

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Система та мережа для віддаленого моніторингу за рівнем
забруднення довкілля

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Таболін М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Хвостівська Л.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Хвостівська Л.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Яворська Є.Б.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2025

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)

« »

2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Таболіну Максиму Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система та мережа для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля

Керівник роботи Хвостівська Лілія Володимирівна, к.т.н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від « 12 » 03 2025 року № 4/7-193

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічні параметри: 1) Програмактор повинен програмувати AVR мікроконтролери в корпусах DIP20, DIP28 і DIP40 серій AT90, Atmega, Attiny в паралельному режимі; 2) Напруга живлення 5,12 В; 3) Потужність споживання не більше 0,5Вт.

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 системи

2. Схема електрична функціональна системи

3. Схема електрична принципова системи

4. Друкований вузол системи

5. Плата друкована системи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б., зав. каф. МТ		

7. Дата видачі завдання 12.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та затвердження технічного завдання	12.03.2025	
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	13.03.2025	
3	Розробка структурної схеми системи	25.03.2025	
4	Розробка функціональної схеми системи	27.03.2025	
5	Розробка схеми електричної принципової системи	10.04.2025	
6	Розробка програмного забезпечення мікроконтролера	13.04.2025	
7	Розрахунок основних вузлів схеми системи	21.04.2025	
8	Вибір компонентної бази для розроблюваної системи	01.05.2025	
9	Компоновка друкованого вузла системи	15.05.2025	
10	Створення допоміжної документації	27.05.2025	
11	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони праці	02.06.2025	
12	Нормоконтроль	10.06.2025	
13	Перевірка роботи на антиплагіат	13.06.2025	
14	Попередній захист кваліфікаційної роботи	13.06.2025	
15	Захист кваліфікаційної роботи	23.06.2025	

Студент

(підпис)

Таболін М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хвостівська Л.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система та мережа для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля». Кваліфікаційна робота бакалавра// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РА-41. // Тернопіль, 2025 р. // с.-61, рис.-42, табл.-0, бібліог.–28, додат.-3.

Ключові слова: СИСТЕМА, МЕРЕЖА, ВІДДАЛЕНИЙ МОНІТОРИНГ, РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ, СХЕМА СТРУКТУРНА, ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА, ДРУКОВИЙ ВУЗОЛ/ПЛАТА, САПР

У кваліфікаційній роботі представлено етапи проектування системи та мережі для віддаленого моніторингу рівня забруднення довкілля.

Виконано всебічний аналіз завдання, включаючи дослідження існуючих систем моніторингу та особливості обробки екологічної інформації. Наведено проектні рішення щодо структурної схеми мережі та системи, функціональної схеми, а також розроблено електричну принципову схему системи з урахуванням основних вузлів системи.

Здійснено синтез ПЗ мікроконтролера системи, вибору компонентної бази, а також компоновці друкованого вузла, що забезпечує надійну роботу системи в умовах тривалого безперервного функціонування. Наведено обґрунтовані технічні рішення, які можуть бути використані для створення практично застосовних екологічних моніторингових систем.

При проектуванні схеми електрично принципової, друкованої та плати системи застосовано засоби САПР Altium Designer. Система та мережа забезпечують такі базові параметри: діапазон реєстрації радіаційного поля: 1-5000 Дф; частотний діапазон радіоканалу: 160–200 МГц; гранична швидкість підрахунку імпульсів: 4000 імп/с; час ініціалізації: до 3 секунд.

ANNOTATION

Thesis topic: «System and network for remote monitoring of environmental pollution levels». Bachelor's qualification work // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, Group RA-41. // Ternopil, 2025 // p.-61, fig.-42, tab.-0, bibliography–28, appendix-3.

Keywords: SYSTEM, NETWORK, REMOTE MONITORING, ENVIRONMENTAL POLLUTION LEVEL, STRUCTURAL DIAGRAM, ELECTRICAL PRINCIPAL, PRINTED UNIT/BOARD, CAD

The qualification work presents the stages of designing a system and network for remote monitoring of environmental pollution levels.

A comprehensive analysis of the task was performed, including a study of existing monitoring systems and the features of environmental information processing. Design solutions for the structural diagram of the network and system, the functional diagram, and the electrical schematic diagram of the system are also developed, taking into account the main nodes of the system.

The synthesis of the system microcontroller software, the selection of the component base, and the layout of the printed circuit board are carried out, which ensures reliable operation of the system under conditions of long-term continuous operation. Reasoned technical solutions are presented that can be used to create practically applicable environmental monitoring systems.

When designing the electrical schematic, printed circuit board and circuit board of the system, the Altium Designer CAD tools were used. The system and network provide the following basic parameters: radiation field registration range: 1-5000 Df; radio channel frequency range: 160–200 MHz; maximum pulse counting rate: 4000 imp/s; initialization time: up to 3 seconds.

Зміст

Вступ.....	7
1 Основна частина.....	9
1.1 Аналіз завдання на роботу.....	9
1.1.1 Аналіз систем для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля.....	9
1.1.2 Аналіз отриманої інформації.....	14
1.2 Проектування структурної схеми мережі.....	15
1.3 Проектування структурної схеми системи.....	16
1.4 Проектування функціональної схеми системи.....	19
1.5 Проектування схеми електричної принципової системи.....	21
1.5.1 Схема електрична принципова системи.....	21
1.5.2 Синтез вузла індикації і звукового індикатора.....	28
1.5.3 Синтез інтерфейсу RS-232C.....	30
1.5.4 Синтез програмного забезпечення мікроконтролера системи.....	35
1.6 Вибір елементної бази системи.....	36
1.7 Компоновка друкованого вузла системи.....	45
1.8 Висновки до розділу 1.....	47
2 Охорона праці та безпека життєдіяльності.....	49
2.1 Охорона праці.....	49
2.2 Безпека життєдіяльності.....	51
2.3 Висновок до розділу 2.....	56
Висновки.....	57
Список використаних джерел.....	58
Додатки.....	62

					ТММ 2.000.001 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Таболін М.М.			Система та мережа для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля Пояснювальна записка			Літ.		Арк.	Аркушів	
Перевір.		Хвостівська Л.								6	62	
Н. Контр.		Хвостівська Л.						ТНТУ, ФПТ, гр. РА-41				
Затверд.		Дунець В.Л.										
Рецензент		Яворська Є.Б.										

ВСТУП

У сучасних умовах значного техногенного навантаження на навколишнє середовище контроль за рівнем забруднення довкілля є надзвичайно актуальним завданням. Забруднення атмосферного повітря, водних джерел та ґрунтів має прямий вплив на здоров'я населення, біорізноманіття та стабільність екологічних систем. У зв'язку з цим зростає потреба у створенні ефективних та надійних систем екологічного моніторингу, здатних функціонувати в режимі реального часу та охоплювати значні території.

Особливо важливу роль у цьому контексті відіграють технології дистанційного моніторингу, що забезпечують безперервне збирання даних із сенсорних модулів, розміщених у різних географічних точках. У зв'язку з обмеженими можливостями провідного зв'язку в багатьох регіонах, використання радіоканалу як засобу передачі інформації є оптимальним рішенням для забезпечення надійної комунікації між вимірювальними пристроями та центром обробки даних.

Радіоканал дозволяє реалізувати бездротову мережу збору екологічної інформації, яка має такі переваги, як гнучкість розгортання, енергоефективність, масштабованість та здатність до функціонування у важкодоступних або віддалених місцевостях. Саме це робить тему кваліфікаційної роботи "Система та мережа для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля" надзвичайно актуальною.

Для спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» реалізація такої системи є можливістю практичного застосування знань із проєктування бездротових мереж, цифрової та аналогової радіотехніки, протоколів передачі даних, сенсорних технологій та програмно-апаратних комплексів. У межах цієї кваліфікаційної роботи передбачається створення прототипу системи, яка забезпечує збір, передачу та візуалізацію екологічних параметрів з використанням радіоканалу зв'язку.

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, розробка даної системи спрямована на вирішення практичної задачі моніторингу довкілля за допомогою сучасних телекомунікаційних і радіотехнічних засобів, що є важливим кроком у впровадженні екологічно орієнтованих технологій у сфері зв'язку.

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

1 Основна частина

1.1 Аналіз завдання на роботу

1.1.1 Аналіз систем для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля

Існуючі системи моніторингу стану довкілля складаються з сенсорних пристроїв, засобів передачі інформації та центральних вузлів збору й обробки даних. Використання радіоканалів дозволяє швидко розгортати такі системи навіть у місцях, де інші види зв'язку (наприклад, кабельні) недоступні або нераціональні [1].

Використовувані технології радіозв'язку в системах (рис.1.1):

– LoRa/LoRaWAN. Це технологія модуляції з розширеним спектром, що дозволяє передавати дані на відстань до 15 км з мінімальним енергоспоживанням. LoRaWAN - мережевий протокол, що підтримує топології з центральним сервером та шлюзами. Ця технологія широко застосовується у громадських екосистемах моніторингу якості повітря, зокрема Sensor.Community або AirQo [2, 3].

– NB-IoT. Технологія вузькосмугового доступу, яка забезпечує покриття у складних умовах (наприклад, підземні колектори або густозабудовані райони) [4]. Вона використовує інфраструктуру операторів мобільного зв'язку, тому добре масштабується у міських системах екологічного моніторингу [5].

– ZigBee. Протокол безпроводного зв'язку для систем з низьким показником швидкості передачі даних і невеликим радіусом дії (до 100 м). Підходить для побудови локальних екологічних мереж, наприклад, у приміщеннях, теплицях, кампусах[6].

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

– GSM/3G/4G/5G. Традиційні мобільні технології зв'язку забезпечують високу стабільність передачі та можливість організувати мобільні екологічні станції. Наприклад, AirVisual Pro передає дані через Wi-Fi або GSM/4G [7].

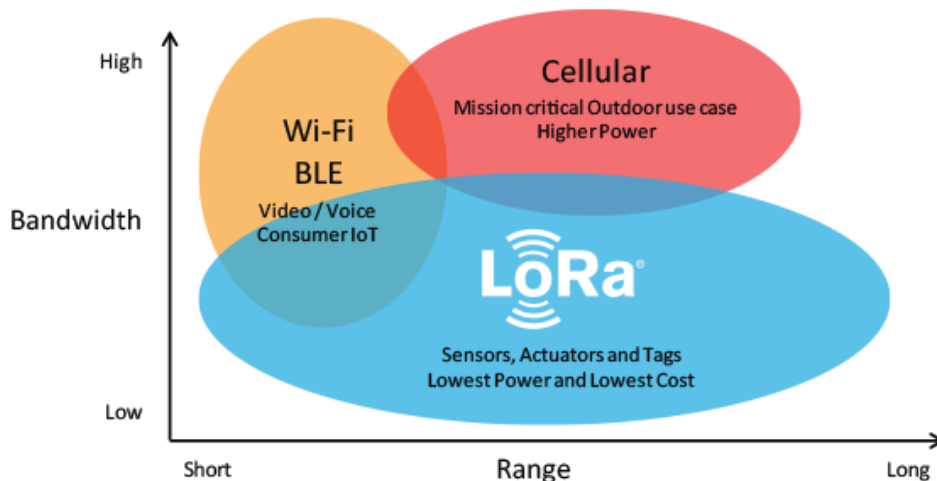


Рисунок 1.1 – Технології радіозв'язку в системах

На вище наведених технологіях виробники реалізують різноманітні системи для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля.

Фірма Mirion Technologies (США) випускає систему WRM2™, яку зображено на рис.1.2 [8].



Рисунок 1.2 – Система WRM2 [8]

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система призначена для дистанційного моніторингу показників радіації з базового пункту (дозиметри, монітори в зоні)

Технічні характеристики системи:

- Дальність: ~2 км (LINE-OF-SIGHT)
- Підтримує Mesh-репітери
- Передача даних «реального часу» на ПК за межами небезпечної зони.

Фірма SAIC (США) випускає систему WRRMS, яку зображено на рис.1.3 [9].

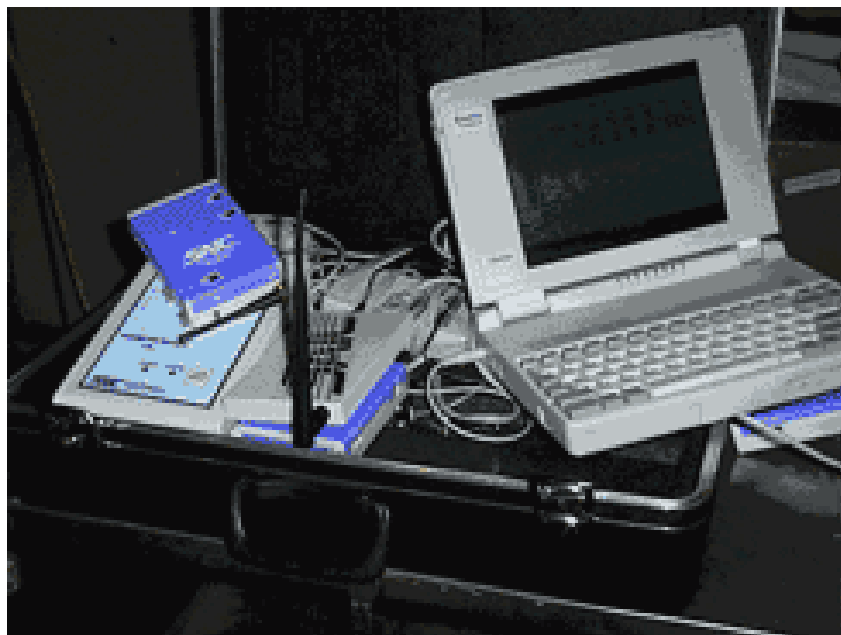


Рисунок 1.3 – Система WRRMS [9]

Призначення системи: моніторинг ізотопів та дози персоналу в реальному часі зовні забрудненої зони.

Характеристики системи:

- Передача даних персональної дози та рівня зони;
- Дальність: ~3 км.

Виробник ECOTEST (Україна) випускає систему RadMonitor / RadSpace, яку зображено на рис.1.4 [10].

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

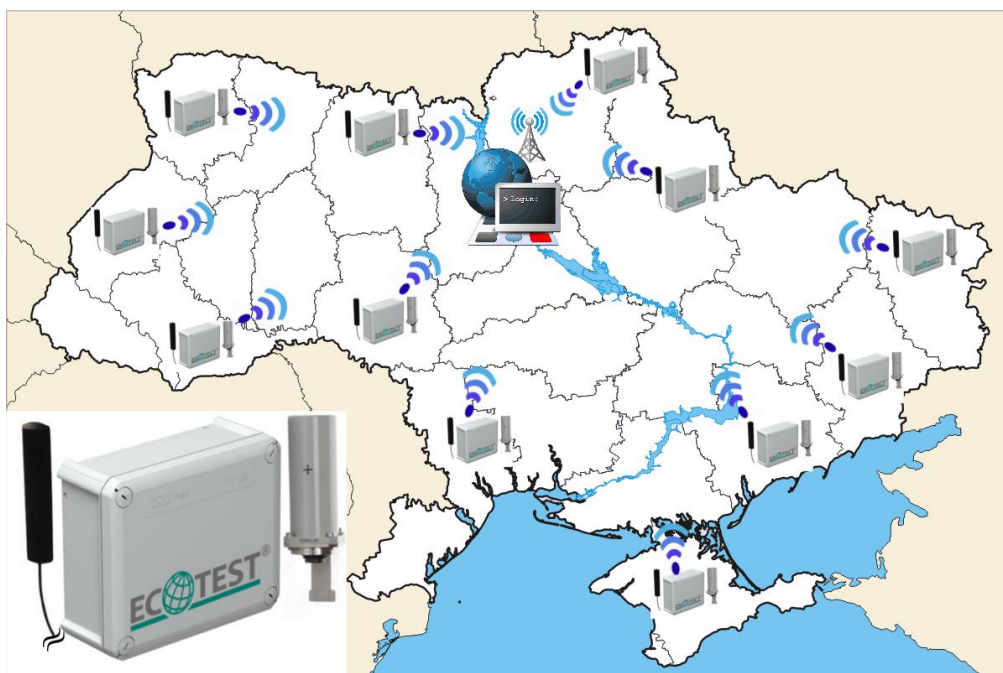


Рисунок 1.4 – Система RadMonitor / RadSpace [10]

Призначення системи: стаціонарні й переносні системи для моніторингу фонового забруднення та центрального контролю

Характеристики:

- Радіометрія гамма-, бета-, альфа-, нейтронне випромінювання;
- Дворівнева клієнт-серверна архітектура для дистанційного моніторингу;
- Забезпечує безперервний автоматизований радіаційний моніторинг (до 5000 точок);
- Пакетний зв'язок зі стаціонарним сервером через GPRS-канал.

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

Організація: Safecast (Японія, глобальна) випускає Safecast – bGeigie Zen, яку наведено на рис.1.5 [11].



Рисунок 1.5 – Вигляд системи Safecast – bGeigie Zen [11]

Призначення система: громадянське картографування радіаційного фону — мобільні та стаціонарні датчики.

Характеристики системи:

- GM-детектор LND-7317, GPS, логування на SD;
- Передача даних через мобільний/USB; новий Zen-модуль має бездротовий аплоад та зарядку;

Отже, наразі можна стверджувати, що світовий ринок систем для дистанційного моніторингу забруднення довкілля активно розвивається, хоча й відзначається високою вартістю таких рішень.

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.2 Аналіз отриманої інформації

На сучасному етапі розвитку техніки й екологічної безпеки особливої актуальності набуває віддалений моніторинг рівня радіаційного забруднення навколишнього середовища. Існуючі технічні системи для таких цілей, зокрема автоматизовані пости екологічного контролю, мобільні радіометричні комплекси, а також стаціонарні дозиметричні мережі, дозволяють здійснювати збір і передавання даних про рівень гамма-фону та потужність експозиційної дози.

Попри значні досягнення у цій галузі, проведений аналіз виявив низку обмежень:

- Недостатня оперативність реагування через затримки в обробці та передаванні даних;
- Обмежене географічне покриття, особливо у віддалених або важкодоступних регіонах;
- Висока вартість стаціонарних комплексів, що обмежує їх широкомасштабне впровадження;
- Складність інтеграції з іншими системами моніторингу та управління ризиками;
- Застаріле програмне забезпечення в окремих системах, що ускладнює гнучкий аналіз та візуалізацію даних у реальному часі.

Ці фактори зумовлюють необхідність розроблення нової, більш адаптивної, енергоефективної та економічно доступної технічної системи, яка б забезпечувала:

- безперервний контроль рівня радіаційного забруднення в режимі реального спостереження;
- можливість автоматичної обробки та аналізу даних з використанням сучасних цифрових технологій;
- гнучке масштабування та автономну роботу в польових умовах;

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

– інтеграцію з геоінформаційними системами (GIS) для просторового аналізу.

Проектування нової системи дозволить підвищити рівень екологічної безпеки, покращити ефективність реагування на аварійні ситуації та сприятиме формуванню єдиного інформаційного простору для екологічного моніторингу.

Схемотехнічно система повинна мати наступні параметри:

- Діапазон реєстрації радіаційного поля: 1-5000 Дф;
- Частотний діапазон радіоканалу: 160–200 МГц;
- Гранична швидкість підрахунку імпульсів: 4000 імп/с;
- Час ініціалізації: до 3 секунд;
- Живлення: 220 В / 50 Гц;
- Максимальне споживання: до 0,5 Вт.

1.2 Проектування структурної схеми мережі

На рис.1.6 зображено мережу мережі для віддаленого моніторингу по радіоканалу за рівнем забруднення довкілля.

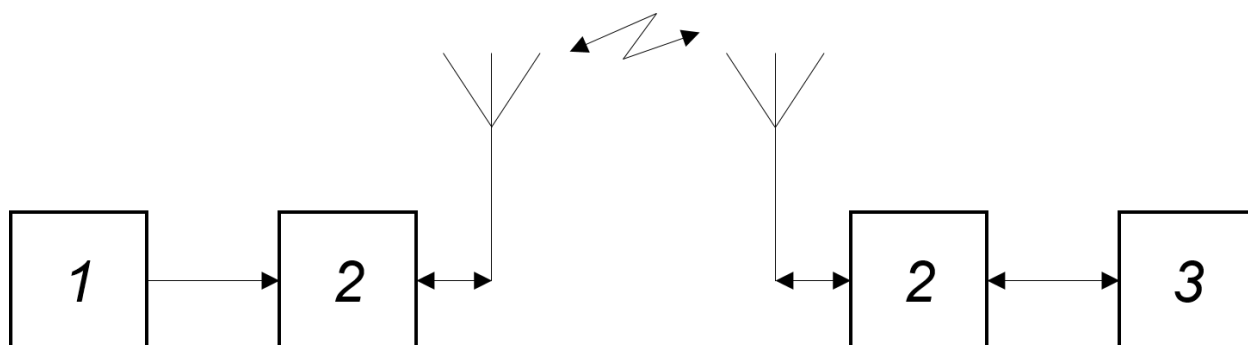


Рисунок 1.6 – Схема мережі:

1 – лічильник типу Гейгера; 2 – Система для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля (зчитує дані з лічильника типу Гейгера та передає дані по радіоканалу, а також має можливість підключитися до ПК для візуалізації даних про рівень радіаційного забруднення; 3 – ПК.

Блок 1 – лічильник типу Гейгера відповідає за безпосереднє вимірювання рівня радіаційного фону. Генерує імпульси або цифровий/аналоговий сигнал, пропорційний кількості реєстрованих частинок.

Блок 2 (зліва) – приймає сигнали від лічильника Гейгера (блок 1), перетворює їх у цифрові дані (рахунок імпульсів за одиницю часу, обчислення дози чи активності), формує пакет для передачі по радіоканалу.

Радіоканал забезпечує бездротовий зв'язок між віддаленим модулем моніторингу (лівий блок 2) та центральною приймальною системою (правий блок 2).

Антенні системи по обидва боки: можуть бути всеспрямовані або напрямлені (залежить від відстані та умов середовища).

Блок 2 (з правого боку) – приймальний модуль (система) приймає дані, перевіряє їх на цілісність, може агрегувати кілька прийраних пакетів, логувати, робити попередню обробку. Дані з блоку 2 передаються до ПК (блок 3) через інтерфейс RS-232 з метою візуалізації та візуалізації, зберігання й аналізу даних про рівень радіації.

1.3 Проектування структурної схеми системи

Ефективне функціонування системи віддаленого моніторингу радіаційного забруднення суттєво залежить від якості схемотехнічного проектування її апаратної частини. Сучасні вимоги до таких систем передбачають високий показник точності вимірювання, надійності у складних умовах експлуатації, енергоефективність, компактність та здатність до безперервного збору й передавання даних через режимі в реальному часі.

Схемотехнічне проектування є основоположним етапом створення приладу, оскільки воно забезпечує:

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Оптимальне поєднання датчиків, електронних модулів і джерел живлення, що забезпечує точну реєстрацію рівня іонізуючого випромінювання;
- Формування стійкого та надійного радіоканалу зв'язку, що дозволяє передавати дані з віддалених або важкодоступних територій;
- Захист від зовнішніх електромагнітних завад та радіаційного впливу, що особливо важливо в умовах підвищеного фону;
- Можливість автономної роботи пристрою, зокрема завдяки енергоефективним мікроконтролерам та альтернативним джерелам живлення (сонячні панелі, батареї);
- Гнучкість і масштабованість мережі, що дозволяє об'єднувати кілька пристроїв у єдину систему з централізованим або децентралізованим управлінням.

Таким чином, схемотехнічне проектування є ключовим фактором для створення надійної, високоточності та довготривалої в експлуатації системи моніторингу. Без ретельного опрацювання електронної структури та логіки взаємодії її компонентів неможливо досягти належного рівня стабільності, точності та зручності у використанні системи для екологічного контролю.

На рис. 1.7 наведено структурну схему системи.

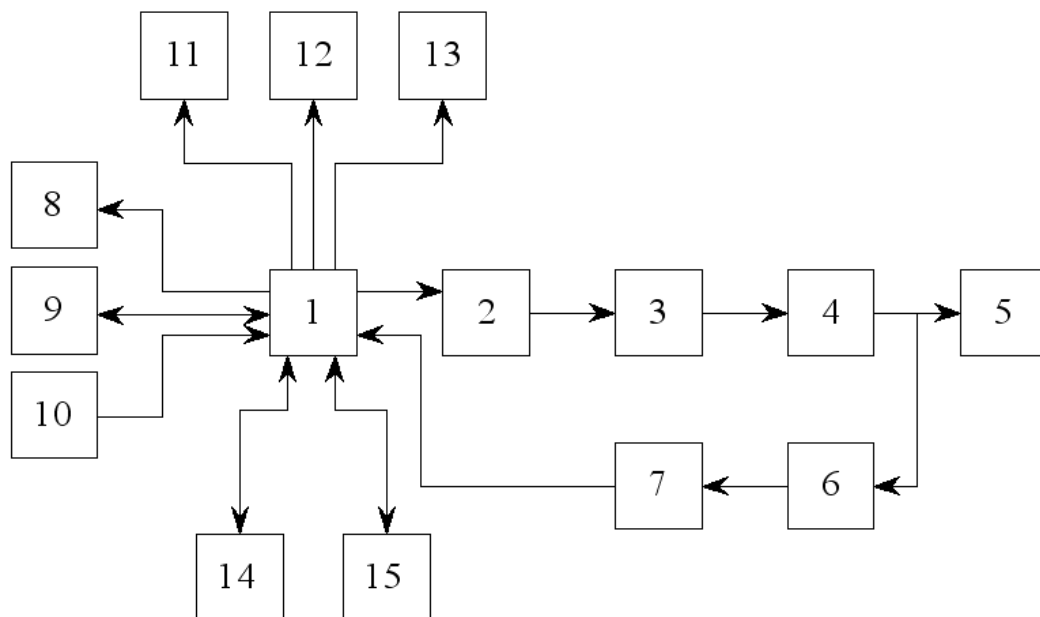


Рисунок 1.7 – Структурна схема системи

На рис. 1.7 представлено позначення основних структури системи:

- 1 – мікроконтролер;
- 2 – ключ на основі транзистора;
- 3 – модуль перетворення напруги;
- 4 – вузол формувача імпульсів;
- 5 – лічильник типу Гейгера;
- 6 – подільник напруги;
- 7 – стабілізатор живлення;
- 8 – рідкокристалічний індикатор (РКІ);
- 9 – приймально-передавальний модуль;
- 10 – клавіатура керування;
- 11 – звуковий сигналізатор;
- 12 – світлодіодний індикатор;
- 13 – додатковий світловий індикатор;
- 14 – інтерфейс RS-232 (перший канал);
- 15 – інтерфейс RS-232 (другий канал).

Мікроконтролер (1) генерує короткотривалі імпульси тривалістю 5-10 мкс, які через ключ (2) надходять до модуль перетворення напруги (3). Останній підвищує рівень напруги з низького (3-5 В) до високого - приблизно 440-450 В, що є необхідним для роботи лічильника Гейгера (5). Отримана висока напруга подається на вузол формувача імпульсів (4), який накопичує заряд і формує короткий імпульс із підвищеним рівнем напруги.

Коли через лічильник Гейгера проходить іонізуюча частинка, це спричиняє короткий лавиноподібний розряд. Унаслідок цього на навантаженні лічильника виникає імпульс напруги, який надходить до подільника напруги (6). Подільник знижує рівень напруги з 440-450 В до безпечних 3-5 В. Знижений сигнал надходить на вхід мікроконтролера (1), де програмно підраховується кількість імпульсів, що виникли в результаті

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

іонізуючого випромінювання. Отримані дані виводяться на РКІ (8) у вигляді значення рівня радіації.

Кожен зафіксований імпульс також супроводжується звуковим сигналом через сигналізатор (11), що імітує тикання, а також візуально відображається на світлодіодному індикаторі (12). Користувач має змогу задавати режими роботи пристрою за допомогою клавіатури (10). Для підключення до ПК використовується інтерфейс RS-232C (14). Обмін даними з системою по радіоканалу здійснюється за допомогою приймально-передавального модуля (9), який приймає керуючі сигнали та передає інформацію про рівень радіаційного фону. Стан передачі та прийому даних сигналізується світловим індикатором (13).

У випадку, коли відстані для зв'язку через вбудований радіоканал недостатньо, передбачена можливість підключення зовнішнього радіомодему до додаткового інтерфейсу RS-232C (15), що дозволяє передавати інформацію на значно більшу відстань.

1.3 Проектування функціональної схеми системи

На основі структурної схеми системи (рис. 1.7) було розроблено функціональну схему системи, подану на рис.1.8.

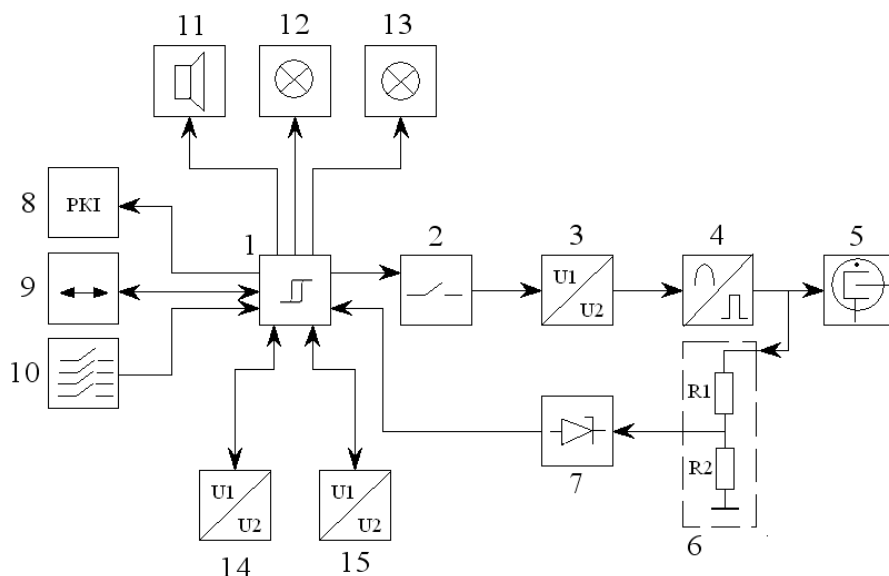


Рисунок 1.8 – Функціональна схема дозиметра-радіометра

На рис. 1.8 позначено:

- 1 – мікроконтролер;
- 2 – ключ на основі транзистора;
- 3 – модуль перетворення напруги;
- 4 – вузол формувача імпульсів;
- 5 – лічильник типу Гейгера;
- 6 – подільник напруги;
- 7 – стабілізатор живлення;
- 8 – рідкокристалічний індикатор (РКІ);
- 9 – приймально-передавальний модуль;
- 10 – клавіатура керування;
- 11 – звуковий сигналізатор;
- 12 – світлодіодний індикатор;
- 13 – додатковий світловий індикатор;
- 14 – інтерфейс RS-232 (перший канал);
- 15 – інтерфейс RS-232 (другий канал).

Мікроконтролер (1) створює короткочасні імпульси тривалістю 5-10 мкс, які через ключ (2) надходять до модуля перетворювача напруги (3). Цей модуль підвищує напругу з рівня 3-5 В до приблизно 440-450 В, що необхідно для живлення лічильника Гейгера (5). Підвищена напруга подається на вузла формувач імпульсів (4), який накопичує заряд і створює короткий високовольтний імпульс.

Кожна іонізуюча частинка, що потрапляє в чутливу зону лічильника Гейгера, спричиняє лавиноподібний розряд. У результаті цього на навантаженні виникають імпульси напруги, які подаються на подільник напруги (6). Він знижує рівень з 440-450 В до безпечного значення 3-5 В. Отриманий імпульс надходить на вхід мікроконтролера (1), який за допомогою вбудованого ПЗ обробляє сигнали та рахує кількість імпульсів,

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

що генеруються лічильником Гейгера (5). Після обробки дані про рівень радіації відображаються на РКІ (8).

Кожна зафіксована частинка також супроводжується характерним звуковим сигналом, який подається через звуковий сигналізатор (11), а також відображається миготінням світлодіодного індикатора (12).

Основні режими та параметри роботи пристрою задаються за допомогою клавіатури (10). Інтерфейс RS-232C (14) дозволяє підключити пристрій до ПК шляхом узгодження рівнів напруги між приладом і входом ПК.

Для організації бездротового зв'язку прилад оснащений приймально-передавальним модулем (9), який забезпечує отримання керуючих команд і передавання інформації про рівень радіаційного фону. Стан прийому та передачі сигналізується світлодіодним індикатором (13).

У випадку, коли потужності вбудованого радіоканалу недостатньо для передавання даних на велику відстань, передбачено можливість підключення зовнішнього радіомодему через другий інтерфейс RS-232C (15), який виконує узгодження напруги між приладом та радіомодемом, забезпечуючи стабільну передачу інформації на більші відстані.

1.4 Проектування схеми електричної принципової системи

1.4.1 Схема електрична принципова системи

Вимірювач радіації BD1 використовується як сенсор лічильник Гейгера типу J305 уВ, чутливий до бета- та жорсткого гамма-випромінювання. Реакцією лічильника на фонову радіацію є випадкові імпульси струму з середньою частотою $N_a=20-25$ імпульсів на хвилину. Швидкість реєстрації імпульсів у лічильниках Гейгера прямо пропорційна рівню радіації: при десятикратному зростанні радіаційного фону частота імпульсів також зростає приблизно у 10 разів — до $N_{рад} = 200-250$ імп/хв.

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця лінійна залежність між Нрад (швидкістю лічення) і Драд (дозою радіації) зберігається до тих пір, поки рівень випромінювання не стає настільки високим, що імпульси починають надходити з дуже короткими інтервалами часу, які перевищують можливості лічильника. У технічній документації для J305 уВ зазвичай вказується максимальна швидкість лічення – $N_{\max}=4000$ імп/с. Якщо ж зберігається лінійність перетворення хоча б до 2000 імп/с, це дозволяє оцінювати радіаційний фон у діапазоні Драд = (1-5000) Зв, що більш ніж достатньо для побутових пристроїв.

Мікроконтролер (рис. 1.9) генерує короткі імпульси тривалістю 5-10 мкс, які через транзисторний ключ (рис. 1.10) подаються на вузол перетворення напруги. Основою цього перетворювача є трансформатор Т2, який підвищує напругу з 3–5 В до 440–450 В, необхідних для нормальної роботи лічильника Гейгера ВД1.

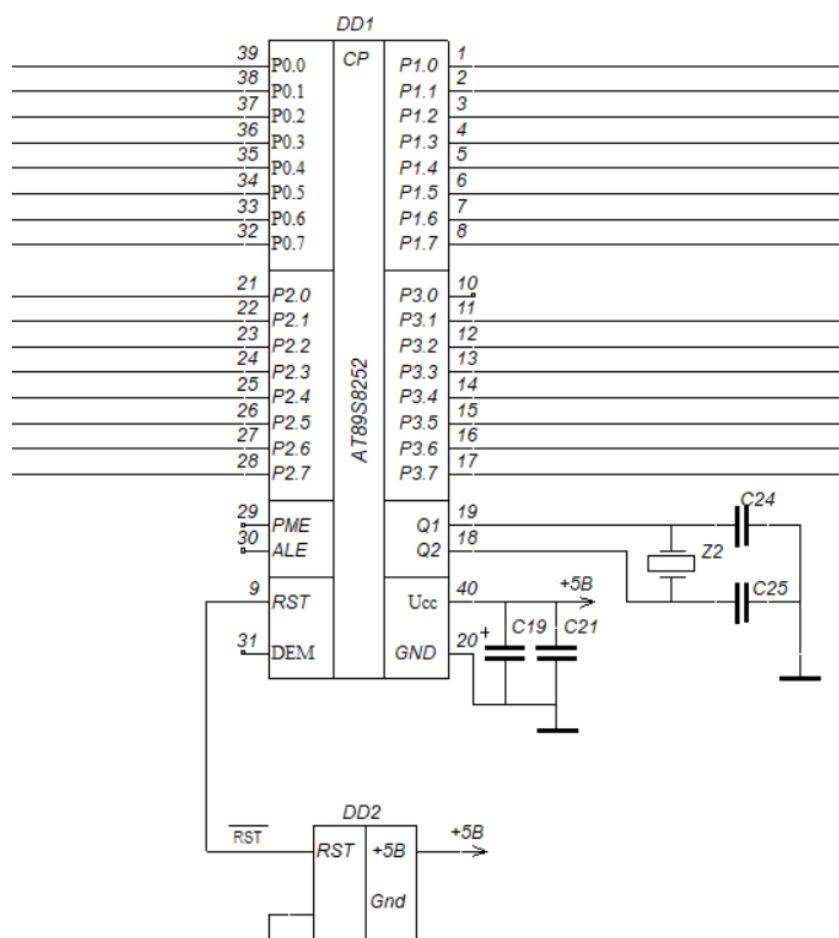


Рисунок 1.9 – Мікроконтролер

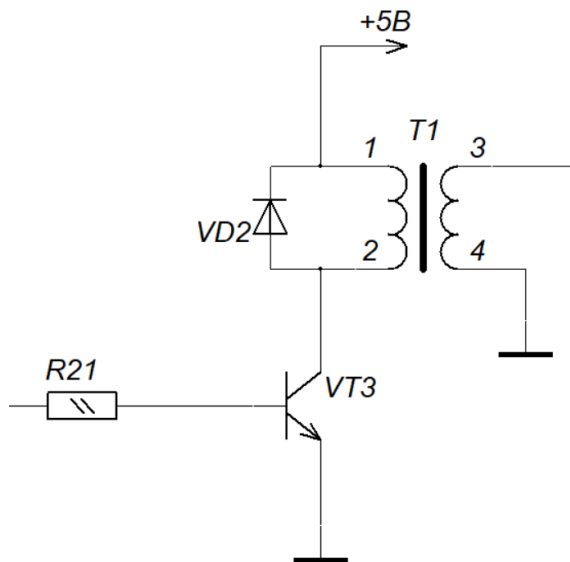


Рисунок 1.10 – Транзисторний ключ і перетворювач напруги

Підвищена напруга надходить на імпульсний формувач, утворений вторинною обмоткою трансформатора T1, діодами VD3, VD4 та конденсатором C35 (рис. 1.11). Зарядження конденсатора відбувається через діоди і сам конденсатор.

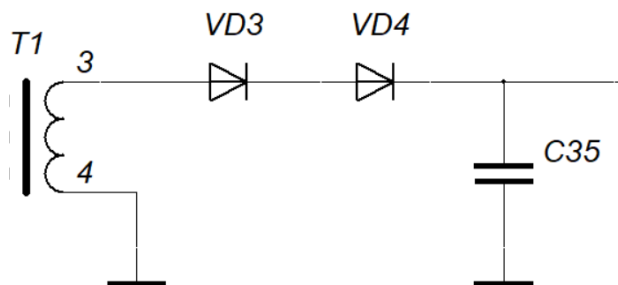


Рисунок 1.11 – Формувач імпульсів

Кожна частинка іонізуючого випромінювання, яка потрапляє до лічильника Гейгера, викликає короткочасний лавиноподібний розряд. У результаті цього на навантаженні лічильника формується імпульс напруги, який надходить на подільник R29 і R27. Цей подільник знижує напругу з 440–450 В до рівня 3–5 В. Отриманий знижений імпульс подається на вхід мікроконтролера.

ПЗ, вбудоване в мікроконтролер, підраховує кількість імпульсів, сформованих лічильником Гейгера BD1, і відображає відповідне значення радіаційного фону на рідкокристалічному індикаторі (РКІ) (рис. 1.12).

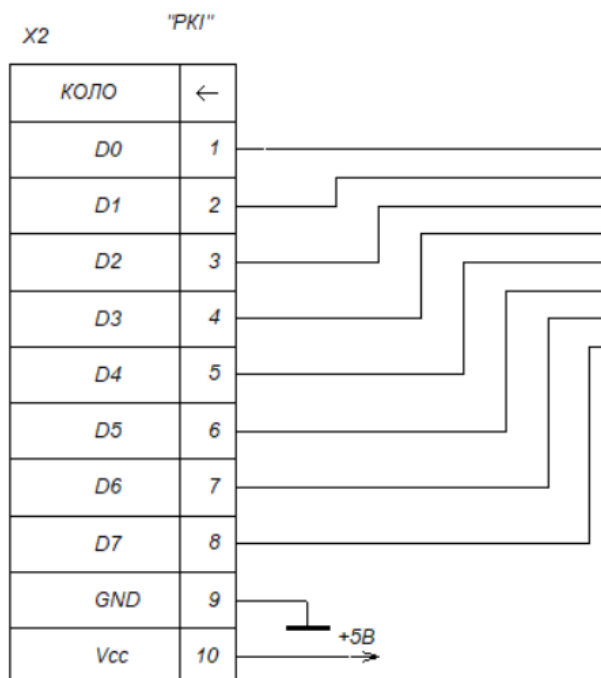


Рисунок 1.12 – РКІ системи (візуалізація)

Кожна частинка, що проходить через лічильник, додатково фіксується звуковим індикатором (рис. 1.13) у вигляді характерного «тікання», а також візуально відображається за допомогою світлодіодного індикатора (рис. 1.14).

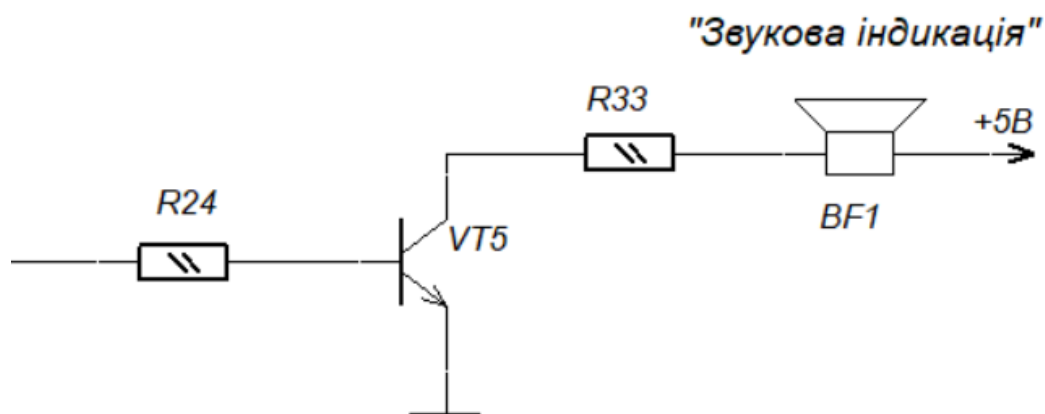


Рисунок 1.13 – Звуковий індикатор

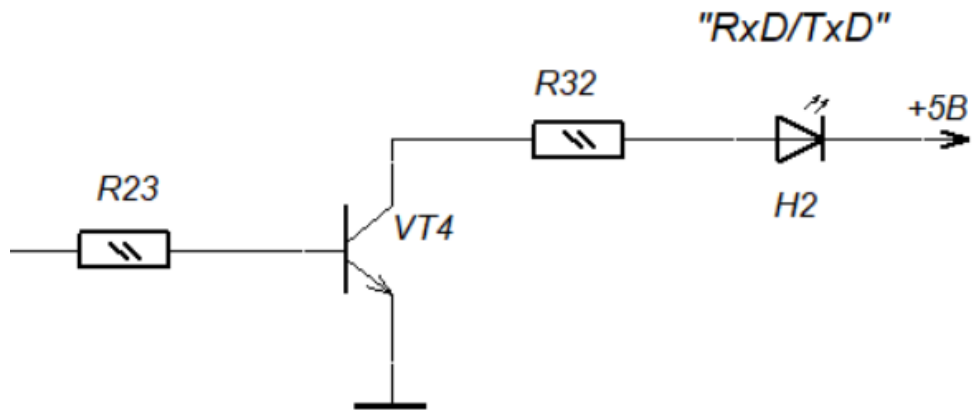


Рисунок 1.14 – Світлодіодний індикатор

Основні режими та параметри роботи системи встановлюються за допомогою клавіатури (рис. 1.15).

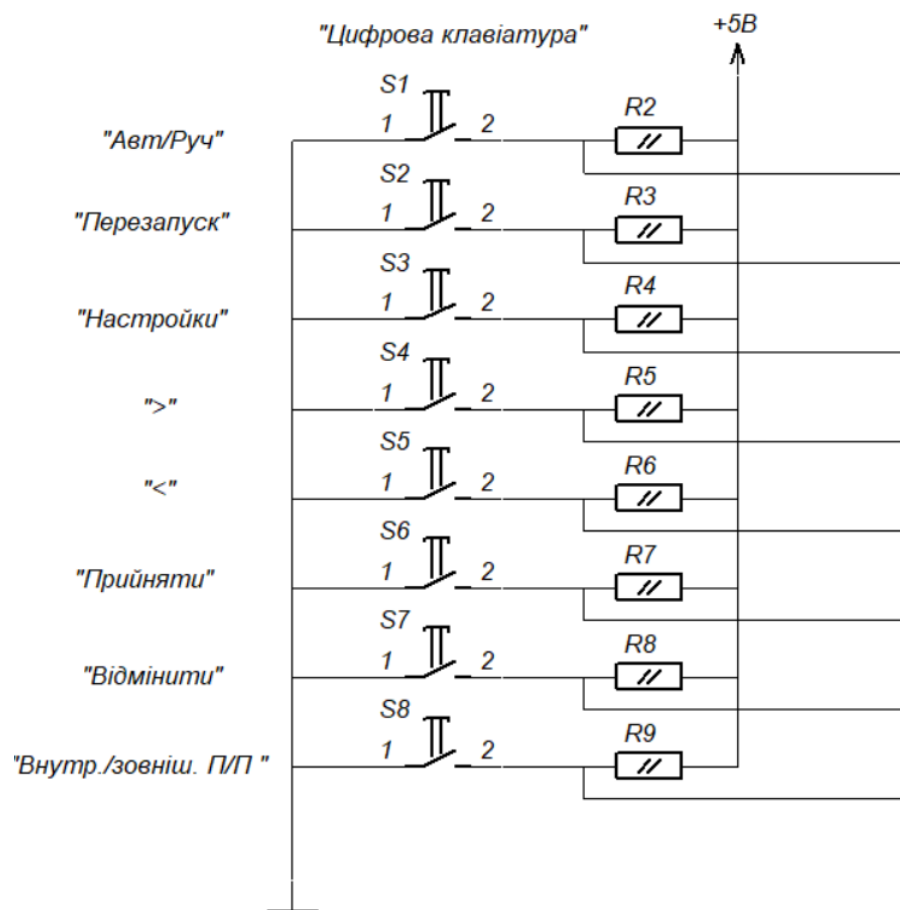


Рисунок 1.15 – Клавіатура

Інтерфейс RS-232C (див. рис. 1.16) дозволяє підключити прилад до ПК.

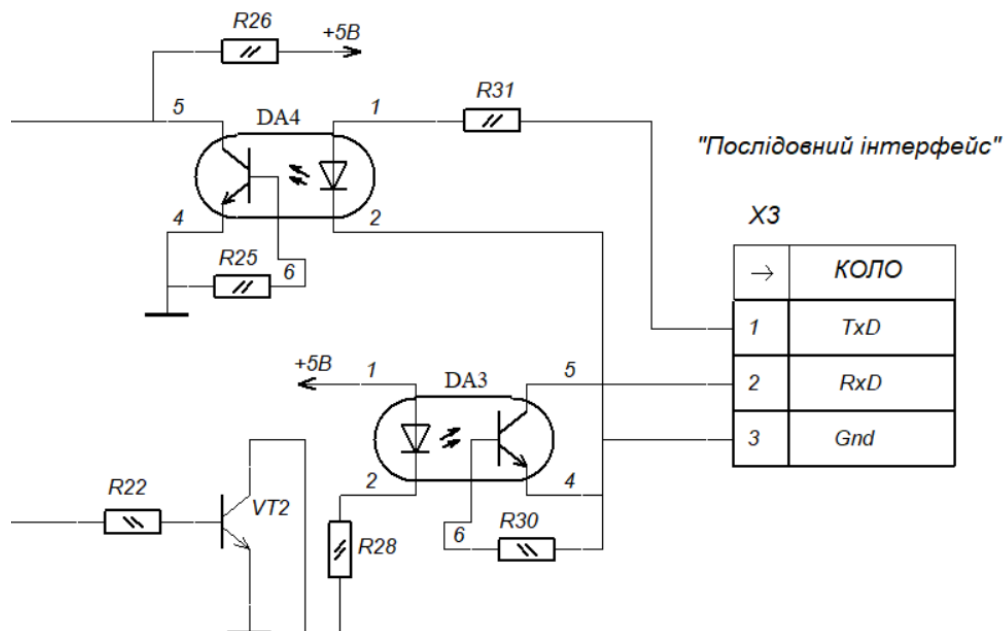


Рисунок 1.16 – Інтерфейс RS-232C

Зв'язок системи по радіоканалу здійснюється за допомогою приймально-передавального модуля (рис. 1.17), який слугує для отримання керуючих команд і передачі даних про поточний рівень радіації.

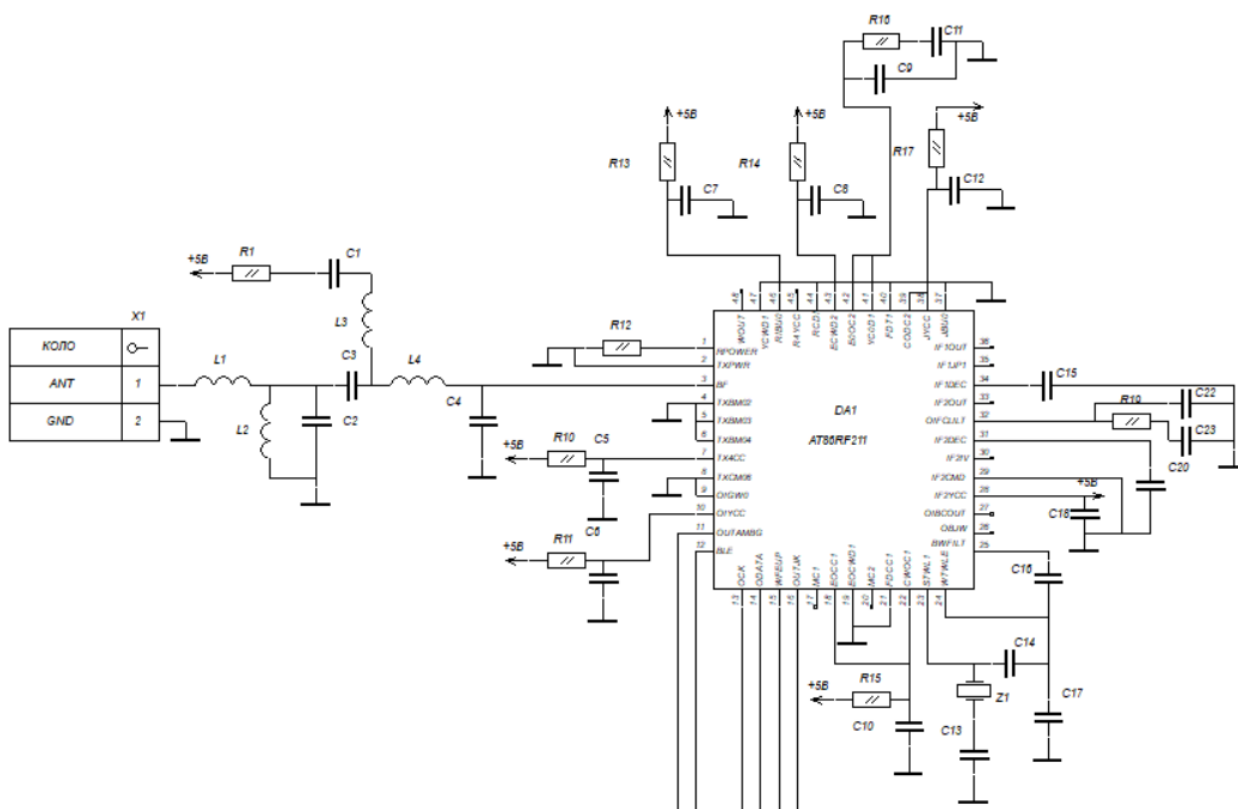


Рисунок 1.17 – Прийомо-передавач

Процеси прийому та передачі даних відображаються за допомогою світлового індикатора (рис. 1.18).

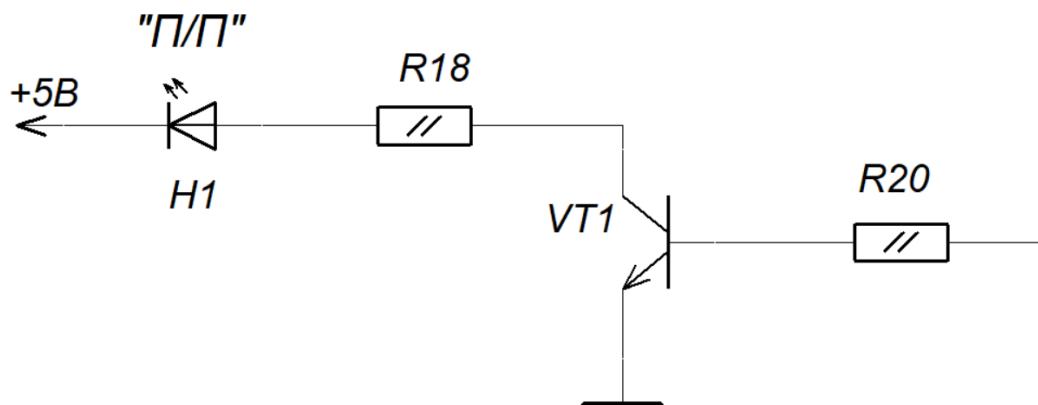


Рисунок 1.18 – Світлодіодний індикатор

У разі недостатньої дальності передачі даних через вбудований радіоканал, передбачена можливість підключення зовнішнього радіомодему до послідовного інтерфейсу RS-232C (рис. 1.19), що дозволяє забезпечити обмін даними на значно більшій відстані.

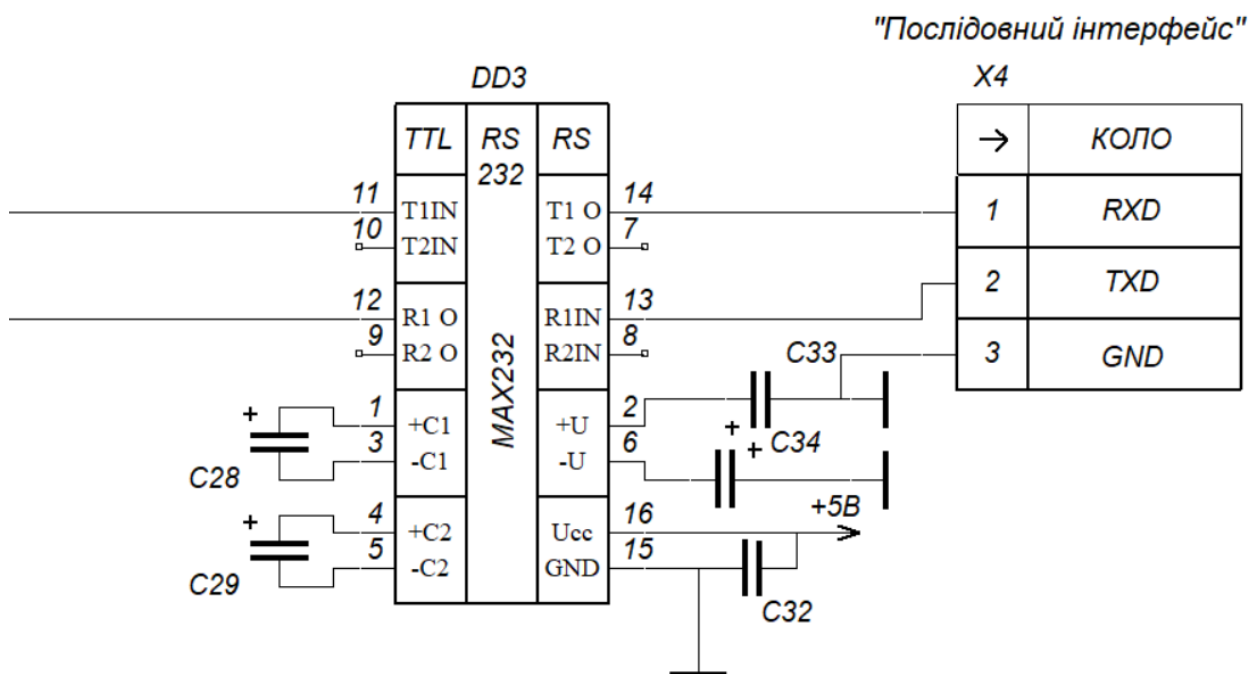


Рисунок 1.19 – Інтерфейс RS-232C

Живлення всіх блоків забезпечується за допомогою блока живлення (рис. 1.20).

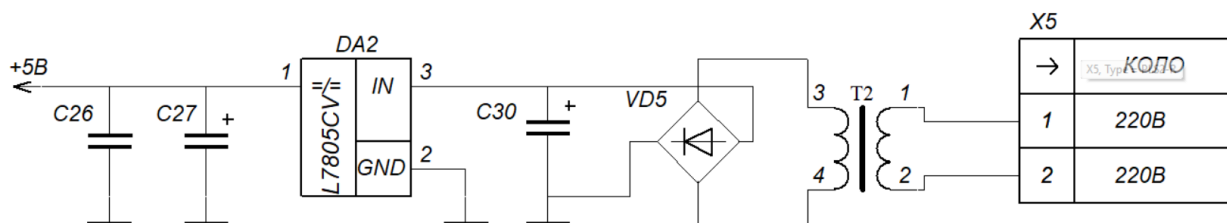


Рисунок 1.20 – Блок живлення

1.5.2 Синтез вузла індикації і звукового індикатора

У системі передбачено два вузли індикації та один звуковий індикатор, які мають однакову структурну побудову, відмінність полягає лише у типі виконавчого елемента — світлодіодна або звукова індикація. Ці вузли працюють у ключовому режимі на біполярних транзисторах, увімкнених за схемою зі спільним емітером. У коло навантаження перших двох вузлів включено світлодіоди Н1 та Н2, а у звуковому — динамік ВФ1.

Розглянемо розрахунок одного вузла, до складу якого входять резистори R23 і R32, транзистор VT4 та світлодіод Н2. Принципова схема цього вузла наведена на рисунку 1.21.

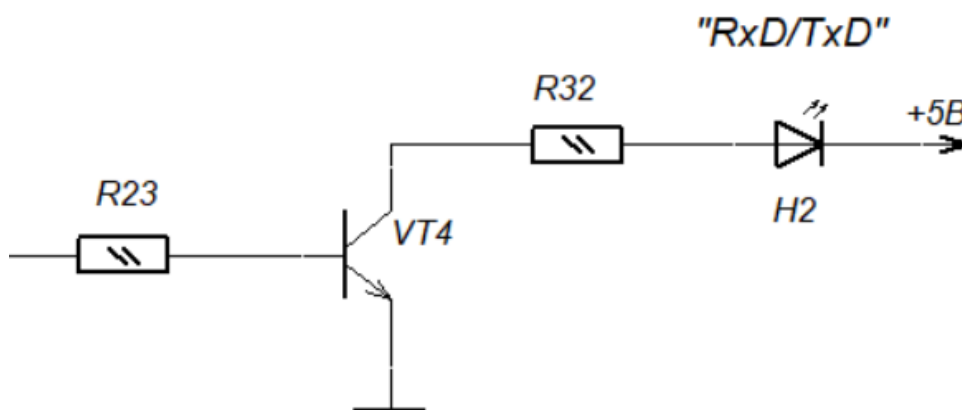


Рисунок 1.21 – Вузол індикації

Вхідні дані:

- Напруга живлення ($U_{\text{жив}}$): 5 В;
- Напруга на базі транзистора (U_B): 3 В;
- Струм бази (I_B): 33,2 мкА;
- Тип транзистора: NPN;
- Світлодіод H2: припустимо падіння напруги на ньому $U_{LED}=2$ В (типове значення);
- Необхідний струм через світлодіод (I_{LED}): допустимо 10–15 мА (стандартне значення).

За формулою для базового резистора R23 (базовий резистор) рівний:

$$R23 = \frac{U_{\text{керування}} - U_{BE}}{I_B}, \quad (1.1)$$

де $U_{\text{керування}}=3$ В;
 $U_{BE}=0,7$ В (напруга база-емітер);
 $I_B=33,2$ мкА= $0,0000332$ А;

$$R23 = \frac{3 - 0,7}{33,2 \cdot 10^{-6}} = \frac{2,3}{33,2 \cdot 10^{-6}} = 69277 \text{ Ом}.$$

Вибираємо найближче стандартне значення: $R23=68$ кОм.

Значення номіналу R32 (обмежувальний резистор світлодіода) рівне:

$$R32 = \frac{U_{\text{живлення}} - U_{LED} - U_{CEsat}}{I_{LED}}, \quad (1.2)$$

де $U_{\text{живлення}}=5$ В;
 $U_{LED}=2$ В;
 $U_{CEsat}=0,2$ В (насичення колектор-емітер)

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{LED}=10\text{ мА}=0,01\text{ А},$$

$$R32 = \frac{5 - 2 - 0.2}{0,01} = \frac{2.8}{0,01} = 280\text{ Ом}.$$

Вибираємо стандартне значення: $R32=270\text{ Ом}$.

Результат розрахунку: $R23=68\text{ кОм}$, $R32=270\text{ Ом}$ (або 300 Ом залежно від бажаної яскравості світлодіода).

1.5.3 Синтез інтерфейсу RS-232C

Цей інтерфейс забезпечує двосторонню передачу даних між приладом і персональною ЕОМ, тому буде наведено два окремі розрахунки. Основне призначення інтерфейсу — формування сигналів (ФС) із відповідними рівнями напруг.

ФС, що формує сигнал від мікроконтролера до ПК, складається з таких елементів: резистори $R4$, $R7$ і $R16$, транзистор $VT1$ та оптопара $DA4$. Схема цього вузла наведена на рис. 1.22.

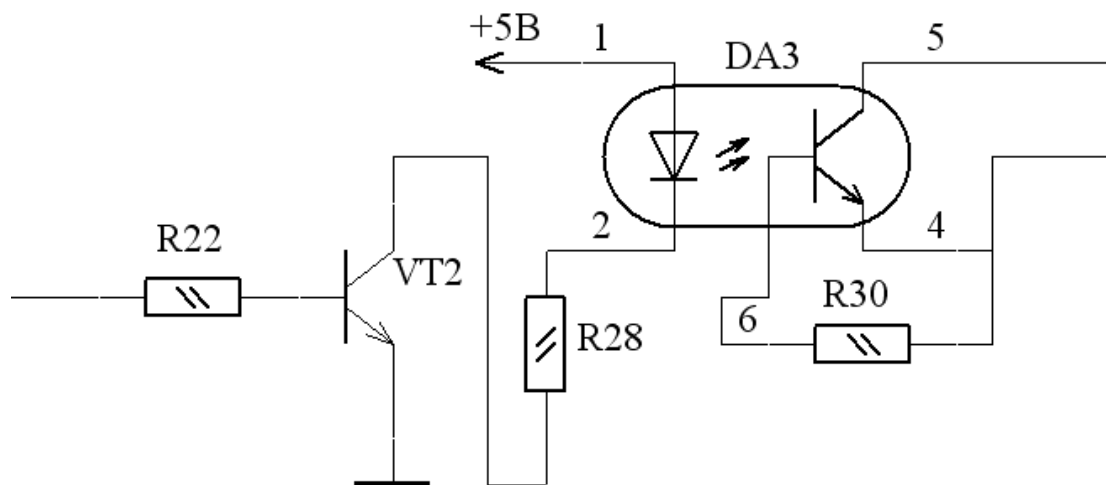


Рисунок 1.22 – Інтерфейс (МК-ПЕОМ)

Дані:

– Вхідна напруга: 3 В (із мікроконтролера);

- Максимальний вхідний струм: 33,2 мкА;
- Оптрон: DA3 – АОТ128В;
- Живлення: +5 В.

Призначення вузла: це узгоджувальний інтерфейс між мікроконтролером і СОМ-портом ПК, з гальванічною розв'язкою через оптрон АОТ128В. Вхід управляє транзистором VT2, який у свою чергу керує світлодіодом оптрона.

Резистор R22 (базовий резистор для VT2) лімітує струм бази транзистора VT2.

Дані при розрахунку R22:

- Допустимий вхідний струм від мікроконтролера — 33,2 мкА;
- Вхідна напруга — 3 В;
- Падіння напруги база-емітер транзистора: приблизно 0,7 В.

Згідно закону Ома:

$$R22 = \frac{U_{BX} - U_{BE}}{I_{BX}} = \frac{3 - 0,7}{33,2 \cdot 10^{-6}} \approx 69,6 \text{ кОм}. \quad (1.3)$$

Округлюємо до стандартного значення: R22 = 68 кОм.

Транзистор VT2 повинен комутувати струм через світлодіод оптрона.

Параметри:

- струм через світлодіод оптрона АОТ128В: мінімум 5-10 мА для надійного ввімкнення фототранзистора;
- припустимо, потрібний струм: $I_{LED} = 10 \text{ мА}$.

Щоб транзистор працював у насиченні, його коефіцієнт підсилення $h_{21} \approx 100$, а струм бази:

$$R22 = \frac{I_C}{h_{21}} = \frac{10}{100} = 0,1 \text{ мА}. \quad (1.4)$$

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це значно більше за доступні 33.2 мкА → треба використати транзистор з великим коефіцієнтом підсилення.

Підходящий транзистор:

- KT3102ЕМ, $h_{FE} = 200-400$;
- BC547C, $h_{FE} = 420-800$;
- 2N2222A, $h_{FE} \approx 100$, але вимагає більшого базового струму → не підходить;

BC547C — ідеальний вибір (велике підсилення, доступний, дешевий).

Розрахунок R28 (струм через світлодіод оптрона) за параметрів вхідних:

- Напруга живлення: 5 В;
- Падіння напруги на світлодіоді: 1.2 В (для АОТ128В);
- Падіння на колектор-емітер транзистора: ≈ 0.2 В;
- Струм через світлодіод: $I = 10$ мА.

Розрахунок:

$$R28 = \frac{5 - 1,2 - 0,2}{10 \cdot 10^{-3}} = \frac{3,6}{0,01} = 360 \text{ Ом.} \quad (1.5)$$

Округлюємо: $R28 = 360 \text{ Ом}$.

Резистор R30 (резистор навантаження фототранзистора оптрона) визначає рівень напруги на виході. Параметри для розрахунку:

– При включенні фототранзистора – він відкритий, пропускає струм на землю.

– При вимкненні – вихід підтягується до лог. 1 (через R30).

Щоб забезпечити стандартні TTL-рівні:

- вихідний струм потрібен ≈ 1 мА;
- падіння на відкритому фототранзисторі ≈ 0.3 В;

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

$$R30 = \frac{5 - 0,3}{1 \cdot 10^{-3}} = 4,7 \text{ кОм}. \quad (1.6)$$

Округлюємо: $R30 = 4.7 \text{ кОм}$.

Підсумок розрахунку: базовий резистор $R22=68 \text{ кОм}$, VT2 для високого підсилення марки BC547C, $R28=360 \text{ Ом}$ для забезпечення необхідного струму через світлодіод оптрона, $R30=4.7 \text{ кОм}$ для навантаження фототранзистора.

Розглянемо розрахунок інтерфейсу, що передає сигнал з ПК до мікроконтролера (рис. 1.23) і включає в себе такі компоненти: резистори R20, R14, R15 та оптопару DA3.

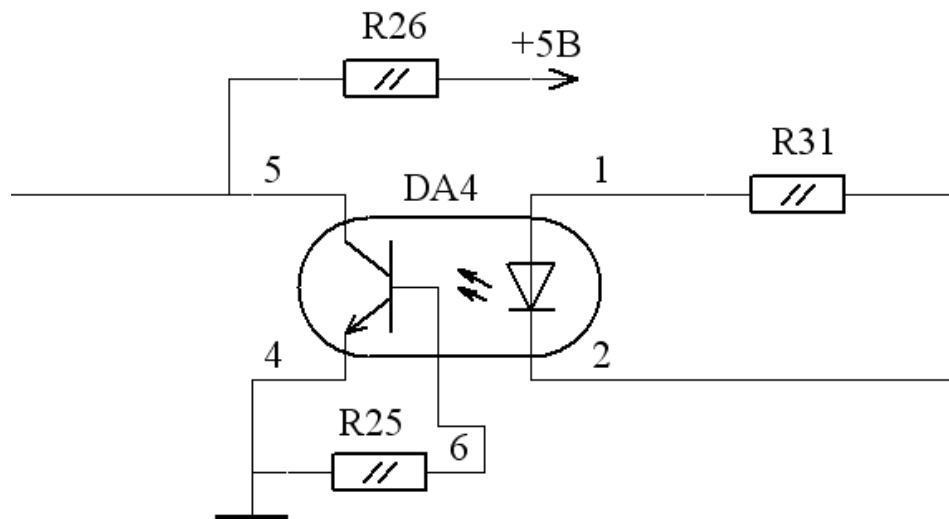


Рисунок 1.23 – Вузол інтерфейсу (ПК - МК)

Дані для розрахунку:

- струм, що подається на вхід: 10 мА;
- струм, що забезпечується на виході: 1 мА;
- рівень вхідної напруги для лог. “0”: від +5 В до +12 В; для лог. “1”: від +5 В до –12 В;
- струм на виході при лог. “1”: 33,2 мкА.

На основі схеми з рис. 1.23 проведено розрахунок параметрів елементів вузла інтерфейсу між ПК і мікроконтролером з використанням оптрона АОТ128В.

Розрахунок резистора R26 (вхідна частина):

$$R26 = \frac{U_{BX_{\max}} - U_{PP}}{I_{BX}} = \frac{12 - 1,2}{10} \approx 1,1 \text{ кОм.} \quad (1.7)$$

Розрахунок резистора R25 (вихідна частина).

В режимі провідності транзистора (лог. “0” на вході → відкритий фототранзистор):

$$R26 = \frac{U_{CC} - U_{CCHAC}}{I_{BIX}} = \frac{5 - 0,2}{0,001} = \frac{4,8}{0,001} = 4800 \text{ Ом.} \quad (1.8)$$

$R25 \approx 4.7 \text{ кОм}$ (стандартне значення)

Перевірка режиму лог. “1” (оптрон закритий, через R25 тече малий струм). Це забезпечить високий рівень на виході інтерфейсу → підтверджується малим $I_{BIX} = 33,2 \text{ мкА}$.

Залежно від мікроконтролера, резистор R31 (навантаження) може бути:

- підтягуючим (pull-up);
- вхідним опором.

Нехай для узгодження, він просто слугує обмеженням струму при переходах. Якщо $I = 1 \text{ мА}$ і напруга на вході мікроконтролера $U_{BX} = 0,2 \text{ В}$:

$$R31 = \frac{U_{BIX_{\log 0}}}{I_{BIX}} = \frac{0,2}{0,001} = 200 \text{ Ом.} \quad (1.9)$$

Резистор $R31 \approx 200 \text{ Ом}$, або може бути до 1 кОм , залежно від вимог входу МК.

Підсумкові розраховані номінали елементів з урахування стандартних значень: $R26=1,1 \text{ кОм}$, $R25=4.7 \text{ кОм}$, $R31=1 \text{ кОм}$.

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

1.5.4 Синтез програмного забезпечення мікроконтролера системи.

Лістинг ПЗ мікроконтролера, яке реалізовано в асемблері наведено на рис.1.24.

```
1 - ORG 0000H          ; Точка входу
2   LJMP START
3
4 - ORG 0003H          ; Вектор переривання INT0
5   AJMP INT0_ISR
6
7 ;-----
8 - START:
9   MOV SP, #60H        ; Ініціалізація стеку
10  CALL INIT_LCD       ; Ініціалізація LCD
11
12  MOV R4, #00H         ; Старший байт лічильника
13  MOV R5, #00H         ; Молодший байт лічильника
14
15  ; Налаштування INT0
16  MOV TCON, #01H      ; INT0 активне по фронту
17  SETB EX0             ; Дозволити переривання INT0
18  SETB EA              ; Глобальний дозвіл переривань
19
20 - MAIN_LOOP:
21  ; Постійне оновлення LCD
22  CALL DISPLAY_COUNT
23  SJMP MAIN_LOOP
24
25 ;-----
26 ; Підпрограма обробки INT0
27 - INT0_ISR:
28  INC R5               ; Інкрементуємо молодший байт
29  CJNE R5, #00H, EXIT_ISR
30  INC R4               ; Переповнення - інкрементуємо старший байт
31 - EXIT_ISR:
32  RETI
33
34 ;-----
35 ; Ініціалізація LCD
36 - INIT_LCD:
37  CLR P2.0            ; RS = 0
38  CLR P2.1            ; RW = 0
39  CLR P2.2            ; E = 0
40
41  MOV A, #38H          ; Функціональний набір: 8-біт, 2 рядки
42  ACALL LCD_CMD
43  MOV A, #0CH          ; Увімкнути дисплей, курсор вимкнено
44  ACALL LCD_CMD
45  MOV A, #01H          ; Очистити дисплей
46  ACALL LCD_CMD
47  RET
48
49 ;-----
50 ; Вивід даних про кількість імпульсів
51 - DISPLAY_COUNT:
52  MOV A, R4
53  ACALL DISPLAY_HEX
54  MOV A, R5
55  ACALL DISPLAY_HEX
56  RET
57
58 ;-----
59 ; Вивід одного байта у форматі HEX
60 - DISPLAY_HEX:
61  PUSH ACC
62  SWAP A
63  ANL A, #0FH
64  ACALL NIBBLE_TO_ASCII
65  ACALL LCD_DATA
66
67  POP ACC
68  ANL A, #0FH
69  ACALL NIBBLE_TO_ASCII
70  ACALL LCD_DATA
71  RET
72
73 ;-----
74 ; Перетворення 4-бітного значення у ASCII
75 - NIBBLE_TO_ASCII:
76  ADD A, #30H
77  CJNE A, #3AH, DONE_ASCII
78  ADD A, #07H          ; Для A-F
79 - DONE_ASCII:
80  RET
81
82 ;-----
83 ; Відправка команди в LCD
84 - LCD_CMD:
85  CLR P2.0            ; RS = 0
86  CLR P2.1            ; RW = 0
87  MOV P1, A
88  SETB P2.2           ; E = 1
89  ACALL DELAY
90  CLR P2.2           ; E = 0
91  ACALL DELAY
92  RET
93
94 ;-----
95 ; Виведення символу в LCD
96 - LCD_DATA:
97  SETB P2.0           ; RS = 1
98  CLR P2.1           ; RW = 0
99  MOV P1, A
100 SETB P2.2          ; E = 1
101 ACALL DELAY
102 CLR P2.2           ; E = 0
103 ACALL DELAY
104 RET
105
106 ;-----
107 ; Затримка
108 - DELAY:
109  MOV R0, #0FFH
110 DL1: MOV R1, #0FFH
111 DL2: DJNZ R1, DL2
112      DJNZ R0, DL1
113      RET
114
115 END
```

Рисунок 1.24 – Лістинг ПЗ мікроконтролера

1.6 Вибір елементної бази системи

Компоненти для системи було обрано з урахуванням таких критеріїв:

- Надійність і стабільність характеристик у часі;
- Доступність на ринку;
- Висока якість і репутація виробника;
- Сумісність з іншими елементами системи;
- Відповідність електричним та температурним характеристикам проекту.

Серії обраних конденсаторів:

- Серія CC4 (NPO) — керамічні конденсатори з дуже низьким температурним коефіцієнтом і мінімальними втратами (рис.1.25);



Рисунок 1.25 – Зображення CC4

- ЕСАР (СарХоп) — електролітичні конденсатори для фільтрації в живленні (рис.1.26).

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



Рисунок 1.26 – Зображення СС4

Резистор обрано серії MF-12 (TOKEN) — металоплівкові, точність 5%, стабільна робота в широкому діапазоні номіналів (рис.1.27).

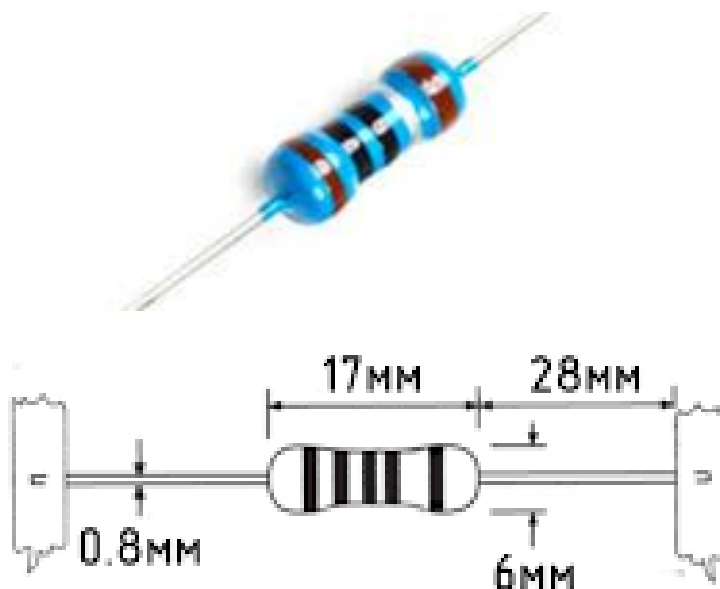


Рисунок 1.27 – Зображення MF-12

Обґрунтування вибору мікросхем:

– AT86RF211 — RF-трансивер від ATMEL, високий рівень інтеграції (рис.1.28);

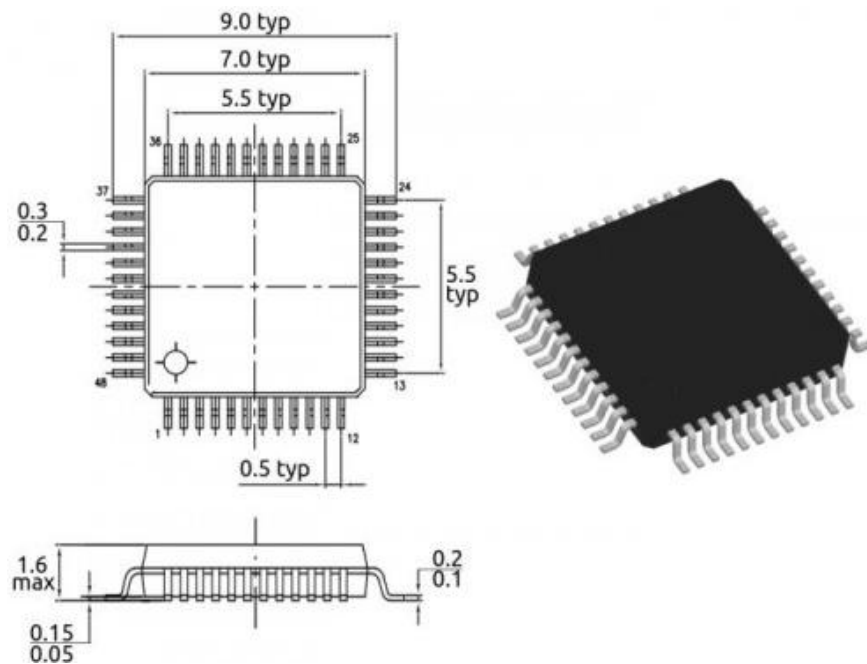


Рисунок 1.28 – Зображення AT86RF211

– AT89S8252 — мікроконтролер із EEPROM та SPI (рис.1.29);

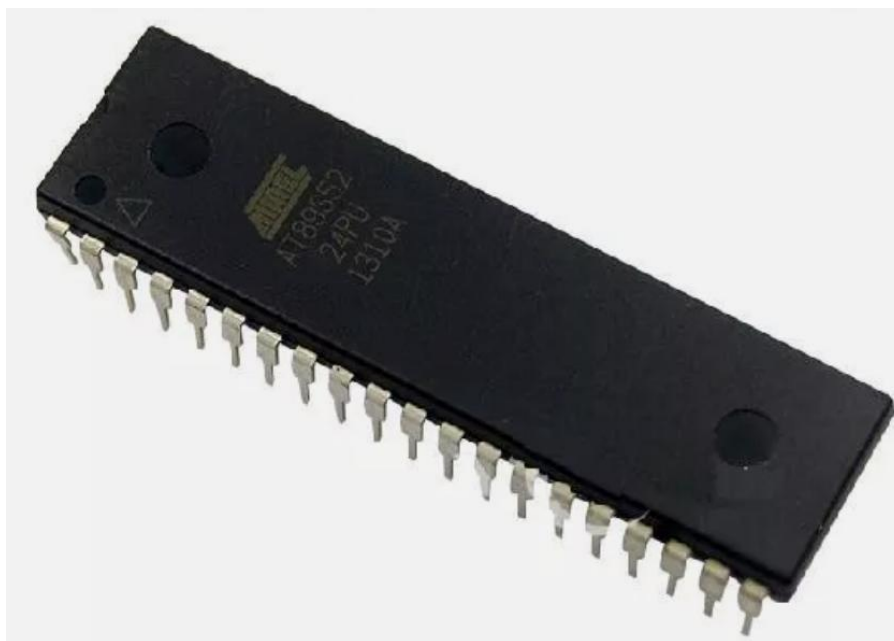
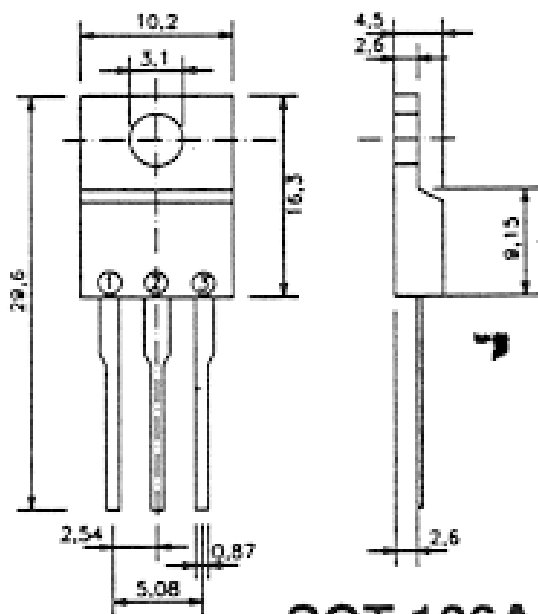


Рисунок 1.29 – Зображення AT89S8252

– L7805CV — стабілізатор напруги 5В (STMicroelectronics) (рис.1.30);



**SOT-186A
TO-220-ISO**



Рисунок 1.30 – Зображення L7805CV

- DS1812D-5 — контролер скидання (Philips) ;
- MAX232 — перетворювач рівнів TTL↔RS232 (рис.1.31);

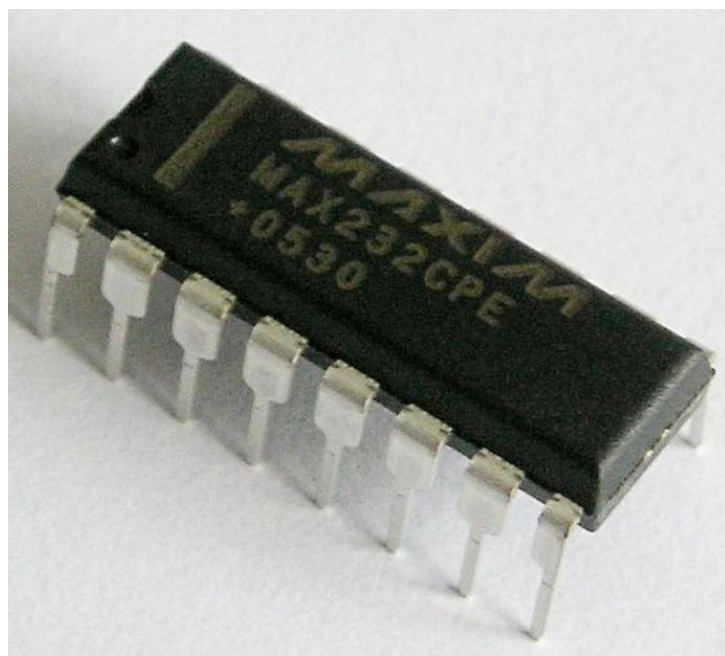


Рисунок 1.31 – Зображення MAX232 (DIP-16)

– ILQ3 — оптрони Siemens для гальванічної розв’язки (рис.1.32).

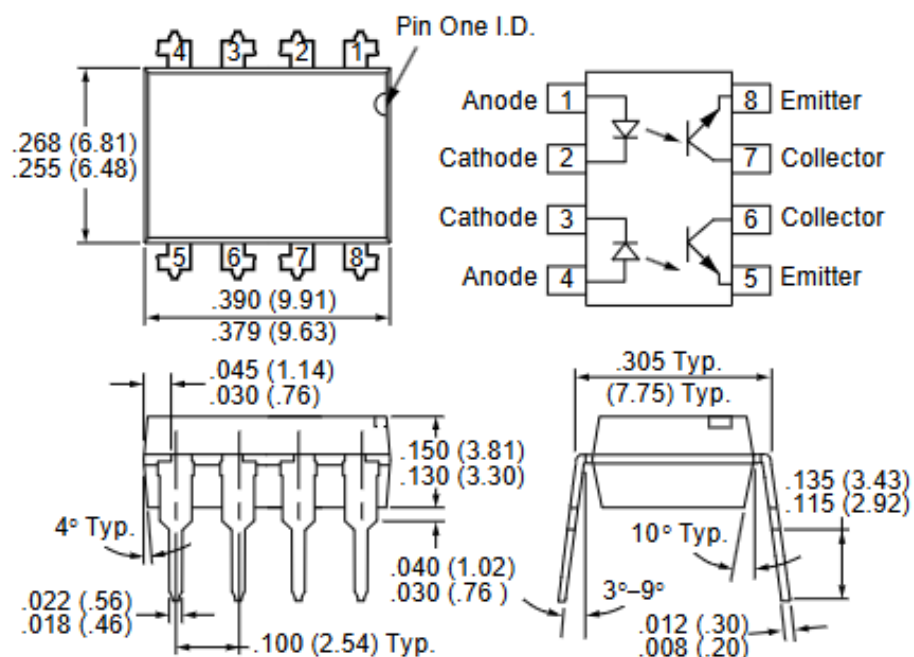


Рисунок 1.32 – Зображення ILQ3

Обрані діоди та стабілітрони:

– BZX79C5V6 — стабілітрон 5.6В (рис.1.33);



Рисунок 1.33 – Зображення BZX79C5V6

– 1N4148 — швидкодіючий діод (VISHAY) (рис.1.34);

DO-35(GLASS)

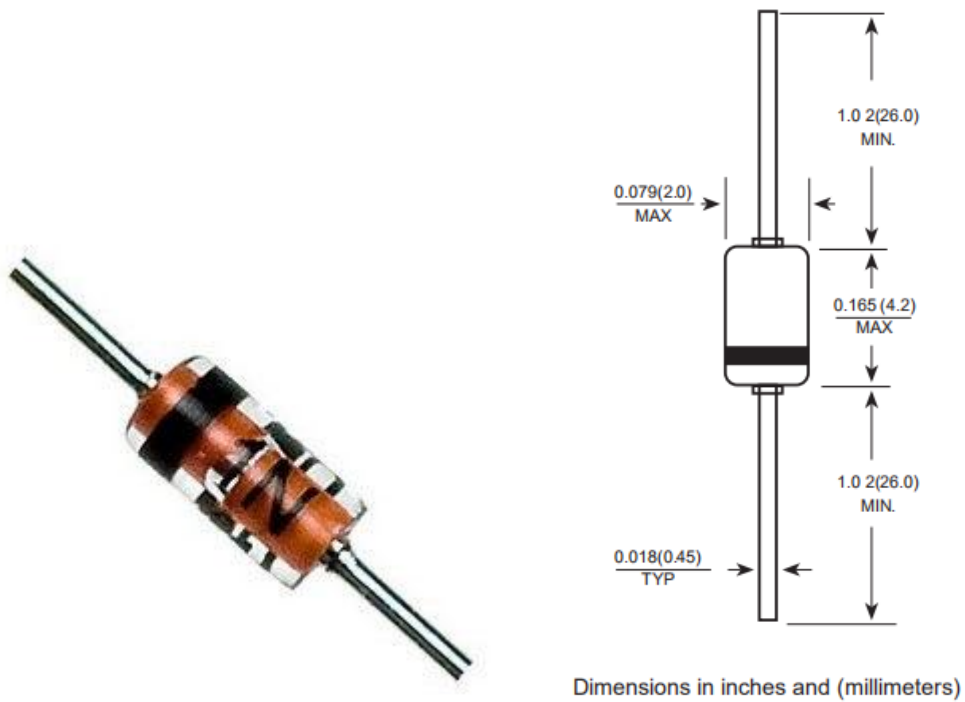


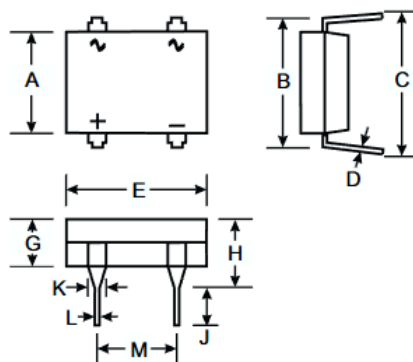
Рисунок 1.34 – Зображення 1N4148 (корпус DO-35)

– BAY89 — високочастотний діод (Infineon) (рис.1.35);



Рисунок 1.35 – Зображення BAY89

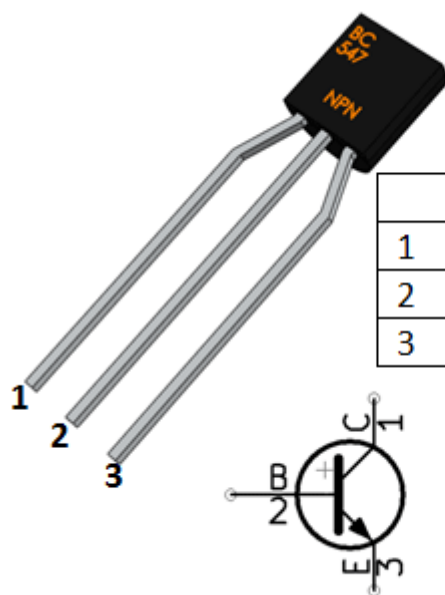
– DB105 — компактний діодний міст (рис.1.36);



DB-1		
Dim	Min	Max
A	6.10	6.60
B	7.11	8.13
C	8.13	9.40
D	0.20	0.38
E	-	9.40
G	-	3.30
H	-	5.51
J	2.80	3.68
K	1.02	1.40
L	0.51 Typical	
M	5.15 Typical	
All Dimensions in mm		

Рисунок 1.36 – Зображення DB105

Обрані транзистори: BC547B — універсальні NPN-транзистори (FAIRCHILD) (рис.1.37).



BC-547	
1	Collector
2	Base
3	Emitter

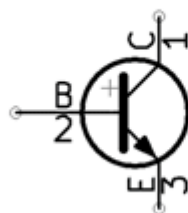


Рисунок 1.37 – Зображення BC547B (корпус TO-92)

Обрана індуктивність: PTL (5–25 мкГн) — фільтрування, дроселі.

Обрані світлодіоди та динамік:

– ХА-3G (YDF) — індикаторні світлодіоди (рис.1.38);



Рисунок 1.38 – Зображення ХА-3Г

– DN-50-1 — динамік (рис.1.39).



Рисунок 1.39 – Зображення ХА-3Г

Обраний детектор: J305 уВ - лічильник Гейгера для радіаційного контролю (рис.1.40).

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



Рисунок 1.40 – Зображення J305 уВ

Обрані трансформатори: TOT2 (рис.1.41), ТПП-4 (рис.1.42) - для живлення і гальванічної розв'язки.

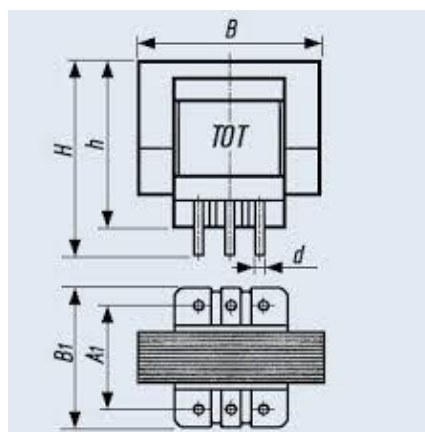


Рисунок 1.41 – Зображення TOT2



Рисунок 1.42 – Зображення ТПП-4

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

Кварцевий резонатор: НС-49S-4,032МГц - стабільне тактування МК.

Перемикачі та роз'єми:

- КМ-150 — мікроперемикачі;
- PLSR — стандартні плоскі роз'єми.

Вибрана компонентна бази системи забезпечує:

- Високу надійність та стабільність роботи;
- Сумісність між елементами;
- Оптимальне співвідношення ціна/якість;
- Можливість масового виробництва за рахунок доступності компонентів на ринку

1.7 Компоновка друкованого вузла системи

Компоновка — це розташування електронних компонентів на платі з урахуванням функціональності, електромагнітної сумісності, зручності обслуговування та мінімізації перешкод. Основні етапи:

- Аналіз схеми — визначення функціональних блоків (сенсорика, живлення, передача даних).
- Розміщення компонентів: високочастотні вузли — максимально короткі зв'язки, мінімальні петлі струму; сенсори — на віддаленні від джерел тепла та шуму; роз'єми — по краях плати для зручності підключення.
- Формування посадкових місць (футпринтів).
- Оптимізація компоновки - унікаємо перехрещення доріжок, враховуємо тепловідведення.

Використано двосторонню плату (Double-Sided PCB) - компоненти та доріжки можуть розміщуватись на обох боках.

Параметри ДП системи:

- матеріал ДП – FR-4 (склотекстоліт з епоксидним зв'язувачем);
- товщина: 1.6 мм;

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

– Товщина мідного шару: 35 мкм.

Покриття ДП системи:

– паянна маска: зелена, захищає доріжки від окиснення, запобігає коротким замиканням;

– фінішне покриття: HAL (гаряче олов'яне покриття) або ENIG (золоте — для кращої паяння та надійності).

Маркування (Silkscreen) ДП системи:

– наноситься білою фарбою на обидві сторони;

– Містить позначення компонентів, логотип, дату/версію, точки тестування.

Технологія виготовлення ДП (комбінована позитивна) поєднує позитивну фотолітографію та хімічне травлення:

Етапи виготовлення:

– підготовка заготовки: FR-4 з двостороннім мідним покриттям.

– ламінація фоторезисту: позитивний фоторезист наноситься на обидві сторони;

– експонування через фотошаблони: під дією УФ світла закріплюються області провідників;

– проявлення: незахищені ділянки фоторезисту змиваються;

– Хімічне травлення міді: залишаються лише доріжки;

– видалення фоторезисту;

– свердління отворів: механічним або лазерним способом;

– металізація отворів (PTH): хімічне осадження та гальваніка для провідних отворів.

– нанесення паяльної маски: захист провідників від корозії;

– нанесення шовкодруку: текстове маркування;

– фінішна обробка: нанесення HAL або ENIG покриття;

– електричне тестування плати: перевірка замикань, розривів;

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

Компоновка та виготовлення друкованого вузла для екологічного моніторингу – це критично важливий процес, що вимагає поєднання схемотехнічної грамотності, вміння працювати з САД-системами (як Altium Designer), а також врахування вимог до надійності, екологічної стійкості та електромагнітної сумісності. Дотримання описаних вище етапів дозволяє створити надійний і стабільно працюючу систему.

1.8 Висновки до розділу 1

У першому розділі кваліфікаційної роботи проведено комплексний аналіз та обґрунтування технічних рішень щодо розробки системи для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля. Здійснено огляд сучасних аналогічних систем і визначено основні вимоги до функціональності, надійності та енергоспоживання пристрою.

На основі проведеного аналізу розроблено структурну та функціональну схеми системи, що дозволили деталізувати склад і взаємодію основних підсистем. Спроектовано електричну принципову схему, яка включає модулі сенсорики, індикації, зв'язку, живлення та керування на основі мікроконтролера.

Розглянуто питання синтезу окремих функціональних вузлів, зокрема індикаторного блоку, інтерфейсу передачі даних (RS-232C) та алгоритмів роботи програмного забезпечення мікроконтролера, що забезпечують стабільну та ефективну роботу системи.

Обґрунтовано вибір елементної бази з урахуванням технічних параметрів, доступності та сумісності. Запроектowano компоновку друкованого вузла системи, підібрано тип друкованої плати та описано технологічні особливості її виготовлення, включаючи метод комбінованого позитивного травлення.

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, розділ містить повне обґрунтування схемотехнічної та конструктивної реалізації системи, що є основою для подальших етапів виготовлення та налагодження дослідного зразка.

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

2.1 Охорона праці

Виробництво системи належить до пожежонебезпечних об'єктів, тому необхідно забезпечити протипожежний захист працівників і службовців. Заходи з пожежної безпеки виконуються відповідно до вимог розділу 13 Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012 р. №5403-VI. Організаційно-технічні заходи протипожежного захисту на виробництві поділяються на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні. Питання пожежної безпеки повинні бути невід'ємною частиною діяльності керівників і співробітників підприємства та відображені в трудових договорах і статутних документах. Керівник підприємства з виготовлення ДРС зобов'язаний визначити обов'язки посадових осіб щодо пожежної безпеки, призначити відповідальних за захист окремих будівель, споруд, приміщень, ділянок, технологічного та інженерного обладнання, а також за утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту. Ці обов'язки мають бути закріплені у відповідних посадових документах (інструкціях, положеннях тощо).

На кожному підприємстві з урахуванням його пожежної небезпеки наказом (інструкцією) повинен бути встановлений відповідний протипожежний режим, в тому числі визначені:

- можливість (місце) паління, застосування відкритого вогню та побутових нагрівальних приладів;
- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних (в тому числі зварювальних) робіт;
- правила проїзду та стоянки транспортних засобів;
- місця для зберігання і допустима кількість сировини, напівфабрикатів та готової продукції, які можуть одночасно знаходитися у виробничих

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

приміщеннях і на території (у місцях зберігання);

- порядок прибирання горючого пилу та відходів, зберігання промасленого спецодягу і шмаття, очищення повітроводів вентиляційних систем від горючих відкладень;

- порядок відключення від мережі електрообладнання у разі пожежі;

- порядок огляду і зачинення приміщень після закінчення роботи;

- порядок проходження посадовими особами навчання та перевірки знань з пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення;

- порядок організації експлуатації і обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту (протипожежного водопроводу, насосних станцій, вогнегасників тощо);

- дії працівників у разі виявлення пожежі.

Для об'єктів з перебуванням людей вночі інструкції мають передбачати два варіанти дій відповідно у денний та нічний час.

Усі працівники при прийнятті на роботу і за місцем здійснення професійної діяльності повинні проходити інструктаж з питань пожежної безпеки (вступний, первинний, повторний на робочому місці, позаплановий та цільовий). Посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично один раз на 3 роки мають проходити навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Отже, організаційні заходи пожежної безпеки передбачають: організацію пожежної охорони на об'єкті, проведення навчань з питань пожежної безпеки (включаючи інструктажі та пожежно-технічні мінімуми), застосування наочних засобів протипожежної пропаганди та агітації, проведення перевірок, оглядів стану пожежної безпеки приміщень, будівель, об'єкта в цілому та ін.

До технічних заходів належать: суворе дотримання правил і норм,

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

визначених чинними нормативними документами при реконструкції приміщень, будівель та об'єктів, технічному переоснащенні виробництва, експлуатації чи можливому переобладнанні електромереж, опалення, вентиляції, освітлення і т. п.

Заходи режимного характеру передбачають заборону куріння та застосування відкритого вогню в недозволених місцях, недопущення появи сторонніх осіб у вибухонебезпечних приміщеннях чи об'єктах, регламентацію пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт тощо.

Експлуатаційні заходи охоплюють своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів технологічного та допоміжного устаткування, а також інженерного господарства (електромереж, електроустановок, опалення, вентиляції).

2.2 Безпека життєдіяльності

Надзвичайні ситуації природного походження виникають внаслідок різноманітних небезпечних явищ: геологічних, метеорологічних, гідрологічних, морських і прісноводних, деградації ґрунтів чи надр, природних пожеж, змін стану повітряного басейну, а також поширення інфекційних захворювань серед людей чи тварин, масового ураження рослин хворобами чи шкідниками, трансформацій водних ресурсів та біосфери тощо. Такі ситуації класифікують за низкою ознак, що наведені на рис. 2.1, зокрема за природою джерела, масштабом ураження, тривалістю та іншими критеріями.

На території України потенційно можуть траплятися майже всі види небезпечних природних процесів і явищ геологічного, гідрогеологічного та метеорологічного характеру. Це означає необхідність комплексного оцінювання ризиків і підготовки систем превентивних заходів, адже кліматичні й геологічні особливості регіону створюють умови для

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різноманітних надзвичайних проявів. Постійний моніторинг, розробка сценаріїв реагування та адаптація інфраструктури допомагають мінімізувати наслідки цих явищ. Таким чином, класифікація за ознаками (рис. 2.1) слугує основою для побудови ефективних систем раннього попередження й організації взаємодії служб екстреного реагування. З урахуванням багатогранності природних загроз в Україні варто враховувати локальні особливості територій під час планування заходів з підготовки та реагування.

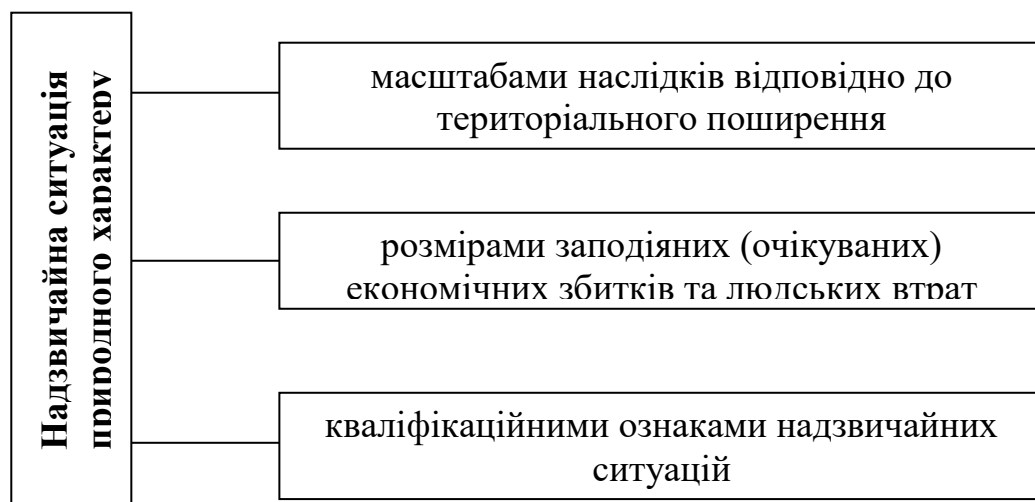


Рисунок 2.1 – Класифікаційні ознаки надзвичайних ситуацій

Відповідно до розділу IV «Кодексу цивільного захисту України» основними заходами у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного характеру є:

- 1) інформування та оповіщення;
- 2) спостереження;
- 3) укриття та захист споруд;
- 4) евакуаційні заходи;
- 5) інженерний захист;
- 6) медичний захист.



Рисунок 2.2 – Надзвичайні ситуації природного характеру України

Інформування та оповіщення у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного характеру є основним принципом та головним і невід'ємним елементом усієї системи заходів такого захисту.

Інформацію у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного характеру становлять відомості про надзвичайні ситуації природного характеру, що прогножуються або виникли, з визначенням їх класифікації, меж поширення і наслідків, а також способи та методи реагування на них.

Центральні та місцеві органи виконавчої влади, виконавчі органи рад зобов'язані надавати населенню через засоби масової інформації оперативну і достовірну інформацію про стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного характеру, про виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру, методи та способи їх захисту, вжиття заходів щодо забезпечення безпеки.

Оповіщення про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру і постійне інформування населення про них забезпечуються шляхом:

1) завчасного створення і підтримки в постійній готовності загальнодержавної і територіальних автоматизованих систем централізованого оповіщення населення;

2) організаційно-технічного з'єднання територіальних систем централізованого оповіщення і систем оповіщення на об'єктах господарювання;

3) завчасного створення та організаційно-технічного з'єднання з системами спостереження і контролю постійно діючих локальних систем оповіщення та інформування населення в зонах можливого катастрофічного затоплення, районах розміщення радіаційних і хімічних підприємств, інших об'єктів підвищеної небезпеки;

4) централізованого використання загальнодержавних і галузевих систем зв'язку, радіопровідного, телевізійного оповіщення, радіотрансляційних мереж та інших технічних засобів передавання інформації.

Спостереження. З метою своєчасного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, запобігання та реагування на них відповідними центральними та місцевими органами виконавчої влади здійснюються:

1) створення і підтримання в постійній готовності загальнодержавної і територіальних систем спостереження і контролю з включенням до них існуючих сил та засобів контролю;

2) організація збирання, опрацювання і передавання інформації про стан довкілля, забруднення харчових продуктів, продовольчої сировини, фуражу, води радіоактивними, хімічними речовинами, мікроорганізмами та іншими біологічними агентами.

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Укриттю в захисних спорудах, у разі необхідності, підлягає населення відповідно до його належності до груп (працююча зміна, населення, яке проживає в небезпечних зонах).

Створення фонду захисних споруд забезпечується шляхом:

1) комплексного освоєння підземного простору міст і населених пунктів для взаємопогодженого розміщення в ньому споруд і приміщень соціально-побутового, виробничого і господарського для укриття населення в разі виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру;

2) обстеження і взяття на облік підземних і наземних будівель та споруд, що відповідають вимогам захисту, споруд підземного простору міст, гірничих виробок і природних порожнин;

3) дообладнання з урахуванням реальної обстановки підвальних та інших заглиблених приміщень;

4) будівництва заглиблених споруд, які окремо розташовані від об'єктів виробничого призначення та пристосовані для захисту.

Евакуаційні заходи. В умовах неповного забезпечення захисними спорудами в містах та інших населених пунктах, що мають об'єкти підвищеної небезпеки, основним засобом захисту населення є евакуація.

Евакуації підлягає населення, яке проживає в населених пунктах, що знаходяться у зонах можливого катастрофічного затоплення, можливого виникнення стихійного лиха, аварій і катастроф (якщо виникає безпосередня загроза життю та здоров'ю людей).

Залежно від обстановки, яка склалася на час надзвичайної ситуації природного характеру, може бути проведено загальну або часткову евакуацію населення тимчасового або безповоротного характеру.

Загальна та часткова евакуація проводиться за рішенням Кабінету Міністрів України для всіх категорій населення.

Інженерний захист. Заходи інженерного захисту населення і території повинні передбачати:

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

- 1) врахування під час розроблення генеральних планів забудови населених пунктів і ведення містобудування можливих проявів у окремих регіонах та на окремих територіях небезпечних і катастрофічних явищ;
- 2) раціональне розміщення об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням можливих наслідків їх діяльності у разі виникнення аварій для безпеки населення і довкілля;
- 3) спорудження будинків, будівель, споруд, інженерних мереж і транспортних комунікацій із заданими рівнями безпеки та надійності;
- 4) створення комплексної схеми захисту населених пунктів та об'єктів господарювання від небезпечних природних процесів;
- 5) розроблення і здійснення регіональних та місцевих планів запобігання і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного характеру;

2.3 Висновки до розділу 2

У підрозділі з охорони праці розроблено рекомендації по питанням охорони праці при роботі з вимірювачем шляхом аналізу негативного впливу електричного струму на обслуговуючий персонал при роботі із системою, способів нормування та захисту від його дії. Також проаналізовано комплекс заходів щодо запобігання та мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру.

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

Висновки

У результаті виконання кваліфікаційної роботи на тему «Система та мережа для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля» було реалізовано повний цикл проектування технічного засобу екологічного призначення, що здатен забезпечити дистанційний контроль параметрів навколишнього середовища.

На основі аналізу існуючих рішень визначено технічні вимоги до системи моніторингу, з урахуванням яких здійснено проектування структурної та функціональної схем, електричної принципової схеми, а також розроблено ключові апаратні й програмні компоненти. Розглянуто варіанти реалізації вузлів індикації та сигналізації, інтерфейсу обміну даними RS-232C та мікроконтролерного керування, що забезпечують ефективну роботу системи.

Особливої уваги приділено вибору елементної бази, що відповідає критеріям надійності, енергоефективності та доступності. Створено макет друкованої плати за допомогою САПР Altium Designer, що дозволяє реалізувати компактне й зручне компонування пристрою.

Запропонована система може бути використана в реальних умовах для моніторингу забруднення повітря, води або ґрунту в населених пунктах, промислових зонах або природоохоронних територіях. Її основними перевагами є автономність, віддалений доступ до даних, модульність та можливість масштабування. Робота також включає аналіз вимог з охорони праці та БЖД, що забезпечує відповідність розробки сучасним нормативним документам і стандартам.

Таким чином, поставлені у роботі завдання виконані повністю, а запропонована система є ефективним технічним рішенням для екологічного моніторингу з можливістю подальшого вдосконалення та впровадження в практику.

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

Список використаних джерел

1. Pottie, G. J., & Kaiser, W. J. (2000). Wireless integrated network sensors. Communications of the ACM, 43(5), 51–58. DOI: <https://doi.org/10.1145/332833.332838>.
2. LoRa Alliance. (2021). LoRaWAN® Specification v1.0.4. [Online]. Available. URL: <https://lora-alliance.org>.
3. AirQo Project. (2023). Monitoring Air Pollution in Africa. URL: <https://airqo.net>.
4. Raza, U., Kulkarni, P., & Sooriyabandara, M. (2017). Low Power Wide Area Networks: An Overview. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 19(2), 855-873. DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2652320>.
5. 3GPP. (2022). NB-IoT Deployment Guide. URL: <https://www.3gpp.org>.
6. Zigbee Alliance. (2020). Zigbee Specification Overview. URL: <https://csa-iot.org>.
7. IQAir. (2023). AirVisual Pro Specifications. URL: <https://www.iqair.com/air-quality-monitors/airvisual-pro>.
8. <https://www.mirion.com/products/technologies/health-physics-radiation-safety-instruments/dosimetry-telemetry-systems/telemetry-solutions/wrm-telemetry-system/wrm2-wireless-remote-monitoring-system>
9. <https://www.dndkm.org/Technology/TechnologyFactSheet.aspx?TechnologyID=118&name=Wireless%20Remote%20Radiation%20Monitoring%20System>
10. <https://ecotestgroup.com/products/radspace/>
11. <https://safecast.org/devices/>
12. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» /

					<i>ТММ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дунець В.Л., Дедів І.Ю., Хвостівський М.О. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021, 72 с.

13. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів: УАД, 2006 – 336 с.

14. ДСТУ ГОСТ 2.702:2013 «Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем (ГОСТ 2.702-2011, IDT)

15. ДСТУ 2646-94. Плати друковані. Терміни та визначення.

16. ДСТУ 3334-96. Плати друковані. Загальні вимоги до технологічних процесів регенерації, знешкодження та утилізації розчинів.

17. 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.

18. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Системи автоматизованого проєктування радіоелектронних засобів» для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка / Уклад.: Л.В.Хвостівська. Тернопіль: ТНТУ, 2022. 63 с.

19. Дунець В.Л., Хвостівський М.О., Сверстюк А.С., Хвостівська Л.В. Математичне та алгоритмічно-програмне забезпечення опрацювання електрокадіосигналів при фізичному навантаженні у кардіодіагностичних системах: наукова монографія. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2022. 136 с.

20. 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.

21. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.

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

22. 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.

23. 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.

24. Mathematical modelling of daily computer network traffic. Khvostivskyu, M., Osukhivska, H., Khvostivska, L., Lobur T., Velychko D, Lupenko, S., Novorushchenko, 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.

25. 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.

26. Liliya Khvostivska, Mykola Khvostivskyu, Vasyl Dunets, 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.

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

27. Khvostivska L., Khvostivskyi 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.

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

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ТММ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						62
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.
“____” _____ 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему:
**«Система та мережа для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення
довкілля»**

Узгоджено:
Керівник роботи
Хвостівська Л.В. _____
“____” _____ 2025р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”
Студент групи РА-41
Таболін М.М. _____
“____” _____ 2025р.

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: «Система та мережа для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля»

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи № 4/7-193 від “12” березня 2025 р.

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Таболін Максим Миколайович групи РА-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є проектування програматора, що включає в себе:

- проектування мережі
- проектування схемотехнічного рішення розроблювальної системи;
- розрахунок і вибір елементів для оптимальної роботи системи;
- проектування друкованого вузла та друкованої плати системи.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1. Основні параметри:

- Діапазон реєстрації радіаційного поля: 1-5000 Дф;
- Частотний діапазон радіоканалу: 160–200 МГц;
- Гранична швидкість підрахунку імпульсів: 4000 імп/с;
- Час ініціалізації: до 3 секунд;
- Живлення: 220 В / 50 Гц;
- Максимальне споживання: до 0,5 Вт.
- Вимоги до умов експлуатації повинні бути:
 - Температура навколишнього середовища від +10°C до + 35°C
 - Відносна вологість повітря 80 % при $t=25^{\circ}\text{C}$

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 системи та мережі;
- електрична принципова схема системи;
- друкована плата системи;
- друкований вузол системи.

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	12.03.2023
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	13.03.2023
3	Розробка структурної схеми системи	25.03.2023
4	Розробка схеми електричної принципової системи	10.04.2023
5	Розрахунок основних вузлів схеми системи	21.04.2023
6	Вибір компонентної бази для розроблюваної системи	01.05.2023
7	Компоновка друкованого вузла системи	15.05.2023
8	Створення допоміжної документації	27.05.2023
9	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони праці	02.06.2023
10	Нормоконтроль	10.06.2023
11	Перевірка роботи на антиплагіат	13.06.2023
12	Попередній захист кваліфікаційної роботи	13.06.2023
13	Захист кваліфікаційної роботи	23.06.2023

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					
	CC4		ETHER			
	ECAP		Cap Xon			
C1	CC4-10пф±5% 50B NPO	1				
C2,C10	CC4-22пф±5% 50B NPO	2				
C3,C11	CC4-7пф±5% 50B NPO	2				
C4-C8	CC4-22пф±5% 50B NPO	5				
C12,C13	CC4-22пф±5% 50B NPO	2				
C14,C23	CC4-10пф±5% 50B NPO	2				
C9,C15	CC4-5пф±5% 50B NPO	2				
C16,C17	CC4-10пф±5% 50B NPO	2				
C18	CC4-22пф±5% 50B NPO	1				
C19	ECAP-16B-10мкФ±20% 50B	1				
C20	CC4-33пф±5% 50B NPO	1				
C21	CC4-82пф±5% 50B NPO	1				
C24,C25	CC4-22пф±5% 50B NPO	2				
C26	CC4-10мкф±5% 50B NPO	2				
C27,C30	ECAP -16B-100мкф±20% 50B	2				
C28,C29	ECAP -16B -10мкф±20% 50B	2				
C31,C32	CC4-10мкф±5% 50B NPO	2				
C33,C34	ECAP -16B-10мкф±20% 50B	2				
C35	RD15 NPO 2200пФ±5% 50B NPO 500B	1				
	Мікросхеми					
DA1	AT86RF211	1	ATMEL			
DA2	L7805CV	1	STMicroelectronics			
		ТММ 2.000.001 ПЕЗ				
Змн.	Арк.			№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Таболін М.М.					
Перевір.	Хвостівська Л.					
Затверд.	Дунець В.Л.					
Н. Контр.	Хвостівська Л.					
Рецензент	Яворська Є.Б.					
Система та мережа для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля		Літ.	Арк.	Аркушів		
			1	4		
		ТНТУ, ФПТ, гр. РА-41				
Перелік елементів						

[illegible]

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Діоди та стабілітрони		
VD1	BZX79C5V6	1	ON Semicond.
VD2	1N4148	1	VISHAY
VD3,VD4	BAY89	2	Infineon
	Діодний міст		
VD5	DB105	1	CC
	Тринзистори		
VT1-VT4	BC547B	3	FAIR CHILD
	Світлодіоди		
H1, H2	XA-3G (зелений)	2	YDF
	Гучномовець		
BD1	DN-50-1	1	
	Глічильник Гейгера		
BF1	J305 yb	1	
	Трансформатори		
T1	TOT2	1	
T2	ТПП-4	1	

[illegible]

			Позначення	Назва	Кіл.	Примітка		
				<u>Документація</u>				
A1			TMM 2.000.001 СК	Складальне креслення	1			
A4			TMM 2.000.001 ПЕЗ	Перелік елементів	1			
A1			TMM 2.000.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1			
				<u>Деталі</u>				
A1	1		TMM 7.103.001	Плата друкована				
				<u>Стандартні вироби</u>				
				<u>Інші вироби</u>				
				<u>Конденсатори</u>				
	2			СС4-10пФ-А-В	1	С1		
	3			СС4-22пФ-А-В	7	С2, С4-С8, С10		
	4			СС4-7пФ-А-В	2	С3, С11		
	5			СС4-22пФ-А-В	3	С12, С13, С18		
	6			СС4-10пФ-А-В	3	С14, С23, С31		
	7			СС4-5пФ-А-В	1	С15		
	8			СС4-10пФ-А-В	2	С16, С17		
	9			ЕСАР-16В-10мкФ±20% 50В	1	С19		
	10			СС4-33пФ-А-В	1	С20		
	11			СС4-82пФ-А-В	1	С21		
				TMM 2.000.001				
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис				Дата	
Розроб	Таболін М.М				Друкований вузол системи для віддаленого моніторингу за рівнем забруднення довкілля Специфікація	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Хвостівська						1	4
Н. Контр.	Хвостівська					ТНТУ, ФПТ, гр. РА-41		
Затверд.	Дунець В.Л.							
Рецензент	Яворська Є.							

[illegible]

			Позначення	Назва	Кіл.	Примітка	
				Транзистори			
		35		BC547B	3	VT1-VT3	
				Діоди			
		36		BZX79C5V6	1	VD1	
		37		1N4148	1	VD2	
		38		BAY89	2	VD3, VD4	
				Діодний міст			
		39		DB105	1	VD5	
				Котушки			
		40		PTL-10мкГн, ±10%	1	L1	
		41		PTL-15мкГн, ±10%	1	L2	
		42		PTL-25мкГн, ±10%	1	L3	
		43		PTL-5мкГн, ±10%	1	L4	
				Трансформатори			
		44		TOT2	1	T1	
		45		ТПП-4	1	T1	
				Роз'єми			
		46		PLSR-2	1	X1,X4	
		47		PLSR-10	1	X2	
		48		PLSR-3	1	X1	
		49		PLSR-2	12	X5-X16	
				TMM 2.000.001			Арк.
							3
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			

[illegible]