

Міністерство освіти і науки України

Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Відділення інформаційних технологій, менеджменту, туризму
та підготовки іноземних громадян

(назва відділення)

Циклова комісія комп'ютерної інженерії

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра

(освітньо-професійного ступеня)

на тему: Розробка інтелектуальної системи резервного живлення для мережевого обладнання

Виконав: студент IV курсу, групи KI-405п

Спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Станіслав ТАРАСЮК

(ім'я та прізвище)

Керівник

Андрій НЕДОШИТКО

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ»**

Відділення інформаційних технологій, менеджменту, туризму
та підготовки іноземних громадян

Циклова комісія комп'ютерної інженерії

Освітньо-професійний ступінь фаховий молодший бакалавр

Освітньо-професійна програма: Обслуговування комп'ютерних систем і мереж

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
комп'ютерної інженерії

_____ Андрій ЮЗЬКІВ

“30” березня 2026 року

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

Тарасюк Станіслав Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: **Розробка інтелектуальної системи резервного живлення для мережевого обладнання**

керівник роботи **Недошитко Андрій Григорович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Відокремленого структурного підрозділу «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя» від 27.03.2026р № 4/9-167.

2. Строк подання студентом роботи: 15 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: технічне завдання на розробку інтелектуальної системи резервного живлення мережевого обладнання, принципові електричні схеми, технічна документація на ESP32 та периферійні модулі, параметри акумуляторної батареї, вимоги до моніторингу та керування живленням, довідкові матеріали і нормативно-технічна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Загальна частина. Розробка технічного та робочого проєкту. Спеціальний розділ. Економічна частина. Охорона праці та техінка безпеки.

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

- Схема електрична структурна;
- Схема електрична функціонально;
- Блок-схема алгоритму роботи програми;
- Техніко-економічні показники;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний розділ	Богдана МАРТИНЮК викладач		
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Володимир ШТОКАЛО викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	01.04	
2	Збір і узагальнення інформації	08.05	
3	Написання першого розділу	15.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту	22.05	
5	Написання спеціального розділу	28.05	
6	Розрахунок економічної частини	1.06	
7	Написання розділу охорони праці	3.06	
8	Виконання графічної частини	8.06	
9	Оформлення проєкту	10.06	
10	Погодження нормоконтролю	11.06	
11	Попередній захист роботи	12.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи		

7. Дата видачі завдання: 31 березня 2026 року

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Станіслав ТАРАСЮК
(ім'я та прізвище)

Андрій НЕДОШИТКО
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

У роботі розроблено інтелектуальну систему резервного живлення для домашнього Wi-Fi маршрутизатора та оптичного терміналу PON. Система автоматично перемикається між мережевим та акумуляторним живленням, контролює параметри батареї та надсилає сповіщення користувачу через Telegram.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів.

У загальній частині обґрунтовано актуальність теми та проведено аналітичний огляд існуючих рішень резервного живлення для мережевого обладнання.

У другому розділі проаналізовано технічне завдання КВР, обґрунтовано вибір елементної бази, розроблено функціональну схему пристрою, алгоритм системи та програму для мікроконтролера ESP32.

У третьому розділі розроблено інструкцію з експлуатації пристрою та методику перевірки його функціонування.

Економічна частина містить розрахунок вартості розробки системи.

П'ятий розділ присвячено питанням охорони праці, техніки безпеки та екологічним вимогам при роботі з акумуляторними батареями.

Обсяг пояснювальної записки ___ сторінок.

Графічна частина роботи включає структурну схему мікропроцесорної системи, структурну схему вузла живлення та функціональну схему пристрою на аркушах формату А1.

Ключові слова: ESP32, резервне живлення, UPS, Li-Ion, BMS, Telegram-бот, PON, моніторинг, мікроконтролер.

ABSTRACT

This paper presents an intelligent backup power system for a home Wi-Fi router and PON optical terminal. The system automatically switches between mains and battery power, monitors battery parameters, and sends notifications to the user via Telegram.

The explanatory note consists of five chapters.

The general part substantiates the relevance of the topic and provides an analytical review of existing backup power solutions for network equipment.

The second chapter analyzes the technical assignment, justifies the component selection, and presents the device's functional diagram, the system algorithm, and the firmware for the ESP32 microcontroller.

The third chapter provides the device's operating instructions and a testing procedure for verifying its functionality.

The economic part contains the cost calculation for the system development.

The fifth chapter addresses occupational safety, technical safety, and environmental requirements when working with battery packs.

The explanatory note comprises ___ pages.

The graphic part includes the structural diagram of the microprocessor system, the structural diagram of the power unit, and the device's functional diagram on A1 sheets.

Keywords: ESP32, backup power, UPS, Li-Ion, BMS, Telegram bot, PON, monitoring, microcontroller.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1.Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи.....	8
1.2.Аналітичний огляд існуючих рішень.....	9
2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЄКТУ	16
2.1 Аналіз технічного завдання КВР.....	16
2.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази.....	21
2.3 Розробка функціональної схеми пристрою	43
2.4 Розробка алгоритму системи.....	46
2.5 Написання текстів програми	52
2.6 Налаштування та інтеграція Telegram-бота.....	61
3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	64
3.1 Розробка інструкції з експлуатації електронного пристрою	64
3.2 Розробка методики перевірки, функціонування (контролю, випробування) електронного пристрою	71
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	75
4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР	75
4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи....	76
4.3 Розрахунок матеріальних витрат	79
4.4 Розрахунок витрат на електроенергію	80
4.5 Визначення транспортних затрат	81
4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	81
4.7 Обчислення накладних витрат.....	82
4.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР	83

2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		Тарасюк С.М.		
<i>Перевір.</i>		Недошишко А.Г.		
<i>Реценз.</i>				
<i>Н. Контр.</i>		Юзьків А.В.		
<i>Затверд.</i>				
Розробка інтелектуальної системи резервного живлення для мережевого обладнання Пояснювальна записка				
		<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
			5	
ВСП ТФК ТНТУ КІ-405				

4.9 Розрахунок ціни НДР	84
4.10 Визначення економічної ефективності і терміну окупності	84
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	86
5.1. Фізичні основи електробезпеки та захист від дотику до струмоведучих частин	86
5.2. Особливості використання пожежної сигналізації.....	88
5.3. Хімічна та вибухопожежна небезпека при експлуатації акумуляторних батарей.....	90
ВИСНОВКИ.....	92
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	94
ДОДАТОК А.....	96

ВСТУП

Сучасне життя дедалі більше залежить від стабільного Інтернет-з'єднання, адже дистанційне навчання, комунікації та системи «розумний дім» критично залежать від роботи маршрутизаторів та оптичних терміналів (PON). Проте у випадку відключення електроенергії звичайне мережеве обладнання миттєво вимикається, що спричиняє незручності, втрату даних та порушення критичних процесів. Актуальність даної кваліфікаційної роботи полягає у необхідності створення надійного рішення для автономності домашніх мереж в умовах нестабільного енергопостачання. Метою роботи є розробка інтелектуальної системи резервного живлення, що автоматично перемикає живлення між мережею та акумулятором і здійснює повний моніторинг стану пристрою. План дослідження включає аналіз технічних вимог, проектування функціональної схеми, вибір компонентної бази та розробку алгоритму керування зарядом. У ході роботи розроблено прошивку для мікроконтролера, складання діючого макету та проведено його перевірку у реальних умовах експлуатації. Об'єктом дослідження є процеси забезпечення безперебійного живлення телекомунікаційних пристроїв, а предметом - апаратно-програмні засоби автоматичного резервування та віддаленого контролю. Результатом роботи є готовий електронний пристрій типу UPS (джерело безперебійного живлення), який забезпечує безперервну роботу Wi-Fi роутера та PON-терміналу, інтелектуально контролює параметри акумуляторної батареї, стежить за температурним режимом для запобігання перегріву та реалізує сучасний підхід до моніторингу через надсилання оперативної інформації та сповіщень у месенджер Telegram. Практична цінність розробки полягає у гармонійному поєднанні функцій силової електроніки та технологій інтернету речей (IoT), що дозволяє не лише підтримувати зв'язок під час багатогодинних аварійних відключень, а й суттєво подовжити загальний термін служби літєвих акумуляторів завдяки правильним алгоритмам експлуатації та постійному дистанційному контролю.

						Арк
					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	7
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи

Метою даної кваліфікаційної роботи є створення розумної системи безперебійного живлення, що забезпечує роботу домашньої мережі навіть тоді, при відключенні електропостачання. Основна ідея - розробити пристрій, що автоматично забезпечує захист підключеного обладнання, не потребує втручання оператора та забезпечує безперервний доступ до мережі

На сьогодні стабільний доступ до мережі Інтернет є необхідною умовою роботи систем дистанційного зв'язку та передачі даних. Дистанційна робота, онлайн-навчання в школах чи університетах, робота камер спостереження та охоронних систем - усе це припиняє працювати, як тільки вимикається електроенергія. Споживачі змушені придбавати додаткові перехідники та щоразу виконувати ручне комутування. Це незручно, ненадійно, а іноді й небезпечно для самої техніки. Спеціально розробленими інтелектуальними системами. У роботі розробляється система, яка: Працює автоматично: якщо, електоживлення зникло, роутер не перезавантажиться. Взаємодіє з оператором: мікроконтролер надсилає сповіщення через Telegram про стан мережі та рівень заряду. Береже ресурси: система розумно витрачає енергію акумуляторів і не дає їм зіпсуватися через перегрів чи глибокий розряд. Таким чином, актуальність роботи полягає в тому, щоб перетворити звичайний UPS на інтелектуального помічника, який гарантує стабільний зв'язок у будь-якій ситуації. Наукова та практична новизна проекту полягає у використанні мікроконтролера для створення не просто джерела живлення, а інтелектуального вузла моніторингу. Система здатна в реальному часі аналізувати параметри споживання струму, напругу та температуру компонентів. Використання літій-іонних акумуляторів дозволяє досягти оптимального балансу між компактністю та ємністю. Проте робота з літійовими елементами потребує прецизійного контролю, оскільки глибокий розряд або

									Арк
									8
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

перезаряд призводять до незворотної деградації хімічного складу комірок. У розробленій системі ця проблема вирішується шляхом інтеграції апаратної плати захисту та програмного алгоритму на базі мікропроцесора, який інформує користувача про стан системи.

1.2 Аналітичний огляд існуючих рішень

Аналіз сучасного ринку електроніки показує, що споживачі намагаються забезпечити електроживлення під час аварійних відключень трьома основними способами, проте кожен з них має суттєві технічні та експлуатаційні обмеження:

1. Звичайні павербанки з кабелями - підвищувачами. Це найдешевший, проте найменш надійний варіант, який швидко зношує акумулятори. Павербанки технологічно не розраховані на те, щоб бути постійно підключеними до зарядного пристрою в розетці під навантаженням. До того ж, у момент перемикання з мережі на батарею зв'язок зазвичай обривається на кілька хвилин, оскільки роутер втрачає живлення і потребує часу на повне перезавантаження та встановлення з'єднання з провайдером.

2. Портативні зарядні станції (Power Stations). Ще одним поширеним, але значно дорожчим рішенням, особливо під час тривалих блекаутів, є використання масивних портативних зарядних станцій (таких як EcoFlow River, Delta, Bluetti, Anker Solix, Baseus та їхні аналоги). Такі потужні пристрої поєднують у собі великі масиви літій-іонних або LiFePO4 акумуляторів високої ємності, вбудований інвертор чистої або модифікованої синусоїди та кілька типів виходів (220 В, USB-C PD, DC 12 В, 9 В тощо).

3. Китайські Mini-UPS. Ці пристрої є більш спеціалізованими, але мають суттєві недоліки у вигляді повної інформаційної закритості та схильності до перегріву електроніки. Примітивна світлодіодна індикація на їхньому корпусі не дає користувачу реального та точного уявлення про залишок ємності чи технічний стан акумуляторів. Крім того, відсутність активного охолодження в тісному пластиковому корпусі часто призводить до виходу чутливих компонентів з ладу

						2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
							9
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

при тривалому навантаженні. Це робить їх значно менш надійними порівняно з спеціально розробленими інтелектуальними системами, що забезпечують повний цифровий контроль усіх параметрів.

Павербанки з кабелями-підвищувачами: [1]

Найпростішим і найдешевшим рішенням, яке масово використовується користувачами, є підключення роутера до звичайного павербанка за допомогою спеціального кабелю-перехідника (USB to DC). Оскільки більшість павербанків видають на виході 5 В, а роутерам потрібно 9 В або 12 В, у таких кабелях використовується вбудований підвищуючий DC-DC перетворювач.

На рисунку 1.1 - зображено кабель-підвищувач для павербанка



Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд кабелю-підвищувача для павербанка

Основна проблема такого підходу полягає в низькій енергоефективності та обмеженій потужності, оскільки компактний перетворювач у роз'ємі кабелю швидко перегрівається під навантаженням, що призводить до нестабільної роботи роутера та частих розривів з'єднання. Крім того, переважна більшість стандартних павербанків не підтримує функцію безперервного живлення, тому в момент відновлення електропостачання в мережі пристрій на короткий час вимикає вихідний порт для перемикання в режим зарядки, що неминуче викликає перезавантаження маршрутизатора та тривалу паузу в доступі до інтернету. Також варто врахувати, що постійна експлуатація побутового акумулятора в режимі цілодобового навантаження не передбачена виробником, через що хімічний ресурс літійових елементів вичерпується значно швидше, а відсутність будь-якого

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						10
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтелектуального моніторингу параметрів струму та температури робить таку систему ненадійною та потенційно пожежонебезпечною.

Окрім низької ефективності, значною проблемою цього рішення є високий рівень високочастотних пульсацій вихідної напруги. Недорогі компоненти перетворювача не забезпечують адекватної фільтрації, що створює перешкоди для роботи Wi-Fi модуля. Оскільки радіочастотні компоненти маршрутизатора дуже чутливі до якості живлення, наявність пульсацій може призводити до зменшення радіуса покриття мережі або помітного зниження швидкості передачі даних. Важливим фактором є також обмеження за потужністю. Стандартний вихідний порт павербанка USB 2.0 має обмеження за струмом, а процес підвищення напруги з 5 В до 12 В ще більше знижує доступну силу струму на виході. При спробі заживити потужний двокварцевий роутер, що працює на частоті 5 ГГц і споживає понад 1.5 А, напруга на виході кабелю часто падає нижче критичної позначки. Це викликає циклічні перезавантаження обладнання, особливо в моменти пікового навантаження, коли активується велика кількість одночасних з'єднань.

Портативні зарядні станції (Power Stations):

Одним із сучасних і популярних рішень для забезпечення автономного живлення під час тривалих відключень електроенергії є портативні зарядні станції (Portable Power Stations), такі як EcoFlow River/Delta, Bluetti, Anker Solix, Baseus, Jackery та їх численні аналоги. Ці пристрої поєднують у собі потужні літєві акумулятори (переважно LiFePO4 або Li-ion), вбудований інвертор (чистий або модифікований синус), систему керування BMS та множину виходів: 220 В АС, USB-C PD, DC 12 В, 9 В тощо. [2]

Головною перевагою портативних зарядних станцій є універсальність і велика ємність (від 200 Вт·год до кількох кВт·год). Вони дозволяють жити не лише телекомунікаційне обладнання, а й ноутбуки, освітлення, невеликі побутові прилади та навіть медичне обладнання. Багато моделей підтримують швидку зарядку від мережі, автомобільного прикурювача та сонячних панелей, а також мають зручний дисплей і мобільний додаток для моніторингу.

						2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			11

Однак для специфічного завдання забезпечення безперебійного живлення лише домашнього маршрутизатора та оптичного терміналу PON (загальне споживання яких зазвичай становить 10–25 Вт) портативні зарядні станції мають ряд суттєвих недоліків:

Низька енергоефективність через подвійне перетворення енергії. Станція перетворює постійну напругу акумулятора в змінну 220 В (АС), після чого штатний блок живлення роутера/ONU знову перетворює її на потрібні 9 В або 12 В DC. Кожне перетворення супроводжується втратами у вигляді тепла. Крім того, навіть без навантаження інвертор станції споживає від 5–15 Вт (у деяких моделях EcoFlow Delta - до 20–30 Вт і більше), що є неприпустимо великими втратами при живленні малопотужного обладнання.

На рисунку 1.2 - зображено EcoFlow Delta 2



Рисунок 1.2 - Зовнішній вигляд EcoFlow Delta 2

Надмірна потужність і габарити. Більшість зарядних станцій розраховані на потужність від 300 Вт і вище. Використовувати пристрій вартістю в кілька тисяч гривень і вагою 5–15 кг лише для підтримки зв'язку потужністю 15–20 Вт є економічно недоцільним. [3]

Неоптимальний час автономної роботи. Через високе власне споживання інвертора реальний час роботи від батареї значно скорочується порівняно з

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						12
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прямими DC-рішеннями. Для роутера + PON з сумарним споживанням ≈ 15 Вт ефективний ККД системи падає нижче 70–80 %, тоді як пряме DC-живлення дозволяє досягти ККД понад 90–95 %.

На рисунку 1.3 - зображення розібраного EcoFlow Delta 2

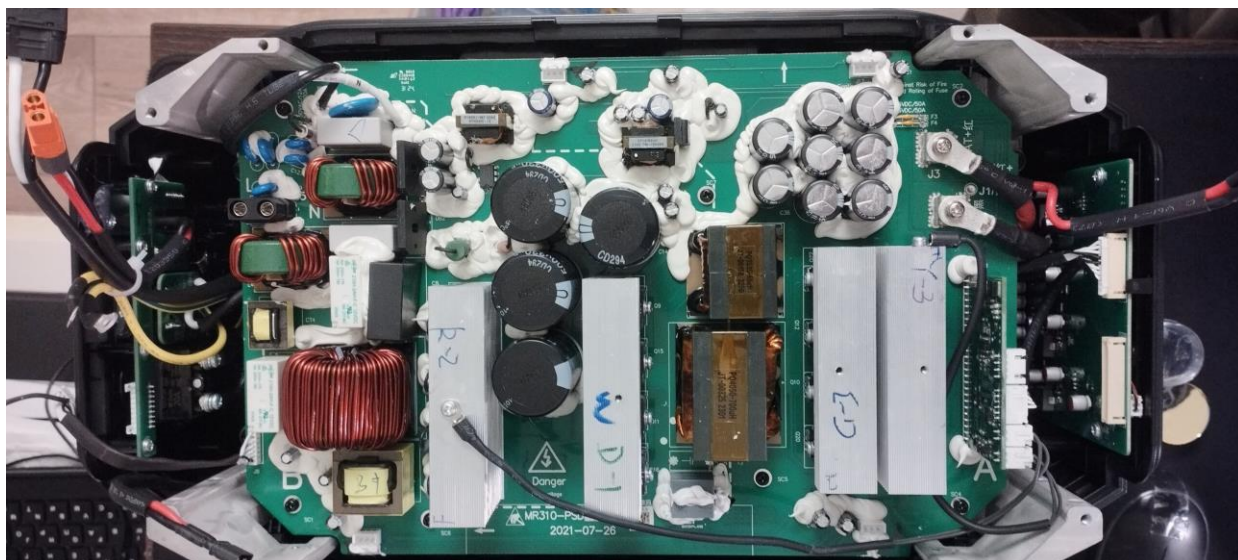


Рисунок 1.3 - Зовнішній вигляд розібраного EcoFlow Delta 2

Обмежена інформативність саме для телекомунікаційного обладнання. Хоча станції мають дисплей і додаток, вони не надають детального моніторингу параметрів саме роутера та PON (струм кожного каналу, температура, можливість дистанційного перезавантаження обладнання тощо). Відсутній також програмний захист від глибокого розряду, адаптивне керування охолодженням та інтеграція з месенджерами.

Вища вартість рішення для даної задачі. Компактна спеціалізована система на базі літійових акумуляторів значно дешевша і компактніша, ніж навіть найменші портативні станції, при цьому забезпечує кращу енергоефективність і функціональність саме для мережевого обладнання.

Таким чином, портативні зарядні станції є ефективним рішенням для комплексного резервного живлення будинку або офісу, але стають неефективними

									Арк
									13
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ				

та економічно невиправданими, коли потрібно забезпечити тривалу та стабільну роботу лише домашньої мережі інтернету з мінімальними втратами енергії.

Китайські Mini-UPS: [4]

Третім поширеним класом пристроїв є готові малогабаритні блоки безперебійного живлення, відомі як Mini-UPS (наприклад, моделі серій DC1018P, Marsriva або ViaEnergy). Вони розроблені спеціально для мережевого обладнання та мають виходи на 5, 9 та 12 В. Однак, незважаючи на компактність та зручність, ці пристрої мають ряд критичних недоліків, що обмежують їх використання у високонадійних системах. [4]

На рисунку 1.4 - зображено Mini-UPS моделі серій DC1018P



Рисунок 1.4 - Зовнішній вигляд Mini-UPS моделі серій DC1018P

Найбільшою проблемою цих пристроїв є їхня інформаційна закритість. Більшість моделей у цьому сегменті оснащені лише примітивною світлодіодною індикацією рівня заряду, що складається з 3–4 індикаторів. Користувач не має доступу до точних даних про напругу на акумуляторах, фактичний струм споживання або температуру всередині корпусу. Відсутність цифрового інтерфейсу моніторингу унеможливорює інтеграцію пристрою в сучасні системи розумного дому або дистанційний контроль стану через мережу. Ще одним критичним недоліком є незадовільний тепловий режим роботи. Через прагнення виробників до максимальної компактності, внутрішні компоненти (контролери заряду та акумулятори формату 18650) розміщені у щільно закритих пластикових корпусах без активної системи вентиляції. Під час одночасної зарядки внутрішніх

									Арк
									14
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

елементів та живлення зовнішнього навантаження температура всередині корпусу може досягати критичних значень. Постійний перегрів негативно впливає на хімічну стабільність літєвих елементів, прискорюючи їхню деградацію та збільшуючи ризик виходу з ладу плати керування. [5]

На рисунку 1.5 - зображення розібраного Mini-UPS моделі серій DC1018P



Рисунок 1.5 - Зовнішній вигляд розібраного Mini-UPS моделі серій DC1018P

Крім того, загальна якість вбудованих контролерів живлення у дешевих бюджетних моделях часто є дуже низькою. Вони забезпечують лише найпримітивніший базовий захист електроніки і повністю позбавлені складних апаратних алгоритмів балансування комірок між собою або точного багатоступеневого керування процесом зарядки акумуляторів. У прямому порівнянні з розробленими спеціально розробленими системами на базі мікроконтролерів, аналогічними до описаної в роботі китайські Mini-UPS назавжди залишаються функціонально обмеженими пристроями без жодної можливості майбутнього програмного оновлення функцій.

Таким чином, хоча вони об'єктивно і є значно функціональнішими та безпечнішими за прості павербанки з кабелями, їхня довгострокова надійність, ремонтпридатність та інформативність абсолютно не відповідають високим вимогам сучасних інтелектуальних телекомунікаційних систем безперебійного живлення.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЄКТУ

2.1 Аналіз технічного завдання КВР

Розроблювана система призначена для забезпечення надійного резервного живлення мережевого обладнання, такого як домашній маршрутизатор та оптичний термінал PON, у випадку відсутності основного живлення. Коли мережа доступна, система працює від зовнішніх блоків живлення PON та роутера, а при відключенні напруги - миттєво перемикається на живлення від акумуляторної батареї з номінальною напругою 11.1 В, і максимальною 12.6 В. Після відновлення мережі живлення повертається на блок живлення, а батарея знову заряджається через модуль заряду. Система також контролює напругу та струм у ланцюзі живлення, температуру пристрою та стан батареї, відображаючи ці параметри на дисплеї та віддалено через Telegram.

На рисунку 2.1 - зображена структурна схема мікропроцесорної системи

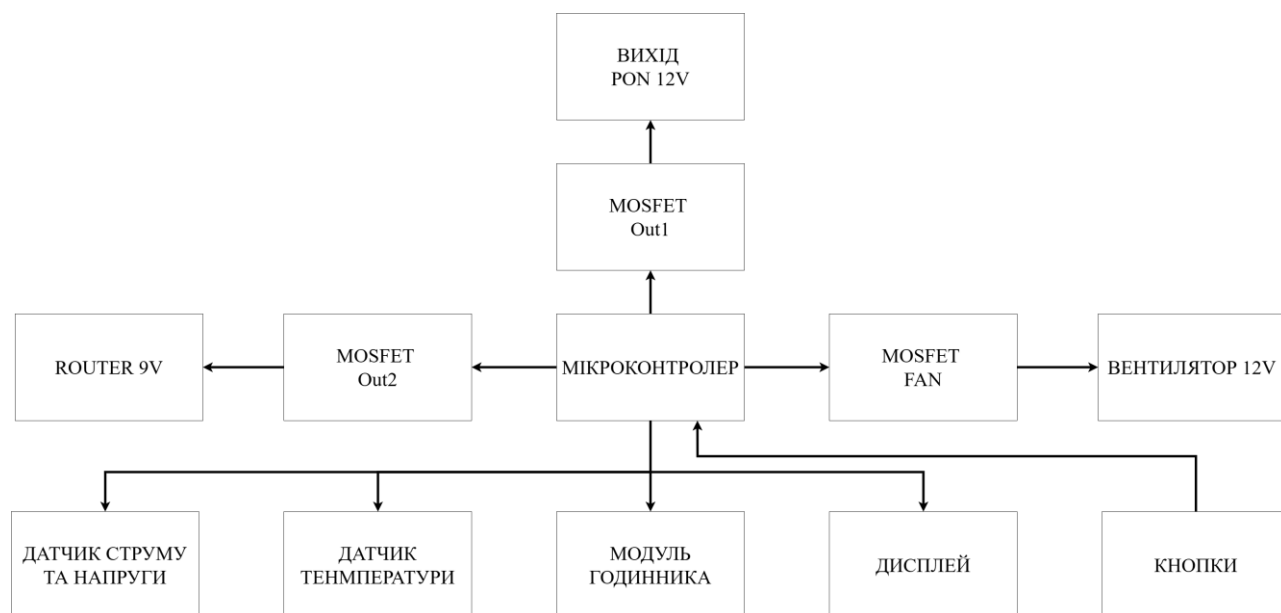


Рисунок 2.1 - Структурна схема мікропроцесорної системи

Центральний контролер

– Мікроконтролер - ESP32 виступає центральним керуючим елементом системи, який забезпечує збір даних з периферійних сенсорів, їх обробку та формування керуючих сигналів для виконавчих елементів. Контролер реалізує основну логіку роботи пристрою, включаючи автоматичне керування навантаженнями, обробку натискань кнопок та оновлення інформації на дисплеї.

Сенсори та моніторинг

– Датчик струму та напруги - цифровий датчик струму та напруги, який використовується для вимірювання напруги акумуляторної батареї, струму споживання та розрахунку потужності системи.

– Датчик температури - цифровий температурний датчик застосовується для контролю температури акумулятора і силових елементів з метою запобігання перегріву.

– Модуль годинника - високоточний модуль годинника реального часу (RTC), який забезпечує відлік дати та часу незалежно від наявності мережевого підключення. Використовується для фіксації подій та ведення журналу роботи системи.

Керовані виходи через MOSFET транзистори

– MOSFET Out1 - електронний ключ для керування живленням оптичного терміналу (PON 12 В).

– MOSFET Out2 - електронний ключ для керування живленням маршрутизатора (Router 9 В).

– MOSFET Fan - керує роботою вентилятора охолодження 12В.

Керування та локальна індикація

– Дисплей - використовується для відображення поточних параметрів системи: напруги, струму, температури, стану навантажень та режиму роботи.

– Кнопки керування (Out1, Out2, Power) - забезпечують ручне керування системою: увімк./вимк. PON; увімк./вимк. роутера; увімк./вимк. системи.

									Арк
									17
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

На рисунку 2.2 - зображена структурна схема вузла живлення

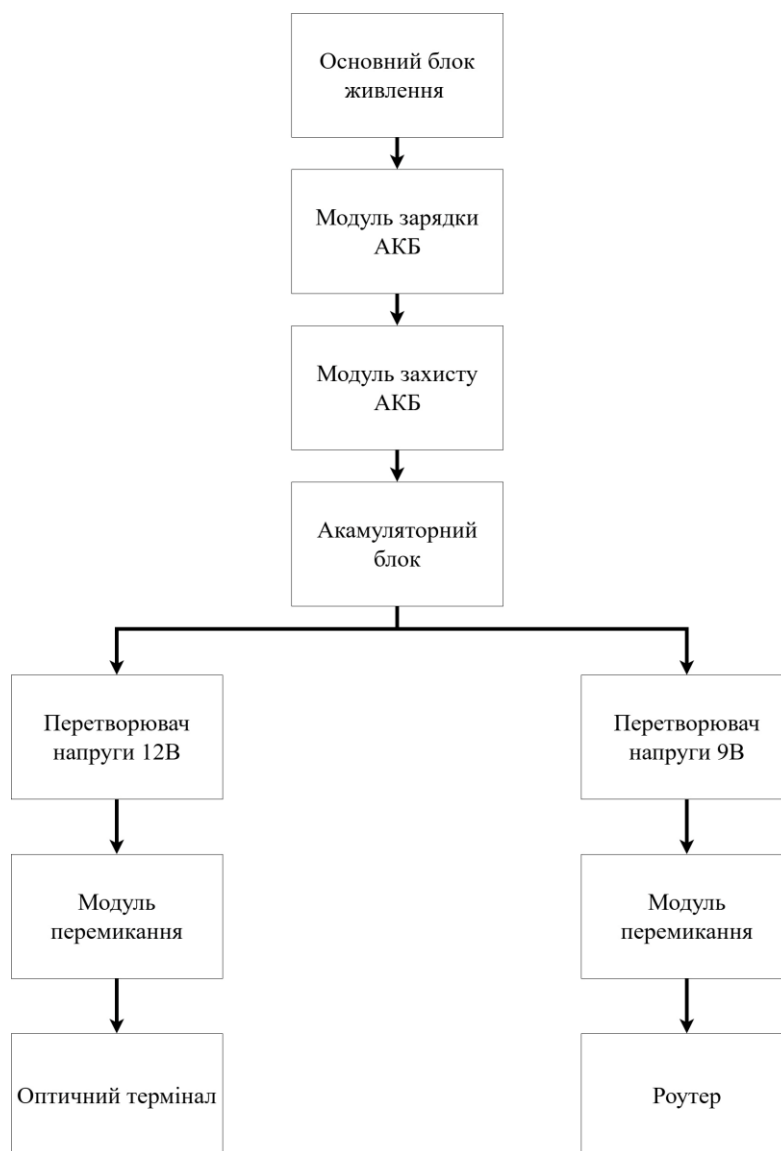


Рисунок 2.2 - Структурна схема вузла живлення

Порядок роботи з пристроєм

Для початку роботи необхідно під'єднати пристрій до джерела живлення 19 В та підключити до нього блоки живлення інтернет-обладнання (оптичний термінал PON та Wi-Fi маршрутизатор) через відповідні роз'єми живлення а вихідні кабелі живлення підключити у відповідні роз'єми на роутері та оптичному терміналі PON.

Робота пристрою

1. Нормальний режим роботи. Після підключення пристрою до розетки все інтернет-обладнання стабільно отримує живлення від своїх стандартних вхідних блоків живлення (пропущених через систему модулів перемикачів). У цей самий момент внутрішній акумуляторний блок автоматично та безпечно заряджається через вбудований понижуючий модуль зарядки. Мікропроцесорна система перебуває в черговому режимі очікування, аналізує телеметрію та постійно контролює наявність основного живлення на вході.

2. Перехід на резервне живлення. У разі раптового аварійного відключення електроенергії апаратна частина пристрою миттєво переключається на живлення виключно від акумулятора. Напруга з акумуляторного блоку надходить на DC-DC перетворювачі, які забезпечують ідеально рівні необхідні параметри: 12 В для оптичного терміналу PON та 9 В для Wi-Fi маршрутизатора. Самостійне перемикачів здійснюється виключно за допомогою напівпровідникових модулів автоматичного перемикачів, завдяки чому інтернет-обладнання продовжує безперервно працювати без скидання сесії чи перезавантаження.

3. Робота від акумулятора. У режимі автономного резервного живлення розроблений пристрій гарантовано забезпечує безперервну роботу всього підключеного інтернет-обладнання протягом тривалого часу, точний показник якого безпосередньо залежить від сумарної ємності акумуляторного блоку та фактично споживаної потужності пристроїв.

4. Відновлення основного живлення. Після відновлення електропостачання система автоматично перемикає інтернет-обладнання назад на живлення від основного зовнішніх блоків живлення. У цей момент акумуляторний блок переходить у режим заряджання через вбудований модуль живлення, а мікропроцесорна система продовжує контроль напруги, струму та температури. Перемикачів здійснюється автоматично без переривання роботи підключених пристроїв та без необхідності втручання користувача..

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						19
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завершення роботи

Після відновлення електропостачання пристрій автоматично повертається до роботи від основного джерела живлення, а акумулятор переходить у режим заряджання. У разі необхідності повного вимкнення пристрою потрібно від'єднати його від джерела живлення та натисніть відповідну кнопку на корпусі.

Основні вимоги до системи

Автоматичне резервування живлення. Беззатримкове перемикання на акумуляторний блок при зникненні мережної напруги та повернення при її відновленні. Блокування зворотного струму та мінімізація просідань напруги забезпечується модулями перемикання.

Стабільні вихідні напруги. Формування рівнів 12 В та 9 В за допомогою понижуючих (від основної мережі) та підвищуючих (від батареї) DC-DC перетворювачів. Реалізовано два незалежних канали для окремого живлення оптичного терміналу та роутера.

Безпечний акумуляторний блок. Літій-іонна батарея керується модулем захисту, який забезпечує балансування елементів, а також захист від перезаряду, глибокого розряду, короткого замикання та надструму.

Моніторинг параметрів. Вимірювання та облік показників реалізовано через: Модуль вимірювання напруги, струму та потужності.

Модуль годинника для точного відліку та ведення журналу подій.

Датчик температури для керування вентилятором охолодження.

Інформаційний дисплей для локального відображення статусу системи.

Керування та інтерфейси. Головний мікроконтролер із вбудованим бездротовим зв'язком обробляє дані з датчиків та керує силовими транзисторами. Керування виходами живлення здійснюється локально фізичними кнопками або віддалено через систему обміну повідомленнями Telegram.

Безпека і надійність. Силові входи обладнані запобіжниками. Для захисту від імпульсних перенапруг та помилкового підключення застосовуються відповідні напівпровідникові компоненти захисту.

						2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
							20
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Мікроконтролер

В якості мікроконтролера було вибрано ESP32 який є центральним елементом розробленої системи та виконує ключову роль у забезпеченні її стабільної роботи. Вона об'єднує всі функціональні вузли, здійснює обробку отриманих даних та формує керуючі сигнали для виконавчих елементів. Завдяки високій продуктивності та наявності вбудованих інтерфейсів зв'язку, ESP32 дозволяє реалізувати ефективне керування системою в реальному часі. Однією з основних функцій плати є обробка сигналів від сенсорів. ESP32 отримує дані про напругу, струм і температуру у цифровому та аналоговому вигляді. Зчитування інформації здійснюється через інтерфейси I²C, OneWire або вбудований аналого-цифровий перетворювач. Отримані значення обробляються програмно, що дозволяє визначати стан системи та приймати рішення щодо її роботи.

Керування виконавчими пристроями реалізується за допомогою цифрових виходів мікроконтролера. Сигнали подаються на MOSFET-транзистори, які забезпечують вмикання та вимикання навантажень, таких як оптичний термінал, маршрутизатор і вентилятор. У разі необхідності використовується широтно-імпульсна модуляція для регулювання роботи вентилятора залежно від температури.

Для відображення інформації використовується OLED-дисплей, підключений через інтерфейс I²C. На дисплеї виводяться основні параметри системи: напруга, струм, температура та стан навантажень. Це забезпечує контроль роботи пристрою без додаткових засобів..

Однією з важливих функцій є підтримка бездротового зв'язку. Завдяки вбудованому Wi-Fi система може підключатися до мережі для обміну даними, а Bluetooth забезпечує локальну взаємодію з іншими пристроями. Таким чином, ESP32 забезпечує збір і обробку даних, керування навантаженнями та

						Арк
					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	21
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реальному часі. Для практичної реалізації схеми та трасування друкованої плати важливо враховувати призначення та фізичне розміщення її контактів.

На рисунку 2.3 - зображено зовнішній вигляд плати ESP32 та її виводи

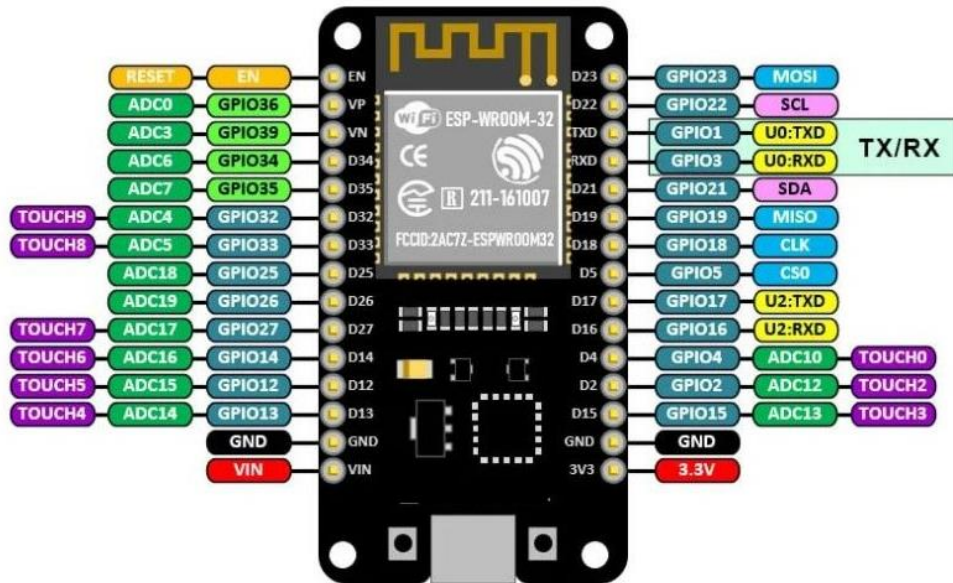


Рисунок 2.3 - Зовнішній вигляд плати ESP32

На рисунку 2.4 - зображено умовне позначення ESP32

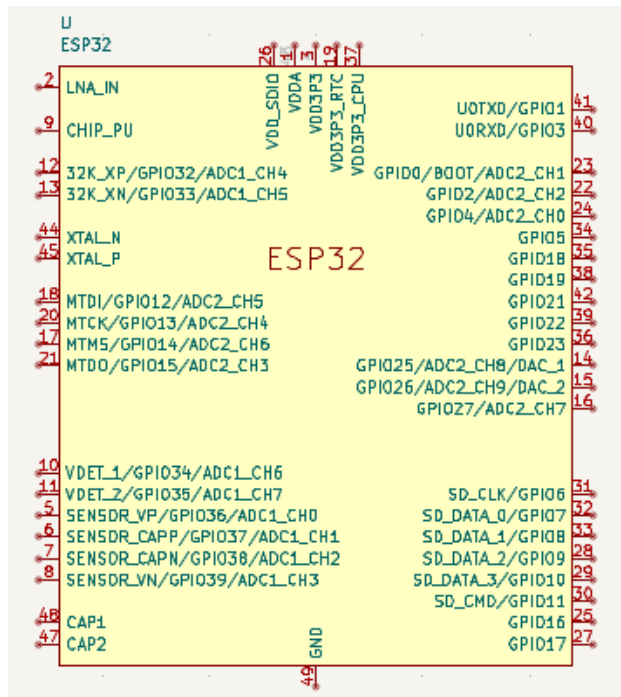


Рисунок 2.4 - Умовне позначення ESP32

Датчик струму та напруги

В якості датчика струму та напруги була вибрана мікросхема INA219 яка є надзвичайно точною для цифрового моніторингу живлення, розроблена спеціально для того, щоб вимірювати напругу шунта та всієї шини живлення в діапазоні до 26 В. Завдяки складному вбудованому математичному співпроцесору, вона здатна автоматично і без залучення ресурсів основного контролера обчислювати фактичний струм і споживану потужність. Ця критично важлива інформація надійно передається до головного мікроконтролера ESP32 через двопровідну шину I2C. [7]

Завдяки застосуванню на платі спеціального вимірювального шунта з еталонним опором рівно 0.1 Ом, розширений модуль INA219 отримує фізичну можливість вимірювати струми в діапазоні до 3.2 А і чітко фіксувати загальну споживану потужність до 83 Вт. У розробленій архітектурі цей компактний датчик відіграє найголовнішу роль у постійному моніторингу процесу розряду акумулятора, дозволяючи системі розраховувати залишковий час автономної роботи.

Модуль має 4 контакти:

- VCC: Живлення модуля. Може працювати від 3.3 В або 5 В. Оскільки ESP32 працює на логіці 3.3 В, рекомендується підключати саме до 3.3 В.
- GND: Спільний мінус (земля).
- SCL: (Serial Clock) Лінія тактування шини I²C. Підключається до відповідного піна ESP32 (за замовчуванням GPIO 22).
- SDA: (Serial Data) Лінія даних шини I²C. Підключається до відповідного піна ESP32 (за замовчуванням GPIO 21).

Група контактів для вимірювання (Load/Battery)

Ці контакти служать для підключення навантаження, параметри навантаження, що підлягає вимірюванню:

									Арк
									24
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

- Vin+ (або V+): Вхід позитивної напруги від джерела живлення (наприклад, від акумуляторної збірки 3S).
- Vin- (або V-): Вихід на навантаження. Струм проходить через вимірювальний шунт (резистор R100) від Vin+ до Vin-.
- Клемна колодка: Дублює контакти Vin+ та Vin- для зручного затискання дротів під гвинт.

На рисунку 2.5 - зображено зовнішній вигляд і назва пінів INA219

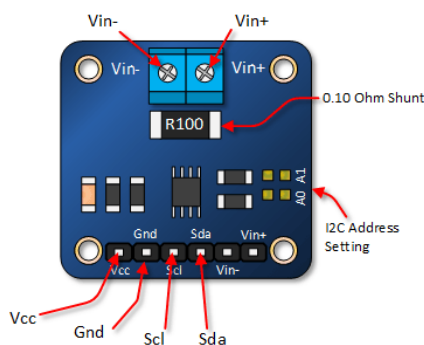


Рисунок 2.5 - Зовнішній вигляд і назва пінів INA219

Принцип дії:

INA219 полягає у вимірюванні напруги, що падає на точному резисторі (шунті) з опором 0,1 Ом, який підключений у розрив живильного кола навантаження. Вбудований 12-бітний АЦП фіксує цю різницю потенціалів для обчислення сили струму, а також вимірює напругу на самій шині живлення. Після цього внутрішній контролер розраховує споживану потужність

Технічні параметри :

- Максимальний вимірюваний струм: 3,2А
- Точність вимірювання струму: 0,8мА
- Роздільна здатність вимірювача: 12-біт
- Інтерфейс: I2C
- Швидкість інтерфейсу: 3,4МГц
- Максимальна вимірювана напруга: + -26 В

						2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			25

- Напруга живлення: від 3В до 5В

Цей датчик є оптимальним вибором для розробки системи інтелектуального резервного живлення, оскільки він дозволяє з високою точністю в режимі реального часу здійснювати моніторинг стану акумулятора (відстежувати напругу, а також струм заряду й розряду) та загальне енергоспоживання підключеного інтернет-обладнання.

На рисунку 2.6 - зображено умовне позначення INA219

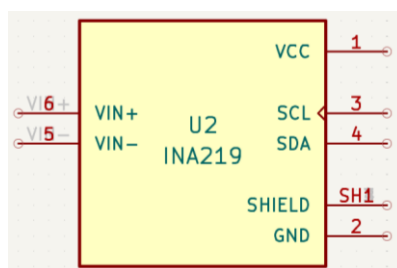


Рисунок 2.6 - Умовне позначення INA219

Датчик температури

В якості датчика температури був вибраний модуль DS18B20 - це прецизійний цифровий термометр, який використовує унікальний протокол зв'язку 1-Wire. Це означає, що для передачі даних від датчика до мікроконтролера ESP32 потрібен лише один цифровий пін. Інтерфейс 1-Wire: Для передачі даних потрібен лише один порт мікроконтролера, що ідеально підходить для ESP32 та інших систем.[8]

Основні характеристики:

- Маркування DS1820
- Корпус TO-92
- Розрядність 9-бит
- Час перетворення 750mS (max)
- Точність виміру $\pm 0.5\%$ в області температур $-10 \dots +85^{\circ}\text{C}$

									Арк
									26
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

– Напруга живлення для точності виміру $\pm 0.5\%$ 3,0-5,5V

Це ідеальний компонент для температурного моніторингу акумуляторної батареї або силових елементів у системі інтелектуального резервного живлення. Оскільки датчик використовує шину 1-Wire, він займає лише один вивід ESP32, залишаючи достатньо вільних пінів для підключення інших периферійних пристроїв.

На рисунку 2.7 - зображено DS18B20 та його виводи

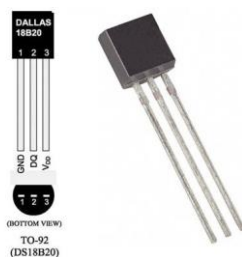


Рисунок 2.7 - Зображення DS18B20 та його виводи

Датчик підтримує два режими живлення: зовнішнє та паразитне. У режимі паразитного живлення пристрій отримує енергію безпосередньо з лінії даних (DQ), що дозволяє використовувати лише два дроти для підключення (DQ та GND). Однак у даній кваліфікаційній роботі реалізовано схему з зовнішнім живленням (3.3V), оскільки це забезпечує вищу стабільність роботи при частому опитуванні датчика та гарантує точність вимірювання при пікових навантаженнях на систему.

На рисунку 2.8 - зображено умовне позначення DS18B20

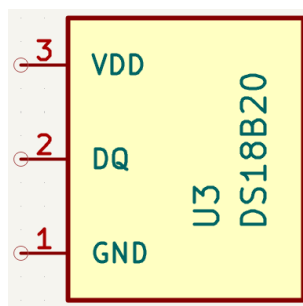


Рисунок 2.8 - Умовне позначення DS18B20

									Арк
									27
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ				

Принцип дії такий:

Датчик перетворює температуру навколишнього середовища в цифровий код за допомогою вбудованого АЦП, розрядність якого можна налаштувати від 9 до 12 біт.

Модуль годинника

В якості модуля годинника був вибраний DS3231 - це високоточний I²C-модуль годинника реального часу, оснащений вбудованим температурним компенсатором (TCXO) та кристалом. На відміну від дешевших моделей, таких як DS1307, цей модуль забезпечує високу точність роботи (похибка не перевищує 2 хвилин на рік) навіть при значних коливаннях температури навколишнього середовища. Енергонезалежність та живлення Система підтримує подвійну схему живлення: від основної шини VCC (3.3В) та від резервного елемента живлення CR2032 (3В). [9]

На рисунку 2.9 - зображено DS3231

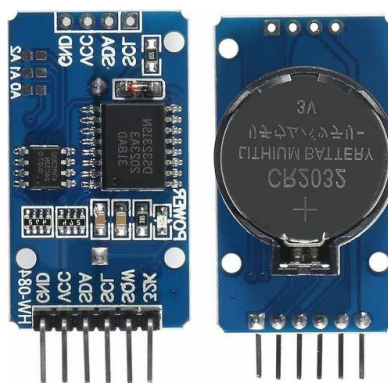


Рисунок 2.9 - Зображення DS3231

Основний режим: При подачі живлення на контакт VCC модуль працює в активному режимі, забезпечуючи зв'язок по шині I²C.

Резервний режим: При падінні напруги на основній шині нижче рівня напруги батареї, мікросхема автоматично перемикається на живлення від літієвого

					2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

елемента. У цьому режимі енергоспоживання становить менше 1 мкА, що дозволяє модулю зберігати актуальний час протягом 10 років без заміни батарейки.

Основні характеристики:

- Висока точність годинникового генератора з термокомпенсацією та корекцією ходу
- Лічильники секунд, хвилин, годин, днів тижня, днів, місяців та років з календарем з корекцією високосного року до 2100 року
- Стабільність генератора ± 2 ppm в діапазоні температур від 0 °C to +40 °C
- Стабільність генератора $\pm 3,5$ ppm в діапазоні температур від -40 °C to +85 °C
- Точність внутрішнього цифрового датчика температури ± 3 °C
- Регістр корекції точності ходу годинника
- Програмований вихід прямокутних імпульсів
- Два режиму шини I2C: Стандартний (100кГц) та Швидкий (400 кГц)
- Робоча напруга живлення від 3.0В до 5.5В

На рисунку 2.10 - зображено умовне DS3231

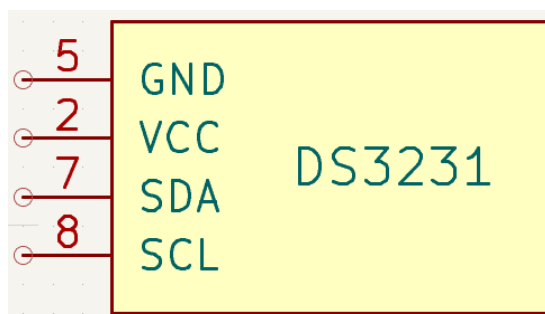


Рисунок 2.10 - Умовне позначення DS3231

Принцип роботи:

Модуль самостійно веде відлік секунд, хвилин, годин, дати, місяця та року з урахуванням високосних років до 2100 року. Основним елементом є вбудований кварцовий резонатор, частота якого коригується залежно від показників

									Арк
									29
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

внутрішнього датчика температури, що мінімізує вплив теплових коливань на точність часу. Для автономної роботи модуль оснащений тримачем для батарейки (зазвичай CR2032), завдяки якій відлік часу не припиняється навіть при повному відключенні основного живлення системи та акумуляторів 18650. ESP32 взаємодіє з модулем через шину I²C для синхронізації часу та створення часових міток (логів) подій.

Дисплей

В якості дисплея був вибраний OLED 0.96 дисплей - це сучасний графічний модуль візуалізації, побудований на базі популярного та енергоефективного драйвера SSD1306. Фізична технологія OLED (Organic Light Emitting Diode) кардинально відрізняється від застарілих рідкокристалічних дисплеїв тим, що органічні матеріали самостійно випромінюють яскраве світло під прямим впливом електричного струму і абсолютно не потребують окремого громіздкого підсвічування всієї матриці. [10]

На рисунку 2.11 - зображено OLED дисплей



Рисунок 2.11 - OLED дисплей

Фізичні основи технології OLED та її переваги На відміну від звичайних рідкокристалічних дисплеїв (LCD), технологія OLED (органічний світлодіод) використовує органічні матеріали, які випромінюють світло під впливом

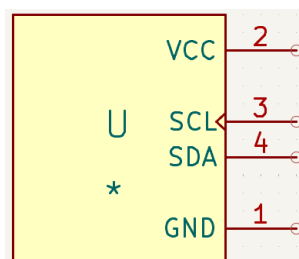
					2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						30
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричного струму. Це усуває потребу в громіздкому та енерговитратному підсвічуванні всієї матриці. Оскільки в розробленому інтерфейсі моніторингу системи переважна частина фону екрана залишається чорною, дисплей споживає мізерний струм, адже кожен чорний піксель є фізично вимкненим джерелом світла, що не витрачає дорогоцінний заряд акумулятора. Висока контрастність зображення та широкі кути огляду (понад 160 градусів) дозволяють чітко бачити поточний стан мережі та рівень напруги з будь-якого кутка приміщення.

Характеристики:

- Розмір екрану 0.96 "
- Тип екрану OLED
- Роз'єм 4-pin
- Напруга живлення +3.3~ +6 В
- Роздільна здатність дисплея 128 * 64 пк
- Товщина 4 мм
- Ширина 27 мм
- Висота 28 мм
- Вага 5 г

На рисунку 2.12- зображено умовне позначення OLED дисплея



На рисунку 2.12 - Зображено умовне позначення OLED дисплея

Енергоефективність: споживання енергії дисплеєм безпосередньо залежить від кількості активних пікселів. Оскільки в інтерфейсі моніторингу більша частина екрана залишається чорною, дисплей споживає мінімальний струм, що подовжує

									Арк
									31
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

час роботи пристрою від акумулятора. Читабельність: висока контрастність (до 10 000:1) та широкі кути огляду (понад 160°) дозволяють чітко бачити стан системи навіть у темному приміщенні або під кутом, що є важливим при встановленні пристрою у вузлах комунікацій.

Цоколювання роз'єму:

- GND: Загальний
- VCC: Напруга живлення
- SDA: Шина даних
- SCL: Шина тактування даних

MOSFET

В якості mosfet було вибрано IRLZ44N - потужний польовий N-канальний транзистор у корпусі TO-220. Транзистори IRLZ44N відносяться до серії " Logic-Level Gate Drive ", тобто управляються логічними рівнями, завдяки чому їх зручно використовувати у зв'язці з мікроконтролерами.

На рисунку 2.13 - зображено MOSFET IRLZ44N

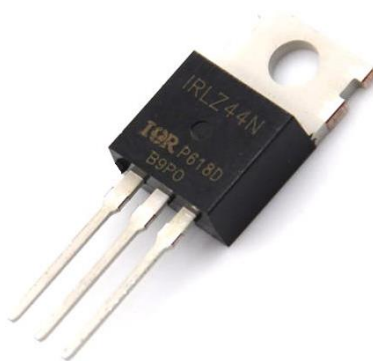


Рисунок 2.13 - MOSFET IRLZ44N

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						32
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Призначення та функціонування каналів комутації:

MOSFET Out1: Відповідає за подачу напруги 12 В на оптичний термінал (PON). Мікроконтролер може дистанційно перезавантажити термінал у разі програмного збою або вимкнути його при критичному розряді батареї.

MOSFET Out2: Керує лінією живлення 9 В (або 12 В) для Wi-Fi маршрутизатора. Це дозволяє реалізувати алгоритм енергозбереження, наприклад, вимикання роутера за розкладом у нічний час.

MOSFET Fan: Використовується для керування 12-вольтовим вентилятором. Завдяки програмі в ESP32, система автоматично вмикає обдув при нагріванні пристрою та вимикає його після охолодження, спираючись на поточні показники з датчика температури DS18B20. У всіх трьох каналах застосовується транзистор MOSFET IRLZ44N..[16]

Характеристики:

- Максимальний струм колектора 47 А (160 А - макс. імпульсний)
- Максимальна напруга сток-витік 55 В
- Опір сток-витік у відкритому стані 0.022 Ом
- Вхідна ємність 1700 pF
- Максимальна потужність, що розсіюється 110Вт
- Діапазон робочих температур -55°C..+175°C

На рисунку 2.14 - зображено умовне позначення MOSFET IRLZ44N

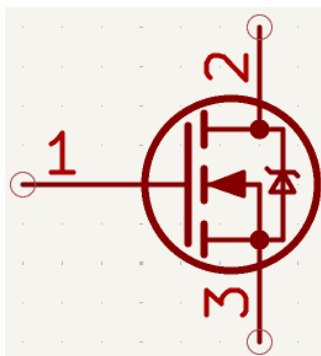


Рисунок 2.14 - Умовне позначення MOSFET IRLZ44N

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Вентилятор 12V

Призначення та необхідність примусового охолодження У процесі роботи мікропроцесорної системи резервного живлення виділяється значна кількість теплової енергії.

На рисунку 2.15 - зображено Вентилятор 12V



Рисунок 2.15 - Вентилятор 12V

Призначення та необхідність примусового охолодження:

Під час функціонування мікропроцесорної системи резервного живлення виділяється велика кількість тепла. Основними джерелами цього тепла є силові ключі зарядного пристрою та перетворювача напруги. Щоб забезпечити стабільну роботу та уникнути перегріву компонентів, застосовується активна система вентиляції.

Логіка функціонування системи охолодження:

Спостереження: Мікроконтролер ESP32 безперервно отримує інформацію з цифрового термометра DS18B20. Активація: Коли температура досягає критичного рівня (перевищує 50°C), контролер надсилає сигнал для увімкнення вентилятора. Енергоефективність: Завдяки моніторингу через INA219, система здатна регулювати інтенсивність охолодження відповідно до поточного навантаження, що дозволяє оптимізувати витрати заряду акумулятора.

					2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						34
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 2.16 - зображено умовне позначення вентилятора



Рисунок 2.16 - Умовне позначення вентилятора

Характеристики:

Габаритні розміри, мм: 50x50x10mm

Напруга, В: 12 DC

Об'єм повітря, м.куб/год.: 22 м³/год.

Потужність, W: 0,9 Вт Шум, дБ: 36,8 дБ

Опис: Підшипник кульковий

Швидкість обертання, об/хв: 6500 об/хв

Модуль зарядки АКБ

В якості модуля зарядки для АКБ було вибрано XL4015 - це високоефективний DC-DC понижуючий перетворювач напруги, який у даній системі виконує роль інтелектуального зарядного пристрою для літій-іонних акумуляторів конфігурації 3S (12.6В). [14]

Основні функції модуля:

Стабілізація напруги (CV): дозволяє точно встановити вихідну напругу 12.6В, необхідну для повного заряду трьох послідовно з'єднаних акумуляторів.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						35
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обмеження струму (CC): захищає акумулятори від занадто високого струму заряду на початковому етапі, що критично важливо для безпеки та довговічності комірок.

На рисунку 2.17 - зображено модуль XL4015

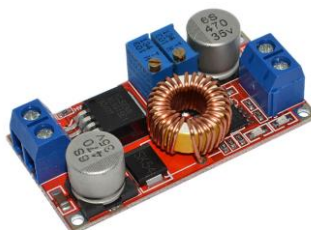


Рисунок 2.17 - Модуль XL4015

Специфікація:

- Діапазон вхідної напруги: 4-38 В постійного струму
- Мінімальна вхідна напруга для вольтметра: 4,5 В постійного струму
- Діапазон вихідної напруги: 1,25-36 В постійного струму
- Вихідний струм: 0-5А
- Вихідна потужність: 75 Вт (якщо понад 50 Вт, потрібне додаткове охолодження)
- Діапазон вольтметра: від 4 до 40 В, похибка $\pm 0,1$ В
- Робоча частота: 180 кГц
- Похибка вольтметра: $\pm 0,05$ В
- Високий ККД до 96%
- Вбудована функція теплового відключення
- Вбудована функція обмеження струму
- Вбудована функція захисту від короткого замикання на виході

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						36
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Захист від зворотної полярності входу: немає (за потреби, високострумний діод послідовно з входом).
- Розмір: 6,63-91,8 см (ДхШхВ)
- Світлодіодні індикатори: зелений світлодіод живлення та два червоні світлодіоди, що показують, яка напруга відображається на вольтметрі (вхід/вихід)

На рисунку 2.18 - зображено умовне позначення модуля XL4015

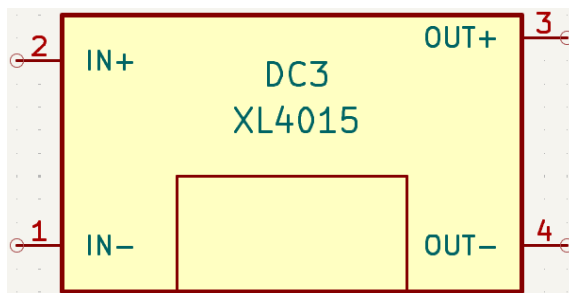


Рисунок 2.18 - Умовне позначення модуля XL4015

Модуль XL4015 обрано завдяки високому ККД (до 96%), що мінімізує втрати енергії на нагрівання, та можливості гнучкого налаштування параметрів заряджання для 3S-збірки (12.6 В). Наявність вбудованого вольтметра спрощує первинне калібрування системи перед монтажем у корпус пристрою. Модуль XL4015 із ККД до 96% забезпечує точне CV/CC-заряджання 3S-збірки (12.6 В), має вбудований вольтметр та інтегрований захист.

Модуль захисту АКБ

В якості модуля захисту АКБ було вибрано BMS 3S (Battery Management System) - це електронна плата захисту та керування, яка встановлюється в літій-іонні та літій-полімерні акумуляторні батареї. У розробленій системі використовується модуль BMS Li-Ion 3S/50A 12V (12.6V), призначений для акумуляторних збірок з номінальною напругою 12 В, що складається з трьох послідовно з'єднаних комірок. [13]

									Арк
									37
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

Модуль забезпечує індивідуальний контроль напруги кожної комірки, рівномірний розподіл струму заряду між елементами збірки, захист від перезаряду, глибокого розряду та короткого замикання. Загальний порт заряду спрощує підключення зарядного пристрою та навантаження до однієї пари виводів.

На рисунку 2.19 - зображено BMS 3S

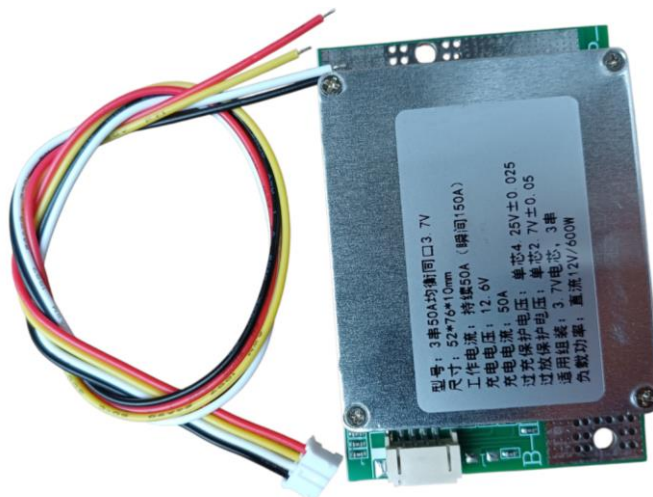


Рисунок 2.19 - BMS 3S

Технічні характеристики BMS Li-Ion 3S/50A:

- Конфігурація: 3S (три послідовні комірки)
- Тип акумулятора: Li-Ion, Li-Pol
- Напруга заряду: 12.6 В (4.2 В на комірку)
- Мінімальна напруга розряду: 2.7 В на комірку (8.1 В для 3S)
- Максимальний струм заряду: 20 А
- Максимальний струм розряду: 50 А
- Захист від короткого замикання: є
- Довжина шлейфів: 350 мм

									Арк
									38
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

На рисунку 2.20 - зображено умовне позначення BMS 3S

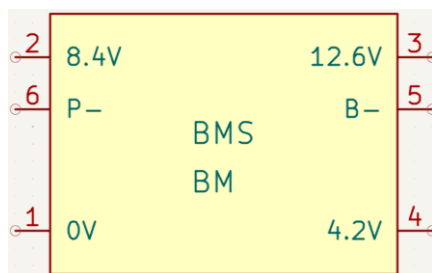


Рисунок 2.20 - Умовне позначення BMS 3S

Призначення контактних майданчиків 3S 50A:

- 0V: "-" першої комірки
- 4.2V: "+" першої комірки та "-" другої комірки
- 8.4V: "+" другої комірки та "-" Третя комірки
- 12.6V: "+" третьої комірки
- "P-": "-" зарядного або навантаження
- FD и CD: для індикації заряду

Перетворювач напруги

В якості перетворювача напруги було вибрано XL6009 ефективний підвищуючий імпульсний стабілізатор напруги. Діапазон вхідної напруги становить від 3 до 32В. Вихідна напруга може бути налаштована в межах від 5 до 35В. Для забезпечення стабільної роботи перетворювача, вихідна напруга повинна перевищувати вхідну на 1.5 - 2В. Максимальний вихідний струм складає 2А, з можливістю короточасного підвищення до 3А. Для зниження вартості перетворювача в ньому відсутній захист від перевантаження або короткого замикання, тому не рекомендується використовувати його в умовах граничного навантаження. Частота перетворення становить близько 400 кГц, а максимальний ККД досягає 94%. [12]

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						39
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки система використовує збірку 3S (11.1В – 12.6В), при розряді акумуляторів напруга падатиме нижче 12В. Модулі XL6009 (Step-Up) гарантують, що підключені пристрої отримуватимуть стабільне живлення до моменту повного відключення батареї модулем BMS.

– XL6009 (12 В) для PON ONU: Забезпечує стабільну роботу оптичного термінала. Навіть якщо акумулятор розрядився до 10В, цей модуль підвищить напругу до необхідних 12В.

– XL6009 (9 В) для Router: Використовується для живлення роутерів, що потребують 9В. В даному випадку модуль працює як стабілізатор, підтримуючи заданий рівень.

На рисунку 2.21 - зображено XL6009



Рисунок 2.21 - XL6009

Характеристики:

- Тип перетворювача: підвищуючий
- Вхідна напруга: 3 - 32В
- Вихідна напруга: 5 - 35В (регулюється підлаштуванням резистора розташованим на платі)
- Вихідний струм: 2А (3А максимум при активному охолодженні)
- Ефективність перетворення: 94%
- Споживання без навантаження: приблизно 6мА
- Мінімальна різниця між вхідною і вихідною напругою 1.5В

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						40
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 2.22 - зображено умовне позначення XL6009

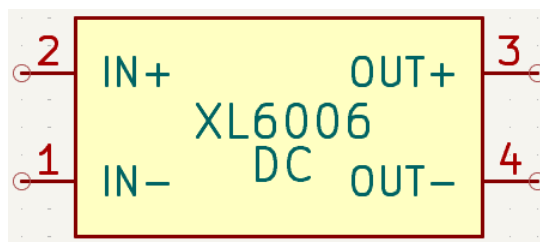


Рисунок 2.22 - Умовне позначення XL6009

1. Точка вимірювання: Датчик INA219 краще встановлювати після акумулятора, але перед модулями XL6009. Це дозволить бачити загальну потужність, яку споживає вся система перетворювачів.

2. Ефективність: ККД системи може бути розраховано, порівнюючи споживану потужність від батареї з номінальною потужністю навантаження (ONU + Router).

Модуль перемикання

В якості модуля перемикання було вибрано XL0401 який використовується в системі резервного живлення як вузол автоматичного перемикання джерел живлення. Його основне призначення полягає в забезпеченні безперервної подачі напруги на навантаження при переході від основного джерела живлення до акумуляторного та навпаки. [11]

Даний модуль побудований за принципом ідеального діода на основі MOSFET-транзистора. Така схема дозволяє пропускати струм лише в одному напрямку та запобігати зворотному потоку енергії між джерелами живлення. Завдяки цьому виключається небажане з'єднання двох джерел між собою та зменшуються втрати напруги на елементі комутації.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						41
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 2.23 - зображено XL0401

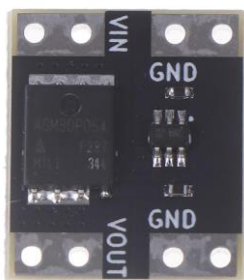


Рисунок 2.23 - XL0401

У розроблюваній системі модуль XL0401 застосовується для автоматичного підключення основного джерела живлення або резервного акумулятора до вихідного навантаження. У випадку наявності основної напруги живлення навантаження живиться від нього. При зникненні напруги модуль автоматично перемикає живлення на акумуляторний блок без помітної перерви в роботі пристрою.

На рисунку 2.24 - зображено умовне позначення XL0401



Рисунок 2.24 - Умовне позначення XL0401

Модуль має чотири основні виводи: IN+, IN-, OUT+, OUT-. До входу IN підключається джерело живлення, а з виходу OUT напруга подається на навантаження. У схемі резервного живлення один модуль XL0401 використовується для підключення основного джерела, а другий - для підключення

аккумуляторної гілки. Їх виходи об'єднуються в одну спільну точку живлення навантаження. Це запобігає зворотним струмам і забезпечує автоматичне перемикання на резервне джерело живлення.

Основні технічні характеристики модуля ідеального діода XL0401:

Робочий діапазон вхідної напруги: від 3 В до 26 В (що з запасом перекидає потреби розроблюваної системи з номіналами 9 В та 12 В).

Номінальний робочий струм: до 10 А (у тривалому режимі роботи без додаткового охолодження).

Максимальний піковий струм: до 15 А (за умови встановлення алюмінієвого радіатора на корпус транзистора та забезпечення примусової циркуляції повітря).

Габаритні розміри друкованої плати: 15 x 12.8 x 3.4 мм (компактність модуля дозволяє легко інтегрувати його в загальний корпус пристрою без суттєвого збільшення габаритів).

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

Використання саме напівпровідникових модулів ідеального діода замість звичайних електромеханічних реле дозволило суттєво підвищити загальну надійність, швидкодію та енергоефективність системи. Відсутність рухомих механічних контактів повністю виключає ризик іскріння, окислення та фізичного зносу струмопровідних елементів під дією дугових розрядів, що робить ресурс таких модулів практично необмеженим порівняно з обмеженою кількістю циклів спрацьовування механічних аналогів.

2.3. Розробка функціональної схеми пристрою

Функціональна схема є одним із основних проектних документів, що визначають функціональну структуру системи, яка проектується, та її окремих модулів. Дана схема призначена для відображення детальної структури пристрою, його основних блоків, вузлів, частин із вказанням зв'язків між ними. З функціональної схеми має бути зрозуміло, як саме підключаються і взаємодіють їхні складові частини для забезпечення заданих режимів роботи.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						43
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

AM1, AM2 (XL6009) та AM6–AM9 (XL0401) - Стабілізатори вихідної напруги:

- Канали AM2 та AM7, AM8 формують стабільну напругу +12V для живлення обладнання через роз'єм J2 (Вихід PON).

- Канали AM1 та AM6, AM9 забезпечують напругу +9V для роз'єму J3 (Вихід Router).

AM3 (XL6009) - Перетворювач системного живлення: Спеціалізований вузол для отримання стабільної напруги +5V, яка необхідна для живлення мікроконтролера DM5, дисплея DM1 та логічних рівнів системи.

DM3 (INA219) - Монітор електроспоживання: Вимірювальний модуль, що по шині I2C передає на контролер дані про поточну напругу акумуляторів та силу струму, що споживається навантаженням.

DM2 (DS3231) - Модуль реального часу: Забезпечує точну часову синхронізацію для журналювання подій та роботи пристрою за графіком.

DM1 (OLED 0.96) та DM4 (DS18B20) - Модулі інтерфейсу та моніторингу: OLED-дисплей для візуалізації стану системи та цифровий термометр для контролю температури всередині пристрою.

Q1–Q3 (IRLZ44N) - Силкові комутаційні ключі: MOSFET-транзистори, що керуються мікроконтролером DM5 для ввімкнення системи охолодження (вентилятор M1) та керування живленням вихідних ліній.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						45
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Розробка алгоритму системи

Алгоритм роботи системи передбачає виконання кількох паралельних процесів: моніторинг параметрів, управління навантаженнями, обробку подій живлення та взаємодію з користувачем.

Ініціалізація системи

При старті мікроконтролер виконує послідовність дій з перевірки апаратних компонентів. Спочатку налаштовуються цифрові піни як входи для кнопок з підтяжкою до живлення та виходи для силових ключів MOSFET. Для кожної кнопки встановлюється обробник переривання за спадом сигналу, що дозволяє реагувати на натискання без постійного опитування в основному циклі. Шина I²C запускається на частоті 400 кГц для швидкого обміну даними з периферійними пристроями.

Далі відбувається звернення до кожного модуля. Якщо OLED-дисплей не відповідає за адресою 0x3C, програма зупиняється, оскільки без екрана неможлива індикація стану. Модуль INA219 налаштовується на режим вимірювання до 32 В та 2 А з використанням внутрішнього шунта 0.1 Ом. Модуль RTC перевіряється на наявність, а датчик температури DS18B20 переводиться в режим 12-бітної точності.

Після апаратної ініціалізації система намагається підключитися до збереженої Wi-Fi мережі. Якщо підключення не вдається протягом встановленого таймауту, запускається точка доступу з SSID "Smart-UPS-Setup" для первинного налаштування. При успішному підключенні виконується синхронізація годинника через NTP-сервер, а отриманий час записується до модуля DS3231.

Головний цикл обробки

Основний цикл програми виконується безперервно і розділений на три часові інтервали з різною періодичністю. Це дозволяє зменшити навантаження на процесор та оптимізувати споживання енергії.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						46
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожну секунду відбувається зчитування всіх сенсорів. Модуль INA219 повертає напругу на шині живлення, падіння напруги на шунті та розраховані значення струму й потужності. Датчик температури DS18B20 запитується на нове вимірювання, після чого відбувається зчитування результату попереднього циклу. Це дозволяє уникнути затримок у роботі програми, оскільки перетворення температури займає до 750 мс.

На основі отриманих даних розраховується відсоток заряду батареї лінійною інтерполяцією між мінімальною напругою 10.5 В та максимальною 12.6 В для збірки 3S. Отримане значення у відсотках відображається на OLED-дисплеї у вигляді графічного індикатора, що дає користувачу наочне уявлення про залишковий ресурс акумулятора без необхідності аналізувати числові значення напруги.

Управління вентилятором

Алгоритм керування системою охолодження реалізований за двопозиційним принципом із застосуванням гістерезису для запобігання частому перемиканню силового ключа. Функція controlFan() викликається кожні 200 мс і визначає стан вентилятора на основі поточної температури, зчитаної з датчика DS18B20. Якщо температура перевищує критичний поріг 60°C, вентилятор миттєво переходить на максимальну швидкість 255 (100%). У діапазоні між температурою старту 35°C та критичною межею швидкість розраховується пропорційно за допомогою функції map(), що забезпечує плавне наростання обертів від 120 до 255. Коли температура опускається нижче порогу зупинки 30°C, цільова швидкість встановлюється в нуль, і вентилятор повністю зупиняється.

Для плавного переходу між режимами реалізовано поступінну зміну швидкості з кроком 10 одиниць за кожен виклик функції. Це запобігає різким стрибкам обертів, що створюють акустичний шум та зайве механічне навантаження на підшипники. Такий підхід також подовжує ресурс вентилятора порівняно зі звичайним двопозиційним увімкненням на повну потужність, оскільки усуває ударні навантаження при старті.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						47
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обробка критичних подій

Система постійно контролює напругу батареї та температуру для запобігання аварійним ситуаціям. При падінні напруги нижче 10.8 В активується режим аварійного відключення навантажень. У цьому режимі обидва вихідні MOSFET переводяться в закритий стан, що припиняє подачу живлення на роутер та оптичний термінал. Це захищає літєві елементи від глибокого розряду, який призводить до необоротних змін у структурі електродів та значного скорочення загальної ємності збірки.

Подія критичного відключення фіксується в журналі подій та відображається на дисплеї відповідним попередженням. Якщо є підключення до мережі, надсилається екстрене повідомлення в Telegram з поточним значенням напруги та відміткою часу події. Повторний перехід у нормальний режим можливий лише після відновлення основного живлення від адаптера - ручне увімкнення виходів у цьому стані програмно заблоковано.

Взаємодія з користувачем

Система підтримує три канали взаємодії: фізичні кнопки, OLED-дисплей та Telegram-бот. Кнопки обробляються через апаратні переривання з програмною реалізацією антидребезгу на рівні 250 мс. Кожне натискання встановлює відповідний прапорець, який обробляється в основному циклі з одночасним оновленням стану MOSFET. Завдяки апаратним перериванням реакція на натискання відбувається незалежно від того, яку задачу в цей момент виконує основний цикл програми.

Дисплей оновлюється кожні 500 мс і відображає комплексну картину стану системи. Верхній рядок містить джерело живлення та поточний час, отриманий від модуля DS3231. Далі йдуть виміряні параметри: струм навантаження, споживана потужність, температура та графічний індикатор заряду батареї у вигляді прогрес-бару. Нижня частина екрана показує стани виходів та індикатор підключення до мережі. Така структура екрана дозволяє одним поглядом оцінити весь стан системи без необхідності гортати сторінки меню.

									Арк
									48
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ				

Telegram-бот опитується кожні 5 секунд при наявності з'єднання. Підтримуються команди перегляду стану /status, журналу подій /logs, увімкнення та вимкнення окремих виходів, а також віддаленого перезавантаження обладнання. При виконанні команди перезавантаження вихід вимикається на 5 секунд, після чого автоматично активується знову. Це дозволяє усунути програмні зависання мережевого обладнання без фізичного доступу до пристрою.

Система логуювання зберігає останні п'ять подій з часовими мітками у циклічному буфері. Кожна критична подія - втрата живлення, відновлення напруги, аварійне відключення - додається до журналу з автоматичним витісненням найстарішого запису. Часові мітки формуються на основі показань модуля DS3231, що забезпечує коректність журналу навіть після тривалої роботи без перезапуску контролера.

Оптимізація обчислювальних ресурсів та часовий розподіл

Для забезпечення детермінованості виконання критичних завдань у загальному циклі програми розроблено систему неблокуючих часових інтервалів на основі функції millis(). Це усуває потребу у використанні системних затримок delay(), які призводять до пропуску апаратних переривань від кнопок чи втрати мережевих пакетів. Квантування часу реалізовано через окремі лічильники для кожної підсистеми:

Інтервал 200 мс: розрахунок кроку швидкості обертів вентилятора та оновлення прапорців фізичного інтерфейсу;

Інтервал 500 мс: формування графічного буфера OLED-дисплея та відправка даних через шину I²C;

Інтервал 1000 мс: послідовний запуск аналого-цифрового перетворення INA219 та зчитування шини OneWire;

Інтервал 5000 мс: виконання асинхронного запиту до Telegram API за допомогою методу getUpdates.

									Арк
									49
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

На рисунку 2.27 - зображено блок-схема алгоритму частина 2

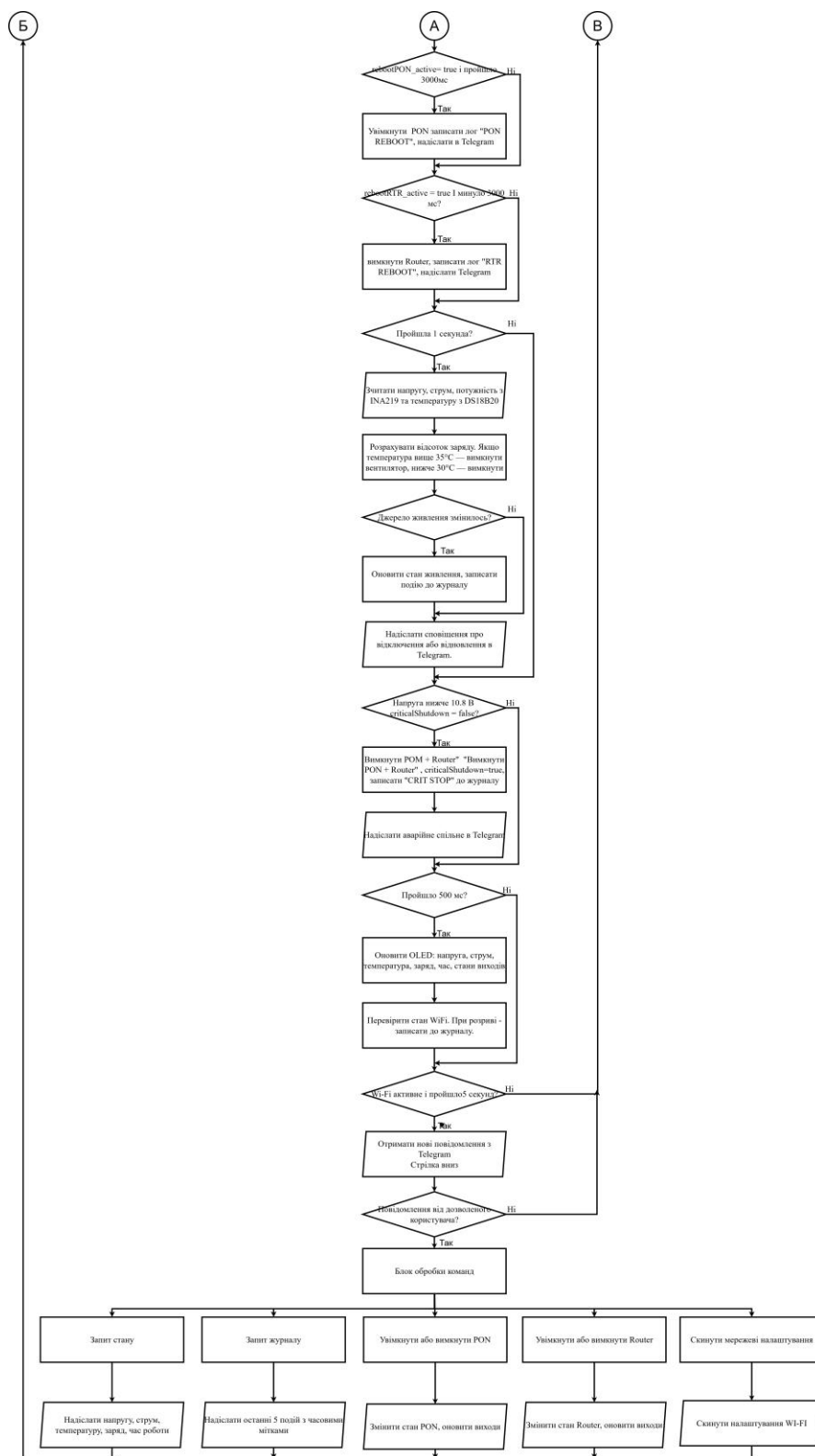


Рисунок 2.27 - Блок-схема алгоритму частина

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ

2.5. Написання текстів програми

Програмне забезпечення системи резервного живлення розроблене у середовищі Arduino IDE з використанням мови C++ та бібліотек для роботи з периферійними модулями. Код організований за модульним принципом, де кожна функціональна частина виділена в окрему функцію для зручності налагодження та подальшої модифікації.

Структура програми

Програма складається з декількох основних блоків: підключення бібліотек, оголошення констант та змінних, функції налаштування `setup()`, головного циклу `loop()` та допоміжних функцій. Загальна структура коду відповідає стандартам платформи Arduino та забезпечує читабельність і можливість повторного використання окремих компонентів.

Підключення бібліотек

На початку коду підключаються всі необхідні бібліотеки для роботи з апаратними компонентами. Бібліотека `Wire` забезпечує комунікацію по шині I²C з модулями `INA219`, `DS3231` та OLED-дисплеєм. Бібліотеки `Adafruit_GFX` та `Adafruit_SSD1306` відповідають за графічний вивід на екран. Для роботи з датчиком температури використовуються `OneWire` та `DallasTemperature`. Підключення до Wi-Fi та взаємодія з Telegram-ботом реалізовані через `WiFi`, `WiFiClientSecure` та `UniversalTelegramBot`. Бібліотека `WiFiManager` спрощує початкове налаштування мережевого з'єднання через веб-інтерфейс.

Оголошення констант та призначення виводів

Після підключення бібліотек оголошуються константи, які визначають піни мікроконтролера для підключення периферії та критичні параметри роботи системи. Піни GPIO 32, 33 та 25 призначені для кнопок керування, GPIO 27, 26 та 13 використовуються для управління MOSFET-транзисторами, а GPIO 4 підключений до датчика температури DS18B20 через протокол 1-Wire. Константи живлення визначають межі роботи акумуляторної батареї: мінімальна напруга 10.5

									Арк
									52
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ				

В відповідає повному розряду 3S збірки, максимальна 12.6 В - повному заряду, а критична 10.8 В використовується для аварійного відключення навантажень. Поріг визначення мережевого живлення встановлений на рівні 15 В для надійного розпізнавання джерела енергії.

Фрагмент коду оголошення констант та пінів:

```
#define BOT_TOKEN "xxxxxx"
#define CHAT_ID "xxxxxx"
const char* ntpServer = "pool.ntp.org";
const long  gmtOffset_sec = 7200;
const int   daylightOffset = 3600;
// ===== ПІНИ =====
#define ONE_WIRE_BUS 4
#define BTN_OUT1 32
#define BTN_OUT2 33
#define BTN_POWER 25
#define MOS_PON 27
#define MOS_ROUTER 26
#define MOS_FAN 13 // простий digitalWrite,
// ===== КОНСТАНТИ =====
#define BATTERY_MIN_V 10.5f
#define BATTERY_MAX_V 12.6f
#define AC_THRESHOLD 14.0f // нижче цього = батарея
#define CRITICAL_V 10.8f
#define FAN_ON_TEMP 35.0f
#define FAN_OFF_TEMP 30.0f
#define WIFI_TIMEOUT 90 // сек - портал, потім офлайн
#define REBOOT_DELAY 3000UL // мс між вимк/увімк при reboot
```

Створюються екземпляри класів для роботи з периферійними модулями. Об'єкт display типу Adafruit_SSD1306 ініціалізується з параметрами розміру екрану 128×64 пікселі та адресою 0x3C на шині I²C. Модуль вимірювання струму та напруги представлений об'єктом ina219 класу Adafruit_INA219. Годинник реального часу доступний через об'єкт rtc класу RTC_DS3231. Для роботи з датчиком температури створюється ланцюг з двох об'єктів: oneWire для протоколу обміну та sensors для обробки даних DallasTemperature. Мережева взаємодія забезпечується об'єктами client для захищеного з'єднання та bot для API Telegram. Менеджер WiFi представлений об'єктом wm класу WiFiManager.

Глобальні змінні зберігають поточний стан системи та виміряні параметри. Логічні змінні statePON, stateRouter та systemOn відображають стан вихідних

									Арк
									53
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

каналів. Змінні onBattery та lastPowerState відстежують джерело живлення. Числові змінні з плаваючою точкою busVoltage, current_mA, power_mW, temperature та batteryPercent містять результати вимірювань. Для організації журналу подій використовується масив структур logs розміром п'ять елементів, де кожна структура містить час та опис події.

Фрагмент коду ініціалізації об'єктів:

```
// ===== ОБ'ЄКТИ =====
Adafruit_SSD1306    display(128, 64, &Wire, -1);
Adafruit_INA219    ina219;
RTC_DS3231         rtc;
OneWire           oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
WiFiClientSecure  client;
UniversalTelegramBot bot(BOT_TOKEN, client);
WiFiManager       wm;
Preferences        prefs;

// ===== СТАНИ =====
bool statePON      = true;
bool stateRouter   = true;
bool systemOn     = true;
bool stateFan      = false;
bool onBattery     = false;
bool lastPowerState = true;
bool criticalShutdown = false;
bool wifiOk       = false;
bool rtcOk        = false;
```

Для швидкої реакції на натискання кнопок використовуються апаратні переривання з власними обробниками. Кожна функція-обробник позначена атрибутом IRAM_ATTR, що розміщує код у швидкій оперативній пам'яті для мінімізації затримки відгуку. В середині обробника перевіряється часова затримка з моменту останнього спрацьовування для реалізації програмного антидребезгу. Якщо пройшло більше 300 мілісекунд, встановлюється відповідний прапорець і оновлюється лічильник часу. Така реалізація дозволяє уникнути повторних спрацьовувань від механічних коливань контактів кнопки та забезпечує стабільну роботу інтерфейсу керування.

										Арк
										54
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ					

Фрагмент коду обробників переривань:

```
volatile bool flagPON    = false;
volatile bool flagRouter = false;
volatile bool flagPower  = false;
volatile unsigned long dbPON = 0, dbRTR = 0, dbPWR = 0;

void IRAM_ATTR isrPON()      { unsigned long t=millis(); if(t-
dbPON>300){flagPON=true;dbPON=t;} }
void IRAM_ATTR isrRouter()  { unsigned long t=millis(); if(t-
dbRTR>300){flagRouter=true;dbRTR=t;} }
void IRAM_ATTR isrPower()   { unsigned long t=millis(); if(t-
dbPWR>300){flagPower=true;dbPWR=t;} }
```

Функція `setup()` виконується один раз при старті системи та відповідає за конфігурацію всіх апаратних компонентів. Спочатку ініціалізується послідовний порт на швидкості 115200 бод для виведення діагностичних повідомлень. Налаштовуються режими роботи цифрових пінів: кнопки переводяться в режим входу з внутрішніми підтягуючими резисторами, а піни керування MOSFET конфігуруються як виходи. До кожного піна кнопки прикріплюється обробник переривання за спадом сигналу.

Для керування вентилятором відповідний цифровий вивід мікроконтролера конфігурується як вихід. Початковий стан портів встановлюється в активний рівень для ліній PON та Router, а вентилятор залишається вимкненим. Для забезпечення швидкого обміну даними периферійна шина I²C запускається на частоті 400 кГц.

Далі виконується послідовна перевірка кожного периферійного модуля з виведенням статусу на дисплей. Якщо OLED не відповідає, програма зупиняється у нескінченному циклі, оскільки без екрана неможлива візуальна індикація роботи. Модуль INA219 переводиться в режим калібрування для вимірювання до 32 В та 2 А. Датчик DS18B20 налаштовується на 12-бітну точність вимірювання температури.

Після апаратної ініціалізації запускається WiFiManager з таймаутом очікування 120 секунд. Якщо підключення до збереженої мережі не вдається, створюється точка доступу для первинного налаштування. При успішному з'єднанні виконується синхронізація годинника через NTP та надсилання стартового повідомлення через Telegram.

									Арк
									55
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Фрагмент коду функції setup():

```
// ===== SETUP =====
ateTime(F(__DATE__), F(__TIME__));
  Serial.println("RTC OK");void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("=== SMART UPS ===");

  // GPIO одразу - щоб при старті ESP не було глюку на PON/Router
  pinMode(MOS_PON, OUTPUT); digitalWrite(MOS_PON, HIGH);
  pinMode(MOS_ROUTER, OUTPUT); digitalWrite(MOS_ROUTER, HIGH);
  pinMode(MOS_FAN, OUTPUT); digitalWrite(MOS_FAN, LOW);

  prefs.begin("ups", false);

  pinMode(BTN_OUT1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_OUT2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_POWER, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(BTN_OUT1), isrPON, FALLING);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(BTN_OUT2), isrRouter, FALLING);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(BTN_POWER), isrPower, FALLING);

  Wire.begin(21, 22);
  Wire.setClock(400000);

  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println("OLED FAIL"); for(;;);
  }
  display.clearDisplay();
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  showBoot("INIT...", 10);

  // INA219 - ВАЖЛИВО: setCalibration_16V_400mA дає кращу точність
  // для малих струмів (~100-500mA). Діапазон: до 400mA, до 16V
  if (!ina219.begin()) {
    Serial.println("INA219 FAIL");
  } else {
    ina219.setCalibration_16V_400mA(); // точніше для роутера+PON
    Serial.println("INA219 OK");
  }

  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("RTC FAIL");
  } else {
    rtcOk = true;
    if (rtc.lostPower()) rtc.adjust(D
  }
}
```

Функція loop() виконується безперервно після завершення setup() і містить логіку реального часу системи. На початку циклу перевіряються прапорці від

									Арк
									56
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

обробників переривань кнопок. Якщо встановлений прапорець flagPON, змінюється стан відповідного виходу та оновлюються MOSFET через функцію updateMosfets(). Аналогічно обробляються прапорці для роутера та загального живлення системи.

Основна частина циклу розділена на три блоки з різною періодичністю виконання. Кожну секунду відбувається зчитування всіх сенсорів: модуль INA219 повертає напругу, струм та потужність, датчик DS18B20 вимірює температуру, а на основі напруги розраховується відсоток заряду батареї. Перевіряється стан джерела живлення шляхом порівняння напруги з порогом 15 В. При зміні джерела фіксується подія, оновлюється журнал і відправляється повідомлення через Telegram.

Кожні 500 мілісекунд оновлюється зображення на OLED-дисплеї. Формується інформаційний екран з відображенням поточного часу, напруги, струму, температури та статусів виходів. Якщо система працює від батареї, додатково виводиться розрахунковий час автономної роботи.

При наявності WiFi-підключення кожні 3 секунди опитується Telegram-бот на наявність нових повідомлень. Підтримувані команди обробляються у циклі з формуванням відповідних дій та надсиланням підтверджень.

Фрагмент коду головного циклу програми:

```
void loop() {
    unsigned long now = millis();

    // --- Reboot без delay ---
    if (rebootPON_active && now-rebootPON_t >= REBOOT_DELAY) {
        rebootPON_active = false;
        if (systemOn) { statePON=true; updateMosfets(); }
        addLog("PON REBOOT");
        if (wifiOk) bot.sendMessage(rebootPON_chat, "✓ PON перезавантажено", "");
    }
    if (rebootRTR_active && now-rebootRTR_t >= REBOOT_DELAY) {
        rebootRTR_active = false;
        if (systemOn) { stateRouter=true; updateMosfets(); }
        addLog("RTR REBOOT");
        if (wifiOk) bot.sendMessage(rebootRTR_chat, "✓ Router перезавантажено", "");
    }
}
```

						2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			57

Функція `controlFan()` реалізує адаптивне керування швидкістю вентилятора на основі поточної температури. Для запобігання надмірному навантаженню процесора передбачена мінімальна затримка між викликами у 200 мілісекунд. Спочатку визначається цільова швидкість обертання за трьома діапазонами температури: при перевищенні критичного порогу 60°C вентилятор переходить на максимальні оберти, у проміжному діапазоні 35-60°C швидкість розраховується пропорційно через функцію `map()`, а при температурі нижче 30°C вентилятор повністю вимикається.

Для стабільної роботи охолодження без різких і частих перемикачів реалізовано алгоритм із температурним гістерезисом. Це запобігає постійному запуску та зупинці двигуна при коливаннях температури біля граничної позначки, що знижує знос підшипників вентилятора та зменшує загальний шум. Сигнал керування подається на затвор відповідного польового транзистора через дискретний цифровий вихід мікроконтролера.

Фрагмент коду моніторинг стану електромережі та керування системою охолодження:

```
controlFan();

// Перевірка живлення
if (busVoltage > 1.0f) {
  bool acNow = (busVoltage > AC_THRESHOLD);
  if (lastPowerState && !acNow) {
    lastPowerState=false; onBattery=true;
    addLog("BLACKOUT");
    if (wifiOk) bot.sendMessage(CHAT_ID,
      "⚡ BLACKOUT\nBat:"+String(batteryPct,0)+"%\nV:"+String(busVoltage,2)+"V", "");
  } else if (!lastPowerState && acNow) {
    lastPowerState=true; onBattery=false; criticalShutdown=false;
    addLog("POWER OK");
    if (wifiOk) { bot.sendMessage(CHAT_ID, "✅ POWER OK", ""); syncNTP(); }
  }
}
```

Взаємодія з користувачем через месенджер реалізована у блоці обробки Telegram-повідомлень. Спочатку перевіряється наявність активного WiFi-з'єднання, оскільки без доступу до мережі робота з API неможлива. Функція `bot.getUpdates()` повертає масив нових повідомлень, кожне з яких містить текст команди, ідентифікатор чату та ім'я відправника.

									Арк
									58
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

У циклі обробки кожного повідомлення виконується перевірка ідентифікатора чату для захисту від несанкціонованого доступу. Тільки повідомлення від авторизованого користувача обробляються системою. Команда /status формує детальний звіт про поточний стан з відображенням усіх ключових параметрів та розрахунковим часом автономної роботи. Команда /logs повертає список останніх подій з часовими мітками.

Фрагмент коду обробки Telegram-команд:

```
// --- Telegram ---
if (wifiOk && now-tBot >= 5000) {
    tBot = now;
    int num = bot.getUpdates(bot.last_message_received+1);
    for (int i=0; i<num; i++) {
        String txt = bot.messages[i].text;
        String cid = bot.messages[i].chat_id;
        if (cid != CHAT_ID) continue;

        if (txt=="/status") {
            String m="📊 *STATUS*\n";
            m+="Power: "+(String)(onBattery?"🔋 Battery":"🔌 AC")+"\n";
            m+="V: "+String(busVoltage,2)+"V\n";
            m+="I: "+String(current_mA,1)+"mA\n";
            m+="P: "+String(power_mW/1000.0f,2)+"W\n";
            m+="Bat: "+String(batteryPct,0)+"%\n";
            m+="Temp: "+String(temperature,1)+"°C\n";
            m+="Fan: "+(String)(stateFan?"ON":"OFF")+"\n";
            if(onBattery) m+="Left: "+getRuntime();
            bot.sendMessage(cid,m,"Markdown");
        }
        else if (txt=="/logs") {
            String m="📋 *LOGS*\n";
            for(int j=0;j<logIdx;j++) m+=logs[j].t+" "+logs[j].ev+"\n";
            bot.sendMessage(cid,m,"Markdown");
        }
        else if (txt=="/pon_on") { statePON=true; updateMosfets();
addLog("PON ON"); bot.sendMessage(cid,"✅ PON ON",""); }
        else if (txt=="/pon_off") { statePON=false; updateMosfets();
addLog("PON OFF"); bot.sendMessage(cid,"❌ PON OFF",""); }
        else if (txt=="/router_on") { stateRouter=true; updateMosfets();
addLog("RTR ON"); bot.sendMessage(cid,"✅ Router ON",""); }
        else if (txt=="/router_off") { stateRouter=false; updateMosfets();
addLog("RTR OFF"); bot.sendMessage(cid,"❌ Router OFF",""); }
        else if (txt=="/reboot_pon") {
            bot.sendMessage(cid,"🔄 Reboot PON...","");
            statePON=false; updateMosfets();
            rebootPON_active=true; rebootPON_t=millis(); rebootPON_chat=cid;
        }
    }
}
```

						Арк
					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	59
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

else if (txt=="/reboot_router") {
    bot.sendMessage(cid, "🔄 Reboot Router...", "");
    stateRouter=false; updateMosfets();
    rebootRTR_active=true; rebootRTR_t=millis(); rebootRTR_chat=cid;
}
else if (txt=="/help") {
    bot.sendMessage(cid,
*КОМАНДИ*\n/status\n/logs\n/pon_on\n/pon_off\n/router_on\n/router_off\n/reboot_pon\n/
reboot_router",
    "Markdown");
}
}
}
}
}

```

Команди керування виходами `pon_on`, `pon_off`, `router_on` та `router_off` змінюють стан відповідних каналів та відправляють підтвердження. Команди перезавантаження `reboot_pon` та `reboot_router` виконують послідовність дій: вимикають вихід, очікують 3 секунди для повного відключення обладнання, після чого знову активують живлення. Це дозволяє віддалено вирішувати програмні збої мережевих пристроїв без фізичного доступу до системи.

Окрім основних блоків програми реалізовано ряд допоміжних функцій для спрощення коду та підвищення його читабельності. Функція `addLog()` додає новий запис до журналу подій з автоматичним отриманням поточного часу з RTC-модуля та зміщенням старих записів. Функція `getRuntime()` розраховує прогнозований час роботи від батареї на основі поточного споживання струму та залишкової ємності акумулятора.

Функція `syncTime()` виконує синхронізацію годинника реального часу з NTP-сервером при наявності підключення до мережі. Отримані дані передаються до модуля DS3231 через функцію `rtc.adjust()` для забезпечення точності відліку часу навіть при відсутності зовнішнього з'єднання.

Функція `updateMosfets()` оновлює стан всіх силових ключів згідно з поточними значеннями керуючих змінних. Перед встановленням рівня на виході перевіряється загальний стан системи через змінну `systemOn`, що дозволяє одночасно вимкнути всі навантаження однією командою.

									Арк
									60
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

Функція showBootScreen() відображає анімований екран завантаження з індикатором прогресу ініціалізації. Це забезпечує візуальний контроль процесу завантаження та раннє виявлення можливих несправностей..

Розроблене програмне забезпечення забезпечує автономну роботу системи резервного живлення з мінімальним втручанням користувача. Модульна структура коду дозволяє легко додавати нові функції або модифікувати існуючі без ризику порушення роботи інших компонентів. Використання апаратних переривань та таймерів замість блокуючих затримок гарантує швидку реакцію на зовнішні події та стабільну роботу всіх підсистем моніторингу.

2.6.Налаштування та інтеграція Telegram-бота

Для реалізації системи дистанційного керування з використанням Telegram Bot API - офіційний інтерфейс платформи Telegram для створення чат-ботів. Бот дозволяє користувачу в реальному часі отримувати інформацію про стан пристрою та керувати виходами без фізичного доступу до нього.

Створення бота через BotFather

На рисунку 2.28 - зображено процес створення бота через BotFather

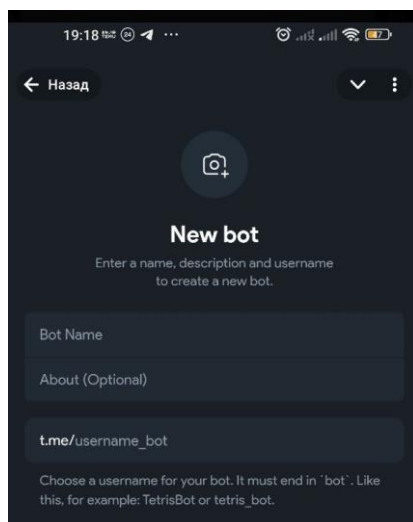


Рисунок 2.28 - Створення Telegram-бота через BotFather

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						61
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реєстрація нового бота створюється через офіційний сервіс Telegram - @BotFather. Для необхідного відкриття цього месенджера знайдіть програму за назвою BotFather і надішліть команду /newbot.

Після цього система запитує назву бота (бот було названо "MySmartUPS") та пропонує ім'я користувача, яке обов'язково завершується на _bot (ім'я користувача було вибрано MySmartUPS_bot).

Після успішної реєстрації BotFather надає унікальний токен авторизації у форматі 1234567890:AAF...хуз, який використовується в коді ESP32 для підключення до API.

Утримання Chat ID

Щоб ESP32 міг надсилати повідомлення конкретному користувачеві, необхідно знати його унікальний ідентифікатор чату (Chat ID). Для цього створення бота потрібно написати йому будь-яке повідомлення, а потім перейти за посиланням <https://api.telegram.org/bot<TOKEN>/getUpdates> - у відповідній JSON-структурі буде поле "chat":{"id": XXXXXXXXXXX}. Це число і є ідентифікатор чату, який прописується в коді як постійний CHAT_ID для фільтрації вхідних повідомлень та сповіщень адресної відправки.

Підключення бібліотеки та ініціалізація

У проєкті використовується бібліотека UniversalTelegramBot, яка спрощує роботу з API та підтримує захист з'єднання HTTPS. Для роботи з нею також необхідна бібліотека WiFiClientSecure. Об'єкт бота ініціалізується токеном та захищеним клієнтом: `cpp WiFiClientSecure client; Бот UniversalTelegramBot (BOT_TOKEN, клієнт);` Опитування нових повідомлень відбувається кожні 3 секунди через виклик `bot.getUpdates()`. Отриманий масив повідомлень перебирається в циклі, де для кожного перевіряється ідентифікатор чату та текст команди

Команди роботи та відповідні системи

Бот підтримує набір текстових команд, на кожній з яких ESP32 формує відповідь або виконує дію. Команда /status повертає повний звіт: напругу акумулятора, струм навантаження, температуру, відсоток заряду та стан обох

									Арк
									62
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

виходів. При відключенні системи мережевого живлення сама надсилає повідомлення без команди користувача - це реалізовано через виклик `bot.sendMessage()` у момент фіксації подій.

На рисунку 2.29 - зображено приклад діалогу з ботом у месенджері



Рисунок 2.29 - Приклад відповіді бота на команду `/status`

Захист від несанкціонованого доступу реалізовано перевіркою `Chat_id` кожного вхідного повідомлення - команди від сторонніх користувачів ігноруються без жодної дії з боку системи.

Алгоритм забезпечення відмовостійкості зв'язку

Для безперебійного дистанційного моніторингу в умовах нестабільного інтернет-з'єднання вбудоване програмне забезпечення реалізує механізм автоматичного перепідключення без зупинки основного циклу вимірювань та керування силовою частиною Mini-UPS. Циклічний моніторинг мережі: Перевірка статусу Wi-Fi з'єднання виконується у фоновому режимі кожні 30 секунд. При фіксації втрати зв'язку опитування серверів Telegram призупиняється, щоб не витратити ресурси процесора на некоректні запити. Захист від блокування процесу (Таймаути): При взаємодії з Telegram Bot API через захищене з'єднання HTTPS встановлено жорсткий ліміт очікування відповіді (таймаут 2500 мс).

3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розробка інструкції з експлуатації електронного пристрою

Інструкція з експлуатації містить повний опис правил безпечного використання, підключення та обслуговування системи резервного живлення. Дотримання рекомендацій гарантує надійну роботу обладнання та максимальний термін служби акумуляторної батареї.

Загальні відомості

Система призначена для забезпечення безперебійного живлення домашнього мережевого обладнання під час аварійних відключень електроенергії. Пристрій автоматично перемикається між мережевим та акумуляторним живленням без переривання роботи підключених пристроїв.

У таблиці 3.1 - Описані технічні характеристики

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики:

Параметр	Значення
Вхідна напруга	19 В постійного струму
Вихідна напруга PON	12 В $\pm 5\%$
Вихідна напруга Router	9 В $\pm 5\%$
Тип акумулятора	Li-ion 18650, конфігурація 3S2P
Ємність батареї	6000 мА·год
Час автономної роботи	5-8 годин (залежить від навантаження)
Робоча температура	0°C...+40°C

На рисунку 3.1 - зображена тестова модель системи

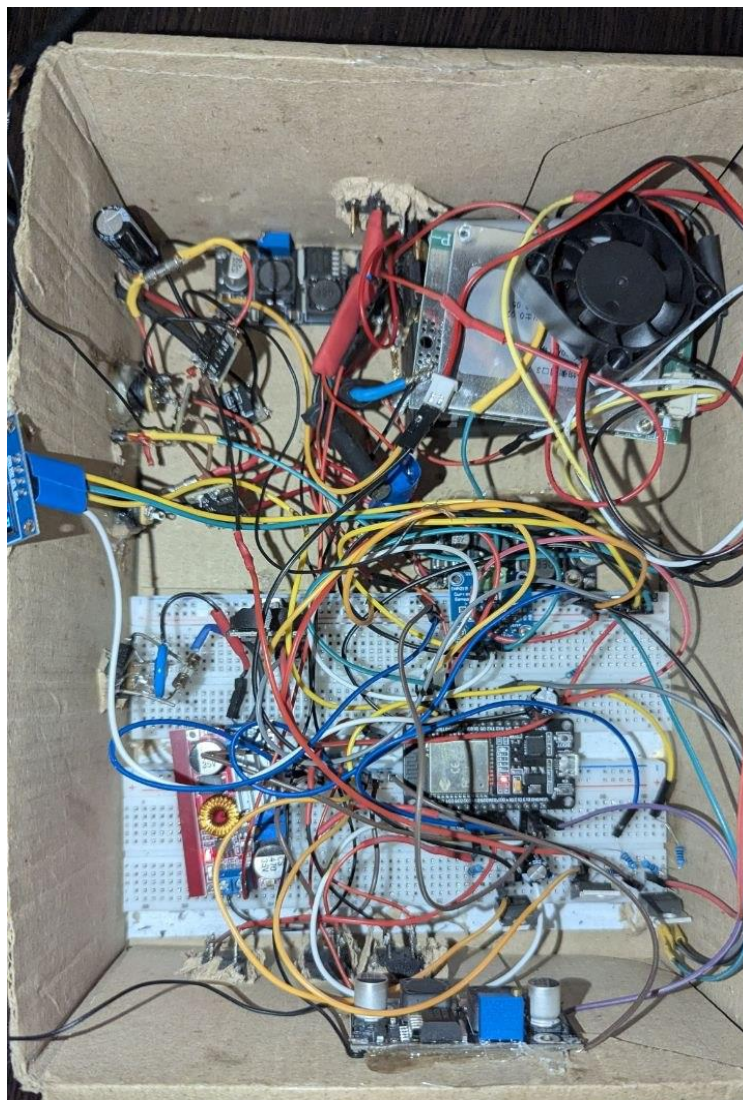


Рисунок 3.1 - Тестова модель

Підготовка до роботи

Розпакування та огляд

Після розпакування пристрою потрібно переконатись у відсутності механічних пошкоджень корпусу та роз'ємів. Перевірте комплектність поставки: основний блок, адаптер живлення 19 В, інструкція з експлуатації. Оглянути акумуляторний відсік на наявність деформацій або слідів протікання електроліту.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Початкове підключення

Кабель адаптера живлення 19В під'єднується до вхідного роз'єму на передній панелі пристрою. Акумуляторну збірку потрібно вставити у відповідний відсік, дотримуючись позначень полярності. Закрийте кришку акумуляторного відсіку до клацання фіксаторів.

Підключення навантажень

Кабель живлення оптичного терміналу PON під'єднується до вихідного роз'єму з позначенням 12V. Кабель Wi-Fi роутера під'єднується до роз'єму з позначенням 9V. Забороняється під'єднання обладнання, загальна потужність якого перевищує 25 Вт.

На рисунку 3.2 - зображено схему підключення обладнання

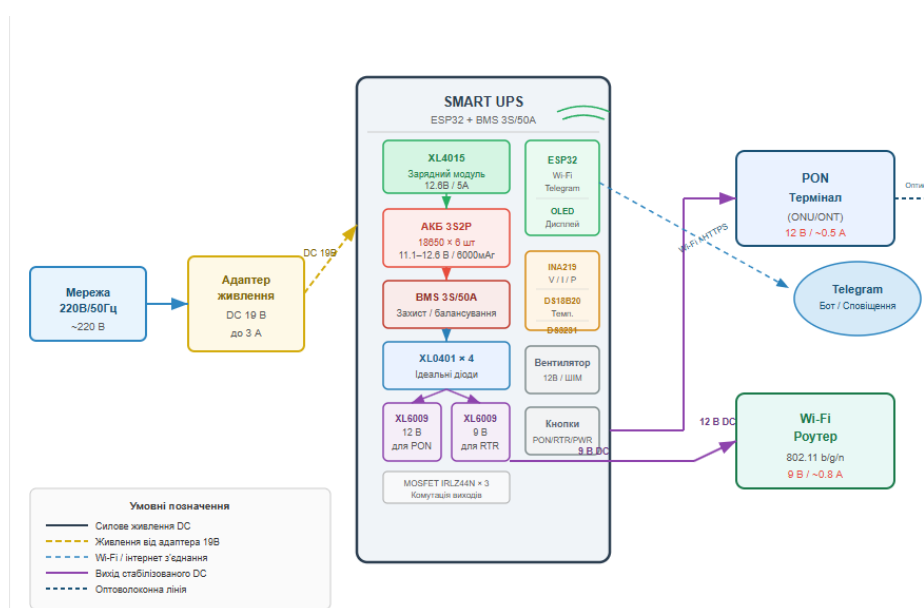


Рисунок 3.2 - Схема підключення мережевого обладнання

Перший запуск

Після підключення всього обладнання і натискання на кнопку POWER на передній панелі. На OLED-дисплеї з'явиться логотип системи та індикатор прогресу завантаження. Процес ініціалізації займає близько 10-15 секунд.

									Арк
									66
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ				

Налаштування Wi-Fi

При першому запуску система створює точку доступу з назвою Smart-UPS-Setup. Потрібно підключитись до цієї мережі зі смартфона або ноутбука. Автоматично відкривається веб-сторінка налаштувань. Після чого обирається домашня Wi-Fi мережа зі списку та вводиться пароль. Після збереження налаштувань пристрій перезавантажиться та підключиться до вказаної мережі.

Налаштування Telegram-бота

Після відкриття Telegram бота за вказаним у документації ім'ям. Потрібно натиснути кнопку Start для активації взаємодії, після чого натиснути команду /status для перевірки зв'язку з пристроєм. Після надсилання команди /status система повертає поточні параметри.

На рисунку 3.3 - зображено інтерфейс початкового налаштування



Рисунок 3.3 - Веб-інтерфейс налаштування Wi-Fi

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						67
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порядок роботи

Нормальний режим роботи

У штатному режимі підключене обладнання живиться від мережевого адаптера через систему автоматичного перемикання. Одночасно відбувається зарядка акумуляторної батареї до повної ємності. На дисплеї відображається поточна напруга акумулятора. Вентилятор охолодження активується автоматично при досягненні температури 35°C.

Робота від батареї

При зникненні мережевого живлення система миттєво перемикається на акумулятор без переривання роботи обладнання. Якщо налаштовано Telegram-бот, надсилається сповіщення про перехід на резервне живлення. Час роботи залежить від сумарного споживання підключених пристроїв.

Відновлення живлення

Після відновлення електропостачання система автоматично повертається до роботи від мережі. Навантаження перемикається на адаптер, а батарея переходить у режим зарядки. На дисплей виводиться загальний час роботи від акумулятора. Через Telegram надсилається повідомлення про відновлення нормального режиму.

На рисунку 3.4 - зображено інформацію на дисплеї



Рисунок 3.4 - Відображення параметрів на OLED-дисплеї

					2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Технічне обслуговування

Для забезпечення тривалої та надійної роботи системи необхідно виконувати періодичне технічне обслуговування згідно з рекомендаціями виробника.

Щомісячне обслуговування:

Потрібно перевіряти чистоту вентиляційних отворів корпусу. За необхідності видалити пил за допомогою сухої м'якої щітки або балончика зі стисненим повітрям. Оглянути стан з'єднувальних кабелів на наявність перегинів або пошкоджень ізоляції. Потрібно переконатись у надійності фіксації всіх роз'ємів.

Раз на 3 місяці:

Потрібно виконувати повний цикл розрядки-зарядки акумулятора для калібрування системи контролю ємності. Від'єднується мережевий адаптер та дається час пристрою працювати від батареї до спрацювання захисту від глибокого розряду. Після цього потрібно під'єднати живлення та зарядити акумулятор до 100%.

Раз на 6 місяців:

Перевіряється надійність кріплення радіаторів охолодження силових компонентів. Оглядається стан термоінтерфейсу між радіатором та мікросхемами. За необхідності замінюється термопаста на свіжу. Потрібно переконатись у вільному обертанні крильчатки вентилятора без сторонніх шумів.

Правила безпечної експлуатації

Заборонено встановлювати пристрій поблизу джерел тепла або під прямими сонячними променями. Пристрою потрібно забезпечити вільний доступ повітря до вентиляційних отворів з усіх боків корпусу. Мінімальна відстань до стін або інших предметів має становити не менше 10 см. Потрібно не допускати потрапляння рідини всередину корпусу. У разі намокання потрібно негайно від'єднати живлення та дати пристрою повністю висохнути протягом 24 годин перед повторним увімкненням.

Не можна розбирати пристрій самостійно. Ремонт та заміна компонентів повинні виконуватися тільки кваліфікованим персоналом. Втручання в конструкцію призводить до втрати гарантії.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						70
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Розробка методики перевірки, функціонування (контролю, випробування) електронного пристрою

Методика перевірки призначена для контролю працездатності системи резервного живлення на всіх етапах її життєвого циклу: приймального випробування, періодичної перевірки та діагностики несправностей.

Мета та завдання перевірки

Перевірка функціонування дозволяє переконатися у відповідності параметрів пристрою технічним вимогам, виявити потенційні несправності на ранній стадії та підтвердити надійність роботи системи під навантаженням.

У таблиці 3.4 - Написане необхідне обладнання для проведення комплексної перевірки

Для проведення комплексної перевірки потрібні такі вимірювальні прилади та допоміжне обладнання:

Таблиця 3.4 - Необхідне обладнання

Обладнання	Характеристики
Мультиметр цифровий	Діапазон 0-30V DC, точність $\pm 0.5\%$
Навантаження змінне	Резистори 10-50 Ом, потужність 5-10 Вт
Термометр безконтактний	Інфрачервоний, діапазон 0-100°C
Осцилограф	Для аналізу пульсацій (опціонально)

Етап 1. Зовнішній огляд

Потрібно переконатись у відсутності механічних пошкоджень друкованих плат, з'єднувальних стійок, тріщин або деформацій роз'ємів живлення. Також перевірити цілісність роз'ємів живлення та відсутність слідів перегріву на контактах. Оглянути вентиляційні отвори на наявність сторонніх предметів або надмірного скупчення пилу.

Етап 2. Перевірка живлення без навантаження

Під'єднується адаптер 19V до вхідного роз'єму пристрою. Виміряти напругу на виході PON 12V - допустимий діапазон 11.4-12.6V. Перевірити вихід Router 9V - має бути 8.55-9.45V. Потрібно переконатись у відображенні напруги на OLED-дисплеї.

Етап 3. Тестування під навантаженням

До виходу 12V під'єднується навантаження еквівалентне 1A (резистор 12 Ом). Виміряти напругу під навантаженням - просідання не повинно перевищувати 0.3V. Контролювати струм на дисплеї - має відповідати фактичному навантаженню з похибкою ± 50 mA. Повторити процедуру для виходу 9V з навантаженням 0.5A.

Етап 4. Перевірка автоматичного перемикавання

Підключити реальне обладнання (роутер та термінал) до відповідних виходів. Встановити повністю заряджений акумулятор. Від'єднати вхідний адаптер під час роботи обладнання. Переконатися у безперервності роботи без перезавантаження пристроїв. На дисплеї має з'явитися індикація BATT MODE. Підключити адаптер назад - має відбутися автоматичне повернення до AC MODE.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						72
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Етап 5. Тестування системи охолодження

Створити навантаження на обох виходах для нагрівання силових компонентів. Контролювати температуру безконтактним термометром на радіаторах DC-DC перетворювачів. При досягненні 35°C вентилятор повинен автоматично увімкнутися. Перевірити плавність регулювання обертів при зростанні температури. При охолодженні до 30°C вентилятор має вимкнутися.

Етап 6. Перевірка захисту від глибокого розряду

Встановити частково розряджений акумулятор (близько 30% заряду). Від'єднати мережеве живлення та дати системі працювати під навантаженням. При досягненні критичної напруги 10.8V обидва виходи повинні автоматично відключитися. На дисплеї має з'явитися попередження CRITICAL. Перевірити неможливість ручного увімкнення виходів до підключення зарядки.

Етап 7. Функціональна перевірка управління

Перевірити роботу кожної кнопки на передній панелі. Натискання OUT1 має вмикати/вимикати вихід PON. Натискання OUT2 керує виходом Router. Кнопка POWER вимикає обидва виходи одночасно. Переконайтеся у відображенні зміни станів на дисплеї.

Етап 8. Тестування Telegram-бота

Переконайтеся у наявності Wi-Fi підключення (індикатор NET:OK на дисплеї). Відправити команду /status через Telegram - має прийти відповідь з поточними параметрами. Виконати команду /pon_off та перевірити фактичне вимкнення виходу. Використати /reboot_router для перезавантаження обладнання.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						73
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Етап 9. Перевірка точності вимірювань

Підключити еталонний мультиметр паралельно до виходу 12V. Порівняти показання на дисплеї пристрою з виміряними мультиметром - розбіжність не повинна перевищувати $\pm 0.2V$. Виміряти струм за допомогою амперметра в розриві кола навантаження - похибка відображення на дисплеї до $\pm 100mA$ допустима.

У таблиці 3.5 - Написані критерії прийнятності

Пристрій вважається справним, що пройшов перевірку, якщо виконуються всі наступні умови:

Таблиця 3.5 - Критерії прийнятності

Параметр	Норма	Відхилення
Вихід PON без навантаження	12.0 V	$\pm 0.6 V$
Вихід Router без навантаження	9.0 V	$\pm 0.45 V$
Просідання під навантаженням 1A	$< 0.3 V$	-
Точність вимірювання напруги	Показання на дисплеї	$\pm 0.2 V$
Точність вимірювання струму	Показання на дисплеї	$\pm 100 mA$
Увімкнення вентилятора	35 °C	$\pm 2 °C$
Час перемикання живлення	$< 20 ms$	-

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Метою економічної частини кваліфікаційної роботи є здійснення економічних розрахунків, спрямованих на визначення економічної ефективності науково-дослідної роботи зі створення інтелектуальної системи резервного живлення для мережевого обладнання та прийняття рішення про доцільність її подальшого впровадження і використання.

Розрахунок вартості НДР виконується в декілька етапів:

- описати технологічний процес розробки із зазначенням трудомісткості кожної операції;
- визначити суму витрат на оплату праці основного і допоміжного персоналу, включаючи відрахування на соціальні заходи;
- визначити суму матеріальних затрат;
- обчислити витрати на електроенергію для науково-виробничих цілей;
- розрахувати транспортні витрати;
- нарахувати суму амортизаційних відрахувань;
- визначити суму накладних витрат;
- скласти кошторис та визначити собівартість НДР;
- розрахувати ціну НДР;
- визначити економічну ефективність та термін окупності продукту;
- зробити висновок про доцільність розробки проекту.

4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Для визначення загальної тривалості проведення НДР доцільно дані витрат часу по окремих операціях технологічного процесу звести у таблицю. Виконавцями стадій технологічного процесу будуть: керівник проекту та інженер.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						75
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У таблиці 4.1 – Написаний середній час виконання НДР та стадії технологічного процесу

Таблиця 4.1 - середній час виконання НДР та стадії технологічного процесу

№	Назва операції (стадії)	Виконавець	Час, год
1	Консультації керівника проекту	Керівник	8
2	Пошук та вибір компонентної бази	Інженер	12
3	Розробка функціональної схеми	Інженер	16
4	Розробка алгоритму та програмування	Інженер	40
5	Складання макету, паяння	Інженер	20
6	Налагодження та тестування	Інженер	24
7	Оформлення документації	Інженер	10
Разом			130

Загальний час виконання операцій технологічного процесу розробки інтелектуальної системи резервного живлення становить 130 годин, з них 8 годин робота керівника проекту, 122 години - інженера.

4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України "Про оплату праці" заробітна плата – це винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу.

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства.

Основна заробітна плата розраховується за формулою 4.1:

$$Z_{\text{осн.}} = T_{\text{с}} \cdot K_{\text{г}}, \quad (4.1)$$

де $T_{\text{с}}$ – тарифна ставка, грн.;

$K_{\text{г}}$ – кількість відпрацьованих годин.

Виходячи з рекомендованих тарифних ставок встановимо часову ставку для керівника проекту – 200 грн./год., для інженера – 100 грн./год.

Отже, основна заробітна плата для:

керівника проекту: $Z_{\text{осн1}} = 200 \cdot 8 = 1600,00$ грн.

інженера: $Z_{\text{осн2}} = 100 \cdot 122 = 12200,00$ грн.

Сумарна основна заробітна плата становить:

$$Z_{\text{осн}} = 1600 + 12200 = 13800,00 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10–15 % від суми основної заробітної плати та обчислюється за формулою 4.2:

$$Z_{\text{дод.}} = Z_{\text{осн.}} \cdot K_{\text{допл.}}, \quad (4.2)$$

де $K_{\text{допл.}}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам: 0,12.

Отже, додаткова заробітна плата по категоріях працівників становить:

керівника проекту: $Z_{\text{дод1}} = 1600,00 \cdot 0,12 = 192,00$ грн.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						77
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інженера: $Здод2 = 12200,00 \cdot 0,12 = 1464,00$ грн.

Сумарна додаткова заробітна плата становить:

$Здод = 192,00 + 1464,00 = 1656,00$ грн.

Звідси загальні витрати на оплату праці (Во.п.) визначаються за формулою 4.3:

$$В о.п. = З осн. + З дод. , \quad (4.3)$$

$Во.п. = 13800,00 + 1656,00 = 15\,456,00$ грн.

Крім того, слід визначити суму нарахувань на заробітну плату – єдиний соціальний внесок (ЄСВ) у розмірі 22 %, що обчислюється за формулою 4.4:

$$В с.з. = В о.п. \cdot 0,22 , \quad (4.4)$$

де ФОП – фонд оплати праці, грн.

$Вс.з. = 15\,456,00 \cdot 0,22 = 3400,32$ грн.

У таблиці 4.2 - Написані витрати на оплату праці

Таблиця 4.2 - витрати на оплату праці

№п/п	Категорія працівників	Тарифна ставка, грн.	К-сть відпрац. год.	Основна з/пл., грн.	Додаткова з/пл., грн.	ЄСВ, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн.
1	Керівник проекту	200	8	1600,00	192,00	-	-
2	Інженер	100	122	12200,00	1464,00	-	-
Разом				13800,00	1656,00	3400,32	18856,32

Отже, загальні витрати на оплату праці становлять 18856,32 грн.

4.3 Розрахунок матеріальних витрат

У таблиці 4.3 - Описані матеріальні витрати

Таблиця 4.3 - матеріальні витрати

№	Найменування	К-сть	Ціна, грн	Сума, грн
1	ESP32 DevKit CP2102	1	275,00	275,00
2	Акумулятор 18650 ВАК 2550mAh	6	128,00	76800
3	BMS 3S 50A	1	300,00	300,00
4	INA219 датчик струму	1	100,00	100,00
5	DS3231 RTC модуль	1	160,00	160,00
6	DS18B20 температурний датчик	1	88,00	88,00
7	OLED 0.96 I2C дисплей	1	60,68	60,68
8	XL4015 DC-DC модуль	1	43,05	43,05
9	XL6009 DC-DC boost модуль	3	28,33	84,99
10	XL0401 ідеальний діод	4	6,50	26,00
11	MOSFET IRLZ44N	3	15,00	45,00
12	Вентилятор 40x40x10 12V	1	90,00	90,00
13	Батарейний відсік 3x18650	2	43,50	87,00
14	Кнопки, перемикачі	1компл	42,00	42,00
15	Запобіжники, варистори	1компл	33,00	33,00
16	Роз'єми DC, кабелі	1компл	42,60	42,60
17	Дроти DuPont, з'єднувачі	1компл	48,00	48,00
Разом				2293,32

Отже, загальна сума матеріальних витрат на розробку системи резервного живлення становить 2293,32 грн.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						79
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріальні витрати визначаються як добуток кількості витрачених матеріалів та їх ціни за формулою 4.5:

$$Z_m = \sum q_i \cdot p_i, \quad (4.5)$$

де q_i – кількість витраченого матеріалу i -го виду, шт.;

p_i – ціна матеріалу i -го виду, грн.

Матеріальні витрати включають вартість усіх електронних компонентів, модулів, кабелів та інших матеріалів, використаних для складання системи резервного живлення. Ціни вказані з урахуванням курсу 41 грн/дол. США для імпортованих компонентів. Проведені розрахунки занесемо у таблицю 4.3

4.4 Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою 4.6:

$$Z_e = W \cdot T \cdot S, \quad (4.6)$$

де W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання, год.;

S – вартість кіловат-години електроенергії, грн./кВт·год.

Під час розробки системи резервного живлення використовувалось два види обладнання: комп'ютер (потужність 0,5 кВт, час роботи 110 год.) та паяльник (потужність 0,05 кВт, час роботи 20 год.). Тариф на електроенергію становить 15,94 грн./кВт·год.

Витрати на електроенергію для комп'ютера:

$$Z_{e1} = 0,5 \cdot 110 \cdot 15,94 = 876,70 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію для паяльника:

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						80
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{е2} = 0,05 \cdot 20 \cdot 15,94 = 15,94 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на електроенергію:

$$З_{е} = 876,70 + 15,94 = 892,64 \text{ грн.}$$

4.5 Визначення транспортних затрат

Транспортні витрати слід прогнозувати у розмірі 8–10 % від загальної суми матеріальних затрат і розраховуються за формулою 4.7:

$$T_{в} = З_{м} \cdot 0,08 \dots 0,10, \quad (4.7)$$

де $T_{в}$ – транспортні витрати, грн.;

$З_{м}$ – загальна сума матеріальних витрат, грн.

$$T_{в} = 2293,32 \cdot 0,09 = 206,40 \text{ грн.}$$

4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення. Комп'ютери належать до четвертої групи основних фондів. Мінімально допустимі терміни корисного їх використання – 2 роки.

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу 4.8:

$$A = \frac{B_{в} \cdot H_{а}}{100\%}, \quad (4.8)$$

де A – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.;

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						81
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

БВ – балансова вартість комп'ютера, грн.;

НА – норма амортизації (50 % при терміні служби 2 роки);

Тф – фактичний час роботи обладнання, год.;

Тр – річний фонд робочого часу (1988 год.).

Балансова вартість комп'ютера, що використовувався під час розробки, становить 15000 грн. Фактичний час роботи – 110 год. Тому:

$$A = \frac{15000 \cdot 0,04}{150} \cdot 110 = 440 \text{ грн}$$

4.7 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства та створенням необхідних умов праці. В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта накладні витрати можуть становити 20–60 % від суми основної та додаткової заробітної плати працівників і розраховуються за формулою 4.9:

$$H_v = B_o.n. \cdot 0,2...0,6,, \quad (4.9)$$

де НВ – накладні витрати, грн.;

Кнв – коефіцієнт накладних витрат (0,40).

$$H_v = 15456 \cdot 0,40 = 6182,4 \text{ грн.}$$

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						82
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблицю 4.4. Собівартість НДР розрахуємо за формулою 4.10:

$$СВ = В_{о.п.} + В_{с.з.} + З_{м} + З_{е} + Т_{в} + А + НВ \quad (4.10)$$

У таблиці 4.4 - Показаний кошторис витрат на НДР

Таблиця 4.4 - кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	15 456,00	37,5
Відрахування на соціальні заходи (ЄСВ 22 %)	3400,32	8,3
Матеріальні витрати	2293,32	26,2
Витрати на електроенергію	892,64	3,0
Транспортні витрати	206,40	2,4
Амортизаційні відрахування	440,00	5,6
Накладні витрати	6182,4	15,0
Собівартість	28871,1	100,0

Отже, собівартість НДР зі створення інтелектуальної системи резервного живлення для мережевого обладнання дорівнює СВ = 28871,1 грн.

4.9 Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою 4.11:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{ні}}{K} \cdot (1 + ПДВ) \quad (4.11)$$

де $P_{рен}$ – рівень рентабельності;

K – кількість замовлень, од.;

$B_{ні}$ – вартість носія інформації, грн.;

ПДВ – ставка податку на додану вартість, (20 %).

Отже, ціна НДР становить:

$$Ц = 28871,1 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,2) = 45039,00 \text{ грн}$$

4.10 Визначення економічної ефективності і терміну окупності

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу. Для визначення ефективності розробленого продукту розраховують чисту теперішню вартість (ЧТВ) і термін окупності. ЧТВ визначається за формулою 4.12:

$$ЧТВ = -K_B + \sum_{i=1}^t \frac{\Gamma_B}{(1+i)^t} \geq 0, \quad (4.12)$$

де K_B – затрати на проект, грн.;

$\Gamma_{пт}$ – грошовий потік за t -ий рік, грн.;

t – відповідний рік проекту;

i – величина дисконтної ставки (10-15%).

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						84
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$ЧТВ = -28871,1 + \frac{16167,82}{1 + 0,1} + \frac{16167,82}{(1 + 0,1)^2} + \frac{16167,82}{(1 + 0,1)^3} = 11335,82 \text{ грн}$$

Якщо ЧТВ 0, то проект може бути рекомендований до впровадження.

Термін окупності визначається за формулою:

Термін окупності визначається за формулою 4.13:

$$T_{OK} = T_{ПВ} + \frac{KB}{\Pi} \quad (4.13)$$

де ТПВ – термін окупності, років;

KB – затрати на проект, грн.;

П – річний прибуток, грн.

$$T_{OK} = 2 + \frac{811,18}{16167,82} = 2,1$$

У таблиці 4.5 - Показаний техніко-економічні показники НДР

Таблиця 4.5 - техніко-економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Собівартість НДР	грн.	28871,1
2	Плановий прибуток	грн.	16167,82
3	Ціна з ПДВ	грн.	45039,00
4	Чиста теперішня вартість	грн.	11335,82
5	Термін окупності	рік	2,1

Комплексна розробка інтелектуальної системи резервного живлення для мережевого обладнання на базі мікроконтролера ESP32 обходиться у 45039,00 грн. із урахуванням рентабельності та ПДВ. Термін окупності 2,1 роки.

шкіри становить 10-100 кОм, тому при напрузі 12 В струм не перевищить 1,2 мА. Однак при вологих руках опір падає до 1-2 кОм, і струм досягає 6-12 мА - небезпечного діапазону.

Технічні заходи захисту

Ізоляція струмоведучих частин. Акумуляторна збірка 3S2P виконана з використанням діелектричних тримачів (холдерів) та захисної ізоляційної оболонки. З'єднувальні кабелі мають подвійну ізоляцію з ПВХ на напругу не менше 300 В. Контактні площадки плат покриті захисним лаком або термоусадковою трубкою.

Запобіжники та обмеження струму.

Силові ланцюги оснащено плавкими запобіжниками 5-10 А. Зарядний модуль XL4015 має вбудовану функцію обмеження струму CC/CV, що унеможливорює перевищення встановленого значення навіть при короткому замиканні виходу.

Захист від випадкового дотику.

Конструкція макету передбачає розміщення компонентів на діелектричній основі, а лопаті вентилятора захищені стандартною захисною решіткою, що унеможливорює випадковий контакт зі струмоведучими та рухомими частинами. Вихідні роз'єми PON (12 В) та Router (9 В) винесено на зовнішню панель і позначено відповідним маркуванням.

Організаційні заходи.

Будь-які роботи з відкритою платою або акумуляторною збіркою виконуються лише після від'єднання адаптера від мережі та витримки не менше 30 секунд для розряду конденсаторів DC-DC перетворювачів. Підключення навантажень здійснюється при вимкненій системі. Заміна елементів 18650 - тільки на аналоги з ємністю не менше 2500 мА·год із вбудованим захистом. Дотримання наведених вимог відповідає Правилам безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98).

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						87
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2. Особливості використання пожежної сигналізації

Шість елементів 18650 у збірці 3S2P акумулюють близько 80 Вт·год хімічної енергії. На відміну від звичайних хімічних джерел, літій-іонні елементи здатні виділяти цю енергію дуже швидко при певних умовах. Зарядний модуль XL4015 у режимі CC/CV постійно підтримує напругу 12.6 В, тому будь-яке відхилення - перевищення напруги на окремій комірці, перегрів або механічне пошкодження - може ініціювати неконтрольований процес.

Термічний вихід з ладу - самопідтримуваний процес, при якому нагрів елемента прискорює хімічні реакції розкладу, а ті виділяють ще більше тепла. У збірці 3S2P перегрів однієї комірки протягом 2-5 хвилин передається сусідній навіть при зазорах 2 мм. Датчик DS18B20 встановлено між центральними елементами другої паралельної групи, що дозволяє виявити аномальний нагрів до досягнення порогу 80°C - початку активного розкладу електроліту.

Найбільш реалістичний ризик - некоректне налаштування напруги модуля XL4015: якщо підстроювальний резистор збито і напруга перевищила 12.6 В, BMS спрацює із затримкою. Другий ризик - глибокий розряд при тривалому відключенні мережі, оскільки ESP32 продовжує споживати 80–150 мА після вимкнення навантажень. Для нівелювання зазначених ризиків в алгоритм роботи системи впроваджено автоматичне програмне відсікання навантаження та переведення мікроконтролера в режим енергозбереження при досягненні критичних порогів.

Технічні засоби запобігання пожежі

Основний захист забезпечує BMS 3S/50A: контроль напруги кожного елемента з точністю $\pm 0,05$ В, балансування зарядів струмом до 100 мА, відключення при перезаряді вище 4,2 В або розряді нижче 2,7 В на комірку, спрацювання захисту від короткого замикання менш ніж за 100 мс. Елементи 18650 розміщено в тримачі з вогнестійкого полікарбонату з повітряними зазорами не

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						88
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

менше 2 мм. Корпус пристрою виготовлено з самозагасного пластику, що не підтримує горіння після усунення джерела полум'я.

Сигналізація та реагування

Програмний алгоритм ESP32 по контролю за температурою та за напругою акумулятора. Датчик DS18B20 працює щосекунди: коли температура досягає 35°C, мікроконтролер вимикає охолодження вентилятора, а коли вона піднімається до 30°C - вимикає його; проміжних режимів швидкості тут немає, керування суто двопозиційне з гістерезисом. Окремо, з тією ж періодичністю, контролер зчитує напругу з INA219, і якщо вона падає нижче критичного порогу 10,8 В, прошивка примусово закриває обидва вихідні MOSFET-транзистори Out1 та Out2, фіксує подію в журналі та, за наявності з'єднання, надсилає в Telegram аварійне повідомлення з поточним значенням напруги. Повторне ввімкнення виходів блокується програмно до моменту, доки на вхід не повернеться мережеве живлення.

Первинні засоби пожежегасіння

Для гасіння пожеж електроустановок та хімічних речовин застосовуються вуглекислотні (ВВК) або порошкові (ВП) вогнегасники відповідно до ДСТУ EN 3-7. Водні та пінні вогнегасники категорично заборонені - вода є провідником струму та реагує з розігрітими літій-іонними елементами з виділенням водню та фтороводню. При появі диму або різкого запаху необхідно: від'єднати адаптер від розетки, винести пристрій на відкрите повітря, за потреби викликати пожежну службу (тел. 101). Після пожежі пристрій не підлягає відновленню та утилізується як небезпечні відходи відповідно до Закону України «Про управління відходами» № 2320-IX від 20.06.2022. Утилізація залишків літієвих елементів здійснюється виключно через ліцензовані підприємства з переробки небезпечних відходів. Повторне використання будь-яких компонентів пристрою після термічного впливу суворо заборонено через ризик прихованих дефектів.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						89
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3. Хімічна та вибухопожежна небезпека при експлуатації акумуляторних батарей

Літій-іонні акумулятори, що використовуються в розробленій системі, містять хімічно активні речовини, які за певних умов становлять серйозну небезпеку для здоров'я людини та навколишнього середовища.

Хімічний склад літій-іонного акумулятора

Елементи ВАР 2550 мА·год формату 18650 мають катод на основі NMC (нікель-марганець-кобальт), анод із графіту на мідній фользі та рідкий електроліт на основі LiPF_6 у суміші органічних карбонатів. Така хімія забезпечує кращий баланс між питомою енергією та стабільністю порівняно з класичним LiCoO_2 , однак зберігає притаманні всім літій-іонним елементам ризики: горючий електроліт (температура спалаху близько 70°C), окиснення катода при перегріві та утворення дендритів літію при глибокому розряді з наступним перезарядом.

Критичним елементом конструкції є поліетиленовий сепаратор завтовшки 20-25 мкм. При температурі вище 130°C він розплавляється, провокуючи внутрішнє коротке замикання. Алгоритм ESP32 починає активне охолодження вже при 35°C - задовго до цієї межі, що забезпечує п'ятикратний запас за температурою.

Електроліт складається з солей літію (гексафторфосфат літію LiPF_6), розчинених у суміші органічних карбонатів. Ці речовини є горючими (температура спалаху $60-80^\circ\text{C}$) та токсичними. Сепаратор - пориста поліолефінова мембрана, температура плавлення якої становить $120-135^\circ\text{C}$ для поліетилену та $160-170^\circ\text{C}$ для поліпропілену.

Токсичність продуктів розкладу та горіння

При нагріванні літій-іонного акумулятора вище 150°C починається термічний розклад електроліту з виділенням токсичних газів. Найбільш небезпечні: фтороводень (HF) - безбарвний газ з різким подразнюючим запахом, що утворюється при гідролізі LiPF_6 . Гранично допустима концентрація (ГДК) у повітрі

						2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
							90
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

робочої зони становить лише 0,5 мг/м³. Викликає хімічні опіки шкіри та слизових оболонок, при високих концентраціях - набряк легень;

чадний газ (CO) - продукт неповного згоряння органічних карбонатів. Безбарвний газ без запаху, ГДК становить 20 мг/м³. Блокує перенесення кисню гемоглобіном крові, при високих концентраціях призводить до смерті від гіпоксії;

діоксини та фурани - надзвичайно токсичні органічні сполуки, що утворюються при горінні полімерних матеріалів.

Вибухонебезпечність

При термічному виході з ладу елемента 18650 тиск у корпусі може зростати до 10–15 атмосфер протягом кількох секунд. При розгерметизації відбувається різкий викид полум'я та іскор на відстань до 1 метра. У збірці з 6 елементів (3S2P) термічний вихід в одному елементі може спровокувати каскадну реакцію - інтервал між виходами окремих елементів становить від кількох секунд до кількох хвилин.

Технічні заходи мінімізації ризиків

Модуль BMS забезпечує контроль напруги на кожному елементі з точністю $\pm 0,05$ В та балансування між комітками. Температурний моніторинг з частотою опитування 5 секунд дозволяє виявити аномальний нагрів на ранній стадії. Алгоритм реагування передбачає три рівні: попередження при 50°C, тривога при 55°C (сповіщення користувача), аварійне відключення при 60°C.

Рекомендації з безпечної експлуатації та утилізації

Для мінімізації ризиків необхідно: не залишати пристрій без нагляду під час зарядки; не експлуатувати при температурі навколишнього середовища вище 35°C або нижче 5°C; не допускати потрапляння рідини на друковані плати та електронні компоненти пристрою; не піддавати механічним ударам або падінням з висоти більше 0,5 метра; не зберігати повністю розряджений пристрій більше 3 місяців.

Після закінчення ресурсу елементи підлягають здачі до спеціалізованих пунктів прийому відпрацьованих батарей. Викидання літій-іонних елементів у звичайні сміттєві контейнери заборонено відповідно до Закону України «Про управління відходами» № 2320-IX від 20.06.2022, оскільки вони належать до категорії небезпечних відходів.

									Арк
									91
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

ВИСНОВКИ

У виконанні процесу кваліфікаційної роботи була розроблена інтелектуальна система резервного живлення для мережевого обладнання на базі мікроконтролера ESP32.

У загальній частині обґрунтовано актуальність теми та проведено аналітичний огляд існуючих рішень. Розглянуто три основні класи пристроїв: павербанки з кабелями-підвищувачами, портативні зарядні станції та китайські Mini-UPS. Перші не підтримують безперервне живлення при перемиканні, другі мають низький ККД через подвійне перетворення енергії, треті позбавлені будь-якого дистанційного контролю та активного охолодження. Розроблена система усуває всі ці недоліки.

У технічній частині здійснено аналіз технічного завдання, обґрунтовано вибір елементної бази та розроблено функціональну схему пристрою. Акумуляторна збірка конфігурації 3S2P на елементах 18650 загальною ємністю 6000 мА·год забезпечує автономну роботу від 5 до 8 годин. Стабільні напруги 12 В для PON-терміналу та 9 В для Wi-Fi маршрутизатора формуються підвищувальними перетворювачами XL6009, зарядка батареї здійснюється через модуль XL4015 з ефективністю до 96%. Розроблено алгоритм роботи системи та написано прошивку для ESP32, яка реалізує автоматичне перемикання між джерелами живлення, керування вентилятором охолодження, захист від глибокого розряду акумулятора та дистанційне управління через Telegram-бот.

У спеціальному розділі розроблено інструкцію з використання пристрою та методику перевірки його функціонування. Для кожного етапу тестування визначені критерії прийнятності - допустимі відхилення напруги, точність вимірювання датчиків, температурні пороги спрацювання вентилятора та час перемикання між джерелами живлення.

В економічній частині розраховано вартість розробки. Собівартість системи становить 28 871,10 грн, кінцева ціна з урахуванням рентабельності та ПДВ - 45

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						92
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

039,00 грн. Чиста теперішня вартість проекту є позитивною і дорівнює 11 335,82 грн, термін окупності - 2,1 року, що підтверджує економічну доцільність впровадження розробок.

У розділі охорони праці розглянуто фізичні основи електробезпеки при роботі з низьковольтними постійними ланцюгами, заходи захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин, а також пожежну та хімічну безпеку при експлуатації літій-іонних акумуляторів. Описано порядок дій при виникненні аварійних ситуацій та вимоги до використання відпрацьованих елементів.

Під час виконання кваліфікаційної роботи отримано практичні навички проектування системи резервного живлення, розробки алгоритмів керування для мікроконтролера ESP32, роботи з силовою електронікою та побудови IoT-рішень з інтеграцією в месенджер Telegram.

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
						93
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. prom.ua>USB DC кабель 9V для роутера URL: <https://prom.ua/ua/p2872267256-usb-kabel-dlya.html> (дата звернення:12.03.2026).
2. ESP32 Series Datasheet. Espressif Systems. Version 3.4. 2023. URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf (дата звернення: 10.03.2025).
3. ecoflowukraine.com>Зарядна станція EcoFlow DELTA 2 - Switzerland Version URL: <https://davidegironi.blogspot.com/2014/01/cheap-co2-meter-using-mq135-sensor-with.html#.Vy8A9PmLTIU>(дата звернення:15.03.2026).
4. kuts.spacemi>Ecoflow Delta 2 Max. Інвертор URL: <https://app.diagrams.net/> (дата звернення:20.03.2026).
5. prom.ua>UPS ДБЖ безперебійник для роутера/терміналу EPON GPON/POE VoltronicDC1018P5V/9V/12VBlackURL:https://hard.rozetka.com.ua/ua/390691530/p390691530/?srsrtid=AfmBOooJXy3xVx3pIsflcsWAe_f6gtgnVW0GbWLE5Ft6UnMWlvzzqzYbLEg (дата звернення:05.04.2026).
6. hard.rozetka.com.ua >Оригінал, ИБП ДБЖ для роутера mini UPS DC1018P URL: <https://prom.ua/ua/p1818401528-original-ibp-dbzh.html> (датазвернення:07.04.2026).
7. antoniadis.com.cy> ESP32 Development Board URL: <https://www.antoniadis.com.cy/en/stem-robotics-programming/esp32esp8266-boards/esp32-development-board> (датазвернення:08.04.2026).
8. arduino.ua> Цифровий датчик струму та напруги на INA219 з шиною I2C URL: <https://arduino.ua/prod1661-cifrovoi-datchik-toka-i-napryajeniya-na-ina219-s-shinoi-i2c> (датазвернення:09.04.2026).
9. prom.ua >Термодатчик Dallas DS18b20 1648C4 +233AA (TO-92) цифровий датчик температури URL: <https://prom.ua/ua/p517517153-termodatchik-dallas-ds18b20.html> (датазвернення:10.04.2026).

									Арк
									94
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				

10. amazon.com> 2PCS DS3231 AT24C32 IIC RTC Module Clock Timer Memory Module Beats Replace DS1307 I2C RTC Board with Male to Female Jumper Wire Cable URL: <https://www.amazon.com/DS3231-AT24C32-Module-Memory-Replace/dp/B09LLMYBM1?th=1> (дата звернення:11.04.2026).
11. forum.arduino.cc >Модуль LED DIsplay 0.96 Inch 6Pin SPI Blue OLED Display 12864 Pin up to Mega 2560 URL: <https://prom.ua/ua/p517517153-termodatchik-dallas-ds18b20.html> (дата звернення:18.04.2026).
12. hezkyden.cz> Ideální dioda URL: <https://www.hezkyden.cz/shop/idealni-dioda-10a/> (дата звернення:22.04.2026).
13. rozetka.com.ua>Підвищуючий перетворювач XL6009 DC-DC (3-35V) 3A URL: <https://prom.ua/ua/p2522275559-ventilyator-hdh0805ha-045a.html> (дата звернення:02.05.2026).
14. prom.ua> BMS Li-Ion 3S/50A 12 V(12.6V) URL: <https://prom.ua/ua/p1010987355-bms-ion-50a.html> (дата звернення:05.05.2026).
15. erg.com.ua> Імпульсний dc-dc понижуючий перетворювач на X14015, вх. 5-32 В, вих. 1,25-30 В, Істаб.рег. 0-5А URL: <https://erg.com.ua/ua/p712477872-impulsnij-ponizhuyuchij-peretvoryuvach.html> (дата звернення:10.05.2026).
16. www.rcscomponents.kiev.ua>Вентилятор50x50x10,12VGlobalTone URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/ventyliator50x50x1012v_114898.html (дата звернення:15.05.2026).
17. arduino.ua> Силовий польовий транзистор IRLZ44 URL: <https://arduino.ua/prod3107-silovoi-polevoi-tranzistor-irlz44n> (дата звернення:25.05.2026).
18. batteryswapstation.com>Що таке акумулятор 18650? Характеристики, типи та посібник з купівлі URL: <https://batteryswapstation.com/uk/what-is-an-18650-battery/> (датазвернення:27.05.2026).
19. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. НПАОП 40.1-1.21-98. Київ: Держнаглядохоронпраці України, 1998. 89 с.
20. Закон України «Про управління відходами» від 20.06.2022 № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20>(дата звернення: 01.06.2026).

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

ДОДАТОК А

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <RTCLib.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <WiFiManager.h>
#include <time.h>
#include <Preferences.h>

// ===== НАЛАШТУВАННЯ =====
#define BOT_TOKEN "8692146103:AAETAfqaGiC7BMahN0rc7YLuWX03SrqpVlQ"
#define CHAT_ID "5742032865"

const char* ntpServer = "pool.ntp.org";
const long  gmtOffset_sec = 7200;
const int   daylightOffset = 3600;

// ===== ПІНИ =====
#define ONE_WIRE_BUS 4
#define BTN_OUT1 32
#define BTN_OUT2 33
#define BTN_POWER 25
#define MOS_PON 27
#define MOS_ROUTER 26
#define MOS_FAN 13 // простий digitalWrite, без ШІМ

// ===== КОНСТАНТИ =====
#define BATTERY_MIN_V 10.5f
#define BATTERY_MAX_V 12.6f
#define AC_THRESHOLD 14.0f // нижче цього = батарея
#define CRITICAL_V 10.8f
#define FAN_ON_TEMP 35.0f
#define FAN_OFF_TEMP 30.0f

#define WIFI_TIMEOUT 90 // сек – портал, потім офлайн
#define REBOOT_DELAY 3000UL // мс між вимк/увімк при reboot

// ===== ОБ'ЄКТИ =====
Adafruit_SSD1306 display(128, 64, &Wire, -1);
Adafruit_INA219 ina219;
```

									Арк
									96
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.15.00.00 ПЗ				


```

void IRAM_ATTR isrPON() { unsigned long t=millis(); if(t-
dbPON>300){flagPON=true;dbPON=t;} }
void IRAM_ATTR isrRouter() { unsigned long t=millis(); if(t-
dbRTR>300){flagRouter=true;dbRTR=t;} }
void IRAM_ATTR isrPower() { unsigned long t=millis(); if(t-
dbPWR>300){flagPower=true;dbPWR=t;} }

// ===== ДОПОМІЖНІ =====

void addLog(String ev) {
String ts = "--:--";
if (rtcOk) {
DateTime n = rtc.now();
char b[6]; sprintf(b,6,"%02d:%02d",n.hour(),n.minute());
ts = String(b);
}
for (int i=4;i>0;i--) logs[i]=logs[i-1];
logs[0]={ts,ev};
if (logIdx<5) logIdx++;
}

void updateMosfets() {
digitalWrite(MOS_PON, (systemOn && statePON) ? HIGH : LOW);
digitalWrite(MOS_ROUTER, (systemOn && stateRouter) ? HIGH : LOW);
digitalWrite(MOS_FAN, stateFan ? HIGH : LOW);
}

void controlFan() {
if (!stateFan && temperature >= FAN_ON_TEMP) {
stateFan = true;
updateMosfets();
Serial.println("FAN ON");
} else if (stateFan && temperature <= FAN_OFF_TEMP) {
stateFan = false;
updateMosfets();
Serial.println("FAN OFF");
}
}

String getRuntime() {
if (current_mA < 20.0f) return "Inf.";
float h = (batteryPct/100.0f)*6000.0f / current_mA;
return String((int)h)+"h "+String((int)((h-(int)h)*60))+"m";
}

void showBoot(const char* s, int p) {
display.clearDisplay();
display.drawRect(0,0,128,64,SSD1306_WHITE);
display.setTextSize(2); display.setCursor(10,12); display.print("SMART UPS");
display.setTextSize(1); display.setCursor(10,40); display.print(s);
display.drawRect(10,52,108,6,SSD1306_WHITE);
}

```

									Арк
									98
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ				


```

    }
    return;
}
if (wifiOk) { wifiOk=false; addLog("WIFI LOST"); }
if (millis()-tWifi > 30000UL) { tWifi=millis(); WiFi.reconnect(); }
}

// ===== SETUP =====
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("=== SMART UPS ===");

  pinMode(MOS_PON, OUTPUT); digitalWrite(MOS_PON, HIGH);
  pinMode(MOS_ROUTER, OUTPUT); digitalWrite(MOS_ROUTER, HIGH);
  pinMode(MOS_FAN, OUTPUT); digitalWrite(MOS_FAN, LOW);

  prefs.begin("ups", false);

  pinMode(BTN_OUT1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_OUT2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_POWER, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(BTN_OUT1), isrPON, FALLING);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(BTN_OUT2), isrRouter, FALLING);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(BTN_POWER), isrPower, FALLING);

  Wire.begin(21, 22);
  Wire.setClock(400000);

  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println("OLED FAIL"); for(;;);
  }
  display.clearDisplay();
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  showBoot("INIT...", 10);

  if (!ina219.begin()) {
    Serial.println("INA219 FAIL");
  } else {
    ina219.setCalibration_16V_400mA();
    Serial.println("INA219 OK");
  }

  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("RTC FAIL");
  } else {
    rtcOk = true;
    if (rtc.lostPower()) {
      rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    }
    Serial.println("RTC OK");
  }
}

```

									Арк
									100
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ				

```

sensors.begin();
if (sensors.getDeviceCount() > 0) {
    sensors.setResolution(12);
    Serial.println("DS18B20 OK");
}
showBoot("SENSORS OK", 40);

sensors.requestTemperatures();
float tmp = sensors.getTempCByIndex(0);
if (tmp > -50 && tmp < 125) temperature = tmp;

busVoltage = ina219.getBusVoltage_V();
current_mA = ina219.getCurrent_mA();
power_mW    = ina219.getPower_mW();
if (current_mA < 0) current_mA = 0;
if (power_mW    < 0) power_mW    = 0;

Serial.printf("V=%.2f I=%.1f T=%.1f\n", busVoltage, current_mA, temperature);

lastPowerState = (busVoltage > AC_THRESHOLD);
onBattery       = !lastPowerState;

initWifi();
WiFi.setSleep(false);

if (wifiOk) {
    client.setInsecure();
    showBoot("SYNC TIME", 85);
    syncNTP();
    bot.getUpdates(bot.last_message_received + 1);
    addLog("SYS START");
}

showBoot("READY!", 100);
delay(600);
Serial.println("READY");
}

// ===== LOOP =====
void loop() {
    unsigned long now = millis();

    // --- Reboot без delay ---
    if (rebootPON_active && now-rebootPON_t >= REBOOT_DELAY) {
        rebootPON_active = false;
        if (systemOn) { statePON=true; updateMosfets(); }
        addLog("PON REBOOT");
        if (wifiOk) bot.sendMessage(rebootPON_chat, "✓ PON перезавантажено", "");
    }
    if (rebootRTR_active && now-rebootRTR_t >= REBOOT_DELAY) {

```

						Арк
					2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ	101
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

rebootRTR_active = false;
if (systemOn) { stateRouter=true; updateMosfets(); }
addLog("RTR REBOOT");
if (wifiOk) bot.sendMessage(rebootRTR_chat,"✔ Router перезавантажено","");
}

// --- Кнопки ---
if (flagPON) {
flagPON=false; statePON=!statePON; updateMosfets(); addLog(statePON?"PON
ON":"PON OFF"); }
if (flagRouter) { flagRouter=false;
stateRouter=!stateRouter; updateMosfets(); addLog(stateRouter?"RTR ON":"RTR OFF"); }
if (flagPower) { flagPower=false; systemOn=!systemOn; statePON=systemOn;
stateRouter=systemOn; updateMosfets(); addLog(systemOn?"SYS ON":"SYS OFF"); }

// --- Сенсори раз на секунду ---
if (now - tSensor >= 1000) {
tSensor = now;

busVoltage = ina219.getBusVoltage_V();
current_mA = ina219.getCurrent_mA();
power_mW = ina219.getPower_mW();
if (current_mA < 0) current_mA = 0;
if (power_mW < 0) power_mW = 0;

sensors.requestTemperatures();
float tmp = sensors.getTempCByIndex(0);
if (tmp > -50 && tmp < 125) temperature = tmp;

batteryPct = constrain(
map((long)(busVoltage*100),
(long)(BATTERY_MIN_V*100),
(long)(BATTERY_MAX_V*100),
0L, 100L),
0L, 100L);

controlFan();

if (busVoltage > 1.0f) {
bool acNow = (busVoltage > AC_THRESHOLD);
if (lastPowerState && !acNow) {
lastPowerState=false; onBattery=true;
addLog("BLACKOUT");
if (wifiOk) bot.sendMessage(CHAT_ID,
"⚡
BLACKOUT\nBat:"+String(batteryPct,0)+"%\nV:"+String(busVoltage,2)+"V","");
} else if (!lastPowerState && acNow) {
lastPowerState=true; onBattery=false; criticalShutdown=false;
addLog("POWER OK");
if (wifiOk) { bot.sendMessage(CHAT_ID,"✔ POWER OK",""); syncNTP(); }
}
}

```

						Арк
					2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ	102
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        if (!criticalShutdown && busVoltage>5.0f && busVoltage<CRITICAL_V) {
            criticalShutdown=true;
            statePON=false; stateRouter=false; updateMosfets();
            addLog("CRIT STOP");
            if (wifiOk) bot.sendMessage(CHAT_ID, "📢
CRITICAL\nV="+String(busVoltage,2)+"V","");
        }
    }

    Serial.printf("V=%.2f I=%.1f P=%.1f T=%.1f Fan=%s Bat=%.0f%%\n",
        busVoltage, current_mA, power_mW, temperature,
        stateFan?"ON":"OFF", batteryPct);
}

// --- Дисплей 2 рази на секунду ---
if (now - tDisplay >= 500) {
    tDisplay = now;
    display.clearDisplay();
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
    display.setTextSize(1);

    display.setCursor(0,0);
    display.print(onBattery?"BAT:":"AC: ");
    display.print(busVoltage,1); display.print("V");
    display.setCursor(95,0);
    if (rtcOk) {
        DateTime t=rtc.now(); char b[6];
        sprintf(b,6,"%02d:%02d",t.hour(),t.minute());
        display.print(b);
    } else { display.print("--:--"); }

    display.setCursor(0,12);
    display.print("Load:"); display.print(current_mA,1); display.print("mA");
    display.setCursor(80,12);
    display.print(power_mW/1000.0f,2); display.print("W");

    display.setCursor(0,24);
    display.print("Temp:"); display.print(temperature,1); display.print("C");
    display.setCursor(80,24);
    display.print(batteryPct,0); display.print("%");

    display.drawRect(105,24,18,8,SSD1306_WHITE);
    display.fillRect(123,26,2,4,SSD1306_WHITE);
    int fw=map((int)batteryPct,0,100,0,16);
    if(fw>0) display.fillRect(106,25, fw,6,SSD1306_WHITE);

    display.drawLine(0,35,128,35,SSD1306_WHITE);

    display.setCursor(0,40); display.print("PON:");
display.print(statePON?"ON":"OFF");

```

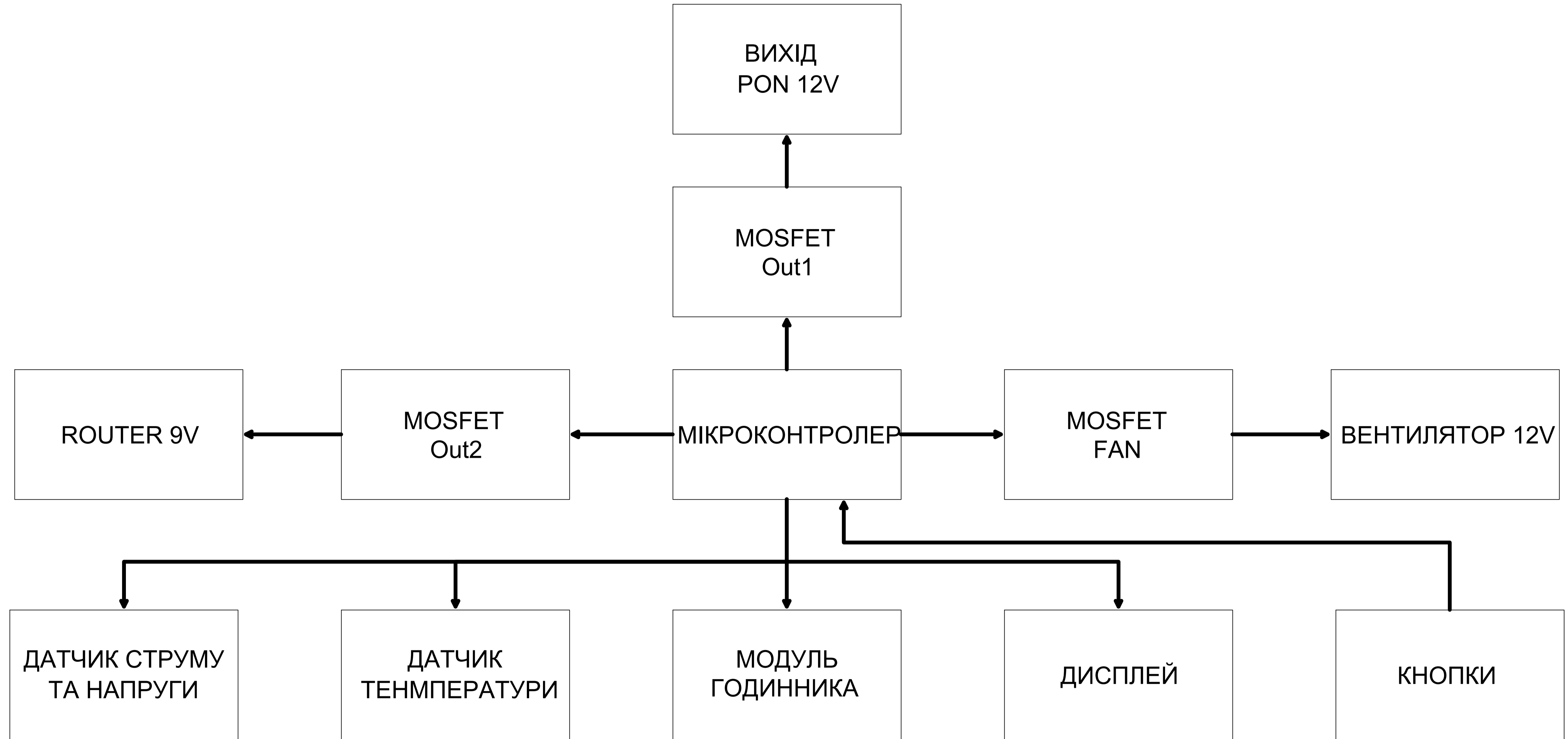
									Арк
									103
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ				


```

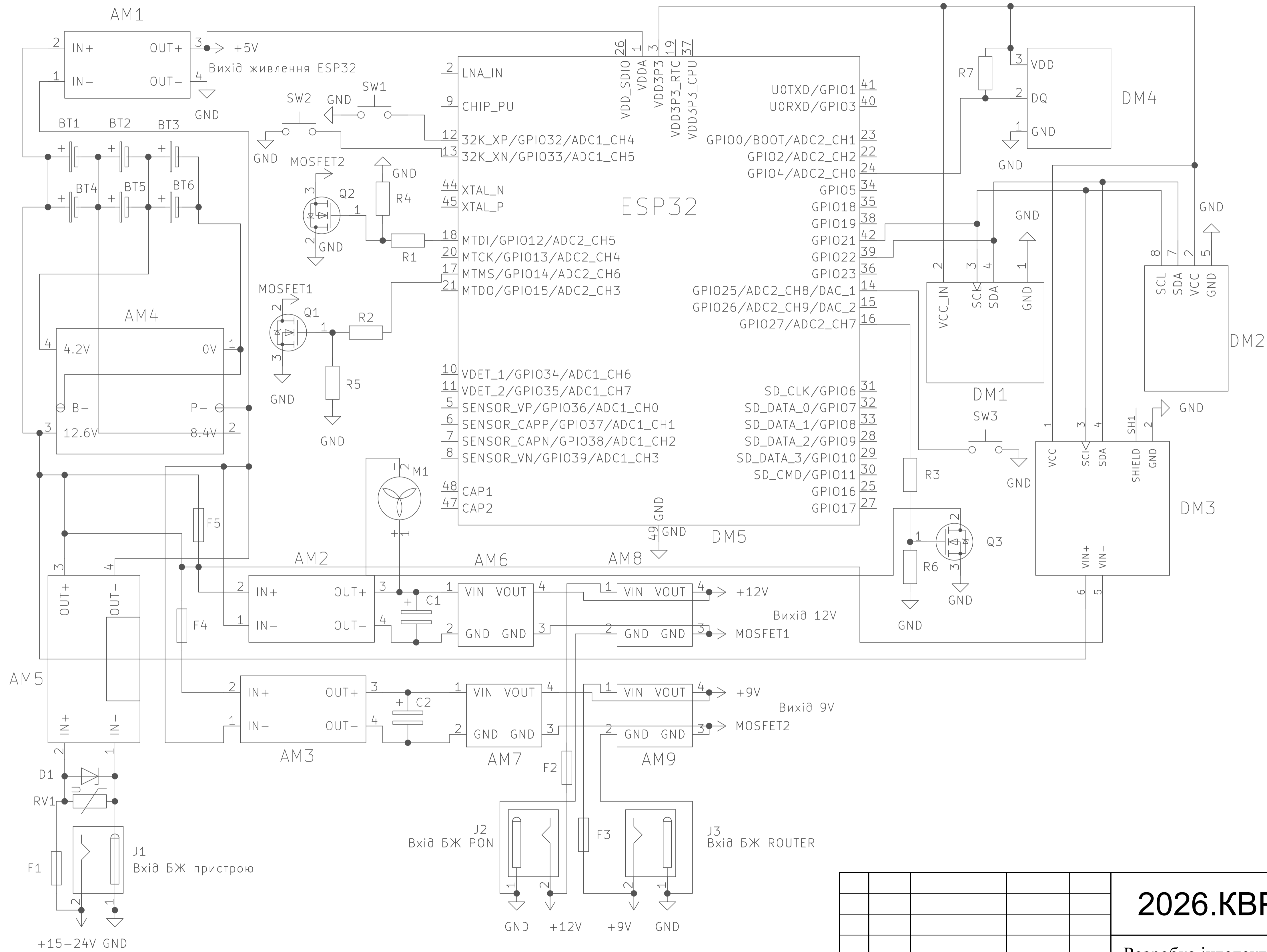
else if (txt=="/router_off") { stateRouter=false; updateMosfets();
addLog("RTR OFF"); bot.sendMessage(cid,"✘ Router OFF",""); }
else if (txt=="/reboot_pon") {
    bot.sendMessage(cid,"🔄 Reboot PON...","");
    statePON=false; updateMosfets();
    rebootPON_active=true; rebootPON_t=millis(); rebootPON_chat=cid;
}
else if (txt=="/reboot_router") {
    bot.sendMessage(cid,"🔄 Reboot Router...","");
    stateRouter=false; updateMosfets();
    rebootRTR_active=true; rebootRTR_t=millis(); rebootRTR_chat=cid;
}
else if (txt=="/help") {
    bot.sendMessage(cid,
        "📖
*КОМАНДИ*\n/status\n/logs\n/pon_on\n/pon_off\n/router_on\n/router_off\n/reboot_pon\n/
reboot_router",
        "Markdown");
    }
}
}
}
}

```

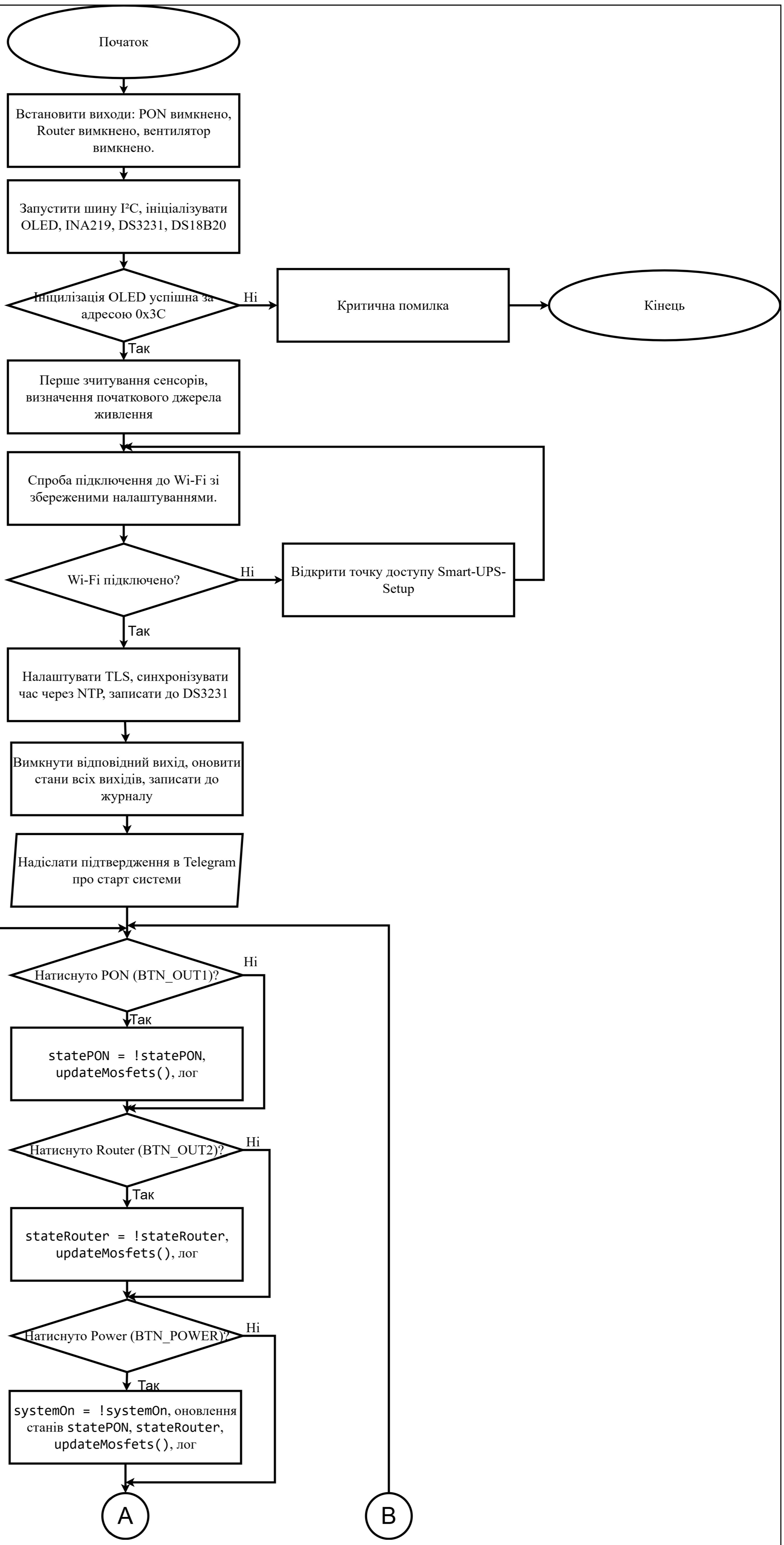
						2026.KBP.123.405.15.00.00 ПЗ	Арк
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			105



					2026.КВР.123.405.15.00.00 E1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	Розробка інтелектуальної системи резервного живлення для мережевого обладнання Схема електрична структурна	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб		Тарасюк С.М.						
Перевір.		Недошитко А.Г.						
Консульт.						Аркуш 1	Аркушів 1	
Реценз						ВСП ТФК ТНТУ КІ-405		
Н.контр.		Юзьків А.В.						
Затверд								



					2026.КВР.123.405.15.00.00 E2			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	Розробка інтелектуальної системи резервного живлення для мережевого обладнання Схема електрична функціональна	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб		Тарасюк С.М.						
Перевір.		Недошитко А.Г.						
Консульт.						Аркуш 1	Аркушів 1	
Реценз						ВСП ТФК ТНТУ КІ-405		
Н.контр.		Юзьків А.В.						
Затверд								

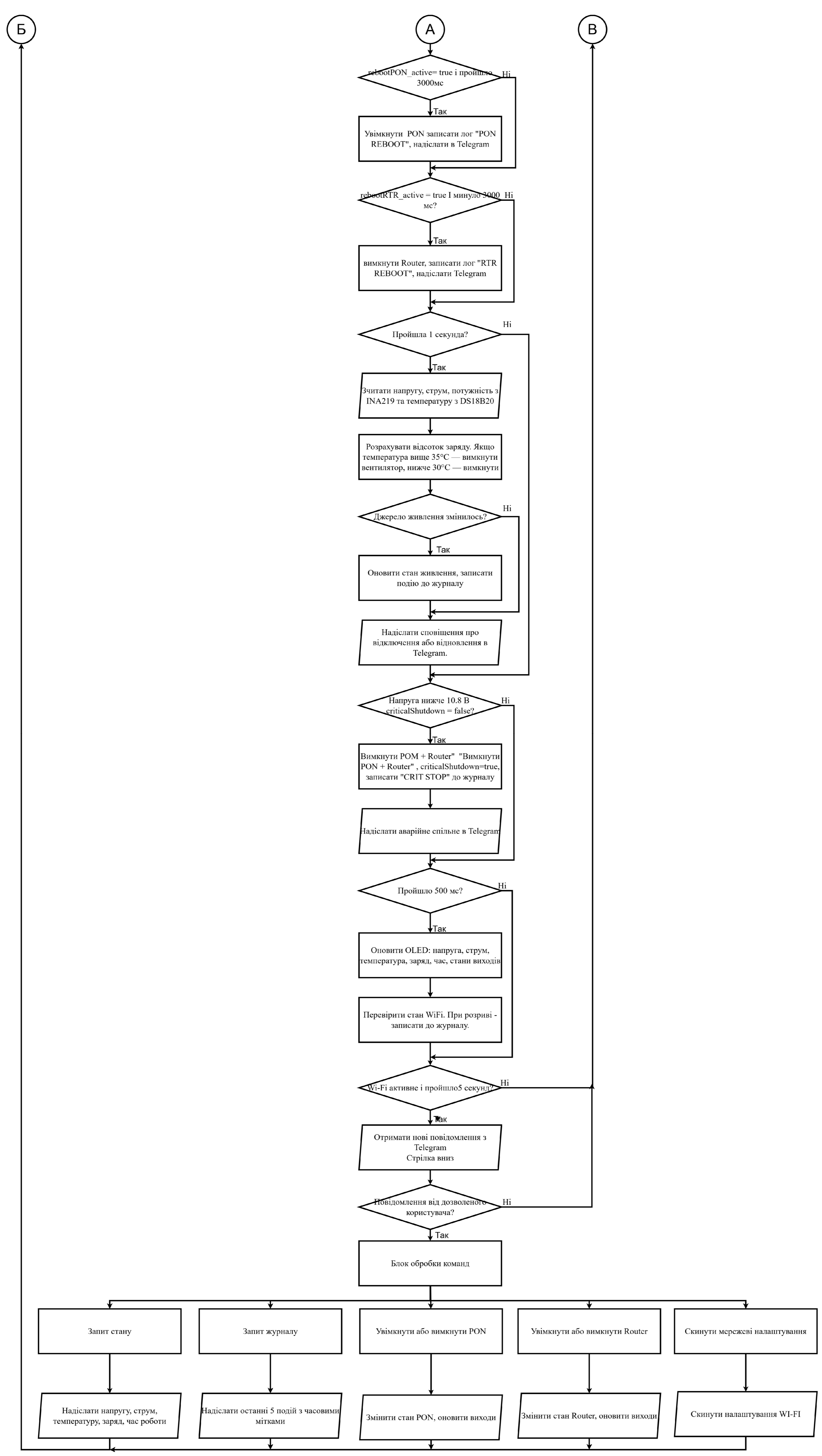


Б

А

В

					2026.KBP.123.405.15.01.00 БС			
					Розробка інтелектуальної системи резервного живлення для мережевого обладнання Блок-схема алгоритму роботи програми	Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата				
Розроб.		Тарасюк С.М.						
Перевір.		Недошитко А.Г.						
Реценз.								
Н. Контр.		Юзьків А.В.			ВСП «ТФК ТНТУ», КІ-405			
Затверд.								
						Аркуш 1	Аркушів 2	



Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата
Розроб.		Тарасюк С.М.		
Перевір.		Недошитко А.Г.		
Реценз.				
Н. Контр.		Юзьків А.В.		
Затверд.				

2026.KBP.123.405.15.02.00 БС

Розробка інтелектуальної системи резервного живлення для мережевого обладнання
Блок-схема алгоритму роботи програми

Літ.	Маса	Масштаб
Аркуш 2		Аркушів 2
ВСП «ТФК ТНТУ», КІ-405		

Таблиця техніко-економічних показників

№	Технічні		Економічні			
	Назва показника	Значення	Назва показника	Умовні позначення	Одиниці виміру	Числове позначення
1	Мікроконтролер	ESP32 DevKit (240 МГц, Wi-Fi)	Собівартість	СВ	грн	28871,10
2	Акумуляторна збірка	Li-Ion 18650, 3S2P, 6000 мА·год	Плановий прибуток	П	грн	16167,82
3	Вихідні напруги	12 В (PON) / 9 В (Router)	Ціна з ПДВ	Ц	грн	45039,00
4	Час автономної роботи	5 – 8 год	Чиста теперішня вартість	ЧТВ	грн	11335,82
5	ККД зарядного модуля XL4015	до 96 %	Термін окупності	ТО	рік	2,1
6	Інтерфейси керування	Wi-Fi, I ² C, 1-Wire, UART				

					2026.КВР.123.405.15.00.00 ТБ			
					Розробка інтелектуальної системи резервного живлення для мережевого обладнання Таблиця техніко-економічних показників	Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата				
Розроб		Тарасюк С.М.						
Перевір.		Недошитко А.Г.						
Консульт.						Аркуш 1	Аркушів 1	
Реценз					ВСП ТФК ТНТУ			
Н.контр.		Юзьків А.В.			КІ-405			
Затверд								