

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована система безконтактного вимірювання
відстані на будівництві на основі Raspberry PI

Виконав: студент IV курсу, групи СІ-41

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Дарій А.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Тим С.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Стоянов Ю.М.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Дарію Андрію Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система безконтактного вимірювання відстані на будівництві на основі Raspberry PI

Керівник роботи Тиш Євгенія Володимирівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» квітня 2024 року № 4.7-408

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Типи сенсорів для безконтактного вимірювання відстані, технічні характеристики Raspberry PI Pico, особливості TFT-екранів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз вимог та принципів організації систем визначення відстані до об'єктів.

2. Проектування комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані на

будівництві 3. Розробка схем електричних принципів і програмного забезпечення системи безконтактного вимірювання відстані. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Архітектура системи безконтактного вимірювання відстані.

2. Схема електрична принципова Raspberry PI Pico Zero .

3. Схема електрична принципова TFT-дисплею.

4. Схема електрична блоку перемикачів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Пилипець М.І., д.т.н., проф. каф. МТ</i>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка і затвердження технічного завдання</i>		
2.	<i>Аналіз технічного завдання</i>		
3.	<i>Аналіз вимог та принципів організації систем визначення відстані до об'єктів</i>		
4.	<i>Проектування комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані на будівництві</i>		
5.	<i>Розробка схем електричних принципів і програмного забезпечення системи безконтактного вимірювання відстані</i>		
6.	<i>Розробка інструкцій щодо використання комп'ютеризованої системи</i>		
7.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>		
8.	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>		
9.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>		
10.	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>		

Студент

_____ (підпис)

Дарій Андрій Михайлович

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Тиш Євгенія Володимирівна

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Комп'ютеризована система безконтактного вимірювання відстані на будівництві на основі Raspberry Pi // Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр // Дарій Андрій Михайлович // ТНТУ, спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»// Тернопіль, 2024 // с.– 73 , рис. – 37 , табл. – 5, аркушів А1 – 4, бібліогр. – 19.

Ключові слова: система, безконтактне вимірювання, Raspberry Pi, відстань, будівництво.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є проект комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані, яка використовує наступні компоненти: Raspberry Pi Pico Zero, лазерний сенсор VL53L0X, зумер, реле, TFT 2,4” екран та блок із трьох перемикачів.

У роботі за допомогою середовища Altium Designer розроблено проект двосторонньої друкованої плати, яка дає змогу забезпечити комунікацію між компонентами системи.

Окрім цього, спроектовано схеми електричні принципи для кожного структурного елементу комп'ютеризованої системи та реалізовано засобами мови C у середовищі Visual Studio Code програмне забезпечення для управління лазерним сенсором, дисплеєм та зумером.

ABSTRACT

Computerized non-contact distance measurement system on construction site based on Raspberry PI // Bachelor's thesis // Darii Andrii// TNTU, speciality 123 «Computer engineering»// Ternopil, 2024 // p.– 73 , fig. – 37 , tab. – 5, posters A1 – 4, ref. – 19.

Keywords: system, non-contact measurement, Raspberry PI, distance, construction.

The result of the qualification work is the design of a computerized non-contact distance measurement system that uses the following components: Raspberry Pi Pico Zero, laser sensor VL53L0X, buzzer, relay, TFT 2.4” screen and a block of three switches.

Working with the Altium Designer environment, a double-sided printed circuit board project was developed, which enables communication between system components.

In addition, basic electrical diagrams for each structural element of the computerized system were designed and software for controlling the laser sensor, display and buzzer was implemented using the C language in the Visual Studio Code environment.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ ДО ОБ'ЄКТІВ.....	9
1.1 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані на будівництві.....	9
1.2 Аналіз принципів роботи і типів систем вимірювання відстані.....	14
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ НА БУДІВНИЦТВІ.....	19
2.1 Проектування структури комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані	19
2.2 Основні функціональні та структурні особливості Raspberry Pi Pico	20
2.3 Характеристики лазерного модуля VL53L0X	26
2.4 Характеристика TFT дисплею.....	31
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СХЕМ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИНЦИПОВИХ І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ.....	36
3.1 Реалізація схем і друкованої плати модуля безконтактного вимірювання відстані	36
3.2 Розробка програмного забезпечення системи безконтактного вимірювання відстані	46
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ..	53
4.1 Роль центральної нервової системи в трудовій діяльності людини	53

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Дарій А.М.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Тиш Є.В.				6	
Реценз.					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		
Н. Контр.		Луцик Н.С.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					

*Комп'ютеризована система
безконтактного вимірювання
відстані на будівництві на основі
Raspberry Pi*

4.2	Шляхи збереження працездатності та підвищення продуктивності праці на будівництві	55
	ВИСНОВКИ	58
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
	Додаток А Технічне завдання	
	Додаток Б Перелік елементів	

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Швидкі темпи розвитку сфери інформаційних технологій позначаються на різних видах діяльності як корпоративних організацій, так і побутових споживачів. Позитивний вплив і досягнення в галузі IoT та комп'ютерної інженерії дає можливість автоматизувати різні задачі шляхом розробки і впровадження комп'ютерних систем, починаючи від розумних побутових розеток, закінчуючи приладами військового та космічного застосування.

Будівництво, це одна з найбільш критично важливих галузей для економіки, яка інтенсивно розвивається. Необхідність автоматизації процесів при зведенні житлових чи нежитлових приміщень, декоративне оздоблення та ремонт історичних чи модерних будівель, а також формування проектної документації є тими задачами, які можна розв'язати за допомогою сучасних інформаційних технологій.

При виконанні будівельних робіт важливо керуватися кількісними показниками та розмірами об'єктів. Для цього можна використовувати класичні методи вимірювання відстані, наприклад, дерев'яні чи металеві лінійки різної довжини, рулетки. Однак зручність їхнього використання у 21 столітті не надто приваблива. Тому актуальними завданнями залишається на сьогодні автоматизація процесу вимірювання відстані при виконанні будівельних робіт.

Одним із способів зручного вимірювання лінійних розмірів об'єктів є створення електронних далекомірів. Вони є основними інструментами, які можуть застосовуватися у різних сферах для точного визначення відстані. При цьому технології реалізації електронних далекомірів можуть бути різними, а основна задача, яку виконують полягає у вимірюванні відстані між спостерігачем і цільовим об'єктом.

Основна мета роботи полягає у розробці комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані на будівництві з максимальним діапазоном дії до 2 м.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ТА ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ ДО ОБ'ЄКТІВ

1.1 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані на будівництві

Комп'ютеризована система безконтактного вимірювання відстані на будівництві на основі Raspberry PI призначена для визначення розмірів об'єктів, які використовуються при декоративному оздобленні приміщень, а також для точного вимірювання показників будівельних матеріалів в межах від 3 см до 2 м.

Така система може ефективно застосовуватися у процесі вкладання керамічної плитки, бруківки, при оздобленні кімнат плінтусами, які необхідно зарізати, а також дана система може бути використана для вимірювання відстані при вмеблюванні квартири чи інших житлових будинків.

Як аналог будівельного далекоміра, система безконтактного вимірювання відстані є важливим інструментом у будівельній індустрії, забезпечуючи точне вимірювання відстаней для різноманітних завдань.

Одним з головних призначень системи є забезпечення точних вимірювань відстаней, що особливо важливо при будівництві як побутових будівель, так і інфраструктурних об'єктів, де навіть дрібні похибки можуть призвести до серйозних наслідків.

Система безконтактного вимірювання відстані допомагає при розміщенні фундаментів будівель шляхом точного вимірювання показників між різними точками на будівельному майданчику, що забезпечує правильну геометрію та стабільність будівлі.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Дарій А.М.</i>			<i>Аналіз вимог та принципів організації систем визначення відстані до об'єктів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>					9	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

Окрім цього, при проведенні будівельних робіт актуальним є правильне розташування будівельних блоків та компонентів. Далекомір дозволяє контролювати розміщення стін, колон та інших елементів будівлі з високою точністю.

При будівництві багатоповерхівок або споруд на узвишші, система безконтактного вимірювання відстані дозволяє вимірювати її значення на висоті без необхідності підняття працівників. Далекоміри допомагають інженерам та архітекторам оцінити та планувати будівельні проекти, забезпечуючи достовірні вимірювання відстаней та просторових параметрів.

Ці аспекти демонструють важливість і різноманітність застосування систем безконтактного вимірювання відстані у будівництві та інженерних проектах, забезпечуючи при цьому високу точність, ефективність та надійність.

Мета з якою створюється комп'ютеризована система безконтактного вимірювання відстані на будівництві на основі Raspberry Pi полягає у реалізації прототипу далекоміра з високою точністю для підвищення якості, привабливості та надійності при проведенні ремонтних та оздоблювальних робіт.

Досягнення поставленої мети розробки можливе при вирішенні наступних задач:

- дослідження типів і принципів безконтактного вимірювання відстані;
- аналіз існуючих рішень і прототипів далекомірів, які застосовуються у будівельній галузі;
- аналіз технічних характеристик та вибір оптимального сенсора вимірювання відстані, а також пристроїв відображення інформації;
- вибір мікроконтролера для забезпечення можливості визначення відстані та керування сенсором вимірювання відстані;
- проектування друкованої плати для реалізації системи безконтактного вимірювання відстані;
- розробка схеми електричної принципової комп'ютеризованої системи вимірювання відстані та її відповідних складових компонентів;

– розробка алгоритмів режимів функціонування системи при безконтактному вимірюванні відстані;

– написання програмного коду управління відображенням та функціонуванням системи безконтактного вимірювання відстані.

Однією з найбільш важливих функцій комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані на будівництві є можливість проводити вимірювання у невеликих діапазонах від 3 см до 2 м. Незважаючи на свій обмежений діапазон вимірювання відстаней, система, що проектується володіє рядом корисних функцій:

– висока точність – одна з ключових функцій для системи з таким діапазоном, що проявляється у забезпеченні дуже точних результатів вимірювань і робить її ідеальною для деталізованих робіт, таких як меблеве виробництво або роботи з маленькими об'єктами;

– здатність вимірювати невеликі відстані;

– зручність при опрацюванні даних – зазвичай такі системи повинні мати простий, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який легко читається користувачем і дає змогу спростити процес збору даних та використання вимірювань для подальших обчислень або аналізу;

– можливість використання в обмеженому просторі – завдяки своєму обмеженому діапазону вимірювань, системи безконтактного вимірювання відстані особливо корисні у вузьких або обмежених просторах, наприклад, при виробництві меблів або роботі з електронікою, де важко використовувати більші далекоміри.

До функцій, який варто реалізувати у комп'ютеризованій системі безконтактного вимірювання відстані належить здатність підключення зовнішніх периферійних пристроїв через реле, а також налаштування режимів функціонування системи та звукових сповіщень в залежності від вимірюної відстані.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						11
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Комп'ютеризована система безконтактного вимірювання відстані на будівництві на основі Raspberry PI повинна дозволяти виконувати наступні функції:

- здатність точного вимірювання відстані від точки встановлення системи до потрібного об'єкта;
- можливість вимірювання лінійних розмірів будівельних та оздоблювальних матеріалів;
- можливість підключення зовнішніх пристроїв, керування якими повинно забезпечувати реле, як реакцію на певне значення відстані;
- можливість змінювати звукові сповіщення в залежності від діапазону в який потрапляє вимірюване значення відстані;
- можливість відобразити інформацію щодо мінімального та максимального значення діапазону вимірювання відстані;
- здатність змінювати режими роботи системи безконтактного вимірювання відстані, наприклад, одиночне вимірювання, циклічне вимірювання, або перехід у сплячий режим;
- здатність динамічно змінювати на екрані показники відстані при наближенні або віддаленні об'єкта.

Узагальнюючи наведені вище вимоги, можна визначити найбільш вагомі з них, які стосуються апаратного і програмного забезпечення комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані:

- робочий діапазон при вимірюванні відстані повинен становити від 3 см до 2 м;
- повинні бути визначені режими функціонування системи;
- повинні бути задані діапазони звукового сповіщувача при потраплянні об'єкта у визначені діапазони відстані;
- відображення значення відстані на дисплеї повинно відбуватися в режимі реального часу;
- повинна існувати можливість відключення звукового сповіщувача з одночасним відображенням його стану на екрані;

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- повинна забезпечуватись можливість підключення периферійних пристроїв до системи безконтактного вимірювання відстані;
- повинна існувати можливість переключення режимів системи безконтактного вимірювання відстані фізичними перемикачами (кнопками).

Компоненти системи безконтактного вимірювання відстані на фізичному рівні повинні бути інтегровані у єдиний модуль, який виконаний у вигляді двосторонньої друкованої плати.

Взаємодія між сенсором визначення відстані та пристроєм керування Raspberry PI Pico здійснюється за допомогою цифрових входів/виходів та використовують послідовну шину I2C.

Керування зумером відбувається шляхом програмного управління з Raspberry PI через відповідні цифрові виводи напряму, а реле також підключається до визначених контактів.

Дисплей повинен мати живлення від інтегрованого на друковану плату джерела живлення, які і Raspberry PI, а відображення даних відбувається шляхом їх передачі через цифрові виводи від пристрою керування.

Діагностування комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані повинно проводитися у відповідності до графіку регламентних робіт та у випадку виявлення некоректного функціонування пристрою. Діагностичні заходи передбачають проведення верифікації функціонування апаратної і програмної складової системи.

На апаратному рівні проводяться перевірки щодо встановлення відповідності технічних характеристик пристроїв до визначених у специфікації параметрів. При цьому можуть застосовуватися зовнішні вимірювальні пристрої. Також на апаратному рівні необхідно перевірити відсутність розривів у схемах беручи за основу розроблену схему електричну принципову.

На програмному рівні доцільно проводити тестування кожного окремого компоненту, а також перевірку системи в цілому.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						13
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.2 Аналіз принципів роботи і типів систем вимірювання відстані

Далекоміри відіграють вирішальну роль у багатьох галузях промисловості, зокрема в геодезії, будівництві, військовій справі, мисливстві та робототехніці. Ці пристрої забезпечують точні вимірювання відстані, допомагаючи в таких завданнях, як картографування, навігація, захоплення цілей і виявлення об'єктів. Протягом багатьох років було розроблено різні типи далекомірів, кожен з яких використовує різні технології для виконання певних вимог.

Як було зазначено раніше, для безконтактного вимірювання відстані використовуються пристрої під назвою далекомір. Далекіміри бувають різних типів і їх можна класифікувати за технологією виготовлення і принципом функціонування. Найбільш поширеними є наступні типи далекомірів:

- лазерні;
- ультразвукові;
- інфрачервоні;
- радіолокаційні (радарні);
- оптичні.

Лазерні далекоміри використовують для вимірювання відстані на основі принципу «часу прольоту». Вони випромінюють лазерні імпульси до цільового об'єкта та вимірюють час, необхідний для повернення імпульсу. Потім ця інформація використовується для розрахунку відстані на основі швидкості світла.

Лазерні далекоміри забезпечують високу точність і широко використовуються в таких сферах, як гра в гольф, геодезія, лісове господарство та військове націлювання. На рис. 1.1 показано приклад лазерного далекоміра, який здатний точно вимірювати відстань в діапазоні від 5 см до 120 м.

Ультразвукові далекоміри працюють шляхом випромінювання ультразвукових хвиль у бік цільового об'єкта та вимірювання часу, необхідного для відбиття хвиль. Ці пристрої, зазвичай, використовуються в робототехніці, системах допомоги при паркуванні та датчиках наближення. Ультразвукові

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

далекоміри є економічно ефективними та придатними для використання всередині приміщень, але можуть мати обмеження у зовнішньому середовищі через перешкоди від навколишнього шуму. На рис. 1.2 показано типовий ультразвуковий далекомір.



Рисунок 1.1 – Лазерний далекомір

Інфрачервоні далекоміри використовують інфрачервоне світло для визначення відстані. Вони вимірюють час, який потрібен інфрачервоному сигналу для проходження до цільового об'єкта та назад.

Інфрачервоні далекоміри часто використовуються в побутовій електроніці, такій як камери, смартфони та датчики руху. Вони ефективні для вимірювань на короткі та середні відстані, але на них можуть впливати умови навколишнього освітлення. Типовий приклад інфрачервоного далекоміра представлено на рис. 1.3.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Ультразвуковий далекомір



Рисунок 1.3 – Інфрачервоний далекомір

Радарні далекоміри працюють за принципом поширення радіохвиль. Вони випромінюють радіохвилі в бік цільового об'єкта та аналізують відбиті хвилі для обчислення відстані.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Радарні далекоміри широко використовуються в авіації, морській навігації та прогнозуванні погоди. Вони забезпечують великі відстані та підходять для вимірювання відстаней за несприятливих погодних умов. На рис. 1.4 показано приклад радарного далекоміра.



Рисунок 1.4 – Радарний далекомір

В оптичних далекомірах для вимірювання відстані використовуються такі оптичні компоненти, як лінзи та дзеркала. Вони покладаються на триангуляцію або метод збігів для визначення відстані до цільового об'єкта.

Оптичні далекоміри знаходять застосування у фотографії, далекомірних камерах і військовій артилерії. Вони забезпечують високу точність, але для точних вимірювань може знадобитися ручне регулювання. Оптичний далекомір зображено на рис. 1.5.

Кожен тип далекоміра має свої переваги, обмеження та особливості застосування. Лазерні далекоміри забезпечують високу точність і підходять для вимірювань на великих відстанях, тоді як ультразвукові далекоміри пропонують економічну ефективність і універсальність. Інфрачервоні далекоміри чудово

підходять для побутової електроніки, тоді як радіолокаційні далекоміри ідеальні при застосуванні у несприятливих погодних умовах та великої дальності.



Рисунок 1.5 – Оптичний далекомір

Оптичні далекоміри поєднують у собі точність і простоту, що дає змогу ефективно їх застосовувати для вирішення різноманітних завдань. Розуміння характеристик різних далекомірів має важливе значення для вибору найбільш підходящого пристрою для конкретного завдання.

У кваліфікаційній роботі для виконання робіт на будівництві пропонується скористатися лазерним далекоміром інфрачервоного діапазону.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ НА БУДІВНИЦТВІ

2.1 Проектування структури комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані

У роботі пропонується реалізувати систему далекоміра для вимірювання відстані на будівництві при проведенні ремонтних робіт всередині житлових приміщень. Важливим фактором такої системи є точність вимірювання в межах до 2 м. Пропонується реалізувати комп'ютеризовану систему на основі окремої двосторонньої плати на основі мікроконтролера Raspberry Pi Pico Zero, що забезпечує керування усіма іншими пристроями.

Важливим компонентом безконтактного вимірювання відстані є лазерний сенсор, який аналізує відстань на основі аналізу відбитого променя, який не помітний для людського ока (інфрачервоний діапазон). Окрім цього, для далекоміра передбачається реалізація трьох режимів роботи, перемикання між якими виконується за допомогою відповідних фізичних кнопок.

Для відображення виміряного значення відстані пропонується використати 2,5" TFT дисплей. В перспективі до безконтактного пристрою можна підключати зовнішні периферійні пристрої через реле. Загалом структуру комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані можна представити, як показано на рис. 2.1.

Raspberry Pi Pico (RP2040) – основний компонент апаратної складової комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані. Даний пристрій обладнаний потужним двоядерним мікроконтролером RP2040, який містить 2 МБ (до 16 МБ) флеш-пам'яті та 264 КБ SRAM.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Дарій А.М.</i>			<i>Проектування комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані на будівництві</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>					19	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

Такі характеристики MCU роблять його придатним для вирішення різноманітних задач та промислових застосувань.

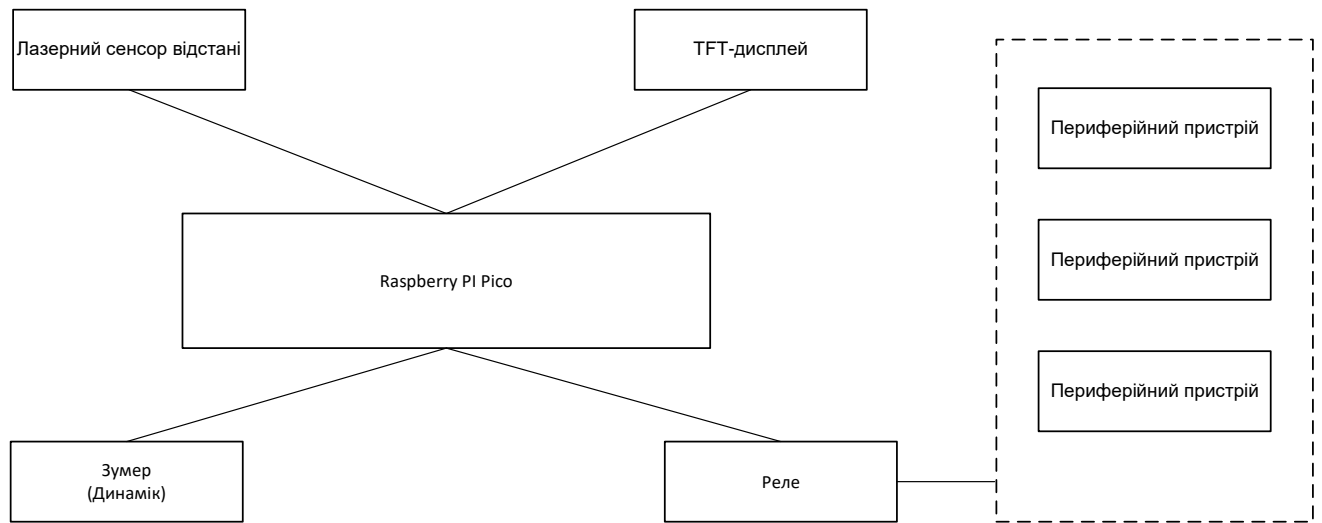


Рисунок 2.1 – Структура комп’ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані

Для досягнення цілі кваліфікаційної роботи використовується плата RP2040 Zero, лазерний далекомір VL53L0X і 2,4-дюймовий TFT-дисплей для створення графічного інтерфейсу, який можна використовувати для моніторингу відстані, перевірки рівня рідини тощо.

Комп’ютеризована системи безконтактного вимірювання відстані оснащена реле та зумером, які дозволяють користувачеві подавати звукові сигнали, пов’язані з відстанню, або вмикати/вимикати зовнішній підключений до системи пристрій.

2.2 Основні функціональні та структурні особливості Raspberry PI Pico

Мікроконтролери надають можливість поєднувати «світ» програмного забезпечення зі «світом» апаратного забезпечення. Цей тип апаратних пристроїв забезпечує можливість розробникам писати програмне забезпечення, яке взаємодіє з фізичними пристроями і системами таким же детермінованим, циклічним чином, як і цифрова логіка. Якщо порівнювати параметри вартості й

продуктивності одночасно, то мікроконтролери перевершують потужніших мінікомп'ютерів у 10 разів. Вони є основними пристроями, які забезпечують цифрову трансформацію світу.

RP2040 – дебютний мікроконтролер від Raspberry Pi. Він характеризується високою продуктивністю, низькою вартістю і простотою використання. Високий рівень потужності і гнучкості мікроконтролера забезпечує достатньо великий розмір вбудованої пам'яті, симетричний двох ядерний процесорний комплекс і детермінована структура шин. Pico має можливість підтримувати значний набір зовнішніх периферійних пристроїв, які доповнюються унікальним модулем програмованого виводів. Поріг входу при використанні RPI Pico є доволі низьким, оскільки наявний набір добре структурованої документації, верифікованого через тестування порту MicroPython і завантажувача UF2 у постійний запам'ятовуючий пристрій мікроконтролера. RP2040 представляє собою мікроконтролер, який функціонує як пристрій, що не зберігає стан та підтримує кешоване виконання команд з пам'яті QSPI. Це є перевагою даного мікроконтролера, оскільки дає змогу обирати оптимальну енергонезалежність сховища ПЗ та отримувати вигоду від низької вартості стандартизованих елементів Flash. Даний мікроконтролер виготовляється на вузлі, що забезпечує технологію створення на рівні 40-нанометрів і при цьому дає змогу реалізувати високий рівень продуктивності при низькому динамічному енергоспоживанні. Особливістю такого мікроконтролера є й те, що він підтримує різні режими споживання енергії при роботі від джерела живлення типу акумуляторної батареї. На рис. 2.2 показано зовнішній вигляд мікроконтролера RP2040.

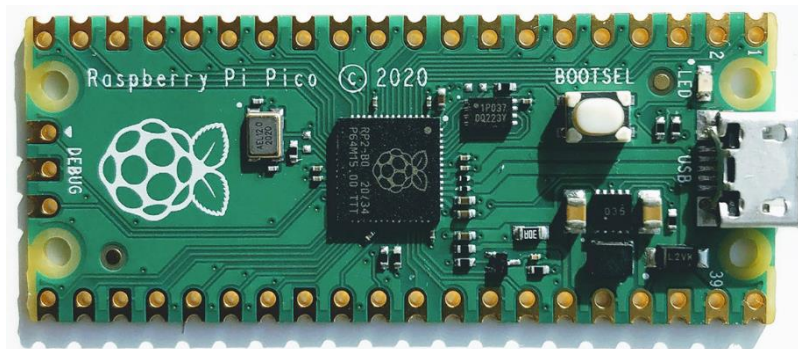


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд Raspberry Pico (RP2040)

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Варто відмітити, що форм-фактор Raspberry Pico становить 21*51 мм та включає в себе понижуючий перетворювач на 3,3 В, що не є простим лінійним перетворювачем, а представляє собою buck-boost SMPS на Richtek RT6150B. Завдяки цьому вхідне живлення плати може знаходитися в діапазоні від 1,8В до 5,5 В.

Флеш-пам'ять W25Q16JV, хоч і є зовнішньою, однак її можна перепаювати, оскільки чіп розміщено у корпусі USON-8. RP2040 містить кнопку BOOTSEL та світлодіод на GPIO25, а також виведено SWD для налагодження.

RP2040 складається з двох процесорних ядер M0+, DMA, внутрішньої пам'яті і периферійних блоків, підключених через мережу шин АHB/APB. Структурна схема Raspberry PI Pico показано на рис. 2.3.

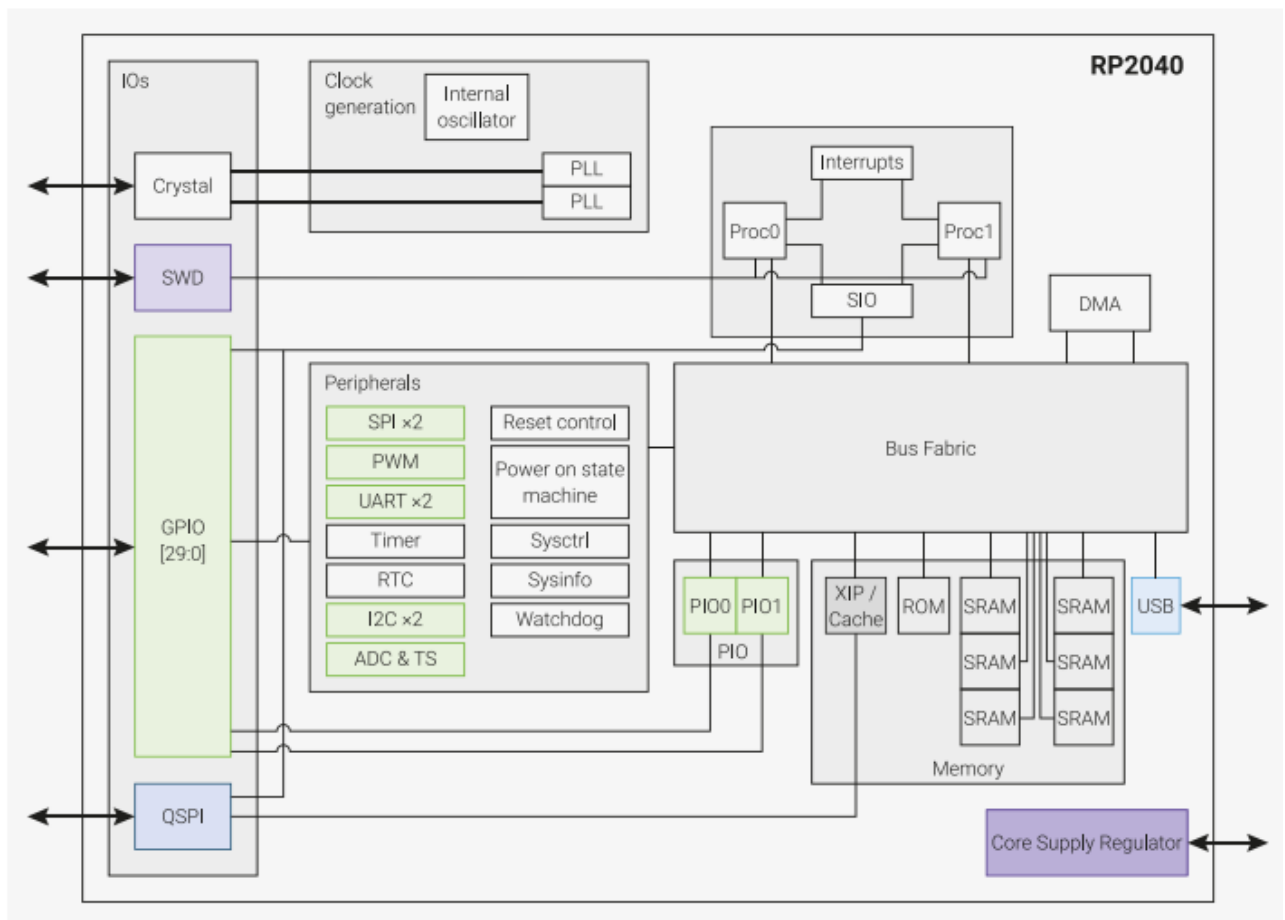


Рисунок 2.3 – Структурна схема Raspberry PI Pico

Виходячи зі структури (рис. 2.3) виконання програмного коду може виконуватися напряму із зовнішньої пам'яті. При цьому можуть бути

використані інтерфейси SPI, DSPI чи QSPI. Кеш невеликого об'єму дозволяє покращити продуктивність стандартних програм. Для того, щоб забезпечити налаштування системи на рівні мікроконтролера можна скористатися інтерфейсом SWD. Виводи Raspberry PI Pico та їх розташування наведені на рис. 2.4.

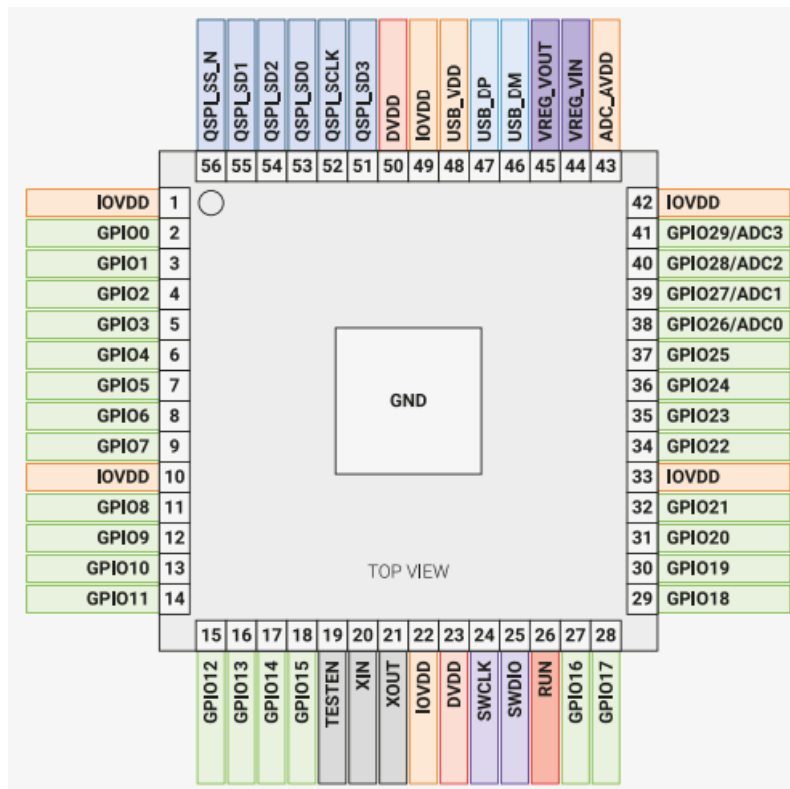


Рисунок 2.4 – Виводи Raspberry PI Pico

Пам'ять SRAM дозволяє тимчасове зберігання коду або даних. Адресація простору дозволяє вмістити за один раз об'єм 264 КБ, а фізично він поділений на шість частин. Такий розподіл необхідний для забезпечення можливості одночасного паралельного доступу з різних ведучих пристроїв.

Окрім цього, DMA шини можуть використовуватися з метою розподілу виконання задач, які повторюються. Керувати цифровими виводами GPIO можна напряму або із застосуванням різних спеціальних логічних функцій.

Pico підтримує спеціальне обладнання для фіксованих функцій, таких як SPI, I2C, UART. Гнучкість при налаштуванні контролерів PIO дає змогу їх використовувати при вирішенні різних задач, які пов'язані із вводом-виводом.

До складу Raspberry PI Pico входять 4 АЦП-виводи, які можна спільно застосовувати з виводами GPIO. Для забезпечення сталої тактової частоти 48МГц АЦП або USB використовуються 2 PLL. Всі решта забезпечують можливість встановлення діапазону частоти до 133 МГц. У мікроконтролері наявний внутрішній регулятор напруги, який призначений для подачі напруги до ядра. Напруги живлення потребують лише кінцеві пристрої вводу/виводу. У табл. 2.1 наведено призначення виводів, які представлені на рис. 2.4.

Таблиця 2.1 – Призначення виводів Raspberry PI Pico

Позначення виводу	Опис
GPIOx	Цифровий вхід і вихід загального призначення. RP2040 може підключати один із кількох внутрішніх периферійних пристроїв до кожного GPIO або керувати GPIO безпосередньо з програмного забезпечення.
GPIOx/ADCy	Цифровий вхід і вихід загального призначення з функцією аналого-цифрового перетворювача. АЦП RP2040 має аналоговий мультиплексор, який може вибирати будь-який із цих виводів і вимірювати напругу.
QSPIx	Інтерфейс до флеш-пристрою SPI, Dual-SPI або Quad-SPI з підтримкою виконання на місці. Ці контакти також можна використовувати як програмно-керовані GPIO, якщо вони не потрібні для доступу до флеш-пам'яті.
USB_DM та USB_DP	Контролер USB, що підтримує функції повношвидкісного пристрою і повношвидкісного хоста. На кожному виводі потрібен кінцевий резистор 27 Ом, але керування шиною передбачено всередині.

Позначення виводу	Опис
XIN і XOUT	Підключення кристалу до кварцового генератора RP2040. XIN також можна використовувати як односторонній вхід синхронізації CMOS з відключеним XOUT. Для завантажувача USB потрібен кристал 12 МГц або вхід синхронізації 12 МГц.
RUN	PIN-код глобального асинхронного скидання. Скидання при низькому рівні, запуск при високому рівні. Якщо зовнішнє скидання не потрібне, цей контакт можна прив'язати безпосередньо до IOVDD.
SWCLK та SWDIO	Доступ до внутрішньої багатоточкової шини Serial Wire Debug. Надає доступ для налагодження обох процесорів і може використовуватися для завантаження коду
TESTEN	Вивід режиму заводського тестування, який підключається до заземлення.
GND	Єдине зовнішнє з'єднання із заземленням, що підключається до кількох внутрішніх контактів заземлення на кристалі RP2040.
IOVDD	Джерело живлення для цифрових GPIO, номінальна напруга від 1,8 В до 3,3 В
USB_VDD	Блок живлення для внутрішнього USB Full Speed PHY, номінальна напруга 3,3 В
ADC_AVDD	Джерело живлення аналого-цифрового перетворювача, номінальна напруга 3,3В
VREG_VIN	Вхід живлення для внутрішнього регулятора напруги ядра, номінальна напруга від 1,8 В до 3,3 В

Позначення виводу	Опис
VREG_VOUT	Вихідна потужність для внутрішнього регулятора напруги ядра, номінальна напруга 1,1 В, максимальний струм 100 мА
DVDD	Джерело живлення цифрового ядра, номінальна напруга 1,1В. Може бути підключений до VREG_VOUT або до іншого джерела живлення на рівні плати.

Кожен окремий контакт GPIO можна підключити до внутрішнього периферійного пристрою за допомогою функцій GPIO, визначених специфікацією.

Деякі внутрішні периферійні підключення з'являються в кількох місцях, щоб забезпечити певну гнучкість на рівні системи. SIO, PIO0 і PIO1 можуть підключатися до всіх контактів GPIO і керуються програмним забезпеченням (або програмно-контрольованими кінцевими автоматами), тому їх можна використовувати для реалізації багатьох функцій.

2.3 Характеристики лазерного модуля VL53L0X

VL53L0X – це лазерний модуль вимірювання відстані нового покоління Time-of-Flight (ToF), який міститься в найменшому корпусі на сьогоднішньому ринку, забезпечуючи точне вимірювання відстані незалежно від коефіцієнта відбиття цілі на відміну від звичайних технологій. Він може вимірювати абсолютні відстані до 2 м, встановлюючи новий стандарт у діапазоні рівнів продуктивності для різноманітних застосувань. На рис. 2.5 показано зовнішній вигляд VL53L0X.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

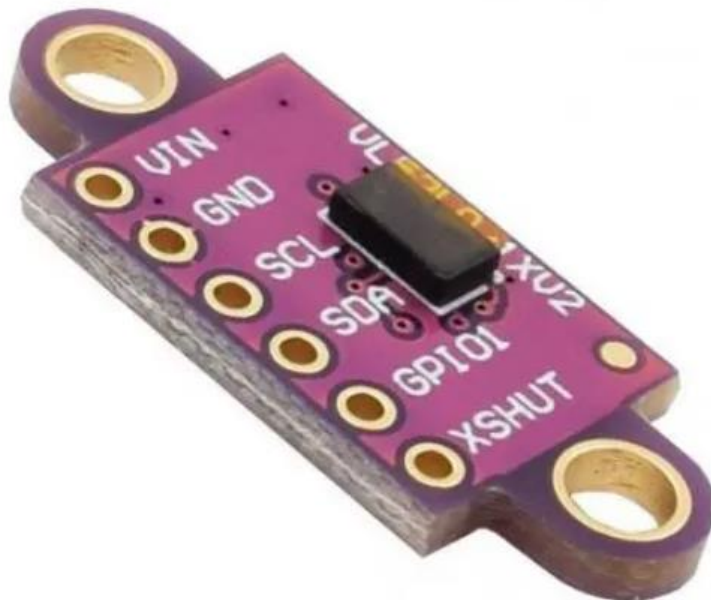


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд VL53L0X

VL53L0X інтегрує провідний масив SPAD (однофотонних лавинних діодів) і вбудовану запатентовану технологію ST FlightSense™ другого покоління. 940-нм випромінювач VCSEL VL53L0X (поверхнево-випромінювальний лазер з вертикальною порожниною) абсолютно невидимий для людського ока, у поєднанні з внутрішніми фізичними інфрачервоними фільтрами він забезпечує більшу відстань, більшу стійкість до навколишнього світла та кращу надійність оптичного перехресного захисного скла. Структурна схема, або по-іншому функціональна діаграма лазерного далекоміра, що використовується при організації комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані показана на рис. 2.6.

Хост-додаток замовника керує пристроєм VL53L0X за допомогою API (інтерфейс програмування прикладних програм). API надає замовнику додатку набір функцій високого рівня, які дозволяють контролювати мікропрограму (FW) VL53L0X, зокрема, ініціалізація/калібрування, визначення діапазону Пуск/Зупинка, вибір точності, вибір режиму діапазону.

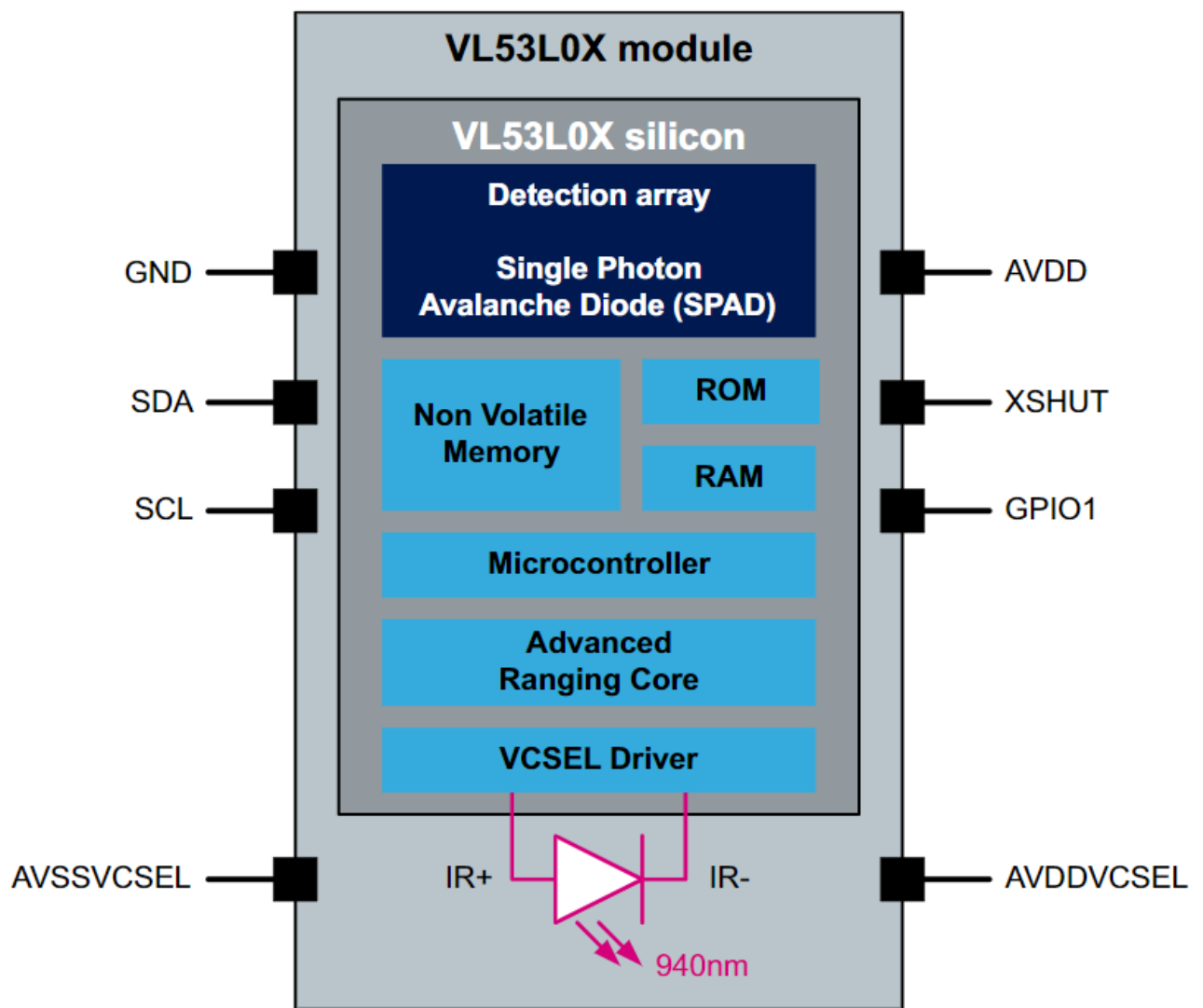


Рисунок 2.6 – Структурна схема лазерного далекоміра VL53L0X

API є готовим рішенням, воно складається з набору функцій C, які дозволяють швидко розробляти додатки кінцевого користувача без ускладнень прямого доступу до кількох реєстрів.

Прикладний програмний інтерфейс структуровано у такому вигляді, що існує можливість його компіляції незалежно від типу використовуваної платформи через достатньо ізольований рівень. Пакет API дає користувачеві змогу повністю скористатися можливостями VL53L0X. На рис. 2.7 представлено схему керування лазерним далекоміром через API із зовнішньої програми.

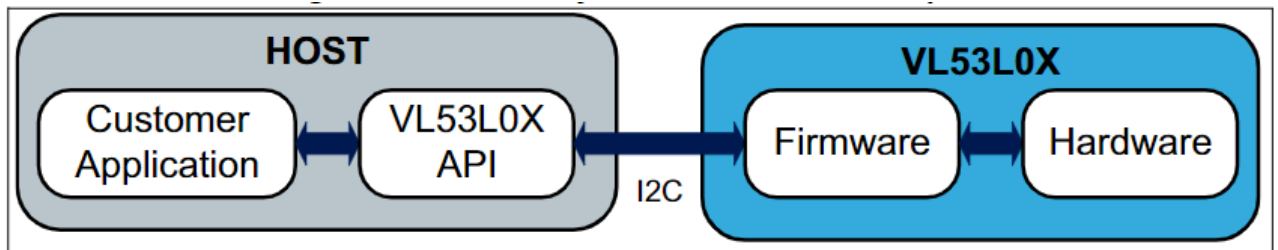


Рисунок 2.7 – Схема взаємодії зовнішнього додатку з VL53L0X

На рис. 2.8 показано основні виводи лазерного сенсора, а в табл. 2.2 – їхній опис та призначення.

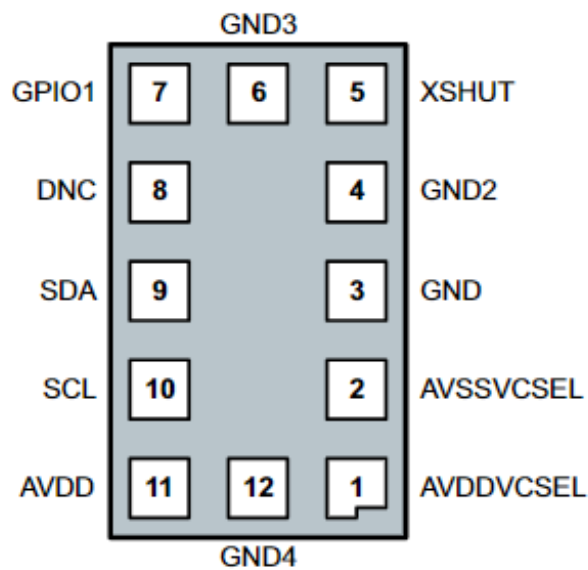


Рисунок 2.8 – Виводи VL53L0X

Таблиця 2.2 – Опис та призначення виводів VL53L0X

Номер виводу	Позначення виводу	Тип виводу	Опис
1.	AVDDVCSEL	Живлення	Джерело живлення VCSEL, для підключення до основного джерела живлення
2.	AVSSVCSEL	Заземлення	Заземлення VCSEL, для підключення до основного заземлення

Номер виводу	Позначення виводу	Тип виводу	Опис
3.	GND	Заземлення	Підключається до основного заземлення
4.	GND2	Заземлення	Підключається до основного заземлення
5.	XSHUT	Цифровий вхід	Вивід Xshutdown, активний НИЗЬКИЙ
6.	GND3	Заземлення	Підключається до основного заземлення
7.	GPIO1	Цифровий вихід	Вихід переривання. Відкритий дренажний вихід
8.	DIN	Цифровий вхід	Не задіюється, потрібно залишити плаваючим.
9.	SDA	Цифровий вхід/вихід	Дані послідовної шини I ² C
10.	SCL	Цифровий вхід	Годинник I ² C
11.	AVDD	Живлення	Живлення, що підключається до основного джерела живлення
12.	GND4	Заземлення	Підключається до основного заземлення

При розробці схем підключення лазерного сенсора необхідно враховувати аспекти, які наведено нижче, а типова схема його включення показана на рис. 2.9.

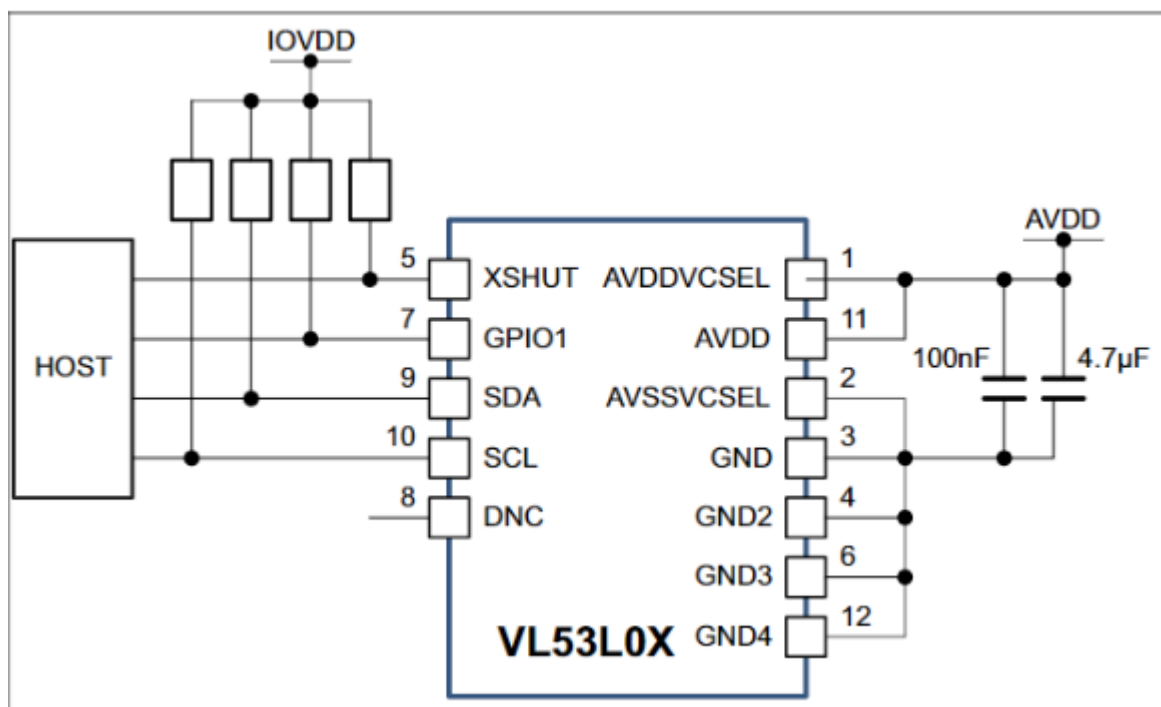


Рисунок 2.9 – Схема включення лазерного сенсора

Конденсатори зовнішнього джерела живлення AVDD слід розташовувати якомога ближче до контактів модуля AVDDVCSEL і AVSSVCSEL.

Значення зовнішніх регулюючих резисторів можна знайти в специфікації шини I2C. Налаштування резисторів зазвичай встановлюються лише один раз на шині, біля хоста. Рекомендовані значення номіналу резисторів для AVDD 2,8 В і тактової частоти I2C 400 кГц становлять від 1,5 до 2 кОм.

Щоб уникнути струму витоку, контакт XSHUT завжди повинен бути закритим. регулювання потрібне, якщо стан хоста невідомий.

XSHUT потрібен для використання апаратного режиму очікування (немає зв'язку I2C). Рекомендовані значення підтягування XSHUT і GPIO1 становлять 10 кОм. GPIO1 не підключається, якщо він не використовується

2.4 Характеристика TFT дисплею

Для відображення результатів вимірювання відстані безконтактним лазерним сенсором запропоновано використати кольоровий дисплей з роздільною здатністю 320*240 пікселів, що використовує драйвер ILI9341.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ILI9341 – це 262 144-кольоровий однокристальний драйвер SOC для рідкокристалічного TFT-дисплея з роздільною здатністю 240x320 точок, що включає 720-канальний драйвер джерела, 320-канальний драйвер затвора, 172 800 байт GRAM для даних графічного дисплея 240x320 пікселів, і ланцюга живлення.

ILI9341 підтримує паралельний 8-/9-/16-/18-бітний інтерфейс шини даних MCU, 6-/16-/18-бітний інтерфейс RGB шини даних і 3-/4-рядковий послідовний периферійний інтерфейс (SPI). На рис. 2.10 показано 2,4” TFT дисплей на основі драйвера ILI9341.



Рисунок 2.10 – TFT дисплей 2,4” на основі драйвера ILI9341

Область рухомого зображення може бути визначена у внутрішній GRAM за допомогою функції адреси вікна. Зазначену область вікна можна оновлювати

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		32

вибірково, щоб рухоме зображення могло відображатися одночасно незалежно від області нерухомого зображення.

ILI9341 може працювати з напругою інтерфейсу вводу/виводу 1,65 В ~ 3,3 В і вбудованою схемою повторювача напруги для генерування рівнів напруги для управління РК-дисплеєм. ILI9341 підтримує повнокольоровий 8-бітний режим відтворення, а режим сну забезпечує точне управління живленням з використанням програмного забезпечення. Наведені переваги дисплею використовуються на практиці при розробці портативних пристроїв середнього та малого розміру, таких як цифрові стільникові телефони, смартфони, MP3 та PMP. На рис. 2.11 представлено структурну схему TFT дисплея.

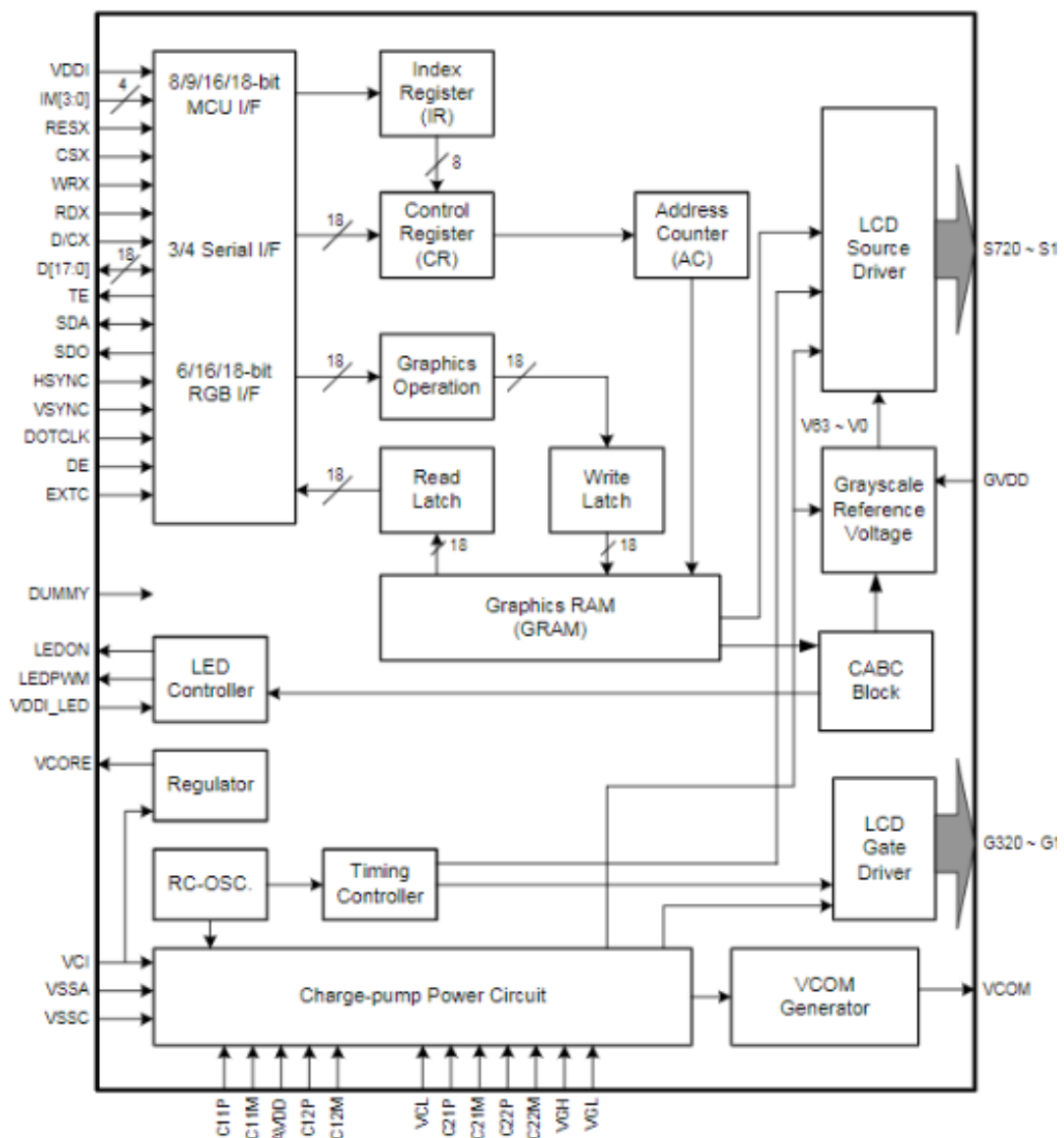


Рисунок 2.11 – Структурна схема ILI9341

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ILI9341 забезпечує 3-рядковий/9-бітний і 4-рядковий/8-бітний двонаправлений послідовний інтерфейс для зв'язку між хостом і ILI9341. Трирядковий послідовний режим складається з входу мікросхеми (CSX), входу послідовного годинника (SCL) і послідовного введення/виведення даних (SDA або SDI/SDO).

Чотирирядковий послідовний режим складається з входу вибору даних/команд (D/CX), входу мікросхеми (CSX), входу послідовного годинника (SCL) і послідовного входу/виводу даних (SDA або SDI/SDO) для передачі даних.

Шина даних (D [17:0]), яка не використовується, повинна бути підключена до GND. Послідовний годинник (SCL) використовується лише для інтерфейсу з MCU, тому його можна зупинити, коли зв'язок не потрібний.

Для TFT екрану визначено 7 режимів рівня потужності, що визначають тип відображення на дисплеї:

1. Звичайний режим увімкнено (повний дисплей), режим очікування вимкнено, режим сну вимкнено – дисплей здатний відобразити максимум 262144 кольори.

2. Частковий режим увімкнено, режим очікування вимкнено, сплячий режим вимкнено – лише частина дисплея використовується з максимум 262144 кольорами.

3. Звичайний режим увімкнено (повний дисплей), режим очікування увімкнено, сплячий режим вимкнено – використовується повна область відображення, але з 8 кольорами.

4. Частковий режим увімкнено, режим очікування увімкнено, сплячий режим вимкнено – використовується частина дисплея, але з 8 кольорами.

5. Режим сну – постійний струм: перетворювач постійного струму, внутрішній генератор і схема драйвера панелі зупиняються, а з джерелом живлення VDDI працює тільки інтерфейс MCU та пам'ять.

6. Режим глибокого очікування – внутрішня логіка і живлення SRAM вимикаються, дані дисплея, що зберігаються в пам'яті кадрів, і інструкції не зберігаються. Вміст та інструкції Frame Memory після виходу з режиму глибокого очікування потрібно перезаписати.

7. Режим вимкнення – VCI і VDDI видалені.

Для розробки схеми та друкованої плати використано Altium Designer 23. Використовуючи веб-сайт Ostopart, зібрано необхідну інформацію про компоненти та розроблено специфікацію модуля безконтактного вимірювання відстані на будівництві. Розроблені в Altium Designer схеми наведено у наступному розділі.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		35

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СХЕМ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИНЦИПОВИХ І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ

3.1 Реалізація схем і друкованої плати модуля безконтактного вимірювання відстані

Найважливішою частиною і компонентом, який забезпечує управління модулем безконтактного вимірювання відстані є плата RP2040-Zero. На рис. 3.1 показана її розпіновка.

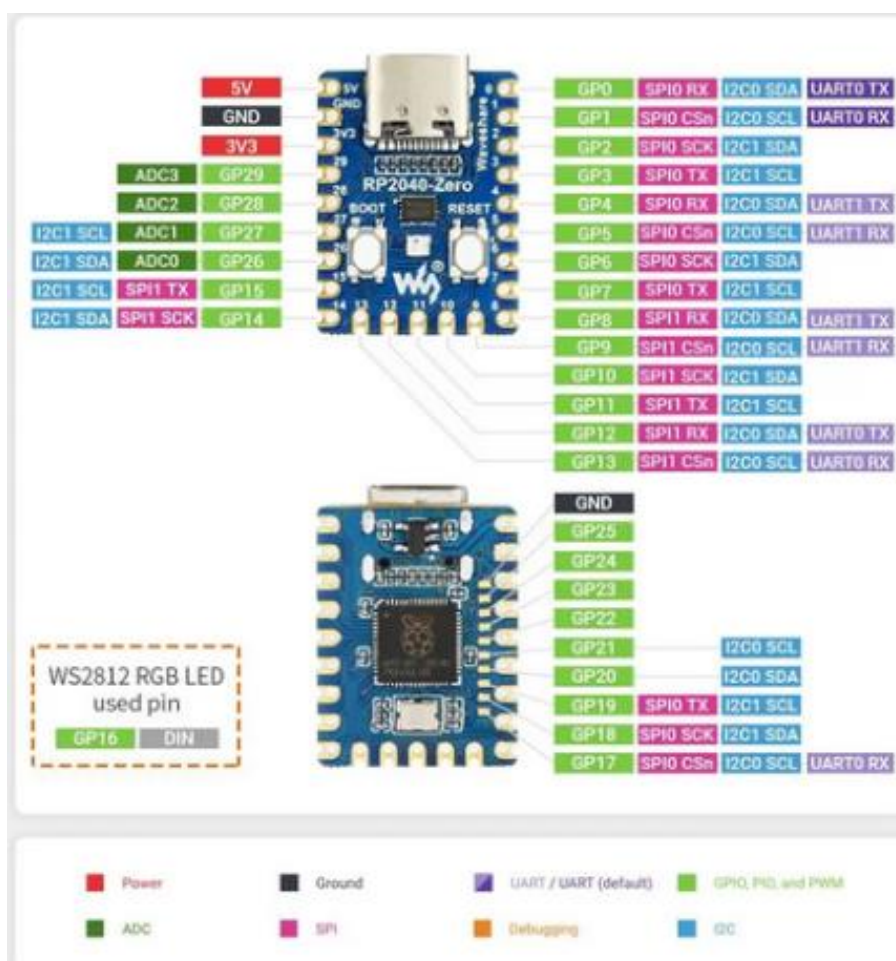


Рисунок 3.1 – Розпіновка Raspberry PI Pico (RP2040-Zero)

КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Дарій А.М.		
Перевірив.		Тиш Є.В.		
Консульт.				
Н. Контр.		Луцик Н.С.		
Затверд.		Осухівська Г.М.		
Розробка схем електричних принципів і програмного забезпечення системи безконтактного вимірювання відстані				
Літ.		Арк.		Аркуші
		36		
ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41				

Перед тим, як почати проектувати схему модуля безконтактного вимірювання відстані та відповідну друковану плату потрібно визначити базову специфікацію:

- вхідна напруга живлення – 5 В з можливістю регулювання (USB Type-C або роз'єм «провід-плата»);
- струм споживання (максимум): 200 мА;
- діапазон вимірювання відстані: налаштовуваний в межах від 0,3 м до 1 м (максимальна відстань 2000 мм);
- роздільна здатність відстані: 1 мм;
- похибка сенсора: від 3% (найкраще) до 10%.

На рис. 3.2 показано схему електричну принципову, яка розроблена в середовищі Altium Designer для підключення Raspberry Pi до інших компонентів модуля безконтактного вимірювання відстані.

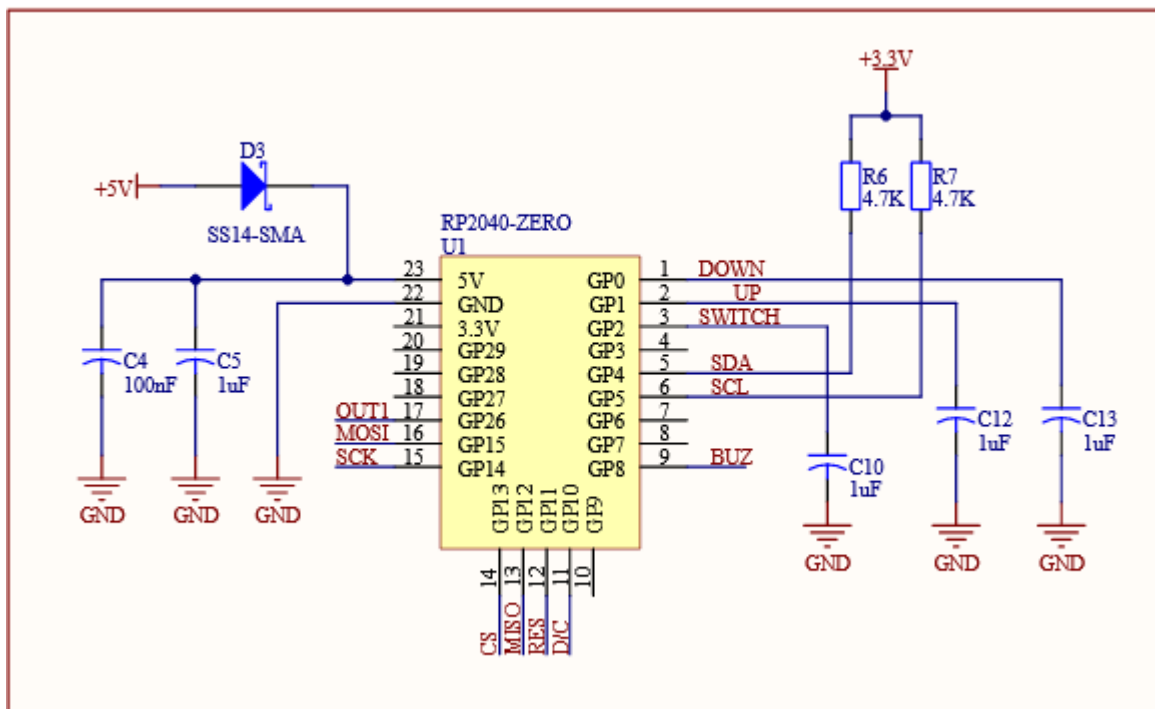


Рисунок 3.2 – Схема включення Raspberry Pi у модулі вимірюванні відстані

Джерело живлення.

Плату можна живити за допомогою кабелю USB Type-C (роз'єм C-Row на схемі), наприклад, зарядного пристрою для мобільного телефону або через

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

роз'єм ХН «провід-плата» (роз'єм POW на схемі). На рис. 3.3 наведено схему електричну принципову для живлення модуля безконтактного вимірювання відстані.

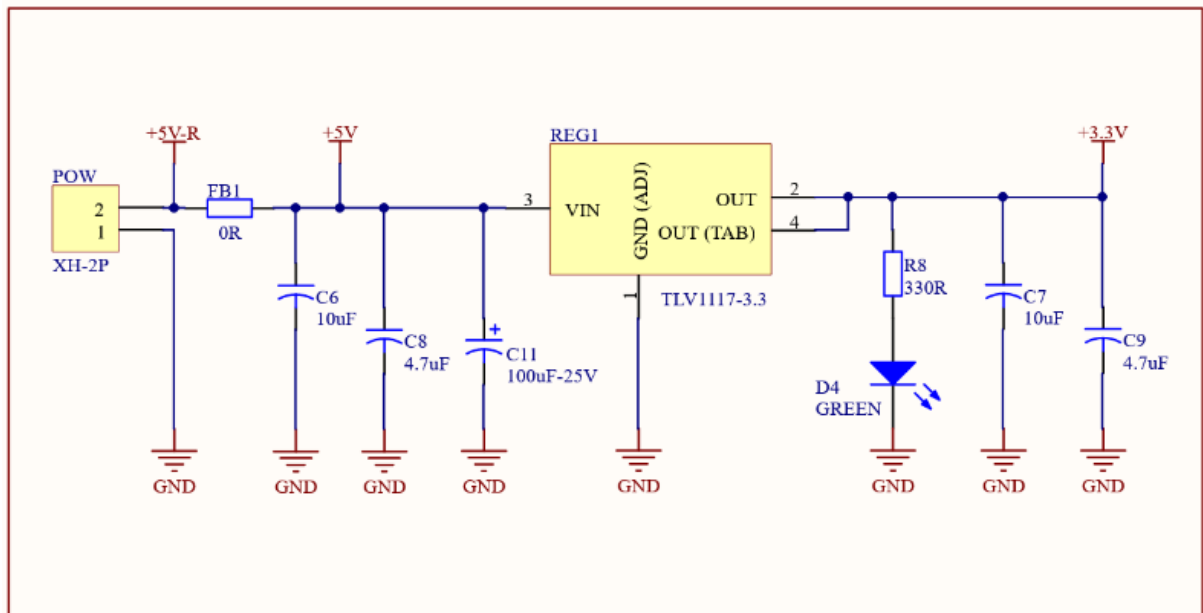


Рисунок 3.3 – Схема джерела живлення модуля визначення відстані

Як видно з рис. 3.3, напруга живлення в обох випадках повинна відповідати рівню 5В.

FB1, C6, C8 і C11 використовуються для зменшення шумів вхідної напруги.

Точка підключення живлення реле знаходиться перед FB1. REG1 – регулятор 1117-3.3, який стабілізує напругу на рівні 3,3 В.

D4 є світлодіодом, який вказує на правильне підключення живлення, а R8 обмежує струм до D4.

C7 і C9 є вихідними конденсаторами для зменшення шуму та стабілізації виходу. Для повної роботи USB-типу C контакти CC1 і CC2 роз'єму C-Pow слід підключати за допомогою резисторів R9 і R13.

D3 – це діод Шоттки SS14 [3] для захисту джерела живлення та плати, коли підключено як USB-з'єднання RP2040, так і джерело живлення плати (роз'єм USB Type-C або ХН).

Схема драйвера реле складається з Q1 Mosfet (Si2302) [4] і кількох інших компонентів. R5 – понижаючий резистор для запобігання небажаному запуску затвора Q1.

D1 захищає MOSFET від зворотних струмів котушки реле, а C1 гасить можливі стрибки напруги.

D2 – це червоний світлодіод, який вказує на стан увімкнення/вимкнення реле (LM1-5D). Схема включення реле показана на рис. 3.4.

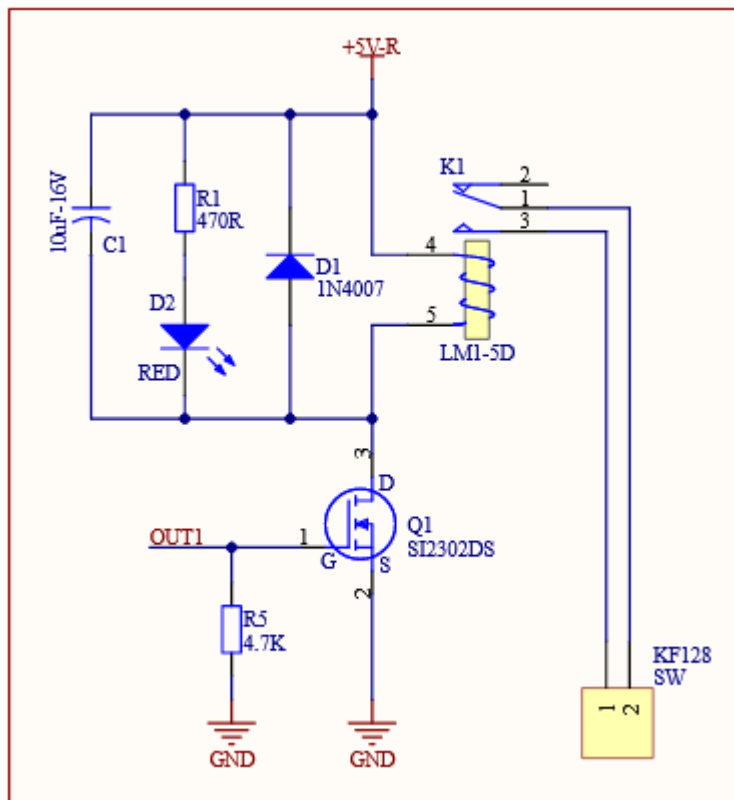


Рисунок 3.4 – Схема включення реле

Для зміни параметрів модуля безконтактного вимірювання відстані реалізовано 3 фізичні кнопки-перемикачі (SW1, SW2, SW3).

R10, R11 і R21 є навантажувальними резисторами, а C10, C12 і C13 використовуються для зменшення шумів кнопкового перемикача. В подальшому у програмному коду реалізовано задачу RTOS лише для читання стану цих кнопок. На рис. 3.5 показано схему включення кнопок.

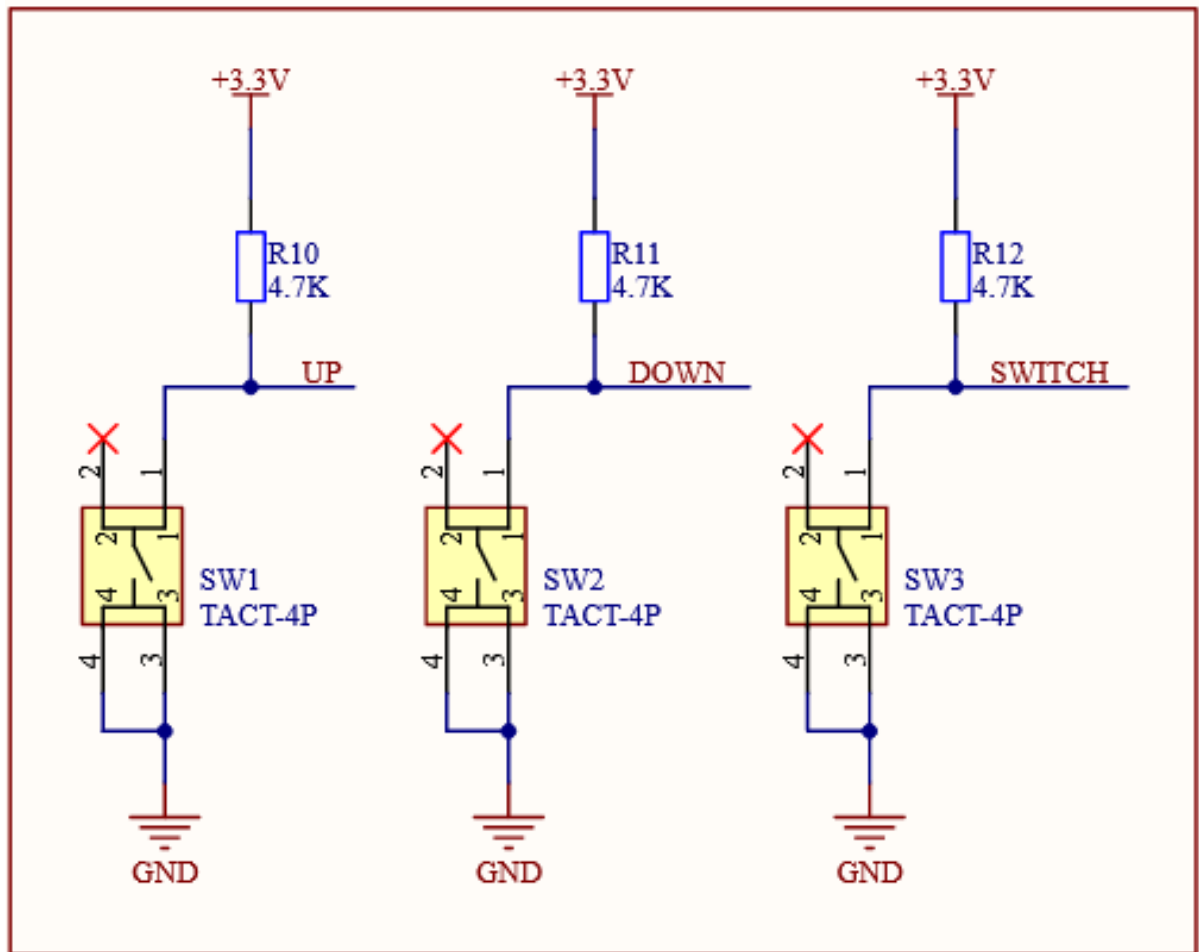


Рисунок 3.5 – Схема включення кнопок для налаштування режимів модуля безконтактного вимірювання відстані

До схеми проєктованого модуля вбудовано роз'єм для генерації звукового сигналу (BUZ на схемі) в залежності від діапазону відстані. Дану функцію можна увімкнути/вимкнути у графічному інтерфейсі користувача або змінити реалізацію програмного коду, щоб отримати власний звуковий шаблон. На рис. 3.6 показано схему включення у плату модуля безконтактного визначення відстані звукового сповіщувача.

На рис. 3.6, T1 – N-канальний MOSFET 2N7002 [6] для ввімкнення/вимкнення зумера, а R14 – це понижаючий резистор для запобігання небажаному спрацьовуванню контакту затвора MOSFET.

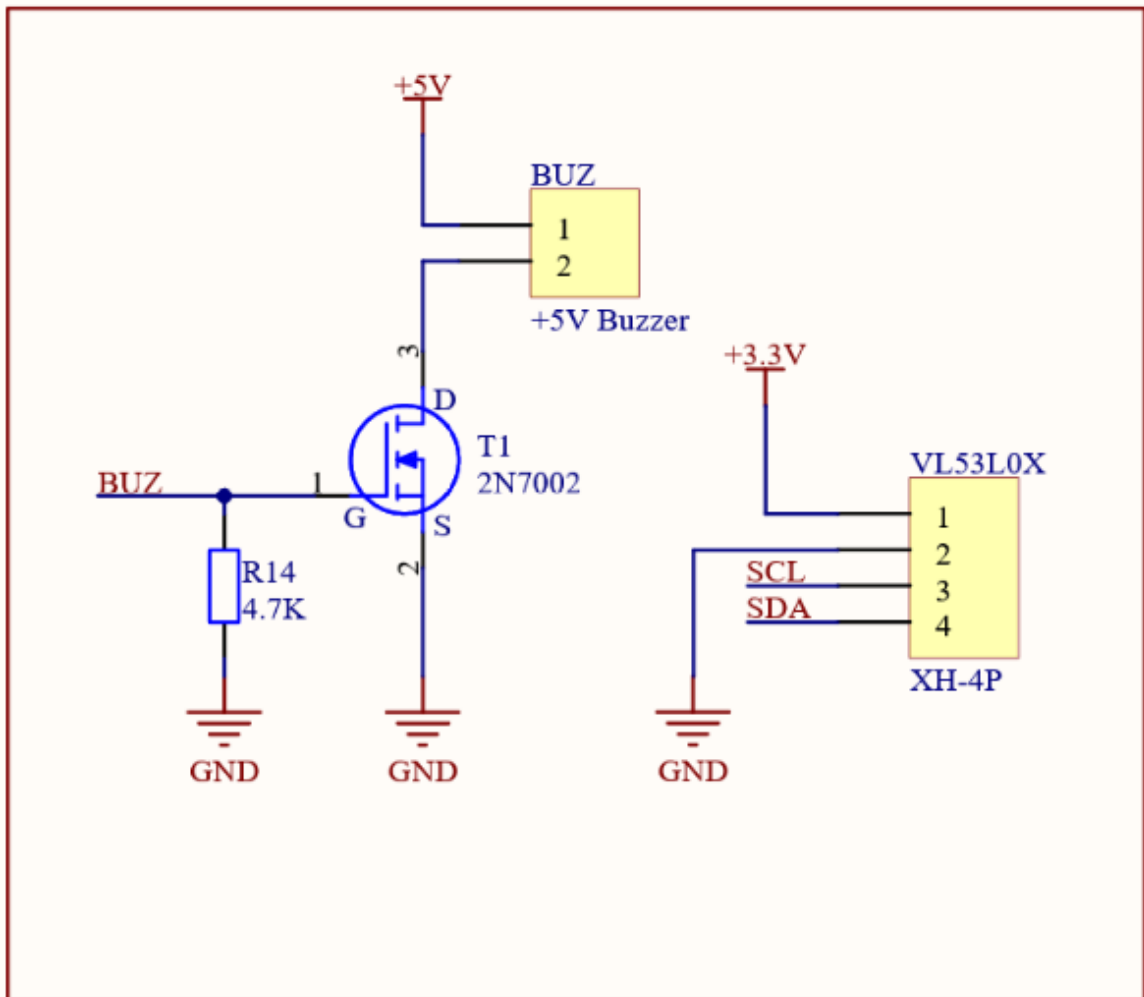


Рисунок 3.6 – Схема електрична принципова підключення зумера

Чотирьохконтактний роз'єм VL53L0X XH є роз'ємом для модуля.

RP2040-Zero та VL53L0X спілкуються через послідовну шину I²C. Теоретично він може вимірювати відстані до 2 м, однак на практиці ефективний діапазон значною мірою залежить від конфігурації сенсора, умов навколишнього середовища та характеристик цілі, таких як коефіцієнт відбиття та розмір.

На рис. 3.7 показано схему електричну принципову при включенні лазерного сенсора, а також позначено відповідні виводи для його комунікації з Raspberry PI Pico.

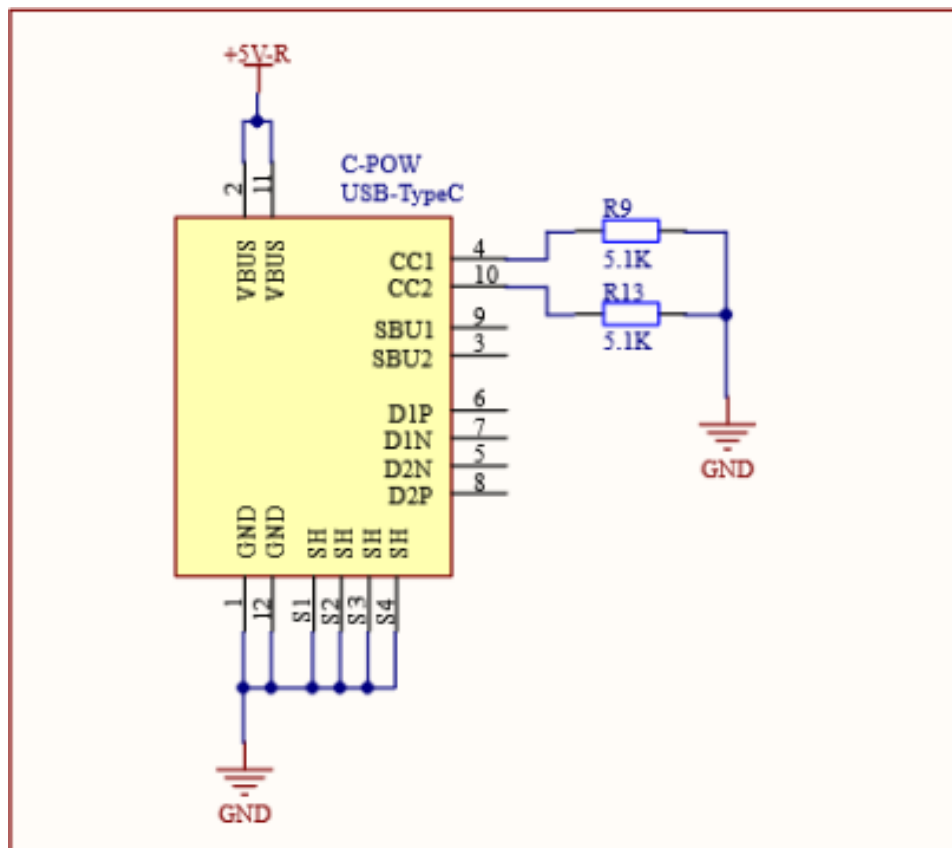


Рисунок 3.7 – Схема включення лазерного сенсора у модулі безконтактного вимірювання відстані

Як було зазначено раніше, для відображення значення відстані, отриманого за допомогою лазерного сенсора VL53L0X використовується кольоровий 2,4-дюймовий 40-контактний TFT-дисплей.

Роздільна здатність дисплея 320*240. Мікросхемою контролера РК-дисплея є ILI9341. У попередньому розділі на рис. 2.11 наведено зовнішній вигляд TFT-дисплею, а у табл. 3.1 представлено позначення його виводів.

Таблиця 3.1 – Маркування виводів TFT-дисплею

Номер виводу	Позначення	Номер виводу	Позначення
1.	X(L)	21.	DB4
2.	Y(U)	22.	DB5
3.	X(R)	23.	DB6
4.	Y(D)	24.	DB7

Номер виводу	Позначення	Номер виводу	Позначення
5.	GND	25.	DB8
6.	I0VCC (1.8V/2.8V)	26.	DB9
7.	VCI (2.8V)	27.	DB10
8.	FMARK	28.	DB11
9.	CS/SPI CS	29.	DB12
10.	RS/SPI SCL/SCK	30.	DB13
11.	WR/A0 (4?)	31.	DB14
12.	RD	32.	DB15
13.	SPI SDI/SDA	33.	A
14.	SPI SDO	34.	K
15.	RESET	35.	K
16.	GND	36.	K
17.	DB0	37.	GND
18.	DB1	38.	IM0
19.	DB2	39.	IM1
20.	DB3	40.	IM2

На рис. 3.8 зображено схему електричну принципову при включенні драйвера ILI9341 у схему модуля безконтактного вимірювання відстані.

Варто відмітити, що більш доцільно і простіше налаштувати та запрограмувати LCD без сенсорного екрану.

На схемі, яка показана на рис. 3.8, C2 і C3 є розв'язуючими конденсаторами для живлення TFT.

R2, R3 і R4 визначають тип зв'язку TFT (вибір – 8-бітовий SPI).

Плата, представлена на рис. 3.9 є двошаровою, і більшість компонентів SMD. Швидкість SPI встановлена на рівні 40 МГц, тому відстань між роз'ємом LCD FPC і контактами SPI плати RP2040 є невеликою. Тривимірну модель модуля вимірювання відстані та вигляд зверху наведено на рис. 3.10.

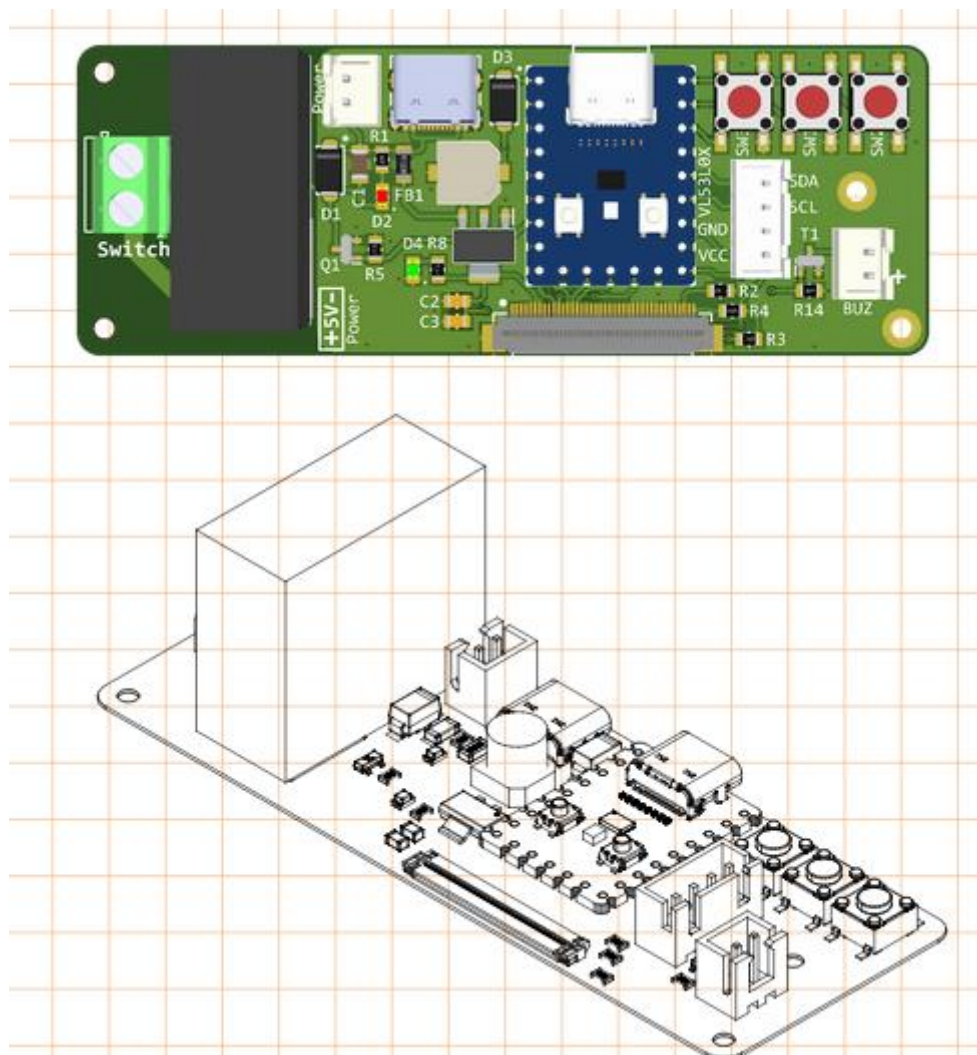


Рисунок 3.10 – Тривимірна модель комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані

Наступний етап реалізації комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані на будівництві в частині проведення ремонту з визначенням, наприклад, розмірів плитки, або розмірів інших декоративних елементів полягає у розробці програмного забезпечення.

3.2 Розробка програмного забезпечення системи безконтактного вимірювання відстані

Розробка програмного забезпечення для інтеграції компонентів та управління системою вимірювання відстані є доволі складним завданням. При його реалізації використовується бібліотека Pico C/C++ SDK V1.5. Графічний користувацький інтерфейс, який відображається на TFT дисплеї запропоновано виконати із застосуванням бібліотеки LVGL.

Щоб виконувати всі завдання MCU одночасно, використовується RTOS і задіюється обидва ядра мікроконтролера (MCU).

В якості середовища розробки програмного забезпечення обрано VS Code IDE, включаючи компілятор GCC ARM 12.2.1.

Першим кроком при реалізації програмного забезпечення є підключення необхідних бібліотек та визначення констант, які, зазвичай, відповідають за виводи і їх підключення на апаратному рівні. На рис. 3.11 показано фрагмент файлу Laser.udf2, який містить головну функцію main ().

```
#define LCD_RES_PIN 11
#define LCD_DC_PIN 10
#define LCD_CS_PIN 13

#define PIN_SCK 15
#define PIN_MOSI 14
#define PIN_MISO 12

#define SDA_PIN 4
#define SCL_PIN 5

#define UP_KEY 1
#define DOWN_KEY 0
#define SW_KEY 2

#define REL 26
#define BUZZ 8

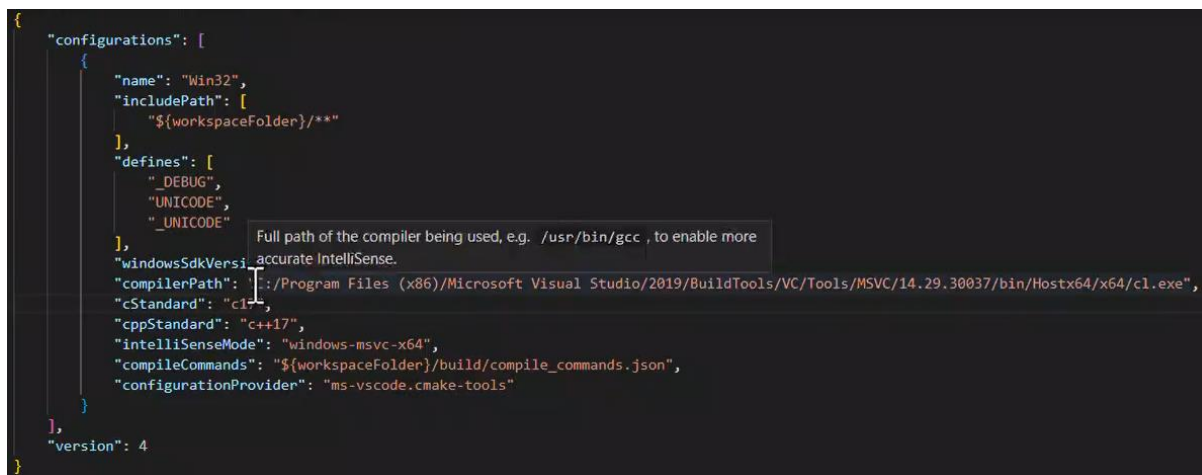
#include <stdio.h>
#include "pico/stdlib.h"
#include "math.h"
#include "lcd.h"
#include "hardware/spi.h"
#include "pico/binary_info.h"
#include "coop_core.h"
#include "VL53L0X.h"
#include "hardware/i2c.h"
#include "lvgl.h"
#include "gui.h"
#include "pico/multicore.h"
```

Рисунок 3.11 – Підключення бібліотек і визначення констант

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Як видно з рис. 3.11, через директиви #define визначено константи, які відповідають за піни, які задіяні при комунікації апаратних складових між собою. За допомогою #include виконано підключення як стандартизованих, так і користувацьких бібліотек.

Важливим аспектом також є опис конфігурації, що використовується при побудові програмного забезпечення. У даному випадку, вона описується файлом у форматі JSON, як показано на рис. 3.12.



```
{
  "configurations": [
    {
      "name": "Win32",
      "includePath": [
        "${workspaceFolder}/**"
      ],
      "defines": [
        "_DEBUG",
        "UNICODE",
        "_UNICODE"
      ],
      "windowsSdkVersion": "accurate IntelliSense",
      "compilerPath": "C:/Program Files (x86)/Microsoft Visual Studio/2019/BuildTools/VC/Tools/MSVC/14.29.30037/bin/Hostx64/x64/cl.exe",
      "cStandard": "c11",
      "cppStandard": "c++17",
      "intelliSenseMode": "windows-msvc-x64",
      "compileCommands": "${workspaceFolder}/build/compile_commands.json",
      "configurationProvider": "ms-vscode.cmake-tools"
    }
  ],
  "version": 4
}
```

Рисунок 3.12 – Файл конфігурації

Маючи підключені бібліотеки, визначені константи і файл конфігурації, далі необхідно визначити функції для опрацювання різних подій для кожного з апаратних компонентів системи. На рис. 3.13 наведено програмний код функції, що забезпечує виконання функцій реле.

Логіка функціонування даної функції забезпечує перемикання реле, до якого можуть бути підключені зовнішні периферійні пристрої. В залежності від значення відстані можуть виконуватися його увімкнення або вимкнення. Так у програмному коді визначені наступні діапазони відстаней:

- 0-10 см – реле вмикається;
- 10-30 см – реле вимикається;
- 30-100 см – реле вимикається.

```

void Relay()
{
    switch (barValue)
    {
        case 0 ... 10:
            gpio_put(REL, 1);
            break;

        case 11 ... 30:
            gpio_put(REL, 0);
            break;

        case 31 ... 100:
            gpio_put(REL, 0);
            break;
    }
}

```

Рисунок 3.13 – Функція управління реле

По аналогії до функції керування реле, реалізовано функцію, яка керує сповіщеннями в залежності від відстані до об'єкта. На рис. 3.14 наведено програмний код для її імплементації.

```

void Buzzer()
{
    while (true)
    {
        if (silent)
            gpio_put(BUZZ, 0);
        else
        {
            switch (barValue)
            {
                case 0 ... 10:
                    gpio_put(BUZZ, 1);
                    break;
                case 11 ... 30:
                    {
                        gpio_put(BUZZ, 1);
                        sleep_ms(50);
                        gpio_put(BUZZ, 0);
                        sleep_ms(800);
                        break;
                    }
                case 31 ... 100:
                    gpio_put(BUZZ, 0);
                    break;
            }
        }
        sleep_ms(20);
    }
}

```

Рисунок 3.14 – Функція керування зумером

Для зчитування події перемикання фізичних кнопок, які використовуються для управління TFT- екраном, реалізована функція, фрагмент програмного коду якої показано на рис. 3.15.

```
void buttonsRead(uint8_t *argument)
{
    if (gpio_get(SW_KEY) == 0)
    {
        Task_Delay(200, 0);
        screenCounter++;

        switch (screenCounter)
        {
            case 1:
            {
                lv_obj_t *old_scr = lv_scr_act();
                lv_obj_clean(old_scr);
                settingScreen(&guider_ui, true, false, minValue, maxValue, silent, false);
                lv_scr_load(guider_ui.setting);
                lv_obj_del(old_scr);
                break;
            }

            case 2:
            {
                lv_obj_t *old_scr = lv_scr_act();
                lv_obj_clean(old_scr);
                settingScreen(&guider_ui, false, true, minValue, maxValue, silent, false);
                lv_scr_load(guider_ui.setting);
            }
        }
    }
}
```

Рисунок 3.15 – Функція зчитування кнопок

У випадку, коли жодна з кнопок не була натиснута, відбувається затримка та спрацьовує інкремент. При перевищенні значення часу затримки, екран гасне і переходить у початковий стан.

При натисненні першої кнопки відбувається очистка екрану і відображається максимальна та мінімальна відстань на якій може виконуватися вимірювання.

При натисненні другої кнопки передбачається вимірювання відстані один раз, після чого спрацьовує затримка і через деякий час екран переходить у режим сну.

При натисненні третьої кнопки активується режим циклічного, фактично безперервного вимірювання відстані.

Фрагмент головної функції main () продемонстровано на рис. 3.16.

```
int main()
{
    stdio_init_all();

    gpio_init(LCD_RES_PIN);
    gpio_init(LCD_DC_PIN);
    gpio_init(LCD_CS_PIN);
    gpio_set_dir(LCD_RES_PIN, GPIO_OUT);
    gpio_set_dir(LCD_DC_PIN, GPIO_OUT);
    gpio_set_dir(LCD_CS_PIN, GPIO_OUT);

    gpio_init(REL);
    gpio_init(BUZZ);
    gpio_set_dir(REL, GPIO_OUT);
    gpio_set_dir(BUZZ, GPIO_OUT);

    spi_init(spi1, 40000 * 1000);
    gpio_set_function(PIN_SCK, GPIO_FUNC_SPI);
    gpio_set_function(PIN_MOSI, GPIO_FUNC_SPI);
    gpio_set_function(PIN_MISO, GPIO_FUNC_SPI);
    bi_decl(bi_3pins_with_func(PIN_MISO, PIN_MOSI, PIN_SCK, GPIO_FUNC_SPI));

    i2c_init(i2c0, 100 * 1000);
    gpio_set_function(SDA_PIN, GPIO_FUNC_I2C);
    gpio_set_function(SCL_PIN, GPIO_FUNC_I2C);
    // gpio_pull_up(SDA_PIN);
    // gpio_pull_up(SCL_PIN);

    bi_decl(bi_2pins_with_func(SDA_PIN, SCL_PIN, GPIO_FUNC_I2C));
}
```

Рисунок 3.16 – Фрагмент функції main () для ініціалізації пристроїв

Як видно з рис. 3.16 перш за все у функції main () забезпечується ініціалізація виводів та шини для обміну даними між пристроями. На рис. 3.17 представлено інший фрагмент цієї ж функції, що відповідає за ініціалізацію та налаштування дисплею.

```
LCD_init();
lv_init();
sleep_ms(50);

/*A static or global variable to store the buffers*/
static lv_disp_draw_buf_t disp_buf;

/*Static or global buffer(s). The second buffer is optional*/
static lv_color_t buf_1[320 * 10];
static lv_color_t buf_2[320 * 10];

/*Initialize `disp_buf` with the buffer(s). With only one buffer use NULL instead buf_2 */
lv_disp_draw_buf_init(&disp_buf, buf_1, buf_2, 320 * 10);
```

Рисунок 3.17 – Фрагмент ініціалізації та налаштування параметрів дисплею

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Ініціалізація лазерного сенсора та перевірка коректності його параметрів задається програмним кодом, який приведено на рис. 3.18.

```
//-----VL53L0X-----
VL53L0X_init(&myTOFsensor);
VL53L0X_startContinuous(&myTOFsensor, 0);
//-----
multicore_launch_core1(Buzzer);
//-----1ms Timer Init-----
struct repeating_timer timer;
add_repeating_timer_ms(1, repeating_timer_callback, NULL, &timer);
//-----

//-----RTOS Init-----
Task_RegisterNew(&Task1, lvglLoop);
Task_RegisterNew(&Task2, sensorRead);
Task_RegisterNew(&Task3, buttonsRead);
Task_RunCoOpSystem();

// xTaskCreate(lvglLoop, "lvglLoop", 1024, NULL, 1, NULL);
// xTaskCreate(buttonsRead, "buttonsRead", 1024, NULL, 1, NULL);
// xTaskCreate(sensorRead, "sensorRead", 1024, NULL, 1, NULL);
// xTaskCreate(Buzzer, "Buzzer", 1024, NULL, 1, NULL);
// vTaskStartScheduler();
//-----
```

Рисунок 3.18 – Ініціалізація лазерного сенсора

Загалом структура проекту з відповідними файлами і користувацькими бібліотеками показана на рис. 3.19.

```
LASER
> .vscode
> build
> coop
> GUI
> images
> lcd
  C lcd.c
  C lcd.h
  > lvgl
  > RTOS
  > VL53L0X
  M CMakeLists.txt
  C main.c
  F pico_sdk_import.cmake
1 #include "lcd.h"
2 #include <math.h>
3 #include <stdarg.h>
4 #include "hardware/spi.h"
5 #include "pico/stdlib.h"
6
7 uint16_t BGColor = WHITE;
8 uint16_t TextColor = BLACK;
9
10 uint16_t Text_X = 0;
11 uint16_t Text_Y = 0;
12 uint16_t Text_X_start = 0;
13
14 void LCD_init(void)
15 {
16     LCD_HWinit();
17     // HAL_Delay(5);
18     sleep_ms(5);
19     LCD_RES_UP;
20     // HAL_Delay(5);
21     sleep_ms(5);
22     LCD_SendCMD(ILI9341_RESET);
23     // HAL_Delay(10);
24     sleep_ms(10);
25
26     LCD_SendCMD(ILI9341_POWERA);
27     LCD_SendData(0x39);
28     LCD_SendData(0x2C);
29     LCD_SendData(0x00);
30     LCD_SendData(0x34);
31     LCD_SendData(0x02);
32 }
```

Рисунок 3.19 – Структура проекту системи безконтактного вимірювання відстані

Працездатність розробленої комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані на будівництві продемонстровано на рис. 3.20.

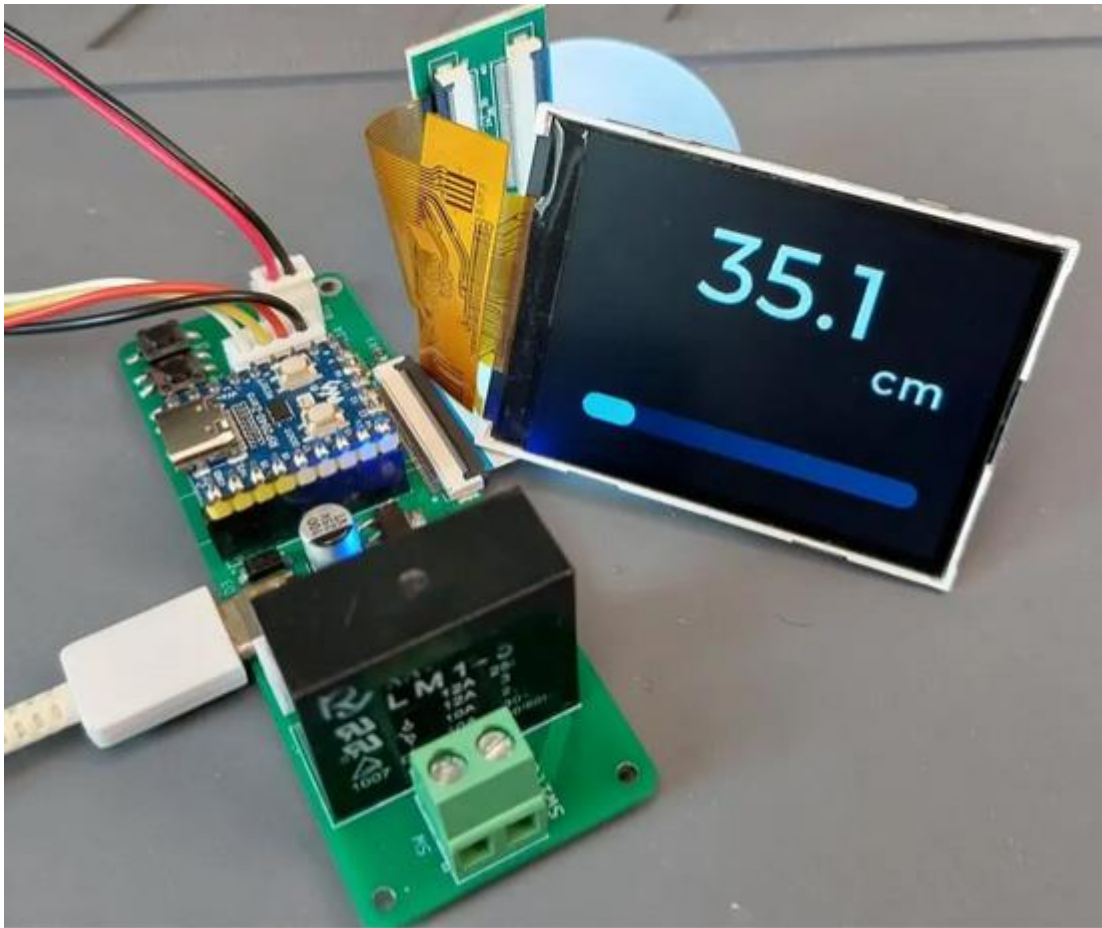


Рисунок 3.20 – Результат виконання проекту комп’ютеризованої системи вимірювання відстані

Таким чином, у результаті проведених робіт розроблено комп’ютеризовану систему, яка дає змогу за допомогою безконтактної технології виконувати вимірювання відстані до 2 м, що корисно при проведенні робіт на будівництві, зокрема при декоративному оздобленні житла.

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Роль центральної нервової системи в трудовій діяльності людини

Нервова система має найголовніше значення в організмі людини. Вона координує, регулює роботу всіх внутрішніх органів і здійснює зв'язок організму із зовнішнім середовищем.

Нервова система людини складається із центральної (ЦНС), яка включає головний і спинний мозок і периферійної (ПНС), яка складається з нервових волокон, що відходять від головного і спинного мозку.

За функціями нервову систему поділяють на соматичну і вегетативну. Соматична нервова система регулює опорно-руховий апарат і всі органи чуття, а вегетативна - процес обміну речовин та роботу всіх внутрішніх органів (серця, нирок, легенів). Найпростіші рухи регулює спинний мозок. Довгастий мозок керує процесами травлення, дихання, кровообігу та іншими життєво важливими функціями. Підкіркова і кіркова частини головного мозку керують усією психічною діяльністю людини.

Центральна нервова система виконує рефлекторну, інтегративну та координаційну функції.

Рефлекторна діяльність мозку зумовлена безумовними та умовними рефлексамі. Безумовні рефлексії є вродженими, мають велику стійкість і забезпечують пристосування організму до зовнішнього середовища. Умовні рефлексії набуваються залежно від обставин, розширюють діапазон пристосувальницьких можливостей організму і згасають, якщо потреби в них немає.

Стійка і злагоджена система умовних рефлексів формується у процесі навчання і забезпечує виконання певного виробничого завдання. Стійкість

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Дарій А.М.</i>			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>					53	
<i>Консульт.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

системи умовних рефлексів може бути порушена при відхиленні трудової діяльності від програми, а надійність - під впливом несприятливих виробничих чинників. Такі порушення, якщо не вжити належних заходів, можуть призвести до зниження працездатності, травм або нещасних випадків.

Виконуючи інтегративну функцію, ЦНС забезпечує злагоджену взаємодію всіх органів і систем організму, підтримує його стійкий внутрішній стан. Несприятливі умови праці можуть призвести до стомлення нервової системи, що послаблює її інтегративну функцію і може спровокувати розлад ряду фізіологічних систем: серцево-судинної, шлунково-кишкової, дихальної тощо або призвести до різних захворювань (інфаркти, інсульты, виразкові хвороби).

Завдяки координаційній функції ЦНС здійснює підпорядкування багатьох рефлексів одному, який має на даний час найважливіше значення для організму.

Усі функції центральної нервової системи реалізуються в кожній конкретній реакції організму, забезпечуючи ефект найбільшого пристосування до мінливих умов зовнішнього середовища і підвищуючи фізіологічну опірність організму шкідливим зовнішнім впливам.

Вища нервова діяльність людини заснована на функціях двох сигнальних систем. Анатомічною основою першої сигнальної системи є аналізатори (зоровий, слуховий). Аналізатор - це система нервових клітин, які сприймають і переробляють інформацію, що надходить до них із зовнішнього та внутрішнього середовища організму.

Анатомічною основою другої сигнальної системи, яка властива тільки людині, є мовно-руховий апарат, тісно пов'язаний із зоровим та слуховим аналізаторами, а її подразником є слово. Мова, в усіх її видах, являє собою найбагатше джерело подразників. За допомогою слова передаються сигнали про конкретні подразники, і в цьому випадку слово служить принциповим подразником - сигналом сигналів, є пусковим механізмом дій і вчинків людей. Мова підвищує здатність мозку відображати дійсність, забезпечує аналіз і синтез, абстрактне мислення, створює можливість для спілкування, використання і передачі життєвого досвіду, досягнень культури і мистецтва. Але в деяких випадках слово може бути негативним подразником і може призвести

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

до розладів нервової системи, порушень функціонування всіх систем організму і, таким чином, стати небезпечним виробничим фактором.

Центральна нервова система бере участь у прийманні, обробці та аналізі будь-якої інформації, що надходить із зовнішнього і внутрішнього середовищ. При виникненні перенавантажень на організм людини нервова система визначає ступінь їхнього впливу і формує адаптаційно-захисну реакцію [18].

4.2 Шляхи збереження працездатності та підвищення продуктивності праці на будівництві

Розумова праця об'єднує роботи пов'язані зі сприйняттям та опрацюванням інформації, необхідністю переважного навантаження сенсорного апарату, уваги, пам'яті, а також активації процесів мислення, емоційної сфери.

Виділяють такі різновиди розумової праці:

- операторська;
- адміністративно-керівна;
- творча;
- праця викладачів і медичних працівників;
- праця учнів і студентів.

Вказані види роботи відрізняються щодо організації трудового процесу, рівномірності навантаження, ступеню емоційного напруження. При розумовій діяльності загострюється сприйняття, увага, пам'ять. Посилюється кровопостачання мозку, підвищується енергетичний обмін нервових клітин, змінюються показники біоелектричної активності мозку.

При інтенсивній інтелектуальній діяльності споживання кисню 100 г кори головного мозку в 5-6 разів більше, ніж споживання скелетного м'язу такої ж ваги при максимальному навантаженні. Розумова праця, а особливо, робота оператора супроводжується деякою нервово-емоційною напругою. Вона призводить до посилення серцево-судинної діяльності, дихання, енергообміну, підвищення м'язового тону.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

Після закінчення розумової праці "робоча домінанта" повністю не згасає, зумовлюючи більш тривале втомлення та виснаження ЦНС при розумовій праці, ніж при фізичній.

Практичне значення заходів щодо підвищення працездатності впливає із закономірностей її динаміки і зводиться до:

- збільшення фази стійкого стану в фонді робочого часу;
- прискорення процесу опрацювання;
- віддалення фази розвитку втоми;
- забезпечення високої продуктивності праці за нормальних фізіологічних затрат.

Комплекс заходів щодо підвищення і збереження працездатності працівників на оптимальному рівні реалізується на техніко-організаційному, соціально-економічному, санітарно-гігієнічному, медико-біологічному, психологічному напрямках.

Могутнім фактором високої працездатності і продуктивності праці є оптимізація трудових навантажень на основі механізації і автоматизації виробничих процесів, удосконалення технології, скорочення і ліквідації важкої ручної праці. Доведено, що при правильній організації праці на легких роботах спостерігається найбільша тривалість фази стійкого стану, а на важких роботах вона нетривала.

Високий рівень працездатності безпосередньо залежить від умов праці, оскільки поліпшення їх супроводжується зменшенням енергетичних затрат організму на подолання несприятливого впливу факторів виробничого середовища.

Важливим напрямком підвищення працездатності працюючих є ритмізація трудових процесів, оптимізація темпу роботи, а також раціоналізація трудових рухів на фізіологічній основі, що сприяє формуванню і закріпленню робочих динамічних стереотипів, а отже зменшенню м'язових і вольових зусиль. Ритмічна робота підвищує функціональні можливості організму, сприяє його тренуваності і забезпечує економізацію енергетичних затрат.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Економізація функціональних затрат досягається завдяки стійкій домінанті і автоматизму дій, що виключає зайві рухи, розсіювання уваги тощо.

Особливе значення для підтримання працездатності працівників на високому рівні має раціональний режим праці і відпочинку.

Дослідження показують, що впровадження раціонального режиму праці і відпочинку на підприємствах забезпечує підвищення продуктивності праці на 8 – 10%, сприяє поліпшенню фізіологічного стану працівників (зменшується частота пульсу в процесі роботи, підвищується м'язова витривалість в кінці зміни, покращується координація рухів) [18].

Високій працездатності працівників сприяє і раціоналізація робочих місць на основі врахування антропометричних, біомеханічних і психофізіологічних вимог, що обумовлює раціональну робочу позу, зменшення статичних навантажень, оптимізацію робочої зони та інформаційних потоків.

Висока працездатність забезпечується за рахунок використання факторів естетичного впливу на працюючих. Такими факторами є колір, світло, музика. Слід підкреслити значення функціональної музики, яка впливає на емоційну сферу людини, підвищує збудливість і лабільність центральної нервової системи. На початку роботи вона прискорює процес впрацювання, а в кінці робочого дня зменшує суб'єктивне відчуття стомленості.

Вплив функціональної музики посилюється, якщо вона поєднується з фізичними вправами. Останні підвищують лабільність органів, які безпосередньо беруть участь у виконанні роботи, активізують роботу органів дихання і кровообігу.

Особливе значення в підвищенні працездатності працівників має створення сприятливого соціально-психологічного клімату в організації, високий рівень мотивації праці, ефективна система стимулювання результатів діяльності, рівень життя в цілому і охорона здоров'я населення.

Ефективність заходів, спрямованих на підвищення працездатності працівників, можна оцінити приростом продуктивності праці, який досягається за рахунок збільшення фази стійкого стану в загальній тривалості робочої зміни.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

ВИСНОВКИ

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є проект комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані, яка використовує наступні компоненти:

- Raspberry Pi Pico Zero – мікроконтролер для управління системою визначення відстані;
- лазерний сенсор VL53L0X – модуль для безпосереднього вимірювання відстані на основі технології time-of-flight;
- зумер – для формування звукових сповіщень при потраплянні відстані у програмно визначені діапазони;
- реле – використовується для потенційного підключення зовнішніх пристроїв;
- TFT 2,4” екран – призначений для відображення інформації та налаштування сповіщень зумером;
- блок із трьох перемикачів – використовується для вибору режиму системи безконтактного вимірювання відстані.

У роботі за допомогою середовища Altium Designer розроблено проект двосторонньої друкованої плати, яка дає змогу забезпечити комунікацію між компонентами системи.

Окрім цього, спроектовано схеми електричні принципів для кожного структурного елементу комп'ютеризованої системи та реалізовано засобами мови C у середовищі Visual Studio Code програмне забезпечення для управління лазерним сенсором, дисплеєм та зумером.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		58

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Range finder. URL: <https://www.britannica.com/technology/range-finder> (дата звернення: 26.04.2024).
2. Electronic Range Finder Technology Application Essay. URL: <https://ivyupanda.com/essays/electronic-range-finders/> (дата звернення: 28.04.2024).
3. Muzal M., Wojtanowski J., Mierczyk Z., Zygmunt M. Laserowy miernik prędkości pojazdów. *Elektronika*, 57. 2016. PP. 38–40.
4. Villa F.A., Tisa S., Bronzi D., Zappa F. Indirect time-of-flight 3D ranging based on SPADs. In *Quantum Sensing and Nanophotonic Devices IX*; International Society for Optics and Photonics. San Francisco, CA, USA. Volume 8268. 2012. p. 82681.
5. Li L. Time-of-Flight Camera – An Introduction. Technical White Paper SLOA190B. Texas Instruments: Dallas, TX, USA, 2014. URL: <https://www.ti.com/lit/wp/sloa190b/sloa190b.pdf> (дата звернення: 06.05.2024).
6. IEC 60825–1 “Safety of Laser Products—Part 1: Equipment Classification and Requirements”. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/3587> (дата звернення: 08.05.2024).
7. Visual Studio Code in Action. URL: <https://code.visualstudio.com/docs> (дата звернення: 09.05.2024).
8. Altium Designer Documentation. URL: <https://www.altium.com/documentation/altium-designer> (дата звернення: 10.05.2024).
9. C Programming Language. URL: <https://devdocs.io/c/> (дата звернення: 10.05.2024).
10. VL53L0X Datasheet. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/948120/STMICROELECTRONICS/VL53L0X.html> (дата звернення: 12.05.2024).
11. ILI9341 Datasheet. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1131760/ETC2/ILI9341.html> (дата звернення: 12.05.2024).
12. Python 3.9.2 documentation. URL: <https://docs.python.org/3/> (дата звернення 08.05.2024 р.)

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. 10 Best Best Range Finders - May 2024. URL: <https://oneclearwinner.co.uk/product/best-range-finders/> (дата звернення 08.05.2024 р.)

14. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

15. Raspberry Pi Computer Boards. URL: <https://www.okdo.com/c/pi-shop/the-raspberry-pi/> (дата звернення 15.05.2024 р.).

16. Осухівська Г.М., Луцик Н.С., Луцик Н.С., Паламар А.М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль, ТНТУ. 2022. 28 с.

17. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Київ. 2018.

18. Катренко Л.А., Катренко А.В. Охорона праці в галузі комп'ютерингу. Львів: Магнолія-2006. 2012. 544 с.

19. Бедрій Я. Основи охорони праці користувачів персональних комп'ютерів: навчальний посібник для студентів ВНЗ та інженерів-практиків. Навчальна книга-Богдан. 2014. 144 с.

					<i>КС КРБ 123.116.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

“ ___ ” _____ 2024 р

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ
ВІДСТАНИ НА БУДІВНИЦТВІ НА ОСНОВІ RASPBERRY PI

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 11 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Керівник кваліфікаційної роботи

Студент групи СІ-41

_____ к.т.н., доц. Тиш Є.В.

_____ Дарій А.М.

« ___ » _____ 2024 р.

« ___ » _____ 2024 р.

Тернопіль 2024

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система безконтактного вимірювання відстані на будівництві на основі Raspberry PI».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.116.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Дарій Андрій Михайлович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№4/7-408 від 24.04.2024 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 24.04.2024 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 24.06.2024 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи.

Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи на 90% , наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Комп'ютеризована система безконтактного вимірювання відстані на будівництві на основі Raspberry PI призначена для визначення розмірів об'єктів, які використовуються при декоративному оздобленні приміщень, а також для точного вимірювання показників будівельних матеріалів в межах від 3 см до 2 м.

Така система може ефективно застосовуватися у процесі вкладання керамічної плитки, бруківки, при оздобленні кімнат плінтусами, які необхідно зарізати, а також дана система може бути використана для вимірювання відстані при вмеблюванні квартири чи інших житлових будинків.

Як аналог будівельного далекоміра, система безконтактного вимірювання відстані є важливим інструментом у будівельній індустрії, забезпечуючи точне вимірювання відстаней для різноманітних завдань.

Одним з головних призначень системи є забезпечення точних вимірювань відстаней, що особливо важливо при будівництві як побутових будівель, так і

інфраструктурних об'єктів, де навіть дрібні похибки можуть призвести до серйозних наслідків.

Система безконтактного вимірювання відстані допомагає при розміщенні фундаментів будівель шляхом точного вимірювання показників між різними точками на будівельному майданчику, що забезпечує правильну геометрію та стабільність будівлі.

Окрім цього, при проведенні будівельних робіт актуальним є правильне розташування будівельних блоків та компонентів. Далекомір дозволяє контролювати розміщення стін, колон та інших елементів будівлі з високою точністю.

При будівництві багатоповерхівок або споруд на узвишші, система безконтактного вимірювання відстані дозволяє вимірювати її значення на висоті без необхідності підняття працівників. Далекоміри допомагають інженерам та архітекторам оцінити та планувати будівельні проекти, забезпечуючи достовірні вимірювання відстаней та просторових параметрів.

Ці аспекти демонструють важливість і різноманітність застосування систем безконтактного вимірювання відстані у будівництві та інженерних проектах, забезпечуючи при цьому високу точність, ефективність та надійність.

2.2 Мета створення системи

Мета з якою створюється комп'ютеризована система безконтактного вимірювання відстані на будівництві на основі Raspberry Pi полягає у реалізації прототипу далекоміра з високою точністю для підвищення якості, привабливості та надійності при проведенні ремонтних та оздоблювальних робіт.

Досягнення поставленої мети розробки можливе при вирішенні наступних задач:

- дослідження типів і принципів безконтактного вимірювання відстані;
- аналіз існуючих рішень і прототипів далекомірів, які застосовуються у будівельній галузі;

- аналіз технічних характеристик та вибір оптимального сенсора вимірювання відстані, а також пристроїв відображення інформації;
- вибір мікроконтролера для забезпечення можливості визначення відстані та керування сенсором вимірювання відстані;
- проектування друкованої плати для реалізації системи безконтактного вимірювання відстані;
- розробка схеми електричної принципової комп'ютеризованої системи вимірювання відстані та її відповідних складових компонентів;
- розробка алгоритмів режимів функціонування системи при безконтактному вимірюванні відстані;
- написання програмного коду управління відображенням та функціонуванням системи безконтактного вимірювання відстані.

2.3 Характеристика об'єкту

Однією з найбільш важливих функцій комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані на будівництві є можливість проводити вимірювання у невеликих діапазонах від 3 см до 2 м. Незважаючи на свій обмежений діапазон вимірювання відстаней, система, що проектується володіє рядом корисних функцій:

- висока точність – одна з ключових функцій для системи з таким діапазоном, що проявляється у забезпеченні дуже точних результатів вимірювань і робить її ідеальною для деталізованих робіт, таких як меблеве виробництво або роботи з маленькими об'єктами;
- здатність вимірювати невеликі відстані;
- зручність при опрацюванні даних – зазвичай такі системи повинні мати простий, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який легко читається користувачем і дає змогу спростити процес збору даних та використання вимірювань для подальших обчислень або аналізу;

– можливість використання в обмеженому просторі – завдяки своєму обмеженому діапазону вимірювань, системи безконтактного вимірювання відстані особливо корисні у вузьких або обмежених просторах, наприклад, при виробництві меблів або роботі з електронікою, де важко використовувати більші далекоміри.

До функцій, який варто реалізувати у комп'ютеризованій системі безконтактного вимірювання відстані належить здатність підключення зовнішніх периферійних пристроїв через реле, а також налаштування режимів функціонування системи та звукових сповіщень в залежності від вимірюної відстані.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Комп'ютеризована система безконтактного вимірювання відстані на будівництві на основі Raspberry PI повинна дозволяти виконувати наступні функції:

- здатність точного вимірювання відстані від точки встановлення системи до потрібного об'єкта;
- можливість вимірювання лінійних розмірів будівельних та оздоблювальних матеріалів;
- можливість підключення зовнішніх пристроїв, керування якими повинно забезпечувати реле, як реакцію на певне значення відстані;
- можливість змінювати звукові сповіщення в залежності від діапазону в який потрапляє вимірюване значення відстані;
- можливість відображати інформацію щодо мінімального та максимального значення діапазону вимірювання відстані;
- здатність змінювати режими роботи системи безконтактного вимірювання відстані, наприклад, одиночне вимірювання, циклічне вимірювання, або перехід у сплячий режим;

- здатність динамічно змінювати на екрані показники відстані при наближенні або віддаленні об'єкта.

Узагальнюючи наведені вище вимоги, можна визначити найбільш вагомі з них, які стосуються апаратного і програмного забезпечення комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані:

- робочий діапазон при вимірюванні відстані повинен становити від 3 см до 2 м;
- повинні бути визначені режими функціонування системи;
- повинні бути задані діапазони звукового сповіщувача при потраплянні об'єкта у визначені діапазони відстані;
- відображення значення відстані на дисплеї повинно відбуватися в режимі реального часу;
- повинна існувати можливість відключення звукового сповіщувача з одночасним відображенням його стану на екрані;
- повинна забезпечуватись можливість підключення периферійних пристроїв до системи безконтактного вимірювання відстані;
- повинна існувати можливість переключення режимів системи безконтактного вимірювання відстані фізичними перемикачами (кнопками).

3.1.1 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Компоненти системи безконтактного вимірювання відстані на фізичному рівні повинні бути інтегровані у єдиний модуль, який виконаний у вигляді двосторонньої друкованої плати.

Взаємодія між сенсором визначення відстані та пристроєм керування Raspberry PI Pi40 здійснюється за допомогою цифрових входів/виходів та використовують послідовну шину I²C.

Керування зумером відбувається шляхом програмного управління з Raspberry PI через відповідні цифрові виводи напряму, а реле також підключається до визначених контактів.

Дисплей повинен мати живлення від інтегрованого на друковану плату джерела живлення, які і Raspberry PI, а відображення даних відбувається шляхом їх передачі через цифрові виводи від пристрою керування.

3.1.2 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностування комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані повинно проводитися у відповідності до графіку регламентних робіт та у випадку виявлення некоректного функціонування пристрою. Діагностичні заходи передбачають проведення верифікації функціонування апаратної і програмної складової системи.

На апаратному рівні проводяться перевірки щодо встановлення відповідності технічних характеристик пристроїв до визначених у специфікації параметрів. При цьому можуть застосовуватися зовнішні вимірювальні пристрої. Також на апаратному рівні необхідно перевірити відсутність розривів у схемах беручи за основу розроблену схему електричну принципову.

На програмному рівні доцільно проводити тестування кожного окремого компонента, а також перевірку системи в цілому.

3.1.3 Перспективи розвитку, модернізація системи

До перспектив розвитку комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані належить перехід на інший тип лазерного сенсора, який дозволить збільшити діапазон вимірювань, а також можливість підключення зовнішніх пристроїв з можливістю їх управління.

Окрім цього, можлива модернізація програмного забезпечення для відображення та більш легкого налаштування параметрів будівельного далекоміра. Також можливий перехід на застосування TFT-екрану з вбудованим сенсорним керуванням.

3.1.4 Вимоги до надійності системи

Надійність системи безконтактного вимірювання відстані на фізичному рівні залежить від використовуваної елементної бази. Це означає, що загальний показник надійності розраховується як сумарна надійність кожного окремо взятого компоненту.

Система повинна адекватно реагувати на дії користувача та коректно і точно відображати вимірювані показники відстані. При виявленні проблем щодо виходу з ладу пристрою повинні проводитися діагностичні дії, спрямовані на їх усунення.

3.1.5 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Основна функція, яку повинна забезпечувати система безконтактного вимірювання відстані, полягає у визначенні часу, за який промінь повернеться від об'єкта до точки спрацювання сенсора.

Окрім цього, система повинна реагувати визначеним звуковим сповіщенням при виконанні вимірювань у заданих діапазонах відстані. Інформація щодо значення відстані повинна відображатися на рідкокристалічному дисплеї в режимі реального часу.

3.1.6 Вимоги до апаратного забезпечення

До складу апаратної складової комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані повинні входити:

- сенсор лазерного далекоміра;
- блок живлення;
- Raspberry PI Pico Zero;
- реле;
- зумер;
- TFT-екран.

3.1.7 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані повинно бути написане мовою програмування C. Для цього можна скористатися середовищем Visual Studio Code, що підтримує компілятори для створення файлів з розширенням udf2, які після цього дозволяють запрограмувати мікроконтролер.

Друкована схема компонентів і самої комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані повинна бути розроблена у середовищі Altium Designer.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 - 1 Архітектура системи безконтактного вимірювання відстані..
 - 2 Структурна схема Raspberry PI Pico Zero.
 - 3 Схема електрична принципова Raspberry PI Pico Zero.
 - 4 Схема електрична принципова TFT-дисплею..
 - 5 Схема електрична блоку перемикачів..

*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№ Етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка і затвердження технічного завдання	28.02-10.03.2024
2	Аналіз технічного завдання	10.03-12.03.2024
3	Аналіз вимог та принципів організації систем визначення відстані до об'єктів	12.03-18.04.2024
4	Проектування комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання відстані на будівництві	19.04-04.05.2024
5	Розробка схем електричних принципів і програмного забезпечення системи безконтактного вимірювання відстані	04.05-12.05.2024
6	Розробка інструкцій щодо використання комп'ютеризованої системи	12.05-29.05.2024
7	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	01.06-05.06.2024
8	Оформлення кваліфікаційної роботи	05.06-12.06.2024
9	Попередній захист кваліфікаційної роботи	12.06-17.06.2024
10	Захист кваліфікаційної роботи	19.06-24.06.2024

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б
Перелік елементів