

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему *Розробка комп'ютерної системи діагностики ноутбуку*

Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6

Development of the computer system for diagnostics of Lenovo IdeaPad

Gaming 3 15ACH6 laptop

Виконав: студент 4 курсу, групи 4КСМ

напряму підготовки (спеціальності)

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Глуценко Я.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дроздова Э.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Хмельницький – 2026 року

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет, відділення інформаційних технологій та дизайну
 Кафедра, циклова комісія комп'ютерних систем та мереж
 Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
 Напрямок підготовки 12 Інформаційні технології
 (шифр і назва)
 Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж

Анжела ГРИГОРОВА
 «__» _____ 202__ року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Глуценко Ярослав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка комп'ютерної системи діагностики ноутбуку
Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6

Development of the computer system for diagnostics of Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6
laptop

керівник проекту (роботи) Дроздова Євгенія Анатоліївна, ст. викладач
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «13» січня 2026 року №48-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15 червня 2026 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Методичні рекомендації до виконання
кваліфікаційної роботи бакалавра, стандарти, література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1 Опис пристрою Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6, 2 Розробка пристрою
діагностики, 3 Програма формування пакета даних для ПД, 4 Кодування вхідного
пакету шифром RSA, 5 Проектування комп'ютерної мережі, 6 Проектування
серверної кімнати

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Схема електрична принципова, Блок-схема програми шифрування методом RSA,
Схема мережі, Адресний простір мережі

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____ 25 лютого 2026 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

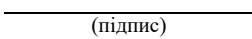
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вхідні дані	1 день	
2	Опис пристрою <i>Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6</i>	3 дні	
3	Розробка пристрою діагностики	12 днів	
4	Програма формування пакета даних для ПД	1 день	
5	Кодування вхідного пакету шифром <i>RSA</i>	3 дні	
6	Проектування комп'ютерної мережі	18 днів	
7	Проектування серверної кімнати	2 дня	

Студент


(підпис)

Глуценко Я.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Дроздова Є.А.
(прізвище та ініціали)

ВІДОМІСТЬ ОБСЯГУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Шифр док-та	Примітки
1.	A4	123.22009	Реферат	1	РФ	
2.	A4	123. 22009	Пояснювальна записка	100	КРПЗ	
3.	A1	123. 22009	Схема електрична принципова	1	ЕЗ	
4.	A1	123. 22009	Блок-схема програми шифрування методом RSA	1		
5.	A1	123. 22009	Схема мережі	1		
6.	A1	123. 22009	Адресний простір мережі	1		
7.						
8.						
9.						
10.						
11.						
12.						
13.						

					ХНТУ 123.22009.КР						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.	Я.О. Глущенко				ВІДОМІСТЬ РОБОТИ			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перев.	Є.А.Дроздова								1	1	
Реценз.											
Н. контр.	Є.А.Дроздова										
Затверд.											

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: 100 сторінок, 36 рисунків, 26 таблиць, 84 формули, 24 посилань, 4 додатки.

Об'єкт дослідження – процес діагностування технічного стану ноутбука Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6 та засоби збору і аналізу параметрів його роботи.

Мета роботи – розробка комп'ютерної системи діагностики ноутбука Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6 для контролю температурних показників, параметрів електроживлення та навантаження обчислювальних компонентів із можливістю передачі та відображення отриманих даних.

У роботі проведено аналіз існуючих методів і засобів діагностування комп'ютерних систем, визначено перелік контрольованих параметрів та вимоги до вхідних даних. Розроблено пристрій діагностики на базі мікроконтролера ATmega328P із використанням датчиків температури LM35, датчика струму ACS712, LCD-дисплея та засобів звукової сигналізації.

Виконано моделювання роботи системи у середовищі Proteus ISIS, реалізовано обмін даними через UART-інтерфейс та емуляцію COM-порту із використанням COMPM. Розроблено алгоритм формування інформаційного пакета даних і реалізовано шифрування переданих даних за алгоритмом RSA. Виконано проектування комп'ютерної мережі та розрахунки параметрів її функціонування. Також розроблено план серверної кімнати та розраховано обладнання.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ, LENOVO IDEAPAD GAMING 3 15ACH6, ATMEGA328P, ARDUINO UNO, UART, RSA, PROTEUS ISIS, LCD-ДИСПЛЕЙ, ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРИ, МОНІТОРИНГ ПАРАМЕТРІВ

					ХНТУ 123.22009.РФ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Я.О. Глущенко						
Перев.		Є.А.Дроздова					5	1
Реценз.								
Н. контр.		Є.А.Дроздова						
Затверд.								

АНОТАЦІЯ

Об'єктом дослідження є комп'ютерна система діагностики ноутбука Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6.

Мета роботи – розробка системи діагностики для контролю температурних параметрів, характеристик живлення та моніторингу технічного стану основних компонентів ноутбука.

У роботі виконано аналіз сучасних засобів діагностики комп'ютерних систем, розроблено пристрій на базі мікроконтролера ATmega328P, проведено моделювання його роботи у середовищі Proteus ISIS, реалізовано формування та передачу інформаційних пакетів із використанням алгоритму шифрування RSA. Також виконано проектування комп'ютерної мережі та розрахунок її параметрів.

Розроблена система діагностики може бути використана як основа для подальшого розвитку засобів моніторингу та контролю технічного стану комп'ютерної техніки.

ABSTRACT

The subject of the study is a computer diagnostic system for the Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6 laptop.

The goal of the work is to develop a diagnostic system to monitor temperature parameters, power characteristics, and the technical condition of the laptop's main components.

The work includes an analysis of modern computer diagnostics tools, the development of a device based on the ATmega328P microcontroller, simulation of its operation in the Proteus ISIS environment, and implementation of information packet formation and transmission using the RSA encryption algorithm.

The design of a computer network and the calculation of its parameters were also completed. The developed diagnostic system can be used as a basis for further development of tools for monitoring and controlling the technical condition of computer equipment.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						6
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Перелік умовних позначок, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	9
Вступ	10
1 Опис пристрою Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6.....	11
1.1 Технічний опис пристрою.....	11
1.2 Опис роботи пристрою.....	12
1.3 Аналіз способів і засобів діагностики.....	13
1.4 Опис і вимоги до вхідних даних.....	15
2 Розробка пристрою діагностики.....	17
2.1 Огляд пристрою діагностики.....	17
2.1.1 Призначення пристрою діагностики.....	17
2.1.2 Аналіз параметрів, що контролюються.....	18
2.1.3 Огляд аналогів.....	18
2.2 Реалізація пристрою діагностики.....	20
2.2.1 Обґрунтування вибору тактової частоти.....	20
2.2.2 Обґрунтування вибору мікроконтролера.....	21
2.2.3 Моделювання роботи пристрою.....	23
2.2.4 Опис роботи електричної схеми.....	28
2.2.5 Забезпечення зв'язку з локальною мережею.....	30
2.2.6 Розрахунок живлення.....	32
2.2.7 Розробка друкованої плати.....	33
3 Програма формування пакета даних для ПД.....	35
3.1 Опис пристрою та його складових елементів.....	35
3.2 Опис програми та алгоритму формування пакета даних.....	38
4 Кодування вхідного пакету шифром RSA.....	41
4.1 Теоретичні відомості про алгоритм RSA.....	41
4.2 Шифрування пакета даних алгоритмом ESA.....	43
4.3 Кодування шифром RSA в ПД.....	44
5 Проектування комп'ютерної мережі.....	49
5.1 Вхідні дані.....	49

5.1.1 Структура корпоративної КМ.....	49
5.1.2 Порівняння протоколів ЛКМ Ethernet та Token Ring	52
5.1.3 Обґрунтування будови ЛКМ.....	53
5.1.4 Обґрунтування будови модемної лінії зв'язку.....	55
5.2 Кабельна схема КМ та перелік обладнання.....	56
5.3 Обчислення просторових показників сигналу в ЛКМ.....	59
5.3.1 Розрахунок затримок подвійного оберту (PDV).....	60
5.3.2 Розрахунок часу скорочення міжкадрового інтервалу (PVV).....	61
5.4 MAC та IP-адресація мережі.....	64
5.4.1 Побудова адресної таблиці простого прозорого моста.....	64
5.4.2 Знаходження кількості адрес класу C для адресації IP-вузлів КМ.....	65
5.4.3 Розрахунки IP-адресації.....	67
5.5 Маршрутизація.....	70
6 Проектування серверної кімнати.....	74
6.1 Вхідні дані.....	74
6.2 Розрахунки.....	76
6.3 Вимоги до серверної кімнати.....	80
6.4 Проектування	81
Висновки.....	83
Перелік посилань.....	84
Додаток А	87
Додаток Б.....	93
Додаток В.....	96
Додаток Г	98

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

CPU	–	Центральний процесор
GPU	–	Графічний процесор
RAM	–	Оперативна пам'ять
LCD	–	Рідкокристалічний дисплей
UART	–	Універсальний асинхронний приймач-передавач
RSA	–	Алгоритм асиметричного шифрування даних
COM	–	Послідовний комунікаційний порт
GND	–	Загальна шина (земля)
VCC	–	Напруга живлення
ATmega238P	–	8-бітний мікроконтролер
Arduino UNO	–	Апаратна платформа на базі мікроконтролера ATmega328P
LM35	–	Аналоговий датчик температури
ACS712	–	Датчик вимірювання струму
Proteus ISIS	–	Середовище моделювання електронних схем
PuTTY	–	Програмний термінал для послідовного обміну даними
КМ	–	Комп'ютерна мережа
ЛКМ	–	Локальна комп'ютерна мережа
ПД	–	Пристрій діагностики

ВСТУП

Сучасні комп'ютерні системи характеризуються високою продуктивністю та значною щільністю розміщення електронних компонентів, що висуває підвищені вимоги до контролю їх технічного стану. Особливо ноутбуки із обмеженим внутрішнім простором та інтенсивним тепловим режимом швидко стають не стабільними й термін їх експлуатації зменшується.

Ноутбук Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6 належить до категорії продуктивних мобільних комп'ютерних систем, що працюють під значними навантаженнями під час виконання ресурсоємних задач. У процесі експлуатації стає необхідним постійно контролювати температурні параметри, характеристики живлення та загальний стан основних компонентів системи.

Актуальність роботи – необхідність створення засобів оперативного контролю та діагностики технічного стану ноутбука для попередження перегріву, зниження продуктивності та можливих апаратних відмов.

Метою роботи є розробка комп'ютерної системи діагностики ноутбука Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- а) описати роботу ноутбука Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6;
- б) спроектувати пристрій діагностики;
- в) виконати моделювання роботи пристрою діагностики;
- г) забезпечити взаємодію пристрою діагностики з ЛКМ;
- д) реалізувати передачу та обробку інформаційних пакетів;
- е) реалізувати шифрування даних алгоритмом RSA;
- є) виконати проектування комп'ютерної мережі та провести розрахунки.

Об'єкт дослідження – процес діагностування технічного стану ноутбука.

Предмет дослідження – засоби збору, обробки та передавання діагностичної інформації в комп'ютерній системі.

Практичне значення роботи у використанні розробленої системи як основи для створення засобів моніторингу та діагностики комп'ютерної техніки.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						10
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОПИС ПРИСТРОЮ LENOVO IDEAPAD GAMING 3 15ACH6

1.1 Технічний опис пристрою

Ноутбук Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6 (рис. 1.1) являється мобільним персональним комп'ютером підвищеної продуктивності та предметом дослідження в даній роботі. Призначений для виконання обчислень, використовуючих значну кількість ресурсів, роботу з графікою, мультимедіа, інженерними програмами та сучасними середовищами розробки.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд ноутбуку

Пристрій побудований з використанням сучасних апаратних компонентів: багатоядерний процесор архітектури x86-64 AMD Ryzen 5600H, дискретний графічний процесор Nvidia GeForce RTX 3050, 16 ГБ оперативної пам'яті (ОП) стандарту DDR4 та SSD-накопичувач ємністю 512 ГБ. Завдяки такій конфігурації ноутбук має високу швидкість опрацювання даних, швидке завантаження операційної системи (ОС) та застосунків, а також підтримує виконання складних процесів візуалізації. [1]

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						11
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристрій зібраний у форм-факторі ноутбука з інтегрованим дисплеєм діагоналлю 15,6 дюйма, клавіатурою, сенсорною панеллю та вбудованою системою охолодження із використанням теплових трубок та вентиляторів для ефективного відведення надлишкового тепла. [1]

Поєднуючи високопродуктивний процесор та дискретний графічний процесор, ноутбук здатний працювати під високим навантаженням при наявності постійного живлення. Батарея пристрою має ємність 3910mAh та споживання енергії в 45Wh, що менше ніж в ультрабуках чи великих геймерських ноутбуках, але достатня для автономної роботи від однієї до двох годин при високих навантаженнях та до чотирьох при звичайному користуванні, наприклад використанні офісних програм чи інтернет пошуку.

1.2 Опис роботи пристрою

Ноутбук Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6 призначений для виконання завдань з використанням значних ресурсів, зокрема для роботи з графікою, відеоматеріалами та запуск програм, які суттєво навантажують процесор і відеокарту. Функціонування пристрою базується на взаємодії центрального процесора, графічної підсистеми, оперативної пам'яті, накопичувача та системи живлення.

Після увімкнення живлення проходить початкова ініціалізація апаратних компонентів та завантаження ОС з SSD-диска у оперативну пам'ять.

Центральний процесор опрацьовує програмний код, керує передачею даних між накопичувачем і пам'яттю, а також координує роботу інших вузлів. Під час виконання складних обчислень CPU працює на підвищених частотах, що супроводжується генерацією більшої кількості тепла.

Графічна частина ноутбука відповідає за обробку 2D- та 3D-графіки, формування зображень та прискорення мультимедійних процесів. При старті ігор чи інженерних застосунків навантаження на графічний процесор значно зростає, що підвищує його температуру та споживання енергії.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						12
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Оперативна пам'ять тимчасово утримує дані і модулі програм, що обробляються процесором. Обсяг і швидкість визначають можливість одночасного виконання багатьох завдань без падіння продуктивності. Збої в роботі оперативної пам'яті призводять до нестабільності системи та критичних відмов.

SSD-накопичувач потрібен для постійного збереження ОС, програм та файлів користувача. Вирізняється високою швидкістю доступу до інформації, хоча з часом ресурс пам'яті через часті цикли запису зменшується. Швидкість запуску програм і загальна надійність системи прямим чином залежать від стану накопичувача.

Ноутбук має два режими електроживлення – стаціонарний, від блоку живлення, та автономний, від внутрішньої батареї. При інтенсивному використанні, ноутбук споживає більше електроенергії впливаючи на генерацію тепла та роботу акумулятора із наслідком у підвищені швидкості обертання вентиляторів системи охолодження. Для безперебійного функціонування системи необхідно підтримувати стабільний рівень напруги та справний стан акумулятора.

Під час роботи пристрою усі компоненти постійно взаємодіють. При зростанні кількості обчислень на центральному та графічному процесорах – підвищується тепловиділення і, як наслідок, збільшується споживання електроенергії. Для забезпечення надійної та стабільної роботи ноутбука необхідно постійно контролювати температуру, характеристики живлення, стан накопичувачів та оперативної пам'яті.

1.3 Аналіз способів і засобів діагностики

Діагностика ноутбука Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6 проходить через визначення технічного стану системи. Пристрій проходить перевірку ключових апаратних параметрів відповідальних за стійкість, швидкодію та тривалість служби. Особлива увага приділяється контролю температурних режимів, параметрів живлення так як зазначені компоненти зазнають високого навантаження під час інтенсивної роботи.

Одним із ключових напрямів діагностування є моніторинг температурних показників центрального процесора та відео процесора. Аномально високі

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						13
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

температури – наслідок інтенсивної обробки даних та роботи на значних тактових частотах. При тривалому перебуванні показників вище норми, система стає нестабільною, знижується її продуктивність (тротлінг), і є ризик апаратних пошкоджень. Інтегровані датчики збирають температурні дані, тоді як програмний аналіз реалізується спеціалізованими утилітами, наприклад AIDA64 чи HWMonitor (рис. 1.2), для демонстрації показників у реальному часі та проведення стрес-тестувань. [2]

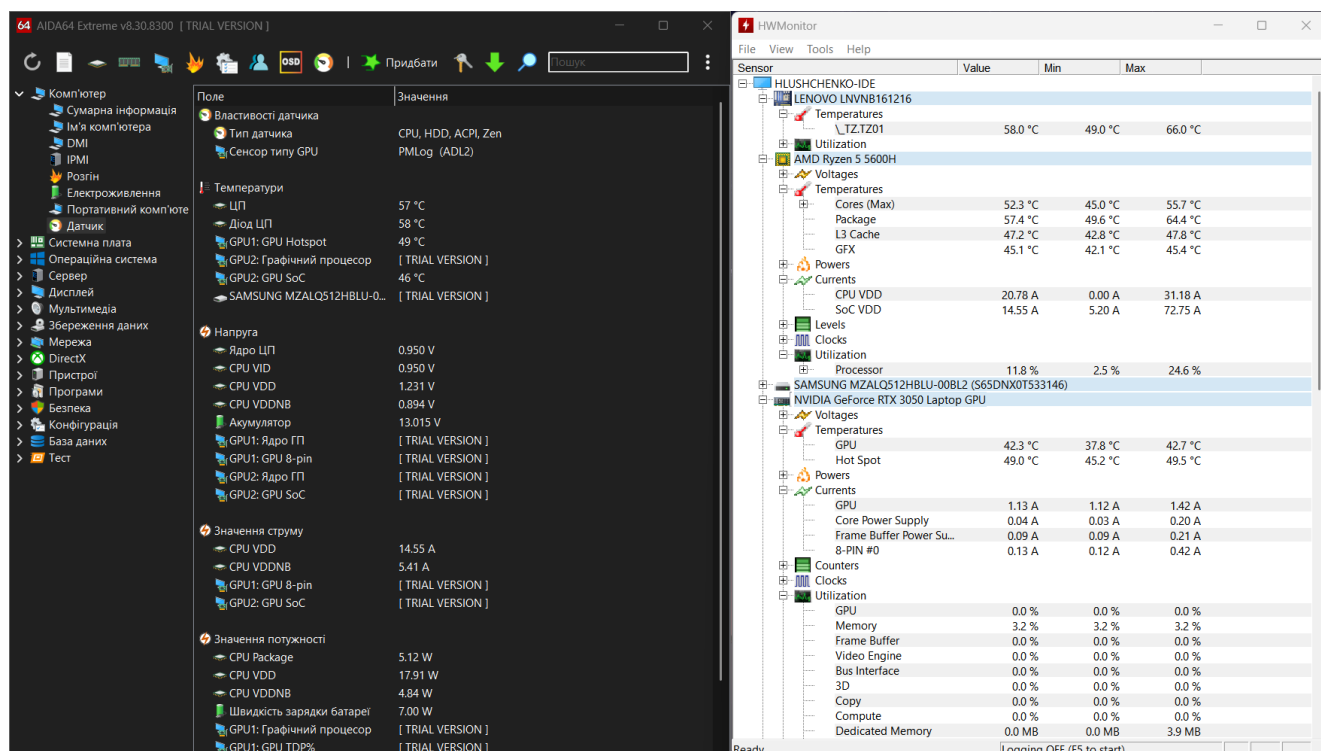


Рисунок 1.2 – AIDA64 та HWMonitor

Перевірка параметрів електроживлення, наприклад показників напруги, струму та стану батареї є частиною діагностики роботи системи що підвищує тривалість її роботи. Через нерівномірність живлення підвищується ризик збоїв у роботі елементів або раптове вимкнення всього пристрою. Аналіз стану батареї дає змогу оцінити ступінь її зносу, ефективність процесу заряджання та співвідношення фактичної ємності з номінальними характеристиками.

Технічний стан накопичувача отримується шляхом аналізу S.M.A.R.T.-параметрів зі службовою інформацією про кількість операцій запису, температурний режим, наявність помилок зчитування та інші експлуатаційні

відомості. Програма CrystalDiskInfo передає та розшифровує дані для користувача, необхідні для вчасної ідентифікації ознак деградації носія та запобіганню втрат даних.

Діагностика ОП проводиться через тестування її комірок на наявність дефектів при записі та зчитуванні. Наявність несправних ділянок призведе до збоїв у роботі системи, некоректного виконання програм та появи критичних помилок ОС. Для аналізу використовується спеціалізований інструмент MemTest86 виконуючого глибоке тестування пам'яті та генеруючого звіт про виявлені проблеми.

Сучасні засоби діагностування поєднують апаратне збирання вимірів із програмною інтерпретацією отриманої інформації. Комплексний підхід до контролю температур та параметрів живлення дає змогу швидко виявляти відхилення від заданих характеристик, передбачати потенційні поломки та підвищувати надійність експлуатації ноутбука.

1.4 Опис і вимоги до вхідних даних

Функціонування системи діагностики ноутбука Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6 ґрунтується на зборі, опрацюванні та аналізі вхідних даних, які описують технічний стан його ключових апаратних складових. Відомості представлені чисельними показниками, що надходять від вбудованих сенсорів, контролерів живлення, а також службових таблиць накопичувача.

Головну частину вхідних даних складають температурні значення центрального процесора і графічного адаптера. Параметри зчитуються з інтегрованих термодатчиків і передаються програмній частині системи для подальшого аналізу. Температурні показники мають збиратися у режимі реального часу з визначеною періодичністю, мати достатню точність вимірювання та відображати як поточні, так і максимальні значення. Вимоги до даних: підтверджена достовірність, синхронність у часі та адекватне відображення фактичного навантаження на систему.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						15
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Другу категорію складають параметри електроживлення, які охоплюють значення напруги, величину споживаного струму і характеристики акумуляторної батареї. Сюди входять рівень заряду, розрахункова та поточна ємність, кількість циклів заряду та ступінь зносу акумулятора. Показники групи мають бути отримані з внутрішніх контролерів живлення пристрою і відображати реальну ситуацію в енергетичній системі. Вимоги до параметрів: стабільність зчитування, правильне масштабування фізичних одиниць та можливість порівнювати їх із номінальними значеннями, встановленими виробником.

Усі дані, які подаються на вхід діагностичної системи, мусять відповідати критеріям впорядкованості, непорушності та узгодженості в часі. Обраний спосіб подання параметрів має сприяти їх легкій автоматичній обробці, можливості побудови графічних представлень, створення зведених таблиць та генерації фінального звіту про діагностику. Надійність та абсолютна точність зібраних даних на пряму визначають, наскільки правильними будуть судження про стан апаратної частини ноутбука та наскільки дієвими будуть кроки щодо його сервісного обслуговування.

Завдання діагностичного комплексу – безперервний чи періодичний збір відомостей про температуру центрального та графічного процесорів, параметри електроживлення, суворо дотримуючись усіх вимог щодо їхньої точності, своєчасності та придатності для подальшого аналітичного опрацювання.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						16
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДІАГНОСТИКИ

2.1 Огляд пристрою діагностики

2.1.1 Призначення пристрою діагностики

Пристрій діагностики призначений для здійснення безперервного контролю технічного стану комп'ютерної системи шляхом вимірювання, обробки та відображення основних параметрів її роботи. Основна функція пристрою – своєчасне виявлення відхилень параметрів від допустимих значень та формування сигналу про можливу аварійну ситуацію. Підвищує надійність роботи комп'ютерної техніки, необхідний для запобігання перегріву та перевантажень, а також у забезпеченні своєчасного реагування на критичні зміни робочих параметрів системи.

У процесі роботи пристрій здійснює вимірювання температури корпусу та температури навколишнього повітря за допомогою аналогових датчиків. Значення споживаного струму проходить вимірювання для оцінки енергоспоживання системи. Отримує дані про рівень завантаження центрального процесора та графічного адаптера через послідовний інтерфейс від персонального комп'ютера.

Отримані дані обробляються мікроконтролером ATmega328P, завданням якого є аналого-цифрове перетворення сигналів, їх аналіз та порівняння із заданими критичними значеннями.

На LCD дисплей виводить результати обробки в зручному для користувача вигляді дозволяючи здійснювати контроль параметрів у режимі реального часу.

При перевищенні встановлених граничних значень температури або інших параметрів пристрій автоматично активує звуковий сигналізатор, забезпечуючи оперативне інформування користувача про небезпечний стан системи.

Для інтеграції в локальну мережу, з метою централізованого контролю, у пристрої діагностики є інтерфейс зв'язку, передаючи та отримуючи необхідні дані.

Наявність інтерфейсу обміну даними потрібне щоб використовувати пристрій не лише як локальний засіб контролю, а і як складову частину

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						17
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

розподіленої системи моніторингу, у якій можливий збір та аналіз інформації від декількох контрольованих вузлів одночасно.

2.1.2 Аналіз параметрів, що контролюються

Для оцінки технічного стану комп'ютерної системи пристрій діагностики проводить контроль над декількома основними параметрами системи.

Одним із параметрів є температура корпусу, характеризує загальний тепловий стан системи та потрібен для виявлення перегрівів внутрішніх компонентів. Набуття високих значень свідчить про недостатнє охолодження, забруднення системи вентиляції або надмірне навантаження.

Температура навколишнього повітря відповідає за ефективність охолодження. При високій температурі повітря навіть справна система охолодження працює менш ефективно впливаючи на зростання температури компонентів.

Споживаний струм являється електричним параметром необхідним для оцінки рівня енергоспоживання та навантаження на систему живлення. Різкі зміни струму вказують на нестабільну роботу та досягання пікових навантажень.

Пристрій діагностики аналізує рівень завантаження центрального процесора та графічного адаптера. Відповідальні за обчислювальне навантаження системи та потрібні для пов'язання теплових і електричних показників.

Комплексний аналіз усіх параметрів дає змогу отримати повну картину роботи системи. Поєднання температурних, електричних та обчислювальних показників потрібне щоб більш точно визначати причини можливих відхилень і своєчасно реагувати на них.

2.1.3 Огляд аналогів

Розглядаючи апаратні рішення на базі Arduino, готових аналогів із ідентичним набором функцій майже немає. Зазвичай Arduino потрібен для окремих задач, наприклад для вимірювання температури або відображення даних на

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						18
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

дисплеї. Повноцінні системи діагностики зустрічаються рідко і частіше виглядають як навчальні проекти.

Іноді Arduino підключають до комп'ютера через Serial і передають на нього прості дані для виводу. Рішення працююче, але фактично являється індикатором і не аналізує стан системи в комплексі.

Набагато частіше контроль стану комп'ютера проводять програмні засоби. Наприклад, HWMonitor або AIDA64. Вони показують температуру, напругу, завантаження процесора і відеокарти. Уся інформація береться з внутрішніх датчиків комп'ютера, тому додаткове обладнання не потрібне.

Є також Open Hardware Monitor (рис. 2.1). Мета не тільки у перегляді даних, а й передача їх в інші програми. Наприклад, через нього отримують значення температури або навантаження і відправляють їх на зовнішній пристрій.

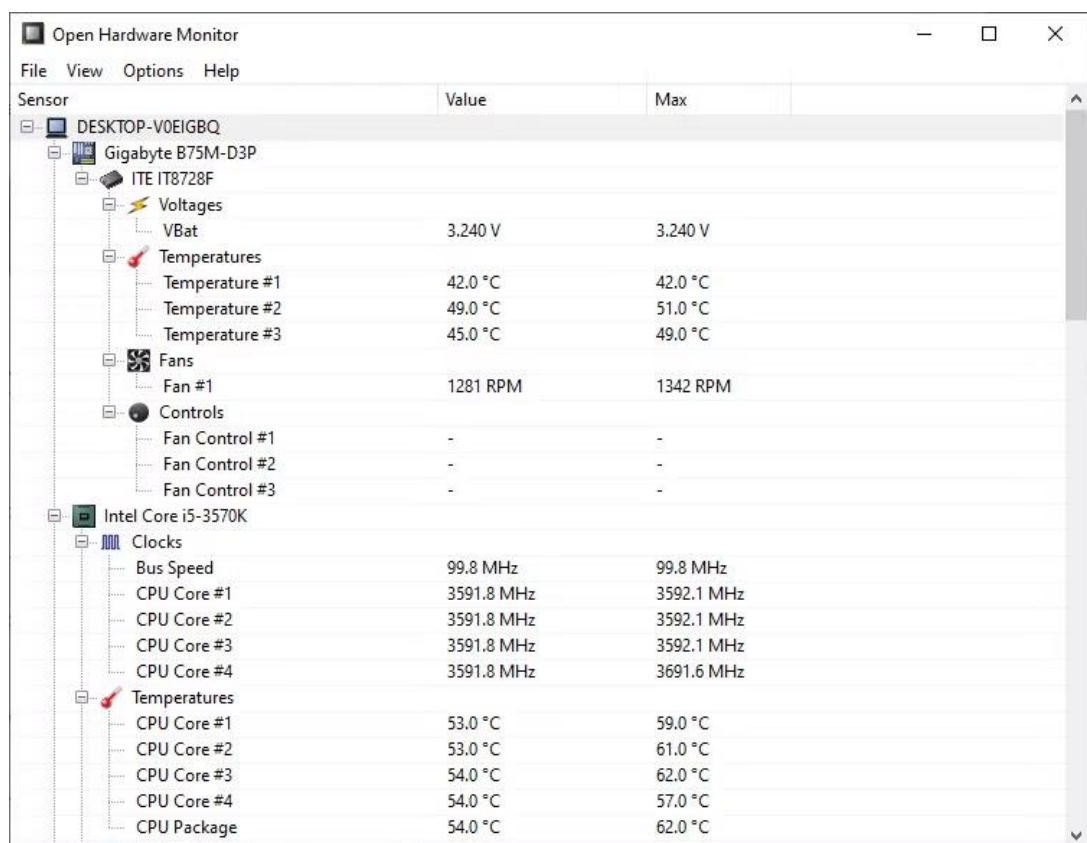


Рисунок 2.1 – Інтерфейс Open Hardware Monitor

Передача даних зазвичай робиться через послідовний порт. Комп'ютер формує рядок із параметрами, а мікроконтролер його приймає.

Програмні рішення зручні тим, що не потребують додаткових компонентів і одразу дають багато інформації. Але вони працюють тільки в межах самого комп'ютера. Якщо потрібно винести індикацію назовні або додати сигналізацію, доводиться використовувати окремий пристрій.

Розроблений пристрій поєднує два підходи: програма на комп'ютері збирає дані, а мікроконтролер їх обробляє.

2.2 Реалізація пристрою діагностики

2.2.1 Обґрунтування вибору тактової частоти

Розроблений пристрій (додаток А, рис. 1) працює з тактовою частотою 16 МГц. Значення обрано виходячи з особливостей роботи мікроконтролера та поставлених задач.

Мікроконтролер ATmega328P стабільно працює саме на цій частоті, оскільки вона є стандартною для більшості плат Arduino, що спрощує налаштування і необхідне для використання готових бібліотек без додаткових змін.

Для задач виконуваних пристроєм, високої продуктивності не потрібно. Основна робота – зчитування аналогових значень із датчиків, обробка отриманих даних і вивід інформації на дисплей. Операції не створюють великого навантаження на мікроконтролер, тому 16 МГц більш ніж достатньо.

Окремо варто врахувати роботу послідовного інтерфейсу. При частоті 16 МГц забезпечується стабільна передача даних на швидкості 9600 бод без помилок. Так пристрій обмінюється даними з комп'ютером у реальному часі.

Зменшення тактової частоти знижує енергоспоживання, але водночас сповільнює обробку даних і уможлиблює затримки у відображенні інформації. Збільшення частоти не дає суттєвих переваг для заданої задачі, але ускладнить роботу та потребуватиме додаткового налаштування.

Частота 16 МГц є оптимальним варіантом для даного пристрою, забезпечуючи стабільну роботу, достатню швидкість та сумісність із використовуваними компонентами і програмним забезпеченням.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						20
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2 Обґрунтування вибору мікроконтролера

У якості основи пристрою обрано мікроконтролер ATmega328 (рис. 2.2) через можливості, доступність та відповідність поставленим задачам.

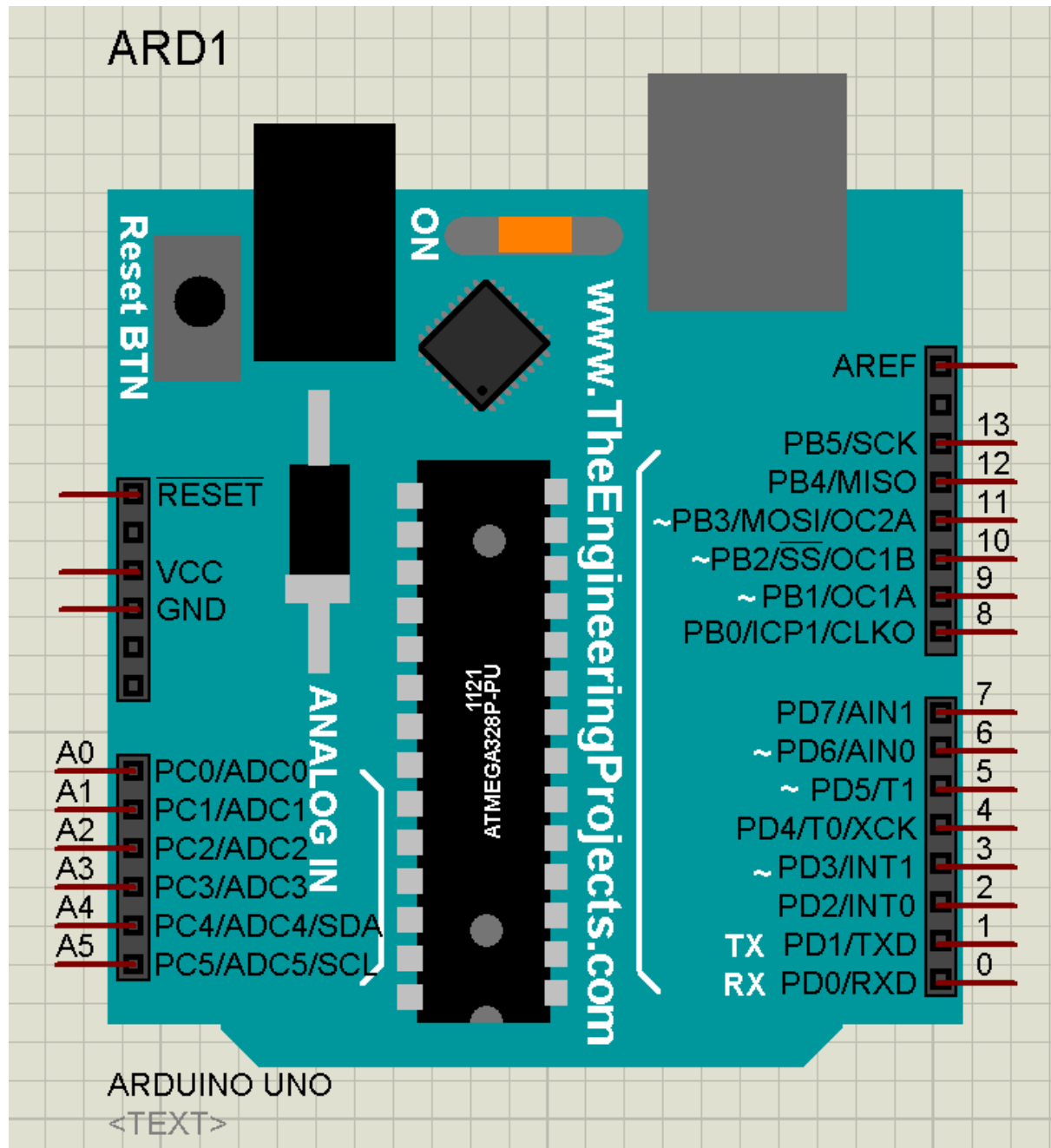


Рисунок 2.2 – Мікроконтролер ATmega328 (Arduino UNO)

Даний мікроконтролер має 8-бітну архітектуру, якої достатньо для обробки даних у пристрої діагностики. При роботі пристрій не робить складних обчислень, тому застосування більш потужних 32-бітних рішень не є необхідним. [3]

Наявний вбудований аналого-цифровий перетворювач для прямого підключення датчиків температури та струму без додаткових модулів. Так схема пристрою стає простішою і кількість компонентів зменшується.

Мікроконтролер має достатню кількість входів і виходів для підключення всіх елементів системи. До нього підключаються датчики, LCD-дисплей, звуковий сигналізатор, а також інтерфейс обміну даними з комп'ютером.

Мікроконтролер має вбудований послідовний інтерфейс для обміну даними з комп'ютером. Передача здійснюється через USB-з'єднання в реальному пристрої, а в середовищі моделювання – за допомогою модуля COMPIМ (рис. 2.3), який необхідний для доступу до COM-порту, дозволяючи реалізувати обмін інформацією не використовуючи додаткових апаратних модулів. [9]

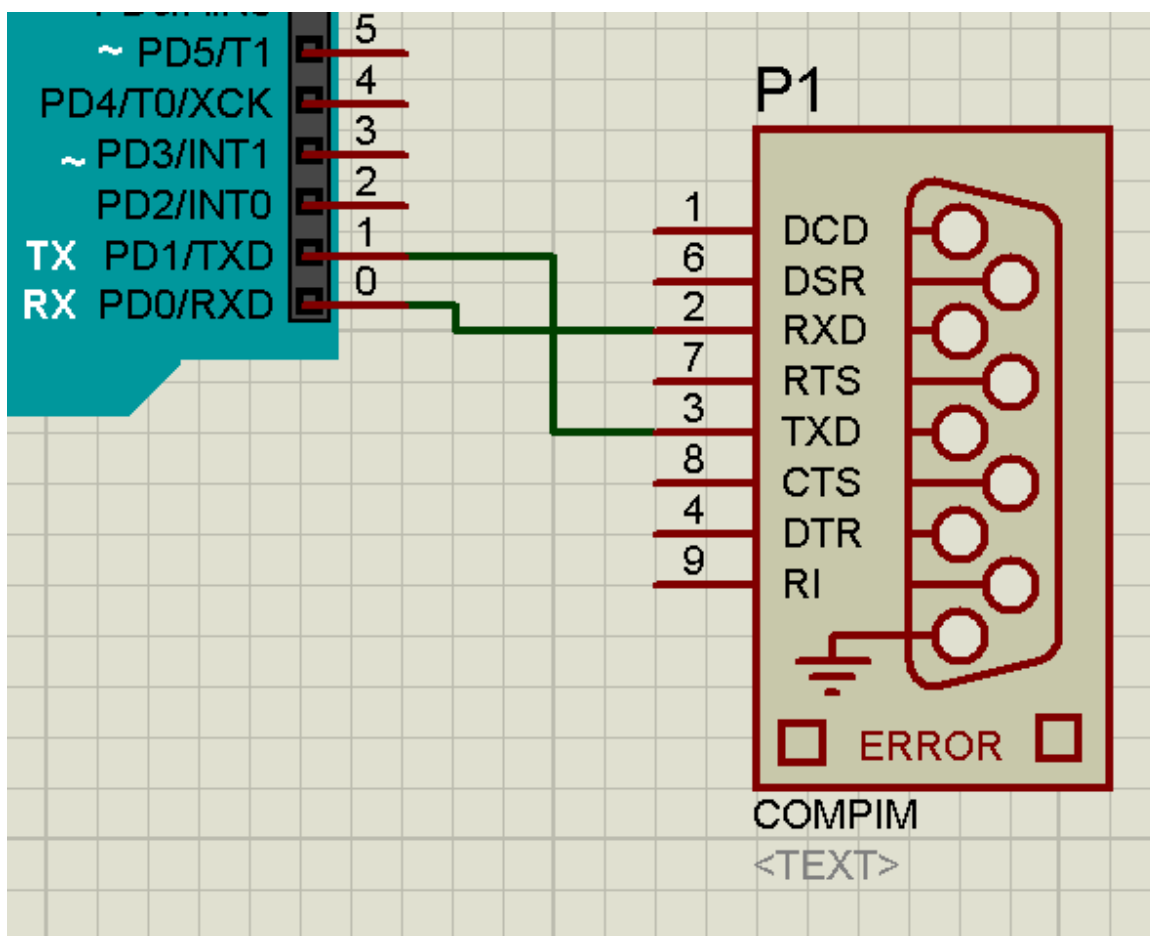


Рисунок 2.3 – Модуль COMPIМ підключений до Arduino UNO

Також має сумісність із платформою Arduino, що спрощує розробку програмного забезпечення, оскільки наявні готові бібліотеки для роботи з дисплеєм, датчиками та Serial-зв'язком.

З точки зору вартості та доступності, ATmega328 є вигідним рішенням. Він широко розповсюджений і добре підходить для навчальних цілей.

2.2.3 Моделювання роботи пристрою

Моделювання роботи пристрою діагностики виконано в середовищі Proteus ISIS з метою перевірки працездатності апаратної схеми та програмного забезпечення до фізичної реалізації пристрою.

У процесі моделювання схеми використано мікроконтролер ATmega328P (рис. 2.2), підключення якого виконано відповідно до реальної Arduino-сумісної платформи. У схемі наявні усі основні функціональні блоки пристрою: датчики, інтерфейси введення/виведення та засоби сигналізації.

У реальному пристрої датчики підключаються безпосередньо до мікроконтролера ATmega328P: виходи датчиків з'єднуються з аналоговими входами A0-A2, а живлення здійснюється від стабілізованого джерела +5V та загальної шини GND. [3]

Датчик струму ACS712 (рис. 2.4) підключається до входу A0 та вбудовується в силову лінію живлення комп'ютерної системи для вимірювання споживаного струму. [6]

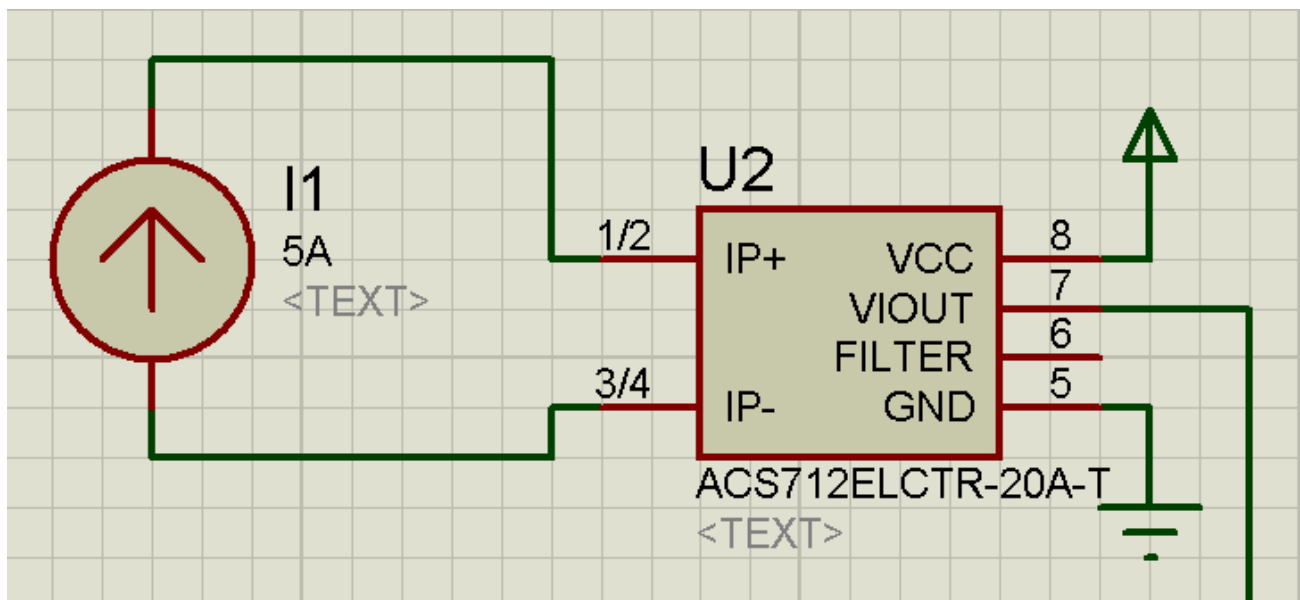


Рисунок 2.4 – Датчик струму ACS712 із тестовим постійним живленням

Датчики температури типу LM35 (рис. 2.5, рис. 2.6) підключаються до входів A1 та A2. Фізично розміщуються безпосередньо в корпусі комп'ютера: один датчик встановлюється поблизу основних тепловиділяючих компонентів (процесор, радіатор або відеокарта) для контролю внутрішньої температури, а інший – у зоні вентиляційного отвору або біля виходу повітря для оцінки температури повітряного потоку та ефективності охолодження. [7]

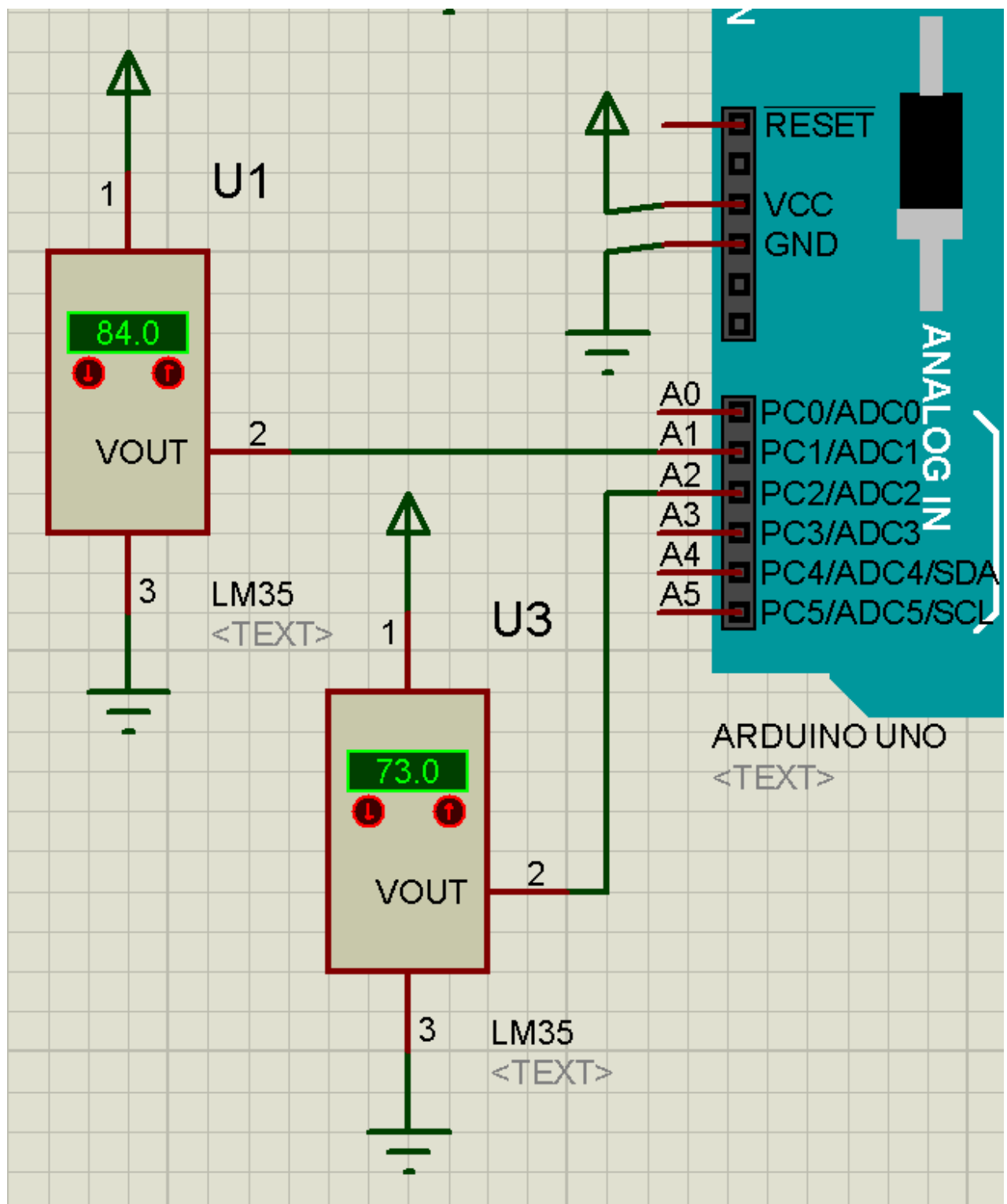


Рисунок 2.5 – Датчики температури корпусу і вентиляції LM35



Рисунок 2.6 – Фізичний вигляд датчику температури LM35

Таке розміщення потрібне для отримання реальних значень теплового режиму системи та аналізувати умови її роботи в динаміці.

LCD 16x2 (рис. 2.7) підключено до цифрових пінів 2-7 у 4-бітному режимі (RS, E, D4-D7). Дисплей використовується для відображення поточних значень температури, струму та навантаження CPU/GPU. [5]

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						26
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

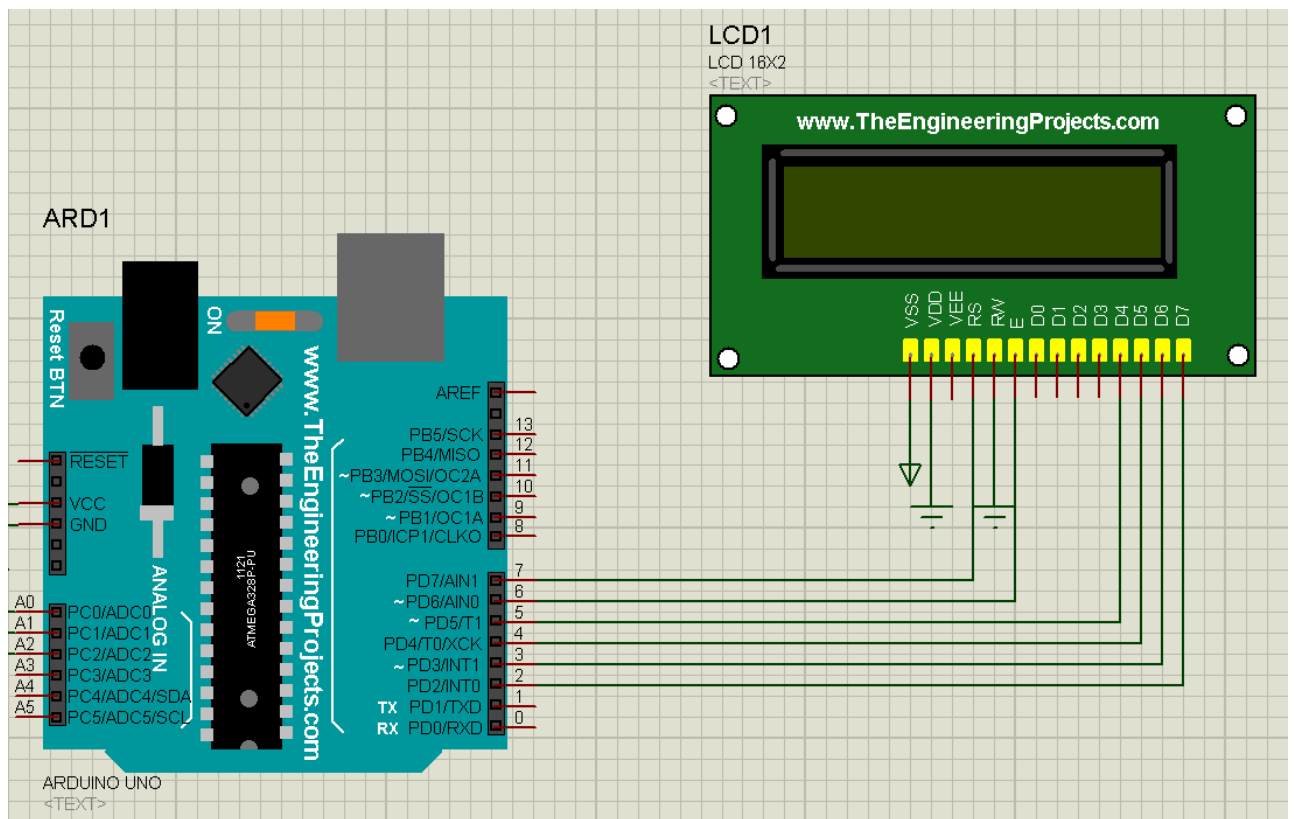


Рисунок 2.7 – Екран LCD16x2 підключений до мікроконтролеру Arduino UNO

Звуковий сигналізатор (SOUNDER) (рис. 2.8) підключено до цифрового піна 8. Керування здійснюється за допомогою функції `tone()`, яка формує звуковий сигнал при перевищенні критичних значень параметрів.

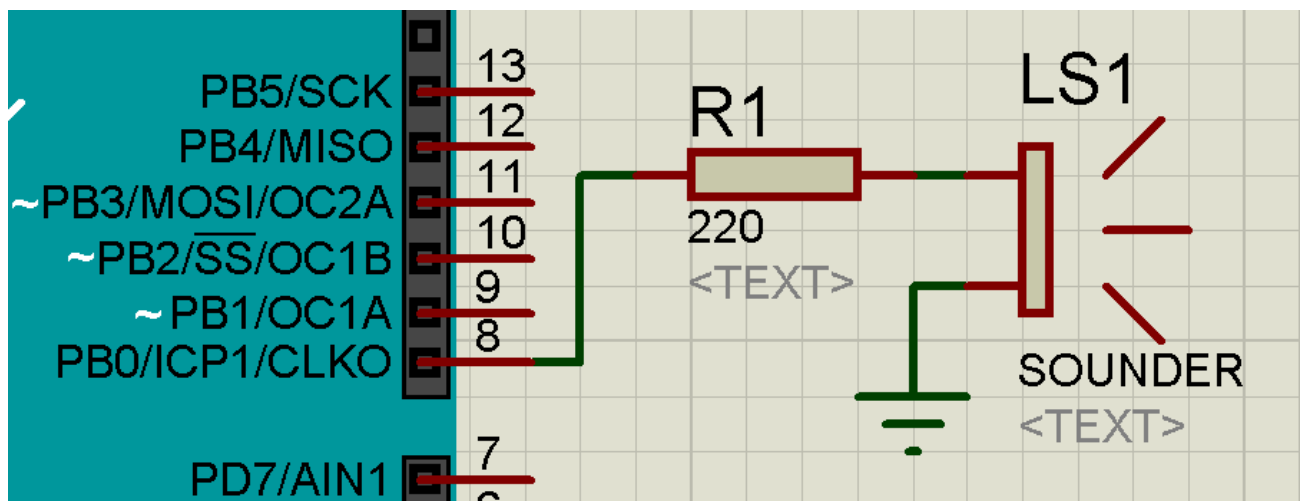


Рисунок 2.8 – SOUNDER із резистором підключений до Arduino UNO

Для реалізації обміну даними між мікроконтролером та комп'ютером у середовищі Proteus наявний модуль COMPM (рис. 2.3), що підключений до апаратного UART-інтерфейсу мікроконтролера (піни RX – PD0, TX – PD1).

COMPM необхідний для емуляції COM-порту персонального комп'ютера, надаючи можливість передавати та приймати дані у форматі Serial-зв'язку (наприклад, CPU:45, GPU:30). Надає можливість перевірити коректність роботи алгоритмів прийому та обробки даних, що надходять від програмного забезпечення на ПК.

Модуль COMPM не потрібен у фізичній реалізації пристрою. В реальному пристрої наявний апаратний UART мікроконтролера ATmega328P, який працює через виводи PD0 (RX) та PD1 (TX).

Під час моделювання в Proteus ISIS було підтверджено (додаток А, рис. 2-9):

- а) коректне зчитування аналогових сигналів від датчиків;
- б) стабільну роботу LCD-дисплея в режимі динамічного оновлення інформації;
- в) правильну передачу даних через Serial-інтерфейс із використанням COMPM;
- г) коректну роботу звукової сигналізації при перевищенні заданих порогових значень температури та навантаження.

Отримані результати підтверджують працездатність розробленого алгоритму та правильність взаємодії всіх компонентів системи.

2.2.4 Опис роботи електричної схеми

Електрична схема пристрою діагностики побудована на базі мікроконтролера ATmega328P, що потрібен для зв'язування циклу збору, обробки, аналізу та відображення даних про стан комп'ютерної системи (додаток Б).

У процесі роботи пристрою аналогові сигнали від датчиків струму та температури надходять на аналогові входи мікроконтролера А0-А2. Вбудований аналого-цифровий перетворювач здійснює їх перетворення у цифрові значення.

Отримане значення напруги необхідне для розрахунку струму за формулою:

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						28
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I = \frac{\frac{N_{ADC} * 5}{1023} - 2,5}{0,1}, \quad (2.1)$$

де N_{ADC} – цифрове значення, отримане з аналого-цифрового перетворювача;

5 – опорна напруга живлення мікроконтролера (В); [10]

1023 – максимальне значення 10-бітного АЦП; [10]

2.5 – нульове зміщення датчика ACS712 (при відсутності струму); [10]

0.1 – чутливість датчика (В/А). [6]

Отриманні значення температур обчислюються за формулами:

$$T_{case} = N_{A1} * 0,488, \quad (2.2)$$

де T_{case} – температура корпусу;

N_{A1} – значення АЦП з датчика температури корпусу;

0.488 – коефіцієнт перерахунку значення АЦП в градуси Цельсія (°C).

$$T_{air} = N_{A2} * 0,488, \quad (2.3)$$

де T_{air} – температура повітря біля вентиляційного отвору;

N_{A2} – значення АЦП з датчика температури повітря.

Зокрема, значення з входу А0, отримане від датчика струму ACS712, перетворюється у фізичне значення струму за формулою з урахуванням опорної напруги та чутливості датчика. Результат використовується для контролю енергоспоживання системи.

Сигнали з входів А1 та А2, що відповідають датчикам температури корпусу та повітря, масштабуються у значення температури у градусах Цельсія шляхом лінійного перерахунку. Отримані температурні дані застосовуються для оцінки теплового режиму роботи комп'ютерної системи.

Після обробки даних виконується їх порівняння з попередніми значеннями. Передача результатів у послідовний порт здійснюється лише у випадку суттєвої

зміни параметрів для зменшення навантаження на інтерфейс обміну даними та уникнення надлишкової інформації.

Додатково пристрій приймає дані від персонального комп'ютера через UART-інтерфейс у форматі текстових команд (CPU:xx, GPU:xx). Отримані значення парсяться та перетворюються у числовий формат, після чого надходять для відображення поточного рівня завантаження процесора та графічного адаптера.

Оброблені дані відображаються на LCD-дисплеї 16x2 у режимі динамічного оновлення. На першому рядку виводяться значення температури та струму, на другому – температура повітря та почергово дані CPU або GPU.

У разі перевищення встановлених порогових значень температури або навантаження мікроконтролер формує сигнал тривоги та активує звуковий сигналізатор через цифровий вихід. Сигнал генерується періодично з інтервалом часу для інформування користувача про критичний стан системи.

Електрична схема реалізує безперервний цикл: зчитування аналогових даних, їх перетворення, аналіз, передача та відображення, формування сигналізації при аварійних умовах.

2.2.5 Забезпечення зв'язку з локальною мережею

Зв'язок пристрою діагностики з персональним комп'ютером реалізовано на основі послідовного інтерфейсу UART, необхідного для двонапрямленої передачі даних між мікроконтролером ATmega328P та зовнішнім програмним забезпеченням. Модуль COMPIМ, у середовищі моделювання Proteus, емулює фізичний COM-порт і під'єднаний до апаратних ліній RX (PD0) та TX (PD1) мікроконтролера.

COMPIМ є програмно-апаратним інтерфейсом для передачі даних з моделі пристрою у зовнішнє середовище та отримання даних у зворотному напрямку. У даній системі він реалізує двонапрямлений обмін інформацією: передача телеметричних даних від мікроконтролера та прийом команд від користувача.

Мікроконтролер формує вихідний потік даних у текстовому форматі, який містить поточні значення вимірюваних параметрів: струму, температури корпусу,

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						30
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

температури повітря, а також дані про завантаження CPU та GPU. Передача здійснюється через UART-інтерфейс у вигляді структурованого рядка, у вигляді:

T:xx.xC I:x.xA Air:xx.xC CPU:xx% GPU:xx%

Дані надсилаються у випадку зміни параметрів, дозволяючи оптимізувати навантаження на канал зв'язку та уникнути надлишкової передачі інформації.

Система також підтримує прийом даних від зовнішнього програмного забезпечення. Через UART-інтерфейс мікроконтролер отримує текстові команди у форматі:

CPU:xx

GPU:xx

Отриманий рядок аналізується програмно: виконується перевірка початку повідомлення, після чого числове значення виділяється та перетворюється у формат float або int. Отримані значення застосовані для відображення на LCD-дисплеї та подальшої індикації стану системи.

Реалізація зв'язку між віртуальним середовищем Proteus і зовнішніми програмами реалізовано за наступною схемою підключення:

- а) модуль COMPIM у Proteus підключений до COM-порту системи;
- б) віртуальний COM-порт COM2 створюється та з'єднується з COM3 за допомогою програмного засобу VSPEmulator; [11]
- в) термінальний доступ до COM3 здійснюється через програму PuTTY. [12]
- г) COM2 є інтерфейсом моделювання (Proteus), а COM3 – інтерфейс користувача.

Через програму PuTTY здійснюється ручне введення даних у систему. Користувач підключається до COM3 та передає текстові команди, які надходять у мікроконтролер через COMPIM. У відповідь система передає поточні параметри роботи пристрою, дозволяючи контролювати стан системи в режимі реального часу.

COMPIM, у поєднанні з VSPEmulator та PuTTY, необхідний для повної емуляції роботи фізичного UART-каналу, здійснення введення команд та отримання діагностичної інформації в реальному часі.

2.2.6 Розрахунок живлення

Живлення пристрою діагностики здійснюється від стабілізованого джерела напруги +5 В, що є стандартним для мікроконтролера АТmega328Р та підключених до нього периферійних пристроїв. Для забезпечення стабільної роботи всі елементи схеми живляться від спільної шини живлення та загальної шини GND.

До основних споживачів електричної енергії в пристрої належать мікроконтролер, LCD-дисплей, датчики вимірювання та звуковий сигналізатор.

Мікроконтролер АТmega328Р у робочому режимі споживає приблизно:

$$I_{MCU} \approx 50mA, \quad (2.4)$$

залежно від частоти роботи, активності периферії та режиму виконання програми.

LCD 16x2 у стандартному режимі споживає:

$$I_{LCD} \approx 20mA, \quad (2.5)$$

споживання залежить від підсвічування та режиму відображення інформації.

Сумарне споживання датчиків струму та температури становить:

$$I_{sens} \approx 20mA, \quad (2.6)$$

включаючи датчик ACS712 та два температурні датчики LM35.

Звуковий сигналізатор (SOUNDER) у активному режимі споживає:

$$I_{buzzer} \approx 30mA, \quad (2.7)$$

працює імпульсивно, тому значення досить нестабільне.

Загальний струм споживання визначається як сума струмів усіх основних компонентів:

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						32
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{total} \approx I_{MCU} + I_{LCD} + I_{sens} + I_{buzzer}, \quad (2.8)$$

Підставляючи усі значення у формулу 2.8:

$$I_{total} \approx 50 + 20 + 20 + 30 \approx 120mA, \quad (2.9)$$

З урахуванням можливих пікових навантажень та похибок розрахунку, загальне споживання становить:

$$I_{total} \approx 150mA, \quad (2.10)$$

2.2.7 Розробка друкованої плати

Розробка друкованої плати пристрою діагностики виконується з урахуванням функціональної структури системи та вимог до стабільності роботи електронних компонентів. Основною метою є забезпечення надійного електричного з'єднання між мікроконтролером ATmega328P, датчиками, LCD-дисплеєм, звуковим сигналізатором та інтерфейсом зв'язку.

У процесі проектування плати мікроконтролер ATmega328P розміщений в центральній частині схеми для мінімізації довжини сигнальних ліній до основних вузлів системи. Таке розташування зменшує рівень електромагнітних завад і підвищує стабільність передачі сигналів.

Аналогові входи A0–A2, до яких підключаються датчики струму та температури, розташовуються окремо від цифрових ліній для зменшення впливу шумів на результати вимірювань. Особливу увагу приділено розведенню загальної шини GND, яка виконується у вигляді суцільної площини для вирівнювання потенціалів та зниження перешкод.

LCD-дисплей 16x2 підключається через цифрові виходи мікроконтролера у стандартному 4-бітному режимі (RS, E, D4–D7). Лінії підключення прокладаються

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						33
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

з урахуванням мінімізації перехрещень та збереження логічної послідовності сигналів, що спрощує трасування плати.

Звуковий сигналізатор підключається до цифрового виходу D8 через обмежувальний елемент, забезпечуючи захист виходу мікроконтролера від перевантаження та стабільну роботу звукового сигналу.

Інтерфейс обміну даними (UART) виводиться на окремі контактні майданчики TX та RX для можливості підключення зовнішніх модулів або реалізації зв'язку через USB-UART перетворювач у реальному пристрої. У середовищі моделювання інтерфейс працює разом із модулем COMPIR.

Живлення плати організовано від стабілізованого джерела +5 В. Рекомендується розміщення фільтруючих конденсаторів біля мікроконтролера та аналогових датчиків для зменшення пульсацій напруги та підвищення стабільності вимірювань.

Розроблена друкована плата забезпечує компактне розміщення компонентів, мінімізацію довжини сигнальних доріжок та високу завадостійкість, що є критично важливим для коректної роботи вимірювальної системи.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						34
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОГРАМА ФОРМУВАННЯ ПАКЕТА ДАНИХ ДЛЯ ПД

3.1 Опис пристрою та його складових елементів

Пристрій діагностики (рис. 3.1) розроблено у середовищі Proteus ISIS 7 Professional. Складений із мінімального набору апаратних компонентів, достатнього для моделювання обміну даними та формування інформаційних пакетів. До складу пристрою входять мікроконтролер Arduino UNO, модуль COMPM, рідкокристалічний дисплей LCD 16x2 та система живлення.

Центральним елементом пристрою є плата Arduino UNO. Вона обробляє програмний код, приймає вхідні дані та формує вихідний інформаційний пакет. Також мікроконтролер приймає дані через послідовний інтерфейс UART (Serial) і обробляє їх відповідно до закладеного алгоритму роботи.

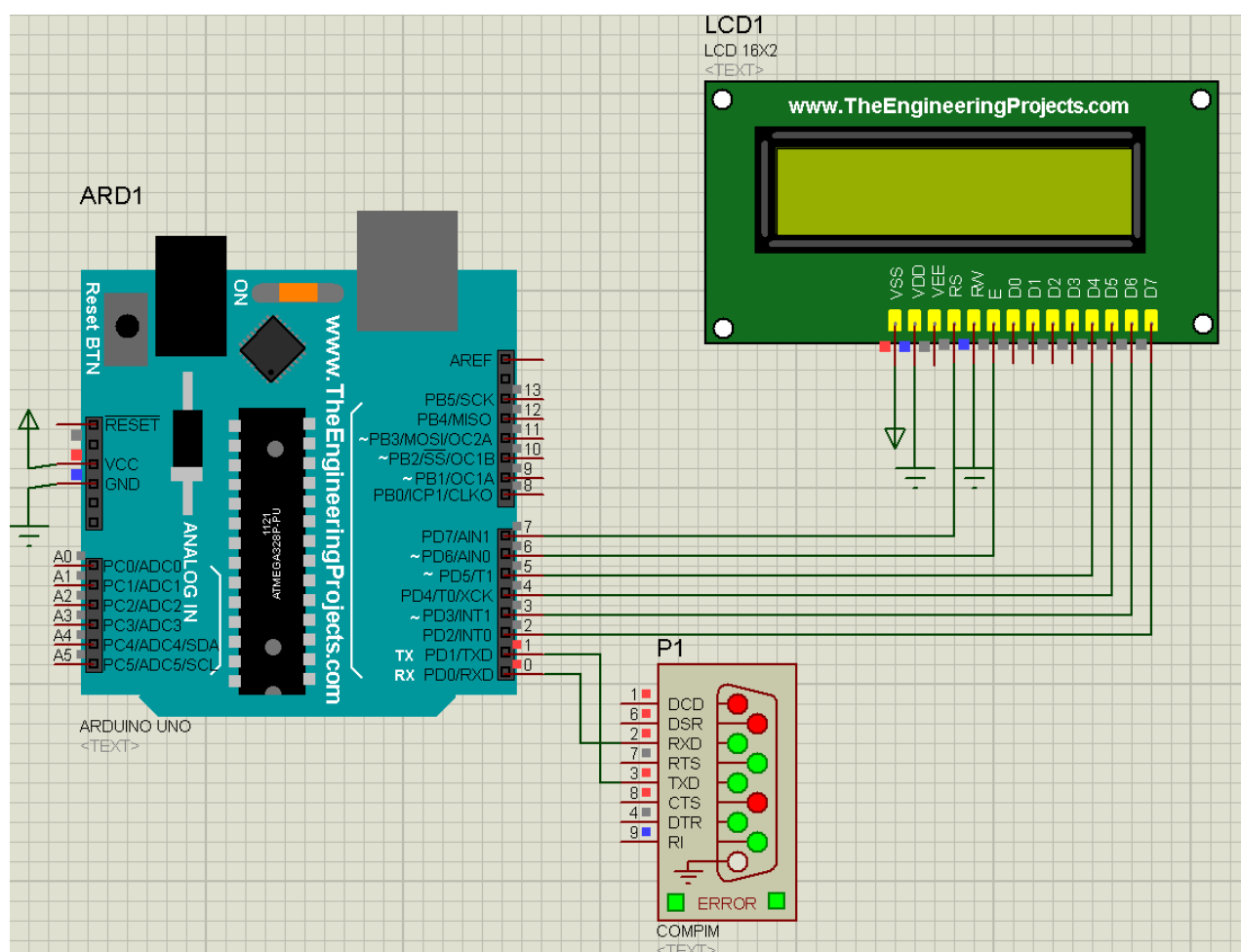


Рисунок 3.1 – ПД що використовується для формування пакету даних

Обмін даними між віртуальним середовищем Proteus та зовнішнім терміналом проходить через модуль COMPIМ (COM Port Interface Model). Модуль є заміною COM-порту всередині схеми для передачі інформації між Arduino UNO і програмним терміналом. Разом із VSPEmulator (рис. 3.2) необхідний для формування віртуального COM-каналу для взаємодії між Proteus ISIS та програмою PuTTY (рис. 3.3).

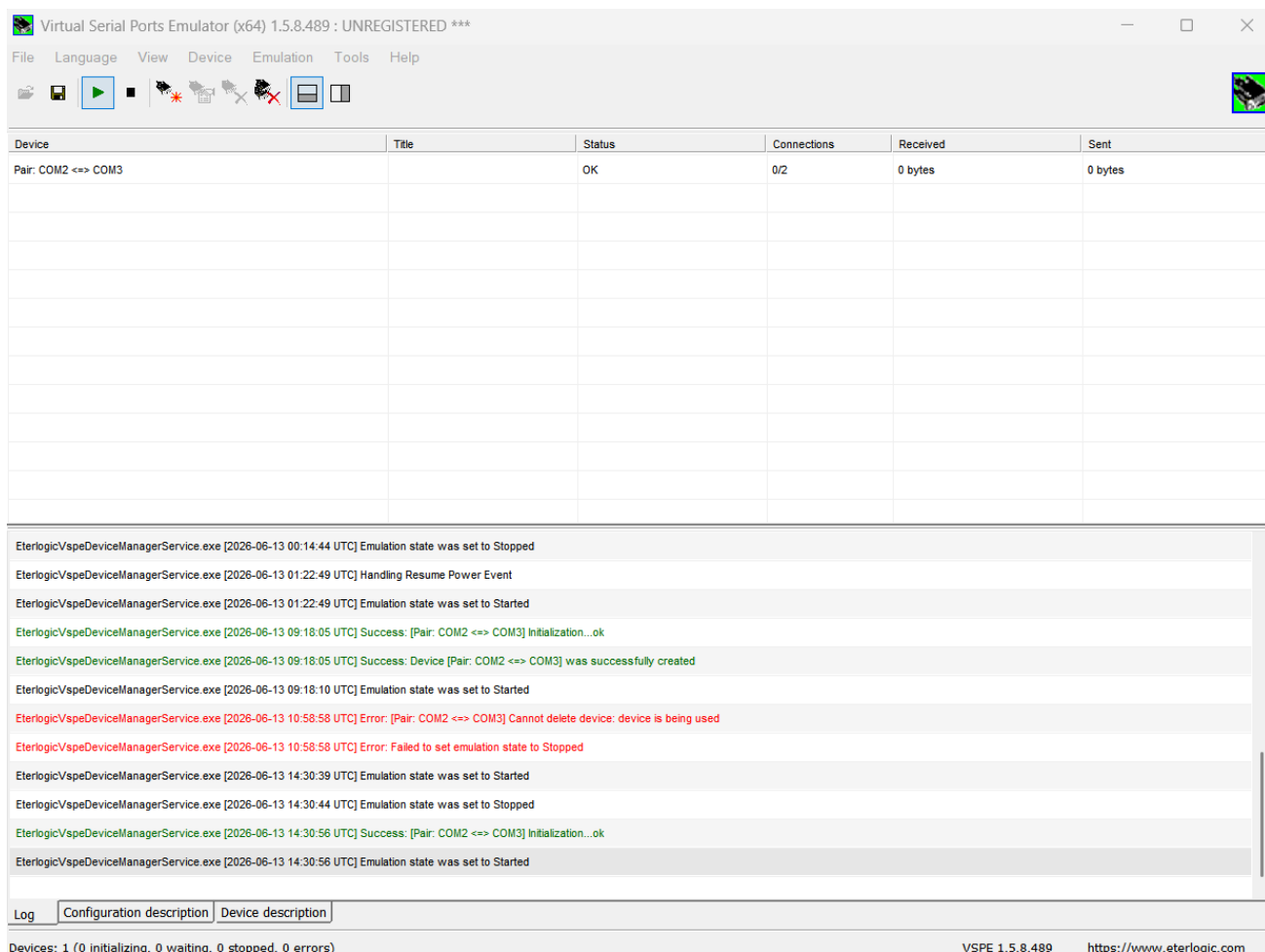


Рисунок 3.2 – Створений міст між COM2 та COM3 у VSPEmulator

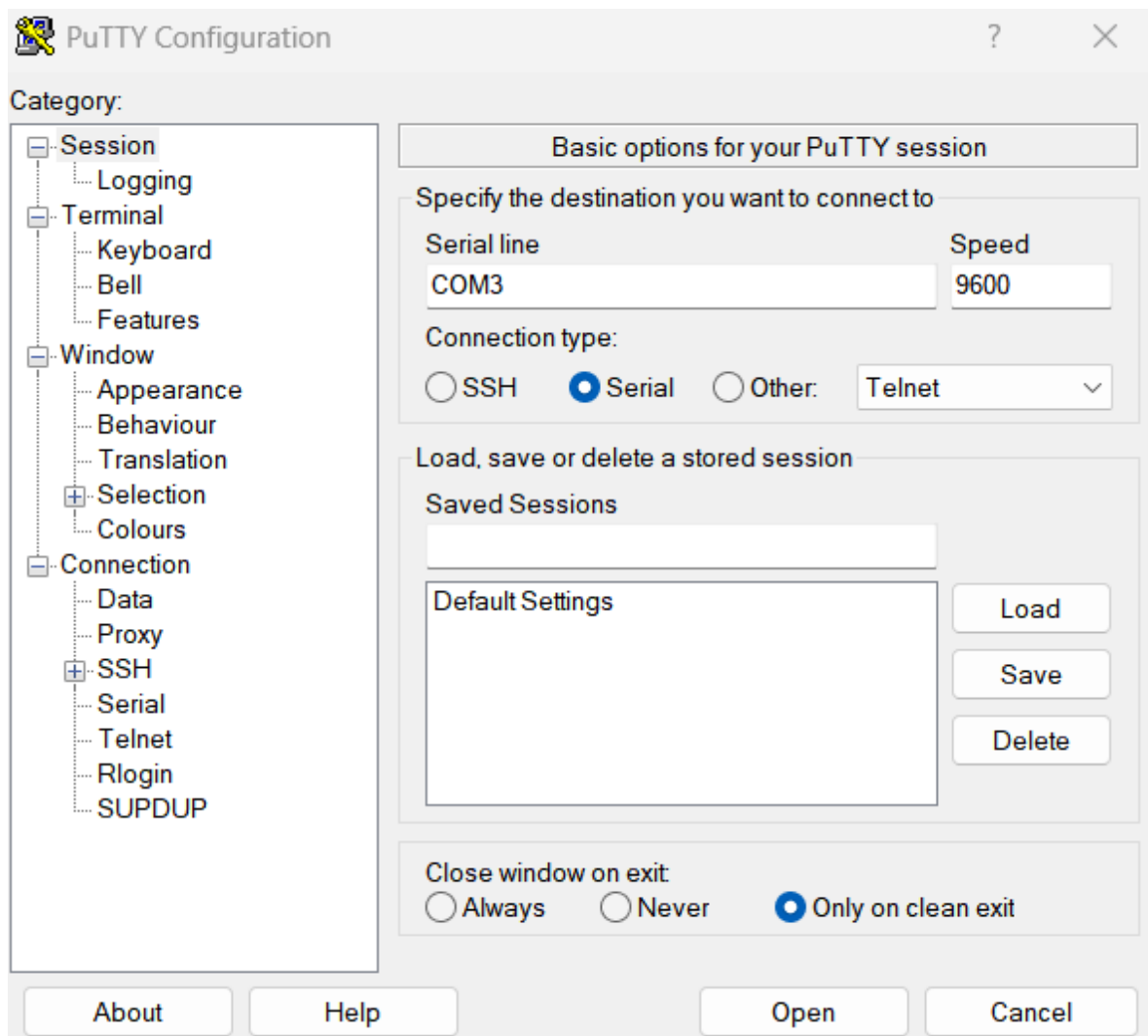


Рисунок 3.3 – Вікно PuTTY перед початком роботи з ПД

Система живлення відповідає стандартній схемі підключення Arduino UNO. У середовищі Proteus живлення підводиться до відповідних виводів мікроконтролера, що підтримує стабільну роботу всіх компонентів пристрою.

Окремим елементом системи є LCD-дисплей 16x2, який підключено до цифрових портів Arduino UNO. Дисплей призначений для відображення діагностичної інформації, параметрів роботи та сформованих пакетів даних. На поточному етапі розробки виведення інформації на екран не виконується, оскільки основну увагу приділено передачі даних через послідовний інтерфейс і перевірці коректності роботи алгоритму. Подальші етапи розробки передбачають додавання локального відображення інформації та розширення функціональних можливостей пристрою.

Поточна конфігурація ПД є спрощеною моделлю діагностичної системи та дозволяє перевірити коректність формування пакетів і передачі інформації між окремими програмними компонентами.

3.2 Опис програми та алгоритму формування пакета даних

Програмний код пристрою наведений у додатку В. Для розробки обрано мову C++ та стандартні засоби середовища Arduino. Компіляція програми й запис отриманого файлу до мікроконтролера проходять у середовищі Arduino IDE (рис. 3.4). Окрім створення програми, середовище перевіряє синтаксис, що допомагає знайти помилки ще до запуску моделі.

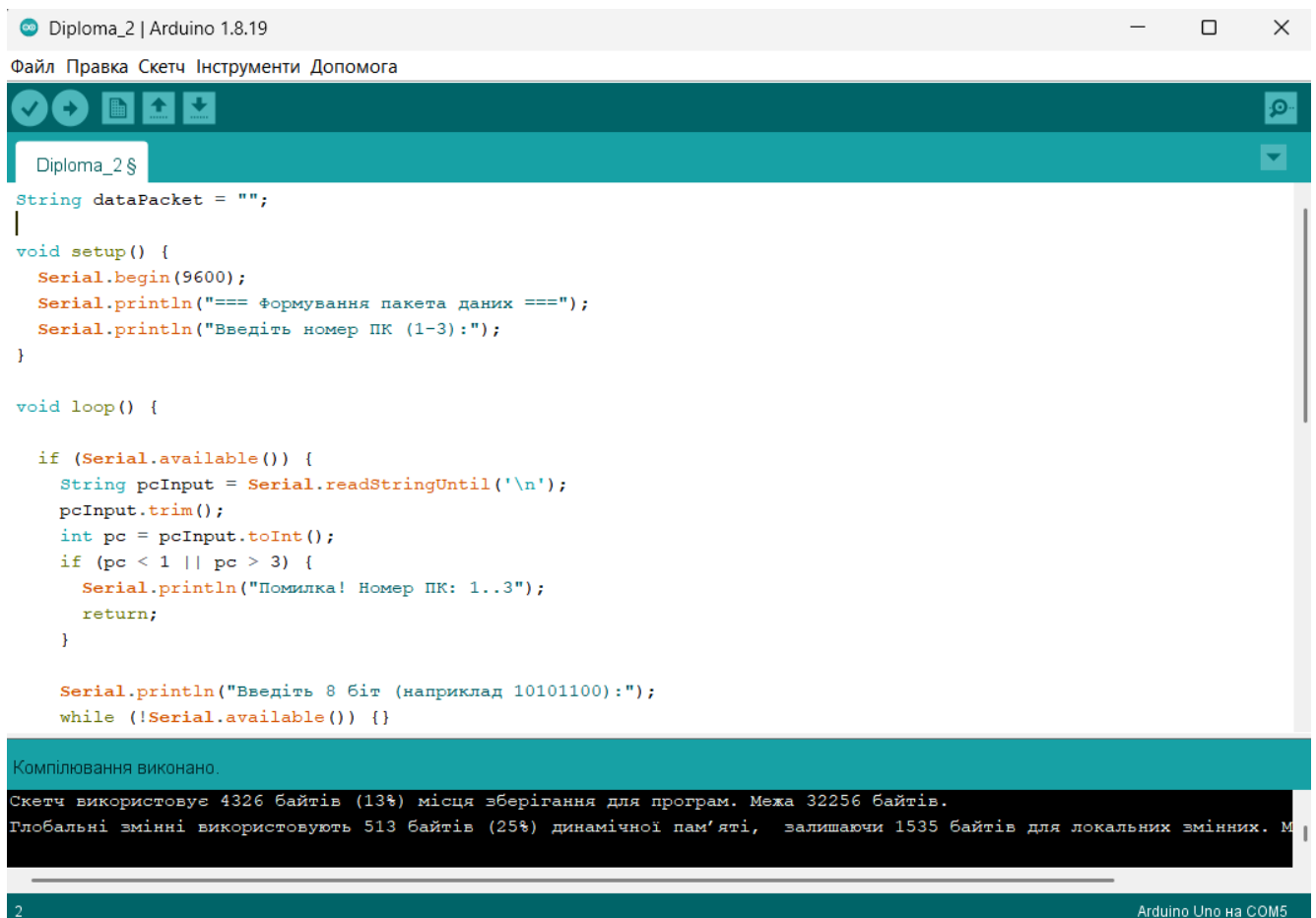
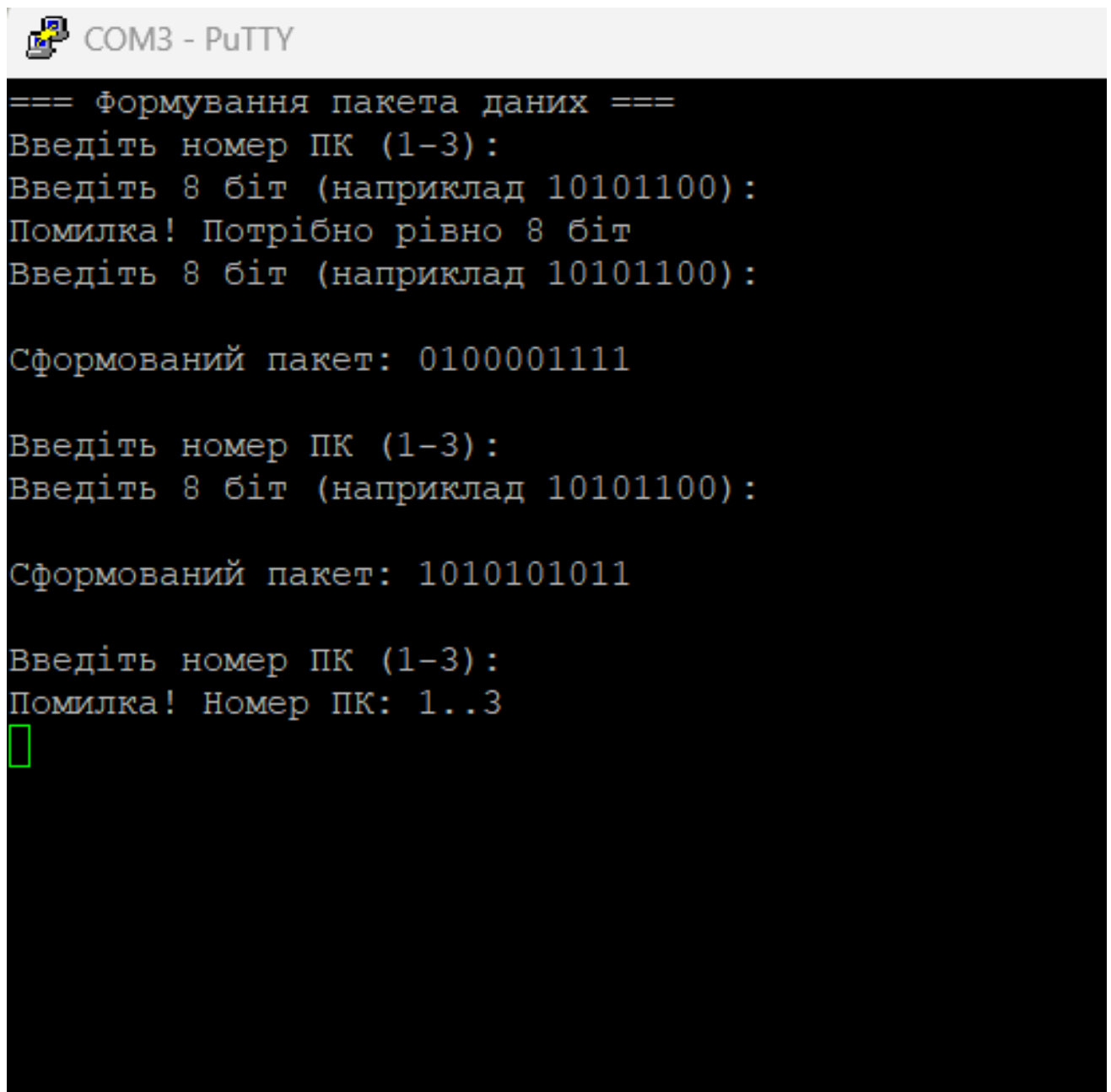


Рисунок 3.4 – Вікно програмного середовища Arduino IDE

Передавання даних між моделлю в Proteus ISIS 7 Professional та терміналом організоване через дві окремі програми – VSPeEmulator і PuTTY. У VSPeEmulator

створюється пара пов'язаних СОМ-портів. Один із них з'єднаний із модулем СОМРІМ у схемі, інший відкритий у РuТТУ.

За рахунок такого підключення введені користувачем дані потрапляють у модель без застосування фізичного обладнання. Сам термінал РuТТУ необхідний для введення інформації та перегляду результатів роботи програми. Приклади сформованих пакетів наведені на рисунку 3.5.



```
COM3 - PuTTY

=== формування пакета даних ===
Введіть номер ПК (1-3):
Введіть 8 біт (наприклад 10101100):
Помилка! Потрібно рівно 8 біт
Введіть 8 біт (наприклад 10101100):

Сформований пакет: 0100001111

Введіть номер ПК (1-3):
Введіть 8 біт (наприклад 10101100):

Сформований пакет: 1010101011

Введіть номер ПК (1-3):
Помилка! Номер ПК: 1..3
█
```

Рисунок 3.5 – Приклади формування пакетів даних та введення невірних вхідних

Алгоритм роботи побудований навколо створення інформаційного пакета довжиною 10 біт. Його структура складається із службової частини та блоку даних.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						39
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Перші два біти відповідають номеру персонального комп'ютера, інші вісім – інформаційному потоку.

Номер ПК користувач задає вручну. У програмі значення перетворюється у двійковий запис: для першого комп'ютера формується код 01, для другого – 10, для третього – 11. Отримані біти входять до структури пакета.

Наступною вводиться інформаційна частина. Вхідний потік подається у вигляді восьми символів, що складаються лише з нулів та одиниць. Якщо довжина рядка або набір символів не відповідають умовам, програма не переходить до наступного кроку.

Програма забезпечує введення номера ПК, контроль правильності введення, формування пакета та передачу отриманого результату.

Формування пакета реалізується операцією об'єднання рядків, у результаті чого отримується 10-бітне двійкове число, яке і є кінцевим інформаційним пакетом для передачі через UART-інтерфейс.

Програмна реалізація забезпечує:

- а) введення номера ПК;
- б) введення 8-бітного потоку даних;
- в) перевірку коректності введених даних;
- г) перетворення номера ПК у двійковий формат;
- д) формування 10-бітного пакета;
- е) передачу результату через Serial-інтерфейс.

4 КОДУВАННЯ ВХІДНОГО ПАКЕТУ ШИФРОМ RSA

4.1 Теоретичні відомості про алгоритм RSA

Алгоритм RSA (Rivest, Shamir, Adleman) належить до криптографічних алгоритмів із відкритим ключем та широко застосовується для захисту інформації під час її передавання каналами зв'язку. Особливістю алгоритму є два різні ключі: відкритий та закритий. Відкритий ключ доступний іншим користувачам і призначений для шифрування повідомлень, тоді як закритий зберігається власником системи для виконання зворотного перетворення – отримання початкових даних. [13]

На відміну від симетричних методів шифрування, де однаковий ключ застосовується на обох етапах обробки інформації, RSA розділяє процес створення та відновлення повідомлення. Так відпадає необхідність передавання секретного ключа між користувачами.

Робота алгоритму пов'язана з окремими положеннями теорії чисел. Основою захисту виступає складність розкладання великого числа на прості множники. Для побудови ключів спочатку обирають два простих числа p і q .

Після вибору простих чисел обчислюється модуль RSA:

$$n = p * q, \quad (4.1)$$

Отримане число n входить до складу відкритого та закритого ключів та необхідне для визначення області можливих значень під час виконання операцій шифрування та розшифрування. Зі збільшенням величини n підвищується складність підбору секретних параметрів системи.

Наступний етап пов'язаний із визначенням функції Ейлера:

$$\varphi(n) = (p - 1)(q - 1), \quad (4.2)$$

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						41
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Функція Ейлера показує кількість натуральних чисел, менших за n та взаємно простих із ним. Якщо число n утворене множенням двох простих чисел, значення функції дорівнює добутку чисел $(p - 1)$ та $(q - 1)$.

Після знаходження $\varphi(n)$ вибирається число e . Для коректної роботи RSA воно повинно задовольняти дві умови:

- а) бути більшим за одиницю;
- б) не мати спільних дільників із $\varphi(n)$, окрім одиниці.

Значення e входить до відкритого ключа та бере участь у процесі шифрування.

Далі знаходиться число d – закрита експонента. Його обирають так, щоб виконувалась умова:

$$e * d \equiv 1(mod \varphi(n)), \quad (4.3)$$

Запис означає, що після ділення добутку чисел e і d на $\varphi(n)$ остача дорівнює одиниці. Число d є мультиплікативно оберненим до e за модулем $\varphi(n)$.

Так формується пара ключів:

- а) відкритий ключ $\{e, n\}$;
- б) закритий ключ $\{d, n\}$.

Обмежень на передачу відкритого ключа немає. Закритий ключ залишається лише у власника системи та не розповсюджується.

Шифрування виконується за формулою:

$$C = M^e mod(n), \quad (4.5)$$

де C – шифртекст;

M – відкритий текст;

e – відкрита експонента;

n – модуль RSA.

Під час виконання шифрування кожне значення відкритого тексту підноситься до степеню e та приводиться за модулем n . У результаті утворюється

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						42
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

нове число, що без знання секретного ключа не дає безпосередньо відновити початкові дані.

Розшифрування виконується за формулою:

$$M = C^d \bmod(n), \quad (4.6)$$

де d – закрита експонента.

На етапі розшифрування зашифроване значення знову підноситься до степеню, але вже з використанням секретного ключа. Результатом обчислення стає початкове повідомлення.

Практична стійкість RSA визначається розміром числа n . Для невеликих значень факторизацію можливо виконати за прийнятний час, тому у реальних системах застосовують числа значно більшої розрядності. Це ускладнює отримання значень p і q та робить обчислення закритого ключа практично недосяжним.

4.2 Шифрування пакета даних алгоритмом RSA

Для перевірки роботи алгоритму RSA виконано шифрування сформованого пакета даних пристрою діагностики.

Вхідні дані:

- а) номер ПК: 01;
- б) інформаційний потік: 00011110.

На першому етапі виконується формування пакета шляхом об'єднання службової та інформаційної частин. Перші два біти відповідають номеру персонального комп'ютера, наступні вісім містять інформаційний потік.

Формування 10-бітного пакета: $01 + 00011110 = 0100011110_2$.

Переведення двійкового числа у десяткове: $0100011110_2 = 286_{10}$.

Отримане десяткове число є відкритим текстом (M) для RSA.

Підібрано значення p і q :

- а) $p = 7$;
- б) $q = 17$.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						43
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

За формулами 4.1 та 4.2 знаходяться n та $\varphi(n)$:

$$n = 7 * 17 = 119, \quad (4.7)$$

$$\varphi(n) = (7 - 1)(17 - 1) = 6 * 26 = 96, \quad (4.8)$$

Підбір значень відкритого ключа e та закритого ключа d :

а) $e = 167$;

б) $d = 119$.

Так як $e > \varphi(n)$, виконано перетворення:

$$e = 167 \bmod 96 = 71, \quad (4.9)$$

Оскільки алгоритм RSA працює з числами у межах від 0 до $n-1$, відкритий текст також приводиться за модулем n :

$$M = 286 \bmod 119 = 48, \quad (4.10)$$

Шифрування виконується за формулою 4.5:

$$C = 48^{71} \bmod 119 = 20, \quad (4.11)$$

Дешифрування виконується за формулою 4.6:

$$M = 20^{119} \bmod 119 = 48, \quad (4.12)$$

Шифрування та дешифрування методом RSA було проведено успішно.

4.3 Кодування шифром RSA в ПД

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						44
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Для реалізації шифрування у пристрої діагностики (рис 4.1 та 4.2) використовується алгоритм RSA та попередньо сформований набір даних, отриманий із числа 02062005.

На першому етапі число 02062005 переводиться у двійкову систему числення: $02062005_{10} = 111110111010001010101_2$.

Для подальшої роботи формується 32-бітне представлення (доповнення нулями зліва): $02062005_{10} = 00000000\ 00011111\ 01110100\ 01010101_2$.

Отримана послідовність розбивається на 4 байти по 8 біт (таб 4.1).

Таблиця 4.1 – Розподіл інформаційного потоку між ПК

ПК	Двійкові дані
ПК 0	00000000
ПК 1	00011111
ПК 2	01110100
ПК 3	01010101

Кожному персональному комп'ютеру призначається один байт даних.

Під час роботи програми користувач вводить номер ПК від 0 до 3.

Номер комп'ютера автоматично переводиться у двійковий формат:

а) ПК 0 = 00;

б) ПК 1 = 01;

в) ПК 2 = 10;

г) ПК 3 = 11.

Отримані 2 біти номера ПК об'єднуються з відповідними 8 бітами інформаційного потоку, у результаті чого формується 10-бітний пакет.

Загальний вигляд пакета: PP DDDDDDDDD. PP – двобітний номер ПК, а DDDDDDDDD – закріплений за ПК байт.

Сформований пакет переводиться у десяткову систему числення та використаний як відкритий текст RSA: $M = \text{Packet}_{10}$.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						45
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Шифрування виконується за формулою 4.5 із вхідними даними пункту 4.2.

Результатом роботи програми (додаток Г) є відображення десяткового значення відкритого тексту М та зашифрованого повідомлення С (рис 4.3 та рис 4.4).

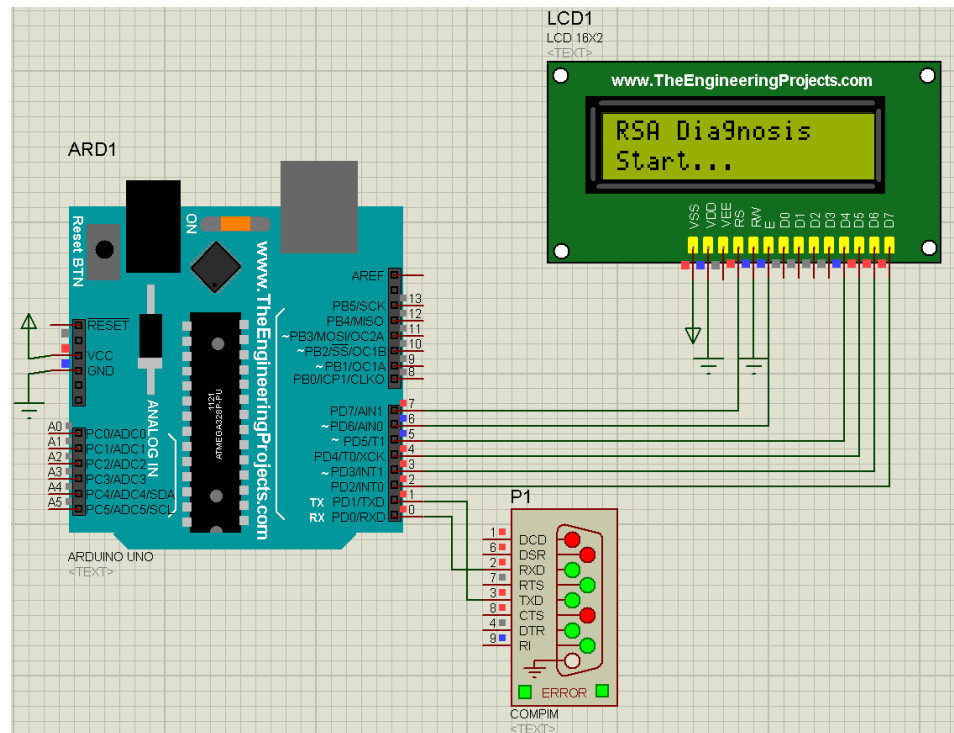


Рисунок 4.1 – ПД із кодом для виконання шифрування методом RSA

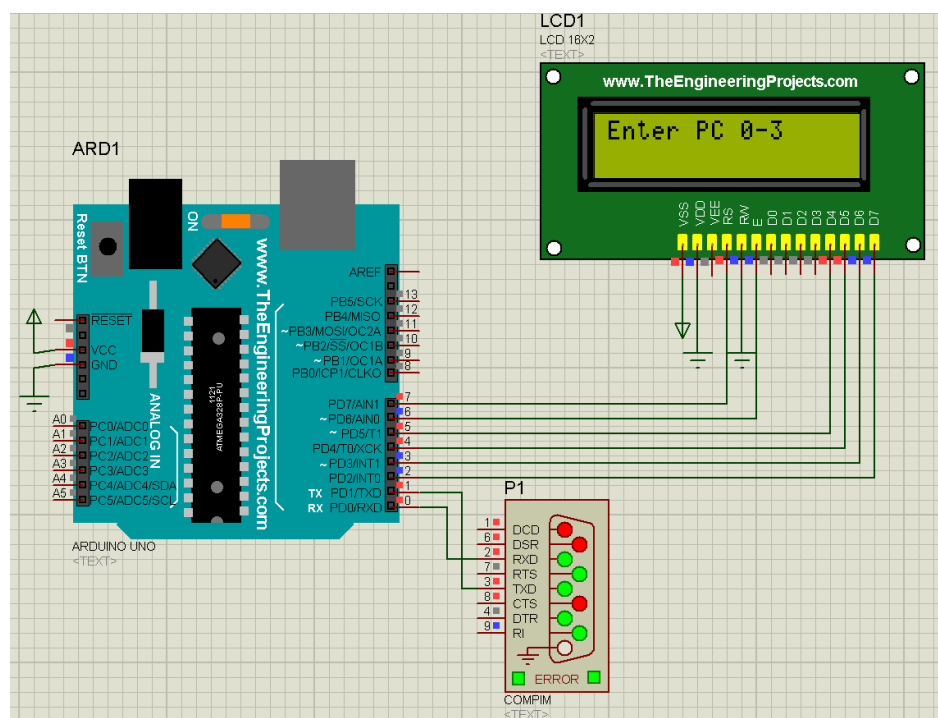


Рисунок 4.2 – Через декілька секунд після включення

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ХНТУ 123.22009.

Арк

46

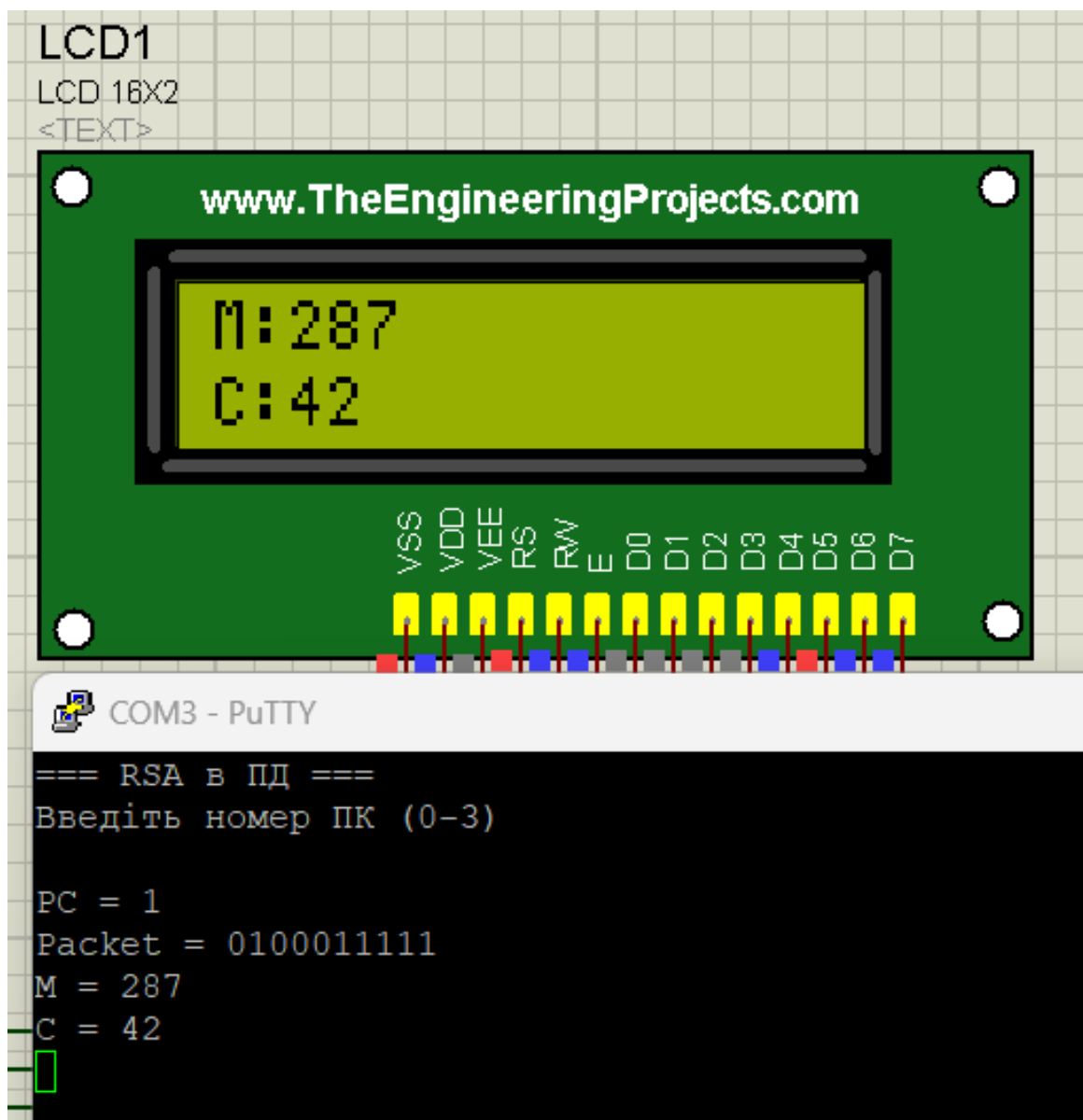


Рисунок 4.3 – Вивід відкритого та зашифрованого тексту для ПК 1

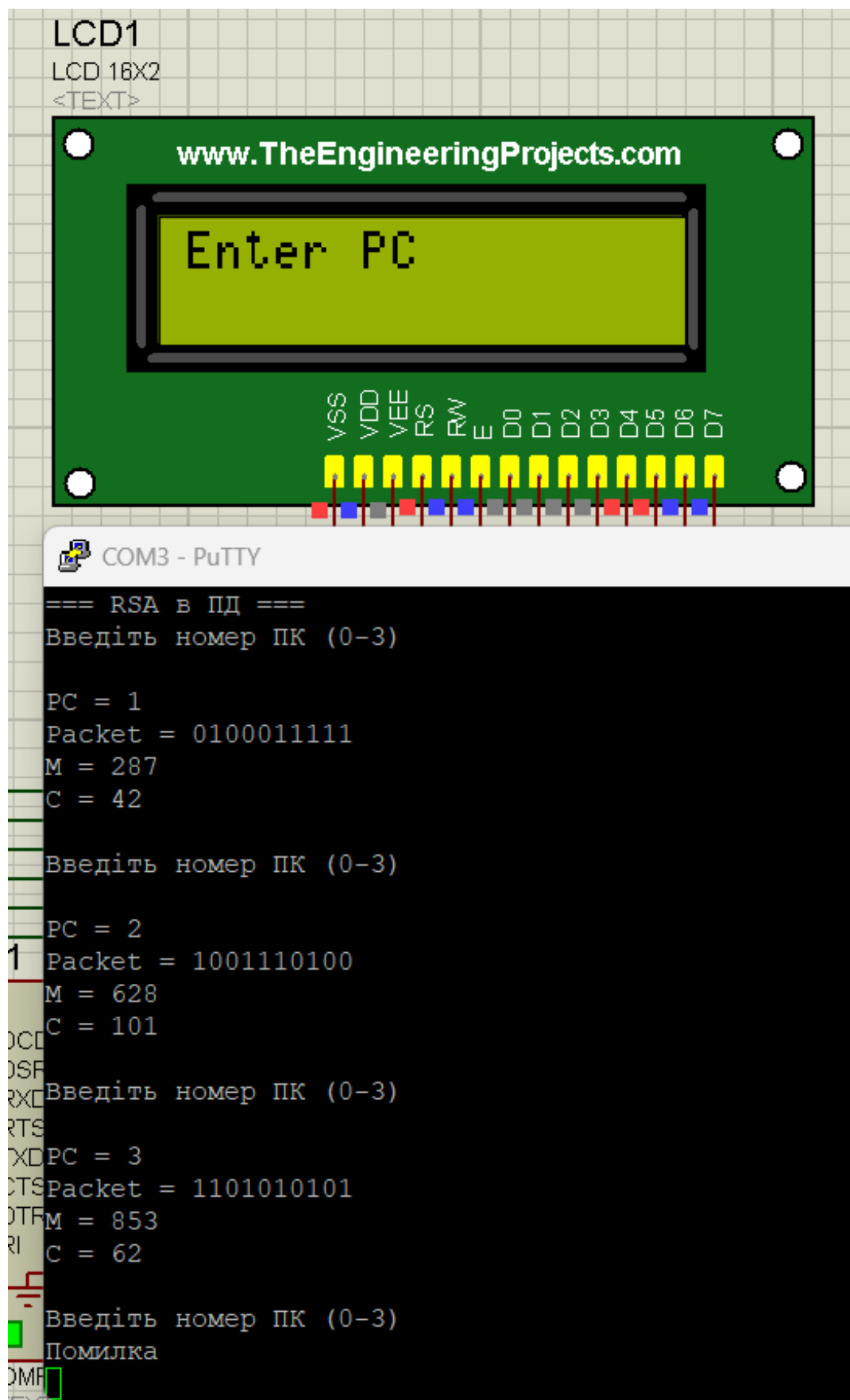


Рисунок 4.4 – Вивід відкритих та зашифрованих текстів ПК 1 – 3

5 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

5.1 Вхідні дані

5.1.1 Структура корпоративної КМ

Загальний граф корпоративної комп'ютерної мережі (КМ) зображено на рисунку 5.1.

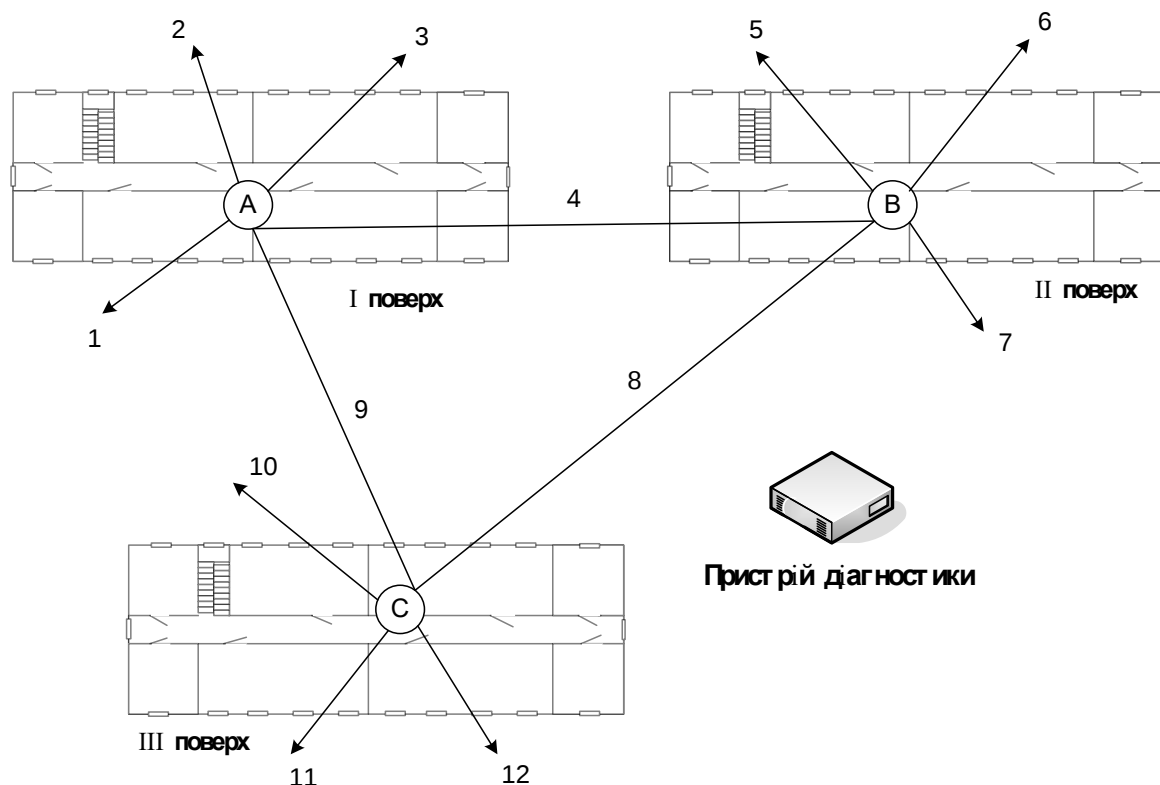


Рисунок 5.1 – Загальний граф корпоративної КМ

В даній роботі корпоративна КМ проектується по варіанту 1, що відповідає номеру прізвища студента в журналі групи, таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Конфігурація «дерева» графа корпоративної КМ за вар.1.

Набір даних для першої групи (денна форма)

Номера гілок «дерева» які входять до корпоративної КМ					Інтеграція в Internet	
					ХНТУ 123.22009.	
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Арк 49	

Номер варіанту N									Марш-тор
1	1V	2	4	7S	8	10	11P	12	C

В цій таблиці V, S, P визначена інтенсивність обміну даними між підмережами (V – відео, S – звук, P – зображення).

На основі рисунку 5.1 і таблиці 5.1 побудовано граф корпоративної КМ за варіантом 1, що зображений на рисунку 5.2.

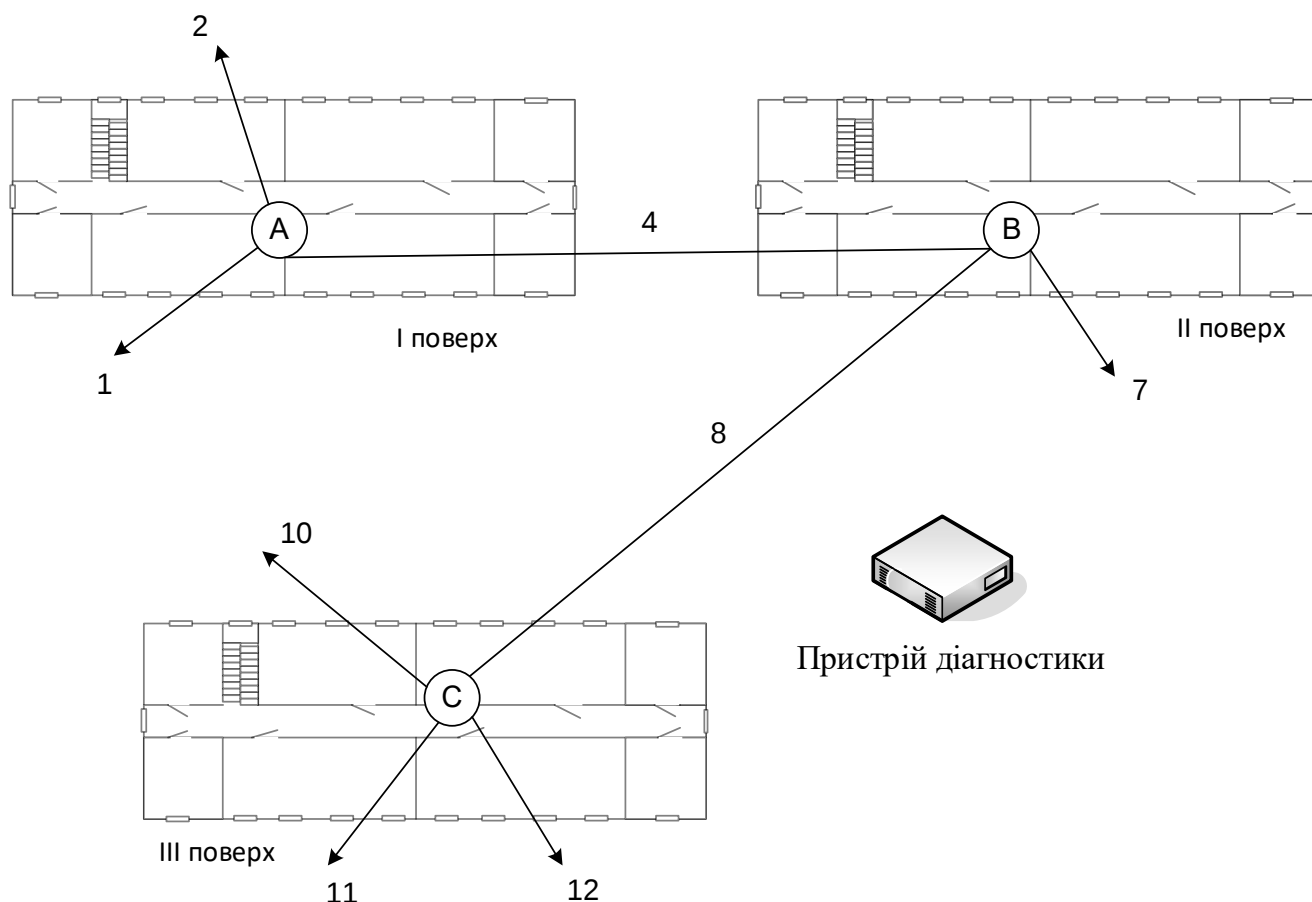


Рисунок 5.2 – Граф корпоративної КМ за варіантом 1

У таблиці 5.2 записані параметри 8 локальних комп'ютерних мереж (ЛКМ), за варіантом 1, що представляє остачу від ділення номера прізвища студента в журналі групи на 8. В даній таблиці N – кількість ПК, L – протяжність ЛКМ. Також у даній таблиці записані стандарти цих ЛКМ, скорочення яких розшифровуються:

а) ВТ – Стандарт IEEE 802.3, специфікація 10Base-T;

- б) ВF – Стандарт IEEE 802.3, специфікація 100Base-FL;
- в) В2 – Стандарт IEEE 802.3, специфікація 100Base-2;
- г) В5 – Стандарт IEEE 802.3, специфікація 100Base-5;
- д) TR – Стандарт IEEE 802.5, специфікація Token Ring.

Таблиця 5.2 – Параметри ЛКМ корпоративної КМ за варіантом 1

Варіант	Параметр ЛКМ	Номер гілки графа (ЛКМ)							
		1	2	4	7	8	10	11	12
1.	Стандарт	В5	ВТ+ В2	В2	-	ВF	TR	ВТ	-
	Кількість РС, N	60-n	20+n	30+n	50-n	7+(n/ 2)	20+n	5+n	40-n
	Протяжність, L	N1/60	0.7l	N1/30	N1/50	0.9l	0.9l	0.7l	0.8l

У таблиці 5.3 зазначаються дані з адресації та маршрутизації відповідної до варіанту 1, що являється остачею від номера прізвища студента в журналі групи поділеної на 9. IP-адреси визначаються, як X – четвертий байт.

Таблиця 5.3 – Адресації комп'ютерів в корпоративній КМ варіанту 1

Номер варіанту, К	IP-адреси корпоративної КМ	IP-адреси вузлів маршрутизаторів Internet та КМ	Internet – адреси деяких вузлів ЛКМ
1	223.200.1.X 223.200.2.X 223.200.3.X	150.27.120.5 150.27.120.6	08:00:39:00:2F:C3 08:00:39:0A:46:29 08:00:39:F1:02:2B 08:00:39:24:15:33

У таблиці 5.4 представлено розташування серверів на кожному поверсі за варіантом 1.

Таблиця 5.4 – Розташування серверів на кожному поверсі за варіантом 1

№ варіанту	Розташування серверної, поверхи			Канал зв'язку ПД з ЛКМ	Метод кодування/шифрування
	I	II	III		
1	1	1	5	кабельне	Шифрування RSA

Нумерування та розміри кімнат на кожному з трьох поверхів зображено на рисунку 5.3.

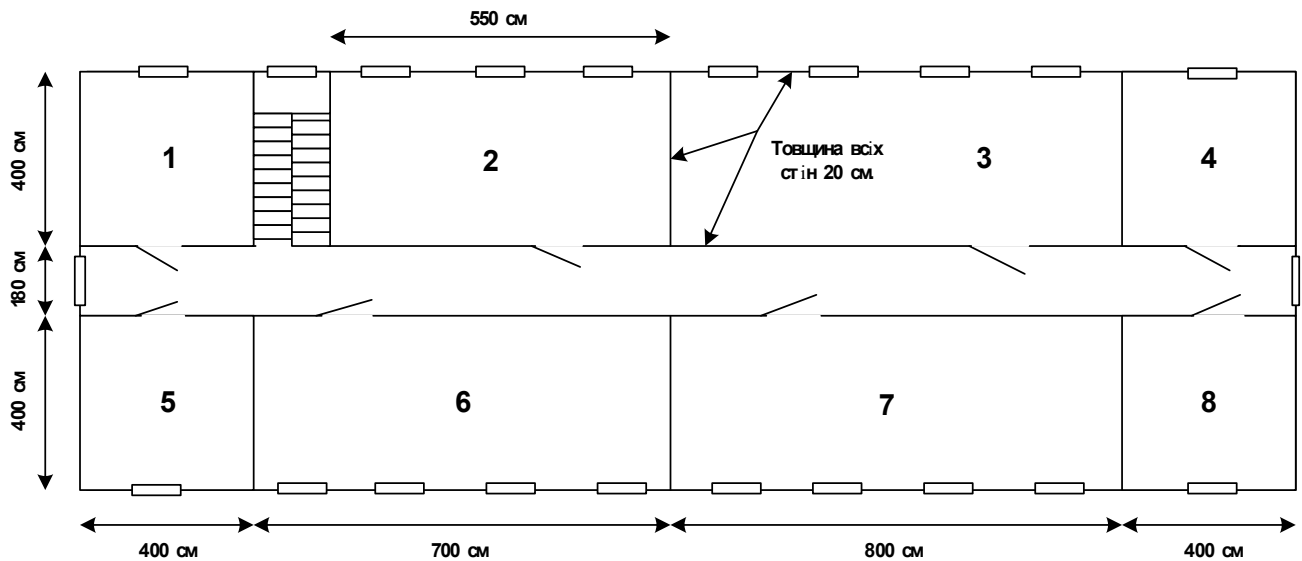


Рисунок 5.3 – Розміри та нумерація кімнат

5.1.2 Порівняння протоколів ЛКМ Ethernet та Token Ring

Ethernet – найпоширеніший протокол кабельних ЛКМ і підтримує різні фізичні та логічні топології – шину та зірку. Популярність пояснюється високою швидкістю передавання даних, простотою реалізації та низькою вартістю обладнання. Для ефективної організації передачі інформації у мережах з невеликим та середнім навантаженням розроблений метод доступу CSMA/CD, а завдяки різним варіантам форматів кадрів є сумісність з сучасними протоколами та пристроями. Ethernet легко масштабувати, що робить його оптимальним вибором для корпоративних та домашніх мереж із числом користувачів понад 20 ПК та високою інтенсивністю передавання даних (аудіо, відео, документи). [14]

Для мереж Token Ring характерна фізична топологія зірки з логічним кільцем і детермінований метод доступу до каналу через токен. Забезпечується висока надійність, оскільки колізії у мережі відсутні, а пріоритети токена дозволяють керувати доступом. Проте низька швидкість передавання (4-16 Мбіт/с), складність побудови та дорожче обладнання обмежують його застосування. Token Ring більш стабільна у мережах із великою кількістю вузлів і детермінованим трафіком, але

сьогодні практично не використовується через переваги Ethernet у швидкості та масштабованості. [15]

Для сучасних корпоративних локальних мереж Ethernet є більш практичним і перспективним вибором завдяки високій швидкості, простоті реалізації та економічності. Token Ring підходить лише для спеціалізованих випадків, де критично важлива детермінованість доступу та відсутність колізій, але в більшості сучасних сценаріїв його використання недоцільне.

5.1.3 Обґрунтування будови ЛКМ

Побудова ЛКМ корпоративної КМ має потребу в відповідних стандартах передачі даних, визначення кількості вузлів, протяжності сегментів та способу підключення робочих станцій. Вибір стандартів має вплив на продуктивність мережі, надійність передачі даних та можливість подальшого розширення інфраструктури.

Серед стандартів Ethernet розглядаються 10Base-2, 10Base-5, 10Base-T та 10Base-FL. Стандарт 10Base-2 працює на основі тонкого коаксіального кабелю та підтримує побудову шинної топології з максимальною довжиною сегмента до 185 м. Основою стандарту 10Base-5 є товстий коаксіальний кабель із довжиною сегмента до 500 м. Обидва стандарти належать до застарілих технологій і характеризуються складністю монтажу та обмеженими можливостями масштабування. [16]

Стандарт 10Base-T являє собою кабель витієї пари та реалізує фізичну топологію «зірка», у якій підключення робочих станцій проходить через мережевий концентратор або комутатор. Максимальна довжина одного сегмента становить 100 м, що відповідає умовам розміщення обладнання всередині будівель. Стандарт 10Base-FL базується на оптоволоконному кабелі та надає можливість створювати сегменти довжиною до 2000 м, тому застосовується для з'єднання віддалених підмереж. [17]

Для окремих сегментів мережі застосовується технологія Token Ring, яка працює на основі логічної кільцевої організації передавання даних із керуванням

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						53
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

доступом до середовища за допомогою маркера. Впорядкована передача кадрів між вузлами мережі характеризує даний метод доступу.

У таблиці 5.5 представлено параметри ЛКМ корпоративної КМ після розрахунків.

Таблиця 5.5 – Розрахунок параметрів ЛКМ корпоративної КМ

Варіант	Параметр ЛКМ	Номер гілки графа (ЛКМ)							
		1	2	4	7	8	10	11	12
1.	Стандарт	B5	BT	B2	BT	BF	TR	BT	BT
	Кількість РС, N	59	21	31	49	7	21	6	39
	Протяжність, L	492	70	191	49	900	91	35	40

Відповідно до розрахованих параметрів корпоративна мережа складається з восьми локальних сегментів (гілок графа): 1, 2, 4, 7, 8, 10, 11 та 12. Кожний із сегментів має відповідний стандарт передавання даних.

Сегмент 1 складається зі стандарту 10Base-5. Кількість робочих станцій становить 59, протяжність сегмента – 492 м.

У сегменті 2 застосовується стандарт 10Base-T із кількістю 21 робочої станції та довжиною сегмента 70 м.

Сегмент 4 використовує стандарт 10Base-2 і містить 31 робочу станцію при довжині кабелю 191 м.

Сегмент 7 побудований на основі стандарту 10Base-T, у межах якого підключено 49 персональних комп'ютерів. Протяжність кабельної лінії становить 49 м.

Для сегмента 8 обрано стандарт 10Base-FL, що використовує оптоволоконну лінію зв'язку довжиною 900 м та об'єднує 7 робочих станцій.

Сегмент 10 реалізовано на основі технології Token Ring із 21 вузлом мережі та протяжністю 91 м.

Сегмент 11 складається зі стандарту 10Base-T, кількість персональних комп'ютерів становить 6, а довжина кабелю – 35 м.

Сегмент 12 також побудований за стандартом 10Base-T та містить 39 робочих станцій із протяжністю кабельної лінії 40 м.

Загальна кількість персональних комп'ютерів у корпоративній мережі становить:

$$59 + 21 + 31 + 49 + 7 + 21 + 6 + 39 = 233 \text{ робочі станції,} \quad (5.1)$$

Кількість серверів обраховується як 2% від загальної кількості робочих станцій:

$$233 \times 0,02 = 4,66 \approx 5 \text{ серверів,} \quad (5.2)$$

Робочі станції підключаються до мережевого обладнання через кабель виті пари або відповідні середовища передавання даних залежно від стандарту сегмента. З'єднання між сегментами виконується за допомогою мережевих пристроїв комутації та маршрутизації, що забезпечують інтеграцію корпоративної мережі з мережею Internet.

5.1.4 Обґрунтування будови модемної лінії зв'язку

Для підключення корпоративної мережі до Internet застосовано модемну лінію через цифровий канал 64 кбіт/с на базі ISDN (Integrated Services Digital Network). Канал передає голосові та дані у цифровому вигляді, включно з текстом, зображеннями та відео, забезпечуючи стабільну передачу без втрат та спотворень, характерних для аналогових мереж.

Лінія з'єднує маршрутизатор корпоративної КМ із маршрутизатором провайдера Internet. Вона обрана з урахуванням навантаження на гілки "дерева" мережі: відео (V), аудіо (S) та графічні дані (P). У варіанті 1 до Internet інтегровано підмережі 1, 2, 4, 7, 8, 10, 11 та 12, серед яких виділено ділянки з високим обміном відео- та аудіопотоками, що потребують стабільної пропускної здатності.

Конфігурація каналу:

а) тип: ISDN BRI (2 В-канали по 64 кбіт/с, сумарно 128 кбіт/с). [18]

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						55
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

б) протяжність: до 5 км, без потреби в додаткових репітерах чи оптоволоконних ділянках.

в) підключення: корпоративний маршрутизатор до ISDN-термінала через BRI-порт, провайдерський маршрутизатор – до ISDN-централі.

г) режим роботи: цифровий, повнодуплексний, дозволяє одночасно передавати дані в обох напрямках.

Переваги вибору:

а) встановлення з'єднання займає менше 30 мс на вузол, що підходить для потоків відео та аудіо;

б) лінія підтримує автоматичний вибір маршруту серед альтернативних шляхів;

в) цифрова передача забезпечує надійність і стабільність навіть під час пікових навантажень;

г) канал сумісний з усіма підмережами «дерева», включно з активними потоками відео та аудіо.

Модемна лінія ISDN поєднує оптимальні показники вартості, надійності та пропускної здатності, дозволяючи організувати стабільний канал обміну даними для всіх робочих станцій і серверів корпоративної КМ.

5.2 Кабельна схема КМ та перелік обладнання

Побудовано кабельну схему корпоративної КМ, що зображена на рисунку 5.4. В таблиці 5.6 зазначено кількість обладнання що було використано та довжини кабелів.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						56
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

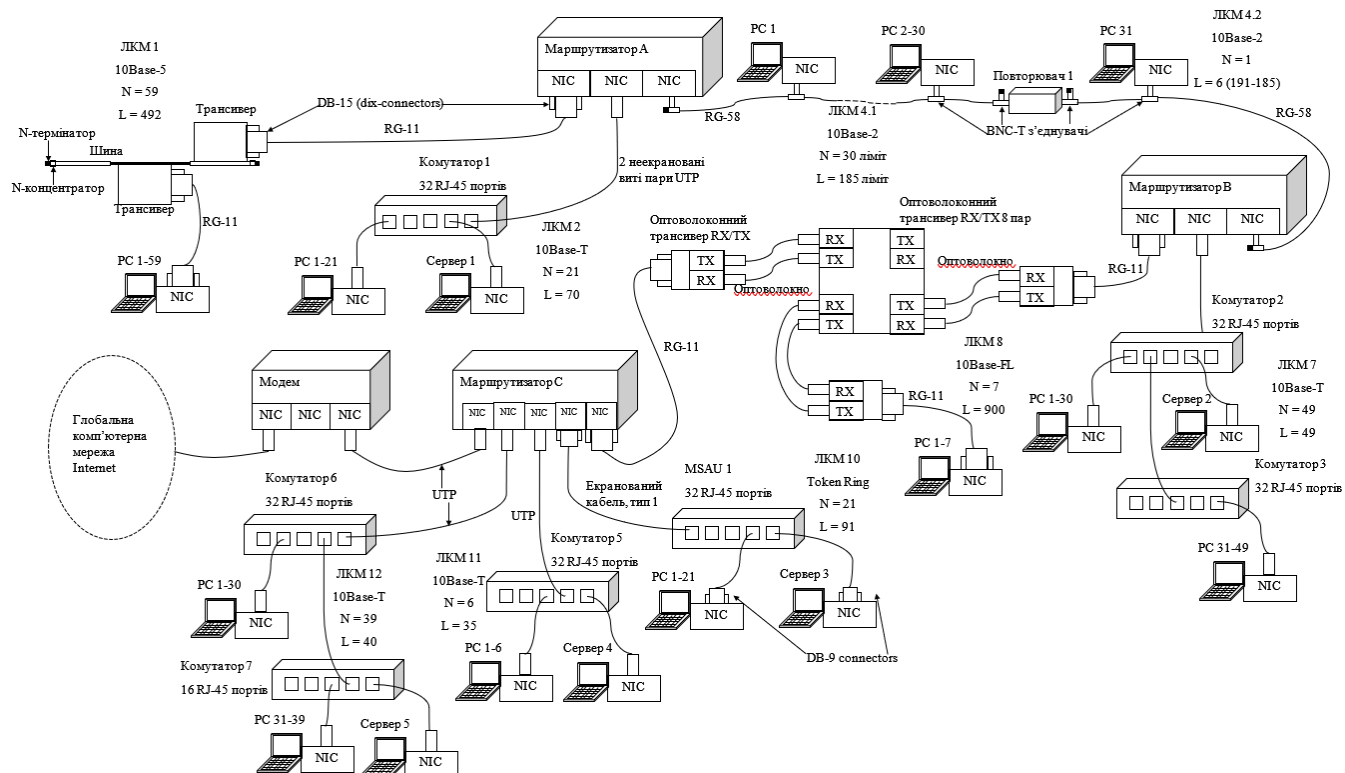


Рисунок 5.4 – Кабельна схема корпоративної КМ

Таблиця 5.6 – Обладнання, матеріали та мережне програмне забезпечення корпоративної КМ [19-23]

№	Назва обладнання	Оди н. Вимі р	Кількість одиниць обладнання								
			1	2	4	7	8	10	11	12	Всього по КМ
А. Мережні пристрої											
1	Міст Ethernet з DIX портами	Шт									0
2	Трансивер 10Base5	Шт	60								60
3	Повторювач Ethernet з портами BNC	Шт			1						1
4	Повторювач Ethernet з 16 портами RJ45	Шт				1				1	2

5	Концентратор Ethernet з 32 портами RJ45	Шт		1		1			1	1	4
6	Концентратор Token Ring з 32 портами RJ45	Шт						1			1
7	NIC Ethernet с портом DB15	Шт	60				9				69
8	NIC Ethernet с портом RJ45	Шт		23		51			8	40	145
9	NIC Ethernet с портом BNC	Шт			5						5
10	NIC Token Ring с портом DB-9	Шт						23			23
11	Настінна розетка з портом RJ45	Шт									0
12	N-термінатор	Шт	2								2
13	BNC термінатор	Шт			4						4
14	Модем з інтерфейсним кабелем	Шт									1
Б. З'єднувачі											
15	N-Barrel Connector	Шт	2								2
16	N-Connector	Шт	2								2
17	DB15 (DIX-connector)	Шт	120				18				138

18	BNC	Шт			35						35
19	BNC-T	Шт			33						33
20	RJ45	Шт		23		51			8	41	123
В. Кабелі											
21	Коаксіальний кабель RG11	М	492								492
22	Коаксіальний кабель RG58 A/U	М			191						191
23	Кабель 2 пари UTP 3-категорії	М		70		49			35	40	194
24	Екранований кабель тип 1	М						91			91
25	Оптично-волоконний кабель зі ST-з'єднувачами на кінцях	М					900				900
26	Кабель АUI (4 пари UTP)	М									0
Г. Комп'ютери											
27	AMD Ryzen 5600H RAM 16GB SSD NVme	Шт	59	21	31	49	7	21	6	39	233
Д. Мережні ОС											
28	Windows 11	Шт	59	21	31	49	7	21	6	39	233
30	UNIX	Шт									0

5.3 Обчислення просторових показників сигналу в ЛКМ

З рисунку 5.4 знаходиться найдовший шлях у мережі, котрим являється шлях від ПК ЛКМ1 через маршрутизатор А, ЛКМ 4, маршрутизатор В, ЛКМ 8, маршрутизатор С до ПК ЛКМ 12 із загальною протяжністю:

					ХНТУ 123.22009.						Арк
											59
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							

$$L_{max} = L_1 + L_4 + L_8 + L_{12} = 492 + 191 + 900 + 40 = 1623\text{м}, \quad (5.3)$$

Що є меншим за максимальну допустиму довжину Ethernet у 2500м.

Для подальших розрахунків побудовано таблицю із даними PDV для всіх фізичних стандартів Ethernet:

Таблиця 5.7 – Дані для розрахунків подвійного оберту

Тип сегмента	База лівого сегмента, bt	База проміжного сегмента, bt	База правого сегмента, bt	Затримка середовища на 1 м, bt	Максимальна довжина сегмента, м
10Base-5	11,8	46,5	169,5	0,0866	500
10Base-2	11,8	46,5	169,5	0,1026	185
10Base-T	15,3	42,0	165,0	0,113	100
10Base-FB	-	24,0	-	0,1	2000
10Base-FL	12,3	333,5	156,5	0,1	2000
FOIRL	7,8	29,0	152,0	0,1	1000
AUI (>2м)	0	0	0	0,1026	2+48

5.3.1 Розрахунок затримок подвійного оберту (PDV)

Так як лівий і правий сегменти мають різні стандарти, було розраховано PDV в обох випадках:

За даними таблиць 6.5 та 6.7 розраховано затримки кожного сегменту при лівому сегменті ЛКМ1 стандарту 10Base-5:

$$PDV_1 = 11,8 + 0,0866 * 492 = 54,4072bt, \quad (5.4)$$

$$PDV_4 = 46,5 + 0,1026 * 191 = 66,0966bt, \quad (5.5)$$

$$PDV_8 = 24,0 + 0,1 * 900 = 114bt, \quad (5.6)$$

$$PDV_{12} = 165,0 + 0,113 * 40 = 169,52bt, \quad (5.7)$$

Загальна затримка подвійного оберту на найдовшому шляху у мережі при лівому сегменті ЛКМ1:

$$PDV_{\Sigma} = 54,41bt + 66,1bt + 114bt + 169,52bt = 404,03bt, \quad (5.8)$$

За даними таблиць 6.5 та 6.7 розраховано затримки кожного сегменту при лівому сегменті ЛКМ12 стандарту 10Base-T:

$$PDV_1 = 15,3 + 0,113 * 40 = 19,82bt, \quad (5.9)$$

$$PDV_4 = 46,5 + 0,1026 * 191 = 66,0966bt, \quad (5.10)$$

$$PDV_8 = 24,0 + 0,1 * 900 = 114bt, \quad (5.11)$$

$$PDV_{12} = 169,5 + 0,0866 * 492 = 212,1072bt, \quad (5.12)$$

Загальна затримка подвійного оберту на найдовшому шляху у мережі при лівому сегменті ЛКМ12:

$$PDV_{\Sigma} = 19,82bt + 66,1bt + 114bt + 212,11bt = 412,03bt, \quad (5.13)$$

В обох випадках PDV є меншим за максимально допустиму затримку Ethernet у 575bt. Тому у цій мережі не буде проблем з виявленням «зіткнень».

5.3.2 Розрахунок часу скорочення міжкадрового інтервалу (PVV)

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						61
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Побудовано таблицю із часом затримок сигналу обладнання:

Таблиця 5.8 – Час затримок обладнання

Назва обладнання	Приблизна затримка
Товстий коаксіальний кабель типу RG11	4,33 мкс/км
Тонкий коаксіальний кабель типу RG58	5,14 мкс/км
Вита пара нескранована (UTP) та екранована (STP)	5,7 мкс/км
Оптичне волокно товщиною 62,5/125 мікрон	5,0 мкс/км
Повторювач, багатопортовий повторювач (HUB)	0,1 мкс
Оптично-волоконний повторювач чи HUB	1,55 мкс
Оптично-волоконний трансивер	0,2 мкс

Розраховано затримки часу через обладнання:

$$\text{ЛКМ 1 (RG-11): } \left(\frac{2 \cdot 492}{1000}\right) * 4,33 + 0,2 = 4,46072 \text{ мкс,} \quad (5.14)$$

$$\text{ЛКМ 4 (RG-58): } \left(\frac{2 \cdot 191}{1000}\right) * 5,14 + 0,1 = 2,06348 \text{ мкс,} \quad (5.15)$$

$$\text{ЛКМ 8 (RG-11): } \left(\frac{2 \cdot 900}{1000}\right) * 4,33 + 0,2 = 7,994 \text{ мкс,} \quad (5.16)$$

$$\text{ЛКМ 12 (UTP): } \left(\frac{2 \cdot 40}{1000}\right) * 5,7 = 0,456 \text{ мкс,} \quad (5.17)$$

Отримані значення переведено у бітові інтервали (bt):

$$\text{ЛКМ 1 (RG-11): } 4,46072 \text{ мкс} = 0,4461 \text{ bt,} \quad (5.18)$$

$$\text{ЛКМ 4 (RG-58): } 2,06348 \text{ мкс} = 0,2063 \text{ bt,} \quad (5.19)$$

$$\text{ЛКМ 8 (RG-11): } 7,994\text{мкс} = 0,7994bt, \quad (5.20)$$

$$\text{ЛКМ 12 (UTP): } 0,456\text{мкс} = 0,0456bt, \quad (5.21)$$

Використано таблицю максимальних значень зменшення міжкадрового інтервалу:

Таблиця 5.9 – Максимальні значення зменшення міжкадрового інтервалу

Тип сегменту	Передавальний сегмент	Проміжний сегмент
10Base-5 або 10Base-2	16	11
10Base-FB	-	2
10Base-FL	10,5	8
10Base-T	10,5	8

Остаточні розрахунки PVV:

$$SVV \text{ ЛКМ 4 (проміжний, 10Base-2): } 11 + 0,2063 = 11,2063bt, \quad (5.22)$$

$$SVV \text{ ЛКМ 8 (проміжний, 10Base-FB): } 8 + 0,7994 = 8,7994bt, \quad (5.23)$$

$$SVV \text{ ЛКМ 1 (передавальний, 10Base-5): } 16 + 0,4461 = 16,4461bt, \quad (5.24)$$

$$SVV \text{ ЛКМ 12 (передавальний, 10Base-T): } 10,5 + 0,0456 = 10,5456bt, \quad (5.25)$$

Якщо ЛКМ 1 є передавальним до маршрутизатора С:

$$PVV = 16,4461 + 11,2063 + 8,7994 = 36,4518bt, \quad (5.26)$$

Якщо ЛКМ 12 є передавальним до маршрутизатора А:

$$PVV = 10,5456 + 8,7994 + 11,2063 = 30,5513bt, \quad (5.27)$$

В обох випадках час скорочення міжкадрового інтервалу не перевищує максимального в 49bt.

5.4 MAC та IP-адресація мережі

5.4.1 Побудова адресної таблиці простого прозорого моста

У локальних комп'ютерних мережах типу Ethernet передавання кадрів між сегментами виконується із застосуванням мостів (Bridge). Простий прозорий міст (Transparent Bridge) працює на канальному рівні моделі OSI та виконує пересилання кадрів відповідно до фізичних адрес (MAC-адрес) вузлів.

Принцип роботи прозорого моста полягає у пасивному аналізі трафіку та автоматичному формуванні таблиці відповідності між фізичною адресою джерела та портом моста, через який був отриманий кадр.

Для побудови адресної таблиці використано Ethernet-адреси відповідно до таблиці АЗ вихідних даних:

- а) 08:00:39:00:2F:C3;
- б) 08:00:39:0A:46:29;
- в) 08:00:39:F1:02:2B;
- г) 08:00:39:24:15:33.

Для прикладу розглянуто сегмент ЛКМ Ethernet з підвищеним трафіком.

Таблиця 5.10 – Приклад адресної таблиці простого прозорого моста

MAC-адреса	Порт моста
08:00:39:00:2F:C3	ПК1
08:00:39:0A:46:29	ПК2
08:00:39:F1:02:2B	ПК3
08:00:39:24:15:33	ПК4

Принцип формування таблиці полягає у тому, що під час надходження кадру міст аналізує MAC-адресу джерела та записує відповідний MAC у номер порту.

Наприклад, якщо кадр від вузла з адресою 08:00:39:00:2F:C3 отримано через порт ПК1, міст заносить до таблиці запис: 08:00:39:00:2F:C3 у ПК1.

Під час подальшого надходження кадрів міст виконує пошук адреси призначення та пересилає кадр тільки через необхідний порт, що дозволяє зменшити ширококомовний трафік та підвищити продуктивність мережі.

5.4.2 Знаходження кількості адрес класу С для адресації IP-вузлів КМ

Відповідно до таблиці А3 для варіанта №1 корпоративній комп'ютерній мережі виділено три мережі класу С:

а) 223.200.1.X;

б) 223.200.2.X;

в) 223.200.3.X.

Кожна мережа класу С має маску 255.255.255.0 (/24).

Кількість доступних адрес, вираховуючи ширококомовну і адресу мережі:

$$2^8 - 2 = 254, \quad (5.28)$$

Загальний доступний адресний простір:

$$3 * 254 = 762 \text{ адреси}, \quad (5.29)$$

Кількість робочих станцій:

$$N_{PC} = 59 + 21 + 31 + 49 + 7 + 21 + 6 + 39 = 233, \quad (5.30)$$

Кількість серверів $N_s = 5$.

У схемі використовуються три маршрутизатори:

а) маршрутизатор А;

б) маршрутизатор В;

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						65
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

в) маршрутизатор С.

Оскільки кожний маршрутизатор має декілька мережових інтерфейсів, адресуються саме інтерфейси.

а) маршрутизатор А:

- 1) інтерфейс ЛКМ1;
- 2) інтерфейс ЛКМ2;
- 3) інтерфейс ЛКМ4.

Усього 3 адреси.

б) маршрутизатор В:

- 1) інтерфейс ЛКМ4;
- 2) інтерфейс ЛКМ7;
- 3) інтерфейс ЛКМ8.

Усього 3 адреси.

в) маршрутизатор С:

- 1) інтерфейс ЛКМ8;
- 2) інтерфейс ЛКМ10;
- 3) інтерфейс ЛКМ11;
- 4) інтерфейс ЛКМ12;
- 5) інтерфейс підключення до Internet.

Усього 5 адрес.

Загальна кількість адрес маршрутизаторів:

$$N_r = 11, \quad (5.31)$$

Повна кількість вузлів:

$$N = 233 + 5 + 11 = 249, \quad (5.32)$$

Службові адреси:

- а) адреса мережі – 3;
- б) широкомова адреса – 3.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						66
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна кількість займаних адрес:

$$N_{\Sigma} = 249 + 6 = 255, \quad (5.33)$$

Отримане значення менше ніж доступний адресний простір, що складається з 762 адрес, тому виділеного простору достатньо.

5.4.3 Розрахунки IP-адресації

На основі таблиці 5.6 проведено розрахунок IP-адресації:

ЛКМ1:

Необхідна кількість адрес – $59 + 1$ (маршрутизатор) + 2 (широкомовна і адреса підмережі);

Адреса підмережі – 223.200.1.0;

Адреса маршрутизатора – 223.200.1.1;

Діапазон вільних IP-адрес – 223.200.1.2 – 223.200.1.62;

Широкомовна адреса – 223.200.1.63;

Маска підмережі – 255.255.255.192 (/26).

ЛКМ2:

Необхідна кількість адрес – $21 + 1 + 2$;

Кількість серверів – 1;

Адреса підмережі – 223.200.1.64;

Адреса маршрутизатора – 223.200.1.65;

Адреса серверу – 223.200.1.66;

Діапазон вільних IP-адрес – 223.200.1.67 – 223.200.1.94;

Широкомовна адреса – 223.200.1.95;

Маска підмережі – 255.255.255.224 (/27).

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						67
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛКМ4:

Необхідна кількість адрес – $31 + 2$ (2 маршрутизатора) + 2;

Адреса підмережі – 223.200.1.96;

Адреса маршрутизатора А – 223.200.1.97;

Адреса маршрутизатора В – 223.200.1.98;

Діапазон вільних ІР-адрес – 223.200.1.99 – 223.200.1.158;

Широкомовна адреса – 223.200.1.159;

Маска підмережі – 255.255.255.192 (/26).

ЛКМ7:

Необхідна кількість адрес – $49 + 1 + 2$;

Кількість серверів – 1;

Адреса підмережі – 223.200.2.0;

Адреса маршрутизатора – 223.200.2.1;

Адреса серверу – 223.200.2.2;

Діапазон вільних ІР-адрес – 223.200.2.3 – 223.200.2.62;

Широкомовна адреса – 223.200.2.63;

Маска підмережі – 255.255.255.192 (/26).

ЛКМ8:

Необхідна кількість адрес – $7 + 2 + 2$;

Адреса підмережі – 223.200.2.64;

Адреса маршрутизатора В – 223.200.2.65;

Адреса маршрутизатора С – 223.200.2.66;

Діапазон вільних ІР-адрес – 223.200.2.67 – 223.200.2.78;

Широкомовна адреса – 223.200.2.79;

Маска підмережі – 255.255.255.240 (/28).

ЛКМ10:

Необхідна кількість адрес – $21 + 1 + 2$;

Кількість серверів – 1;

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						68
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Адреса підмережі – 223.200.3.0;
 Адреса маршрутизатора – 223.200.3.1;
 Адреса серверу – 223.200.3.2;
 Діапазон вільних IP-адрес – 223.200.3.3 – 223.200.3.30;
 Широкомовна адреса – 223.200.3.31;
 Маска підмережі – 255.255.255.224 (/27).

ЛКМ11:

Необхідна кількість адрес – $6 + 1 + 2$;
 Кількість серверів – 1;
 Адреса підмережі – 223.200.3.32;
 Адреса маршрутизатора – 223.200.3.33;
 Адреса серверу – 223.200.3.34;
 Діапазон вільних IP-адрес – 223.200.3.35 – 223.200.3.46;
 Широкомовна адреса – 223.200.3.47;
 Маска підмережі – 255.255.255.240 (/28).

ЛКМ12:

Необхідна кількість адрес – $39 + 1 + 2$;
 Кількість серверів – 1;
 Адреса підмережі – 223.200.3.48;
 Адреса маршрутизатора – 223.200.3.49;
 Адреса серверу – 223.200.3.50;
 Діапазон вільних IP-адрес – 223.200.3.51 – 223.200.3.110;
 Широкомовна адреса – 223.200.3.111;
 Маска підмережі – 255.255.255.192 (/26).

Результати розрахунків IP-адрес корпоративної мережі занесені у таблицю 5.11:

Таблиця 5.11 – Підмережі корпоративної КМ з масками класу С

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						69
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

№ ЛКМ	Маска	ПК	Підмережа	Широкомовна адреса	ІР-діапазон
1	255.255.255.192 (/26)	59	223.200.1.0	223.200.1.63	223.200.1.2 – 223.200.1.62
2	255.255.255.224 (/27)	21	223.200.1.64	223.200.1.95	223.200.1.67 – 223.200.1.94
4	255.255.255.192 (/26)	31	223.200.1.96	223.200.1.159	223.200.1.99 – 223.200.1.158
7	255.255.255.192 (/26)	49	223.200.2.0	223.200.2.63	223.200.2.3 – 223.200.2.62
8	255.255.255.240 (/28)	7	223.200.2.64	223.200.2.79	223.200.2.67 – 223.200.2.78
10	255.255.255.224 (/27)	21	223.200.3.0	223.200.3.31	223.200.3.3 – 223.200.3.30
11	255.255.255.240 (/28)	6	223.200.3.32	223.200.3.47	223.200.3.35 – 223.200.3.46
12	255.255.255.192 (/26)	39	223.200.3.48	223.200.3.111	223.200.3.51 – 223.200.3.110

5.5 Маршрутизація

За таблицею 6.11 побудовано схему маршрутизації корпоративної мережі, що зображено на рисунку 6.5.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						70
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

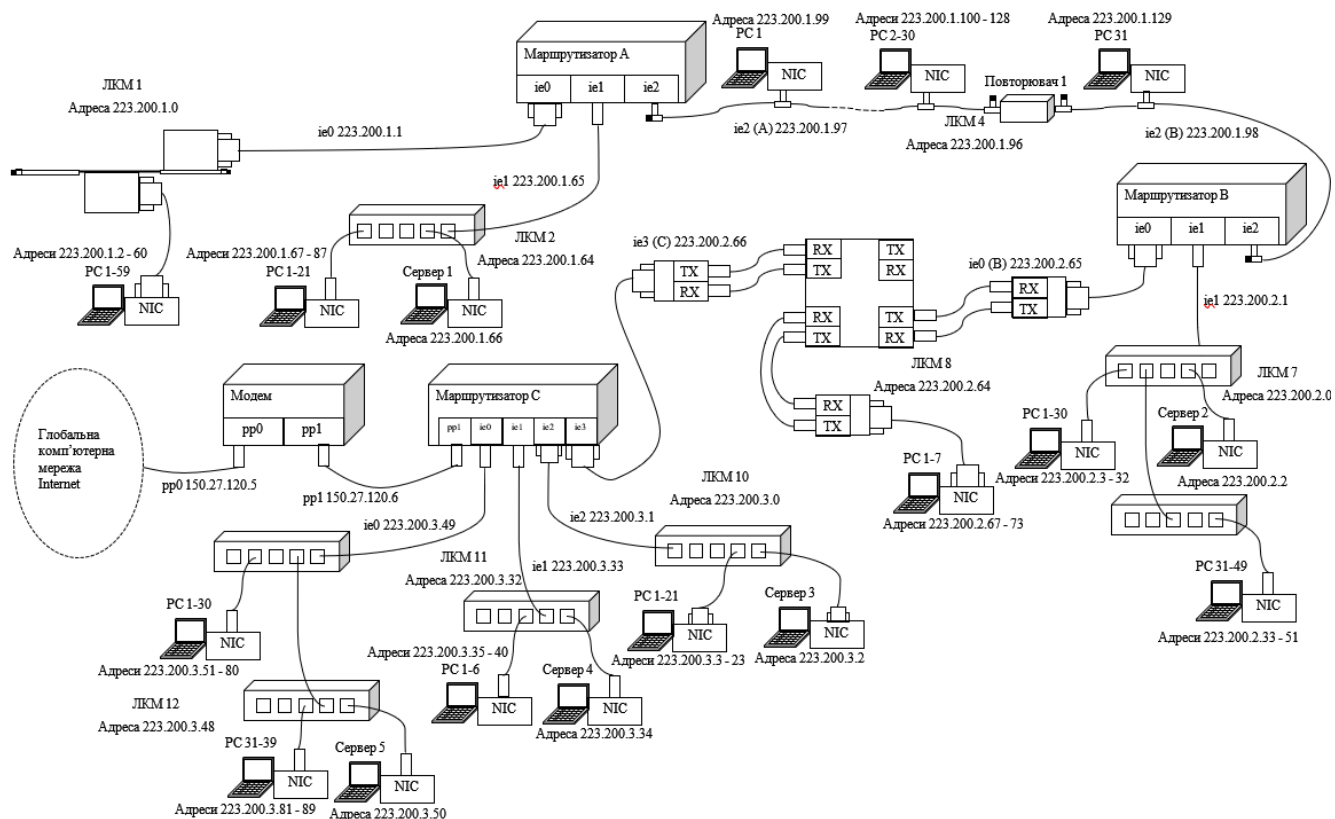


Рисунок 5.5 – Схема маршрутизації корпоративної КМ

За рисунком 5.5 складено таблиці маршрутизації кожного маршрутизатору (таб 5.12 – таб. 5.14).

Таблиця 5.12 – Маршрутна таблиця маршрутизатора А

ІР-адреса мережі призначення	Маршрутизація	ІР-адреса шлюза	Вихідний мережний інтерфейс
223.200.1.0	пряма	-	ie0
223.200.1.64	пряма	-	ie1
223.200.1.96	пряма	-	ie2
223.200.2.0	не пряма	223.200.1.98	ie2
223.200.2.64	не пряма	223.200.1.98	ie2
223.200.3.0	не пряма	223.200. 1.98	ie2
223.200.3.32	не пряма	223.200. 1.98	ie2
223.200.3.48	не пряма	223.200. 1.98	ie2
default	не пряма	150.27.120.6	pp1

Таблиця 5.13 – Маршрутна таблиця маршрутизатора В

IP-адреса мережі призначення	Маршрутизація	IP-адреса шлюза	Вихідний мережний інтерфейс
223.200.1.96	пряма	-	ie2
223.200.2.0	пряма	-	ie1
223.200.2.64	пряма	-	ie0
223.200.1.0	не пряма	223.200.1.97	ie2
223.200.1.64	не пряма	223.200.1.97	ie2
223.200.3.0	не пряма	223.200.2.66	ie3
223.200.3.32	не пряма	223.200.2.66	ie3
223.200.3.48	не пряма	223.200.2.66	ie3
default	не пряма	150.27.120.6	pp1

Таблиця 5.14 – Маршрутна таблиця маршрутизатора С

IP-адреса мережі призначення	Маршрутизація	IP-адреса шлюза	Вихідний мережний інтерфейс
223.200.3.0	пряма	-	ie2
223.200.3.32	пряма	-	ie1
223.200.3.48	пряма	-	ie0
223.200.1.96	не пряма	223.200.2.65	ie0
223.200.2.0	не пряма	223.200.2.65	ie0
223.200.2.64	не пряма	223.200.2.65	ie0
223.200.1.0	не пряма	223.200. 2.65	ie2
223.200.1.64	не пряма	223.200. 2.65	ie2
default	пряма	-	pp1

Побудовано маршрутну таблицю кінцевого ПК ЛКМ1 (таб. 5.15) та перебіжного (таб 5.16).

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						72
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.15 – Кінцевий ПК1 у ЛКМ1

IP-адреса мережі призначення	Маршрутизація	IP-адреса шлюза	Вихідний мережний інтерфейс
223.200.1.0	пряма	-	ie0
default	не пряма	223.200.1.1	ie0

Таблиця 5.16 – Перебіжний ПК1 у ЛКМ8

IP-адреса мережі призначення	Маршрутизація	IP-адреса шлюза	Вихідний мережний інтерфейс
223.200.2.64	пряма	-	ie0
223.200.20.0	не пряма	223.200.2.65	ie0
223.200.3.0	не пряма	223.200.2.66	ie3
223.200.1.32	не пряма	223.200.2.66	ie3
223.200.2.48	не пряма	223.200.2.66	ie3
default	не пряма	223.200.2.65	ie0

6 ПРОЕКТУВАННЯ СЕРВЕРНОЇ КІМНАТИ

6.1 Вхідні дані

Будівля у якій розташована корпоративна комп'ютерна мережа складається з трьох ідентичних поверхів. На кожному поверсі по 8 кімнат з яких одна являється серверною.

На рисунку 6.1 зображено структуру кожного з поверхів.

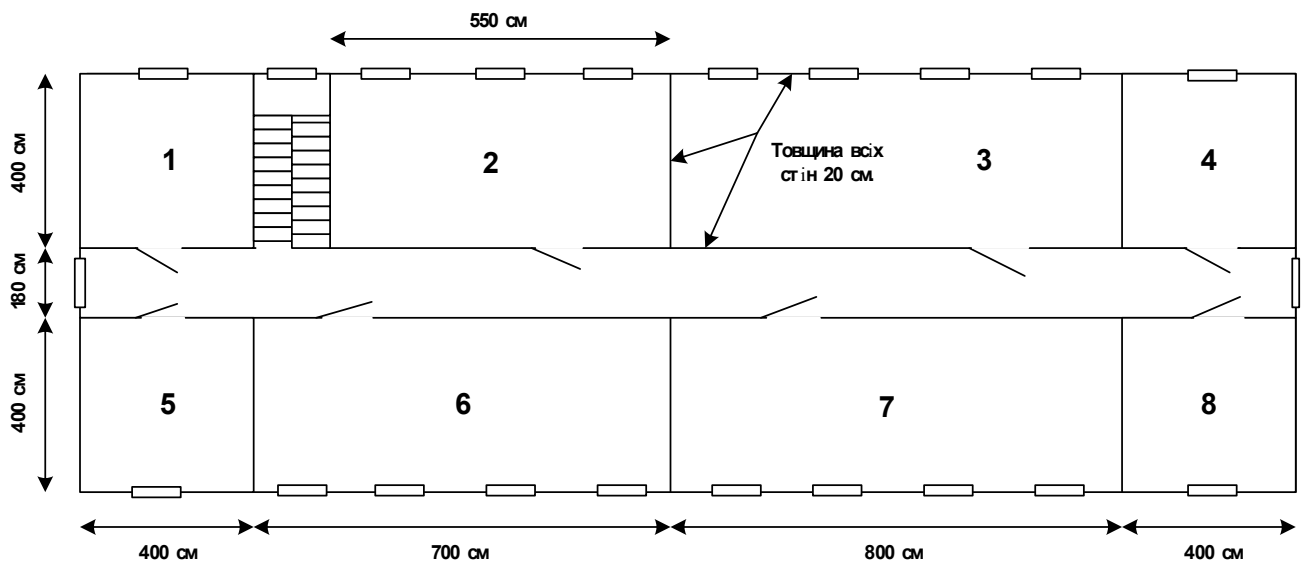


Рисунок 6.1 – Структура поверхів

У таблиці 6.1 відображено розміщення серверних кімнат на поверхах.

Таблиця 6.1 – Розташування серверної кімнати

№ варіанту	Розташування серверної, поверхи		
	I	II	III
1	1	1	5

У таблицях 6.2 – 6.5 наведено основні параметри серверних кімнат.

Таблиця 6.2 – Обсяги необхідних ресурсів локальної хмари

Варіант	Кількості ядер процесорів	Обсяги оперативної пам'яті	Обсяги дискового простору
1	55 000	48 000 Гб	3 000 Тб

Таблиця 6.3 – Розміри приміщення

Варіант	Ширина приміщення	Довжина приміщення	Висота приміщення
1	6 м	11 м	2.6 м

Таблиця 6.4 – Максимальні навантаження на підлогу

Варіант	Навантаження на підлогу
1	350 кг/м ²

Для проектування серверної кімнати використано наявне обладнання, що зображене у таблицях табл. 6.5 – 6.8.

Таблиця 6.5 – Специфікація доступних серверів

Специфікація	Кількість ядер	ОЗП	Обсяг диску	Блок живлення	Висота в стійці, U	Вага
Специфікація 1	64	128	2ТБ	600Вт	2U	7 кг
Специфікація 2	128	256	2ТБ	800Вт	3U	9 кг
Специфікація 3	16	128	16ТБ	700Вт	4U	10 кг
Специфікація 4	16	64	32ТБ	650Вт	3U	8 кг
Специфікація 5	16	256	2ТБ	550 Вт	2U	7 кг

Таблиця 6.6 – Специфікація доступних комутаторів

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						75
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Комутатор	Кількість портів	Блок живлення	Висота в стійці, U	Вага
Комутатор 1	16+2	100 Вт	1U	4 кг
Комутатор 2	24+2	120 Вт	1U	4 кг
Комутатор 3	32+2	140 Вт	2U	5 кг
Комутатор 4	48+2	180 Вт	2U	6 кг

Таблиця 6.7 – Специфікація доступних джерел безперебійного живлення

Джерело	Потужність	Висота в стійці, U	Вага	Кількість розеток для підключення обладнання
Джерело 1	6000 Вт	2U	10 кг	10
Джерело 2	7500 Вт	3U	12 кг	12
Джерело 3	9000 Вт	3U	14 кг	14
Джерело 4	10500 Вт	4U	18 кг	16

Таблиця 6.8 – Специфікація доступних серверних стійок

Серверна стійка	Висота, U	Висота	Ширина	Глибина	Вага
Стійка 1	42U	1990 см	60 см	100 см	125 кг
Стійка 2	40U	1880 см	60 см	100 см	116 кг
Стійка 3	38U	1770 см	60 см	100 см	110 кг

6.2 Розрахунки

Для того щоб забезпечити хмару 55000 ядрами процесора, 48000Гб оперативної пам'яті та 3000Тб дискового простору найвигідніше використовувати сервери специфікації 2.

За кількістю ядер, серверів специфікації 2 потрібно:

$$\frac{55000}{128} = 429,68 \approx 430 \text{ серверів,} \quad (6.1)$$

430 серверів специфікації 2 повністю покривають кількість необхідних ядер і кількість необхідної оперативної пам'яті у хмарі, та частково дисковий простір:

$$48000 - 430 * 256 = -62080 \text{Гб,} \quad (6.2)$$

$$3000 - 430 * 2 = 2140 \text{Тб,} \quad (6.3)$$

Для того щоб покрити 2140Тб дискового простору найвигідніше використовувати сервери специфікації 4, котрі мають обсяг в 32Тб.

За дисковим простором, серверів специфікації 4 потрібно:

$$\frac{2140}{32} = 66,875 \approx 67 \text{ серверів,} \quad (6.4)$$

Перевірка значень розрахованих обладнань:

$$128 * 430 + 16 * 67 = 56112 \text{ ядер} > 55000, \quad (6.5)$$

$$256 * 430 + 64 * 67 = 114368 \text{Гб} > 48000, \quad (6.6)$$

$$2 * 430 + 32 * 67 = 3004 \text{Тб} > 3000, \quad (6.7)$$

Використовуючи 430 серверів специфікації 2 та 67 серверів специфікації 4 можна покрити усі обсяги необхідних ресурсів хмари.

Сервери у стійках займають:

$$3 * 430 + 3 * 67 = 1491U, \quad (6.8)$$

Для підключення 497 серверів найкраще використовувати комутатори специфікації 4, що мають 48 + 2 портів. Необхідна кількість:

$$\frac{497}{48} = 10,3542 \approx 11 \text{ комутаторів,} \quad (6.9)$$

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						77
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

У стійках комутатори займають:

$$11 * 2 = 22U, \quad (6.10)$$

Для забезпечення безперебійного живлення 497 серверів та 11 комутаторів використано ДБЖ специфікації 4. Їх потрібно:

$$800 * 430 + 650 * 67 + 180 * 11 = 389530\text{Ват}, \quad (6.11)$$

$$\frac{389530}{10500} = 37,098 \approx 38\text{ДБЖ}, \quad (6.12)$$

ДБЖ займають місця у стійках:

$$4 * 38 = 152U, \quad (6.13)$$

Необхідна висота стійок:

$$1491 + 22 + 152 = 1665U, \quad (6.14)$$

Для розміщення обладнання що сумарно займає 1665U місця найкраще підійдуть стійки специфікації 1, що можуть вмістити до 42U обладнання. Кількість стійок:

$$\frac{1665}{42} = 39,642 \approx 40 \text{ стійок}, \quad (6.15)$$

Така кількість стійок може вмістити в себе обладнання на:

$$40 * 42 = 1680U, \quad (6.16)$$

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						78
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як запас висоти становить лише $1680 - 1665 = 15U$, було додано ще 2 стійки. У такому випадку 42 стійки зможуть вмістити обладнання на $1764U$.

У ДБЖ специфікації 4 наявні 16 розеток для підключення обладнання. Кількість серверів що треба підключити до ДБЖ – 497. Перевірка на достатність:

$$16 * 38 = 608 > 497 \text{ серверів,} \quad (6.17)$$

Знайдено вагу усього обладнання для подальшого розрахунку навантаження на підлогу:

$$\text{Сервери: } 430 * 9 + 67 * 8 = 4406\text{кг,} \quad (6.18)$$

$$\text{Комутатори: } 11 * 6 = 66\text{кг,} \quad (6.19)$$

$$\text{ДБЖ: } 38 * 18 = 684\text{кг,} \quad (6.20)$$

$$\text{Стійки: } 42 * 125 = 5250\text{кг,} \quad (6.21)$$

$$\text{Разом: } \Sigma = 4406 + 66 + 684 + 5250 = 10406\text{кг,} \quad (6.22)$$

Усе обладнання разом важить 10406кг.

Для розрахунку навантаження на підлогу треба визначити кількість стійок що помістяться в кімнаті.

За вимогами до серверної кімнати (пункт 7.4) відступ від всіх стін повинен бути 1м, між сусідніми стійками не потрібні відступи, а між рядами – повинні бути не менше 1м. Тому ефективні ширина та довжина кімнати на 2м менші ніж дані у таблиці 7.3, тобто 4 та 9 метрів. Встановлюючи стійки шириною 0,6м вздовж ширини кімнати можна вмістити 15 стійок одна поряд іншої. По довжині вміщується лише 2 ряди стійок.

Отже, у одній кімнаті може поміститися 30 серверних стійок, що менше за їх загальну кількість в 42 одиниці.

Також для знаходження навантаження на підлогу визначено розподіл обладнання серед серверних стійок (таб. 6.9):

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						79
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.9 – Розподіл обладнання серед серверних стійок

Стійки №	Обладнання			
	Сервери 2 спец.	Сервери 4 спец.	Комутатори	ДБЖ
1 – 10	11	1	1	1
11	10	2	1	1
12 – 36	10	2	0	1
37, 38	10	1	0	1
39 – 42	10	1	0	0

Перерахунок:

Сервери 2: $11 * 10 + 10 + 25 * 10 + 2 * 10 + 4 * 10 = 430$ серверів, (6.23)

Сервери 4: $10 * 1 + 2 + 25 * 2 + 2 * 1 + 4 * 1 = 67$ серверів, (6.24)

Комутатори: $1 * 10 + 1 = 11$ комутаторів, (6.25)

ДБЖ: $10 * 1 + 1 + 25 * 1 + 2 * 1 = 38$ ДБЖ, (6.26)

Перші 30 серверних стійок, що знаходитимуться на першому поверсі, важать:

$$(11 * 10 + 10 + 19 * 10) * 9 + (1 * 10 + 2 + 19 * 2) * 8 + 11 * 6 + 30 * 18 = 2790\text{кг} + 248\text{кг} + 66\text{кг} + 540\text{кг} = 3644\text{кг}, \quad (6.27)$$

Площа кімнати становить $6 * 11 = 66\text{м}^2$, тоді навантаження на підлогу:

$$\frac{3644}{66} = 55,2121 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} < 350 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}, \quad (6.28)$$

Серверні стійки разом з обладнанням не перевищують норм навантаження на підлогу.

6.3 Вимоги до серверної кімнати

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						80
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- а) висота серверного приміщення має бути не менше 2.4 метра;
- б) мінімально рекомендований розмір серверної кімнати має бути не менше 14 м²;
- в) рекомендується виділити під серверне приміщення 0,09 м² площі на кожні 10 м² робочої площі, що обслуговується;
- г) відстань між стіною та серверною стійкою складає 1 м;
- д) відстань між серверами, що стоять навпроти складає 1м;
- е) між сусідніми серверами відступи не обов'язкові;
- є) у серверній має бути наявний фальш підлога висотою 30см;
- ж) у серверній має бути забезпечено охолодження, що займає 30 см між серверною стійкою та стелею;
- з) дверний отвір має бути завширшки не менше 0.91 м і висотою не менше 2 метрів;
- и) якщо планується внесення габаритного обладнання до серверного приміщення, то рекомендується встановити подвійні двері з мінімальним отвором у ширину не менше 1.82 метра та висотою не менше 2,28 метра. Навісні двері повинні відчинятися назовні;
- і) входні двері в апаратну повинні виготовлятися з важкозгоряного матеріалу, мати протизнімні пристрої і відкриватися назовні з кутом розкриття 180 градусів. Двері повинні мати ущільнюючу прокладку і замикатися на внутрішній замок.

6.4 Проектування

Серверна кімната займає 2 кімнати на 2 поверхи. У першій кімнаті знаходяться 30 серверних стійок, у другій – 12. Відступи від стін до стійок становлять 1м, між рядами стійок також 1м вільного місця. Схеми серверної кімнати зображені на рисунках 6.2 та 6.3.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						81
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

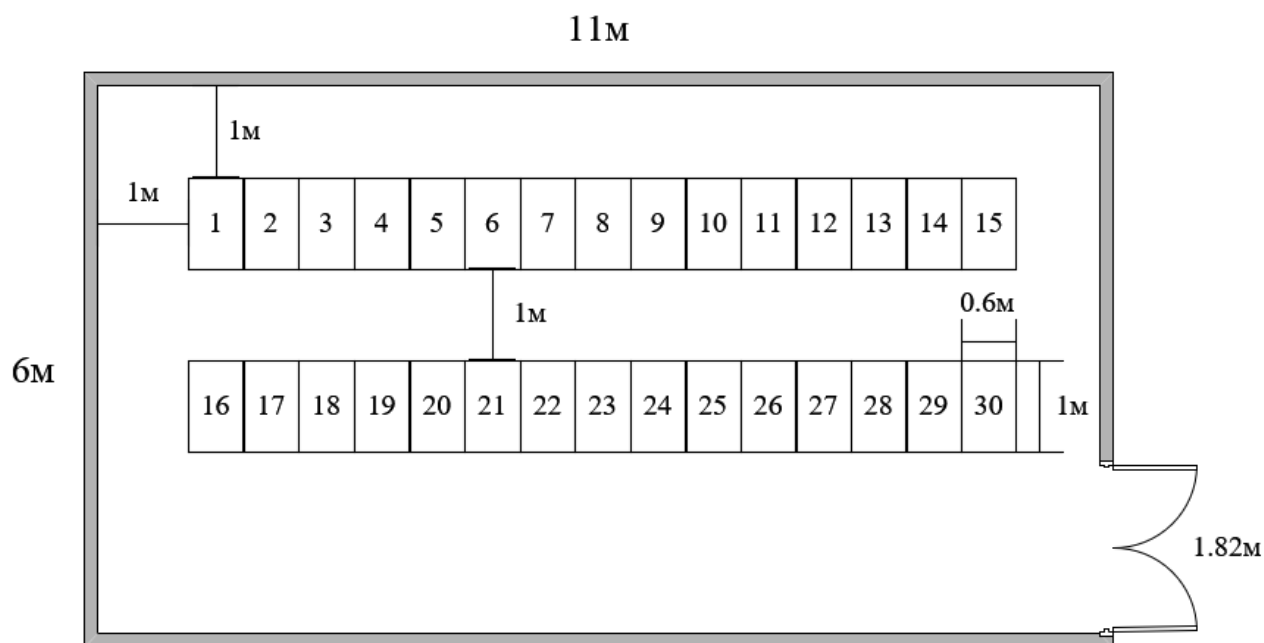


Рисунок 6.2 – Схема першої серверної кімнати з 30 стійками

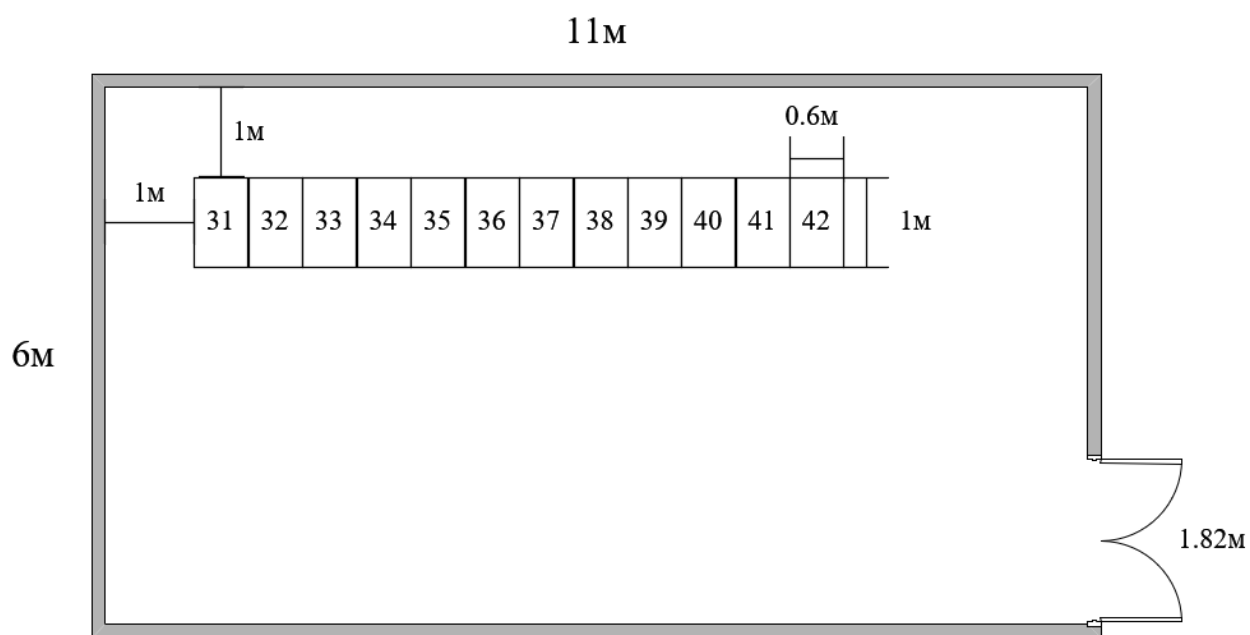


Рисунок 6.3 – Схема другої серверної кімнати з 12 стійками

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано розробку комп'ютерної системи діагностики ноутбука Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6.

У процесі виконання роботи проведено аналіз принципів роботи об'єкта діагностування та розглянуто сучасні способи і засоби контролю технічного стану комп'ютерної техніки. Визначено основні параметри, що підлягають моніторингу, та сформовано вимоги до вхідних даних системи.

Спроековано пристрій діагностики на базі мікроконтролера ATmega328P, обгрунтовано вибір його характеристик, виконано моделювання роботи у середовищі Proteus ISIS, описано принцип функціонування електричної схеми, виконано розрахунок живлення та розроблено друковану плату пристрою.

Розроблено програмну частину системи для формування пакета даних, у якій реалізовано структуру інформаційного потоку відповідно до поставленого завдання. Для забезпечення захисту переданої інформації реалізовано шифрування сформованих пакетів із використанням алгоритму RSA.

У роботі також виконано проектування комп'ютерної мережі, проведено розрахунки її параметрів, побудовано адресацію та маршрутизацію, а також розроблено серверну кімнату відповідно до заданих вимог.

Отримані результати підтверджують можливість використання розробленої системи як основи для подальшого розвитку засобів діагностування, моніторингу та контролю технічного стану комп'ютерних систем.

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						83
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ноутбук Lenovo ideapad Gaming 3 15ACH6 Shadow Black (82K200XMRA) - придбати в інтернет-магазині Lenovo, ціна та відгуки | Київ, Харків, Дніпро та вся Україна. *Lenovo | shop* . URL: <https://shop.lenovo.ua/notebooks/noutbuk-lenovo-ideapad-gaming-3-15ach6-shadow-black-82k200xmra.html> (дата звернення: 01.04.2026).

2. Ноутбук перегрівается? Падает FPS, шумит — потрібна чистка. А-GAME. URL: <https://a-game.kiev.ua/remont-noutbuka/chomu-peregrivayetsya-igrovyj-noutbuk-i-yak-tse-vypravyty-chystka-zamina-termopasty/> (дата звернення: 03.04.2026).

3. Arduino Uno Pinout, Specifications, Pin Configuration & Programming. *COMPONENTS101*. URL: <https://components101.com/microcontrollers/arduino-uno> (date of access: 25.04.2026).

4. Що таке Arduino: переваги та компоненти платформи. *GEEKMATIC*. URL: <https://geekmatic.in.ua/ua/chto-takoe-arduino-preimushchestva-komponenty> (дата звернення: 25.04.2026).

5. HD44780 pdf, HD44780 Description, HD44780 Datasheet, HD44780 view. *ALLDATASHEET.COM*. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/63673/HITACHI/HD44780.html> (date of access: 27.04.2026).

6. ACS712ELCTR-20A-T pdf, ACS712ELCTR-20A-T Description, ACS712ELCTR-20A-T Datasheet, ACS712ELCTR-20A-T. *ALLDATASHEET.COM*. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/168328/ALLEGRO/ACS712ELCTR-20A-T.html> (date of access: 26.04.2026).

7. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors datasheet (Rev. H). *TEXAS INSTRUMENTS*. URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf> (date of access: 26.04.2026).

8. Arduino урок 3 - GPIO — IT Master - електроніка та програмування. *IT MASTER*. URL: <https://itmaster.biz.ua/electronics/arduino/arduino-gpio.html> (дата звернення: 26.04.2026).

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						84
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

9. How to connect COMPIM (Proteus) with Serial Monitor (Arduino IDE). *Flow...* URL: <https://epiapoq.github.io/2021/04/02/compim/> (date of access: 28.04.2026).

10. Модуль 4 — Аналогові сигнали Arduino (ADC, PWM). *GEEKMATIC*. URL: <https://geekmatic.in.ua/ua/modul-4-analogovye-signaly-adc-pwm-regulyator-yarkosti> (дата звернення: 29.04.2026).

11. Eterlogic - Eterlogic Software Virtual Serial Ports Emulator (VSPE). *ETERLOGIC SOFTWARE*. URL: <https://eterlogic.com/Products.VSPE.html> (date of access: 03.05.2026).

12. PuTTY Explained: What It Is, How It Works, and Why Professionals Still Rely on It | by Dennis Duke. *Medium*. URL: https://medium.com/@dennis_39505/putty-explained-what-it-is-how-it-works-and-why-professionals-still-rely-on-it-39467aaf12e2 (date of access: 05.05.2026).

13. Алгоритм шифрування RSA, види атак на нього. Реалізація мовою Python | від Владислава Литвиненко. *DOU*. URL: <https://dou.ua/forums/topic/43026/> (дата звернення 14.05.2026).

14. Що таке Ethernet: як працює та як обрати кабель для мережі 2026. *TechDovidka*. URL: <https://techdovidka.com/shcho-take-ethernet-tekhnolohiia-merezhi-2026/> (дата звернення 20.05.2026).

15. Що таке Token Ring і як працює маркерне кільце – CyberSet. *CyberSet*. URL: <https://cyberset.com.ua/advanced/protocols/what-is-token-ring-and-how-it-works/> (дата звернення 20.05.2026).

16. km_opk_2017_kl, с. 8. *Київський професійно-педагогічний фаховий коледж імені Антона Макаренка*. URL: https://kppk.com.ua/ELLIB/ebook/Segrienko/KSM/user-files/km_opk_2017_kl.pdf (дата звернення 22.05.2026).

17. СТАНДАРТ ETHERNET - Електронна комерція - Підручники для студентів онлайн. *Stud.com.ua*. URL: https://stud.com.ua/84318/ekonomika/standart_ethernet (дата звернення 22.05.2026).

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						85
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Integrated Services Digital Network (ISDN) – GeeksforGeeks. *GeeksforGeeks*. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/computer-networks/integrated-services-digital-network-isdn/> (date of access: 27.05.2026).

19. 10Base5: A Deep Dive into the Original Ethernet Standard - NETWORK ENCYCLOPEDIA. *NETWORK ENCYCLOPEDIA*. URL: <https://networkencyclopedia.com/10base5/> (date of access: 28.05.2026)

20. 10BaseT - NETWORK ENCYCLOPEDIA. *NETWORK ENCYCLOPEDIA*. URL: <https://networkencyclopedia.com/10baset/> (date of access: 29.05.2026)

21. 10Base2 - NETWORK ENCYCLOPEDIA. *NETWORK ENCYCLOPEDIA*. URL: <https://networkencyclopedia.com/10base2/> (date of access: 30.05.2026).

22. E14: Example of all 10 Mbps fiber optic Ethernet standards (10Base-FL, 10Base-FB, FOIRL) | by Computer Science Explorations. *YouTube*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=EdYdwybOdxA> (date of access: 31.05.2026).

23. Connecting Token Ring to Ethernet | by clabretro. *YouTube*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=yapja5C8l40> (date of access: 01.06.2026).

					XHTY 123.22009.	Арк
						86
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Робота схеми в середовищі ISIS Proteus 7 Professional

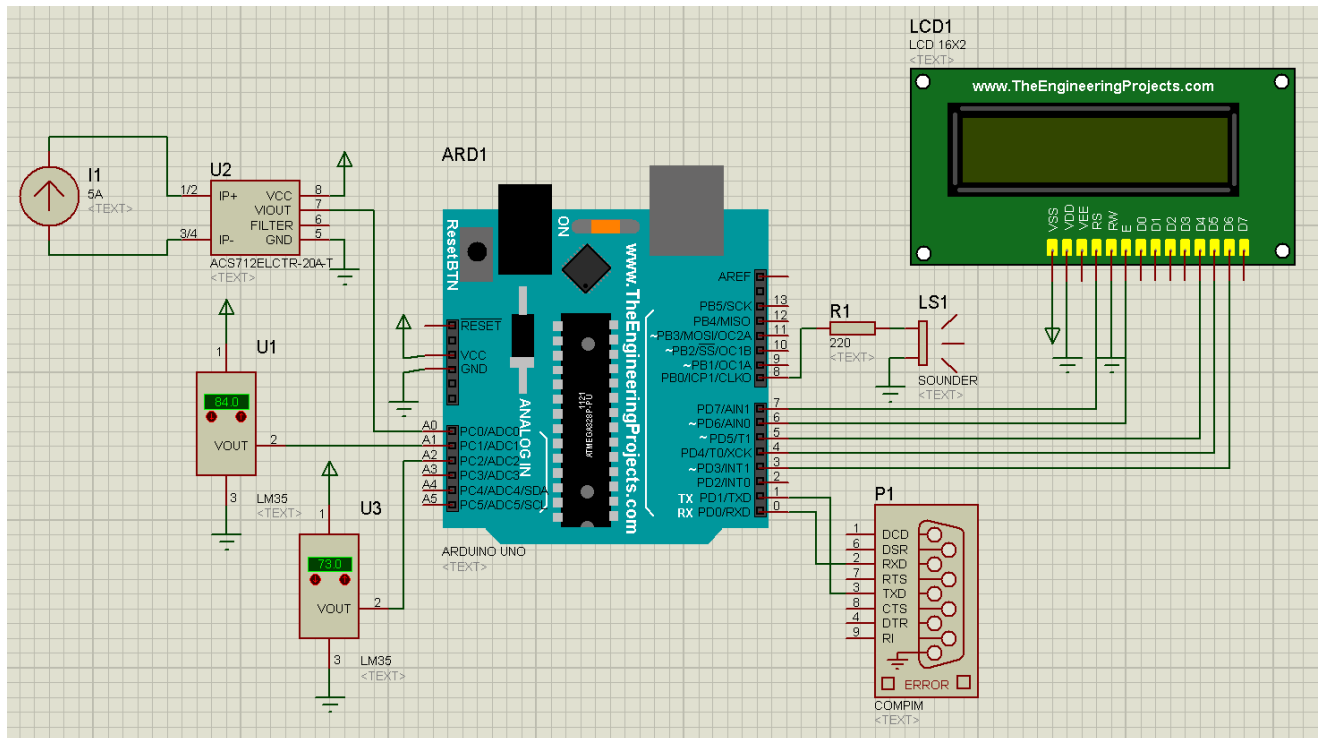


Рисунок 1 – Схема пристрою діагностики

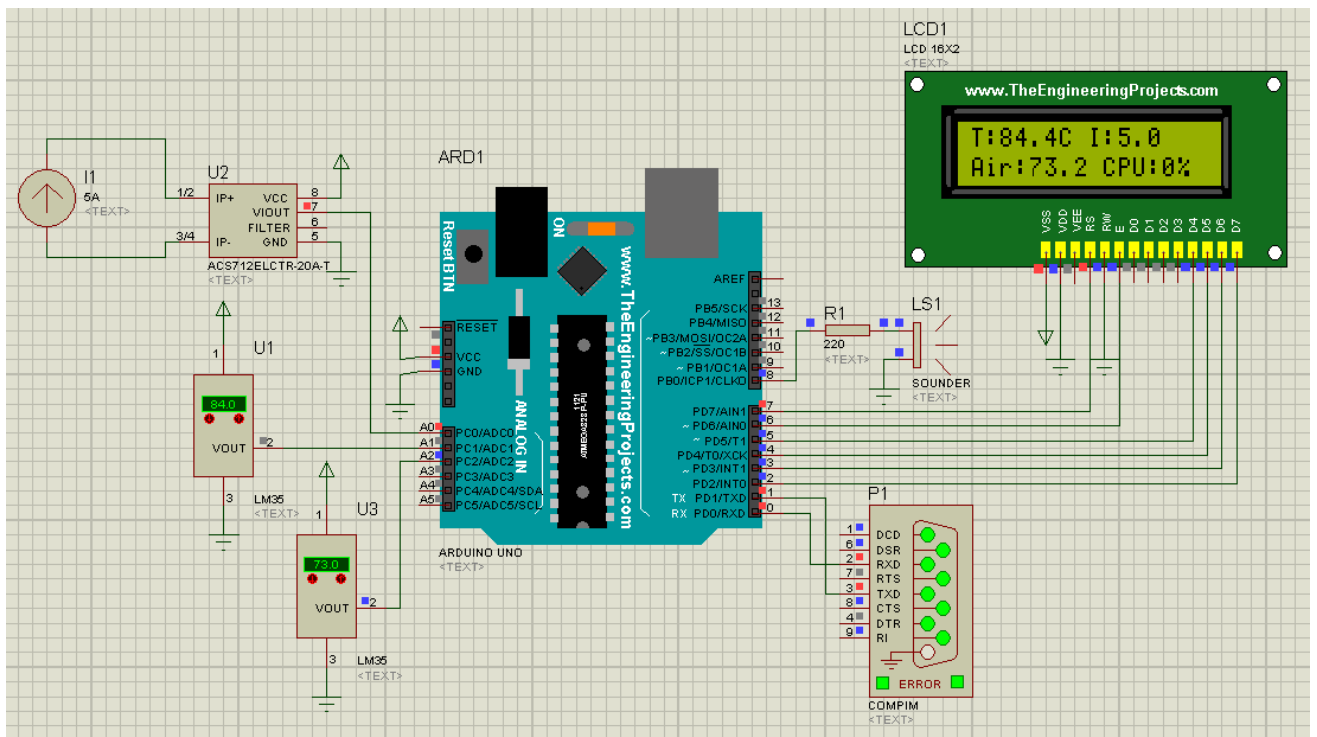


Рисунок 2 – Після запуску моделювання, після «Lenovo Diagnosis» на екрані

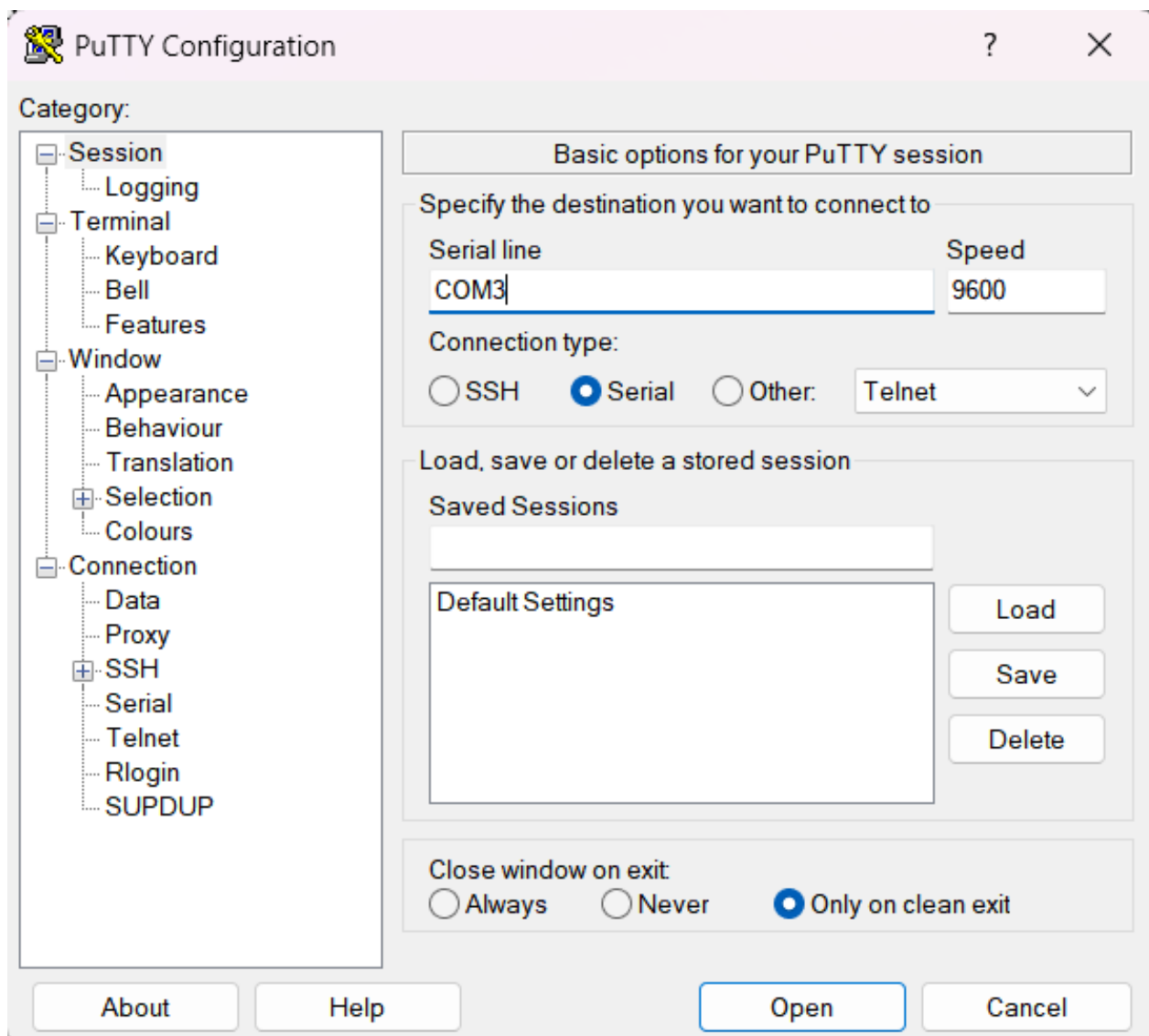


Рисунок 5 – Налаштування терміналу (зовнішнього підключення) в PuTTY

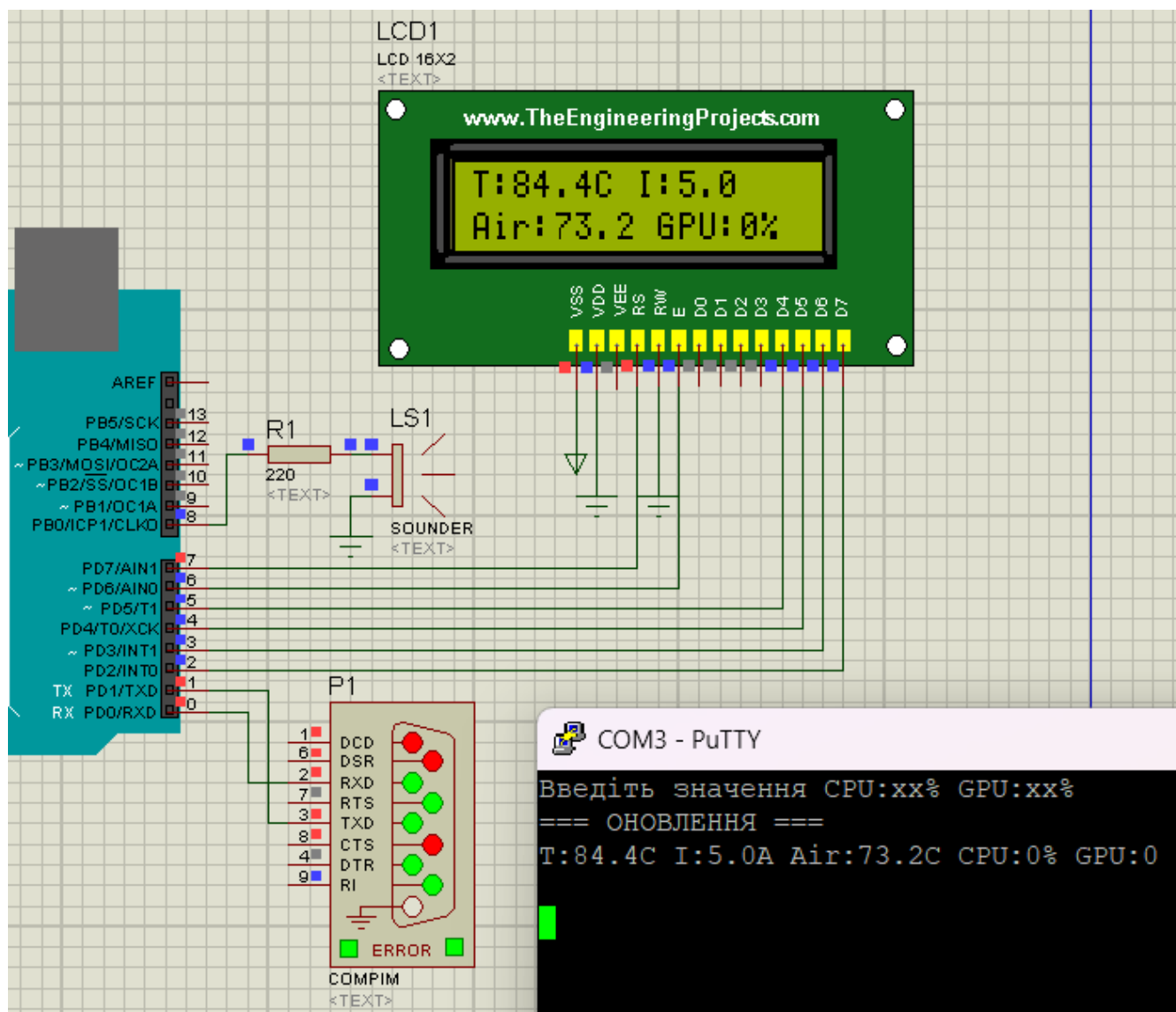


Рисунок 6 – Перше підключення терміналу PuTTY до схеми

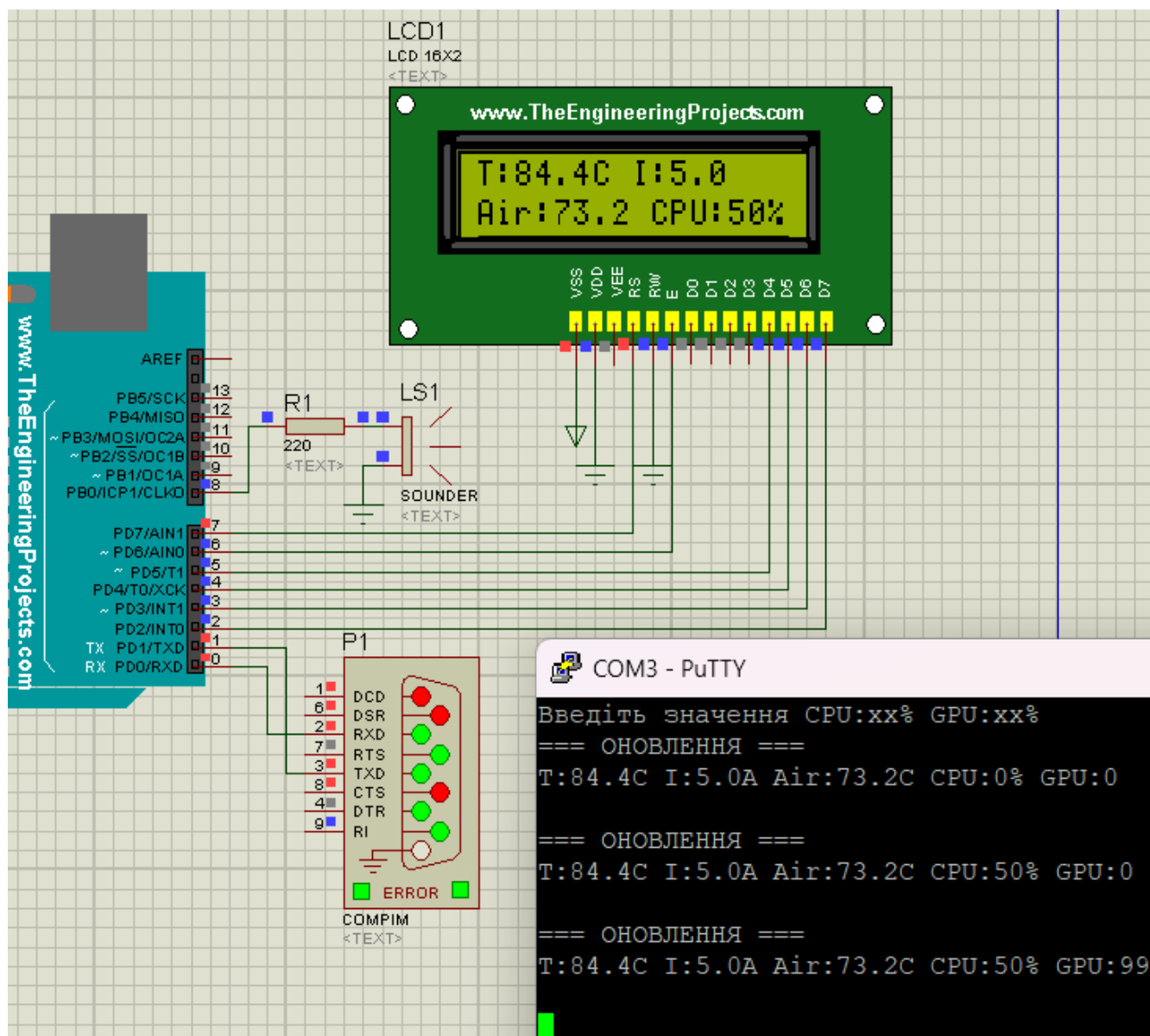


Рисунок 7 – Після вводу значень “CPU:50%” і “GPU:99%” SOUNDER почав шуміти

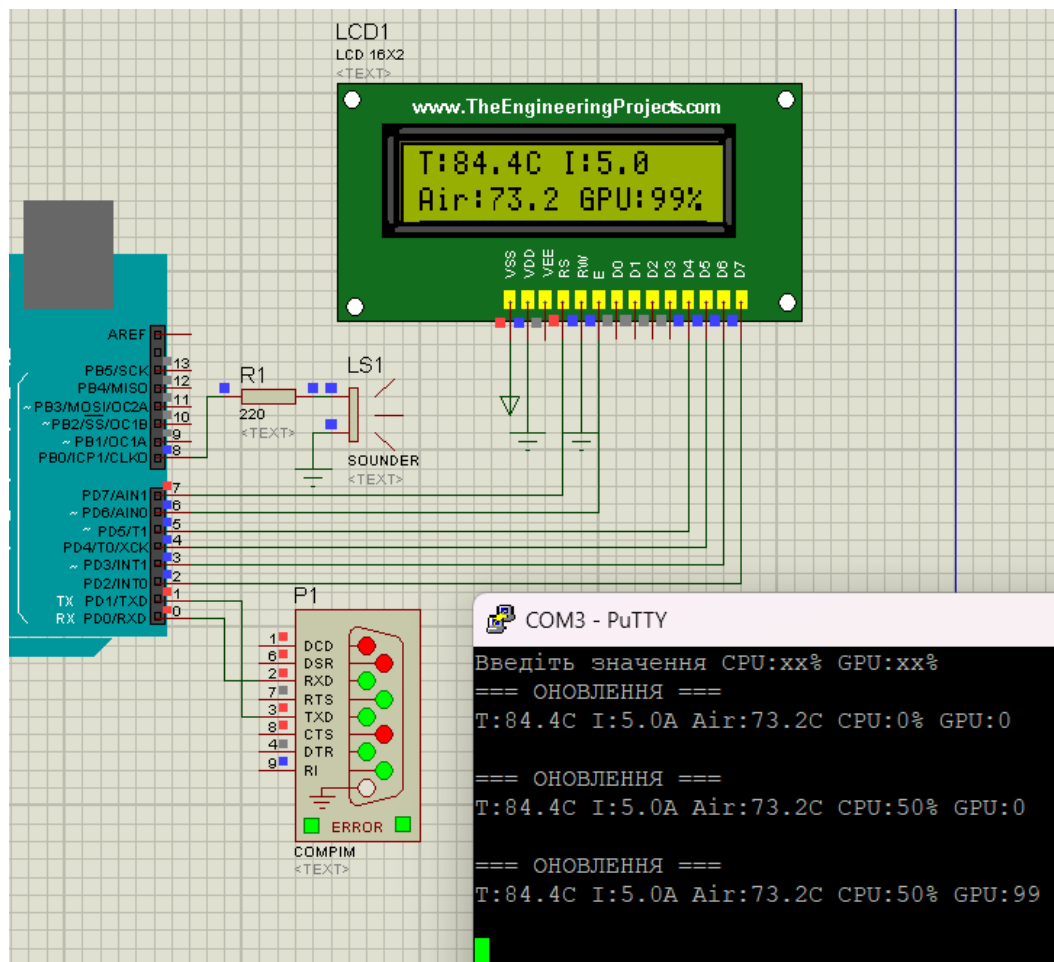


Рисунок 8 – Значення на екрані змінилися після вводу їх у PuTTY

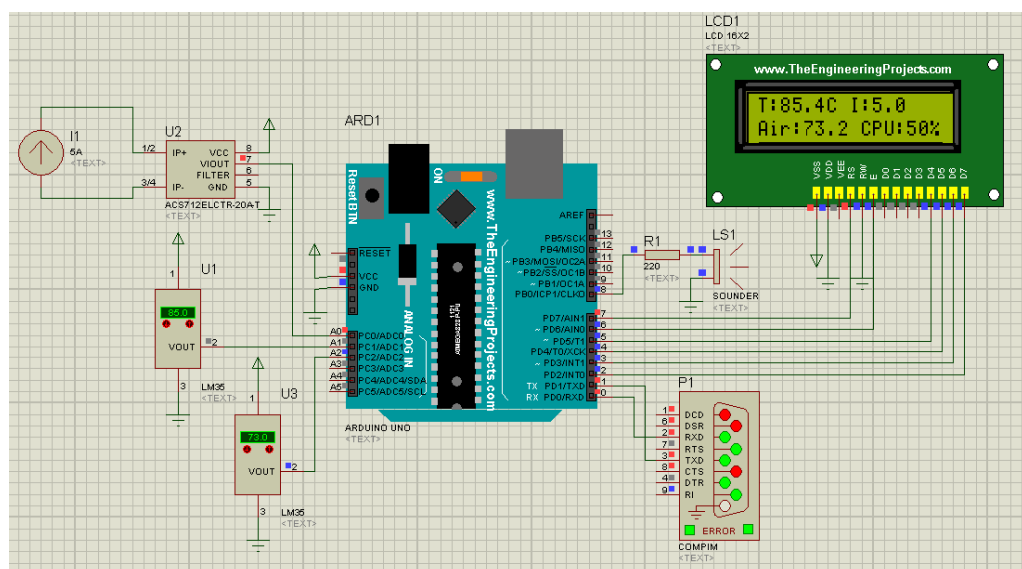


Рисунок 9 – Після зміни температури на U1 (LM35) SOUNDER почав шуміти

Додаток Б

Код програми до плати Arduino UNO

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(7,6,5,4,3,2);
float cpu_temp = 0.0;
float gpu_temp = 0.0;
String inputBuffer = "";

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(7,OUTPUT); pinMode(6,OUTPUT); pinMode(5,OUTPUT); //LCD16x2
    pinMode(4,OUTPUT); pinMode(3,OUTPUT); pinMode(2,OUTPUT);
    pinMode(8,OUTPUT); // SOUNDER
    delay(1000);
    lcd.begin(16,2);
    lcd.clear();
    lcd.print("Lenovo Diagnosis");
    delay(2000);
    Serial.println("Введіть значення CPU:xx% GPU:xx%");
}

void loop() {
    // Датчики
    float current = (analogRead(A0)*5.0/1023-2.5)/0.1; // I = струм
    float tempCase = analogRead(A1)*0.488; // U1 = температура кейсу ноутбука
    float tempAir = analogRead(A2)*0.488; // U3 = температура повітряного
    потоку
    static float lastCurrent = -999;
    static float lastTempCase = -999;
    static float lastTempAir = -999;
    static float lastCpuTemp = -999;
    static float lastGpuTemp = -999;
    // Перевірка змін
    bool dataChanged = false;
    if(abs(current - lastCurrent) > 0.1) { dataChanged = true; lastCurrent =
current; }
    if(abs(tempCase - lastTempCase) > 0.1) { dataChanged = true; lastTempCase
= tempCase; }
```

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						93
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

```

    if(abs(tempAir - lastTempAir) > 0.1) { dataChanged = true; lastTempAir =
tempAir; }
    if(abs(cpu_temp - lastCpuTemp) > 0.1) { dataChanged = true; lastCpuTemp =
cpu_temp; }
    if(abs(gpu_temp - lastGpuTemp) > 0.1) { dataChanged = true; lastGpuTemp =
gpu_temp; }
    // Вивід даних при їх зміні
    if(dataChanged) {
        Serial.println("=== ОНОВЛЕННЯ ===");
        Serial.print("T:"); Serial.print(tempCase,1); Serial.print("C ");
        Serial.print("I:"); Serial.print(current,1); Serial.print("A ");
        Serial.print("Air:"); Serial.print(tempAir,1); Serial.print("C ");
        Serial.print("CPU:"); Serial.print(cpu_temp,0); Serial.print("% ");
        Serial.print("GPU:"); Serial.println(gpu_temp,0); Serial.println();
    }
    // COMPIM
    while(Serial.available()) {
        char c = Serial.read();
        if(c == '\n' || c == '\r') {
            if(inputBuffer.startsWith("CPU:")) {
                cpu_temp = inputBuffer.substring(4).toFloat();
            }
            if(inputBuffer.startsWith("GPU:")) {
                gpu_temp = inputBuffer.substring(4).toFloat();
            }
            inputBuffer = "";
        } else {
            inputBuffer += c;
        }
    }

    // LCD
    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("T:");          lcd.print(tempCase,1);          lcd.print("C          I:");
    lcd.print(current,1);

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Air:"); lcd.print(tempAir,1);

```

					XHTY 123.22009.	Арк
						94
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

```

    lcd.print(" ");

    static bool showCPU = true;
    if(showCPU) {
        lcd.print("CPU:"); lcd.print(cpu_temp,0); lcd.print("% ");
    } else {
        lcd.print("GPU:"); lcd.print(gpu_temp,0); lcd.print("% ");
    }
    showCPU = !showCPU;

    // SOUNDER
    static unsigned long lastBeep = 0;
    bool  alarmActive  =  (tempCase>85  ||  tempAir>75  ||  cpu_temp>85  ||
gpu_temp>80);
    if(alarmActive && millis() - lastBeep > 500) {
        tone(8, 400, 150);
        lastBeep = millis();
    }

    delay(1500);
}

```

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						95
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток В

Код програми формування пакету даних

```
String dataPacket = "";

void setup() {
    Serial.begin(9600);

    Serial.println("=== Формування пакета даних ===");
    Serial.println("Введіть номер ПК (1-3):");
}

void loop() {

    if (Serial.available()) {

        String pcInput = Serial.readStringUntil('\n');

        pcInput.trim();

        int pc = pcInput.toInt();

        if (pc < 1 || pc > 3) {
            Serial.println("Помилка! Номер ПК: 1..3");
            return;
        }

        Serial.println("Введіть 8 біт (наприклад 10101100):");

        while (!Serial.available()) {}

        String bits = Serial.readStringUntil('\n');
        bits.trim();

        if (bits.length() != 8) {
            Serial.println("Помилка! Потрібно рівно 8 біт");
            return;
        }
    }
}
```

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						96
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

```

for (int i = 0; i < 8; i++) {
    if (bits[i] != '0' && bits[i] != '1') {
        Serial.println("Допустимі лише 0 і 1");
        return;
    }
}

String pcBits = "";
if (pc == 1) pcBits = "01";
if (pc == 2) pcBits = "10";
if (pc == 3) pcBits = "11";
dataPacket = pcBits + bits;

Serial.println();
Serial.print("Сформований пакет: ");
Serial.println(dataPacket);
Serial.println();
Serial.println("Введіть номер ПК (1-3):");
}
}

```

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						97
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Г

Код програми шифрування RSA

```
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(7,6,5,4,3,2);

String pcData[4] = {
    "00000000",
    "00011111",
    "01110100",
    "01010101"
};

long modPow(long base, long exp, long mod) {
    long result = 1;
    while(exp > 0) {
        if(exp % 2 == 1)
            result = (result * base) % mod;
        base = (base * base) % mod;
        exp /= 2;
    }

    return result;
}

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    // LCD
    pinMode(7,OUTPUT);
    pinMode(6,OUTPUT);
    pinMode(5,OUTPUT);
    pinMode(4,OUTPUT);
    pinMode(3,OUTPUT);
    pinMode(2,OUTPUT);
```

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						98
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

```

    lcd.begin(16,2);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("RSA Diagnosis");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Start...");
    delay(2000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Enter PC 0-3");
    Serial.println("=== RSA в ПД ===");
    Serial.println("Введіть номер ПК (0-3)");
}

void loop() {

    if(Serial.available()) {
        String input = Serial.readStringUntil('\n');
        input.trim();
        int pc = input.toInt();

        if(pc < 0 || pc > 3) {
            Serial.println("Помилка");
            lcd.clear();
            lcd.setCursor(0,0);
            lcd.print("Wrong PC");
            delay(1500);
            lcd.clear();
            lcd.print("Enter PC");
            return;
        }

        String pcBits = "";
        if(pc == 0) pcBits = "00";
        if(pc == 1) pcBits = "01";
        if(pc == 2) pcBits = "10";
        if(pc == 3) pcBits = "11";
        String packet = pcBits + pcData[pc];
        long M = strtol(packet.c_str(), NULL, 2);
        long e = 71;
    }
}

```

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						99
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

```

long n = 119;
long C = modPow(M,e,n);

Serial.println();
Serial.print("PC = ");
Serial.println(pc);
Serial.print("Packet = ");
Serial.println(packet);
Serial.print("M = ");
Serial.println(M);
Serial.print("C = ");
Serial.println(C);

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("M:");
lcd.print(M);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("C:");
lcd.print(C);
delay(4000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Enter PC 0-3");
Serial.println();
Serial.println("Введіть номер ПК (0-3)");
}
}

```

					ХНТУ 123.22009.	Арк
						100
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		