

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки
(повна назва інституту/факультету)

кафедра мікроелектроніки
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

В.о.завідувача кафедри
_____ **Анатолій ОРЛОВ**
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 153 мікро- та наносистемна техніка
(код і назва)

на тему: Пристрій збору даних цифрової лабораторії

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи ДП-01мп
(шифр групи)

_____ **Хижняк Іван Анатолійович** _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник д.т.н., проф. Якименко Ю.І., конс. к.т.н., проф. А.Т. Орлов
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з нормоконтролю доц., к.ф.-м.н., с.н.с.
_____ **Георгій СВЄЧНИКОВ** _____
(підпис)

Консультант з інформаційних питань доц., к.т.н. Діденко Ю.В.
_____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) електроніки
(повна назва)

Кафедра мікроелектроніки
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 153. Мікро – та наносистемна техніка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри

_____ Анатолій ОРЛОВ
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

« ___ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Хижняку Івану Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Пристрій збору даних цифрової лабораторії

науковий керівник дисертації Якименко Ю.І., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ___ » _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження Вимірювання параметрів у цифровій лабораторії,
збір та передача результатів вимірювань на комп'ютер.

4. Предмет дослідження Створення пристрою збору даних.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити аналіз існуючих логерів даних, пошук літератури для створення схеми та топології пристрою збору даних, підбір компонентів для майбутнього пристрою, створення схеми пристрою, створення топології пристрою.

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Підпис керівника
1	Літературний огляд	Вересень 2021	
2	Аналіз існуючих пристроїв	Вересень 2021	
3	Створення алгоритму роботи	Вересень 2021	
4	Підбір компонентів	Жовтень 2021	
5	Розробка схеми	Жовтень 2021	
6	Розробка топології	Листопад 2021	
7	Розробка програмного коду	Листопад 2021	
8	Оформлення дипломної роботи	Листопад 2021	

Студент _____
 (підпис)

Хижняк І.А.
 (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник дисертації _____
 (підпис)

Якименко Ю.І.
 (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи: 75 сторінок, 18 ілюстрацій, 22 таблиці, 25 джерел за переліком посилань, 2 аркуші специфікації, 3 принципові схеми.

Мета роботи: Знайти найкраще рішення та створети схему і топологію пристрою збору даних цифрової лабораторії, який буде мати можливість передачі даних за допомогою Wi-Fi або Bluetooth.

Рекомендації щодо використання результатів даних досліджень: Отримана в даній роботі схема пристрою збору даних цифрової лабораторії, а також відповідна топологія, дають можливість створення такого пристрою для навчальних цілей, а також для лабораторії, в якій необхідно вимірювати певні фізичні або хімічні характеристики. Також, дана схема дозволить проводити складні вимірювання, коли необхідно одночасно вимірювати декілька величин. Можливість передачі даних на комп'ютер дозволить створити інтерактивні графіки а також таблицю, яка буде підкріплена до часу вимірювань. Таким чином, ми зможемо подивитися та проаналізувати результати вимірювань, які проводились упродовж тривалого періоду часу. Використання такого приладу може значно покращити робочий процес, а також процес проведення занять з багатьох дисциплін під час лабораторних робіт. Важливо відмітити, що дана схема буде надавати можливість перепрограмування, що дозволить використовувати не лише стандартне програмне забезпечення, а і дозволить створити власне, яке буде задовольняти поставлені задачі та надавати можливість проведення більш гнучких та складних вимірювань.

Ключові слова: цифрова лабораторія, логер, топологія, принципова схема, проектування, мікроконтролер.

ABSTRACT

Structure and scope of work: 75 pages, 18 illustrations, 22 tables, 25 sources according to the list of references, 2 sheets of the specification, 3 schematic diagrams.

Purpose: Find the best solution and create a schematic and topology of a digital lab data collection device that will be able to transfer data via Wi-Fi or Bluetooth.

Recommendations for using research results: The scheme of the digital laboratory data collection device obtained in this work, as well as the corresponding topology, make it possible to create such a device for educational purposes, as well as for the laboratory in which it is necessary to measure certain physical or chemical characteristics. Also, this scheme will allow for complex measurements when it is necessary to measure several quantities simultaneously. The ability to transfer data to a computer will allow you to create interactive graphs as well as a table, which will be supported by the time of measurement. In this way, we will be able to view and analyze the results of measurements that have been carried out over a long period of time. The use of such a device can significantly improve the work process, as well as the process of conducting classes in many disciplines during laboratory work. It is important to note that this scheme will provide the possibility of reprogramming, which will allow you to use not only standard software, but also allow you to create your own, which will meet the objectives and allow for more flexible and complex measurements.

Keywords: digital laboratory, logger, topology, schematic, design, microcontroller.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ ЦИФРОВИХ ЛАБОРАТОРІЙ.....	9
2. АЛГОРИТМ РОБОТИ ТА ВИМОГИ ДО ПРИСТРОЮ.....	19
3. МІКРОКОНТРОЛЕР ТА КОМПОНЕНТИ СХЕМИ.....	26
3.1 МІКРОКОНТРОЛЕР ESP-32.....	27
3.2 ПЕРЕВАГИ ESP-32	28
3.3 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З ESP-32.....	30
4. УЗАГАЛЬНЕННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ.....	34
5. ПРОЄКТУВАННЯ СХЕМИ ТА ТОПОЛОГІЇ.....	37
5.1 СТВОРЕННЯ СХЕМИ ТА ОГЛЯД КОМПОНЕНТІВ	37
5.2 ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТОПОЛОГІЇ	40
6. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ	48
6.1 ОПИС ІДЕЇ.....	49
6.3 АНАЛІЗ РИНКОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАПУСКУ СТАРТАП-ПРОЄКТУ.....	51
6.4 РОЗРОБЛЕННЯ РИНКОВОЇ СТРАТЕГІЇ ПРОЄКТУ	59
6.5 РОЗРОБЛЕННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ ПРОГРАМИ СТАРТАП-ПРОЄКТУ.....	61
6.6 АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЄКТУ	64
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	68
Додаток А.....	71
Додаток Б	72
Додаток В.....	73

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

Bluetooth – технологія бездротового радіо зв'язку між різноманітними типами електронних пристроїв.

Wi-Fi – технологія передачі даних по радіоканалах завдяки цифровим потокам.

DIN Connector – електричний з'єднувач.

DMIPS (від Dhrystone MIPS) – тест (синтетичний) продуктивності комп'ютерів та мікроконтролерів.

SMT – технологія виготовлення електронних пристроїв, в якій компоненти встановлюються безпосередньо на поверхню друкованої плати.

RTC – годинник реального часу.

Логер – пристрій для збору та реєстрації інформації.

КП – комутаційне поле.

ЕОМ електро обчислювальна машина .

ВСТУП

Сучасні лабораторії потребують сучасних технологій, які повинні не тільки бути новими з точки зору їх продуктивності, але і повинні бути зручними у використанні під час вимірювань.

Багато складних вимірювань потребують одночасного використання багатьох датчиків. Для таких вимірювань необхідно збирати данні та мати можливість зберігати їх, для подальшого аналізу та обробки. Також важливим фактором повинна бути можливість проведення занять дистанційно, оскільки на сьогоднішній день таким чином заняття проводяться у школах та університетах багатьох країн. При цьому, якість таких занять не повинна впливати на навчальний процес та якість знань учнів та студентів.

Вдала лабораторна установка може вплинути на проведення занять у школах на таких предметах, як хімія, біологія, фізика. В університетах цей перелік значно більший, оскільки необхідність проводити фізичні вимірювання є досить розповсюдженою на багатьох технічних предметах. Все це описує головну мету та суть цієї роботи створення програмно-апаратного комплексу цифрової лабораторії.

Для повноти роботи необхідно проаналізувати існуючі схожі пристрої, вибрати мікроконтролер, на якому буде базуватися майбутній пристрій, оцінити необхідні характеристики, якими повинна володіти цифрова лабораторія, створити алгоритм роботи, обрати роз'єми для під'єднання датчиків і головне – створити схему пристрою та на основі схеми – топологію майбутньої плати.

1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ ЦИФРОВИХ ЛАБОРАТОРІЙ

Сьогодні існує значна кількість логерів даних для отримання результатів вимірювань у цифрових лабораторіях. При роботі з ним головною метою є отримання даних, проте як ці датчики отримують ці данні – може бути відмінним для кожного з них. Деякі логери лише збирають інформацію та передають на комп'ютер, інші мають вбудовано пам'ять для накопичення отриманих результатів, а лише потім, за допомогою накопичувача, ці данні будуть передані на комп'ютер для подальшої обробки результатів та побудови графіків. Також пристрої збору даних можуть займатися не лише отриманням даних, а також їх обробкою. У якості обробки може бути будівництво таблиць з результатами вимірювань, візуалізація графіків, які можуть формуватися як результат після проведення вимірювань, або навіть відтворюватися інтерактивно, у реальному часі, для найкращого розуміння досліджуваного явища.

Отже, як було зазначено вище, таке різноманіття датчиків призводить до того, що необхідно обрати певний з алгоритмів та режимів роботи, який буде підходити саме для наших цілей використання, буде зручним для користувачів і мати не дуже високу собівартість.

Для кращого аналізу існуючих датчиків буде доцільно дослідити та характеризувати існуючі моделі детально. Існує декілька основних варіантів підключити датчики до комп'ютера або пристрою для вимірювань. Перший варіант – використання логера, реєстратора даних, який забезпечений екраном, тобто існує можливість відобразити результати вимірювань, побудувати графіки, зберегти й обробити данні. Датчики у такому випадку підключаються саме до пристроїв. На Рис 1.1 наведено один з описаних вище пристроїв, що випускається компанією PASCO. [1]



Рисунок 1.1 – SPARK Science Learning System компанії PASCO

Переваги такого пристрою збору даних:

- кольоровий дисплей;
- сенсорний екран;
- вбудовані датчики напруги та температури;

Порти:

- 4 порти для датчиків;
- 2 порти для використання з датчиками PASPORT;
- 2 виділених порти (температури та напруги).

Інші параметри:

- дисплей: розширення 640 x 480 пікселів, сенсорний РК-екран;
- пам'ять: флеш пам'ять 1 ГБ;
- вага: 600 г;
- розмір: 170 x 140 x 45 мм;
- розмір дисплея 145 мм по діагоналі;
- USB – підключення: 2 USB порти.
- живлення: батареї або змінного струму.

Також можна розглянути інший варіант логера даних, це – використання блоків для вимірювання, тобто пристроїв, які мають можливість виконати функцію аналого-цифрового перетворювача. Далі такий пристрій під'єднуються до USB порту комп'ютера для передачі та побудови результатів вимірювань у вигляді таблиць або графіки. Датчики, які необхідні для здійснення певних вимірювань або досліду, підключаються безпосередньо до таких пристроїв. На Рис 1.2 можна побачити зображення один з подібних пристроїв. У даному випадку це USBLink, пристрій, який випускається компанією FOURIER.[2]



Рисунок 1.2 – USBLink компанії FOURIER

Характеристика USBLink:

- Міні-USB порт для під'єднання до комп'ютера;
- 4 Mini Din порти для датчиків в режимі Auto Detect
- частота дискретизації: 12-біт;
- частота: 20 тис. в секунду.
- 1 датчик - 20 тис. в секунду,
- 2 датчики – кожен по 10 тис. в секунду,
- 3 датчики - кожен по 6,7 тис. в секунду,
- 4 датчика - кожен по 5 тис. в секунду;
- розміри USBLink - 57 x 57 x 20 мм.

Як було зазначено вище, до портів можна під'єднати 4 датчики і буде виконана функція їх розпізнавання. Це досить зручно, оскільки у такому випадку на комп'ютері буде вказано, яку саме величину вимірює користувач пристроєм та до якого порту під'єднаний саме цей датчик. Проте, це можливо лише з цифровими датчиками, адже даний логер не має можливості здійснювати вимірювання з аналогових. Можливо, для деяких цілей цього буде достатньо, проте важливо відмітити, що для створюваного у цій роботі пристрою збору даних краще мати можливість роботи з цифровими та аналоговими датчиками, адже це надасть можливість проводити вимірювання більш складні, комплексні, можливо одночасно з цифровими та аналоговими датчиками та головне – розпізнаванням під'єднаних датчиків. Дійсно, не всі датчики можна буде розпізнати, а лише ті, які будуть йти у серії зі створюваною цифровою лабораторією. Проте, у даному випадку, існує велика кількість датчиків, які можна буде під'єднати до створюваної плати, тож проблем з розпізнаванням типу датчика та його назви невинно виникнути.

Також існує бездротовий варіант пристрою, який був описаний вище. Представлена така бездротова версія на Рис 1.3. Зв'язок з комп'ютером здійснюється за технологією Bluetooth [3]. Звісно, самі датчики будуть під'єднуватися до пристрою збору даних за допомогою дротів для під'єднання, проте, можливість передачі даних на комп'ютер за допомогою Bluetooth, надає нам можливість зручно передавати данні без під'єднання до комп'ютера за допомогою дроту. Це зручно, коли всі роз'єми комп'ютера зайняті іншими девайсами, та і загалом, використання бездротових технологій – це сучасний підхід до вирішення задачі, тому у випадку створюваного у цій роботі пристрою також буде доречно використати такий підхід.



Рисунок 1.3 – NOVA AIR компанії FOURIER

Характеристики NOVA AIR [4]:

- авторозпізнавання датчиків.
- частота дискретизації - 10000 в секунду при бездротовому режимі (50 000 за секунду при роботі через кабель);
- радіус дії - до десяти метрів;
- ємність пам'яті: до 100 тисяч вимірених зразків;

Наступний з варіантів існуючих пристроїв збору даних, який буде доцільно розглянути у цьому аналізі логерів – це Nova 5000 (Рис 1.4. [5]). Даний варіант пристрою збору даних являє собою підключення датчиків до спеціалізованого комп'ютера, який має вбудований аналогово-цифровий перетворювач. Даний пристрій також має недолік у тому, що всі датчики, які можна до нього під'єднати для проведення вимірювань – це аналогові датчики. Звісно, з метою використання такого пристрою на цифровій лабораторії у школі на заняттях з фізики, хімії та інших дисциплін можливо було б достатньо. І тому цей пристрій наведено у цій роботі, адже він вдалий і повноцінний. Проте, важливо відмітити,

що у створюваному пристрої у межах цієї роботи буде можливість використовувати як і цифрові, так і аналогові датчики.



Рисунок 1.4 – Комп'ютер NOVA 5000 від компанії FOURIER

Характеристики NOVA 5000:

- процесор Intel XScale PXA320, 624 МГц;
- оперативна пам'ять 128 Мб;
- монітор розширення 800x480 пікселів, 65000 кольорів, LCD, сенсорний екран;
- флеш-пам'ять 256 Мб, можливе розширення до 1Гб;
- вбудований RTC;
- розміри: 236 x 186 x 43 мм;
- вага 1090 грам.

Периферійне обладнання:

- порт для локальної мережі;
- USB Sync порт (підтримуючий ActiveSync);
- інтегрований WiFi 802.11 b/g;
- 3 входи USB 1.1 з підтримкою для клавіатури, мишки і флеш-пам'яті;
- USB Sync порт (підтримуючий ActiveSync);
- гніздо для карти CompactFlash;
- вхід для картки SD;
- входи для навушників і мікрофону;
- вбудований мікрофон ;
- 12-біт інтерфейс для підключення 8 датчиків (для реєстрації даних);
- стандартний вхід для дисплея VGA.

Оскільки даний пристрій являє собою повноцінний комп'ютер, він не має і не потребує можливості під'єднання до комп'ютера з метою передачі даних. Вище зазначені периферійні обладнання, проте важливо розуміти, що для звичайного пристрою збору даних, який буде під'єднуватися до комп'ютера, нам не потрібна можливість використання SD карт, під'єднання дисплею, клавіатури та іншого. Тому звісно, що у рамках цього пристрою це необхідні опції, адже, як було зазначено раніше, це повноцінний комп'ютер, проте у випадку створюваної у цій роботі пристрою збору даних всі ці можливості не є потрібними.

Четвертий варіант підключення датчиків – це безпосередньо до USB – порту комп'ютера. Такі датчики випускаються компанією "Наукові розваги" (Рис1.5). Недоліком є те, що кожен датчик має вбудований аналогово-цифровий перетворювач, що суттєво підвищує вартість, тому такі датчики є не вигідними з економічної точки зору. Також можливість використання багатьох датчиків обмежується кількістю роз'ємі на комп'ютері, що не дає можливість одночасного використання багатьох датчиків. Також, такий датчик був

наведений у цьому розділі з метою продемонструвати необхідність використання пристрою збору даних, адже це позитивно вплине на процес дослідження, дозволить передавати результати вимірювань за допомогою Bluetooth або Wi-Fi на комп'ютер. Створювати такі датчики доречно, коли необхідне постійне їх використання при роботі за комп'ютером. Наприклад, це може бути датчик вимірювання температури, щоб слідити за температурою у системному блоці комп'ютера, не використовуючи при цьому вбудований у комп'ютер датчик. Або інший приклад, який потребує вимірювань під час роботи з комп'ютером.



Рисунок 1.5 – Цифровий датчик компанії «Наукові розваги»

Доречно буде завершити розділ з аналізу існуючих пристроїв збору даних повноцінною лабораторією, яка має у своєму складі готові датчики та логер даних. LabMate II Einstein є пристроєм збору даних такої цифрової лабораторії. Його перевага у тому, що логер може бути під'єднаний з метою передачі вимірянних даних до планшета або до персонального комп'ютера. Програмне забезпечення для даного логера підтримує операційні системи Android, iOS або Windows 8 для планшетів та Windows або Linux та MacOS для ноутбуків та ПК.

[6]



Рисунок 1.6 – Пристрій Einstein LabMate II

Пристрій LabMate II Einstein має вбудовані сенсори вологості, температури, пульсу, тиску барометричного, рівня освічуваності та ультрафіолету. Для роботи з даним пристроєм необхідно використовувати програмне забезпечення MiLAB або MiLAB X.

Також при роботі з даним пристроєм можна використовувати можливість передачі інформації за допомогою Bluetooth. Інтерфейс використання пристрою можна вважати досить зручний, адже на ньому присутні різнокольорові індикатори, використовуючи які можна дізнатися про стан роботи приладу. Блімання зеленого індикатора вказує на те, що пристрій працює і не є під'єднаним до Bluetooth.

Блімання синього індикатору вказує, що пристрій працює та є під'єднаним за допомогою Bluetooth до комп'ютера. Блімання червоного індикатора вказує, що пристрій має розряджений акумулятор і його слід зарядити. На перший погляд можна вважати, що це не є суттєвим з технічної точки зору, але з точки зору використання це значно покращує сприйняття та розуміння стану роботи

приладу користувачем. Нижче наведені технічні характеристики LabMate II Einstein.

Характеристики LabMate II Einstein:

- Ємність внутрішньої пам'яті: до 800 000 зразків.
- Роздільна здатність: 12 біт.
- Програмне забезпечення: MiLAB або MiLAB X.
- Вага: 120 грам.
- Розміри: 90,2мм x 90,2мм x 20мм.
- З'єднання: microUSB або Bluetooth.

2. АЛГОРИТМ РОБОТИ ТА ВИМОГИ ДО ПРИСТРОЮ

Під час розробки схеми пристрою збору даних важливо заздалегідь продумати алгоритм роботи, адже від цього залежить, які саме компоненти будуть присутні у майбутньому пристрою, яку буде у них призначення, яка буде послідовність обробки даних логером та що саме буде робити логер, тобто яка частина програмного коду буде виконуватися на логері, а яка передана у програмне забезпечення, яке буде безпосередньо необхідне для роботи з пристроєм. Також створення продуманого алгоритму та принципу роботи пристрою може запобігти майбутнім змінам схеми, які можуть бути необхідні на етапі розробки через необхідність змінити певні компоненти, або особливості їх розташування. Це може виникнути у випадку, коли принцип роботи був не продуманий, через несумісність деяких компонентів, через хибні значення, які передавалися від одного компоненту іншому. Саме тому, у даному розділі буде здійснено досить суттєвий аналіз необхідних характеристик, якими повинен володіти пристрій збору даних, а також попередній підбір компонентів, які будуть присутні у схемі майбутнього логера.

Датчики, які будуть використовуватися з даним пристроєм збору даних, мають роз'єм MiniDIN (рис 2.1), тож даний пристрій повинен бути з ним сумісним [7].

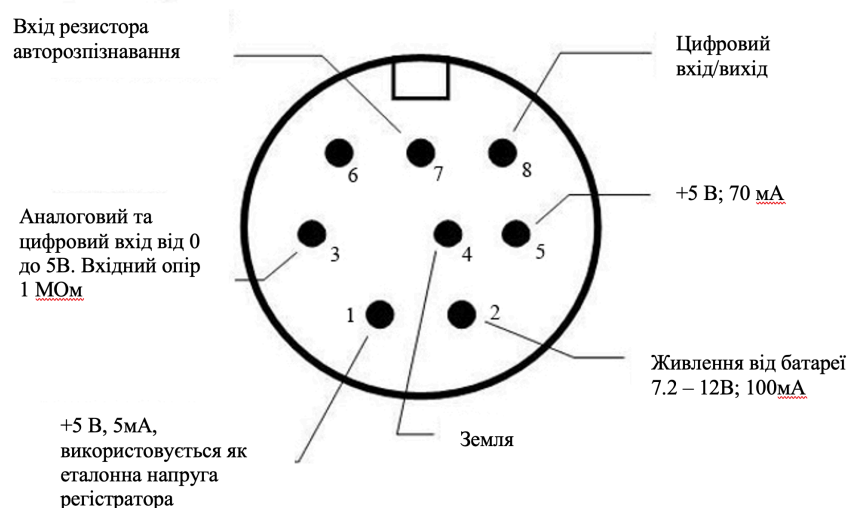


Рисунок 2.1 – Призначення контактів MiniDIN

Характеристика MiniDIN :

- Діаметр: 9,0 мм
- Кількість полюсів: 8-полюсний
- Номінальні характеристики: DC 2A / 12VDC
- Номінальні характеристики: AC 1A / 100VAC
- Діелектрична міцність: 250VAC
- Опір ізоляції: більше 50 МОм при 250 В постійного струму
- Допустима робоча температура: -20°C до 70°C

Через даний роз'єм буде здійснюватися живлення датчиків та передача на логер, а далі і на комп'ютер, вимірних даних. Доричним буде зазначити деякі визначні приклади використання роз'ємів mini-DIN. Роз'єми Mini-DIN-3 використовувалися в ранніх реалізаціях Apple LocalTalk. Роз'єми Mini-DIN-4 використовуються для S-video, а також для Apple Desktop Bus.

Роз'єми Mini-DIN-6 використовувалися для IBM PC-сумісних портів клавіатури та миші PS/2, а також для клавіатур Acorn Archimedes (до A7000 були фірмовими, A7000 і пізніше були стандартизовані PS/2). Роз'єми Mini-DIN-8 використовувалися для портів клавіатури та миші Sun Microsystems, а також для послідовних з'єднань принтера, модему та Apple LocalTalk. Він також використовувався як роз'єм ігрової панелі для відеоігрової системи PC Engine та її варіантів (за винятком варіанту TurboGrafx-16 USA, який використовував повнорозмірний DIN-8).

Роз'єми Mini-DIN-9 використовувалися для квадратних мишей Acorn Archimedes і шини Microsoft InPort (не взаємозамінні). Він також використовується як вихідний аудіо/відеопорт ігрових консолей Sega Genesis/Mega Drive у варіантах Model 2, а також їх аддон 32X.

Роз'єми Mini-DIN-7 і Mini-DIN-9 використовувалися для різноманітних аудіо та відеопрограм. Крім того, роботи-пилососи iRobot Roomba використовують Mini-DIN-7, щоб відкрити інтерфейс для користувацьких датчиків і контролю. Роз'єми Mini-DIN-6 і Mini-DIN-8 часто використовуються в програмах радіоаматорів для взаємодії з комп'ютерами для передачі пакетів даних і радіопрограмування.



Рисунок 2.2 – Цифровий датчик температури з роз'ємом MiniDIN

Тож, як можна побачити, цей роз'єм я досить популярним, а також існує ціла низка існуючих датчиків з даним роз'ємом. Деякі з них можна побачити на рисунках 2.2, 2.3 та 2.4.



Рисунок 2.3 – Аналоговий датчик температури з роз'ємом MiniDIN

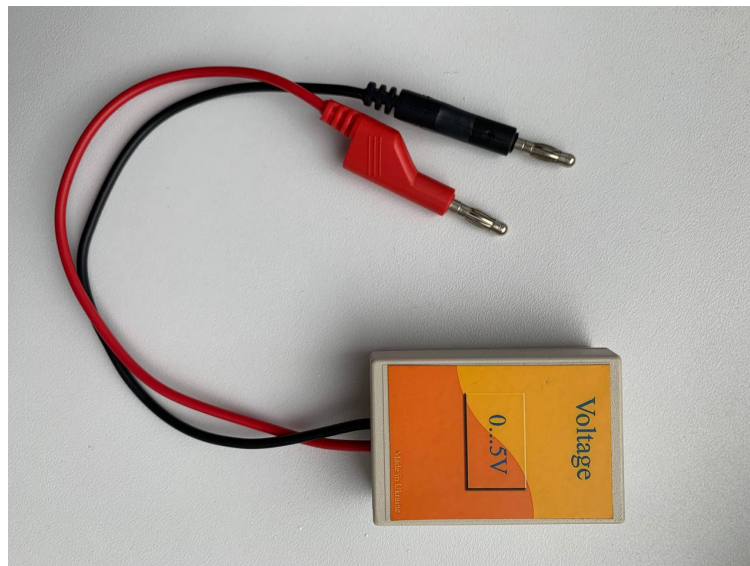


Рисунок 2.4 – Датчик напруги з роз'ємом MiniDIN

Кожен з таких датчиків включає у себе так званий кодовий резистор, який використовується для функції авторозпізнавання під'єданого датчика. Працює це наступним чином: до схеми під'єднується датчик, у спеціальний роз'єм на датчику подається напруга, резистор відповідно перетворить значення струму з кожного датчику, який буде передаватися назад з датчика на пристрій збору даних. Таким чином, логер даних отримає з кожного датчика унікальне значення струму, що буде свідчити про під'єднаний датчик, а саме – яку величину він зможе вимірювати. Також, створювана схема повина володіти можливістю

розпізнавати, чи є під'єднаний датчик цифровим або аналоговим, оскільки створювана схема буде підтримувати обидва типи датчиків. Це є важливим, оскільки від типу під'єданого датчика залежить алгоритм обробки його даних, для цифрових та аналогових датчиків алгоритм відмінний. Все це необхідно для більш гнучкого та зручного використання даного пристрою користувачем. Для користувачів створюваним пристроєм збору даних повинно бути зручно проводити різні вимірювання, відображення даних на комп'ютері або планшеті а також інші обробки та аналіз даних.

Отже, можливість пристрою збору даних відлічити цифровий датчик від аналогового, а також у подальшому розпізнати сам датчик, дає можливість створити дуже зручне програмне забезпечення, де буде відображати який саме датчик під'єднано. Це значно покращить процес проведення комплексних та складних дослідів, де необхідно одночасно вимірювати декілька величин, будувати таблиці з даними, графіки, діаграми вимірювань та інше.

Виходячи з цього, необхідно надати роз'єму MiniDIN можливість всіх згаданих вище характеристик. У результаті деяких спроб під час створення даної плати було виявлено, що саме за допомогою MiniDIN не можна створити розпізнавання типу датчиків. Тобто, можна розпізнати який саме датчик під'єднано, датчик температури, тиску, пульсу та інші, проте не можна розпізнати цифрові та аналогові, оскільки необхідна більша кількість портів.

Враховуючи те, що існує багато датчиків з роз'ємом MiniDIN, було прийняте рішення створити перехідник з MiniDIN на інший роз'єм, який зможе задовільнити всі необхідні технічні вимоги. Для цієї роботи був обраний роз'єм VH-12 (рис 2.5) [8]. Схема створеного перехідника на VH-12 наведена у додатку Б.

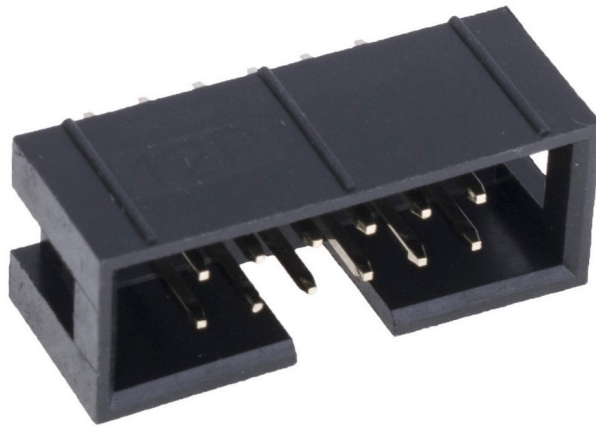


Рисунок 2.5 – Роз’єм BH-12

Даний роз’єм має наступні характеристики:

- Спосіб монтажу: паяння на плату
- Форма контактів: прямі
- Крок контактів: 2.54 мм
- Кількість контактів: 12
- Матеріал ізолятора: полібутилен
- Опір ізолятора: не менше 1000 МОм
- Матеріал контактів: мідь
- Опір контактів: 0.015 Ом
- Граничний струм: 1 А
- Максимальна напруга: 500 В
- Робоча температура: -40...105°C

Після під’єднання датчиків до перехідника та до пристрою збору даних, необхідно виконати функцію авторозпізнавання датчиків. Це здійснюється за допомогою кодових резисторів, які наявні у кожному датчику, який може бути під’єднаним до створюваного логера даних. Спочатку необхідно виявити, який саме датчик було щойно під’єднано до плати, аналоговий датчик чи цифровий.

Далі, після розпізнавання типу під'єданого датчика, можна проводити розпізнавання, який саме це датчик. Напруга подається на датчики, резистор при цьому змінює однакове значення струму на унікальне, отриманий струм подається на пристрій збору даних, за допомогою якого по отриманому коду можна зрозуміти, який саме датчик під'єднано.

Необхідно враховувати, що для живлення датчиків потрібна напруга 5В, але ESP32 може видавати наругу 3.3В. Це необхідно врахувати та забезпечити, щоб датчикам було досить живлення. Тому створювана схема майбутнього пристрою збору даних потребує підсилювача напруги для надання необхідної напруги датчикам.

Також необхідно враховувати, що для сучасного пристрою збору даних досить суттєвим моментом є можливість передачі даних за допомогою Bluetooth на комп'ютер або інший пристрій обробки інформації. Для цього необхідно надати схемі можливість працювати не від комп'ютера, тобто забезпечити альтернативне джерело живлення. Це може бути акумулятор, або можливість під'єднання до блоку живлення.

3. МІКРОКОНТРОЛЕР ТА КОМПОНЕНТИ СХЕМИ

Мікроконтролер – це невеликий комп'ютер на одній мікросхемі інтегральної схеми метал-оксид-напівпровідник (МОП). Мікроконтролер містить один або кілька процесорів (ядер процесора) разом з пам'яттю і програмованими периферійними пристроями введення/виводу. Пам'ять у вигляді ОЗУ, флеш-пам'яті NOR або PROM також часто включається в мікросхем. Мікроконтролери призначені для вбудованих програм, на відміну від мікропроцесорів, що використовуються в персональних комп'ютерах або інших програмах загального призначення, що складаються з різних дискретних мікросхем. [9]

Використання мікроконтролерів достатнього потужного обчислювального пристрою з широкими можливостями, побудованого на одній мікросхемі замість цілого набору, значно знижує розміри, енергоспоживання та вартість побудованих на його базі пристроїв.

Використовуються в управлінні різними пристроями та їх роздільними блоками: у обчислювальній техніці: материнські плати, контролери дисководів жорстких та гнучких дисків, CD та DVD, калькуляторах. Також у різноманітній електроніці та пристроях побутової техніки, в якій використовуються електронні системи управління – машинах для прання, мікрохвильових печах, посудомийних машинах, телефонах та сучасних приладах, різних роботах, системах «розумний дім» та ін. У промисловості прикладами використання можуть бути пристрої промислової автоматики - від програмованого реле і вбудованих систем до ПЛК, систем керування верстатами.

Важливо зазначити, що 8-розрядні мікропроцесори сильно витіснені більш продуктивними моделями, а 8-розрядні мікроконтролери досить широко та активно використовуються у різноманітних сферах. Це пояснюється тим, що

сьогодні існує дуже велика кількість приладів, які не потребують високої продуктивності, але для них бажана низька вартість. Проте, є мікроконтролери, які мають великі обчислювальні можливості, наприклад, цифрові сигнальні процесори, що використовуються для обробки великого потоку даних в реальному часі (наприклад, аудіо-, відеопотоків).

3.1 МІКРОКОНТРОЛЕР ESP-32

ESP32 - це серія бюджетних мікроконтролерів з не великим рівнем споживання енергії. Це також система на чіпі з вбудованим мікроконтролером, Wi-Fi і Bluetooth. У складі мікроконтролера ESP32 використовується процесор Tensilica Xtensa LX6 з двоядерними та одноядерними варіаціями та включає в себе вбудовану антену, посилений малошумний приймач, фільтри, підсилювач потужності, модуль керування живленням. ESP32 є розробкою компанії Espressif Systems, яка базується в Шанхаї, і виробляється TSMC з використанням 40-нм технологічного процесу.[10] Він є наступником мікроконтролера ESP8266.

ESP32 володіє доволі широкими технічними характеристиками. Основні з них наведені нижче. [11]

Технічні характеристики ESP32:

- Процесор: двоядерний 32-розрядний мікропроцесор LX6, частотою 160 або 240 МГц.
- Бездротовий зв'язок: Bluetooth 4.0, Wi-Fi
- Пам'ять: SRAM 520 Кб.
- Периферійні інтерфейси:
 - 1 × АЦП 12-розрядний;
 - 2 × ЦАП 8-біт;
 - 2 × інтерфейс I²S;
 - 2 × інтерфейс I²C;

3 × UART ;

3.2 ПЕРЕВАГИ ESP-32

До переваг ESP-32 можна віднести багато характеристик, наприклад вбудовані Wi-Fi та Bluetooth модулі. Можливість використовувати вбудовані модулі позбавляє від вирішення проблеми сумісності мікроконтролера та зовнішнього модуля, оскільки даний модуль вже вбудований у мікроконтролер. Також, у такому випадку, зникає необхідність створювати програмне забезпечення для під'єднання модуля, оскільки воно вже присутнє у бібліотеці для роботи з самим мікроконтролером.

Мікроконтролер ESP-32 має відкриту бібліотеку для роботи з ним, що дозволяє значно простіше створити необхідне програмне забезпечення. Бібліотека написана на мові програмування C та частіше за все використовується у середі програмування Arduino IDE, оскільки ця середа створена спеціально для роботи з серією електроніки Arduino а також добре підходить для роботи з ESP-32. У цій середі розробки можна зручно створити програмне забезпечення, протестувати, імітувати ввід та вивід інформації та багато інших зручних можливостей.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд плати ESP-32

Звісно, що плата, зображена на рисунку 3.1, являє собою SMT плату. Тобто це можна вважати повноцінним пристроєм, а не тільки мікроконтролером, з яким легко працювати, використовувати можливість легко та швидко програмувати цифрові та аналогові порти та багато інших можливостей, які покращать етап розробки пристрою.

Зображена вище SMT плат називається ESP32 Espressif ESP-WROOM-32. Ця плата має у собі мікроконтролер ESP32, роз'єм Micro-USB для програмування та живлення, кнопку перезавантаження мікроконтролера, світлодіодні індикатори для зручної роботи, а також 30 портів для роботи, серед яких є 3.3В для живлення, заземлення (GND), цифрові та аналогові порти. Позначення всіх портів наведено на рисунку Рис 3.2.[12]

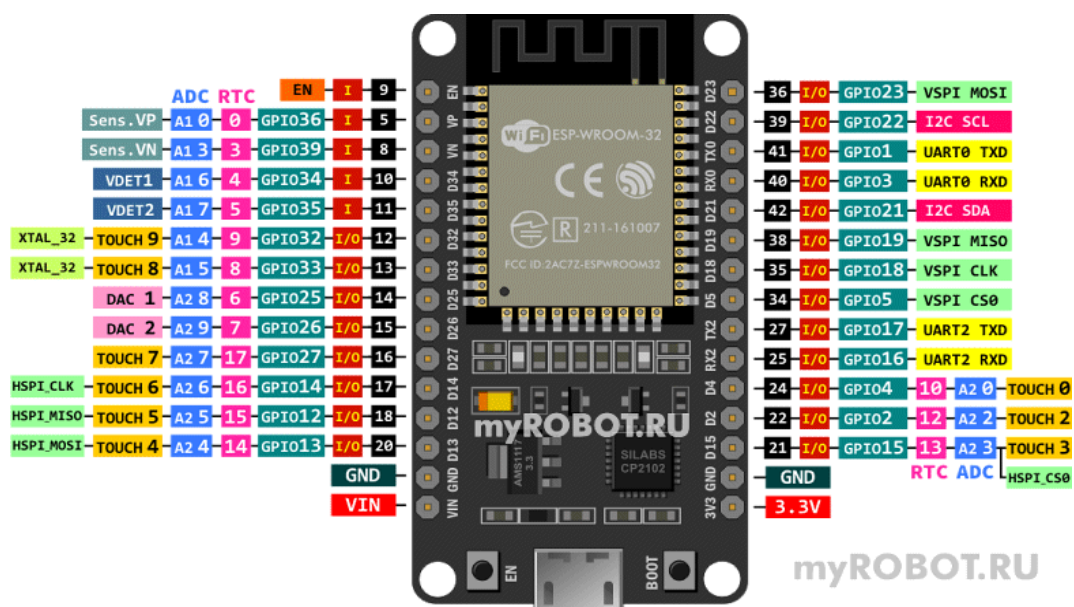


Рисунок 3.2 – Позначення портів на платі ESP32 Espressif ESP-WROOM-32

Для прошивки та програмування плати можна використати наступні мови та середовища розробки:

- Arduino IDE з бібліотекою ESP32 Arduino Core
- Espressif IoT Development Framework – Офіційна серда розробки від Espressif;
- Espruino – JavaScript SDK, для програмування на мові Java Script.
- Lua RTOS для ESP32
- Mongoose OS – Операційна система для підключення баз даних для мікроконтролерів;
- Ruyakr IDE – спеціальна серда розробки, яка призначений для використання з пристроями Русом;
- Whitecat Ecosystem Blockly – серда, на базі Web IDE та працює у браузері.
- MicroPython – серда програмування, яка надає можливість програмувати ESP-32 на мові Python.
- Zerynth — Python для IoT і мікроконтролерів, включаючи ESP32.

3.3 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З ESP-32

Перед початком роботи з ESP-32 необхідно розглянути призначення деяких роз'ємів, а також певні особливості, які можуть вплинути на роботу з ними. Враховуючи наведені рекомендації необхідно зроби висновок, що до використання різних портів при проєктуванні схеми. Також необхідно заздалегідь запланувати, які порти будуть використовуватися для передачі даних з датчиків та які будуть виконувати інші функції, які будуть наявні у майбутньому пристрою.

VIN – контакт для підключення зовнішнього джерела живлення 5V .

3.3V – контакт, на який подається вихідна напруга стабілізатора. Може бути використаний для живлення підключених до плати датчиків.

I – контакти можуть бути використані тільки як входи.

I / O – контакти можуть бути використані як входи і виходи.

GPIO (General Purpose Interput Output) – контакти вводу / виводу загального призначення. Можуть бути налаштовані як входи або виходи і програмно призначені на різні функції. Абсолютний максимальний струм, споживаний GPIO, становить 40 мА відповідно до специфікації ESP32.

EN (Chip Enable) – контакт включення ESP32 в робочий режим, одночасно може бути задіяний для перезапуску контролера (Reset).

A1, A2 – виводи вбудованого аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Вхідні канали АЦП мають 12 біт. Перетворені значення лежать в інтервалі 0 - 4095. Вхідний діапазон напруг становить від 0 до 3,3 В. Є можливість встановити розширення каналів АЦП в кодї, а також діапазон АЦП.

Важливо відмітити, що контакти А2 не рекомендується використовувати при використанні Wi-Fi.

DAC – цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП). На ESP32 є два 8-бітних каналу ЦАП для перетворення цифрових сигналів в аналогові вихідні сигнали напруги.

UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) – асинхронний послідовний інтерфейс, встановлює зв'язок з іншими пристроями по шині UART. Кожна лінія може бути змінена користувачем на будь-який GPIO.

SPI (Serial Peripheral Interface) – послідовний периферійний інтерфейс. ESP32 має два SPI (VSPI і HSPI) в провідному і підпорядкованому режимах.

TOUCH – контакти ємнісних сенсорних датчиків. Реагують на зміну ємності в електричному ланцюзі виведення, викликане дотиком пальця до відповідного контакту. Ці контакти можуть бути легко вбудовані в ємнісні панелі і замінювати механічні кнопки. TOUCH-контакти також можуть служити джерелом пробудження ESP32 з режимів.

Інтерфейс I2C – послідовна асиметрична шина. I2C використовується для підключення датчиків і периферійних пристроїв.

RTC – ядро низького енергоспоживання. ESP32 має співпроцесор з ультранизьким енергоспоживанням (Ultra Low Power - ULP). Виводи RTC GPIO, переслані в підсистему з низьким енергоспоживанням, можуть використовуватися для виходу ESP32 з глибокого сну під час роботи співпроцесора (ULP). Вимагають попередньої програмної підготовки.

VDET – аналогові контакти ядра низького енергоспоживання (RTC). За аналогією з цифровими контактами, призначені для виведення процесора ESP32 режими економії енергії. Вимагають попередньої програмної підготовки.

XTAL_32 – контакти зовнішнього кварцового генератора з частотою 32.768 КГц.

Sens_VP (positive), Sens_VN (negative) – контакти вбудованого датчика Холла, який виявляє зміни в магнітному полі в його оточенні.

PWM (pulse-width modulation) – широтно-імпульсна модуляція (ШИМ) управляє потужністю методом пульсуючого включення і виключення виведення. ESP32 має 16 незалежних ШИМ-каналів. Практично всі контакти, які можуть виступати

в якості виходів, можуть використовуватися в якості виходів ШІМ (GPIО з 34 по 39 не можуть генерувати ШІМ). Для генерації ШІМ-сигналу необхідно в програмі задати частоту сигналу, шпаруватість, ШІМ-канал, а також GPIО, на якому ви хочете вивести сигнал.

4. УЗАГАЛЬНЕННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Виходячи з оглянутих вище пристроїв, а також щодо обраного мікроконтролера можна зробити певні висновки та охарактеризувати майбутній пристрій, який створюється у даній роботі. Даний розділ дасть точне розуміння та формулювання, якими саме характеристиками та можливостями повинен володіти майбутній логер.

Для кращого розуміння існуючих приладів, а також для обору основної ідеї для створення пристрою збору даних, краще поділити існуючі прилади на категорії. До першої категорії можна віднести пристрої, які являють собою повноцінний комп'ютер, тобто мають власний екран, пам'ять для накопичення даних, отриманих у результаті проведення вимірювань, повноцінну клавіатуру, або близьку до повноцінної, вбудовані динаміки та мікрофон для передачі, а також інші додаткові можливості, які дозволяють використовувати пристрій збору даних без комп'ютера, планшета або іншого повноцінного пристрою обробки даних, оскільки сам логер являє собою такий комп'ютер. Недоліком такого пристрою можна вважати більший розмір та ціну, оскільки він містить у собі багато компонентів, ціна таких приладів може сягати до ціни повноцінного комп'ютера. До переваг можна віднести відсутність необхідності мати поруч комп'ютер або планшет під час проведення вимірювань. Також вирішується питання сумісності з операційною системою, оскільки існує повноцінний пристрій з постійною операційною системою, тобто не можливе виникнення проблем через несумісність програмного забезпечення з новою операційною системою.

Також існує інша категорія пристроїв збору даних, які являють собою окремий логер, до якого необхідно під'єднати всі потрібні датчики, після чого логер отримує з них інформацію та передає на комп'ютер. Такі пристрої коштують значно дешевше, оскільки у своєму складі не мають екранів,

клавіатури та інший компонентів, які могли б створити високу ціну. Це значно спрощує задачу щодо забезпечення такими цифровими лабораторіями аудиторій університетів та шкіл. Також такі пристрої збору даних значно простіше відремонтувати або замінити у разі поломки, оскільки такий логер включає у себе значно меншу кількість компонентів, які залежать один від одного.

У даній роботі буде створено саме пристрій збору даних, який являє собою окремий логер, який необхідно під'єднати до комп'ютера або планшета. Також, враховуючи переваги та недоліки існуючих пристроїв збору даних, було прийняте рішення надати створюваному пристрою збору даних певні характеристики, які покращать роботу з ним, зроблять використання зручнішим та розширять спектр використання даного приладу під час вимірювань.

До характеристик та можливостей, які покращать використання даного приладу, можна віднести можливість передачі даних на комп'ютер за допомогою Bluetooth. Таку можливість надає обраний для цієї роботи мікроконтролер ESP-32, оскільки має у своєму складі вбудований Wi-Fi та Bluetooth модулі. Використання саме вбудованих модулів спрощує створення приладу та сумісності з мікроконтролером, також це значно спрощує задачу написання програмного коду для такого пристрою.

Також, однією з зручних характеристик буде можливість розпізнавання датчиків. Користувачу потрібно лише під'єднати датчик до пристрою збору даних, далі він сам розпізнає, який датчик було під'єднано, цифровий чи аналоговий, а також для вимірювання якої величини використовуються під'єднаний датчик. Це дасть можливість у подальшому відобразити на комп'ютері назву під'єданого датчика, відкрити для нього необхідні таблиці або графіки вимірювань. Можна зробити багато зручних для користувача

функцій, проте це вже задача створення програмного забезпечення для комп'ютера, що виходить за межі теми та задачі даної роботи.

Важливим фактором, який необхідно врахувати, що створюваний пристрій збору даних повинен мати можливість працювати через блок живлення. Тобто, для живлення у цьому приладі необхідно створити два роз'єми. Перший – для живлення через мікроконтролер ESP-32, який під'єднується до комп'ютера для перепрошивки контролера або для роботи. Проте, оскільки пристрій буде володіти можливістю передавати дані на комп'ютер через Bluetooth, тобто без необхідності під'єднання пристрою до комп'ютера, необхідно надати можливість живлення плати за допомогою блоку живлення.

Отже, у цьому розділі були описані головні переваги плати та технічне завдання. Можна зробити висновок, що створена плата буде зручною у використанні, оскільки всі описані вище особливості можна віднести до переваг. До недоліків можна віднести складність алгоритму роботи схеми. Необхідно зробити підтримку цифрових та аналогових датчиків, які обробляються логером різними способами. Відповідно саме для цього необхідно розпізнавання цифрових та аналогових датчиків, про яке йшла мова раніше у цьому розділі. Також можуть виникнути складнощі при майбутньому створенні програмного забезпечення, оскільки необхідна сумісність з різними операційними системами (Linux, Windows, MacOS). Проте, в першу чергу необхідно створити програмне забезпечення на операційну систему Windows, оскільки вона є самою розповсюдженою серед користувачів персональними комп'ютерами, а також, комп'ютери саме з цією операційною системою встановлені у школах та університетах, оскільки підтримують дуже велику кількість існуючих програм, у тому числі програм для проектування схем та створення топологій. Проте, як вже зазначалося раніше, створення програмного забезпечення виходить за межі даної роботи.

5. ПРОЄКТУВАННЯ СХЕМИ ТА ТОПОЛОГІЇ

Для роботи майбутнього пристрою необхідно спроектувати схему та топологію, для цього необхідно здійснити певний підбір компонентів, які необхідні для роботи цифрової лабораторії. Компоненти слід підбирати відштовхуючись від попереднього розділу, адже вони залежать від алгоритму роботи пристрою. Важливою задачею буде реалізувати розпізнавання аналогових та цифрових датчиків, а також подальшу обробку отриманих сигналів з них, оскільки для цифрових та аналогових датчиків необхідні різні компоненти перетворення сигналу, а також різні порти, на які у подальшому буде приходити сигнал на ESP-32. Також, слід врахувати призначення та особливості портів з розділу 3.2, оскільки не всі порти підходять до одних цілей. Наприклад, я порти які краще застосовувати лише за необхідності, оскільки можуть бути певні особливості підчас роботи з ними.

5.1 СТВОРЕННЯ СХЕМИ ТА ОГЛЯД КОМПОНЕНТІВ

У якості роз'ємів на самій схемі буде використовуватися ВН-12. Раніше йшла мова про MiniDIN, проте це роз'єми самих датчиків. У випадку з нашою схемою буде використовуватися ВН-12, а для сумісності з необхідними датчиками будуть створені перехідники.

Пристрій TCA9548A має вісім двонаправлених перемикачів, якими можна керувати за допомогою I2C [13]. Вхідні пари вентиляторів SCL/SDA виходять на вісім низхідних пар або каналів. Будь-який SCn/SDn канал або комбінація каналів може бути обраний, визначається вмістом програмований регістр управління. LT1615 – підвищувач напруги. LM317LD є монолітною інтегрованою схемою призначеною для використання як позитивні регульовані стабілізатори напруги [14].

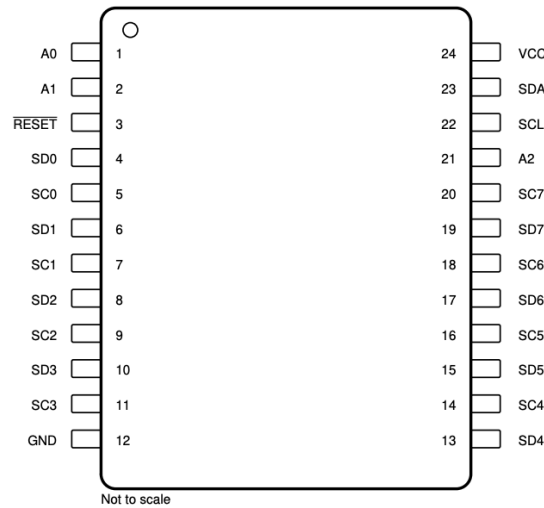


Рисунок 5.1 – Схема підключення TCA9548A

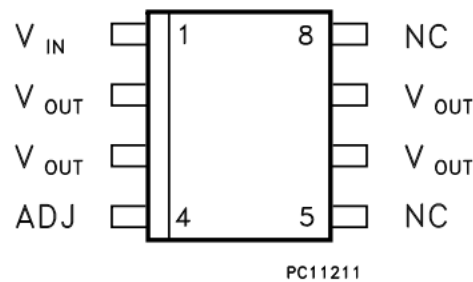


Рисунок 5.2 – Схема підключення LM317LD

LM2660 – CMOS-перетворювач напруги є універсальним нерегульованим інвертором або подвійним конденсатором із перемикачем. Працюючи від широкої напруги живлення від 1,5 В до 5,5 В, LM2660 використовує два недорогих конденсатора для забезпечення 100 мА вихідного струму без витрат, розмірів та ЕМП, пов'язаних з індукторними перетворювачами. З робочим струмом всього 120 мкА і ефективністю роботи понад 90% при більшості навантажень, LM2660 забезпечує ідеальну продуктивність для систем з батарейним живленням. Пристрої LM2660 можуть працювати безпосередньо паралельно з нижчим вихідним опором, таким чином забезпечуючи більший струм при заданій напрузі [15].

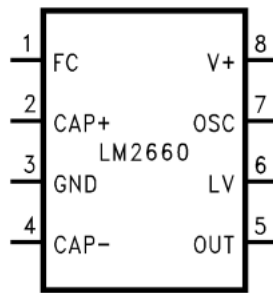


Рисунок 5.3 – Схема підключення LM2660

Пристрій LM317 – регулятор позитивної напруги, здатний подавати більше ніж 1,5 А в діапазоні вихідної напруги від 1,25 В до 37 В. Для встановлення вихідної напруги потрібно лише два зовнішні резистори. Пристрій має типову лінію регулювання 0,01% і типове регулювання навантаження 0,1%. Він включає обмеження струму, термічне перевантаження, захист і безпечний захист робочої зони [16].

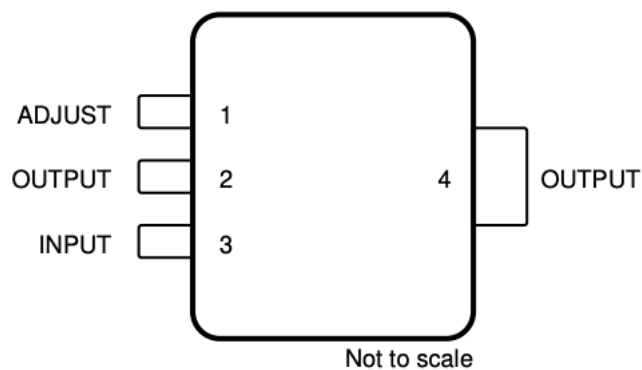


Рисунок 5.4 – Схема підключення LM317

74НС4051 – це однополюсний восьмеричний аналоговий вимикач (SP8T), придатний для використання в аналоговому або цифровому мультиплексорі/демультиплексорі. Серія ОРА340 працює від одного джерела живлення як мінімум 2,5 В з діапазоном вхідної синфазної напруги яка простягається на 500 мВ [17]. AD7788 має низьку потужність, низький рівень

шуму, використовується для низькочастотних режимах. AD7788 містить малошумний, 24-розрядний, Σ - Δ аналого-цифровий перетворювач [18].

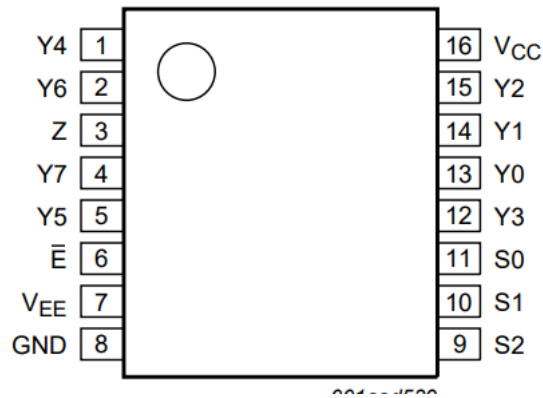


Рисунок 5.5 – Схема підключення 74HC4051

Використовуючи всі зазначені вище компоненти, а також компоненти, які наведені у додатку, була створена електрична принципова схема цифрової лабораторії, яка наведена у додатку А. Відповідно до створеної схеми, у наступному розділі буде створюватися топологія майбутнього пристрою даних. Це можна вважати фінальним етапом конструкторської частини даної роботи.

5.2 ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТОПОЛОГІЇ

Етап проектування топології є перехід від схеми до геометричного представлення інформації створення малюнку провідників, що з'єднують всі елементи). Одночасно це перехід від модельного опису виробу до опису реальної фізичної його реалізації. Тільки на цьому етапі стануть відомими реальні характеристики провідників, їх довжина, ширина, площа і отже їх ємність, опір та індуктивність, що зрештою визначить ряд найважливіших характеристик виробу, наприклад, його швидкодія [19].

Топологія друкованих плат це малюнок з'єднувальних проводів, розміщених у відповідному шарі плати. Такий малюнок можна створити після

того, як намічені місця розміщення елементів схеми і відомі координати всіх виводів кожного елемента. Однак малюнок самого елемента не є обов'язковим елементом топології друкованої плати. Ще однією особливістю друкованих плат є те, що можна вести доріжку під елементом схеми. Наприклад, можна провести один або кілька провідників під корпусом інтегральної схеми і навіть між її виводами [20].

Що стосується монолітної інтегральної схеми, ситуація інша. В цьому випадку елементи схеми сформовані в товщі кристала біля його поверхні, а розведення виконане на поверхні оксиду, що покриває кристал. Тому тут можливість проведення провідника над елементом схеми дуже обмежена. Якщо ж при проектуванні топології ІВ використовуються стандартні блоки (підсхеми), які вже мають внутрішню розведення, зовнішні провідники можна вести лише поза площею блоку. Крім того, малюнок областей елемента схеми, наприклад, транзистора, входить до загального опису топології ІС.

Ще однією особливістю процесу проектування топології інтегральної схеми є її надзвичайна складність (сучасні мікропроцесори, наприклад, містять кілька десятків мільйонів транзисторів на кристалі), тоді як друкована плата значно простіше (максимум півтори – дві сотні елементів, хоча серед них можуть бути елементи, що містять дуже багато виводів, наприклад мікропроцесори) [21].

У даному випадку буде створюватися саме друкована плата. Розміщення елементів – це завдання визначення їхнього розташування на комутаційному полі у конструктивному модулі. Краще щоб розміщення було таким, щоб створилися найкращі умови для вирішення задачі трасування з'єднань з урахуванням конструктивно-технологічних вимог та обмежень. Слід зазначити, що завдання розташування елементів та трасування з'єднань тісно пов'язані і неавтоматизовані методи конструювання вирішуються одночасно.

При створенні топології необхідно враховувати наступні критерії розміщення [22]:

- сумарна довжина всіх з'єднань;
- відстань між елементами, з'єднаними найбільшою кількістю зв'язків;
- кількість перетинів провідників на КП;
- довжина найдовших зв'язків;
- число ланцюгів з більш простою конфігурацією;
- кількість перегинів провідників;
- число міжшарових переходів;
- параметри паразитних зв'язків між елементами та провідниками;
- рівномірність температури по поверхні КП та деякі інші.

Можна виділити три типи завдань розміщення:

1. Розміщення однотипних елементів із заздалегідь заданими однотипними настановними місцями на КП (під однотипністю розуміється, що будь-який елемент може бути поміщений на будь-яке посадкове місце).
2. Розміщення елементів кількох різних типів кратних розмірів із заздалегідь визначеними настановними місцями на КП.
3. Розміщення різногабаритних елементів на КП довільної конфігурації.

Звісно, що найважчий третій тип завдань. В цьому випадку, як правило, синтезують проміжні псевдо модулі (що об'єднують електронні компоненти за групами) з певними геометричними розмірами. Вихідною інформацією для завдань розміщення є: габарити та конфігурація КП, геометричні розміри всіх типів елементів, що розміщуються, обмеження на взаємне розташування окремих елементів.

При розміщенні елементи відображаються точками, що значно спрощує вирішення завдання, до того ж принципівих труднощів при переході від точок до елементів немає.

У більшості випадків основним критерієм є сумарна довжина з'єднань, який побічно враховує інші з перерахованих критеріїв і простий з математичної точки зору. Відстань між позиціями установки елементів (точками) розраховується за однією з наступних формул:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (1)$$

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (2)$$

$$d_{ij} = |x_i - x_j|^S + |y_i - y_j|^S \quad (3)$$

де (x_{ii}, y_{ii}) , (x_{jj}, y_{jj}) — координати i -й та j -й позицій КП.

Завдання зводиться до того, щоб на безлічі вакантних місць для розташування $K = \{k_1, k_2, \dots, k_p\}$ розмістити множину елементів схеми $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ домагаючись мінімізації цільової функції, що виражає один чи кілька критеріїв розміщення.

У більшості випадків мінімізується загальна сумарна довжина з'єднань між розміщеними елементами:

$$L = \sum_{i=j}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} c_{ij} \quad (4)$$

де c_{ij} — число зв'язків між елементами x_i та x_j .

Часто елементи, найбільш пов'язані між собою, попередньо об'єднуються у групи. Група під час розміщення розглядається як один елемент, внутрішні зв'язки якого не враховуються. Усі відомі та доведені до практичної реалізації алгоритми розміщення є наближеними, що виявляється достатнім, так як величини d_{ij} (4) суть відстані між центрами елементів (точок), а не справжні довжини з'єднань, які визначаються при подальшому розв'язанні задачі трасування.

Алгоритми розміщення можна розділити такі основні групи:

1. Алгоритми, які використовують силові функції, у яких завдання розміщення зводиться до завдання визначення статичного стану модельної механічної системи матеріальних точок. Елементи інтерпретуються як матеріальні точки, між якими діють сили тяжіння та відштовхування. Сили тяжіння F_{ij} між точками $P_i(x_i, y_i)$ та $P_j(x_j, y_j)$ пропорційні числу зв'язків c_{ij} , силі відштовхування Φ_{ij} між точками P_i та P_j збільшується зі зменшенням d_{ij} . Вводяться сили відштовхування G_i , від країв КП та сили опору середовища kX_i, kY_i де X_i та kY_i – швидкості руху точки, k - Експериментально визначається коефіцієнт. Алгоритми цієї групи складні для реалізації на ЕОМ.

2. Алгоритми послідовного розміщення передбачають початкове розміщення частини елементів. На наступному кроці розглядається впорядкування безлічі нерозміщених елементів, безліч вільних позицій та матриця довжин зв'язків $[d_{ep}]$, де d_{ep} – довжина з'єднань між елементом e та іншими раніше розміщеними елементами за умови розміщення елемента e позиції p . Для кожної позиції визначається сумарна довжина з'єднань (СДС) елементів, котрим ця позиція найбільш зручна (у сенсі мінімальної довжини з'єднань з розміщеними елементами). Іноді розраховується не абсолютна довжина з'єднань, а збільшення довжини з'єднань, тобто вводиться деяка цільова функція, що враховує зв'язки даного елемента з розміщеними елементами. Після розміщення чергового елемента (модуля) процес повторюється для елементів, що залишилися, і

вакантних установчих місць до тих пір, поки не будуть розміщені всі елементи. Алгоритми цієї групи прості в реалізації та найбільш швидкодіючі.

3. Алгоритми перестановки елементів (парні заміни, сусідні парні заміни, частковий перебір) припускають наявність початкового розміщення, отриманого за допомогою алгоритмів першої чи другої групи або вручну, та використовуються для поліпшення первісного розміщення. Наприклад, в ітераційному алгоритмі парних заміни кожен елемент змінюється з кожним i за кожної проби перевіряється, чи скорочується СДС. Усі можливі варіанти (їх число дорівнює $n(n-1)/2$, де n — кількість елементів) становлять одну ітерацію. Вибирається та заміна, яка призводить до найбільшого скорочення СДС. Час рішення пропорційно n^2 і за великих розмірностях застосування алгоритму недоцільно. Алгоритм сусідніх парних заміни відрізняється від попереднього переглядом тільки сусідніх елементів (наприклад, на відстані $k=4$ від первинного елемента проглядається близько $2k(k+1)=40$ елементів). Застосовуються методи впорядкування перегляду елементів під час заміни, групові перестановки.

4. Алгоритми, які використовують принцип випадкового розміщення, передбачають вирішення багатокритеріальної задачі про призначення. Рішення отримується точним, але потребує великого машинного часу, оскільки проглядаються різні варіанти (повний перебір) закріплення елементів на посадкові місця з обчисленням у кожному варіанті цільової функції. Сюди відносяться алгоритми випадкового пошуку (сліпого пошуку, випадкового блукання), алгоритми призначення (лінійного призначення, квадратичного призначення).

Також, при створенні топології пристрою, важливо пам'ятати загальні рекомендації щодо розміщення компонентів. Якщо у схемі є антена, а у нашому випадку є (вбудовані у ESP32 Bluetooth та Wi-Fi модулі), то такий компонент слід

розмістити таким чином, що антена не знаходилася у центрі плати, тобто була якомога ближче до краю плати. Також слід пам'ятати про безпечну відстань між доріжками. Однотипні елементи, такі як роз'єми для під'єднання датчиків, краще буде розмістити з однієї сторони плати, якщо це не суперечить вимогам майбутнього приладу. Існує можливість створення багат шарових плат, де доріжки розміщуються зверху та знизу плати, іноді навіть у середині. Проте, у нашому випадку таке розміщення було б надлишковим, тому всі доріжки знаходяться на поверхні плати [23].

Також важливо враховувати, чи є у схемі компоненти, які сильно гріються. При наявності таких компонентів їх краще не розміщувати поруч, адже це вплине на швидкість роботи приладу, а іноді навіть на термін експлуатації та справність.

Враховуючи всі описані вище рекомендації та алгоритми щодо створення топології електричної схеми, була створена топологія пристрою збору даних, про який йшла мова і який розроблявся у цій роботі. Данна топологія включає у себе всі необхідні компоненти, які потрібні для правильної роботи приладу, відповідає стандартам створення топології та є досить вдало спроектованою з точки зору розміщення всіх наявних компонентів.

Якщо не враховувати розміри корпусу, який буде створено на дану схему для безпечної експлуатації, розмір створеної схеми буде становити 110 x 75мм, що є досить не великим розміром для схеми, яка має такий широкий функціонал та являє собою повноцінний пристрій для збору даних. Створена топологія наведена у додатку В.

При проектуванні топології виникли деякі складнощі, оскільки схема зазнала певних змін, які спочатку були внесені на схема, а вже надалі, відповідно, до самої технології. Це лише технічні моменти, проте такі фактори інколи можуть спричинити певні порушення у роботі схеми, оскільки якщо перенести

лише зміни, то можуть виникнути конфлікти з розташуванням вже існуючих компонентів схеми. У даному випадку помилка була виявлена самою програмою та виправлена, проте інколи, програма може не виявити помилку, а отже створений пристрій буде працювати не справно. Тож, важливо пам'ятати про це та бути обачним, під час проєктування топології та схеми пристрою.

Можна зробити висновок, що мета даної роботи повноцінно розкрита та завершена, оскільки існує схема та топологія пристрою, який буде виконувати роль пристрою збору даних для навчальної цифрової лабораторії. Можна відмітити, що хоча дана схема і володіє досить складним функціоналом, проте більшість ключових особливостей будуть вирішуватися саме за допомогою програмного коду, оскільки для даних завдань це найкращий спосіб. Також, це дає можливість після створення пристрою вносити деякі зміни до функціоналу, оскільки існує можливість перепрограмування девайсу.

6. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

У сьогоденному світі існує дуже багато гаджетів та девайсів, використання обчислювальних машин стало звичним для більшості людей. Майже кожен має смартфон та комп'ютер, розумні годинники та інші девайси, які спрощують наше життя, роблять його продуктивнішим та цікавішим. У зв'язку з цим існує велика конкуренція серед виробників пристроїв, задачею яких стало не тільки створення пристрою, який має повністю задовільнити потреби користувачів, працювати справно та мати у собі нові технології, які всіх зацікавлять. Додатковою задачею стало вдало продати пристрій, обігнати конкурента, розширити свою цільову аудиторію. Тобто, значна частина успіху залежить не від якості створеного девайса, а саме від його подачі, яким чином цей пристрій з'явиться на ринку, яка буде реклама, яка цільова аудиторія, хто є конкурентами і так далі. Від цього залежить об'єм продаж, відповідно і бюджет компанії, який буде іти на створення нових моделей пристрою, на відділу розробок та покращення та інші сфери, які позитивно вплинуть на подальший ріст компанії та її успіх [24].

На початковому етапі, коли існує лише ідея, або інколи, вже готовий прототип пристрою, важливим є створення стартап проекту. Це спосіб отримати фінансування на інвестиції для подальшого розвитку проекту та втілення ідей щодо нього.

Створений пристрій володіє усіма необхідними характеристиками, які потрібні для зручної роботи пристрою збору даних. Більш того, даний пристрій розроблявся з метою задовільнити вимоги під час проведення лабораторних занять у школах та університетах. З цією метою даний пристрій був наділений зручним інтерфейсом, можливістю передачі даних за допомогою Bluetooth та функцією авторозпізнавання датчиків. Ці можливості значно спрощують роботу з пристроєм та дозволяють використовувати його навіть людям, яким складно

працювати з комп'ютером. Тож, створений у цій роботі пристрій володіє всіма необхідними характеристиками для того, щоб зацікавити користувачів та успішно вийти на ринок. Даний розділ буде присвячений розробці стартап проекту та буде наведено аналіз різних характеристик, які дають оцінку про конкурентоспроможність та інші фактори стартапу [25].

6.1 ОПИС ІДЕЇ

Таблиця 3.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення пристрою збору даних цифрової лабораторії	1. Наукові дослідження	Зручність проведення складних вимірювань
	2. Проведення лабораторних робіт	Зручність проведення вимірювань з великою кількістю датчиків
	3. Навчання	Проведення лабораторних та практичних занять у школах

Таблиця 3.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту.

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N(нейтральна)	S(сильна сторона)
		Мій зразок	Конкурент №1	Конкурент №2			
1.	Економічні	50 у.о.	100 у.о.	150 у.о.			+
2.	Призначення	Пристрій збору даних цифрової лабораторії	Пристрій збору даних цифрової лабораторії	Пристрій збору даних цифрової лабораторії		+	
4.	Технологічні	Можливість передачі даних за допомогою Bluetooth та розпізнавання датчиків	Передача за допомогою дроту	Передача за допомогою дроту			+
5.	Ергономічні	Пристрій зручний у використанні та має додаткові переваги	Пристрій зручний у використанні	Пристрій зручний у використанні			+
6.	Безпеки	Безпечний	Безпечний	Безпечний		+	

Конкурент 1: Пристрій збору даних «Nova Link»

Конкурент 2: Пристрій збору даних «Пристрій Einstain LabMate II»

6.2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ ІДЕЇ ПРОЄКТУ

Таблиця 3.3. Технологічна здійсненність ідеї проєкту.

№ п/п	Ідея проєкту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Бездротова передача даних на комп'ютер	За допомогою Bluetooth	В наявності	Доступні
2.	Авторозпізнавання датчиків	За допомогою кодових резисторів	В наявності	Доступні

6.3 АНАЛІЗ РИНКОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАПУСКУ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Таблиця 3.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, ум.од	250 000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Швидке виробництво
5	Специфічні вимоги до сертифікації	—
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	200%

Отже, можна зробити висновок, що дана сфера та ринок є привабливим для входження.

Таблиця 3.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Необхідність здійснення навчального процесу	Лабораторії, медичні заклади, освітні заклади	Поведінку формують ціни та новизна	Надійність, безпечність, компактність, легкість в користуванні

Таблиця 3.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція	Зарекомендованість існуючих компаній	Зменшення ціни у порівнянні з конкурентом та впровадження нових технологій
2.	Технології	Необхідне обладнання або партнер для постійного виробництва	Підписання партнерства з компаніями для виробництва
3.	Маркетинг та продажі	Пошуки маркетологів та персоналу для формування бренду	Найняти досвідчених спеціалістів у цій сфері

Таблиця 3.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Кількість клієнтів	Знаходження клієнтів, яким необхідні великі об'єми створюваного продукту	Якісна реклама продукту, просування в інтернеті, пошук постійного клієнта для постачання продукту
2.	Конкуренція	Вироблення технологічно кращого товару.	Вдосконалення технології приладу.
3.	Збільшення продаж	Збільшити зацікавленість клієнтів завдяки меншій ціні	Не використовувати дорогих компонентів при створенні пристрою

Таблиця 3.8. Ступеневий аналіз конкуренції ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції – олігополія	На світовому ринку є компанії лідери у цій сфері	Зробити властивості пристрою унікальними та кращими, ніж у конкурентів.
2. Рівень конкуренції боротьби: - національний	Весь світ зацікавлений у таких пристроях	Вихід на світовий ринок
3. Галузева ознака: - міжгалузева	Використання можливе у багатьох галузях	Розширення галузевого використання, вхід у кожен галузь
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова	Конкуренція існує між схожими товарами	Покращення зручності, технологічності, якості пристрою
5. За характером конкурентних переваг: - цінова	Товар дешевше, ніж у конкурентів, проте якість і технологічність краща.	Зменшення собівартості
6. Інтенсивність: - марочна	Бренд має вагоме значення	Рекламою показати що товар заслуговує уваги

Таблиця 3.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Einstein, Fourier	Немає	Товар продається розробникам	Якість продукту та ціна	Замінники відсутні
Висновки:	Конкуренти вже мають клієнтську базу	Є, проте уступають у технологічності та ціні	Умови на ринку не диктують	Товар повинен бути технологічним та бюджетним	Обмеження відсутні

Необхідно залучити професіональних маркетологів, які зможуть просунути даний товар, вийти на постачання у школи та університети, після чого вийти на міжнародний рівень та стати рівними з існуючими конкурентами.

Таблиця 3.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1.	Якість продукту	Продукт має бути якіснішим, технологічнішим та кращим, ніж у конкурентів
2.	Простота використання	Створення зручного інтерфейсу для використання.
3.	Бюджет	Зробити вигідну ціну без втрат якості
4.	Розробники	Мати людей, які вдосконалюють та розроблюють покращені версії товари.
5.	Маркетологи	Мати в команді досвідчених маркетологів, які зможуть правильно піднести товар користувачу

Таблиця 3.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг конкурентів у порівнянні						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1.	Зручність використання	19		+					
2.	Економічний показник	17			+				
3.	Сфери використання	20				+			
4.	Надійність та якість та розробки	17				+			
5.	Технологічна новизна	18		+					
6.	Можливості для покращення	18				+			

Таблиця 3.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: бюджетність, технологічна новизна	Слабкі сторони: залежність від виробника
Можливості: розвиток бренду продукту, покращення якості, вихід на постійних клієнтів.	Загрози: віддання споживачами переваги конкурентам з репутацією.

Таблиця 3.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап- проєкту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Пошук інвесторів та залучення фінансів до проєкту	70%	1 рік
2.	Створення бізнес моделі, вивчення поведінки споживачів, аналіз поведінки конкурентів, аналіз ринку	90%	1 рік
3.	Вихід на постійних користувачів, створення державного проєкту з постачання приладу у школи, створення освітньої програми	65%	3-4 роки

6.4 РОЗРОБЛЕННЯ РИНКОВОЇ СТРАТЕГІЇ ПРОЄКТУ

Таблиця 3.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Державні школи	Готові	Високий	Низька	Висока
2.	Приватні школи	Готові	Середній	Висока	Середня
Які цільові групи обрано: 1					

Таблиця 3.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	1	Завдяки універсальності товару та ширині його використання, товар стає привабливим для споживачів	Адаптація до нових умов, ширша аудиторія користувачів, привабливіша ціна	Стратегія диференціації.

Таблиця 3.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проєкт «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Ні	У першу чергу – пошук нових, при виході на міжнародний рівень – забирати у конкурентів	Так, але лише принцип роботи, оскільки характеристики даного приладу є кращими	Наслідування лідера

Таблиця 3.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспр оможні позиції власного стартап- проєкту	Вибір асоціацій, які мають сформувану комплексну позицію власного проєкту (три ключових)
1.	Пристрій збору даних цифрової лабораторії	Стратегія лідерства на витратах	Низька собівартість, зручність користування	Технологічність, Ціна/Якість, Зручність

6.5 РОЗРОБЛЕННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ ПРОГРАМИ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Таблиця 3.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар\технологія	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Зручний інтерфейсу для користувача	Зручність використання	Якість, привабливість
2	Якість продукту	Точна та безперервна робота	Інноваційність, бюджетність

Таблиця 3.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Пристрій збору даних навчально-цифрової лабораторії
	Якість: краще ніж аналоги
	Пакування: –
	Марка: –
III. Товар із підкріпленням	До продажу: гарантія
	Після продажу: технічна підтримка
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Патентування	

Таблиця 3.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	500-1000 у.о	100-200 у.о.	1 000 у.о. і вище	40-170 у.о.

Таблиця 3.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Замовлення товару через сайт або постачальника	Контакт із замовником, інформування, зберігання	Канал першого рівня.	Збут від виробника

Таблиця 3.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція звернення
1.	Використання для проведення досліджень та навчальних занять	Контакт клієнта з виробником, через інтернет або телефон	Низька ціна, технологічність, інноваційність, широкий спектр використання.	Демонстрація використання, порівняння з аналогами, пояснення необхідності	Пропозиція щодо покращення процесів, вигоді.

6.6 АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Можна зробити висновок, щодо розглянутого детального аналізу стартап-проєкту, що він має добрі показники та можливості щодо комерціалізації, оскільки є конкурентоспроможним та здатен бути повноцінним пристроєм збору даних цифрової лабораторії, який повністю здатен буди достойною заміною існуючих конкурентів.

Сьогодні існують компанії, яких можна вважати ключовими у цій сфері, адже вони розробляють якісне обладнання, яке використовують у лабораторних роботах у школах та університетах.

Проте, конкуруючі пристрої мають дуже високу ціну через дорогі компоненти, які є у їх складі. У зв'язку з цим, створений пристрій планувався таким чином, щоб його компоненти не були доже дорогими, але щоб він мав необхідні характеристики, які зроблять його не тільки достойним конкуренції, але і набагато кращим з технологічної точки зору.

Технологічність обумовлена можливістю передавати дані на комп'ютер за допомогою Bluetooth, тобто безпроводним шляхом. Також, створений пристрій збору даних цифрової лабораторії володіє можливістю авторозпізнавання датчиків, чого немає у конкурентів. Більш того, датчики, які можуть використовуватися у складі цифрової лабораторії, можуть бути як цифровими, так і аналоговими, що значно розширює спектр використання приладу.

Для постачання пристрою збору даних та цифрової лабораторії у цілому найкраще підходять державні школи, оскільки даний пристрій надасть можливість проводити інтерактивно лабораторні заняття з багатьох дисциплін.

Альтернативним джерелом клієнтів можуть бути приватні школи, оскільки вони мають більшу імовірність щодо підписання контракту на постачання таких пристроїв для проведення інтерактивних занять з дисциплін хімії, фізики, біології та інших.

Створений пристрій є вдалим втіленням ідей, має широкий спектр використання та привабливу ціну, що робить його дуже вдалим з точки зору стартап-проєкту.

ВИСНОВКИ

Результатом даної роботи є схема та топологія цифрової лабораторії. Данна лабораторія включає у себе мікроконтролер ESP-32, необхідні компоненти для здійснення функції авторозпізнавання під'єднаних датчиків, підсилювачі напруги, роз'єми для під'єднання датчиків та інші компоненти, які є необхідними для роботи даного пристрою.

Для коректного виконання був здійснений огляд на існуючі цифрові лабораторії, пошук кращих рішень для реалізації. Було прийнято рішення створити окремий логер, тобто пристрій збору даних. Це обумовлено ціною майбутньої схеми а також відносною складністю реалізації. Для роботи даної схеми був обраний мікроконтролер ESP-32, адже його характеристики задовольняють умови створення сучасного пристрою збору даних, оскільки існують вбудовані Wi-Fi та Bluetooth модулі, відкриті бібліотеки для програмування цього мікроконтролера, та багато іншого, про що йшла мова у попередніх розділах.

Створення електричної принципової схеми та топології пристрою здійснювалося у програмному забезпеченні PСad 2002. Під час створення важливо враховувати особливості кожного порту мікроконтролера, оскільки деякі з них не підходять для рішення певних задач. Також певна частина уваги була виділена на реалізацію функції авторозпізнавання датчиків та розпізнавання типу датчика, який був під'єднаний, цифровий чи аналоговий. Топологія була створена відповідно вимогам та рекомендаціям щодо розміщення компонентів майбутнього пристрою.

Аналіз даного виробу з економічної точки зору був проведений у розділі реалізації стартап проекту. Були зроблені висновки, що даний пристрій є конкурентоспроможним, адже його ціна значно нижча, ніж у конкурентів.

Також, враховуючи можливість роботи з цифровими та аналоговими датчиками, спектр використання даного пристрою збору даних досить широкий. Разом з необхідними датчиками, можна реалізувати постачання даного пристрою у школи, для проведення занять з хімії, фізики, біології та інших дисциплін, на яким можна проводити вимірювання. Також даний пристрій добре підходить і для університетів, адже за допомогою даного логера можна проводити складні та тривалі вимірювання, оскільки до логера можна одночасно під'єднати до 4-х датчиків.

Створений пристрій збору даних цифрової лабораторії з такими характеристиками значно покращить процес проходження лабораторних робіт у школах та університетах, а також дозволить більш організовано проводити заняття дистанційно у онлайн режимі, що позитивно вплине на навчальний процес у школах та університетах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пристрій збору даних SPARK від Pasco. Опис, ціна, документація.
Режим доступу до ресурсу: <https://www.pasco.com/products/interfaces-and-dataloggers/ps-2008>
2. Пристрій збору даних USBLink від Fourier. Опис, ціна, документація.
Режим доступу до ресурсу: <http://www.keepad.com/usblink.php>
3. Опис технології Bluetooth.
Режим доступу до ресурсу: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/>
4. Пристрій збору даних Nova Sensors. Опис, ціна, документація.
Режим доступу до ресурсу:
<http://www.keepad.com/Products/Fourier/NovaSensors/>
5. Пристрій збору даних NOVA500 від Fourier. Опис, ціна, документація.
Режим доступу до ресурсу:
<https://fourieredu.com/fwp/ru/store/products/nova5000-ru/>
6. Пристрій збору даних LabMate II від einstein. Опис, документація.
Режим доступу до ресурсу: <http://einsteinworld.com/product/labmate-2/>
7. Огляд Mini DIN роз'ємів.
Режим доступу до ресурсу: <https://www.electronics2000.co.uk/pin-out/minidin.php>
8. Огляд роз'єму VH-12.
9. Режим доступу до ресурсу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/cls1-202-datasheet.pdf>
10. Формулювання мікроконтролеру та принципи роботи.
Режим доступу до ресурсу:
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/microcontroller>
11. [ESP-WROOM-32D/ESP32-WROOM-32U Datasheet"](#) . Espressif Systems.
Archived from [the original](#) on 2017-12-03. Retrieved 2017-11-28.

12. ESP-32 від espressif, головна сторінка. Опис, моделі.

Режим доступу до ресурсу:

<https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/overview>

13. ESP-32 від espressif. Технічна документація характеристики.

Режим доступу до ресурсу:

https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

14. Технічна документація TCA9548A.

Режим доступу до ресурсу:

https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tca9548a.pdf?ts=1635146272696&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.ro%252F

15. Технічна документація LM317L.

Режим доступу до ресурсу: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/16151fas.pdf>

16. Технічна документація LM2660.

Режим доступу до ресурсу:

https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2660.pdf?ts=1635174317280&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F

17. Технічна документація LM317.

Режим доступу до ресурсу:

https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf?ts=1635135843505&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F

18. Технічна документація 74HC4051.

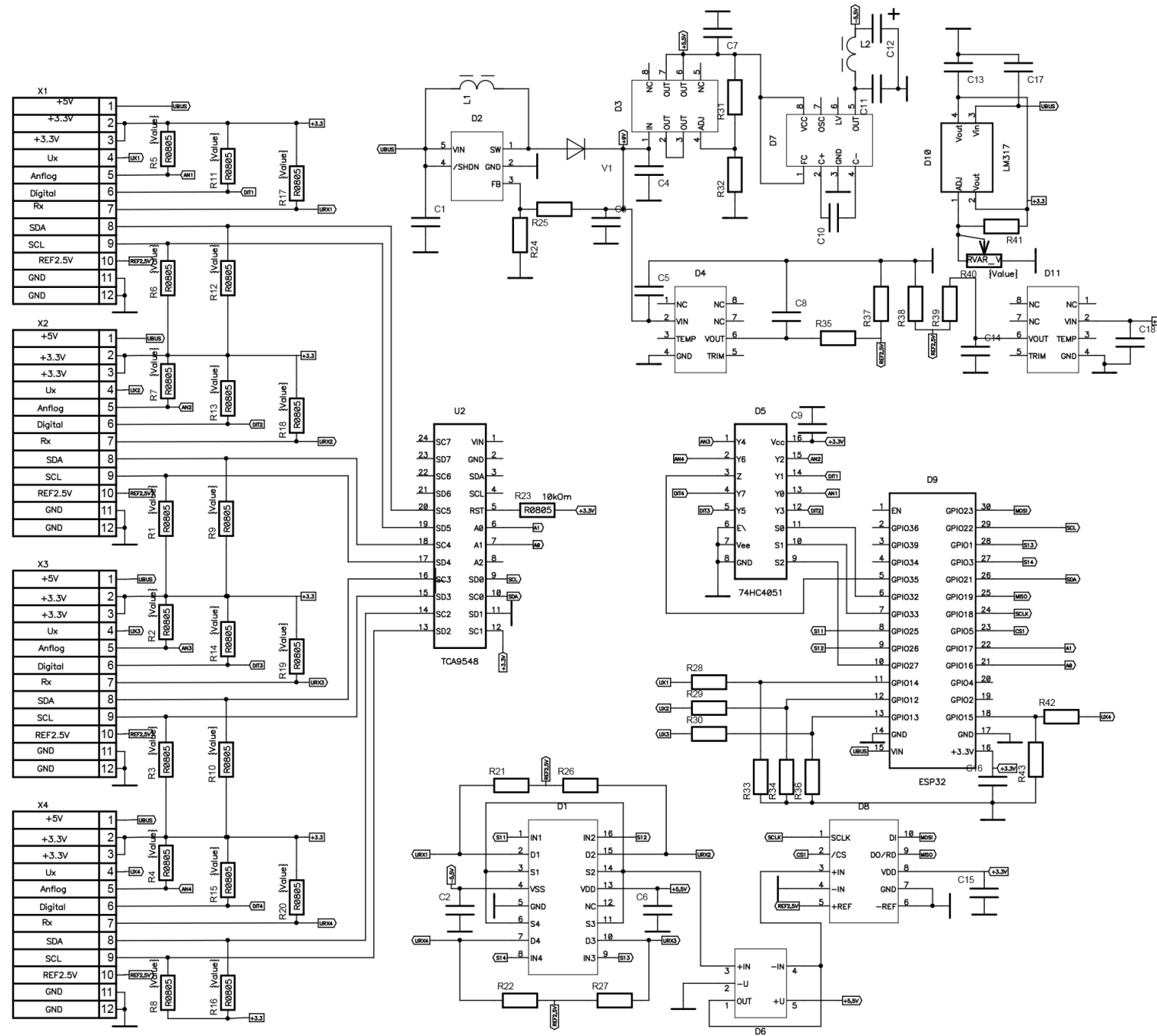
Режим доступу до ресурсу: https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74HC_HCT4051.pdf

19. Технічна документація AD7788.

Режим доступу до ресурсу: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD7788_7789.pdf.

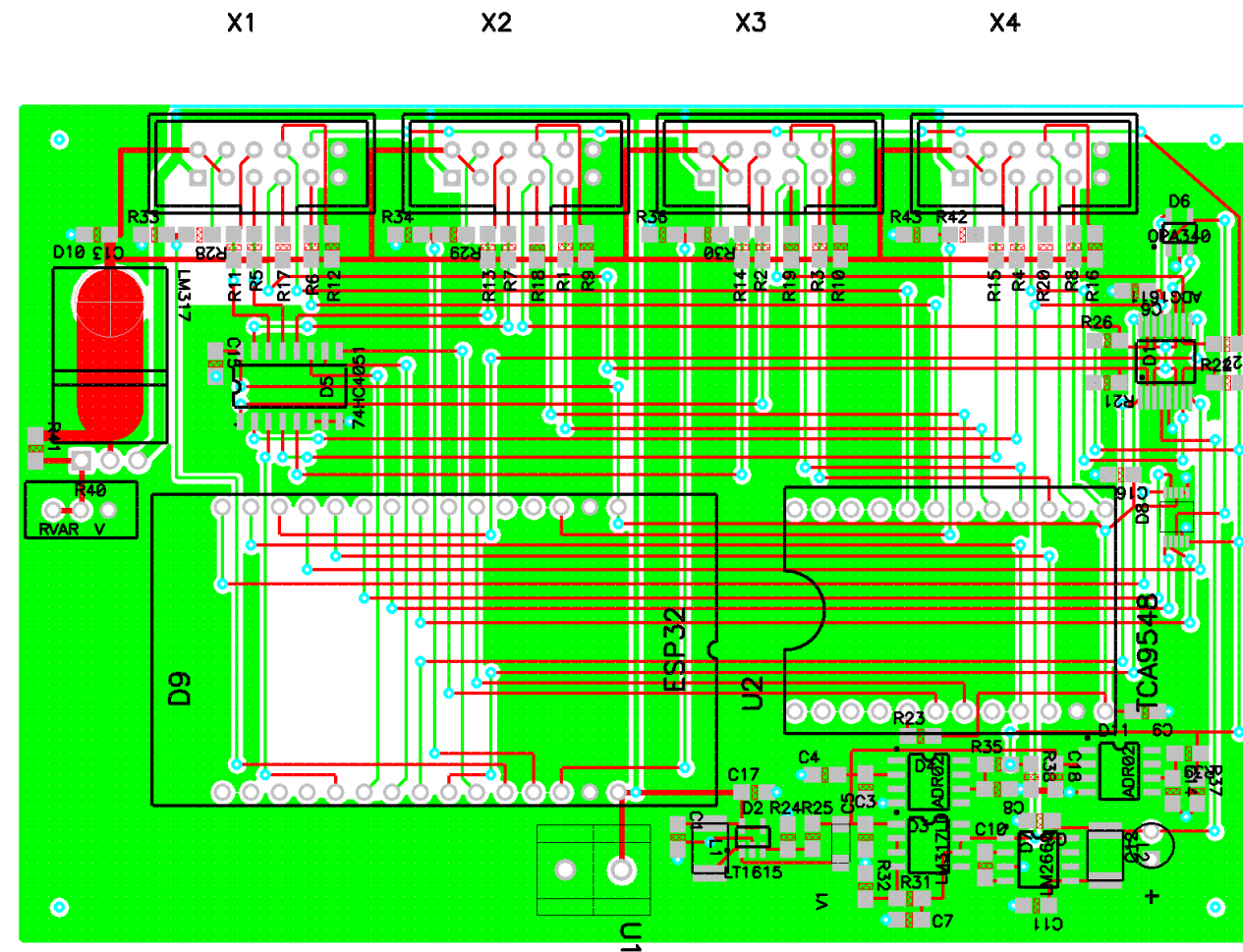
20. Anderson A.D. et al. System Weight Comparison of Electric Machine Topologies for Electric Aircraft Propulsion // 2018 AIAA/IEEE Electric Aircraft Technologies Symposium (EATS). 2018. P. 1–16.
21. Carter B. Chapter 23 - Circuit Board Layout Techniques // Op Amps for Everyone (Third Edition) / ed. Mancini R., Carter B. Boston: Newnes, 2009. P. 473–506.
22. Khodr H.M. et al. A linear programming methodology for the optimization of electric power-generation schemes // IEEE Transactions on Power Systems. 2002. Vol. 17, № 3. P. 864–869.
23. Wilson T.G. Life after the schematic: the impact of circuit operation on the physical realization of electronic power supplies // Proceedings of the IEEE. 1988. Vol. 76, № 4. P. 325–334.
24. Lin R. et al. Beyond Schematic Capture: Meaningful Abstractions for Better Electronics Design Tools // Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. P. 1–13.
25. Цибульов П. М. Управління інтелектуальною власністю : монографія/ Цибульов П. М., Чеботарьов В. П., Зінов В. Г. , Суїні Ю., за ред. П. М. Цибульова. – К. : «К. І. С.», 2005. – 448 с.
26. Baloff N. Startup management // IEEE Transactions on Engineering Management. 1970. Vol. EM-17, № 4. P. 132–141.

Додаток А



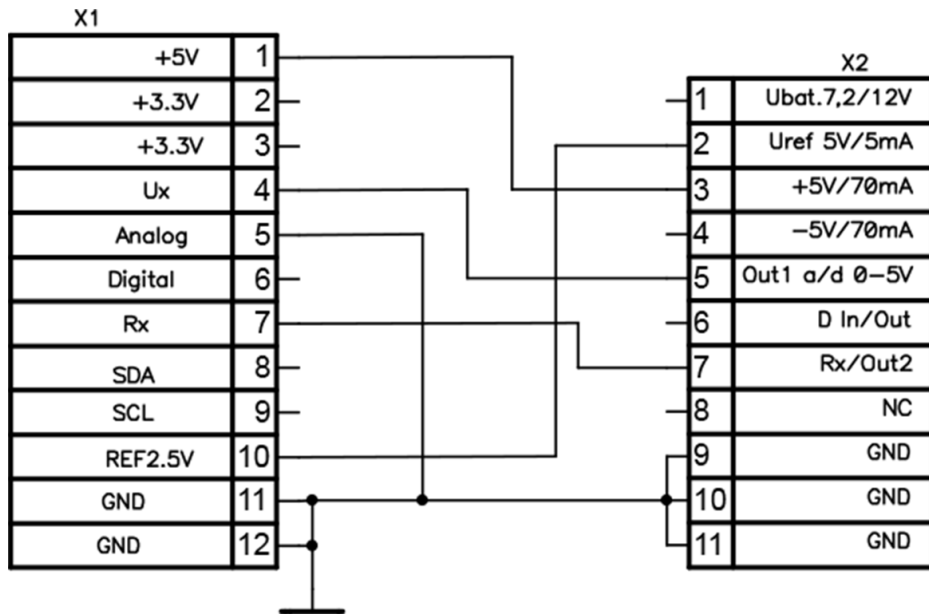
				ЕДПЕ.ДП.ДП01мп12.ЕЗ			
				Пристрій збору даних.			
				Схема електрична принципова			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Лім.	Маса	Масштаб
Розроб.		Хижняк І.А.					
Перев.					Арк.	Аркушів	
Т.контр.					"КПІ" ім. Ігоря Сікорського		
Н.контр.		Свечніков Г.С.					
Затв.		Орлов А.Т.					

Додаток Б



					ЕДПЕ.ДП.ДПО1мп12.Е3		
					Пристрій збору даних. Топологія		
					Лім. Маса Масштаб		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.	Хижняк І.А.						
Перев.					Арк. Аркушів		
Т.контр.							
Н.контр.	Свечніков Г.С.				"КПІ" ім. Ігоря Сікорського		
Затв.	Орлов А.Т.						

Додаток В



ЕДПЕ.ДП.ДПО1мп12.ЕЗ								
					Електрична принципова схема перехідника	Лім.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Хижняк І.А.							
Перев.						Арк.	Аркуші	
Т.контр.						НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського		
Н.контр.	Свечніков Г.С.							
Затв.	Орлов А.Т.							

