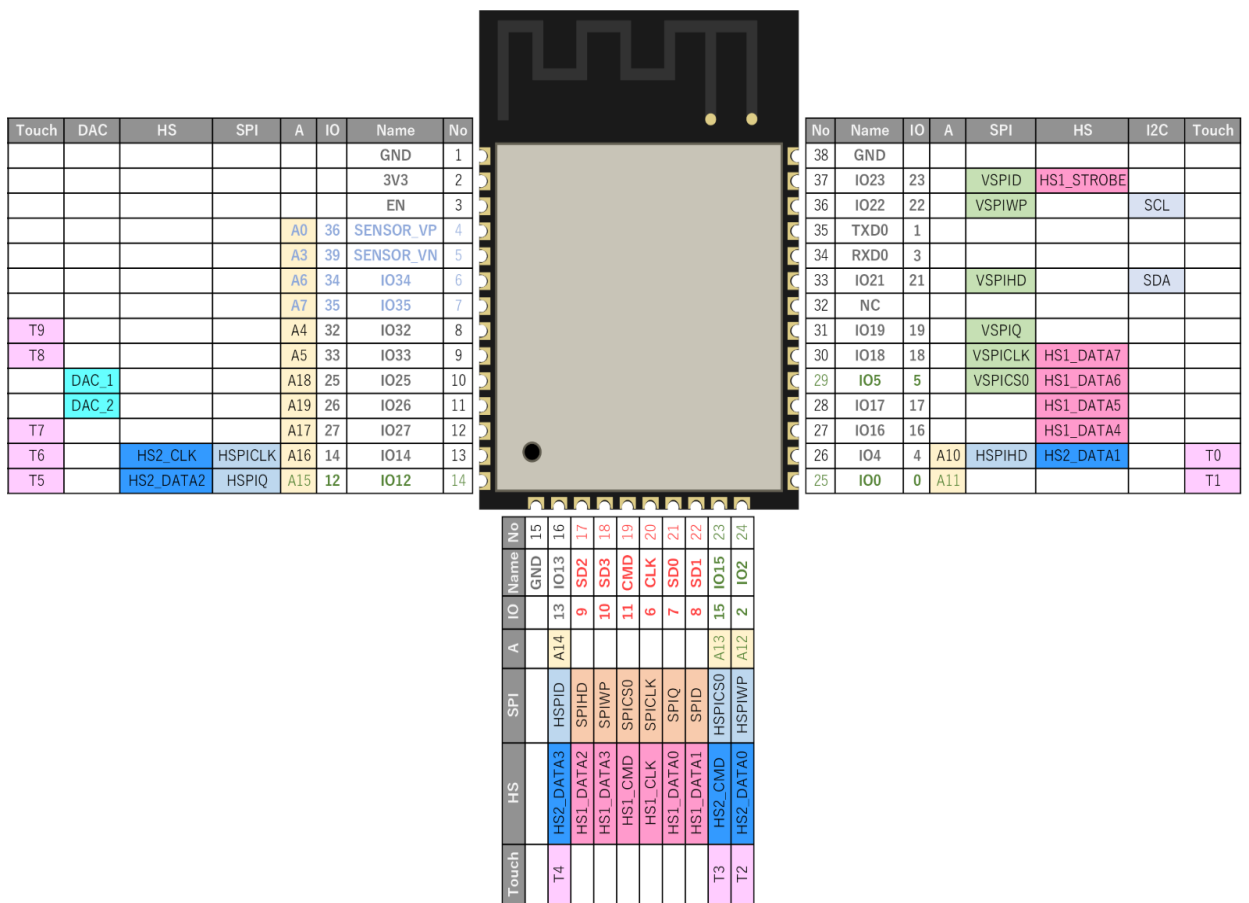


Рисунок 2.4. Микроконтролер ESP32

В якості керуючого пристрою сервером, на порівняння було обрано два одно платних міні-комп'ютера:

- Raspberry Pi 4 model B (рис. 2.5)
- Orange Pi One (рис. 2.6)

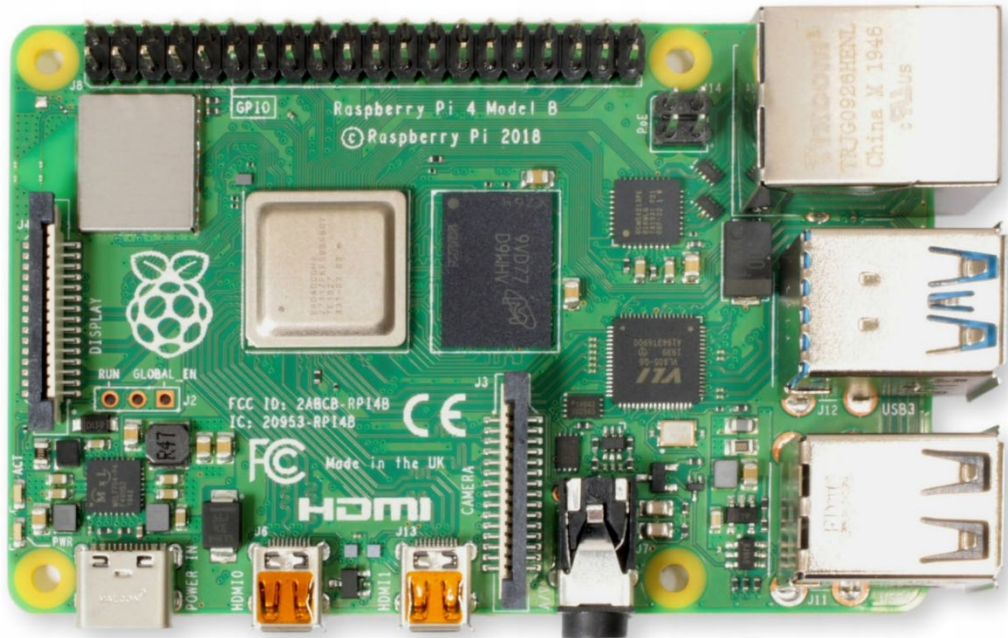


Рисунок 2.5. Міні-комп'ютер Raspberry Pi 4 model B

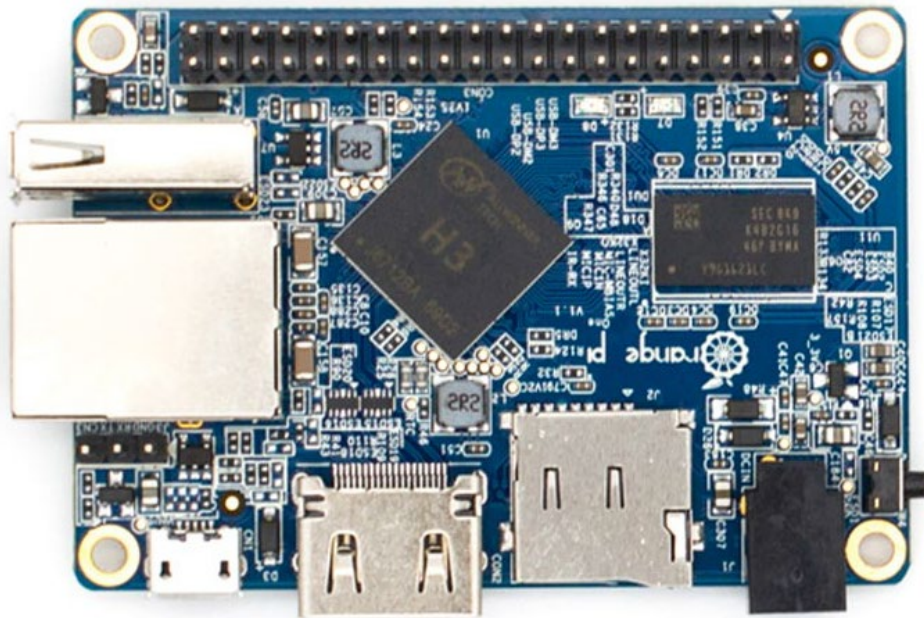


Рисунок 2.6. Міні-комп'ютер Orange Pi One

При перших тестуваннях, використовуючи Atmega328 для зв'язку за мережею Internet, потрібно було додатково використовувати мікросхему апаратного Ethernet. В якості такої мікросхеми було обрано два варіанти:

- Wiznet W5100 (рис. 2.7)
- Wiznet W5500 (рис. 2.8.)

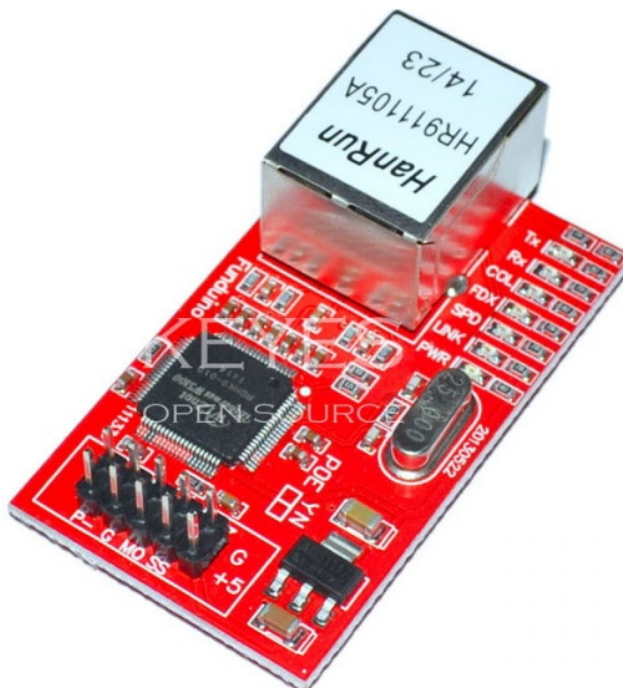


Рисунок 2.7. Мікросхема (модуль) Wiznet W5100

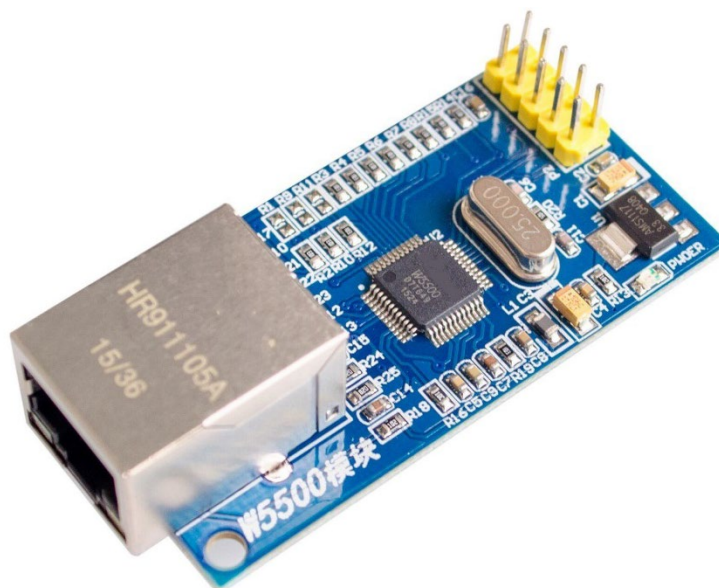


Рисунок 2.8. Мікросхема (модуль) Wiznet W5500

Для прошивки, мікрокосхеми STM32F103C8t6 використовувався програматор ST-Link V2 [6] (рис. 2.9). Для всіх інших, використовувалися програматори – AVR ISP [7] (рис. 2.10) та USB to TTL на мікросхемі CH340G [8] (рис. 2.11).



Рисунок 2.19. Программатор ST-Link V2

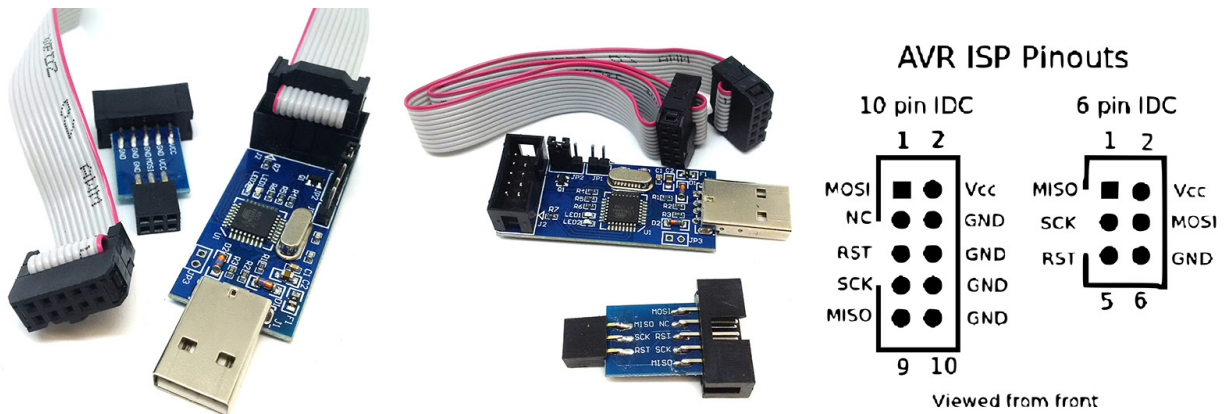


Рисунок 2.10. Программатор AVR ISP

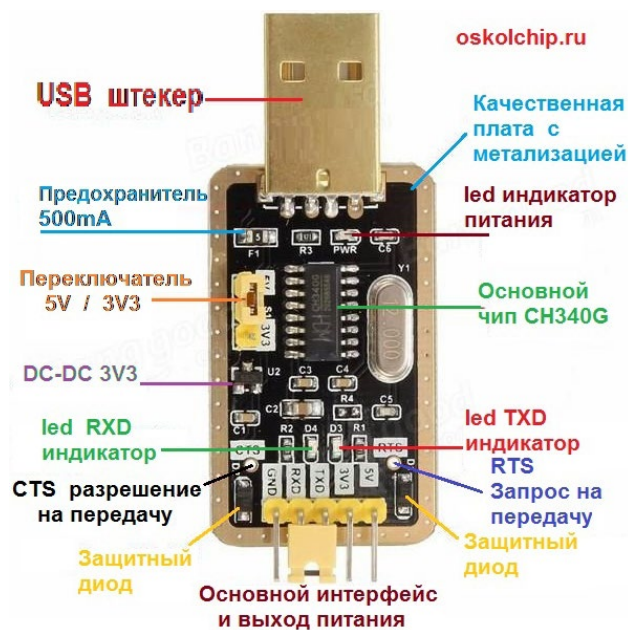


Рисунок 2.11. Программатор USB to TTL

2.2 Характеристика доступного обладнання.

2.2.1 Atmega328P

- Пам'ять [9]

32 kB Flash (пам'ять програм, що має можливість само програмування)

2 kB оперативної ПАМ'ЯТІ

1 kB EEPROM (постійна пам'ять даних)

- Два 8-бітних таймера / лічильника з модулями, модулі порівняння і дільники частоти
- 16-ти бітний таймер / лічильник, з модулем порівняння, дільник частоти, режим запису
- З окремим генератором лічильник реального часу
- 6 ШИМ каналів (ЦАП)
- 6-ти канальний ЦАП. Датчик температури вбудований
- Порт USART – послідовний програмований
- Послідовний SPI інтерфейс
- I2C інтерфейс
- Сторожовий таймер (програмний) з окремим внутрішнім генератором
- Схема порівняння напруги (внутрішня)
- Блок обробки переривань і пробудження при зміні напруги на висновках мікроконтролера.

Спеціальні функції мікроконтролера ATmega328:

- Reset при подачі живлення і програмне розпізнавання зниження напруги живлення
- Внутрішній генератор тактових імпульсів (калібрований)
- Обробник переривань (внутрішніх і зовнішніх)
- 6-ть режимів сну. Забезпечую знижене енергоспоживання, а для більш точного перетворення АЦП зниження шумів)

Напруги живлення і швидкість процесора:

- 1.8-5.5 В. Частота до 4 МГц

- 2.7-5.5 В. Частота до 10 МГц
- 4.5-5.5 В. Частота до 20 МГц

2.2.2 STM32F103c8t6

Серія STM32 F1 являє собою популярний Мікроконтролер для промислових, медичних та споживчих ринків. У даній серії використовується ARM Cortex-M. висока ефективність з першокласною периферією і низьким енергоспоживанням за доступною ціною. Проста Архітектура з простими у використанні інструментами полегшує роботу з даними мікроконтролерами.

STM32F100-центральний процесор на 24 МГц з пристроєм управління двигуном і функціями СЕС [10];

STM32F101-центральний процесор на 36 МГц, до 1 Мбайт пам'яті;

STM32F102-центральний процесор на 48 МГц з FS USB;

STM32F103-центральний процесор на 72 МГц, до 1 Мбайт пам'яті з пристроєм управління двигуном, USB;

STM32F105/107-центральний процесор на 72 МГц з Ethernet MAC, USB 2.0 OTG

Характеристика:

- Корпус: LQFP-48;
- Ядро: ARM Cortex M3;
- Ширина шини даних: 32 біт;
- Максимальна тактова частота: 72 МГц;
- Розмір програмної пам'яті: 64 кБ;
- Розмір оперативної ПАМ'ЯТІ даних: 20 кБ;
- Дозвіл АЦП: 12 біт;
- Робоча напруга живлення: 2...3.6 В;
- Робоча температура: -40...+85 °С;
- Тип оперативної ПАМ'ЯТІ даних: SRAM;
- Інтерфейси: CANbus, I2C, IrDA, LINbus, SPI, UART / USART, USB;

- АЦП: 10x12 біт;
- Тип пам'яті програм: Flash
- Корпус LQFP-48, Ядро ARM Cortex-M3, Максимальна частота ядра 72 МГц, Об'єм пам'яті програм 65.54 кБайт, Об'єм оперативної пам'яті 20.48 кБайт.

Інтерфейси: CAN, I2C, IrDA, LIN, SPI, UART/USART, USB, Периферія DMA, Motor Control PWM, PDR, POR, PVD, PWM, Temp Sensor, WDT, АЦП/ЦАП A/D 10x12b, напруга живлення: min 2 V..max 3.6V

2.2.3 ESP8266

- 80 MHz 32-bit процесор Tensilica Xtensa L106. Можливий негарантований розгін до 160 МГц [11].
- IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi. Підтримується WEP та WPA/WPA2.
- 14-ть портів вводу/виводу (11 можливо використовувати), SPI, I²C, I²S, UART, 10-bit АЦП.
- Живлення 2,2...3,6 В. Затрати в режимі передачі - до 215, в режимі прийому - 100 мА, в режимі очікування- 70 мА. Доступно три режими живлення: Modem-sleep (15 мА), Light-sleep (0.4 мА), Deep-sleep (15 мкА).

На мікроконтролері відсутня енергонезалежна пам'ять (EEPROM). Програми виконуються із зовнішнього SPI ПЗП, через динамічне завантаження необхідних проміжків програми в КЕШ інструкцій. Програміст баче завантаження прозоро, так як воно виконується апаратно.

Максимум зовнішньої пам'яті програми – до 16-ти МБ.

2.2.4 ESP32

- Процесори [12]:
 - Процесор: Xtensa двох-ядерний або одноядерний тридцяти двох (32) розрядний LX6 мікропроцесор. Працює на тактовій частоті 160 або 240 МГц і виконує до 600-ста DMIPS
 - Ультра-низька потужність (ОТП) співпроцесора

- Пам'ять: 520 Кб пам'яті SRAM
- Бездротовий зв'язок:
 - Wi-Fi: 802.11 b/g/N
 - Bluetooth: B4.2 BR/EDR і BLE
- Периферійні інтерфейси:
 - 12-розрядний АЦП до 18 каналів
 - 2 × 8-біт Цапи
 - Сенсорні датчики- 10 шт. Можливо використовувати як ємнісні датчики
 - Температурний датчик
 - СВО - 4 шт
 - i2s для інтерфейсів – 2шт
 - I2C інтерфейсів – 2 шт
 - UART – 3 шт
 - SD/SDIO/CE-ATA/MMC/eMMC хост-контролер
 - Підпорядкований контролер SDIO/SPI
 - Ethernet Mac інтерфейс з виділеними DMA і стандарти IEEE 1588 точного часу за протоколом підтримки
 - CAN bus 2.0
 - Інфрачервоний пульт дистанційного керування (передавач-приймач, до 8 каналів)
 - Можливо керувати двигунами та світловими приладами за допомогою ШИМ
 - Ультра-низька потужність аналогових перед підсилювачів
- Безпека:
 - Стандарт IEEE 802.11 підтримує всі функції безпеки, у тому числі АБФ, захист WPA/WPA2 і WAPI
 - Захищене (безпечне) завантаження

- Флеш шифрування
 - 1024 бітний ключ, для клієнтів до 768 біт
 - Апаратне прискорення (криптографічне): AES, SHA-2, RSA
- Керування живленням:
 - Низький регулятор відключення (всередині)
 - Для RTC індивідуальний енергетичний домен
 - Режим "глибокий сон" потребує – до 5 мкА.
 - Сигнал від GPIO, таймера, вимірювання АЦП, переривання ємнісного сенсорного датчика «буде» контролер.

2.2.5 Raspberry pi 4 B

Виробник процесора – Broadcom [13]

Модель процесора - Broadcom BCM 2711

Кількість ядер процесора - 4

Частота процесора - 1500 МГц

Тип оперативної пам'яті - LPDDR4

Розмір оперативної пам'яті - 2048 МБ

Об'єм вбудованої флеш-пам'яті - Відсутня

Відео інтерфейси - micro-HDMI x2

Інтерфейси периферії - 2-lane MIPI DSI display port, 40 pin GPIO, 2-lane MIPI DSI camera port, USB 3.0x2, USB 2.0x2

Вид доступу в інтернет - Wi-Fi, Ethernet (RJ-45)

Швидкість мережевого адаптера - 1000 Мбіт

Додаткове вбудоване обладнання - Bluetooth 5.0

2.2.6 ORANGE PI ONE

Основний колір – синій [14]

Виробник процесора - AllWinner

Модель процесора - Cortex-A7

Кількість ядер процесора - 4

Частота процесора - 1200 МГц

Розмір оперативної пам'яті - 512 МБ

Об'єм вбудованої флеш-пам'яті - Відсутня

Виробник відеочіпа - ARM

Модель відеочіпа - Mali400 MP2

Обсяг відеопам'яті - відсутня

Відео інтерфейси - HDMI

Аудіо інтерфейси - Відсутні

Інтерфейси периферії - micro USB, GPIO, USB 2.0

Вид доступу в інтернет - Ethernet (RJ-45)

Швидкість мережевого адаптера - 100 Мбіт

Додаткове вбудоване обладнання - MMC слот.

2.2.7 W5100

Мікросхема W5100 була випущена в кінці 2006 року [15]. Це функціонально закінчений Ethernet-контролер з вбудованим стеком TCP-IP, спеціально розроблений для використання у вбудованих додатках, коли першочерговими вимогами є легкість інтеграції, стабільність і надійність роботи, продуктивність і невисока вартість системи в цілому. Апаратна реалізація стека протоколів TCP / IP дозволяє отримати швидкість передачі даних до 25 Мбіт/с і забезпечує просту стикування з Інтернет без участі операційних систем і зовнішніх комп'ютерів. W5100 сумісна зі стандартами IEEE 802.3 10BaseT і 802.3 u 100BaseTX.

Мікросхема W5100 є логічним розвитком популярного кристала W3150A+, основне ядро, в частині апаратної підтримки стека протоколів, у цих мікросхем ідентично. Питання організації внутрішньої пам'яті і роботи з регістрами, системи переривань, тактування і організації інтерфейсу з мікроконтролером в режимах Direct Bus і Indirect Bus також ідентичні W3150A+ . W5100 апаратно реалізує наступні протоколи транспортного, мережевого і каналного рівнів системи OSI(Open System Interconnection): TCP, UDP, IPv4, ICMP, ARP, IGMP Імас. Забезпечується апаратна підтримка

протоколу PPPoE (Point-to-point over Ethernet) з PAP/CHAP протоколами аутентифікації, що дозволяє W5100 здійснювати віддалене підключення вбудованого пристрою до провайдера через DSL-модеми, що не мають власної апаратної підтримки PPPoE. Кристал W5100 містить всі необхідні елементи для виконання роботи з апаратного обслуговування стека протоколів TCP / IP, включаючи фізичний рівень.

Структурна схема мережевого контролера W5100 наведена нижче (рис.2.12).

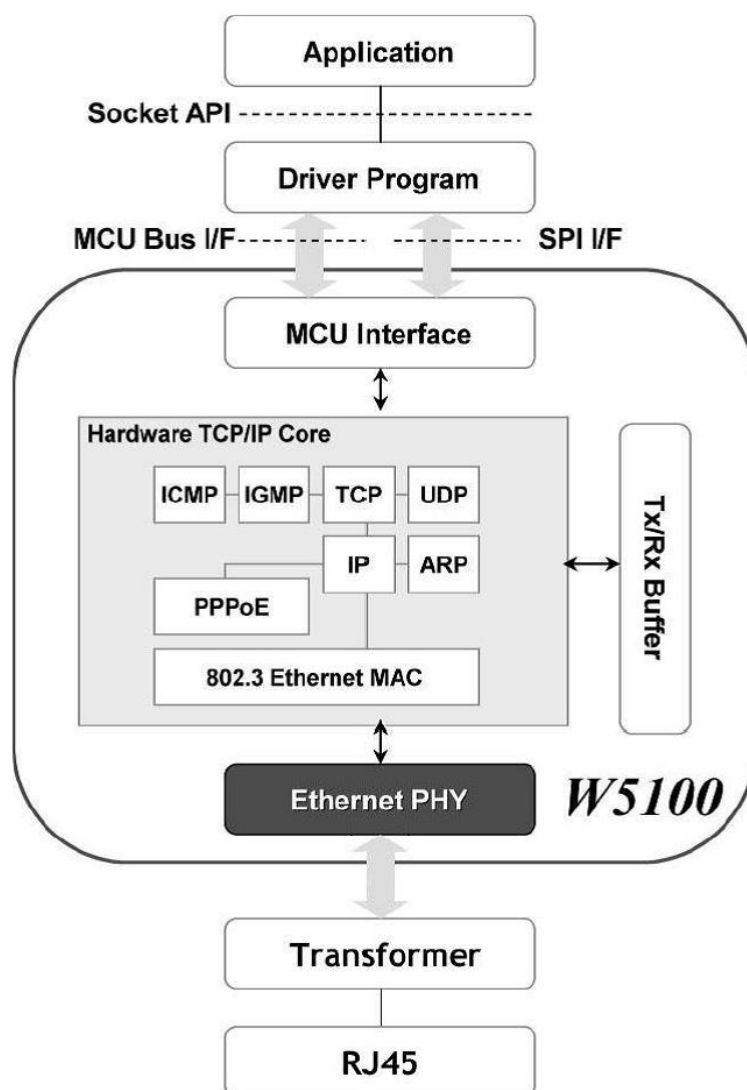


Рисунок 2.12. Структурна схема мережевого контролера W5100

Головна відмінність W5100 від W3150A — наявність у складі кристала апаратного вузла, що реалізує фізичний рівень PHY стека

протоколів TCP / IP. Це дозволяє зменшити число мікросхем, використовуваних в розроблюваному пристрої, і звільнити місце на друкованій платі. Раніше для вирішення цього завдання використовувалися зовнішні мікросхеми PHY сторонніх виробників (Realtek, Davicom і т.п.).

Субмодуль 10BaseT/100BaseTX Ethernet PHY у складі мікросхеми W5100 підтримує авто визначення режиму роботи (Full-duplex/Half-duplex і 10/100 Мбіт/с), а також функцію розпізнавання полярності підключення кабелю Auto-MDI/MDIX. Вимоги до зовнішнього трансформатора: коефіцієнти трансформації і величини індуктивностей складають відповідно 1:1 і 350 мкГн, як для TX, так і для RX. Для реалізації функції Auto MDIX разом з W5100 необхідно використовувати симетричні Трансформатори.

Обмін даними між керуючим мікроконтролером і W5100 відбувається по інтерфейсу SPI.

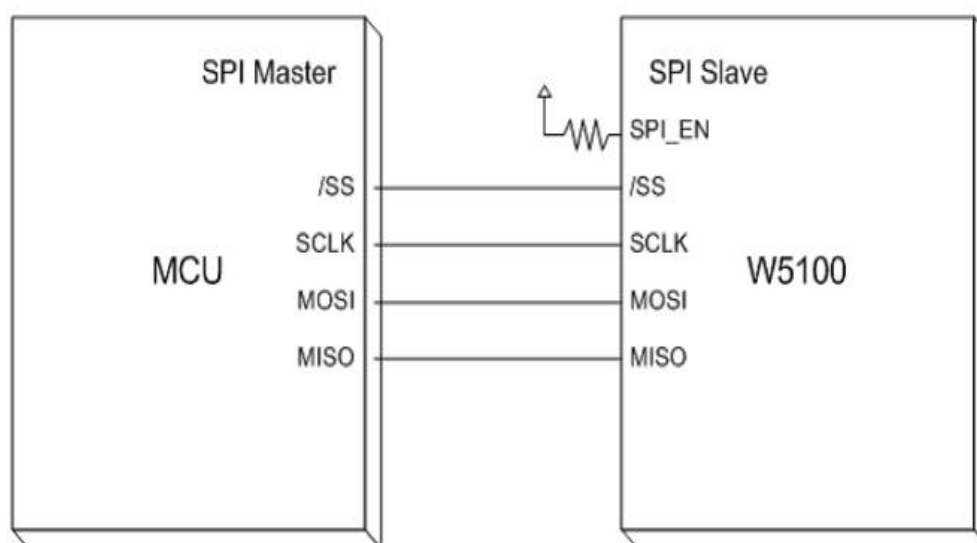


Рисунок 2.13. Схема підключення мікросхеми до мікроконтролера

Зовнішній Мікроконтролер працює в режимі Master, мережевий контролер WIZnet - в режимі Slave. Для обміну інформацією використовуються лінії MOSI / MISO, тактування W5100 здійснюється від зовнішнього мікроконтролера по лінії SCLK, лінія / SS використовується майстром для формування тимчасового "вікна" для чергового обміну даними.

Висновок SPI_EN повинен бути встановлений в стан логічної "1" для того, щоб мікросхема перейшла в режим інтерфейсу SPI із зовнішнім мікроконтролером. Якщо цей контакт утримувати в логічному "0", то контакти MOSI, MISO, SCLK і /SS працюють в альтернативному режимі як адресні лінії А для режиму Direct Bus. Відзначимо також, що висновок SPI_EN «підтягнутий» внутрішнім резистором до «землі» всередині кристала. Тому за замовчуванням для обміну з зовнішнім мікроконтролером апаратно встановлено режим Direct Bus.

Мікросхема W5100 має ряд властивостей:

- апаратна підтримка стека дротових протоколів TCP / IP: TCP, UDP, IPv4, ICMP, ARP, IGMP, MAC, PPPoE (Point-to-point over Ethernet) с PAP/CHAP-протоколами аутентифікації;
- Un-стійке (невразливе) обладнання мережевого движка для запобігання мережових атак, таких як переповнення, підміни і сторонні вкидання
- одночасна і незалежна апаратна підтримка до 4-х з'єднань;
- підтримка 10BaseT / 100BASE TX Ethernet PHY в повно дуплексному режимі;
- продуктивність до 25 Мбіт / с;
- хост-інтерфейси підключення до мікроконтролера: Direct (Clocked), Indirect(Clocked), SPI (режими 0 і 3);
- вбудований блок двопортової статичної пам'яті для буферів даних TX / RX із загальним об'ємом 16 кБайт для обробки TCP / IP-пакетів;
- основна напруга живлення 3,3 В; лінії введення/виведення I / O Сумісні (толерантні) з сигналами 5,0 в;
- Корпус 80lqfp (10x10мм пакет)
- технологія 0,18 мкм CMOS;
- відповідність стандарту RoHS (невикористання свинцю).

2.2.8 W5500

Мікросхема W5500-останнє доповнення до лінійки популярних Ethernet-чипів від компанії WIZNet - являє собою функціонально закінчений чіп вбудованого Ethernet-контролера для забезпечення проводового з'єднання TCP/IP, що дозволяє спростити підключення до Інтернету пристроїв і систем, що використовують SPI (високошвидкісний послідовний периферійний інтерфейс) [16]. W5500 дозволяє задовольнити потреби користувачів в стабільному підключенні до Internet, за допомогою єдиного чипа для реалізації стека TCP / IP, 10/100, Ethernet MAC і PHY. Апаратний стек TCP / IP підтримує TCP, UDP, IPv4, ICMP, ARP, IGMP, PPPoE...

Новий вдосконалений мережевий контролер W5500 має більш швидкий і універсальний інтерфейс SPI (до 80 МГц), а також можливість більш гнучкого використання буфера оперативної пам'яті (ОЗП) для цілей тимчасового зберігання даних загального призначення, що є безсумнівним плюсом при використанні дешевих керуючих мікроконтролерів (MCU) з обмеженою RAM. Позитивним є і скорочення енергоспоживання компонентів апаратного рівня і функціонуючого ПЗ, реалізованого за рахунок просунутих рішень фізичного рівня (PHY). W5500 підтримує Ethernet-додатки, що використовують популярні недорогі 8/16-розрядні мікроконтролери. Ethernet можливості можуть бути додані в існуючі програми без необхідності переходу на більш дорогий MCU і повної передки апаратного та програмного забезпечення.

Завдяки відмінному поліпшеним дизайном кристалу 3-го покоління, зменшенню його геометрії (підвищення компактності рішення за рахунок використання методів проектування 'SiP' (System-in-Package)), для контролера W5500 значно зменшено не тільки енергоспоживання, але і розмір його корпусу.

Також W5500 може функціонувати в якості звичайного Ethernet-трансивера з використанням стороннього програмного реалізованого

TCP/IP-протоколу. Його Ethernet трансивер має простий спосіб оновлення прошивки (додавання нових функцій) за допомогою перед прошитого програмного забезпечення (ex: OS і rtos 'стека TCP/IP'), що використовує переваги реалізації апаратного забезпечення TCP/IP в новому чіпі.

На відміну від конструкцій, які вимагають стороннього програмного забезпечення для обробки основних мережевих операцій, W5500 надає заходи 'firewall'-захисту на апаратному рівні, що не може не позначатися на надійності функціонування розроблюваного обладнання.

Функціональні можливості і технічні переваги W5500:

- Апаратно підтримувані комутаційні протоколи обробки проводового TCP / IP стека: TCP, UDP, MAC, ICMP, IPv4, ARP, IGMP, PPPoE
- Проста реалізація інших мережевих протоколів
- Апаратно реалізована Мережева превентивний захист від Un-типу атак, таких як переповнення, а також підміна і вкидання пакетів
- Host інтерфейс : високошвидкісний послідовний периферійний інтерфейс SPI
- Основний інтерфейс SPI, режим 0,3 / тактова частота SPI до 80 МГц
- Потрібно менш продуктивний MCU для роботи з GPIO і SPI (резервні виходи GPIO можуть використані для інших функцій самостійно)
- Знижене тепловиділення (для W5500: до 40°C / інші аналогічні чіпи : 60~70°C)
- Підтримка вбудованого OS драйвера: Linux (підтримка ядра 2.4.xx, 2.6.xx, 3.1,xx) & RTOS
- Апаратне забезпечення 8 незалежних TCP / UDP сокетів (каналних з'єднань)
- Внутрішній сокет 32 кбайт буферної пам'яті RAM для забезпечення процесу передачі TCP / IP пакетів
- Більш ефективна робота живлення: виключення & включення LAN над UDP

- 10BaseT / 100BASE TX Ethernet з вбудованим MAC / PHY
- Підтримка автоматичного визначення полярності сигналу (повний & напівдуплекс, 10 & 100 Based)
- Контакти під світлодіодну LED індикацію (повний / напівдуплекс, швидкість Лінка, активний стан)
- Робоча напруга живлення 3.3 В (DC) з реалізацією толерантності до 5 в I/O (по входів і виходів) сигналам
- Діапазон робочих температур -40...85°C
- Корпус 48 ніг, lqfp lead-free, (7x7 мм, 0.5 мм pitch)
- Спосіб монтажу-SMD

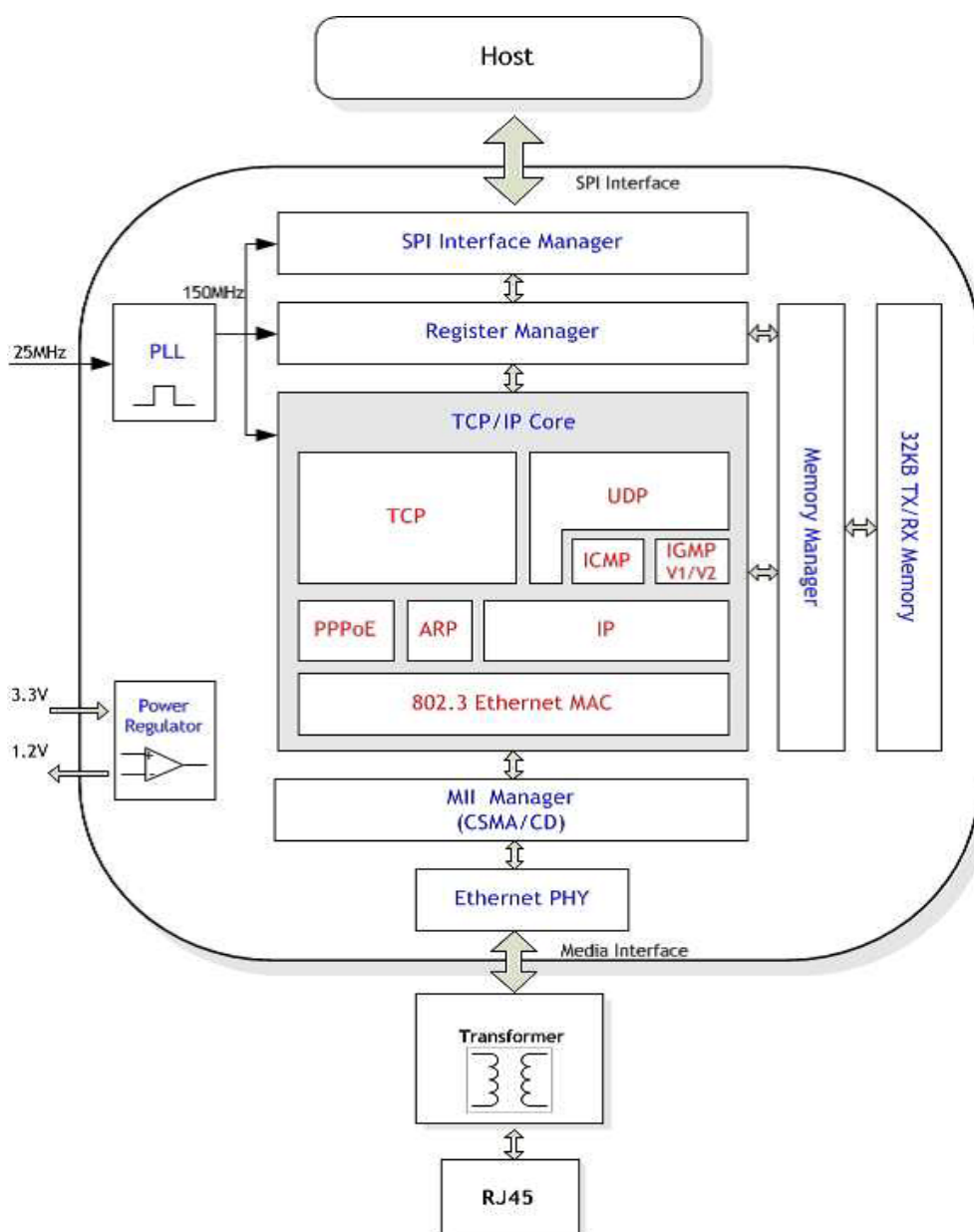


Рисунок 2.14. Структурна схема чипа

2.3 Тестування.

Після відбору апаратної частини, треба було провести тестування, та обрати найбільш оптимальні варіанти. В якості прошивки для тестування, було написано невеликий код, сутність якого полягало в тому, щоб пристрій підключався до серверу, та надсилав йому якісь данні. Протокол для цього використовувався – MQTT. Данні які мали надходити на сервер, можна було переглядати за допомогою утиліти MQTT.fx (рис.2.15).

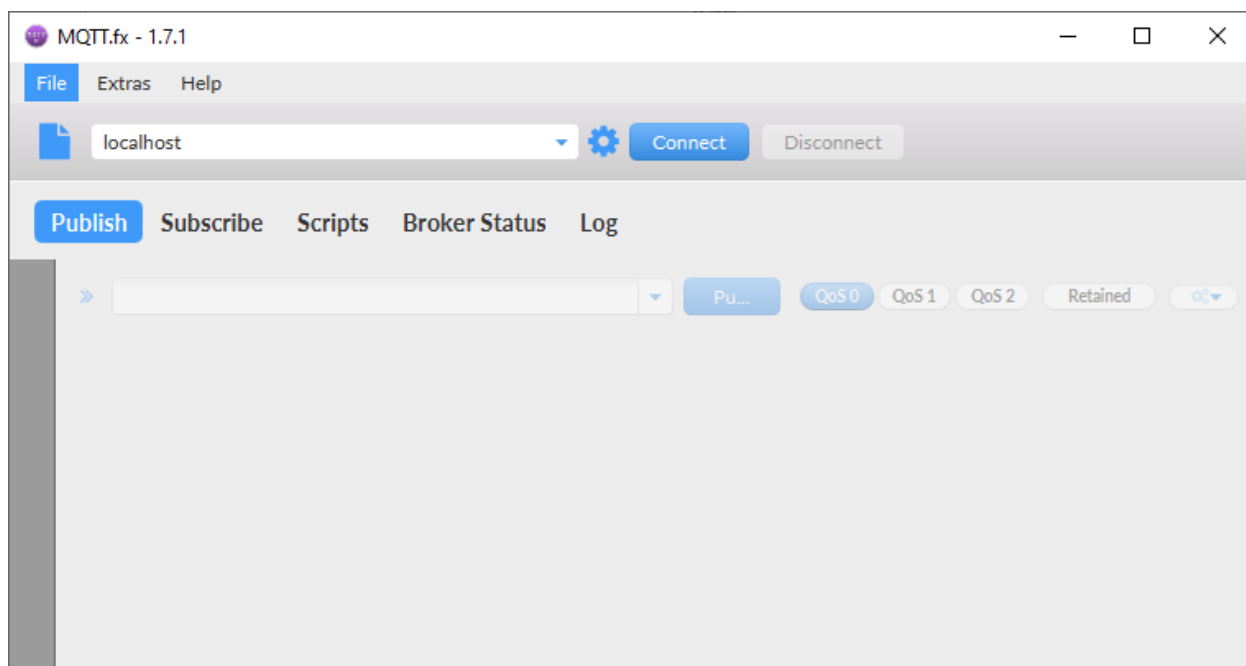


Рисунок 2.15. Робоче вікно програми

Код застосовувався для мікроконтролерів Atmega328P та STM32F103C8t6 у зв'язці з мікросхемами Wiznet W5100 та W5500. Прошивка вказана нижче:

```
#include <SPI.h>          //Підключаємо бібліотеку для роботи SPI
інтерфейсу.
#include <Ethernet.h>    //Бібліотека для роботи Ethernet інтерфейсу.
#include <PubSubClient.h> //Бібліотека для обміну даними за протоколом
//MQTT
```

// Записуємо MAC адресу, IP адресу та Адресу сервера. MAC та IP обираємо самі, але вона не може бути однаковою з іншими пристроями в одній мережі.

```
byte MAC[] = { 0xEE, 0xDD, 0xDA, 0xEE, 0xEE, 0xEF };
IPAddress IP(192, 168, 0, 151);
IPAddress SERVER(192, 168, 0, 150);
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  Serial.print("Message arrived [");
  Serial.print(topic);
  Serial.print("] ");
  for (int i=0;i<length;i++) {
    Serial.print((char)payload[i]);
  }
  Serial.println();
}
EthernetClient ethClient;
PubSubClient client(ethClient);
void reconnect() {
  // Повторюємо підключення якщо не вийшло підключитися
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");
    // Підтвердження підключення
    if (client.connect("Client")) {
      Serial.println("conn");
      // При піключенні відправити "hi"
      client.publish("oTopic", "hi");
      // Підписатися на всі зовнішні данні
      client.subscribe("#");
    } else {
      Serial.print("failed, rc=");
```

```
Serial.print(client.state());
Serial.println(" try again in 3 seconds");
// Чекаємо 3 секунд (затримка)
delay(3000);
}
}
}
void setup()
{
  Serial.begin(115200); //Швидкість відправки даних по UART інтерфейсу
  client.setServer(SERVER, 1883); //Настройка підключення до серверу
  через 1883 порту
  client.setCallback(callback); //Зворотній виклик при підключенні
  Ethernet.begin(MAC,IP); //Ініціалізація Ethernet
  delay(1500);
}
void loop()
{
  if (!client.connected()) {
    reconnect();
  }
  client.loop();
  delay(10000);
  client.publish("temp","36.6"); //Відправка тексту "36.6" в топик "temp"
}
```

Тестування проводилися при таких умовах: раз в 10 секунд, на сервер відправлявся текст. Потрібно було перевірити модуль на відмово стійкість, можливість працювати неперервно та максимальний час роботи без пере підключень до серверу.

Після проведення тестування з мікросхемою W5100, були отримані такі результати:

- В перші хвилини роботи, мікросхема починала дуже сильно перегріватися, але продовжила працювати.
- Через декілька годин мікросхема перегрілася, та перестала працювати. Для подальшої роботи потрібно було перезапускати модуль та мікроконтролер.

У випадку використання мікросхеми W5500:

- Модуль не перегрівався, та передавав дані стабільно на протязі 5-6 годин.
- У випадкові проміжки часу, мікросхема переставала працювати, хоча сам мікроконтролер продовжував передавати данні. Це було підтверджено за допомогою 8-ми каналного логічного аналізатора (рис. 2.16) та виводу даних на екран паралельно з відправкою пакетів на мікросхему W5500.



Рисунок 2.16. Логічний аналізатор

Намагаючись знайти рішення проблеми, було переглянуто та вивчено майже всю документацію.

Висновок: при використанні першому випадку, важливим фактором грав перегрів мікросхеми та подальший вихід із ладу, а у другому некоректна бібліотека. Беручи до уваги ці проблеми, було вирішено

перейти до тестування безпроводних моделей, та і взагалі скоротити кількість дротів.

Для тестування безпроводного модуля ESP8266, застосовувалася модифікована прошивка. Зв'язок з модулями був налаштований за допомогою WiFi та маршрутизатора, який слугував «мостом» між передавачем та сервером. В даному випадку, маршрутизатор сам видавав IP та MAC адресу модулю через DHCP.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
const char* SSID = "Gi_Art";
const char* PASSWORD = "*****";
const char* MQTT_SERVER = "192.168.0.150";
WiFiClient ESPClient;
PubSubClient client(ESPClient);
unsigned long lastMsg = 0;
#define MSG_BUFFER_SIZE    (50)
char msg[MSG_BUFFER_SIZE];
int value = 0;

void setup_wifi() {
  delay(10);
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(SSID);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(SSID, PASSWORD);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
}
```

```

randomSeed(micros());
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  Serial.print("Message arrived [");
  Serial.print(topic);
  Serial.print("] ");
  for (int i = 0; i < length; i++) {
    Serial.print((char)payload[i]);
  }
  Serial.println();
  if ((char)payload[0] == '1') {
    digitalWrite(BUILTIN_LED, LOW); // Turn the LED on (Note that LOW
is the voltage level
  } else {
    digitalWrite(BUILTIN_LED, HIGH); // Turn the LED off by making the
voltage HIGH
  }
}
void reconnect() {
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");
    String clientId = "ESP8266Client-";
    clientId += String(random(0xffff), HEX);
    if (client.connect(clientId.c_str())) {
      Serial.println("connected");
    }
  }
}

```

```
    client.publish("outTopic", "HI");
    client.subscribe("inTopic");
} else {
    Serial.print("failed, rc=");
    Serial.print(client.state());
    Serial.println(" try again in 5 seconds");
    delay(5000);
}
}
}

void setup() {
    pinMode(BUILTIN_LED, OUTPUT);    // Підключення світлодіоду для
індикації роботи.
    Serial.begin(115200);
    setup_wifi();
    client.setServer(MQTT_SERVER, 1883);
    client.setCallback(callback);
}

void loop() {
    if (!client.connected()) {
        reconnect();
    }
    client.loop();
    unsigned long now = millis();
    if (now - lastMsg > 2000) {
        lastMsg = now;
        ++value;
        snprintf(msg, MSG_BUFFER_SIZE, "HI #%ld", value);
        Serial.print("Pub message: ");
```

```

Serial.println(msg);
client.publish("oTopic", msg);
}
}

```

Прошивка для модуля ESP32 майже аналогічна. Була змінена бібліотека ESP822 на `#include <WiFi.h>` та ще декілька незначних корегувань.

2.4 Висновки

Протестовані безпроводні модулі показали себе дуже добре. За весь час тестування (1 тиждень), модулі жодного разу не відключилися, не було аварійних ситуацій, всі данні були коректні. В якості керуючої апаратної частини системи, яка підпорядковується серверу, вибір пав на модуль ESP32, так як в подальшому його можна більше навантажувати, він себе показав з дуже хорошої сторони, має значно вищі характеристики, а також більш вигідний в ціновому плані (табл.2.1).

Для вибору апаратної частини серверу, багато часу не знадобилася. Orange Pi мала невелику кількість оперативної пам'яті, що грає велику роль при розгортанні великої кількості робочих систем (клієнтів). При тестуванні навантаженням, Orange Pi декілька разів зависла, що призвело до зупинки роботи сервера. Це було викликано тим, що одночасно на ній був піднятий сервер mqtt, VNC [17] сервер, проводилася обробка отриманих даних та вивід всього на додатковий монітор. Звісно це все не було необхідним, але для збільшення кількості систем (клієнтів), потрібен додатковий запас ресурсів.

Таблиця 2.1. Порівняльна таблиця

Модель	Atmega328	STM32F103C8	Esp8266	Esp32	W5100	W5500
Ціна, грн	93	95,75	196	190	243	152

Для порівняння, ціни були взяті на сайті www.kosmodrom.com.ua. В якості основи серверу, було обрано Raspberry Pi, так як вона була у наявності, а також задовольняла всі необхідні умови експлуатації.

3 ПОБУДОВА МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1 Структурна схема мікропроцесорної системи.

Обравши конфігурацію обладнання, була побудована структурна схема роботи модулів, та взаємозв'язку між ними. На рисунку 3.1 зображено принцип обміну даних с сервером. (переделать рисунок)

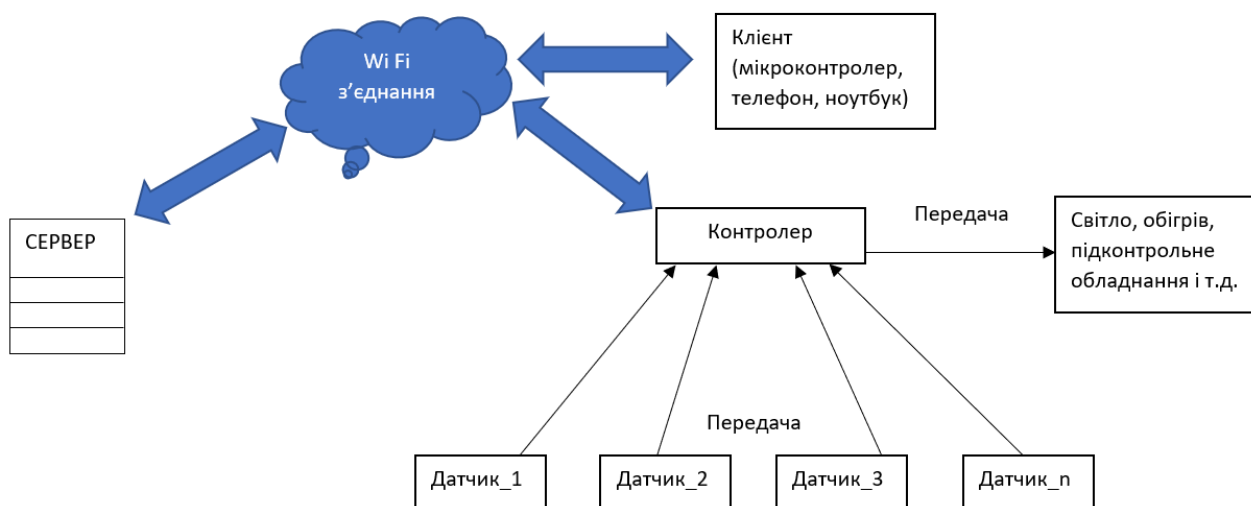


Рисунок 3.1. Структурна схема взаємозв'язку керуючого модуля із сервером

До реле в свою чергу підключається:

- помпа для подачі води (поливу)
- матриця ультрафіолетових світлодіодів для освітлення
- куллер для провітрювання системи
- нагрівальний елемент для обігріву системи

3.2 Опис протоколу MQTT.

Простою мовою протокол MQTT використовується для спілкування між розумними пристроями шляхом пересилання повідомлень про свій стан.

Для цього використовується WiFi мережа і якийсь центральний пристрій під назвою Брокер (Broker) [18]. У його завдання входить «слухати» мережу, отримувати і передавати отримані повідомлення і зберігати їх поки не трапиться якась виключення, якщо це закладено у програмний код.

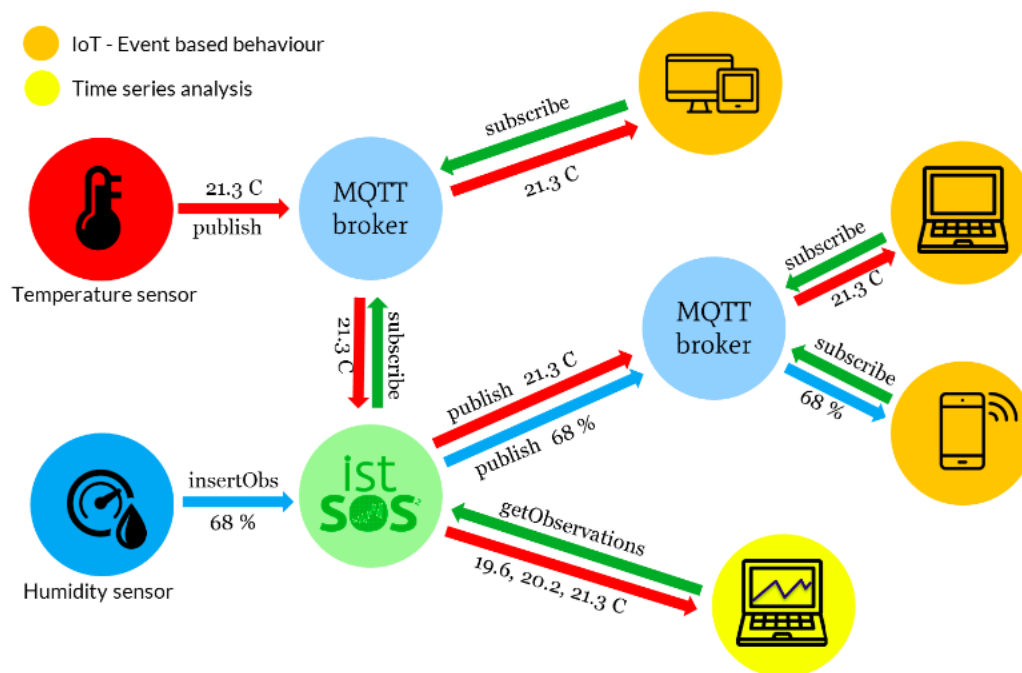


Рисунок 3.2. Взаємодія окремих елементів ІОТ системи при використанні MQTT протоколу

Концепцію сучасного високоінтелектуального обладнання, будь то різні датчики, керовані агрегати, пристрої, що входять до складу «розумного» будинку або подібні таким, неможливо уявити без комунікації між ними.

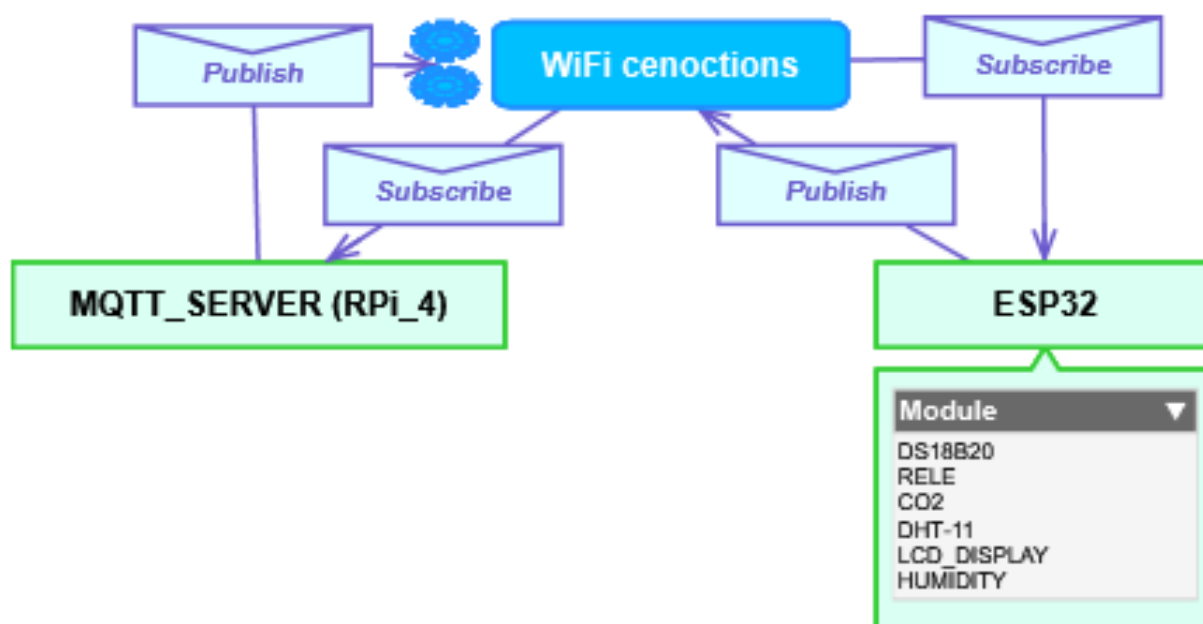


Рисунок 3.3 Схема обміну даними між сервером та контролером

Практичний обмін інформацією в єдиній мережі здійснюється в межах поняття Інтернету речей, або Internet of Things, IoT. Цей термін об'єднує всі фізичні прилади, в яких присутні технологічні частини для взаємодії із зовнішнім середовищем і між собою. Самий же зв'язок реалізовано передачею даних за спеціальними протоколами різного рівня, найвідоміші з яких- TCP/IP, MQTT, ZigBee, WirelessHart, MiWi, 6LoWPAN, LPWAN та інші.

Основні терміни і поняття використовувани в даному протоколі:

- Message
- Publish
- Subscribe
- Topic
- QoS
- Retain

Message

Повідомлення (message) містять в собі інформацію, яку один учасник мережі на базі протоколу MQTT хоче передати іншим. Взаємодія між учасниками мережі здійснюється через Брокера. Тобто, якщо пристрою, потрібно передати повідомлення про те, що щось зробив або повідомити про те, який у нього стан, він передає повідомлення брокеру публікуючи привселюдно, що "я щось зробив" або "стан".

Publish

Це процес передачі повідомлення брокеру. Тобто простою мовою, пристрій передав до брокера "зараз холодно". Брокер гіпотетично повинен почути це повідомлення і записати його до себе в «блокнотик».

Subscribe

Так як всіма повідомленнями від всіх пристроїв володіє виключно брокер, то нам теж потрібно якось отримати ці повідомлення. Для цього ми підписуємося на розсилку від брокера для отримання даних, які проходять

через нього. Щоб читати якісь конкретні повідомлення, нам необхідно визначити на яку тему ми хочемо отримувати ці повідомлення, і для цього якраз використовується механізм Топіс.

Топіс

Це якраз така тема, з приводу якої клієнт хоче отримувати або відправляти повідомлення.

Тобто формат спілкування між учасниками виглядає приблизно так.

Як учасник, клієнт хоче сказати всім " У домі холодно".

Для цього створює топік будь-якого змісту, наприклад: дім/ температура/, і повідомляє в цей топік повідомлення " У домі холодно ". Брокер отримає це повідомлення, і передає всім, хто підписався на тему (топік) дім/ температура/.

Тобто це спрощена система смс розсилок з певними темами. Формат топіка може бути різним і абсолютно будь-яким. Головне щоб одержувач був підписаний на цей топік і знав, що робити з інформацією отриманою з повідомлень.

Що стосується особливостей топіків, то їх не так багато.

По-перше вони чутливі до регістру. Тобто топік "Дім/температура " і топік" дім/Температура " це два різних Топіка.

По друге, топіки не створюються на сервері адміністратором. Вони створюються публікаторами і передплатниками які на них підписані. Брокер тільки займається передачею повідомлень і службової інформації.

Роздільники у вигляді"/" дозволяють вибудовувати ієрархію. Наприклад:

Є у вітальні і в спальні по два вимикача і один в гаражі. Для їх контролю формуються топіки у вигляді:

У вітальні:

- Home/Livroom/Sw1
- Home/Livroom/Sw2

У спальні:

- Home/Broom/Sw1
- Home/Broom/Sw2

В гаражі:

- Garage/sw1

Потім, ще є службові топіки, які дозволяють підписатися на групи топіків або повідомлень.

Наприклад, якщо потрібно читати взагалі всі повідомлення, клієнт підписується на топік #. Якщо хоче бачити те, що відбувається в будинку, то ми підписуємося на топік home / # і буде отримувати повідомлення в топіках:

- Home/Livroom/Sw1
- Home/Livroom/Sw2
- Home/Broom/Sw1
- Home/Broom/Sw2

Але не буде бачити те що відбувається в топіку:

- Garage/sw1

Якщо потрібно бачити те, що відбувається у вітальні, підписується на топік home/ livingroom / # і буде отримувати повідомлення тільки з топіків:

- Home/Livroom/Sw1
- Home/Livroom/Sw2

Також в підписках можна використовувати символ //.

Він дозволяє наприклад дізнатися, що відбувається з усіма вимикачами під номером 1 у всіх кімнатах будинку. Для цього ми підписуємося на топік Home / / Sw1, і ми будемо отримувати повідомлення в топіках Home / Livroom / Sw1 і Home / Broom / Sw1

Службові повідомлення

В якості службових повідомлень використовуються в основному два типи повідомлень:

- Birth Message - яке повідомляє світу, що «я народився і живий».
- Last Will and Testament (LWT) яке повідомляє, що після цього повідомлення вважати мене» мертвим».

Ну плюс ще використовується Keep Alive повідомлення, які повідомляють брокеру що "я все ще живий" і стандартно надсилаються кожні 60 секунд. Якщо брокер не отримав це повідомлення від клієнта, то він примусово пінгує його, щоб з'ясувати чи «живий» той, і якщо з'ясується що він неживий, то брокер публікує за клієнта LWT повідомлення, щоб всі дізналися, що той помер.

Відповідно отримання брокером Birth Message від пристрою, переводить пристрій в розумінні брокера в режим ONLINE, а після того як брокер отримує від пристрою LWT повідомлення або коли сам приймає рішення, що той помер перевіряючи пристрій на доступність, то переводить статус пристрою в режим OFFLINE.

QoS

QoS в принципі розшифровується як Quality Of Service, тобто якість наданої послуги. У розрізі MQTT воно має три значення 0,1 і 2.

Якщо по простому, то ці варіанти означають за фактом визначення того, чи треба нам як публікує своє повідомлення пристрою, бути впевненим що воно отримано.

QoS=0 означає, що повідомлення публікується один раз "У домі холодно" і все одно, чи нас почули.

QoS=1 означає, що повідомлення " У домі холодно " буде публікуватися до посиніння, до тих пір поки не прийде відповідь що нас почули і можна завершити повторювати повідомлення..

QoS=2 означає що ми один раз сказали " У домі холодно ", отримали підтвердження того, що нас почули, повідомили клієнту, що ми дізналися про те що нас почули, а клієнт підтвердив, що він зрозумів, що ми дізналися про те що він нас почув.

Retain

Цей параметр має всього два значення вкл і викл. Означає дуже простий механізм. Якщо у нас режим вимкнений, то коли я повідомляю "У домі холодно ", то його чують всі хто підписаний зараз на топик в який я це повідомив. Але клієнт який тільки-но підключився на наш топик, не дізнається про раніше надіслане повідомлення.

Якщо ж ми включаємо режим Retain, то брокер бере на себе зобов'язання, що після публікації повідомлення, при підключенні нового клієнта йому продублюють старе повідомлення.

Eclipse Mosquitto - open source брокер MQTT. [19]

Eclipse Mosquitto - брокер повідомлень з відкритим вихідним кодом (ліцензії EPL / EDL), який реалізує протоколи MQTT версій 5.0, 3.1.1 та 3.1. Mosquitto легкий і підходить для використання на всіх пристроях: від малопотужних одноплатних комп'ютерів до повноцінних серверів.

3.3 Опис інформаційних топиків.

Для обміну інформацією, заздалегідь було обрано назви топиків, в яких буде передаватися та зберігатися інформація. Інформація з ESP32, знаходитиметься в таких топіках:

- srv/temp_i – температура всередині
- srv/temp_o – температура зовні
- srv/humidity – рівень вологи всередині
- srv/gas - рівень вуглекислого газу
- srv/water – рівень вологи ґрунту

Топіки для зворотної передачі даних (на ESP32):

- esp/pump – ввімкнення/вимкнення подачі води
- esp/light – ввімкнення/вимкнення світла
- esp/fan - ввімкнення/вимкнення подачі повітря с зовні
- esp/heater - ввімкнення/вимкнення обігріву

3.4 Опис допоміжних інструментів для побудови екосистеми

При побудові алгоритму важливою частиною було зробити зручне відображення даних, а також збереження показників на деякий період часу, тобто застосування бази даних. Для цього на сервері було встановлено та налаштовано програмні інструменти:

- Node-Red [20] (рис. 3.4)
- Influx DB [21] (рис. 3.5)
- Grafana [22] (рис. 3.6)

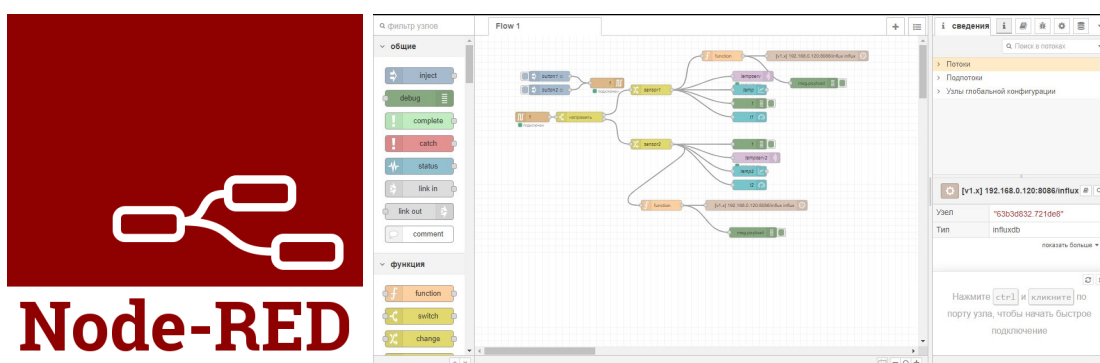


Рисунок 3.4. Програмний комплекс Node-Red



Time	influx.numval1
2020-11-29 13:08:17	25
2020-11-29 13:13:17	25
2020-11-29 13:18:17	25
2020-11-29 13:23:17	25
2020-11-29 13:28:17	24
2020-11-29 13:33:17	24

Рисунок 3.5. Короткочасова база даних Influx DB

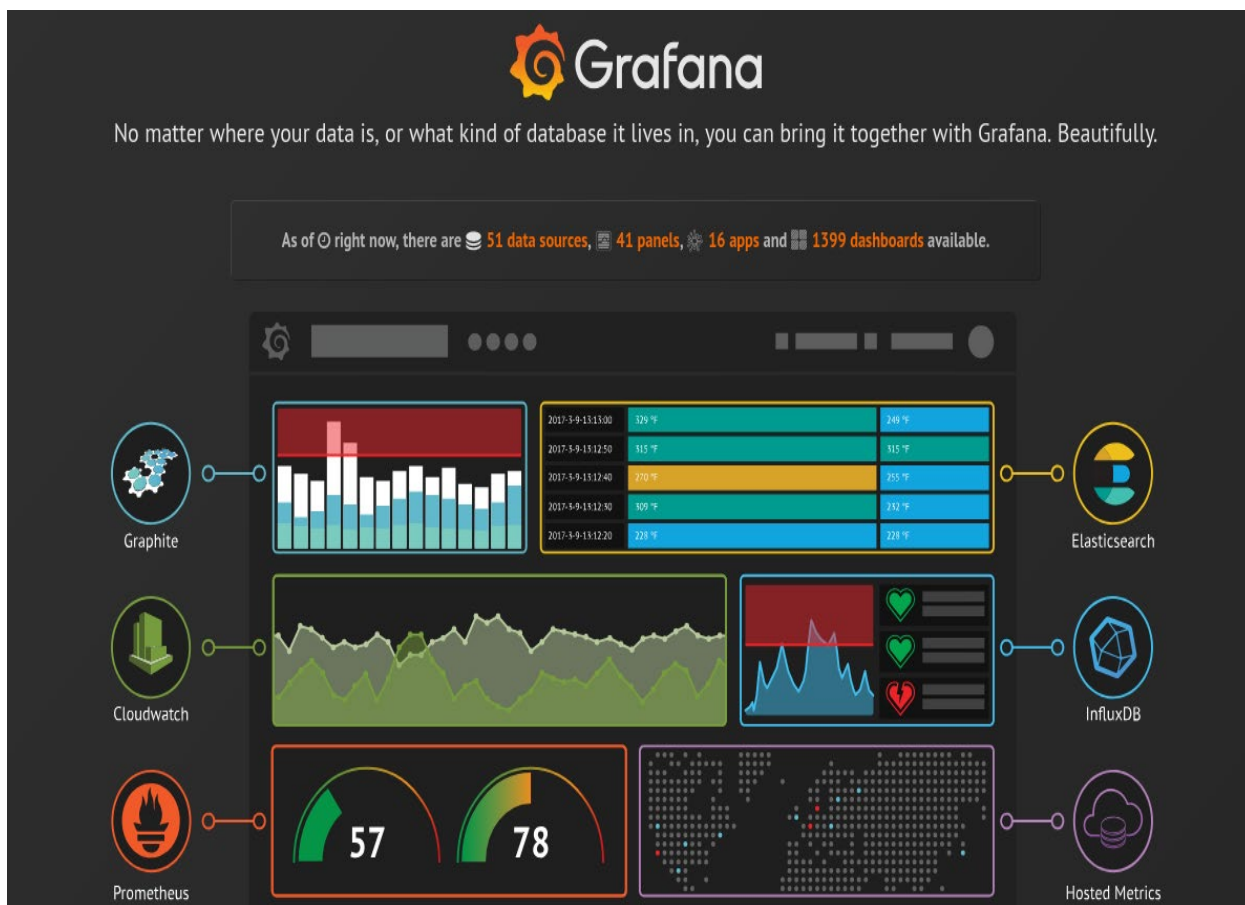


Рисунок 3.6. Програмний комплекс Grafana

Все було налаштоване в системі таким чином, щоб при будь-якій ситуації, запуск виконуючих файлів програм виконувався автоматично, одразу після запуску основної системи. Це зроблено для зручності використання. Весь процес налагодження описано в додатку А. У додатку Б представлений програмний код для налаштування візуальної частини.

3.5 Визначення енергозатрат керуючої системи

Дослідження затрати енергії, для підтримки постійного MQTT з'єднання. Перше, що було перевірено, було те, скільки енергії потрібно, щоб просто підтримувати відкрите з'єднання MQTT, без будь-яких повідомлень, що проходять по дроту. Для цього MQTT клієнт повинен час від часу посилати повідомлення keep-alive, щоб підтримувати канал з'єднання, а також повідомляти серверу, що він все ще підключений. Для дослідження було обрано акумулятор ємністю 1350 мА/г, 3.7В. Було

декілька спроб різних інтервалів підтримки життя, і результати підсумовуються в таблиці нижче:

Таблиця 3.1. Час життя батареї телефону, при постійному підключенні

	%Батареї/Година
Збереження підключення (секунди)	Wi Fi
60	0.0119021
120	0.0062861
240	0.00283991
480	0.00134018

Цифри фантастично низькі. При відносно короткому інтервалі підтримки життя в 60 секунд він коштує всього $\sim 0,01\%$ заряду батареї телефону на годину, щоб підтримувати відкрите з'єднання; з можливістю негайного push-повідомлення. І після цього, це зворотна залежність - з подвоєнням інтервалу підтримки життя, зменшенням вдвічі використання батареї.

Далі було проведено дослідження, скільки потрібно затрати енергії, для відправки повідомлення з використання Wi Fi. Результати зображено на таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Кількість затраченої енергії на передачу повідомлень

QoS	% Батареї/Година	Повідомлення/Година	%Батареї/Повідомлення
0	0.59	64673	0.000009
1	0.70	32914	0.000021
2	0.86	17226	0.000050

Далі прорахована загальна кількість затрат електроенергії, для неперервної роботи штучної екосистеми. Табл. 3.3. А також побудовано графік.

Таблиця 3.3. Результат розрахунку затраченої енергії контролера з додатковими модулями

Час (год)	Мін. Комплектація (мА)	Сер. Комплектація (мА)	Макс. Комплектація (мА)
1	412	1493	1572
2	824	2986	3144
3	1236	4479	4716
4	1648	5972	6288
5	2060	7465	7860
6	2472	8958	9432
7	2884	10451	11004
8	3296	11944	12576
9	3708	13437	14148
10	4120	14930	15720

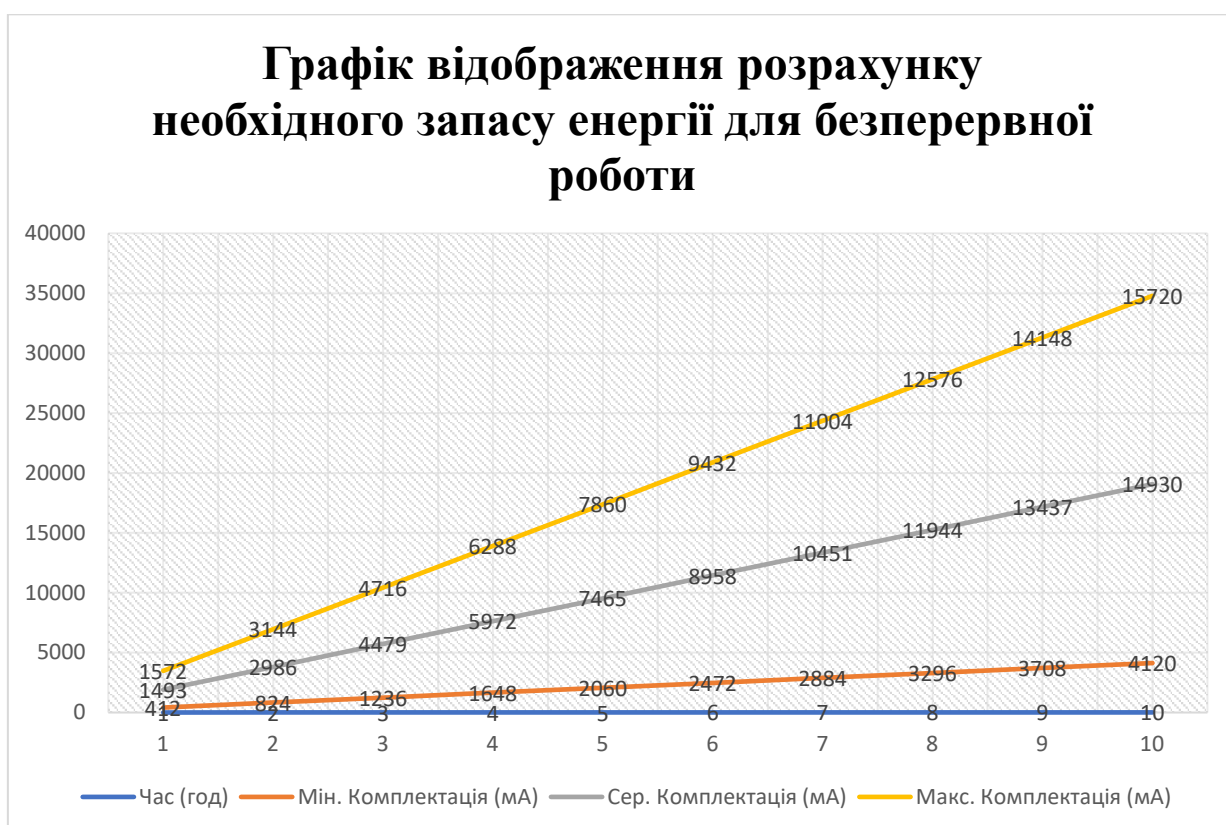


Рисунок 3.4. Графік росту затрат енергії в залежності від часу роботи

Беручи до уваги данні, було розроблено формулу (3.1), за результатом якої, необхідно обирати акумулятор, для безперервної роботи системи у критичних випадках.

$$A_{\text{ч}} = ((t * E_3) * \mu) * 1.1 \quad (3.1)$$

де $A_{\text{ч}}$ – ємність акумулятора (А/ч), t -час роботи апаратури, E_3 – затрачена енергія за годину, μ - втрати при перетворенні 12В в 5В. (КПД перетворювача 85%) а 1.1 – коефіцієнт можливих витрат, при невідомих обставинах.

3.6 Висновки

В даному розділі було розроблено структуру роботи мікропроцесорної системи, описано протокол, за яким буде виконуватися обмін даними. Також було прописано перелік топіків, в яких будуть передаватися та прийматися дані. Прописані всі топіки, які створюватимуть клієнти. Було розроблено формулу прорахунку запасу акумулятора, для неперервної роботи контролера та додаткових модулів у випадку непередбачених ситуацій.

4 АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ ЕКОСИСТЕМОЮ

4.1 Програмний алгоритм системи керування на ESP32.

Алгоритм представляє собою набір функцій, які виконуються в залежності від вхідного запиту. Пристрій зчитує дані лише після отримання запиту, та зберігає останні дані. Весь інший час пристрій нічого не робить, тим самим не витрачає зайві ресурси.

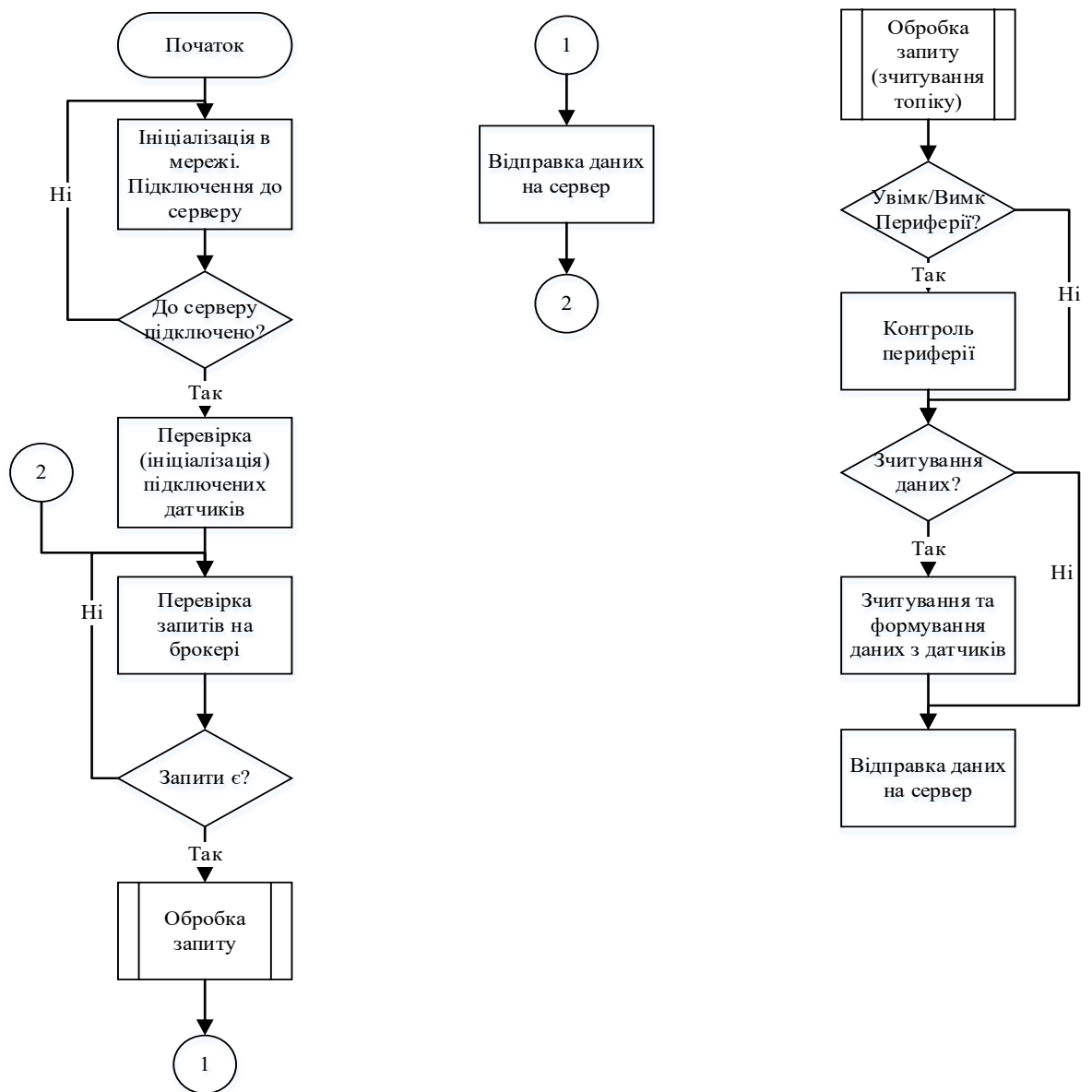


Рисунок 4.3. Алгоритм роботи програми для ESP32

Програмний код представлено в додатку В. А електрична принципова схема та печатна плата представлені в додатку Г.

На далі, планується розробити прошивку, щоб оновлення можна було здійснювати по повітрю, при включенні пристрою, можна спочатку створювалася точка доступу, та через підключення телефону можна було змінити налаштування: адреса серверу, хостнейм. Після збереження даних, пристрій перезавантажується, і якщо протягом 1 хвилини не було підключень до точки доступу (все під паролем звісно), то пристрій сам ставав клієнтом та підключався до серверу з встановленими параметрами.

4.2 Висновки

Було проведено дослідження затрат енергії, при постійному підключенні до серверу, а також кількість затраченої енергії для передачу повідомлення розміром в 1 байт. Далі запусивши систему, було зібрано певні дані, тим самим повністю підтвердивши роботу протоколу та БД. Нижче показані фото керуючої панелі, та візуалізованих даних, які було отримані с БД. Продивлятися те керувати системою можна як с комп'ютера, так і з телефону.

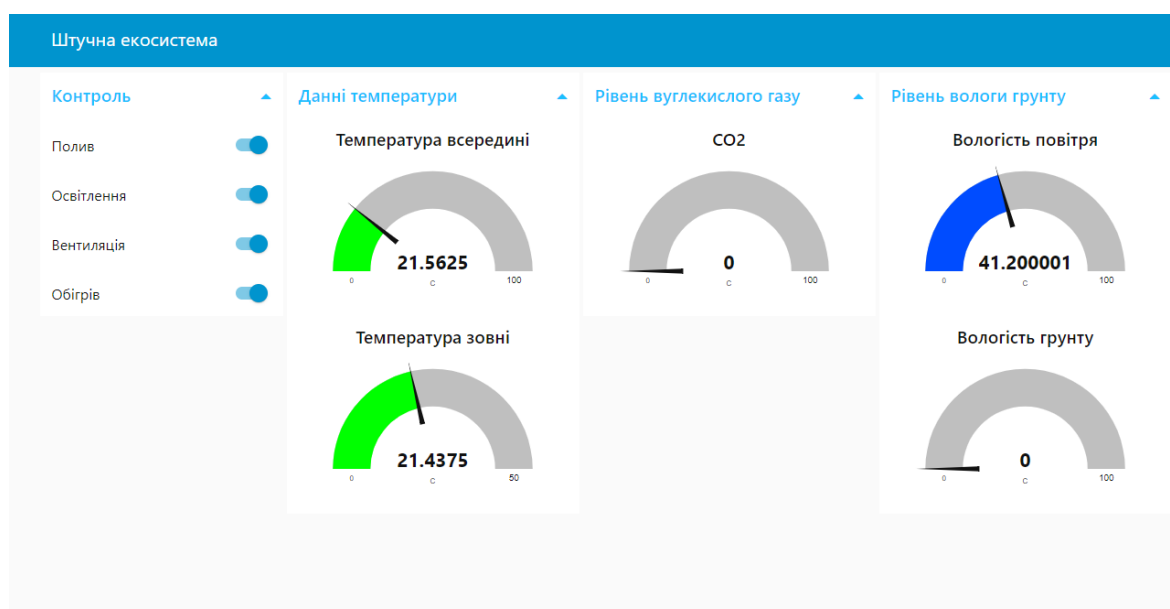


Рисунок 4.4 Керуюча панель



Рисунок 4.5 Панель відображення даних у вигляді графіків_1



Рисунок 4.6 Панель відображення даних у вигляді графіків_2

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги безпеки при виконанні робіт на робочому місці

Виконуючи дипломний проект, позачергово стало питання про безпеку, тобто норми охорони праці. Цих норм потрібно дотримуватися як на початку реалізації будь-якого проекту, так і його подальшої експлуатації.

«Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності (ст. 1 Закону України «Про охорону праці»)» [23] .

Результатом дипломної роботи є розроблена мікропроцесорна система штучної екосистеми. Проект буде прототипом для покращеного росту та контролю внутрішнього середовища. Система працює від мережі постійного струму +5В/+3.3В, та передбачає використання контролера та сервера, шкідливий вплив яких і повинна враховувати охорона праці.

Стінки корпусу макету мають бути з оргскла а стики проклеєні герметиком. Всі контакти та електроніка мають бути герметично за ізольовані.

«Металеві не струмоведучі частини електрообладнання і електроустановок при порушенні ізоляції між ними і їхніми струмоведучими частинами можуть опинитися під напругою. У таких аварійних умовах дотик до не струмоведучих частин установок, рівнозначний дотику до струмоведучих частин.

Усунення небезпеки ураження електричним струмом при такому переході напруги на не струмоведучі частини електроустановок здійснюється за допомогою захисного заземлення.»

Під захисним заземленням розуміють з'єднання металічних не струмоведучих частин електроустановок із землею через заземлюючі

провідники та заземлювачі для створення між цими частинами і землею малого опору.

«Для захисного заземлення застосовують заземлювачі із труб. Це декілька металічних труб діаметром 25-50 мм, довжиною 2-3 м, які забивають в землю на відстані 4-6 м одна від одної і з'єднують між собою металічною трубою. Остання проходить в приміщення, з'єднується з внутрішнім контуром [24]».

5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Небезпечний виробничий чинник – це чинник, дія якого на працюючого в певних умовах приводить до травми або погіршення його здоров'я.

Шкідливий виробничий чинник – це чинник, дія якого на працюючого в певних умовах приводить до захворювання або зниження працездатності. У залежності від рівня і тривалості впливу шкідливі фактори можуть класифікуватися і як небезпечні [25].

Шкідливі чинники підрозділяються на чотири основні групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні.

Для користувачів можна виділити такі небезпечні та шкідливі фактори як фізичні та психофізіологічні.

При роботі з пристроєм може проявитися ряд шкідливих факторів, до числа яких належать:

- понижена або підвищена вологість, температура і рухливість повітря навколо робочої зони прототипа;
- підвищений рівень інфразвуку, шуму, ультразвуку та вібрації;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- відбита або пряма блискучість;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти через тіло людини;

- нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження зорових аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження);
- фізичні перевантаження статичної та динамічної дії.

Всі типи професійного ризику під час роботи з технікою, налагоджуються на стресові ситуації, нерідко заподіюють нервові, психічні і серцево-судинні захворювання.

На підставі приведеного можна зробити висновок, що серед операторів можливий розвиток таких захворювань як хронічні неврози і психічні захворювання, гіпертонія, безсоння, розлади серцево-судинної системи та інші. От чому для цієї категорії працівників дуже актуальної є проблема значного поліпшення умов праці, а також планування оздоровчих заходів.

5.2.1 Мікроклімат та повітряне середовище робочої зони

Істотне значення для комфортної роботи з макетом мають параметри мікроклімату, де працює людина.

Параметри можуть змінюватися в широких межах, у той час як необхідною умовою життєдіяльності людини є підтримка постійної температури тіла завдяки терморегуляції, тобто здатності організму регулювати віддачу тепла в навколишнє середовище. Принцип нормування мікроклімату - створення оптимальних умов для теплообміну тіла людини з навколишнім середовищем.

Обчислювальна техніка є джерелом суттєвих тепловиділень, що може привести до підвищення температури і зниження відносної вологості в приміщенні. У приміщеннях, де встановлене технічне обладнання, повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату. У санітарних нормах ДСН 3.3.6-042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [26] встановлені величини параметрів мікроклімату, що

створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються залежно від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення.

Площу та об'єм для одного робочого місця оператора визначають згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.2-007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами ЕОМ» [27]. Площа має бути не менше 6,0 кв.м, об'єм - не менше 20,0 куб.м.

У приміщенні, де передбачається експлуатація пристрою, знаходиться побутовий пил. Електризований пил викликає подразнення шкіри та слизової оболонки очей і носа. При тривалій роботі в обстановці підвищеної запиленості підвищується небезпека виникнення запальних процесів у людини. Необхідний стан робочої зони досягається виконанням наступних заходів:

- кондиціонування повітря;
- застосування вентиляції;
- проведення вологого прибирання у всіх приміщеннях, і особливо в тих, де експлуатується обчислювальна техніка.

Для захисту повітря робочої зони і атмосфери від підвищеної запиленості застосовується система вентиляції.

5.2.2 Виробниче освітлення та шум

«Приміщення з технічним обладнанням повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [28]. Недостатність освітлення приводить до напруги зору, послаблює увагу, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, подразнення і різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого. Всі ці причини можуть призвести до нещасного випадку або профзахворювань, тому так важливий правильний розрахунок освітленості».

«Існує три види освітлення - природне, штучне і поєднане. Розглянемо докладніше цю класифікацію.

Природне освітлення - освітлення приміщень денним світлом, що потрапляє через світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях приміщень. Природне освітлення характеризується тим, що змінюється в широких межах залежно від часу дня, пори року, характеру галузі і ряду інших чинників.

Штучне освітлення застосовується при роботі в темний час доби і вдень, коли не вдається забезпечити допустимі значення коефіцієнта природного освітлення (похмура погода, короткий світловий день).

Сумісним називається освітлення, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне. Робоче освітлення, у свою чергу, може бути загальним або комбінованим. Загальне - освітлення, при якому світильники розташовуються у верхній зоні приміщення рівномірно або стосовно розташуванню обладнання. Комбіноване - освітлення, при якому до загального освітлення додається місцеве».

В приміщеннях обчислювальних центрів необхідно застосувати систему комбінованого освітлення.

«Вимоги до освітленості в приміщеннях наступні: при виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість повинна складати 300лк, а комбінована - 750лк; аналогічні вимоги при виконанні робіт середньої точності - 200 і 300лк відповідно.

Крім того, все поле зору повинне бути освітлено достатньо рівномірно - це основна гігієнічна вимога, тому що яскраве світло в районі периферійного зору значно збільшує напруженість очей і, як наслідок, призводить до їх швидкої стомлюваності».

«Шум погіршує умови праці, здійснюючи шкоду на організм людини. Працівники в умовах тривалої шумової дії випробовують дратівливість, головні болі, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену стомлюваність, зниження апетиту, біль у вухах та інше. Такі порушення в роботі органів і систем організму можуть викликати негативні зміни в емоційному стані людини, аж до стресових. Під впливом шуму знижується концентрація уваги, порушуються фізіологічні функції, з'являється втома у зв'язку з підвищеними енергетичними витратами і нервово-психічним напруженням, погіршується мовлення (ДСТУ 2867-94. «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги») [29]».

«Все це знижує працездатність людини і її продуктивність, якість і безпеку праці. Тривалий вплив інтенсивного шуму (вище 80 дБ) на слух людини приводить до його часткової або повної втрати.

Рівень шуму на робочому місці операторів не повинен перевищувати 50 дБ. Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщень можуть бути облицьовані звукопоглинальними матеріалами (ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку») «[30].

Електрична та пожежна безпека

Приміщення для роботи з технічним обладнанням відносять до категорії приміщень з підвищеною небезпекою, оскільки є можливість ураження електричним струмом. Джерелами електробезпеки є пристрій штучної екосистеми, робочий сервер і прилади в разі виникнення несправності (наприклад, при порушенні захисного заземлення, ізоляції проводів, включення в мережу і виключення з мережі вилок електроживлення).

У приміщенні з технічним обладнанням на видному і доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, що може цілком відключити електричне живлення приміщення, за винятком освітлення.

«Мікропроцесорна система повинна відповідати вимогам чинних в Україні стандартів, нормативних актів охорони праці. Мікропроцесорні системи закордонного виробництва додатково повинні відповідати вимогам національних стандартів держав-виробників і мати відповідне позначення на корпусі, в паспорті або іншій експлуатаційній документації.

За способом захисту людей від ураження електричним струмом система повинна відповідати I класу захисту відповідно до ДСТУ 2267-93 «Вироби електротехнічні. Терміни та визначення» [31]».

Також повинні застосовуватися такі основні технічні засоби захисту від ураження електричним струмом, як:

- електрична ізоляція струмоведучих частин;
- захисне заземлення;
- захисне відключення.

Все що підлягає заземленню, апаратура повинна приєднуватися до заземлювальної шини окремими заземлюючими провідниками.

Головну пожежну небезпеку представляє електрообладнання. При експлуатації електрообладнання повинні виконуватися інструкції з охорони праці. Також меблі, корпуси апаратури, виконані з легкозаймистих матеріалів, можуть послужити причиною пожежі.

Приміщення повинно відповідати нормативам з вогнестійкості будівельних конструкцій, плануванні будівель та оснащеністю пристроями протипожежного захисту відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [32].

Профілактика пожежі передбачає забезпечення пожежної безпеки обладнання, електроустановок, систем опалення та вентиляції, запобігання утворення та внесення джерел запалювання, утворення горючого середовища.

Система пожежного захисту передбачає застосування негорючих і важко-займистих матеріалів, ізоляції займистого середовища, застосування засобів для гасіння пожежі, пожежної сигналізації та сповіщення про пожежу, застосування засобів захисту людей, організацію пожежної охорони об'єкта.

Згідно з пожежної безпеки об'єктів будівництва, будівлі та приміщення, де розміщені робочі місця операторів, мають бути не нижче II ступеня вогнестійкості (ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги») [33].

5.3 Дії працівників у надзвичайних ситуаціях

Під час роботи з навчальним макетом, найбільш вірогідною надзвичайною ситуацією може бути «Ураження електричним струмом» та «Виникнення пожежі».

«Порядок дій працівників у разі пожежі:

У разі виникнення пожежі (ознак горіння) кожен працівник зобов'язаний:

- негайно повідомити про це телефоном аварійно-рятувальну службу (тел. 101). При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;

- вжити (по можливості) заходів по евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей;

- якщо пожежа виникла на підприємстві, повідомити про неї керівника чи відповідну компетентну посадову особу та (або) чергового об'єкту;

- у разі необхідності викликати інші аварійні служби (медичну, газорятувальну тощо).

Посадова особа об'єкта, що першою прибула на місце пожежі, зобов'язана:

- перевірити, чи викликана аварійно-рятувальна служба (продублювати повідомлення), довести подію до відома керівника установи;
- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили й засоби;
- вивести за межі небезпечної зони всіх працюючих, не пов'язаних з ліквідацією пожежі;
- припинити роботи на об'єкті (якщо це допускається технологічним процесом виробництва), крім робіт, пов'язаних із заходами по ліквідації пожежі;
- здійснити у разі необхідності відключення електроенергії, агрегатів, апаратів, водяних комунікацій (за винятком систем протипожежного захисту);
- організувати зустріч підрозділів аварійно-рятувальної служби, надати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху до осередку пожежі та до водних джерел;
- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі.

Під час ураження електричним струмом в першу чергу необхідно знеструмити обладнання або провід, які стали причиною ураження людини струмом.

У разі неможливості припинення подачі електричного струму штатними засобами, необхідно перерубати окремо кабелі живлення, використовуючи будь-які ріжучі предмети з ізольованими рукоятками.

Якщо ж і це зробити немає можливості, потерпілого необхідно відтягнути від електричної установки або скинути з нього провід за допомогою будь-якого не струмопровідного предмету. При цьому важливо захистити себе від впливу електричного струму, надівши на руки гумові рукавички або обмотавши їх сухою тканиною. На ноги бажано одягнути гумове взуття, у разі його відсутності підкласти під ноги гумовий килимок,

суху дошку, книги або згорнутий сухий одяг. Відтягувати потерпілого слід за краї одягу однією рукою, уникаючи контакту з відкритими ділянками його тіла. Викликати швидку медичну допомогу»;

Надати першу медичну допомогу потерпілому, враховуючи наступне:

1. Якщо потерпілий неспритомнів, але дихає, його необхідно покласти на спину, розстебнути одяг, що ускладнює дихання, створити приплив свіжого повітря і забезпечити повний спокій;

2. При відсутності ознак життя до прибуття лікарів потерпілому необхідно робити штучне дихання.

5.4 Висновки за розділом

В даному розділі було розглянуто вимоги щодо робочого місця для експлуатації прототипу штучної екосистеми. Проаналізовано вимоги щодо: виробничого освітлення на робочому місці, шуму та вібрації, мікроклімату, електробезпеки. А також розглянуто вимоги безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проводилося дослідження та розробка мікропроцесорної системи управління штучною екосистемою. Провівши дослідження існуючих систем та їх функціонал, було виділено декілька параметрів, котрі треба контролювати та аналізувати. До основних із них, відносяться:

- Температура
- Загальний рівень вологи
- Рівень освітлення

В якості додаткових параметрів, котрі будуть відрізняти даний проект від інших, виступають рівень CO₂ та додатковий аналіз зовнішньої температури.

При виборі апаратної частини серверу, в якості керуючої апаратної частини системи, яка підпорядковується серверу, обрано модуль ESP32, так як в подальшому його можна більше навантажувати, він себе показав з дуже хорошої сторони при тестах, має значно вищі характеристики, а також більш вигідний в ціновому плані. В якості сервера обрано міні-комп'ютер Raspberry Pi.

Було розроблено структуру роботи мікропроцесорної системи, описано протокол, за яким буде виконуватися обмін даними. Також було прописано перелік топіків, в яких будуть передаватися та прийматися дані.

Після запуску системи на повноцінне тестування, було зібрано певні дані, тим самим повністю підтвердивши роботу протоколу та БД. Спостерігати та керувати системою можна як з комп'ютера, так і з телефону.

Було розглянуто вимоги щодо робочого місця для експлуатації прототипу штучної екосистеми. Проаналізовано вимоги щодо: виробничого освітлення на робочому місці, шуму та вібрації, мікроклімату,

електробезпеки. А також розглянуто вимоги безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Список використаних джерел

1. Shkolyar URL: <https://shkolyar.in.ua/tema2/shtuchni-ekosystemy>
2. Mirum URL: http://mirum.ru/news/world_trend/raznoe/grove_iskusstvennaya_ekosistema_iz_akvariuma_i_domashnego_ogoroda/
3. ObzorBymobile URL: <http://obzor.bymobile.ru/2015/10/25/biopod/> (Дата звернення 08.08.20)
4. Mastergrad URL: <https://mastergrad.com/blogs/post/10601/>
5. Teplicaexpert URL: <https://teplicaexpert.com/vidy-i-proizvoditeli-teplic/umnaya/>
6. Static URL: <https://static.chipdip.ru/lib/787/DOC002787564.pdf>
7. Habr URL: <https://habr.com/ru/post/262731/>
8. ChipDip URL: <https://www.chipdip.ru/product/stm32f103c8t6>
9. Catalog URL: http://catalog.gaw.ru/index.php?page=component_detail&id=4889
10. ChipDip URL: <https://www.chipdip.ru/product/stm32f103c8t6>
11. Wikipedia URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP8266>
12. Wikipedia URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32>
13. Raspberrypi URL: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/?resellerType=home>
14. OrangePi URL: <http://www.orangepi.org/orangepione/>
15. MTSsystem URL: <http://www.mt-system.ru/catalog/interfejsnye-moduli-i-mikroshemy/kompanija-wiznet/mikroshemy-dlja-postoroenija-setej-etherne>
16. MTSsystem URL: <http://www.mt-system.ru/catalog/interfejsnye-moduli-i-mikroshemy/kompanija-wiznet/mikroshemy-dlja-postoroenija-setej-ether-1>
17. Raspberrypi URL: <https://www.raspberrypi.org/documentation/remote-access/vnc/>
18. Sprut URL: <https://sprut.ai/client/article/234>
19. Habr URL: <https://habr.com/ru/post/463669/#:~:text=MQTT%20—%20это%20протокол%20обмена%20сообщениями,Арлен%20Ниппер%20из>

%20Cirrus%20Link.&text=C%20учётom%20суровых%20условий%20експлуатации%20протокол%20сделан%20маленьким%20и%20лёгким

20. Node-RED URL: <https://nodered.org/docs/getting-started/raspberrypi>

21. SimonHearne URL: <https://simonhearne.com/2020/pi-influx-grafana/>

22. Grafana URL: <https://grafana.com/tutorials/install-grafana-on-raspberrypi/#3/>

23. Закон України «Про охорону праці» згідно з Постановою Верховної Ради України № 345-VI від 2 вересня 2008 року

24. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. Наказ «Укренерго наладка вимірювання» від 01.07.2016р. № 204.

25. ДСТУ 2293:2014. «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять»: Наказ Мінекономрозвитку України від 02.12.2014 р. № 1429.

26. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: Постанова Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42.

27. ДСанПІН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин: Постанова Головного державного санітарного лікаря України від 10 грудня 1998 р. № 7.

28. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Затверджено наказом Мінрегіону № 264 від 3 жовтня 2018 року.

29. ДСТУ 2867-94. «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги».

30. ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

31. ДСТУ 2267-93 «Вироби електротехнічні. Терміни та визначення».

32. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» :

Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 15.06.2016 № 158.

33. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» : Наказ Мінрегіону України від 31.10.2016 № 287.