

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вбудована багатоканальна система моніторингу та керування
температурою з інтерфейсом обміну даних

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАс-41
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Польовий М.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Яворський Б.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Хвостівська Л.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Дунець В.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Хвостівський М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль 2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«28» квітня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Польовому Максиму Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вбудована багатоканальна система моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних

Керівник роботи Яворський Богдан Іванович, д.т.н., проф.

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

Затверджені наказом ректора від «28» 04 2026 року № 4/9-198

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічні параметри: 1) Вбудована багатоканальна система повинна забезпечити: 1) Потужність споживання не більше 0,5 Вт; 2) Робочий діапазон частот 310 МГц - 800 МГц; 3) Швидкість передачі даних до 76,5 біт/с. 4) Температурний діапазон від -10° С до +125° С; 5) Точність вимірювання температур 0,1° С

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Основна частина

2. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

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

1. Структурна схема вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою; 2. Схема електрична принципова вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою; 3. Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролерного модуля системи; 4. Друкований вузол вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою; 5. Плата друкована вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	<i>Барановський В.М., д.т.н., проф. каф. МТ</i>		

7. Дата видачі завдання 12.03.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розробка та затвердження технічного завдання</i>	<i>12.03.2026</i>	
2	<i>Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи</i>	<i>13.03.2026</i>	
3	<i>Розробка структурної схеми системи</i>	<i>23.03.2026</i>	
4	<i>Розробка схеми електричної принципової системи</i>	<i>10.04.2026</i>	
5	<i>Розробка блок-схеми алгоритму роботи мікроконтролерного модуля</i>	<i>12.04.2026</i>	
6	<i>Розробка програмного забезпечення мікроконтролерного модуля</i>	<i>16.04.2026</i>	
7	<i>Розрахунок основних вузлів схеми системи</i>	<i>22.04.2026</i>	
8	<i>Вибір компонентної бази для розроблюваної системи</i>	<i>01.05.2026</i>	
9	<i>Компоновка друкованого вузла системи</i>	<i>16.05.2026</i>	
10	<i>Створення допоміжної документації</i>	<i>26.05.2026</i>	
11	<i>Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>03.06.2026</i>	
12	<i>Нормоконтроль</i>	<i>09.06.2026</i>	
13	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>11.06.2026</i>	
14	<i>Перевірка роботи на антиплагіат</i>	<i>17.06.2026</i>	
15	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>25.06.2026</i>	

Студент

_____ (підпис)

Польовий М.П.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Яворський Б.І.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Вбудована багатоканальна система моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних» // Польовий Максим Петрович // Кваліфікаційна робота бакалавра // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАс-41. // Тернопіль, 2026 р. // с. – 67, рис. – 38, табл. – 1, бібліогр. – 23, додат. – 3.

Ключові слова: ВБУДОВАНА СИСТЕМА, БАГАТОКАНАЛЬНИЙ МОНІТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРИ, КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ДАТЧИК DS1825, РАДІОМОДЕМ, RS-232, БЕЗДРОТОВИЙ КАНАЛ ЗВ'ЯЗКУ, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА, ДРУКОВАНИЙ ВУЗОЛ.

У кваліфікаційній роботі представлено етапи проєктування вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даними.

Виконано аналіз сучасних систем моніторингу температури та обґрунтовано доцільність розроблення системи, що поєднує функції багатоканального вимірювання температури, керування та передавання даних. Розроблено структурну та електричну принципову схеми системи, визначено склад функціональних вузлів, виконано розрахунки окремих кіл, синтез програмного забезпечення мікроконтролера, вибір елементної бази та компонування друкованого вузла.

Розроблена система забезпечує контроль температури у декількох точках, оброблення результатів вимірювання, локальну індикацію режимів роботи, дистанційне керування та передавання інформації через дротові й бездротові канали зв'язку. Передбачено можливість взаємодії з персональним комп'ютером і подальшого розширення функціональних можливостей системи.

У роботі також розглянуто питання охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки.

ANNOTATION

Thesis topic: «Embedded Multi-Channel Temperature Monitoring and Control System with Data Communication Interface». Bachelor's qualification work // Polovyi Maksym // Technologies and Electrical Engineering, Group RAs-41 // Ternopil, 2026 // p. – 67, fig. – 38, tab. – 1, bibliography – 23, appendix – 3.

Keywords: EMBEDDED SYSTEM, MULTI-CHANNEL TEMPERATURE MONITORING, TEMPERATURE CONTROL, MICROCONTROLLER, DS1825 SENSOR, RADIO MODEM, RS-232, WIRELESS COMMUNICATION CHANNEL.

The qualification work presents the stages of designing an embedded multi-channel temperature monitoring and control system with a data exchange interface.

Modern temperature monitoring systems were analyzed, and the feasibility of developing a system combining multi-channel temperature measurement, control functions, and data transmission was substantiated. The structural and electrical schematic diagrams were developed, the main functional units were defined, and calculations of individual circuits, microcontroller software synthesis, component selection, and printed circuit assembly layout were carried out.

The developed system provides temperature monitoring at several points, processing of measurement results, local indication of operating modes, remote control, and transmission of information through wired and wireless communication channels. Interaction with a personal computer and further functional expansion of the system are supported.

The work also considers occupational safety, electrical safety, and fire safety issues.

Зміст

Вступ.....	8
1 Основна частина.....	9
1.1 Аналіз завдання на роботу.....	9
1.1.1 Аналіз існуючих багатоканальних систем моніторингу та керування температурою.....	9
1.1.2 Аналіз отриманої інформації.....	14
1.2 Проектування структурної схеми вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних.....	17
1.3 Проектування схеми електричної принципової системи.....	21
1.3.1 Схема електрична принципова системи.....	21
1.3.2 Синтез алгоритму роботи мікроконтролерного модуля.....	30
1.3.3 Розрахунок транзисторного ключа модуля світлової індикації.....	32
1.3.3.1 Розрахунок кола скидання мікроконтролера.....	32
1.3.3.2 Розрахунок світлодіодного індикатора.....	33
1.3.3.3 Розрахунок базових кіл транзисторних ключів.....	33
1.3.3.4 Розрахунок кварцового генератора мікроконтролера.....	34
1.3.3.5 Розрахунок смугового фільтра радіомодему.....	35
1.3.3.6 Оцінка споживаної потужності світлодіодного каналу.....	35
1.3.4 Синтез програмного забезпечення центрального мікроконтролерного модуля.....	36
1.4 Вибір елементної бази системи.....	41
1.6 Компоновка друкованого вузла системи.....	47
1.7 Висновки до розділу 1.....	52

					ПМП 2.000.001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Польовий М.П.			Вбудована багатоканальна система моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних <i>Пояснювальна записка</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Яворський Б.І.					6	62
Н. Контр.		Хвостівська Л.				ТНТУ, ФПТ, гр. РАС-41		
Затверд.		Дунець В.Л.						
Рецензент		Хвостівський						

2 Охорона праці та безпека життєдіяльності.....	55
2.1 Забезпечення безпечних умов праці під час роботи з персональним комп'ютером.....	55
2.2 Забезпечення пожежної безпеки під час експлуатації комп'ютерної та електронної техніки.....	58
2.3 Висновок до розділу 2.....	61
Висновки.....	62
Список використаних джерел.....	64
Додатки.....	67

					<i>ПМП 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

ВСТУП

У сучасних промислових, енергетичних, телекомунікаційних та побутових системах автоматизації особливого значення набуває безперервний контроль температурних параметрів технологічних процесів та обладнання. Відхилення температури від встановлених значень може призводити до погіршення якості продукції, зниження ефективності роботи обладнання, виникнення аварійних ситуацій та значних матеріальних збитків. Саме тому розробка сучасних засобів автоматизованого моніторингу температури є актуальним завданням у сфері електроніки та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Сучасні системи температурного контролю повинні забезпечувати одночасне вимірювання параметрів у декількох точках об'єкта, оперативне передавання інформації користувачеві, можливість дистанційного керування та високу надійність роботи. Вирішення цих завдань стало можливим завдяки використанню мікроконтролерної техніки, цифрових температурних сенсорів і сучасних засобів дротового та бездротового зв'язку.

Перспективним напрямком розвитку подібних пристроїв є створення багатоканальних вбудованих систем, які поєднують функції збору, обробки, зберігання та передавання інформації. Використання цифрових датчиків температури забезпечує високу точність вимірювань, а застосування бездротових каналів зв'язку дозволяє здійснювати моніторинг об'єктів, розташованих на значній відстані один від одного. Наявність інтерфейсу обміну даними з персональним комп'ютером значно спрощує налаштування системи та забезпечує можливість централізованого збору інформації.

Метою дипломної роботи є розробка вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даними, яка забезпечує вимірювання температури в декількох контрольованих точках, обробку отриманої інформації, передавання результатів вимірювань через дротовий та бездротовий канали зв'язку, а також дистанційне керування режимами роботи системи.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Основна частина

1.1 Аналіз завдання на роботу

1.1.1 Аналіз існуючих багатоканальних систем моніторингу та керування температурою

Контроль температурного режиму є важливою складовою забезпечення надійного функціонування сучасних електронних, телекомунікаційних, енергетичних та промислових систем. Перегрів окремих вузлів обладнання може призводити до погіршення технічних характеристик, прискореного старіння елементної бази, зниження надійності функціонування та виникнення аварійних ситуацій. Особливо актуальним є моніторинг температури у серверному обладнанні, системах автоматики, електротехнічних шафах, джерелах безперебійного живлення та промислових технологічних комплексах.

Для вирішення задач контролю температурного режиму використовуються багатоканальні системи моніторингу та керування температурою, які забезпечують одночасне вимірювання температури у декількох контрольних точках, аналіз отриманої інформації та формування керуючих впливів на виконавчі пристрої. До таких пристроїв можуть належати вентилятори, нагрівачі, кондиціонери, сигнальні системи та інші елементи автоматизованих систем керування.

Одним із вітчизняних засобів багатоканального температурного контролю є регулятор-вимірювач температури типу РТ-0102 Щ2-8 виробництва заводу «Термоприлад» (м. Львів).

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд регулятора-вимірювача температури
РТ-0102 Щ2-8 [21]

Прилад призначений для вимірювання, індикації та регулювання температури одночасно у декількох контрольованих точках. Система підтримує підключення термометрів опору та термоелектричних перетворювачів, що дозволяє використовувати її у різних галузях промисловості. Конструкція приладу забезпечує можливість роботи у складі автоматизованих систем керування технологічними процесами.

До основних характеристик РТ-0102 Щ2-8 належать:

- кількість вимірювальних каналів – до 8;
- підтримка термометрів опору та термопар;
- наявність цифрової індикації параметрів;
- інтерфейс RS-485 для передачі даних;
- можливість формування сигналів керування;
- програмовані режими регулювання температури.

Основною перевагою пристрою є можливість одночасного контролю декількох температурних каналів та використання у промислових умовах експлуатації. Недоліком є обмежені можливості модернізації та розширення функціоналу, а також відсутність сучасних мережевих інтерфейсів передачі даних.

					<i>ПМП 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Іншим представником систем температурного контролю є регулятор-вимірювач температури РТ-0102.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд регулятора-вимірювача температури РТ-0102 [22]

Даний пристрій використовується для вимірювання та автоматичного регулювання температури технологічних процесів. Прилад підтримує різні типи температурних датчиків та забезпечує формування керуючих сигналів для виконавчих пристроїв. Завдяки наявності цифрового інтерфейсу він може інтегруватися до автоматизованих систем збору даних.

Основними характеристиками РТ-0102 є:

- один канал вимірювання температури;
- підтримка термопар і термометрів опору;
- цифрова індикація вимірюваних параметрів;
- інтерфейси RS-232 та RS-485;
- релейні та аналогові виходи керування;
- програмовані алгоритми регулювання.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевагами даного рішення є простота використання та висока надійність роботи. Разом з тим використання лише одного вимірювального каналу обмежує можливість застосування приладу в системах, де необхідний одночасний контроль великої кількості температурних точок.

Для побудови розподілених систем моніторингу широкого застосування набули мережеві модулі збору даних. Одним із таких пристроїв є модуль ADAM-6015 компанії Advantech.

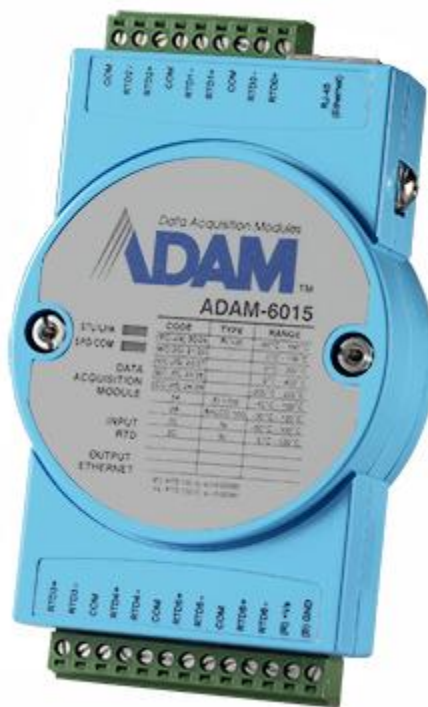


Рисунок 1.3 – Модуль віддаленого моніторингу температури ADAM-6015 [23]

Модуль ADAM-6015 призначений для збору інформації від температурних датчиків та передачі результатів вимірювання через комп'ютерні мережі. Завдяки підтримці Ethernet та промислових протоколів обміну даними пристрій може використовуватися у складі систем диспетчеризації та віддаленого моніторингу.

Основні характеристики ADAM-6015:

- до 7 каналів підключення температурних датчиків;

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Ethernet-інтерфейс;
- підтримка протоколу Modbus TCP;
- вебінтерфейс налаштування;
- можливість віддаленого моніторингу через мережу;
- гальванічна ізоляція входів.

Перевагою системи є підтримка сучасних мережевих технологій та можливість віддаленого доступу до результатів вимірювання. Недоліками є висока вартість обладнання та необхідність використання додаткового програмного забезпечення для організації повноцінної системи керування.

Для порівняння основних характеристик розглянутих систем складено табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння існуючих систем моніторингу та керування температурою

Параметр	РТ-0102 Щ2-8	РТ-0102	ADAM-6015
Кількість каналів	8	1	7
Інтерфейс обміну даними	RS-485	RS-232, RS-485	Ethernet
Віддалений моніторинг	Частково	Частково	Так
Можливість керування	Так	Так	Обмежено
Масштабованість	Середня	Низька	Висока
Вартість реалізації	Середня	Низька	Висока

Проведений аналіз показав, що існуючі системи моніторингу температури забезпечують необхідну точність вимірювання та можливість автоматичного регулювання температурного режиму. Проте більшість промислових рішень характеризується високою вартістю, обмеженими можливостями модернізації та недостатньою гнучкістю при адаптації до специфічних вимог користувача. Крім того, частина систем має обмежену кількість каналів контролю або не підтримує сучасні засоби обміну даними.

У зв'язку з цим актуальною є розробка вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою, яка забезпечуватиме одночасний контроль декількох температурних каналів, підтримку інтерфейсу обміну даними з персональним комп'ютером, можливість автоматичного керування виконавчими пристроями та подальшого розширення функціональних можливостей системи.

1.1.2 Аналіз отриманої інформації

Проведений аналіз існуючих систем моніторингу та керування температурою показав, що сучасні технічні засоби забезпечують ефективний контроль температурних параметрів у промислових, енергетичних та інформаційно-телекомунікаційних системах. Використання багатоканальних вимірювальних пристроїв дозволяє здійснювати одночасний контроль температури у декількох точках об'єкта, своєчасно виявляти відхилення від нормального режиму роботи та формувати відповідні керуючі впливи.

Розглянуті промислові регулятори-вимірювачі серії РТ-0102 забезпечують високу точність вимірювання температури та надійність функціонування в умовах тривалої експлуатації. Наявність цифрових інтерфейсів зв'язку дозволяє інтегрувати такі пристрої до автоматизованих систем керування технологічними процесами. Разом з тим дані рішення орієнтовані переважно на виконання вузькоспеціалізованих задач і характеризуються обмеженими можливостями модернізації та розширення функціоналу.

Багатоканальний регулятор-вимірювач РТ-0102 Щ2-8 забезпечує контроль температури одночасно у восьми контрольних точках, що робить його придатним для використання у складних технологічних системах. Проте кількість каналів є фіксованою, а реалізація додаткових функцій потребує використання зовнішніх модулів або спеціалізованого програмного забезпечення.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мережеві модулі збору даних типу ADAM-6015 надають ширші можливості щодо організації дистанційного моніторингу температурних параметрів. Завдяки використанню інтерфейсу Ethernet та підтримці промислових мережевих протоколів забезпечується інтеграція таких пристроїв у сучасні системи диспетчеризації та віддаленого керування. Однак використання подібних рішень супроводжується збільшенням вартості системи та ускладненням її структури через необхідність застосування додаткового мережевого обладнання.

Виконаний аналіз дозволяє визначити основні вимоги до проєктованої системи моніторингу та керування температурою. Насамперед система повинна забезпечувати одночасне вимірювання температури у декількох контрольних точках із достатньою точністю та швидкістю. Крім того, необхідною є підтримка інтерфейсу обміну даними для передачі результатів вимірювань до персонального комп'ютера або іншого пристрою верхнього рівня.

Важливою вимогою є можливість автоматичного формування керуючих сигналів для виконавчих пристроїв залежно від поточного температурного режиму. Такий підхід дозволяє реалізувати автоматичне підтримання заданих температурних параметрів без постійного втручання оператора.

Також перспективним напрямком є використання сучасних мікроконтролерів як центрального вузла системи керування. Застосування мікроконтролерної архітектури дозволяє забезпечити гнучкість програмної реалізації алгоритмів моніторингу, можливість подальшого розширення функціоналу системи, зменшення габаритів пристрою та зниження його вартості порівняно з промисловими рішеннями.

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що існуючі системи моніторингу та керування температурою повною мірою не задовольняють вимоги щодо одночасного поєднання багатоканальності,

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гнучкості налаштування, можливості модернізації, наявності інтерфейсу обміну даними та невисокої вартості реалізації. Тому доцільною є розробка вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даними, яка забезпечуватиме вимірювання температури у декількох контрольних точках, автоматичне керування виконавчими пристроями та передачу інформації до зовнішніх систем для подальшого аналізу і зберігання.

Виходячи з проведеного аналізу, до проєктованого пристрою висуваються такі технічні вимоги:

- контроль температури в діапазоні від мінус 10 °С до плюс 125 °С;
- похибка вимірювання температури не повинна перевищувати $\pm 0,1$ °С;
- підтримка багатоканального режиму роботи з можливістю одночасного контролю декількох температурних датчиків;
- автоматичне формування сигналів керування виконавчими пристроями залежно від поточного температурного режиму;
- підтримка бездротового каналу зв'язку в діапазоні частот від 310 до 800 МГц;
- забезпечення швидкості обміну даними до 76,5 кбіт/с;
- можливість дистанційного керування режимами роботи системи;
- реалізація зв'язку з персональним комп'ютером через інтерфейс RS-232C;
- підтримка режиму оновлення та перепрограмування мікроконтролерного блока;
- автоматичний захист від перевантажень за струмом та аварійних режимів роботи;
- споживана потужність пристрою не повинна перевищувати 0,5 Вт;

					<i>ПМП 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- час переходу системи в робочий режим після ввімкнення живлення має становити не більше 2 с;
- живлення пристрою повинно здійснюватися від мережі змінного струму напругою 220 В частотою 50 Гц;
- середній наробіток на відмову повинен становити не менше 8000 годин.

Сформульовані вимоги визначають основні технічні характеристики майбутньої системи та будуть використані під час розроблення її структурної схеми, вибору елементної бази та створення програмного забезпечення.

1.2 Проектування структурної схеми вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних

Після проведення аналізу існуючих систем температурного контролю та визначення технічних вимог до проєктованого пристрою було розроблено структурну схему вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних, яку наведено на рис. 1.4.

Під час проєктування структури системи основна увага приділялася забезпеченню багатоканального контролю температури, можливості передачі інформації локальними та бездротовими каналами зв'язку, дистанційному керуванню роботою пристрою, а також реалізації можливості оновлення програмного забезпечення без зміни апаратної частини системи.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

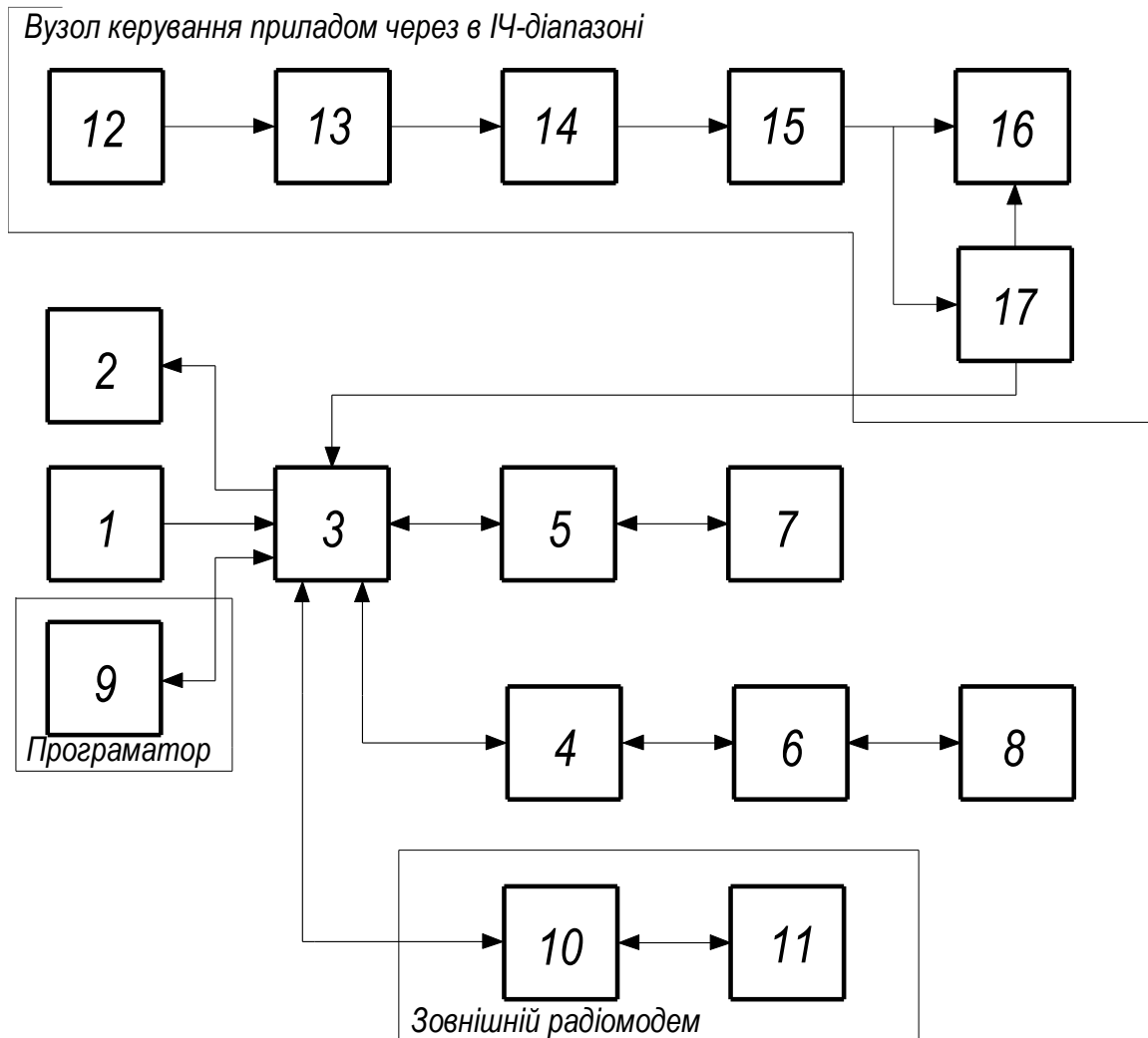


Рисунок 1.4 – Структурна схема вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних

До складу розробленої системи входять такі функціональні вузли: блок температурних сенсорів 1, дисплейний модуль 2, мікроконтролерний модуль керування 3, RF-модуль передачі даних 4, інтерфейсний модуль обміну даними 5, смуговий фільтр 6, персональний комп'ютер оператора 7, антенний модуль 8, модуль програмування та налагодження 9, інтерфейс зовнішнього радіомодуля 10, зовнішній модуль радіозв'язку 11, ІЧ-приймач команд керування 12, попередній підсилювач сигналу 13, блок виділення інформаційної складової 14, формувач керуючих імпульсів 15, декодер команд керування 16 та блок часової синхронізації 17.

Центральним елементом системи є мікроконтролерний модуль керування 3, який забезпечує координацію роботи всіх вузлів пристрою. До його входів підключено блок температурних сенсорів 1, що здійснює вимірювання температури у контрольованих точках об'єкта. Отримані дані надходять до мікроконтролера, де виконуються їх оброблення, порівняння з пороговими значеннями та формування відповідних керуючих рішень.

Відображення поточних параметрів роботи системи здійснюється за допомогою дисплейного модуля 2. На дисплей можуть виводитися значення температури окремих каналів, режими роботи системи, повідомлення про аварійні ситуації та інформація про стан бездротового зв'язку.

Для забезпечення обміну інформацією між системою та персональним комп'ютером використовується інтерфейсний модуль обміну даними 5. Через нього реалізується передавання результатів вимірювання температури, налаштування параметрів системи та дистанційне керування її роботою. Інтерфейсний модуль забезпечує узгодження електричних рівнів сигналів між мікроконтролером та зовнішнім обладнанням.

Передавання даних бездротовим каналом реалізується за допомогою RF-модуля передачі даних 4. Інформація, сформована мікроконтролером, надходить до радіомодуля, де виконується її підготовка до передачі та формування високочастотного сигналу. Далі сигнал проходить через смуговий фільтр 6, який забезпечує пригнічення небажаних спектральних складових і покращує якість радіообміну. Після цього сигнал подається на антенний модуль 8 для випромінювання в ефір.

У режимі приймання інформації сигнал з антени 8 надходить на смуговий фільтр 6, де виконується його попередня частотна селекція. Після фільтрації сигнал подається на RF-модуль 4, який здійснює демодуляцію та відновлення інформаційного повідомлення. Отримані дані передаються до мікроконтролерного модуля 3 для подальшого аналізу та оброблення.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для збільшення дальності зв'язку та підвищення гнучкості використання системи передбачено можливість підключення зовнішнього модуля радіозв'язку 11. Підключення здійснюється через інтерфейс зовнішнього радіомодуля 10, який виконує функції узгодження інформаційних сигналів між мікроконтролером та додатковим радіообладнанням. Такий підхід дозволяє використовувати систему як у локальних, так і в розподілених мережах моніторингу температури.

Для оновлення програмного забезпечення та виконання налагоджувальних робіт використовується модуль програмування та налагодження 9. Його застосування забезпечує можливість перепрограмування мікроконтролера, коригування алгоритмів роботи та розширення функціональних можливостей пристрою без змін його апаратної структури.

Окремим функціональним вузлом системи є підсистема дистанційного керування, побудована на основі інфрачервоного каналу зв'язку. Приймання команд від пульта дистанційного керування здійснює ПЧ-приймач 12. Сформований ним сигнал надходить до попереднього підсилювача 13, який забезпечує необхідний рівень амплітуди для подальшого оброблення.

Після підсилення сигнал подається до блока виділення інформаційної складової 14, де виконується демодуляція та виділення корисної інформації з прийнятого сигналу. Отримані дані надходять до формувача керуючих імпульсів 15, який забезпечує формування імпульсів необхідної тривалості та форми для подальшої цифрової обробки.

Подальше опрацювання команд виконується декодером команд керування 16, який розпізнає отримані команди та перетворює їх у формат, зрозумілий для мікроконтролера. Для забезпечення стабільної роботи вузлів дистанційного керування використовується блок часової синхронізації 17, який формує сигнали скидання та синхронізації декодуючих вузлів.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після декодування команди керування надходять до мікроконтролерного модуля 3, який виконує відповідні дії згідно із заданим алгоритмом роботи. Це дозволяє користувачу дистанційно змінювати режими функціонування системи, переглядати інформацію про стан каналів контролю температури та керувати роботою виконавчих пристроїв.

Таким чином, розроблена структурна схема забезпечує реалізацію багатоканального вимірювання температури, локального та дистанційного моніторингу, бездротового обміну даними, керування виконавчими пристроями, взаємодії з персональним комп'ютером та можливості перепрограмування мікроконтролерного модуля. Запропонована структура повністю відповідає сформованим технічним вимогам і є основою для подальшого розроблення електричної принципової схеми пристрою.

1.3 Проектування схеми електричної принципової системи

1.3.1 Схема електрична принципова системи

В якості блоку температурних сенсорів використовується цифровий датчик температури DS18B25, який підключається до роз'єму X1.

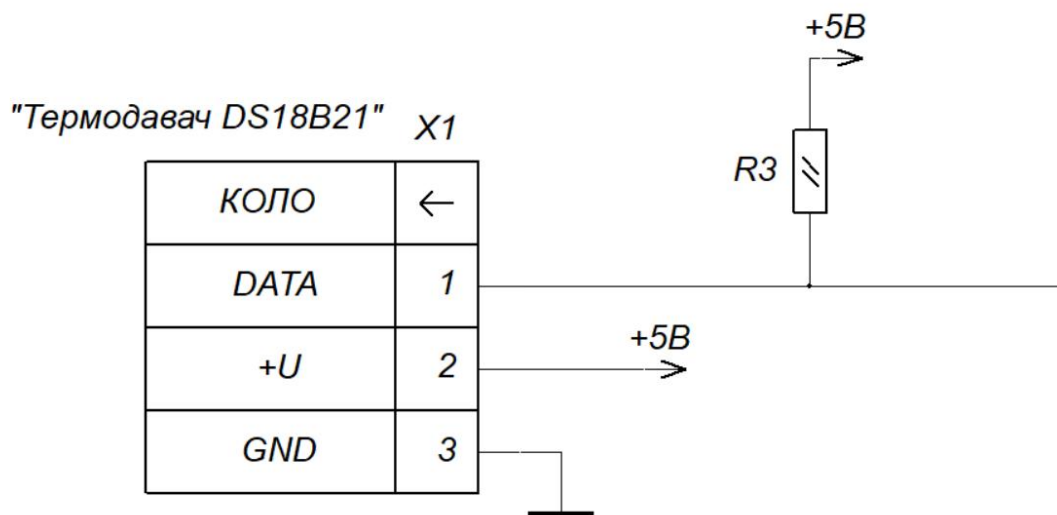


Рисунок 1.5 – Вузол блоку температурних сенсорів

Датчик забезпечує програмовану роздільну здатність вимірювання від 9 до 12 біт та здійснює вимірювання температури в діапазоні від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ з максимальною похибкою $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ у межах температур від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сигнал з виходу датчика надходить на вхід порту PA0.1 мікроконтролера DD4, який входить до складу мікроконтролерного модуля керування.

Мікроконтролерний модуль керування реалізований на базі мікроконтролера DD4. Стабільний запуск і перезавантаження мікроконтролера забезпечуються мікросхемою рестарту DD6. У мікроконтролері здійснюються приймання, оброблення та формування даних для їх подальшої передачі через інші функціональні вузли системи.

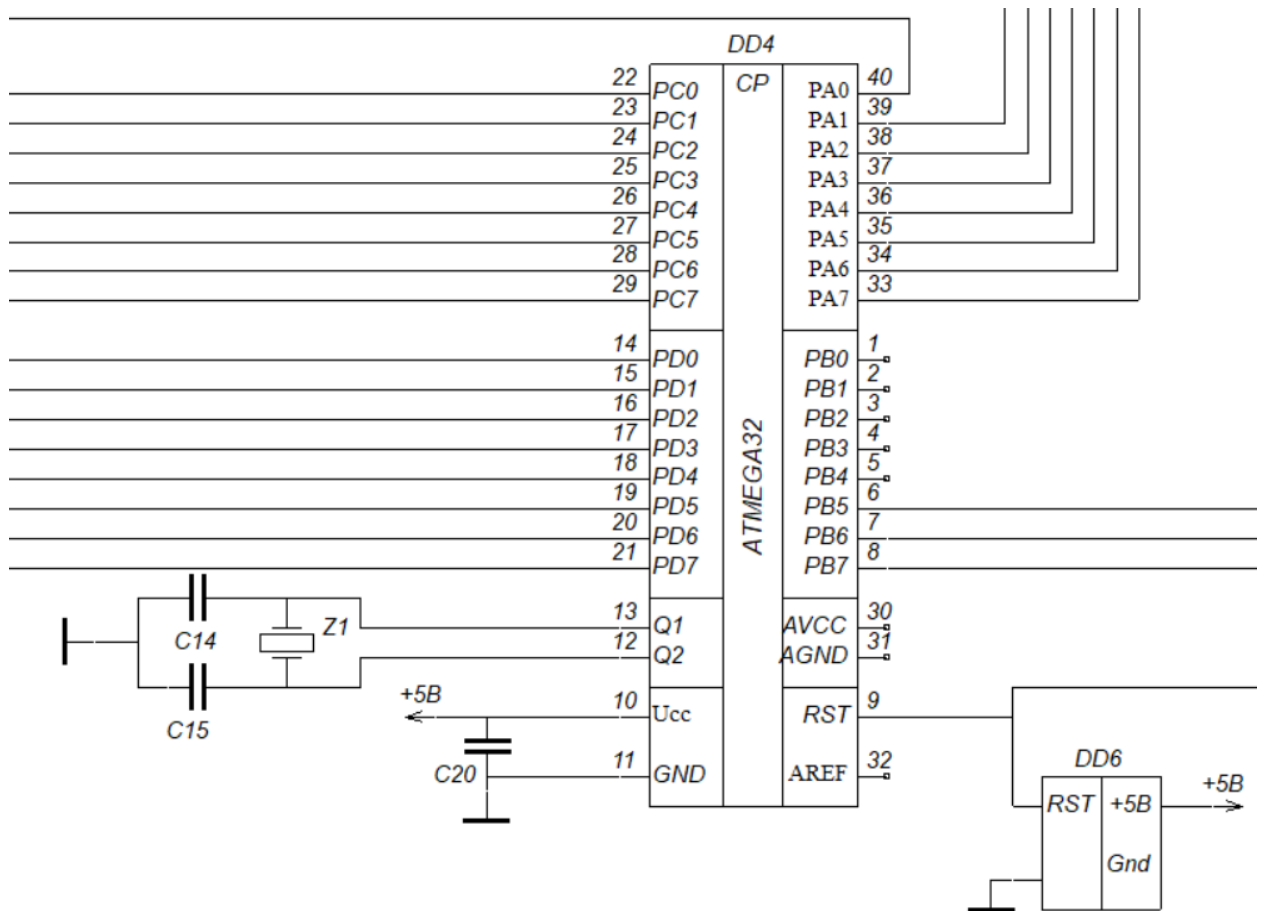


Рисунок 1.6 – Мікроконтролерний модуль

Для реалізації інтерфейсного модуля обміну даними використовується формувач рівня сигналу на основі мікросхеми DD2 MAX232, який забезпечує узгодження електричних рівнів між мікроконтролером DD4 та персональним комп'ютером. Передавання інформації здійснюється через роз'єм X2, до якого підключається ComPort персонального комп'ютера.

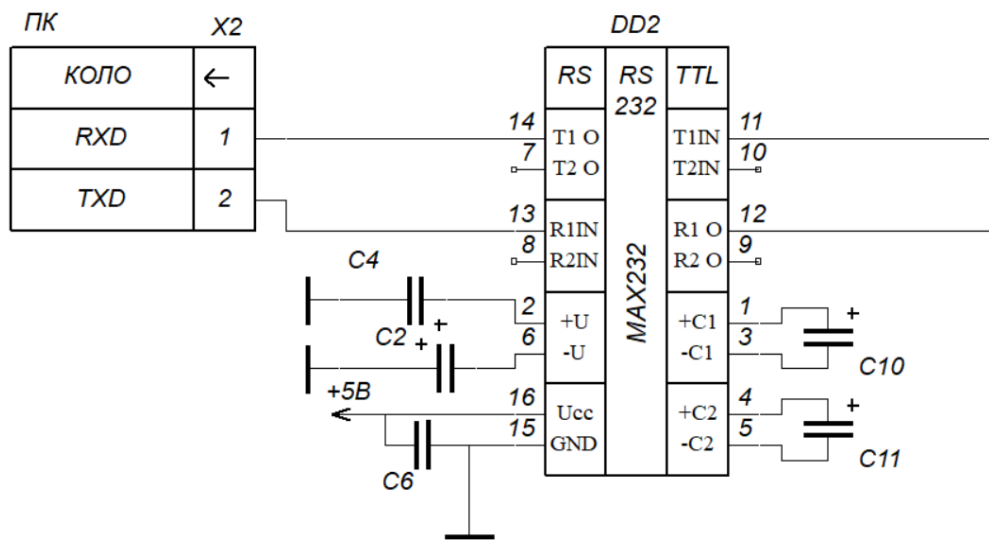


Рисунок 1.7 – Інтерфейсний модуль обміну даними

RF-модуль передачі даних реалізований на базі радіомодему DD5 CC1000 (рис.1.8).

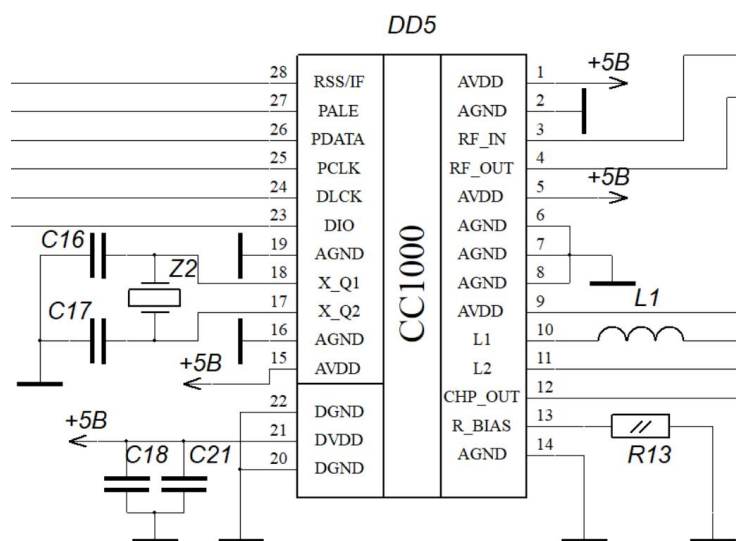


Рисунок 1.8 – Радіомодем

Сформовані мікроконтролером дані надходять до радіомодему, де здійснюються їх пакування, модуляція та підготовка до передачі. Далі сигнал подається до смугового фільтра, утвореного елементами С34, С36 та L4, який забезпечує виділення необхідного частотного діапазону та пригнічення небажаних спектральних складових (рис.1.9).

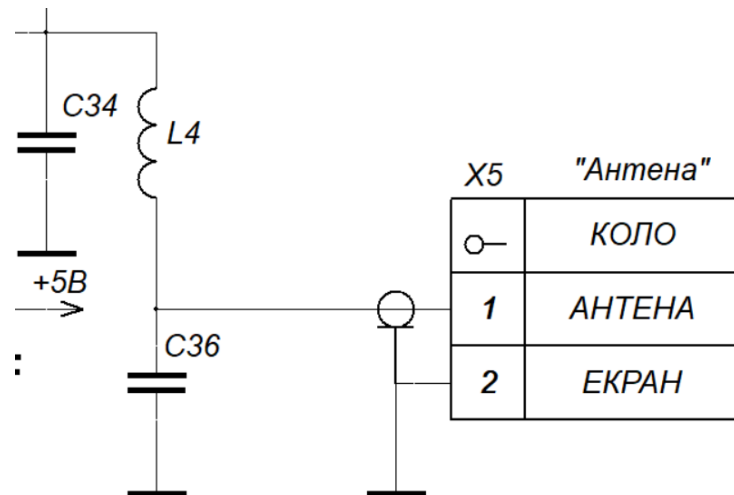


Рисунок 1.9 – Смуговий фільтр

Після цього сигнал через роз'єм X5 надходить до антенного модуля для випромінювання в ефір.

У режимі приймання сигнал з антенного модуля надходить до смугового фільтра, після чого через вузол узгодження (рис.1.10) подається на вхід RF_IN радіомодему DD5.

У радіомодемі здійснюється демодуляція сигналу та відновлення інформаційного повідомлення, яке передається до мікроконтролерного модуля керування для подальшого опрацювання.

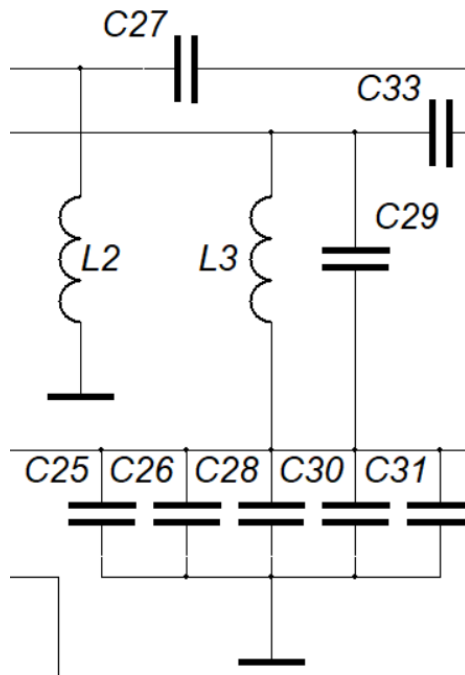


Рисунок 1.10 – Вузол узгодження

Передавання та приймання даних контролюється дисплейним модулем, який реалізований на світлодіодних індикаторах Н1 «Прийом» і Н2 «Передача», транзисторах VT1 і VT2 та резисторах R1, R2, R4 і R5 (рис.1.11).

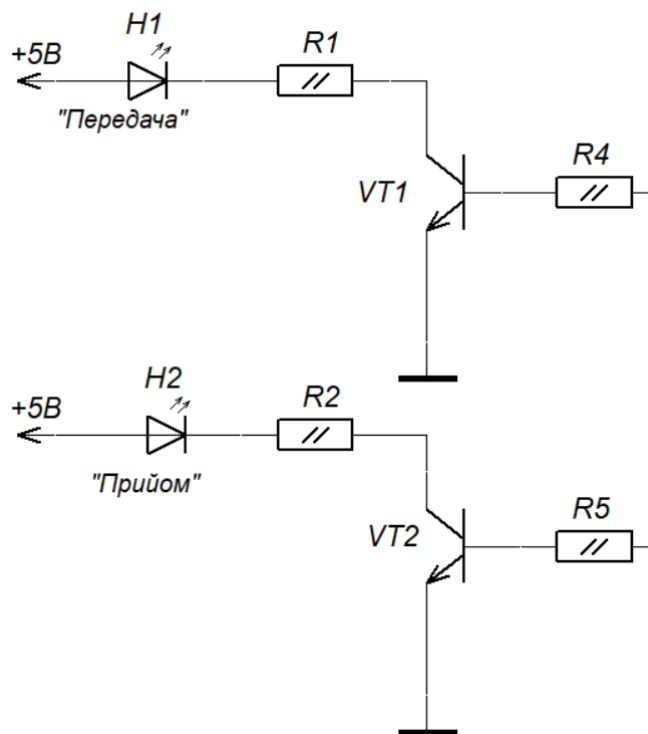


Рисунок 1.11 – Дисплейний модуль

Інтерфейс зовнішнього радіомодуля реалізований за допомогою формувача рівня сигналу на базі мікросхеми гальванічного розв'язування DD1, який забезпечує узгодження сигналів між мікроконтролерним модулем керування та зовнішнім модулем радіозв'язку (рис.1.12).

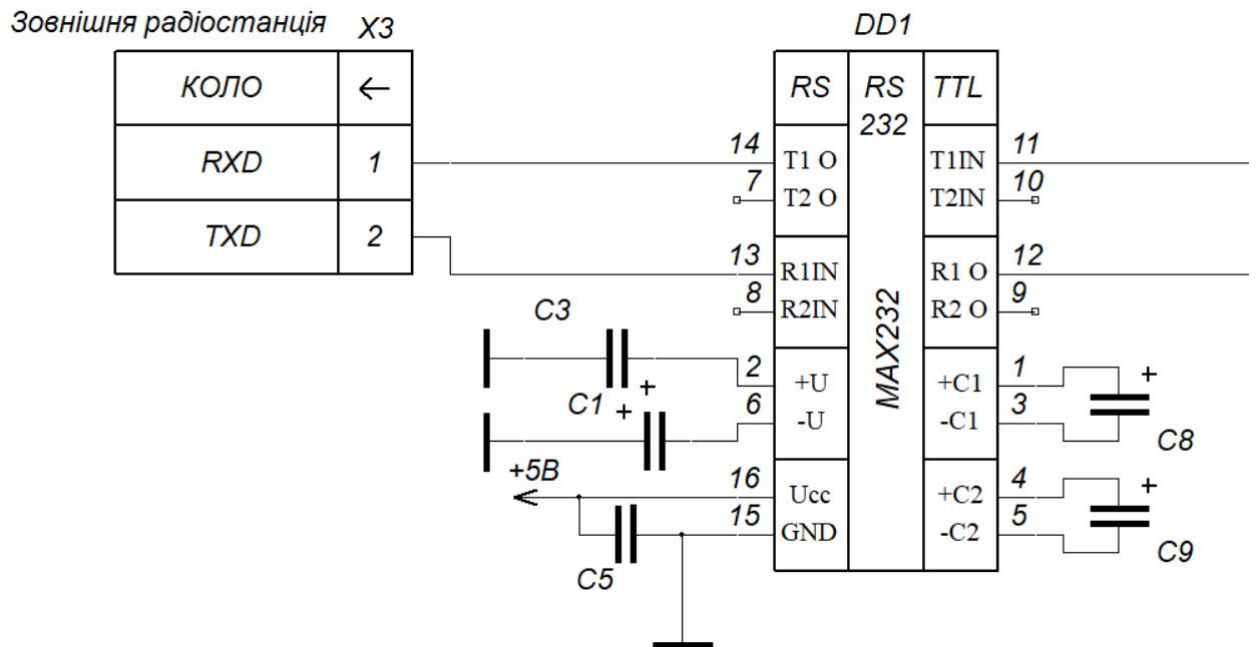


Рисунок 1.12 – Формувач рівня сигналу (МК-зовнішній радіомодем)

Модуль програмування та налагодження реалізується через роз'єм X6 (рис.1.13), який забезпечує підключення програматора до портів мікроконтролера DD4 та дає можливість виконувати перепрограмування і налагодження системи.

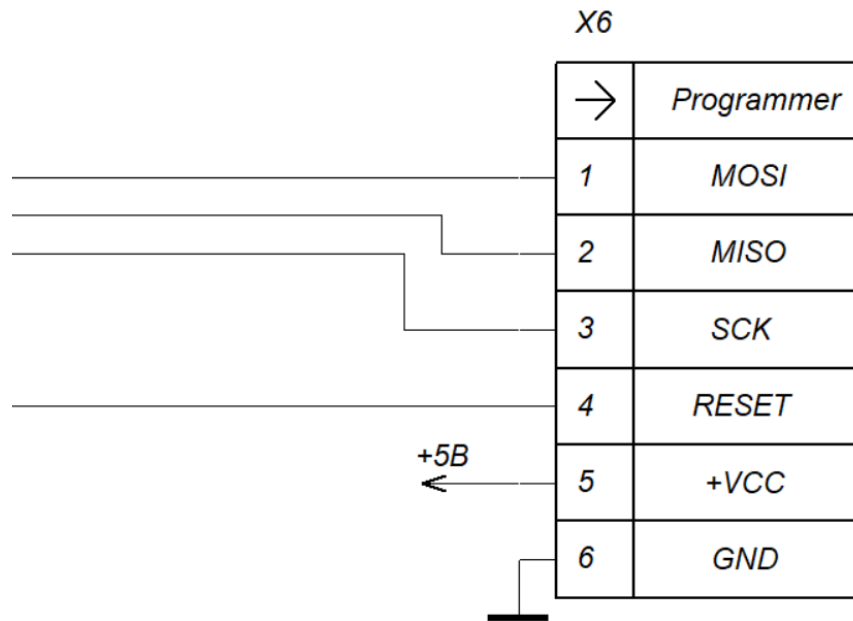


Рисунок 1.13 – Роз’єм для підключення модуля програмування та налагодження

Вузол керування приладом через ІЧ-діапазоні (рис.1.14) містить ІЧ-приймач команд керування, реалізований на фототранзисторі VT5 (рис.1.15), попередній підсилювач сигналу на операційному підсилювачі DA2:1, блок виділення інформаційної складової у вигляді активного смугового фільтра, налаштованого на частоту 5 кГц (рис.1.16), формувач керуючих імпульсів на основі тригера Шмітта (рис.1.17) та декодер команд керування, реалізований за допомогою лічильника DD3 (рис.1.18).

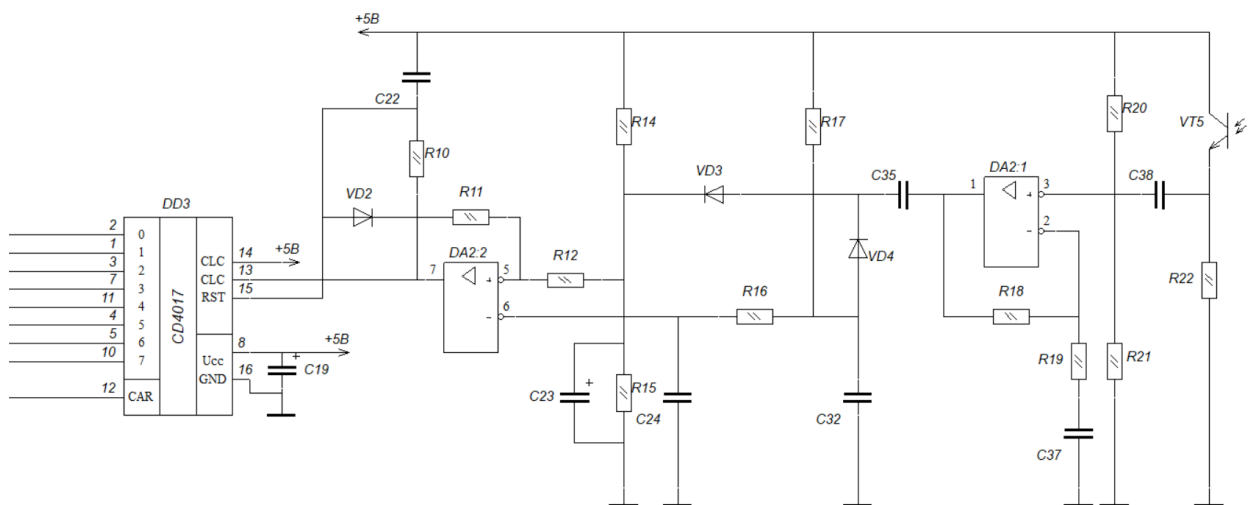


Рисунок 1.14 – Вузол керування приладом

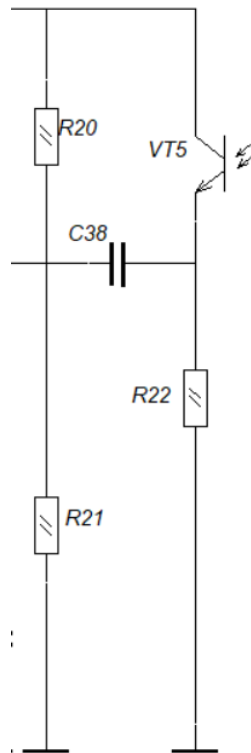


Рисунок 1.15 – Вхідне коло фототранзистора

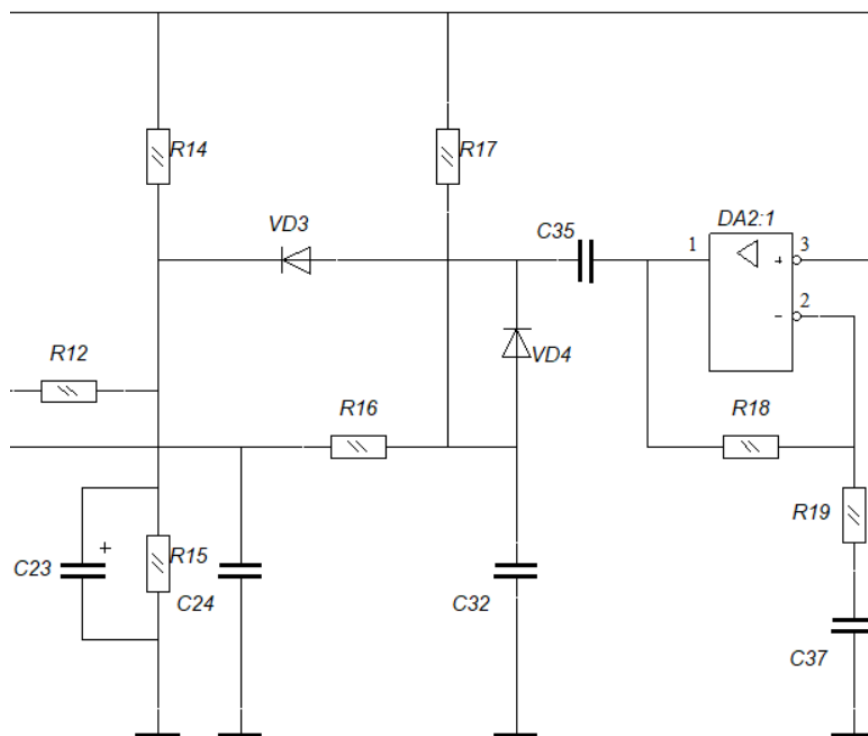


Рисунок 1.16 – Активний смуговий фільтр

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

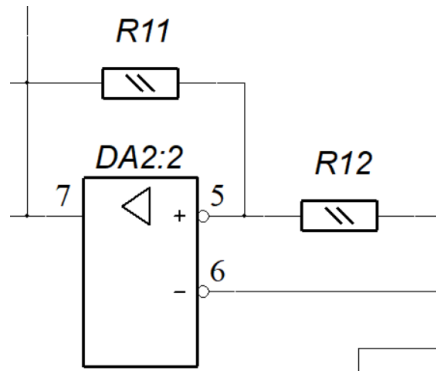


Рисунок 1.17 – Тригера Шмідта

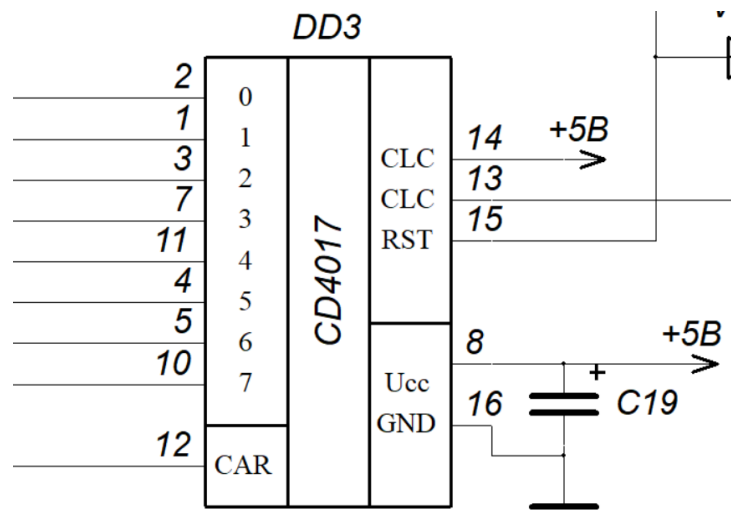


Рисунок 1.18 – Лічильник

Блок часової синхронізації складається з діода VD2, конденсатора C22 і резистора R10 та забезпечує формування сигналів затримки, синхронізації та скидання декодуючих вузлів (рис.1.19).

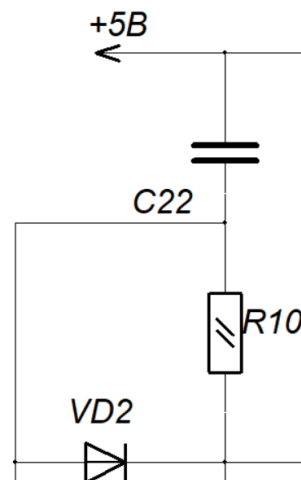


Рисунок 1.19 – Коло часової затримки

1.3.2 Синтез алгоритму роботи мікроконтролерного модуля

Мікроконтролерний модуль керування виконує функції координації роботи RF-модуля передачі даних, вузла керування через ІЧ-канал, а також забезпечує обмін інформацією з персональним комп'ютером через інтерфейсний модуль обміну даними. Алгоритм роботи мікроконтролера передбачає функціонування системи в чотирьох основних режимах:

- вимірювання температури та передавання результатів вимірювання бездротовим каналом зв'язку;
- приймання та ретрансляція інформації, отриманої від інших пристроїв моніторингу температури;
- одночасне вимірювання температури, приймання інформації від інших пристроїв та передавання зібраних даних до персонального комп'ютера;
- зміна режимів функціонування системи відповідно до команд, прийнятих від пульта дистанційного керування через канал інфрачервоного випромінювання.

Блок-схему алгоритму роботи мікроконтролерного модуля керування наведено на рис. 1.20.

Налаштування режимів роботи системи здійснюється за допомогою персонального комп'ютера або пульта дистанційного керування до введення пристрою в експлуатацію. Крім вибору режиму роботи, задаються параметри адресації пристроїв, дані від яких необхідно приймати, передавати або ретранслювати.

Після подачі живлення виконується ініціалізація портів введення-виведення мікроконтролера та налаштування основних функціональних вузлів системи. Далі здійснюється перевірка наявності команд від персонального комп'ютера або вузла керування через ІЧ-канал. Якщо нові параметри не надходять або зв'язок із персональним комп'ютером відсутній,

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передаванням інформації здійснюється перевірка доступності каналу. Якщо канал зайнятий, дані, призначені для ретрансляції або передачі, тимчасово зберігаються до моменту його звільнення. Після відновлення доступу до каналу мікроконтролер передає накопичені дані до RF-модуля передачі даних разом із результатами власних вимірювань температури.

1.3.3 Розрахунок та обґрунтування параметрів окремих вузлів схеми

1.3.3.1 Розрахунок кола скидання мікроконтролера

Для забезпечення надійного запуску мікроконтролера ATmega32 після подачі живлення у схемі використано спеціалізовану мікросхему контролю живлення DS1812D-5. Додатково у пристрої застосовується RC-коло затримки, утворене резистором R10 та конденсатором C22, яке формує короткочасний сигнал синхронізації та скидання для вузлів декодування.

Параметри кола:

- R10 = 4,7 кОм;
- C22 = 100 нФ.

Постійна часу RC-ланцюга визначається виразом:

$$\tau = RC, \quad (1.1)$$

$$\tau = 4.7 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9} = 0.47 \text{ мс}$$

Час встановлення напруги на конденсаторі до 95 % від усталеного значення становить:

$$\tau_{95} = 3\tau = 1.41 \text{ мс}, \quad (1.2)$$

а до 99 %

$$\tau_{99} \approx 5\tau = 2.35 \text{ мс}. \quad (1.3)$$

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримане значення забезпечує достатню затримку для завершення перехідних процесів після подачі живлення та формування коректного сигналу скидання цифрових вузлів.

1.3.3.2 Розрахунок світлодіодного індикатора

Індикація режимів роботи здійснюється світлодіодами Н1-Н4 типу HLMP-1600. Обмеження струму через світлодіоди забезпечують резистори R1, R2, R6 та R7 номіналом 270 Ом.

При напрузі живлення $U_{жив}=5\text{В}$ та прямому падінні напруги на світлодіоді $U_{LED}=2\text{В}$, а також напрузі насичення транзистора $U_{CE(sat)}=0,2\text{В}$ струм світлодіода становить:

$$I_{LED} = \frac{U_{жив} - U_{LED} - U_{CE(sat)}}{R}, \quad (1.4)$$

$$I_{LED} = \frac{5 - 2 - 0.2}{270} = 10.4 \text{ мА.}$$

Отриманий струм відповідає рекомендованому режиму роботи світлодіодів HLMP-1600 та забезпечує достатню яскравість індикації без перевантаження вихідних каскадів.

1.3.3.3 Розрахунок базових кіл транзисторних ключів

Для керування світлодіодними індикаторами використовуються транзистори VT1-VT4 типу BC547B. Базовий струм задається резисторами R4, R5, R8 та R9 номіналом 9,1 кОм.

При рівні логічної одиниці на виході мікроконтролера $U_{вих}=5\text{В}$ та напрузі база-емітер $U_{BE}=0,7\text{В}$ струм бази становить:

$$I_B = \frac{U_{вих} - U_{BE}}{R_B}, \quad (1.5)$$

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_B = \frac{5 - 0.7}{9100} = 0.47 \text{ мА.}$$

При струмі колектора близько 10 мА коефіцієнт насичення дорівнює:

$$K = \frac{I_K}{I_B}, \quad (1.6)$$

$$K = \frac{10.4}{0.47} = 22.$$

Для транзистора BC547B такий режим забезпечує гарантоване насичення, а отже мінімальні втрати потужності у відкритому стані.

1.3.3.4 Розрахунок кварцового генератора мікроконтролера

Тактова частота мікроконтролера формується кварцовим резонатором Z1 частотою 4,032 МГц. Для забезпечення стабільної генерації використовуються конденсатори C14-C17 ємністю 27 пФ.

Еквівалентна навантажувальна ємність кварцу визначається як:

$$C_L = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C_{par}, \quad (1.7)$$

де $C_1 = C_2 = 27 \text{ пФ}$.

Тоді:

$$C_L = \frac{27 \cdot 27}{27 + 27} = 13.5 \text{ пФ.}$$

З урахуванням паразитних ємностей друкованої плати та виводів мікросхеми $C_{par} = 3 \dots 5 \text{ пФ}$ остаточно $C_L = 16,5 \dots 18,5 \text{ пФ}$.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримане значення відповідає типовим вимогам кварцових резонаторів даного діапазону частот, що забезпечує стабільність тактування мікроконтролера.

1.3.3.5 Розрахунок смугового фільтра радіомодему

У вихідному тракті радіомодему СС1000 застосовується смуговий LC-фільтр, утворений елементами L4 та С36.

Параметри елементів:

- L4 = 18 нГн;
- С36 = 33 пФ.

Резонансна частота контуру визначається за формулою:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (1.8)$$

Підставляючи значення:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{18 \cdot 10^{-9} \cdot 33 \cdot 10^{-12}}} \approx 206 \text{ МГц.}$$

Розрахована частота знаходиться в діапазоні роботи радіомодему СС1000 і підтверджує правильність вибору елементів фільтра. Остаточна частота налаштування визначається також іншими реактивними елементами вихідного каскаду.

1.3.3.6 Оцінка споживаної потужності світлодіодного каналу

Потужність, що розсіюється на обмежувальному резисторі:

$$P_R = I^2 R, \quad (1.9)$$

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_R = (0.0104)^2 \cdot 270 = 0.029 \text{ Вт.}$$

Максимальна допустима потужність резистора С2-23 становить 0,125 Вт.

Коефіцієнт запасу:

$$K = \frac{0.125}{0.029} = 4.3 \text{ Вт.}$$

Отже резистор працює з більш ніж чотирикратним запасом по потужності, що забезпечує високу надійність вузла.

1.3.4 Синтез програмного забезпечення центрального мікроконтролерного модуля

Програмне забезпечення мікроконтролерного модуля керування розроблено мовою програмування С у середовищі розробки Microchip Studio. Алгоритм роботи передбачає функціонування системи у чотирьох основних режимах: вимірювання та передавання, ретрансляція, одночасне вимірювання з передачею на ПК та зміна конфігурації. Для реалізації цієї логіки застосовано концепцію скінченного автомата.

На початку програми підключаються стандартні бібліотеки вводу-виводу та переривань. Для організації автомата станів створюється перелічуваний тип SystemMode, який містить чотири робочі режими системи:

Після подачі живлення мікроконтролер повинен налаштувати порти введення-виведення та периферійні модулі.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зчитування інформації з датчика DS1825 здійснюється за інтерфейсом 1-Wire. Функція виконує скидання шини, подає команди на вимірювання (0x44) та зчитування результатів (0xBE):

```
float DS1825_ReadTemperature(void) {
    uint8_t temp_lsb, temp_msb;
    float temp_celsius;

    if (!OneWire_Reset()) return -999.0; // Перевірка присутності датчика

    OneWire_WriteByte(0xCC); // Пропуск адресації ROM
    OneWire_WriteByte(0x44); // Старт вимірювання температури

    _delay_ms(750); // Час на перетворення температури

    OneWire_Reset();
    OneWire_WriteByte(0xCC);
    OneWire_WriteByte(0xBE); // Зчитування пам'яті датчика

    temp_lsb = OneWire_ReadByte();
    temp_msb = OneWire_ReadByte();

    // Формування 16-бітного значення та переведення у градуси Цельсія
    int16_t raw_temp = (temp_msb << 8) | temp_lsb;
    temp_celsius = (float)raw_temp * 0.0625;

    return temp_celsius;
}
```

Зміна режимів функціонування системи виконується відповідно до команд, прийнятих від пульта дистанційного керування через ІЧ-канал або від ПК. Для миттєвої реакції системи на ці події використовуються апаратні переривання:

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

// Обробник переривання: отримання даних від ПК через інтерфейс RS-232C
ISR(USART_RXC_vect) {
    uint8_t rx_data = UDR; // Зчитування отриманого байта

    // Декодування команди (умовно)
    if(rx_data == 'C') {
        command_received = 1; // Встановлення прапорця нової команди
        current_mode = MODE_CONFIG; // Перехід у режим налаштування
    }
}

// Обробник переривання: отримання сигналу від ІЧ-приймача
ISR(INT0_vect) {
    // Алгоритм розпізнавання RC5 або іншого ІЧ-протоколу
    command_received = 1;
    current_mode = MODE_CONFIG;
}

```

Після ініціалізації мікроконтролер виконує перевірку наявності команд від ПК або вузла ІЧ-керування. Якщо команди відсутні, система продовжує роботу з попередніми налаштуваннями:

```

int main(void) {
    char uart_tx_buffer[40];

    System_Init(); // Виклик функції налаштування апаратної частини

    // Перевірка наявності команд від ПК або ІЧ-пульта на старті системи
    if (command_received) {
        current_mode = MODE_CONFIG;
    }

    // Безкінечний цикл – головний автомат станів
    while (1) {
        switch (current_mode) {

```

У режимі ведучого пристрою мікроконтролер зчитує дані з сенсорів та передає їх на ПК. Якщо пристрій працює автономно (MODE_MEASURE_TX), він виконує вимірювання та відправляє їх у

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіоканал. Перед передачею обов'язково перевіряється доступність радіоканалу:

```
case MODE_MASTER_PC:
    // Вимірювання температури
    current_temperature = DS1825_ReadTemperature();

    // Формування рядка даних для ПК
    sprintf(uart_tx_buffer, "TEMP: %.2f C\r\n", current_temperature);

    // Передача даних через USART
    for (int i = 0; uart_tx_buffer[i] != '\0'; i++) {
        while (!(UCSRA & (1 << UDRE)));
        UDR = uart_tx_buffer[i];
    }
    _delay_ms(1000);
    break;

case MODE_MEASURE_TX:
    // Вимірювання та передача бездротовим каналом
    current_temperature = DS1825_ReadTemperature();

    // Перевірка доступності радіоканалу перед передачею
    // if (CC1000_ChannelIsClear()) {
    //     CC1000_Transmit((uint8_t*)&current_temperature, 4);
    // }
    _delay_ms(1000);
    break;

case MODE_RETRANSMIT:
    // Прийом даних від інших вузлів та їх ретрансляція
    // Логіка очікування даних з радіоефіру
    break;

case MODE_CONFIG:
    // Обробка команд конфігурації
    command_received = 0; // Скидання прапорця

    // Після збереження нових налаштувань повернення до роботи
    current_mode = MODE_MASTER_PC;
    break;
} // Кінець switch
} // Кінець while(1)
return 0;
```

Такий модульний підхід до структурування коду не лише полегшує його розуміння, але й дозволяє легко розширювати функціонал, наприклад,

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

додаючи нові режими обробки даних або впроваджуючи алгоритми збереження енергії у періоди простою.

1.4 Вибір елементної бази системи

Вибір елементної бази вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою здійснювався з урахуванням технічних вимог до пристрою, а саме забезпечення багатоканального вимірювання температури, підтримки бездротового та дротового обміну даними, високої надійності роботи, низького енергоспоживання та можливості подальшого розширення функціональних можливостей системи.

Центральним елементом пристрою є мікроконтролер DD4 типу АТmega32, зовнішній вигляд якого наведено на рис. 1.21.

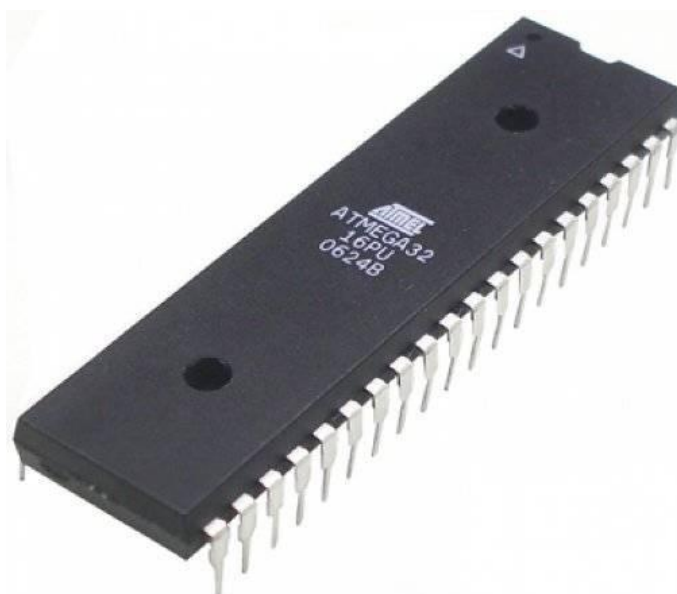


Рисунок 1.21 – Мікроконтролер АТmega32 (DIP-40)

Мікроконтролер АТmega32 обраний завдяки наявності 32 Кбайт Flash-пам'яті програм, 2 Кбайт оперативної пам'яті SRAM, трьох таймерів, апаратного інтерфейсу USART, SPI та TWI. Наявність достатньої кількості портів введення-виведення дозволяє підключати температурні сенсори,

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

індикатори, радіомодем та інші периферійні пристрої без використання додаткових розширювачів портів. Крім того, мікроконтролер характеризується низьким енергоспоживанням та широким поширенням, що спрощує розробку програмного забезпечення.

Для вимірювання температури використовується цифровий датчик DS1825, зовнішній вигляд якого наведено на рисунку 1.22.

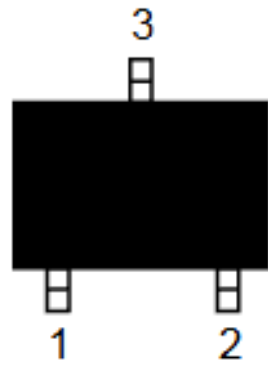


Рисунок 1.22 – Цифровий датчик температури DS1825

Датчик DS1825 забезпечує вимірювання температури в діапазоні від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ із роздільною здатністю до 12 біт та підтримує інтерфейс 1-Wire. Використання такого інтерфейсу дозволяє підключати декілька датчиків до однієї сигнальної лінії, що є важливою перевагою для реалізації багатоканальної системи контролю температури.

Для забезпечення стабільного запуску та контролю напруги живлення використовується мікросхема супервізора живлення DS1812D-5, наведена на рис. 1.23.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



TOP VIEW
SOT-23 PACKAGE
See Mech.
Drawings Section
On Website

Рисунок 1.23 – Мікросхема контролю живлення DS1812D-5

Застосування DS1812D-5 дозволяє формувати коректний сигнал скидання мікроконтролера під час подачі живлення та при короткочасних провалах напруги. Це підвищує надійність функціонування системи та запобігає виникненню помилок у роботі програмного забезпечення.

Для реалізації обміну даними з персональним комп'ютером через інтерфейс RS-232 використовується мікросхема MAX232, зовнішній вигляд якої наведено на рис. 1.24.

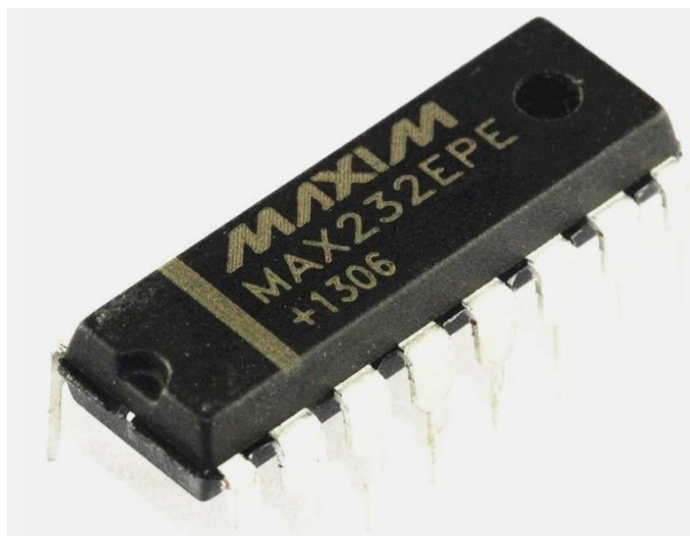


Рисунок 1.24 – Перетворювач рівнів MAX232 (корпус DIP-16)

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мікросхема MAX232 забезпечує узгодження рівнів сигналів між мікроконтролером та інтерфейсом RS-232 без застосування додаткових джерел живлення. Використання даного перетворювача дозволяє реалізувати надійний зв'язок із персональним комп'ютером для налаштування та моніторингу роботи системи.

Передавання даних бездротовим каналом здійснюється за допомогою радіомодему CC1000, зовнішній вигляд якого наведено на рис. 1.25.



Рисунок 1.25 – Радіомодем CC1000 (корпус TSSOP-28)

Мікросхема CC1000 працює у діапазоні частот від 300 до 1000 МГц та підтримує швидкість передавання даних до 76,8 кбіт/с, що повністю відповідає технічним вимогам до системи. Радіомодем характеризується низьким енергоспоживанням, високою чутливістю приймача та можливістю програмного налаштування параметрів зв'язку.

Для реалізації попереднього підсилювача в системі дистанційного ПЧ-керування використовується операційний підсилювач TL081, наведений на рис. 1.26.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

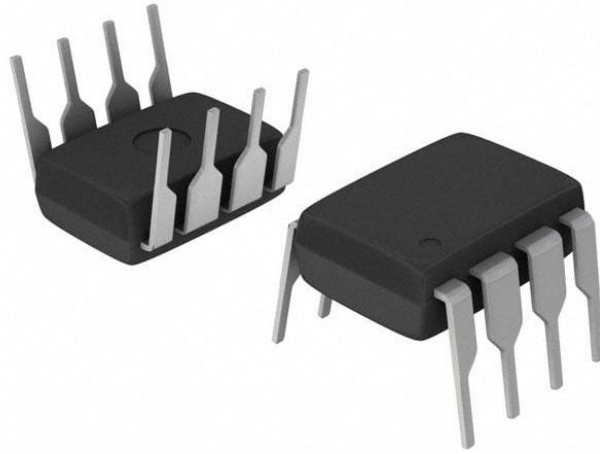


Рисунок 1.26 – Операційний підсилювач TL081 (корпус DIP 8)

Операційний підсилювач TL081 має високий вхідний опір, низький рівень шумів та достатню швидкодію для обробки сигналів інфрачервоного каналу керування. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу вузла приймання команд дистанційного керування.

Для керування світлодіодними індикаторами застосовуються біполярні транзистори BC547B, зовнішній вигляд яких наведено на рис.1.27.

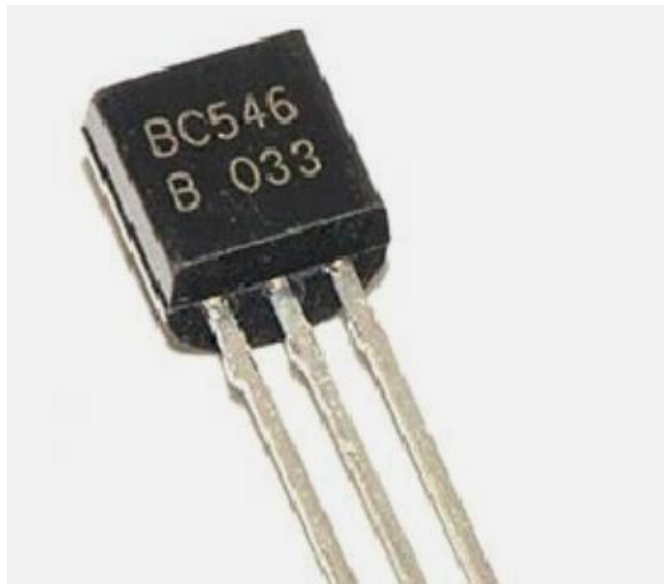


Рисунок 1.27 – Транзистор BC547B

Транзистори BC547B характеризуються високим коефіцієнтом підсилення струму, низькою вартістю та широкою доступністю. Їх

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання дозволяє забезпечити надійне керування світлодіодними індикаторами при мінімальному навантаженні на виходи мікроконтролера.

Для світлової індикації режимів роботи застосовуються світлодіоди HLMP-1600, наведені на рис. 1.28.

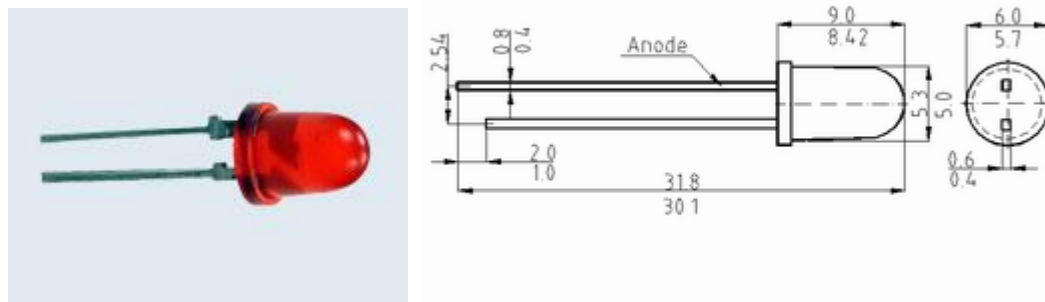


Рисунок 1.28 – Світлодіод HLMP-1600

Світлодіоди HLMP-1600 забезпечують достатню яскравість індикації при малому струмі споживання та характеризуються високою надійністю й тривалим терміном експлуатації.

Стабілізація напруги живлення цифрових вузлів виконується інтегральним стабілізатором LM7805, зовнішній вигляд якого наведено на рис. 1.29.



Рисунок 1.29 – Стабілізатор напруги LM7805 (корпус TO-220)

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

LM7805 забезпечує стабілізовану напругу +5 В для живлення мікроконтролера, радіомодему та інших цифрових вузлів системи. Основними перевагами мікросхеми є простота застосування, наявність вбудованого захисту від перегрівання та перевантаження по струму.

Таким чином, обрана елементна база повністю забезпечує виконання вимог до розроблюваної вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою. Використані компоненти характеризуються високою надійністю, доступністю, невисокою вартістю та достатніми технічними характеристиками для реалізації всіх функцій системи. Вибір зазначених елементів дозволяє забезпечити стабільну роботу пристрою, точність вимірювання температури та ефективний обмін даними через дротові й бездротові канали зв'язку.

1.5 Компоновка друкованого вузла системи

Компоновка друкованого вузла є важливим етапом конструктивного проєктування вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даними. Основною метою компоновки є раціональне розміщення електронних компонентів на друкованій платі, забезпечення електромагнітної сумісності функціональних вузлів, мінімізація довжини сигнальних з'єднань та створення умов для надійної роботи пристрою.

Проєктування друкованого вузла виконано в системі автоматизованого проєктування Altium Designer. На рис. 1.30 наведено схему електричну принципову системи, яка є основою для подальшого розміщення компонентів та трасування друкованих провідників.

					<i>ПМП 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						47
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

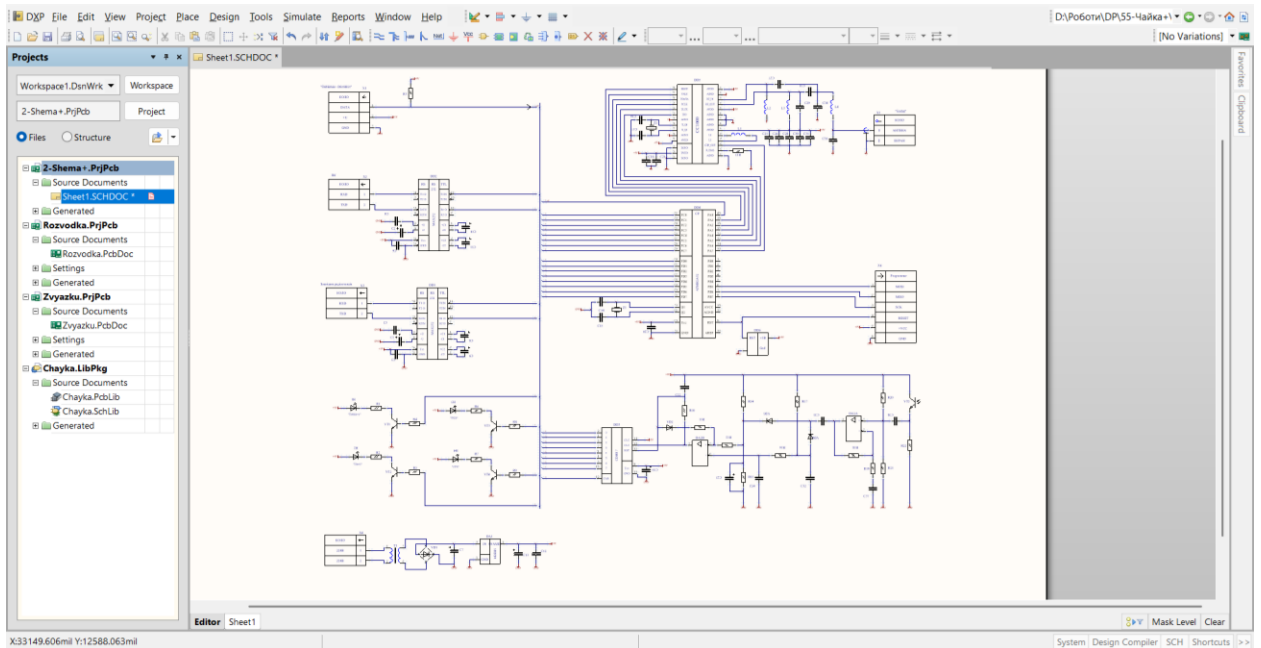


Рисунок 1.30 – Схема електрична принципова системи в середовищі Altium Designer

Основу друкованого вузла становить центральний мікроконтролер DD4 типу ATmega32. Під час компонування його розташовано в центральній частині плати (рис. 1.31), що забезпечує мінімальну довжину провідників до радіомодему, інтерфейсу RS-232, вузла індикації та температурних сенсорів.

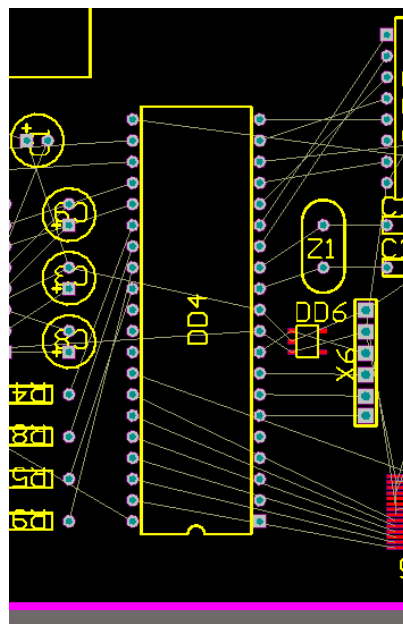


Рисунок 1.31 – Розміщення центрального мікроконтролерного модуля

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Таке рішення дозволяє зменшити паразитні ємності та індуктивності друкованих провідників, підвищити завадостійкість системи та спростити трасування сигнальних кіл.

Радіочастотний тракт, до складу якого входять мікросхема DD5 типу CC1000, узгоджувальні LC-ланцюги та антенний роз'єм, розміщено поблизу краю друкованої плати (рис. 1.32). Таке компоновальне рішення дозволяє мінімізувати довжину високочастотних провідників і зменшити втрати енергії сигналу. Крім того, віддалення радіочастотного вузла від цифрових кіл знижує рівень взаємних електромагнітних завад.

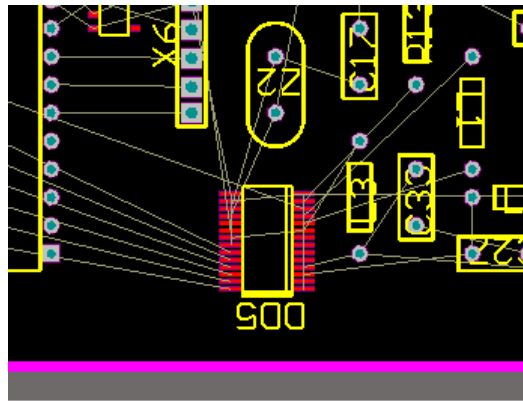


Рисунок 1.32 – Компоновка радіочастотного тракту

Інтерфейсний вузол зв'язку з персональним комп'ютером, реалізований на мікросхемах MAX232, розташовано поблизу роз'єму підключення зовнішнього обладнання (рис. 1.33). Це забезпечує скорочення довжини ліній RS-232 та спрощує процес налагодження і конфігурування системи.

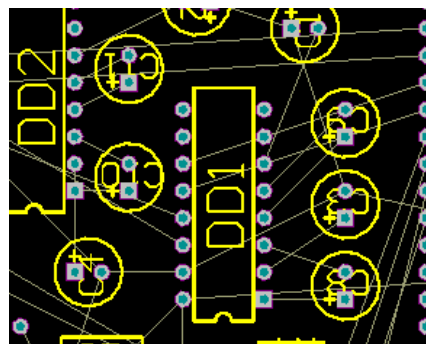


Рисунок 1.33 – Розташування інтерфейсного вузла RS-232

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вузол інфрачервоного керування, який містить фототранзистор RPM-22PB, операційний підсилювач TL081 та лічильник CD4017, розміщено окремою функціональною групою поблизу передньої панелі пристрою (рис. 1.34). Таке розташування забезпечує безперешкодний прийом команд дистанційного керування та зменшує вплив цифрових завад на слабкі сигнали фотоприймача.

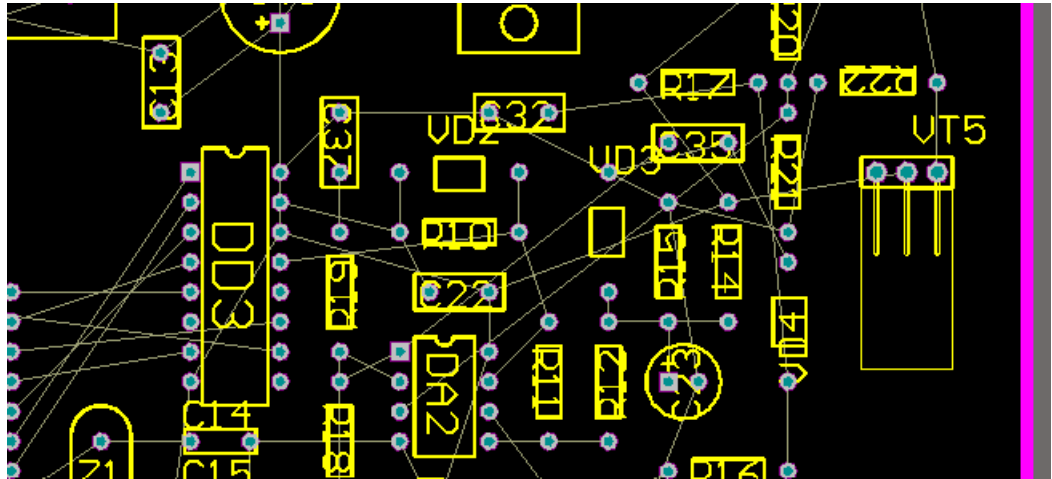


Рисунок 1.34 – Розміщення вузла інфрачервоного керування

Блок живлення, який містить діодний міст VD1, стабілізатор напруги DA1 типу LM7805 та фільтрувальні конденсатори, розміщено поблизу входу живлення друкованої плати (рис. 1.35). Таке рішення дозволяє мінімізувати довжину силових провідників та забезпечити стабільне живлення всіх функціональних вузлів системи.

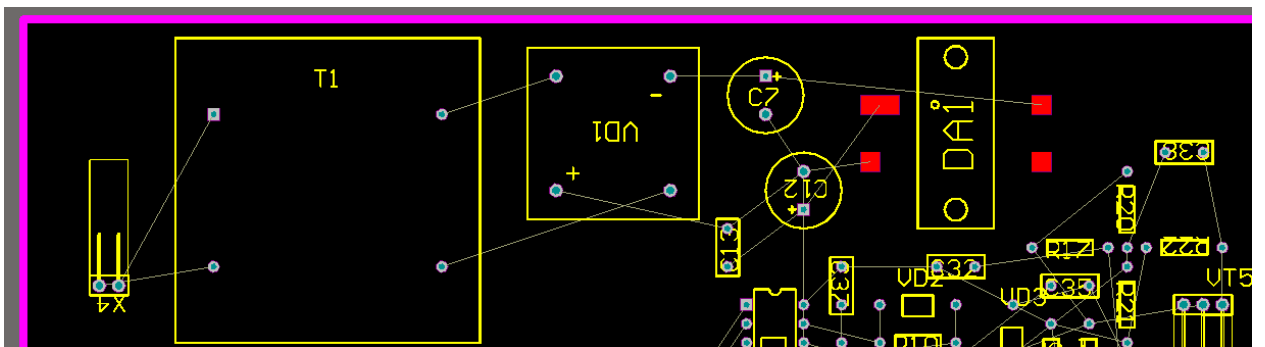


Рисунок 1.35 – Компоновка блока живлення

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Світлодіодні індикатори Н1–Н4 та роз'єми підключення зовнішніх пристроїв розташовані вздовж країв друкованої плати. Подібне розміщення забезпечує зручність контролю режимів роботи пристрою та спрощує підключення зовнішніх модулів.

Під час трасування друкованої плати особливу увагу приділено розділенню цифрових, аналогових та високочастотних кіл. Для шин живлення та загального провідника використано провідники збільшеної ширини. Поруч із кожною інтегральною мікросхемою встановлено блокувальні конденсатори ємністю 0,1 мкФ, що забезпечують локальну фільтрацію перешкод у колах живлення.

Загальний провідник реалізовано у вигляді суцільного полігона, що дозволяє зменшити його опір, покращити тепловідведення та підвищити електромагнітну сумісність пристрою. Для радіочастотного тракту забезпечено мінімальну кількість перехідних отворів та мінімізовано довжину сигнальних ліній між мікросхемою СС1000 та антенним вузлом.

На рисунку 1.36 наведено загальний вигляд компоновки друкованого вузла системи в середовищі Altium Designer.

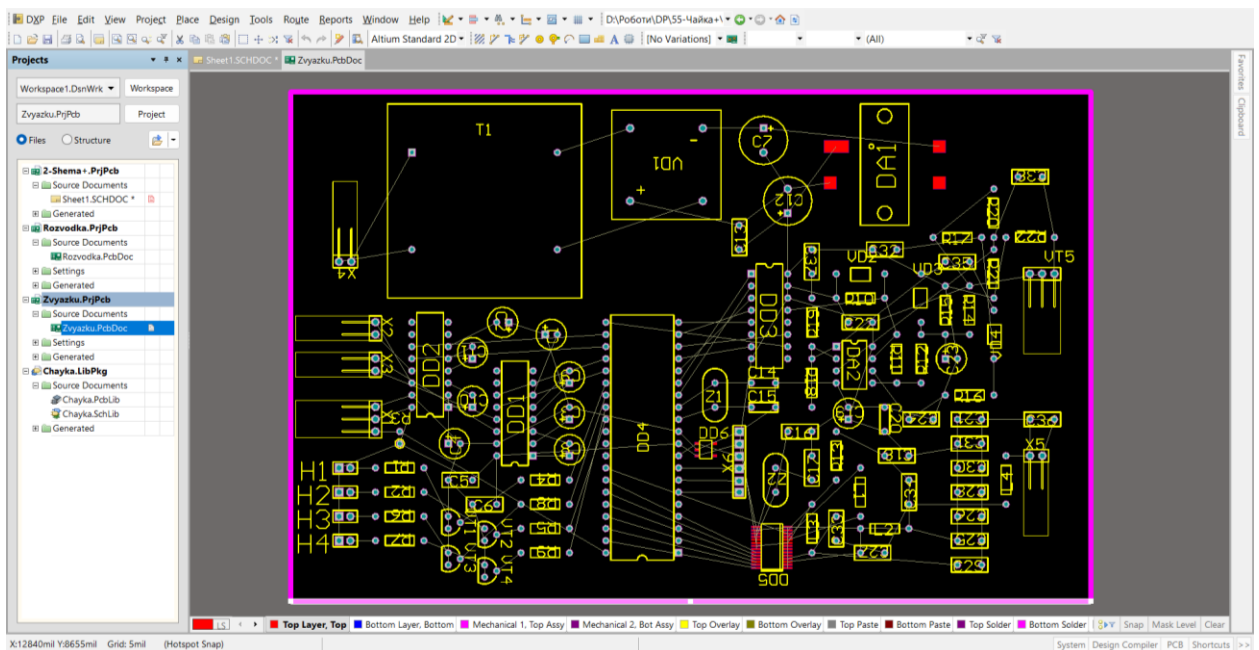


Рисунок 1.37 – Компоновка друкованого вузла системи

										Арк.
										51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

системи, які передбачають реалізацію багатоканального вимірювання температури, дистанційного моніторингу, автоматичного керування виконавчими пристроями та підтримку дротових і бездротових каналів обміну даними.

Відповідно до поставлених вимог розроблено структурну схему вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даними. Запропонована структура забезпечує взаємодію температурних сенсорів, центрального мікроконтролерного модуля, засобів індикації, дротового інтерфейсу зв'язку з персональним комп'ютером, радіоканалу передачі даних та підсистеми дистанційного керування через інфрачервоний канал.

На основі структурної схеми розроблено електричну принципову схему системи. Обґрунтовано вибір основних функціональних вузлів та виконано перевірені розрахунки окремих кіл, зокрема кола скидання мікроконтролера, світлодіодних індикаторів, транзисторних ключів, кварцового генератора та смугового фільтра радіомодему. Отримані результати підтвердили правильність вибору номіналів елементів та працездатність розроблених схемотехнічних рішень.

Розроблено алгоритм функціонування центрального мікроконтролерного модуля та синтезовано програмне забезпечення, яке забезпечує вимірювання температури, передачу даних через радіоканал, взаємодію з персональним комп'ютером, ретрансляцію інформації та дистанційне керування режимами роботи системи.

Виконано вибір елементної бази пристрою. Обрані компоненти характеризуються достатніми технічними параметрами, високою надійністю, доступністю та невисокою вартістю, що забезпечує реалізацію всіх необхідних функцій системи. Центральним елементом пристрою обрано мікроконтролер ATmega32, для вимірювання температури використано цифрові датчики DS1825, для бездротового обміну даними – радіомодем

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СС1000, а для зв'язку з персональним комп'ютером – інтерфейсний перетворювач MAX232.

Завершальним етапом проектування стала розробка компоновки друкованого вузла в середовищі Altium Designer. Виконане розміщення компонентів та трасування друкованих провідників забезпечують мінімізацію паразитних параметрів монтажу, підвищення електромагнітної сумісності функціональних вузлів, зручність налагодження та надійну роботу системи в цілому.

Таким чином, у результаті виконання першого розділу розроблено повний комплект схемотехнічних і конструктивних рішень вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даними, що повністю відповідає сформульованим технічним вимогам та є основою для подальшого дослідження експлуатаційних характеристик пристрою.

					<i>ПМП 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						54
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2.1 Забезпечення безпечних умов праці під час роботи з персональним комп'ютером

Під час виконання робіт, пов'язаних із розробленням вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою, значна частина часу витрачається на роботу з персональним комп'ютером. За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення здійснюється проєктування принципів електричних схем, розроблення друкованих плат, написання та налагодження програмного забезпечення мікроконтролера, а також моделювання окремих функціональних вузлів системи. Тривале перебування за комп'ютером може призводити до виникнення несприятливих наслідків для здоров'я працівника, тому важливим завданням є забезпечення безпечних і комфортних умов праці.

Вимоги до організації робочих місць користувачів персональних комп'ютерів встановлюються Державними санітарними правилами і нормами ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин». Зазначений нормативний документ регламентує параметри мікроклімату, освітлення, ергономічні характеристики робочого місця та режими праці й відпочинку користувачів комп'ютерної техніки.

Одним із найважливіших факторів безпечної роботи є правильна організація робочого місця. Робочий стіл повинен забезпечувати достатню площу для розміщення монітора, клавіатури, маніпулятора типу «миша», технічної документації та інших необхідних засобів роботи. Висота робочої поверхні столу повинна забезпечувати зручне положення рук під час роботи та не створювати додаткового навантаження на плечовий пояс.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робоче крісло повинно бути підйомно-поворотним та регульованим за висотою сидіння і кутом нахилу спинки. Такі конструктивні особливості дозволяють адаптувати робоче місце до антропометричних параметрів користувача та забезпечити правильне положення тіла. Під час роботи спина повинна мати опору на спинку крісла, а ступні ніг повністю спиратися на підлогу або спеціальну підставку.

Особливе значення має правильне розташування монітора. Екран необхідно встановлювати на відстані 60–70 см від очей користувача. Верхня межа екрана повинна знаходитися на рівні очей або на 5–10 см нижче. При такому розміщенні зменшується навантаження на шийний відділ хребта та органи зору. Клавіатура повинна розташовуватися на відстані 10–30 см від краю столу, що забезпечує зручне положення кистей рук і запобігає розвитку професійних захворювань суглобів.

Важливим фактором є забезпечення нормативного освітлення робочого місця. Недостатня або надмірна освітленість призводить до швидкої втоми очей, зниження концентрації уваги та підвищення кількості помилок під час роботи. Відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 освітленість робочої поверхні при виконанні робіт за персональним комп'ютером повинна становити від 300 до 500 лк. Бажано використовувати комбіноване освітлення, яке поєднує природне та штучне світло.

Під час розміщення монітора необхідно уникати появи відблисків на поверхні екрана. Для цього монітор слід розташовувати таким чином, щоб світлові потоки від вікон та освітлювальних приладів не потрапляли безпосередньо на екран. За необхідності застосовуються жалюзі, штори або спеціальні антивідблискові екрани.

Під час роботи за комп'ютером значне навантаження припадає на органи зору. Тривале спостереження за екраном монітора викликає перенапруження очних м'язів, сухість слизової оболонки очей та зниження гостроти зору. Для зменшення негативного впливу рекомендується

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

періодично переводити погляд на віддалені предмети та виконувати спеціальні вправи для очей. Доцільно використовувати правило «20-20-20», відповідно до якого кожні 20 хвилин необхідно протягом 20 секунд дивитися на об'єкт, розташований на відстані приблизно 20 футів (6 метрів).

Не менш важливим є дотримання раціонального режиму праці та відпочинку. Безперервна робота за комп'ютером призводить до накопичення втоми та зниження працездатності. Для профілактики перевтоми рекомендується через кожну годину роботи робити перерву тривалістю 5–10 хвилин. Під час перерв доцільно виконувати легкі фізичні вправи, змінювати положення тіла та здійснювати короточасну рухову активність.

Суттєвий вплив на самопочуття користувача мають параметри мікроклімату приміщення. Температура повітря у приміщенні повинна підтримуватися в межах 22–24 °С, відносна вологість – 40–60 %, а швидкість руху повітря не повинна перевищувати 0,1 м/с. Недотримання зазначених параметрів може призводити до погіршення самопочуття, швидкої втомлюваності та зниження продуктивності праці.

Під час виконання дипломного проєкту використовуються сучасні персональні комп'ютери, які відповідають вимогам електромагнітної безпеки та мають рідкокристалічні монітори з низьким рівнем випромінювання. Проте навіть за таких умов необхідно дотримуватися встановлених санітарно-гігієнічних вимог та рекомендацій щодо організації робочого місця.

Отже, забезпечення безпечних умов праці під час роботи з персональним комп'ютером є важливою складовою процесу розроблення вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою. Дотримання вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 щодо ергономіки робочого місця, освітлення, параметрів мікроклімату та режимів праці й відпочинку дозволяє зменшити негативний вплив шкідливих факторів

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробничого середовища, підвищити працездатність розробника та забезпечити збереження його здоров'я.

2.2 Забезпечення пожежної безпеки під час експлуатації комп'ютерної та електронної техніки

Одним із найважливіших напрямів забезпечення безпеки життєдіяльності під час розроблення та експлуатації електронних пристроїв є пожежна безпека. Під час виконання дипломного проєкту з розроблення вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою використовуються персональні комп'ютери, лабораторні джерела живлення, паяльне обладнання, вимірювальні прилади та інші електротехнічні засоби. Використання значної кількості електрообладнання створює потенційну небезпеку виникнення пожежі, що може призвести до матеріальних збитків, пошкодження обладнання та створення загрози життю і здоров'ю людей.

Відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014), власники та користувачі приміщень зобов'язані забезпечувати виконання заходів пожежної безпеки, утримувати електрообладнання у справному стані та створювати умови для безпечної евакуації людей у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Пожежа являє собою неконтрольований процес горіння, що супроводжується знищенням матеріальних цінностей та створює небезпеку для життя і здоров'я людей. У приміщеннях, де проводяться роботи з розроблення електронних систем, основними причинами виникнення пожеж можуть бути короткі замикання електричних мереж, перевантаження електропроводки, несправність електротехнічного обладнання, порушення правил користування електроприладами, а також необережне поводження з відкритим вогнем.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливу небезпеку становлять короткі замикання в електричних колах. Під час короткого замикання струм у провідниках різко зростає, що супроводжується інтенсивним виділенням теплової енергії. У результаті цього можливе плавлення ізоляції провідників, займання пластикових деталей обладнання та подальше поширення вогню на інші об'єкти. Для запобігання таким ситуаціям необхідно використовувати справне електрообладнання, не допускати механічних пошкоджень кабелів та проводів, а також застосовувати пристрої захисту від перевантаження та короткого замикання.

Іншою поширеною причиною пожеж є перевантаження електричних мереж. У сучасних лабораторіях та комп'ютерних класах одночасно може працювати значна кількість електронних пристроїв, що призводить до збільшення навантаження на електромережу. Перевищення допустимих струмів викликає нагрівання провідників і контактних з'єднань, що може стати причиною займання. Для запобігання таким випадкам необхідно дотримуватися допустимих режимів експлуатації електрообладнання та використовувати мережі, розраховані на відповідне навантаження.

Під час виконання робіт із монтажу та налагодження електронних пристроїв застосовуються паяльні станції та інше теплове обладнання. Неправильне використання таких пристроїв також може стати причиною виникнення пожежі. Після завершення роботи необхідно обов'язково вимикати паяльне обладнання від електромережі та розміщувати його на спеціальних термостійких підставках.

Для забезпечення належного рівня пожежної безпеки приміщення повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння. До таких засобів належать порошкові та вуглекислотні вогнегасники, пожежні щити, засоби оповіщення та евакуації. Особливо ефективними для гасіння електронного обладнання є вуглекислотні вогнегасники, які не пошкоджують електронні компоненти та не проводять електричний струм.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У приміщеннях, де використовується комп'ютерна техніка, забороняється застосовувати воду для гасіння електрообладнання, що перебуває під напругою. Використання води може призвести до ураження людини електричним струмом та погіршити наслідки аварійної ситуації. Тому для ліквідації займання електронної апаратури необхідно використовувати лише ті засоби пожежогасіння, які дозволені чинними нормативними документами.

Важливим заходом пожежної безпеки є забезпечення вільного доступу до евакуаційних виходів. Проходи, коридори та дверні прорізи не повинні захащуватися меблями, обладнанням або сторонніми предметами. На видимих місцях повинні бути розміщені плани евакуації та вказівники напрямків руху до виходів.

У разі виявлення ознак пожежі або задимлення працівник повинен негайно повідомити про подію за номером 101, вказавши точну адресу об'єкта, місце виникнення пожежі та наявність людей у приміщенні. Після цього необхідно, якщо це можливо без ризику для життя, відключити електроживлення обладнання та розпочати гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння. Якщо ліквідувати займання власними силами неможливо, необхідно організувати евакуацію людей із небезпечної зони.

Під час евакуації необхідно зберігати спокій, діяти відповідно до плану евакуації та допомагати особам, які потребують сторонньої допомоги. Категорично забороняється користуватися ліфтами, повертатися за особистими речами або створювати паніку серед людей. Основним завданням є швидке та безпечне залишення небезпечної зони.

Таким чином, пожежна безпека є важливою складовою безпеки життєдіяльності під час розроблення та експлуатації вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою. Дотримання вимог НАПБ А.01.001-2014, своєчасне проведення профілактичних заходів та знання порядку дій у надзвичайних ситуаціях

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяють мінімізувати ризик виникнення пожежі, забезпечити захист людей та зберегти матеріальні цінності.

2.3 Висновки до розділу 2

У розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності під час розроблення вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою. Проаналізовано вимоги щодо організації безпечного робочого місця користувача персонального комп'ютера відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 та визначено основні заходи зі зниження впливу шкідливих факторів на працівника.

Також розглянуто питання пожежної безпеки під час експлуатації комп'ютерної та електронної техніки, визначено основні причини виникнення пожеж і заходи щодо їх попередження відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014.

					<i>ПМП 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						61
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Висновки

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне завдання розроблення вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даними, призначеної для контролю температурних параметрів у декількох контрольованих точках, передачі отриманої інформації локальними та бездротовими каналами зв'язку, а також дистанційного керування режимами роботи пристрою.

У процесі виконання роботи проведено аналіз існуючих багатоканальних систем моніторингу та керування температурою. Встановлено, що сучасні промислові рішення забезпечують необхідний рівень точності та надійності вимірювання, проте часто характеризуються високою вартістю, обмеженими можливостями модернізації та недостатньою гнучкістю налаштування. На підставі проведеного аналізу сформульовано технічні вимоги до проєктованої системи.

Відповідно до поставлених вимог розроблено структурну схему вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою. Запропонована структура забезпечує взаємодію температурних сенсорів, центрального мікроконтролерного модуля, дротового інтерфейсу зв'язку з персональним комп'ютером, радіоканалу передачі даних, засобів індикації та підсистеми дистанційного керування через інфрачервоний канал.

Розроблено схему електричну принципову системи на базі мікроконтролера ATmega32, цифрових температурних сенсорів DS1825, радіомодему CC1000 та інтерфейсного перетворювача MAX232. Виконано перевірочні розрахунки окремих функціональних вузлів, які підтвердили правильність вибору параметрів елементів та працездатність запропонованих схемотехнічних рішень.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Синтезовано алгоритм роботи центрального мікроконтролерного модуля та розроблено програмне забезпечення, що реалізує вимірювання температури, передавання та приймання інформації через радіоканал, обмін даними з персональним комп'ютером, ретрансляцію повідомлень і дистанційне керування режимами функціонування системи.

Обґрунтовано вибір елементної бази пристрою. Використані компоненти забезпечують необхідні технічні характеристики, високу надійність, доступність та економічну доцільність реалізації проекту. Застосування цифрових температурних датчиків із інтерфейсом 1-Wire дозволило спростити побудову багатоканальної системи та зменшити кількість з'єднувальних ліній.

У середовищі Altium Designer виконано компоновку друкованого вузла та розроблено друковану плату пристрою. Прийняті компонувальні рішення забезпечують мінімізацію паразитних параметрів монтажу, покращення електромагнітної сумісності функціональних вузлів та підвищення надійності роботи системи в цілому.

У розділі з охорони праці та безпеки життєдіяльності розглянуто питання електробезпеки під час експлуатації та технічного обслуговування системи, а також проаналізовано дії персоналу та населення у разі виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних із радіаційною небезпекою.

Отримані результати підтверджують досягнення поставленої мети роботи. Розроблена вбудована багатоканальна система моніторингу та керування температурою забезпечує контроль температурних параметрів у декількох точках, підтримує передачу даних через дротові та бездротові канали зв'язку, дистанційне керування режимами роботи та може бути використана як основа для створення сучасних автоматизованих систем температурного моніторингу різного призначення.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. – К.: МОЗ України, 1998.
2. ДСТУ ГОСТ 2.702:2013 «Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем (ГОСТ 2.702-2011, IDT)
3. ДСТУ 2646-94. Плати друковані. Терміни та визначення.
4. ДСТУ 3334-96. Плати друковані. Загальні вимоги до технологічних процесів регенерації, знешкодження та утилізації розчинів.
5. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / Дунець В.Л., Дедів І.Ю., Хвостівський М.О. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021, 72 с.
6. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни “Системи автоматизованого проєктування радіоелектронних засобів” для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка / Уклад.: Хвостівська Л.В., Дунець В.Л. Тернопіль: ТНТУ, 2022. 109 с.
7. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Системи автоматизованого проєктування радіоелектронних засобів» для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка / Уклад.: Л.В.Хвостівська. Тернопіль: ТНТУ, 2022. 63 с.
8. Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення синфазного виявлення радіосигналів в електронних комунікаційних мережах із завадами / Л. Хвостівська, М. Хвостівський, В. Дунець, І. Дедів // Вісник ТНТУ. – Т. : ТНТУ, 2023. – Том 111. – № 3. – С. 48–57.
9. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні : затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417. Київ, 2015.

11. Розвиток математичного моделювання трафіку комп'ютерних мереж / М. О. Хвостівський, Г. М. Осухівська, Л. В. Хвостівська, Д. В. Величко // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. Т.: ТНТУ, 2020. С. 187–188.

12. Хвостівська Л.В., Хвостівський М.О. Синтез структури інформаційної системи реєстрації та обробки пульсового сигналу. Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наук. праць. Фізика. Електроніка. – Т. 4, Вип. 1. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2015. – С. 83-89. – ISSN 2227-8842.

13. Хвостівська Л.В., Хвостівський М.О. Синтез структури інформаційної системи реєстрації та обробки пульсового сигналу. Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наук. праць. Фізика. Електроніка. – Т. 4, Вип. 1. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2015. – С. 83-89. – ISSN 2227-8842.

14. Яворський Б., Бачинський М., Фалендиш В. Достовірність віддаленого, мобільного, автоматизованого, голтерівського моніторингу кардіоритмосигналу. Вісник ТДТУ. 2009. Том 14. № 2. С. 124-129.

15. Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина І. Тернопіль: ТПІ імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.

16. Bachynskyy M., Stoyanov Yu., Yavorskyu B.. Determination of non-intensive light flux intensity after propagation through layered biological environment. Вісник ТНТУ. Т.: ТНТУ, 2017. Том 86. № 2. С. 101-107.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Mathematical modelling of daily computer network traffic. Khvostivskyy, M., Osukhivska, H., Khvostivska, L., Lobur T., Velychko D, Lupenko, S., Hovorushchenko, T. 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP 2021, Ternopil. 16 November 2021 до 18 November 2021. CEUR Workshop Proceedings. Том 3039, P.107-111.

18. Liliya Khvostivska, Mykola Khvostivskyy, Vasył Dunetc, Iryna Dediv. Mathematical and Algorithmic Support of Detection Useful Radiosignals in Telecommunication Networks. Proceedings of the 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2022). Ternopil, Ukraine, November 22-24, 2022. P.314-318. ISSN 1613-0073.

19. Khvostivska L., Khvostivskyy M., Dediv I., Yatskiv V., Palaniza Y. Method, Algorithm and Computer Tool for Synphase Detection of Radio Signals in Telecommunication Networks with Noises. Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. P.173-180. ISSN 1613-0073.

20. Khvostivska L., Khvostivskyy M., Dediv I. Mathematical, algorithmic and software support for signals wavelet detection in electronic communications. Proceedings of the 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2024. Vol. 3742. P.223-234. ISSN 1613-0073.

21. Регулятор-вимірювач температури.
URL: <https://thermo.lviv.ua/ua/product/regulatory-vymiryuvachi-typu-rt-0102-shh2-8-bagatokanalnyj>.

22. Регулятор-вимірювач температури PT-0102.
URL: <https://www.mashprom.com.ua>.

23. Модуль віддаленого моніторингу температури ADAM-6015
URL: https://www.advantech.com/es-ar/products/a67f7853-013a-4b50-9b20-01798c56b090/adam-6015/mod_9c835a28-5c91-49fc-9de1-ec7f1dd3a82d.

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ПМП 2.000.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри РТ
_____ к.т.н. Дунець В.Л.
“ 28 ” квітня _____ 2026 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему:

**«Вбудована багатоканальна система моніторингу та керування
температурою з інтерфейсом обміну даних»**

Узгоджено:
Керівник роботи
Яворський Б.І. _____
“ ____ ” _____ 2026р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”
Студент групи РАс-41
Польовий М.П. _____
“ ____ ” _____ 2026р.

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: «Вбудована багатоканальна система моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних»

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи № 4/7-198 від “28” квітня 2026 р.

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Польовий Максим Петрович. групи РАс-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є проектування телекомунікаційної системи розподіленого радіаційного моніторингу, що включає в себе:

- проектування схемотехнічного рішення вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних;
- синтез програмного забезпечення центрального мікроконтролерного модуля;
- розрахунок і вибір елементів для оптимальної роботи телекомунікаційної системи розподіленого радіаційного моніторингу;
- проектування друкованого вузла та друкованої плати вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

- 4.1 Потужність споживання не більше 0,5 Вт;
- 4.2 Робочий діапазон частот 310 МГц – 800 МГц;
- 4.3 Швидкість передачі даних до 76,5 біт/с;
- 4.4 Час встановлення робочого режиму не перевищує 3с;
- 4.5 Температурний діапазон від -10°C до $+125^{\circ}\text{C}$;
- 4.6 Точність вимірювання температур $0,1^{\circ}\text{C}$;
- 4.7 Час встановлення робочого режиму не перевищує 2 с;
- 4.8 Захист від перевантаження по струму повинен бути автоматичний;
- 4.9 Режим перепрограмування мікропроцесорного блоку приладу
- 4.10 Можливість підключення до ПК із інтерфейсом RS-232C;
- 4.10 Дистанційне керування роботою приладу;
- 4.12. Вимоги до умов експлуатації повинні бути:
 - Кліматичні умови за ДСТУ 15150:2016;
 - Температура навколишнього середовища від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$;
 - Відносна вологість повітря 80 % при $t=25^{\circ}\text{C}$.

Примітка: габаритні розміри системи уточнюються в процесі розробки конструкції.

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- пояснювальна записка;
- структурна схема вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних;
- електрична принципова вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних;
- блок-схема алгоритму роботи центрального мікроконтролерного модуля
- друкована плата вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних;
- друкований вузол вбудованої багатоканальної системи моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КР

№ етапу	Назва етапу виконання КР	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	12.03.2026
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	13.03.2026
3	Розробка структурної схеми системи	23.03.2026
4	Розробка схеми електричної принципової системи	10.04.2026
5	Розробка блок-схеми алгоритму роботи мікроконтролерного модуля	12.04.2026
6	Розробка програмного забезпечення мікроконтролерного модуля	16.04.2026
7	Розрахунок основних вузлів схеми системи	22.04.2026
8	Вибір компонентної бази для розроблюваної системи	01.05.2026
9	Компоновка друкованого вузла системи	16.05.2026
10	Створення допоміжної документації	26.05.2026
11	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони праці	03.06.2026
12	Нормоконтроль	09.06.2026
13	Попередній захист кваліфікаційної роботи	11.06.2026

14	Перевірка роботи на антиплагіат	17.06.2026
15	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2026

Термін виконання кваліфікаційної роботи узгоджується з керівником і з графіком виконання.

7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

7.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Конденсатори		
C1, C2	САРХОН KF 16В 1мкФ±20%	2	
C3, C4	САРХОН KF 16В 1мкФ±20%	2	
C5, C6	СС4 1мкФ±5% 50V NPO	2	
C7, C13	САРХОН KF 16В 100мкФ±20%	2	
C8-C11	САРХОН KF 16В 1мкФ±20%	4	
C12, C18	САРХОН KF 16В-1мкФ	2	
C14-C17	СС4 27пФ±5% 50V NPO	4	
C19	САРХОН KF 16В 1мкФ±20%	1	
C20, C21	СС4 0,1мкФ±5% 50V NPO	2	
C22	СС4 100нФ±5% 50V NPO	1	
C23	САРХОН KF 16В 22мкФ±20%	1	
C24	СС4 47нФ±5% 50V NPO	1	
C25, C26	СС4 220пФ±5% 50V NPO	1	
C27	СС4 8,2пФ±5% 50V NPO	1	
C28, C30	СС4 1нФ±5% 50V NPO	2	
C29	СС4 2,2пФ±5% 50V NPO	1	
C31	СС4 33нФ±5% 50V NPO	1	
C32	СС4 10нФ±5% 50V NPO	1	
C33	СС4 5,6пФ±5% 50V NPO	1	
C34	СС4 2,2мкФ±5% 50V NPO	1	
C35	СС4 22нФ±5% 50V NPO	1	
C36	СС4 33пФ±5% 50V NPO	1	

					ПМП 2.000.001 ПЕЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб		Польовий М.			Вбудована багатоканальна система моніторингу та керування температурою з інтерфейсом обміну даних Перелік елементів	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Яворський Б.					1	3
Н. Контр.		Хвостівська				ФПТ, ТНТУ, гр. РАС-41		
Затверд.		Дунець В.Л.						
Рецензент		Хвостівський						

Поз. познач.	Найменування				Кіл.	Примітка
C37, C38	CC4 100нФ±5% 50V NPO				2	
	Мікросхеми					
DA1	LM7805				1	
DA2	TL081				1	
DD1	MAX232				1	
DD2	MAX232				1	
DD3	CD4017				1	
DD4	ATMEGA32				1	
DD5	CC1000				1	
DD6	DS1812D-5				1	
	Світлодіоди					
H1-H4	HLMP-1600				4	
	Резистори					
R1, R2	MF-0.125-270Ом±5%				2	
R3	MF-0.125-1кОм±5%				1	
R4, R5	MF-0.125-9,1кОм±5%				2	
R6, R7	MF-0.125-270Ом±5%				2	
R8, R9	MF-0.125-9,1кОм±5%				2	
R10, R12	MF-0.125-4,7кОм±5%				2	
R11, R16	MF-0.125-330кОм±5%				1	
R13	MF-0.125-5,1кОм±5%				1	
R14, R15	MF-0.125-5,6кОм±5%				2	
R17	MF-0.125-5,6кОм±5%				1	
R18	MF-0.125-330кОм±5%				1	
R19	MF-0.125-150Ом±5%				1	
R20	MF-0.125-5,1кОм±5%				1	
R21	MF-0.125-1МОм±5%				1	
					ГМПГ 2.000.001 ПЕЗ	
Змн.	Арк..	№ докум	Підпис	Дата	Арк. 2	

			Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
		16		CC4 1нФ±5% 50V NPO	2	C28, C30
		17		CC4 2,2пФ±5% 50V NPO	1	C29
		18		CC4 33нФ±5% 50V NPO	1	C31
		19		CC4 10нФ±5% 50V NPO	1	C32
		20		CC4 5,6пФ±5% 50V NPO	1	C33
		21		CC4 2,2мкФ±5% 50V NPO	1	C34
		22		CC4 22нФ±5% 50V NPO	1	C35
		23		CC4 33пФ±5% 50V NPO	1	C36
		24		CC4 100нФ±5% 50V NPO	2	C37, C38
				Мікросхеми		
		25		LM7805	1	DA1
		26		TL081	1	DA2
		27		MAX232	1	DD1
		28		MAX232	1	DD2
		29		CD4017	1	DD3
		30		ATMEGA32	1	DD4
		31		CC1000	1	DD5
		32		DS1812D-5	1	DD6
				Резистори		
		33		MF-0.125-270Ом±5%	2	R1, R2
		34		MF-0.125-1кОм±5%	1	R3
		35		MF-0.125-9,1кОм±5%	2	R4, R5
		36		MF-0.125-270Ом±5%	2	R6, R7
		37		MF-0.125-9,1кОм±5%	2	R8, R9
		38		MF-0.125-4,7кОм±5%	2	R10, R12
		39		MF-0.125-330кОм±5%	1	R11, R16
		40		MF-0.125-5,1кОм±5%	1	R13
		41		MF-0.125-5,6кОм±5%	2	R14, R15
						Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	ПМП 2.000.001	

