

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій
Кафедра інженерії програмного забезпечення

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ
«ГОЛОГРАФІЧНА ПРОЕКЦІЯ»

DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND HARDWARE
COMPLEX «HOLOGRAPHIC PROJECTION»

спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Інженерія програмного забезпечення»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ІПЗ-42
Сав'як Віталій Олегович


(підпис)

Керівник:
асистент
Потейчук Михайло Іванович


(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
« 9 » 06 2024 р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Ліщина Наталія Миколаївна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра інженерії програмного забезпечення

Ступінь вищої освіти бакалавр

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»

Спеціальність: 121 «Інженерія програмного забезпечення»

Освітня програма: «Інженерія програмного забезпечення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

М.М. Мисирко

« 2 » 02 202__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Сав'яку Віталію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Розробка програмно-апаратного комплексу
«Голографічна проекція»»

Керівник роботи: асистент Потейчук Михайло Іванович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 р. № 477/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «5» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічне та програмне забезпечення ЕОМ, вимоги до розробки програмного забезпечення, ергономічні вимоги до функціонування програмного засобу.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Аналіз сучасного стану проблеми, існуючих методів і засобів її розв'язання, аналіз, визначення вимог до розроблюваного програмного забезпечення та проектування програмного забезпечення, опис функціонального наповнення об'єкта проектування, практична реалізація об'єкта проектування.

5. Перелік графічного матеріалу: 21 рисунок

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз предметної області	Потейчук М. І.		
Специфікація вимог до розробленої системи	Потейчук М. І.		
Розробка об'єкта проектування	Потейчук М. І.		
Нормоконтроль	Повсяня Ю. С.		
Гарант ОП	Ліщина Н. М.		
Показник запозичень тексту	4,6 %		
Академічна доброчесність	Яцук А. А.		

7. Дата видачі завдання «2» лютого 2024 р.

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел по темі кваліфікаційної роботи бакалавра	до 07.02.2024 р.	виконав
	Аналіз проблеми розробки та впровадження об'єкту проектування	до 27.02.2024 р.	виконав
3	Обґрунтування вибору шляхів, технологій і засобів вирішення поставленого завдання	до 12.03.2024 р.	виконав
	Розробка функціонально-структурної схеми роботи об'єкта проектування та проектування бази даних	до 17.04.2024 р.	виконав
	Практична реалізація об'єкта проектування та розробка бази даних	до 18.05.2024 р.	виконав
	Тестування та налагодження об'єкта проектування	до 01.06.2024 р.	виконав
7	Здача чистового варіанту кваліфікаційної роботи бакалавра на кафедрі	до 05.06.2024 р.	виконав

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Сав'як В. О.
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Потейчук М. І.
(прізвище, ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

Рецензія
на кваліфікаційну роботу

Здобувач вищої освіти: Сав'як Віталій Олегович

Тема: «Розробка програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція»»

Коротка характеристика кваліфікаційної роботи: Кваліфікаційна робота спрямована на створення інтегрованої системи для генерування та відображення голографічних зображень. Проект включає дослідження сучасних технологій, розробку апаратної частини та програмного забезпечення, а також інтеграцію і тестування створеного комплексу. Основною метою є забезпечення високої якості голограм та інтерактивності системи для різних сфер застосування, таких як віртуальна реальність.

Самостійні розробки і пропозиції автора: Автор самостійно розробив алгоритми для генерації високоякісних голограм та запропонував оптимізовану архітектуру інтеграції апаратних і програмних компонентів для забезпечення стабільної роботи голографічного комплексу.

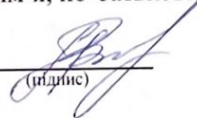
Практичне значення роботи: Практичне значення роботи полягає у створенні інтерактивного голографічного комплексу, який може використовуватися в освіті, медицині, рекламі та інших галузях для покращення візуалізації та презентації інформації. Розроблена система сприяє інноваційному підходу до представлення даних, забезпечуючи високоякісні голографічні проекції.

Недоліки: Недоліками роботи є висока складність розробки та інтеграції апаратних компонентів, таких як лазери, оптичні системи та фотодетектори, що вимагають точного налаштування і значних фінансових витрат.

Загальний висновок: Робота виконана на високому науковому рівні, має логічну та послідовну структуру, відповідає встановленим вимогам, може бути представлена до захисту на державній екзаменаційній комісії та заслуговує позитивної оцінки.

Рецензент: Здолбіцька Ніна Василівна, к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук
(прізвище, ім'я, по-батькові, посада)

Рецензент кваліфікаційної роботи _____


(підпис)

«07» червне 2024 р.

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій
Кафедра інженерії програмного забезпечення

ВІДГУК
КЕРІВНИКА НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
Здобувач вищої освіти Сав'як Віталій Олегович
група ІІЗ-42

Тема кваліфікаційної роботи: «Розробка програмно-апаратного комплексу
«Голографічна проекція»»

Керівник Потейчук Михайло Іванович

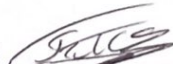
Актуальність теми: Актуальність теми обумовлена зростаючим попитом на інноваційні технології візуалізації, які можуть значно покращити якість презентації інформації у таких галузях, як освіта та розваги. Голографічні проекції відкривають нові можливості для інтерактивного взаємодії з тривимірними зображеннями, що робить цю тему надзвичайно важливою у сучасному технологічному розвитку.

Характеристика теоретичного рівня, наявності самостійних розробок і практичної значимості роботи: Робота демонструє високий теоретичний рівень завдяки глибокому аналізу сучасних технологій голографії та оптики, а також детальному дослідженню алгоритмів обробки зображень. Автор самостійно розробив інноваційні методи генерації голограм і запропонував оптимізовану архітектуру для інтеграції апаратних і програмних компонентів. Практична значимість роботи полягає у створенні функціонального голографічного комплексу, який може використовуватися в різних галузях для покращення візуалізації та презентації інформації.

Зауваження та недоліки: суттєвих недоліків в роботі не виявлено.

Загальний висновок робота виконана на високому рівні та заслуговує позитивної оцінки.

Керівник


(підпис)

(Потейчук М. І.)
(прізвище, ім'я, по батькові)

«7» серпня 2024 р.

АНОТАЦІЯ

Сав'як В. О. Розробка програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція». Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Інженерія програмного забезпечення» спеціальності «Інженерія програмного забезпечення». Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Метою роботи є теоретичне обґрунтування та розробка програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція». Під час розробки комплексу було вивчено функціональні вимоги для побудови моделей голографічних проекцій та розроблено алгоритм роботи для створення проекцій. За результатами кваліфікаційної роботи було розроблено програмно-апаратний комплекс «Голографічна проекція» та проведено тестування та калібрування даного пристрою.

Ключові слова: голографічна проекція, мікроконтролер, WeMos, RGB світлодіод, датчик Холла.

ABSTRACT

Savyak V. Development of software and hardware complex "Holographic projection". Manuscript.

Qualification work of the bachelor's program "Software engineering" in the specialty "Software engineering". Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The purpose of the work is the theoretical justification and development of the hardware and software complex "Holographic Projection". During the development of the complex, the functional requirements for the construction of holographic projection models were studied and the work algorithm for creating projections was developed. Based on the results of the qualification work, the "Holographic Projection" hardware and software complex was developed, and the device was tested and calibrated.

Keywords: holographic projection, microcontroller, WeMos, RGB LED, Hall sensor.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ РОЗРОБКИ ГОЛОГРАФІЧНИХ ПРОЕКЦІЙ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ	9
1.1 Аналіз сучасного стану проблеми	9
1.2 Постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра	17
РОЗДІЛ 2 СПЕЦИФІКАЦІЯ ВИМОГ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ СИСТЕМИ	19
2.1 Аналіз, визначення вимог до розроблюваного програмного забезпечення та проектування програмного забезпечення	19
2.2 Вибір засобів, методів і алгоритмів вирішення поставленого завдання ...	24
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ «ГОЛОГРАФІЧНА ПРОЕКЦІЯ»	31
3.1 Практична реалізація об'єкта проектування.....	31
3.2 Тестування та налагодження програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція».....	37
3.3 Розробка документації для програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція».....	40
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	45

ВСТУП

Актуальність теми. Голографічна проекція має широкі можливості для застосування. У сфері розваг вона може використовуватися для створення вражаючих візуальних ефектів у кіно, театральних виставах або концертах. У медицині голографічна проекція може допомогти у створенні тривимірних моделей органів для навчання або підготовки до складних операцій .

Однією з перспективних областей застосування є освіта. Голографічна проекція може забезпечити нові підходи до навчання, дозволяючи студентам взаємодіяти з тривимірними моделями і візуалізаціями, що робить навчальний процес більш захоплюючим і ефективним.

У наукових дослідженнях голографічна проекція може бути використана для візуалізації складних даних та моделей, що дозволяє дослідникам краще розуміти і аналізувати інформацію. Це особливо корисно в галузях, де візуалізація має вирішальне значення, наприклад, у фізиці або біології.

Голографічна проекція також може знайти застосування в маркетингу та рекламі. Вона здатна привернути увагу потенційних клієнтів, створюючи незабутні візуальні ефекти і демонструючи продукти або послуги в унікальний спосіб.

Метою роботи є розробка програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція».

Об'єктом дослідження є процес створення візуального ефекту голографічної проекції.

Предметом дослідження є процес розробки комплексу для відображення голографічних проекцій.

Виходячи з мети роботи, було сформульовано наступні завдання:

- провести аналіз існуючих методів та пристроїв для відображення голографічних проекцій;

- визначити функціональні вимоги для побудови моделей голографічних проекцій;
- вибрати засоби та алгоритм роботи для створення програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція»;
- розробити програмно-апаратний комплекс «Голографічна проекція»;
- провести тестування та калібрування програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція».

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ РОЗРОБКИ ГОЛОГРАФІЧНИХ ПРОЕКЦІЙ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

1.1 Аналіз сучасного стану проблеми

Технологія, яка використовує оптичні ілюзії, є досить простою для створення навіть у домашніх умовах. Пристрої, що відтворюють цей ефект, можуть збирати навіть діти. Для цього потрібна лише піраміда з прозорого пластику та дисплей (смартфон або планшет). Завдяки широкому поширенню цієї технології, в інтернеті можна знайти багато анімацій, що підходять для такого пристрою. Просто оберіть бажану анімацію і завантажте її на свій пристрій (рис. 1.1) [1].

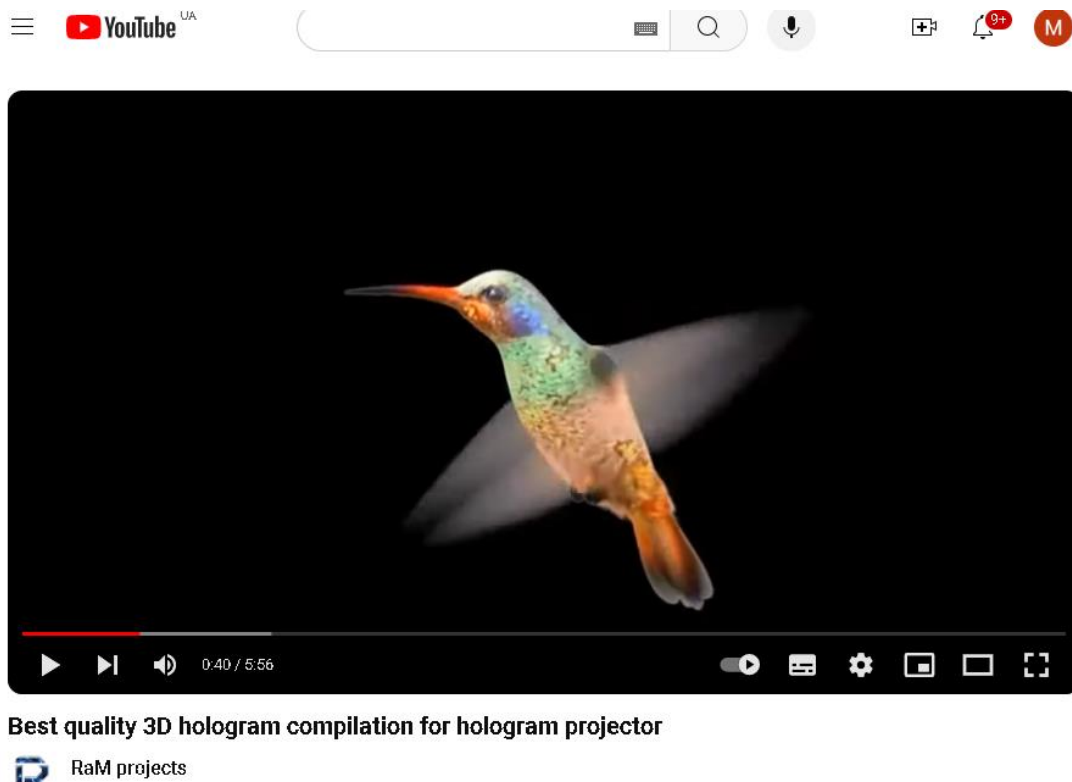


Рисунок 1.1 – 3D анімація у вільному доступі [1]

Ця технологія стала популярною через свою доступність та вражаючі результати. Вона широко використовується в освітніх проектах, демонструючи

принципи оптики та світла. Крім того, такий пристрій може бути чудовим способом розважити дітей, адже процес його створення та використання є дуже захоплюючим. Для більш просунутих користувачів існують спеціальні програми, які дозволяють створювати власні анімації для піраміди. Таким чином, використання оптичних ілюзій стає не лише розвагою, але й стимулює творчий та технічний розвиток.

Оптична голографія знаходить широке застосування в різних галузях науки і техніки. Вона використовується в оптичному зберіганні даних, де голограми служать високоефективними носіями інформації. Також ця технологія має значення в медицині, зокрема для створення тривимірних зображень внутрішніх органів без інвазивного втручання. Крім того, голографія активно використовується в рекламі та дизайні, де голограми привертають увагу своєю реалістичністю і ефектом присутності.

У мистецтві голографія відкриває нові можливості для створення унікальних творів, які неможливо було б відтворити традиційними методами. Вона дозволяє художникам експериментувати з простором, світлом і перспективою, створюючи інтерактивні інсталяції. У сфері безпеки голографічні зображення використовуються для захисту документів і грошових знаків від підробок, адже їх складно відтворити без спеціального обладнання [2].

Також важливою перевагою голографії є можливість створення голографічних дисплеїв, які можуть проектувати тривимірні зображення у повітрі без використання екранів. Такі дисплеї мають потенціал революціонізувати користувацький досвід у різних пристроях, від смартфонів до автомобільних навігаційних систем. Розробка голографічних технологій продовжується, і в майбутньому вони можуть стати невід'ємною частиною нашого повсякденного життя.

Голографія також може відігравати важливу роль у віртуальній та доповненій реальності, надаючи користувачам більш реалістичний та занурюючий досвід. В освітніх програмах голографічні моделі допомагають студентам краще зрозуміти складні концепції, наочно демонструючи їх у

тривимірному вигляді. Таким чином, оптична голографія продовжує розвиватися і знаходити нові застосування, впливаючи на різні аспекти нашого життя та діяльності (рис. 1.2) [2].

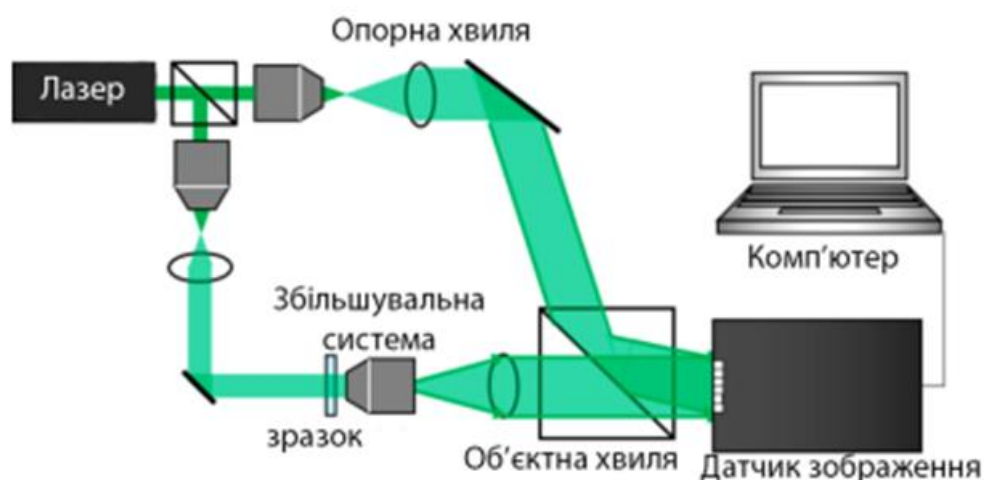


Рисунок 1.2 – Оптична голографія [2]

Оптичні голограми поділяються на кілька типів.

2D голограма. Цей тип голограми виглядає як двовимірне зображення, забарвлене чотирма основними кольорами і їхніми відтінками. При зміні кута огляду змінюється колір голограми або її графічні контури та структура.

3D голограма. Такі голограми складаються з зображень, розташованих на декількох площинах, що створює тривимірний ефект. 3D голограми часто використовуються для захисту товарів, документів та цінних паперів. Вони поєднують переваги голографії, такі як вражаюча глибина, яскраві кольори, плоскі логотипи та дуже малі за розміром тексти. Ці голограми складаються з трьох пов'язаних між собою зображень – переднього, основного та заднього плану. Кожне зображення є окремим плоским елементом або прозорим зображенням. Наприклад, на передньому плані може бути зображений логотип компанії, на основному – сам продукт, а на задньому – ландшафт. Всі елементи розташовані один за одним на відстані 5-8 мм, що створює багаторівневе зображення. При нахилі або обертанні такої голограми можна побачити зміну тіней, які об'єкти кидають на глибші шари зображення.

Зазвичай, у таких голограмах використовуються дві або три площини. голограми можуть бути створені на основі кольорового малюнка чи навіть фотографії об'єкта. Малюнок повинен мати безперервні лінії та чіткі межі кожного кольору. Голографічне зображення формується оптично за допомогою лазерного зображення на спеціальних голографічних установках (рис. 1.3). Ці голограми добре захищені від копіювання завдяки впровадженню в їх структуру спеціальних графічних елементів та оптичних ефектів. У такі голограми можна інтегрувати безліч захисних елементів. Створення 2D/3D голограм вимагає особливої ретельності під час їх розробки [3].

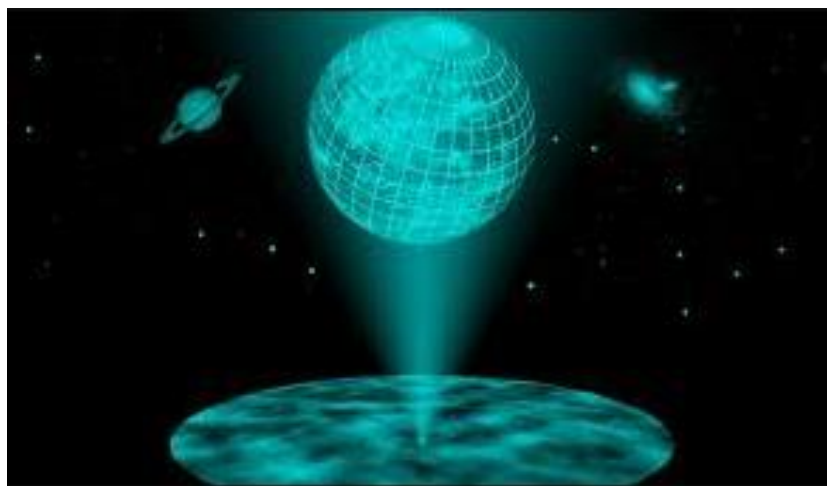


Рисунок 1.3 – Формування голографічного зображення за допомогою лазера [3]

Додатково 2D/3D голограми використовуються в рекламних матеріалах для створення ефектних ілюзій глибини, що привертає увагу споживачів. Ці голограми можуть застосовуватись в інтер'єрному дизайні для створення декоративних елементів з тривимірним ефектом. У сфері освіти 2D/3D голограми можуть бути корисними для візуалізації навчальних матеріалів, допомагаючи студентам краще зрозуміти складні концепції. Також вони використовуються в мистецтві для створення унікальних інсталяцій та арт-об'єктів. Голографічні технології продовжують розвиватися, відкриваючи нові можливості для інновацій в різних галузях [4].

Таким чином, 2D/3D голограми залишаються важливим інструментом як для практичних, так і для творчих застосувань, пропонуючи широкий спектр можливостей для покращення візуальних і технічних аспектів сучасного світу.

Технологія дисплеїв є ключовою складовою інфраструктури для 3D голографічної проекції. Вона використовує різні методи для зміни інтенсивності, довжини хвилі та інших характеристик світла, щоб створювати різні візуальні ефекти. Голографічні дисплеї є оптимальним вибором для відображення голограм у повітрі. Однак, звичайні дисплеї не мають достатніх технічних можливостей для підтримки зображення 3D голографічної проекції.

Інтеграція 3DHPT у мобільні ігрові додатки, що вимагає високої якості дисплеїв. Тому аналізуються найкращі дисплеї, які можна інтегрувати в мобільні ігрові додатки. До них належать: 360-градусний голографічний дисплей, голографічний дисплей Holo-Vision та голографічний телевізійний дисплей [4].

360-градусний голографічний дисплей представляє собою інноваційну 3D систему з розширеним екраном та полем огляду в усіх горизонтальних напрямках навколо плоского екрану. Ця технологія базується на відбитті світла і зорових ілюзіях, щоб створити багатокутне, всебічне 360° стереоскопічне зображення. 360-градусний голографічний дисплей включає в себе просторовий світловий модулятор мікроелектромеханічних систем (MEMS SLM), систему збільшення зображення та обертовий екран. На рисунку 1.4 показано схему запропонованого 360-градусного голографічного дисплея.

Просторовий світловий модулятор (SLM), що базується на мікроелектромеханічних системах (MEMS), здатний працювати на високій частоті кадрів. У поєднанні з системою збільшення зображення та обертовим екраном, MEMS SLM створює голографічні зображення. Обертання голограми на площині змінює напрямок променя, причому падаючий промінь дифрагується, а кут променя змінюється згідно з законом Брегга, який відповідає голограмі. Система збільшення зображення розширює розмір екрану, а обертовий екран кругово сканує зону перегляду [4].

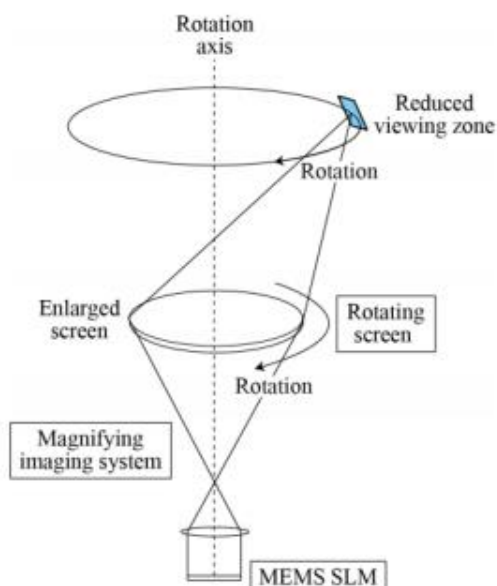


Рисунок 1.4 – Схематична діаграма 360-градусного голографічного дисплея [4]

Дисплей Holo-Vision використовує принципи інтерференції та дифракції світла для запису конкретних світлових хвиль, випромінюваних об'єктом. Потім Holo-Vision відтворює ці хвилі у формі інтерференційних смуг, використовуючи дифракцію, щоб створити реалістичне стереоскопічне зображення оригінального об'єкта. Крім того, за наявності відповідної інфраструктури та обладнання Holo-Vision може бути підключений до мережі в магазинах, торгових центрах або по всій країні. На рисунку 1.5 показано, як працює голографічний дисплей Holo-Vision.

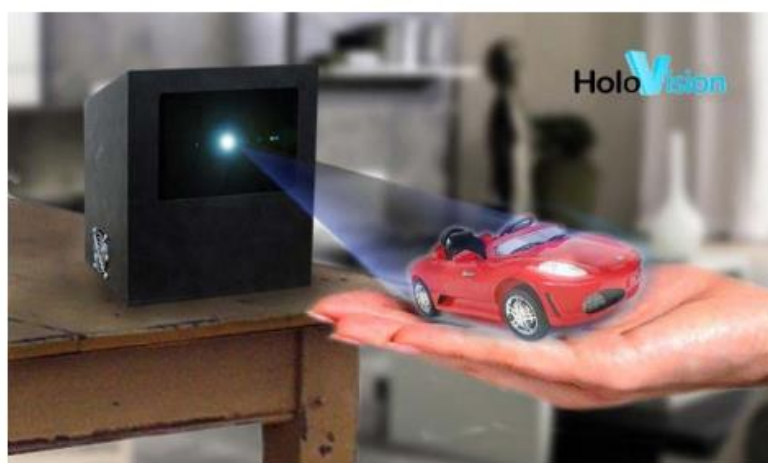


Рисунок 1.5 – Голограма в повний розмір, що вільно плаває [4]

Рисунок 1.5 показує голографічну модель автомобіля з використанням технології Holo-Vision, яку можна тримати в руках. Holo-Vision – це патентована інтерактивна система візуальних комунікацій, яка дозволяє людям бачити тривимірні зображення або повідомлення, що знаходяться у повітрі з високою візуальною ефективністю, без напруження для очей або потреби в спеціальних окулярах.

Голографічний телевізійний дисплей, відомий як голографічне телебачення, надає споживачам найреалістичніше тривимірне телебачення. Ця технологія використовує характеристики світлових хвиль для відтворення вигляду тривимірних сцен. Голографічне телебачення базується на принципах інтерференції світла та записує інформацію про світлові хвилі, що є унікальними для об'єкта, на фоточутливому матеріалі. Після обробки і фіксації з'являється голограма. Для перегляду зображення людям необхідно створити світлові хвилі знову, оскільки над оригінальною голограмою немає зображення. Під час відтворення цих голограм світловий промінь, спрямований на фотографічну пластину, протилежний шляху оригінального променя. У цьому випадку глядачі можуть бачити репродукцію оригінальної сцени у світловій дифракції через особливості, записані на панелі. Відтворене зображення ідентичне оригінальному об'єкту і надає відчуття спостереження за сценою через вікно. Глядачі можуть бачити різні кути залежно від того, з якої сторони дивляться на об'єкт. Голографічний телевізійний дисплей є автостереоскопічним і не потребує використання окулярів, він також надає не тільки двохвидову стереозорість, але й неперервну паралаксу та інші сприйняттєві натяжки на глибину, такі як візуальна акомодация. Зображення, згенеровані телевізором, є абсолютно тривимірними і можуть бути переглянуті з 360-градусною панорамою для отримання просторової перспективи [5].

Технологія відчуттів – це нове міждисциплінарне поле, яке вивчає відчуття дотику людини (людські відчуття), моторні характеристики (машинний відчуття) та розвиває комп'ютерні системи (комп'ютерні відчуття), що дозволяють фізичні взаємодії з реальними або віртуальними середовищами через

дотик. Технологія відчуттів є відмінним рішенням для мобільних ігор, оскільки спрямована на створення більш реалістичного досвіду завдяки фізичним взаємодіям. Таким чином, вона підвищує користувацький досвід ігрових консолей, сенсорних пристроїв та мобільної електроніки на новий рівень.

Голограми дотику – це лише один із багатьох видів голографічних дисплеїв, які відіграють важливу роль у 3DHPT у мобільних ігрових додатках. У найоптимальнішому випадку інтерактивний дисплей відтворює реальні зображення у повітрі між екраном та користувачем. При дотику користувачів до реального об'єкту голограми пальцями світлове поле на екрані розсіюється. Потім 3D сенсорна реакція реалізується за допомогою виявлення розсіяного світла кольоровою камерою. Світлове поле відображення складається з голографічного екрану та проектора. Більше того, запускаючи демонстрацію 3D дотику за допомогою технології відчуттів, прискорюється розвиток цієї галузі. Використання цього концепту зображено на рисунку 1.6 [5].



Рисунок 1.6 – Концептуалізація голограми відчуттів [5]

Голограми дотику – це нова технологія у галузі голографії, яка вирізняється можливістю фізичного взаємодії з ними. Ця новаторська розробка належить японським дослідникам з компанії з виробництва 3D-дисплеїв Aerial Burton та чотирьом японським університетам. Для забезпечення безпечності

користування торкані голограми використовується новітній підхід – використання інфрачервоних пульсуючих лазерів із високою частотою (1 кГц), які випромінюють лазерні промені кожну мілісекунду. Цей підхід значно прискорює процес створення голограм і робить їх безпечними для фізичного контакту.

Тактильна технологія, в свою чергу, розширює можливості функціональних пристроїв, додаючи до них тактильний аспект. Раніше тактильні відчуття в основному базувалися на використанні стилусів для взаємодії з віртуальним світом. Однак зараз відбувається швидке поширення тактильної технології. Також ця технологія постійно розвивається, включаючи розширення можливостей за допомогою інтерфейсів у 3D-моделюванні. Основна мета тактильної технології як ключового елементу в системах віртуальної реальності полягає в тому, щоб надати користувачам найреалістичніші та найбільш інтерактивні враження.

Комунікація та взаємодія, орієнтована на дотик, створює мостик між цифровими об'єктами та реальним світом. Окрім чуттєвого досвіду, посилення фізичної взаємодії відчутно підвищує занурення користувача. Такий підхід дозволяє отримувати, маніпулювати, модифікувати та масштабувати цифрові об'єкти, що сприяє підвищенню продуктивності та зменшенню часу виконання робіт. Технологія дотику може бути застосована до облаштування поверхонь будь-яких розмірів і форм. Наприклад, у мобільних іграх, коли екран телефону відтворюється на 3D голографічному дисплеї, гравці можуть відчувати більш реалістичне ігрове серед [5].

1.2 Постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Виходячи з мети роботи, було сформульовано наступні завдання:

– провести аналіз існуючих методів та пристроїв для відображення голографічних проекцій;

- визначити функціональні вимоги для побудови моделей голографічних проекцій;
- вибрати засоби та алгоритм роботи для створення програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція»;
- розробити програмно-апаратний комплекс «Голографічна проекція»;
- провести тестування та калібрування програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція».

РОЗДІЛ 2

СПЕЦИФІКАЦІЯ ВИМОГ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Аналіз, визначення вимог до розроблюваного програмного забезпечення та проектування програмного забезпечення

Моделювання з використанням анімованої 3D моделі включає кілька етапів, тісно пов'язаних між собою. Процес моделювання розпочинається з абстрактної концептуальної схеми, після чого створюються логічна та фізична моделі.

Для досягнення цих цілей спочатку створюється модель у вигляді діаграми варіантів використання (use-case diagram), яка описує функціональне призначення системи. Діаграма варіантів використання є вихідною концептуальною моделлю системи на етапі її проектування та розробки. Діаграма варіантів використання в нотації UML показана на рисунку 2.1.

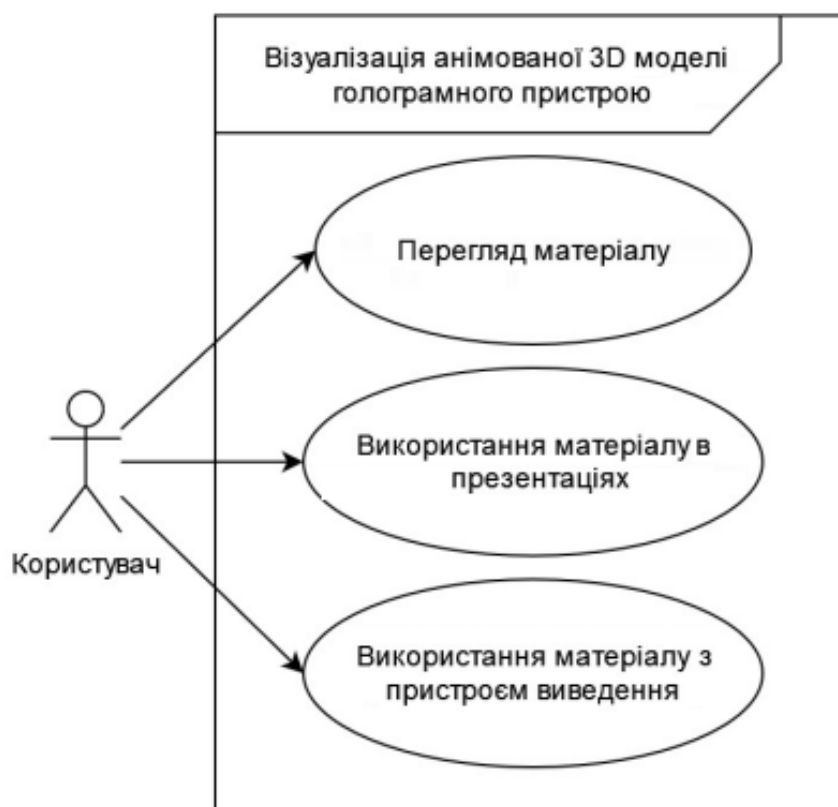


Рисунок 2.1 – Діаграма варіантів використання голографічної проекції

В даній системі є один актор – користувач. Користувач має можливість переглядати 3D-відеофайли, використовувати отримані матеріали для демонстрацій у рекламних цілях, а також як приклад роботи з голографічним пристроєм виведення як за допомогою університетського обладнання, так і на власних пристроїв.

Функціональне моделювання анімованої 3D моделі для голографічного пристрою виведення в нотації IDEF0 включає створення діаграм, що відображають основні функції та процеси. Ось приклад, як може виглядати цей процес:

Опис діаграми IDEF0. Високорівнева діаграма її загальна мета – створення анімованої 3D моделі для голографічного пристрою виведення.

A0. Високорівнева діаграма:

- входи. Вимоги до проєкту, технічне завдання;
- виходи. Візуалізована 3D модель, відеофайл для демонстрації;
- механізми. Розробник, технічне забезпечення, програмне забезпечення;
- контроль. Технічні обмеження пристрою виведення.

A-0. Створення 3D моделі:

- входи. Технічне завдання;
- виходи. 3D модель;
- механізми. Blender 3D, розробник;
- контроль: Вимоги до проєкту.

A1. Анімація моделі:

- входи. 3D модель;
- виходи. Анімована 3D модель;
- механізми. Blender 3D, After Effects, розробник;
- контроль. Технічні обмеження пристрою виведення.

A2. Обробка анімованої моделі:

- входи. Анімована 3D модель;
- виходи. Готовий відеофайл;
- механізми. After Effects, розробник;

– контроль. Вимоги до проекту.

А3. Демонстрація на голографічному пристрої:

– входи. Готовий відеофайл;

– виходи. Демонстрація анімації;

– механізми. Голографічний пристрій, розробник;

– контроль. Технічні обмеження пристрою виведення.

Загальна мета (А-0) – призначена для створення високорівневої діаграми, яка представляє всі основні етапи процесу.

Створення 3D моделі (А0) – призначена для побудови базової 3D моделі згідно з технічним завданням.

Анімація моделі (А1) – призначена для додавання анімації до 3D моделі.

Обробка анімованої моделі (А2) – призначена для завершальної обробки анімованої моделі та створення відеофайлу.

Демонстрація на голографічному пристрої (А3) – призначена для відтворення готового відеофайлу на голографічному пристрої для демонстрації.

Ця структура показує взаємозв'язок між різними етапами створення анімованої 3D моделі, їхніми входами, виходами, механізмами та контролюючими факторами (рис. 2.2).

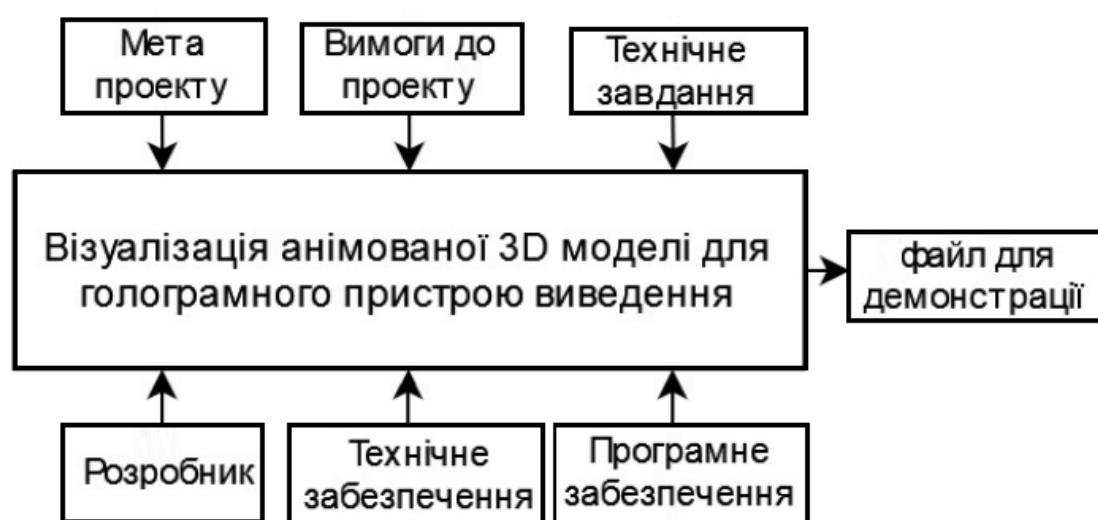


Рисунок 2.2 – Діаграма за методологією IDEF0

На побудованій діаграмі представлені такі елементи:

- розробник – це людина, що виконує розробку всього проекту;
- технічне забезпечення – включає апаратне забезпечення, таке як персональний комп'ютер і периферійні пристрої;
- програмне забезпечення – набір програм, використаних під час реалізації проекту: Blender 3D, After Effects, Sai тощо;
- мета проекту – отримання відеофайлу візуалізованої моделі для демонстрації на пристрої виведення;
- вимоги до проекту – певні технічні обмеження пристрою виведення;
- технічне завдання – повний опис тематики та бажаного результату замовника.

Проект повинен враховувати технічні обмеження голографічного пристрою виведення. Технічне завдання включає повний опис тематики та бажаного результату замовника.

Декомпозиція функціональної моделі візуалізації анімованої 3D моделі для голографічного пристрою виведення представлена на рисунку 2.3. Вона охоплює всі проміжні етапи розробки проекту.

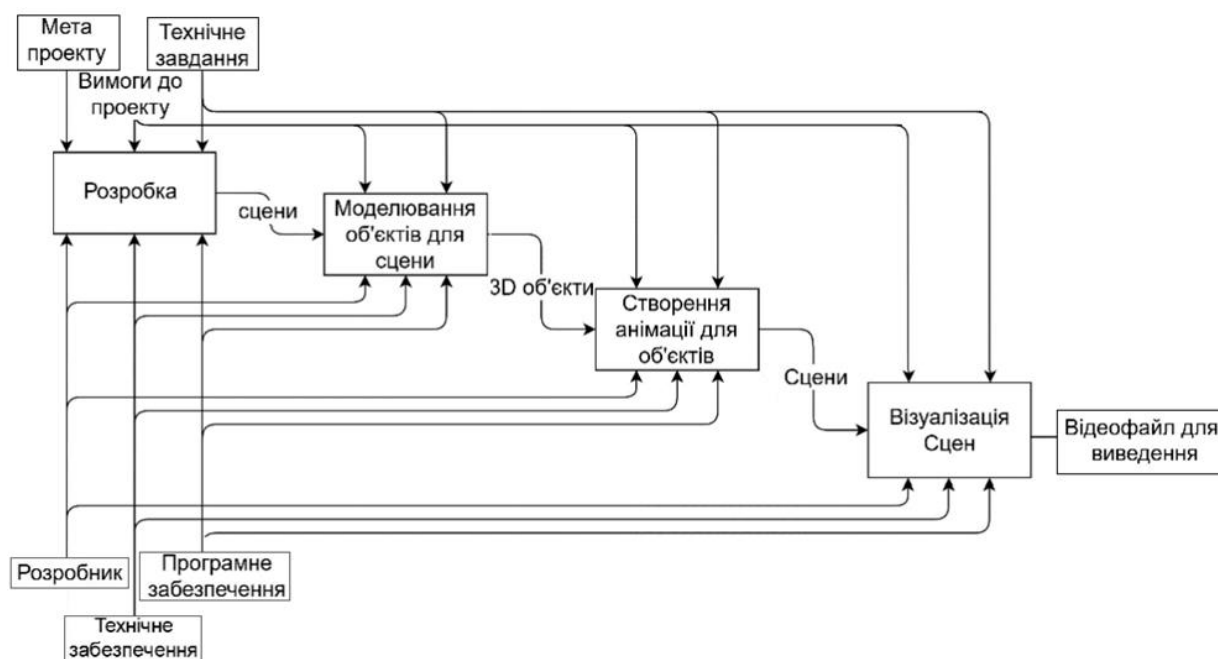


Рисунок 2.3 – Декомпозиція функціональної моделі

Результатом розробки скетчів є сцени, які слугують основою для подальшого моделювання об'єктів та сцени у 3D редакторі, що приводить до створення 3D об'єктів. Після цього відбувається анімація об'єктів та налаштування матеріалів і освітлення. Завершальним етапом є візуалізація, результатом якої є відеофайл всієї сцени для голографічного пристрою виведення.

На початковому етапі проєкту розробник збирає технічні вимоги, що включають всі обмеження і специфікації голографічного пристрою. Це забезпечує розуміння того, які параметри необхідно врахувати при розробці.

Далі створюються початкові ескізи сцени на основі технічного завдання. Ці ескізи слугують візуальним орієнтиром для подальшого моделювання і є важливим етапом у процесі планування.

На основі ескізів здійснюється 3D моделювання об'єктів та сцени в спеціалізованому програмному забезпеченні. Це дозволяє отримати точні тривимірні об'єкти, що відповідатимуть початковим задумам і технічним вимогам.

Наступним кроком є анімація цих об'єктів. Після цього здійснюється налаштування матеріалів, які додають реалістичності текстурам об'єктів, і налаштування освітлення, що створює необхідний візуальний ефект.

Фінальним етапом є візуалізація та рендеринг. Це процес перетворення 3D сцени у відеофайл, готовий для відтворення на голографічному пристрої. Після рендерингу відеофайл проходить тестування для перевірки якості і відповідності технічним вимогам. Якщо виникають які-небудь невідповідності, проводяться необхідні корекції.

Таким чином, весь процес моделювання включає не тільки створення та анімацію 3D об'єктів, але й постійне тестування і налаштування для досягнення найкращого результату, відповідного всім вимогам і очікуванням замовника.

2.2 Вибір засобів, методів і алгоритмів вирішення поставленого завдання

Класифікація мікропроцесорів за кількістю ВІС поділяє їх на одно-кристалні, багато-кристалні та багато-кристалні секційні. Одно-кристалні мікропроцесори реалізують всі апаратні засоби у вигляді однієї ВІС або НВІС (надвеликої інтегральної схеми). Підвищення ступеня інтеграції елементів в кристалі та кількості виходів корпусу покращує параметри одно-кристалних мікропроцесорів. Проте їх можливості обмежені ресурсами кристала і корпусу.

Мікропроцесори в комп'ютерному світі класифікуються за кількома критеріями:

- за кількістю великих інтегральних схем (ВІС);
- за типом оброблюваних вхідних сигналів;
- за характером організації роботи у часі;
- за структурою мікропроцесорних систем;
- за кількістю виконуваних програм.

Багато-кристалні мікропроцесори створюються шляхом поділу логічної структури на функціонально завершені частини, які реалізуються у вигляді ВІС (НВІС). Функціональна завершеність ВІС означає, що окремі частини мікропроцесора можуть виконувати визначені функції автономно.

Багато-кристалні секційні мікропроцесори створюються, коли частини логічної структури процесора реалізуються у вигляді ВІС за вертикальними площинами.

Мікропроцесори також поділяються на універсальні і спеціалізовані за призначенням. Універсальні мікропроцесори використовуються для вирішення широкого спектру завдань, і їх продуктивність не залежить сильно від специфіки завдань. Спеціалізовані мікропроцесори орієнтовані на прискорене виконання конкретних функцій, що значно підвищує їх ефективну продуктивність при виконанні певних завдань.

Мікропроцесори в комп'ютерному середовищі класифікуються залежно від оброблюваних вхідних сигналів, характеру тимчасової організації роботи, структури мікропроцесорних систем та кількості виконуваних програм.

Щодо виду оброблюваних сигналів, мікропроцесори поділяються на цифрові і аналогові. Хоча самі мікропроцесори є цифровими пристроями, деякі з них можуть включати вбудовані аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі. Отже, вхідні аналогові сигнали спочатку перетворюються в цифровий формат, обробляються, а потім знову перетворюються назад у аналогову форму для виходу.

З точки зору тимчасової організації роботи, мікропроцесори бувають синхронними і асинхронними. У синхронних мікропроцесорів час виконання операцій задається пристроєм управління, тоді як у асинхронних початок виконання кожної операції визначається сигналом фактичного закінчення попередньої операції.

Структуру мікропроцесорних систем можна поділити на одно та багато магістральні. У одно магістральних мікропроцесорних системах всі пристрої підключені до єдиної інформаційної магістралі. У багато-магістральних системах різні пристрої групами підключаються до власних магістралей, що дозволяє одночасно передавати інформаційні сигнали по кількох або усіх магістралях, збільшуючи таким чином продуктивність.

Щодо кількості виконуваних програм, мікропроцесори можуть бути одно- або багатопрограмними. У одно програмних мікропроцесорах виконується лише одна програма, після завершення якої виконується наступна. У багатопрограмних мікропроцесорах може одночасно виконуватися кілька програм.

Мікроконтролери WeMos D1 R2 і mini на основі esp8266 набули широкої популярності серед мейкерів завдяки своїй універсальності та зручності використання. Вони сумісні з більшістю датчиків Arduino і дозволяють легко писати програми в Arduino IDE. Використовуючи плати WeMos, ви отримаєте

можливість працювати з WiFi, налаштовувати мережу пристроїв або взаємодіяти з модулем через Інтернет [6].

Плати WeMos D1, вироблені в Китаї, базуються на WiFi модулі ESP8266 ESP-12. Ці модулі мають роз'єм для зовнішньої WiFi антени, що дозволяє розширити зону покриття мережі. Програмування плати здійснюється за допомогою стандартного середовища розробки Arduino IDE. Контролер включає в себе процесор, периферію, оперативну пам'ять і пристрої введення / виводу. Мікроконтролери широко використовуються в комп'ютерах, побутових приладах та електронних пристроях. WeMos відрізняється доступною ціною і простотою підключення та програмування (рис. 2.4) [6].



Рисунок 2.4 – WeMos D1 [6]

Основні технічні характеристики WeMos включають:

- вхідну напругу 3,3 В;
- 4 Мб флеш-пам'яті;
- 11 цифрових виходів;
- мікро USB вихід;
- наявність WiFi модуля;
- робочі температури від -40°C до 125°C;
- частоту контролера 80МГц / 160МГц [6].

Основними областями застосування контролерів WeMos є температурні датчики, датчики тиску, зарядні пристрої, пульти для управління різними побутовими приладами, системи обробки даних та робототехніка. Мікроконтролери можна легко розширювати, підключаючи до них додаткові компоненти, такі як індикатори, сенсори та світлодіоди, що дозволяє реалізувати різноманітні проекти та розширювати їх можливості [6].

WeMos D1 R1 відрізняється від R2 тим, що зараз існує два покоління цієї плати. Найпоширенішою версією є R2. Вартість R1 дещо нижча, але старі плати майже зникли з інтернет-магазинів. Різниця між першим і другим поколінням незначна і стосується насамперед терморегулятора. За однакових умов рекомендується використовувати плату WeMos другого покоління R2 зображено на рисунку 2.5 [7].

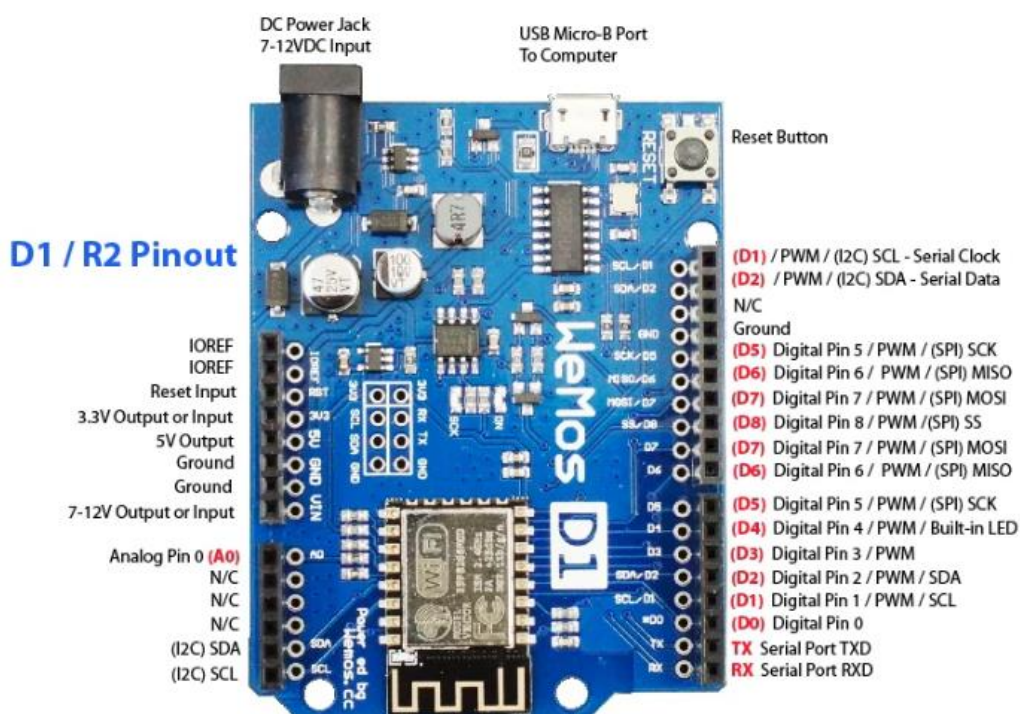


Рисунок 2.5 – WeMos D1 R1 [7]

WeMos D1 R2 має кращу сумісність з новими програмами та додатками. Це забезпечує стабільнішу роботу пристрою в різних умовах. Крім того, R2 підтримує більше периферійних пристроїв, що робить його універсальнішим для

різних проектів. Ще однією перевагою є покращена система захисту від перегріву, що продовжує термін служби плати. R2 також має вдосконалену архітектуру, яка дозволяє працювати швидше та ефективніше. Оновлення програмного забезпечення для R2 відбувається частіше, що забезпечує актуальність і безпеку. Крім цього, плата R2 краще підтримується спільнотою розробників, що полегшує пошук рішень для різних проблем. Завдяки покращеному дизайну, R2 простіше інтегрується у складні системи. Розробники також зазначають, що налагодження та тестування R2 займає менше часу. В результаті, WeMos D1 R2 є оптимальним вибором для як для новачків, так і для досвідчених інженерів [8].

Принципова електрична схема зображена на рисунку 2.6.

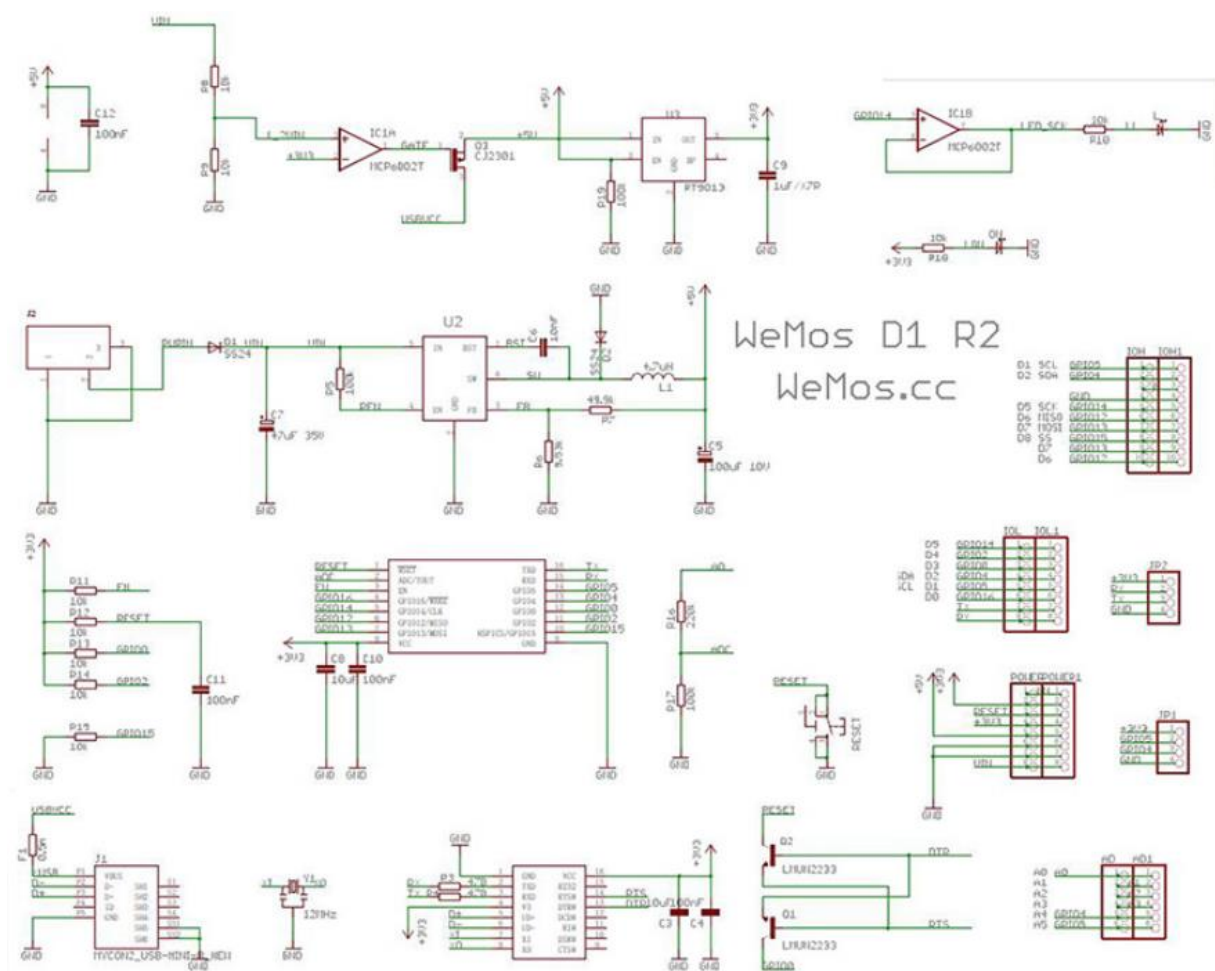


Рисунок 2.6 – Принципова електрична схема WeMos D1 R1 [8]

Мікроконтролер WeMos Mini, у порівнянні з WeMos D1, має менші розміри. Ширина плати становить 2,5 см, а довжина – 3,5 см, тоді як повна версія WeMos D1 за розмірами аналогічна Arduino UNO. Плата побудована на основі 32-бітного мікроконтролера ESP8266 та оснащена WiFi модулем. Обсяг флеш-пам'яті пристрою складає до 4 МБ. У вдосконаленій моделі WeMos D1 Mini обсяг пам'яті досягає 16 МБ, є SMD-антена та вихід для підключення зовнішньої антени. Розміри та розташування контактів в обох версіях плат однакові. Схема плати та розташування виходів для терморегуляторів WeMos D1 Mini показані на рисунку 2.7 [9].

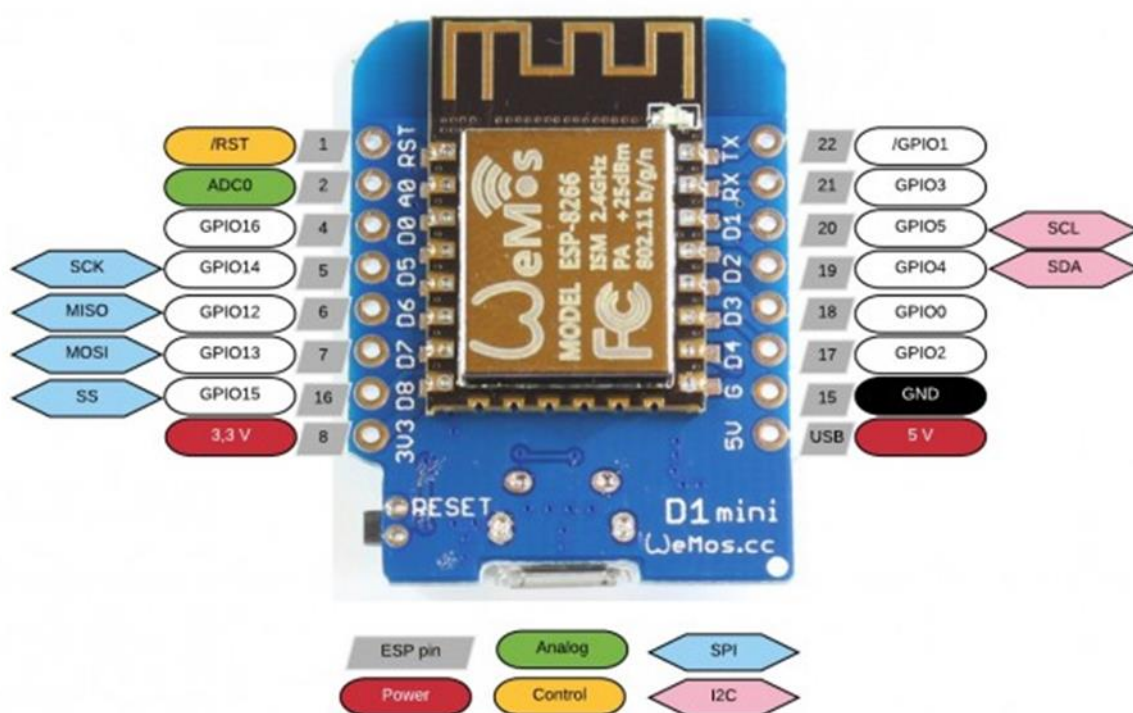


Рисунок 2.7 – WeMos D1 Mini [9]

WeMos D1 Mini також підтримує різноманітні додаткові модулі, що робить його ідеальним для використання в IoT проектах. Завдяки компактним розмірам, цю плату легко інтегрувати в невеликі пристрої. Вона має стандартні інтерфейси для підключення датчиків та виконавчих пристроїв, що спрощує розробку. Крім того, використання WiFi модуля дозволяє створювати бездротові з'єднання, що зручно для віддаленого управління. Розробники також відзначають високу

продуктивність мікроконтролера ESP8266, який забезпечує швидке виконання програм. Плата WeMos D1 Mini часто використовується у проектах з автоматизації домашніх систем. Доступність плати та її модулів у багатьох інтернет-магазинах робить її легкою для придбання. Сумісність з популярними платформами розробки, такими як Arduino IDE, забезпечує простоту програмування. Можливість розширення пам'яті дозволяє зберігати великі обсяги даних без необхідності частого оновлення програмного забезпечення. Загалом, WeMos D1 Mini є відмінним вибором для тих, хто шукає потужну та компактну плату для своїх проектів [9].

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ «ГОЛОГРАФІЧНА ПРОЕКЦІЯ»

3.1 Практична реалізація об'єкта проектування

Створення схеми пристрою за допомогою Tinkercad Circuits Arduino. Переходимо до онлайн симулятора і натискаємо на кнопку «Create», обираючи тип «Circuit». Після цього відкривається візуальне середовище редагування, де ми можемо створити схему та написати і налагодити скетч для Arduino. Вибираємо необхідні компоненти з бібліотеки, розташованої внизу екрану, і розміщуємо їх на полі редактора.

Компоненти з'єднуємо за допомогою віртуальних провідників, малюючи їх мишкою. Редагуємо параметри компонентів, такі як опір резисторів або колір проводів, залежно від потреб проекту. Операція вибору компонентів з бібліотеки є досить простою. Список елементів знаходиться внизу, і вибравши елемент, ми натискаємо на нього, переміщуємо в потрібне місце на схемі та натискаємо повторно. Вікно зі списком компонентів можна приховати або показати, натискаючи на перемикач «Components» у панелі інструментів.

Для роботи в симуляторі доступні безліч готових елементів, від резисторів і батарейок до модулів Arduino. Для зручності навігації всі елементи розділені на три вкладки: «Basic Components», «All Components» і «Starters». Основні компоненти включають базові елементи схеми, всі доступні компоненти містять повний список елементів, а вкладка «Starters» містить готові встановлені схеми, які можна використовувати як шаблони.

Додавши всі необхідні компоненти плати та з'єднання, отримуємо готову схему. Наступним кроком є написання та налагодження скетчу для Arduino. Це дозволить нам запустити онлайн симуляцію, щоб перевірити правильність з'єднань і працездатність схеми відповідно до наших вимог. Схему підключення всіх компонентів програмно-апаратного комплексу голографічної проекції наведено на рисунку 3.1.

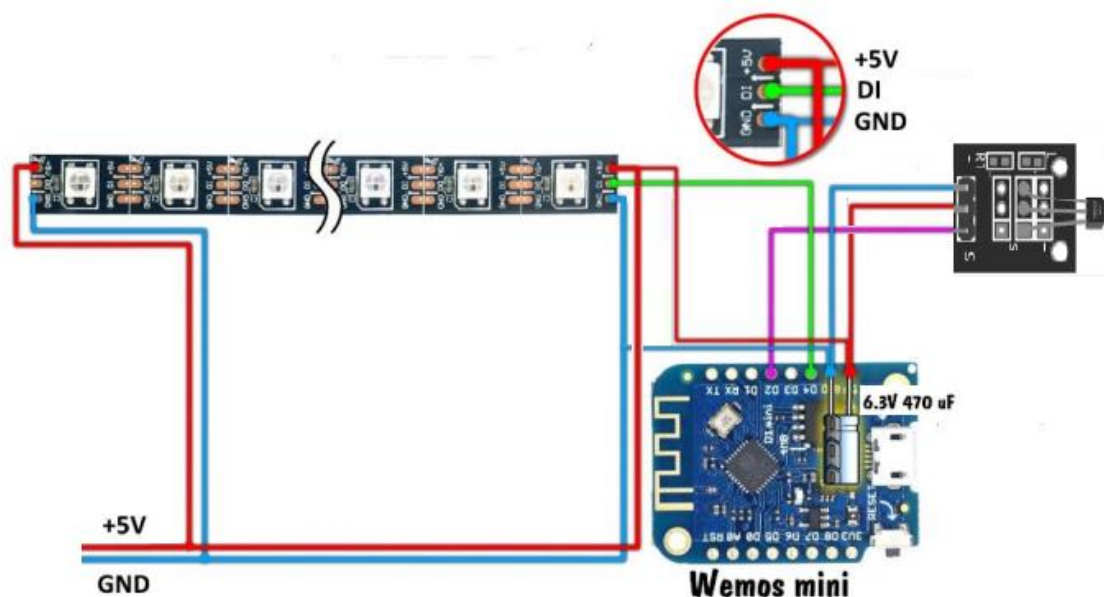


Рисунок 3.1 – Схема комплексу голографічної проєкції в емуляторі Tinkercad

При налаштуванні параметрів компонентів врахували вимоги конкретної схеми. Це допомогло уникнути помилок та забезпечити правильну роботу всіх елементів. Після налаштування всіх параметрів приступили до написання скетчу для Arduino.

Для управління системою та синхронізації роботи компонентів написано код на мові програмування C++, що демонструє обробку сигналів від датчиків Холла та керування RGB світлодіодами, приклад коду наведено у лістингу 3.1.

Лістинг 3.1 – Демонстрація масиву в C#

```
volatile int rotationCount = 0; // Лічильник обертів
volatile unsigned long lastRotationTime = 0; // Час останнього
оберту
void loop() {
    // Обробка сигналів та керування світлодіодами
    unsigned long currentTime = millis();
    if (currentTime - lastRotationTime > 1000) {
        rotationCount = 0; // Скидання лічильника обертів, якщо за
останню секунду не було обертів
    }
}
```

```

// Включення світлодіодів у потрібний час
if (rotationCount > 0) {
    digitalWrite(redLedPin, HIGH);
    delay(1);
    digitalWrite(redLedPin, LOW);
    digitalWrite(greenLedPin, HIGH);
    delay(1);
    digitalWrite(greenLedPin, LOW);
    digitalWrite(blueLedPin, HIGH);
    delay(1);
    digitalWrite(blueLedPin, LOW);    }
delay(10);
// Затримка для зменшення навантаження на процесор
}

void handleRotation() {
    rotationCount++;
    lastRotationTime = millis();
    Serial.print("Оберт: ");
    Serial.println(rotationCount);
}

```

Кінець лістингу 3.1

Цей код налаштовує датчики Холла та RGB світлодіоди, забезпечуючи синхронізацію їх роботи. Коли датчик Холла фіксує оберт, лічильник обертів збільшується. Світлодіоди вмикаються в потрібний момент часу, створюючи голографічну проекцію. Це базовий приклад, який можна розширити для врахування всіх необхідних параметрів та функціоналу системи.

Наступним етапом стало створення 3D-моделі корпусу в програмі SolidWorks. Після детального проектування віртуальної моделі, всі необхідні деталі були підготовлені для виготовлення. Використання SolidWorks дозволило створити точну та докладну модель, враховуючи всі технічні вимоги і характеристики майбутнього виробу. Після завершення моделювання було

експортовано файли у формат, сумісний з програмним забезпеченням для фрезерного ЧПУ станка.

На рисунках 3.2 - 3.3 зображено 3D-моделі корпусу та готовий виріб після обробки на ЧПУ станку.



Рисунок 3.2 – 3D-модель елемента основи корпусу та готовий виріб

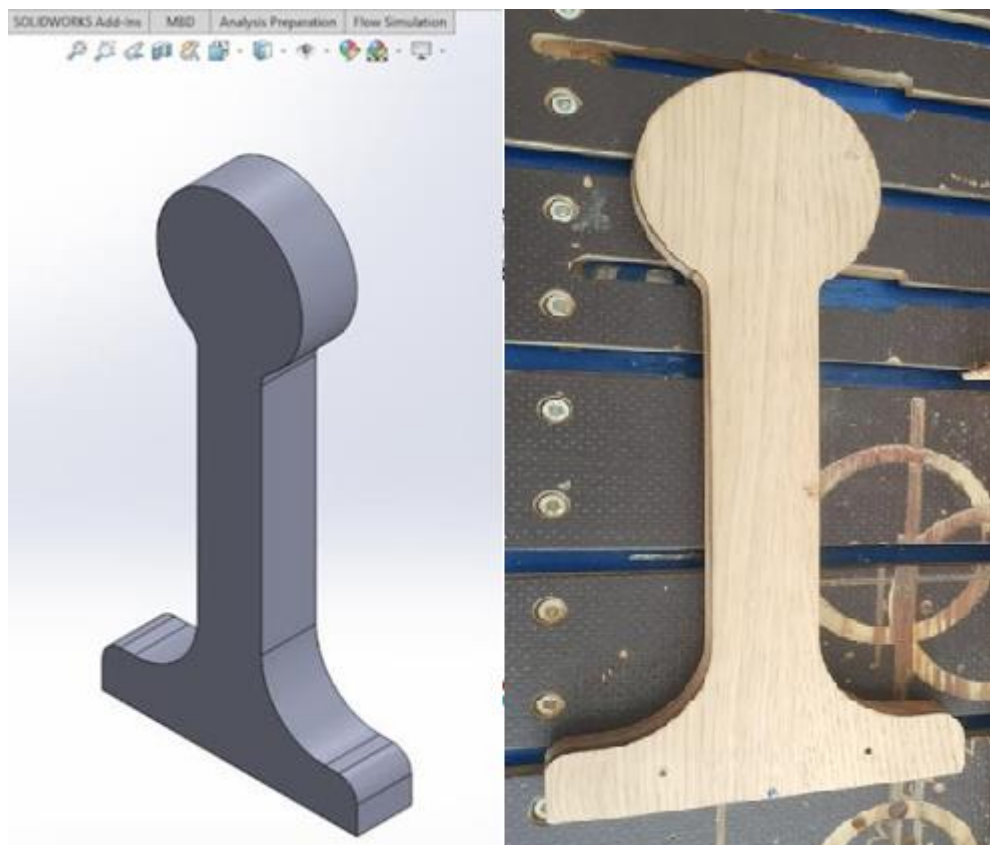


Рисунок 3.3 – 3D-модель елемента стійки корпусу та готовий виріб

Наступним кроком є розміщення світлодіодів у вигляді матриці. Ця матриця формується на друкованій платі (PCB), яка забезпечує електричне з'єднання між світлодіодами і керуючою електронікою. Світлодіоди розташовуються одним рядком в точному порядку.

Наступним етапом є калібрування. Це включає налаштування яскравості, контрасту та кольорового балансу для досягнення найбільш якісного зображення. Після завершення калібрування тестуємо екран на якість відтворення голографічних зображень. Виконуємо перевірку чіткості, рівномірності підсвічування і відсутності артефактів.

Готову плату з RGB світлодами інтегруємо із стійкою. Цей масив RGB світлодіодів має бути точно встановлений, щоб забезпечити правильне відтворення зображень. На рисунку 3.4 зображено зібраний пристрій для голографічної проекції, а на рисунку 3.5 продемонстровано голографічну проекцію логотипу кафедри «Інженерії програмного забезпечення».



Рисунок 3.4 – Програмно-апаратний пристрій для голографічної проекції



Рисунок 3.5 – Голографічна проекція логотипу кафедри
«Інженерії програмного забезпечення»

3.2 Тестування та налагодження програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція»

Калібрування програмно-апаратного комплексу для створення досконалої голографічної проекції є складним, але захоплюючим завданням. Для досягнення максимальної точності та якості зображення необхідно ретельно налаштувати всі компоненти системи. Одним з ключових елементів такої системи є RGB світлодіоди, які обертаються навколо своєї осі, створюючи ілюзію тривимірного зображення [10].

Програмно-апаратний комплекс для голографічної проекції складається з кількох основних компонентів, обертової платформи, RGB світлодіодів, датчиків Холла, системи управління та калібрування, а також програмного забезпечення для синхронізації.

Обертова платформа. Обертова платформа є основою системи, яка забезпечує обертання RGB світлодіодів навколо своєї осі. Важливо, щоб платформа оберталася з постійною та стабільною швидкістю, щоб уникнути спотворень проекції.

RGB світлодіоди. RGB світлодіоди використовуються для створення кольорової голографічної проекції. Їх робота повинна бути синхронізована з обертанням платформи, щоб забезпечити точне відображення кожного пікселя.

Датчики Холла. Для підрахунку обертів платформи використовуються три датчики Холла, розташовані на певній відстані один від одного. Вони фіксують магнітне поле і передають сигнал на систему управління для підрахунку обертів.

Система управління. Система управління відповідає за обробку сигналів від датчиків Холла та увімкнення RGB світлодіодів у потрібний час. Вона забезпечує точну синхронізацію між обертанням платформи та роботою світлодіодів.

Програмне забезпечення. Програмне забезпечення відіграє ключову роль у калібруванні системи. Воно обробляє дані від датчиків Холла, керує роботою RGB світлодіодів та забезпечує стабільну роботу всієї системи.

Процес калібрування програмно-апаратного комплексу для досконалої голографічної проекції є багатоступінчастим і вимагає ретельного налаштування кожного компонента. Це включає кілька важливих етапів, які забезпечують точність і стабільність роботи системи:

- початкове налаштування. Спочатку необхідно налаштувати обертову платформу, забезпечивши її стабільне обертання з потрібною швидкістю. Це можна зробити за допомогою регулювання двигуна та перевірки стабільності обертання. Важливо, щоб обертання було рівномірним і без ривків, оскільки будь-які коливання можуть призвести до спотворення зображення. Для цього використовують високоточні двигуни та контролери швидкості;

- встановлення датчиків Холла. Датчики Холла встановлюються на платформі так, щоб вони могли фіксувати обертання платформи з максимальною точністю. Важливо забезпечити правильне розташування датчиків для уникнення помилок у підрахунку обертів. Оптимальне розташування датчиків дозволяє точно визначати положення платформи в будь-який момент часу. Точність встановлення датчиків визначає якість сигналу, що надходить до системи керування;

- калібрування датчиків. Після встановлення датчиків необхідно провести їх калібрування. Це включає налаштування чутливості та перевірку точності підрахунку обертів. Калібрування проводиться за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке обробляє сигнали від датчиків та відображає результати. Під час цього етапу важливо переконатися, що датчики реагують правильно на зміни магнітного поля. Калібрування також може включати налаштування порогових значень для визначення обертів;

- синхронізація RGB світлодіодів. Наступним етапом є синхронізація роботи RGB світлодіодів з обертанням платформи. Це забезпечується шляхом налаштування системи управління, яка відповідає за увімкнення світлодіодів у потрібний момент. Важливо забезпечити точну синхронізацію для уникнення спотворень зображення. Для цього використовуються алгоритми, які враховують швидкість обертання платформи та положення світлодіодів. Точне увімкнення і

вимкнення світлодіодів залежить від правильного обчислення позиції платформи;

– тестування та корекція. Після початкового налаштування та калібрування необхідно провести тестування системи. Це включає перевірку роботи всіх компонентів, аналіз отриманого зображення та виявлення можливих проблем. У разі виявлення помилок проводиться корекція налаштувань для досягнення максимальної точності. Тестування може включати створення пробних проекцій та аналіз їх якості. Для цього використовуються різні методи тестування, такі як візуальний огляд та програмний аналіз;

– фінальне калібрування. Після тестування та корекції проводиться фінальне калібрування системи. Це включає остаточне налаштування всіх параметрів, перевірку стабільності роботи та підтвердження точності проекції. Фінальне калібрування забезпечує готовність системи до використання. На цьому етапі важливо переконатися, що всі компоненти працюють синхронно і без відхилень. Фінальне калібрування також може включати тестування у реальних умовах експлуатації;

– детальне налаштування програмного забезпечення. Програмне забезпечення відіграє ключову роль у забезпеченні точності проекції. Важливо налаштувати алгоритми обробки даних від датчиків Холла та керування RGB світлодіодами. Це включає розробку спеціальних алгоритмів, які враховують швидкість обертання та положення платформи. Програмне забезпечення має бути оптимізованим для швидкої обробки даних та забезпечення реального часу роботи системи;

– оптимізація швидкості обертання. Швидкість обертання платформи має бути оптимальною для забезпечення плавності зображення. Важливо підібрати таку швидкість, при якій проекція виглядає максимально чітко та без спотворень. Для цього можна використовувати регулювання двигуна та проведення тестових запусків. Оптимальна швидкість залежить від характеристик двигуна, платформи та вимог до якості зображення;

– аналіз відхилень і компенсація. Під час калібрування важливо враховувати можливі відхилення у роботі системи. Це можуть бути механічні коливання платформи, зміни в магнітному полі або інші фактори. Необхідно розробити механізми компенсації цих відхилень для забезпечення стабільної роботи системи. Компенсація може здійснюватися за допомогою алгоритмів корекції, що враховують дані з датчиків у реальному часі [11].

Таким чином, процес калібрування апаратного комплексу для досконалої голографічної проекції включає налаштування обертової платформи, встановлення та калібрування датчиків Холла, синхронізацію роботи RGB світлодіодів, тестування та корекцію, фінальне калібрування, детальне налаштування програмного забезпечення, оптимізацію швидкості обертання, аналіз відхилень та компенсацію, постійний моніторинг та обслуговування, інтеграцію додаткових модулів, врахування зовнішніх умов, підтримку та оновлення програмного забезпечення, зворотний зв'язок та корекцію помилок, оптимізацію енергоспоживання, аналіз та моделювання, а також підтримку та розвиток системи. Кожен з цих етапів важливий для досягнення максимальної точності та стабільності роботи системи, що забезпечує високу якість голографічної проекції [12].

3.3 Розробка документації для програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція»

Для створення та переключання голографічних проекцій використаємо вільне програмне забезпечення від компанії RealView Imaging «Holoscope», яке можна встановити як на ПК так і на смартфон. Програмне забезпечення «Holoscope» дозволяє створювати тривимірні голограми у реальному часі за наведеними шаблонами, на рисунку 3.6 наведено мобільну версію програми. Ця система розроблена з урахуванням зручності користувача. Її інтерфейс інтуїтивно зрозумілий, що робить її доступною навіть для тих, хто не має спеціалізованих технічних знань. А також здатна інтегрувати дані з різних

джерел, таких як комп'ютерна графіка, CAD-файли інші цифрові зображення, зображено на рисунку 3.7. Це дозволяє створювати комплексні та детальні голограми для будь-якої потреби.

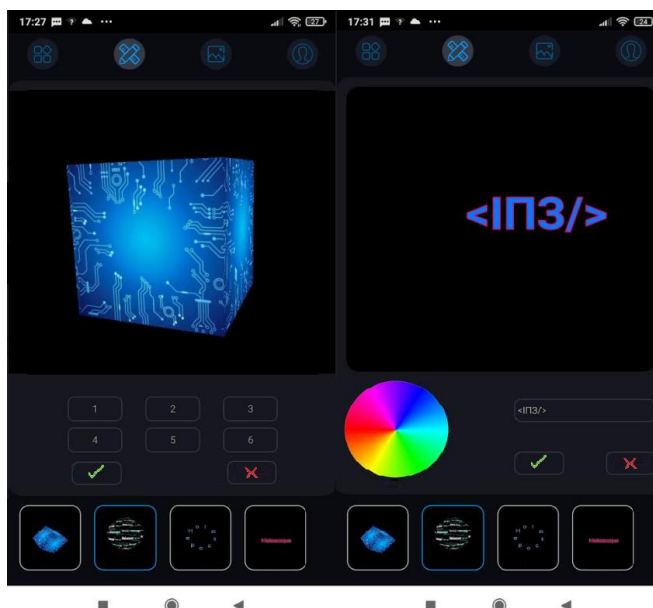


Рисунок 3.6 – Створення голографічних власних написів

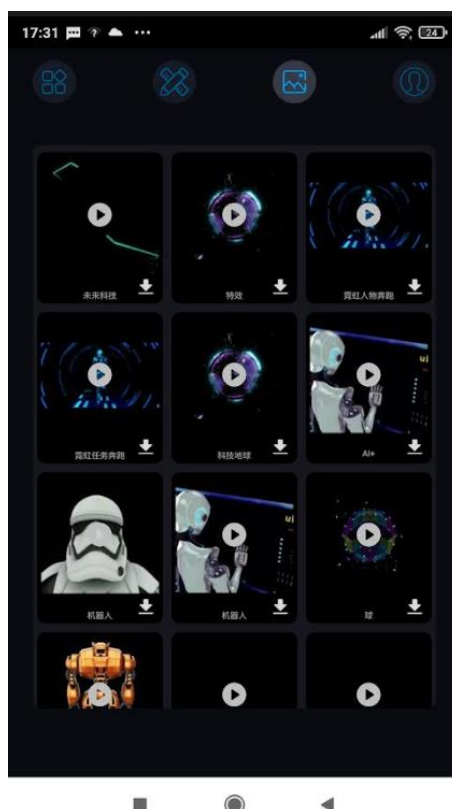


Рисунок 3.7 – Завантаження сторонніх голографічних зображень

Holoscope має можливість підключенню до нашого розробленого комплексу за допомогою бездротового з'єднання Bluetooth, також є можливість в переключанні голографічних зображень у реальному часі, версію для ПК зображено на рисунку 3.8.

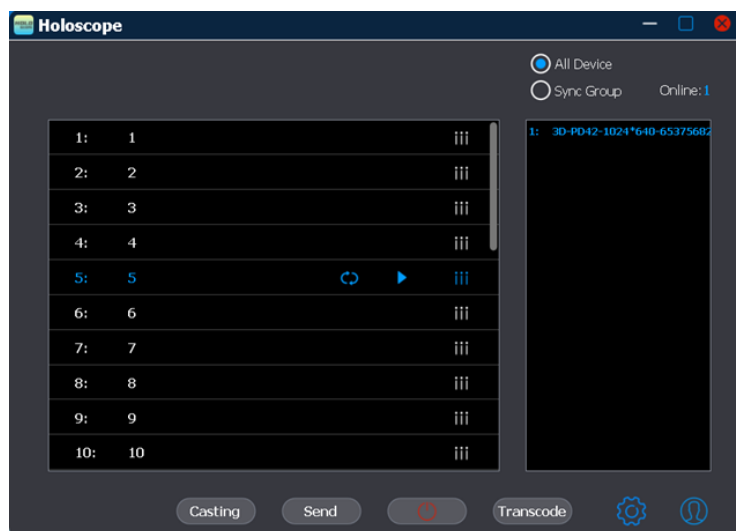


Рисунок 3.8 – Переключання голографічних зображень

ВИСНОВКИ

Незважаючи на складність і високу вартість реалізації голографічних проекційних систем, їхні можливості і потенціал роблять їх перспективними для майбутнього розвитку. З подальшим вдосконаленням технологій та зниженням вартості компонентів, голографічні проекції можуть стати більш доступними і поширеними у різних галузях.

У майбутньому голографічна проекція може стати невід'ємною частиною нашого повсякденного життя, змінюючи спосіб, яким ми взаємодіємо з інформацією і світом навколо нас. Це відкриває безліч нових можливостей і перспектив для розвитку різних галузей, роблячи наше життя більш інноваційним і захоплюючим.

Проведення аналізу існуючих методів та пристроїв для відображення голографічних проекцій було важливим кроком у проекті. Дослідження показали, що сучасні технології, такі як об'ємна голографія та проекційна голографія, мають свої сильні та слабкі сторони. Наприклад, об'ємна голографія забезпечує високу якість тривимірних зображень, але вимагає значних ресурсів і складного обладнання. Проекційна голографія є більш доступною, але може поступатися в деталізації та якості зображень. Вивчення цих методів дозволило визначити ключові фактори, що впливають на якість голографічних проекцій, такі як роздільна здатність, яскравість і точність передачі кольорів.

На основі цього аналізу були визначені функціональні вимоги для побудови моделей голографічних проекцій. Основні вимоги включають високу роздільну здатність для створення деталізованих зображень і якість відтворення кольорів для забезпечення реалістичності проекцій. Важливим аспектом є стабільність роботи системи в різних умовах освітлення, що вимагає використання точних алгоритмів для обробки зображень. Крім того, було зазначено необхідність інтеграції системи з існуючими мультимедійними платформами для забезпечення сумісності та легкості впровадження.

Для створення програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція» були вибрані сучасні засоби та алгоритми. Основні компоненти включають RGB світлодіоди, які забезпечують високу яскравість і точність передачі кольорів. Використання спеціалізованих процесорів для обробки зображень дозволяє досягти стабільної роботи системи. Було обрано ефективні алгоритми для генерації та обробки голографічних зображень, що забезпечують високу якість проекцій. Схема інтеграції апаратних компонентів розроблена таким чином, щоб забезпечити стабільну та надійну роботу системи, а програмне забезпечення дозволяє здійснювати калібрування та налаштування проекцій.

Розробка програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція» включала створення прототипу, який демонструє високоякісні голографічні зображення. Було реалізовано можливість дистанційного керування та налаштування проекцій через інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Оптимізація енергоспоживання дозволяє використовувати систему як в мобільних, так і в стаціонарних умовах. Висока надійність та довговічність забезпечені завдяки використанню якісних компонентів та ретельному тестуванню.

Після розробки було проведено тестування та калібрування програмно-апаратного комплексу «Голографічна проекція». Тестування включало перевірку роботи системи в різних умовах для оцінки її продуктивності та стабільності. Виявлені незначні недоліки, котрі були оперативно усунені, що підвищило якість проекцій. Калібрування голографічного екрана дозволило досягти максимальної точності передачі зображень, забезпечуючи високу якість та реалістичність голографічних проекцій. Система успішно пройшла всі етапи тестування, підтвердивши свою відповідність технічним та функціональним вимогам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Best quality 3D hologram compilation for hologram projector. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=rPeEVBxYMKU> (дата звернення: 6.02.2024 р.).
2. Оптична голографія. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Physics_of_optical_holography (дата звернення: 6.02.2024 р.).
3. Голографічна гіпотеза. URL: <https://pingvin.pro/gadgets/news-gadgets/vcheni-z-yasuvaly-chy-ye-nash-vsesvit-gologramoyu.html> (дата звернення: 5.02.2024 р.).
4. Holovision. URL: <https://holovision.com.au/> (дата звернення: 7.02.2024 р.).
5. Electronic designs unlimited llc. URL: <https://www.Electronicdesignsunlimitedllc.com/> (дата звернення: 10.03.2024 р.).
6. Wemos D1 Mini ESP8266 CH340. URL: <https://myproject.com.ua/wemos-d1-mini-esp8266-ch340-nodemcu-lua-wifi-ua.html> (дата звернення: 11.03.2024 р.).
7. WeMos D1 R2 WiFi UNO. URL: <https://kitsguru.com/products/wemos-d1-r2-wifi-uno-based-esp8266-for-arduino> (дата звернення: 11.03.2024 р.).
8. WEMOS ESP8266 D1 R2 V2.1. URL: https://wiki.geekworm.com/WEMOS_ESP8266_D1_R2_V2.1 (дата звернення: 11.03.2024 р.).
9. WeMos D1 mini ESP8266 URL: https://geekmatic.in.ua/nodemcu_esp8266_wemos (дата звернення: 12.03.2024 р.).
10. Історія створення і застосування апаратів статичної проекції. Види світлової проекції. URL: <http://kipt.com.ua/wp-content/uploads/2019/01/Статична-проекція.pdf> (дата звернення: 15.04.2024 р.).
11. Двовимірні та тривимірні проекції доданої реальності у промоційних комунікаціях. URL: <https://seanewdim.com/wp-content/uploads/2021/04/Two-and-Three-dimensional-Projections-of-Augmented-Reality-in-Promotional-Communications-Yu.-P.-Shchehelska.pdf> (дата звернення: 16.04.2024 р.).
12. Використання сучасних технологій. URL: <https://archive.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/article/view/445/454> (дата звернення: 9.05.2024 р.).