

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університету імені Юрія Федьковича»
Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж Чернівецького
національного університету імені Юрія Федьковича»

Природничче відділення
Циклова комісія комп'ютерної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітньо-професійного ступеня «фаховий молодший бакалавр»
зі спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
підготовки за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»
на тему: «**Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32**»

Виконав (ла):

студент (ка) 4-го курсу Конопницький Владислав Олександрович
(прізвище, ім'я та по батькові)

(підпис)

Керівник:

Мельничук А.Ю.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент:

Тащук О.Ю.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

До захисту допущено:

Протокол засідання циклової комісії № _

від „__” _____ 2024 р.

Голова циклової комісії _____ Олександр ТАЩУК

Чернівці, 2024

Завдання та календарний план роботи

Міністерство освіти і науки України

Чернівецький національний університету імені Юрія Федьковича»

Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж

Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича»

Затверджую
Голова циклової комісії,
Олександр ТАЩУК.

«___» _____ 2023 р.

Завдання

На кваліфікаційну роботу	Конопницький Владислав Олександрович
Тема кваліфікаційної роботи	Стенд для лабораторних робіт на базі мікроконтролера ESP32
Постановка завдання в короткій формі	Розробка, технічна реалізація, оптимізація спеціалізованого стенду на базі мікроконтролера ESP32 для робіт по ознайомленню із напрямом інтернет речей. Виконати аналіз існуючих рішень по створенню плат на основі мікроконтролера ESP32. Реалізація робіт для ознайомлення із можливостями розробленого стенду. Середовище для розробки CadSoft Eagle.
Вихідні дані (2-3 адреси сайтів, матеріали яких рекомендує керівник кваліфікаційної роботи)	https://uk.wikipedia.org/wiki/Мікроконтролер https://uk.wikipedia.org/wiki/ESP32

Календарний план роботи

Дата отримання версії звіту керівником	Етап виконання роботи	Виконання (зазначає керівник)
10.10.23	Отримання завдання до кваліфікаційної роботи.	
07.11.23	Огляд літератури, присвяченої обробці друкованих плат.	
29.11.23	Аналіз схожих конструкторських рішень. Оформлення розділу 1.	
15.12.23	Вибір компонентної бази, узгодження модулів стенду.	
05.01.24	Розробка макетного зразка лабораторного стенду для технологій інтернету речей	
26.02.24	Створення теоретичного матеріалу по використаним модулям. Оформлення розділу 2	
18.03.24	Розробка лабораторних робіт. Оформлення розділу 3	
02.05.24	Оформлення та редагування кваліфікаційної роботи.	
<i>за графіком</i>	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unichек.	
<i>за графіком</i>	Подання роботи на рецензію	
<i>за графіком</i>	Представлення роботи на засіданні Циклової комісії	
<i>за графіком</i>	Захист кваліфікаційної роботи	

Дата видачі завдання _____.

Студент

Владислав КОНОПНИЦЬКИЙ

Керівник (П.І.Б)

Христина МЕЛЬНИЧУК

Андрій МЕЛЬНИЧУК

АНОТАЦІЯ

В даній роботі виконано розробку, реалізацію і тестування стенду на основі плати із мікроконтролером EPS32. Актуальність роботи пояснюється потребою в постійному вдосконаленні методів та обладнання для навчання, які б забезпечували сучасну актуальність і ефективність. Друкована плата розроблялася з використанням системи CadSoft Eagle.

Робота складається з 3 розділів, в яких описано основні відомості про сам мікроконтролер, елементи з яких складається плата, описані аналогічні плати та їх недоліки, середовище в якому проводилось проектування схем та плати, створення електричних схем, монтажне креслення та сама друкована плата з обох боків. Приведені завдання для лабораторних робіт із застосуванням розробленого стенду.

Кваліфікаційна робота містить 73 сторінки, 43 рисунки, та 8 посилань на літературні джерела.

Ключові слова: електроніка, Інтернет речей IoT, система моніторингу, Arduino IDE, ESP, датчик температури, хмарне сховище, датчик пульсу. система проектування, мікроконтролер, лабораторні роботи, друкована плата, датчики,

ЗМІСТ

СПИСОК ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. ОГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32.....	10
Огляд існуючих аналогів.....	10
1.1. Огляд платформи M5Stack.....	10
1.2. Особливості технічних характеристик платформи Adafruit ESP32 Feather board.....	12
1.3. Функціональні можливості платформи Hiletgo ESP-32S.....	13
1.4. Огляд платформи Sparkfun ESP32.....	14
1.5. Платформа ESP32 SX1278 з використанням технології LoRa.....	15
Висновки до розділу 1.....	16
2. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО СТВОРЕНЕ РІШЕННЯ.....	17
2.1. Опис середовища, в якому відбувалась розробка.....	17
2.2. Опис застосованих елементів для проектування плати.....	19
2.2.1. Основні характеристик і функціонал ESP32.....	19
2.2.2. Функціональний модуль гіроскопа GY-521.....	23
2.2.3. Модуль управління сервоприводами PCA9685.....	25
2.2.4. Допоміжні та сервісні компоненти.....	25
2.3. Проектування друкованої плати.....	29
2.4. Результати конструкторського проектування макетного зразка.....	32
Висновки до розділу 2.....	36
3. РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ.....	37
3.1. Середовища і технологія програмування ESP32.....	37
3.2. Особливості передачі даних через стандарт Bluetooth.....	39
3.3. Особливості відображення графічної інформації.....	40
Висновки до розділу 3.....	42
ВИСНОВКИ.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	44

ДОДАТКИ.....	45
Додаток А. Друкована плата верхній шар.....	45
Додаток Б. Друкована плата нижній шар.....	46
Додаток В. Креслення макетної плати.....	47
Додаток Г. Розроблений лабораторний практикум.....	48
Г1. Лабораторна робота 1.....	48
Г2. Лабораторна робота 2.....	54
Г3. Лабораторна робота 3.....	57
Г4. Лабораторна робота 4.....	60
Г5. Лабораторна робота 5.....	62
Г6. Лабораторна робота 6.....	64
Г7. Лабораторна робота 7.....	69
Г8. Лабораторна робота 8.....	71

СПИСОК ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

IoT – мережа об'єктів, які пов'язані через інтернет. Wi-Fi – технологія бездротової локальної мережі.

BLE – безпроводна технологія Bluetooth з низьким енергоспоживанням.

USB – послідовний інтерфейс для підключення периферійних пристроїв.

GPIO – інтерфейс для зв'язку між компонентами в системі комп'ютерів.

SPI – стандарт для синхронної послідовної передачі даних.

UART – фізичний протокол передачі даних.

SoC – електрична схема на якій є функціональні складові цілого пристрою.

P-CAD – система автоматизованого проектування електроніки.

PCB – друкована плата.

PCB (програма) – редактор топології друкованих плат. SMT – технологія монтажу на поверхню плати.

SMD – компонент або пристрій, що монтується на поверхню плати.

I²C – послідовна шина для зв'язку між інтегральними схемами.

ЦАП – пристрій для перетворення цифрового коду в аналоговий сигнал.

DMA – технологія прямого доступу до пам'яті, міняючи центральний процесор.

CAN – шина для передачі і обміну даними між різними вузлами управління.

ШИМ – процес керування потужністю при якому змінюється тривалість імпульсу.

АЦП – пристрій, який перетворює вхідний аналоговий сигнал в цифровий.

ВСТУП

Актуальність теми. У зв'язку з швидким і стабільним розвитком ІТ-галузі попит на спеціалістів значно перевищує пропозицію. Основне завдання ІТ-фахівців - впровадження технологій майбутнього, що роблять світ розумнішим, зручнішим і кращим. Термін реалізації ІТ-проектів досить короткий - від кількох місяців до кількох років, що дозволяє швидко бачити результати своїх зусиль.

Загальна комп'ютеризація світу робить ІТ-галузь невід'ємною частиною багатьох життєвих процесів сучасної людини. Від повсякденних онлайн-покупок та розваг до автоматизації виробничих процесів, що підвищують ефективність і прибутковість підприємств. Для створення, впровадження та підтримки таких процесів потрібні кваліфіковані спеціалісти.

Отже, необхідність розвитку системи навчання та підготовки спеціалістів різного профілю стає дедалі важливішою. Сучасний ринок вимагає не лише знань, але й умінь їх використовувати, творчо підходити до вирішення завдань та швидко адаптуватись до науково-технічного прогресу. Підготовка висококваліфікованих кадрів з актуальними знаннями і практичними навичками має велике значення. Тому потрібно вдосконалювати навчальні методи та засоби підготовки спеціалістів.

Одним з важливих напрямків є розвиток технічної бази навчальних закладів. Це включає модернізацію обладнання, технічних засобів, лабораторних стендів та макетів відповідно до сучасних досягнень науки і техніки. Лабораторні роботи сприяють глибокому засвоєнню навчального матеріалу та набуттю практичних навичок роботи з реальними компонентами і приладами.

Мета роботи: розробка, технічна реалізація, оптимізація спеціалізованого стенду на базі мікроконтролера ESP32, для робіт по ознайомленню із технологією "Інтернет речей".

Об'єктом дослідження є апаратно-програмні засоби обробки інформації та управління об'єктом за технологією інтернету речей.

Предметом дослідження є методи і способи удосконалення апаратних рішень і програмного забезпечення для практичної реалізації стенду на базі мікроконтролера ESP32.

Методи дослідження. В роботі використовуються методи для аналізу та вибору компонентної бази, проектування та моделювання плати в системі CadSoft Eagle та її реалізації.

У даній роботі вирішуються такі **задачі**:

1. Аналіз існуючих рішень по створенню плат на основі мікроконтролера ESP32.
2. Розробка і технічна реалізація плати на основі мікроконтролера ESP32, яка буде використовуватись, як основа стенду для лабораторних робіт.
3. Реалізація робіт для ознайомлення із можливостями розробленого стенду.

Практична цінність даного проекту полягає в тому, що буде створена актуальна база для проходження практичних робіт, завдяки чому, під час проходження курсу у студентів буде можливість здобути нові знання та закріпити їх за допомогою сучасних рішень.

1. ОГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32

Огляд існуючих аналогів

Сьогодні на ринку представлено безліч пристроїв, орієнтованих на Internet of Things (IoT). Завдяки своїй популярності та актуальності, цей напрямок стрімко розвивається, залучаючи все більше інвестицій і уваги. Різноманітні організації та окремі розробники прагнуть створити інноваційні пристрої, які б суттєво відрізнялися від існуючих рішень, пропонуючи нові функції та покращуючи зручність використання. В результаті, з'являються нові технології, що підвищують ефективність, безпеку і комфорт у повсякденному житті.

1.1. Огляд платформи M5Stack

Одним з широко відомих виробів являється платформа M5Stack. Концепція розробки полягає в тому, що мікроконтролер ESP32 розміщений в компактній конструкції приблизно 5 x 5 сантиметрів, в цій конструкції знаходяться всі необхідні порти, входи та виходи, які дозволяють легко та швидко використовувати необхідні модулі. Також важливою особливістю є можливість нашаровування різних модулів.

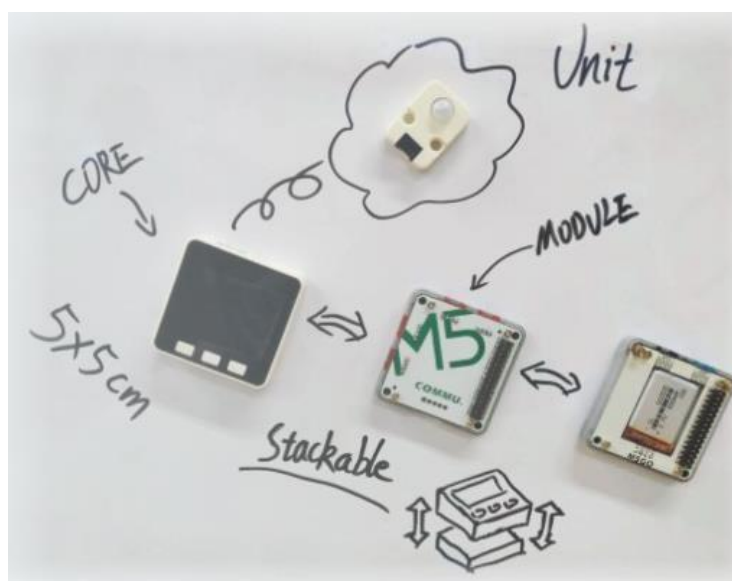


Рис. 1.1. Концепція M5Stack

M5Stack – це серія модулів мікроконтролера, які можуть бути складені для розширення. Головний модуль використовує ESP32 як ядро, з функцією WiFi / BLE, із внутрішньою інтеграцією 2-дюймового рідкокристалічного дисплею, 1 Вт динаміків, TF-карт-читачем, інтерфейсом Grove і високою тривимірною антеною, ІС-батареєю, із внутрішньою інтеграцією у нижній модуль літієвої батареї на 150 мА, також внутрішня шина ІО розширена.



Рис. 1.2. Структура платформи M5Stack

M5Stack поставляється в різних комплектаціях, початкова версія Basic Kit містить головний модуль із мікроконтролером ESP-32, який розповсюджується із відкритим кодом, є дуже дешевим, має широкую функціональність, а також дуже простий для виготовлення нових продуктів, включаючи схемотехнічну частину, розробку друкованої плати та програмного забезпечення. Цей початковий набір непоганий для швидкого старту по вивченню IoT.

Данна платформа є гарним вибором для розробки та реалізації великої кількості ідей та проектів, існують моменти, які можна покращити та використати, але існують свої недоліки: висока ціна, закордонне замовлення та доставка, нестабільне програмне забезпечення із обмеженим функціоналом, загальна концепція може бути мінусом.

1.2. Особливості технічних характеристик платформи Adafruit ESP32 Feather board

Наступним аналогом являється Adafruit ESP32 Feather board, компактна платформа з модулем WROOM32.

На ній знаходиться: вбудований USB-to-Serial конвертер, модуль для автоматичного скидання завантажувача, літій-іонний/полімерний зарядний пристрій, і велика кількість GPIO виводів.

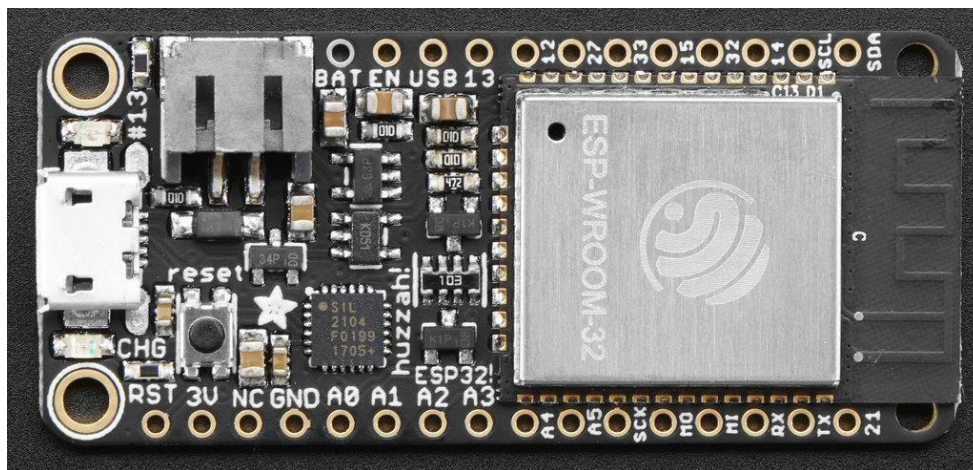


Рис. 1.3. Вигляд платформи Adafruit ESP32 Feather board Модуль, що розташований наприкінці плати, містить двоядерний чіп

ESP32, 4 Мб SPI Flash, налаштовану антенну, і необхідні пасивні елементи, які дозволяють використовувати цей процесор. Маючи підтримку WiFi і Bluetooth він ідеально підходить для будь-якого безпроводного чи Інтернет проекту. Оновивши мікроконтролер на ESP32, платформа отримала набагато більше виводів GPIO, аналогових входів, два аналогових вихода, кілька додаткових периферій (наприклад UART), і загальна збільшена потужність процесора.

Adafruit ESP32 Feather board має свої переваги, завдяки яким, має широкий спектр використання, так оскільки їх виготовляються в Сполучених Штатах Америки, можуть виникнути проблеми при оформленні замовлення та доставці.

1.3. Функціональні можливості платформи Hiletgo ESP-32S

Платформа Hiletgo ESP-32S розроблена для того, щоб запропонувати розробникам вбудованих систем доступ до всіх функцій ESP-WROOM-32 SoC. Її можна використовувати для створення прототипів для проектів, які потребують з'єднання Bluetooth або проектів на основі Інтернету речей. Він ідеально підходить як для професіоналів, так і для початківців, оскільки його легко налаштувати і програмувати, завдяки додатковим важливим компонентам, з якими він поставляється.



Рис. 1.4. Загальний вигляд платформи Hiletgo ESP-32S

Взаємодія з HiLetgo ESP-32S з іншими пристроями і периферійних пристроїв не викликає труднощів. Це пов'язано з його оптимізованою конфігурацією. Коли встановлюється на breadboard, ESP-32S лишає порожній рядок на будь-якій стороні плати, забезпечуючи доступ до всіх його штифтів. Завдяки меншому розміру, номери контактів розміщені на нижній частині плати. Отже, нелегко визначити ці номери, коли ESP-32S змонтований на макеті.

Програмування плати ESP-32S здійснюється за допомогою USB-кабелю, завдяки USB-мосту CP2102, доступному на платі. Плата може бути запрограмована за допомогою NodeMCU Lua і існує декілька ресурсів, які швидко допоможуть розпочати роботу. Ресурси надають інформацію про те, як побудувати для ESP32, прошивки, схеми та Lua SDK. Ці ресурси надаються компанією, яка розробила плату ESP-32S.

До недоліків можна віднести:

- оскільки контакти підписані лише на нижній частині плати, коли плата вставляється в макет, ці надписи марні;
- немає зовнішнього роз'єму для антени WiFi, ні місця пайки для роз'єму.f1 (для радіочастотного використання) або подовжувача RP-SMA;
- вбудований регулятор напруги не дозволяє змінити величину електричної напруги до необхідних значень;
- вбудований світлодіод, який вказує на споживання потужності, щотакж збільшує споживану потужність. Його можна видалити.

1.4. Огляд платформи Sparkfun ESP32

Платформа Sparkfun ESP32 – це платформа для розробки ESP32 SoC. Вона має основні можливості бездротового зв'язку Bluetooth і Wi-Fi, які надає ESP32 SoC, а також інтерфейс USB-UART і ланцюг зарядки акумулятора Lipo. За допомогою цих функцій надається можливість легко запрограмувати та налаштувати пристрій IoT з батареєю.



Рис. 1.5. Платформа SparkFun ESP32 Thing

Платформа поставляється з усіма функціональними можливостями для легкого зв'язку та програмування ESP32 з комп'ютером. Також оснащений роз'ємом для батарей LiPo і зарядним пристроєм LiPo. Це означає, що акумуляторні батареї можна легко зарядити, підключивши 5V до плати через роз'єм USB. Sparkfun також має багато хорошої документації про цю плату.

1.5. Платформа ESP32 SX1278 з використанням технології LoRa

Плата ESP32 SX1278 (LoRa) – ця плата ESP32 поставляється з чіпом SX1278, який є чіпом приймача LoRa. LoRa – це технологія бездротової передачі даних, яка дозволяє здійснювати малий обсяг передачі даних на великій відстані, мінімізуючи споживання енергії. Він поставляється з OLED-дисплеєм, що дуже зручно для відображення повідомлень LoRa.

По документам виробника, радіус дії на відкритому повітрі може досягати 10 кілометрів, а час роботи від батареї може скласти декілька років. Робочі частоти залежать від країни, і складають 433 або 868МГц (EU версія) або 915МГц (USA версія). В реальності ці цифри дуже відрізняються.

Обіцяна дальність в умовах міста складає близько 3 кілометрів. Результат дійсності не дуже хороший, при максимальній потужності і антені на 868МГц, сигнал повністю зникає вже через кілька будівель.



Рис. 1.6. Плата ESP32 SX1278

Таким чином якщо потрібно зробити проект з LoRa за допомогою ESP32, це може бути відмінним варіантом, оскільки він вже поставляється з мікросхемою LoRa. Наприклад, якщо потрібно передавати невеликі об'єми даних, на велику відстань із прямою видимістю до об'єкта. Також можливе використання у великих приміщеннях, на заводах, там де провести кабель до датчика дуже дорого або складно, а об'єми даних невеликі. Таким чином через використання технології LoRa, дана платформа досить обмежена у всіх інших аспектах, тому якщо не використовувати технологію LoRa у своїх проектах, існують значно кращі платформи на основі мікроконтролера ESP32.

Висновки до розділу 1

В результаті аналізу існуючих платформ на базі мікроконтролера ESP32 були розглянуті найпоширеніші реалізації, їхні переваги та недоліки, а також зроблено висновок про доцільність використання і можливість покращення деяких аспектів для створення макетного зразка лабораторного стенду для технології Інтернету речей.

Метою цієї розробки є створення універсальної платформи для демонстрації можливостей модуля ESP32 у вирішенні типових задач Інтернету речей. Для цього необхідно розробити модуль, що дозволяє апробовувати підходи до створення комплексного рішення, яке задовольняє всі вимоги розробки. Важливо, щоб макетний зразок стенду, який розробляється, мав максимально можливу технічну базу, що дозволить вирішувати широкий спектр завдань, відрізняючись від аналогічних конструкторських рішень.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО СТВОРЕНЕ РІШЕННЯ

2.1. Опис середовища, в якому відбувалась розробка

CadSoft Eagle 7.2.0 – це комплексний інструмент для розробки друкованих плат, який охоплює весь процес від створення принципової електричної схеми до створення та трасування друкованої плати. Програма має велику бібліотеку стандартних і поширених електронних компонентів. Всі зміни в проекті синхронізуються, тобто будь-яке змінення або видалення компонента на схемі негайно відображається на зображенні плати. EAGLE дозволяє відкат подій на будь-яку кількість кроків. Вона включає модуль для створення принципових схем, редактор друкованих плат, модуль для автоматичного трасування друкованих плат, та зручний редактор бібліотек. Програма підтримується на платформах Windows, Linux та Mac OS X.

Шари (Layers) в системі проектування друкованих плат (PCB) Cadsoft Eagle – вельми критична частина проекту. Коли Ви готові згенерувати документацію для надання на виготовлення, то створювані Gerbers-файли отримують інформацію безпосередньо зі шарів плати, щоб точно передати технологічний графік струмопровідних доріжок, отворів, паяльної маски, шовкографії і контуру плати. Система проектування друкованих плат Eagle використовує окремі спочатку задані шари (layers) для різних цілей.

Програма включає в себе:

- Schematic Module – це модуль для створення принципових схем, який пропонує зручний інтерфейс, сітку для вирівнювання компонентів і електричних ліній, а також інструменти для малювання на аркуші.
- Layout Editor – це редактор друкованих плат, який дозволяє розміщувати компоненти на платі. Він включає перевірку на наявність помилок, допоміжні лінії для спрощення ручного трасування та інструменти для нанесення шовкографії на плату.
- Autorouter – це модуль для автоматичного трасування друкованих плат, який має багато налаштувань, що дозволяють підвищити

якість автотрасування.

- Library Editor – надзвичайно гнучкий та зручний редактор бібліотек.

Стандартна програма також включає модулі для перевірки правильності підключення електричних ланцюгів (ERC – Electrical Rule Check) і правильності розташування компонентів на платі (DRC – Design Rule Check). EAGLE здійснює ці перевірки автоматично, без необхідності використання сторонніх утиліт, так що користувач навіть не помічає їхньої роботи. На відміну від P-CAD або ACCEL EDA, де потрібно запускати різні програмні модулі, в EAGLE всі переходи здійснюються безпосередньо в межах самої програми. Програма також дозволяє заливати заданий простір полігонами.

Шари, які активно використовуються:

1. Top – верхня сторона друкованої плати (PCB). На цю сторону встановлюється більшість габаритних деталей і найчастіше наноситься шовкографія. З поширенням монтажу SMD фізичні відмінності шарів TOP і BOTTOM можуть бути мінімальні, проте терміни зберігаються, щоб розрізнити один від одного боку плат.
2. Bottom – нижня сторона друкованої плати (PCB).
3. Pads – позначення майданчиків для ніжок штирьових (для яких необхідно свердлити отвори) компонентів.
4. Vias – позначення наскрізних перехідних отворів. Перехідний отвір створює електричне з'єднання між шарами.
5. Unrouted – на цьому шарі показані ще не розведені міддю електричні з'єднання. Шар використовується тільки для розробки трасування.
6. Dimension – на цьому шарі намальований контур друкованої плати, а також монтажні наскрізні отвори.
7. tKeepout – інформація для автороутера, що обмежує область прокладки провідників під деталями для верхнього шару. Наприклад, щоб провідники не замикались на металеві частини корпусу деталі. У PCAD слово Keepout застосовується в дещо іншому значенні (Polygon Keepout не пов'язаний з компонентами і може поширювати дію відразу на обидва шари).

Можна використовувати для позначення габаритів деталей, щоб при розміщенні їх на платі всі деталі помістилися.

8. tRestrict – те ж саме, що і tKeepout, але тут інформація про заборону прокладки трас не пов'язана з компонентами (деталлями). В області tRestrict заборонена прокладка трас, установка перехідних отворів (via), і відсутня заливка міддю.

9. vRestrict – інформація для автороутера – заборонені місця для перехідних отворів (via).

10. Drills – позначення отворів з металізацією (зазвичай для пайки виводів компонентів, перехідних отворів). У таких отворах верхній і нижній шари плати з'єднані міддю.

11. Holes – позначення отворів без металізації (зазвичай для простих або напрямних отворів). Такі отвори не мають міді в каналі отворів, і також частона верхній і нижній сторонах плати біля отвору мідь відсутня.

12. Measures – цей шар можна використовувати для проставлення розмірів на друкованій платі.

2.2. Опис застосованих елементів для проектування плати

2.2.1. Основні характеристик і функціонал ESP32

Мікроконтролер ESP32 – це серія недорогих, енергоефективних систем на кристалі з інтегрованим бездротовим доступом до Інтернету та підтримкою двох режимів Bluetooth. У серії ESP32 використовується мікропроцесор Tensilica Xtensa LX6, доступний у двоядерних та одноядерних варіаціях, і вона включає вбудовані антенні перемикачі, генератор радіочастотного сигналу, підсилювач потужності, фільтри та модулі керування живленням. ESP32 створений і розроблений компанією Espressif Systems, китайською компанією зі штаб-квартирою в Шанхаї, а виробляється компанією TSMC [1].

Характеристики ESP32: підтримує весь стек протоколів стандартів Wi-Fi 802.11n і BT4.2, забезпечуючи даний функціонал через інтерфейси SPI / SDIO або I²C / UART.

Чіп Espressif ESP 32 може працювати в якості центрального процесора (підтримка Open CPU) і як підпорядкований пристрій (slave device), керований мікроконтролером.

Мікроконтролер ESP32 включає в себе наступне [1]:

1. Процесори:
 - процесор: Xtensa двоядерний (або одноядерної) 32-розрядний LX6мікропроцесор, що працює на 160 або 240 МГц і виконує до 600 DMIPS;
 - співпроцесор ультра низької потужності.
2. Пам'ять: 520 Кб пам'яті SRAM
3. Бездротовий зв'язок:
 - Wi-Fi: 802.11 b/g/N;
 - Bluetooth: B4.2 BR/EDR.
4. Периферійні інтерфейси:
 - 12-розрядний АЦП до 18 каналів;
 - 2 × 8-біт ЦАП;
 - 10 × портів для підключення ємнісних сенсорів;
 - датчик температури;
 - 4 × SPI (послідовний синхронний) інтерфейси;
 - 2 × I2S (для цифрових аудіопристроїв) інтерфейси;
 - 2 × I2C інтерфейси;
 - 3 × UART ;
 - SD/SDIO/CE-ATA/MMC/eMMC хост-контролер;
 - SDIO/SPI підпорядкований контролер;
 - Ethernet Mac інтерфейс з виділеними DMA і стандарти IEEE 1588 точногочасу за протоколом підтримки;
 - шину CAN bus 2.0;

- інфрачервоний пульт дистанційного управління (передавач/приймач, до 8 каналів);

- можливість підключення двигунів та світлодіодів через ШІМ-вихід;

- аналоговий передпідсилювач ультра низької потужності.

5. Заходи для підтримання безпеки:

- стандарт IEEE 802.11 підтримує всі функції безпеки, у тому числі WPA, захист WPA/WPA2 і WAPI;

- безпечне завантаження;

- шифрування флеш;

- 1024-бітний ключ, до 768 біт для клієнтів;

- криптографічне апаратне прискорення: AES, SHA-2, RSA, криптографія на основі еліптичних кривих (ECC), генератор випадкових чисел (ГВЧ).

6. Управління живленням:

- внутрішній низький регулятор відключення;

- індивідуальний енергетичний домен для RTC;

- 5 мкА струм режиму "глибокий сон";

- прокидання з переривання від GPIO, таймера, вимірювання АЦП, переривання ємнісного сенсорного датчика.

На рисунку 2.1 представлена будова мікроконтролера ESP32 з усіма описаними вище складовими.

Для плат розроблених на основі мікроконтролеру ESP32 використовується велика кількість мов програмування, наприклад:

1. Мова Wiring для середовища Arduino.

2. Lua.

3. MicroPython.

4. Espruino.

Espruino – це інтерпретатор JavaScript з відкритим вихідним кодом, призначений для мікроконтролерів, зокрема для пристроїв з обсягом оперативної пам'яті до 8 кб. Lua – це мова програмування, яка використовує

скрипти та реалізує прототипну модель об'єктно-орієнтованого програмування.

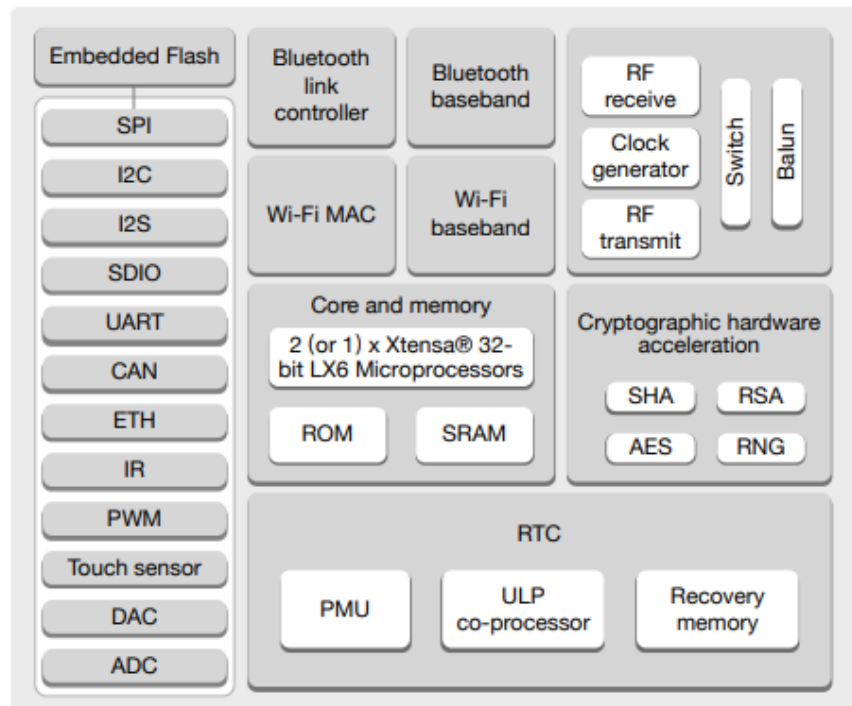


Рис. 2.1. Функціональна блокова діаграма ESP32

Програмування модуля ESP32 може проводитися на різних платформах, і середовищах, ось невеликий список найбільш популярних варіантів:

- Arduino IDE;
- Espressif IoT Development Framework;
- Espruino;
- PlatformIO;
- Румакр IDE.

Більшість проектів реалізується на Arduino IDE і Espruino.

Мікроконтролер ESP32 задовольняє вимоги проекту завдяки своєму широкому спектру використання, який охоплює все – від керування звичайним світлодіодом через інтернет до різних застосувань у технології інтернету речей. Крім того, характеристики мікроконтролера є достатніми для реалізації поставлених завдань.

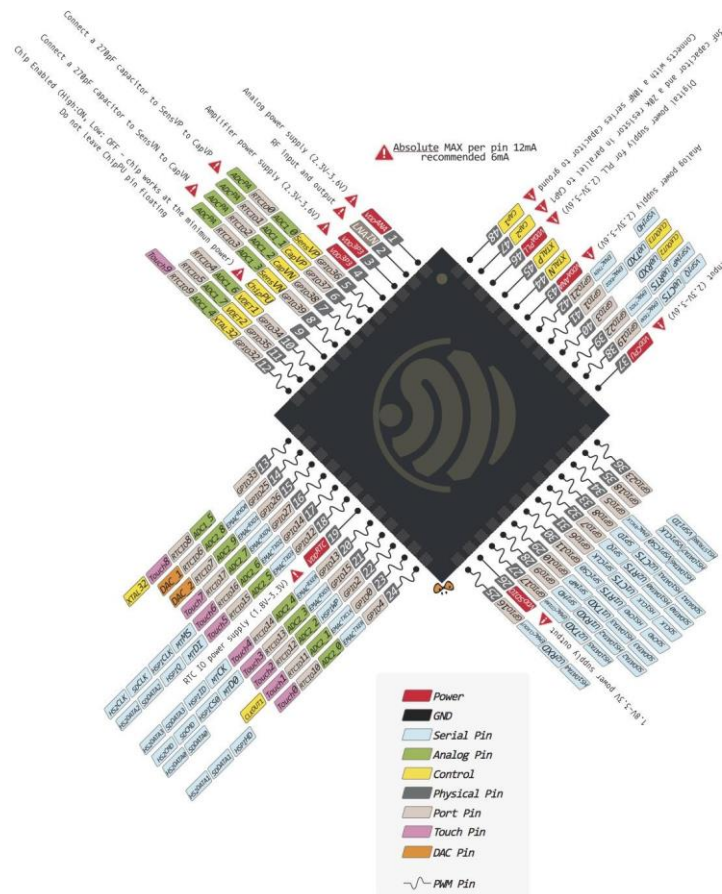


Рис. 2.2. Призначення контактів

Мікроконтролер оснащений 48 контактами, які призначені для різних функцій (рис. 2.2). Розміщення та кількість контактів може змінюватись, це залежить від виробника та вимог до його продукції.

2.2.2. Функціональний модуль гіроскопа GY-521

Модуль GY-521 призначений для визначення розташування та переміщення об'єкта в просторі за допомогою триосного гіроскопа та триосного акселерометра. Крім того, на борту модуля є датчик температури. Цей модуль може бути використаний для проектування квадрокоптера, стабілізатора для камери та інших проектів, які базуються на платформі Arduino та подібних [2].

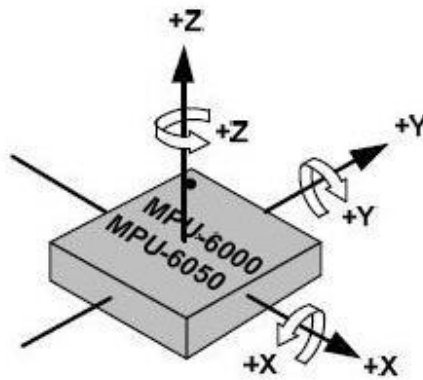


Рис. 2.3. Орієнтація осей чутливості і полярності обертання

Гіроскоп модуля вимірює кутове прискорення тіла по трьох осях (X, Y, Z), в то час як акселерометр обчислює прискорення тіла вздовж одного напрямку. Для визначення прискорення акселерометр використовує п'єзоелектричний ефект. У спокійному стані модуль постійно проводить калібрування датчика. Крім того, датчик може визначати і реєструвати динамічні параметри при русі. Плата модуля спроектована на базі мікросхеми MPU-6050 від американської компанії InvenSense, яка включає цифровий процесор для обробки сигналів руху DMP (Digital Motion Processor). Завдяки цьому процесору модуль може самостійно робити розрахунки та обробляти інформацію від інших зовнішніх датчиків. Дані з мікросхеми зберігаються в кільцевому буфері FIFO, розмір якого становить 1024 байт. Модуль підключається до Arduino або інших мікропроцесорних пристроїв за допомогою I2C інтерфейсу через виводи SCL (тактові імпульси) і SDA (дані датчика). Для живлення плати використовуються контакти VCC і GND, при цьому напруга може бути подана як від зовнішнього джерела живлення, так і від плати Arduino. Крім того, модуль GY-521 включає понижуючий лінійний стабілізатор для живлення від 5В. На платі також розміщений світлодіод, який загоряється червоним кольором при подачі напруги. Для роботи з модулем в середовищі Arduino IDE використовується бібліотека WIRE, а також доступна бібліотека I2Cdevlib для доступу до MPU-6050 [2].

2.2.3. Модуль управління сервоприводами PCA9685

Модуль PCA9685 – це 16-ти каналний 12-розрядний контролер з настрайованою частотою ШІМ в межах від 24 до 1526 Гц (рис. 2.4). За допомогою ШІМ контролера можна управляти яскравістю світлодіодів, сервоприводами, і іншими пристроями, де в якості керуючого сигнали застосовується ШІМ сигнал. Для управління PCA9685 використовується шина I2C, на цій платі є дві групи роз'ємів для шини I2C з двох сторін. Це дозволяє підключати на одній шині кілька плат послідовно або підключати інші I2C пристрою [3].

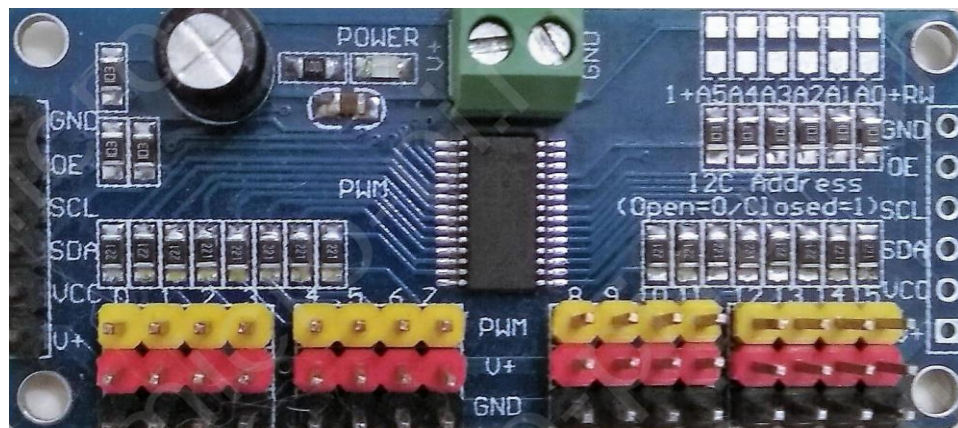


Рис. 2.4. 12-бітний PWM/Servo модуль

На платі є перемикачі, які дозволяють встановити адресу пристрою на відмінну від стандартної. Тому, якщо 16 каналів недостатньо, можна послідовно підключити кілька таких плат, встановивши перемикачі на кожній з них свою адресу. Ця конструкція дозволяє каскадне підключення та керування 992 сервоприводами або 62 платами [3].

2.2.4. Допоміжні та сервісні компоненти

Модуль PCF8574 – це пристрій розширення портів введення/виведення. У PCF8574 є 8-бітний порт введення-виведення загального призначення, зчитування або запис даних може здійснюватися будь-яким мікроконтролером або іншим пристроєм за допомогою шини I2C. Цей розширювач має низьке споживання енергії і виходи з регульованим струмом для прямого використання з світлодіодами.

Барометр BMP180 – це датчик атмосферного тиску, який також вимірює температуру. Цей пристрій складається з п'єзорезистивного датчика, термодатчика, аналого-цифрового перетворювача (АЦП), енергонезалежної пам'яті, ОЗП та мікроконтролера. Управління BMP180 здійснюється через шину I2C.

Барометр BMP180 – це датчик атмосферного тиску з функцією вимірювання температури. Складається пристрій з п'єзо–резистивного датчика, термодатчика, АЦП, енергонезалежної пам'яті, ОЗП і мікроконтролера. Управляється по шині I2C [4].

Цифровий датчик освітленості GY-302, що працює на базі чіпу BH1750, призначений для вимірювання фонового освітлення. Він володіє високою чутливістю і використовує поширений послідовний інтерфейс I2C. Спектр його чутливості збігається з кривою чутливості людського ока.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) дисплеї використовують технологію, в якій світлодіоди безпосередньо випромінюють світло, не потребуючи додаткового підсвічування, як у LCD дисплеїв. Тому вони не потребують підсвітки. Крім того, OLED дисплеї мають менше споживання енергії в порівнянні з іншими типами дисплеїв [5].

Міст USB–UART CH340G Мікросхема призначена для перетворення інтерфейсу USB в UART. Дозволяє створити на комп'ютері додатковий UART порт [6].

Мікросхема CH340G [6]:

- Підтримує повну швидкість специфікації USB 2.0.
- Вимагає мінімум зовнішніх компонентів. Тільки кварцовий резонатор і 4 конденсатора.
- Створює віртуальний послідовний порт, який емулює всі функції реального COM порту.
- Дозволяє використовувати всі існуючі програми для COM портів без зміни і доопрацювань.
- Апаратна частина підтримує послідовний дуплексний інтерфейс

звнутрішнім буфером FIFO. Швидкість обміну від 50 біт в сек, до 2 Мбіт в сек.

- Підтримує повний контроль сигналів управління передачею даних RTS, DTR, DCD, RI, DSR і CTS.
- При використанні зовнішніх перетворювачів рівнів підтримує інтерфейси RS23, RS422, RS485.
- Може працювати з сигналами рівнів 5 і 3,3 В.

Мікросхема CH340G має вбудовані внутрішні резистори підтяжки для шини USB та ланцюги подавлення відбитого сигналу. Це означає, що виводи UD+ і UD- повинні бути підключені безпосередньо до відповідних сигналів USB. Крім того, мікросхема автоматично скидається при включенні живлення. Для правильної роботи мікросхеми необхідно забезпечити сигнал частотою 12 МГц на виведенні XI. Зазвичай це досягається за допомогою підключення кварцового резонатора частотою 12 МГц між виводами XI і XO, а також за допомогою навантажувальних конденсаторів між цими виводами і землею. Мікросхема може забезпечувати тактовий сигнал внутрішнім генератором, але також можна використовувати зовнішню тактову частоту. У цьому випадку тактовий сигнал слід подати на вивід XI, а вивід XO залишити непідключеним [6].

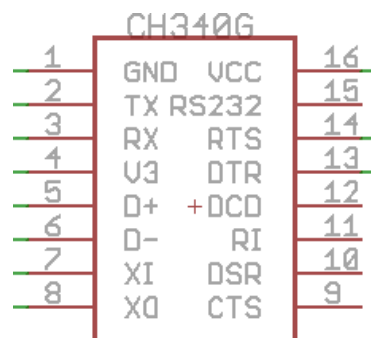


Рис. 2.5. Схема CH340G

Мікросхема підтримує два напруги живлення: 5 В і 3,3 В.

- При живленні 5 В необхідно підключити блокувальний конденсатор ємністю 4,7–20 нФ між землею і виводом V3.
- У режимі живлення 3,3 В вивід V3 повинен бути з'єднаний з виводом VCC.

MAX7219 - це драйвер для восьмирозрядного цифрового LED індикатора, який використовує послідовний інтерфейс. Він здатен керувати вісьмома семисегментними індикаторами з точкою або окремо 64 світлодіодами в LED панелях із загальним катодом. Ця мікросхема підходить як для семисегментних, так і для матричних індикаторів [7].

Драйвер MAX7219 використовується за допомогою трипровідної послідовної шини Microwire (3-Wire). Цей драйвер дозволяє каскадне підключення для управління великою кількістю індикаторів. Кожен розряд індикатора має свою власну адресу, що дозволяє оновлювати вміст без перезаписування всього індикатора. Крім того, MAX7219 дає можливість користувачеві налаштовувати режим декодування для кожного розряду [7].

Драйвер MAX7219 має такі переваги:

- Забезпечує зручне управління семисегментний індикаторами, спрощує розробку пристроїв з семисегментний індикаторами.
- Забезпечує дуже пристойну яскравість кожного сегмента середнім струмом до 40мА на сегмент.

Модуль керування двигунами, що базується на мікросхемах L9110 (рис. 2.6), дозволяє керувати двома окремими колекторними двигунами постійного струму (DC-двигуни), або одним чотирипровідним двофазним кроковим двигуном [7].

Драйвер може працювати в двох режимах:

- в режимі А – управління напрямом обертання кожного двигуна по окремо;
- в режимі В – управління швидкістю повернення двигунів з допомогою ШІМ.

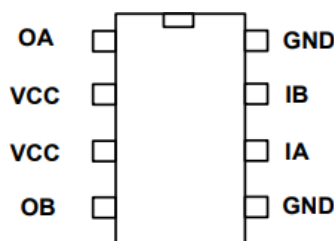


Рис. 2.6. Схема L9110

2.3. Проектування друкованої плати

Обрані необхідні елементи, які задовольняють вимоги проекту:

1. Невисока ціна, щоб за свою ціну можна було отримати оптимальне рішення.
2. Компонентна сумісність.
3. Доступність.
4. Технологічна актуальність.
5. Компактність.

Елементи, що були описані в першому розділі, відповідали цим критеріям, тому саме їх і було обрано для цього стенду.

CadSoft Eagle 7.2.0 було обрано через його особливості та зручне середовище для проектування.

На рисунку 2.7 спроектована та розроблена принципова схема мікроконтролера ESP32 та його підключення.

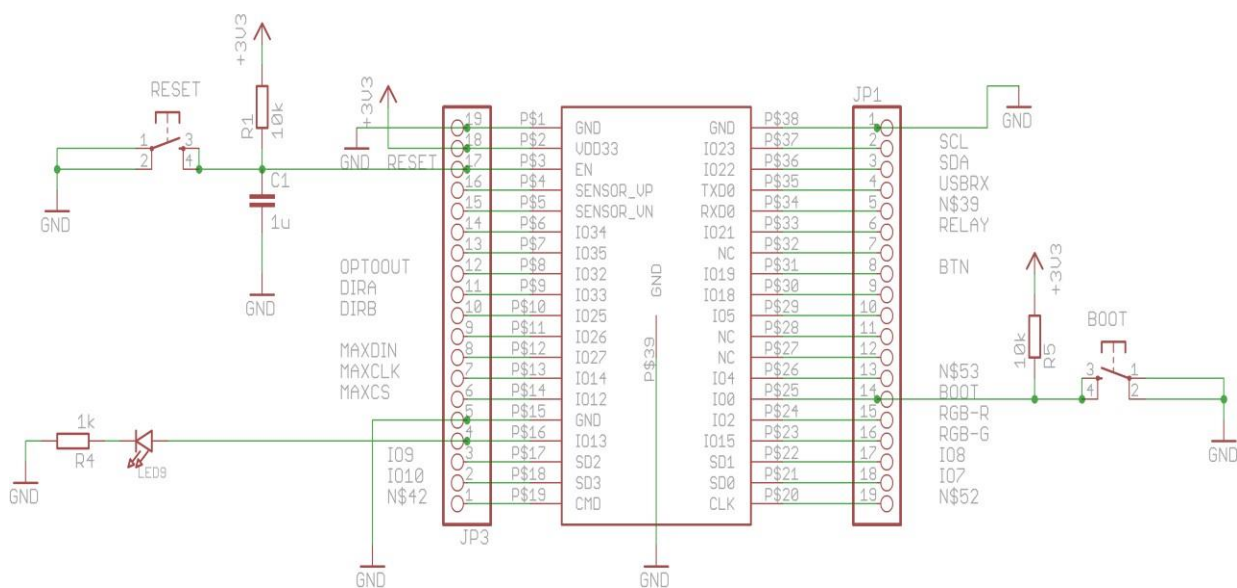


Рис. 2.7. Електрична принципова схема ввімкнення ESP32

Оскільки деякі елементи мають та використовують шину даних, I²C – послідовну шину даних для зв'язку інтегральних схем, а також проста шина внутрішнього зв'язку для створення керуючої електроніки. Розроблено підключення для цих елементів з використанням I²C (рис. 2.8).

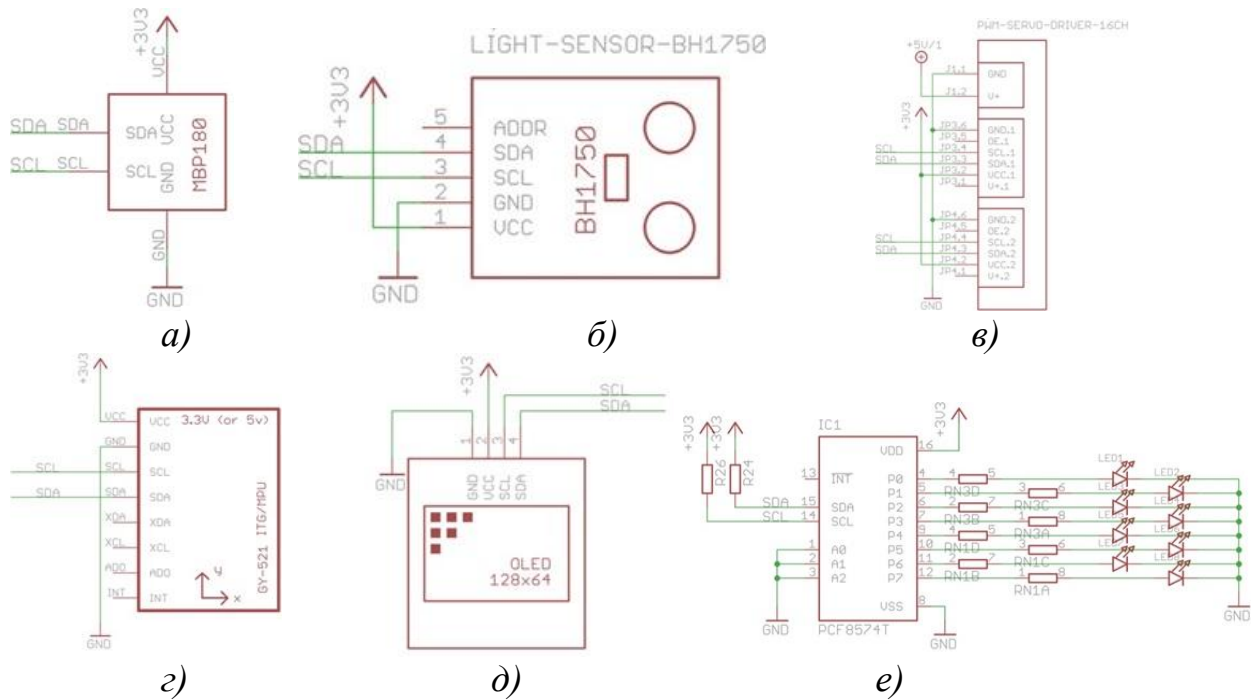


Рис. 2.8. Пристрої підключені по I²C шині: а) барометр BMP180; б) цифровий датчик освітленості; в) 12-бітний PWM/Servo модуль; г) модуль із гіроскопом та акселерометром; д) OLED дисплей; е) розширювач портів введення / виведення PCF8574.

Далі розроблена схема для живлення компонентів плати (рис. 2.9).

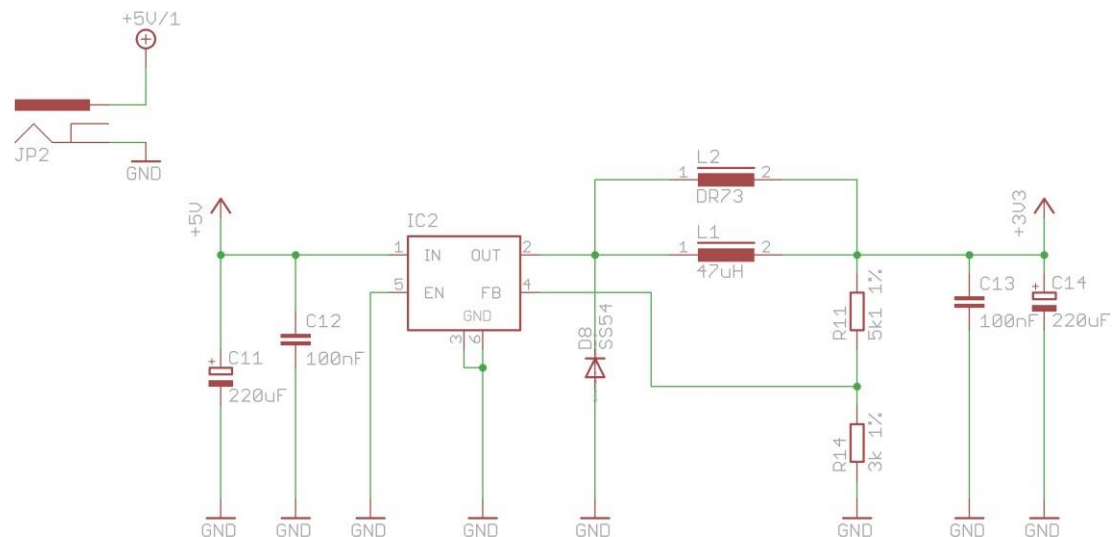


Рис. 2.9. Схема живлення

На наступній схемі показані послідовні та USB порти і використана мікросхема CH340G, міст USB–UART, емулює роботу стандартного COM порта (рис. 2.10). UART – тип асинхронного приймача–передавача, компонентів комп'ютерів та периферійних пристроїв, що передає дані між

паралельною та послідовною формами, зазвичай окрема мікросхема чи частина мікросхеми, що використовується для з'єднання через комп'ютерний чипериферійний послідовний порт. Також підключивши EN і GPIO0 до RTS та DTR ми отримаємо змогу автоматично переходити до завантажувача.

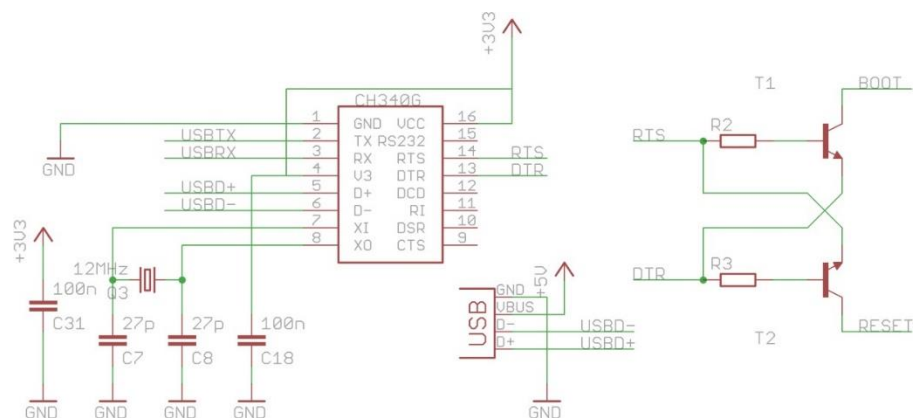


Рис. 2.10. Послідовні та USB порти

Матричний індикатор – різновид знаковисинтезуючого індикатора, елементи відображення якого згруповані за рядками та стовпцями. Матричний індикатор призначений для виведення зображень символів, спеціальних знаків та графічних об'єктів у різноманітних пристроях для зорового сприйняття. Для використання матричного індикатора розроблена схема на основі драйверу восьми розрядного цифрового LED індикатора з послідовним інтерфейсом MAX7219.

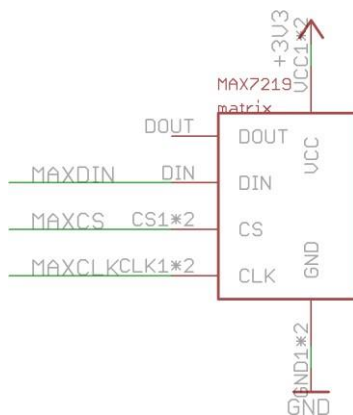


Рис. 2.11. Драйвер для світлодіодної індикації

Для керування двигунами необхідно використовувати драйвери. В

даному стенді використаний драйвер на основі мікросхеми L9110 та розроблена наступна схема для реалізації керування двигуном.

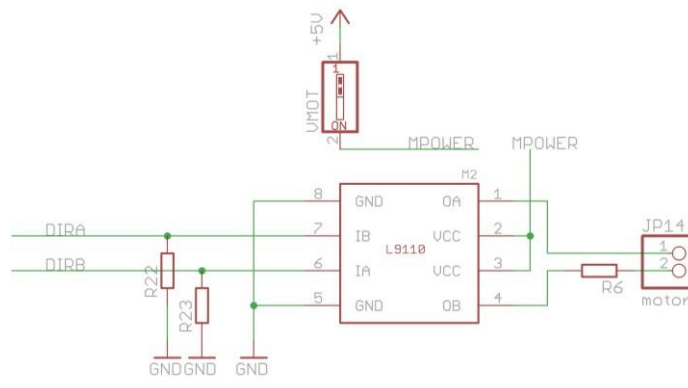


Рис. 2.12. Драйвер для керування двигуном

2.4. Результати конструкторського проектування макетного зразка

В результаті проектування були отримані необхідні схеми для створення друкованої плати, в редакторі друкованих плат PCB, були розташовані елементи плати (рис. 2.13).

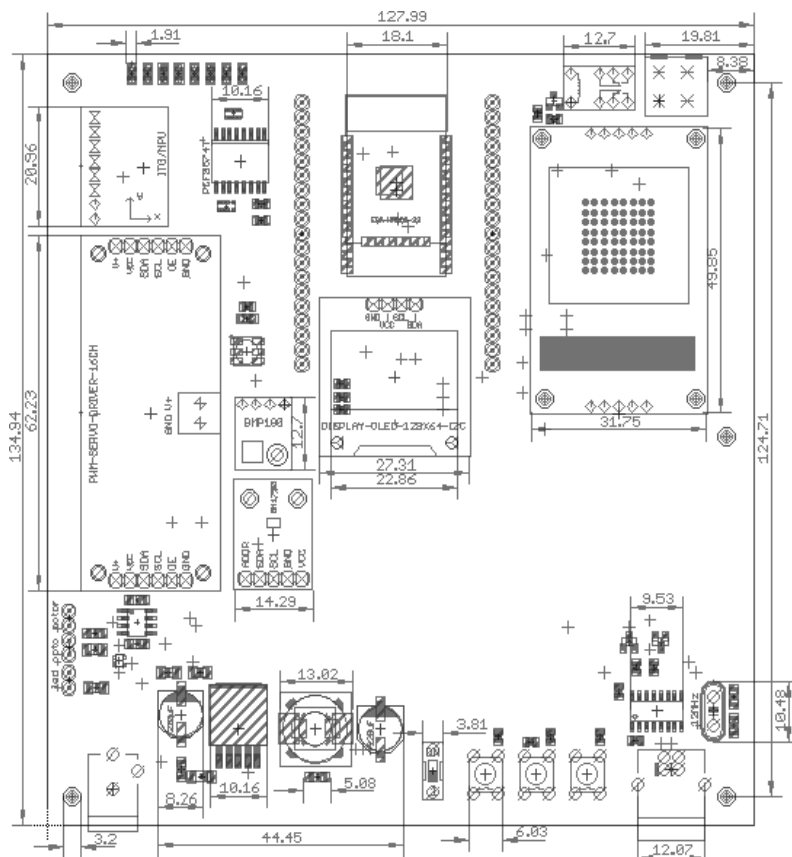


Рис. 2.13. Макета плати

На рисунку 2.13 зображено загальну схему стенду, із позначеними розмірами плати та її компонентів, для компоновки збірного креслення.

Також було створене монтажне креслення, та проведено трасування (проводка) для всіх елементів верхнього (TOP) для цієї плати (рис. 2.14), що демонструє розташування отворів для кріплення використовуваних модулів.

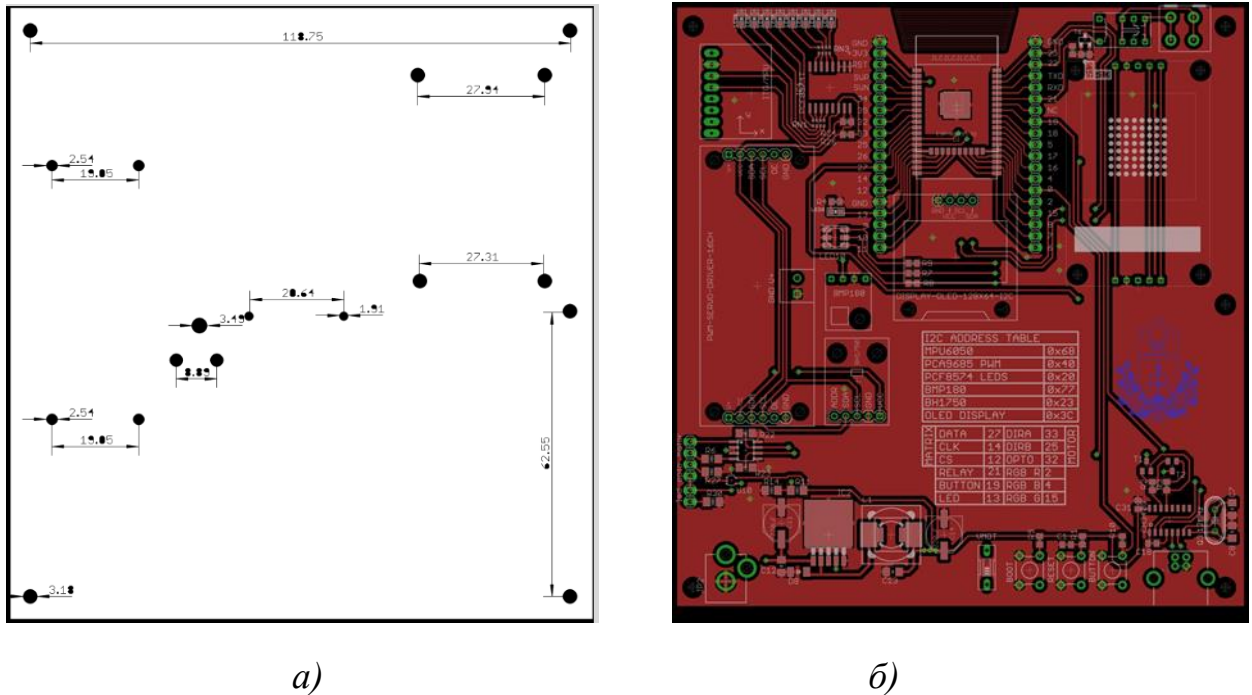


Рис. 2.14. Схема монтажно́ї плати: а) монтажне креслення, б) верхній шар друкованої плати

На рис 2.14 відображено верхній шар плати разом з його компонентами та проводками. При розробці друкованих плат важливо дотримуватися норм конструювання. Максимальний розмір сторони друкованої плати, незалежно від того, чи вона одношарова, чи багатошарова, не повинен перевищувати 500 мм. Це обмеження встановлено з урахуванням вимог до міцності та щільності монтажу. Щодо щільності розміщення елементів на платі, вона поділяється на два класи: клас А - для плат з нормальною щільністю монтажу, і клас Б - для плат з підвищеною щільністю монтажу. Мінімальна ширина провідників і відстань між ними визначає щільність монтажу. Ці параметри залежать від методу виготовлення: для плат класу А - 0,5-0,8 мм, а для плат класу Б - 0,2-0,4 мм. Необхідно передбачити технологічну зону шириною 1,5-2,0 мм по

краях плати, де розташовуються установчі і інші отвори, а також друковані провідники, які не допускаються. [8].

Монтажні отвори завжди проходять металізацію. Форма та розміри отворів визначаються діаметром і формою виводів електронних компонентів. Діаметр отворів має перевищувати діаметр виводу компонента на 0,2-0,3 мм для забезпечення належних умов для пайки. Навколо монтажного отвору створюється контактна площадка у формі кільця, діаметр якої більший за діаметр отвору. Установчі, кріпильні та технологічні отвори не мають контактних площадок. Для з'єднання друкованих провідників, розташованих на різних сторонах плати, використовують монтажні металізовані отвори, які можуть розміщуватись по всій робочій поверхні плати. Основу технології виготовлення двосторонньої друкованої плати становлять фольговані діелектрики. Нині для виготовлення застосовується комбінований метод, який включає два способи: негативний і позитивний. Технологічний процес отримання плати за комбінованим негативним способом включає наступні етапи: отримання заготовок і підготовка поверхні фольги; нанесення захисного покриття на плату; створення зображення друкованих провідників за допомогою експонування та проявлення; видалення незахищених ділянок фольги травленням; видалення фоторезиста з провідників; нанесення захисного покриття на основу; обробка отворів; гальванічна металізація отворів і друкованих провідників; покриття друкованих провідників сплавом олово-свинцю; механічна обробка контуру плати. Технологічний процес виготовлення плати за комбінованим позитивним способом включає наступні етапи: отримання заготовок і підготовка поверхні фольги; нанесення захисного покриття на плату; створення зображення друкованих провідників за допомогою експонування та проявлення; нанесення захисної лакової плівки; свердіння отворів та їх хімічне міднення; видалення захисної лакової плівки; електролітичне міднення отворів і провідників; нанесення кислотостійких сплавів; хімічне травлення фольги; освітлення провідникових покриттів; механічна обробка контуру друкованої плати. [8].

Оскільки плата складається із двох шарів, то аналогічні дії, як у випадку із верхнім шаром, потрібно проробити із нижнім (Bottom) шаром (рис. 2.16).

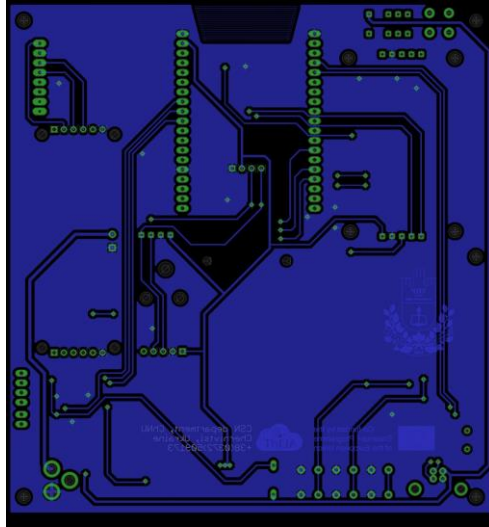


Рис. 2.16. Нижній шар плати

На рис. 2.16 показаний нижній шар плати разом із його компонентами та проводками. За останні роки зростаючі вимоги до зменшення ваги та об'єму радіоапаратури викликають потребу у підвищенні щільності монтажу. Це призводить до необхідності вдосконалення як конструкції, так і технології з'єднання деталей і функціональних вузлів.

Ефективність виробництва високоякісних металізованих наскрізних отворів значною мірою залежить від матеріалу друкованої плати і техніки свердління. Отвори, які мають грубу поверхню, після металізації можуть мати шорсткість. Найбільш підходящим матеріалом для друкованої плати є епоксидна смола, армована скловолокном. В процесі обробки слід виконати операцію зняття заусенців у відверті до металізації, а технологія металізації повинна забезпечити утворення на стінках отворів шару металу необхідної товщини. Можливість отримання високоякісної металізації в значній мірі залежить від співвідношення діаметра отвору до його висоти. Зазвичай стандартна практика вимагає, щоб це відношення дорівнювало одиниці.

У середовищі Eagle є можливість вирішення проблеми екранування за допомогою заливки полігонів. При розробці плати важливо заздалегідь визначити розміщення полігонів, оскільки це впливає на те, які частоти

проходять по платі і на якій відстані можуть виникати паразитні впливи. Тому рекомендується залишати місце для полігонів, особливо там, де сигнали проходять близько до живлення, що може призводити до наведення на них. Після завершення трасування проводиться контур полігону, який потім замикається. Далі потрібно підключити полігон до землі (GND). Натиснувши "NAME" і призначивши полігону ім'я, як, наприклад, "GND", він буде підключений. Для заливки полігону слід натиснути "RATNEST".

Висновки до розділу 2

У цьому розділі була проведена схемотехнічна та конструкторська розробка макетного зразка лабораторного стенду для технологій Інтернету речей (IoT). Були обгрунтовані вимоги до базових структур, необхідних для реалізації основного функціоналу технології IoT. На основі ескізного макету було вдосконалено конструкторсько-технологічне рішення, а також підготовлено необхідну документацію для виготовлення друкованих плат за промисловим методом.

3. РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ

Методичні вказівки визначають способи проведення робіт по вивченню матеріалу. Вони повинні в повній мірі розкрити теоретичні аспекти питань, які вивчаються, допомогти в набутті практичних навичок роботи з лабораторним устаткуванням і привести до певних висновків з пройденого матеріалу.

Потрібно створити загальну структуру методичних вказівок до лабораторних робіт.

Структура лабораторних робіт:

- тема;
- мета;
- відомості по теорії;
- порядок виконання лабораторної роботи;
- завдання;
- контрольні питання.

Основною метою лабораторного практикуму є вивчення роботи та можливостей мікроконтролера ESP32 при вирішенні типових задач інтернету речей.

3.1. Середовища і технологія програмування ESP32

Для програмування мікроконтролера ESP32 існує широкий вибір середовищ розробки, включаючи офіційний фреймворк розробки IoT від Espressif. З урахуванням популярності та простоти використання Arduino IDE, а також враховуючи особливості програмного забезпечення лабораторних аудиторій, для проектування лабораторних робіт було обрано середовище Arduino IDE (див. рис. 3.1). Це середовище підтримується на платформах Windows, Mac OS X і Linux, написане на Java і призначене для написання та завантаження програм на плати Arduino. Оскільки Arduino IDE має відкритий вихідний код і постійно розвивається, збільшуючи кількість підтримуваних платформ та мікроконтролерів, встановлення та підтримка мікроконтролера

ESP32 не становить проблеми.

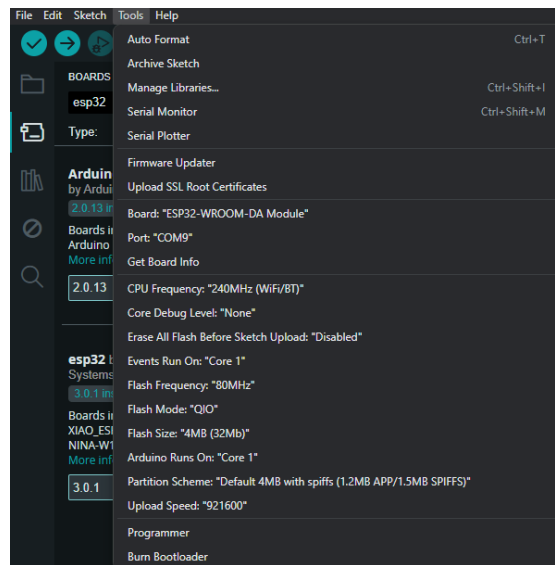


Рис. 3.1. Середовище програмування Arduino IDE

Проте, це не означає, що існують обмеження, оскільки ви, за бажанням, можете програмувати у будь-якому іншому середовищі (рис. 3.2).

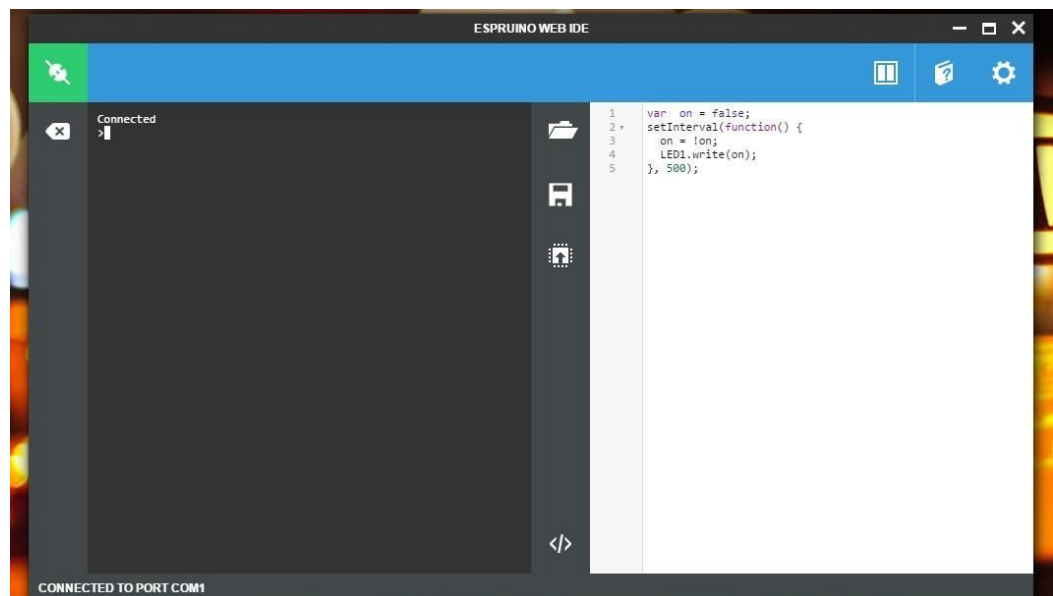


Рис. 3.2. Середовище програмування Espruino Web IDE

У першій роботі демонструється процес налаштування Arduino IDE для використання з мікроконтролером ESP32. Подається приклад програми, що управляє світлодіодом. Також надається послідовність виконання завдання та контрольні запитання для перевірки розуміння теоретичного матеріалу.

3.2. Особливості передачі даних через стандарт Bluetooth

За допомогою технології Bluetooth можна передавати та отримувати будь-яку інформацію, наприклад, з датчиків (рис. 3.3).

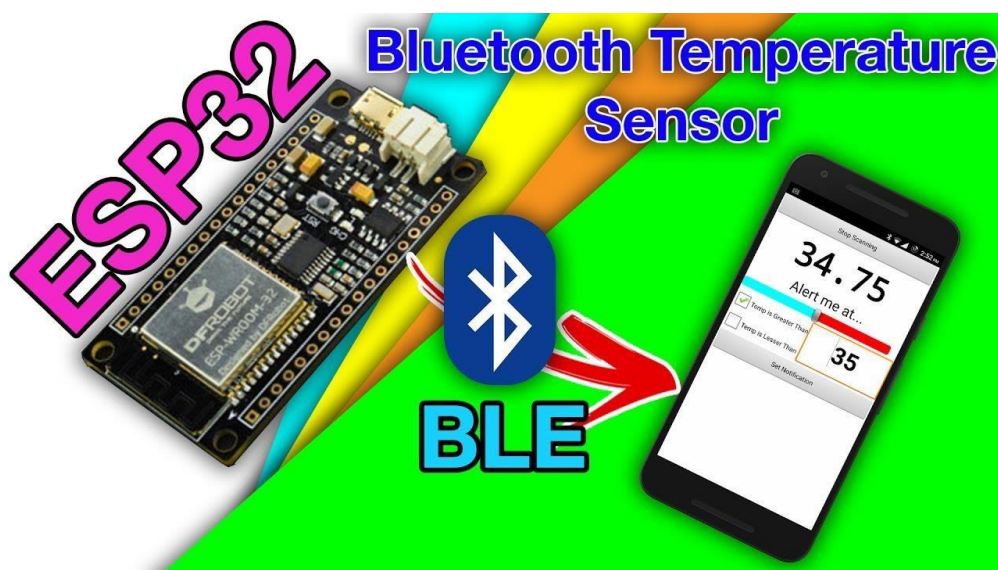


Рис. 3.3. Використання Bluetooth для передачі даних з сенсору температури

Bluetooth має свої переваги та недоліки, проте він актуальний та використовується.

Bluetooth застосовується у багатьох ситуаціях, де потрібні безпроводне керування та передачі даних. Наприклад:

- Передача аудіоданих в навушники або аудіосистему автомобіля.
- Комунікація між периферійними пристроями та ПК.
- Передача даних між Bluetooth-пристроями.

В Модуль ESP32 має два типи Bluetooth: класичний Bluetooth та BLE (Bluetooth Low Energy). BLE, який використовується для передачі даних з мінімальним енергоспоживанням, відрізняється від класичного Bluetooth тим, що він не призначений для передачі файлів чи аудіо. Він передає дані за

необхідності з певними періодичними оновленнями. BLE працює з Bluetooth V4.0 і може функціонувати в якості сервера або клієнта з низьким рівнем енергоспоживання, що робить його ідеальним вибором для фітнес-трекерів та смарт-годинників.

В другій лабораторній роботі наведені відомості про використовувану технологію, наведені приклади програми, яка зчитує дані з сенсору та програма, яка використовує Bluetooth, також розроблений перелік завдань.

3.3. Особливості відображення графічної інформації

Оскільки на стенді розміщений OLED дисплей, декілька лабораторних робіт присвячені, ознайомленню та роботі з ним.

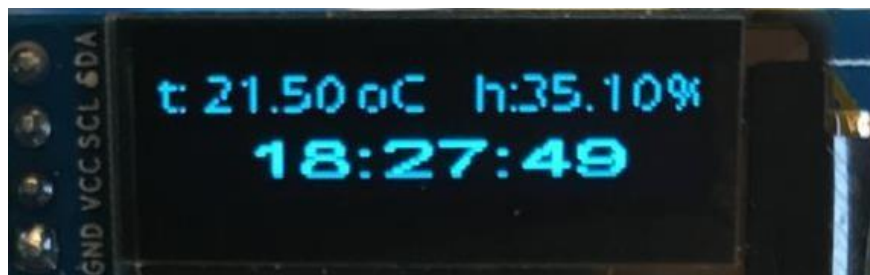


Рис. 3.4. Використання OLED дисплею

Дисплеї OLED (Organic Light-Emitting Diode) використовують технологію, в якій світлодіоди самостійно випромінюють світло без необхідності додаткового підсвічування, що відрізняє їх від LCD дисплеїв. OLED складається з тонкої багат шарової органічної плівки, розташованої між анодом і катодом. Ця технологія має великий потенціал застосування в різних типах дисплеїв і розглядається як важлива технологія для майбутніх поколінь плоских екранів. Висока якість відображення, доступність і ідеальні кути огляду роблять дисплеї OLED лідерами у своєму класі.

Особливості OLED I2C дисплея:

- Не потрібно підсвічування дисплея.
- Висока роздільна здатність: 128 * 64 пікселів.
- Кут огляду: більше 160 градусів.
- Повністю сумісний з Arduino, контролерами 51 серії, MSP430 серії,

STM32.

- Ультранизьке енергоспоживання: при повній потужності екрана 0.08W.
- Робоча напруга: 3V ~ 5 В постійного струму.
- Робоча температура: -30 С ~ 70 С.
- I2C / ІІС інтерфейс, потрібно тільки 2 дроти.
- Драйвер ІС: SSD1306.
- Розмір плати: 2.7см х 2.8см.
- Розмір дисплея: 2.7см х 1,95см (0,96 "дюйма).

Для наступних лабораторних наведені відомості про дисплей, приклади його використання та перелік завдань.

Також для графічного відображення представлена світлодіодна матриця з драйвером MAX7219, яку можна використовувати для виводу простих зображень, букв і цифр, з більш масштабним підходом, стає можливим значно більше (рис. 3.5).

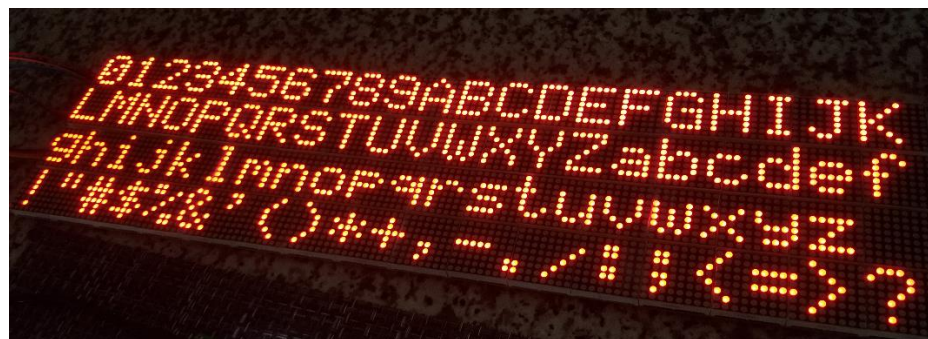


Рис. 3.5. Приклад використання LED матриці 128х64

Для відображення інформації з модулів та керування ними можна створити автономний веб-сервер, на основі мікроконтролера ESP32. Керування веб-сервером може проводитись зі смартфона або з будь-якого пристрою, який може використовувати браузер для роботи в локальній мережі. Починаючи від керування будь-якими електронними компонентами і відображенню інформації на будь-якому пристрої до межі коли ESP32 не вистачатиме ресурсів (рис. 3.6).

SENSOR	MEASUREMENT	VALUE
DHT	Temp. Celsius	16.50 °C
DHT	Temp. Fahrenheit	61.70 °F
DHT	Humidity	59.70 %
BMP180	Temp. Celsius	17.60 °C
BMP180	Temp. Fahrenheit	63.68 °F
BMP180	Pressure	99804 Pa
POT	Position	4095/4095
LDR	Luminosity	759/4095

Рис. 3.6. Приклад веб-метеостанції на смартфоні

Висновки до розділу 3

В результаті роботи, яка проведена в розділі номер 3, отримано теоретичні відомості про використання компонентів розробленого макетного зразку лабораторного стенду для технологій інтернету речей. Розроблені зразки завдань для лабораторних робіт із використанням спроектованого стенду, які поміщені у додаток Е. Лабораторні роботи містять: тему, з якою проводиться ознайомлення, мету, яку студенти повинні досягти по завершенню роботи, методичні відомості та вказівки для виконання лабораторної роботи, перелік завдань, який надає змогу отримати практичні знання, і контрольні запитання, які дозволять закріпити теоретичний матеріал.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі проведено проектування спеціалізованого стенду для виконання практичних робіт. Представлено монтажне креслення, схеми плати, електричні схеми, рисунки різних шарів та всіх компонентів плати. Також показаний список використаних компонентів. У додатку поміщені усі схеми та креслення стенду.

В результаті виконання даної роботи отримано наступні результати:

1. Проведено аналіз існуючих платформ для інтернету речей, зроблено висновок про доцільність використання деяких прототипів та рішень при розробці власного продукту, що дозволить забезпечити потрібний рівень для навчальної бази.

2. Виконано схематичну реалізацію компонентів плати. Моделювання друкованої плати та всіх її компонентів. Моделювання виконано за допомогою системи проектування друкованих плат, електричних принципів схем Eagle.

3. Для спроектованої платформи було створено ряд завдань та теоретичних відомостей для практичного ознайомлення.

Новизна роботи полягає в отриманні нового схемотехнічного і конструкторського рішення, яке використовує актуальні та новітні технології для створення курсу лабораторних робіт, з технологій інтернету речей, що дозволяє покращити технічну базу для навчання спеціалістів у сфері ІТ.

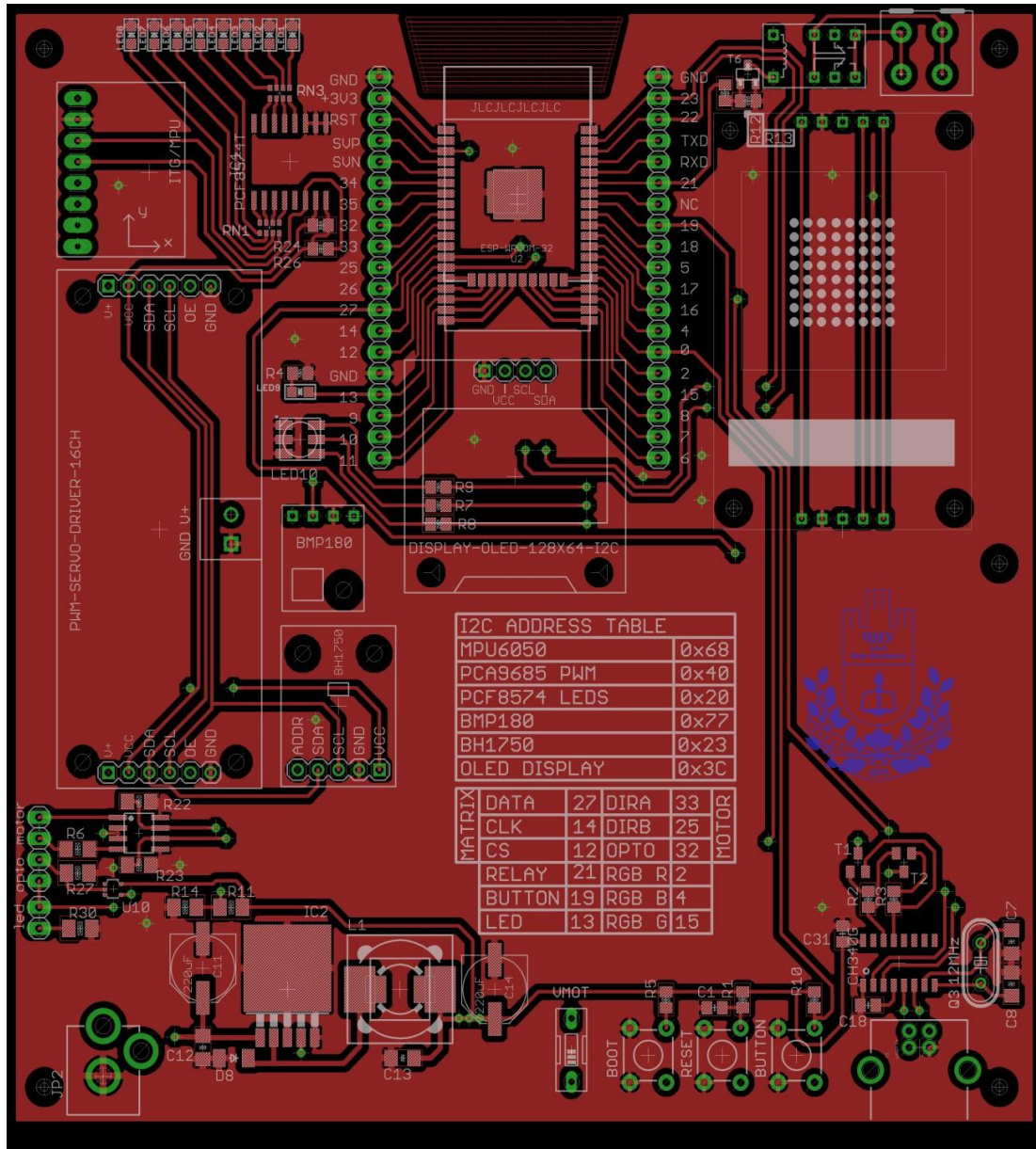
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ESP32 загальний опис. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf.
2. MPU-6050 Specification. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://myosuploads3.banggood.com/products/20190227/20190227200210MPU-6050InvenSense.pdf>.
3. PCA9685 16-channel, 12-bit PWM Fm+ I2C-bus LED controller. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/PCA9685.pdf>.
4. Data sheet BMP180 Digital pressure sensor. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP180-DS000-09.pdf>.
5. 128 x 64 Dot Matrix OLED/PLED Segment/Common Driver with Controller. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SSD1306.pdf>.
6. USB to serial chip CH340. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Arduino/Other/CH340DS1.PDF>.
7. MAX7219 Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Driver. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX7219-MAX7221.pdf>.
8. Правила оформлення креслень друкованих плат гост 2.417-78 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://opticstoday.com/katalog-statej/konstruyuvannya/konstruyuvannya-drukovanix-plat.html>.

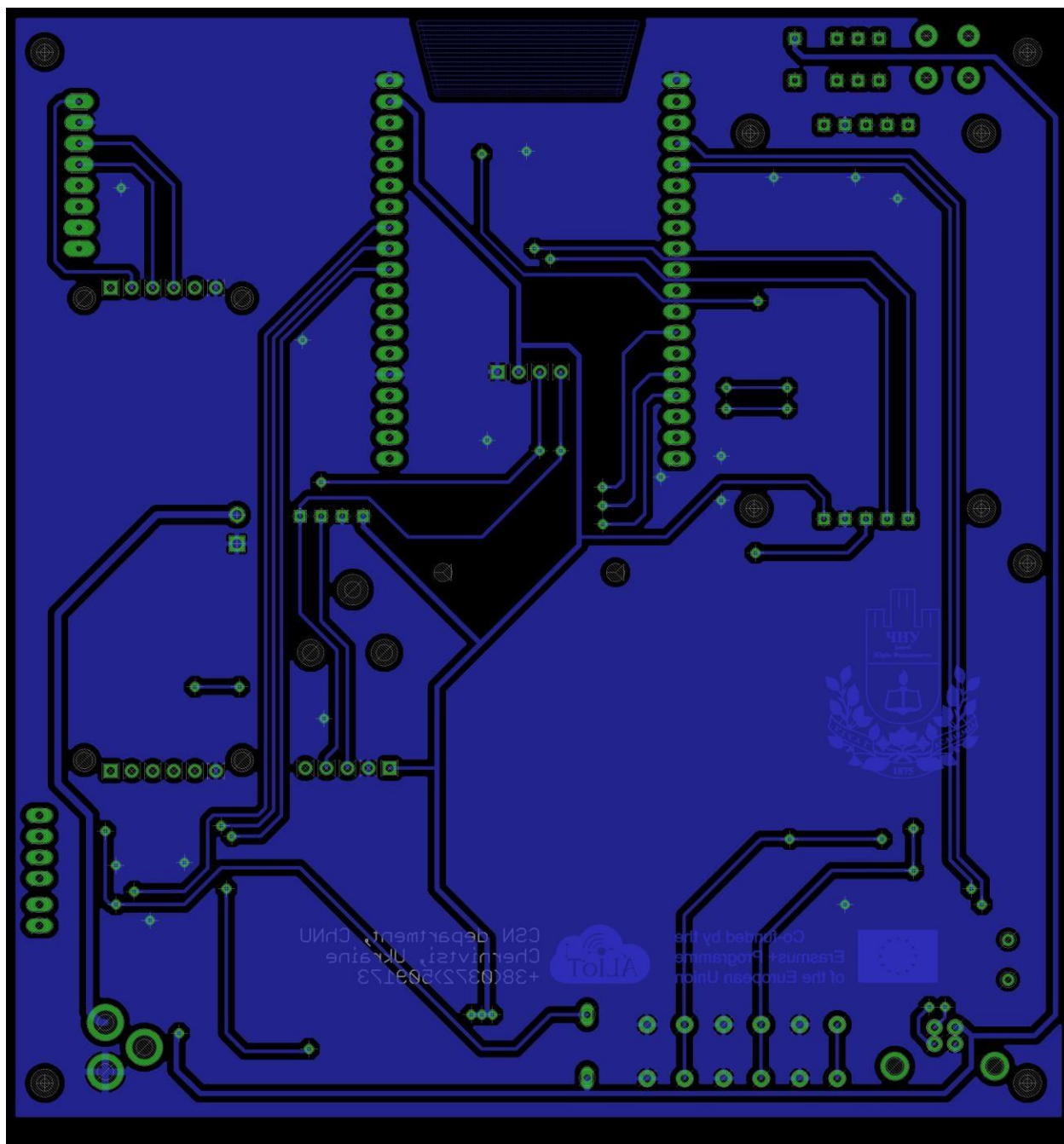
ДОДАТКИ

Додаток А

Друкована плата

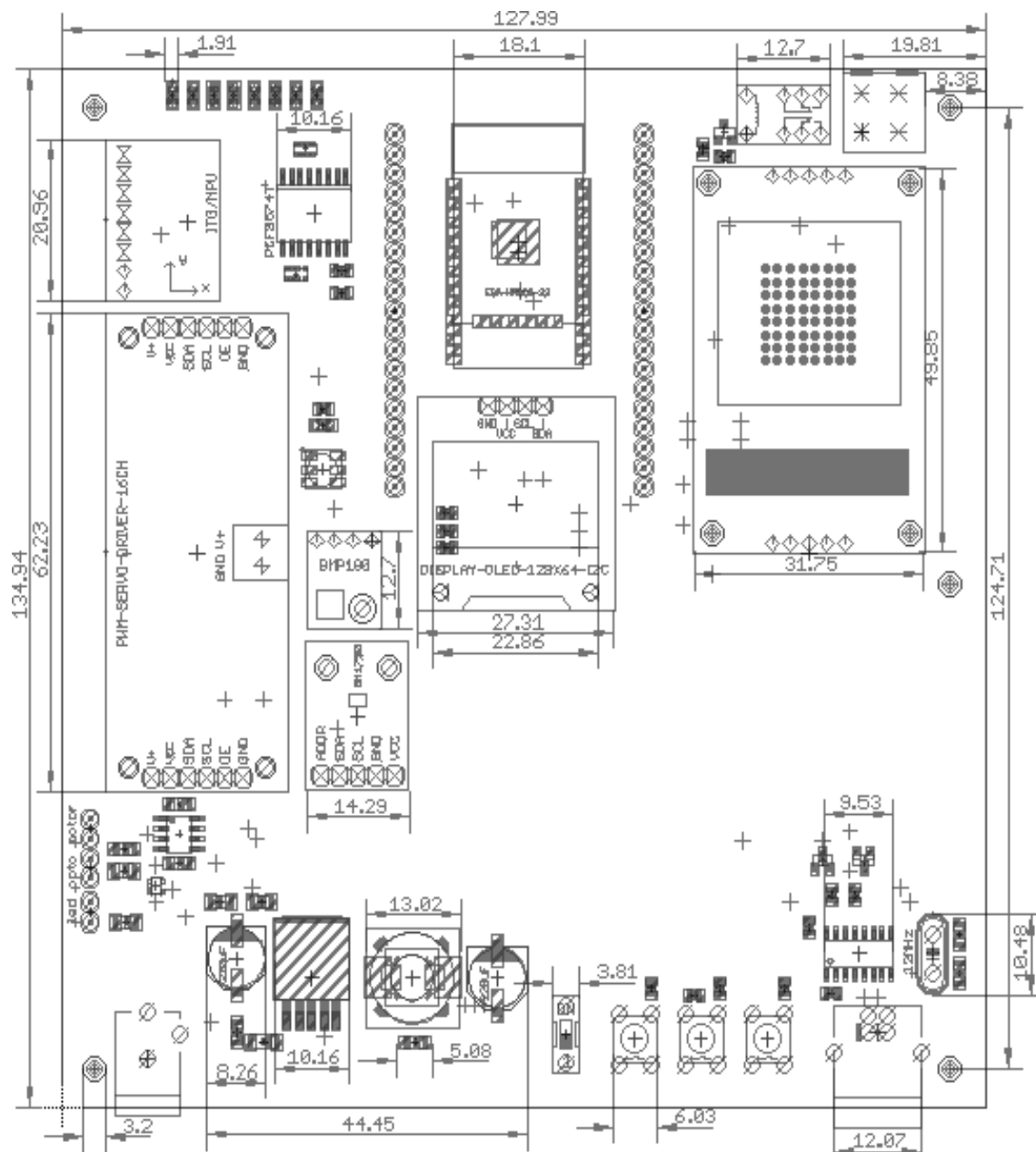


					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32						Літ.		Маса		Масштаб		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата													
Розроб.		Конопницький В.О.															
Перевір.		Мельничук А.Ю.															
Т. Контр.																	
Реценз.																	
Н. Контр.																	
Затверд.		Ташук О.Ю.						Арк. 1		Аркушів 1							
											Циклова комісія Комп'ютерної інженерії						



					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32	Літ.	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Конопницький В.О.						
Перевір.		Мельничук А.Ю.						
Т. Контр.						Арк. 1	Аркшів 1	
Реценз.					Циклова комісія Комп'ютерної інженерії			
Н. Контр.								
Затверд.		Ташук О.Ю.						

Макетна плата



Лабораторний стенд на основі
мікроконтролера ESP32

Літ.

Маса

Масштаб

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Конопницький В.О.		
Перевір.		Мельничук А.Ю.		
Т. Контр.				
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Ташук О.Ю.		

Арк. 1

Аркшів 1

Циклова комісія
Комп'ютерної інженерії

РОЗРОБЛЕНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Г1. Лабораторна робота 1

Мета роботи: ознайомити студентів з простим прикладом роботи мікроконтролера, отримати базові навички по програмуванню ESP32.

Теоретичні відомості.

Для того, щоб мати можливість програмувати та прошивати ESP32 за допомогою Arduino IDE потрібно встановити розширення:

1) Відкрити вікно налаштування Arduino IDE.
Файл>Налаштування.

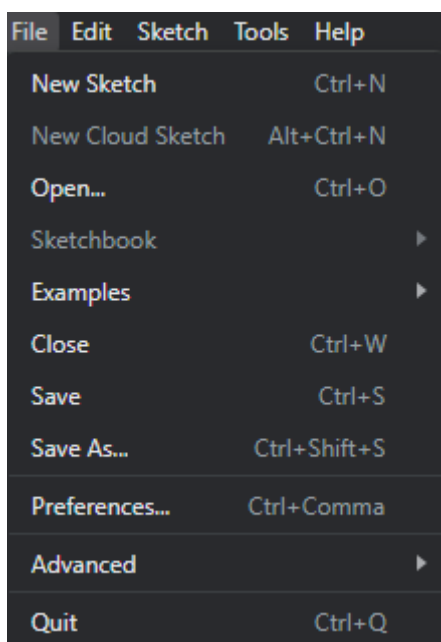


Рис. 1. Налаштування

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32	Літ.			Маса	Масштаб	
Розроб.		Конопницький В.О.									
Перевір.		Мельничук А.Ю.									
Т. Контр.						Арк. 1			Аркшів 1		
Реценз.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії					
Н. Контр.											
Затверд.		Ташук О.Ю.									

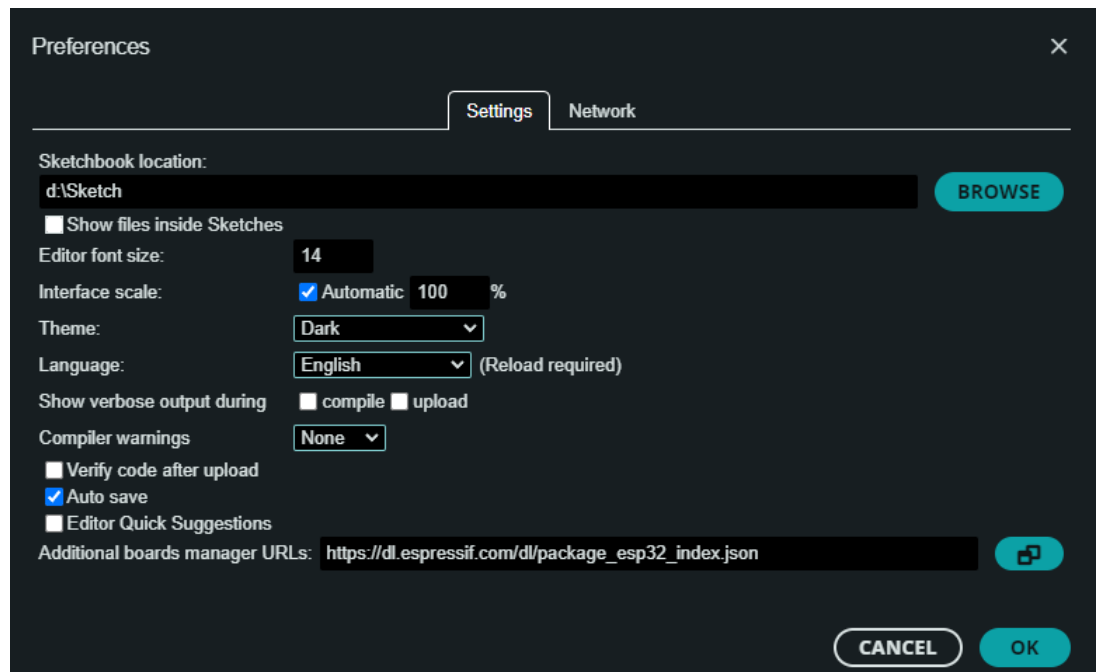


Рис. 2. Додаткові посилання для менеджера плат

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32					Літ.		Маса		Масштаб			
Змн.	Арк.	№ докум.		Підпис						Дата							
Розроб.		Конопницький В.О.															
Перевір.		Мельничук А.Ю.															
Т. Контр.																	
Реценз.																	
Н. Контр.											Циклова комісія Комп'ютерної інженерії						
Затверд.		Ташук О.Ю.															

3) Відкрити менеджер плат. Інструменти > Плата > Менеджер плат.

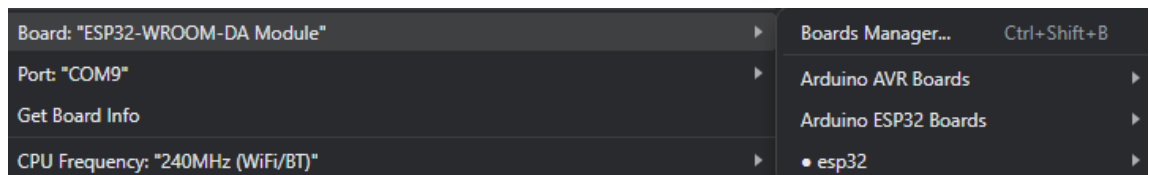


Рис. 3. Менеджера плат

4) У поле пошуку вписати ESP32 і натиснути встановити “ESP32 byEspressif Systems”

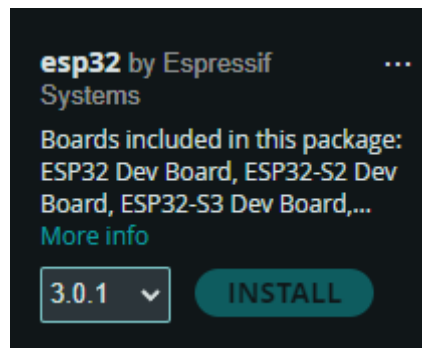


Рис. 4. ESP32 by Espressif Systems

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32	Літ.			Маса	Масштаб
Розроб.		Конопницький В.О.								
Перевір.		Мельничук А.Ю.								
Т. Контр.						Арк.	1		Аркшів	1
Реценз.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.										
Затверд.		Ташук О.Ю.								

- Хід роботи:
- 1) Провести налаштування Arduino IDE для використання ESP32.
 - 2) Підключити стенд.
 - 3) Оберіть потрібну плату та порт до якого вона підключена.

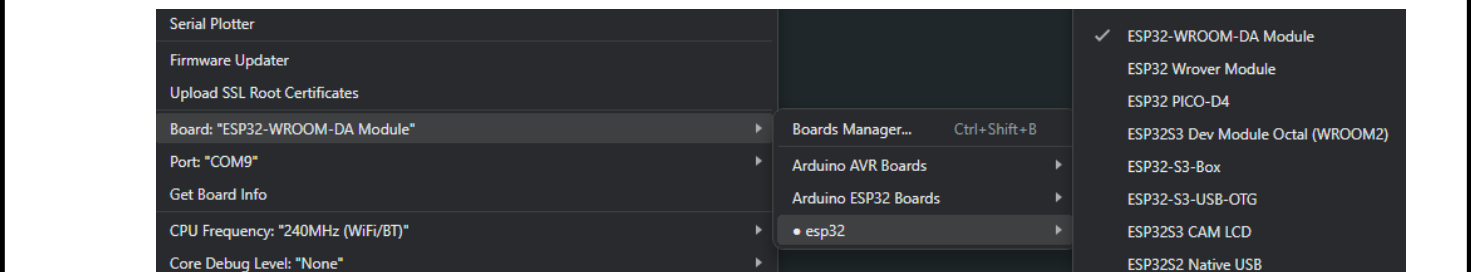


Рис. 6. Вибір плати

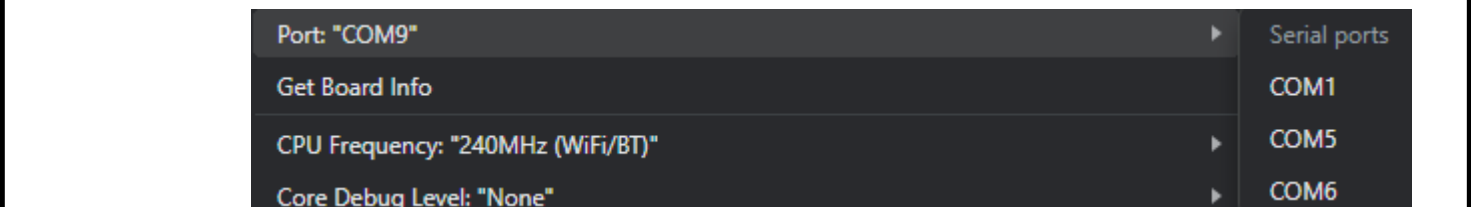


Рис. 7. Вибір норми

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32	Літ.			Маса	Масштаб	
Розроб.		Конопницький В.О.									
Перевір.		Мельничук А.Ю.									
Т. Контр.						Арк. 1			Аркушів 1		
Реценз.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії					
Н. Контр.											
Затверд.		Ташук О.Ю.									

4) Завантажити та прошити мікроконтролер програмою для керування світлодіодом, перевірити її роботу.

5) Модифікувати приклад, поставивши затримку, яка б дорівнювала $V \cdot 1000$,

де V = вашому варіанту. Показати результати викладачу. Контрольні запитання.

- 1) Що необхідно для програмування мікроконтролера ESP32?
- 2) Дати визначення IoT.
- 3) Мови та середовища програмування мікроконтролера ESP32.
- 4) Як подати сигнал із затримкою?
- 5) Що таке ШІМ і для чого він потрібен?

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32	Літ.			Маса	Масштаб	
Розроб.		Конопницький В.О.									
Перевір.		Мельничук А.Ю.									
Т. Контр.						Арк. 1			Аркшів 1		
Реценз.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії					
Н. Контр.											
Затверд.		Ташук О.Ю.									

Г2. Лабораторна робота 2

Мета: ознайомлення із Bluetooth, та зчитуванням даних з датчиків.
Теоретичні відомості.

Для передачі даних існують різні технології та протоколи, саме Bluetooth найчастіше використовують для обміну інформацією на невеликих дистанціях, в порівнянні із Wi-Fi має низьку швидкість передачі даних та невеликий діапазон дії, але через низьке енергоспоживання та високу швидкість з'єднання Bluetooth в певних задачах може виявитись кращим варіантом.

Для з'єднання із мікроконтролером необхідний будь-який Bluetooth термінал, наприклад "Serial Bluetooth Terminal".

Наступний приклад показує, як створити двонаправлене Bluetooth з'єднання між двома пристроями.

```
1  #include "BluetoothSerial.h"
2
3  #if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) || !defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
4  #error Bluetooth is not enabled! Please run 'make menuconfig' to and enable it
5  #endif
6
7  BluetoothSerial SerialBT;
8
9  void setup() {
10     Serial.begin(115200);
11     SerialBT.begin("ESP32"); // Bluetooth device name
12     Serial.println("The device started, now connect!");
13 }
14
15 void loop() {
16     if (Serial.available()) {
17         SerialBT.write(Serial.read());
18     }
19     if (SerialBT.available()) {
20         Serial.write(SerialBT.read());
21     }
22     delay(20);
23 }
```

Рис. 8. Приклад з використанням Bluetooth

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32				Літ.		Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Конопницький В.О.											
Перевір.		Мельничук А.Ю.											
Т. Контр.													
Реценз.									Арк. 1		Аркшів 1		
Н. Контр.									Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Затверд.		Ташук О.Ю.											

--

```
1 #include <Wire.h>
2 #include <Adafruit_BMP085.h>
3
4 Adafruit_BMP085 bmp;
5
6 void setup()
7 {
8   Serial.begin(9600);
9   if (!bmp.begin())
10  {
11    Serial.println("Could not find BMP180 sensor at 0x77");
12    while(1) {}
13  }
14 }
15
16 void loop()
17 {
18   Serial.print("Temperature = ");
19   Serial.print(bmp.readTemperature());
20   Serial.println(" Celsius");
21   Serial.print("Pressure = ");
22   Serial.print(bmp.readPressure());
23   Serial.println(" Pascal");
24   Serial.println();
25   delay(5000);
26 }
```

Рис. 9. Приклад з використанням ВМР180

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32	Літ.			Маса	Масштаб		
Розроб.	Конопницький В.О.											
Перевір.	Мельничук А.Ю.											
Т. Контр.												
Реценз.						Арк. 1			Аркушів 1			
Н. Контр.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії						
Затверд.	Ташук О.Ю.											

Хід роботи:

- 1) Ознайомитись із теоретичними відомостями.
- 2) Створити Bluetooth з'єднання та переконатись в його двонаправленості.
- 3) Зчитати значення із сенсору BMP180.
- 4) Створити програму, яка б після введення вашого прізвища з терміналу мобільного пристрою, починала відсилати значення сенсору на ваш термінал із періодичністю V секунд, де V = вашому варіанту.

Контрольні запитання.

1. Що таке бібліотеки і для чого вони потрібні?
2. Які переваги та недоліки використання Bluetooth?
3. Коли доцільно використовувати BLE?
4. Як створити Bluetooth з'єднання?
5. Як зчитувати значення з датчиків?

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32			Літ.		Маса	Масштаб
Розроб.		Конопницький В.О.									
Перевір.		Мельничук А.Ю.									
Т. Контр.								Арк. 1		Аркшів 1	
Реценз.								Циклова комісія Комп'ютерної інженерії			
Н. Контр.											
Затверд.		Ташук О.Ю.									

Г3. Лабораторна робота 3

Мета: ознайомлення із роботою OLED дисплею 128x64. Теоретичні відомості.

Для цієї лабораторної роботи ми будемо використовувати органічні світлодіоди, які є монолітними твердотільними пристроями, і складаються з серії органічних тонких плівок, затиснутих між двома тонкими провідними електродами. Основна структура OLED складається з набору тонких органічних шарів, затиснутих між провідним анодом і провідним катодом.

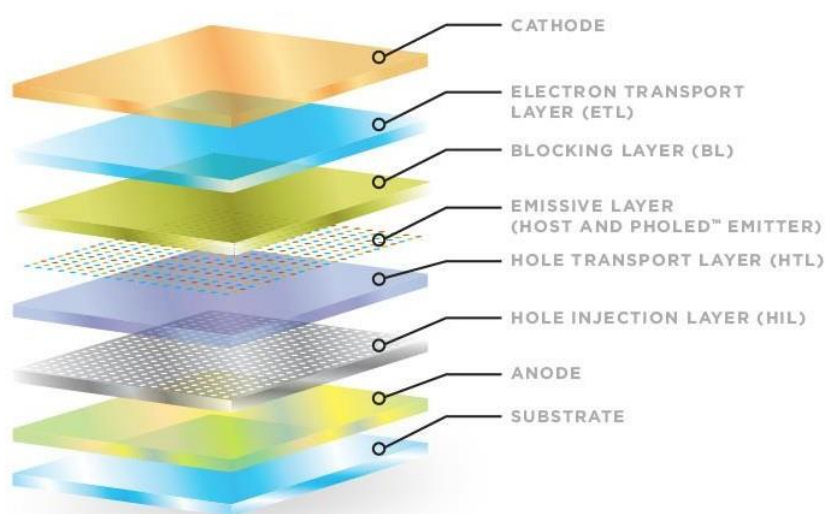


Рис. 10. Структура OLED

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32				Літ.		Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.	Конопницький В.О.												
Перевір.	Мельничук А.Ю.												
Т. Контр.									Арк. 1		Аркшів 1		
Реценз.									Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.													
Затверд.	Ташук О.Ю.												

Приклад для використання OLED дисплею буде наступний: спочатку ми імпортуємо необхідні бібліотеки, визначаємо розміри самого дисплею, потім ініціалізуємо дисплей із заданими параметрами, визначаємо baud rate, створюємо умову для постійної перевірки підключення, очищаємо дисплей та задаємо параметри тексту і сам текст, приклад реалізації наведений нижче.

```

1  #include <Wire.h>
2  #include <Adafruit_GFX.h>
3  #include <Adafruit_SSD1306.h>
4
5  #define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
6  #define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display height, in pixels
7
8  // Declaration for an SSD1306 display connected to I2C (SDA, SCL pins)
9  Adafruit_SSD1306 display (SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);
10
11 void setup() {
12     Serial.begin(115200);
13
14     if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) { // Address 0x3D for 128x64
15         Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
16         for(;;);
17     }
18
19     delay(2000);
20     display.clearDisplay();
21
22     display.setTextSize(1);
23     display.setTextColor (WHITE);
24     display.setCursor(0, 10);
25     // Display static text
26     display.println("Hello, world!");
27     display.display();
28 }

```

Рис. 11. Приклад використання OLED дисплею

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32			Літ.		Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Конопницький В.О.										
Перевір.		Мельничук А.Ю.										
Т. Контр.								Арк. 1		Аркшів 1		
Реценз.								Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.												
Затверд.		Ташук О.Ю.										

Хід роботи:

- 1) Ознайомитись із теоретичними відомостями.
- 2) Вивести на дисплей ім'я та групу.
- 3) Намалювати будь-яку фігуру та виконати її заливку, парний номерваріанту виконує інверсну, а непарний звичайну.
- 4) Створити біжучий текст, який б проходив по всьому дисплею.

Контрольні запитання.

1. Які переваги та недоліки OLED дисплею?
2. Коли доцільно використовувати OLED дисплеї?
3. Що необхідно для використання дисплею?
4. Як відобразити фігуру на дисплеї?
5. Як створюється біжучий текст?
6. Як виконати заливку зображення?

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32			Літ.		Маса		Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Конопницький В.О.											
Перевір.		Мельничук А.Ю.											
Т. Контр.													
Реценз.								Арк. 1		Аркшів 1			
Н. Контр.								Циклова комісія Комп'ютерної інженерії					
Затверд.		Ташук О.Ю.											

Г4. Лабораторна робота 4

Мета: ознайомитись із взаємодією OLED дисплея та сенсорів. Навчитись використовувати більшість можливостей дисплею.

Теоретичні відомості.

На дисплеї можна відобразити фігури, текст, малюнки, а також значення зчитані з будь-якого сенсору, наприклад фрагмент коду нижче показує, як зчитати та вивести значення з датчика вологості та температури.

```
1 void loop() {
2     delay(5000);
3     //read temperature and humidity
4     float t = dht.readTemperature ();
5     float h = dht.readHumidity();
6     if (isnan(h) || isnan(t)) {
7         Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
8     }
9     display.clearDisplay();
10    // display temperature
11    display.setTextSize(1);
12    display.setCursor(0,0);
13    display.print ("Temperature: ");
14    display.setTextSize (2);
15    display.setCursor(0,10);
16    display.print(t);
17    display.print(" ");
18    display.setTextSize(1);
19    display.cp437(true);
20    display.write(167);
21    display.setTextSize(2);
22    display.print("C");
23    display.display();
24 }
```

Фрагмент коду для виводу температури з датчика

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32				Літ.		Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Конопницький В.О.											
Перевір.		Мельничук А.Ю.											
Т. Контр.													
Реценз.									Арк. 1		Аркшів 1		
Н. Контр.									Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Затверд.		Ташук О.Ю.											

Хід роботи:

- 1) Ознайомитись із теоретичними відомостями.
- 2) Вивести дані з сенсору освітленості разом зі своїм прізвищем та очисити дисплей раз в V , де V = номеру варіанта.
- 3) Вивести на дисплей своє фото чи будь яке зображення.

Контрольні запитання.

1. Для чого можна використовувати OLED дисплей?
2. Назвіть основні характеристики OLED дисплею.
3. Як перетворюється зображення для відображення на дисплеї?
4. Як визначити адресу дисплею на шині I²C?

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32	Літ.			Маса	Масштаб	
Розроб.	Конопницький В.О.										
Перевір.	Мельничук А.Ю.										
Т. Контр.						Арк. 1			Аркушів 1		
Реценз.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії					
Н. Контр.											
Затверд.	Ташук О.Ю.										

Г5. Лабораторна робота 5

Мета: ознайомитись із можливостями веб-серверу на ESP32. Навчитись використовувати можливості веб-серверу.

Теоретичні відомості.

Завдяки Wi-Fi 802.11n з максимальною швидкістю 150 Мбіт за секунду, ESP32 може використовуватись в якості сервера. Для шифрування при передачі даних по Wi-Fi на борту ESP32 знаходяться криптографічні модулі AES і SHA.

Важливе питання в світлі використання модулів для пристроїв Інтернету речей – енергоспоживання. Максимальний струм живлення в режимі передачі WiFi або Bluetooth 160-260 мА, без включених WiFi або Bluetooth – 20 мА, в сплячому режимі – 10 мкА.

Приклад використання wifi модуля

```
#include
// свої дані для точки доступа const char* passwifi =
"123456"; const char* ssidwifi= "qwerty"; void setup()
{
  Serial.begin(115200); delay(10);
  // Коннект до точки доступа Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssidwifi); WiFi.begin(ssidwifi, passwifi);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { Serial.print(".");
    delay(1000);
  }
  Serial.print("WiFi connect ok!");
  Serial.print("Your IP address is ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}
void loop(){
;
}
```

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32				Літ.		Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Конопницький В.О.											
Перевір.		Мельничук А.Ю.											
Т. Контр.									Арк. 1			Аркшів 1	
Реценз.									Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.													
Затверд.		Ташук О.Ю.											

Відкриваємо монітор послідовного порту і бачимо, чи підключена плата ESP32 до мережі WiFi. Для створення веб-серверу також потрібні дані WiFi тапорт по якому підключатись.

Хід роботи:

- 1) Ознайомитись із теоретичними відомостями.
- 2) Створити веб-сервер, та реалізувати на ньому керування світлодіодами.
- 3) Створити веб-метеостанцію за допомогою ресурсів ESP32, надати їй власної унікальності.

Контрольні запитання.

- 1) Переваги та недоліки використання локальної мережі Wi-Fi.
- 2) Яку швидкість передачі даних використовує мікроконтролер ESP32?
- 3) Як використовувати HTML код для відображення веб-серверу?
- 4) Навести приклади використання таких серверів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32	Літ.			Маса	Масштаб	
Розроб.		Конопницький В.О.									
Перевір.		Мельничук А.Ю.									
Т. Контр.						Арк. 1			Аркшів 1		
Реценз.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії					
Н. Контр.											
Затверд.		Ташук О.Ю.									

Г6. Лабораторна робота 6

Мета: ознайомитись із можливостями Bluetooth Low Energy на ESP32.

Навчитись використовувати Bluetooth Low Energy.

Теоретичні відомості.

Мікроконтролер ESP32 містить Wi-Fi, Bluetooth а також Bluetooth Low Energy (BLE).

Отже BLE використовується, як енергозберігаючий варіант Bluetooth, для передачі на коротку відстань невеликого об'єму даних (низька пропускна здатність). На відміну від Bluetooth, який завжди є увімкненим, BLE залишається в режимі сну постійно, за винятком випадків, коли створюється з'єднання. Це дозволяє споживати низьку потужність. BLE споживає приблизно в 100 разів менше енергії, ніж Bluetooth (залежно від випадку використання). Також BLE підтримує не тільки зв'язок "point-to-point", але і мережевий режим та режим трансляції.

Завдяки своїм властивостям, BLE підходить для додатків, які повинні обмінюватись невеликими обсягами даних, що періодично працюють на coin cell (мініатюрний елемент живлення). Наприклад, BLE широко використовується в галузі догляду за здоров'ям, фітнесу, безпеки, та побутової автоматизації.



Рис. 13. Приклади застосування Bluetooth Low Energy

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32				Літ.		Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Конопницький В.О.											
Перевір.		Мельничук А.Ю.											
Т. Контр.									Арк. 1		Арк. 1		
Реценз.									Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.													
Затверд.		Ташук О.Ю.											

Для використання Bluetooth Low Energy є два типи пристроїв: сервер і клієнт. ESP32 може діяти як клієнт або як сервер. Сервер інформує про своє існування, тому його можна знайти іншими пристроями і містить дані, які може читати клієнт. Клієнт сканує сусідні пристрої, і коли він знаходить сервер, який він шукає, він встановлює з'єднання і слухає вхідні дані. Це називається “point-to-point”.

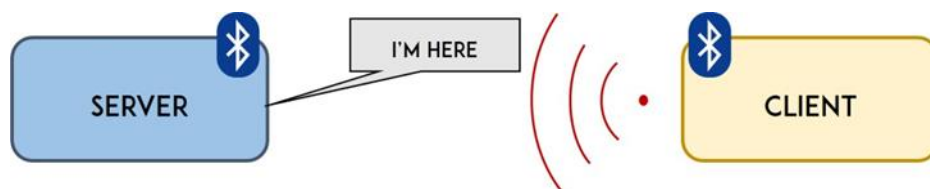


Рис. 14. Приклад комунікації “point-to-point”

Як згадувалося раніше, BLE також підтримує мережевий режим та режим трансляції:

- Режим широкомовної передачі: сервер передає дані багатьом підключеним клієнтам;
- Мережевий режим: всі пристрої з'єднані, це “many to many” з'єднання.

Незважаючи на те, що налаштування широкомовної передачі та мережевого режиму можна реалізувати, вони були розроблені зовсім недавно, тому на даний момент не достатньо прикладів для ESP32.

GATT означає Generic Attributes і визначає ієрархічну структуру даних, яка піддається підключеним BLE пристроям. Це означає, що GATT визначає спосіб, яким два пристрої BLE надсилають і отримують стандартні повідомлення.

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32				Літ.		Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Конопницький В.О.											
Перевір.		Мельничук А.Ю.											
Т. Контр.									Арк. 1		Аркшів 1		
Реценз.									Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.													
Затверд.		Ташук О.Ю.											

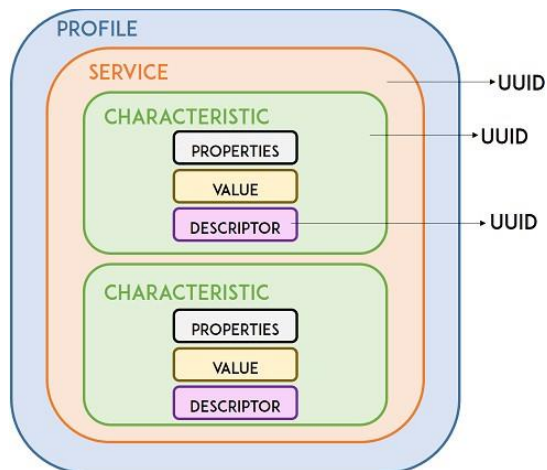


Рис. 15. Приклад ієрархії структури даних BLE

Верхній рівень ієрархії означає профіль, який складається з одного або декількох сервісів. Кожен сервіс містить принаймні одну характеристику, або може також посилатися на інші сервіси. Сервіс містить збірку інформації, наприклад, показання сенсорів.

Характеристика завжди належить сервісу, і саме в ній фактична інформація міститься в ієрархії. Характеристика завжди має два атрибути: оголошення характеристики і її значення.

Крім того, за значенням ознаки можуть слідувати дескриптори, які додатково розширюють метадані, що містяться в оголошенні характеристик.

Властивості описують, як можна взаємодіяти із значеннями характеристики. В основному, містить операції та процедури, які можна використовувати з характеристикою: трансляція, читання, запис без відповіді, запис, сповіщення, індикація, записані дані, що пройшли перевірку, розширені властивості.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32					Літ.		Маса	Масштаб	
Розроб.	Конопницький В.О.													
Перевір.	Мельничук А.Ю.													
Т. Контр.										Арк. 1			Аркушів 1	
Реценз.										Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.														
Затверд.	Ташук О.Ю.													

Кожен сервіс, характеристика і дескриптор мають UUID (універсальний унікальний ідентифікатор). UUID - це унікальний 128-бітне (16 байт) число, використовується для однозначної ідентифікації інформації. Наприклад, він може ідентифікувати певну функцію, що надається пристроєм Bluetooth.

ESP32 може використовуватись як сервер BLE або як клієнт BLE. В бібліотеці ESP32 BLE для Arduino IDE представлені кілька прикладів BLE для ESP32.

Для створення сервера BLE код повинен виконувати наступні кроки:

1. Створіть сервер BLE.
2. Створіть сервіс BLE.
3. Створіть характеристику BLE у сервісі.
4. Створіть дескриптор BLE для характеристики.
5. Запустіть сервіс.
6. Почніть advertising, щоб можна було знайти сервер іншими

пристроями. Тепер можливе підключення клієнтів, в тому числі і через смартфон, використовуючи мобільний додаток nRF Connect for Mobile. Підключивши до серверу можна побачити сервіси та характеристики, які містяться на цьому сервері.

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32	Літ.			Маса		Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Конопницький В.О.										
Перевір.		Мельничук А.Ю.										
Т. Контр.												
Реценз.						Арк. 1			Аркшів 1			
Н. Контр.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії						
Затверд.		Ташук О.Ю.										

- ### Контрольні запитання.

1. Навести переваги та недоліки Bluetooth Low Energy?
2. В яких випадках Bluetooth Low Energy буде ефективніший за звичайний?
3. Режим роботи Bluetooth Low Energy?
4. Яка структура даних використовується для передачі інформації?
5. Для чого використовувати Bluetooth Low Energy?

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32					Літ.		Маса		Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.		Підпис						Дата					
Розроб.		Конопницький В.О.													
Перевір.		Мельничук А.Ю.													
Т. Контр.															
										Арк. 1		Аркшів 1			
Реценз.										Циклова комісія Комп'ютерної інженерії					
Н. Контр.															
Затверд.															
		Ташук О.Ю.													

Е7. Лабораторна робота 7

Мета: ознайомитись із віддаленим керуванням периферійними пристроям та реле на ESP32.

Теоретичні відомості.

Щоб почати створювати проекти на ESP32, спочатку потрібно мати його підтримку в середовищі розробки Arduino IDE. Підтримка зараз знаходиться на початковому, але працездатному рівні. Проблеми можуть виникнути з драйверами пристроїв, але через популярність модуля незабаром буде підтримуватися вся периферія. Наприклад використовуючи, реле можна вирішувати питання з автоматизації побутових завдань, за допомогою домашньої мережі.

Реле – це група контактів, які механічно замикаються і розмикаються за допомогою розташованого усередині електромагніту. Інакше кажучи, контакти здатні розривати або з'єднувати електричний ланцюг, коли до електромагніту ззовні докладено невелика напруга. На обмотці електромагніту струм, як правило, виходить в районі 10 - 50 міліампер, тому безпосередньо підключати його до мікроконтролеру можна. Спеціально для цього на модулі розпаяний невеликий підсилювач для реле, який можна безпосередньо підключити до мікроконтролеру.

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32				Літ.		Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Конопницький В.О.											
Перевір.		Мельничук А.Ю.											
Т. Контр.									Арк. 1			Аркушів 1	
Реценз.									Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.													
Затверд.		Ташук О.Ю.											

Хід роботи:

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями.
2. Створити та запустити web-сервер на стенді.
3. Надати можливість користувачеві через інтерфейс веб-серверу керувати реле та набором світлодіодів і задавати проміжок їх роботи.
4. Використати будь-яку периферію та надати можливість керування через веб-сервер.
5. (Додаткове) Створити систему автоматизованого керування освітленням.

Контрольні запитання.

1. Навести приклади використання реле?
2. Навести приклади периферії?
3. Для яких задач можна використовувати периферію, навести приклади?
4. Для чого використовувати IoT?

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32			Літ.		Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата								
Розроб.		Конопницький В.О.										
Перевір.		Мельничук А.Ю.										
Т. Контр.								Арк. 1			Аркушів 1	
Реценз.								Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.												
Затверд.		Ташук О.Ю.										

Г8. Лабораторна робота 8

Мета: ознайомитись із Інтернет керуванням пристроями та взаємодії між стендами на ESP32.

Теоретичні відомості.

WiFi або 802.11 – це бездротовий протокол, який був побудований з метою заміни Ethernet бездротовим зв'язком. Його мета полягала в тому, щоб забезпечити бездоганну, легку у впровадженні, легку у використанні бездротову мережу малого радіусу дії з можливістю взаємодії між постачальниками. При очікуваному використанні настільних пристроїв, енергоефективність не була критичною.

Wi-Fi є очевидним вибором для підключення IoT, тому що покриття Wi-Fi в даний час майже повсюдно, але це не завжди є кращим вибором.

Майбутній стандарт високоефективної бездротової мережі (IEEE802.11ah) також додає ряд зручних функцій IoT. Він зберігає цільовий час пробудження і функції групування станцій від 802.11ah, щоб дозволити клієнтам бути енергозберігаючими і уникати колізій.

У найбільш поширеному визначенні Internet of Things, IoT – це концепція, що дозволяє фізичним об'єктам (речам), здійснювати взаємодію між собою або з зовнішнім світом, частково або повністю без участі людини. Для цієї мети використовуються відповідні об'єднання таких пристроїв в мережі. Фактично, це означає, що оточуючі нас в повсякденності речі, від найпростіших, наприклад, кавоварки, до автомобіля, можуть передавати між собою необхідні дані, забезпечуючи максимальний комфорт для людини без її втручання та управління.

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32			Літ.		Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Конопницький В.О.										
Перевір.		Мельничук А.Ю.										
Т. Контр.								Арк. 1			Аркшів 1	
Реценз.								Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.												
Затверд.		Ташук О.Ю.										

Проекти пов'язані з технологіями інтернету речей зазвичай мають певний веб або мобільний інтерфейс. Якщо ви хочете контролювати одну річ іншою, особливо з низькою затримкою і через Інтернет, це досить важко досягти. Тому необхідно створити рішення для такого випадку. Необхідно створити шаблон платформи Arduino, який показує, як підключити дві Інтернет-плати на основі ESP32, мінімізуючи час затримки з функцією автоматичного відновлення в разі розриву з'єднання Wi-Fi або тимчасового відключення одного з підключених плат.

Шаблон, може бути базою для різноманітних цікавих інтерфейсів для проектів на основі ESP32, наприклад:

- розумні рукавички для управління вашим автомобілем.
- пульт дистанційного керування для пристроїв розумного будинку.
- безпечний і приватний ключ Wi-Fi до вашого будинку (у той час як з'єднання - P2P, жодна сторона не має доступу до ключа шифрування).
- дійсно швидка кнопка Інтернет для ваших речей.

Функціональність шаблону за замовчуванням - це двонаправлене керування світлодіодами за допомогою кнопок панелей ESP32. Ви також можете розглядати цей шаблон як інтернет-комунікатор з кодом Морзе.

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32	Літ.			Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Конопницький В.О.									
Перевір.		Мельничук А.Ю.									
Т. Контр.						Арк. 1			Аркшів 1		
Реценз.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії					
Н. Контр.											
Затверд.		Ташук О.Ю.									

Хід роботи:

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями.
2. Створити та запустити мережу на стенді, або підключитись до вже існуючої.
3. Створити Wi-Fi з'єднання між двома платами.
4. Розробити можливість обміну даними між двома стендами.
5. Запрограмувати кнопку на першому стенді так, щоб при натисненні, на другому стенді загорівся світлодіод, і почав блимати таку кількість разів, яка б дорівнювала вашому варіанту.

Контрольні запитання.

1. Як підключитись до Wi-Fi мережі?
2. Як виконується обмін даними між платами?
3. Як дізнатись IP створеного серверу?
4. Як запрограмувати зчитування інформації через кнопку?

					Лабораторний стенд на основі мікроконтролера ESP32			Літ.		Маса	Масштаб	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Конопницький В.О.										
Перевір.		Мельничук А.Ю.										
Т. Контр.								Арк. 1			Аркушів 1	
Реценз.								Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.												
Затверд.		Ташук О.Ю.										