

Міністерство освіти і науки України  
Державний заклад  
«Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»

Навчально-науковий інститут математики та інформаційних технологій

Кафедра інформаційних технологій та систем

Тітов Ельдар Ігорович

## **ВІДДАЛЕНЕ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОМП'ЮТЕРІВ**

**кваліфікаційна робота**

**здобувача вищої освіти першого (бакалаврського) рівня**

**освітньої програми «Комп'ютерна інженерія»**

**за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія**

Особистий підпис \_\_\_\_\_ Ельдар ТІТОВ

Науковий керівник \_\_\_\_\_ Геннадій МОГИЛЬНИЙ,  
кандидат технічних наук, доцент  
кафедри інформаційних технологій  
та систем

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Микола СЕМЕНОВ,  
кандидат педагогічних наук, доцент  
кафедри інформаційних технологій  
та систем

Полтава – 2025

Міністерство освіти і науки України  
Державний заклад «Луганський національний університет  
імені Тараса Шевченка»

Факультет (інститут)

Навчально-науковий інститут математики та  
інформаційних технологій

(повна назва)

Кафедра

Кафедра інформаційних технологій та систем

(повна назва)

Освітній ступень

Бакалавр

(код, назва)

Напрямок підготовки

123 Комп'ютерна інженерія

(код, назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТС

М.А. Семенов

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 2024 р.

ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Тітову Ельдара Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)

ВІДДАЛЕНЕ ВИКОРИСТАННЯ  
МІКРОКОМП'ЮТЕРІВ

Керівник кваліфікаційної роботи

Могильний Г.А., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету

від

2. Строк подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до роботи (проекту)

Налаштовано систему на Raspberri  
PI для віддаленого підключення та програмування

(визначаються кількісні або (та) якісні показники, яким повинен відповідати об'єкт розробки)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МІКРОКОМП'ЮТЕРІВ ТА ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ МІКРОКОМП'ЮТЕРІВ, НАЛАШТУВАННЯ ПРИЄДНАННЯ ДО MICROSOFT AD, НАЛАШТУВАННЯ ВІДДАЛЕНОГО ДОСТУПУ ДО МІКРОКОМП'ЮТЕРІВ

(визначаються назви розділів або (та) перелік питань, які повинні увійти до тексту ПЗ)

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

**6. Консультанти розділів проекту/роботи**

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

**7. Дата видачі завдання „ 10 ” жовтня 2024р.**

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи )	Примітка
	Вибір теми роботи, вивчення наукової літератури, затвердження теми та керівника.	До 15 жовтня	
	Аналіз літературних джерел за темою роботи. Розробка та апробація методики дослідно-експериментальної роботи. Подання структури теоретичної частини роботи та плану експериментальних досліджень.	Другий тиждень листопада (10 листопада )	
	Робота над теоретичною частиною. Подання теоретичної частини роботи для першого читання науковим керівником.	До 15 грудня	
	Усунення зауважень, урахування рекомендацій наукового керівника. Подання теоретичної частини роботи на друге читання.	До 28 січня	
	Проведення експериментальної роботи. Поетапний аналіз та обговорення її результатів. Перевірка стану виконання роботи.	Перший тиждень березня	
	Урахування рекомендацій наукового керівника, усунення недоліків, підготовка варіанта роботи до передзахисту. Розробка презентації.	До 31 березня	
	Попередній захист роботи на кафедрі	квітень	
	Доопрацювання роботи з урахуванням рекомендацій після передзахисту. Подання роботи науковому керівникові та рецензентові на підготовку відгуку та рецензії	За 10 днів до державної атестації	
	Подання на кафедру остаточного варіанта роботи, переплетеного та підписаного автором, науковим керівником і рецензентом.	За 5 днів до державної атестації	

**Студент**

\_\_\_\_\_

підпис

**Керівник проекту (роботи)**

\_\_\_\_\_

підпис

**Е.І. Тітов**

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

**Г.А. Могильний**

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

## **АНОТАЦІЯ**

**Е.І. Тітов**

**Тема:** Віддалене використання мікрокомп'ютерів .

**Спеціальність:** 123 (F7) «Комп'ютерна інженерія»

**Установа:** ЛНУ імені Тараса Шевченка, 2025 р.

**Бакалаврська робота містить:** 102 с., 54 рис., 12 табл., 25 джерел.

**Об'єкт дослідження** – мікрокомп'ютери .

**Предмет дослідження** – автоматизація віддаленого підключення до Raspberry PI.

**Мета дослідження** – аналіз та впровадження додаткового програмного забезпечення для організації віддаленого використання Raspberry PI у навчальному процесі в дистанційних умовах.

**Для вирішення поставлених задач** використовувались методи аналізу та програмування; методи створення автоматизованих мікропроцесорних систем; методи математичної статистики та обробки експериментальних результатів.

### **Результати роботи.**

Проведено огляд існуючих систем мікрокомп'ютерів, що дозволило виявити їхні переваги, недоліки та визначити актуальні тенденції в даній галузі. Здійснено детальне виявлення вимог до проєктованої системи віддаленого доступу на основі потреб навчального процесу з серверною інфраструктурою. Проведено порівняльний аналіз мікрокомп'ютерів Raspberry PI 4 та 5, основних операційних систем, які зараз використовуються. Розроблено алгоритм підключення мікрокомп'ютерів до домену Ms AD. Описана послідовність налаштування програмних модулів системи віддаленого доступу на базі платформи Raspberry PI. Обрано застосунок для використання веб камери. Створено прототип системи віддаленого доступу та здійснено його попереднє впровадження для демонстрації працездатності та відповідності типовим вимогам.

**Ключові слова.** МІКРОКОМП'ЮТЕР, ОПЕРАЦІЙНА СИСТЕМА, ДОМЕН MICROSOFT, RASPBERRY PI, RDP, DNS, IOT (INTERNET OF THINGS), МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА.

## ABSTRACT

**E.I. Titov**

**Theme: Remote use of microcomputers.**

**Speciality:** 123(F7) "Computer Engineering"

**Institution:** Luhansk Taras Shevchenko National University (LTSNU), 2025.

**Diploma work contains:** 102 pages, 54 Fig., 12 Table, 25 source.

**A research object is** microcomputers.

**The article of research** automation of remote connection to Raspberry PI.

**The purpose of the** study is to analyze and implement additional software for organizing the remote use of Raspberry PI in the educational process in distance learning environments.

To solve the tasks, methods of analysis and programming were used; methods of creating automated microprocessor systems; methods of mathematical statistics and processing of experimental results.

**Job performances.** A review of existing microcomputer systems was conducted, which allowed us to identify their advantages, disadvantages and determine current trends in this industry. A detailed identification of the requirements for the designed remote access system was carried out based on the needs of the educational process with server infrastructure. A comparative analysis of Raspberry PI 4 and 5 microcomputers, the main operating systems currently in use, was conducted. An algorithm for connecting microcomputers to the Ms AD domain was developed. The sequence of configuring the software modules of the remote access system based on the Raspberry PI platform was described. An application was selected for using a web camera. A prototype of the remote access system was created and its preliminary implementation was carried out to demonstrate its operability and compliance with typical requirements.

**Keywords.** MICROCOMPUTER, OPERATING SYSTEM, MICROSOFT DOMAIN, RASPBERRY PI, RDP, DNS, IOT (INTERNET OF THINGS), MICROPROCESSOR SYSTEM.

**ІТС.4КІ.0624.01-ВП**  
**ВІДДАЛЕНЕ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОМП'ЮТЕРІВ.**

[illegible]

					ІТС.4КІ.0625.01-ВП						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Тітов Е.І.			ВІДОМІСТЬ ПРОЄКТУ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Керівник		Могильний Г.А..								1	1
Реценз.		Козуб Ю.Г.						ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ			
Н. Контр.											
Зав. каф.		Семенов М.А..									

**Міністерство освіти і науки України**  
**Державний заклад «Луганський національний університет**  
**імені Тараса Шевченка»**  
Факультет (інститут)                      Навчально-науковий інститут математики  
   та інформаційних технологій  
   (повна назва)  
   Кафедра інформаційних технологій та  
   систем  
   (повна назва)  
   RASP-RDP  
   (код, назва)

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**  
на виконання програмної розробки (ПР):  
**" ВІДДАЛЕНЕ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОМП'ЮТЕРІВ "**  
**ІТС.4КІ.0624.02-ТЗ**

**ПОГОДЖЕНО**  
Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_Могильний Г.А.\_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025р

**ВИКОНАВЕЦЬ**  
Студент групи 4КІ

\_\_\_\_\_Тітов Е.І.\_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025р

Полтава – 2025

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ .....	3
2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ .....	4
3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ .....	4
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ВИМОГИ ДО КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ	5
5. ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ТА КОМПЛЕКТУЮЧИХ.....	5
6. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ПР.....	5
7. ПРИЙМАННЯ .....	6
8. ПОРЯДОК ВНЕСЕННЯ ЗМІН ДО ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ, ЩО ЗАТВЕРДЖЕНО.....	6

					ІТС.4КІ.0624.02-ТЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Тітов Е.І.			ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ			Лім.	Арк.	Акрушів	
Керівник		Могильний Г.А.								2	7
Реценз.		Козуб Ю.Г.						ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ			
Н. Контр.											
Зав. каф.		Семенов М.А.									

## ВСТУП

1.1 Найменування: Віддалене використання мікрокомп'ютерів.

1.2 Шифр ПР: RASP-RDP

1.3 Підстава до виконання ПР: Підставою для виконання даної розробки є завдання на дипломний проєкт.

1.4 Терміни розробки:

1.4.1 Початок 30 жовтня 2024р.

1.4.2 Закінчення 20 квітня 2025р.

1.5 Фінансується за рахунок коштів замовника.

## 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

### 1.1. Призначення:

Ця розробка призначений для управління та налаштування мікро комп'ютерів Raspberry PI та включає наступні складові:

- Огляд мікро комп'ютерів;
- Огляд аналогів Raspberry PI;
- Огляд операційних систем та системних програмних засобів віддаленого підключення

Мікрокомплекс створюється з метою:

- Використання мікрокомп'ютерів у навчальному процесі
- Розробка та впровадження програмних засобів для керування мікро комп'ютерів Raspberry PI.
- Створення методичного комплексу для студентів.

Завдання, що вирішуються

- Складання звіту про мікрокомп'ютери.
- Розробка технічних умов для налаштування мікрокомп'ютери Raspberry PI.
- Налаштування основного програмного модуля.

					ІТС.4КІ.0624.02-ТЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Особливих вимог до мови програмування та мови скриптів не надається. Мікрокомп'ютер повинен працювати на мінімальних технічних характеристиках мшкрокомп'ютера, а саме:

- 1) Операційна система – Ubuntu;
- 2) Пристрій Raspberry PI 4;
- 3) ОЗУ – не більше 4 Гбайт;
- 4) Накопичувач – не більше 64 Гбайт;
- 5) Використовувати Usb ВЕБ камеру .

Також винесено додаткові параметри, які немало важливі для запуску та коректної роботи приладу.

- A. Потрібно попередньо налаштувати операційну систему Ubuntu;
- B. Підключення до локальної мережі установи;
- C. Швидкість з'єднання не менше ніж 100Мбит/с;
- D. Під'єднати до внутрішнього домену Ms AD ;

Робота пристрою повинна бути зручною для використання всіма студентами при виконанні лабораторних робіт, мати зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс,.

## 3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Мікрокомплекс на базі мікрокомп'ютеру повинен складатися з наступних модулів і їх функцій:

- 1) Програмний модуль підтримки зовнішньої ВЕБ камери для перегляду результатів програмування приладів у віддаленому режимі
- 2) Програмний модуль інтеграції з Ms AD повинен дозволяти вхід певних користувачам– студентам та співробітникам
- 3) Програмний модуль контролю доступу до зовнішніх пристроїв
- 4) Налаштування клієнтської частини повинно бути зручним у використанні та мати рекомендації по використанню

					ІТС.4КІ.0624.02-ТЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ВИМОГИ ДО КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ

Вартість робіт по розробці даної ПР визначається згідно договору на розробку. Вартість запропонованих аналогів повинна забезпечити економічну доцільність їх застосування.

#### 5. ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ТА КОМПЛЕКТУЮЧИХ

5.1. Вимоги до екологічної безпечності під час експлуатації.

Не пред'являються.

5.2. Спеціальні вимоги до кінцевого продукту.

Не пред'являються.

5.3. Вимоги до безпеки для населення під час експлуатації продукції.

Не пред'являються.

#### 6. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ПР.

Етапи виконання ПР можуть уточнювати згідно календарного плану робіт по узгодженню між замовником та виконавцем

№	Етапи виконання роботи	Термін виконання та обсяг робіт	звітні матеріали
1	Аналіз мікрокомп'ютерів та аналогів Raspberry PI 4. Аналіз вимог. Вибір та налаштування структури. Попереднє тестування		Частковий програмний комплекс на ЕОМ замовника, що виконує всі основні функції та звітна документація п.8.2
2	Коректування структури. Налаштування допоміжних функцій. Розробка остаточної версії програмного комплексу та його опрацювання. Тестування		Готовий програмний комплекс на ЕОМ замовника та звітна документація п.8.2
3	Доопрацювання окремих системних модулів та навчання користувачів. Розробка звітних матеріалів згідно п.8 цього ТЗ		звітні матеріали згідно пункту 8

## 7. ПРИЙМАННЯ

### 7.1. Необхідні вимоги для впровадження ПР та завершення робіт.

Оцінка результатів розробки і доцільність її продовження здійснюється замовником по представленню наступних матеріалів:

- встановлений програмний комплекс на мікрокопютерах замовника;
- перелік файлів на резервному носії;
- стислий опис роботи ПР та опис всіх файлів, які необхідні для роботи ПР.
- перелік документів
  - Технічне завдання
  - Пояснювальна записка

### 7.2. Перелік звітних документів, необхідних для прийняття етапів роботи:

- стислий опис результатів етапу у вигляді анотованого звіту(для 1 та 2 етапів);
- частковий програмний комплекс на Raspberry PI замовника згідно календарного плану робіт;
- акт приймання продукції.

### 7.3. Загальний перелік до приймання звітних документів, макетів, експериментальних зразків.

До приймання пред'являються: акт здачі-приймання продукції, акт впровадження ПР.

### 7.4. Тестування ПР

## 8. ПОРЯДОК ВНЕСЕННЯ ЗМІН ДО ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ, ЩО ЗАТВЕРДЖЕНО.

Дане технічне завдання може уточнюватися в процесі розробки ПР при узгодженні сторін з оформленням доповнень до ТЗ.

					ІТС.4КІ.0624.02-ТЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДЗ «ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»**

Навчально-науковий інститут математики та  
інформаційних технологій

(назва факультету, інституту)

Інформаційних технологій та систем

(назва кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

**БАКАЛАВРА**

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**ВІДДАЛЕНЕ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОМП'ЮТЕРІВ**

Виконав: студент 4 курсу, групи \_\_\_\_  
напряму підготовки (спеціальності)

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

ТІТОВ Е.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Могильний Г.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Козуб Ю.Г.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>4</b>
<b>РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ МІНІ-КОМП'ЮТЕРИ.....</b>	<b>7</b>
1.1 Огляд сучасних одноплатних комп'ютерів.....	7
Kontron 3.5"-SBC-AML/ADN.....	8
PocketBeagle 2.....	9
Orange Pi A1Pro (8T).....	11
Boardcon SBC3576.....	12
iWave Systems iW-RainboW-G54S.....	14
Radxa Cubie A5E.....	15
UP 710S .....	17
LattePanda Mu SoM .....	18
EBYTE ECB10 .....	20
1.2 АНАЛІЗ МІНІ КОМП'ЮТЕРІВ АНАЛОГІЧНИХ RASPBERRY PI .....	21
Плати Intel NUC .....	22
Плата для розробників Udoo Bolt Gear .....	22
Odroid N2 + .....	24
Rock Pi X, модель B .....	24
ROCKPro64 .....	25
Banana Pi M5.....	26
Висновки до розділу.....	27
<b>РОЗДІЛ 2 ОПИС RASPBERRY PI .....</b>	<b>28</b>
2.1 Огляд RASPBERRY PI .....	28
2.2 АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ RASPBERRY PI.....	29
Флагманська серія.....	30
Серія клавіатур .....	32
Серія Zero та Compute Module .....	32
Мікроконтролери Pico .....	34
2.3 ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОЇ RASPBERRY PI 5 З БАЗОВОЮ RASPBERRY PI 4.....	34
2.4 Огляд операційних систем для RASPBERRY PI.....	42
Raspbian.....	42
Kali Linux .....	43
Windows 10 IoT Core.....	44
Core Ubuntu .....	45
RISC-OS.....	46
SARPi (Slackware ARM для Raspberry Pi) .....	47
Arch Linux ARM.....	48
FreeBSD.....	49
RetroPie.....	50
2.5 Розгоратання UBUNTU .....	51

Висновки до розділу .....	56
<b>РОЗДІЛ 3 ВІДДАЛЕНИЙ ДОСТУП.....</b>	<b>57</b>
3.1 Вступ до віддаленого доступу .....	57
Віддалене керування через локальну мережу .....	57
Налаштування локальної IP-адреси .....	57
Створення ідентифікатора Raspberry Pi для використання у Raspberry Pi Connect .....	62
3.2 Інтеграція списку користувачів з інформаційною системою .....	63
3.3 Доступ до віддаленого терміналу через SSH.....	67
Підключення до SSH-сервера .....	68
Пересилання X11 через SSH.....	68
Налаштування SSH без пароля .....	69
3.4 Спільний доступ до екрана за допомогою VNC.....	71
Встановлення середовища робочого столу та VNC-сервера.....	72
3.5 Спільний доступ за допомогою RASPBERRY PI CONNECT .....	75
Загальний огляд.....	75
Встановлення.....	76
Підключіть Lite.....	77
Ручний запуск та зупинка Connect .....	77
Підключіть пристрій Raspberry Pi до облікового запису Connect .....	77
Завершіть підключення вашого Raspberry Pi.....	78
Доступ до пристрою Raspberry Pi.....	80
Спільний доступ до екрана .....	80
3.6 Використання зовнішніх пристроїв/ портів .....	82
3.7 Інші програмні засоби організації віддаленого доступу .....	84
Висновки до розділу .....	85
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>86</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>88</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>91</b>

## ВСТУП

У зв'язку з воєнним станом значна кількість навчальних закладів була змушена перейти на дистанційний або гібридний формат організації навчального процесу. Під час оголошення повітряної тривоги багато студентів і викладачів змушені працювати в умовах постійного використання бомбосховищ, які забезпечують більш безпечні умови, але водночас створюють додаткові виклики для навчання. Ця ситуація вимагає перегляду та реорганізації функціонування навчальних комп'ютерних лабораторій, а також пошуку нових підходів, які дозволять забезпечити безперервне та контрольоване використання комп'ютерного обладнання.

Багато разів на день обчислювальні машини потребують ввімкнення, адже після оголошення небезпеки, усе комп'ютерне обладнання вимикається. За умови забезпечення віддаленого доступу до комп'ютерних лабораторій, однією з найважливіших задач є реалізація можливості дистанційного ввімкнення навчального комп'ютерного обладнання. [1,2] Це дозволить студентам використовувати ресурси лабораторій відповідно до розкладу занять, менше гаяти часу та зробить навчання більш зручнішим та ефективнішим.

З цієї точки зору, постає необхідність розробки інноваційних технологічних рішень, які б дозволили ефективно керувати ресурсами комп'ютерних лабораторій на відстані. Одним із таких рішень може бути створення та налаштування додаткового спеціалізованого програмного забезпечення, яке надає можливість дистанційного використання обчислювальних машин за рахунок використання мережених додатків [3-6] у навчальних лабораторіях, не знаходячись безпосередньо у приміщенні.

					<b>ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Тітов Е.І.			<b>Вступ</b>			
Керівник		Могильний Г.А.						
Реценз.		Козуб Ю.Г.						
Н. Контр.								
Зав. каф.		Семенов М.А.						
						<b>Лім.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Акрушів</b>
							3	3
					<b>ЛНУ</b>			
					<b>Кафедра ІТС, Гр.4КІ</b>			

Таким чином, аналіз шляхів дистанційного використання мікрокомп'ютерів та впровадження системних додатків, що дозволяють в умовах віддаленого доступу реалізувати дистанційне навчання є своєчасною та необхідною задачею яка дозволить підвистити ефективність використання комп'ютерних лабораторій та забезпечить критично важливу функціональність для навчальних закладів, що опинилися в умовах дистанційного та гібридного навчання.

**Об'єктом дослідження** є мікрокомп'ютери.

**Предмет дослідження** – автоматизація віддаленого підключення до Raspberry PI.

**Мета роботи** – аналіз та впровадження додаткового програмного забезпечення для організації віддаленого використання Raspberry PI у навчальному процесі в дистанційних умовах.

Для вирішення поставлених задач використовувались методи аналізу та програмування; методи створення автоматизованих мікропроцесорних систем; методи математичної статистики та обробки експериментальних результатів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести порівняльну характеристику існуючих мікрокомп'ютерів ;
2. Дослідити аналоги Raspberry PI;
3. Провести аналіз операційних систем, що використовуються на Raspberry PI;
4. Провести загальний аналіз системного програмного забезпечення;
5. Провести налаштування віддаленого доступу до мікрокомп'ютерів у лабораторії ЛНУ імені Т.Шевченка.

У першому розділі здійснено порівняльний аналіз та огляд сучасних одноплатних комп'ютерів таких як: kontron 3.5"-sbc-aml/adn; pocketbeagle 2; orange pi aipro (8t); boardcon sbc3576; iwave systems iw-rainbow-g54s; radxa cubie a5e; up 710s; lattepanda mu som; ebyte ecb10. Проведено аналіз міні комп'ютерів аналогічних raspberry pi: плати INTEL NUC; плата для розробників UDOO BOLT GEAR; ODROID N2 +; ROCK PI X, МОДЕЛЬ B; ROCKPRO64; BANANA PI M.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

У другому розділі було проведено опис Raspberry PI, Загальний огляд RASPBERRY PI, його апаратне забезпечення для різноманітних серій (флагманська серія, серія клавіатур, серія zero та compute module та мікроконтролери пісо). Виконано порівняльна характеристика нової raspbery pi 5 з базовою raspbery pi 4, огляд операційних систем для RASPBERRY PI, наведено ґрунтовний опис розгортання операційної системи Ubuntu

У третьому розділі розглянуто вимоги до впровадження додаткових системних програмних додатків для реалізації функції віддалено використання мікрокомп'ютерів , описано процеси розгортання, інтерфейс користувача та архітектуру програмного забезпечення. Також були описані основні особливості та можливості додатків, зручність їх використання для досягнення поставлених цілей.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

# РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ МІНІ-КОМП'ЮТЕРИ

## 1.1 Огляд сучасних одноплатних комп'ютерів

Одноплатні комп'ютери продовжують розвиватись. Виробники пропонують все більше різних моделей як спеціалізованих, так і більш-менш універсальних. Ці пристрої знаходять застосування у робототехніці, розумних будинках, мультимедійних центрах та багатьох інших проектах. У лютому 2025 року на ринку з'явилося кілька цікавих новинок, кожна з яких заслуговує на увагу. Розглянемо останні моделі, порівняємо їх характеристики, особливості та розберемо, для яких завдань вони підходять найкраще. Аналіз документації дозволив виділити такі ряд популярних моделей

- Kontron 3.5"-SBC-AML/ADN;
- PocketBeagle 2;
- Orange Pi A1Pro (8T);
- Boardcon SBC3576;
- iWave Systems iW-RainboW-G54S;
- Radxa Cubie A5E;
- UP 710S;
- LattePanda Mu SoM;
- EBYTE ECB10.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Тітов Е.І.			Розділ 1				Літ.	Арк.	Акрушіє	
Керівник		Могильний Г.А.									3	3
Реценз.		Козуб Ю.Г.							ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ			
Н. Контр.												
Зав. каф.		Семенов М.А.										

## Kontron 3.5"-SBC-AML/ADN



Рис. 1.1 Kontron 3.5"-SBC-AML/ADN

Kontron 3.5"-SBC-AML/AND[7] – одноплатний комп'ютер форм-фактора 3,5 дюйма, розроблений компанією Kontron. Випущений у лютому 2025 року. Основне використання – промислові та вбудовувані рішення, пропонуючи відносно високу продуктивність за низького енергоспоживання.

Базується цей міні-ПК на чіпі Intel Alder Lake-N, що робить його чудовим вибором для автоматизації, IoT, промислових додатків та медичних пристроїв. Завдяки підтримці до 32 ГБ DDR5 та різноманітним інтерфейсам підключення забезпечує гнучкість для різних сценаріїв використання.

Підтримка інтерфейсів M.2 та SATA, а також розширені графічні можливості роблять його придатним для роботи з дисплеями у сфері цифрових табло, точок продажу та промислових панелей.

### Характеристики:

- **Процесор:** Intel Alder Lake-N,
- **Оперативна пам'ять:** до 32 ГБ DDR5,
- **Графіка:** Вбудований графічний процесор Intel,
- **Зберігання даних:** Підтримка M.2 та SATA,
- **Порти:** 2× HDMI, 2× DisplayPort, USB 3.2, USB 2.0, RS232,
- **Мережевий інтерфейс:** 2× Gigabit Ethernet,
- **Додаткові роз'єми:** PCIe x4, M.2 Key B,
- **Енергоспоживання:** Низьке (розроблено для енергоефективних рішень),

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- **Форм-фактор:** 3.5" SBC,
- **Операційні системи:** Windows 10/11, Linux.

Вартість даного пристрою поки що невідома, але виробник незабаром про це повідомить.

## PocketBeagle 2



Рис. 1.2 Одноплатний комп'ютер PocketBeagle

Одноплатний комп'ютер розроблений компанією BeagleBoard. Він був представлений у лютому 2025 року та є оновленою версією оригінального PocketBeagle, випущеного у 2017 році. Комп'ютер орієнтований на розробників, студентів та ентузіастів, пропонуючи покращену продуктивність та розширені можливості для IoT-пристроїв, вбудованих систем та автоматизації.

PocketBeagle 2 отримав двоядерний процесор Cortex-A53 (TI AM6232) та додатковий мікроконтролер Cortex-M0+ (MSPM0L1105) для керування периферією та аналоговими входами. Він підтримує 512 МБ LPDDR4 RAM, слот для microSD-карт, а також має вбудований зарядний пристрій для LiPo-акумуляторів.

Завдяки компактним розмірам (55 × 35 мм) та встановленим роз'ємам GPIO, PocketBeagle 2 ідеально підходить для проектів з обмеженим простором.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Також він оснащений USB-C для живлення та передачі даних, 8 аналоговими входами та 52 цифровими входами/виводами, що розширює його застосування в системах управління, робототехніці та DIY-проектах.

### Характеристики:

- **Процесор:** Texas Instruments AM6232, 2× 64-бітових ядра Arm Cortex-A53 @ 1,0 ГГц, 1× Cortex-M4F @ 400 МГц для завдань реального часу,
- **Додатковий мікроконтролер:** Texas Instruments MSPM0L1105 (Cortex-M0+, 32 МГц, 32 КБ флеш, 4 КБ RAM),
- **Оперативна пам'ять:** 512 МБ LPDDR4 @ 3200 МГц,
- **Сховище:** слот для карт microSD (1,8 В та 3,3 В),
- **Графіка:** немає вбудованого GPU,
- **Порти:** 1× USB Type-C (живлення та передача даних), 1× послідовний порт UART (сумісний із Raspberry Pi Debug Probe),
- **GPIO та розширення:** 72-контактний роз'єм розширення, 8× аналогових входів, 52× цифрових вводу-виводу, підтримка високошвидкісного USB, різні цифрові інтерфейси,
- **Налагодження:** 10-контактний роз'єм JTAG TAG-CONNECT,
- **Енергоспоживання:** 5 В/1 А через USB-C, підтримка живлення від LiPo-акумулятора,
- **Форм-фактор:** 55×35 мм,
- **Вага:** 12,7 грама,
- **Операційні системи:** Debian 9.5 Stretch (з оточенням LXQT), підтримка Linux.

На жаль, точна вартість також невідома.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Orange Pi AIPro (8T)



Рис. 1.3 Одноплатний комп'ютер Orange Pi AIPro (8T)

Одноплатний комп'ютер, розроблений компанією Orange Pi та орієнтований на завдання штучного інтелекту, машинного навчання та високопродуктивних обчислень. Він був офіційно представлений у лютому 2025 року. Одноплатний комп'ютер побудований на 8-ядерній архітектурі Huawei Ascend AI SoC та підтримує роботу під управлінням Ubuntu та openEuler.

Orange Pi AIPro (8T) отримав чотири ядерний 64-бітний процесор Huawei Ascend AI (ймовірно, Ascend 310B з ядрами Cortex-A76) та графічний процесор Mali-G57. Плата забезпечує до 8 TOPS (INT8) обчислювальної потужності, а також існує версія з 20 TOPS (INT8).

Характеристики:

- **Процесор:** Huawei Ascend AI SoC (чотирьохядерний, 64-бітний, ймовірно Ascend 310B з Cortex-A76),
- **Графіка:** Mali-G57,
- **Продуктивність AI:** до 8 TOPS (INT8), є версія з 20 TOPS,
- **Оперативна пам'ять:** 8 ГБ або 16 ГБ LPDDR4X @ 3200 Мбіт/с,
- **Сховище:** 32 МБ SPI-флеш, роз'єм microSD, роз'єм eMMC (до 256 ГБ), M.2 Key-M 2280 (NVMe або SATA SSD),
- **Відеовиходи:** 2× HDMI 2.0 (до 4K@60Hz), 1× MIPI DSI FPC (двох смуговий),

- **Камери:** 2× MIPI CSI (сумісні з модулями Raspberry Pi),
- **Аудіо:** 3,5 мм роз'єм для навушників та мікрофона,
- **Мережеві інтерфейси:** 1× Gigabit Ethernet (RJ45), WiFi 5 та Bluetooth 4.2 (2 роз'єми для антен),
- **USB-порти:** 2× USB 3.0, 1× USB 3.0 Type-C, 1× micro USB (для консолі UART),
- **GPIO:** 40-контактний роз'єм,
- **Додаткові роз'єми:** кнопки живлення та скидання, дві «клавіші перемикання режиму завантаження», роз'єм вентилятора 12 В,
- **Живлення:** USB-C (до 20 В, 65 Вт, PD), роз'єм для LiPo-акумулятора (з підтримкою зарядки),
- **Форм-фактор:** 107 × 68 мм,
- **Вага:** 82 грами,
- **Операційні системи:** Ubuntu, openEuler.

### Boardcon SBC3576



Рис. 1.4 Одноплатний комп'ютер Boardcon SBC3576

Багатофункціональний одноплатний комп'ютер розроблений компанією Boardcon. Представлений у лютому 2025 року. Цей SBC побудований на базі MINI3576 і призначений для IoT, систем, що вбудовуються, і промислових додатків.

Boardcon SBC3576 підтримує до 8 ГБ RAM, флеш-пам'ять до 128 ГБ eMMC, а також слоти M.2 для NVMe SSD або 5G/4G LTE. Для підключення дисплеїв передбачені HDMI 2.1, mini DisplayPort 1.4 та MIPI DSI, а для

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

мережевих підключень – два Gigabit Ethernet-порти, WiFi 6 та Bluetooth 5.2. Також SBC підтримує серійні інтерфейси RS485 та CAN Bus.

### Характеристики:

- **Процесор:** Rockchip RK3576, 4× Cortex-A72 @ 2,2 ГГц, 4× Cortex-A53 @ 1,8 ГГц, 1× Cortex-M0 @ 400 МГц (мікроконтролер),
- **Графіка:** Mali-G52 MC3 (OpenGL ES 3.2, OpenCL 2.0, Vulkan 1.1),
- **Продуктивність AI:** 6 TOPS NPU (підтримка INT4/INT8/INT16/BF16/TF32),
- **Оперативна пам'ять:** 4 ГБ DDR4 (до 8 ГБ),
- **Сховище:** 32 ГБ eMMC (до 128 ГБ), M.2 2242 (NVMe SSD або модуль 5G/4G LTE), слот microSD,
- **Відеовиходи:** HDMI 2.1 (до 4K @ 120Hz), mini DisplayPort 1.4 (до 4K @ 120Hz), 4-смуговий MIPI DSI (до 2K @ 60Hz),
- **Відеовходи:** HDMI через MIPI-HDMI міст, 1× 4-канальний MIPI CSI або 2× 2-канальний MIPI CSI,
- **Аудіо:** 3,5 мм роз'єм для навушників та мікрофона, 4-контактний роз'єм для динаміків,
- **Мережевий інтерфейс:** 2× Gigabit Ethernet (RJ45, контролер Realtek RTL8211F-CG), WiFi 6 + Bluetooth 5.2 (RTL8852BE), опціонально 4G LTE/5G через M.2 і Nano SIM,
- **USB-порти:** 1× USB 3.0 Type-A,
- **Серійні інтерфейси:** 3× 4-контактний UART, RS485, CAN Bus, 3-контактний налагоджувальний роз'єм,
- **GPIO:** роз'єм розширення,
- **додаткові роз'єми:** кнопки живлення, скидання та відновлення, роз'єм для батареї RTC,
- **Живлення:** 5 В/3 А через роз'єм живлення, споживання: 0,096 Вт (мінімальне), 6 Вт (максимальне),
- **Форм-фактор:** несуча плата 110×85 мм, модуль MINI3576 50×40 мм,

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- **Операційні системи:** Debian 12, Buildroot BSP з Linux 6.1.99
- Ціна поки що не оголошена, але плата вже доступна у офіційних дистриб'юторів Boardcon.

### iWave Systems iW-RainboW-G54S



Рис. 1.5 Одноплатний комп'ютер iWave Systems iW-RainboW-G54S

Компактний одноплатний комп'ютер розміром із кредитну картку, розроблений компанією iWave Systems. Він був представлений у лютому 2025 року та заснований на системі-на-модулі (SoM) OSM Size-S (30×30 мм) з процесорами STMicro STM32MP133 та STM32MP135 Cortex-A7. Одноплатний комп'ютер орієнтований на промислові програми, включаючи автоматизацію, IoT і системи, що вбудовуються, з робочим діапазоном температур від -40 до +85°C.

#### Характеристики:

- **Процесор:** STMicro STM32MP133 / STM32MP135 (одноядерний Cortex-A7, з криптографією та безпечним завантаженням),
- **Оперативна пам'ять:** 512 МБ DDR3L (з можливістю збільшення до 1 ГБ),
- **Сховище:** 4 ГБ eMMC (до 128 ГБ), 16 Кбіт EEPROM, слот для карт microSD,
- **Мережеві інтерфейси:** Gigabit Ethernet (вбудований PHY),

- **Відеовиходи:** роз'єм для 18-бітного RGB LCD-дисплея із сенсорним екраном I2C (тільки для STM32MP135),
- **USB-порти:** 1× Micro USB 2.0 OTG, 1× USB Type-A,
- **GPIO та розширення:** 3× 100-контактних роз'ємів високої щільності, 4× UART (2× з керуванням потоком), 2× RGMII (Ethernet), 2× CAN-шини, 2× SPI, 2× I2C, 2× ADC, 1× I2S, 7× GPIO, JTAG
- **Налагодження:** налагоджувальний роз'єм UART, JTAG через 100-контактний роз'єм,
- **Додаткові роз'єми:** роз'єм для батареї RTC, роз'єм вентилятора,
- **Живлення:** 12 В / 2 А (роз'єм постійного струму),
- **Форм-фактор:** 85 × 56 мм (розмір кредитної картки),
- **Робочий діапазон температур:** -40°C до +85°C,
- **Відповідність стандартам:** REACH, RoHS3,
- **Операційні системи:** Linux 6.1.28 (або вище), ST OpenSTLinux (Yocto).

iWave Systems iW-RainboW-G54S був представлений у лютому 2025 року[8].

### Radxa Cubie A5E



Рис. 1.6 Одноплатний комп'ютер Radxa Cubie A5E( <http://liliputing.com/>)

Radxa Cubie A5E - одноплатний комп'ютер, розроблений компанією Radxa і випущений у січні 2025 року [9].

Radxa Cubie A5E оснащений восьми ядерним процесором ARM Cortex-A55, розділеним на два кластери, та додатковим ядром XuanTie E906 RISC-V для запуску RTOS. Плата підтримує до 4 ГБ оперативної пам'яті, а також різні варіанти сховища, включаючи microSD, M.2 2230 та eMMC. Серед її переваг – наявність двох Ethernet-портів, Wi-Fi 6, Bluetooth 5.4 та безлічі інтерфейсів для підключення периферійних пристроїв, таких як HDMI, USB та GPIO.

#### **Процесор:**

- Allwinner A527 (4× Cortex-A55 до 2 ГГц та 4× Cortex-A55 до 1,42 ГГц);
- Додатково: XuanTie E906 (RISC-V).
- **Оперативна пам'ять:** 1 ГБ, 2 ГБ або 4 ГБ LPDDR4-2400.

#### **Сховище:**

- microSD,
- M.2 2230 (PCIe Gen 2 x1 NVMe),
- eMMC (16 ГБ, 32 ГБ, 64 ГБ або 128 ГБ),
- 8 МБ SPI Flash.

#### **Мережеві можливості:**

- 2 × Gigabit Ethernet,
- Wi-Fi 6,
- Bluetooth 5.4.

#### **Порти та роз'єми:**

- 1 × HDMI 2.0a,
- 1 × USB 2.0 Type-C OTG,
- 1 × USB 3.0 Type-A,
- 40-контактний GPIO,
- 1 × MIPI-DSI (4 лінії),
- 1 × MIPI-CSI (4 лінії).

#### **Харчування:**

					<i>ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- 5 В/4 А через USB Type-C,
- PoE (Power over Ethernet).

**Розміри:** 69 x 56 мм.

Radxa Cubie A5E доступний для попереднього замовлення із січня 2025 року. Базова модель з 1 ГБ оперативної пам'яті коштує 15\$, версія з 2 ГБ – 20\$, а з 4 ГБ – 30\$.

## UP 710S



Рис. 1.7 Одноплатний комп'ютер UP 710S ( <http://liliputing.com/>)

UP 710S – компактний одноплатний комп'ютер від компанії AAЕON, випущений у січні 2025 року. Модель є оновленням оригінальної UP Board з покращеною продуктивністю і дещо меншими габаритами плати, ніж у попередника.

UP 710S оснащений процесорами Intel Alder Lake-N (N50, N97, N100 та N200) та підтримує до 8 ГБ оперативної пам'яті LPDDR5, а також до 128 ГБ eMMC-сховища. На борту плати – порти USB 3.2 Gen 2 Type-C, HDMI 1.4b та Gigabit Ethernet, а також підтримка RS-232/422/485. Завдяки невеликому розміру UP 710S чудово підходить для проектів, де важлива компактність. Роз'єм M.2 2230 E-Key дозволяє встановити модуль WiFi та Bluetooth, що розширює можливості девайсу.

**Процесор:** Intel Alder Lake N: N50, N97, N100, N200.

**Оперативна пам'ять:** 8 ГБ LPDDR5.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

**Сховище:** до 128 ГБ eMMC.

**Порти:**

- 3 × USB 3.2 Gen 2 Type-C,
- HDMI 1.4b,
- Gigabit Ethernet,
- 2 × USB 2.0 (через 10-контактні пластини),
- RS-232/422/485 (через 10-контактні пластини).

**Роз'єми:** M.2 2230 E-Key для WiFi та Bluetooth.

**Харчування:** 12 В/5 А.

**Розміри:** 85 мм 56 мм 25 мм.

**Операційні системи:**

- Windows 10,
- Windows 11,
- Ubuntu 22.04 LTS,
- Yocto 5.1.

UP 710S представлено у січні 2025 року. Інформацію про ціну можна отримати за допомогою форми зворотного зв'язку на сайті AAEON або дочекатися появи плати в UP Shop.

**LattePanda Mu SoM**



Рис. 1.8 Одноплатний комп'ютер LattePanda Mu SoM  
(<https://www.cnx-software.com/>)

LattePanda Mu SoM [10] - це система на модулі (System-on-a-Module, SoM) від компанії DFRobot, випущена в 2024 році. У січні 2025 року з'явилася версія з восьми ядерним процесором Intel Core i3-N305, яка забезпечила більш високу продуктивність та покращену графіку в порівнянні з попередньою моделлю на базі Intel N100.

LattePanda Mu Core i3-N305 оснащений процесором Alder Lake-N з тактовою частотою до 3,8 ГГц та 32-юнітним графічним процесором Intel HD. Модуль підтримує до 16 ГБ LPDDR5-4800 пам'яті з IBECC та 64 ГБ eMMC-сховища. Всі інтерфейси доступні через крайовий роз'єм SO-DIMM, включаючи 9 ліній PCIe Gen3, два інтерфейси SATA, HDMI, DisplayPort та 12 USB-портів. Плата сумісна з Windows 11, Ubuntu 24.04 та іншими операційними системами, а також підтримує використання трьох незалежних дисплеїв.

#### **Процесор:**

- Intel N100 (4 ядра до 3,4 ГГц, TDP 6 Вт);
- Intel Core i3-N305 (8 ядер до 3,8 ГГц, TDP 15 Вт).

**Системна пам'ять:** 8 ГБ або 16 ГБ LPDDR5-4800 із IBECC.

**Сховище:** 64 ГБ eMMC 5.1.

#### **Порти та інтерфейси:**

- До 9 ліній PCIe Gen3,
- 2 інтерфейси SATA III 6 Гбіт/с,
- 1 × eDP 1.4
- 3 × HDMI 2.0 / DisplayPort 1.4,
- 4 × USB 3.2 Gen2, 8 × USB 2.0,
- 4 × UART, 4 × I2C,
- До 64 GPIO.

**Розміри:** 69,6×60 мм.

LattePanda Mu Core i3-N305 доступний для покупки з січня 2025 року за ціною 259\$. Комплект з несучою платою та додатковими опціями обійдеться в 350-480\$. Чимало, звичайно, але для деяких користувачів саме те, що потрібно.

					<i>ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## EBYTE ECB10



Рис. 1.9 Одноплатний комп'ютер LattePanda Mu SoM  
(<https://www.cnx-software.com/>)

Промисловий одноплатний комп'ютер формату Pico-ITX [10] представлений у січні 2025 року. Пристрій розроблений на базі процесорного модуля STM32MP135 EBYTE та призначений для застосування в розумних будинках, промисловій автоматизації та терміналах управління.

EBYTE ECB10-135A5M5M-I оснащений процесором STM32MP135 з тактовою частотою до 650 МГц, 512 МБ оперативної пам'яті DDR3L та 512 МБ NAND флеш-пам'яті. Плата підтримує виведення зображення через HDMI та RGB до роздільної здатності WXGA (1366×768), має гігабітний Ethernet, WiFi, Bluetooth, а також безліч інтерфейсів розширення, включаючи CAN, RS485 та GPIO. SBC сумісний із Linux BSP, пропонуючи платформу для розробки на базі Ubuntu 18.04 з XFCE.

**Процесор:** STM32MP135AAF3, одноядерний Cortex-A7, 650 МГц.

**Системна пам'ять:** 512 МБ DDR3L.

**Сховище:**

- 512 МБ SLC NAND,
- слот microSD.

**Мережеві можливості:**

- Gigabit Ethernet,
- WiFi 2,4 ГГц,

					ITC.4KI.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- Bluetooth через IPEX.

#### **Інтерфейси відображення:**

- HDMI 2.0 до WXGA,
- RGB (1366 768, 60 Гц).

#### **Аудіо:**

- лінійний вихід 3,5 мм,
- роз'єм для мікрофона 3,5 мм.

#### **Порти та розширення:**

- 2 × USB 2.0 Type-A,
- 1 × USB Type-C OTG,
- UIO-роз'єми з CAN-FD, RS485, GPIO та ін.

**Харчування:** 12 В/1 А.

**Розміри:** 100×72 мм (Pico-ITX).

**Діапазон температур:** від -40 до +85°C.

EBYTE ECB10-135A5M5M-I доступний на AliExpress із січня 2025 року.

Вартість одноплатного комп'ютера становить 74,99 \$, а процесорного модуля - 26,99 \$.

## **1.2 Аналіз міні комп'ютерів аналогічних raspberry pi**

Серед одноплатних комп'ютерів Raspberry Pi є однією з найпопулярніших моделей. Звичайно, це не найпотужніший і не найдешевший мікрокомп'ютер. Серед аналогів можна виділити такі моделі, які можуть бути альтернативою Raspberry Pi.[9]

- Плати Intel NUC
- Плата для розробників Udoo Bolt Gear
- Odroid N2 +
- Rock Pi X, модель B
- ROCKPro64
- Banana Pi M5

					<i>ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## Плати Intel NUC

Дані плати мають високу продуктивність.

Архітектура Intel x86/x64, як і раніше, має перевагу перед процесорами ARM у тому, що стосується традиційних робочих навантажень для настільних комп'ютерів. Плати NUC створені як повноцінні системи на базі потужних процесорів Intel, пропонуючи продуктивність, еквівалентну настільним комп'ютерам.



Рис. 1.10 Зовнішній вигляд плати Intel NUC

Доступні десятки різних моделей NUC з різними конфігураціями та форм-факторами. Деякі поставляються із вбудованими графічними підсистемами середнього рівня. Ряд моделей дозволяють використовувати виділений графічний процесор, що дає можливість використовувати їх як ігрові ПК.

Ще однією перевагою їхньої класичної архітектури ПК x86 є те, що можете використовувати на платі NUC практично будь-яке програмне забезпечення для ПК, включаючи Microsoft Windows.

Однак, навіть найдешевша плата NUC коштує значно більше, ніж заплатили б за Pi, тому вони не найкращий варіант для систем управління і IoT.

## Плата для розробників Udoo Bolt Gear

Перші Udoo, Udoo Dual і Udoo Quad були успішно запуснені ще в 2013 році.



Рис. 1.11 Зовнішній вигляд плати Udoo Bolt Gear

Остання та найкраща з лінійки, Udoo Bolt Gear, поставляється з 4-ядерним процесором AMD Ryzen Embedded V1000 3,6 ГГц та графікою AMD Radeon Vega. Він може бути розширений до 32 ГБ двоканальної оперативної пам'яті DDR4 і запускати практично будь-яке програмне забезпечення x86 або x64, яке додаєте, навіть якщо ми говоримо про пакети для редагування відео, ігри Triple A або віртуальну реальність.

Таким чином, цілком виправдано, що незважаючи на свій невеликий розмір, він обійдеться майже так само, як ігрова приставка.

Udoo Bolt Gear підтримують установку двох модулів оперативної пам'яті SO-DIMM DDR4 сумарним об'ємом до 32 ГБ, одного 2,5-дюймового накопичувача та двох SSD формату M.2 (один слот M.2 B-key PCIe x2 для SATA-накопичувача до 60 мм і один M.2 M PCI на один M.2 M PCI. мм)

У оснащення міні-ПК входить гігабітний мережевий інтерфейс Realtek RTL8111G, бездротовий адаптер Wi-Fi 5 та Bluetooth 4.2 (Intel Wireless-AC 3168), а також звуковий кодек Realtek ALC888. Набір портів представлений USB 3.1 Gen 1 Type-A (x2), USB 3.1 Gen 1 Type-C (x2), HDMI 2.0a (x2), аудіороз'єм 3,5 мм та вихід S/PDIF. За допомогою двох роз'ємів USB Type-C можна одночасно підключити до чотирьох зовнішніх 4K моніторів.

Відмінною особливістю Udoo Bolt Gear є наявність 8-бітного мікроконтролера ATmega32U4 для задоволення всіх потреб шанувальників Arduino. Говорячи точніше, Udoo Bolt Gear пропонує 40-контактний інтерфейс

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

вводу-виводу Arduino, три роз'єми Grove та 40-контактний вбудований інтерфейс вводу-виводу.

### **Odroid N2 +**

Попередня модель – ODroid XU4 показала високу характеристику співвідношення ціни до продуктивності. Новий ODroid N2+ підвищує вартість на +25%, щоб подвоїти продуктивність порівняно з XU4 (залежно від завдання).



Рис. 1.12 Зовнішній вигляд плати Odroid N2 +

Odroid N2+ – це модернізована версія простого N2, що підвищує тактову частоту його чотирьох ядерного процесора Cortex-A73 до 2,4 ГГц, а двоядерного процесора Cortex-A53 - до 2 ГГц. У поєднанні із графічним процесором Mali-G52.

Однак він також дорожчий, ніж Raspberry Pi. Слід враховувати втрату продуктивності через теплове регулювання і, отже, доведеться оснастити його додатковим активним кулером (продається окремо).

### **Rock Pi X, модель B**

Дозволяє запускати Windows та інше програмне забезпечення x86/x64 на мікро платі, яка (не набагато) коштує дорожче за Raspberry Pi.



Рис. 1.13 Зовнішній вигляд плати Rock Pi X, модель В

Його Intel Atom x5 – Z8373 Cherry Trail – це справний 64-бітний чотириядерний процесор з тактовою частотою 1,44 ГГц. Завдяки HD-графіці Gen8, що працює на частоті 500 ГГц, це також адекватний графічний процесор. Цього більш ніж достатньо для невеликих проектів DIY.

Невелика проблема полягає в тому, що його доступна ціна відображає досить обмежену конфігурацію з 1 ГБ ОЗП та 8 ГБ сховища eMMC. Якщо потрібно більше, можна отримати варіанти з 2 ГБ або 4 ГБ ОЗП та 16 ГБ, 32 ГБ, 64 ГБ або 128 ГБ сховища eMMC. Однак найбільша комбінація також коштує вдвічі дорожче.

Звичайно, оскільки він підтримує карти microSD, можна вибрати варіант з невеликим вбудованим сховищем eMMC. Дозволяється розширити його, підключивши зовнішній диск до одного з чотирьох портів USB - бажано до швидкого USB 3.0.

Зверніть увагу, що існує також варіант моделі А без підтримки бездротового зв'язку 802.11 AC Wi-Fi та Bluetooth 4.2.

## ROCKPro64

Популярний одноплатний комп'ютер Pine популярніший, але нова модель ROCKPro64 є більш потужною та універсальною.



Рис. 1.14 Зовнішній вигляд плати ROCKPro64

В його основі знаходиться Rockchip A3399 SOC з графічним процесором Mali T860 MP4.

У ROCKPro64 є можливість розширення, яка дозволяє підключити до нього різні пристрої, однак доведеться створити свій власний драйвер.

Таким чином, існує безліч одноплатних комп'ютерів із різною конфігурацією обладнання. Деякі з останніх також сумісні з x86, що дає їм доступ до більшої бібліотеки програмного забезпечення.

### **Banana Pi M5**

Підхід, що лежить в основі серії одноплатних комп'ютерів (SBC) Banana Pi, простий: пропонує більше, ніж Raspberry Pi, за тією ж ціною. Це те, що зробив перший Banana Pi, після більш ніж десятка варіантів моделей останній Banana Pi M5 перевершує Raspberry Pi 4.



Рис. 1.15 Зовнішній вигляд плати Banana Pi M5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ*

Арк.

26

Banana Pi M5 поставляється з чотирьох ядерним процесором S905X3 Cortex-A55 2 ГГц від Armlogic і графічним процесором Mali-G31 MP2.

Інші його характеристики не дуже відрізняються від базової моделі Raspberry Pi 4

### Висновки до розділу

Таким чином здійснено порівняльний аналіз та огляд сучасних одноплатних комп'ютерів таких як: kontron 3.5"-sbc-aml/adn; pocketbeagle 2; orange pi aipro (8t); boardcon sbc3576; iwave systems iw-rainbow-g54s; radxa cubie a5e; up 710s; lattepanda mu som; ebyte ecb10. Проведено аналіз мікрокомп'ютерів аналогічних raspberry pi: плати INTEL NUC; плата для розробників UDOO BOLT GEAR; ODROID N2 +; ROCK PI X, МОДЕЛЬ B; ROCKPRO64; BANANA PI M.

Результати праведного аналізу можуть бути використану при підготовці навчального контенту до дисциплін спрямованих на використання мікрокомп'ютерів та мікроконтролерів.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

## РОЗДІЛ 2 ОПИС RASPBERRY PI

### 2.1 Огляд Raspberry Pi

Raspberry Pi – це серія одноплатних комп'ютерів, розроблених компанією Raspberry Pi Foundation.

Вони являють собою невеликі плати розміром із кредитну картку, оснащені процесорами ARM, різними портами вводу-виводу, оперативною пам'яттю та операційною системою.

Raspberry Pi дуже популярна через свою компактність і потужність як для комп'ютера з розміром як кредитка. Деякі з основних областей, де Raspberry Pi знайшла своє застосування:

Освіта: Raspberry Pi відіграє важливу роль у сфері освіти. Він надає доступну та просту у використанні платформу для навчання програмуванню, електроніці та комп'ютерним наукам. У навчальних закладах Raspberry Pi використовується для створення уроків з програмування, робототехніки, створення ігор та інших активностей, що розвивають навички та інтерес студентів до технологій.

Домашні проекти та хобі: Raspberry Pi дозволяє людям створювати різні домашні проекти та пристрої. Він може використовуватися для створення медіа-центрів, розумних будинків, систем безпеки, автоматизації домашніх пристроїв та багато іншого. Завдяки його низькій вартості та гнучкості, Raspberry Pi став популярним вибором для хобі-розробників та ентузіастів.

Інтернет речей (IoT): Raspberry Pi ідеально підходить для розробки пристроїв Інтернету речей. Завдяки своїм можливостям підключення до різних сенсорів, модулів зв'язку та периферійних пристроїв.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Тітов Е.І.			Вступ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Керівник		Могильний Г.А.								3	3
Реценз.		Козуб Ю.Г.						ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ			
Н. Контр.											
Зав. каф.		Семенов М.А.									

Він може бути використаний для створення розумних пристроїв, моніторингу та керування системами, автоматизації та багатьох інших IoT-додатків.

Розробка програмного забезпечення та прототипування: Raspberry Pi пропонує середовище для розробки програмного забезпечення. Він підтримує різні мови програмування, включаючи Python, C++, Java та інші. Розробники можуть використовувати Raspberry Pi для створення та тестування програмного забезпечення, прототипування проектів та проведення експериментів.

Комерційні проекти: Raspberry Pi знайшов застосування у комерційних проектах та промислових рішеннях. Він може бути використаний для створення систем моніторингу, керування автоматичними процесами, контролю доступу та інших завдань, що потребують невеликих обчислювальних потужностей.

## 2.2 Апаратне забезпечення Raspberry Pi

Raspberry Pi випускає комп'ютери кількох різних серій:[11]

- Серія Flagship, яку часто називають скорочено "Raspberry Pi", пропонує високопродуктивне обладнання, повноцінну операційну систему Linux та різноманітні поширені порти у форм-факторі приблизно розміром з кредитну картку.
- Серія Keyboard – флагманська серія пропонує високопродуктивне флагманське обладнання, повноцінну операційну систему Linux та різноманітні поширені порти, об'єднані у форм-факторі клавіатури.
- Серія Zero пропонує повноцінну операційну систему Linux та основні порти за доступною ціною в мінімальному форм-факторі з низьким енергоспоживанням.
- Серія Compute Module, яку часто називають скорочено "CM", пропонує високопродуктивне обладнання та повноцінну операційну систему Linux у мінімальному форм-факторі, придатному для промислових та вбудованих застосувань. Моделі Compute Module оснащені апаратним забезпеченням,

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

еквівалентним відповідним флагманським моделям, але з меншою кількістю портів та без вбудованих контактів GPIO. Натомість користувачі повинні підключати Compute Module до окремої базової плати, яка забезпечує порти та контакти, необхідні для даного застосування.

Крім того, Raspberry Pi виробляє серію Pi со крихітних, універсальних плат мікроконтролерів. Моделі Pi не працюють на Linux і не дозволяють використовувати знімні носії, але натомість дозволяють програмування шляхом запису двійкового файлу на вбудовану флеш-пам'ять.

### Флагманська серія

Ця серія – Flagship виробляється у двох варіантах. Детальну інформацію наведено у Додатку А

Модель В вказує на наявність порту Ethernet. Модель А вказує на дешевшу модель у меншому форм-факторі без порту Ethernet, зі зменшеним обсягом оперативної пам'яті та меншою кількістю портів USB для обмеження висоти плати.

Raspberry Pi 1 Model A+: це перша модель Raspberry Pi, випущена у 2014 році. Вона оснащена:

- Процесор: однопоточний ARM1176JZF-S із тактовою частотою 700 МГц
- Оперативна пам'ять: 512 МБ
- Сховище даних: картка пам'яті SD
- Порти: 1 x USB 2.0, HDMI, аудіовиход, GPIO (26 пінів), картка пам'яті microSD, CSI, DSI
- Бездротові комунікації: Ні
- Мережа: Ethernet (10/100 Мбіт/с)
- Розміри: 65 x 56 x 12 мм

Raspberry Pi 1 Model B+: Це покращена версія оригінальної моделі Raspberry Pi 1. Вона має ті ж характеристики, що і Model A+, але з додатковими USB-портами, Ethernet-портом та 40 GPIO-пінами.

- Процесор: ARM1176JZF-S із тактовою частотою 700 МГц

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- Оперативна пам'ять: 512 МБ
- Сховище даних: картка пам'яті SD
- Порти: 4 x USB 2.0, HDMI, аудіовиход, GPIO (40 пінів), картка пам'яті microSD, CSI, DSI

- Бездротові комунікації: Ні
- Мережа: Ethernet (10/100 Мбіт/с)
- Розміри: 85 x 56 x 17 мм

Raspberry Pi 2 Model B: Випущена в 2015 році, ця модель оснащена чотириядерним процесором ARM Cortex-A7.

- Процесор: Broadcom BCM2836 з 4 ядрами ARM Cortex-A7 та тактовою частотою 900 МГц

- Оперативна пам'ять: 1 ГБ
- Сховище даних: картка пам'яті microSD
- Порти: 4 x USB 2.0, HDMI, аудіовиход, GPIO (40 пінів), картка пам'яті microSD, CSI, DSI

- Бездротові комунікації: Ні
- Мережа: Ethernet (10/100 Мбіт/с)
- Розміри: 85 x 56 x 17 мм

Raspberry Pi 3 Model B/B+: це одна з найпопулярніших моделей Raspberry Pi. Вона має чотириядерний процесор ARM Cortex-A53 із тактовою частотою 1,2 ГГц, 1 ГБ або 2 ГБ оперативної пам'яті, чотирма USB-портами, HDMI-портом, Ethernet-портом, Wi-Fi та Bluetooth.

- Процесор: Broadcom BCM2837 з 4 ядрами ARM Cortex-A53 і тактовою частотою 1,2 ГГц (у Model B+) / 1,4 ГГц (у Model B)

- Оперативна пам'ять: 1 ГБ (у Model B+) / 2 ГБ (у Model B+)
- Сховище даних: картка пам'яті microSD
- Порти: 4 x USB 2.0, HDMI, аудіовиход, GPIO (40 пінів), картка пам'яті microSD, CSI, DSI

- Бездротові комунікації: Wi-Fi 802.11n, Bluetooth 4.2 (Model B+), Wi-Fi 802.11ac, Bluetooth 4.2 (Model B)

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- Мережа: Ethernet (10/100 Мбіт/с)
- Розміри: 85 x 56 x 17 мм

Raspberry Pi 4 Model B: Це найпотужніша флагманська модель Raspberry Pi, випущена у 2019 році.

- Процесор: Broadcom BCM2711 з 4 ядрами ARM Cortex-A72 та тактовою частотою 1,5 ГГц
- Оперативна пам'ять: 2 ГБ, 4 ГБ або 8 ГБ (варіанти пам'яті)
- Сховище даних: картка пам'яті microSD
- Порти: 2 x USB 2.0, 2 x USB 3.0, 2 x Micro HDMI, аудіовиход, GPIO (40 пінів), картка пам'яті microSD, CSI, DSI
- Бездротові комунікації: Wi-Fi 802.11ac, Bluetooth 5.0
- Мережа: Gigabit Ethernet
- Розміри: 88 x 58 x 19,5 мм

Raspberry Pi 5: Це нова флагманська модель Raspberry Pi, випущена у 2022 році. Вона оснащена чотириядерним процесором ARM-Cortex A76 з тактовою частотою до 2.4 ГГц, 2 ГБ, 4 ГБ або 8 ГБ оперативної пам'яті, двома USB 2.0 портами та двома USB 3.0 портами, двома micro HDMI-портами, Ethernet-портом, Wi-Fi та Bluetooth.

### Серія клавіатур

Пристрої серії клавіатур використовують ідентифікатори моделі виду <X00>, де X вказує на відповідний пристрій флагманської серії. Наприклад, «Raspberry Pi 500» – це версія Raspberry Pi 5 з клавіатурою. Повну інформацію наведено у Додатку Б.

### Серія Zero та Compute Module

Моделі з суфіксом H мають попередньо припаяні контакти до роз'єму GPIO. Моделі без суфікса H не мають контактів, прикріплених до роз'єму GPIO; користувач повинен припаяти контакти вручну або підключити комплект контактів стороннього виробника.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Усі моделі Zero мають такі можливості підключення:

- слот для карти microSD
- міні-порт HDMI
- 2 порти micro USB (один для вхідного живлення, один для зовнішніх пристроїв)

Починаючи з версії 1.3 оригінальної Zero, всі моделі Zero також включають:

- міні-порт CSI (камера) з 22-контактним роз'ємом, кроком 0,5 мм (дрібний), шириною 11,5 мм

Raspberry Pi Zero: Це найбільш компактна та доступна модель Raspberry Pi. Вона має одноядерний процесор.

- Процесор: Broadcom BCM2835 з одним ядром ARM11 та тактовою частотою 1 ГГц
- Оперативна пам'ять: 512 МБ
- Сховище даних: картка пам'яті microSD
- Порти: Mini HDMI, 2 x Micro USB (1 для живлення, 1 для даних), 40-контактний GPIO-роз'єм, картка пам'яті microSD
- Бездротові комунікації: Wi-Fi 802.11n, Bluetooth 4.1 (у деяких моделях)
- Розміри: 65 x 30 x 5 мм

Raspberry Pi Zero W: Це версія Raspberry Pi Zero з доданим Wi-Fi та Bluetooth.

- Процесор: Broadcom BCM2835 з одним ядром ARM11 та тактовою частотою 1 ГГц
- Оперативна пам'ять: 512 МБ
- Сховище даних: картка пам'яті microSD
- Порти: Mini HDMI, Micro USB, 40-контактний GPIO-роз'єм, картка пам'яті microSD
- Бездротові комунікації: Wi-Fi 802.11n, Bluetooth 4.1
- Розміри: 65 x 30 x 5 мм

Детальну інформацію про серію Zero та серію Compute Module наведено у Додатку В та Додатку Д. Слід відзначити, що обчислювальні модулі, що використовують фізичний форм-фактор DDR2 SO-DIMM, несумісні з електричними характеристиками DDR2 SO-DIMM.

### **Мікроконтролери Pico**

Raspberry Pi Pico: Raspberry Pi Pico - це дещо інший пристрій, який відрізняється від інших моделей. Він є мікроконтролерною платою, оснащеною процесором RP2040 і різними GPIO-пінами для підключення до різних електронних компонентів.

Моделі з суфіксом H мають попередньо припаяні контакти роз'єму до роз'єму GPIO. Моделі без суфікса H не мають контактів роз'єму, прикріплених до роз'єму GPIO; користувач повинен припаяти контакти вручну або підключити комплект контактів стороннього виробника. Додатальну інформацію наведено у Додатку Е.

## **2.3 Порівняльна характеристика нової Raspberry pi 5 з базовою Raspberry pi 4**

Компанія Raspberry Pi Foundation кілька років розробляла нову версію Raspberry Pi 5 та восени 2023 року випустила її.

Одними з найпомітніших особливостей Raspberry Pi 5 є неймовірна швидкість CPU та GPU.

Варто відзначити, що продуктивність нової 5-ї версії в 2-3 рази вища, ніж у Raspberry Pi 4 та значне збільшення продуктивності графічного процесора. Є кілька важливих нововведень та змін. Крім того, з'явилися нові аксесуари/доповнення

					<b>ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34



Рис. 2.1 Raspberry Pi 5

Основна відмінність - це новий ARM- процесор Cortex-A76 із частотою 2,4 ГГц (у старій моделі процесор Cortex-A72 працював на частоті 1,5 ГГц). Є також новий південний міст, що дозволяє збільшити пропускну здатність USB3, плюс нова графічна система. Це GPU VideoCore VII, що працює на частоті 800 МГц (проти 500 МГц у VideoCore VI в Pi 4).

Таблиця 2.1 Порівняльний аналіз показників.

	Raspberry Pi 4	Raspberry Pi 5
CPU	ARM-Cortex A72 (чотири ядра)	ARM-Cortex A76 (чотири ядра)
Розрядність CPU	64-bit	64-bit
Частота CPU	1.5/1.8GHz	2.4GHz
GPU	VideoCore VI 600MHz	VideoCore VII 1GHz
SDRAM	LPDDR4-3200 SDRAM (1GB, 2GB, 4GB, 8GB)	LPDDR4X-4267 SDRAM (4GB та 8GB SKUs available at launch)
SD слот	Слот для Micro SD -картки	Слот для Micro SD -картки з підтримкою режиму SDR104 з високою швидкістю
WLAN	2.4 GHz та 5.0 GHz 802.11ac Wi-Fi	2.4 GHz та 5.0 GHz 802.11ac Wi-Fi
Bluetooth	Bluetooth 5.0/ Bluetooth Low Energy ( BLE )	Bluetooth 5.0/ Bluetooth Low Energy ( BLE )
Порти HDMI	2 мікро HDMI -порту (до 4Kp60)	2 мікро HDMI -порту (до 4Kp60 одночасно)
Порти USB	2 порти USB 2.0 та 2 порти USB 3.0	2 порти USB 2.0 та 2 порти USB 3.0 з підтримкою одночасної роботи зі швидкістю 5 Гбіт/с

	Raspberry Pi 4	Raspberry Pi 5
Сеть	Gigabit Ethernet, з підтримкою PoE + (потрібно PoE + HAT )	Gigabit Ethernet, з підтримкою PoE + (потрібний новий PoE + HAT )
Порт камери	2-смуговий MIPI DSI, 2-смуговий MIPI CSI	2 × 4-смуговий MIPI трансивера камери/дисплея
Харчування	5V/3A DC (через USB -C порт або GPIO )	5V/5A DC (з підтримкою Power Delivery )
Роз'єм живлення	USB -C	USB -C
Аудіороз'єм	4-полюсний стереозвук та композитне відео	Ні!
Годинник реального часу	Ні	Годинник Реального Часу та роз'єм для батареї
PCIe	Ні	Інтерфейс PCIe 2.0 x1 для швидкої периферії
Кнопка увімкнення	Ні	Є!

Як і попередні моделі, зовні Raspberry Pi змінився не сильно. Звичайно, є зміни в конфігурації портів та роз'ємів на платі, у наявності чи відсутності чіпів. Але форм-фактор все той же. При цьому можна помітити, що немає композитного 3,5 мм роз'єму, який забезпечував роботу з аналоговим відео та аудіо. Тепер цієї можливості немає, але вона й не була особливо затребуваною.

### Елементи плати :

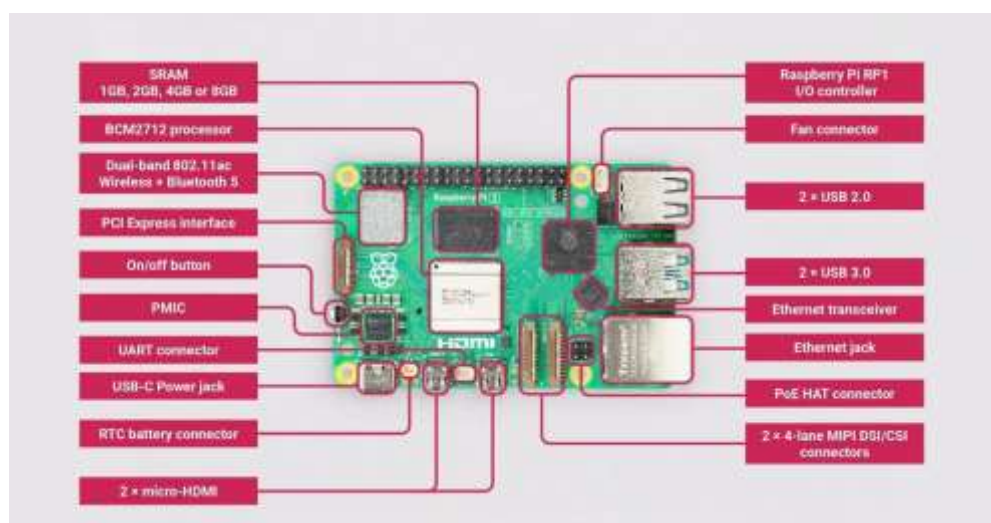


Рис.2.2 Raspberry Pi 5 – структура

Є інтерфейс для PCIe-модулів. Йдеться про PCIe 2.0 x1 для швидких периферійних пристроїв, включаючи твердотільні накопичувачі NVMe. Правда, для роботи з ними потрібен спеціальний аксесуар, M.2 HAT.

Ще розробники залишили два micro-HDMI порти, які вперше з'явилися ще у четвірці у 2019 році. У новій версії порт Ethernet помінявся місцями з USB – розробники вирішили повернутися до того, що було ще у третій версії "малинки".

І так, тепер одноплатний комп'ютер може показувати правильний час без необхідності оновлення часу через NTP-сервера або додаткових аксесуарів.

А ще з'явилася кнопка живлення. Здавалося б, дрібниця. Але ні — її насправді просили додати багато користувачів. Якщо натиснути кнопку один раз, то з'являється меню вимкнення/виходу з системи. Ще одне натискання призводить до безпечного вимкнення. Повторне натискання призведе до увімкнення пристрою.

На щастя, 40-контактний GPIO, який вперше з'явився в Raspberry Pi B+ у 2014 році залишився незмінним.



Рис. 2.3 Raspberry Pi 5 – зовнішній вигляд

Важливий нюанс: процесор досить потужний, тому плата дуже гріється. Саме тому виробники заявляють, що при встановленні плати в корпус він повинен бути відкритим для притоку повітря. Звичайно, ентузіасти вже створили корпуси на базі активної системи охолодження, тому тут хвилюватися

не доводиться — можливість охолоджувати плату є. Для активного охолодження можна використовувати Raspberry Pi Active Cooler, це гібрид вентилятора та алюмінієвого радіатора. Вся ця система в збиранні дає можливість відводити тепло від процесора, оперативної пам'яті та чіпа RP1.

Окрім вентиляторів, ринок пропонує і тепловідведення, які дозволяють створити безшумну систему пасивного охолодження. Така система охолодження дозволяє знизити температуру плати в режимі простою відразу на 10 градусів Цельсія — з 51 °C до 41 °C. У режимі активної роботи справи гірші. Температура піднімається приблизно до 85,6 °C, що на 1,2 °C нижче, ніж у тесті без охолодження. Отже, якщо плануєте навантажувати плату, найкраще набувати активного охолодження, в ідеалі — гібридну систему з радіатором та вентилятором.

Розробники стверджують, що новий одноплатний комп'ютер приблизно в 2-3 рази швидше, ніж Pi 4. При перевірці запуску Gimp на Raspberry Pi 5 з дефолтної SD -карти час від старту докладання до його повного завантаження склало близько 5 секунд. У попередній версії "малинки" це близько 10 секунд. Те саме і при завантаженні браузера Firefox - воно зайняло 5,1 секунди на Pi 5 проти 8,6 секунди на Raspberry Pi 4.



Рис.2.4 Raspberry Pi 5 та 4

Так при тестуванні в бенчмарках, наприклад, однопотоковому процесорному тесті Sysbench Pi 5 генерував 2729 подій в секунду проти 1766 у Pi 4.

Бенчмарк 7 -Zip Pi 5 показав 9543 MIPS стиснення проти 4287 у старшої моделі, що становить 122% приросту. Що стосується TensorFlow Lite, то Pi 5 знадобилося всього 25276 мікросекунд проти 80327 у Pi 4, що становить 68%

різниці. Крім того, Raspberry Pi 5 поставляється з графічним процесором наступного покоління. Так що в той час, як Raspberry Pi 4 має графічний процесор VideoCore VI з тактовою частотою 600 МГц, Raspberry Pi 5 має графічний процесор VideoCore VII із тактовою частотою 1 ГГц.

П'ята модель, як і четвірка, може працювати з двома моніторами одночасно з роздільною здатністю 4K. При цьому нова модель забезпечує до 60 Гц на кожному з моніторів із залученням HDR у разі його доступності. Це означає, що й зі стрімінгом все гаразд — плату тепер можна використовувати повною мірою і для цього. Є, щоправда, проблеми, наприклад, є випадання кадрів, але розробники обіцяють вирішити цю проблему в майбутньому.

Крім того, хоча в обох є два порти USB 2.0 і два порти USB 3.0, Raspberry Pi 5 є порти USB 3.0, що підтримують одночасно роботу на швидкості 5 Гбіт/с. Так що, хоча слоти для карт Micro SD і USB -порти можуть виглядати схожими на перший погляд, у Raspberry Pi 5 вони набагато покращені. Порівняно з Raspberry Pi 4, Pi 5 подвоює загальну пропускну здатність USB і вдвічі підвищує максимальну продуктивність картки SD.

Так, у п'ятірки дворазовий приріст порівняно із попередніми моделями. А ще у цієї моделі завдяки RP1 виділений чотириканальний інтерфейс MIPI на 1,5 Гбіт/с для камер та дисплеїв. При цьому Pi 5 підтримує роботу з кількома камерами.



Рис. 2.5 Raspberry Pi 5 – додаткові порти

Якщо говорити загалом, то Pi5 – це нове досягнення технологічної еволюції одноплатних комп'ютерів. Вища продуктивність, оптимізована робота з відео, хороша пропускна здатність USB та сховища. Все це дає підстави говорити, що п'ята модель на даний момент — найкращий вибір серед усіх одноплатних комп'ютерів від Raspberry. Pi Foundation.

Одна з помітних відмінностей у тому, що у Raspberry Pi 4 був 4-контактний стерео аудіороз'єм і складовий відеороз'єм, що дозволяє підключати аудіо та відео.

На відміну від цього, у Raspberry Pi 5 відсутній аудіороз'єм.

Якщо потрібно підключити аудіо, доведеться використовувати USB або Bluetooth.

Raspberry Pi 5 – це перший Raspberry Pi, що включає інтерфейс PCIe 2.0 x1, який надає можливість підключення високошвидкісних периферійних пристроїв.

Raspberry Pi 4 не мав інтерфейсу PCIe, хоча Compute Module 4 пропонував PCIe через плату розширення.

Нова функція Raspberry Pi 5 - це реальний час ( RTC ) і роз'єм RTC -батареї для точного відліку часу.

RTC дозволить вашій Raspberry Pi 5 бути корисною в автономному режимі.

Звичайно, Raspberry Pi 4 не має RTC або роз'єму для батареї RTC. Це означає, що знадобиться Wi-Fi для відліку часу.

Основні переваги плати:

великий приріст продуктивності

підтримка двох дисплеїв та двох камер

додавання кнопки живлення

невелике збільшення ціни порівняно з четвіркою (невелике у доларовому еквіваленті)

Якщо говорити про корпуси, то доведеться купувати новий. Інше розташування портів означає несумісність із корпусами для четвірки.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Корпус від виробника коштуватиме трохи більше \$10, і незабаром він з'явиться у продажу (якщо ще не з'явився).



Рис. 2.6 Raspberry Pi 5 – корпус

Випущено також новий блок живлення на 27 Вт. Він потрібен, якщо користувач планує використовувати девайс як ПК, з додатковими модулями, клавіатурою тощо. п. Якщо потрібно працювати з платою в якості основи для малопотужного проєкту, можна обійтися і 15 Вт зарядним пристроєм.

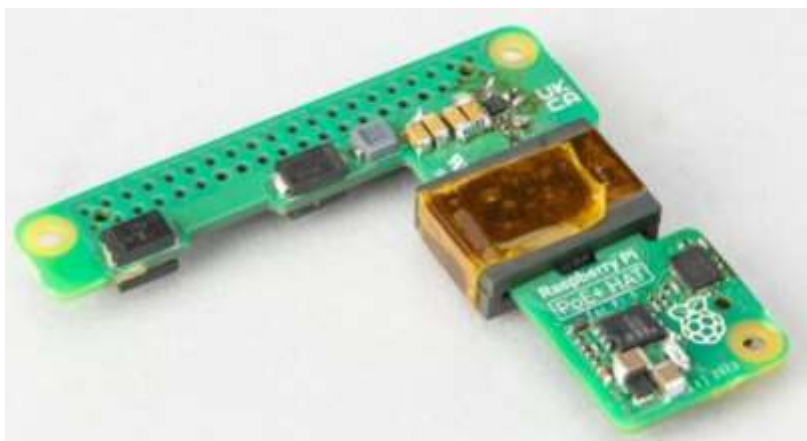


Рис 2.7 Raspberry Pi 5– додаткове оснащення

Зараз розробляються і нові модулі, включаючи, наприклад, HATs для Power over Ethernet ( PoE ) та M.2 SSDs. Зокрема, такий модуль анонсовано у блозі компанії\_.

У цілому нині нові аксесуари, доповнення для Pi5 розробляють як офіційна команда, і сторонні розробники. Поступово формується нова екосистема цієї моделі. Можна не сумніватися, що вже за кілька місяців ринок зможе запропонувати велику кількість додаткових модулів, що розширюють можливості пристрою

## 2.4 Огляд операційних систем для Raspberry pi

### Raspbian

Raspbian [12]— це безкоштовна операційна система, заснована на дистрибутиві Linux Debian та оптимізована для апаратного забезпечення Raspberry Pi. Початкова версія порту Debian, ініційована головним чином розробниками Майком Томпсоном та Пітером Гріном, була випущена невдовзі після випуску Raspberry Pi у червні 2012 року. Відтоді Raspbian є офіційною операційною системою Raspberry Pi. На той час дистрибутив вже містив понад 35 000 програмних пакетів, доступних користувачеві після встановлення. Однак завдяки постійному розвитку обсяг репозиторію постійно зростає і тепер навіть включає офісні програми, такі як Word, та поштовий клієнт.

Щоб користуватися Raspbian, можете самостійно встановити систему на SD-карту за допомогою завантаженого RaspbianInstaller або завантажити готовий образ та скопіювати його на потрібну SD-карту. Для цього у вас є вибір між офіційними образами Raspberry Pi Foundation та образами, наданими членами дуже активної спільноти Raspbian. У першому випадку доступна як версія з настільним інтерфейсом (потрібна щонайменше одна SD-карта на 8 ГБ), так і slim-версія без графічного інтерфейсу (Lite) – кожна у вигляді ZIP- або торрент-файлу. Завантаження та встановлення також можна спростити за допомогою менеджера програмного забезпечення NOOBS. У магазині Raspberry Pi також можете придбати карти з встановленими образами.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Таблиця 2.2 Перелік переваг та недоліків

Переваги	Недоліки
Дуже зручний для початківців	Затримки оновлень програмного забезпечення
Відмінна підтримка	

## Kali Linux

Ще одним нащадком Debian, який можна налаштувати у версії ARM як дистрибутив Raspberry Pi, є Kali Linux [13]. Програма з відкритим кодом, розроблена Маті Ахоні та Девоні Кірнсом з американської компанії Offensive Security, була опублікована у своїй першій версії 13 березня 2013 року. Дистрибутив можна використовувати як звичайне програмне забезпечення операційної системи, але в основному він використовується для широкого тестування безпеки та проникнення комп'ютерних систем і мереж. Для цього програма містить понад 600 інструментів, включаючи мережевий сканер Nmap, фреймворк Metasploit (платформу для тестування експлойтів) або зломщик паролів John the Ripper. Kali Linux є офіційним наступником BackTrack, який базується на дистрибутиві Linux Ubuntu.

Kali Linux розкрито на сайті Offensive Security (<https://vimeo.com/offsec>) на Vimeo (<https://vimeo.com/>).

Оскільки Kali Linux зосереджений на темі безпеки, операційна система Raspberry Pi регулярно отримує оновлення безпеки та програмного забезпечення з репозиторію Debian. Це гарантує, що система завжди оновлена. За замовчуванням програмний пакет є досить мінімалістичним, щоб запропонувати найменшу можливу зону атаки. Додаткові програми можна додавати будь-коли за потреби. Велика спільнота активно бере участь у розробці та підтримці дистрибутива Linux через різні форуми, канали IRC та відкриту систему відстеження помилок. Щоб використовувати операційну систему для Raspberry Pi, просто завантажте відповідний файл образу Kali та скопіюйте його на SD-карту (мінімум 8 ГБ). Потім запусить образ на мінікомп'ютері за допомогою команди dd.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 2.3 Перелік переваг та недоліків

Переваги	Недоліки
Різні інтегровані засоби безпеки	Не підходить для початківців у Linux
Увімкнено тести безпеки комп'ютера/мережі	Порівняно високі вимоги до оперативної пам'яті

### Windows 10 IoT Core

У 2015 році Microsoft випустила свою першу операційну систему для пристроїв Інтернету речей, таких як Raspberry Pi (2 або 3), випустивши Windows 10 IoT Core (<https://developer.microsoft.com/en-us/windows/iot>). Ця програма в першу чергу підходить для розробників та користувачів-любителів, які хочуть об'єднати повсякденні предмети в мережу з Інтернетом або створювати нові мережеві речі. Для цього Windows 10 IoT Core спирається на власний API «Універсальної платформи Windows» (UWP), який дозволяє писати програми для власних пристроїв. Програмне забезпечення для розробки — це безкоштовна спільна версія Microsoft Visual Studio. Крім того, власна операційна система Raspberry Pi має функції шифрування Bitlocker та «Безпечного завантаження», запозичені з настільної версії. Завдяки підтримці широтно-імпульсної модуляції (ШИМ) системне програмне забезпечення також можна використовувати для керування електродвигунами, серед іншого.

Microsoft самостійно піклується про будь-який подальший розвиток програмного забезпечення та пропонує численні навчальні відео, а також індивідуальну підтримку. Є можливість обмінюватися інформацією з іншими розробниками на форумі спільноти – Raspberry Pi має окремий розділ, серед інших. Як завантаження, так і використання програмного забезпечення Raspberry Pi є безкоштовним, але не можливо вносити жодних змін до ядра системи. Відповідний інсталяційний файл для вашої версії Raspberry можна знайти в центрі розробників. Для завантаження та подальшого встановлення на SD-карту вашого мінікомп'ютера (вручну або за допомогою NOOBS) потрібна актуальна версія Windows 10.

Таблиця 2.4 Перелік переваг та недоліків

Переваги	Недоліки
Безперебійне мережеве підключення пристроїв Інтернету речей	Власник
Спеціалізована підтримка Raspberry Pi	Потрібна актуальна версія Windows 10

## Core Ubuntu

Ubuntu [14] роками вважається найпопулярнішим дистрибутивом Linux : Ubuntu однаково добре підходить як операційна система для домашніх комп'ютерів та серверів, а також використовується, наприклад, на Міжнародній космічній станції та є центральним операційним блоком марсохода BYU. Програмне забезпечення, засноване на Debian та розроблене Canonical з 2004 року, характеризується головним чином своєю високою модифікацією та зручністю використання. Під назвою Ubuntu Core розробник опублікував варіант у 2014 році, який є мінімалістичною версією серверної версії, а також може використовуватися як операційна система Raspberry Pi. Подібний пакет вже був доступний з JeOS (Just Enough Operating System) починаючи з Ubuntu 8.04.

Ubuntu Core головним чином відрізняється від інших операційних систем Raspberry Pi тим, що кожен програмний пакет є окремим блоком («Snap») – навіть для ядра Linux. Критичні прогалини в безпеці, які в більшості випадків швидко виправляються завдяки автоматичним оновленням, зазвичай ставлять під загрозу лише окремі компоненти і рідко всю систему. Використовуючи посібники та навчальні посібники, є можливість навчитися програмувати власні snap-файли та ділитися ними зі спільнотою, якщо хочете взяти участь у розширенні програмного забезпечення Raspberry Pi. Якщо є проблеми, запитання або пропозиції щодо покращення, є можливість звернутися безпосередньо до Canonical або звернутися за допомогою на форумі спільноти. Інформацію про процес встановлення, для якого потрібен обліковий запис Ubuntu SSO, **SD-карта** та відповідний образ, можна знайти в розділі для

розробників Ubuntu (<https://developer.ubuntu.com/core/get-started/raspberry-pi-2-3>).

Таблиця 2.5 Перелік переваг та недоліків

Переваги	Недоліки
Регулярні оновлення програмного забезпечення	Снейпи потребують більше місця, ніж класичні програмні пакети, оскільки потрібно зберігати набагато більше бібліотек.
Функція відкату для всіх оновлень	

## RISC-OC

RISC OS [15], спочатку названа Arthur, — це операційна система, розроблена наприкінці 80-х років британською компанією Acorn для комп'ютера Archimedes на базі ARM. Відтоді RISC OS Open Limited (ROOL) відповідає за розробку програмного забезпечення, вихідний код якого знаходиться у вільному доступі з 2006 року. Власником є Castle Technology Ltd., і вони регулюють, серед іншого, продаж платної ліцензії на комерційне використання операційної системи. Оскільки вона була розроблена для використання на архітектурах ARM, RISC OS вже використовувалася на одноплатних комп'ютерах BeagleBoard та PandaBoard. З виходом Raspberry Pi вона швидко стала однією з найважливіших альтернатив Linux для роботи мінікомп'ютера.

Особливо у Великій Британії RISC OS має велику базу шанувальників завдяки своїй історії, яка спирається на можливості модульної системи. Для новачків, які не знайомі зі старими комп'ютерами Acorn, системна програма на перший погляд здається досить незвичною: RISC OS значною мірою спирається на технологію перетягування. Наприклад, файли не можна відкрити безпосередньо в програмі, а лише перетягнути їх з відповідного каталогу у вікно програми – незалежно від того, чи це програма для малювання, чи текстовий редактор. Щоб використовувати операційну систему для вашого Raspberry Pi, знадобиться образ, який можна завантажити з головної сторінки RISC OS та встановити на будь-яку SD-карту (мінімум 2 ГБ). У магазині ROOL також можна придбати карти з уже встановленою системою.

					ITC.4K1.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 2.6 Перелік переваг та недоліків

Переваги	Недоліки
Надзвичайно тонке ядро системи	Обмежена кількість активних розробників
Модульна структура забезпечує легке розширення	

### SARPi (Slackware ARM для Raspberry Pi)

Розроблений ще в 1993 році, Slackware є одним з найстаріших дистрибутивів Linux, який досі активно підтримується. Портування ARM, яке спочатку було доступне під назвою ARMedslack, а тепер відоме як **Slackware ARM**, також підходить як операційна система для Raspberry Pi. Проект SARPi ( **Slackware A RM** на **Raspberry Pi** ) допомагає зацікавленим сторонам встановлювати та налаштовувати систему. Для цього команда SARPi надала покрокові інструкції, а також **інсталяційні пакети та образи** для всіх версій Raspberry на офіційному сайті проекту. Також доступні для завантаження інші додаткові програмні пакети, такі як бібліотеки (BitTorrent, C++) або набір інструментів I2C.

Навіть після 20 років Slackware та його ARM-порт (з 2002 року) продовжують розвиватися. Встановлені компоненти забезпечують дистрибутиву, який регулярно розширюється новими пакетами, високий рівень **стабільності та безпеки**. Система керування пакетами (pkgtool) надає адміністратору ще більшу свободу: бібліотеки та інші програми, необхідні для функціональності програми, не встановлюються автоматично, а потребують ручного встановлення. Існує велика ймовірність, що пакети, які не містяться в дистрибутиві Raspberry Pi, можна знайти в репозиторії SlackBuilds.org [16]. Для встановлення файлу образу команда SARPi рекомендує **SD-карту об'ємом щонайменше 16 ГБ**. Додаткову інформацію про системне програмне забезпечення, а також підтримку можна знайти в онлайн-посібниках Slackware.

Таблиця 2.7 Перелік переваг та недоліків

Переваги	Недоліки
Нові пакети випускаються лише після ретельного тестування	Невелика громада
Максимальний контроль над встановленням та налаштуванням системи та програм	Високі вимоги до зберігання

### Arch Linux ARM

У 2009 році команди розробників PlugApps та ArchMobile розпочали роботу над портом **мінімалістичного дистрибутива Linux Arch Linux** для процесорів ARM. Приблизно через рік було випущено перше видання для систем ARMv5, а потім версії для ARMv6 (2012), ARMv7 (2011) та ARMv8 (2015). З цієї причини рішення з відкритим кодом, відоме сьогодні під назвою Arch Linux ARM, підходить як операційна система для Raspberry Pi. Порт переносить основну філософію Arch Linux на одноплатний комп'ютер, де користувач є центром уваги та має **повний контроль над системою та відповідальність за неї**, спираючись на струнку базову структуру. Оновлення операційної системи виконуються за **циклом випуску**: замість випуску величезних оновлень у встановлені моменти часу, розробник випускає безперервні та регулярні менші пакети.

Arch Linux ARM [17] спирається на **програму-пакет Расман**, яка була розроблена спеціально для оригінального дистрибутива. Починаючи з версії 4 (2011), менеджер програмного забезпечення також підтримує імпортовані пакети, щоб **можна було перевірити справжність завантажених пакетів**. Офіційні нові пакети від команди Arch Linux отримують свій **цифровий підпис** під час процесу створення, перед тим як залишити безпечне середовище розробки, щоб запобігти втручанню та забезпечити максимальну безпеку. Використовуючи одну команду «расmand-Syu», переконайтеся, що операційна система Raspberry Pi має найактуальніше оновлення. **Репозиторій спільноти користувачів Arch Linux (AUR)**, який містить програми, створені користувачами, можна використовувати для розширення діапазону пакетів.

Щоб встановити Arch Linux ARM, просто завантажте відповідний файл *tar.gz* для вашої версії Raspberry, а потім розпакуйте його на **відформатовану SD-карту** (мінімум 2 ГБ).

Таблиця 2.8 Перелік переваг та недоліків

Переваги	Недоліки
Безпечні та оперативні оновлення програмних пакетів	Складна конфігурація
Повний контроль над системою	Ризик нестабільності пакетів через короткі періоди тестування

## FreeBSD

Випущена в 1993 році як похідна від відомого дистрибутиву програмного забезпечення Berkeley (BSD), який вперше застосував підхід вільної операційної системи завдяки власній ліцензії BSD, FreeBSD (<https://www.freebsd.org/>) досі залишається одним з найважливіших проєктів з відкритим кодом. Близько 400 офіційно зареєстрованих розробників, а також тисячі інших учасників активно працюють над подальшим розвитком програмного забезпечення FreeBSD, яке характеризується своїми функціями безпеки та зберігання, а також першокласними мережевими можливостями. Завдяки підтримці архітектур ARMv6 та ARMv7, похідна BSD також може використовуватися як операційна система Raspberry Pi (1 та 2). У майбутньому третя версія мінікомп'ютера також має бути сумісною з поточною версією FreeBSD.

Завдяки своїм сильним сторонам у мережевій функціональності та стабільності, FreeBSD в основному використовується в серверному середовищі. Як користувач, ви також отримаєте вигоду від швидкості операційної системи, яка в першу чергу зумовлена підсистемою зберігання даних, яка була переглянута у версії 10.0. Завдяки добре документованому API, операційну систему Raspberry Pi можна оптимально модифікувати відповідно до індивідуальних потреб, а також розширювати власними програмними компонентами. У разі виникнення проблем або питань, різні форуми та блоги спільноти FreeBSD надають підтримку від інших користувачів та розробників.

Також існує постачальник, який пропонує комерційну підтримку системи. Щоб використовувати системне програмне забезпечення, необхідно створити завантажувальний образ та скопіювати його на SD-карту. Для цього доступний інструмент Crochet.[18]

Таблиця 2.9 Перелік переваг та недоліків

Переваги	Недоліки
Дуже швидкий, стабільний та ресурсоефективний	Поточна версія доступна лише для Raspberry Pi 3
Величезна, активна спільнота	

## RetroPie

Операційна система RetroPie [19], що за замовчуванням базується на Raspbian та різних інших програмних компонентах, перетворює ваш Raspberry Pi на ігрову консоль, на якій є можливість грати в улюблені консольні та класичні ігри для ПК. EmulationStation, написана на C++, дозволяє змінювати дизайн та макет інтерфейсу за допомогою готових тем. Програмне забезпечення RetroArch надає доступ до Libretro-API, за допомогою якого є можливість налаштувати керування різними емуляторами (доступно понад 50 систем) та додавати корисні функції за потреби. Завдяки Kodi, дистрибутив Raspberry Pi також надає власний медіацентр, який дозволяє відтворювати фільми або музику на мінікомп'ютері.

Щоб встановити RetroPie на ваш Raspberry Pi, у вас є два варіанти: або встановити окремі компоненти вручну на попередньо встановленій Raspbian або іншій операційній системі Debian, або отримати доступ до запропонованих файлів образів, розпакувати їх та скопіювати на SD-карту. Детальний посібник з встановлення та налаштування, а також найважливіші посилання для завантаження можна знайти в офіційному каталозі GitHub (<https://github.com/retropie/retropie-setup/wiki/First-Installation>) операційної системи Raspberry Pi. Якщо виникнуть проблеми з встановленням або подальшим запуском системи, то форум RetroPie зазвичай пропонує рішення: Тут є можливість знайти не лише загальні обговорення та повідомлення про

систему, але й розділ підтримки, де є можливість поспілкуватися з іншими користувачами RetroPie.

Таблиця 2.10 Перелік переваг та недоліків

Переваги	Недоліки
Швидкі реакції на нові релізи Raspberry Pi	Слабка документація окремих компонентів програмного забезпечення
Інтегрований медіацентр (Kodi)	Розширюваний варіант контролера

Таблиця 2.11 Загальна інформація по операційним системам

	Рік випуску	Розробник	На основі	Ідентифікаційна ознака
Arch Linux ARM	2010 рік	Проект Arch Linux	Arch Linux	Цикл ковзного випуску
FreeBSD	1993 рік	Проект FreeBSD	BSD	Першокласні мережеві та сховищні функції
Калі Лінукс	2013 рік	Наступальна безпека	Debian	Різні інструменти для ретельних перевірок безпеки
Rasbian	2012 рік	Майк Томпсон, Пітер Грін	Debian	Офіційна стандартна операційна система Raspberry Pi
РетроПі	2013 рік	Проект RetroPie	Raspbian	Різні емулятори ретро-консолей
RISC-OC	1989 рік	ROOL	Arthur	Операція перетягування
SARPi	2012 рік	Команда SARPi	Slackware ARM	Максимальний контроль над встановленням та налаштуванням
Core Ubuntu	2014 рік	Канонічний	Ubuntu	Функція відкату для всіх оновлень
Windows 10	2015 рік	Майкрософт	Windows 10	Власне (але безкоштовне)

## 2.5 Розгоратання Ubuntu

Найпростіший спосіб – використовувати Raspberry Pi Imager [20], який дозволяє вибрати образ Ubuntu під час прошивки SD-карти.

Якщо користуєтеся Ubuntu, відкрийте термінал і виконайте команду:

```
sudo snap install rpi-imager
```



Рис. 2.8 Розгортання Raspberry Pi

### Ubuntu 24.04.2 LTS

Найновіша версія Ubuntu LTS для настільних ПК та ноутбуків. LTS означає довгострокову підтримку, що означає п'ять років безкоштовних оновлень безпеки та обслуговування, продовжених до 12 років з Ubuntu Pro.

### Ubuntu 25.04

Найновіша версія операційної системи Ubuntu для настільних ПК та ноутбуків, Ubuntu 25.04, постачається з дев'ятьма місяцями оновлень безпеки та обслуговування, до січня 2026 року.

### Core Ubuntu 24

Незмінна, суворо обмежена операційна система, розроблена для розгортання сценаріїв використання Інтернету речей (IoT) з акцентом на безпеку та спрощене обслуговування, що підтримується до 2036 року.

### Підтримувані пристрої

Сертифіковані пристрої проходять тестування на надійність та продуктивність, що гарантує найкращий досвід роботи з Ubuntu одразу після встановлення. Версії Ubuntu LTS сертифіковані на вибраному обладнанні Raspberry Pi.

Таблиця 2.12 Пристрої Raspberry PI – сертифікація UBUNTU

		UBUNTU 24.04 LTS	UBUNTU 25.04	CORE UBUNTU 24
Raspberry Pi 5		Так, сертифіковано	Так	Так, сертифіковано
Raspberry Pi Zero 2 Вт		Так	Так	Так, сертифіковано
Raspberry Pi CM4		Так, сертифіковано	Так	Так, сертифіковано
Raspberry Pi 400		Так, сертифіковано	Так	Так, сертифіковано
Raspberry Pi 4		Так, сертифіковано	Так	Так, сертифіковано

Для встановлення нової версії UBUNTU – спочатку вставте microSD картку в комп'ютер. Включить живлення та натисніть клавішу «shift». З'явиться вікно завантаження. Оберіть пункт меню « CHOOSE OS ».



Рис. 2.9 Розгортання Raspberry PI

Прокрутка вниз меню натисніть « Інше » загального призначення ОС ».



Рис. 2.10 Розгортання Ubuntu

Тоді буде можливість до переглянути список з Ubuntu завантажень до вибрати від. Виберіть « Ubuntu 20.10 Desktop (Raspberry Pi 4)». Як зазначено в той/та/те зображення це тільки працює для той/та/те the Raspberry Pi 4 з 4 ГБ або 8 ГБ оперативної пам'яті.

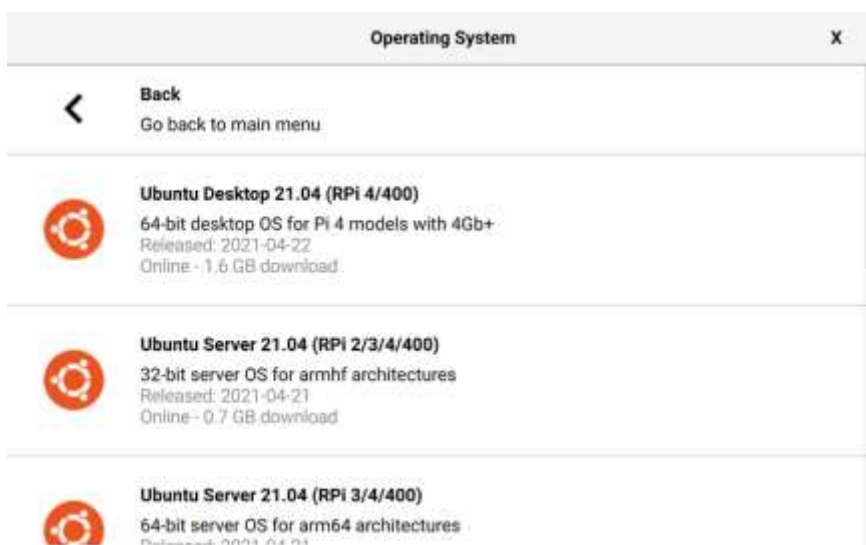


Рис. 2.11 Вибір версії Ubuntu

Виберіть Меню «SD Card ». Виберіть необхідний microSD картка, яку повинно бути вставленою, і натисніть кнопку « WRITE». Потім просто сидіти назад і чекати поки йде завантаження на налаштування та завантаження Робочого столу

Спочатку встановіть свою мову :



Рис. 2.12 Налаштування мови версії Ubuntu

Тоді виберіть макет клавіатури. Для Британський проти Американець клавіатури ти може використання клавіші '@' та '“' щоб перевірити що вони є в необхідному місті клавіатури.



Рис. 2.12 Налаштування клавіатури Ubuntu

Оберіть собі часовий пояс та правильний час і також чи є зміна для періоду – літо:



Рис. 2.13 Налаштування часу Ubuntu

Введіть набір для ROOT користувача і встановіть пароль



Рис. 2.14 Налаштування головного користувача Ubuntu

І нарешті чекайте завантаження та інсталювання компонентів Ubuntu  
Робочий стіл :

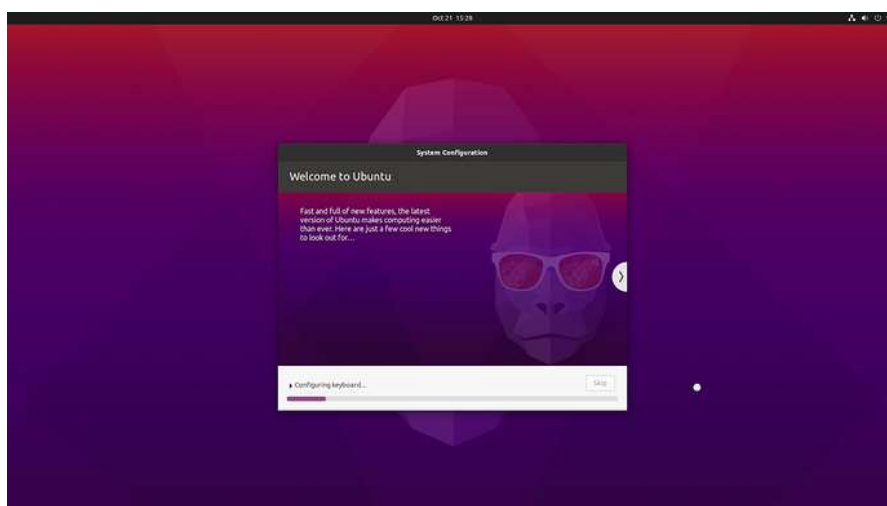


Рис. 2.15 Завершення інсталяції Ubuntu

## Висновки до розділу

У другому розділі було проведено опис Raspberry PI, Загальний огляд RASPBERRY PI, його апаратне забезпечення для різноманітних серій (флагманська серія, серія клавіатур, серія zero та compute module та мікроконтролери пісо). Виконано порівняльна характеристика нової raspberry pi 5 з базовою raspberry pi 4, огляд операційних систем для RASPBERRY PI, наведено ґрунтовний опис розгортання операційної системи Ubuntu

## РОЗДІЛ 3 ВІДДАЛЕНИЙ ДОСТУП

### 3.1 Вступ до віддаленого доступу

Іноді потрібно отримати доступ до Raspberry Pi, не підключаючи його до монітора, клавіатури та миші. Можливо, Raspberry Pi вбудований у робота або встановлений у незручному місці. Або, можливо, у вас немає запасного монітора [21].

#### Віддалене керування через локальну мережу

Щоб дистанційно керувати Raspberry Pi з іншого пристрою у вашій локальній мережі, скористайтеся однією з наступних служб:

- SSH
- VNC
- Raspberry Pi Connect

SSH ( **Secure Shell** ) забезпечує безпечний доступ до термінального сеансу на вашому Raspberry Pi. VNC ( **Virtual Network Computing** ) забезпечує безпечний доступ до спільного доступу до екрана робочого столу на Raspberry Pi. Все, що потрібно, це інший комп'ютер, локальна мережа та локальна IP-адреса вашого Raspberry Pi. Raspberry Pi Connect безпечно надає доступ до екрана вашого Raspberry Pi без необхідності визначення вашої локальної IP-адреси.

Щоб знайти локальну IP-адресу вашого Raspberry Pi, скористайтеся одним із наведених нижче методів.

#### Налаштування локальної IP-адреси

#### Робочий стіл – знайти локальну IP-адресу

					<b>ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Тітов Е.І.			<b>Вступ</b>			
Керівник		Могильний Г.А.						
Реценз.		Козуб Ю.Г.						
Н. Контр.								
Зав. каф.		Семенов М.А.						
						<b>Лім.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Акрушів</b>
							3	3
					<b>ЛНУ</b>			
					<b>Кафедра ІТС, Гр.4КІ</b>			

Наведіть курсор на значок мережі в системному треї, і з’явиться підказка. Ця підказка відображає назву мережі, до якої зараз підключені, та вашу IP-адресу.

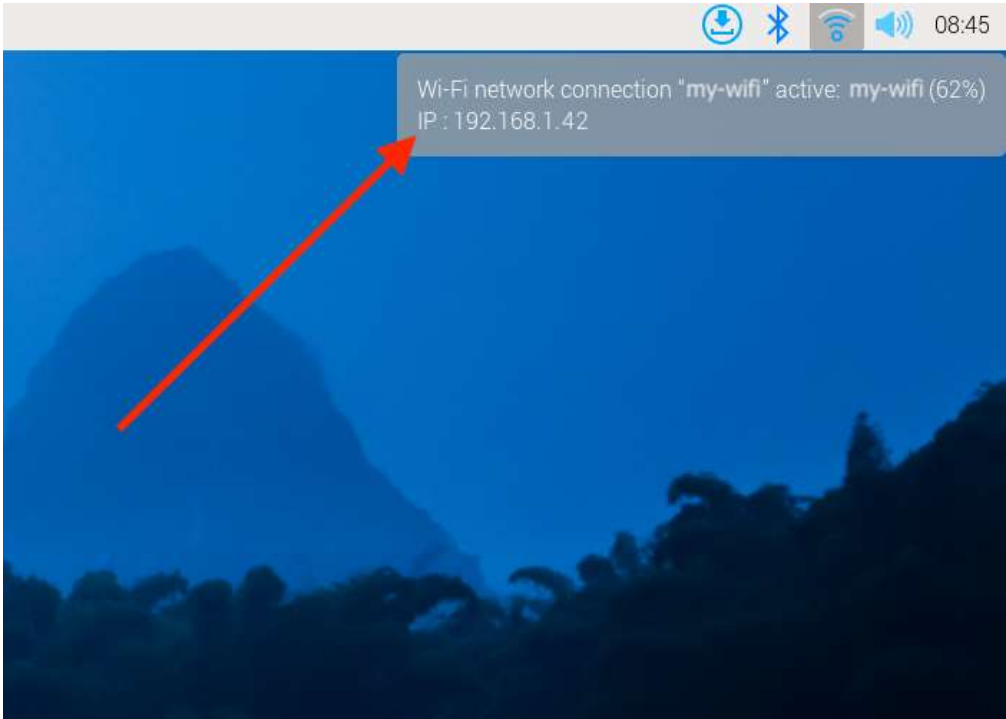


Рис. 3.1 Знайти локальну IP-адресу

### Командний рядок – знайти локальну IP-адресу

Виконайте таку команду, щоб вивести вашу локальну IP-адресу в командний рядок:

```
$ hostname -I
```

Якщо використовуєте дисплей з Raspberry Pi та завантажуєтесь з командного рядка замість робочого столу, послідовність завантаження містить вашу IP-адресу як одне з кількох останніх повідомлень перед запитом на вхід.

### Менеджер мережі – знайти локальну IP-адресу

Є можливість скористатися вбудованим інтерфейсом командного рядка Network Manager (nmcli) для доступу до відомостей про вашу мережу. Виконайте таку команду:

```
$ nmcli device show
```

В результаті – повинні побачити результат, подібний до наступного:

```
GENERAL.DEVICE: wlan0
```

```

GENERAL.TYPE:                wifi
GENERAL.HWADDR:              D0:3B:FF:41:AB:8A
GENERAL.MTU:                 1500
GENERAL.STATE:               100 (connected)
GENERAL.CONNECTION:          exampleNetworkName
GENERAL.CON-PATH:            /org/freedesktop/NetworkManager/ActiveConnection/2

IP4.ADDRESS[1]:              192.168.1.42/24
IP4.GATEWAY:                 192.168.1.1
IP4.ROUTE[1]:                dst = 192.168.1.0/24, nh =
                                0.0.0.0, mt = 600
IP4.ROUTE[2]:                dst = 0.0.0.0/0, nh =
                                192.168.1.1, mt = 600
IP4.DNS[1]:                 192.168.1.3
IP6.ADDRESS[1]:              ab80::11ab:b1fc:bb7e:a8a5/64
IP6.GATEWAY:                 --
IP6.ROUTE[1]:                dst = ab80::/64, nh = ::,
                                mt = 1024

GENERAL.DEVICE:              lo
GENERAL.TYPE:                loopback
GENERAL.HWADDR:              00:00:00:00:00:00
GENERAL.MTU:                 65536
GENERAL.STATE:               100 (connected
                                (externally))
GENERAL.CONNECTION:          lo
GENERAL.CON-PATH:            /org/freedesktop/NetworkManager/ActiveConnection/1

IP4.ADDRESS[1]:              127.0.0.1/8
IP4.GATEWAY:                 --
IP6.ADDRESS[1]:              ::1/128
IP6.GATEWAY:                 --

GENERAL.DEVICE:              p2p-dev-wlan0
GENERAL.TYPE:                wifi-p2p
GENERAL.HWADDR:              (unknown)
GENERAL.MTU:                 0
GENERAL.STATE:               30 (disconnected)
GENERAL.CONNECTION:          --
GENERAL.CON-PATH:            --

GENERAL.DEVICE:              eth0
GENERAL.TYPE:                ethernet
GENERAL.HWADDR:              D0:3B:FF:41:AB:89
GENERAL.MTU:                 1500
GENERAL.STATE:               20 (unavailable)
GENERAL.CONNECTION:          --
GENERAL.CON-PATH:            --
WIRED-PROPERTIES.CARRIER:   off
IP4.GATEWAY:                 --
IP6.GATEWAY:                 --

```

					ITC.4KI.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Ця команда виводить інформацію про різні мережеві інтерфейси, доступні на вашому Raspberry Pi. Перевірте GENERAL.TYPE рядок, щоб побачити, який тип мережевого інтерфейсу описує кожен блок. Наприклад, «ethernet» – це порт Ethernet на вашому пристрої, а «wifi» – це чіп Wi-Fi, вбудований у деякі пристрої. Необхідно переглянути різні блоки виводу, щоб знайти свою IP-адресу залежно від способу доступу вашого пристрою до Інтернету:

- якщо пристрій підключається до інтернету за допомогою Wi-Fi, перевірте блок «Wi-Fi»
- Якщо пристрій підключається до Інтернету через порт Ethernet, перевірте блок «ethernet»

Після того, як визначено правильний блок мережевого інтерфейсу, знайдіть поле з назвою IP4.ADDRESS[1] для IPv4-адреси або IP6.ADDRESS[1] IPv6-адреси. Є можливість ігнорувати скінсу ризику та число (наприклад, /24) у цих полях.

У наведеному вище прикладі Raspberry Pi використовує Wi-Fi для доступу до Інтернету. Перевірте блок, де в GENERAL.TYPE полі написано «wifi», щоб знайти IP-адресу. У цьому випадку є можливість отримати доступ до цього пристрою, використовуючи IPv4-адресу в IP4.ADDRESS[1] полі 192.168.1.42.

### Знайти пристрої за допомогою nmap

Команда Network Mapper ( nmap) – це безкоштовний інструмент з відкритим кодом для виявлення мережі. Він доступний для Linux, macOS та Windows.

- Щоб встановити на **Linux**, встановіть nmap пакет, наприклад apt install nmap,.
- Щоб встановити на **macOS** або **Windows**, перегляньте сторінку завантаження nmap.org.

Щоб nmap мав можливість сканувати пристрої у мережі, потрібно знати підмережу, до якої сторено підключення. Спочатку знайдіть локальну IP-адресу комп'ютера, який використовуєте:

- У **Linux** введіть `hostname -I` у вікно терміналу
- У **macOS** перейдіть до розділу «Системні налаштування» > «Мережа», виберіть активне мережеве підключення, а потім натисніть кнопку «Деталі...»
- У **Windows** перейдіть до Панелі керування, потім у розділі «Центр мережних підключень і спільного доступу» натисніть «Перегляд мережевих підключень», виберіть активне мережеве підключення та натисніть «Переглянути стан цього підключення».

Далі проскануйте всю **підмережу** на наявність інших пристроїв. Більшість локальних мереж використовують IPv4, який використовує чотири числа зі значеннями від 1 до 255 для кожної IP-адреси. Пристрої у вашій підмережі використовують однакові перші три цифри. Наприклад, якщо ваша IP-адреса 192.168.1.5, інші пристрої використовуватимуть адреси типу 192.168.1.2, 192.168.1.6 та 192.168.1.200. Щоб просканувати цю підмережу за допомогою `nmap`, передайте рядок `192.168.1.0/24`, який охоплює діапазон підмережі, 192.168.1.0 до 192.168.1.255. Використовуйте `-sn` прапорець, щоб запустити **сканування ping** для всього діапазону підмережі:

```
sudo nmap -sn 192.168.1.0/24
```

Для кожного пристрою, який відповідає на запит ping, у результатах відображається ім'я хоста та IP-адреса наступним чином:

```
Starting Nmap 6.40 ( http://nmap.org ) at 2014-03-10 12:46 GMT
Nmap scan report for hpprinter (192.168.1.2)
Host is up (0.00044s latency).
Nmap scan report for Gordons-MBP (192.168.1.4)
Host is up (0.0010s latency).
Nmap scan report for ubuntu (192.168.1.5)
Host is up (0.0010s latency).
Nmap scan report for raspberrypi (192.168.1.8)
Host is up (0.0030s latency).
Nmap done: 256 IP addresses (4 hosts up) scanned in 2.41 seconds
```

## Створення ідентифікатора Raspberry Pi для використання у Raspberry Pi Connect

Щоб користуватися сервісами Raspberry Pi, спочатку потрібно створити ідентифікатор Raspberry Pi.( <https://id.raspberrypi.com/>)

У браузері перейдіть на сторінку [id.raspberrypi.com](https://id.raspberrypi.com).

Введіть електронну адресу та пароль. Натисніть кнопку «Зареєструватися», щоб створити обліковий запис.

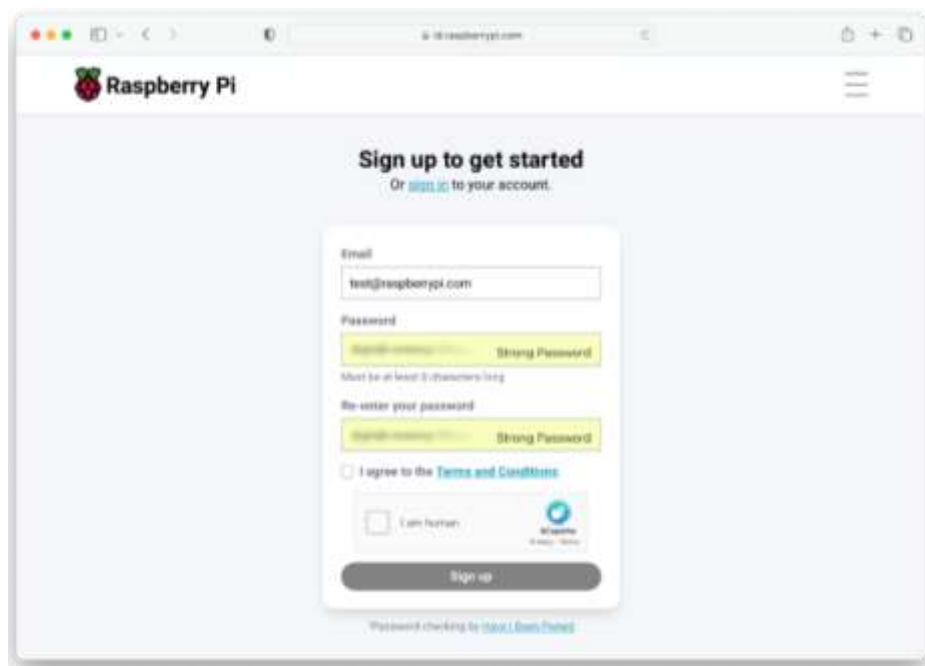


Рис. 3.2 Створення ідентифікатора Raspberry Pi

Після створення облікового запису отримаєте електронний лист із підтвердженням.

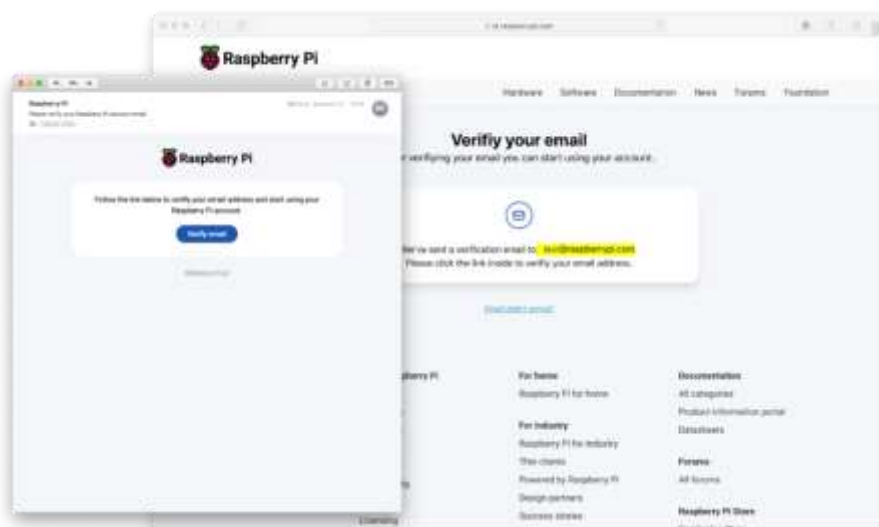


Рис. 3.3 Підтвердження ідентифікатора Raspberry Pi

Натисніть кнопку «Підтвердити електронну адресу» в електронному листі, щоб підтвердити свою адресу електронної пошти та завершити створення облікового запису.

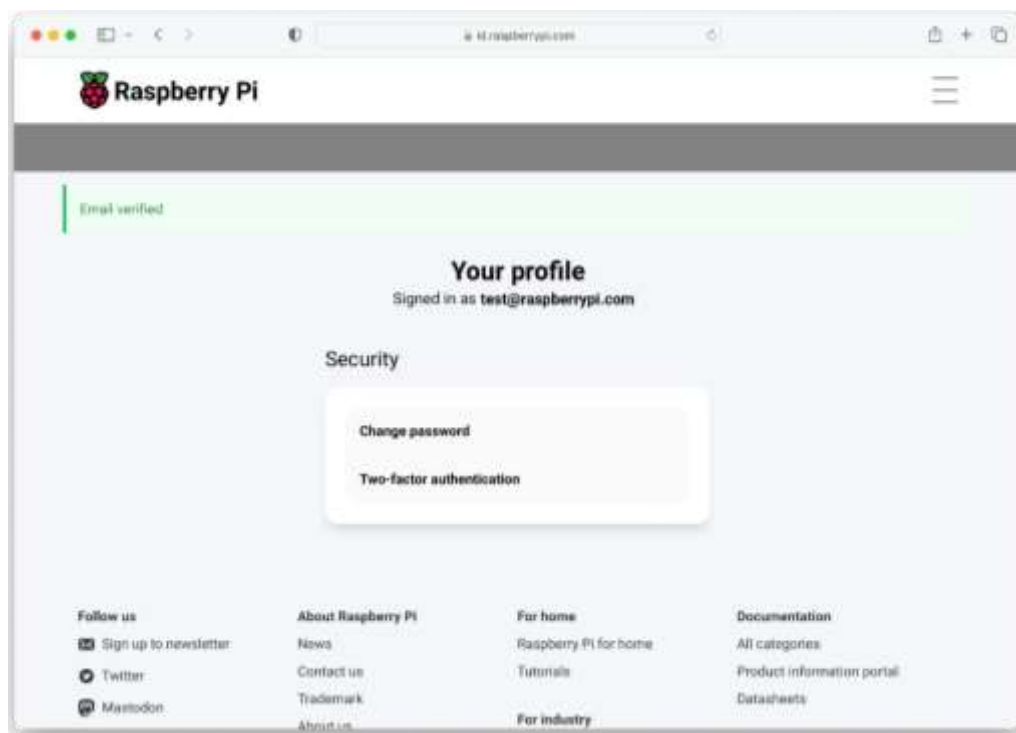


Рис. 3.4 Профіль ідентифікатора Raspberry Pi

Після створення ідентифікатора Raspberry Pi є можливість увійти до сервісів Raspberry Pi за допомогою кнопки «Увійти за допомогою ідентифікатора Raspberry Pi».

### 3.2 Інтеграція списку користувачів з інформаційною системою

Одна з багатьох можливостей отримати доступ до терміналу Raspberry Pi віддалено з іншого комп'ютера з виростанням єдиного, встановленого у інституті математики та інформаційних технологій імені користувача та відповідного паролю – це включення даного мікрокомп'ютеру до домену Microsoft AD

Встановлено, що для цього слід виконати декілька додаткових налаштувань. Слід відзначити, що у останніх версіях операційної системи

Ubuntu (24та 25) працює доволі стабільно. Всі налаштування необхідно виконати від імені користувача SUDO.

Перевести комп’ютер на статичну адресу (рис. 3.5 та 3.6)

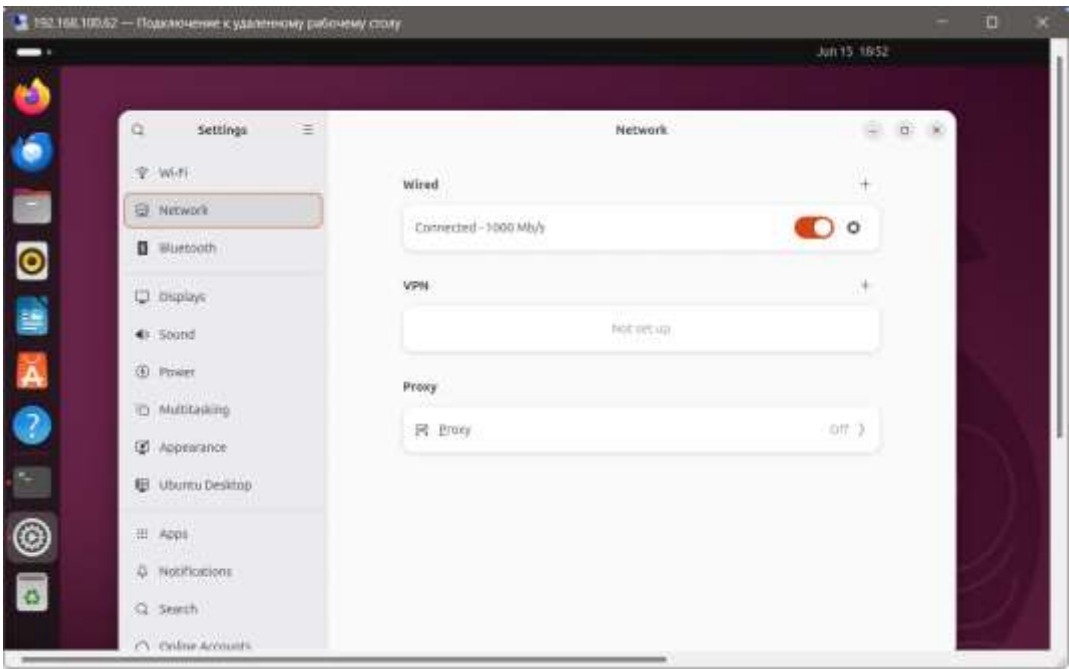


Рис. 3.5 Вікно налаштувань мережі

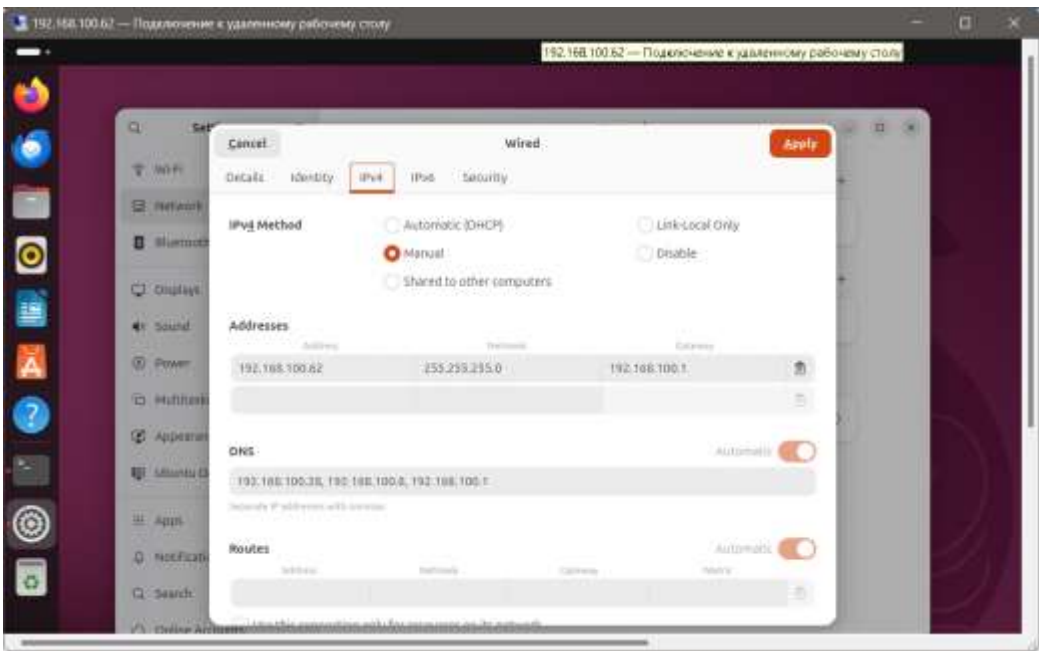


Рис. 3.6 Налаштування статичної IP адреси

Необхідно налаштувати ім’я комп’ютеру у файлі (рис.3.7)

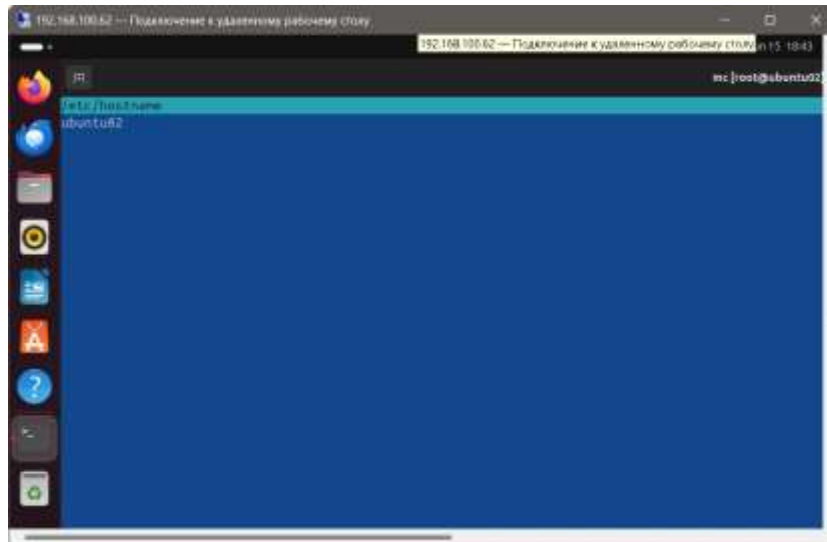


Рис. 3.7 Налаштування імені комп'ютеру

Додати DNS основних інформаційних ресурси до файлу (рис. 3.8)

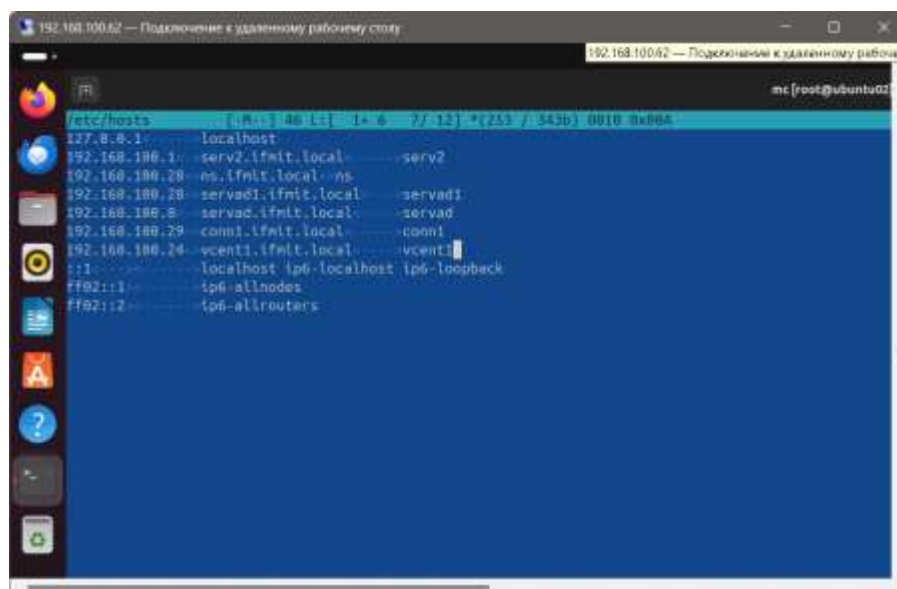


Рис. 3.8 Налаштування DNS для основних ресурсів

Встановити додаткові системні пакети до операційної системи за допомогою наступної команди

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
sudo apt-get install realmd sssd oddjob oddjob-mkhomedir adcli
samba-common
```

Перевірити можливість інтеграції з доменом за допомогою команди

```
sudo realm -v discover < ім'я домену>
```

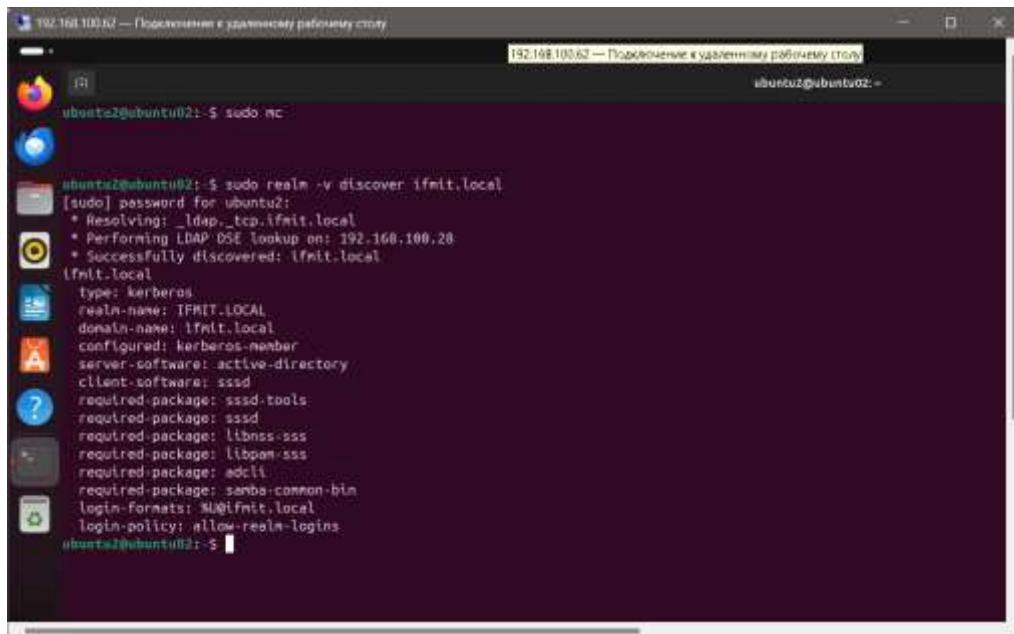


Рис. 3.9 Перевірка налаштувань для підключення до домену

### Провести інтеграцію до домену IFMIT

```
sudo realm join -v -U <ім'я_адміну_домену> ifmit.local
```

### Скоригувати процедуру аутентифікації до комп'ютеру

```
sudo pam-auth-update
```

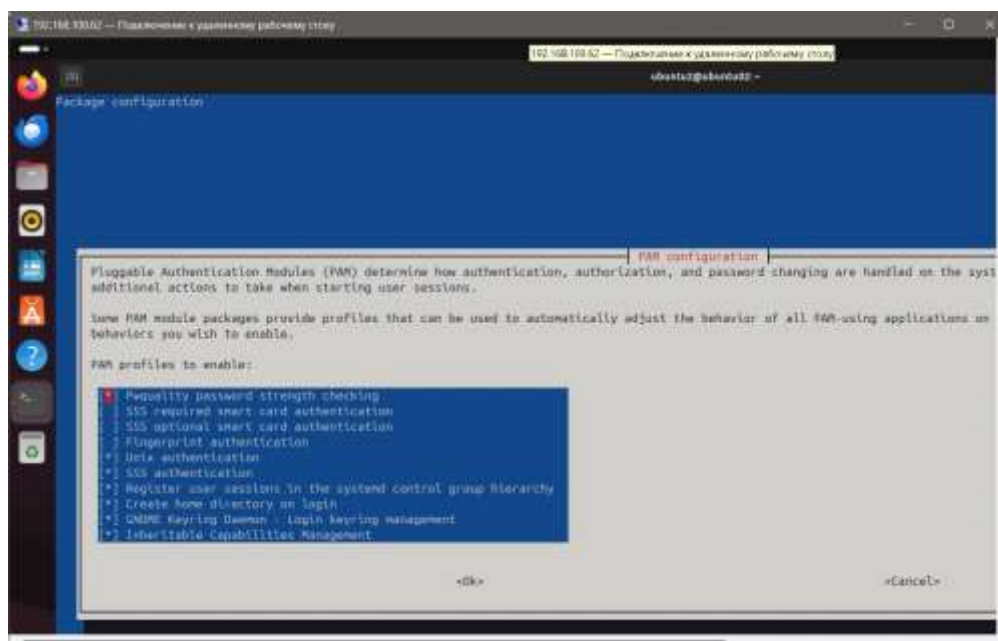


Рис. 3.10 PAM configurator

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ

Арк.

66

Перевірити, що операційна система «бачить» користувачів домену

```
getent passwd stud1@ifmit.local
```

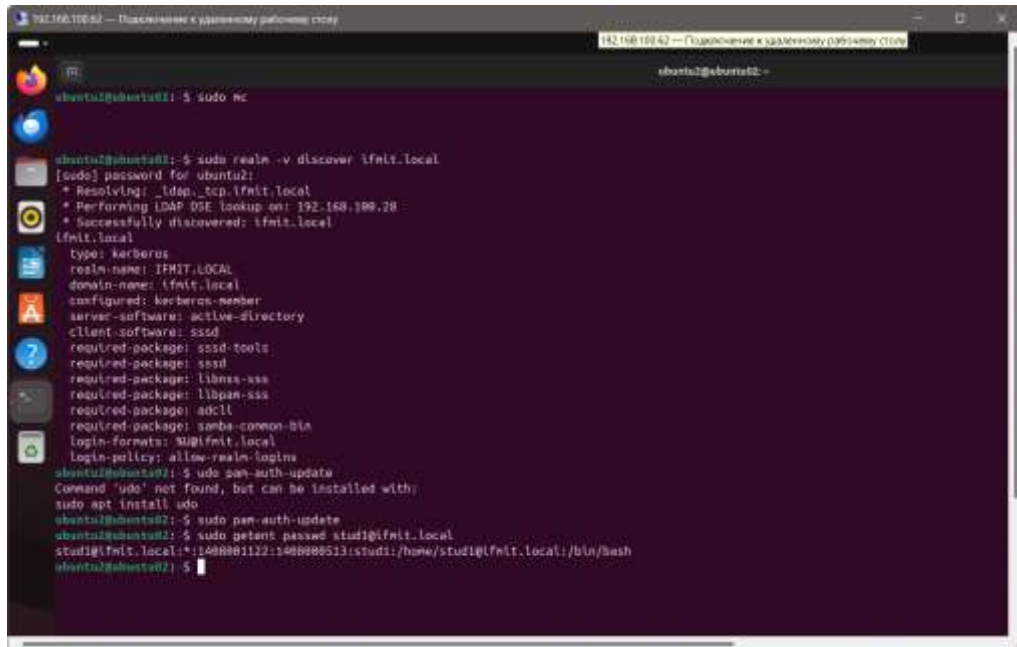


Рис. 3.11 Перевірка результатів підключення до домену Ms AD

Перезавантажити комп'ютер за допомогою команди

```
sudo reboot
```

### 3.3 Доступ до віддаленого терміналу через SSH

Одна з багатьох можливостей отримати доступ до терміналу Raspberry Pi віддалено з іншого комп'ютера в тій самій мережі за допомогою протоколу SecureShell (SSH).

Увімкнути SSH-сервер

За замовчуванням, Raspberry Pi OS вимикає SSH-сервер. Увімкніть SSH одним із наведених нижче способів:

1. Створіть порожній файл з назвою `ssh` в розділі завантаження:

```
$ sudo touch /boot/firmware/ssh
```

2. Перезавантажте машину:

```
$ sudo reboot
```

## Підключення до SSH-сервера

Відкрийте вікно терміналу на комп'ютері та введіть таку команду, замінивши `<ip address>` тимчасове поле IP-адресою Raspberry Pi, до якого намагаєтеся підключитися, та `<username>` своїм ім'ям користувача:

```
$ ssh <username>@<ip address>
```

Коли з'єднання запрацює, ви побачите попередження безпеки. Введіть код `yes`, щоб продовжити. Ви побачите це попередження лише під час першого підключення.

Введіть пароль свого облікового запису, коли буде запропоновано.

Тепер необхідно побачити командний рядок Raspberry Pi:

```
<username>@<hostname> ~ $
```

Тепер створено підключення до Raspberry Pi віддалено та можете виконувати команди.

## Пересилання X11 через SSH

Враховуйте, що на Raspberry Pi 4 та 5, Raspberry Pi OS Bookworm за замовчуванням використовує віконний сервер Wayland. Мається можливість переадресовувати X11, лише якщо використовуєте сервер X Window. Щоб увімкнути переадресацію вікон через X11, перемкніть робочий стіл на сервер X Window у конфігурації Raspberry Pi. X11 більше не встановлюється за замовчуванням у багатьох середовищах робочого столу. Встановіть сторонній X-сервер, такий як XQuartz, щоб використовувати переадресацію X11. X11 дозволяє роботу графічних програм через SSH. Передайте `-Y` прапорець для переадресації X-сеансу через SSH:

```
ssh -Y <username>@<ip address>
```

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Після автентифікації з'явиться командний рядок, як завжди. Однак також є можливість відкрити графічні вікна, які X-сервер може відобразити для користувача. Наприклад, введіть таку команду, щоб запустити вікно Geany :

```
geany &
```

### Налаштування SSH без пароля

Щоб отримати віддалений доступ до Raspberry Pi без введення пароля під час кожного підключення, використовуйте пару ключів SSH.

Щоб перевірити наявність відкритого ключа SSH на комп'ютері, який ви використовуєте для віддаленого підключення до Raspberry Pi, виконайте таку команду:

```
$ ls ~/.ssh
```

Якщо є файли з іменами `id_ed25519.pub`, `id_rsa.pub` або `id_dsa.pub`, у вас вже є ключ SSH. Попустіть генерацію пари ключів SSH

Щоб згенерувати нову пару ключів SSH, введіть таку команду:

```
ssh-keygen
```

Коли вас запитують, де зберегти ключ, натисніть Enter , щоб використати розташування за замовчуванням, `~/.ssh/id_rsa`.

Коли буде запропоновано ввести необов'язкову ключову фразу, натисніть Enter , щоб не використовувати жодної ключової фрази.

Виконайте таку команду, щоб перевірити вміст каталогу `.ssh`:

```
ls ~/.ssh
```

В результаті, повинні побачити файли `id_rsa` та `id_rsa.pub`:

```
authorized_keys  id_rsa  id_rsa.pub  known_hosts
```

Файл `id_rsa` містить закритий ключ. Зберігайте його безпечно на комп'ютері, який використовуєте для віддаленого підключення до Raspberry Pi.

Файл `id_rsa.pub` містить відкритий ключ. Необхідно поділитися цим ключем зі своїм Raspberry Pi. Коли підключитеся до Raspberry Pi віддалено, він використовуватиме цей ключ для перевірки вашої особи

Запустіть SSH-агент:

```
eval "$(ssh-agent -s)"
```

Далі додайте свої ключові ідентифікатори `ssh-agent` за допомогою наступної команди:

```
ssh-add ~/.ssh/id_rsa
```

Спочатку на вашому Raspberry Pi створіть каталог, де Linux очікує знайти ключі:

```
mkdir .ssh
```

Потім налаштуйте відповідні дозволи для `.ssh` каталогу:

```
chmod 700 .ssh
```

На вашому звичайному комп'ютері скопіюйте `scp` свій відкритий ключ до файлу з назвою `.ssh/authorized_keys` на вашому Raspberry Pi:

```
scp .ssh/id_rsa.pub <username>@<ip address>:.ssh/authorized_keys
```

Однак слід врахувати, що у наведеній вище команді припускається, що користувач ніколи раніше не авторизували жодних ключів для доступу до вашого Raspberry Pi. Якщо користувачі раніше додали хоча б один ключ, слід додати новий рядок із відкритим ключем у кінець файлу, `authorized_keys` щоб зберегти ваші існуючі ключі.

Коли з'явиться запит, введіть пароль для свого облікового запису користувача на Raspberry Pi.

Потім на вашому Raspberry Pi налаштуйте дозволи для `authorized_keys` файлу:

```
chmod 644 .ssh/authorized_keys
```

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Тепер є можливість підключитися до Raspberry Pi без введення пароля.

### 3.4 Спільний доступ до екрана за допомогою VNC

Іноді фізично працювати з пристроєм незручно. Віртуальні мережеві обчислення (VNC) дозволяють керувати робочим столом одного пристрою з іншого.

VNC залежить від клієнта та сервера. Клієнт працює на пристрої, з яким користувач може фізично взаємодіяти, такому як персональний ноутбук, настільний комп'ютер, планшет або телефон. Сервер працює на вашому Raspberry Pi. Коли користувач використовує VNC, клієнт передає події клавіатури та миші на сервер. Сервер виконує ці події на вашому Raspberry Pi та повертає оновлення екрана клієнту.

VNC-клієнт відображає робочий стіл Raspberry Pi у вікні. Є можливість взаємодіяти з робочим столом так, ніби працюєте на самому Raspberry Pi. Raspberry Pi OS включає wayvnc . Це забезпечує VNC-сервер, який можна ввімкнути в налаштуваннях вашого пристрою. Перш ніж користувач зможе використовувати VNC на Raspberry Pi, потрібно ввімкнути VNC-сервер.

Щоб використовувати VNC необхідно:

Ubuntu 20.04 з користувачем-адміністратором без прав root та брандмауером, налаштованим за допомогою UFW.

Локальний комп'ютер із встановленим VNC-клієнтом. VNC-клієнт, який використовуєте, повинен підтримувати з'єднання через SSH-тунелі:

- У Windows – можете використовувати в якості клієнтів TightVNC , RealVNC  
([https://www.realvnc.com/en/?lai\\_vid=pX1W4m1GdFEp1&lai\\_sr=15-19&lai\\_sl=1](https://www.realvnc.com/en/?lai_vid=pX1W4m1GdFEp1&lai_sr=15-19&lai_sl=1)) або UltraVNC .

- У macOS – можете використовувати вбудовану програму для спільного використання екрана або кросплатформний додаток, такий як RealVNC .
- У Linux – можете вибрати один з багатьох варіантів, включаючи vinagre , krdc , RealVNC або TightVNC .

## Встановлення середовища робочого столу та VNC-сервера

За замовчуванням Ubuntu не постачається з встановленим графічним середовищем робочого столу або VNC-сервером, тому почнете з їх встановлення.

У вас є багато варіантів вибору VNC-сервера та середовища робочого столу. У роботі розглянуто пакети для останнього середовища робочого столу Xfce та пакет TightVNC, доступний з офіційного репозиторію Ubuntu. Як Xfce, так і TightVNC відомі своєю легкістю та швидкістю, що допоможе забезпечити безперебійне та стабільне VNC-з'єднання навіть за повільніших інтернет-з'єднань.

Після підключення до сервера через SSH або з консолі оновіть список пакетів:

```
sudo apt update
sudo apt upgrade
```

Тепер встановіть Xfce разом з xfce4-goodies пакетом, який містить кілька покращень для робочого середовища:

```
sudo apt install xfce4 xfce4-goodies
```

Під час встановлення може бути запропоновано вибрати менеджер дисплеїв за замовчуванням для Xfce. Менеджер дисплеїв – це програма, яка дозволяє вибрати та увійти до середовища робочого столу через графічний інтерфейс. Користувач використовуватимете Xfce лише під час підключення до клієнта VNC, і в цих сеансах Xfce вже буде увійшли в систему як користувач Ubuntu без прав root.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Після завершення встановлення встановіть сервер TightVNC:

```
sudo apt install tightvncserver
```

Далі виконайте `vncserver` команду для встановлення пароля доступу до VNC, створення початкових файлів конфігурації та запуску екземпляра VNC-сервера:

```
vncserver
```

Буде запропоновано ввести та підтвердити пароль для віддаленого доступу до вашого комп'ютера:

```
Output
You will require a password to access your desktops.

Password:
Verify:
```

Пароль має містити від шести до восьми символів. Паролі довжиною більше 8 символів будуть автоматично скорочені.

Після підтвердження пароля у вас буде можливість створити пароль лише для перегляду. Користувачі, які ввійдуть у систему з паролем лише для перегляду, не зможуть керувати екземпляром VNC за допомогою миші чи клавіатури. Це корисна опція, якщо хочете продемонструвати щось іншим людям, які використовують ваш VNC-сервер, але це не обов'язково.

Потім процес створює необхідні файли конфігурації за замовчуванням та інформацію про підключення для сервера. Крім того, він запускає екземпляр сервера за замовчуванням на порту 5901. Цей порт називається дисплейним портом, і VNC позначає його як :1. VNC може запускати кілька екземплярів на інших дисплейних портах, :2 посилаючись на порт 5902, :3 посилаючись на 5903 тощо:

```
Output
Would you like to enter a view-only password (y/n)? n
xauth:  file /home/sammy/.Xauthority does not exist

New 'X' desktop is your_hostname:1
```

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

```
Creating default startup script /home/sammy/.vnc/xstartup
Starting applications specified in /home/sammy/.vnc/xstartup
Log file is /home/sammy/.vnc/your_hostname:1.log
```

Зверніть увагу, що якщо користувач коли-небудь захочете змінити свій пароль або додати пароль лише для перегляду, можете зробити це за допомогою `vncpasswd` команди:

`vncpasswd`

На цьому етапі VNC-сервер встановлено та запущено. Тепер налаштуємо його для запуску Xfce та надання доступу до сервера через графічний інтерфейс.

Для використання VNC необхідно встановити клієнта [24], наприклад VNCREAL. Після завантаження та інсталювання з'явиться піктограма (рис.3.??). Вікно з програми наведено на рис.3.12

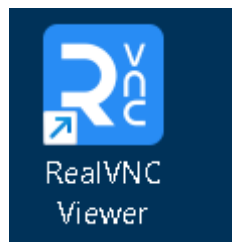


Рис. 3.12 Піктограма програми

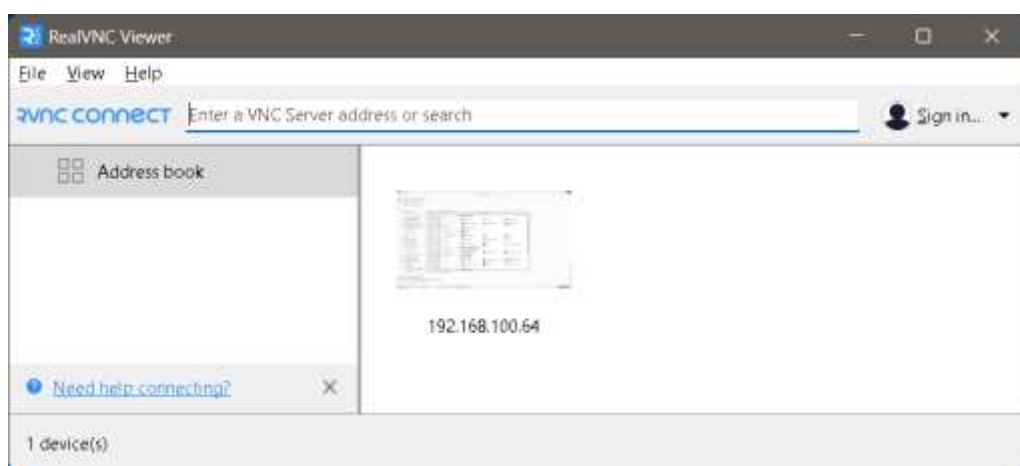


Рис. 3.13 Програми RealVNC

### 3.5 Спільний доступ за допомогою Raspberry Pi Connect

#### Загальний огляд

У даному підрозділі розглянуто вимоги до впровадження додаткового системного програмного додатку для реалізації функції віддалено використання мікрокомп'ютерів, описано процеси розгортання, інтерфейс користувача.

Raspberry Pi Connect забезпечує безпечний доступ до вашого Raspberry Pi з будь-якої точки світу.

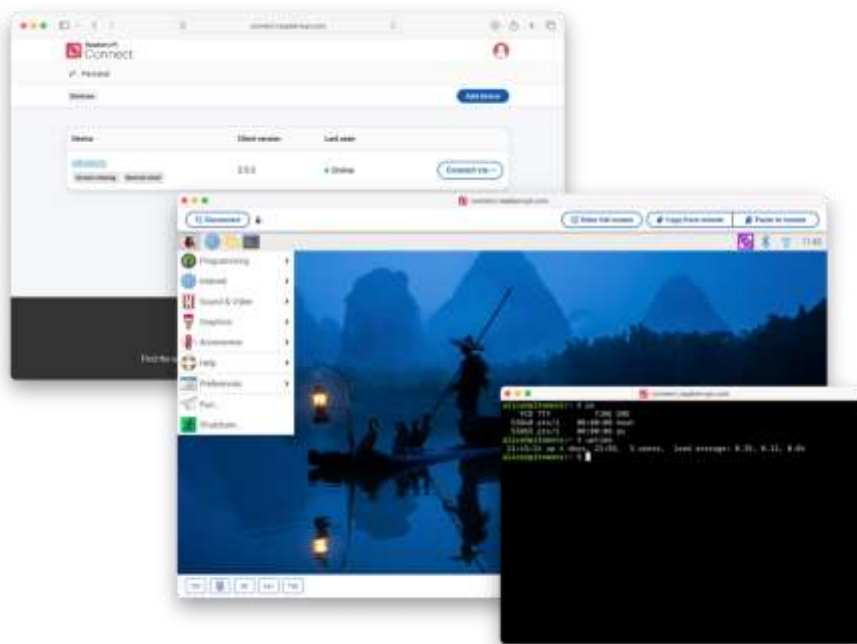


Рис. 3.14 Raspberry Pi Connect

Щоб використовувати Connect, встановіть програмне забезпечення Connect та підключіть свій пристрій до облікового запису на Raspberry Pi. Потім відвідайте [connect.raspberrypi.com](https://connect.raspberrypi.com), щоб отримати доступ до робочого столу або оболонки, що працює на Raspberry Pi, у вікні браузера.

Connect використовує безпечне, зашифроване з'єднання. За замовчуванням Connect взаємодіє безпосередньо між вашим Raspberry Pi та вашим браузером. Однак, коли Connect не може встановити пряме з'єднання між вашим Raspberry Pi та вашим браузером, ми використовуємо ретрансляційний сервер. У таких випадках Raspberry Pi зберігає лише метадані, необхідні для роботи Connect. Слід врахувати, щоб використовувати Connect, ваш Raspberry

Pi повинен працювати під керуванням Raspberry Pi OS Bookworm або пізнішої версії

### Встановлення

Якщо Connect ще не встановлено у вашій версії Raspberry Pi OS, відкрийте вікно терміналу. Виконайте таку команду, щоб оновити систему та пакети:

```
$ sudo apt update  
$ sudo apt full-upgrade
```

Виконайте таку команду на вашому Raspberry Pi, щоб встановити Connect:

```
$ sudo apt install rpi-connect
```

Ви також можете встановити Connect із застосунку «Рекомендоване програмне забезпечення».

Після встановлення `rpi-connect` запустить Connect для поточного користувача за допомогою інтерфейсу командного рядка:

```
$ rpi-connect on
```

Або ж натисніть значок «Підключення» в рядку меню, щоб відкрити випадаюче меню, і виберіть « Увімкнути підключення Raspberry Pi » :



Рис. 3.15 Увімкнення підключення

## Підключіть Lite

Ми розповсюджуємо альтернативний **Lite**- варіант Connect, який підтримує лише віддалений доступ до оболонки, без можливості спільного доступу до екрана.

Виконайте таку команду на вашому Raspberry Pi, щоб встановити Connect Lite:

```
$ sudo apt install rpi-connect-lite
```

Після встановлення `rpi-connect` запустіть Connect для поточного користувача за допомогою інтерфейсу командного рядка:

```
$ rpi-connect on
```

Увімкніть функцію `Enable user-lingering`, щоб зробити ваш пристрій доступним, навіть якщо ви не увійшли в обліковий запис користувача.

## Ручний запуск та зупинка Connect

Щоб запустити Connect з командного рядка, виконайте таку команду:

```
$ rpi-connect on
```

Щоб зупинити Connect, виконайте таку команду:

```
$ rpi-connect off
```

## Підключіть пристрій Raspberry Pi до облікового запису Connect

Тепер, коли встановили та запустили Connect на своєму пристрої Raspberry Pi, вам потрібно пов'язати свій пристрій з обліковим записом Connect.

### Робочий стіл

Якщо ви використовуєте плагін Connect для рядка меню, натисніть «**Увімкнути Raspberry Pi Connect**» вперше, щоб відкрити браузер і запропонувати вам увійти за допомогою вашого Raspberry Pi ID:



Рис. 3.16 Увімкнення Raspberry Pi Connect

Або ж виберіть «**Увійти...**» у випадаючому меню:



Рис. 3.17 Вхід до програми

Якщо у вас ще немає ідентифікатора Raspberry Pi, натисніть « **створити безкоштовно**», щоб його створити .

### Завершіть підключення вашого Raspberry Pi

Після автентифікації призначте назву своєму пристрою. Виберіть назву, яка однозначно ідентифікує пристрій. Натисніть кнопку «**Створити пристрій і увійти**» , щоб продовжити.

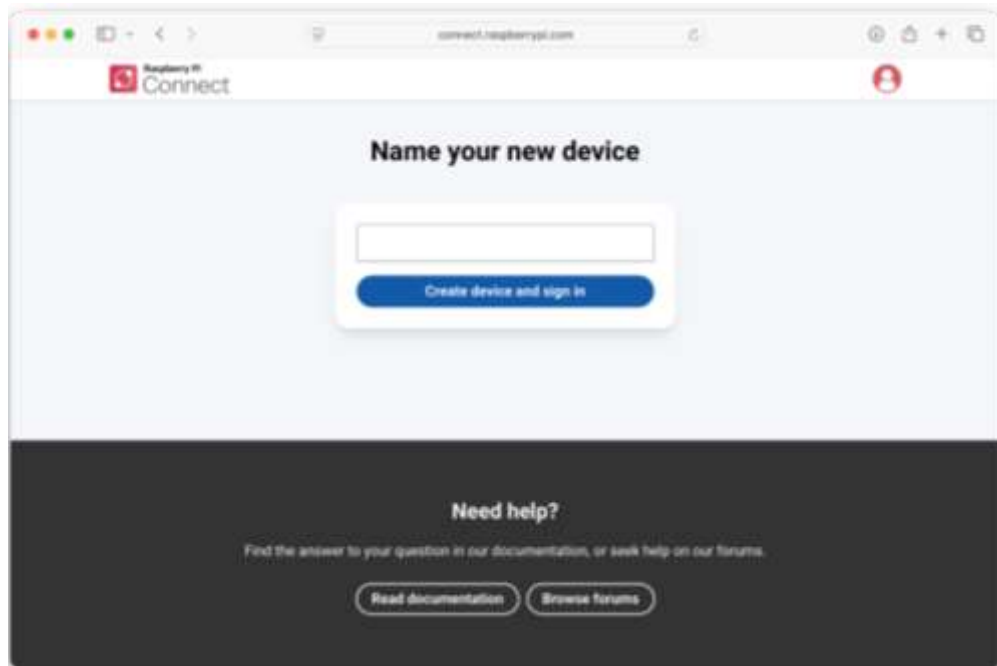


Рис. 3.18 Створення пристрою

Тепер ви можете віддалено підключитися до свого пристрою. Значок «Підключення» у рядку меню стане синім, що свідчить про те, що ваш пристрій тепер увійшов у службу Connect. Ви повинні отримати сповіщення електронною поштою про те, що до вашого облікового запису Connect підключено новий пристрій.

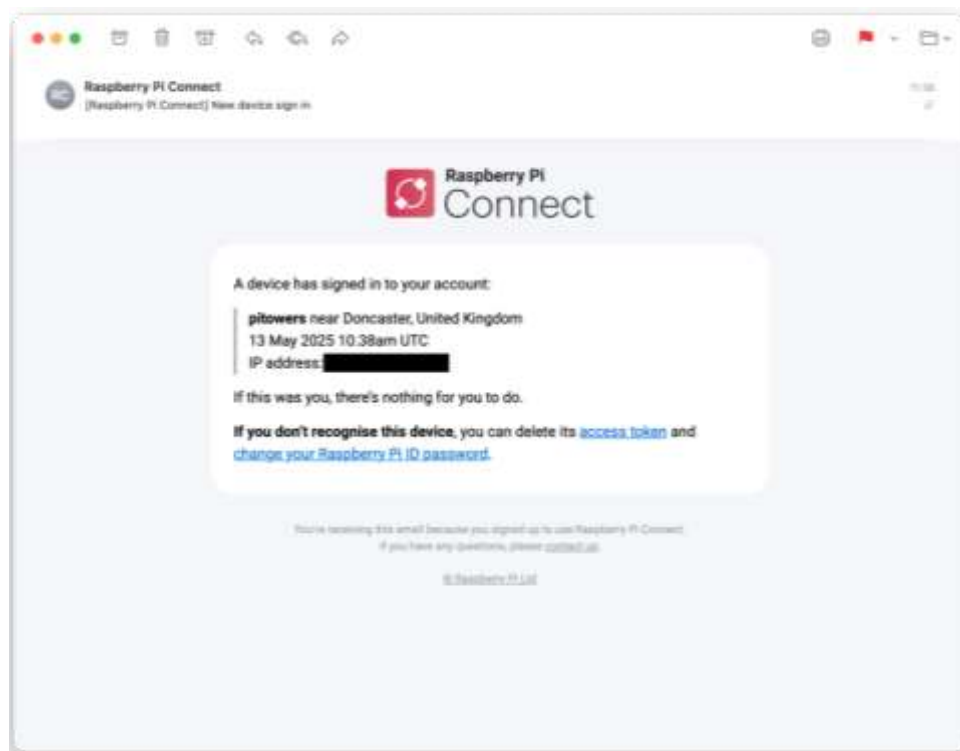


Рис. 3.19 Використання облікового запису

Натисніть значок «Підключення» в рядку меню, щоб відкрити меню «Підключення». Це меню дозволяє вмикати та вимикати «Підключення», входити та виходити з нього, а також дозволяти або забороняти методи віддаленого доступу. Зверніть увагу – Connect підписує зв'язок за допомогою серійного номера вашого пристрою. Переміщення SD-карти між пристроями призведе до виходу з Connect.

## Доступ до пристрою Raspberry Pi

Тепер, коли пристрій відображається на панелі керування Connect, ви можете отримати до нього доступ з будь-якого місця, використовуючи лише браузер. Connect надає кілька способів віддаленої взаємодії з вашим пристроєм.

## Спільний доступ до екрана

Connect включає можливість показу екрана вашого пристрою у браузері. Виконайте наведені нижче інструкції, щоб поділитися екраном вашого пристрою. Слід врахувати, що для спільного використання екрана потрібен віконний сервер Wayland . Raspberry Pi OS Bookworm та пізніші версії використовують Wayland за замовчуванням. Спільне використання екрана несумісне з Raspberry Pi OS Lite або системами, що використовують віконний сервер X.

Відвідайте [connect.raspberrypi.com](https://connect.raspberrypi.com) на будь-якому комп'ютері.

Connect перенаправляє вас до служби Raspberry Pi ID для входу. Після входу Connect відображає список підключених пристроїв. Пристрої, доступні для спільного доступу до екрана, мають сірий значок " **Спільний доступ до екрана**" під назвою пристрою.

					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

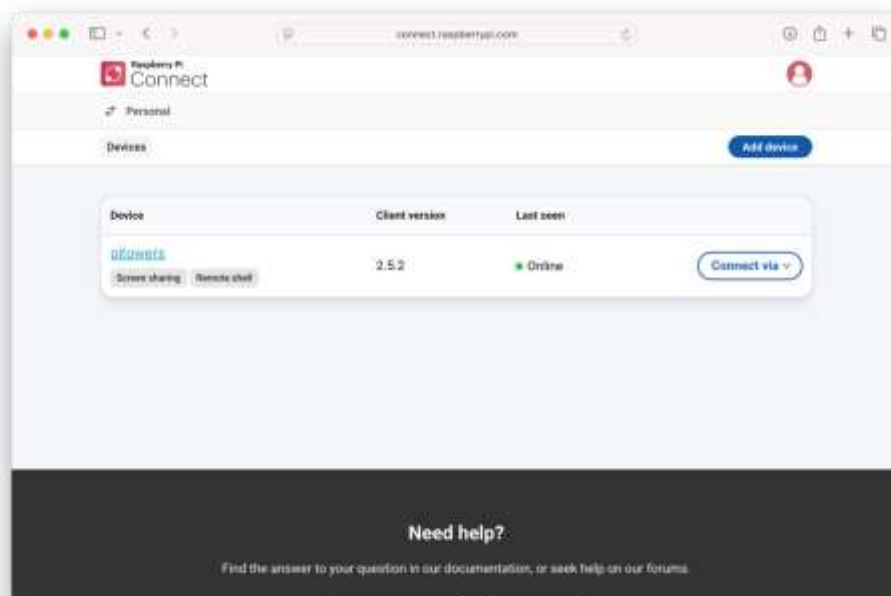


Рис. 3.20 Вибір пристрою

Натисніть кнопку «**Підключитися через**» праворуч від пристрою, до якого ви хочете отримати доступ. Виберіть у меню опцію «**Спільний доступ до екрана**». Відкриється вікно браузера, у якому відображається робочий стіл вашого пристрою.

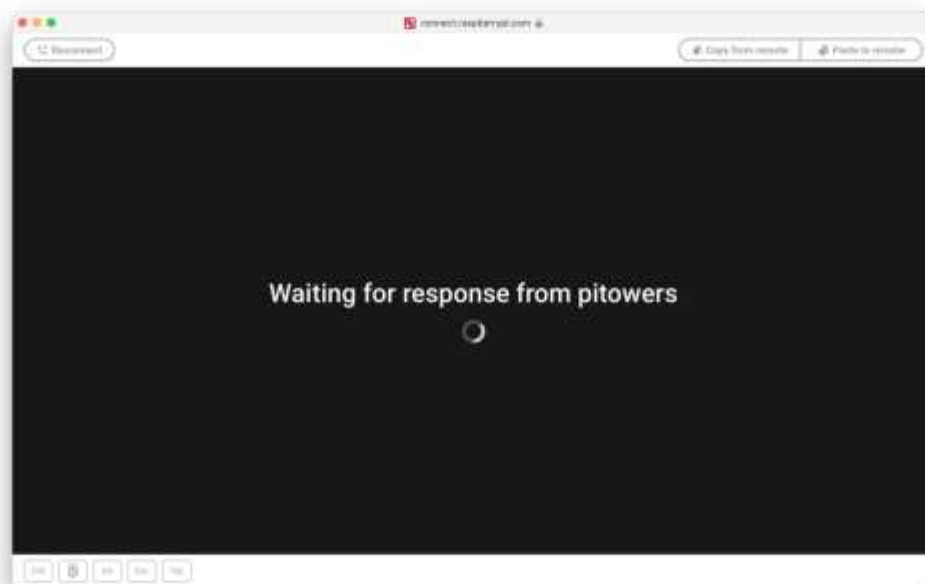


Рис. 3.21 Процес пошук пристрою

Тепер можете використовувати свій пристрій так само, як і локально. Щоб отримати докладнішу інформацію про підключення, наведіть курсор миші на значок замка праворуч від кнопки «**Відключити**».

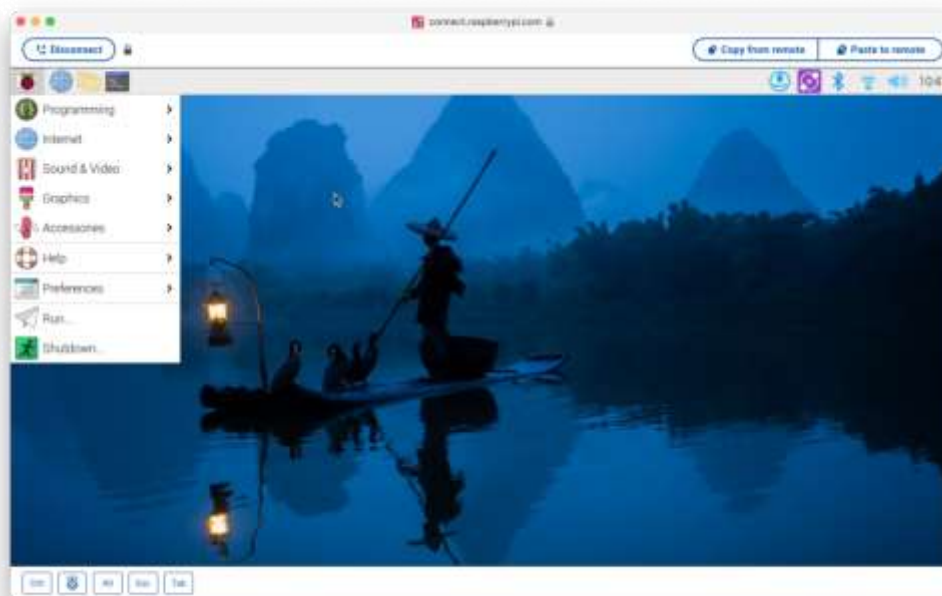


Рис. 3.22 Відключення

### 3.6 Використання зовнішніх пристроїв/ портів

В процесі використання різноманітних варіантів віддалено доступу з'ясувалося, що користувачі не мають права використовувати зовнішні порти.

Для вирішення цього питання було проведено додатковий аналіз літературних джерел.

Встановлено, що є можливість скористатися спеціальним керуванням за допомогою компоненту UDEV [25]

За допомогою спеціальних файлів є можливість призначити певний доступ до зовнішніх приладів/портів.

Необхідно створити додаткові правила.

Правила udev зберігаються в папці `/etc/udev/rules.d`. Файл правил обов'язково повинен мати розширення `.rules`. Зазвичай у цій папці вже є кілька файлів udev rules, але їх чіпати не рекомендується, для своїх правил краще створити окремий файл, наприклад:

```
touch /etc/udev/rules.d/10-local.rules
```

Правило udev складається з декількох пар ключ - значення , розділених комою. Одні ключі використовуються для перевірки відповідності пристрою певному правилу. У таких ключах використовується знак == для поділу пари, наприклад: SUBSYSTEM == "block" . Це означає, що правило буде застосовано тільки якщо значення ключа SUBSYSTEM для цього пристрою дорівнює block . Інші ключі використовуються для вказівки, якщо всі умови відповідності виконуються. Для розділення пар у таких ключах використовується знак дорівнює "=", наприклад, NAME = "mydisk" . Ну і цілком правило:

```
SUBSYSTEM=="block", ATTR(size)=="1343153213", NAME="mydisk"
```

- SUBSYSTEM – підсистема пристрою;
- KERNEL - ім'я, яке видається пристрою ядром;
- DRIVER - драйвер, який обслуговує пристрій;
- ATTR – sysfs-атрибут пристрою;
- SUBSYSTEMS – підсистема батьківського пристрою.

Пристрій може мати батьківські пристрої, наприклад, жорсткий диск має батьківський пристрій SCSI , який, у свою чергу, має батьківський пристрій - шину BUS . Іноді потрібно отримати інформацію від батьківського пристрою. Для цього використовуються ключі SUBSYSTEMS, KERNELS, DRIVERS, ATTRS відповідно.

Для дій використовуються ключі:

- NAME – встановити ім'я файлу пристрою;
- SYMLINK – альтернативне ім'я пристрою;
- RUN – виконати скрипт при підключенні пристрою;
- GROUP - група, яка має доступ до файлу;
- OWNER – власник файлу пристрою;
- MODE – маска прав доступу.

В результаті проведені налаштування для використання ВЕБ камери та зовнішнього мікроконтролера – файл Arduino.rules



VNC більш ефективний, однак може бути використано для консультування студентів та не дає можливості повноцінного підключення. Його можна використати якщо користувач вже приєднався до системи, а викладач знаходиться у віддаленому режимі.

VNC Connect також може бути використано для консультування студентів та не дає можливості повноцінного підключення. Крім того він потребує реєстрації спеціального ID, що практично не можливо у віддаленому режимі, коли здобувач освіти не має можливості прийти у лабораторію.

Більш ґрунтовний аналіз наукової літератури та джерел Інтернет дозволив знайти інші додаткові програмні засоби:

- Xrdp
- NoMachine
- Gnome-remote
- X2go

Ці додаткові програмні засоби обкладають значною перевагою, але потребують окремого дослідження. Тому прийнято рішення, розглянути їх можливості в межах наступного магістерського дослідження.

### Висновки до розділу

У даному розділі розглянуто вимоги до впровадження додаткових системних програмних додатків для реалізації функції віддалено використання мікрокомп'ютерів, описано процеси розгортання, інтерфейс користувача та архітектуру програмного забезпечення.

Також були описані основні особливості та можливості додатків, зручність їх використання для досягнення поставлених цілей.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою даного дослідження було проаналізувати методи дистанційного використання мікрокомп'ютерів Raspberry PI 4 і розробити послідовність дій, яка дозволяє в умовах віддаленого доступу реалізувати можливості дистанційного використання у навчальному процесі. Проблема дистанційного керування комп'ютерними системами стає дедалі актуальнішою в сучасному світі, де віддалена робота і доступ до ресурсів є нормою.

У процесі роботи було проведено дослідження різноманітних одноплатних комп'ютерів, виявлено апаратні та програмні вимоги, а також встановлено основні обмеження.

Було проаналізовано існуючі апаратні аналоги Raspberry PI 4,. В процесі аналізу особлива увага приділена їх архітектурі та технічним характеристикам, що дозволило виявити сильні та слабкі сторони та визначити основні напрямки для покращення начального процесу.

У ході роботи детально розглянуто користувацький інтерфейс, описано основні елементи та їх функції, що забезпечують попередні налаштування мікрокомп'ютерів. Крім того, проведено комплексне налаштування, яке включало підключення до домену Microsoft AD, налаштування системи DNS та використання зовнішніх портів, зовнішньої ВЕБ камери та попереднього тестування продуктивності. На основі прийнятих рішень було підтверджено, що за рахунок використання додаткових системних пакетів існує можливість налаштування всіх Raspberry PI, які використовуються у лабораторії ЛНУ імені Тараса Шевченка.

Таким чином, загальна мета роботи було досягнуто – проаналізовано попередні умови використання системних додатків з можливістю дистанційного керування мікрокомп'ютерів.

					<b>ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Тітов Е.І.			<b>Вступ</b>			
Керівник		Могильний Г.А.						
Реценз.		Козуб Ю.Г.						
Н. Контр.								
Зав. каф.		Семенов М.А.						
						<b>Лім.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Акрушів</b>
							3	3
					<b>ЛНУ</b>			
					<b>Кафедра ІТС, Гр.4КІ</b>			

Однак, аналіз використання цих додатків показав, що необхідне провести додаткові дослідження, які включають порівняльну характеристику надійності програмних додатків, ефективності використання CPU, використання оперативної пам'яті та інших ресурсів мікрокомп'ютерів .

В процесі безпосереднього впровадження та тестування встановлено, що важливим напрямком подальшого вдосконалення запропонованих рішень є розробка додаткового модуля для планування конкретного часу використання та контроль кількості одночасних підключень користувачів, контроль за використанням зовнішніх портів – USB та інших. Однак використання та розробка цього додаткового модулю потребує більш ретельного аналізу.

Крім того, в процесі безпосереднього впровадження описаних засобів віддалено підключення з'ясувалось, що рекомендуємо фірмою Raspberry PI засоби мало ефективні в умовах багатокористувацького доступу при впровадженні у навчальний процес.

Більш ґрунтовний аналіз наукової літератури та джерел Інтернет дозволив знайти інші додаткові програмні засоби:

- Xrdp
- NoMachine
- Gnome-remote
- X2go

Ці додаткові програмні засоби обкладають значною перевагою, але потребують окремого дослідження. Тому прийнято рішення, розглянути їх можливості в межах наступного магістерського дослідження.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Могильний Г.А., Аналіз програмно-апаратних засобів створення системи з віддаленим доступом до навчальних комп'ютерних лабораторій закладів середньої освіти. № 1 (277) (2023): Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля URL: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-256-8-5-19> (дата звернення: 10.04.2025).
2. Могильний Г.А., Семенов М.А., Кіреєв В.Ю. Впровадження системи віддаленого доступу до інформаційних ресурсів комп'ютерних лабораторій. № 2 (272) (2022): Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля URL: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2022-272-2-7-14> (дата звернення: 10.04.2025).
3. Computer Networks: A Systems Approach / Брюс С. Деві, Ларрі Л. Петерсон. Elsevier, 2021. 848 с.
4. Комп'ютерні мережі / Коробейнікова Т.І., Захарченко С.М. Львівська політехніка, 2022. 228 с.
5. Комп'ютерні мережі. Книга 1. Технології комп'ютерних мереж / Євсєєв С.П., Дженюк Н.В. Новий світ-2000, 2024. 471 с.
6. Systems Programming: Designing and Developing Distributed Applications / Річард Ентоні. Elsevier, 2015. 548 с.
7. Пять міні ПК 2025року. [Електронний ресурс] - URL: <https://se7en.ws/pyat-mini-pk-zasluzhivayushhih-vnimaniya-v-fevrale-2025-goda-primechatelnye-novinki/> (дата звернення: 05.05.2025).



					ІТС.4КІ.0624.03-ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Тітов Е.І.			Вступ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Керівник		Могильний Г.А.								3	3
Реценз.		Козуб Ю.Г.						ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ			
Н. Контр.											
Зав. каф.		Семенов М.А.									

8. Одноплатні ПК сянця 2025. [Електронний ресурс] - URL: <https://habr.com//companies/selectel/articles/872734/> (дата звернення: 05.05.2025).
9. Одноплатний комп'ютер Radxa Cubie A5E. [Електронний ресурс] - URL: <http://liliputing.com/> (дата звернення: 05.05.2025).
10. Одноплатний комп'ютер LattePanda Mu SoM. [Електронний ресурс] - URL <https://www.cnx-software.com/> (дата звернення: 05.05.2025).
11. Raspberry Pi hardware. [Електронний ресурс] - <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html#schematics-and-mechanical-drawings/> (дата звернення: 05.05.2025).
12. Raspbian. [Електронний ресурс] - <https://www.raspbian.org/> (дата звернення: 05.05.2025).
13. Kali Linux. [Електронний ресурс] - <https://www.kali.org/> (дата звернення: 05.05.2025).
14. Ubuntu for desktops. [Електронний ресурс] - <https://ubuntu.com/desktop> (дата звернення: 05.05.2025).
15. RISC OS. [Електронний ресурс] - <https://www.riscosopen.org/content/> (дата звернення: 05.05.2025).
16. SARPi. [Електронний ресурс] - <https://www.slackbuilds.org/repository/14.2/> (дата звернення: 05.05.2025).
17. Arch Linux. [Електронний ресурс] <https://archlinux.org/download/> (дата звернення: 05.05.2025).
18. Installing FreeBSD for Raspberry Pi. [Електронний ресурс] - <https://freebsd.foundation.org/freebsd-project/resourcesold/installing-freebsd-for-raspberry-pi/> (дата звернення: 05.05.2025).
19. RetroPie. [Електронний ресурс] <https://retropie.org.uk/> (дата звернення: 05.05.2025).

20. Raspberry Pi OS. [Электронный ресурс] - <https://www.raspberrypi.com/software/> (дата звернення: 05.05.2025).
21. Introduction to remote access. [Электронный ресурс] - <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/remote-access.html#introduction-to-remote-access/> (дата звернення: 05.05.2025).
22. How to Install and Configure VNC on Ubuntu 20.04. [Электронный ресурс] - <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-install-and-configure-vnc-on-ubuntu-20-04> (дата звернення: 05.05.2025).
23. VNC Server for Windows. [Электронный ресурс] - [https://www.realvnc.com/en/connect/download/vnc/?lai\\_vid=pX1W4m1GdFEp1&lai\\_sr=10-14&lai\\_sl=1](https://www.realvnc.com/en/connect/download/vnc/?lai_vid=pX1W4m1GdFEp1&lai_sr=10-14&lai_sl=1) (дата звернення: 05.05.2025).
24. Raspberry Pi Connect. [Электронный ресурс] - <https://www.raspberrypi.com/documentation/services/connect.html> (дата звернення: 05.05.2025).
25. Настройка udev rules в Linux. [Электронный ресурс] - <https://losst.pro/nastrojka-udev-rules-v-linux> (дата звернення: 05.05.2025).

## ДОДАТКИ

### Додаток А. Флагманська серія Flagship

Model	SoC	Memory	GPIO	Connectivity
 <p>Raspberry Pi Model B</p>	<u>BCM2835</u>	256MB 512MB	26-pin GPIO header	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HDMI</li> <li>• 2× USB 2.0</li> <li>• standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, CSI (camera) port</li> <li>• standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, DSI (display) port</li> <li>• 3.5mm audio jack</li> <li>• RCA composite video</li> <li>• 100Mb/s Ethernet RJ45</li> <li>• SD card slot</li> <li>• micro USB power</li> </ul>
 <p>Raspberry Pi Model A</p>	<u>BCM2835</u>	256MB	26-pin GPIO header	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HDMI</li> <li>• USB 2.0</li> <li>• standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, CSI (camera) port</li> <li>• standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, DSI (display) port</li> <li>• 3.5mm audio jack</li> <li>• RCA composite video</li> <li>• SD card slot</li> <li>• micro USB power</li> </ul>

					<b>ITC.4KI.0624.03-ПЗ</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Тітов Е.І.				<b>Додатки</b>		
Керівник	Могильний Г.А.						
Реценз.	Козуб Ю.Г.						
Н. Контр.							
Зав. каф.	Семенов М.А.						
						Лім.	Арк.
							3
						Акрушіє	
						3	
						ЛНУ	
						Кафедра ІТС, Гр.4KI	



Raspberry Pi Model B+

BCM2835

512MB

40-pin  
GPIO  
header

- HDMI
- 4× USB 2.0
- standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, CSI (camera) port
- standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, DSI (display) port
- 3.5mm AV jack
- 100Mb/s Ethernet RJ45
- microSD card slot
- micro USB power



Raspberry Pi Model A+

BCM2835

256MB  
512MB

40-pin  
GPIO  
header

- HDMI
- USB 2.0
- standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, CSI (camera) port
- standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, DSI (display) port
- 3.5mm AV jack
- microSD card slot
- micro USB power



Raspberry Pi 2 Model B

BCM2836  
(in  
version  
1.2,  
switched  
to BCM2837)

1 GB

40-pin  
GPIO  
header

- HDMI
- 4× USB 2.0
- standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, CSI (camera) port
- standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, DSI (display) port
- 3.5mm AV jack
- 100Mb/s Ethernet RJ45
- microSD card slot
- micro USB power



Raspberry Pi 3 Model B

BCM2837

1 GB

40-pin  
GPIO  
header



- HDMI
- 4× USB 2.0
- standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, CSI (camera) port
- standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ITC.4KI.0624.03-ПЗ

Арк.

92

				width, DSI (display) port <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3.5mm AV jack</li> <li>• 100Mb/s Ethernet RJ45</li> <li>• 2.4GHz single-band 802.11n Wi-Fi (35Mb/s)</li> <li>• Bluetooth 4.1, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> <li>• microSD card slot</li> <li>• micro USB power</li> </ul>
 <p>Raspberry Pi 3 Model B+</p>	<u>BCM2837</u> <u>b0</u>	1GB	40-pin GPIO header	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HDMI</li> <li>• 4× USB 2.0</li> <li>• standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, CSI (camera) port</li> <li>• standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, DSI (display) port</li> <li>• 3.5mm AV jack</li> <li>• 300Mb/s Ethernet RJ45 with PoE support</li> <li>• 2.4/5GHz dual-band 802.11ac Wi-Fi (100Mb/s)</li> <li>• Bluetooth 4.2, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> <li>• microSD card slot</li> <li>• micro USB power</li> </ul>
 <p>Raspberry Pi 3 Model A+</p>	<u>BCM2837</u> <u>b0</u>	512 MB	40-pin GPIO header	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HDMI</li> <li>• USB 2.0</li> <li>• standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, CSI (camera) port</li> <li>• standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, DSI (display) port</li> <li>• 3.5mm AV jack</li> <li>• 2.4/5GHz dual-band 802.11ac Wi-Fi (100Mb/s)</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bluetooth 4.2, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> <li>• microSD card slot</li> <li>• micro USB power</li> </ul>
 <p>Raspberry Pi 4 Model B</p>	<u>BCM2711</u>	1GB 2GB 4GB 8GB	40-pin GPIO header	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2× micro HDMI</li> <li>• 2× USB 2.0</li> <li>• 2× USB 3.0</li> <li>• standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, CSI (camera) port</li> <li>• standard 15-pin, 1.0mm pitch, 16mm width, DSI (display) port</li> <li>• 3.5mm AV jack</li> <li>• Gigabit (1Gb/s) Ethernet RJ45 with PoE+ support</li> <li>• 2.4/5GHz dual-band 802.11ac Wi-Fi (120Mb/s)</li> <li>• Bluetooth 5, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> <li>• microSD card slot</li> <li>• USB-C power (5V 3A (15W))</li> </ul>
 <p>Raspberry Pi 5</p>	<u>BCM2712</u>	2GB 4GB 8GB 16GB	40-pin GPIO header	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2× micro HDMI</li> <li>• 2× USB 2.0</li> <li>• 2× USB 3.0</li> <li>• 2× mini 22-pin, 0.5mm (fine) pitch, 11.5mm width, combined CSI (camera)/DSI (display) ports</li> <li>• single-lane <u>PCIe FFC connector</u></li> <li>• <u>UART connector</u></li> <li>• RTC battery connector</li> <li>• <u>four-pin JST-SH PWM fan connector</u></li> <li>• Gigabit (1Gb/s) Ethernet RJ45 with PoE+ support</li> <li>• 2.4/5GHz dual-band 802.11ac Wi-Fi 5 (300Mb/s)</li> </ul>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



ITC.4KI.0624.03-ПЗ

Арк.





94


				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bluetooth 5, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> <li>• microSD card slot</li> <li>• USB-C power (5V 5A (25W), or 5V 3A (15W) with a 600mA peripheral limit)</li> </ul>
--	--	--	--	---

## Додаток В. Серія клавіатур





Model	SoC	Memory	GPIO	Connectivity
 Raspberry Pi 400	<u>BCM2711</u>	4GB	40-pin GPIO header	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2× micro HDMI</li> <li>• USB 2.0</li> <li>• 2× USB 3.0</li> <li>• Gigabit (1Gb/s) Ethernet RJ45</li> <li>• 2.4/5GHz dual-band 802.11ac Wi-Fi (120Mb/s)</li> <li>• Bluetooth 5, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> <li>• microSD card slot</li> <li>• USB-C power (5V 3A (15W))</li> </ul>
 Raspberry Pi 500	<u>BCM2712</u>	8GB	40-pin GPIO header	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2× micro HDMI</li> <li>• USB 2.0</li> <li>• 2× USB 3.0</li> <li>• Gigabit (1Gb/s) Ethernet RJ45</li> <li>• 2.4/5GHz dual-band 802.11ac Wi-Fi 5 (300Mb/s)</li> <li>• Bluetooth 5, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> <li>• microSD card slot</li> <li>• USB-C power (5V 5A (25W), or 5V 3A (15W) with a 600mA peripheral limit)</li> </ul>



## Додаток В. Серія Zero

Model	SoC	Memory	GPIO	Wireless Connectivity
 Raspberry Pi Zero	<u>BCM2835</u>	512MB	40-pin GPIO header (unpopulated)	none
 Raspberry Pi Zero W	<u>BCM2835</u>	512MB	40-pin GPIO header (unpopulated)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4GHz single-band 802.11n Wi-Fi (35Mb/s)</li> <li>• Bluetooth 4.0, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> </ul>
 Raspberry Pi Zero WH	<u>BCM2835</u>	512MB	40-pin GPIO header	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4GHz single-band 802.11n Wi-Fi (35Mb/s)</li> <li>• Bluetooth 4.0, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> </ul>
 Raspberry Pi Zero 2 W	<u>RP3A0</u>	512MB	40-pin GPIO header (unpopulated)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4GHz single-band 802.11n Wi-Fi (35Mb/s)</li> <li>• Bluetooth 4.2, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> </ul>

Model	SoC	Memory	GPIO	Wireless Connectivity
 <p>Raspberry Pi Zero 2 WH</p>	<u>RP3A0</u>	512MB	40-pin GPIO header	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4GHz single-band 802.11n Wi-Fi (35Mb/s)</li> <li>• Bluetooth h 4.2, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> </ul>

# Додаток Д. Серія Compute Module

Model	SoC	Memory	Storage	Form factor	Wireless Connectivity
 Raspberry Pi Compute Module 1	<u>BCM2835</u>	512MB	4GB	DDR2 SO-DIMM	none
 Raspberry Pi Compute Module 3	<u>BCM2837</u>	1GB	0GB (Lite) 4GB	DDR2 SO-DIMM	none
 Raspberry Pi Compute Module 3+	<u>BCM2837</u> <u>b0</u>	1GB	0GB (Lite) 8GB 16GB 32GB	DDR2 SO-DIMM	none
 Raspberry Pi Compute Module 4S	<u>BCM2711</u>	1GB 2GB 4GB 8GB	0GB (Lite) 8GB 16GB 32GB	DDR2 SO-DIMM	none





Model	SoC	Memory	Storage	Form factor	Wireless Connectivity
 Raspberry Pi Compute Module 4	<u>BCM2711</u>	1GB 2GB 4GB 8GB	0GB (Lite) 8GB 16GB 32GB	dual 100-pin high density connectors	optional: • 2.4/5G Hz dual-band 802.11ac Wi-Fi 5 (300Mb/s) • Bluetooth 5, Bluetooth Low Energy (BLE)
 Raspberry Pi Compute Module 5	<u>BCM2712</u>	2GB 4GB 8GB	0GB (Lite) 16GB 32GB 64GB	dual 100-pin high density connectors	optional: • 2.4/5G Hz dual-band 802.11ac Wi-Fi 5 (300Mb/s) • Bluetooth 5, Bluetooth Low Energy (BLE)



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ITC.4KI.0624.03-ПЗ

Арк.

## Додаток Е. Мікроконтролери Pico

Model	SoC	Memory	Storage	GPIO	Wireless Connectivity
 Raspberry Pi Pico	<u>RP2040</u>	264KB	2MB	two 20-pin GPIO headers (unpopulated)	none
 Raspberry Pi Pico H	<u>RP2040</u>	264KB	2MB	two 20-pin GPIO headers	none
 Raspberry Pi Pico W	<u>RP2040</u>	264KB	2MB	two 20-pin GPIO headers (unpopulated)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4GHz single-band 802.11n Wi-Fi (10Mb/s)</li> <li>• Bluetooth 5.2, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> </ul>
 Raspberry Pi Pico WH	<u>RP2040</u>	264KB	2MB	two 20-pin GPIO headers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4GHz single-band 802.11n Wi-Fi (10Mb/s)</li> <li>• Bluetooth 5.2, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> </ul>

Model	SoC	Memory	Storage	GPIO	Wireless Connectivity
 Raspberry Pi Pico 2	<u>RP2350</u>	520KB	4MB	two 20-pin GPIO headers (unpopulated)	none
 Raspberry Pi Pico 2 W	<u>RP2350</u>	520KB	4MB	two 20-pin GPIO headers (unpopulated)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4GHz single-band 802.11n Wi-Fi (10Mb/s)</li> <li>• Bluetooth 5.2, Bluetooth Low Energy (BLE)</li> </ul>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ITC.4Kl.0624.03-ПЗ

Арк.