

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоінженерії

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЛІТВІНЦЕВ

«___» _____ 2025 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра за освітньою програмою

«Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія»

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Система розумного будинку на основі мікроконтролерів»

Виконав:

студент III курсу, групи РІ-п21

Шкурат Микола Ігорович



Керівник:

к.т.н., доцент,

Пільтай Степан Іванович



Рецензент:

к.т.н., доцент,

Шпилька Олександр Олександрович



Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент 

Київ – 2025

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	РІп21.469538.001 ПЗ	Пояснювальна записка	67	
3	A4	РІп21.469538.004	Специфікація	2	
4	A4	РІп21.469538.003	Специфікація	2	
5	A4	РІп21.469538.001	Специфікація	4	
6	A4	РІп21.469538.002	Специфікація	2	
7	A0	РІп21.469538.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
8	A2	РІп21.469538.002 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
9	A4	РІп21.469538.001 ПЕ	Перелік елементів	6	
10	A4	РІп21.469538.002 ПЕ	Перелік елементів	3	
11	A1	РІп21.758725.001	Друкована плата	1	
12	A2	РІп21.758725.002	Друкована плата	1	
13	A1	РІп21.469538.001 СК	Складальний кресленик	1	
14	A2	РІп21.469538.002 СК	Складальний кресленик	1	
15	A1	РІп21.469538.003 СК	Складальний кресленик	1	

				РІп21.469538.001		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Шкурат М. І.				1	1
Керівн.	Пільтяй С. І.					
Консульт.						
Н/контр.	Попсуй В. І.					
Зав. каф.	Літвінцев С. М.					
					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. РІ, Гр. РІ-п21	

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет
Кафедра радіоінженерії

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма «Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЛІТВІНЦЕВ

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Шкурату Миколі Ігоровичу

1. Тема проєкту «Система розумного будинку на основі мікроконтролерів», керівник проєкту Пільтяй Степан Іванович, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «29» травня 2025р. №1841-с
2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2025 року
3. Вихідні дані до проєкту Напруга живлення +12В та +5В, потужність не менше 200 Вт, мікроконтролер Atmega328P, резервне живлення від акумуляторної батареї з номінальною напругою 12,6 В та ємністю не менше 10000 мА·год, підтримка адресних стрічок WS2812.
4. Зміст пояснювальної записки Вступ, огляд аналогів, розробка структурної та принципової електричної схем системи, вибір компонентів для системи, проектування друкованої плати, створення корпусу і виготовлення системи.
5. Перелік графічного матеріалу Схеми електричні принципові, друковані плати, складальні кресленики друкованих вузлів, складальні кресленики пристрою.
6. Дата видачі завдання 17 січня 2025 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	20.01.2025 – 24.01.2025	Виконано
2	Пошук аналогів, їхній аналіз	25.01.2025 – 03.02.2025	Виконано
3	Розробка структурної схеми системи	04.02.2025 – 14.02.2025	Виконано
4	Розробка схеми електричної принципової	15.02.2025 – 05.03.2025	Виконано
5	Вибір елементної бази	06.03.2025 – 06.04.2025	Виконано
6	Проектування друкованої плати	07.05.2025 – 22.05.2025	Виконано
7	Трасування друкованої плати	23.05.2025 – 01.06.2025	Виконано
8	Розробка корпусу пристрою	02.06.2025 – 04.06.2025	Виконано
9	Формування комплекту конструкторської документації	05.06.2025 – 08.06.2025	Виконано

Студент



Микола ШКУРАТ

Керівник



Степан ПІЛЬТЯЙ

АНОТАЦІЯ

Темою даного дипломного проєкту є «Система розумного будинку на основі мікроконтролерів».

Дипломний проєкт викладено на 100 сторінках, які включають, 57 ілюстрацій, 4 таблиці, 7 креслень, 42 посилання та 3 додатки.

Проєкт присвячений розробці системи розумного будинку на базі мікроконтролерів, призначеної для керування освітленням, побутовими приладами та моніторингу мікроклімату в приміщенні. Система забезпечує автоматизацію процесів, підвищує комфорт користувача, сприяє енергоефективному використанню ресурсів і містить вбудоване резервне живлення для безперервної роботи в разі зникнення основного.

У проєкті реалізовано керування LED-стрічками потужністю до 60 Вт та адресними ARGB-стрічками типу WS2812 потужністю до 35 Вт. Для моніторингу кліматичних параметрів використовуються NTC термістори з точністю $\pm 1^{\circ}\text{C}$, датчик температури та вологості DHT22 з точність $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ та $\pm 2\% \text{ RH}$, а також датчик вуглекислого газу з діапазоном вимірювання від 0 до 5000 ppm.

Система працює від мережі $220\text{ В} \pm 10\%$, але оснащена резервним живленням на основі акумуляторної батареї ємністю 13 600 мА·год і напругою 12,6 В, що забезпечує безперебійну роботу у випадку відключення електроенергії.

Ключові слова: мікроконтролер, розумний будинок, резервне живлення, автоматизація, вимір вуглекислого газу, WS2812, DHT22, MH-Z19B.

ABSTRACT

The topic of this diploma project is “Microcontroller-based Smart Home System.”

The diploma project is presented on 100 pages, which include 57 illustrations, 4 tables, 7 drawings, 42 references and 3 appendices.

The project is dedicated to the development of a smart home system based on microcontrollers, designed to control lighting, household appliances and monitor the microclimate in the room. The system provides automation of processes, increases user comfort, promotes energy-efficient use of resources and contains a built-in backup power supply for continuous operation in the event of a main power failure.

The project implements the control of LED strips with a power of up to 60 W and addressable ARGB strips of the WS2812 type with a power of up to 35 W. To monitor climatic parameters, NTC thermistors with an accuracy of $\pm 1^{\circ}\text{C}$, a DHT22 temperature and humidity sensor with an accuracy of $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and $\pm 2\% \text{ RH}$, as well as a carbon dioxide sensor with a measurement range from 0 to 5000ppm are used.

The system operates from a $220\text{V} \pm 10\%$ network, but is equipped with a backup power supply based on a 13600mAh battery and a voltage of 12.6V, which ensures uninterrupted operation in the event of a power outage.

Keywords: microcontroller, smart home, backup power supply, automation, carbon dioxide measurement, WS2812, DHT22, MH-Z19B.

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Система розумного будинку на основі
мікроконтролерів»**

ЗМІСТ

Перелік скорочень	9
Вступ	10
1 Огляд аналогів.....	11
2 Розробка структурної та принципової електричної схем системи	15
2.1 Розробка структурної схеми.....	15
2.2 Розробка схеми електричної принципової	19
2.2.1 Рішення для основної плати	19
2.2.2 Рішення для док-станції	26
3 Вибір компонентів для системи	29
4 Проектування друкованої плати	45
4.1 Визначення габаритів друкованих плат.....	45
4.2 Вибір матеріалу основи друкованих плат.....	46
4.3 Вибір методу виготовлення друкованих плат	46
4.4 Вибір класу точності друкованих плат	47
4.5 Розрахунок параметрів провідників	47
4.6 Трасування провідників.....	48
4.7 Розрахунок надійності	54
5 Розробка корпусу і виготовлення системи	58
Висновки.....	62
Перелік джерел посилання	64
Додаток А. Технічне завдання	68
Додаток Б. Комплект конструкторської документації	73
Додаток В. Розрахунок мінімальної площі друкованих плат	92

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розробив</i>		<i>Шкурат М. І.</i>			<i>Система розумного будинку на основі мікроконтролерів</i>	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Перевірів</i>		<i>Пільтай С. І.</i>							
							8	67	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Попсуй В. І.</i>				<i>КПІ, РТФ, РІ-n21</i>			
<i>Затвердив</i>		<i>Пільтай С. І.</i>							
					<i>Пояснювальна записка</i>				

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ARGB – Addressable RGB

ATX – Advanced Technology Extended

I2C – Inter-Integrated Circuit

IMC – Інтегральна мікросхема

LCD – Liquid Crystal Display

LED – Light-emitting diode

МК – Мікроконтролер

RGB – Red, Green, Blue

SMD – Surface-mount technology

SPI – Serial Peripheral Interface

UART – Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

USB – Universal Serial Bus

Wi-Fi – Wireless Fidelity

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасному світі стрімкий розвиток електроніки, інформаційних технологій та мікропроцесорної техніки сприяє активному впровадженню систем автоматизації в побутовій сфері. Одним з найбільш перспективних напрямів є створення та розвиток систем розумного будинку, які дозволяють підвищити комфорт, енергоефективність, безпеку житла, а також здійснювати централізоване управління освітленням, кліматичними умовами та електроприладами. Особливої актуальності набувають індивідуальні та адаптовані рішення, побудовані на базі мікроконтролерів, що забезпечують високу гнучкість у налаштуванні, масштабованість та порівняно низьку вартість [1].

У межах цього проєкту планується створити багатофункціональну систему розумного будинку, що складається з основної керуючої плати та периферійної док-станції. Основу пристрою становлять мікроконтролери серії Atmega328P [2]. Проєкт передбачає інтеграцію різноманітних датчиків, модулів керування освітленням, підтримку Bluetooth-зв'язку, а також реалізацію резервного живлення.

Основною метою даної роботи є створення ефективної та недорогої системи, яка дозволить керувати різними процесами в будинку, та легко адаптуватися під потреби конкретного користувача. Проєкт охоплює створення як апаратної, так і програмної частин системи, включаючи розробку власного схемотехнічного рішення та необхідної конструкторської документації.

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД АНАЛОГІВ

На сучасному ринку представлено велику кількість готових рішень для систем розумного будинку, однак більшість з них є модульними, вони складаються з окремих пристроїв, що виконують ту чи іншу функцію та взаємодіють між собою за допомогою радіочастотного або Wi-Fi зв'язку.

Більшість наявних рішень не мають можливості керування адресними ARGB-світлодіодними стрічками, резервного живлення або не передбачають інтегрованої док-станції. Окрім цього, значним недоліком таких рішень є їх висока вартість – кожен модуль зазвичай продається окремо, що призводить до суттєвого дорожчання всієї системи для кінцевого користувача.

Оскільки аналоги мають лише частину необхідних технічних параметрів, вони оглядаються не як повні аналоги, а як часткові, функціонально наближені рішення.

Було розглянуто 3 схожих та популярних рішення:

1) BroadLink RM-Pro [3] – багатофункціональний комплект сучасних цифрових пристроїв, створених для дистанційного керування побутовою технікою, освітленням та іншими компонентами будинку. Пристрій дозволяє здійснювати моніторинг базових параметрів мікроклімату приміщення, таких як температура, вологість, рівень шуму, освітленості та загальної якості повітрі. Живлення пристрою здійснюється напругою +5 В зі споживаним струмом 1 А. Діапазон робочих температур складає від 0 °С до +50 °С. Для передачі даних використовується бездротовий інтерфейс Wi-Fi зі стандартом IEEE 802.11 b/g/n 2,5 ГГц, також підтримує радіочастоту 433 МГц. Система не оснащена вбудованим джерелом резервного живлення.

Основними перевагам є простота, широкий асортимент датчиків, бездротовий зв'язок по Wi-Fi, відносна невелика вартість.

Зовнішній вигляд системи представлено на рисунку 1.1.

					<i>PIн21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – BroadLink RM-Pro [3]

2) Sonoff NSPanel Pro 120 [4] – більш функціональне рішення порівняно з попередньою моделлю. Окрім базових можливостей моніторингу мікроклімату (температура, вологість, освітленість, шум, якість повітря), система підтримує підключення додаткових датчиків, зокрема контролю протікання води, та забезпечує інтеграцію з камерами відеоспостереження.

Вигляд системи представлено на рисунку 1.2.

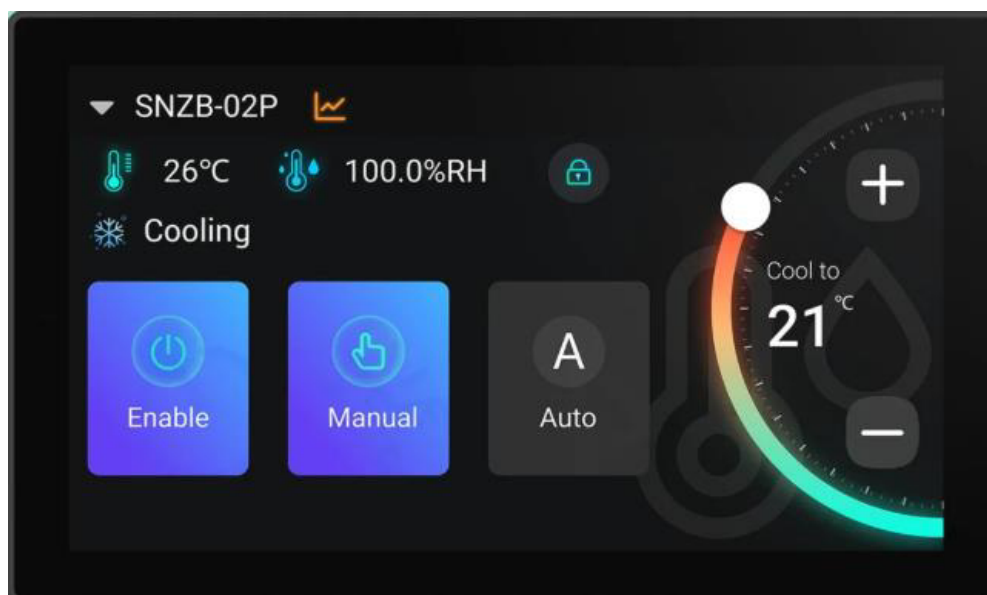


Рисунок 1.2 – Sonoff NSPanel Pro 120 [4]

					<i>PI</i> n21.469538.001 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристрій оснащений сенсорним LCD-дисплеєм з роздільною здатністю 750х1334 пікселів та діагоналлю 4,7 дюйма, що значно розширює можливості керування порівняно з безекранними моделями. Працює на основі чотириядерного процесора ARM-Cortex A35, що забезпечує вищу продуктивність. Для обміну даними використовується бездротовий інтерфейс Wi-Fi зі стандартом IEEE 802.11 b/g/n 2,5 ГГц та Zigbee 3.0 [5].

Живлення здійснюється від мережі 220 В (споживання 150 мА), однак, як і у попередній моделі, пристрій не має резервного джерела живлення. Діапазон робочих температур складає від 0 °С до +40 °С.

Основними перевагами є розширений функціонал та інтерфейс.

3) FIBARO Home Center 2 [6] – це професійна система для автоматизації та безпеки будинку, яка значно перевершує попередні розглянуті моделі за функціональними можливостями. Як і попередні системи, вона забезпечує моніторинг параметрів мікроклімату, проте також підтримує ширший набір пристроїв: датчики протікання з сиренами, «розумні» розетки з функцією моніторингу енергоспоживання та захисту від перенапруг.

Вигляд системи FIBARO Home Center 2 представлено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 - FIBARO Home Center 2 [6]

Пристрій підтримує голосове керування через Google Assistant, проте на відміну від попередньої моделі він не оснащений дисплеєм і не має бездротових інтерфейсів — підключення здійснюється лише через Ethernet. FIBARO Home Center 2 працює на базі потужнішого процесора Intel Atom Dual Core з

					PIn21.469538.001 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частотою 1,6 ГГц, що робить його продуктивнішим при складних сценаріях автоматизації.

Живлення пристрою здійснюється від напруги +12 В, резервне джерело живлення також відсутнє. Діапазон робочих температур становить від +10 °С до +40 °С. Пристрій потребує професійного встановлення та налаштування.

Основними перевагами є гнучкість налаштувань, велика екосистема сумісних пристроїв та функції захисту.

Недоліками можна вважати високу вартість та складність інтеграції.

У результаті проведеного аналізу наявних на ринку пристроїв було встановлено, що більшість рішень не відповідають вимогам технічного завдання як за функціональністю, так і за конструктивними та електричними параметрами.

Типові системи розумного будинку представлені модульними або частковими рішеннями, які складаються з великої кількості окремих пристроїв, що взаємодіють через Wi-Fi або радіоканал, не мають підтримки ARGB-стрічок та резервного живлення. Крім того такі рішення мають високу вартість, оскільки кожен додатковий компонент системи потребує окремого придбання.

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМ СИСТЕМИ

2.1 Розробка структурної схеми

За технічним завданням (Додаток А) необхідно розробити систему розумного будинку на основі мікроконтролерів, яка забезпечить автоматизоване керування освітленням, електроприладами, моніторинг параметрів навколишнього середовища та індикацію в реальному часі.

Система повинна складатися з двох частин: основної частини, що монтується у електрощиток, та док-станції, розташованої на робочій поверхні. Основна плата відповідає за керування навантаженнями, зчитування параметрів та обробку сигналів, а також виконує функцію моніторингу температури, струму та напруги по декількох каналах. Док-станція слугує для взаємодії користувача із системою, містить дисплей, кнопки керування, енкодер та сенсори.

Живлення системи напругою $220\text{ В} \pm 10\%$, з якої мають формуватися основні напруги $+5$ та $+12\text{ В}$, для цього має бути використано стандартний АТХ блок живлення, потужність 300 Вт . Повинна бути передбачена можливість переходу на резервне джерело живлення – акумулятор Li-ion $12,6\text{ В}$, ємністю не менше $12\ 000\text{ мА}\cdot\text{год}$, що забезпечує автономну роботу в разі зникнення основного живлення. Також має бути передбачена автоматична система охолодження в залежності від температури блоку живлення з нижнім порогом спрацьовування $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ та гістерезисом $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Система повинна керувати яскравістю трьох LED-стрічок зі щільністю 60 діодів на метр, напругою $+12\text{ В}$ та струмом споживання до 5 А з можливістю повного знеструмлення. Також повинна керувати трьома ARGB-стрічками типу WS2812 зі щільністю 60 світлодіодів на метр, напругою $+5\text{ В}$ та струмом до 7 А , з можливістю повного знеструмлення.

В системі повинно бути передбачено підтримку трьох NTC термісторів з точністю $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, датчика виміру температури і вологості з точністю $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ та

					<i>PIн21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

± 2% RH відповідно, також повинна бути реалізована підтримка датчика вуглекислого газу з діапазоном від 0 до 5000 ppm.

Для комунікації між основною платою та док-станцією використовується I²C інтерфейс. Повинно бути передбачено бездротовий зв'язок з комп'ютером або смартфоном через Bluetooth, для налаштування та налагодження – дротове UART з'єднання через USB.

У конструкції має бути враховано компонування силових елементів, мікроконтролерів, модулів управління, сенсорів, чітке зонування силової та логічної частини, з можливістю швидкого доступу до елементів для обслуговування та діагностики.

Система призначена для експлуатації в закритих приміщеннях за температури від 0 °C до +40 °C і відносної вологості до 80% без конденсації. Конструкція повинна забезпечувати стабільну роботу протягом щонайменше 10 000 годин.

Транспортування системи потрібно здійснювати відповідно до вимог ДСТУ EN IEC 60721-3-2:2022 [7]. Упаковка повинна захищати пристрій від механічних впливів та електростатичних зарядів. Умови зберігання повинні відповідати ДСТУ EN 60721-3-1:2022 [8], зберігати в сухому, закритому приміщенні без прямого впливу сонячного світла та підвищеної вологості повітря.

При розробці доцільно застосовувати стандартизовану, уніфіковану елементу базу, що спрощує технічне обслуговування, ремонт та можливість масштабування системи.

У результаті було розроблено структурну схему системи, яка зображена на рисунку 2.1.

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

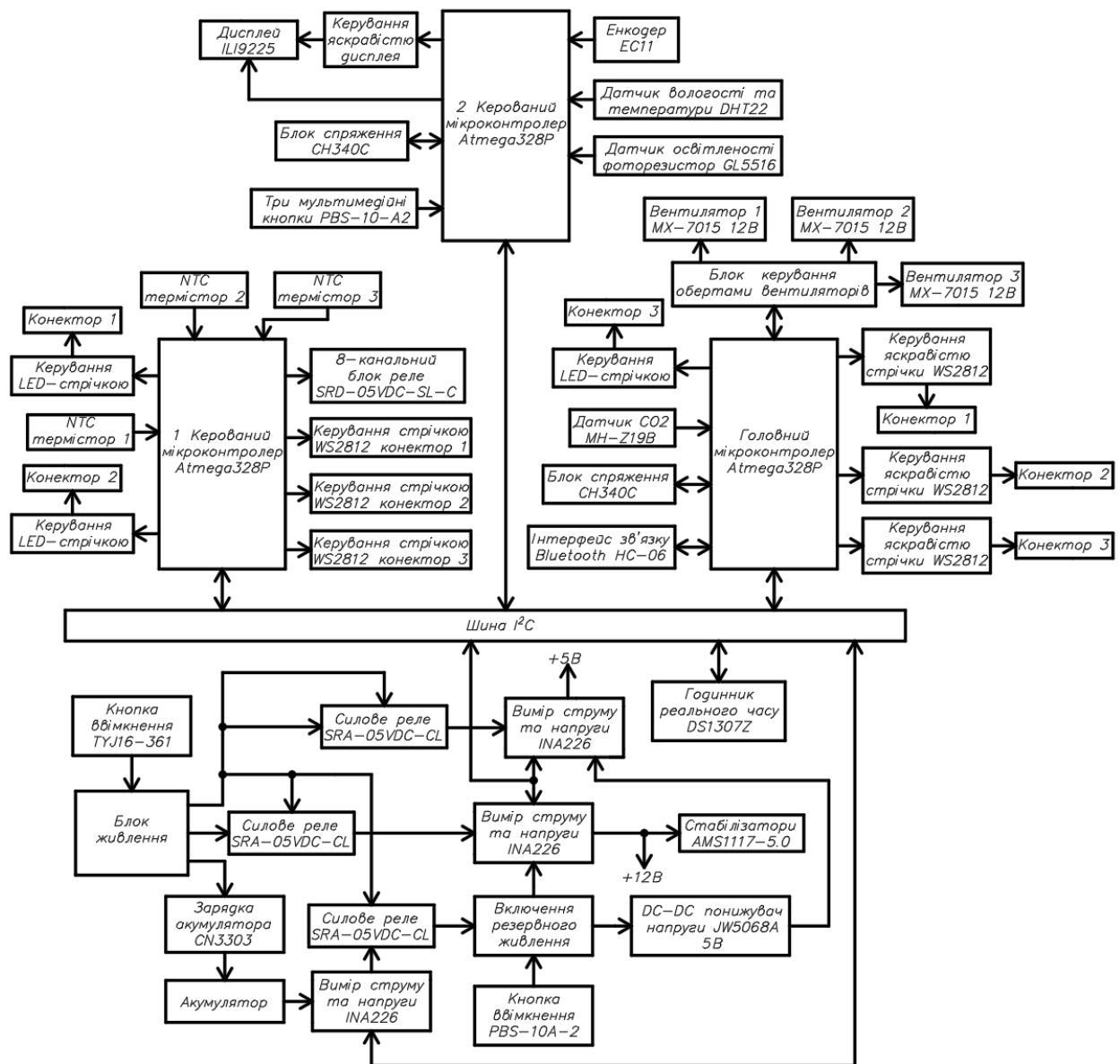


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи

Структурна схема складається з:

- Головного мікроконтролера Atmega328P – виконує функції контролю яскравості ARGB-стрічок на трьох конекторах, контролю яскравості LED-стрічки, зчитування даних з датчика CO2 MH-Z19B, автоматичне регулювання обертів кулера, керує та отримує дані з двох підлеглих мікроокнтролерів, отримує параметри живлення від INA226 та забезпечує зв'язок через Bluetooth;
- Керування LED-стрічок – забезпечує регулювання яскравості LED-стрічок за допомогою ШІМ-сигналу, сформованому мікроконтролером;
- Блок спряження CH340C - забезпечує контроль та налаштування мікроконтролера через UART-інтерфейс;

- Блок керування обертами вентиляторів – забезпечує регулювання обертів трьох вентиляторів MX-7015 (12 В) за допомогою ШІМ-сигналу від головного мікроконтролера;

- Керування яскравості стрічки WS2812 - забезпечує регулювання яскравості LED-стрічок за допомогою ШІМ-сигналу, сформованого мікроконтролером;

- Блок живлення – забезпечує основні напруги +12 В, +5 В та +5 В;

- Кнопка ввімкнення TYJ16-361 – забезпечує вмикання/вимикання блоку живлення;

- Силові реле SRA-05VDC-CL – забезпечують розв’язку між основним джерелом живленням та резервним джерелом;

- Зарядка акумулятора CN3303 – виконує функцію контролю заряду акумулятора;

- Акумулятор - резервне джерело живлення на 12,6 В;

- Вимірювачі струму та напруги INA226 – контролюють параметри живлення на трьох лініях: +12 В, +5 В та +12.6 В (резерв);

- Кнопка ввімкнення PBS-10A-2 – ручне керування вмиканням/вимиканням резервного живлення;

- DC-DC понижувач напруги JW5068A – знижує напругу з акумулятора (12,6 В) до 5 В;

- Стабілізатори AMS1117-5.0 – формують стабільну напругу +5 В для мікроконтролерів та датчиків;

- Годинник реального часу DS1307Z - підтримує збереження точного часу за допомогою власного джерела живлення;

- 1 керований мікроконтролер Atmega328P – виконує функції контролю ARGB-стрічок на трьох конекторах, контролю яскравості LED-стрічки на 1 та 2 конекторі, зчитування температури з трьох NTC термісторів та керування 8-канальним блоком реле SRD-05VDC-SL-C;

- 2 керований мікроконтролер Atmega328P – зчитує дані з цифрового

					<i>PI n21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- датчика температури і вологості DHT22, фотодатчика GL5516, обробляє сигнали від енкодера EC11 та трьох мультимедійних кнопок PBS-10-A2, також відповідає за управління дисплеєм ILI9225;

- Керування яскравістю дисплея – регулює яскравість дисплея за допомогою ШІМ-сигналу, сформованого мікроконтролером.

2.2 Розробка схеми електричної принципової

2.2.1 Рішення для основної плати

В основі схеми лежать два мікроконтролери (далі – МК) DA10 та DA11, що є інтегральними мікросхемами (далі – ІМС) Atmega328P [9] на базі архітектури AVR. Принципові схеми підключення зображені на рисунку 2.2.

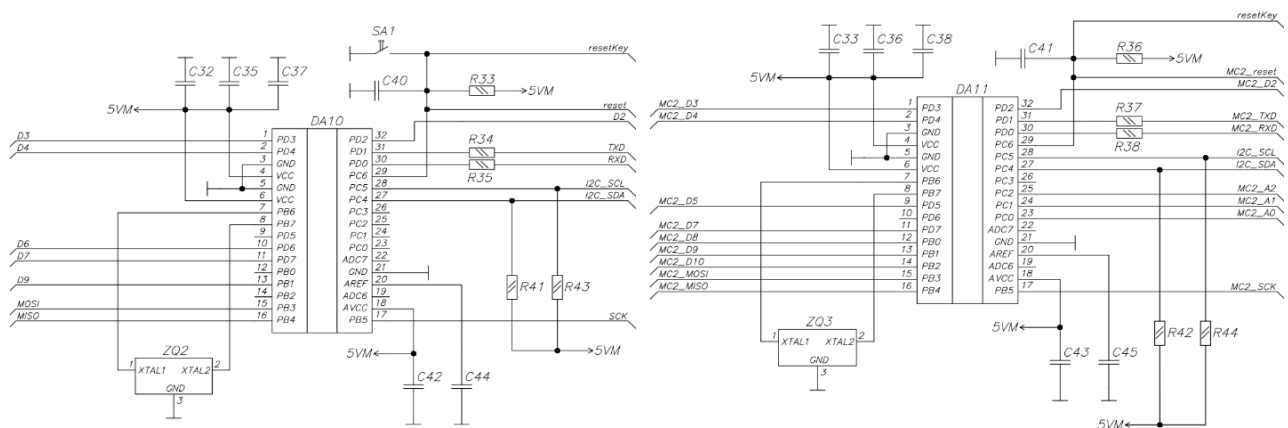


Рисунок 2.2 – Принципові схеми підключення МК DA10, DA11

МК DA10 виконує роль головного пристрою (master) для всіх інших елементів схеми відповідно до взаємодії «master-slave». Він відповідає за загальне керування системою, взаємодію з периферійними пристроями, обробку вхідних і вихідних сигналів, керування живленням адресних ARGB-стрічок, системою охолодження, зчитування даних з датчика вуглекислого газу, а також обміну інформацією по Bluetooth.

МК DA11 виступає у ролі підлеглого пристрою (slave) й виконує допоміжні функції: збір та обробку даних з температурних датчиків (NTC

термісторів), керування 8-канальним релейним модулем, керування звичайними LED-стрічками та ARGB-стрічками.

Використання двох мікроконтролерів обумовлено необхідністю розподілу обчислювального навантаження між вузлами, а також обмеженою кількістю цифрових входів/виходів кожного МК.

Взаємодія між МК DA10 та DA11 реалізована за допомогою інтерфейсу I²C. Для стабільної роботи шини I²C застосовані підтягувальні резистори R41-R44 до напруги +5 В. Це забезпечує правильне формування логічних рівнів на шинах даних і синхронізації.

Кнопка SA1 призначена для ручного перезавантаження обох МК. Підтягуючі резистори R33 і R36 перешкоджають випадковому спрацюванню кнопки від шумів, а конденсатори C40 та C41 пригнічують паразитні імпульси (захист від «брязкоту» контактів).

Тактова частота обох МК задається кварцовими резонаторами ZQ2 та ZQ3 з частотою 16 МГц. Конденсатори C32, C33, C35-C38, C42-C45 використовуються як фільтруючі та стабілізуючі елементи для живлення.

Для формування живлень +5 В (5VM, 5VI, 5VS) використано стабілізатори DA6-DA8. Живлення 5VM призначене для енергозабезпечення МК DA10, DA11; 5VI – для живлення ІМС DA1, DA3, DA4, 5VS – для живлення сенсорів та іншої периферії. Конденсатори C14, C15, C17, C21-C23 забезпечують фільтрацію напруг живлення. Принципові схеми підключення стабілізаторів зображені на рисунку 2.3.

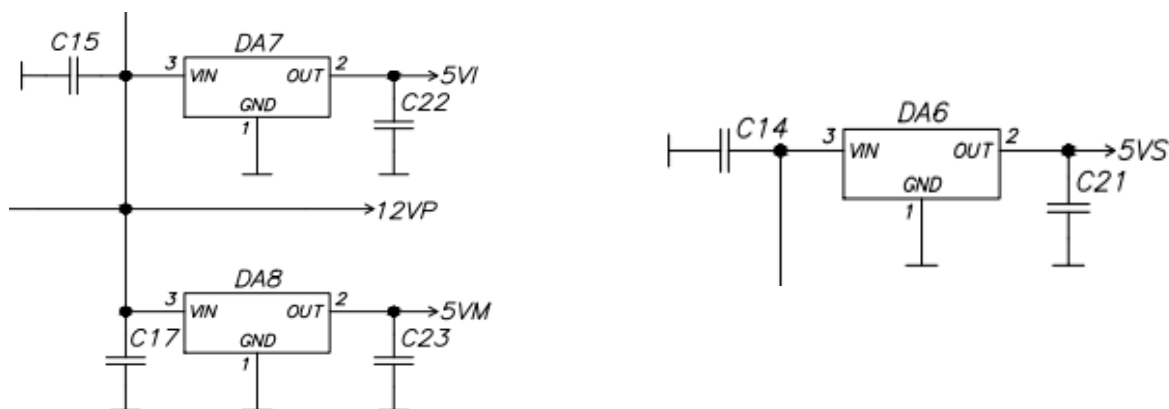


Рисунок 2.3 – Принципові схеми підключення стабілізаторів DA6-DA8

Для зв'язку з комп'ютером або іншими пристроями через інтерфейс UART (USB) використовується ІМС DA5. Конденсатори C3, C5 фільтруючі, транзистор VT4 забезпечує захист від переполюсування, а конденсатори C4 та C18 встановлені згідно з вимогами технічної документації. Принципова схема підключення ІМС DA5 зображена на рисунку 2.4.

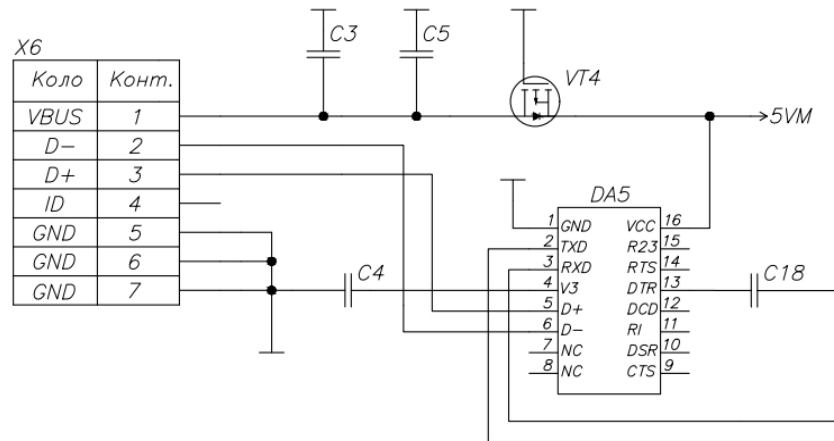


Рисунок 2.4 – Зображення принципової схеми підключення DA5

Зарядка літій-іонного акумулятора здійснюється за допомогою ІМС DA2. Вихідна напруга +12,6 В та струм до 2 А, вхідна напруга +5 В. Фільтрацію здійснюють конденсатори C1 та C13, інші елементи (L1, VD1, VT1, R5, R9) підібрані згідно технічної документації для оптимальної роботи зарядного модуля. Принципова схема підключення ІМС DA2 зображена на рисунку 2.5.

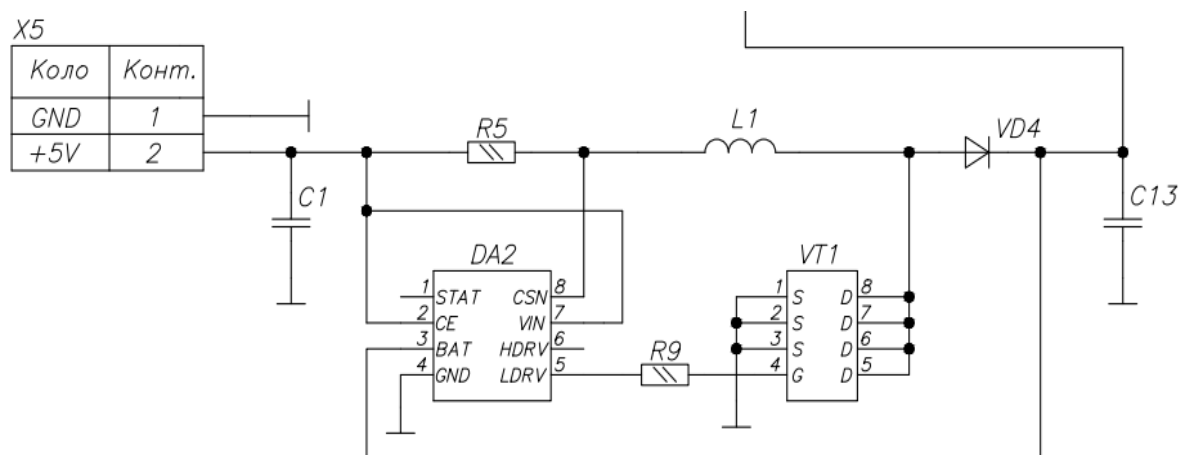


Рисунок 2.5 – Зображення принципової схеми підключення DA2

Живлення системи +5 В, +12 В та +12,6 В подається до реле К1-К3, які розв'язують основне та резервне джерело живлення. Діоди VD1-VD3 виконують функцію захисту від імпульсів самоіндукції при перемиканні реле. Для вимірювання струму використовуються шунти R4, R19, R20, а для фільтрації – конденсатори C8-C12.

Схема підключення резервного живлення базується на транзисторах VT2 і VT3. Підтягувальний резистор R15 запобігає самовільному відкриттю транзистора VT2. Резистори R16, R23 є струмообмежувальними. Конденсатор C10 виконує роль накопичувального елемента. При першому натисканні кнопки конденсатор можна представити як коротке замикання, тим самим транзистор VT2 підтягується до землі та відкривається, після цього також відкривається транзистор VT3. Після відпускання кнопки транзистори VT2 та VT3 залишаються відкритими, а конденсатор C10 заряджається до напруги живлення. Повторне натискання, за рахунок зарядженого C10, викликає закриття транзистора VT2 та VT3, конденсатор C10 розряджається на навантаження та резистор R24. Діоди VD5, VD6 слугують для розв'язки. Принципова схема підключення зображена на рисунку 2.6.

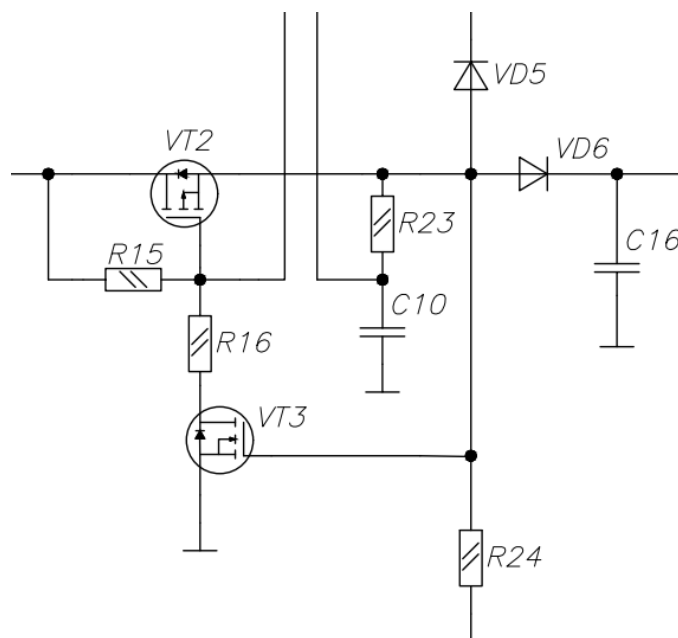


Рисунок 2.6 – Принципова схема включення резервного джерела живлення

Силова напруга +5 В для живлення адресних стрічок генерується ІМС DA9, яка понижує та стабілізує напругу від акумулятора до потрібного значення +5 В. Компоненти C20, C24-C26, C31 та R25-R27, R29 підібрані згідно технічної документації. Принципова схема підключення DA9 зображена на рисунку 2.7.

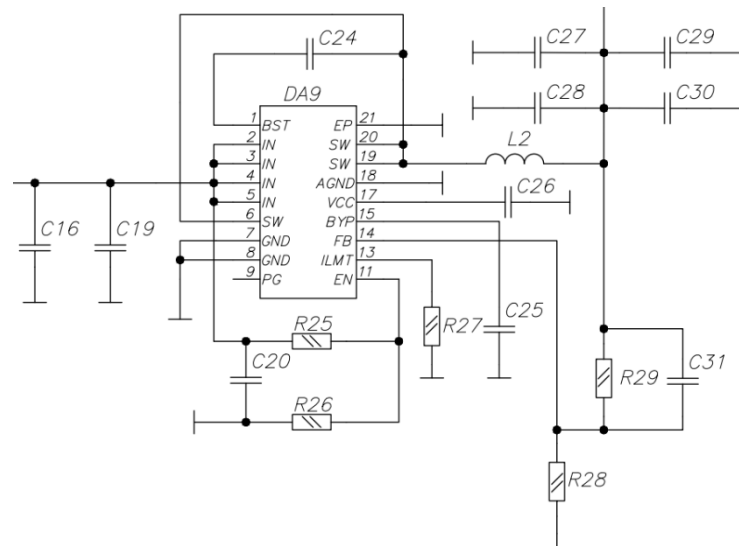


Рисунок 2.7 - Зображення принципової схеми понижувача напруги DA9

Вимірювання струму та напруги у системі здійснюють ІМС DA1, DA3, DA4. Резистори R6, R10, R17-R22 та конденсатори C2, C6, C7 формують фільтри низької частоти (ФНЧ). Обв'язка мікросхем підібрана згідно технічної документації. Принципова схема підключення DA9 зображена на рисунку 2.8.

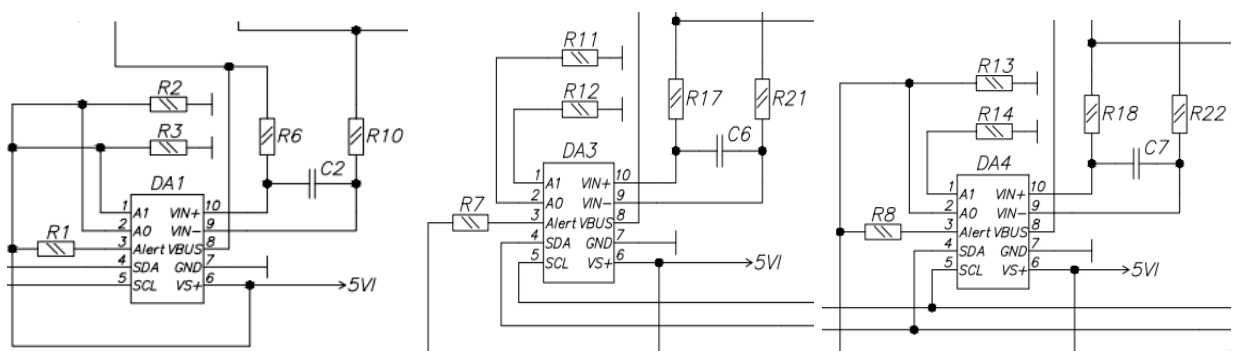


Рисунок 2.8 – Зображення принципової схеми підключення DA1, DA3, DA4

Реалізація функцій годинника реального часу забезпечується ІМС DA12 з кварцовим резонатором ZQ1 (32,768 кГц). Джерелом живлення виступає батарейка CR2032 (G1). Вузол містить елементи R30-R32, R39, R40 та VD7

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

згідно з технічною документацією. С34 – фільтруючий. Принципова схема підключення DA12 зображена на рисунку 2.9.

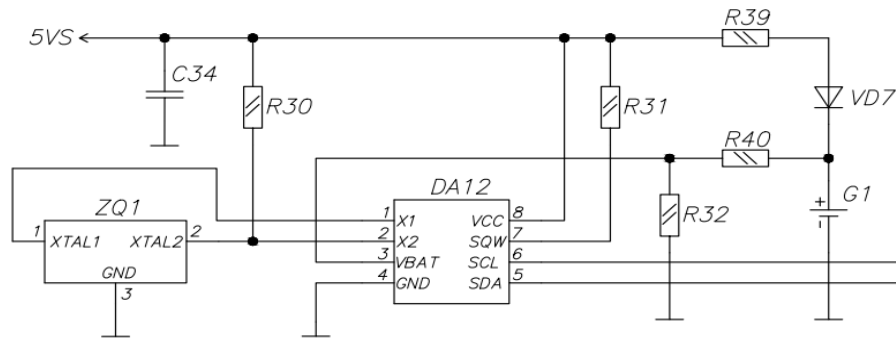


Рисунок 2.9 - Зображення принципової схеми підключення DA12

З метою забезпечення підключення периферійних пристроїв, система обладнана роз'ємами X1-X33, вони мають наступне призначення:

- X1, X2 – підключення силового живлення +5 В, 6 та 8 контактів відповідно;

- X3, X4 – підключення силового живлення +12 В та +12,6 В від акумуляторної батареї, 8 контактів;

- X5 – живлення +5 В для схеми заряду акумуляторної батареї, штиревий, двоконтактний;

- X6 – USB Micro B, використовується для обміну даними МК DA10 з периферійними пристроями (UART інтерфейс);

- X7, X8 – постійне живлення +12 В без можливості керування, 6 та 2 контакти, підтримують робочий струм до 5 А та 300 мА відповідно;

- X9, X10 – програмування МК DA10 та DA11, штиревий, 6 контактів (два ряди по 3 контакти);

- X11, X12 – індикація роботи МК, штирьовий, 5 контактів;

- X13 – підключення Bluetooth модуля, штиревий, 4 контакти.

Конденсатор С47 виконує функцію фільтру;

- X14 – Ethernet роз'єм RJ-45, використовується для підключення та зв'язку між док-станцією та основною платою. Має 8 контактів, з яких два

силових (напруга +12 В, струм до 500 мА) та шість сигнальних. Конденсатор С46 – фільтруючий.

- Х15 – підключення датчика вуглекислого газу МН-Z19В, штиревий, 3 контакти;

- Х16-Х18 – підключення NTC термісторів, резистори R47-R49 верхнє плече дільника напруги, конденсатори С48-С50 – фільтруючі;

- Х19 – підключення восьмиканального релейного модуля, штирьовий, 10 контактів (два ряди по 5 контактів), конденсатор С52 – фільтруючий, VD8 – захист від індуктивних викидів;

- Х20-Х23 – підключення контактів керування від ARGB-стрічки WS2812, R50-R53 виконують функцію струмообмеження для запобігання вигорання виходу МК, джампер S1 слугує для вибору джерела керування. Штиревий, двоконтактний;

- Х24 – підключення керуючого проводу блоку живлення, штирьовий;

- Х25-Х27 – підключення силового живлення ARGB-стрічки, керований, напруга +5 В, струм до 7 А, 6 контактів. Резистори R60-R62 – струмообмежуючі для захисту цифрового входу МК, R57-R59 – підтягуючі, запобігають самовільному відкриттю транзисторів, транзистори VT5-VT7 – силові, конденсатори С53-С58 – фільтруючі;

- Х28-Х30 – підключення силового живлення LED-стрічки, керований, напруга +12 В, струм до 5 А, 6 контактів. Резистори R54-R56 – струмообмежуючі для захисту цифрового входу МК, R63-R65 – підтягуючі, запобігають самовільному відкриттю транзисторів, транзистори VT8-VT10 – силові, конденсатори С59-С61 – фільтруючі;

- Х31-Х33 – підключення вентиляторів автоматичної системи охолодження, напруга +12 В, струм до 300 мА. Резистор R67 – струмообмежуючий для захисту цифрового входу МК, R66 – підтягуючий, запобігає самовільному відкриттю транзистора, транзистор VT11 – силовий, конденсатор С62 – фільтруючий.

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.2 Рішення для док-станції

Для реалізації функцій вимірювання температури та вологості в приміщенні, керування дисплеєм, датчиком освітлення, трьома мультимедійними кнопками та енкодером, використовується окремий МК DA4 на базі ІМС Atmega328P [9]. Цей МК виконує роль підлеглого пристрою (slave) та обмінюється даними з основною платою через інтерфейс I²C. Для забезпечення стабільної роботи шини передбачено підтягувальні резистори R13 і R15 до напруги +5 В. Зображення схеми представлено на рисунку 2.10.

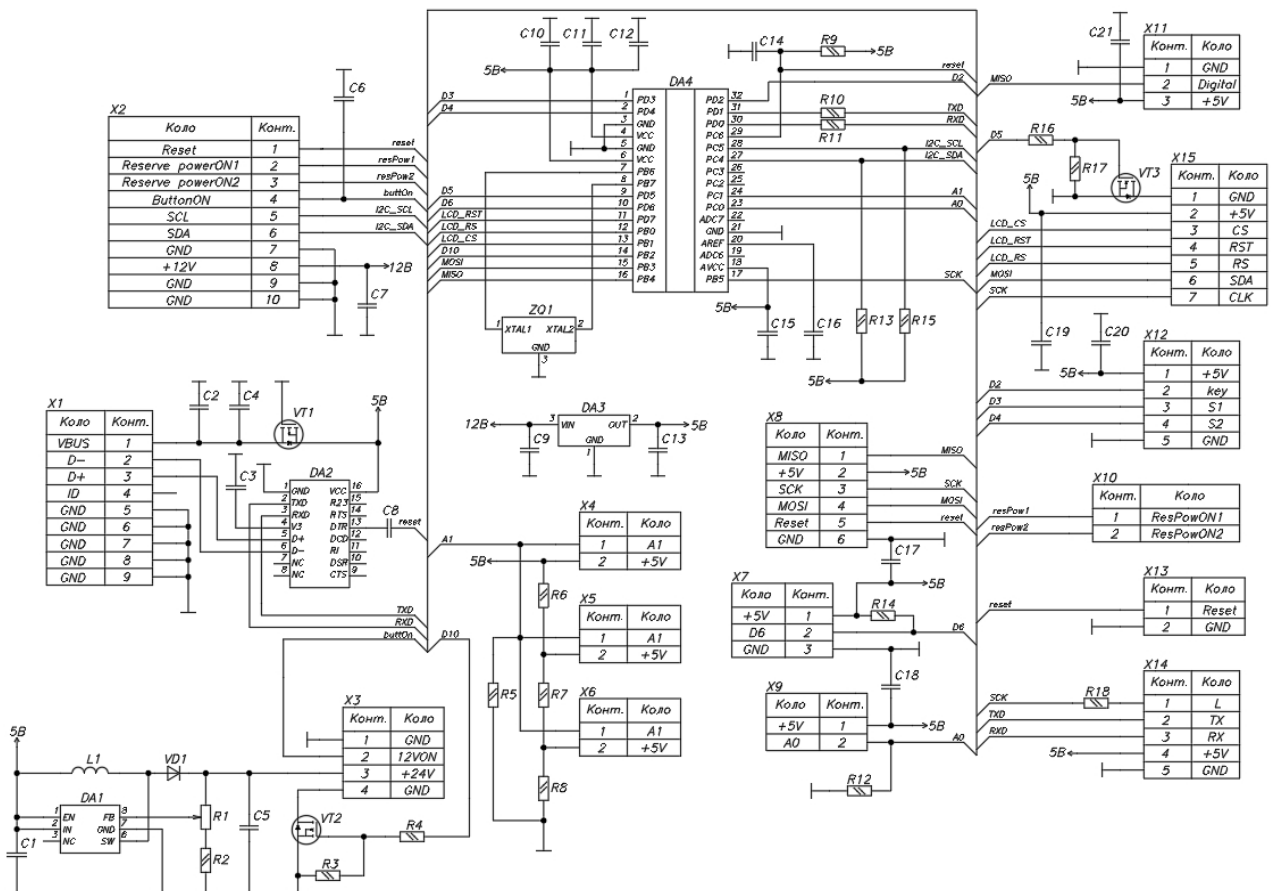


Рисунок 2.10 – Загальний вигляд схеми електричної принципової док-станції

Тракування МК DA4 забезпечується кварцовим резонатором ZQ1 на 16 МГц. Конденсатори C10-C12 та C14-C16 виконують функції фільтрації й стабілізації живлення. Резистори R9, R10 та R11 відповідають за підтягування до живлення та обмеження струму для захисту входів МК.

Живлення +5 В формується стабілізатором DA3, на вході якого встановлено фільтруючі конденсатори C9 та C13.

Для живлення підсвітки кнопки TYJ16-361 використовується керований підвищуючий перетворювач напруги ІМС DA1, який забезпечує +24 В зі струмом до 50 мА. Компоненти C1, C5, L1, VD1, R1 та R2 підібрані згідно з технічною документацією. Встановлення вихідної напруги виконується за допомогою потенціометра R1.

Керування яскравістю підсвітки реалізовано за допомогою транзистора VT2, резистори R3 і R4 відповідають за підтягування та обмеження струму відповідно. Для підключення кнопки застосовується роз'єм X3, штирьового типу з чотирма контактами. Зображення принципової схеми включення представлено на рисунку 2.11.

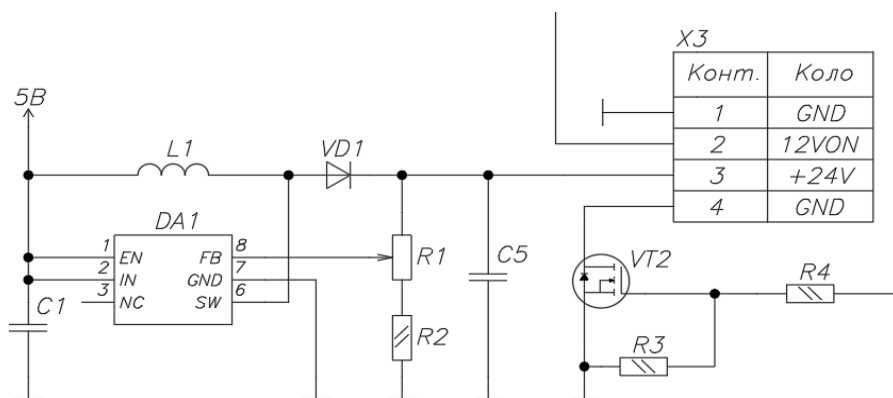


Рисунок 2.11 – Зображення принципової схеми DA1 з керуванням яскравості підсвітки та роз'ємом підключення кнопки

Підключення трьох мультимедійних кнопок здійснюється через роз'єми X4–X6. В основі принципу роботи лежить резистивна клавіатура, напруга на аналоговому вході МК DA4 змінюється залежно від натиснутої кнопки завдяки резисторам R5–R8, які формують подільники напруги. Роз'єми штирьові, двоконтактні.

Роз'єм X1 типу USB Micro B дозволяє здійснювати обмін даними з периферійними пристроями та налаштовувати МК DA4. Реалізовано за допомогою USB–UART перетворювача DA2. Для фільтрації живлення використовуються конденсатори C3 і C5, а захист від переполюсування забезпечує транзистор VT4. Додаткові конденсатори C4 і C18 встановлено відповідно до рекомендацій виробника.

Для програмування МК DA4 використовується шестиконтактний штирьовий роз'єм X8 (два ряди по три контакти).

Підключення датчика температури й вологості DHT22 виконується через роз'єм X7, триконтактний, штирьового типу. У схемі також застосовано фільтруючий конденсатор C17 і підтягувальний резистор R14.

Датчик освітленості, реалізований на основі фоторезистора GL5516, підключається через штирьовий роз'єм X9 з трьома контактами. Резистор R12 формує нижнє плече подільника напруги, а конденсатор C18 виконує фільтрацію.

Для підключення кнопки ввімкнення резервного живлення використовується двоконтактний штирьовий роз'єм X10.

Роз'єм X13 забезпечує можливість перезавантаження всієї системи. Штирьовий, довконтактний.

Стан роботи МК DA4 індикується через штирьовий роз'єм X14, який має п'ять контактів. Для обмеження струму для роботи світлодіода використовується резистор R18.

Підключення енкодера EC11 здійснюється через п'ятиконтактний штирьовий роз'єм X12. Фільтрацію забезпечує конденсатор C20.

Для потенційного підключення адресної світлодіодної стрічки на кілька світлодіодів передбачено триконтактний штирьовий роз'єм X11 з фільтруючим конденсатором C21.

Підключення дисплея здійснюється через сімиконтактний штирьовий роз'єм X15. Конденсатор C19 відповідає за фільтрацію. Керування яскравістю реалізовано за допомогою транзистора VT3, резистори R16 та R17 відповідають за обмеження струму та підтягування відповідно.

Підключення між основною платою та док-станцією здійснюється через роз'єм X2 типу RJ-45 (Ethernet), який має два силові та шість сигнальних контактів. Для фільтрації використовуються конденсатори C6 і C7.

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ СИСТЕМИ

Під час проєктування пристрою вибір електронних компонентів здійснювався з урахуванням їх доступності на ринку, відповідності технічним вимогам, а також оптимального співвідношення функціональності та вартості.

У ролі центрального обчислювального та керуючого елемента системи було обрано МК Atmega328P [9] від компанії Atmel у корпусі TQFP-32. Він має усі необхідні інтерфейси (I2C, UART, SPI) для реалізації архітектури пристрою, характеризується низьким енергоспоживанням, компактними розмірами, простотою у програмуванні та налагодженні, а також високою надійністю, що робить його оптимальним вибором для керування системою. Корпус представлено на рисунку 3.1.

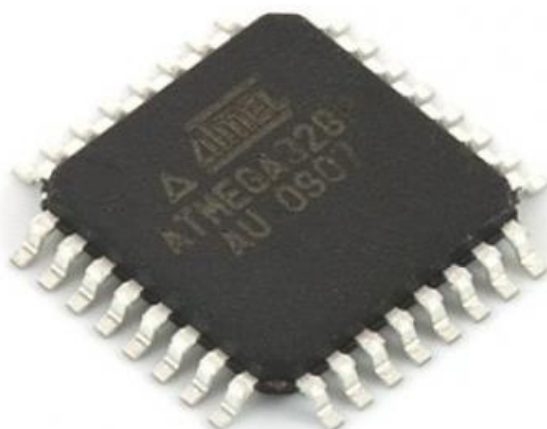


Рисунок 3.1 – МК Atmega328P [9]

Для вимірювання напруги та струму в трьох незалежних каналах живлення застосовано ІМС INA226 [10] від компанії Texas Instruments у корпусі MSOP-10. Завдяки вбудованому АЦП вона дозволяє здійснювати високоточний вимір електричних параметрів без додаткового навантаження на основний МК. Передача даних здійснюється через інтерфейс I2C. Мікросхема має низький струм споживання, доступну ціну та зручна для інтеграції. Корпус представлено на рисунку 3.2.

					<i>PIIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

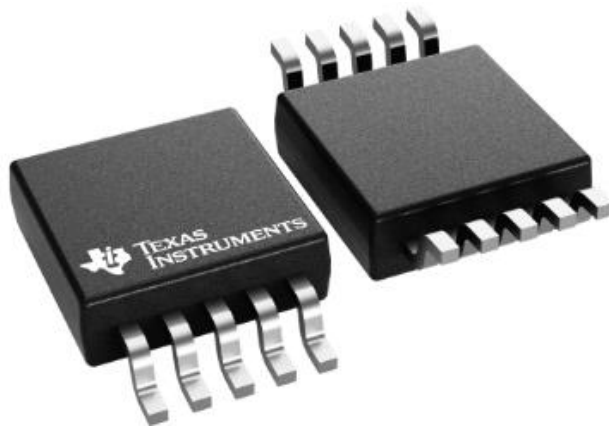


Рисунок 3.2 – ІМС INA226 [10]

Для зв'язку пристрою з комп'ютером або іншим USB пристроєм використовується ІМС СН340С від компанії WCH у корпусі SOP-16, яка вирізняється широким розповсюдженням, стабільною роботою, низькою вартістю та наявністю вбудованого кварцового резонатора, що спрощує схему. Корпус представлено на рисунку 3.3.

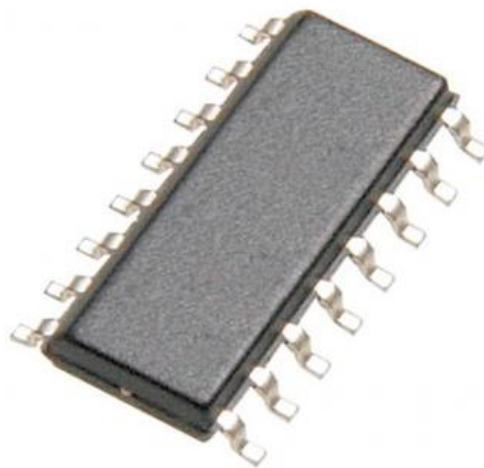


Рисунок 3.3 – ІМС СН340С [11]

Функцію контролю заряду літій-іонного акумулятора виконує ІМС CN3303 [12] від тієї ж компанії WCH у корпусі SOP-8. Вона забезпечує підвищення вхідної напруги з +5 В до +12,6 В, що дозволяє заряджати акумулятор при відсутності основного живлення, підтримує струм заряду до 2 А, є простою у використанні та доступною за ціною. Корпус представлено на рисунку 3.4

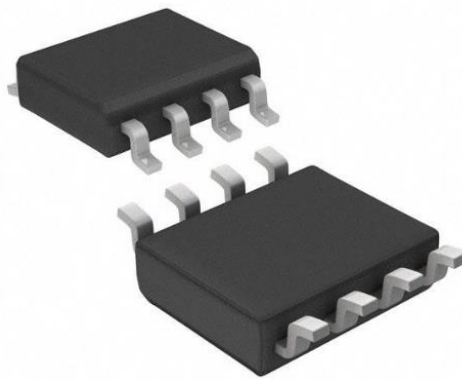


Рисунок 3.4 – ІМС CN3303 [12]

Формування стабільної напруги 5 В при роботі пристрою в режимі резервного живлення реалізовано на базі ІМС JW5068A [13] від компанії JOULWATT у корпусі QFN3х3-20. Цей компонент забезпечує високий ККД до 95%, дозволяє отримати вихідний струм до 8 А, має захист від перевантаження, компактні габарити та низьку вартість. Корпус представлено на рисунку 3.5.

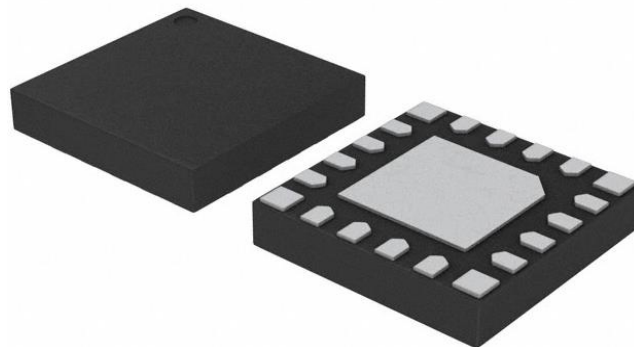


Рисунок 3.5 – ІМС JW5068A [13]

Для реалізації функції годинника реального часу в системі використано ІМС DS1307Z [14] від компанії Maxim Integrated у корпусі SO-8. Основною перевагою даного рішення є можливість автономної роботи за рахунок підключення зовнішнього джерела живлення (батарейки CR2032, +3 В), що дозволяє зберігати актуальні показники дати та часу у разі вимкнення живлення основної системи. Мікросхема працює через інтерфейс I2C та має низьку вартість. Корпус представлено на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – ІМС DS1307Z [14]

Для генерації напруги +24 В, необхідної для живлення підсвітки загальної кнопки ввімкнення системи, застосовано ІМС підвищувального перетворювача MT3608 [15] від компанії Aerosemi Technology. Вона забезпечує підвищення вхідної напруги з +5 В до +24 В зі струмом навантаження до 50 мА. Завдяки високому коефіцієнту корисної дії (до 97%), компактним розмірам та низькій вартості, дана мікросхема є оптимальним рішенням для створення допоміжного високовольтного джерела для малопотужного навантаження. Корпус представлено на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – ІМС MT3608 [15]

Для МК Atmega328P як джерело тактових імпульсів використано кварцевий резонатор CSTCE16M0V53Z-R0 [16] від компанії Murata. Цей резонатор має частоту 16 МГц, виконаний у корпусі для поверхневого монтажу, відзначається компактними розмірами, наявністю вбудованих конденсаторів і низькою вартістю. Корпус представлено на рисунку 3.8.

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.8 – Кварцевий резонатор CSTCE16M0V53Z-R0 [16]

Для годинника реального часу DS1307Z використано кварцевий резонатор Q32.768KHz-12.5-20i [17] від компанії WTL з частотою трактування 32,768 кГц. Він також має корпус для поверхневого монтажу, компактні габарити, вбудовані конденсатори та низьку ціну. Усі ці характеристики роблять його оптимальним вибором для роботи з мікросхемами реального часу, що потребують точного та стабільного джерела тактових імпульсів. Корпус представлено на рисунку 3.9.



Рисунок 3.9 – Кварцевий резонатор Q32.768KHz-12.5-20i [17]

Як лінійний стабілізатор напруги +5 В використано ІМС AMS1117-5.0 [18] від компанії UMW у корпусі SOT-223. Це стандартний стабілізатор з вихідною напругою +5 В і максимальним струмом навантаження до 1 А, чого цілком достатньо для живлення електронних компонентів системи згідно з їх споживаним струмом. Простота та доступність роблять цю ІМС надійним рішенням. Корпус представлено на рисунку 3.10.

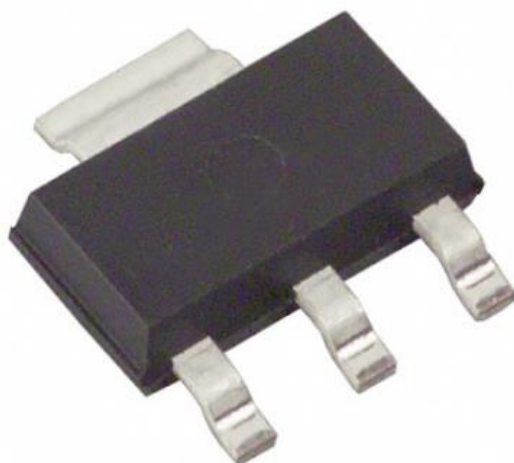


Рисунок 3.10 – ІМС AMS1117-5.0 [18]

Для підключення резервної батареї CR2032 у схемі застосовано тримач KLS5-CR2032-01 [19] від компанії KLS. Він має невеликі габарити, просту конструкцію і низьку вартість, що робить його зручним та економічно вигідним вибором для використання. Вигляд представлено на рисунку 3.11.



Рисунок 3.11 – Тримач батареї CR2032 KLS5-CR2032-01 [19]

У ролі силових реле на вході схеми використано SRA-05VDC-CL [20] виробництва компанії SONGLE. Ці реле мають високу комутаційну здатність (до 20 А при напрузі 14 В), компактні розміри, доступну вартість та керування напругою +5 В при споживаному струмі близько 60 мА, що дозволяє ефективно керувати живленням у системі. Корпус представлено на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 – Реле SRA-05VDC-CL [20]

Для забезпечення роботи перетворювача JW5068A використано котушку індуктивності SWRH1004B-2R2NT [21] від компанії Sunlord з індуктивністю 2,2 мкГн. Цей компонент повністю відповідає технічним вимогам виробника перетворювача та має невелику вартість, що робить його доцільним вибором у даній схемі. Корпус представлено на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 – Котушка індуктивності SWRH1004B-2R2NT [21]

У схемі підвищення напруги за допомогою перетворювача MT3608 використовується індуктивність SWRH0703B-220MT [21] від компанії Sunlord з індуктивністю 22 мкГн. Компонент обрано відповідно до рекомендацій виробника та має невелику вартість, що робить його доцільним вибором у даній схемі. Корпус представлено на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14 – Котушка індуктивності SWRH0703B-220MT [21]

Для зарядного модуля на базі ІМС CN3303 обрано котушку індуктивності SWRH704B-3R3MT [21] від компанії Sunlord з індуктивністю 3,3 мкГн. Компонент відповідає вимогам технічної документації на CN3303, забезпечує стабільну роботу схеми заряджання акумулятора і має низьку вартість. Корпус котушки індуктивності зображено на рисунку 3.14.

У якості захисного елемента від імпульсів самоіндукції реле використовується супершвидкий діод FR157 [22] від компанії MİC у корпусі DO-15. Його характеристики повністю відповідають умовам експлуатації, забезпечуючи надійний захист керуючої електроніки від високовольтних імпульсів при вимкненні реле. Корпус представлено на рисунку 3.15.



Рисунок 3.15 – Супершвидкий діод FR157 [22]

					<i>PI</i> n21.469538.001 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У схемі зарядки на базі ІМС CN3303 застосовано діод Шотткі SS34B [23] від компанії MISC у корпусі DO-214AA. Цей діод забезпечує низьке пряме падіння напруги, високу швидкодію, має малу ціну та відповідає вимогам технічної документації на CN3303. Корпус представлено на рисунку 3.16.



Рисунок 3.16 – Діод Шотткі SS34B [23]

Для роботи ІМС DS1307Z використовується супершвидкий діод LL4148 [24] від компанії SEMTECH у корпусі SOD-80. Його вибір обумовлений відповідністю рекомендаціям виробника та необхідністю забезпечити достатнє падіння напруги для зарядки батарейки CR2032. Корпус представлено на рисунку 3.17.



Рисунок 3.17 – Діод LL4148 [24]

У схемі перетворювача MT3608 використано діод Шотткі SS34 [25] від компанії TOSHIBA у корпусі DO-214AB. Він задовольняє вимоги щодо швидкодії та струму, необхідного для ефективної роботи підвищувального перетворювача. Корпус представлено на рисунку 3.18.

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.18 – Діод Шотткі SS34 [25]

Для коректної роботи схеми резервного живлення, а саме відокремлення навантаження, використовується випрямний діод 1N4007 [26] від компанії MISC у корпусі DO-41. Його високий струмовий ресурс, доступність і відповідність технічним характеристикам схеми роблять його оптимальним вибором для забезпечення стабільної роботи схеми. Корпус представлено на рисунку 3.19.



Рисунок 3.19 – Діод 1N4007 [26]

В якості силового транзистора схеми вводу резервного живлення використано транзистор AUIRF9540N [27] від компанії Infineon в корпусі TO-220. Піковий струм становить 23 А, опір відкритого каналу 0,1 Ом, максимальна розсіювана потужність 140 Вт, завдяки таким параметрам він є оптимальним вибором для роботи в схемі. Корпус представлено на рисунку 3.20.

					<i>PI</i> n21.469538.001 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

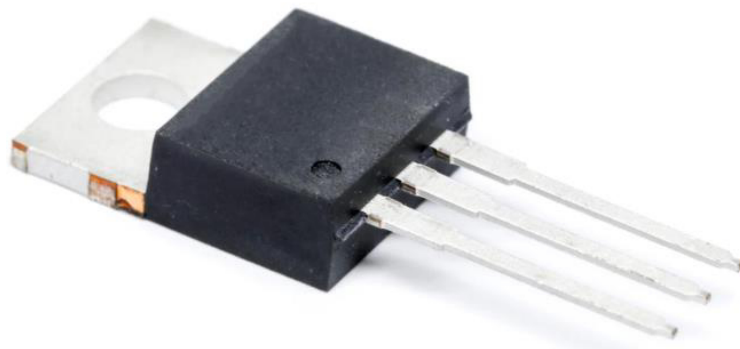


Рисунок 3.20 – Транзистор AUIRF9540N [27]

В якості сигнального транзистора схеми вводу резервного живлення використано транзистор IRF520NS [28] від компанії International Rectifier в корпусі TO-263. Має малу вартість, корпус для поверхневого монтажу та параметри, які задовільняють умови роботи схеми, можна вважати оптимальним вибором, але можна обрати менш потужний N-канальний транзистор. Корпус представлено на рисунку 3.21.



Рисунок 3.21 – Транзистор IRF520NS [28]

Для захисту від подачі невірної полярності використано транзистор АОЗ401А [29] від компанії Alpha & Omega в корпусі SOT23. Транзистор має корпус для поверхневого монтажу, необхідні параметри номінального струму та напруги, які складають +30 В та 4 А, має малу вартість, розповсюдженість та підходить для реалізації ефективного захисту, тому є оптимальним та доцільним вибором. Корпус представлено на рисунку 3.22.

					<i>PI</i> n21.469538.001 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.22 – Транзистор АО3401А [29]

В якості силових транзисторів для керування LED-стрічками використано AOD4148 [30] від компанії Alpha & Omega в корпусі TO-252. Мають максимальний струм до 40 А та напругу +40 В, керуються логічним рівнем +5 В, мають низьку вартість та корпус для поверхневого монтажу. Є оптимальними для керування навантаженням з напругою +12 В та струмом до 5 А без додаткового охолодження. Зображення корпусу представлено на рисунку 3.23.

В якості силових транзисторів для керування ARGB-стрічками використано AOD403 [31] від компанії Alpha & Omega в корпусі TO-252. Мають гірші характеристики ніж попередній (струм до 15 А та напруга до 30 В), керуються логічним рівнем +5 В. Є оптимальним для керування навантаженням з максимальним струмом до 7 А та напругою 5 В без додаткового охолодження. Корпус представлено на рисунку 3.23

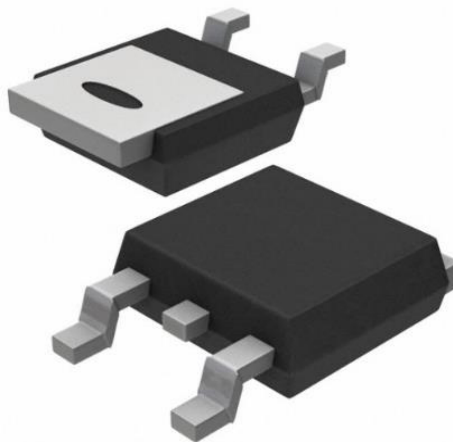


Рисунок 3.23 – Корпус TO-252 [32]

					PIn21.469538.001 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В якості транзистора для керування підсвіткою дисплея використано АО3400 [33] від компанії Nottech в корпус SOT23. Він має параметри максимального струму до 5,8 А, та напруги +30 В, має малу вартість, корпус для поверхневого монтажу та керується логічним рівнем +5 В. Є оптимальним рішенням для керування підсвіткою з напругою +5 В та струмом до 300 мА. Корпус зображено на рисунку 3.22.

Усі SMD резистори та конденсатори були обрані типорозміру 0805 з міркувань того, що цей типорозмір представляє з себе баланс між компактністю, зручністю монтажу, найдійнішою та електричними параметрами.

Усі SMD резистори мають потужність 0,125 Вт, такий вибір обумовлено тим, що в даній схемі немає кола де виконується обмеження великих значень струму. Основним виробником резисторів обрано компанію Hitano, компанія Panasonic обрана додатково, оскільки в компанії Hitano немає резисторів опором 0,033 Ом. Номінали резисторів обирались з рекомендованих значень виробників для типових схем включення компонентів.

В якості шунтових резисторів, необхідних в вузлі виміру струму використовуються CSR-1.2-R005 [34] від компанії SR Passive. Розраховані на струм до 15 А, мають низьку вартість та зберігають стабільне значення опору при нагріванні, тому є оптимальним вибором в якості шунтів. Шунт представлено на рисунку 3.24.



Рисунок 3.24 – Шунт CSR-1.2-R005 [34]

В якості потенціометра для налаштування вихідної напруги перетворювача на базі MT3608 обрано KLS4-3296W-104 [35] від компанії KLS. Номінал потенціометра становить 100 кОм з потужністю 0,5 Вт, має малу ціну, багатооборотний, що дозволяє точно налаштувати вихідну напругу. Корпус представлено на рисунку 3.25.

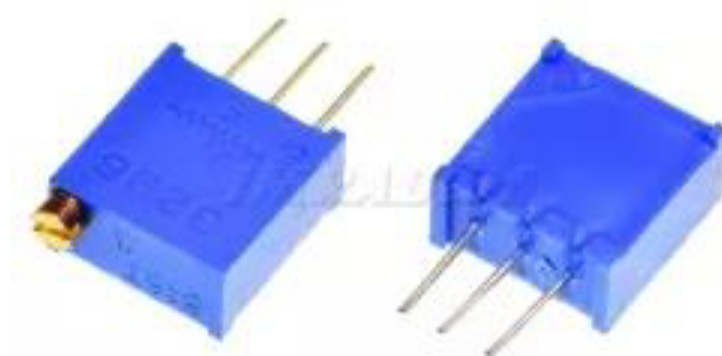


Рисунок 3.25 – Потенціометр KLS4-3296W-104 [35]

Усі SMD конденсатори від компанії Hitano та Samsung. Наявність конденсаторів від Samsung обумовлена тим, що в компанії Hitano не виявилось конденсаторів типорозміру 0805 з ємністю 22 мкФ. Усі номінали ємності обирались з рекомендованих або широковживаних значень для типових схем включення компонентів, різні номінали напруг обирались з запасом та з метою здешевлення.

Для вибору електролітичних конденсаторів було проаналізовано чотири популярні виробники на українському ринку: Panasonic, Rubycon, Jamicon та Hitano, при виборі ураховувалися наступні критерії:

- Надійність та довговічність;
- Температурний діапазон експлуатації;
- Цінова доступність;
- Наявність на ринку.

Результати порівняння занесено в таблицю 3.1.

					PIn21.469538.001 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Порівняння електролітичних конденсаторів

Параметр	Panasonic	Rubycon	Jamicon	Hitano
Країна-виробник	Японія	Японія	Тайвань	Тайвань
Надійність	Дуже висока	Висока	Середня	Середня/висока
Термін служби	До 10000 годин	До 8000 годин	До 3000 годин	До 5000 годин
Робоча температура	До 105 °C	До 105 °C	До 105 °C	До 105 °C
Ціна	Висока	Висока	Низька	Низька
Доступність в Україні	Обмежена	Обмежена	Висока	Висока

Отже, хоча відомі бренди, такі як Panasonic та Rubycon, мають чудові характеристики, їх ціна та обмежена доступність на ринку можуть бути критичними факторами в умовах обмеженого бюджету та термінів реалізації проекту.

Hitano є виробником із Тайваню, який спеціалізується на доступних рішеннях у сегменті пасивних компонентів. Продукція цієї марки має прийнятну якість, стабільні робочі характеристики, відповідає міжнародним стандартам та має високу доступність. Виходячи з цього, Hitano є компромісом між якістю, доступністю та вартістю.

В якості згладжувального електролітичного конденсатора на входах роз'ємів для підключення LED та ARGB стрічок обрано конденсатор EHR102M25BA [36] від компанії Hitano. Номінальна напруга становить +25 В та ємність 1000 мкФ, діаметр 10 мм, висота 21 мм, крок виводів 5 мм. Значення напруги конденсатора обрано з запасом. Корпус представлено на рисунку 3.26.



Рисунок 3.26 – Конденсатор електролітичний EHR102M25BA [36]

В якості згладжувального електролітичного конденсатора на входах роз'ємів для підключення термісторів обрано конденсатор EFH101M16B [37] від компанії Hitano, з номінальною напругою +16 В та ємністю 100 мкФ. Величина напруги на входах становить +5 В значення в +16 В було обране з запасом. Корпус представлено на рисунку 3.27.



Рисунок 3.27 – Конденсатор електролітичний EFH101M16B [37]

Отже, в результаті було обрано основні електричні компоненти, які необхідні для створення електричного модуля основної плати та плати док-станції.

					PIn21.469538.001 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

4.1 Визначення габаритів друкованих плат

Мінімальна площа друкованої плати є одним з основних параметрів, який потрібно визначити на початковому етапі проектування. Саме від цієї площі залежить, чи зможуть бути розміщені всі необхідні електронні компоненти на платі, а також наскільки зручно і ефективно вдасться виконати трасування контактних доріжок.

Під мінімальною мається на увазі орієнтовна розрахункова площа, яка забезпечує функціональність і фізичне розміщення елементів. Однак у практиці проектування завжди потрібно залишати запас простору — для трасування, електричних розв'язок, зон живлення, а також для розміщення кріпильних отворів.

Розрахунок мінімальної площі базується на сумі площ усіх електронних компонентів, які будуть розміщені на платі. При цьому необхідно враховувати не лише геометричні габарити самих елементів, а й складність їх підключення, яка залежить від кількості виводів. Чим більше виводів має компонент, тим більше місця потрібно для прокладання доріжок навколо нього. Для врахування цього фактору застосовуються коефіцієнти, що збільшують площу кожного елемента залежно від кількості його виводів.

На основі переліку елементів для кожної з друкованих плат складено таблиці з розмірами компонентів, їх площею та загальною площею з застосуванням коефіцієнтів, кожену площу компонента було помножено на відповідний коефіцієнт. Наприклад, для компонентів з невеликою кількістю виводів (до трьох) коефіцієнт дорівнює 1, тоді як для складніших елементів з великою кількістю виводів коефіцієнт збільшується до 1,5, 2 або 3, такий підхід дозволяє більш точно оцінити реальну площу для встановлення кожного компонента та виконання трасування.

Відповідні розрахунки та таблиці для обох друкованих плат наведені в додатку В.

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі проведених розрахунків мінімальна площа, необхідна для розміщення всіх компонентів основної плати, становить 8938,6 мм², а для плати док-станції — 2244,2 мм². Таким чином, компоненти основної плати можна було б розмістити на квадратній платі з розмірами приблизно 95×95 мм, а компоненти док-станції — на платі розміром 47×47 мм.

Однак у процесі проектування, після розміщення електронних компонентів та отворів кріплення, було прийнято рішення змінити габаритні розміри друкованих плат. Це було зроблено для забезпечення зручнішого трасування, розміщення елементів та врахування особливостей монтажу в корпусі. У результаті розміри плати док-станції були збільшені до 66×40 мм, а основної плати — до 134×127 мм.

4.2 Вибір матеріалу основи друкованих плат

Для друкованих плат було обрано найбільше поширений в застосуванні фольгований склотекстоліт FR-4 1oz / 1oz – 1,6. Він має високу хімічну, механічну стійкість, довговічність та хорошу термостійкість.

4.3 Вибір методу виготовлення друкованих плат

Для виготовлення друкованих плат було обрано комбінований негативний метод, який є одним із найбільш поширених і ефективних способів створення двосторонніх друкованих плат.

Цей метод поєднує в собі переваги хімічної та фотолітографічної обробки, що забезпечує високу точність формування провідникових доріжок і надійність ізоляції між ними. Його особливість полягає в тому, що ділянки, які не повинні бути травлені, захищаються фоторезистом, у той час як решта фольги видаляється хімічним шляхом. Завдяки тому, що фольга залишається на діелектрику протягом усіх основних етапів виготовлення, підкладка надійно захищена від агресивного впливу травильних розчинів, що значно підвищує ізоляційні властивості плати.

					PIn21.469538.001 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також завдяки точності, з якою формуються провідники, комбінований негативний метод дозволяє реалізовувати схеми з високою щільністю компонування, що є важливим для сучасних електронних пристроїв.

4.4 Вибір класу точності друкованих плат

При проектуванні друкованих плат було обрано 5 клас точності. П'ятий клас точності є оптимальним для виготовлення більшості сучасних побутових, промислових та мікроконтролерних пристроїв, у яких не застосовуються наддрібні компоненти з дуже високою щільністю монтажу. Він дозволяє реалізувати провідникові доріжки шириною від 0,2 мм та міждоріжкові зазори від 0,2 мм, що цілком достатньо для стандартних SMD компонентів, а також для монтажу ІМС у корпусах типу SOIC, DIP, QFP тощо.

4.5 Розрахунок параметрів провідників

Вибір ширини друкованих провідників базується на рівні напруги, що подається на відповідні ділянки схеми, силі струму, який протікає через ці провідники, а також на товщині металізації. У нашому випадку для розрахунків прийнято стандартну товщину металізації 35 мкм (1 oz), яка є типовою для двосторонніх друкованих плат.

Виходячи з електричної принципової схеми основної плати РІп21.469538.001 ЕЗ та схеми док-станції РІп21.469538.002 ЕЗ, було визначено критичні лінії, для яких необхідно виконати розрахунок ширини провідників з урахуванням максимальних робочих струмів. Для основної плати маємо силові та сигнальні лінії з наступними навантаженнями:

- лінія 12,6 В (живлення від АКБ) – максимальний струм 10 А;
- лінія 12 В – максимальний струм 12 А;
- лінія 5 В (основне навантаження) – максимальний струм 20 А;
- лінія 5 В – максимальний струм 1 А;
- сигнальна лінія 5 В – максимальний струм 0,2 А.

					<i>РІп21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для док-станції маємо наступні силові та сигнальні лінії:

- силова лінія 5 В – максимальний струм 0,8 А
- сигнальна лінія 5 В – максимальний струм 0,2 А

Розрахунок мінімально допустимої ширини провідників здійснено з використанням онлайн-калькулятора PCB Trace Width Calculator [38], який враховує не лише струм і товщину металу, а й допустимий температурний приріст, який в розрахунку прийнято за 20 °С. Це дозволяє забезпечити надійність та безпечну експлуатацію друкованої плати при номінальних режимах роботи.

Результати розрахунку мінімальних ширин провідників та мінімального зазору між ними для різних ліній схем основної плати та док-станції зображено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Ширини провідників та мінімальний зазор між ними

Тип лінії	Напруга, В	Струм, А	Ширина провідника, мм		Зазор, мм
			У вузькому	У широкому	
Силова	12.6	10	4.7	4,7	0,2
Силова	12	12	6	6	
Силова	5	20	12,3	12,3	
Силова	5	1	0,2	0,2	
Сигнальна	5	0,2	0,15	0,15	
Док-станція					
Силова	5	1	0,2	0,2	0,2
Сигнальна	5	0,2	0,15	0,15	

4.6 Трасування провідників

Трасування провідників виконано у середовищі автоматизованого проектування Altium Designer [39]. Розміщення компонентів здійснювалося з урахуванням зручності підключення до зовнішніх елементів, конструктивних особливостей корпусів, а також для чіткого розділення логічної та силової частин плати, що сприяє зменшенню перешкод і підвищує надійність роботи пристрою.

Відповідно до попередніх розрахунків, для силових ліній основної плати були визначені мінімальні допустимі ширини провідників, які виявилися досить значними через високі струми.

З метою дотримання цих параметрів, частина силових доріжок прокладалася з обох боків плати та поєднувалася за допомогою перехідних отворів, що дозволило знизити питомий опір та підвищити струмонесучу здатність провідників. Зокрема, для лінії живлення +5 В із максимальним струмом 20 А було передбачено додаткове лудіння доріжок на нижньому шарі плати.

Результати трасування основної плати наведено на рисунках 4.1 – верхній шар, 4.2 – нижній шар та 4.3 – топологія основної плати.

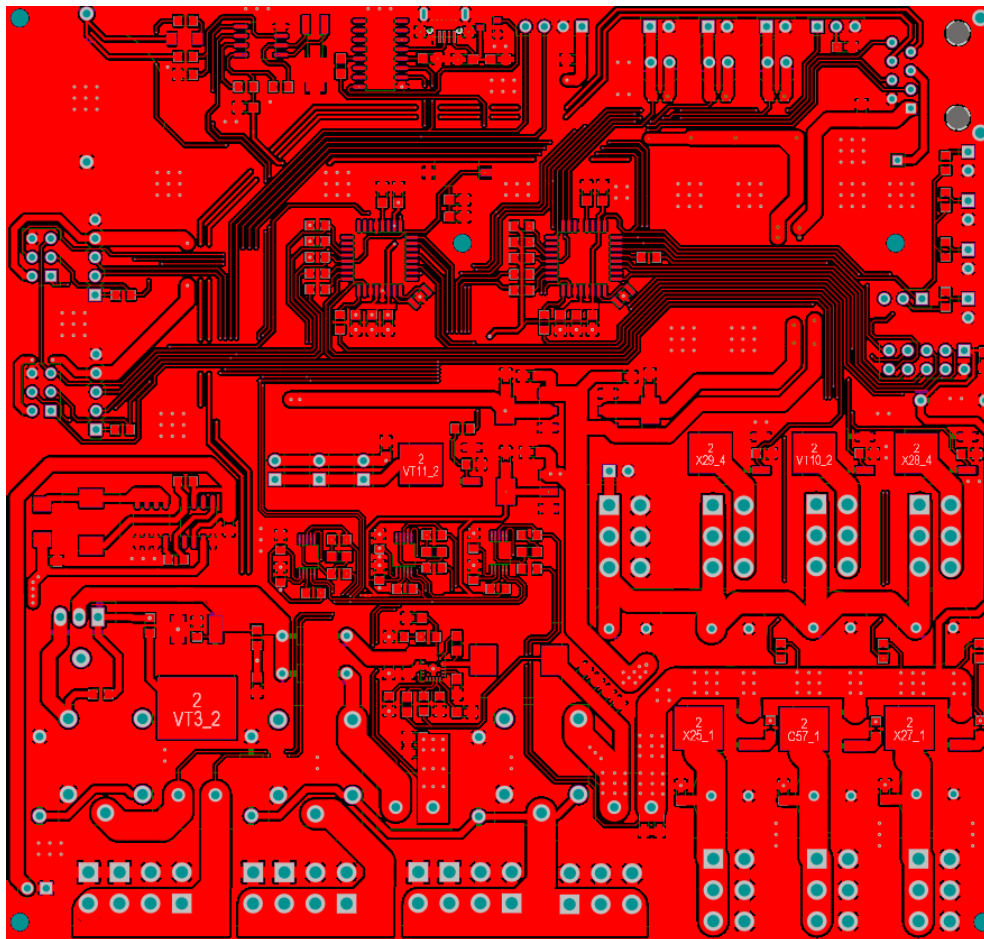


Рисунок 4.1 – Основна плата системи розумного будинку, верхній шар

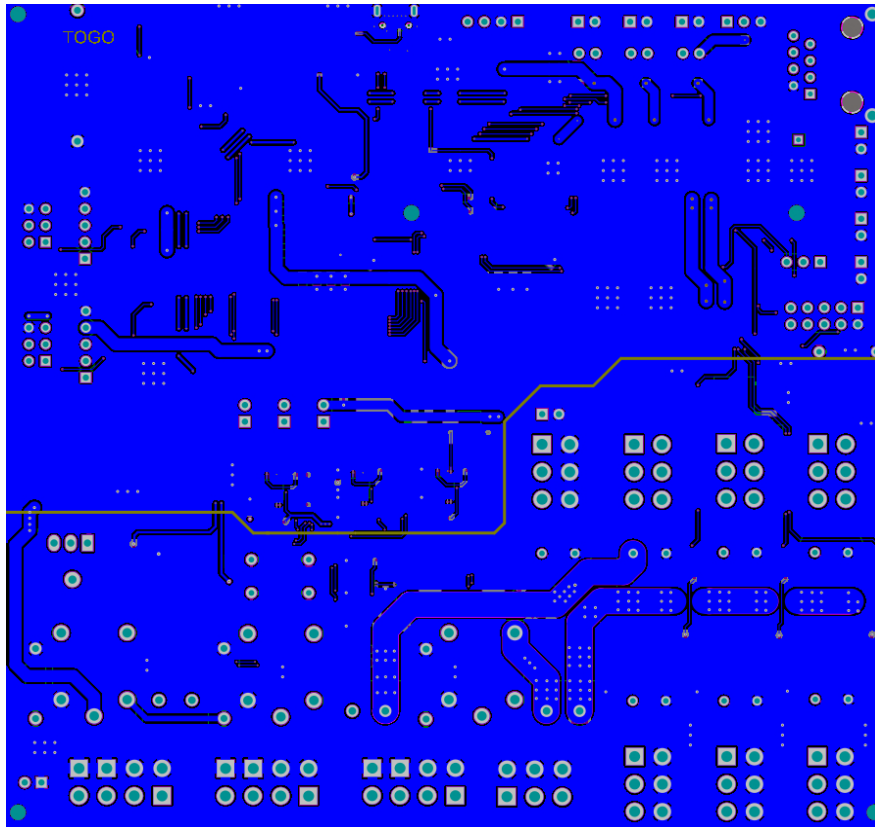


Рисунок 4.2 – Основна плата системи розумного будинку, нижній шар

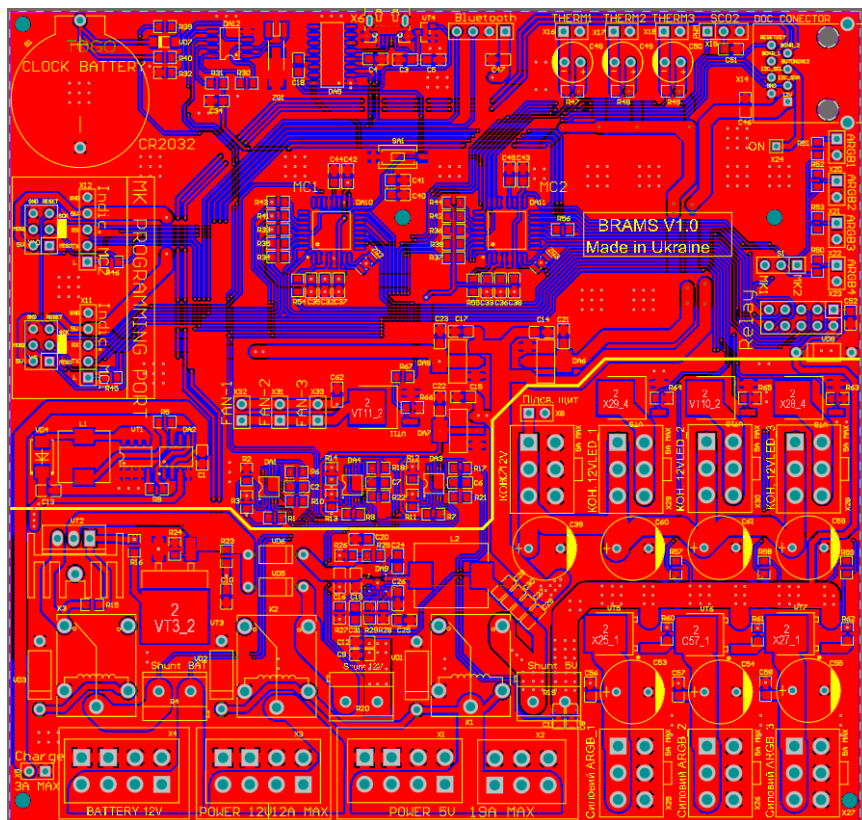


Рисунок 4.3 – Топологія основної плати системи розумного будинку

Результати трасування плати док-станції наведено на рисунках 4.4 – верхній шар, 4.5 – нижній шар та 4.6 – топологія.

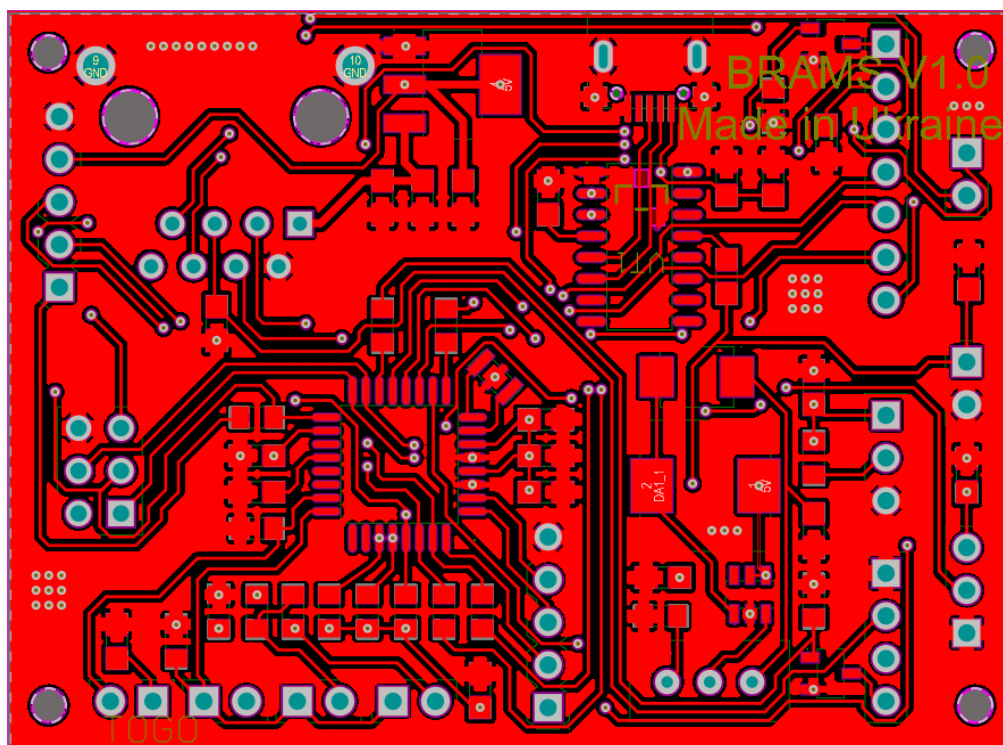


Рисунок 4.4 – Док-станція системи розумного будинку, верхній шар

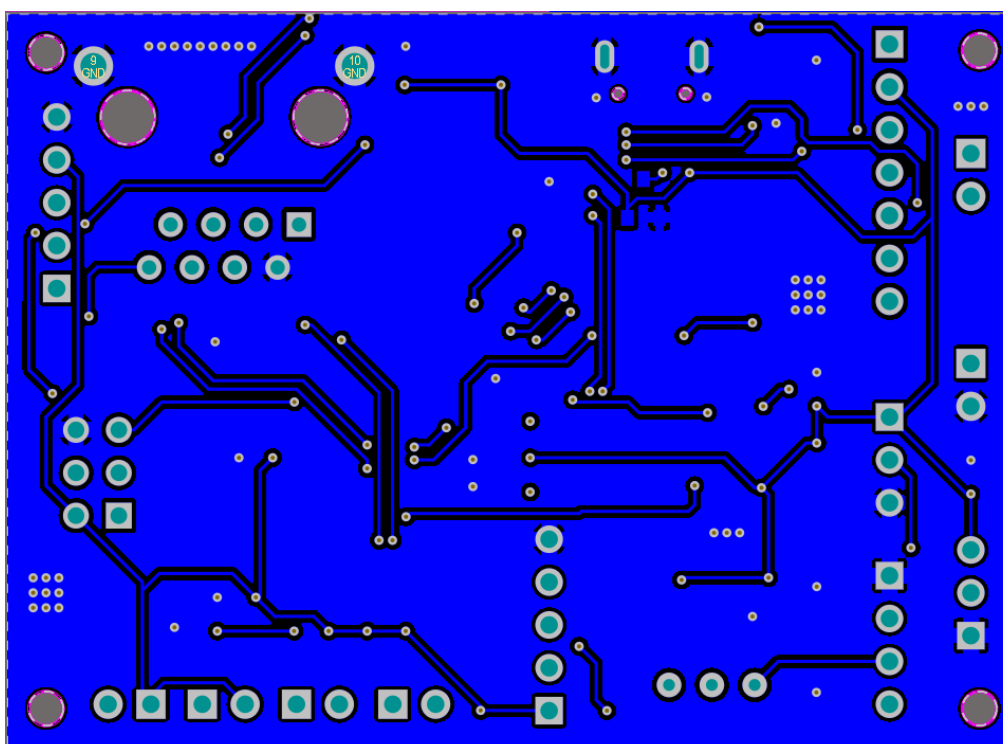


Рисунок 4.5 – Док-станція системи розумного будинку, нижній шар

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PIn21.469538.001 ПЗ

Арк.

51

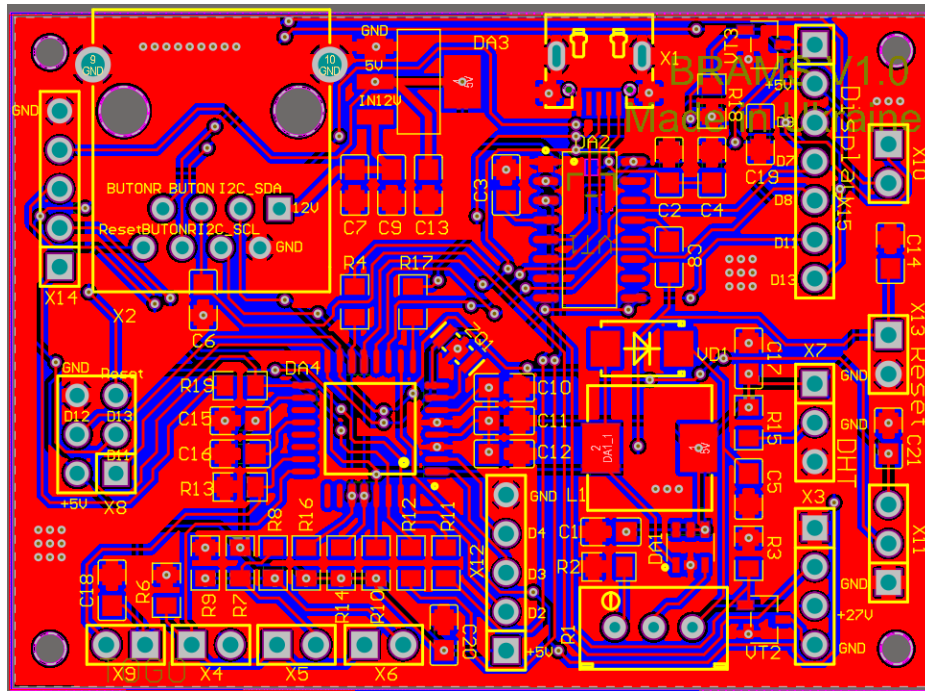


Рисунок 4.6 – Топологія плати док-станції системи розумного будинку

Для розуміння орієнтовного вигляду розроблених друкованих плат розглянемо вигляд в 3D. Основна плата в 3D зображена на рисунку 4.7 та плата док-станції на рисунку 4.8.

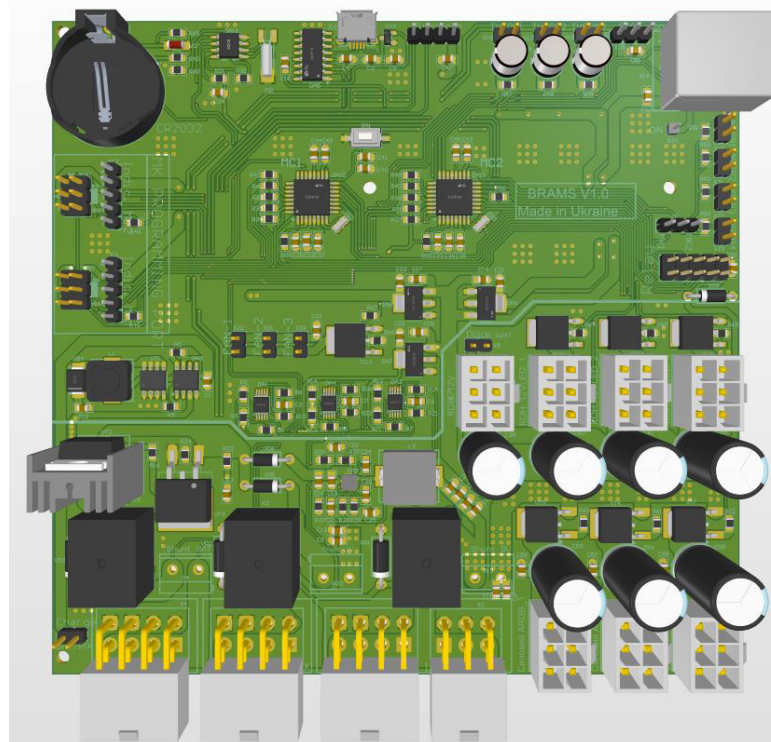


Рисунок 4.7 – Основна плата системи розумного будинку, 3D вигляд

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PIн21.469538.001 ПЗ

Арк.
52

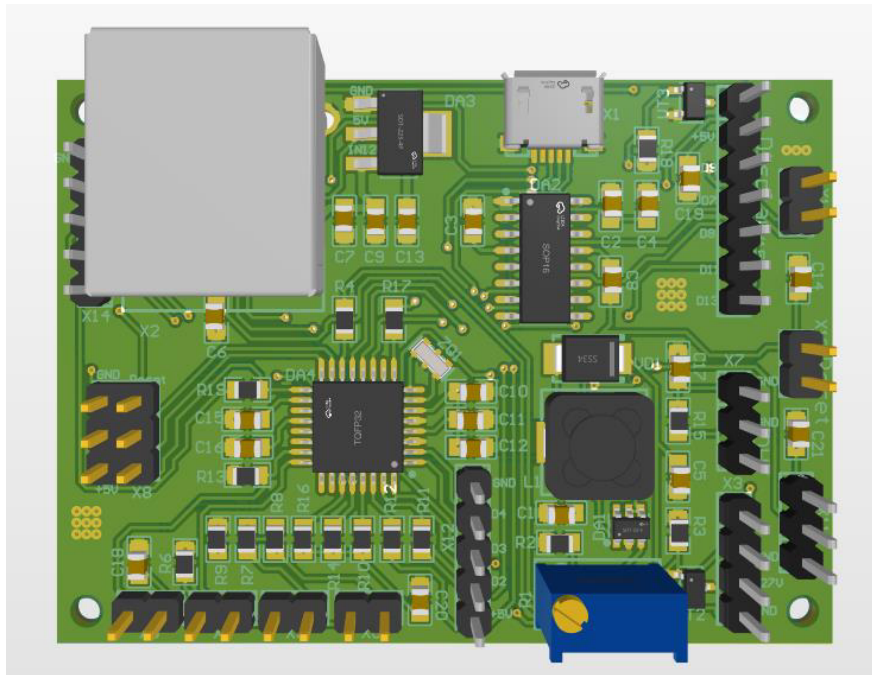


Рисунок 4.8 – Плата док-станції системи розумного будинку, 3D вигляд

На завершальному етапі розробки було сформовано повний комплект Gerber-файлів для друкованих плат, які були передані до виробника JLPCSB [40] для виготовлення.

Виготовлені друковані плати з установленими компонентами представлені на рисунках 4.9 та 4.10.

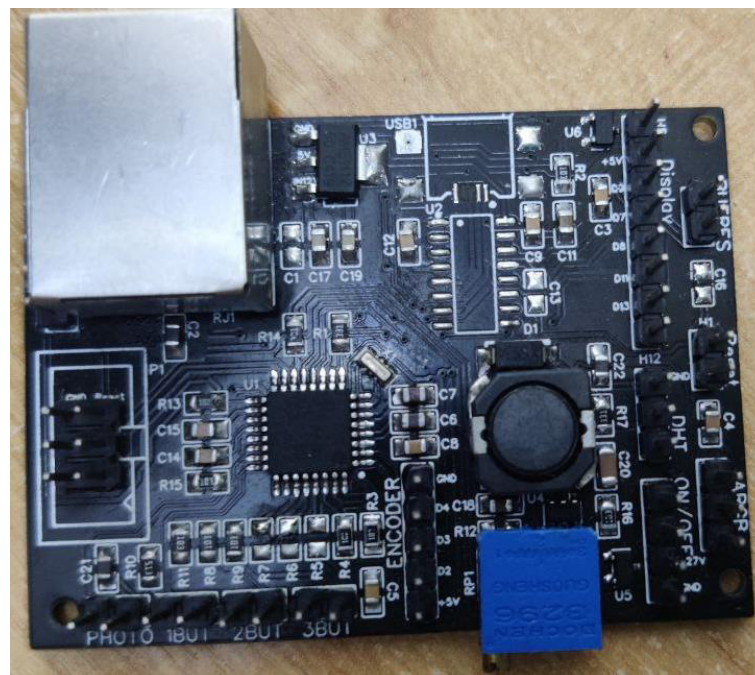


Рисунок 4.9 – Виготовлена плата док-станції з установленими компонентами

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PIIn21.469538.001 ПЗ

Арк.
53

$$\lambda_i = \lambda_{0i} k_1 k_2 k_3 k_4 \alpha(T, k_H). \quad (4.1)$$

де λ_{0i} – номінальна інтенсивність відмови i -го елемента, обирається з довідника;

k_1, k_2 – поправочний коефіцієнт в залежності від дії механічних факторів (удари та вібрації);

k_3 – поправочний коефіцієнт в залежності від дії температури та вологості;

k_4 – поправочний коефіцієнт в залежності від дії атмосферного тиску;

$\alpha(T, k_H)$ – поправочний коефіцієнт в залежності від температури T та коефіцієнта навантаження k_H .

З урахуванням зовнішніх впливів, теплових та електричних навантажень елементів виробу розрахунок проводиться за формулами 4.2-4.4.

$$\lambda_c = K_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j, \quad (4.2)$$

$$K_\lambda = K_{\lambda 1} K_{\lambda 2} K_{\lambda 3}, \quad (4.3)$$

$$\lambda_j = \alpha \lambda_{0j}. \quad (4.4)$$

де K_λ – поправочний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації;

m – кількість груп рівнонадійних елементів;

λ_j – інтенсивність відмови елементів j -ї рівнонадійної групи при експлуатації в заданих умовах;

N_j – кількість елементів j -тої групи;

$K_{\lambda 1}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив механічних факторів;

$K_{\lambda 2}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив кліматичних факторів;

$K_{\lambda 3}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує умови роботи при зниженому атмосферному тиску;

α – поправочний коефіцієнт інтенсивності відмов елементів j -ї групи, що враховує вплив температури та електричне навантаження елемента;

λ_{0j} – інтенсивність відмов елементів j -ї групи.

					<i>РІН21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідні значення взяті з таблиць в довідниках. [42]

Виходячи із умов експлуатації, знаходимо значення поправочних коефіцієнтів:

$K_{\lambda 1} = 1,07$ – стаціонарні умови експлуатації;

$K_{\lambda 2} = 1$ – вологість 60-70 % і температура 20-40 °С;

$K_{\lambda 3} = 1$ – висота 0-1 км.

З врахуванням формули 5.3 маємо:

$$K_{\lambda} = 1,07 \cdot 1 \cdot 1 = 1,07.$$

Всі необхідні дані та розраховані значення для основної плати внесено до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Дані для розрахунку надійності основної плати

Елементи схеми	N_j , шт.	$\lambda_{0j} \cdot 10^{-6}$, год ⁻¹	k_n	α	$\lambda_c \cdot 10^{-6}$, год ⁻¹
Конденсатори електролітичні	10	0,6	0,7	0,65	4,17
Конденсатори керамічні	32	0,04	0,7	0,27	0,37
Резистори	67	0,2	0,5	0,42	6,02
Кварцеві резонатори	3	0,1	-	-	0,32
Мікросхеми	12	0,22	0,7	0,85	2,40
Терморезистори	3	0,1	0,5	0,10	0,03
Реле	3	0,5	0,7	1,04	1,66
Кнопки	1	0,16	0,5	0,42	0,07
Транзистори	10	0,3	0,8	0,63	2,02
Діоди	8	0,85	0,7	0,85	6,18
Котушки індуктивності	2	0,4	0,8	0,84	0,71
Роз'єми	31	0,3	0,5	1,0	9,95
Друкована плата	1	0,1	0,2	0,77	0,08
Пайки	624	0,01	-	-	6,67

Отже, інтенсивність відмов елементів основної плати системи розумного будинку становить: $\lambda_{c \text{ заг.}} = 40,65 \cdot 10^{-6}$. Знайдемо напрацювання на відмову, для цього скористаймося формулою 4.5.

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c}. \quad (4.5)$$

У результаті згідно формули 4.5 отримаємо:

$$T_c = \frac{1}{40,65 \cdot 10^{-6}} = 24600 \text{ (годин)}.$$

					PIn21.469538.001 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо напрацювання на відмову для плати док-станції. Всі необхідні дані та розраховані значення занесено до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Дані для розрахунку надійності плати док-станції

Елементи схеми	N_j , шт.	$\lambda_{0j} \cdot 10^{-6}$, год ⁻¹	k_n	α	$\lambda_c \cdot 10^{-6}$, год ⁻¹
Конденсатори керамічні	21	0,04	0,7	0,27	0,24
Резистори постійні	17	0,2	0,5	0,42	1,52
Резистори змінні	1	0,6	0,6	0,34	0,21
Кварцеві резонатори	1	0,1	-	-	0,10
Мікросхеми	4	0,22	0,7	0,85	0,80
Транзистори	3	0,3	0,8	0,63	0,60
Діоди	1	0,85	0,7	0,85	0,77
Котушки індуктивності	1	0,4	0,8	0,84	0,36
Роз'єми	15	0,3	0,5	1,0	4,81
Друківана плата	1	0,1	0,2	0,77	0,08
Пайки	217	0,01	-	-	2,32

Отже, інтенсивність відмов елементів плати док-станції системи розумного будинку становить: $\lambda_{c \text{ заг.}} = 11,81 \cdot 10^{-6}$. Знайдемо напрацювання на відмову, для цього скористаймося формулою 4.5.

$$T_c = \frac{1}{11,81 \cdot 10^{-6}} = 84674 \text{ (годин)}.$$

В результаті розрахунку, було отримано напрацювання на відмову для основної плати, яке склало 24600 годин та плати док-станції, 84674 години відповідно, що повністю відповідає умовам технічного завдання.

5 РОЗРОБКА КОРПУСУ І ВИГОТОВЛЕННЯ СИСТЕМИ

Корпусом для основної плати слугує стандартний електричний щит, у якому буде змонтовано всі необхідні компоненти. Для настільної док-станції готове промислове рішення відсутнє, тому виникла потреба у розробці власного корпусу. Основними вимогами до нього є компактність, естетичний зовнішній вигляд, невисока собівартість виготовлення та надійність конструкції.

Корпус повинен забезпечувати зручне розташування елементів керування, зокрема кнопки живлення, мультимедійних кнопок, кнопки активації резервного живлення, енкодера та дисплея. Для зручного зчитування інформації з дисплея передбачено встановлення його на лицьовій панелі з нахилом під кутом 70° відносно горизонтальної площини, що значно покращує ергономіку пристрою.

Вигляд отриманого корпусу без елементів керування зображено на рисунку 5.1.



Рисунок 5.1 – Корпус док-станції без елементів керування

Конструкція корпусу складається з чотирьох частин: нижньої кришки, верхньої кришки, лицьової панелі та об'єднаних бокових стінок. Виготовлення корпусу доцільно здійснювати за допомогою технології 3D-друку, як базовий матеріал обрано PLA-пластик, що має достатню міцність для побутового використання, при цьому є недорогим і доступним. Герметизація корпусу не передбачена, оскільки пристрій призначений для використання виключно в приміщенні. Для забезпечення стійкості конструкції корпус обладнаний опорними ніжками.

Нижня кришка кріпиться до стінок корпусу за допомогою гвинтів M2. У її конструкції передбачено монтажні стійки для встановлення друкованої плати док-станції, а також місця для кріплення ніжок. Верхня кришка з'єднує бокові стінки з лицьовою панеллю та також кріпиться гвинтами M2. Стінки забезпечують цілісність конструкції корпусу, а також містять відповідні вирізи під датчик DHT22 та вхідний роз'єм, який слугує для підключення до основної плати.

Вигляд корпусу з елементами керування представлено на рисунку 5.2.



Рисунок 5.2 – Корпус док-станції в зборі

Задній вигляд корпусу представлено на рисунку 5.3.



Рисунок 5.3 – Корпус док-станції, задній вигляд

Вигляд корпусу знизу представлено на рисунку 5.4.

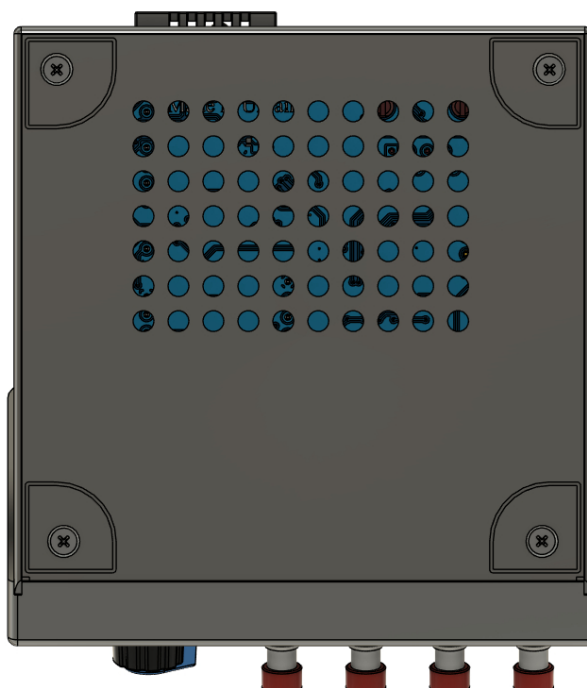


Рисунок 5.4 – Корпус док-станції, вигляд знизу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PIn21.469538.001 ПЗ

Арк.

60

Зібрана система, реалізована в фізичному вигляді, представлена на рисунках 5.5 та 5.6.



Рисунок 5.5 – Реалізована док-станція системи розумного будинку

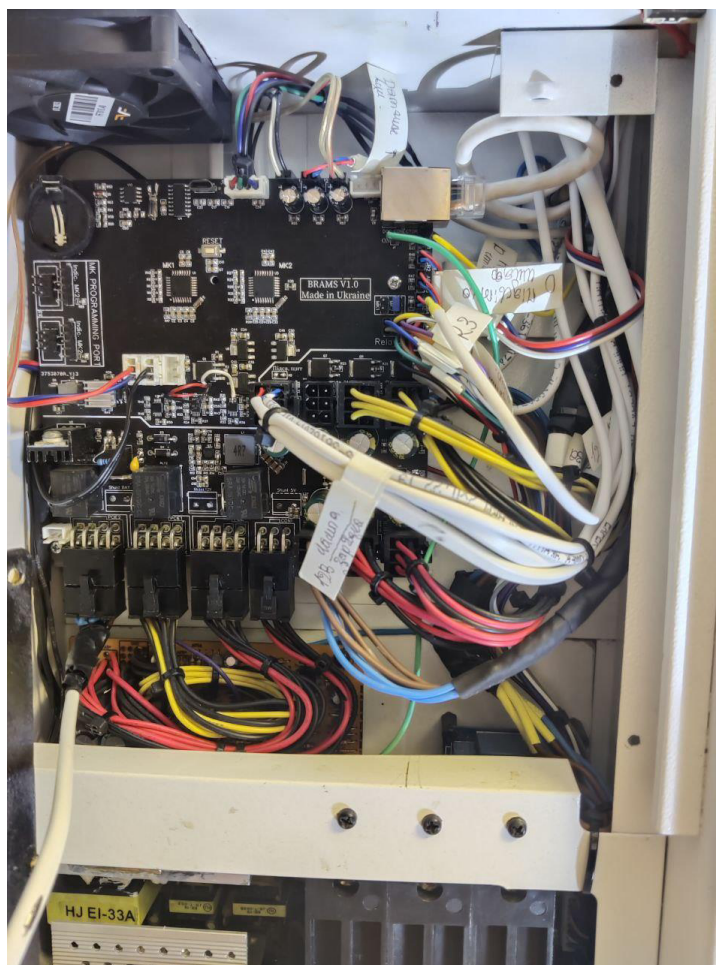


Рисунок 5.6 – Реалізована основна плата системи розумного будинку

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PIn21.469538.001 ПЗ

Арк.
61

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проєкту було проведено аналіз існуючих на ринку рішень у сфері систем розумного будинку. Результати аналізу показали, що більшість рішень не відповідають вимогам технічного завдання як за функціональністю, так і за конструктивними та електричними параметрами.

Типові системи розумного будинку представлені модульними або частковими рішеннями, які складаються з великої кількості окремих пристроїв, що взаємодіють через Wi-Fi або радіоканал, не мають підтримки ARGB-стрічок та резервного живлення. Крім того такі рішення мають високу вартість, оскільки кожен додатковий компонент системи потребує окремого придбання.

У межах проєкту було розроблено систему розумного будинку на базі мікроконтролерів Atmega328P. Рішення охоплює усі вимоги технічного завдання та реалізує функціонал централізованого контролю за освітленням, кліматичними параметрами та електроживленням. Особливу увагу приділено забезпеченню автономної роботи системи — для цього використано резервне живлення на основі літієвого акумулятора ємністю 13 600 мА·год та напругою 12,6 В.

Під час тестування NTC термістори продемонстрували точність в межах $\pm 1^\circ\text{C}$ на довжині кабелю 30 см, що повністю відповідає умовам ТЗ. Для вимірювання температури й вологості в приміщенні використано датчик DHT22 з точністю $\pm 0,5^\circ\text{C}$ та $\pm 2\%$ RH відповідно. Визначення рівня вуглекислого газу реалізовано за допомогою датчика MH-Z19B, що працює у діапазоні 0–5000 ppm.

Керування яскравістю світлодіодних стрічок організовано за допомогою ШІМ-сигналу та польових транзисторів. Повне вимкнення навантаження реалізується закриттям силових транзисторів, при цьому в стані очікування система не споживає струму. Для контролю напруги та струму по лініях живлення (+12,6 В, +12 В та +5 В) застосовано вимірювальну ІМС INA226, що дозволяє зчитувати дані без навантаження на основний контролер.

					<i>PI n21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки надійності показали, що основна плата має напрацювання на відмову 24 600 годин, а док-станція — 86 600 годин, що перевищує базові вимоги до надійності системи в умовах побутової експлуатації. Таким чином, система демонструє високий рівень довговічності.

Було розроблено дві окремі друковані плати: основну — для встановлення в електричний щит, та док-станцію у вигляді окремого модуля з дисплеєм, мультимедійними кнопками, енкодером та зручним інтерфейсом. Корпус док-станції виготовлено індивідуально методом 3D-друку з урахуванням ергономіки, компактності та зручного розташування елементів керування.

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Q. I. Sarhan, "Systematic Survey on Smart Home Safety and Security Systems Using the Arduino Platform," in IEEE Access, vol. 8, pp. 128362-128384, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3008610.
2. S. Gunpath, A. P. Murdan and V. Oree, "Design and implementation of a low-cost Arduino-based smart home system," 2017 IEEE 9th International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN), Guangzhou, China, 2017, pp. 1491-1495, doi: 10.1109/ICCSN.2017.8230356.
3. Система розумного будинку BroadLink RM-Pro [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://broadlink.com.ua/universalniy-ichradio-pult-du-broadlink/>
4. Система розумного будинку Sonoff NSPanel Pro 120 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sonoff.tech/product/central-control-panel/nspanel-pro-120/>
5. M. Hasan, P. Biswas, M. T. I. Bilash and M. A. Z. Dipto, "Smart Home Systems: Overview and Comparative Analysis," 2018 Fourth International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN), Kolkata, India, 2018, pp. 264-268, doi: 10.1109/ICRCICN.2018.8718722.
6. Система розумного будинку FIBARO Home Center 2 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.fibaro.com/en/products/home-center-2/>
7. ДСТУ EN ІЕС 60721-3-2:2022 Класифікація умов навколишнього середовища. Частина 3-2. Класифікація екологічних факторів та їх значущість. Транспортування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=101562
8. ДСТУ EN ІЕС 60721-3-1:2022 Класифікація умов навколишнього середовища. Частина 3-1. Класифікація груп параметрів навколишнього середовища та їх суворості. Зберігання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=101561

					<i>Pln21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Мікроконтролер Atmega328P [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.mini-tech.com.ua/download/datasheet/microcontrollers/at mel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p_datasheet.pdf](https://www.mini-tech.com.ua/download/datasheet/microcontrollers/at-mel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p_datasheet.pdf)
10. Мікросхема INA226 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ti.com/product/INA226>
11. Мікросхема CH340C [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.wch-ic.com/products/CH340.html>
12. Мікросхема CN3303 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kosmodrom.ua/mikroshemy-zaryada-akkumulyatorov/cn3303-2.html>
13. Мікросхема JW5068A [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1756124/JW/JW5068A.html>
14. Мікросхема DS1307Z [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://imrad.com.ua/ru/ds1307z-t-r?srsId=AfmBOoonyIvxnZ3jwFshGGxr3OUSOQP1vvUiLJDdTcGbF2CiEcVBPnL>
15. Мікросхема MT3608 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aerosemi.com/forum.php?mod=viewthread&tid=32&highlight=MT3608>
16. Кварцевий резонатор CSTCE16M0V53Z-R0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.murata.com/en-eu/products/productdetail?partno=CSTCE16M0V53Z-R0>
17. Кварцевий резонатор Q32.768KHz-12.5-20i [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/q32-768khz-12-5-20i_123587.html
18. Стабілізатор AMS1117-5.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.umw-ic.com/uk/product_details/UMW+AMS1117-5.0
19. Тримач батареї CR2032 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://imrad.com.ua/ru/cls5-cr2032-01?srsId=AfmBOori3Cxdvh0SCkpfFnFaLYZm21sJOWlIp_KNXFRHTvj1iVadkiHEs
20. Реле SRA-05VDC-CL [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.songlerelay.com/Product_show_id_262.htm

					<i>PIn21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Котушки індуктивності Sunlord [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2310251551_Sunlord-SWRH1004B-221MT_C127758.pdf

22. Діод FR157 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://imrad.com.ua/ua/fr157-9>

23. Діод Шотткі SS34B [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/ss34b.html>

24. Діод LL4148 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/42459/SEMTECH/LL4148.html>

25. Діод Шотткі SS34 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/diod-smd-ss34>

26. Діод 1N4007 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/1n4007_176822.html

27. Транзистор AU1RF9540N [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://eu.mouser.com/ProductDetail/Infineon-Technologies/AU1RF9540N?qs=z4XQqHkgcr2mGiZfs4%2FMXQ%3D%3D&srsltid=AfmBOopMA29TagLX5f7T6XErkIBWpoJ_T7AfiDfLsiG5qQ7i3o5dUOIIM

28. Транзистор IRF520NS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.infineon.com/cms/en/product/power/mosfet/n-channel/irf520ns/>

29. Транзистор АО3401А [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.tme.eu/ua/details/ao3401a/tranzistori-z-kanalom-p-smd/alpha-omega-semiconductor/>

30. Транзистор АОД4148 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aosmd.com/res/datasheets/AOI4184.pdf>

31. Транзистор АОД403 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aosmd.com/sites/default/files/res/datasheets/AOD403.pdf>

32. Корпус ТО-252 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://imrad.com.ua/ua/p3056ldg-to-252>

33. Транзистор АО3400 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aosmd.com/sites/default/files/res/datasheets/AO3400.pdf>

					<i>РІН21.469538.001 ПЗ</i>	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

34. Шунт CSR-1.2-R005 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://imrad.com.ua/ua/csr-1-2-r005?srsltid=AfmBOoomFnwN5SDnLWswbxhcqjSoSYhSTSjpxQdvzpqTH8dTjhjAtczp>

35. Потенціометр KLS4-3296W-104 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://imrad.com.ua/ua/3296w-104-1?srsltid=AfmBOoqLDNxs3RljHVUIFyvEnNgKeKDCdnxoroys3-tRrsmponNgP6VZQ>

36. Конденсатор електролітичний EHR102M25BA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://imrad.com.ua/ua/ecap-1000-25v-1020-105-c-6>

37. Конденсатор електролітичний EFH101M16B [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/100uf-16v-efh-6-3x11mm-efh101m16b-hitano_114666.html

38. PCB Trace Width Calculator [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://circuitcalculator.com/wordpress/2006/01/31/pcb-trace-width-calculator/>

39. Altium Designer [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.altium.com>

40. Виробник друкованих плат JLCPCB [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://jlcpcb.com>

41. Рекомендації до розрахунку надійності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/12047948/>

42. Довідникові дані до розрахунку надійності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9895058/page:3/>

ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО

Керівник дипломного проєкту

СПмБ Пільтяй С. І.

«17» січня 2025 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри радіоінженерії

_____ Літвінцев С. М.

«17» січня 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до дипломного проєкту

«Система розумного будинку на основі мікроконтролерів»

1. НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва дипломного проєкту «Система розумного будинку на основі мікроконтролерів».

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою радіоінженерії від «17» січня 2025 р.

2. ВИКОНАВЕЦЬ

Виконавець – студент групи РІ-п21 Шкурат Микола Ігорович

3. МЕТА ВИКОНАННЯ ДП І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Метою дипломного проєкту є розробка системи розумного будинку на основі мікроконтролерів.

Система розумного будинку на основі мікроконтролерів призначена для автоматизованого моніторингу параметрів навколишнього середовища, керування освітленням, електроприладами та індикації стану в реальному часі.

4. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1 Призначення

Основна напруга живлення: $220\text{ В} \pm 10\%$.

Потужність: 300 Вт.

Система повинна мати наступний функціонал:

- Керування яркістю трьох світлодіодних стрічок з напругою +12 В та струмом до 5 А зі щільністю 60 діодів на метр з можливістю повного знеструмлення (вимкнення) стрічки;
- Керування трьома світлодіодними ARGB-стрічками з напругою +5 В та струмом до 7 А типу WS2812 зі щільністю 60 діодів на метр, з можливістю керування яскравістю та повним знеструмленням (вимкненням) стрічки;
- Зчитування температури з трьох аналогових NTC термісторів з точністю показників $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Вимір вмісту вуглекислого газу в повітрі в межах від 0 до 5000 ppm;
- Керування релейним модулем на 8 каналів;

- Вимірювання напруги та струму по лініях: акумуляторної батареї (+12,6 В), +5В та +12В;
- Вимірювання температури та вологості повітря в приміщенні з точністю $\pm 0,5$ °С, та $\pm 2\%$ RH відповідно;
- Автоматичне керування охолодженням на базі температури блоку живлення з нижнім порогом ввімнення 45 °С та гістерезисом 5 °С;
- Живлення від блока АТХ (+5 В, +12 В) або резервного Li-ion акумулятора з номінальною напругою 12,6 В та ємністю не менше 12 000 мА·год;
- Відображення показників датчиків, заряду акумулятора та часу на дисплеї;
- Передача даних через Bluetooth;

4.2 Надійність

Система повинна забезпечувати безперебійну роботу в умовах кімнатної температури з урахуванням стабільного живлення як від основного джерела, так і в режимі резервного живлення.

Мінімальний термін безвідмовної роботи – не менше 10 000 годин.

4.3 Конструкція

Система повинна складатися з двох частин, основної частини та док-станції.

Основна частина має бути призначена для встановлення в електрощитку, повинна містити:

- Силові ключі для управління LED-стрічками;
- Периферійні модулі;
- Модуль автоматичного охолодження;
- Гнізда для підключення зовнішньої периферії (вентилятори, термістори, тощо);
- Порти живлення на напругу +12,6 В, +5 В та +12 В.

Габаритні параметри, Г×Ш×В, не більше, мм: 140×250×390.

Док-станція повинна бути виконана як окрема панель управління, повинна містити:

- 3 програмовані кнопки;
- Дисплей для виведення інформації;
- Кнопка ввімкнення резервного джерела живлення;
- Кнопка ввімкнення основного джерела живлення;
- Сенсори;
- Енкодер для взаємодії з меню.

Габаритні параметри, Ш×Д×В, не більше, мм: 85×90×90.

Обидві частини системи повинні бути з'єднані за допомогою кабелю, а обмін даними здійснюватиметься через I²C інтерфейс.

4.4 Способи підключення

Можливість підключення до персонального комп'ютера або смартфона через послідовне з'єднання (Bluetooth). Передбачити можливість підключення до комп'ютера через USB (UART) для налагодження та налаштування системи.

4.5 Уніфікації і стандартизації

Використовувати уніфіковану та стандартизовану елементу базу.

4.6 Дизайн, ергономіка та технічна естетика

Конструкція має бути розроблена з урахуванням зручності монтажу та експлуатації, повинна мати компактне компонування елементів, легкий доступ до органів керування, візуальне оформлення елементів корпусу повинно бути виконане з урахуванням принципів технічної естетики.

4.7 Експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

Використання виключно у приміщеннях.

Температурний діапазон: від 0 °C до +40 °C.

Вологість: до 80% (без конденсації).

Система має забезпечувати стабільну роботу упродовж тривалого часу.

4.8 Вимоги до безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля

Керуватися положеннями стандартів про вимоги технічної безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки.

4.9 Вимоги до транспортування і зберігання

Умови транспортування згідно ДСТУ EN ІЕС 60721-3-2:2022.

Зберігання за ДСТУ EN 60721-3-1:2022.

Виконавець

Шкурат М. І.



Керівник

Пільтяй С. І.



74

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				Конденсатори HITANO		
		10		SMD, 0805, 10 мкФ, 16 В, ±10%	6	C5, C8, C9, C14, C15, C17
		11		SMD, 0805, 4.7 мкФ, 25 В, ±10%	2	C25, C26
		12		SMD, 0805, 1 мкФ, 50 В, ±10%	5	C16, C32, C33, C35, C36
		13		SMD, 0805, 100 нФ, 50 В, ±10%	25	C2-C4, C6, C7, C10-C12, C18-C20, C24, C37, C38, C40-C47, C51, C52, C62
		14		SMD, 0805, 100 пФ, 50 В, ±5%	1	C34
		15		SMD, 0805, 10 пФ, 50 В, ±5%	1	C31
		16		Електролітичний 1000 мкФ, 25 В, 105 °С	7	C39, C53-C55, C59-C61
		17		Електролітичний 100 мкФ, 16 В, 105 °С	3	C48-C50
				Котушки індуктивності		
		18		3.3 мкГн, 5.6 А, ±20%	1	L1
		19		2.2 мкГн, 6 А, ±30%	1	L2
				Мікросхеми		
		20		Вимірювач струму INA226	3	DA1, DA3, DA4
		21		Контролер заряду акумулятора CN3303	1	DA2
		22		Стабілізатор напруги AMS1117	3	DA6-DA8
		23		USB-UART перетворювач CH340C	1	DA5
		24		Понижуючий перетворювач JW5068A	1	DA9
		25		Мікроконтролер ATMEGA-328P	2	DA10, DA11
		26		Годинник реального часу DS1307Z	1	DA12
						Арк
					PІп21.469538.001	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				Резистори HITANO		
		27		SMD, 0805, 10 кОм, 0.125 Вт	26	R1-R3, R7, R8, R16, R33, R36, R41-R44, R57-R59, R63-R66
		28		SMD, 0805, 1 кОм, 0.125 Вт	6	R34, R35, R37, R38, R45, R46
		29		SMD, 0805, 100 кОм, 0.125 Вт	5	R25-R29
		30		SMD, 0805, 3.3 кОм, 0.125 Вт	1	R31
		31		SMD, 0805, 47 кОм, 0.125 Вт	2	R15, R24
		32		SMD, 0805, 470 кОм, 0.125 Вт	1	R40
		33		SMD, 0805, 510 кОм, 0.125 Вт	1	R23
		34		SMD, 0805, 680 кОм, 0.125 Вт	1	R30
		35		SMD, 0805, 1.5 МОм, 0.125 Вт	1	R32
		36		SMD, 0805, 200 Ом, 0.125 Вт	8	R39, R54- R56, R60- R62, R67
		37		SMD, 0805, 220 Ом, 0.125 Вт	4	R50-R53
		38		SMD, 0805, 10 Ом, 0.125 Вт	6	R6, R10, R17, R18, R21, R22
				Резистори PANASONIC		
		39		SMD, 0805, 33 МОм, 0.125 Вт	2	R5, R9
				Резистори SR PASSIVE		
		40		CSR-1.2-R005, 5 МОм	3	R4, R19, R20
				Діоди		
		41		Супершвидкий FR157, 1 кВ, 1.5 А	3	VD1-VD3
		42		Шотткі SS34B, 40 В, 3 А	1	VD4
		43		Випрямний 1N4007, 1 кВ, 1 А	3	VD5, VD6, VD8
						Арк
					PIn21.469538.001	3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.		
				<u>Документація</u>				
A2			PIп21.469538.002 ЕЗ	Схема електрична принципова	1			
A4			PIп21.469538.002 ПЕ	Перелік елементів	1			
A2			PIп21.469538.002 СК	Складальний кресленик	1			
				<u>Деталі</u>				
A2		1	PIп21.758725.002	Друкована плата	1			
				<u>Інші вироби</u>				
		2		Діод SS34, 40 В, 3 А	1	VD1		
		3		Індуктивність 22 мкГн, 1.07 А	1	L1		
		4		Кварцевий резонатор 16 МГц	1	ZQ1		
				Конденсатори SAMSUNG				
		5		SMD, 0805, 22 мкФ, 25 В, ±10%	3	C1, C5, C13		
				Конденсатори Hitano				
		6		SMD, 0805, 10 мкФ, 16 В, ±10%	2	C4, C9		
		7		SMD, 0805, 1 мкФ, 50 В, ±10%	2	C10, C11		
		8		SMD, 0805, 100 нФ, 50 В, ±10%	11	C2, C3, C7, C8, C12, C14-C16, C19-C21		
		9		SMD, 0805, 10 нФ, 50 В, ±10%	3	C6, C17, C18		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	PIп21.469538.002			
Розроб.	Шкурат М. І.				Друкований вузол	Лім.	Арк.	Аркуші
Перев.	Пільтяй С. І.						1	2
Т. контр.	Пільтяй С. І.					КПІ, РТФ, PI-п21		
Н.контр.	Попсуй В. І.							
Затвер.	Пільтяй С. І.							

[illegible]

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Конденсатори</u>		
C1	CL21A226MAQNNNE – Samsung, 22 мкФ, 25 В, ±10%	1	
C2-C4	C0805B104J500NT – Hitano, 100 нФ, 50 В, ±10%	3	
C5	C0805B106K160N3 – Hitano, 10 мкФ, 16 В, ±10%	1	
C6, C7	C0805B104J500NT – Hitano, 100 нФ, 50 В, ±10%	2	
C8, C9	C0805B106K160N3 – Hitano, 10 мкФ, 16 В, ±10%	2	
C10-C12	C0805B104J500NT – Hitano, 100 нФ, 50 В, ±10%	3	
C13	CL21A226MAQNNNE – Samsung, 22 мкФ, 25 В, ±10%	1	
C14, C15	C0805B106K160N3 – Hitano, 10 мкФ, 16 В, ±10%	2	
C16	C0805B105K500N3 – Hitano, 1 мкФ, 50В, ±10%	1	
C17	C0805B106K160N3 – Hitano, 10 мкФ, 16 В, ±10%	1	
C18-C20	C0805B104J500NT – Hitano, 100 нФ, 50 В, ±10%	3	
C21-C23	CL21A226MAQNNNE – Samsung, 22 мкФ, 25 В, ±10%	3	
C24	C0805B104J500NT – Hitano, 100 нФ, 50 В, ±10%	1	
C25, C26	C0805B475K250N2 – Hitano, 4.7 мкФ, 25 В, ±10%	2	
C27-C30	CL21A226MAQNNNE – Samsung, 22 мкФ, 25 В, ±10%	4	
C31	C0805N100J500NT – Hitano, 10 пФ, 50 В, ±5%	1	
C32, C33	C0805B105K500N3 – Hitano, 1 мкФ, 50 В, ±10%	2	
C34	C0805N101J500NT – Hitano, 100 пФ, 50 В, ±5%	1	
C35, C36	C0805B105K500N3 – Hitano, 1 мкФ, 50 В, ±10%	2	
C37, C38	C0805B104J500NT – Hitano, 100 нФ, 50 В, ±10%	2	
C39	EHR102M25BA – Hitano, 1000 мкФ, 25 В, 105 °С	1	
C40-C47	C0805B104J500NT – Hitano, 100 нФ, 50 В, ±10%	8	
C48-C50	EFH101M16B – Hitano, 100 мкФ, 16 В, 105 °С	3	
C51, C52	C0805B104J500NT – Hitano, 100 нФ, 50 В, ±10%	2	
C53-C55	EHR102M25BA – Hitano, 1000 мкФ, 25 В, 105 °С	2	
Зм.	Арк.	Недокум.	Підп.
Дата			
Розробив	Шкурят М. І.		
Перевір.	Пільтяй С. І.		
Н. контр.	Пільтяй С. І.		
Т. контр.	Попсуй В. І.		
Затверд.	Пільтяй С. І.		
PIп21.469538.001 ПЕ			
Основна плата системи розумного будинку.			
Перелік елементів			
Лім.	Арк.	Аркуші	
	1	6	
КПІ, РТФ, PI-п21			

<i>Позн.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
C56-C58	CL21A226MAQNNNE – Samsung, 22 мкФ, 25 В, ±10%	3	
C59-C61	EHR102M25BA – Hitano, 1000 мкФ, 25 В, 105 °С	3	
C62	C0805B104J500NT – Hitano, 100 нФ, 50 В, ±10%	1	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	INA226 – Texas Instruments, 10-TFSOP	1	
DA2	CN3303, SOP8	1	
DA3, DA4	INA226 – Texas Instruments, 10-TFSOP	2	
DA5	CH340C – WCH, SOP-16	1	
DA6-DA8	AMS1117-5.0 – UMW, SOT-223	3	
DA9	JW5068A – JOULWATT, QFN3x3-20	1	
DA10,D11	ATMEGA328P – Atmel, TQFP-32	2	
DA12	DS1307Z – Maxim, SO-8	1	
G1	Тримач для батареї CR2032	1	
K1-K3	Реле SRA-05VDC-CL – SONGLE, 20 А, 14 В	3	
	<u>Котушки індуктивності</u>		
L1	SWRH0704B-3R3MT – Sunlord, 3.3 мкГн, 5.6 А, ±20%	1	
L2	SWRH1004B-2R2NT – Sunlord, 2.2 мкГн, 6 А, ±30%	1	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Pln21.469538.001 ПЕ

Арк
2

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Резистори</u>		
R1-R3	RC0805JR-10KR – Hitano, 10 кОм, 0.125 Вт, ±5%	3	
R4	CSR-1.2-R005 – SR PASSIVE, 5 МОм	1	
R5	ERJ-6BWFR033V – Panasonic, 0.033 Ом, 0.5 Вт, ±1%	1	
R6	RC0805JR-10R – Hitano, 10 Ом, 0.125 Вт, ±5%	1	
R7, R8	RC0805JR-10KR – Hitano, 10 кОм, 0.125 Вт, ±5%	2	
R9	ERJ-6BWFR033V – Panasonic, 0.033 Ом, 0.5 Вт, ±1%	1	
R10	RC0805JR-10R – Hitano, 10 Ом, 0.125 Вт, ±5%	1	
R11-R14	RC0805JR-10KR – Hitano, 10 кОм, 0.125 Вт, ±5%	2	
R15	RC0805JR-47KR – Hitano, 47 кОм, 0.125 Вт, ±5%	1	
R16	RC0805JR-10KR – Hitano, 10 кОм, 0.125 Вт, ±5%	1	
R17, R18	RC0805JR-10R – Hitano, 10 Ом, 0.125 Вт, ±5%	2	
R19, R20	CSR-1.2-R005 – SR PASSIVE, 5 МОм	2	
R21, R22	RC0805JR-10R – Hitano, 10 Ом, 0.125 Вт, ±5%	2	
R23	RC0805JR-510K – Hitano, 510 кОм, 0.125 Вт, ±5%	1	
R24	RC0805JR-47KR – Hitano, 47 кОм, 0.125 Вт, ±5%	1	
R25-R29	RC0805JR-100KR – Hitano, 100 кОм, 0.125 Вт, ±5%	5	
R30	RC0805JR-680K – Hitano, 680 кОм, 0.125 Вт, ±5%	1	
R31	RC0805JR-3K3 – Hitano, 3.3 кОм, 0.125 Вт, ±5%	1	
R32	RC0805JR-1M5 – Hitano, 1.5 МОм, 0.125 Вт, ±5%	1	
R33	RC0805JR-10KR – Hitano, 10 кОм, 0.125 Вт, ±5%	1	
R34, R35	C0805JR-1KR – Hitano, 1 кОм, 0.125 Вт, ±5%	2	
R36	RC0805JR-10KR – Hitano, 10 кОм, 0.125 Вт, ±5%	1	
R37, R38	C0805JR-1KR – Hitano, 1 кОм, 0.125 Вт, ±5%	2	
			Арк
			3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис
			Дата
PIn21.469538.001 ПЕ			

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
R39	C0805JR-200R – Hitano, 200 Ом, 0.125 Вт, ±5%	1	
R40	C0805JR-470KR – Hitano, 470 кОм, 0.125 Вт, ±5%	1	
R41-R44	RC0805JR-10KR – Hitano, 10 кОм, 0.125 Вт, ±5%	4	
R45, R46	C0805JR-1KR – Hitano, 1 кОм, 0.125 Вт, ±5%	2	
R47-R49	RC0805JR-10KR – Hitano, 10 кОм, 0.125 Вт, ±5%	3	
R50-R53	C0805JR-220R – Hitano, 220 Ом, 0.125 Вт, ±5%	4	
R54-R56	C0805JR-200R – Hitano, 200 Ом, 0.125 Вт, ±5%	3	
R57-R59	RC0805JR-10KR – Hitano, 10 кОм, 0.125 Вт, ±5%	3	
R60-R62	C0805JR-200R – Hitano, 200 Ом, 0.125 Вт, ±5%	3	
R63-R66	RC0805JR-10KR – Hitano, 10 кОм, 0.125 Вт, ±5%	4	
R67	C0805JR-200R – Hitano, 200 Ом, 0.125 Вт, ±5%	1	
RAD1	Радіатор алюмінієвий, 15x10x21 мм	1	
S1	PLS-3, 2.54 мм з джампером CAB4GS	1	
SA1	Кнопка тактова SMD, 6.1x3.65x2.5 мм	1	
	<u>Діоди</u>		
VD1-VD3	FR157 – MIC, супершвидкий, 1000 В, 1.5 А, DO-15	3	
VD4	SS34B – MIC, діод Шотткі, 40 В, 3 А, DO-214AA	1	
VD5,VD6	1N4007 – MIC, випрямний, 1000 В, 1 А, DO-41	2	
VD7	LL4148 – SEMTECH, супершвидкий, 100 В, 0.2 А, SOD-80	1	
VD8	1N4007 – MIC, випрямний, 1000 В, 1 А, DO-41	1	
</			

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Транзистори</u>		
VT1	AO4468 – ALPHA&OMEGA, 30 В, 10.5 А, N-Channel, 8SOIC	1	
VT2	AUIRF9540N – INFINEON, 100 В, 23 А, P-Channel, TO-220	1	
VT3	IRF520NS – IR, 100 В, 9.7 А, N-Channel, TO-263	1	
VT4	AO3401A – ALPHA&OMEGA, 30 В, 4 А, P-Channel, SOT23	1	
VT5-VT7	AOD403 – ALPHA&OMEGA, 30 В, 15 А, P-Channel, TO-252	3	
VT8-VT11	AOD4184 – ALPHA&OMEGA, 40 В, 40 А, N-Channel, TO252	4	
	<u>Роз'єми</u>		
X1	5569-06A2 – Molex, 6 контактів	1	
X2-X4	5569-08A2 – Molex, 8 контактів	3	
X5	PLS-2, 2.54 мм, роз'єм штирьовий, 2 контакти	1	
X6	USB 2.0, Micro-B, U-F-M5DS-Y-2	1	
X7	5566-06A – Molex, 6 контактів	1	
X8	PLS-2, 2.54 мм, роз'єм штирьовий, 2 контакти	1	
X9, X10	PLD-6, 2.54 мм, роз'єм штирьовий, 6 контактів	2	
X11, X12	PLS-5, 2.54 мм, роз'єм штирьовий, 5 контактів	2	
X13	PLS-4, 2.54 мм, роз'єм штирьовий, 4 контакти	1	
X14	RJ-063-1-4 56B – FG, 10 контактів	1	
X15	PLS-3, 2.54 мм, роз'єм штирьовий, 3 контакти	1	
X16-X18	PLS-2, 2.54 мм, роз'єм штирьовий, 2 контакти	3	
X19	PLD-10, 2.54 мм, роз'єм штирьовий, 6 контактів	1	
X20-X23	PLS-2, 2.54 мм, роз'єм штирьовий, 2 контакти	4	
			Арк
			5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис
		Дата	
PIп21.469538.001 ПЕ			

88

[illegible]

[illegible]

91

ДОДАТОК В. РОЗРАХУНОК МІНІМАЛЬНОЇ ПЛОЩІ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Для основної плати:

Позначення на схемі	Кількість	Тип корпусу	Площа одного компоненту, мм ² .	Коефіцієнт k	Загальна площа, мм ² .
C1-C38, C51, C52, C56-C58, C62	57	SMD 0805	2,7	1	153,9
C48-C50	3	6.3x11x5	31,7	1	95,1
C39, C53-C55, C59-C61	7	10x21x5	78,5	1	549,5
R4, R19, R20	3	10x4.8	48	1	144
R1-R3, R5-R18, R21-R67	67	SMD 0805	2,7	1	180,9
SA1	1	6.1x3.65x2.5	22,3	1	22,3
RAD1	1	15x10x21	150	1	150
VD1-VD3	3	DO-15	38,9	1	116,7
VD4	1	DO-214AA	22	1	22
VD5, VD6, VD8	3	DO-41	24	1	72
VD7	1	SOD-80	5,6	1	5,6
VT1	1	8SOIC	29,6	1,5	44,4
VT2	1	TO-220	43,6	1,5	65,4
VT3	1	TO-263	194	1,5	291
VT4	1	SOT23	6,9	1,5	10,4
VT5-VT11	7	TO-252	64	1,5	672
L1	1	7.8x7.8	60,84	1	60,8
L2	1	10.5x10.5	110,2	1	110,2
K1-K3	3	15.5x12.3	190,6	1,5	857,7
G1	1	24x21.6	518,4	1	518,4
DA1-DA4	4	10-TFSOP	14,7	2	117,6
DA5	1	SOP-16	80,3	2	160,6
DA6-DA8	3	SOT-223	48,9	1,5	220
DA9	1	QFN3x3-20	9	2	18
DA10, DA11	2	TQFP-32	81	3	486
DA12	1	SO-8	31	1,5	46,5
X1	1	13.8x10	138	1,5	207
X2-X4	3	18x10	180	1,5	810
X5, X8, X16-X18, X20-X23, X31-X33	12	5x2.5	12,5	1	150
X6	1	8.15x6.35	51,7	1,5	77,6
X7, X25-X30	7	13.8x10	138	1,5	1449
X9, X10	2	7.6x5	38	1,5	114
X11, X12	2	12.7x2.5	31,7	1,5	95,2
X24	1	2.5x2.5	6,2	1	6,2
X15	1	7.6x2.5	19	1	19
X13	1	10x2.5	25	1,5	37,5
X14	1	19.6x15.5	303,8	2	607,6
X19	1	12.7x5	63,5	2	127
ZQ1	1	10.5x3.5	36,7	1	36,7
ZQ2, ZQ3	2	3.4x1.6	5,4	1	10,8
Загальна площа мм ² :					8938,6

Для плати док-станції:

Позначення на схемі	Кількість	Тип корпусу	Площа одного компоненту, мм ² .	Коефіцієнт k	Загальна площа, мм ² .
C1-C21	21	SMD 0805	2,7	1	56,7
R2-R18	17	SMD 0805	2,7	1	45,9
R1	1	9.6x5.2	49,9	1	49,9
VD1	1	DO-214AB	22	1	22
VT1-VT3	3	SOT23	7	1,5	31,5
L1	1	7.8x7.8	60,8	1	60,8
DA1	1	SOT23-6	8,1	1,5	12,2
DA2	1	SOP-16	80,3	2	160,6
DA3	3	SOT-223	48,9	1,5	220
DA4	2	TQFP-32	81	3	486
X4-X6, X9, X10, X13	6	5x2.5	12,5	1	75
X1	1	8.15x6.35	51,7	1,5	77,5
X11	1	7.6x2.5	19	1	19
X8	1	7.6x5	38	1,5	114
X12, X14	2	12.7x2.5	31,7	1,5	95,1
X3	1	10x2.5	25	1,5	37,5
X2	1	19.6x15.5	303,8	2	607,6
X15	1	18x2.5	45	1,5	67,5
ZQ1	1	3.4x1.6	5,4	1	5,4
			Загальна площа мм ² :		2244,2