

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

*Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»*

*Освітньо-професійна програма: «Обслуговування*

*комп'ютерних систем і мереж»*

*Група: 4КС-58*

# **Дипломний проект**

**здобувача освіти денної форми навчання**

**КС.58.08.000.ДП**

***ЖУКОВА***

***МИХАЙЛА ВЛАДЛЕНОВИЧА***

**м. Одеса**

**2025 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

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

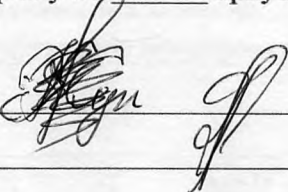
Група: 4КС-58

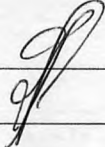
**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту на тему:

**Розробка побутового пристрою вимірювання радіації  
на базі лічильника J305**

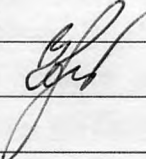
Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 81 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 12 аркушах (слайдах)

Дипломник  ( Жуков М.В.)

Керівник  ( Шувалова І.О.)

**Консультанти:**

з економічного розділу  ( Канський М.Ю.)

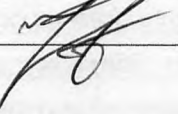
з розділу охорони праці та техніки безпеки  ( Чорновол Н.І.)

з нормоконтролю  ( Петрашова В.І.)

старший консультант  ( Кривченко Ю.В.)


**До захисту допущений**

Голова циклової комісії  ( Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення  ( Краснокутська К.Г.)

Захист «21» сервіс 2025 р. Протокол ЕК № 2

Оцінка ЕК 4(908ре) / 858.

Секретар ЕК 

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та П  
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР 

Беркань І.В.

“ 19 ” 08 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект (роботу)**  
**Жукову Михайлу Владленовичу**

Здобувачеві освіти Жукову Михайлу Владленовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Розробка побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305

затверджена наказом по коледжу від “14” 11 2024 р. № 246

2. Термін здачі закінченого проекту 16.06.25

3. Вихідні данні до проекту 1. Передбачити вимірювання приладом радіаційного випромінювання в діапазоні від 0,1 до 10 мікрозіверт/год; 2. Передбачити живлення від елементів живлення від блоку живлення 3-5В; 3. Реалізувати вимірювання на базі PIC-мікроконтролера; 4. Обрати елементну базу з врахуванням найбільш компактної конструкції приладу; 5. Застосовувати найбільш універсальну елементну базу; 6. Передбачити звукову індикацію при перевищенні норми 5 мікрозіверт/год

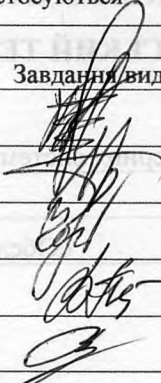
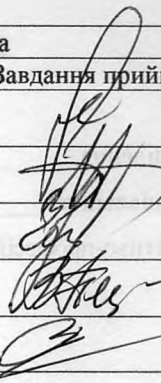
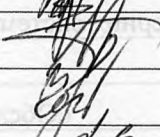
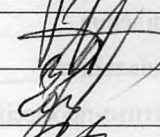
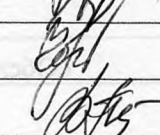
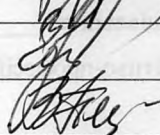
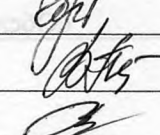
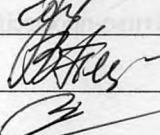
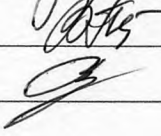
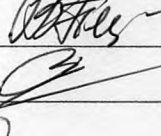
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

Аналіз принципів роботи дозиметричних приладів; Огляд характеристик побутових приладів-дозиметрів; Аналіз схемотехнічних рішень приладів-дозиметрів; Розробка структурної схеми побутового пристрою; Розробка принципової електричної схеми пристрою; Обґрунтування вибору елементної бази пристрою; Розробка друкованої плати пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305; Розробка програмного забезпечення мікроконтролера

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

Спрощена структурна схема приладу вимірювання рівня радіації; Структурна схема блоку детектування; Конструкція та схема включення лічильника Гейгера-Мюллера; Структурна схема пристрою; Структурна схема мікроконтролера PIC16F628A; Принципова схема пристрою; Блок-схема алгоритму програми для мікроконтролера пристрою; Блок-схема алгоритму зберігання та обробки результатів вимірювання; Макет монтажної плати пристрою; Макет друкованої плати пристрою; Макет корпусу для пристрою

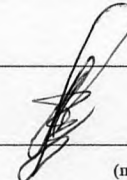
6. Консультанти по проекту із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Основний розділ	Шувалова І.О.		
Економічний розділ	Канський М.Ю.		
Розділ охорони праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		
Старший консультант	Кривченко Ю.В.		

7. Дата видачі завдання

Керівник

Шувалова І.О.



(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів дипломного проекту	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	15.05.25	Виконано
2.	Огляд та аналіз приладів для вимірювання рівня радіації	16.05.25	Виконано
3.	Аналіз технічних вимог до спроектованого пристрою	17.05.25	Виконано
4.	Аналіз принципів побудови засобів радіаційного контролю	18.05.25	Виконано
5.	Аналіз особливостей побудови блоків детектування	22.05.25	Виконано
6.	Аналіз принципу роботи приладів вимірювання рівня іонізуючого випромінювання	26.05.25	Виконано
7.	Розробка структурної схеми приладу	01.06.25	Виконано
8.	Розробка принципової електричної схеми приладу	06.06.25	Виконано
9.	Вибір елементної бази пристрою	10.06.25	Виконано
10.	Розробка друкованої плати пристрою	11.06.25	Виконано
11.	Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера	12.06.25	Виконано
12.	Виконання економічних розрахунків	17.06.25	Виконано
13.	Розробка заходів з охорони праці	19.06.25	Виконано
14.	Виконання графічної частини проекту	16.06.25	Виконано

Дипломник

(підпис)

Керівник

(підпис)



# ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Основний розділ.....	7
1.1 Аналіз принципів роботи дозиметричних приладів.....	7
1.1.1 Принципи роботи приладів для визначення рівня радіації.....	7
1.1.2 Класифікація дозиметричних приладів.....	8
1.1.3 Структурна схема дозиметричного приладу.....	9
1.1.4 Аналіз побудови та роботи блоку детектування.....	10
1.2 Огляд характеристик побутових приладів-дозиметрів .....	12
1.3 Аналіз схемотехнічних рішень приладів-дозиметрів .....	15
1.3.1 Схема індикатору радіоактивності з лічильником СБМ-20.....	16
1.3.2 Схема вимірювача рівня іонізуючого випромінювання.....	18
1.3.3 Схема транзисторного індикатора радіоактивності.....	19
1.3.4 Схема пристрою контролю рівня іонізуючого випромінювання на мікроконтролері.....	19
1.3.5 Схема приладу для вимірювання рівня радіації ТЕРРА-П.....	23
1.4 Розробка структурної схеми побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305.....	25
1.5 Розробка принципової електричної схеми побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305.....	28
1.6 Обґрунтування вибору елементної бази пристрою.....	31
1.6.1 Обґрунтування вибору резисторів.....	31
1.6.2 Обґрунтування вибору конденсаторів.....	32
1.6.3 Обґрунтування вибору кварцового резонатора.....	34
1.6.4 Обґрунтування вибору роз'ємів.....	35
1.6.5 Обґрунтування вибору вимикача.....	35
1.6.6 Обґрунтування вибору батарейного відсіку.....	36
1.6.7 Обґрунтування вибору мікросхем.....	36
1.6.8 Аналіз структури і програмування мікроконтролера PIC16F628A.....	38

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6.9	Обґрунтування вибору лічильника Гейгера-Мюллера J305.....	44
1.6.10	Обґрунтування вибору випромінювача звуку.....	47
1.6.11	Обґрунтування вибору рідинно-кристалічного індикатору.....	47
1.6.12	Обґрунтування вибору напівпровідникових діодів.....	48
1.6.13	Обґрунтування вибору напівпровідникових транзисторів.....	50
1.7	Розробка друкованої плати пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305.....	50
1.8	Розробка програмного забезпечення мікроконтролера PIC16F628A для пристрою вимірювання радіації.....	56
2	Економічний розділ.....	62
3	Розділ з охорони праці та техніки безпеки .....	67
	Висновки.....	72
	Перелік використаних інформаційних джерел.....	73
	Додаток А. Програма для мікроконтролера PIC16F628A.....	74
	Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації .....	77

## ВСТУП

На сучасному етапі розвитку науки та техніки особливої актуальності набуває питання безпеки людей в умовах підвищеної радіації. Зокрема, це стосується мешканців територій, близьких до промислових об'єктів або місць з природньо підвищеним рівнем радіоактивного фону. Відповідно, зростає потреба у доступних та ефективних побутових пристроях для вимірювання рівня іонізуючого випромінювання. Радіація – це небезпечний фактор, що може впливати на здоров'я людей, викликати генетичні зміни та інші небажані наслідки. Основна мета вимірювальних приладів – визначення дози радіаційного випромінювання, що дозволяє контролювати її рівень та вживати відповідних заходів для захисту.

Сучасні технології дозволяють розробляти компактні, зручні та доступні прилади, які можуть використовуватися в повсякденному житті. Одним із таких приладів є розробка побутового пристрою для вимірювання радіації на базі лічильника J305 та мікроконтролера PIC16F628A. Даний пристрій об'єднує в собі точність вимірювання, компактність та простоту у використанні, що робить його незамінним у побутових умовах.

Лічильник J305 відомий своєю високою точністю та надійністю у вимірюванні іонізуючого випромінювання. Використання цього лічильника в поєднанні з мікроконтролером PIC16F84 дозволяє створити прилад, який здатен працювати в широкому діапазоні умов – від житлових приміщень до польових вимірювань. Також даний прилад буде мати можливість зберігати результати вимірювань для подальшого аналізу та моніторингу радіаційного фону.

Основна мета даного дипломного проекту полягає в розробці та реалізації побутового пристрою для вимірювання рівня радіації, який буде доступним для широкого кола користувачів. Пристрій знайде своє застосування не тільки в побуті, але й у різних сферах діяльності, де необхідно контролювати рівень радіаційного фону. Під час виконання проекту будуть розглянуті теоретичні основи вимірювання іонізуючого випромінювання, аналіз сучасних методів та технологій.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Аналіз принципів роботи дозиметричних приладів

Дозиметричні прилади використовуються для вимірювання рівня іонізуючого випромінювання, що необхідно для забезпечення безпеки в різних сферах, від медицини до промисловості. Принципи роботи дозиметричних приладів базуються на виявленні та реєстрації ефектів, що виникають внаслідок взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною. Існує кілька основних типів дозиметричних приладів, кожен з яких має свої переваги і недоліки.

### 1.1.1 Принципи роботи приладів для визначення рівня радіації

Дозиметричні прилади розроблені для виявлення і вимірювання іонізуючого випромінювання, яке не сприймається людськими органами чуття. Іонізуюче випромінювання впливає на матеріали детектора, викликаючи різні фізичні ефекти, які можуть бути зафіксовані та виміряні. Основними принципами роботи дозиметричних приладів є:

– Іонізація газу: Цей принцип використовується в іонізаційних камерах та газорозрядних лічильниках. Іонізуюче випромінювання викликає іонізацію газу, що призводить до виникнення електричного струму, який можна виміряти;

– Сцинтиляція: Сцинтиляційні детектори використовують матеріали, які випромінюють світлові спалахи у відповідь на взаємодію з іонізуючим випромінюванням. Ці світлові спалахи фіксуються фотомультіплікаторами, що перетворюють світловий сигнал в електричний;

– Люмінесценція: Люмінесцентні детектори, такі як фото- та термолюмінесцентні детектори, використовують матеріали, які накопичують енергію від іонізуючого випромінювання та випромінюють її у вигляді світла при нагріванні або освітленні;

– Хімічні реакції: Деякі детектори базуються на хімічних змінах у матеріалах під впливом радіації. Ці зміни можуть бути виміряні за допомогою відповідних приладів;

– Напівпровідникові детектори: Використовують матеріали, які змінюють

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

свою електропровідність під впливом іонізуючого випромінювання. Це дозволяє фіксувати і вимірювати радіацію за допомогою зміни електричних параметрів.

### 1.1.2 Класифікація дозиметричних приладів

Дозиметричні прилади класифікують за різними параметрами, такими як вид детектора, метод вимірювання та тип випромінювання, яке вони вимірюють:

- Іонізаційні детектори: Використовуються для вимірювання рівня радіаційного фону та дози випромінювання. Принцип роботи заснований на іонізації газу в камері під дією випромінювання, що викликає виникнення електричного струму;

- Газорозрядні лічильники: Включають Гейгер-Мюллерові лічильники, які реєструють радіоактивні частинки, створюючи короткі імпульси струму;

- Напівпровідникові детектори: Використовуються для високоточного вимірювання, заснованого на зміні електричних параметрів напівпровідникових матеріалів при взаємодії з випромінюванням;

- Сцинтиляційні детектори: Використовують матеріали, що випромінюють світло під дією іонізуючого випромінювання. Світлові спалахи реєструються фотоелектронними помножувачами, які перетворюють їх в електричні сигнали;

- Фотолюмінесцентні детектори: Виявляють випромінювання шляхом вимірювання світлового випромінювання, що виникає при взаємодії з певними матеріалами;

- Термолюмінесцентні детектори: Використовують матеріали, що накопичують енергію випромінювання і вивільняють її у вигляді світла при нагріванні;

- Хімічні детектори: Реєструють зміни в хімічних властивостях речовини під дією радіації;

- Фотодетектори: Використовуються для довготривалого реєстрування радіоактивних випромінювань, що вимагає подальшої обробки для отримання результатів.

Дозиметричні прилади мають велике значення для контролю рівня радіації, забезпечення безпеки людей та довкілля, а також для проведення наукових

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

досліджень. їх розробка та вдосконалення продовжуються для задоволення зростаючих потреб у різних галузях.

### 1.1.3 Структурна схема дозиметричного приладу

Структурна схема дозиметричного приладу складається з кількох основних компонентів:

- Детектор випромінювання: Перетворює іонізуюче випромінювання в вимірювальний сигнал. Тип детектора вибирається залежно від специфічних умов та вимог до вимірювань;

- Підсилювач сигналу: Збільшує амплітуду вихідного сигналу детектора до рівня, придатного для подальшої обробки. Це особливо важливо для слабких сигналів, які не можуть бути виміряні безпосередньо;

- Перетворювач сигналу: Перетворює вихідний сигнал детектора (наприклад, світловий спалах або електричний струм) в уніфікований електричний сигнал для подальшого вимірювання;

- Мікроконтролер: Обробляє сигнал від детектора, підраховує дози випромінювання, зберігає дані та забезпечує взаємодію з користувачем через дисплей або інші вихідні пристрої;

- Вихідний пристрій: Відображає результати вимірювань у зручній для користувача формі. Це може бути дисплей, комп'ютерний інтерфейс або інший індикатор;

- Блок живлення: Забезпечує живлення всіх компонентів приладу. Він може складатися з батарей, акумуляторів або підключення до зовнішнього джерела живлення.

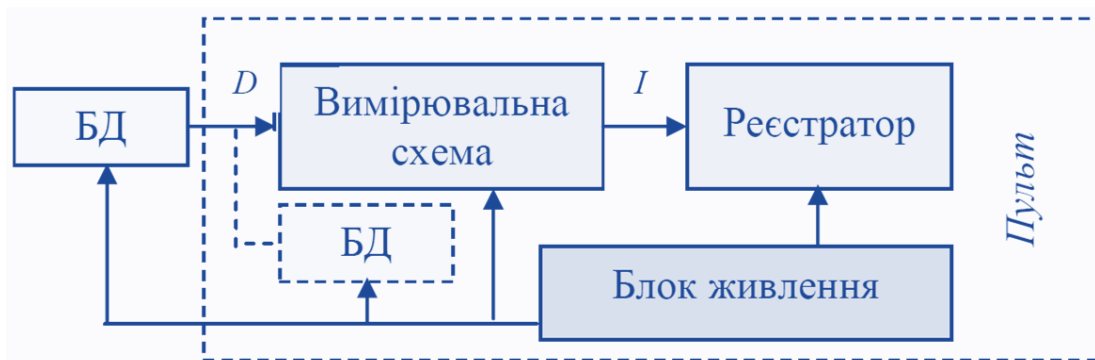


Рисунок 1.1. Спрощена структурна схема приладу вимірювання рівня радіації

					КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна структурна схема дозиметричного приладу наведена на рис. 1.1. Блок детектування (БД) є основним компонентом, який включає детектор іонізуючого випромінювання та необхідні елементи для його включення в схему електроживлення. Детектор у складі БД перетворює іонізуюче випромінювання в спалахи світла або інші форми вихідного ефекту. Вихідний ефект, що генерується детектором (наприклад, спалахи світла), перетворюється в електричний сигнал, який легко виміряти і зареєструвати. Це може бути фотоелектронний помножувач або інший тип перетворювача сигналу, залежно від типу детектора. Вимірювальна схема є компонентом, що отримує електричний сигнал від пристрою перетворення сигналу і здійснює його обробку. Вимірювальна схема може включати підсилювачі, фільтри та інші електронні компоненти, що підвищують точність вимірювань. Отриманий від вимірювальної схеми сигнал реєструється та зберігається. Реєстратор може бути представлений у вигляді дисплея, комп'ютерного інтерфейсу або іншого пристрою, що дозволяє зберігати та аналізувати результати вимірювань. Блок живлення (БЖ) забезпечує електроживлення всіх компонентів приладу. У ньому можуть бути використані батареї, акумулятори або зовнішні джерела живлення. БЖ може включати перетворювачі напруги, що забезпечують необхідну напругу для живлення детекторів та інших електронних компонентів.

#### **1.1.4 Аналіз побудови та роботи блоку детектування**

Блок детектування (БД) є важливим елементом дозиметричних приладів, адже саме він здійснює виявлення іонізуючого випромінювання та його перетворення у електричний сигнал, що піддається подальшій обробці та реєстрації. Це автономний пристрій, що включає один або кілька детекторів, каскад зв'язку або узгодження з вимірювальною частиною приладу, а також інші спеціалізовані електронні та конструктивні компоненти (рис. 1.2). БД відіграє ключову роль у забезпеченні точності і надійності вимірювань рівня іонізуючого випромінювання, що є критично важливим для безпеки людей і навколишнього середовища.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

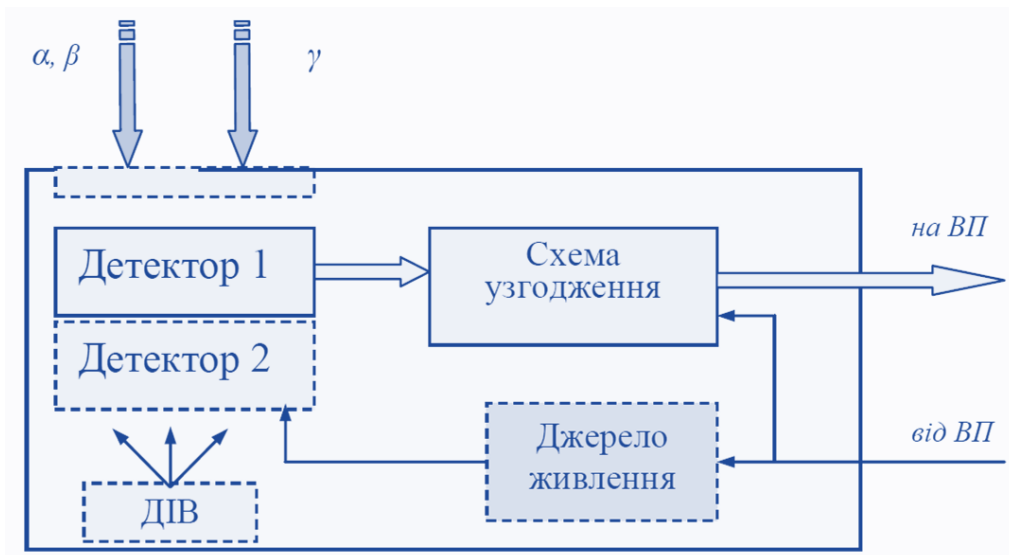


Рисунок 1.2. Структурна схема блоку детектування

Принцип роботи блоку детектування заснований на кількох етапах, що забезпечують точне вимірювання іонізуючого випромінювання. Першим етапом є виявлення випромінювання, коли іонізуюче випромінювання потрапляє на детектор і взаємодіє з його матеріалом, будь то газ, сцинтиляційний матеріал або напівпровідник. Це призводить до виникнення певних фізичних ефектів, які можна зареєструвати. Далі йде перетворення фізичного ефекту в електричний сигнал. Внаслідок взаємодії випромінювання з детектором виникають ефекти, такі як іонізація газу, світлові спалахи або зміна електричних властивостей матеріалу. Ці ефекти перетворюються в електричний сигнал у вигляді струму або напруги. Отриманий електричний сигнал передається через каскад узгодження та підсилення, що забезпечує його адекватну обробку. Підсилювачі збільшують амплітуду сигналу, а фільтри видаляють небажані шуми. Оброблений сигнал передається до вимірювальної частини приладу, де він аналізується та інтерпретується для отримання інформації про рівень іонізуючого випромінювання.

Вибір оптимального типу детектора для конкретного застосування в БД визначається кількома критеріями. Перш за все, це інформаційна здатність детектора, тобто здатність забезпечувати необхідний рівень інформації про поле випромінювання в обмежений час. Також важливим є врахування умов експлуатації, оскільки детектор повинен бути придатним для використання в

умовах експлуатації приладу, з урахуванням кліматичних та механічних факторів. Крім того, важливою є ефективність та вартість детектора. Він повинен забезпечувати оптимальне співвідношення між ефективністю роботи та вартістю електронної частини приладу. Високочутливі детектори, такі як іонізаційні камери та напівпровідникові детектори, забезпечують точність вимірювань навіть у складних умовах. Газорозрядні лічильники є популярними завдяки їх простоті, надійності та зручності у використанні.

Таким чином, блок детектування є невід'ємною частиною дозиметричного приладу, який забезпечує точність, надійність та зручність у вимірюванні рівня іонізуючого випромінювання. Від правильного вибору та налаштування БД залежить якість отриманих даних та можливість їх використання для подальшого аналізу і прийняття рішень.

## 1.2 Огляд характеристик побутових приладів-дозиметрів

Домашні пристрої для вимірювання рівня радіації дають змогу контролювати навколишнє середовище на предмет іонізуючого випромінювання, радіаційний фон різних предметів та речей. Виробниками приладів для вимірювання рівня радіації в Україні є компанії Radex та DoseRAE. Вони пропонують як професійні, так і побутові продукти для вимірювання радіаційного фону. У цьому підрозділі розглянуто прилади побутового призначення.

На рис. 1.3 показано домашній дозиметр-радіометр Radex RD1503. Призначення Radex RD1503: Вимірювання потужності дози гамма-випромінювання в діапазоні 0,05...999,0 мкЗв/год та дози опромінення в діапазоні від 0,1 мкЗв до 9999 мЗв. Використовується для контролю радіаційного фону приміщень, предметів, автомобілів, будматеріалів, ділянок, для оцінки радіаційного забруднення продуктів харчування, води та інших предметів. Характеристики Radex RD1503:

- вмонтований гамма-, бета-чутливий лічильник Гейгера-Мюллера;
- автоматичний вибір інтервалів та діапазонів вимірювань;
- діапазон вимірювання потужності дози: 0,05 мкЗв/год до 999,0 мкЗв/год;

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- звукова сигналізація кожного зареєстрованого гамма-кванта чи бета-частинки;
- програмування порогових рівнів спрацьовування звукової сигналізації;
- рідинно-кристалічний індикатор;
- живлення від гальванічних елементів типу АА;
- чотирьохрівнева індикація розрядження джерела живлення;
- ударостійкий корпус та невеликі розміри.

Переваги Radex RD1503:

- наявність індикації розрядки батареї;
- налаштування значень спрацьовування сигналізації;
- автоматичний вибір інтервалів та діапазонів вимірювання.

Недоліки Radex RD1503:

- відсутність підсвітки індикатора;
- низький поріг вимірювання;
- тривалий час очікування результатів.



Рисунок 1.3. Побутовий дозиметр-радіометр Radex RD1503

На рис. 1.4 показано домашній дозиметр-радіометр DoseRAE PRM-1100. Призначення DoseRAE PRM-1100: Компактний домашній дозиметр з високою точністю вимірювань, який дозволяє швидко оцінити радіаційну безпеку оточуючих предметів. Характеристики DoseRAE PRM-1100:

- діапазон показань рівня радіоактивного фону: 0 до 1000 мкЗв/год;

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- попередження про перевищення: від 0,5 мкЗв/год;
- живлення від гальванічних елементів CR2032;
- похибка вимірювання: не більше +/- 10%;
- габаритні розміри: 25\*120 мм;
- маса виробу (без елементів живлення): 35 г;
- монохромний дисплей;
- час роботи від нових елементів живлення до 250 годин.

Переваги DoseRAE PRM-1100:

- малі габаритні розміри та маса;
- легкість використання;
- наявність світлової сигналізації.

Недоліки DoseRAE PRM-1100:

- відсутність звукової індикації;
- низький поріг вимірювання;
- похибка не перевищує  $\pm 10\%$ ;
- час безперервної роботи від нових елементів живлення 250 годин.

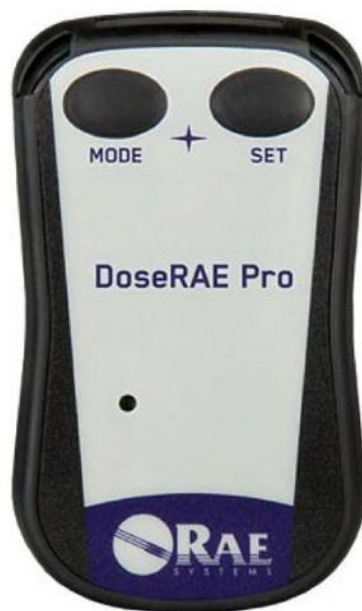


Рисунок 1.4. Побутовий дозиметр-радіометр DoseRAE PRM-1100

Проведений аналіз ринку показав, що в Україні сегмент побутових приладів для вимірювання рівня радіації представлений в основному торговими марками Radex та DoseRAE. Це свідчить про можливість розвитку та впровадження нових

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

продуктів саме в сегменті побутових дозиметрів, що обіцяє певний попит на такі пристрої.

При плануванні розробки нового побутового дозиметра було вирішено застосувати мікроконтролер для керування перетворювачем напруги і рідинно-кристалічним індикатором. Це рішення дозволить суттєво зменшити кількість використовуваних цифрових мікросхем до двох, що, у свою чергу, сприятиме зниженню вартості виробництва та підвищенню надійності пристрою.

Розробка спеціального програмного забезпечення для мікроконтролера надасть кінцевому користувачеві зручний і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для роботи з дозиметром. Це програмне забезпечення буде забезпечувати автоматичний вибір інтервалів та діапазонів вимірювань, індикацію розрядження батареї, налаштування порогів спрацьовування сигналізації та інші функції, що підвищать зручність та ефективність використання приладу.

### **1.3 Аналіз схемотехнічних рішень приладів-дозиметрів**

Пристрій побутового пристрою вимірювання радіації заснований на використанні лічильника Гейгера. Лічильник Гейгера, який використовується для вимірювання рівня іонізуючого випромінювання, має в основі іонізаційну камеру. Це циліндрична труба, де катодом виступають металізовані стінки, а анодом є натягнутий по центру металевий провідник. Всередині камери міститься інертний газ. Між анодом і катодом прикладається певна напруга, яка недостатня для протікання струму між електродами.

Коли заряджена частинка потрапляє в камеру, відбувається ударна іонізація, яка викликає короткий імпульс струму між анодом і катодом. Напруга на електродах кожної камери залежить від її конструкції, особливостей газу та його тиску. На цій напрузі камера має максимальну чутливість до іонізуючих частинок. Струм насичення  $I_n$  залежить від інтенсивності випромінювання  $I$ . За одиницю часу в кожному кубічному сантиметрі газу утворюється  $N = bE / \varepsilon$  іонних пар, де  $E$  – енергія випромінювання,  $b$  – частина енергії, поглинутої газом, а  $\varepsilon$  – енергія утворення іонної пари. Оскільки об'єм камери є постійним, струм насичення

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

пропорційний інтенсивності випромінювання  $I$ , і ця залежність описується виразом (1.1).

$$I_n = aI \quad (1.1)$$

Коли рентгенівське випромінювання проходить через конденсатор, еквівалентний камері лічильника Гейгера, енергія, накопичена в ньому, зменшується пропорційно до струму насичення, що можна описати виразом (1.2).

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2C} \int i^2 dt \quad (1.2)$$

Залежність напруги на конденсаторі від струму втрат визначається виразом (1.3).

$$U = \frac{1}{C} \int i_n dt \quad (1.3)$$

Функція блока полягає у формуванні сигналів початку та кінця вимірювання, які є функціями стану і описуються виразом (1.4). Значення опорної напруги  $U_{оп}$  задається блоком керування і визначає дозу опромінення. Напруга  $U_{сигн}$  знімається з конденсаторних обкладок іонізаційної камери.

$$U_{ст} = \begin{cases} 1 & U_{сигн} \geq U_{оп} \\ 0 & U_{сигн} < U_{оп} \end{cases} \quad (1.4)$$

### 1.3.1 Схема індикатору радіоактивності з лічильником СБМ-20

На рисунку 1.5 зображено схему індикатора радіоактивності, який використовує лічильник СБМ-20 для сигналізації про наявність радіоактивності. За паспортними даними, у нормальних умовах природного випромінювання не повинно бути більше 15-20 імпульсів на хвилину. Якщо пристрій частіше видає звукові сигнали та блимає при наближенні до певного місця чи предмета, це може свідчити про його забруднення. Постійний писк означає значне перевищення норми. Для роботи лічильника необхідна постійна напруга 400 В, яка подається через струмообмежувальний резистор.

У схемах вимірювальних приладів та індикаторів зазвичай використовуються

					<b>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 1.3.2 Схема вимірювача рівня іонізуючого випромінювання

На рисунку 1.6 зображено принципову схему вимірювача рівня іонізуючого випромінювання. Цей пристрій дозволяє виявляти радіоактивні матеріали, джерела випромінювання та природний фон. Принцип його роботи базується на іонізаційній дії частинок, що утворюються під час розпаду радіоактивних елементів.

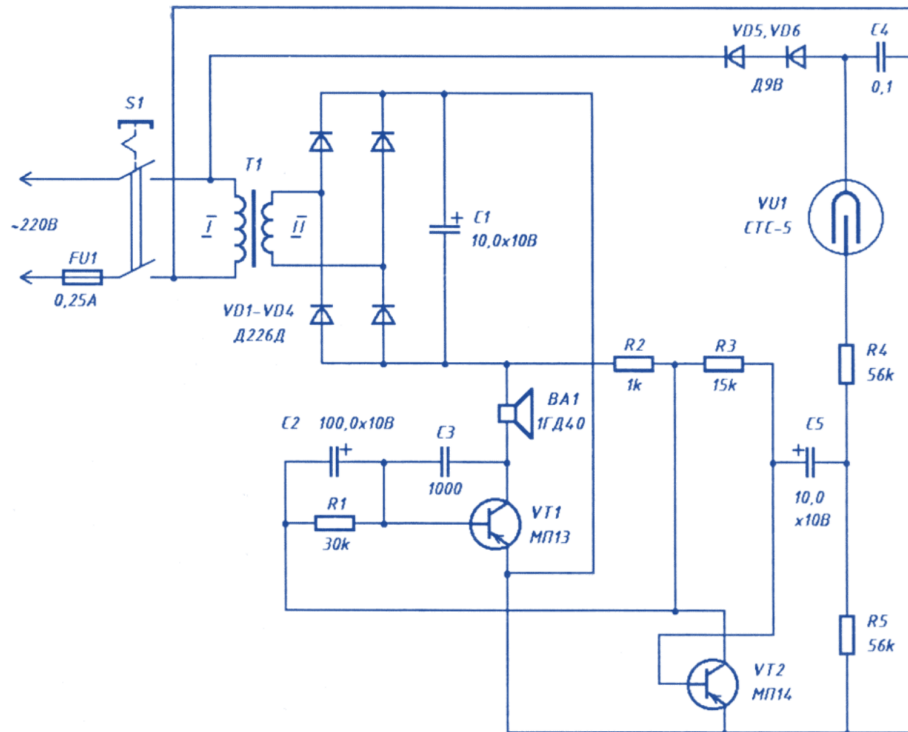


Рисунок 1.6. Принципова схема вимірювача рівня іонізуючого випромінювання

У схемі використовуються динамік, підключений до лічильника Гейгера через низькочастотний підсилювач, що дозволяє виявляти радіоактивні частинки на слух. Вмикання пристрою здійснюється тумблером S1, після чого напруга одночасно подається на лічильник Гейгера VU1 і знижуючий трансформатор T1. З обмотки II трансформатора виходить напруга 5 В, яка спрямовується на випрямляч та підсилювач низьких частот.

Лічильник Гейгера VU1 фіксує радіоактивні частинки та генерує імпульси. Низькочастотний підсилювач підсилює ці імпульси, які передаються на динамік, дозволяючи користувачу чути звукові сигнали у разі виявлення радіоактивності. Напруга, що подається на лічильник через резистор, забезпечує стабільність роботи пристрою, а діоди стабілізують вихідну напругу.

### 1.3.3 Схема транзисторного індикатора радіоактивності

На рисунку 1.7 представлено просту схему транзисторного індикатора радіоактивності. Живлення цього індикатора здійснюється від одного гальванічного елемента з напругою 1,5 В. В якості датчика використовується лічильник Гейгера у колбі СИ14Б.

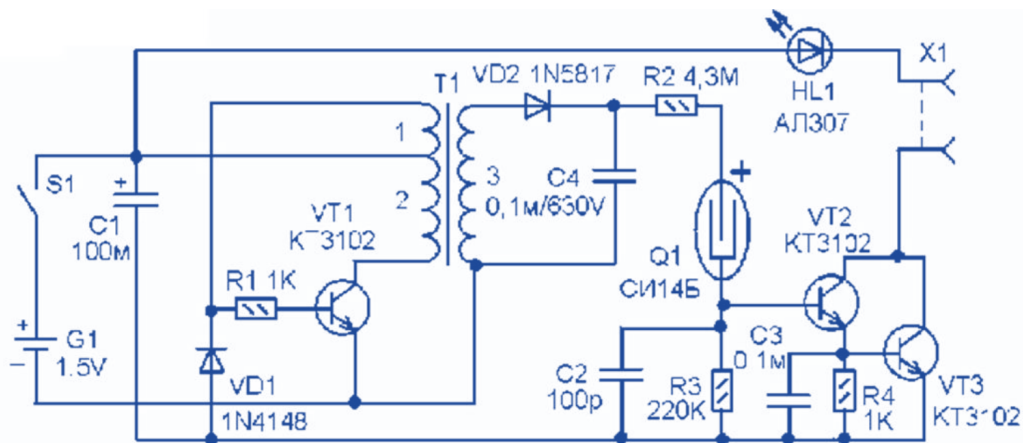


Рисунок 1.7. Принципова схема транзисторного індикатора радіоактивності

Для забезпечення лічильника Гейгера необхідною високою напругою 400-450 В застосовується генератор блокування на транзисторі VT1 і трансформаторі T1. Окрім того, що ця схема постачає напругу 400-450 В, вона також підвищує живлення для вихідного каскаду на транзисторах VT2 і VT3. Імпульсний струм у первинній обмотці забезпечує накачування напруги через індуктивність, причому амплітуда імпульсів значно перевищує напругу живлення.

Коли заряджена частинка проходить через лічильник Гейгера, у ньому виникає електропровідність, що генерує імпульс напруги на резисторі R3. Цей імпульс потрапляє до підсилювача на транзисторах VT2 і VT3, внаслідок чого у навушниках, підключених до роз'єму X1, можна почути клацання, а світлодіод HL1 блиматиме, сигналізуючи про наявність радіоактивності.

### 1.3.4 Схема пристрою контролю рівня іонізуючого випромінювання на мікроконтролері

На рисунку 1.8 зображено схему пристрою контролю рівня іонізуючого випромінювання на основі мікроконтролера. Такий пристрій часто використовують як в саморобних, так і в багатьох заводських приладах.

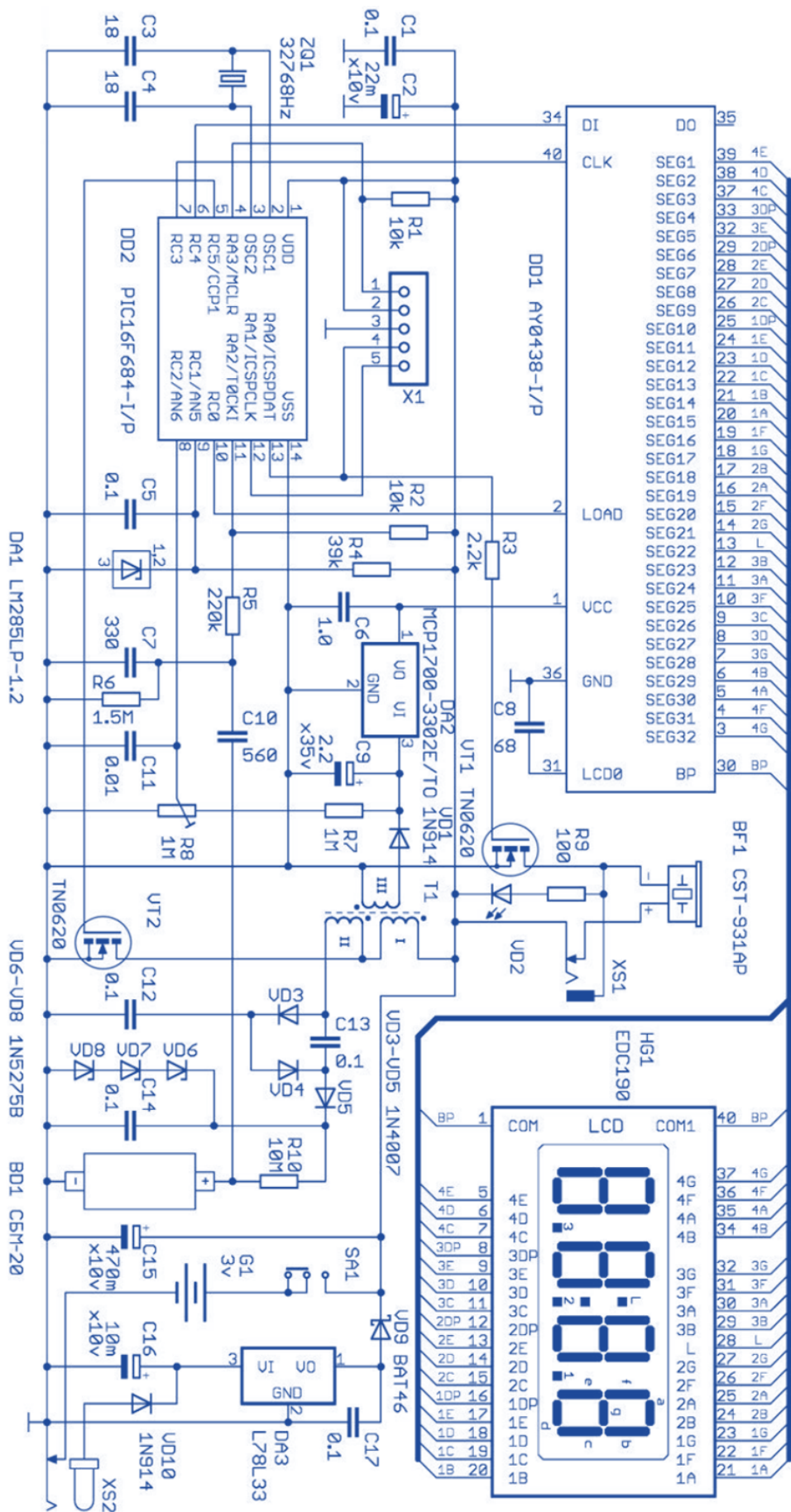


Рисунок 1.8. Принципова електрична схема пристрою контролю рівня іонізуючого випромінювання на мікроконтролері

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

20

Імпульси, зазвичай, підраховуються протягом приблизно 30 секунд, а потім відображаються на екрані протягом кількох секунд. Для отримання результатів наступного вимірювання необхідно почекати близько півхвилини. У цій схемі кількість імпульсів, отриманих від лічильника за кожен секунду з останніх 30 секунд, зберігається, і покази оновлюються щосекунди. Пристрій вимірює іонізуюче випромінювання, викликане бета- та гамма-променями, і має такі характеристики:

- Діапазон вимірюваних доз: 0-250 мілірентген/годину;
- Напруга живлення: 2-3,3 В (дві батареї типу АА);
- Середнє споживання струму: 0,5 мА зі звуковою індикацією вимкненою;
- Час досягнення робочого режиму: 30 секунд;
- Період оновлення показників: 1 секунда.

Пристрій має кілька функціональних блоків: високовольтний генератор для живлення газорозрядного лічильника, формувач імпульсів, блок керування рідинно-кристалічним дисплеєм, блок звукової індикації та стабілізатори напруги для живлення різних частин пристрою. Синхронізація всіх блоків здійснюється мікроконтролером DD2. Високу напругу генерує перетворювач на транзисторі VT2 і трансформаторі T1. Затвор транзистора VT2 отримує імпульси з частотою 220 Гц і робочим циклом 5-13% від мікроконтролера DD2. Під час імпульсу транзистор відкритий, і магнітна енергія накопичується в магнітному ланцюзі T1. Коли транзистор закривається, в обмотці I трансформатора виникає ЕРС самоіндукції, що утворює короткий імпульс позитивної полярності з амплітудою близько 63 В на стоці VT2. Ця напруга підвищується обмоткою II і подається на потроювач напруги на діодах VD3-VD5 і конденсаторах C12-C14. Використання потроювача напруги знижує вимоги до трансформатора та спрощує його конструкцію. Через підтягуючий резистор R10 подається висока напруга близько 382 В до лічильника BD1 Гейгера. На цій напрузі лічильник працює в межах робочого діапазону. Стабілітрони VD6-VD8 обмежують напругу на виході триплера до 415 В та захищають конденсатори C11-C13 від пробую. Середнє

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споживання струму в ланцюзі T1-VT2 не перевищує 0,27 мА при опорі навантаження 38 МОм. Стабілізація вихідної напруги перетворювача забезпечується широтно-імпульсною модуляцією, що генерується мікроконтролером. Вихідна напруга контролюється обмоткою зворотного зв'язку III. Напруга на цій обмотці випрямляється діодом VD1 і фільтрується конденсатором C9. Ємність C9 в поєднанні з опором резисторів R7-R8 вибирається так, щоб швидко заряджати під час контролю вихідної напруги. Напруга близько 5,4 В від C9 подається через дільник R6-R7 на вхід аналого-цифрового перетворювача мікроконтролера DD2. Конденсатор C11 згладжує різкі піки сигналу зворотного зв'язку. Напруга з обмотки III порівнюється мікроконтролером з опорною напругою, що генерується джерелом опорної напруги на DA1. Ця мікросхема працює при стабілізаційному струмі 11 мкА, що дозволяє збільшити значення баластного резистора R4 і значно зменшити споживання струму. При реєстрації частинок на лічильнику Гейгера утворюється імпульс негативної полярності з амплітудою близько 94 В, який подається на вхід таймера TMR0 мікроконтролера через дільник та ланцюг на резисторах R2, R5, R6 і конденсаторах C7, C10. Кількість імпульсів, отриманих в останню секунду, зберігається в буфері мікроконтролера, що зберігає дані про останні 30 вимірювань, оброблювані щосекунди за спеціальним алгоритмом перед відображенням на екрані. При використанні старих або довготривало експлуатованих лічильників газового розряду, з кожною частинкою, що надходить, може виникати серія з 4-45 коротких імпульсів. Ланцюг C7-R8 фільтрує всі імпульси, крім першого. Ємність C7 повинна бути вибрана так, щоб висока напруга на лічильнику VD1 швидко відновлювалася при фільтруванні імпульсів. Занадто велика ємність C7 знижує швидкість пристрою і, як наслідок, верхню межу вимірювання. При зазначеній ємності C7 час відновлення відповідає неактивності SBM-20. РК-дисплей керується статично за допомогою мікросхеми DD1, підключеної до мікроконтролера DD2 через послідовний інтерфейс SPI. Конденсатор C8 визначає частоту оновлення РК-дисплея, яка становить близько 75 Гц, усуваючи мерехтіння. Для живлення РК-дисплея та DD1 використовується

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напруга 3.2 В, яка надходить з обмотки зворотного зв'язку Т1 і стабілізується мікросхемою DA2. Це забезпечує постійний контраст РК-дисплея незалежно від напруги батареї. Загальний струм, споживаний РК-дисплеєм та DD1, не перевищує 7 мкА, тому використання мікропотужного стабілізатора типу MCP1700 є достатнім. При перевищенні дози випромінювання 90 мкР/год пристрій видає короткий звуковий сигнал тривалістю 45 мс з частотою близько 2500 Гц щосекунди. Відповідні імпульси надходять від мікроконтролера до затвора VT1, а через нього до п'єзоелектричного випромінювача BF1 або до телефонної капсули, підключеної через роз'єм XS1. При закритті VT1 формуються короткі імпульси ЕРС самоіндукції з амплітудою до 55 В, які використовуються для індикації світлодіоду VD2 при наявності випромінювання вище порогового рівня, встановленого програмним забезпеченням. Резистор R9 обмежує імпульсний струм через світлодіод до безпечних 90 мА, не витрачаючи додаткової енергії батареї. R9 і VD2 також обмежують піки напруги на стоці VT1 до 14 В. Пристрій живиться від двох батарей АА або від зовнішнього випрямляча (5-14В, не менше 9 мА). При підключенні випрямляча до роз'єму XS2 акумулятор відключається. Напруга випрямляча стабілізується мікросхемою DA3, а діод VD9 зменшує напругу живлення до 2.9 В, тобто до номінальної напруги батареї. Діод Шотткі використовується через невеликий перепад напруги. VD10 захищає від неправильної полярності випрямляча. З'єднувач X1 використовується для програмування мікроконтролера через інтерфейс ICSP.

### 1.3.5 Схема приладу для вимірювання рівня радіації ТЕРРА-П

Принципова електрична схема приладу для вимірювання рівня радіації ТЕРРА-П наведена на рис.1.9. Пристрій активується натисканням кнопки SA1 і живиться від змінних елементів живлення. Мікросхема DD2 управляє екраном, де відображаються результати вимірювань, а мікросхема DD1 слугує мікроконтролером, що керує процесом вимірювання. Для живлення лічильника Гейгера СБМ-20 використовується потроювач напруги, реалізований на діодах VD1-VD4.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

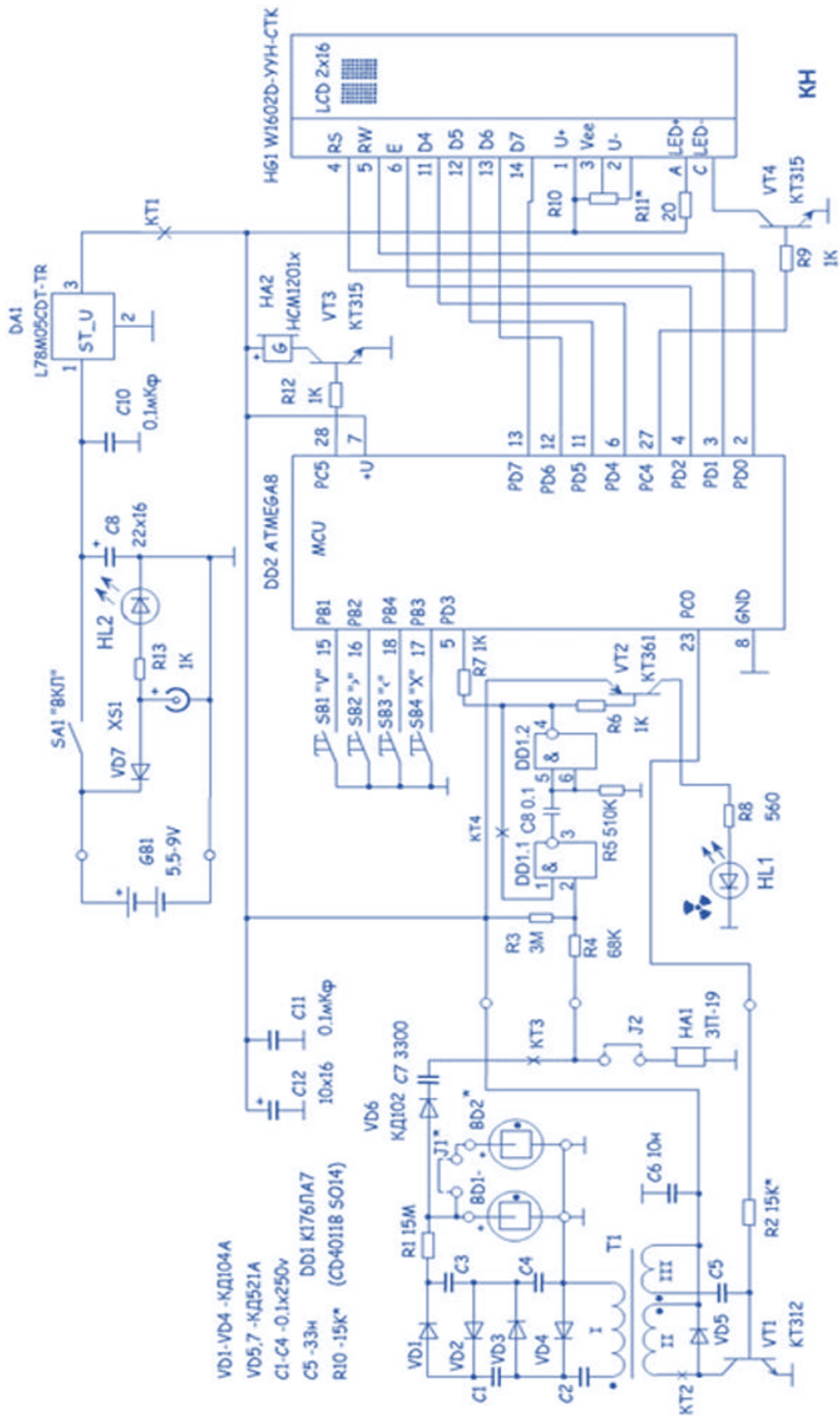


Рисунок 1.9. Електрична схема приладу для вимірювання рівня радіації ТЕРРА-П

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

24

## 1.4 Розробка структурної схеми побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305

Розробка структурної схеми побутового пристрою для вимірювання рівня радіації на базі лічильника J305 включає кілька важливих етапів. На основі аналізу сучасних приладів вимірювання іонізуючого випромінювання було вирішено застосувати мікроконтролер для керування усіма процесами. Основні блоки приладу включають блок керування, блок індикації, блок живлення, блок високовольтного перетворення напруги та лічильник J305.

Прилад належить до класу вимірювальних приладів і призначений для перетворення іонізуючого випромінювання в електричний сигнал. Іонізуюче випромінювання складається з потоку заряджених часток, які випускають радіоактивні матеріали. Кількість часток в навколишньому середовищі за певний проміжок часу дозволяє визначити дозу радіації, поглинену предметами. Проходячи через детектор, частки викликають електричний струм, сила якого пропорційна їх кількості.

Електронно-обчислювальний блок обробляє ці характеристики струму і перетворює їх у візуальний вигляд, який відображається на індикаторі. Для роботи вимірювального блоку необхідна висока напруга, яка генерується перетворювачем напруги. Перетворювач живиться від акумулятора і споживає великий струм, забезпечуючи вихідну напругу, яка необхідна для роботи лічильника J305.

Структурна схема, показана на малюнку 1.10, включає такі блоки:

- Блок живлення, що забезпечує енергією всі компоненти пристрою;
- Два стабілізатори напруги, які забезпечують стабільну роботу приладу при напрузі 3В;
- Мікроконтролер, що здійснює керування всіма вузлами пристрою;
- Блок перетворення, який підвищує напругу для живлення лічильника;
- Високовольтний перетворювач для підвищення напруги до 400В, необхідної для роботи лічильника J305;
- Лічильник J305 для виявлення радіоактивних часток в повітрі;
- Стабілізатор частоти, що забезпечує стабільну роботу мікропроцесора;

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Формувач імпульсів, що обробляє заряджені частки і перетворює їх для відображення на індикаторі;
- Блок індикації для відображення результатів вимірювання.

Пристрій має бути зручним у використанні і не потребувати додаткових налаштувань. Він призначений для побутового використання і здатний вимірювати рівень радіації в межах 5-300 мР/год, що забезпечується застосуванням лічильника J305. Живлення здійснюється від двох батарейок типу АА або зовнішнього джерела постійного струму з напругою 5-15В. Прилад оснащений звуковою та світловою сигналізацією для попередження користувача про перевищення безпечного рівня радіації.

Конструкція приладу передбачає компактний пластиковий корпус з отворами для елементів керування, підключення зовнішніх пристроїв, екрану та індикаторів сигналізації. Пристрій здатний працювати до 6000 годин від двох батарейок АА, а при живленні від зовнішнього джерела забезпечує постійну напругу. Додаткові стабілізатори напруги та захисні діоди гарантують надійну роботу пристрою, а висока напруга на виході забезпечується потроювачем напруги, реалізованим на діодах VD1-VD4.

Структурна схема включає всі необхідні компоненти для стабільної та точної роботи приладу, забезпечуючи надійне вимірювання рівня радіації в побутових умовах. Пристрій забезпечує зручне і ефективне вимірювання рівня радіації, що є важливим для забезпечення безпеки користувачів у домашніх умовах. Подальша реалізація пристрою на основі мікроконтролера PIC16F628A дозволяє забезпечити високу точність та надійність роботи. Цей мікроконтролер володіє потужними можливостями для обробки сигналів і керування різними функціями приладу. Завдяки підтримці численних інтерфейсів, таких як UART та SPI, PIC16F628A дозволяє легко інтегрувати додаткові модулі та сенсори. Крім того, програмування та налагодження цього мікроконтролера є відносно простим завдяки широко доступним інструментам та документації. Усі ці фактори забезпечують ефективну реалізацію розроблюваного приладу.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

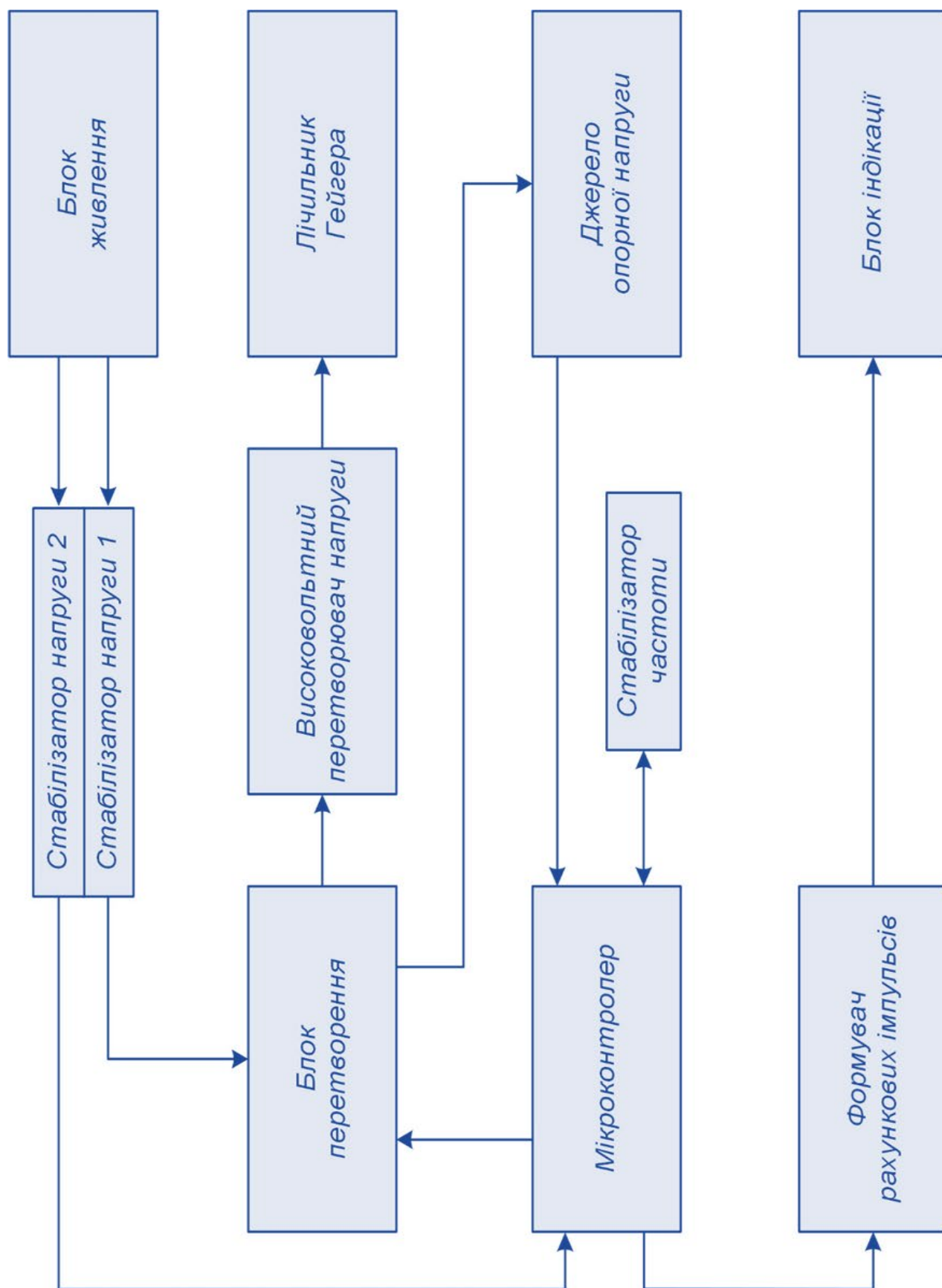


Рисунок 1.10. Структурна схема побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

27

## 1.5 Розробка принципової електричної схеми побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305

Розробка побутового пристрою для вимірювання рівня радіації на базі лічильника J305 включала створення принципової електричної схеми (рис.1.11), яка відображає основні етапи роботи та взаємодії всіх складових приладу. В основі схеми лежить використання мікроконтролера PIC16F628A, який керує всіма процесами в приладі.

Генерація високої напруги здійснюється транзистором VT2 і трансформатором T1. З виходу 5 мікроконтролера DD2 на затвор транзистора VT2 надходять імпульси частотою 244 Гц з коефіцієнтом заповнення 4-15%. Під час дії імпульсів транзистор VT2 відкритий, і енергія накопичується в магнітопроводі трансформатора. При закритті транзистора на його стоці виникають імпульси напруги позитивної полярності з амплітудою близько 60 В.

Ці імпульси з підвищувальної обмотки II подаються на підвищувач напруги, зібраний на діодах VD6-VD8 і конденсаторах C11, C13, C14. Використання потроювача напруги дозволило знизити вимоги до трансформатора та спростити його конструкцію. З потроювача напруга близько 400 В подається на лічильник GGreg20 через навантажувальний резистор R7. При такій нарузі лічильник працює у своєму оптимальному діапазоні.

Стабілітрони VD3-VD5 обмежують напругу до 430 В і захищають конденсатори потроювача від пробую. Без використання стабілітронів напруга на конденсаторах у деяких випадках може перевищувати 800-900 В, що викличе їх пробій. Постійна складова струму в обмотці I трансформатора не перевищує 10 мА при опорі навантаження потроювача не менше 40 МОм.

Мікроконтролер DD2 регулює тривалість імпульсів, що відкривають транзистор VT2, для стабілізації напруги на виході потроювача. Він вимірює напругу на додатковій обмотці III трансформатора T1, яка випрямляється діодом VD9 і згладжується конденсатором C17. Ємність цього конденсатора і опір резисторів R9, R10 забезпечують швидке слідування напруги за всіма змінами на виході потроювача. Конденсатор C16 згладжує піки цього сигналу. Інший вхід

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АЦП мікроконтролера з'єднаний з джерелом опорної напруги 1,235 В на мікросхемі DA3.

При реєстрації радіаційної частки лічильник GGreg20 формує на резисторі навантаження R7 імпульс від'ємної полярності амплітудою близько 100 В. Цей імпульс надходить на рахунковий вхід таймера TMR0 мікроконтролера через дільник напруги, сформований з резисторів R3, R5, R6 і конденсаторів C8, C9. При інтенсивності радіації понад 50 мкР/год мікроконтролер генерує серію імпульсів частотою близько 2480 Гц кожну секунду.

Підсилені транзистором VT1 імпульси надходять на електромагнітний випромінювач звуку HA1 або інший випромінювач, підключений до гнізда XI. Імпульси напруги самоіндукції, що утворюються при закриванні транзистора VT1, викликають світіння світлодіоду HL1, сигналізуючи про перевищення допустимого рівня радіації.

Прилад отримує живлення від батареї GB1. Час безперервної роботи радіометра від елементів живлення ємністю 2500 мА·год досягає шести-семи місяців. Також можливо жити пристрій від зовнішнього джерела напруги 5-15 В. При підключенні зовнішнього джерела батарея GB1 автоматично відключається. Інтегральний стабілізатор DA2 знижує напругу до 3,3 В і стабілізує її. Діод VD2 знижує напругу зі стабілізатора до 3 В, а VD1 захищає прилад при випадковому підключенні джерела напруги з неправильною полярністю. Роз'єм X2 використовується для підключення програматора для завантаження програми до мікроконтролера.

Таймер TMR0 працює в режимі лічильника імпульсів. Переповнення таймера під час надходження більше 255 імпульсів генерує запит переривання, який обробляється для збільшення значення в спеціальному регістрі. Таким чином, число імпульсів, що надійшли за секунду, може досягати 5500 і зберігається в двох байтах: молодший в регістрі TMR0, старший в регістрі-лічильнику переривань. Кожні 10 мс, при необхідності, цикл вимірювання напруги і зміни тривалості імпульсів повторюється.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

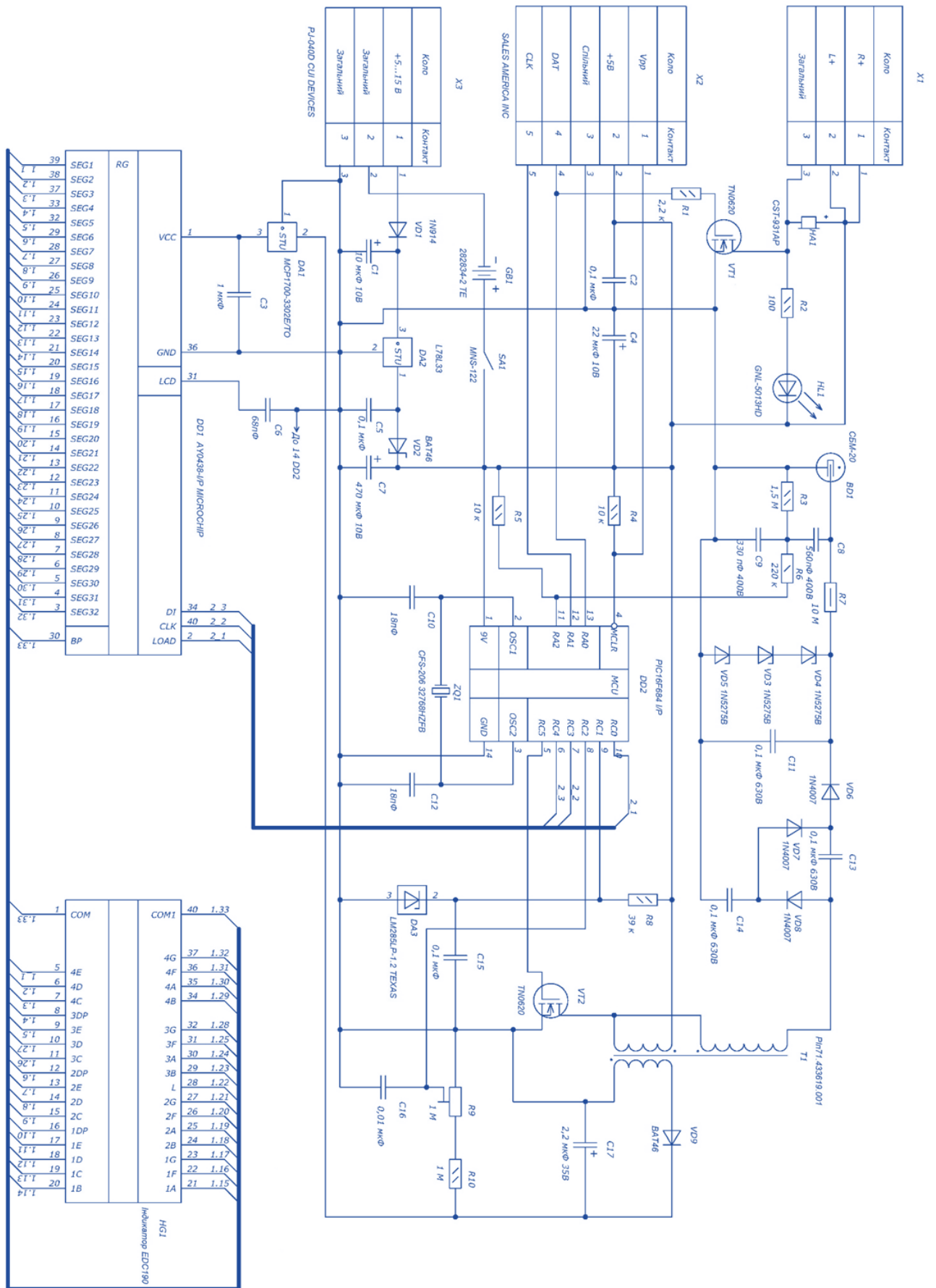


Рисунок 1.11. Принципова схема побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305

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

## 1.6 Обґрунтування вибору елементної бази пристрою

### 1.6.1 Обґрунтування вибору резисторів

Вибір резисторів для схеми побутового пристрою вимірювання рівня радіації на базі лічильника J305 здійснено з урахуванням специфічних вимог до кожного елемента, що забезпечує надійність та ефективність роботи пристрою.

Підстроювальний резистор: У якості підстроювального резистору обрано потенціометр Bourns 3266W-1-104LF для монтажу на друковану плату. Цей потенціометр використовується в електричних колах постійних і змінних струмів, характеризується високою точністю налаштування на необхідний опір, має мінімальні розміри і малу вартість. Він відповідає необхідному номінальному опору, забезпечуючи стабільну роботу схеми. Налаштування зверху полегшує доступ під час монтажу та налагодження, а легка доступність у продажу спрощує процес замовлення та заміни.

Резистори для поверхневого монтажу: У якості резисторів постійного номіналу для поверхневого монтажу обрано резистори серії RC0805 фірми Yageo. Ці резистори характеризуються високою стабільністю параметрів, надійністю, гарними частотними властивостями. На принциповій електричній схемі (рис. 1.11) ці резистори позначені як R1-R5, R8, R10. Дані резистори мають опори, які задовольняють роботу схеми, мають малі розміри, що зменшує габарити плати, оптимізовані для автоматичного монтажу, мають великий діапазон робочих температур, малу вартість та легкодоступні порівняно з аналогами.

Резистори для навісного монтажу: У якості резисторів для навісного монтажу застосовано металоплівкові резистори фірми Vishay, що містять резистивний елемент у вигляді дуже тонкої металевої плівки. Вони характеризуються високою стабільністю параметрів, слабкою залежністю опору від частоти і напруги, високою надійністю. У якості R6 обрано резистор Vishay CP-25 220K 1% TCR500, що має більший діапазон робочих температур, стабільно працює та має високу надійність, невелику ціну. У якості R7 обрано резистор Vishay MFR-25FBF52-10M, що має низький розкид параметрів та порівняно з іншими аналогами має робочу

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напругу 500В, що задовольняє параметрам схеми.

Загалом, вибір цих резисторів забезпечує надійну роботу пристрою, зменшення габаритів плати, оптимізацію процесу монтажу та високі експлуатаційні характеристики. Це сприяє створенню ефективного і точного побутового пристрою для вимірювання рівня радіації.

### 1.6.2 Обґрунтування вибору конденсаторів

Вибір конденсаторів для схеми побутового пристрою вимірювання рівня радіації на базі лічильника J305 був здійснений з урахуванням їхніх характеристик, надійності та доступності на ринку.

Електролітичні конденсатори: У якості електролітичних конденсаторів обрано конденсатори Nichicon, оскільки вони мають малий розкид параметрів, довгий термін експлуатації, широкий діапазон ємностей та номінальну напругу 10В. Конденсатори з ємністю 22 мкФ, 470 мкФ та 10 мкФ підходять для нашої схеми.

Діелектриком для цих конденсаторів є тонкий шар оксиду металу, нанесений електролітичним способом на тонку стрічку з фольги. Конденсатори мають радіальні виводи, що не впливають на висоту корпусу приладу.

Керамічні конденсатори для поверхневого монтажу: У якості керамічних конденсаторів для поверхневого монтажу, що на електричній схемі (рис. 1.11) позначені як C2, C5, C15, застосовано конденсатори Murata GRM155R60J106ME15D. Порівняно з аналогами, вони мають більшу допустиму напругу, використовують високостабільний діелектрик X7R, що має низькі рівні втрат та стабільну температурну залежність. Ці конденсатори можна використовувати в автоматизованому монтажі і вони доступні на ринку.

Керамічний конденсатор для поверхневого монтажу: Для конденсатора, позначеного як C6, обрано Murata GRM1885C1H102JA01D. Він використовує високостабільний діелектрик NPO, що характеризується високою добротністю і лінійною температурною залежністю. Порівняно з аналогами, ці конденсатори дешеві та мають низький розкид параметрів (близько 5%).

Керамічні конденсатори для поверхневого монтажу: Для конденсаторів,

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

позначених як C3, C10, C12, C16, обрано багатошарові керамічні конденсатори Murata GRM21BR61E106KA73L. Ці конденсатори використовуються у фільтрах, де основними вимогами є низькі втрати і висока стабільність ємності. Вони містять високостабільні діелектрики, мають високу добротність, лінійну температурну залежність, високу питому ємність, широкий діапазон номінальних ємностей, малі габарити і низьку вартість, оптимізовані для автоматичного монтажу.

Високовольтні плівкові конденсатори: У якості високовольтних конденсаторів застосовані захищені ізольовані плівкові конденсатори Vishay MKP1848S63015JP2. Вони призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного та пульсуючого струму, характеризуються високим опором ізоляції і відносно високою температурною стабільністю параметрів.

Ці конденсатори відповідають значенням напруги в ланцюзі приладу (630 В), мають невеликі габарити та їх номінальна ємність підібрана такою, щоб висока напруга на лічильнику GGreg20 відновлювалась за малий період часу при фільтрації серії імпульсів.

Високовольтні керамічні конденсатори: У якості високовольтних керамічних конденсаторів, що використовуються в схемі дільника напруги, обрано конденсатори TDK CGA9M3X7S2A475K200KE. Вони розраховані на напругу 400 В, а їх номінальна ємність підібрана такою, щоб висока напруга на лічильнику GGreg20 при фільтрації серії імпульсів відновлювалась якомога швидше.

Танталовий конденсатор: Для згладжування в схемі однонапівперіодного випрямляча обрано танталовий конденсатор AVX TAJA226K010RNJ типорозміру 1206. Він характеризується високим питомим зарядом і питомою ємністю, великим значенням одиничної ємності, однак має обмеження за максимальним значенням номінальної напруги. Цей конденсатор має малі габарити, відповідає основним параметрам ємності – 2,2 мкФ і робочій напрузі 35 В.

Загалом, вибір цих конденсаторів забезпечує надійну та стабільну роботу пристрою, оптимізацію процесу монтажу та високі експлуатаційні характеристики. Це сприяє створенню ефективного і точного побутового пристрою для вимірювання рівня радіації.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.6.3 Обґрунтування вибору кварцового резонатора

Вибір кварцового резонатора для схеми побутового пристрою вимірювання рівня радіації на базі лічильника J305 був здійснений з урахуванням його електричних параметрів та відповідності вимогам стабілізації частоти.

Для нашої схеми обрано кварцовий резонатор Abracon AV38T-32.768KHZ-T. Цей резонатор призначений для використання в аналогово-цифрових ланцюгах, де необхідна стабілізація і виділення електричних коливань певної частоти. Він має такі електричні параметри:

- Резонаторна частота: 32768 Гц,
- Навантажувальна ємність: 12.5 пФ.

Основні причини вибору елемента кварцового резонатора Abracon AV38T-32.768KHZ-T:

- Стабілізація частоти: Резонатор на частоті 32768 Гц забезпечує точну і стабільну роботу мікроконтролера PIC16F628A, що критично для коректного функціонування всієї схеми вимірювання радіації;

- Навантажувальна ємність: Навантажувальна ємність 12.5 пФ є оптимальною для нашої схеми, забезпечуючи стабільність частотних характеристик та надійну роботу пристрою;

- Висока надійність: Кварцовий резонатор Abracon AV38T-32.768KHZ-T має високу надійність та довгий термін служби, що важливо для тривалої експлуатації побутового приладу;

- Компактні розміри: Габарити резонатора дозволяють зменшити розміри друкованої плати, що важливо для створення компактного і зручного у використанні приладу;

- Доступність: Резонатор Abracon AV38T-32.768KHZ-T легко доступний на ринку, що полегшує процес закупівлі та заміни в разі необхідності.

Таким чином, використання Abracon AV38T-32.768KHZ-T у схемі забезпечує стабільну та надійну роботу всього приладу, що є критично важливим для точних вимірювань та довготривалої експлуатації.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 1.6.4 Обґрунтування вибору роз'ємів

Вибір роз'ємів для схеми побутового пристрою вимірювання рівня радіації на базі лічильника J305 був здійснений з урахуванням їхніх характеристик, надійності та доступності на ринку. Роз'єм jack 3.5: Для підключення навушників і відключення звукової сигналізації обрано роз'єм Switchcraft 35RASMT4BHNTRX. Цей роз'єм має компактні розміри, низьку вартість і зручний монтаж до корпусу пристрою. Він легко доступний на ринку і забезпечує надійне з'єднання з навушниками, що важливо для правильної роботи звукової сигналізації. Програмувальний роз'єм: Замість роз'єму B5B-PH-K-S JST було обрано роз'єм Molex 22-27-2051 для підключення програматора та подальшого програмування пристрою. Цей роз'єм виконаний у пластиковому корпусі та складається з п'яти розташованих вздовж контактів. Він має малі розміри, низьку вартість і забезпечує якісне з'єднання зі штекером програматора, що підключається до нього. Роз'єм для живлення: Для живлення схеми обрано роз'єм Kusun KLDX-0202-A. Він має компактні розміри, низьку вартість та витримує максимальний струм 2А при напрузі 25В, що повністю підходить до параметрів схеми. Цей роз'єм забезпечує надійне з'єднання та безперебійне живлення пристрою. Таким чином, використання роз'ємів Switchcraft 35RASMT4BHNTRX, Molex 22-27-2051 та Kusun KLDX-0202-A у схемі побутового пристрою для вимірювання рівня радіації забезпечує надійність, зручність монтажу та експлуатації, а також відповідність всім необхідним параметрам. Це сприяє створенню ефективного і точного приладу для побутового використання.

#### 1.6.5 Обґрунтування вибору вимикача

У якості повзункового вимикача обрано Alps Alpine SS-12D00G4. Цей вимикач призначений для вмикання і вимикання пристрою. Він виконується в пластмасовому корпусі, що забезпечує міцність і легкість конструкції. Призначений для поверхневого монтажу, що спрощує його інтеграцію в друковану плату. Компактні розміри, які дозволяють зменшити габарити приладу. Низька вартість, що робить його економічно вигідним варіантом. Вимикач забезпечує

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

надійне вмикання і вимикання пристрою, що критично для коректної роботи всієї схеми. Виконання у вигляді елемента поверхневого монтажу спрощує його інтеграцію в друковану плату, що полегшує процес виготовлення та збирання пристрою.

Вибір повзункового вимикача Alps Alpine SS-12D00G4 для схеми побутового пристрою вимірювання рівня радіації забезпечує надійну та зручну експлуатацію, відповідність всім необхідним параметрам та сприяє створенню ефективного і точного приладу для побутового використання.

#### **1.6.6 Обґрунтування вибору батарейного відсіку**

Для підключення батарейного відсіку обрано клемник Phoenix Contact 1935170 через його компактні розміри та надійне з'єднання з батарейками. Використання клемника дозволяє ефективно використовувати простір у пристрої та уникнути перевантаження друкованої плати. Клемник легко кріпиться до корпусу пристрою та забезпечує швидке підключення і заміну батарейок, що підвищує зручність експлуатації.

#### **1.6.7 Обґрунтування вибору мікросхем**

Вибір мікросхем для схеми побутового пристрою вимірювання рівня радіації на базі лічильника J305 був здійснений з урахуванням їхніх характеристик, надійності та відповідності вимогам схеми.

Стабілізатор напруги: Для стабілізації напруги обрано мікросхему Analog Devices ADP3303ARZ-3.3. Це позитивний стабілізатор з малим падінням напруги, який здатний видавати 200мА струму з низьким диференціалом напруги 120мВ при 200мА. Мікросхема має наступні електричні параметри:

- Напруга живлення: 2,5В...12В;
- Фіксоване значення напруги на виході: 3,3В;
- Вихідний струм: 200мА;
- Падіння напруги: 120мВ.

Регулятор напруги: Для регулювання напруги обрано мікросхему Texas Instruments LM1117MPX-3.3. Ця мікросхема використовується як стабілізатор

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напруги і має наступні електричні параметри:

- Вхідна напруга: до 20В;
- Фіксоване значення напруги на виході: 3,3В;
- Вихідний струм: 800мА.

Джерело опорної напруги: В якості джерела опорної напруги обрано мікросхему Texas Instruments REF3025AIDBZT. Вона має добру температурну стабільність і низький динамічний опір. Електричні параметри мікросхеми:

- Робочий струм: 30мА;
- Фіксоване значення напруги на виході: 2,5В;
- Точність: 10мВ.

Драйвер РК-дисплею: Для керування РК-дисплеєм обрано мікросхему Texas Instruments TLC59213IPWR. Вона здійснює відображення інформації на РК-дисплеї і фіксує дані, що потрібно відобразити, звільняючи мікроконтролер від генерації осцилограм. Мікросхема має наступні електричні параметри:

- Напруга живлення: 5В;
- Вихідний струм: 30мА;
- Кількість цифр: 4.

Мікроконтролер: Для керування всіма процесами в пристрої обрано мікроконтролер Microchip PIC16F628A-I/P. Це високопродуктивний 8-розрядний мікроконтролер, виконаний за КМОП-технологією з дуже малим використанням енергії. Він має внутрішню пам'ять для запису програми та можливість електричного видалення і запису нової інформації. До складу входить компаратор, АЦП і таймер. Докладніше про структуру та особливості програмування обраного мікроконтролера описано в наступному пункті.

Необхідно виконати узгодження мікроконтролера PIC16F628A та інших елементів згідно з принциповою електричною схемою. Загалом, вибір цих мікросхем забезпечує надійну та стабільну роботу пристрою, відповідність всім необхідним параметрам та сприяє створенню ефективного і точного побутового приладу для вимірювання рівня радіації.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

### 1.6.8 Аналіз структури і програмування мікроконтролера PIC16F628A

Мікроконтролери підгрупи PIC16F6x є частиною сімейства 8-розрядних КМОП-мікроконтролерів групи PIC16Cxxx, відомі своєю доступністю, високою продуктивністю і використанням статичної КМОП-технології. Вони доступні у корпусах з 18 та 28 виводами, залежно від типу, та підтримують різні типи зовнішніх генераторів тактових імпульсів, таких як кварцові резонатори чи RC-ланки. Всі мікроконтролери PIC16F6x використовують Гарвардську архітектуру з RISC-процесором і мають такі ключові характеристики:

- Використання 35 простих команд.
- Виконання всіх команд за один цикл (200 нс при частоті 20 МГц), крім команд переходу, які потребують два цикли.
- Робоча частота від 0 Гц до 20 МГц (у нашій схемі – 4 МГц).
- Розділені шини даних (8 біт) і команд (14 біт).
- 2К 14-бітова пам'ять програм, що виконана у вигляді ПЗП чи Flash.
- 224 байт пам'яті даних (RAM).
- Восьмирівневий апаратний стек.
- Пряма, непряма і відносна адресація даних і команд.
- 128 байт EEPROM з можливістю електричного перепрограмування, з можливістю виконання 1 млн циклів стирання і перезапису.
- Чотири джерела переривань:
  1. Зовнішній вхід RB0/INT.
  2. Переповнення таймера TMR0.
  3. Зміна сигналів на лініях портів RB.
  4. Завершення запису даних в пам'ять EEPROM.
- Збереження даних в EEPROM протягом мінімум 40 років.

Основні характеристики мікроконтролера PIC16F628A такі: максимальна частота задаючого генератора становить 20 МГц; Flash-пам'ять програм має об'єм 2048 байт; пам'ять даних складає 224 байти; EEPROM має об'єм 128 байт; наявні таймери TMR0, TMR1 та TMR2; кількість джерел переривань дорівнює 4; кількість ліній вводу/виводу становить 16; діапазон напруги живлення коливається від 2,0

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

до 5,5 В; тип корпусу мікроконтролера має 18 виводів.

Мікроконтролери підгрупи PIC16F6x мають розвинуті можливості вводу/виводу:

- 16 ліній вводу/виводу з індивідуальною установкою напрямку обміну;
- Високий вхідний/вихідний струм, достатній для керування, наприклад, світлодіодом;
- Максимальний вхідний струм – 25 мА;
- Максимальний вихідний струм – 20 мА;
- 8-бітний таймер/лічильник TMR0 з 8-бітним попереднім подільником.

Спеціалізовані мікроконтролерні функції:

- Автоматичне скидання при включенні (Power-on-Reset);
- Таймер включення при скиданні (Power-up Timer);
- Таймер запуску генератора (Oscillator Start-up Timer);
- Сторожовий таймер (Watchdog Timer, WDT) з власним вбудованим генератором, що забезпечує підвищену надійність;
- Економний режим Sleep.

Архітектура мікроконтролера ґрунтується на концепції роздільних шин та областей пам'яті для даних і команд (Гарвардська архітектура). Шина даних та пам'ять даних (RAM) мають ширину 8 біт, а програмна шина і програмна пам'ять (Flash) – 14 біт. Така концепція забезпечує просту, але ефективну систему команд, розроблену так, щоб бітові, байтові та регістрові операції виконувались з високою швидкістю та перекриттям за часом вибірок команд та циклів виконання. 14-бітна ширина програмної пам'яті забезпечує вибірку 14-бітної команди в один цикл. Двоступеневий конвеєр забезпечує одночасну вибірку та виконання команди. Всі команди виконуються за один цикл, крім команд переходу. Програмний лічильник мікроконтролера починає працювати з нульової адреси пам'яті програм. Мікроконтролер PIC16F628A адресує 2048 14-бітних комірок пам'яті програм. Вся пам'ять є внутрішньою. Мікроконтролер може прямо або непрямо звертатись до регістрів чи пам'яті даних. Всі регістри спеціальних функцій, відображаються в пам'ять даних.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ортогональна (симетрична) система команд дозволяє виконувати будь-яку команду над будь-яким регістром із використанням довільного методу адресації. Ортогональна архітектура і відсутність спеціальних виключень дозволяє зробити програмування мікроконтролерів групи PIC16F6x простим та ефективним. Мікроконтролер PIC16F628A містить 8-розрядний арифметико-логічний пристрій (АЛП) та робочий регістр W. АЛП являє собою арифметичний модуль загального призначення і виконує арифметичні та логічні функції над вмістом робочого регістра і будь-якого з регістрів контролера. АЛП може виконувати операції додавання, віднімання, зсуву, логічні операції.

Таблиця 1.1. Призначення виводів мікроконтролера PIC16F628A

<i>Позначення</i>	<i>Тип</i>	<i>Призначення виводів</i>
OSC1	I	Вхід кристала генератора, RC-ланки чи зовнішнього тактового сигналу
OSC2	O	Вихід кристала генератора
MCLR	I/P	Сигнал скидання/вхід напруги програмування. Скидання при низькому рівні
RA0	I/O	Порт А (RA0...RA4) – двонаправлений порт вводу-виводу. RA4/ТОСКІ може бути вибраний як тактовий вхід таймера/лічильника TMR0
RA1	I/O	Порт А (вхід/вихід)
RA2	I/O	Порт А (вхід/вихід)
RA3	I/O	Порт А (вхід/вихід)
RA4	I/O	Порт А (вхід/вихід), може бути такт. входом TMR0
RA5	I/O	Порт А (вхід/вихід)
RB0	I/O	Порт В (RB0...RB7) – двонаправлений. Можуть бути в режимі внутрішніх активних навантажень. Вивід RB0/INT може бути як зовнішній вхід переривань. Виводи RB4...RB7 можуть бути налагоджені як входи переривань станів
RB1	I/O	Порт В (вхід/вихід)
RB2	I/O	Порт В (вхід/вихід)
RB3	I/O	Порт В (вхід/вихід)
RB4	I/O	Порт В (вхід/вихід)
RB5	I/O	Порт В (вхід/вихід)
RB6	I/O	Порт В (вхід/вихід)
RB7	I/O	Порт В (вхід/вихід)
Vdd (+U)	P	

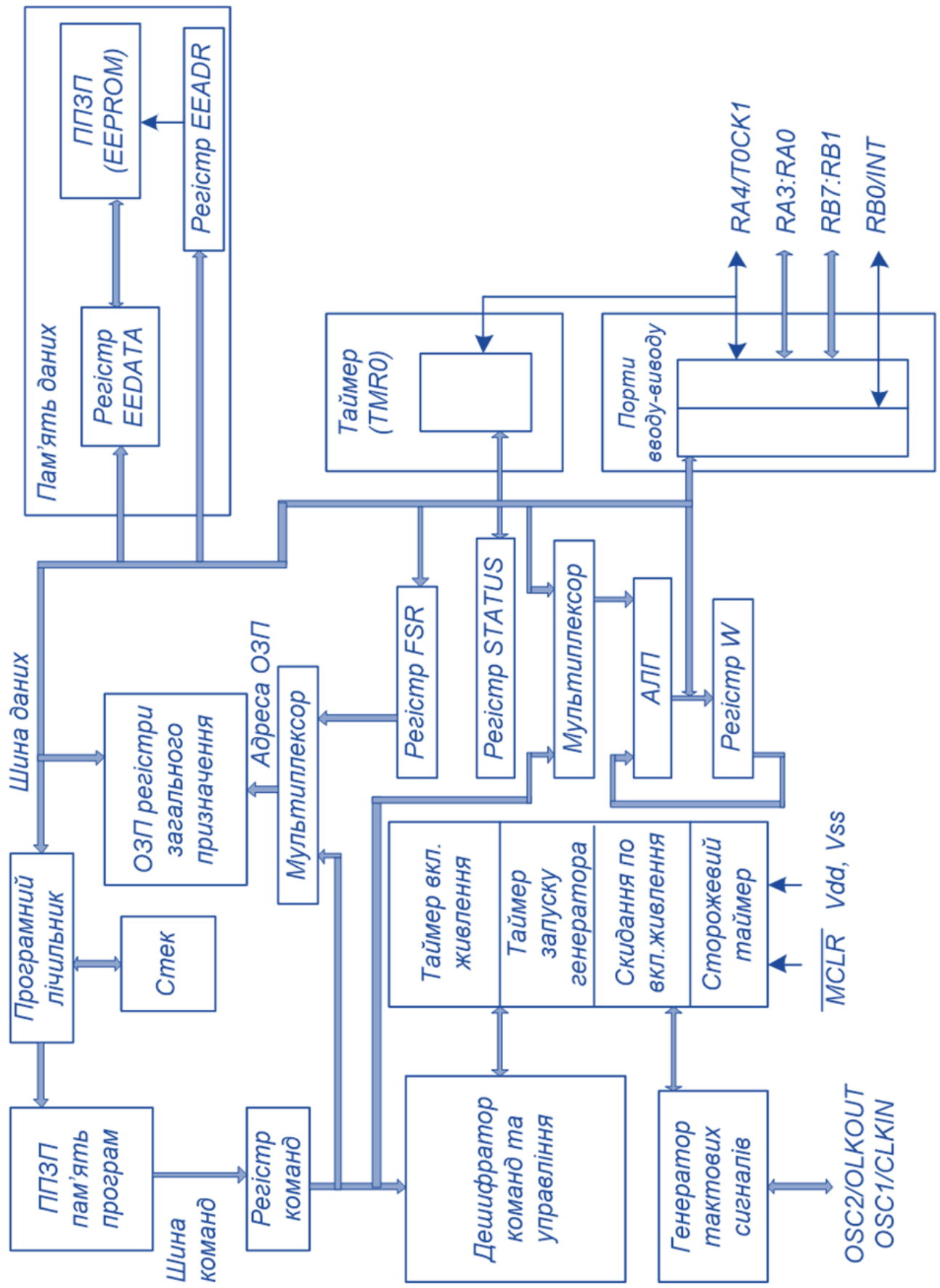


Рисунок 1.12. Структурна схема мікроконтролера PIC16F628A

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

Структурна схема мікроконтролера PIC16F628A представлена на рис.1.12. Мікроконтролер PIC16F628A має розподіл на дві основні групи реєстрів: спеціальні реєстри і реєстри загального призначення (РЗП). Важливо зазначити, що хоча обидва мікроконтролери мають схожі функціональні групи, є певні відмінності в організації та призначенні деяких реєстрів.

Спеціальні реєстри PIC16F628A включають реєстри базових функцій і реєстри периферійних пристроїв. До реєстрів базових функцій належать: INDF - реєстр-перемикач непрямої адресації, програмний лічильник РС, представлений реєстрами PCL і PCLATH, реєстр слова стану STATUS, реєстр-показчик непрямої адресації FSR, робочий реєстр W, реєстр переривань INTCON та реєстр режимів роботи або конфігурації попереднього діляника і таймера OPTION. До реєстрів периферійних пристроїв належать: реєстри вводу/виводу RA-порт А і RB-порт В, реєстри даних EEDATA і адреси EEADR пам'яті даних-констант, реєстр таймера-лічильника TMR0 і реєстри керування конфігурацією портів вводу/виводу TRISA і TRISB.

Реєстри спеціального призначення, такі як INDF, TMR0, PCL, STATUS, FSR, PORTA, PORTB, EEDATA, EEADR, PCLATH та INTCON, мають конкретні адреси в пам'яті даних і призначені для керування різними функціями мікроконтролера. Наприклад, реєстр TMR0 є 8-розрядним таймером/лічильником, який може бути налаштований для підрахунку зовнішніх або внутрішніх подій, тоді як реєстр STATUS містить біти стану, що відображають результат виконання команд.

PIC16F628A підтримує кілька типів тактових генераторів, включаючи кварцовий резонатор (ХТ), високочастотний кварцовий резонатор (НС), мікрокварцовий резонатор (LP) і RC-ланцюжок. Вибір типу генератора визначається під час програмування мікроконтролера. Кварцові та керамічні резонатори забезпечують високу точність і стабільність, тоді як RC-генератор може бути використаний для зниження вартості і габаритів пристрою, якщо висока точність не є критичною.

Програмування мікроконтролера PIC16F628A починається з написання

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

початкового коду на мові асемблера або С. Для цього можна використовувати середовище розробки MPLAB X IDE від Microchip, яке надає всі необхідні інструменти для написання, компіляції і налагодження коду. Після написання коду він компілюється, результатом чого є файл з розширенням .hex, що містить машинний код для завантаження у мікроконтролер.

Для запису (прошивки) мікропрограми у мікроконтролер використовують програматори, такі як ICSP (In-Circuit Serial Programming). Підключення мікроконтролера до програматора здійснюється через відповідні контакти, після чого за допомогою програмного забезпечення MPLAB IPE (Integrated Programming Environment) файл .hex завантажується у мікроконтролер. Процес прошивки включає запис машинного коду у внутрішню пам'ять мікроконтролера, після чого він готовий до роботи.

Тестування та налагодження мікропрограми здійснюється за допомогою функцій налагодження у MPLAB X IDE, які дозволяють виявляти і виправляти помилки у коді. Важливо перевірити коректність роботи мікропрограми, щоб переконатися, що вона виконує поставлені задачі.

Мікроконтролер PIC16F628A має вбудований електрично-перепрограмований ПЗП даних-констант (EEPROM) обсягом 64 байти. Доступ до неї здійснюється через регістри EEDATA та EEADR, а керування процесом запису і зчитування - через регістри EECON1 та EECON2. Запис даних у EEPROM триває близько 10 мс і контролюється вбудованим таймером. Процес запису включає встановлення необхідної адреси у регістр EEADR, запис даних у регістр EEDATA та встановлення біта WR у регістрі EECON1 для ініціації запису.

Мікроконтролер PIC16F628A, як і PIC16F84, має регістри керування вводу/виводу для портів А та В. Порт А має 5 розрядів, які можуть бути індивідуально запрограмовані як входи або виходи за допомогою регістра TRISA. Порт В має 8 розрядів і програмується за допомогою регістра TRISB. Завдання "1" в розряді регістра TRIS програмує відповідний розряд порту як вхід. При читанні порту зчитується безпосередній стан виводу, при записі в порт запис відбувається в буферний регістр.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожна команда мікроконтролера PIC16F628A є 14-розрядним словом, що містить поле коду операції OPCOD і поле одного або більше операндів, які можуть брати участь у цій команді. Система команд включає команди роботи з байтами, бітами, передачі керування і операції з константами. Для команд роботи з байтами "f" позначає регістр, з яким виконується дія, "d" визначає регістр призначення. Якщо "d"=0, результат поміщається в W-регістр, при "d"=1 результат поміщається в регістр "f", заданий у команді. Для команд роботи з бітами "b" позначає номер біта, що бере участь у команді, "f" - регістр, у якому цей біт розташований. Для команд керування і операцій з константами "k" позначає 8-ми або 11-бітову константу або ідентифікатор.

На завершення можна зазначити, що вибраний мікроконтролер PIC16F628A простий у програмуванні та має велику кількість описаних у літературі розробок на його основі. Його гнучкість, можливості програмування та різноманітність інструментів роблять його ідеальним вибором для багатьох застосувань.

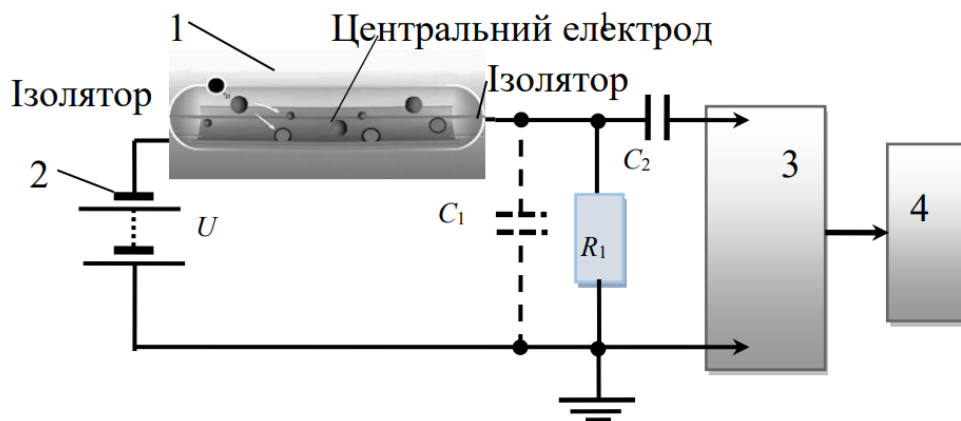
### 1.6.9 Обґрунтування вибору лічильника Гейгера-Мюллера J305

Пристрої, розраховані на реєстрацію та виявлення гамма-фотонів та високочастотного (жорсткого) бета-випромінювання, такі як дозиметри та професійні дозиметри радіації, потребують лічильника Гейгера-Мюллера, що забезпечує високу чутливість і точність вимірювань (рис.1.13). Лічильники Гейгера- Мюллера, як J305, забезпечують реєстрацію випромінювання, що має достатню енергію і велику проникаючу здатність. Ці частинки та фотони легко проникають через стінки лічильника та викликають процес іонізації, який реєструється відповідною електронною начинкою дозиметра. Для реєстрації такого типу радіації добре підходить лічильник J305, який має значно покращені характеристики у порівнянні з лічильниками типу СБМ-20.

Лічильник J305 має датчик у вигляді циліндричної трубки-балону (рис.1.14) з розташованими коаксіально дротяними катодом та анодом. Стінки трубки датчика служать одночасно катодом та корпусом і виготовлені з нержавіючої сталі. Цей лічильник має наступні характеристики:

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Площа робочої зони чутливого елемента: 10 квадратних сантиметрів, що є більше, ніж у СБМ-20;
- Радіаційна чутливість за гамма-випромінюванням: близько 320 імп/с, або 80 імп/мкР (тестування проводилося за цезієм-137 при 4 мкР/с), що є вищим показником порівняно з СБМ-20;
- Власний фон дозиметру: становить близько 0,8 імп/с, що є меншим за фон СБМ-20;
- Діапазон енергій гамма-випромінювання: від 0,03 МеВ до 3,5 МеВ, та бета-часток з енергією від 0,1 МеВ по нижньому кордону, що є ширшим діапазоном у порівнянні з СБМ-20.



● – іонізуюча частинка; ● – атом газу; ● – іон; ● – електрон

Рисунок 1.13. Схема включення лічильника Гейгера-Мюллера:

1 – лічильник Гейгера-Мюллера; 2 – високовольтне джерело живлення; 3 – підсилювач; 4 – лічильний прилад;  $R_1$  – резистор;  $C_1$  – розподілена ємність кола;  $C_2$  – конденсатор. Різниця потенціалів  $U$  прикладена між стінками і центральним електродом через резистор  $R_1$ , зашунтований конденсатором  $C_1$

У лічильника J305 також є різні модифікації, що відрізняються конструкцією контактних елементів та вимірювальною схемою, що робить його більш гнучким у використанні. Обраний для реалізації схеми проектованого пристрою лічильник J305 призначений для вимірювання жорсткого бета- та гамма-випромінювання і має широке застосування в галузі радіаційного контролю. Він має наступні електричні параметри:

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Чутливість лічильника:  $70 \div 85$  імп/мкР;
- Номінальна робоча напруга: 450В, що є більш оптимальним для більш точних вимірювань;
- Мертвий час імпульсу: 160с, що є меншим у порівнянні з СБМ-20 і забезпечує кращу швидкодію;
- Частота імпульсів: 6000 Гц, що дозволяє вимірювати вищу інтенсивність радіаційного фону.



Рисунок 1.14. Зовнішній вигляд лічильника Гейгера-Мюллера J305

Лічильник J305 має менші розміри порівняно з аналогами, що полегшує його інтеграцію в різні пристрої, і він має невелику вартість, що робить його доступним для широкого застосування. Максимальна інтенсивність, яку можна виміряти лічильником J305, дорівнює  $6000/85 = 70,59$  мкР/с або 254,1 мР/год, що надає велику верхню межу вимірювань для проектованого пристрою.

Інтеграція лічильника J305 з мікроконтролером PIC16F628A забезпечує високу ефективність та точність вимірювань радіаційного фону. Мікроконтролер PIC16F628A, використовуючи регістри спеціального призначення, такі як регістри вводу/виводу та таймери, забезпечує надійне керування процесом вимірювання та обробки даних. Застосування регістра PCL для молодших розрядів лічильника команд та PCLATH для старших розрядів дозволяє ефективно керувати адресацією пам'яті програми. Інтерфейс між лічильником J305 та мікроконтролером реалізується через спеціальні виводи для передачі імпульсів, які обробляються

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

мікроконтролером для подальшого аналізу та відображення результатів.

Таким чином, вибір лічильника J305 обґрунтовується його покращеними характеристиками, широким діапазоном вимірювань, меншою мертвою зоною та кращою інтеграцією з мікроконтролером PIC16F628A, що робить його оптимальним вибором для проектного пристрою радіаційного контролю.

#### **1.6.10 Обґрунтування вибору випромінювача звуку**

Електромагнітний випромінювач звуку CST-931AP Same Sky (formerly CUI Devices) з вертикальним випроміненням виконаний в чорному пластмасовому корпусі, що забезпечує його довговічність та стійкість до зносу. Він має відносно невеликі розміри, що робить його зручним для інтеграції в компактні пристрої. Випромінювач характеризується низькою робочою напругою, що зменшує ризик електричного ураження та дозволяє його використання в більш широкому діапазоні умов. Випромінювач звуку CST-931AP має частоту 2.73kHz та звуковий рівень 85dB, що забезпечує чіткий і гучний звук. Важливою особливістю цього випромінювача є вертикальне випромінення звуку, що допомагає запобігти втраті звуку та ефективно привернути увагу до виявлення зон з перевищеними показниками радіації. Ця модель має значні переваги в порівнянні з іншими випромінювачами завдяки своїй низькій робочій напрузі та високій ефективності. Вона є ідеальним вибором для вашого побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305, забезпечуючи високу надійність та якість звукового сигналу. Інтеграція випромінювача з мікроконтролером PIC16F628A є простою завдяки стандартному підключенню та сумісності.

#### **1.6.11 Обґрунтування вибору рідинно-кристалічного індикатора**

Для побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305 було обрано рідинно-кристалічний індикатор EDC190 (рис.1.15). LCD-панель EDC190 призначена для виводу інформації, що є критично важливим для коректного відображення показників радіації. На робочу панель індикатора максимально виводиться до 4 символів, що достатньо для компактного та інформативного відображення вимірюваних значень.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

LCD-панель EDC190 має наступні електричні параметри:

- Робоча напруга: 3В, що робить її сумісною з більшістю побутових пристроїв і зменшує ризик електричного ураження;
- Колір підсвітки: Білий, що забезпечує чіткість та якість зображення незалежно від умов освітлення;
- Кількість символів: 4, що є достатнім для відображення ключових даних про рівень радіації.

Вибір LCD-панелі EDC190 зумовлений її відповідністю параметрам напруги та високою якістю виводу інформації на індикатор. Панель має стабільне та чітке зображення, яке не зменшується навіть при розрядженні елементів живлення, що є важливим аспектом для пристроїв радіаційного контролю.

Таким чином, рідинно-кристалічний індикатор EDC190 є оптимальним вибором для вашого побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305 завдяки своїм технічним характеристикам, якості зображення та зручності використання.



Рисунок 1.15. Зовнішній вигляд LCD-панелі EDC190

### 1.6.12 Обґрунтування вибору напівпровідникових діодів

Для побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305 були обрані кілька напівпровідникових діодів, кожен з яких виконує конкретну функцію у схемі пристрою.

Світлодіод у схемі пристрою призначений для повідомлення про перевищення рівня радіації. Для цього був обраний світлодіод LTL-307EE фірми Lite-On з розсіяним червоним випромінюванням. Його яскраве світло дозволяє

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оперативно інформувати користувача про небезпеку.

Випрямний діод ON Semiconductor 1N4148 забезпечує високу швидкість перемикання. Він має мініатюрні розміри та малу масу, а також підвищені показники надійності, що робить його ідеальним для використання в інтегральних схемах. Електричні параметри цього діоду включають максимальну постійну зворотну напругу 100В, пряму напругу 1В, середньо випрямлений струм 250мА, прямий струм 10мА та струм витоку 5мкА.

Діод Шоткі Vishay 1N5819 призначений для використання у всіх електричних ланцюгах завдяки низькому падінню напруги, невеликим значенням струму і напруги, а також швидкому часу перемикання. Електричні параметри цього діоду включають максимальну постійну зворотну напругу 100В, пряму напругу 1В, максимальний зворотний струм 5мА і прямий постійний струм 0,15А. Цей діод випускається різними виробниками, а єдиною відмінністю є якість виготовлення та ціна.

Стабілітрон VZX55C від Vishay використовується для стабілізації постійної напруги. У розроблюваному пристрої він виконує роль обмежувача напруги до 430В та захищає конденсатори від пробоя. Стабілітрон VZX55C має керамічний корпус і високу надійність. Його електричні параметри включають стабілізовану напругу 140В, максимальну потужність 500мВт, вхідну напругу 1,1В і вхідний струм 200мА.

Діод Diodes Inc. 1N5408 є популярним кремнієвим випрямним діодом, який широко застосовується у блоках живлення побутової апаратури. Цей діод має здатність змінювати свою ємність, тому його можна використовувати в радіоапаратурі замість варикапа. У проєктованій схемі на діодах 1N5408 реалізовано потроювач напруги. Електричні параметри цього діоду включають максимальну постійну зворотну напругу 1000В, максимальний прямий струм 3А, максимальну пряму напругу 1,1В і максимальний зворотний струм 5мкА.

Таким чином, вибір напівпровідникових діодів для побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305 обґрунтований їхніми електричними характеристиками, надійністю та здатністю виконувати необхідні функції у схемі

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрою. Кожен з обраних діодів відіграє важливу роль у забезпеченні стабільної та ефективної роботи пристрою.

### 1.6.13 Обґрунтування вибору напівпровідникових транзисторів

Для побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305 був обраний польовий транзистор IRFZ44N. Цей транзистор використовується в схемах, де необхідна низька порогова напруга, висока напруга пробою, високий вхідний опір, низька вхідна ємність і висока швидкість перемикавання.

Електричні параметри транзистора IRFZ44N такі:

- Максимально допустимий постійний струм: 49А;
- Напруга пробою: 55В;
- Напруга спрацювання затвору: 2-4В;
- Постійна напруга заслін-витік: 20В.

Цей транзистор має подібні характеристики до TN0620, але з покращеними показниками максимально допустимого струму. Завдяки своїм електричним параметрам транзистор IRFZ44N забезпечує надійну роботу у схемах пристрою та ефективну керованість, що робить його оптимальним вибором для вимірювання радіації на базі лічильника J305.

## 1.7 Розробка друкованої плати пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305

При визначенні розмірів друкованої плати (ДП) враховувались такі дані, як встановлювальна площа розміщених на платі електронних радіокомпонентів (EPE)  $S_{mS\_m}$ , площа допоміжних зон  $S_{dS\_d}$ , допустимі габарити ДП згідно з вибраним класом точності та щільності друкованого монтажу, умови експлуатації, допустимі співвідношення сторін (з урахуванням жорсткості зовнішніх впливів, способу закріплення ДП, її товщини тощо).

Знаючи габарити компонентів, розраховано площу плати. Для зручності розрахунків проводився у MS Excel, результати наведено в таблиці 1.2. Позначки в таблиці:  $W$  – ширина елементів;  $L$  – довжина елементів;  $n$  – кількість елементів;  $k$  – коефіцієнт форми;  $S$  – загальна площа елементів певного корпусу.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2. Розрахунки площі, яку займають елементи на друкованій платі

<i>Корпус елементів</i>	<i>W</i>	<i>L</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>S</i>
smd080	1.2	2.1	16	1.1	40.32
to92	3.3	4.7	6	1.6	149.62
mic40	14.9	55.1	1	3.1	2561.39
mic14	6.9	20.2	1	1.4	195.94
lsd40	32.7	53.2	1	2.9	5056.92
y5p	8.5	3.7	2	1.1	69.79
dme6p1	6.3	19.2	3	1.4	509.73
tant	1.7	3.3	1	1.1	6.16
ecr100	4.9	5.2	1	1.1	26.62
ecr220	5.2	4.9	1	1.1	28.34
ehr471	6.1	6.5	1	1.1	40.33
hal	8.5	9.2	1	1.1	86.44
hl1	6.1	5.7	1	1.1	38.57
0.25w	2.2	6.3	1	1.1	15.35
0.5w	2.4	6.2	1	1.1	14.59
3362P-1	6.8	7.3	1	1.4	69.68
1N4148	2.1	4.1	2	1.1	18.04
1N5819	2.1	4.1	1	1.1	8.68
BZX55C	2.1	4.1	3	1.1	25.23
1N5408	2.8	5.0	3	1.1	46.29
B5B	4.8	13.2	1	1.4	91.58
CUI PJ-	6.1	8.8	1	1.4	81.04
CFS-20	2.1	2.1	1	1.1	4.62
J305	10.5	114.5	1	2.9	3501.15
MHS-12	5.7	10.8	1	1.9	118.44
SBH221	6.3	5.3	1	1.9	67.59

З таблиці 1.2 видно, що мінімальна площа плати – 13534 мм<sup>2</sup>, площа, яку займають елементи поверхневого монтажу – 165.5 мм<sup>2</sup>, площа, яку займають вивідні елементи – 13368.5 мм<sup>2</sup>, мінімальна площа верхньої частини плати – 7866.7 мм<sup>2</sup>, мінімальна площа плати – 5670 мм<sup>2</sup>. Оскільки відсутні особливі вимоги до розміщення елементів за тепловими або частотними параметрами, обрано плату стандартної прямокутної форми з чотирма кріпильними отворами у кутах. Обраний розмір плати 140x78 мм обмежений розмірами BD1 по довжині та HG1 по ширині. Загальна оптимальна площа плати складає 10920 мм<sup>2</sup>.

Розрахуємо розміри контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу за формулою:

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміри контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу розраховані так:

$$Dk = Dv + 0,32 \quad (1.5)$$

де  $Dk$  – розміри контактних площадок;  $Dv$  – розміри виводів.

Розраховані значення занесені до табл. 1.3.

Таблиця 1.3. Розраховані розміри для елементів поверхневого монтажу

Назви елементів	$Dv$	$Dk$
C2, C3, C5, C6, C10, C12, C15, C16, R1-R5, R8, R10	0.52x1.5	0.84x1.62
C17	0.84x1.47	1.42x2.35
SA1	0.63x1.47	1.05x2.62

Діаметри отворів для виводів елементів розраховані за формулою:

$$Do = Dv + 0,21 \quad (1.6)$$

де  $Do$  – розміри отворів для виводів.

Розрахунок розмірів контактних майданчиків для виводів елементів:

$$Dk = Do + 0,63 \quad (1.7)$$

За умови  $Do \geq 1.1$  розміри контактних площадок розраховуються так:

$$Dk = Do + \frac{2}{3} Do \quad (1.8)$$

Розраховані значення занесені до табл. 1.4.

Таблиця 1.4. Розраховані розміри для вивідних елементів

Назва елемента	$Dv$	$Do$	$Dk$
C1,C4,C7,HA1,R6,R7,R9, VD1,VD9, VD2,VD3-VD5, X2	0,5+0,05	0,8	1,4
C8,C9, C11 C13,C14, HL1, DA1-DA3, VT1-VT2	0,6+0,05	0,9	1,5
VD6-VD8,X3,GB1	0,8+0,06	1,1	1,9
ZQ1	0,26+0,05	0,6	1,2
DD1,DD2,HG1	0,7	0,9	1,5

Розмір ширини друкованих провідників визначається на основі максимально допустимого струму та напруги, що проходять через сигнальні та силові ланцюги. Для обчислення ширини друкованих провідників використовувалося програмне середовище Mathcad. В результаті аналізу завдання було встановлено, що для

сигнальних провідників максимальний струм становить 0,2 мА, а для силових провідників – 3 мА.

Нижче наведено розрахунок ширини друкованих провідників для сигнальних рівнів сигналу у схемі:

$$t1_{VS} = t_{minDS} + |\Delta t_{nos}| = 0.32 \text{ мм} \quad (1.9)$$

$$t1_{IIS} = t_{minDS} + |\Delta t_{nos}| = 0.57 \text{ мм} \quad (1.10)$$

Нижче наведено розрахунок мінімально допустимої ширини провідника  $t2$  з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

$$t2_S = \frac{l_S I_{maxS} \rho}{l_S U_{maxS} \cdot 0.03} = 8.67 \cdot 10^{-5} \text{ мм} \quad (1.11)$$

Нижче наведено розрахунок мінімально допустимої ширини провідника  $t3$  з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

$$t3_S = \frac{I_{maxS}}{h_S j_S} = 8.67 \cdot 10^{-5} \text{ мм} \quad (1.12)$$

За результатами розрахунків ширина провідника для сигнальних ланцюгів обирається мінімально допустимою за 3-тім класом точності та дорівнює 0.32 мм.

Нижче наведено розрахунок ширини друкованих провідників для силових рівнів сигналу у схемі:

$$t1_{VP} = t_{minDP} + |\Delta t_{nop}| = 0.32 \text{ мм} \quad (1.13)$$

$$t1_{IIP} = t_{minDP} + |\Delta t_{nop}| = 0.57 \text{ мм} \quad (1.14)$$

Нижче наведено розрахунок мінімально допустимої ширини провідника  $t2$  з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

$$t2_P = \frac{l_P I_{maxP} \rho}{l_P U_{maxP} \cdot 0.03} = 1.42 \cdot 10^{-5} \text{ мм} \quad (1.15)$$

Нижче наведено розрахунок мінімально допустимої ширини провідника  $t3$  з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

$$t3_P = \frac{I_{maxP}}{h_P j_P} = 4.46 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \quad (1.16)$$

За результатами розрахунків ширина провідника для силових ланцюгів обирається мінімально допустимою за 3-тім класом точності та дорівнює 0.32 мм.

За результатами розрахунків рекомендована ширина провідника в широкому місці дорівнює 0.57 мм, ширина провідника у вузькому місці складає 0.32 мм.

					<b>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обчислимо мінімальну відстань між елементами ( $S_m$ ) за допомогою формули:

$$S_{min} = S_m + \Delta t_{vo} = 0.36 \text{ мм} \quad (1.17)$$

Відстань між провідниками складає не менше 0.36 мм.

Обчислимо мінімальну відстань  $L$  у вузькому місці для прокладання одного провідника між двома контактними майданчиками:

$$L = \frac{(D1+D2)}{2} + N \cdot t_{min} + S_{min} \cdot (N + 1) + T = 2.63 \text{ мм} \quad (1.18)$$

За результатами розрахунку можна зробити висновок, що провідник можна прокласти між будь-якими контактними майданчиками, якщо відстань між ними більше 2.63 мм.

Матеріал плати повинен мати достатню механічну міцність та термостійкість. Було обрано фольгований склотекстоліт FR4-2 35/35 1.5 мм UL: E103670: IPC 4101, який є більш вологостійким.

Розроблюваний виріб буде складатися з друкованої плати (рис.1.16, рис.1.17), макет якої розроблено у системі автоматизованого проектування (САПР) P-CAD версії 2006 із застосуванням бібліотек P-CAD Library Expert.

Використовувались режим High Density Interconnect (HDI) та налаштування для багатопшарових плат. Крім цього, у проєкті використовувались стандартні бібліотеки P-CAD для зберігання даних компонентів та їх розмірів.

Корпус буде складатися з основної частини та кришки, що кріпиться за допомогою гвинтів. На передній панелі корпусу приладу буде розміщено звукову індикацію, світлову індикацію та рідинно-кристалічний індикатор.

На правій стінці буде розміщено кнопку увімкнення і роз'єми для живлення та навушників. З лівої сторони будуть розміщені отвори для вільного проходження заряджених частинок до лічильника. В середині корпусу будуть знаходитися стійки для плати, отвори кріплення кришки корпусу, місце під батарейний відсік та трансформатор.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

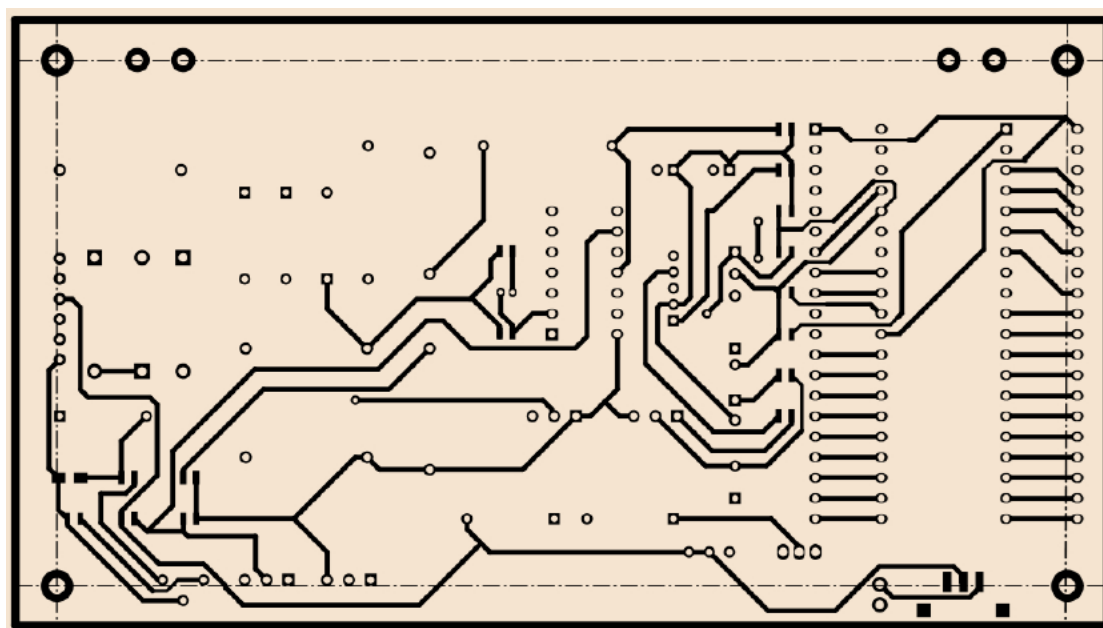
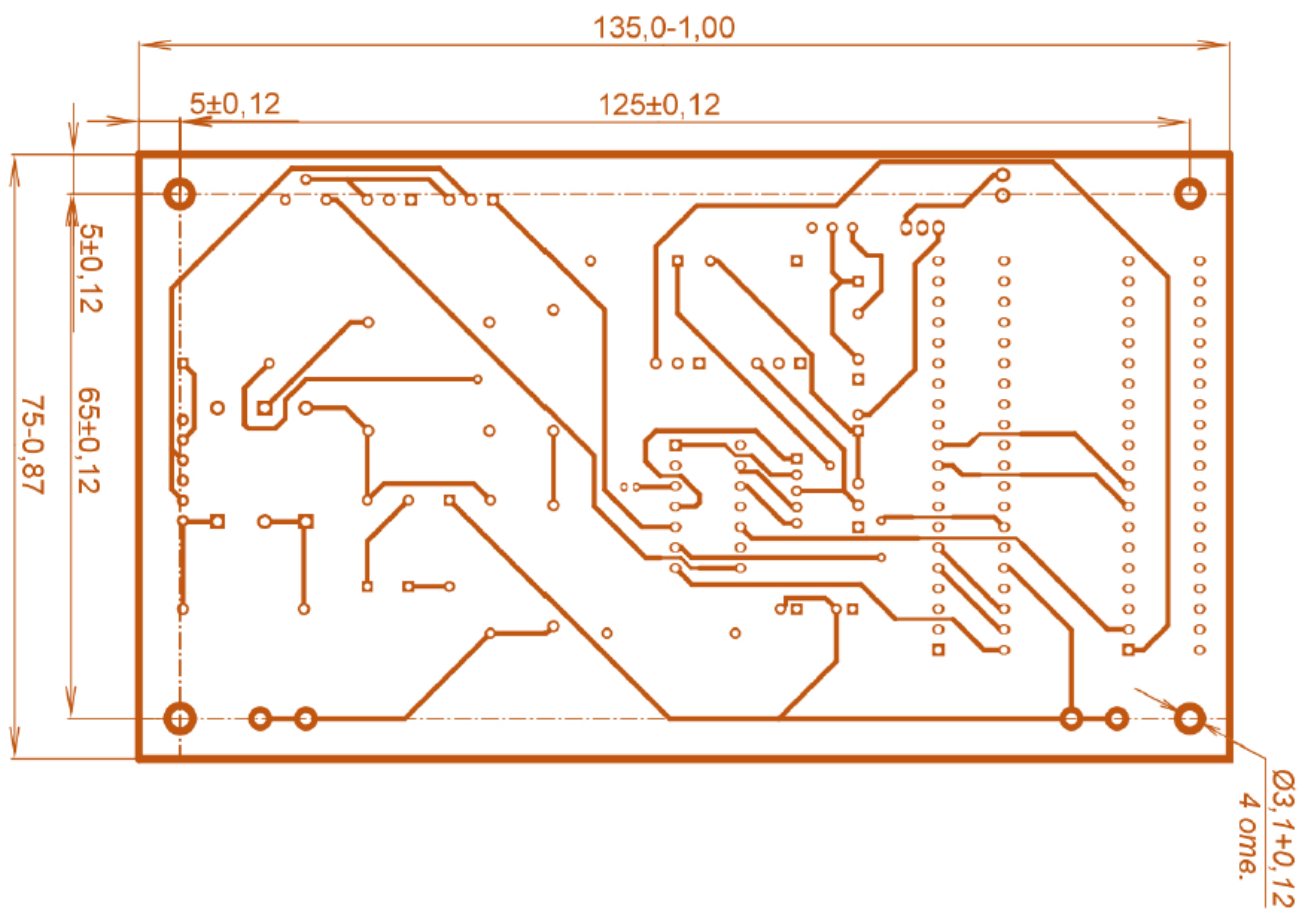


Рисунок 1.16. Розроблений у P-CAD макет друкованої плати пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305

										Арк.
										55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ					

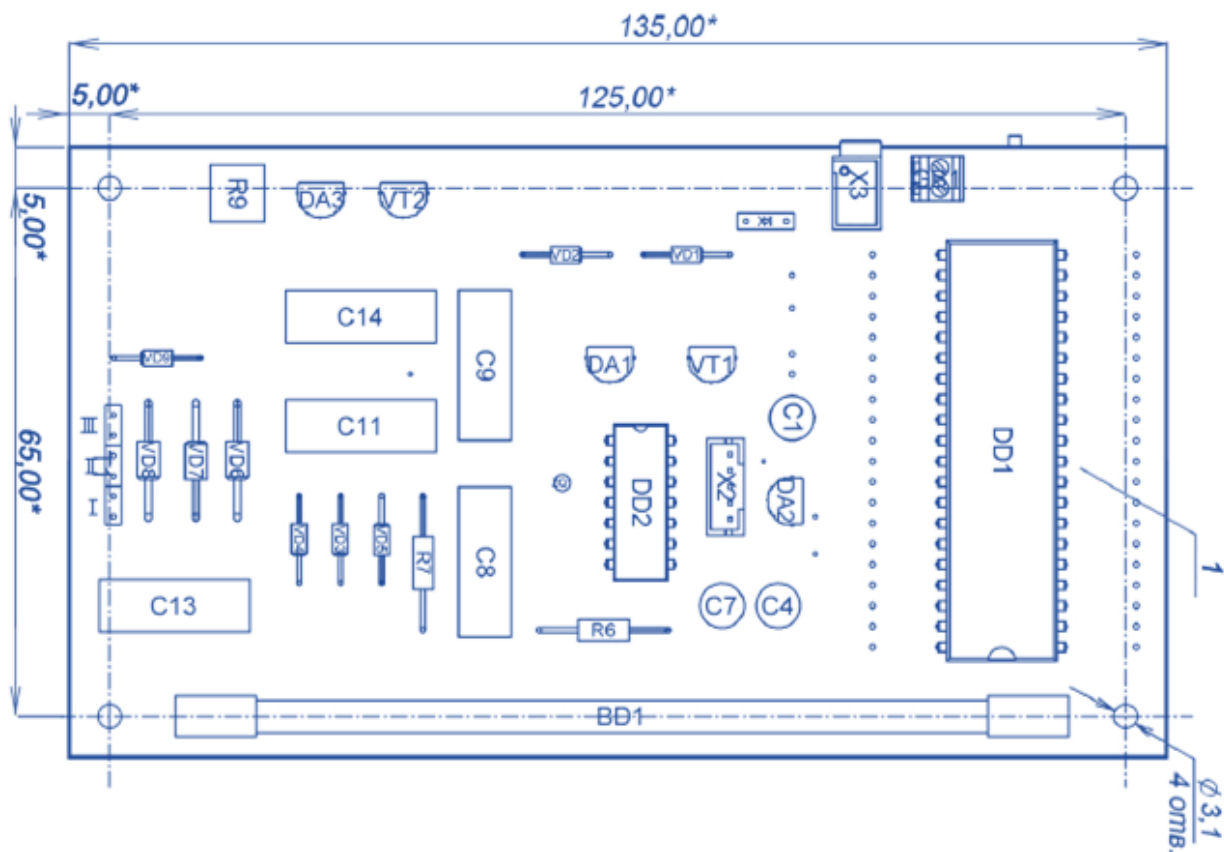


Рисунок 1.17. Розроблений у P-CAD макет монтажної плати пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305

## 1.8 Розробка програмного забезпечення мікроконтролера PIC16F628A для пристрою вимірювання радіації

Алгоритм роботи (рис.1.18) програми для мікроконтролера PIC16F628A у пристрою вимірювання радіації реалізовано наступним чином:

### 1. Ініціалізація:

- Налаштування конфігураційних, статусних і опційних регістрів;
- Встановлення режиму роботи входних/вихідних портів через регістр TRIS;
- Ініціалізація таймера та лічильників для вимірювання часу;
- Ініціалізація рідиннокристалічного дисплея (LCD) та встановлення початкових умов;

### 2. Основний цикл:

- Запуск таймера для визначення тривалості вимірювання;
- Постійне опитування лічильника J305 для отримання даних про

рівень радіації;

- Обробка отриманих даних і зберігання результатів у регістрах;

### 3. Обробка даних:

- Перевірка результатів вимірювань на відповідність нормі;
- Виведення рівня радіації на рідиннокристалічний дисплей;
- Видача звукового сигналу через звуковий випромінювач при перевищенні норми радіації;

### 4. Запис даних у EEPROM:

- Збереження результатів вимірювань у EEPROM для подальшого аналізу;
- Регулярний запис даних у EEPROM відповідно до встановлених інтервалів часу;

### 5. Обробка переривань:

- Обробка імпульсів від лічильника Гейгера-Мюллера;
- Обробка натискання кнопки для перемикання режимів роботи;
- Обробка переповнення таймера для коригування часу вимірювань.

Після запуску мікроконтролера виконується ініціалізація всіх необхідних регістрів та налаштувань, включаючи налаштування портів, таймера та переривань. Ініціалізується рідиннокристалічний дисплей (LCD) для відображення даних. У основному циклі програми запускається вимірювання рівня радіації. За допомогою таймера та лічильника J305 програма здійснює підрахунок кількості імпульсів за певний проміжок часу. Після завершення вимірювання результати зберігаються у масив REZULT, який циклічно оновлюється. Результати вимірювань перевіряються на перевищення встановленої норми радіації. У разі перевищення норми видається звуковий сигнал, що сповіщає про небезпеку. Отримані дані виводяться на рідиннокристалічний дисплей для відображення рівня радіації. Результати вимірювань регулярно зберігаються у пам'ять EEPROM для подальшого аналізу та збереження даних. Запис виконується відповідно до встановлених інтервалів часу. Переривання від таймера 1 використовується для коригування часу вимірювань. Переривання від входу GP2

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробляє імпульси від лічильника Гейгера-Мюллера. Переривання від входу GP3 обробляє натискання кнопки для перемикання режимів роботи приладу та обнулення лічильника часу акумулятора.

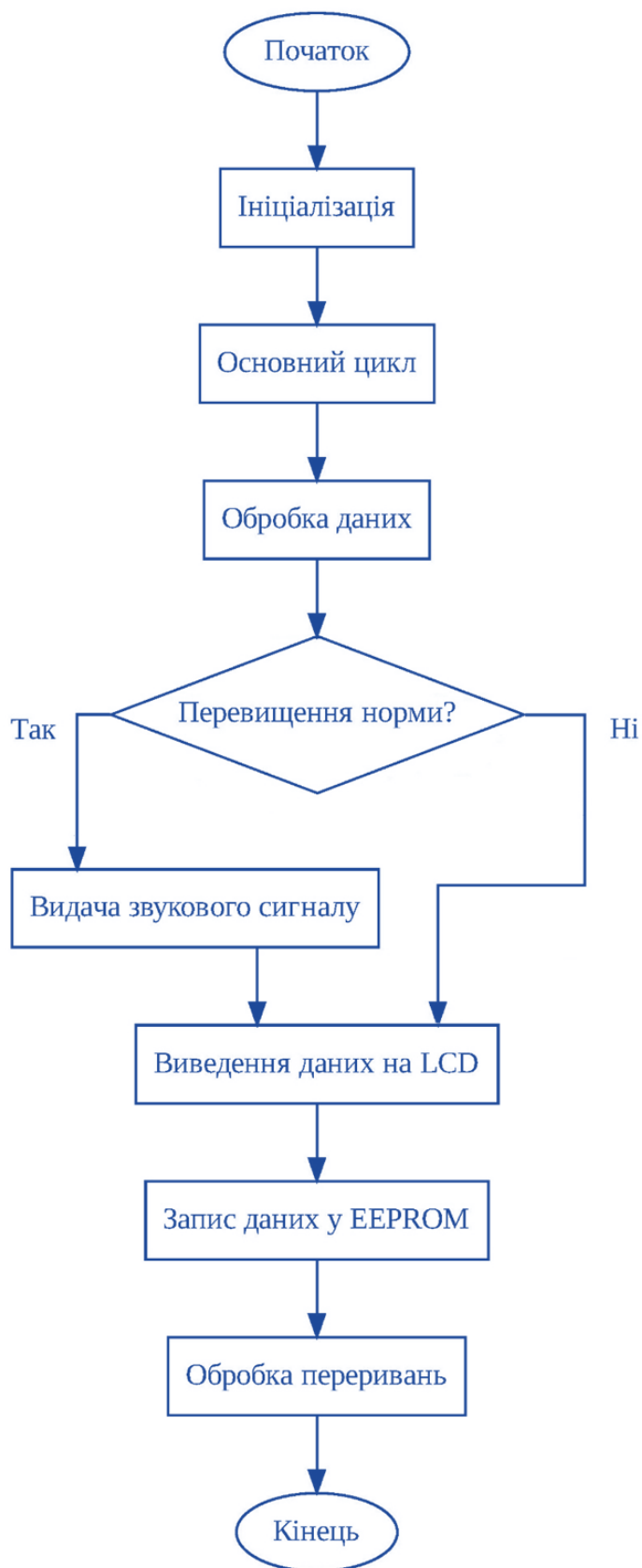


Рисунок 1.18. Блок-схема алгоритму програми для мікроконтролера приладу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Цей алгоритм (рис.1.18) забезпечує повний цикл вимірювання рівня радіації, виведення даних на дисплей і видачу звукового сигналу у разі перевищення встановленої норми. Програма написана мовою програмування С і оптимізована для роботи з мікроконтролером PIC16F628A, наведена у Додатку А.

Блок-схема алгоритму зберігання та обробки результатів вимірювання в мікроконтролері PIC16F628A наведена на рис. 1.19.

У мікроконтролері виділено 50 регістрів REZULT1-REZULT50 для зберігання результатів вимірювань, які потім виводяться на екран ПКІ. Для регулярного запису в EEPROM використовується лічильник часу. У режимах 2 або 3 інформація з EEPROM переноситься до REZULT1-REZULT50 для відображення. Щоб уникнути громіздкості, використовується непряма адресація, де адреса регістру заноситься у FSR, а операції виконуються над INDF. Створені регістри KONTR\_REG та KONTR\_IND\_REG для відстеження умов. Завантажений у EEPROM код утворює постійний верхній рядок символів на екрані. Решта EEPROM формується під час виконання програми для зберігання службових регістрів та результатів вимірювань. Мікроконтролер має 96 регістрів у нульовому банку і 32 у першому банку. Використання лише нульового банку неможливе через великий обсяг даних, тому застосовуються обидва банки. Основний цикл програми порожній, усі завдання виконуються через переривання: обробка імпульсів від лічильника Гейгера-Мюллера на вході GP2, натискання кнопки на GP3 та переповнення таймера 1 з періодом 1 секунда при частоті 2 МГц.

Для прошивки мікроконтролера PIC16F628A програмою для вимірювання радіації було виконано кілька кроків. Перш за все, було підготовлено середовище розробки: завантажено та встановлено MPLAB X IDE з офіційного сайту Microchip. Після завершення встановлення запущено MPLAB X IDE та створено новий проект, вибравши мікроконтролер PIC16F628A.

Далі підключено програматор PICkit 4 до USB-порту комп'ютера. Використовуючи з'єднувальні кабелі, під'єднано програматор до мікроконтролера, дотримуючись правильного розташування контактів (VPP, VDD, GND, PGD, PGC). Підключення виконано успішно, програматор було виявлено у системі.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

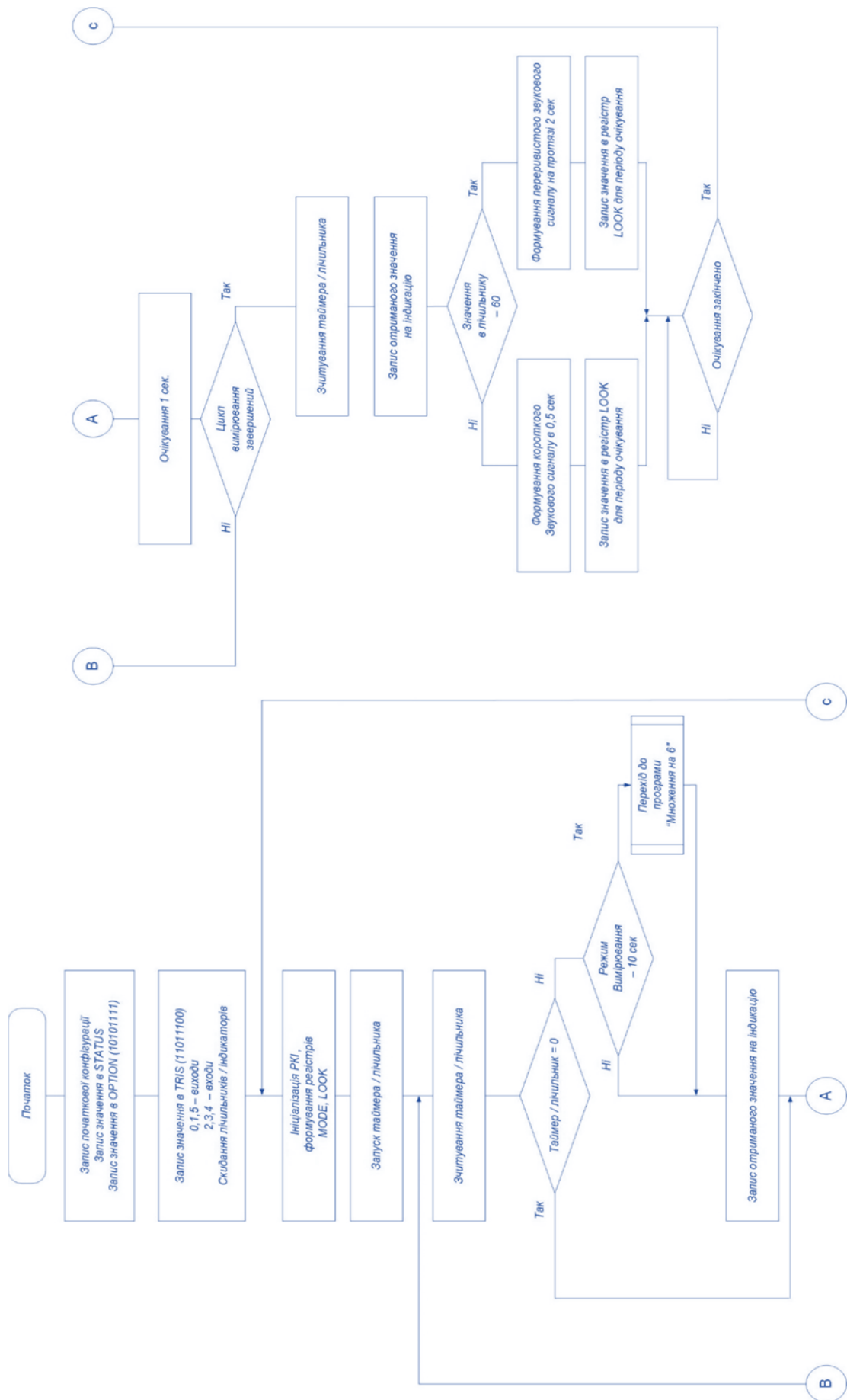


Рисунок 1.19. Блок-схема алгоритму зберігання та обробки результатів вимірювання в мікроконтролері PIC16F628A

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

КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

60

Відкривши проект у MPLAB X IDE, створено новий файл програми, де написано код на мові програмування C для вимірювання рівня радіації, обробки даних та виводу результатів на рідинно-кристалічний дисплей. Після завершення написання коду програму скомпільовано, отримано HEX-файл прошивки.

Наступним кроком було завантаження прошивки в мікроконтролер. У середовищі MPLAB X IDE відкрито меню "Run" та вибрано опцію "Run Project". У діалоговому вікні обрано програматор PICkit 4 та мікроконтролер PIC16F628A. Вказано скомпільований HEX-файл, натиснуто "OK" для початку завантаження прошивки.

Програматор зчитав HEX-файл та завантажив його в пам'ять мікроконтролера. Процес програмування зайняв кілька секунд, і у статусному вікні MPLAB X IDE з'явилося повідомлення про успішну прошивку. Після завершення програмування програматор від'єднано від мікроконтролера та встановлено мікроконтролер на друковану плату відповідно до схеми підключення.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

У цьому дипломному проєкті розроблено компактний побутовий прилад для вимірювання рівня радіації, що базується на лічильнику J305. Його друкована плата має габарити 135 мм x 75 мм, що робить пристрій зручним для носіння в руці чи транспортування в сумці. Завдяки низькому енергоспоживанню забезпечується автономна робота від акумулятора протягом кількох місяців.

Пристрій оснащений інтуїтивними органами керування: однією кнопкою для вибору режимів і іншою для обнулення таймера. Додатково реалізовано звукову сигналізацію, яка спрацьовує при перевищенні допустимого рівня радіації (5 мікрозіверт/год), дозволяючи користувачеві негайно реагувати на небезпеку.

У цьому розділі проводиться оцінка вартості розробленого пристрою. Для початку здійснюється розрахунок витрат на основі вартості придбаних компонентів і готових модулів, що входять до складу пристрою. Перелік цих елементів формується відповідно до специфікації, поданої в таблиці.

Таблиця 2.1. Розрахунок відомості покупних комплектуючих елементів

Найменування, тип, модель	Од.вим	Кількість	Ціна, грн.	Вартість комплектуючих
Мікросхема DD1	шт.	1	200.00	200.00
Мікросхема HG1	шт.	1	150.00	150.00
Мікросхема DD2	шт.	1	10.00	10.00
Резистор R1, R4, R5, R8	шт.	4	20.00	80.00
Резистор R2, R3, R6, R7, R9, R10	шт.	6	10.00	60.00
Діод VD1 -VD5	шт.	5	5.00	25.00
Діод VD6 – VD9	шт.	4	7.00	28.00
Світлодіод HL1	шт.	1	15.00	15.00
Конденсатор C1, C2, C5, C7, C12, C15, C16	шт.	7	2.00	14.00
Конденсатор C3, C6, C8, C17	шт.	4	3.00	12.00
Конденсатор C4, C9	шт.	2	5.00	10.00
Конденсатор C10, C11, C13, C14	шт.	1	4.00	4.00
Загальна вартість покупних комплектуючих елементів				615,00
Транспортні витрати (10%)				61,5
Всього (Впк)				676,5

Оскільки розроблюваний виріб належить до категорії радіоелектронного обладнання, при розрахунку собівартості враховано такі питомі показники:

- сировинні матеріали ( $\alpha_m$ ) – 20%,
- купівельні вироби та напівфабрикати ( $\alpha_{pk}$ ) – 62%,
- основна заробітна плата ( $\alpha_{озп}$ ) – 18%.

Таблиця 2.2. Калькуляція планової собівартості

Найменування статті витрат	Значення статті, грн.	Розрахунок
1. Сировина та матеріал	322.55	$V_m = \alpha_m * V_{pk}/\alpha_{пи}$ $V_m = 0,2 * 999,9 / 0,62$
2. Комплектуючі вироби та покупні напівфабрикати	999.9	$V_{pk} = \text{см.табл.2.1}$ 999.9
3. Основна заробітна плата	290.29	$V_{озп} = \alpha_{озп} * V_{pk}/\alpha_{пи}$ $V_{озп} = 0,18 * 999,9 / 0,62$
4. Додаткова заробітна плата	116.12	$V_{дз} = 0,4 * V_{озп}$ $V_{дз} = 0,4 * 290,29$
5. Відрахування о єдиного соцфонду	89.41	$V_{ес} = (V_{озп} + V_{дз}) * 0,22$ $V_{ес} = (290,29 + 116,12) * 0,22$
6. Загально-виробничі витрати	261.26	$V_{заг.вир} = (0,8 \dots 1,5) * V_{озп}$ $V_{заг.вир} = 0,9 * 290,29$
7. Виробнича собівартість	2079.53	$S_{вир} = \sum V = 322,55 + 999,9 + 290,29 + 116,12 + 89,41 + 261,26$
8. Адміністративні витрати	62.79	$V_a = V_{озп} * 0,3$ $V_a = 0,3 * 290,29$
9. Витрати на збут	41.59	$V_{зб} = S_{вир} * 0,02$ $V_{зб} = 2079,53 * 0,02$
10. Інші операційні витрати	20.79	$V_{оп} = S_{вир} * 0,01$ $V_{оп} = 2079,53 * 0,01$
Повна собівартість	2204.7	$S_{пов.} = \sum 3$ $S_{пов.} = 2079,53 + 62,79 + 41,59 + 20,79$

Розмір планового прибутку, що включається у ціну, визначаємо по формулі:

$$П = (S_{пов} * p) / 100\% = 1506,86 * 10 / 100 = 150,69 \text{ грн.} \quad (2.1)$$

де  $p$ -планова рентабельність продукції (10%...30%).

Оптову ціну виробу визначаємо по формулі:

$$C_o = S_{пов} + П = 1506,86 + 150,69 = 1657,55 \text{ грн.} \quad (2.2)$$

Ціну реалізації виробу встановлюємо із урахуванням ПДВ:

$$C_p = C_o + Пз,$$

					<b>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

де  $P_z$  – податкове зобов'язання із ПДВ:

$$P_z = C_o * 0,2 = 1657,55 * 0,2 = 331,51 \text{ грн.}$$

Звідси:

$$C_p = 1657,55 + 331,51 = 1989,06 \text{ грн.}$$

За даними таблиці 2.2 отримана повна собівартість визначає загальні витрати на виробництво однієї одиниці продукції для розрахункового року. Далі пропонується прогноз обсягів продажів цієї продукції на етапі життєвого циклу, що позначається як «Виробництво», з розподілом прогнозованих продажів на протязі чотирьох років. Основні етапи виробничого процесу відображені на рис. 2.1.

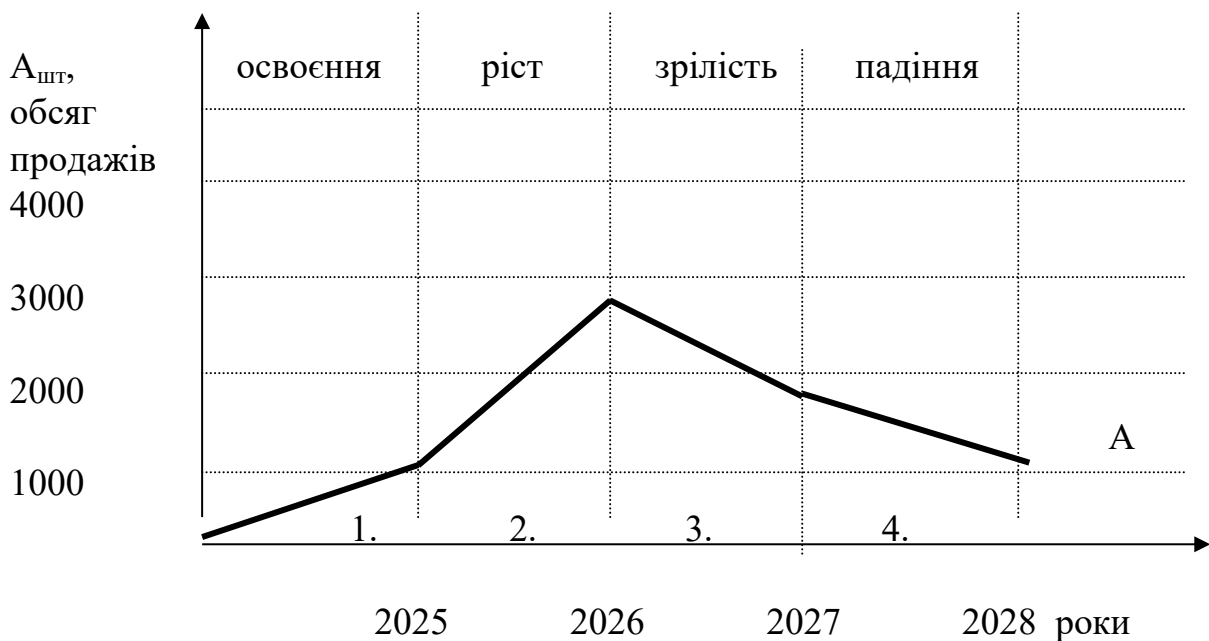


Рисунок 2.1. Роки та зони розрахункового періоду

В 2025 році обсяг продажів передбачається у розмірі 1000 шт. під замовлення.

При зростанні обсягів виробництва спостерігається ефект масштабування, який впливає на зменшення собівартості. Коригування витрат здійснюється за формулою:

$$C_{pi} = C_{pi} \left( \frac{A}{A} \right)^{0.23}_{i=1}, \quad (2.3)$$

Де  $A_i$  – обсяг продажів (виробництва) у 1 рік розрахункового періоду, шт.;

$A_{i+1}$  – обсяг продажів (i+1)-го року, шт.;

0,23 – показник ступеня, це характеризує вплив росту обсягів виробництва на собівартість продукції.

Звідси випливає, це

$$C_{2025} = 1506,86 \text{ грн.}$$

$$C_{2026} = C_{2025} * (1000/3000)^{0,23} = 1506,86 * (1000/3000)^{0,23} = 1160,28 \text{ грн.}$$

При відсутності росту обсягів виробництва, тобто якщо обсяг продажів чи не змінюється чи зменшується у наступному році, витрати виробництва приймаються на рівні попереднього року.

$$C_{2028} = C_{2027} = C_{2026} = 1160,28 \text{ грн}$$

Плановий прибуток, це включається у оптову ціну підприємства, задля наступного року при збільшенні обсягу продажів, визначаємо по формулі:

$$P_{i+1} = C_{ni+1} * \frac{P}{100} \quad (2.4)$$

Звідси:

$$P_{2025} = 150,69 \text{ грн}$$

$$P_{2026} = P_{2027} = P_{2028} = 1160,28 * 0,1 = 116,03 \text{ грн.}$$

Оптову ціну підприємства у наступні роки розрахункового періоду визначаємо по формулі:

$$C_{o_{i+1}} = C_{ni+1} + P_{i+1} \quad (2.5)$$

Звідси:

$$C_{2025} = 1657,55 \text{ грн.}$$

$$C_{2026} = C_{2027} = C_{2028} = 1160,28 + 116,03 = 1276,31 \text{ грн}$$

Податкове зобов'язання визначається по формулі:

$$Pz_{i+1} = C_{o_{i+1}} * 0.2 \quad (2.6)$$

Звідси:

$$Pz_{2025} = 331,51 \text{ грн.}$$

$$Pz_{2026} = Pz_{2027} = Pz_{2028} = 1276,31 * 0,2 = 255,26 \text{ грн.}$$

					<b>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ціну реалізації одиниці продукції у наступні роки визначаємо по формулі:

$$C_{P_{i+1}} = C_{O_{i+1}} + ПЗ_{i+1} \quad (2.7)$$

Звідси:

$$C_{p2025} = 1989,06 \text{ грн.}$$

$$C_{p2026} = C_{p2027} = C_{p2028} = 1276,31 + 255,26 = 1531,57 \text{ грн.}$$

Вартісну оцінку результатів за розрахунковий період ( $P_T$ ) визначаємо по формулі:

$$P_T = \sum_{i=t_p}^{t_k} A_i * C_{P_i} * \alpha_i \quad (2.8)$$

де  $t_p$ ,  $t_k$  – відповідно розрахунковий і кінцевий рік розрахункового періоду;

$C_{P_i}$  – ціна реалізації в  $i$ -тім році, грн.;

$A_i$  – обсяг продажів у  $i$ -тім році, грн.;

$\alpha_i$  – коефіцієнт, що включає фактор часу, тобто коефіцієнт приведення різночасних витрат і результатів до розрахункового року.

Для оцінки фінансової ефективності виробництва протягом 4 років застосовано метод приведення майбутніх доходів до поточної вартості за допомогою коефіцієнтів дисконтування.

Таблиця 2.3. Розрахунок вартісної оцінки результатів

Найменування показника	Позначення	Розрахунок виробничого періоду			
		1-й	2-й	3-й	4-й
Обсяг продажів, шт	$A_i$	1000	3000	2000	1000
Ціна реалізації, грн.	$C_{P_i}$	1989,06	1531,57	1531,57	1531,57
Вартісна оцінка результатів, млн. грн.	$A_i * C_{P_i}$	1,989	4,594	3,063	1,531
Коефіцієнт, що враховує фактор часу	$\alpha_i$	0.91	0.83	0.75	0.68
Вартісна оцінка результатів з урахуванням фактора часу, млн. грн.	$A_i * C_{P_i} * \alpha_i$	1,809	3,813	2,297	1,041

Виробництво дає змогу одержати дохід за 4 роки 9,041 млн. грн.

## 3 РОЗДІЛ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Забезпечення здорового та безпечного робочого середовища є ключовим завданням керівництва підприємств, установ і організацій. Адміністрація несе відповідальність за впровадження сучасних заходів охорони праці, що мінімізують ризики виникнення травм і сприяють створенню комфортних санітарно-гігієнічних умов. Це, своєю чергою, допомагає запобігти професійним захворюванням і забезпечує сприятливі умови для продуктивної діяльності співробітників.

При розробці пристрою для вимірювання радіації на базі лічильника J305 важливо враховувати специфіку робочого процесу. Особливу увагу слід приділити організації робочого місця для паяння, адже правильний підхід до цього аспекту забезпечує не лише ефективність виконання завдань, а й зменшує потенційні ризики для здоров'я працівника.

### 3.1 Аналіз шкідливих та ризикових факторів

При проведенні паяльних робіт співробітники піддаються впливу низки шкідливих та небезпечних чинників, що виникають при використанні спеціалізованих інструментів. Серед основних факторів ризику слід відзначити:

- роботу з комп'ютерною та електротехнічною апаратурою,
- недостатню освітленість робочої зони,
- психоемоційні навантаження,
- високий рівень шуму,
- недостатню вентиляцію приміщення,
- порушення правил пожежної безпеки тощо.

### 3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

Для безперебійного, безпечного та якісного виконання паяльних робіт необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки та організувати робоче місце оптимальним чином. Це означає, що всі інструменти та матеріали для паяння мають бути систематизовано розміщені, а роботи виконувати у заздалегідь підготовлених зонах, де мінімізовано вплив зовнішніх факторів.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри мікроклімату робочої зони повинні відповідати вимогам санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99).

Рівень шуму має не перевищувати встановлених норм щодо виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (ДСН 3.3.6.037-99).

Допустимі показники вібрації на робочих місцях зумовлені державними санітарними нормами загальної та локальної виробничої вібрації (ДСН 3.3.6.039-99).

Вимоги до рівнів електромагнітних полів визначені державними санітарними нормативами і правилами, затвердженими наказом МОЗ України від 18.12.2002 № 476.

### **3.3 Вимоги до організації робочого місця працівника**

Згідно зі ст. 13 Закону України «Про охорону праці» (від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ), роботодавець зобов'язаний забезпечити створення належних умов праці в кожному структурному підрозділі відповідно до чинних нормативно-правових актів та організувати лабораторні дослідження робочого середовища.

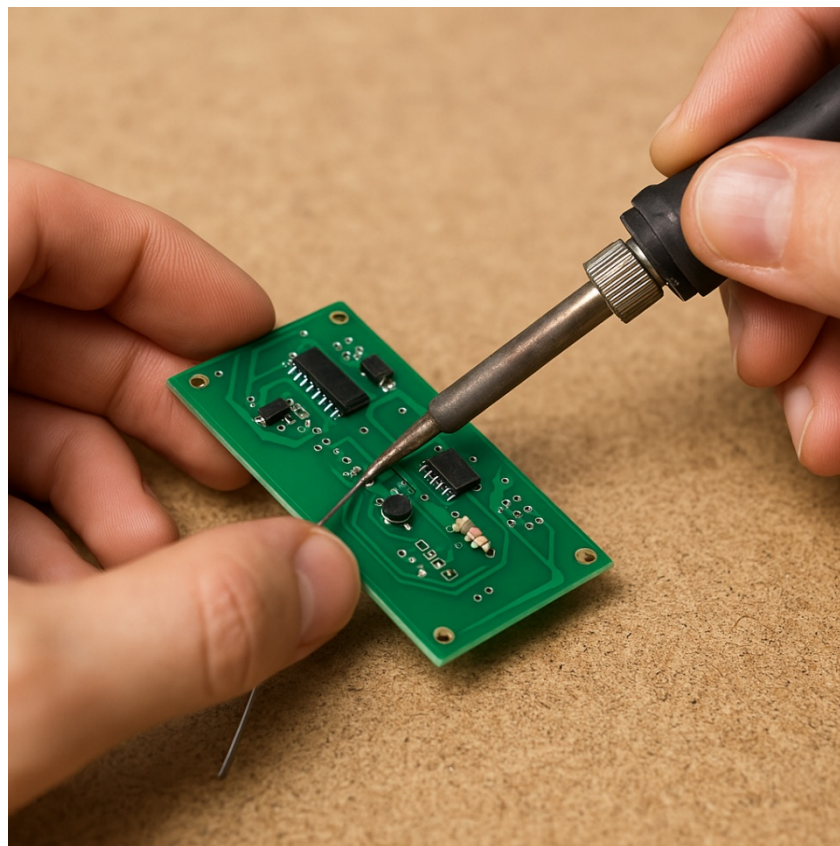


Рисунок 3.1. Процес паяння пристрою

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Паяння використовується для з'єднання заготовок зі сталі, кольорових металів і їх сплавів, а також для створення з'єднань із зазначених матеріалів. Найчастіше ця технологія застосовується в електромонтажних роботах, монтажі контрольно-вимірювальних приладів, виробництві радіо- та електроприладів, створенні теплових обмінників, а також у технологічних процесах, де використовують вироби з армованих пластин з твердих сплавів.

У виробничих приміщеннях концентрація шкідливих речовин не повинна перевищувати гранично допустимих значень, визначених відповідними стандартами (наприклад, ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони»).

Працівники, залучені до паяльних робіт, повинні мати забезпечення засобами індивідуального захисту, а також профілактичними засобами у вигляді захисних кремів, паст чи спеціального лікувально-профілактичного харчування.

Роботодавець повинен організувати:

Організувати проведення попередніх медичних оглядів (при прийнятті на роботу) та регулярних періодичних оглядів відповідно до затвердженого порядку МОЗ України (наказ від 21.05.2007 № 246).

Провести атестацію робочих місць за умовами праці відповідно до встановлених норм (відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 01.08.1992 № 442).

У разі необхідності розробити і впровадити заходи з мінімізації шкідливого впливу виробничих чинників на здоров'я співробітників.

### **3.4 Електробезпека**

Обладнання, таке як персональні комп'ютери, периферійні пристрої, апаратура управління, контрольно-вимірювальні прилади та освітлювальні засоби, а також електропроводи і кабелі, мають відповідати класифікаційним вимогам за зоною застосування та бути обладнаними захисними елементами для запобігання коротким замиканням та іншим аварійним ситуаціям.

Лінія електропостачання для ПК і периферії повинна формувати окрему групову мережу з трьома провідниками: фазовим, робочим нульовим та захисним

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

нульовим. При цьому нульовий захисний провід використовується виключно для заземлення апаратів, а його функціональність не може дублювати робочий нульовий провід. Він прокладається окремо від робочої лінії від групового розподільника до електроживильних розеток, причому недопустиме підключення обох провідників до одного контактного затискача.

Основними причинами травмування електричним струмом є:

- прямий контакт з відкритими проводами,
- взаємодія з внутрішніми компонентами комп'ютера,
- використання несправного обладнання,
- відмова засобів захисту, з якими контактує користувач,
- непередбачене виникнення напруги через пошкодження ізоляції.

Для ефективного запобігання ураження струмом необхідно:

- суворо дотримуватись інструкцій з виконання робіт і правил експлуатації обладнання,
- забезпечувати недоступність частин пристроїв, що працюють під високою напругою, для оператора,
- використовувати високоякісні ізоляційні матеріали, товщина яких відповідає вимогам безпеки,
- підключати електроживлення через спеціально обладнані розетки з функцією занулення,
- розраховувати споживану потужність для запобігання перевантаженням,
- здійснювати надійне заземлення всіх металевих корпусів, доступних для оператора.

### 3.5 Пожежна безпека

Виробничі приміщення, технологічні установки та будівлі повинні бути обладнані першоджерельними засобами пожежогасіння, до яких належать:

- вогнегасники,
- контейнери з піском,

					<b>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- негорючі покривала з теплоізоляційного матеріалу,
- високоміцні тканинні вироби тощо.

Ці засоби повинні відповідати нормативним вимогам, затвердженим документами з технологічного проектування та Правилами пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.О1.001-2014). Вогнегасники слід встановлювати в легкодоступних, добре помітних місцях (наприклад, в коридорах, біля входів та виходів або у зонах підвищеного ризику виникнення пожежі), захищаючи їх від прямого сонячного випромінювання та впливу опалювальних приладів. Розміщення вогнегасників має забезпечувати їхнє повне відкриття, причому вони встановлюються не вище 1,5 м від підлоги та на безпечній відстані від дверей.



Рисунок 3.2. Засоби пожежогасіння

Також засоби пожежогасіння (рис.3.2) не повинні заважати евакуації персоналу. Виробничі приміщення повинні забезпечуватись запасними виходами, а двері до них мають бути позначені зрозумілими освітленими написами, наприклад, «Запасний вихід». План евакуації повинен бути розміщений у видному місці біля основного виходу.

## ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті виконано розробку побутового пристрою для вимірювання радіації на базі лічильника J305. Розроблено структурну та принципову електричні схеми пристрою, здійснено вибір елементної бази та проведено розрахунок вузлів схеми. Створено топологію друкованої плати в САПР P-CAD та макет монтажної плати в САПР Компас.

Основою пристрою є газонаповнений лічильник J305, який генерує імпульси, пропорційні кількості частинок іонізуючого випромінювання. Мікроконтролер проводить підрахунок цих імпульсів, визначає дозу випромінювання та відображає її на індикаторі. Діапазон вимірювання розробленого приладу становить від 0,1 до 10 мікросіверт/год ( $\mu\text{Sv/h}$ ) з точністю  $\pm 10\%$ .

Розміри пристрою були оптимізовані для зручності використання як у стаціонарних умовах, так і для мобільного вимірювання. Розроблена друкована плата пристрою має компактні розміри 135мм x 75 мм, що дозволить зручно тримати його у руці або переносити у сумці. Невелике енергоспоживання пристрою забезпечить тривалу автономну роботу від акумулятора протягом декількох місяців. Пристрій має зручні органи керування, включаючи одну кнопку для перемикавання режимів та одну кнопку для обнулення лічильника часу. Також реалізована звукова індикація, яка спрацьовує при перевищенні встановленої норми радіації, що становить 5 мікросіверт/год ( $\mu\text{Sv/h}$ ), що дозволить користувачу негайно реагувати на підвищений рівень радіації.

Пристрій підтримує можливість модифікації програмного забезпечення, що дозволить реалізувати додаткові функції, такі як інтеграція GPS-модуля та підв'язка до Google Maps для візуалізації фону в місцевості, де знаходиться датчик. Це забезпечує гнучкість та розширення функціоналу пристрою в майбутньому.

Перевірка роботи схеми у NI Multisim та Proteus показала, що пристрій коректно працює, що свідчить про успішну реалізацію принципової електричної схеми та програми мікроконтролера PIC16F628A пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305.

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Заец, Баландін І.Ю., Капітонова Ю.М., Бондаренко А.М. Основи мікроконтролерної техніки. – К.: Наукова Думка, 2018. – 384 с.
2. Лазебний О.В., Кучерявий В.П. Програмування мікроконтролерів сімейства PIC. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2017. – 256 с.
3. Бондаренко О.В., Шевченко С.М. Радіаційне вимірювання та радіаційна безпека. – Х.: ХНУ, 2019. – 312 с.
4. Гайдай М.І., Суховій О.В. Вимірювальні системи для контролю радіаційного фону. – Дніпро: ДНУ, 2020. – 288 с.
5. Ситаренко С.В., Лисенко В.О. Основи проектування друкованих плат. – К.: Техніка, 2018. – 344 с.
6. Кравець В.М. САПР в електроніці: проектування друкованих плат. – Львів: НУ "Львівська політехніка", 2019. – 298 с.
7. Мурашко О.О. Програмування мікроконтролерів на мовах C та Assembler. – К.: Видавництво КНУ, 2016. – 330 с.
8. Ковальчук В.М. Інтегроване середовище розробки MPLAB X IDE. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 310 с.
9. Бойко О.С., Романчук В.В. "Електронні засоби вимірювання іонізуючого випромінювання". – К.: Видавництво "Освіта", 2018. – 276 с.
10. Кравчук С.В. "Автономні вимірювальні прилади". – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 248 с.
11. Іванченко П.П. "Основи радіоелектроніки". – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 320 с.
12. Шевченко О.М., Козак В.В. "Інформаційні технології у вимірювальних системах". – Одеса: ОНПУ, 2019. – 310 с.
13. Климів М.М. "Цифрові вимірювальні прилади". – Запоріжжя: ЗНУ, 2021. – 304 с.
14. Microchip Technology Inc. PIC16F628A Datasheet. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F628A>

					<i>КС 58. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

# ДОДАТОК А. Програма для мікроконтролера PIC16F628A

```
//*****  
// Ver. 1.1 17/05/2025  
//*****  
  
#include <xc.h>  
#define _XTAL_FREQ 2000000  
// Конфігураційні біти  
#pragma config FOSC = INTRCIO  
#pragma config WDTE = OFF  
#pragma config PWRTE = ON  
#pragma config MCLRE = OFF  
#pragma config BOREN = ON  
#pragma config LVP = OFF  
#pragma config CPD = OFF  
#pragma config CP = OFF  
// Ініціалізація змінних та регістрів  
unsigned char REZULT[50];  
unsigned char FSR = 0;  
unsigned char KONTR_REG = 0;  
unsigned char KONTR_IND_REG = 0;  
// Прототипи функцій  
void init();  
void LCD_init();  
void LCD_display(unsigned char value);  
void measure_radiation();  
void save_results();  
void handle_interrupts();  
// Головна функція  
void main() {  
    init();  
    LCD_init();  
  
    while(1) {  
        measure_radiation();  
        save_results();  
        __delay_ms(1000); // Очікування між вимірюваннями  
    }  
}  
// Функція ініціалізації  
void init() {  
    // Налаштування портів  
    TRISA = 0x04; // GP2 як вхід  
    TRISB = 0x00; // Всі порти B як виходи  
    // Ініціалізація таймера  
    T1CON = 0x31; // Включення таймера1  
    // Ініціалізація переривань  
    INTCON = 0xC0; // Включення глобальних та периферійних переривань  
    PIE1 = 0x01; // Включення переривань від таймера1  
    OPTION_REG = 0x07; // Включення переривань від порту GP3  
}  
// Функція ініціалізації LCD
```

```

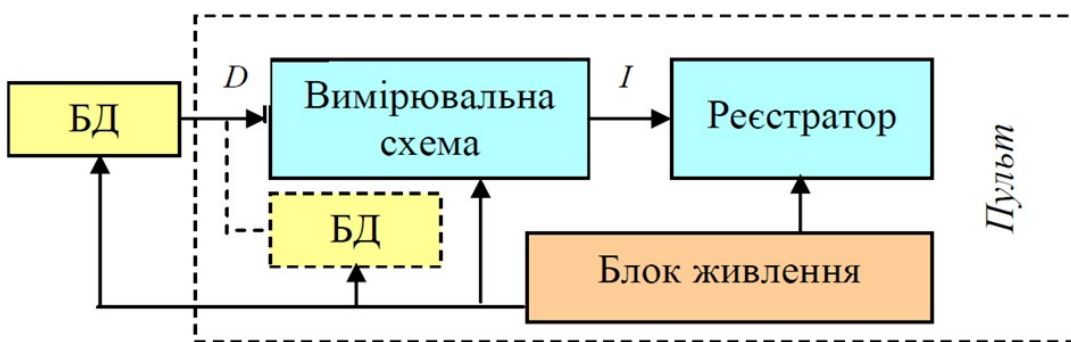
void LCD_init() {
    // Команди ініціалізації LCD
    LCD_command(0x38); // Режим 8-біт, 2 рядки
    LCD_command(0x0C); // Включення дисплея, курсора немає
    LCD_command(0x06); // Автоперехід курсора
}
// Функція відображення на LCD
void LCD_display(unsigned char value) {
    LCD_command(0x80); // Початок першого рядка
    LCD_data(value);
}
// Функція вимірювання рівня радіації
void measure_radiation() {
    unsigned char count = 0;
    // Запуск таймера на 1 секунду
    TMR1 = 0;
    TMR1ON = 1;
    // Опитування лічильника J305
    while (!TMR1IF) {
        if (GP2 == 1) {
            count++;
            while (GP2 == 1);
        }
    }
    TMR1ON = 0;
    TMR1IF = 0;
    // Збереження результатів вимірювання
    REZULT[FSR] = count;
    FSR++;
    if (FSR >= 50) FSR = 0;
}
// Функція збереження результатів у EEPROM
void save_results() {
    for (unsigned char i = 0; i < 50; i++) {
        EEADR = i;
        EEDATA = REZULT[i];
        WREN = 1;
        EECON2 = 0x55;
        EECON2 = 0xAA;
        WR = 1;
        while (WR);
        WREN = 0;
    }
}
// Функція обробки переривань
void __interrupt() ISR() {
    if (TMR1IF) {
        TMR1IF = 0;
        KONTR_IND_REG |= 0x01; // Обробка перепоовнення таймера
    }
    if (GPIF) {
        GPIF = 0;
        KONTR_REG |= 0x01; // Обробка натискання кнопки
    }
}
}

```

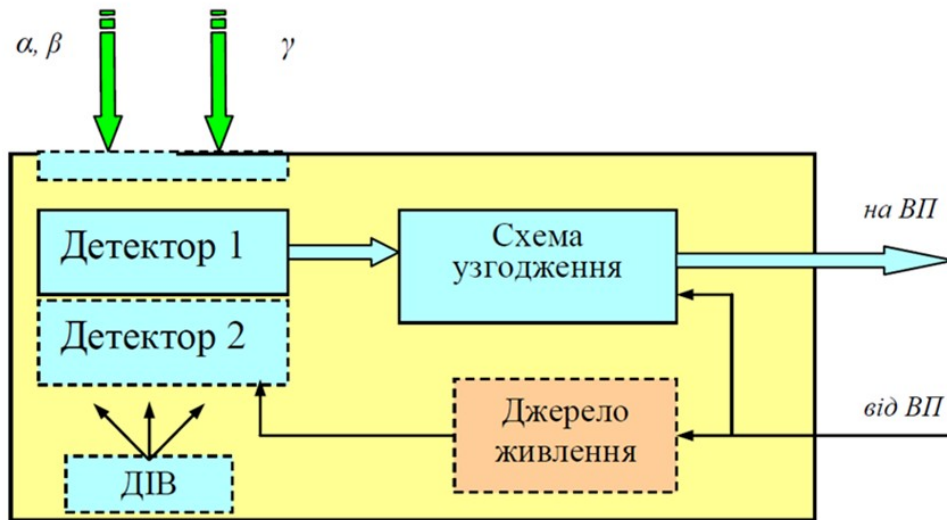


**Розробка побутового пристрою  
вимірювання радіації на базі  
лічильника J305**

Жуков Михайло, гр.4КС-58



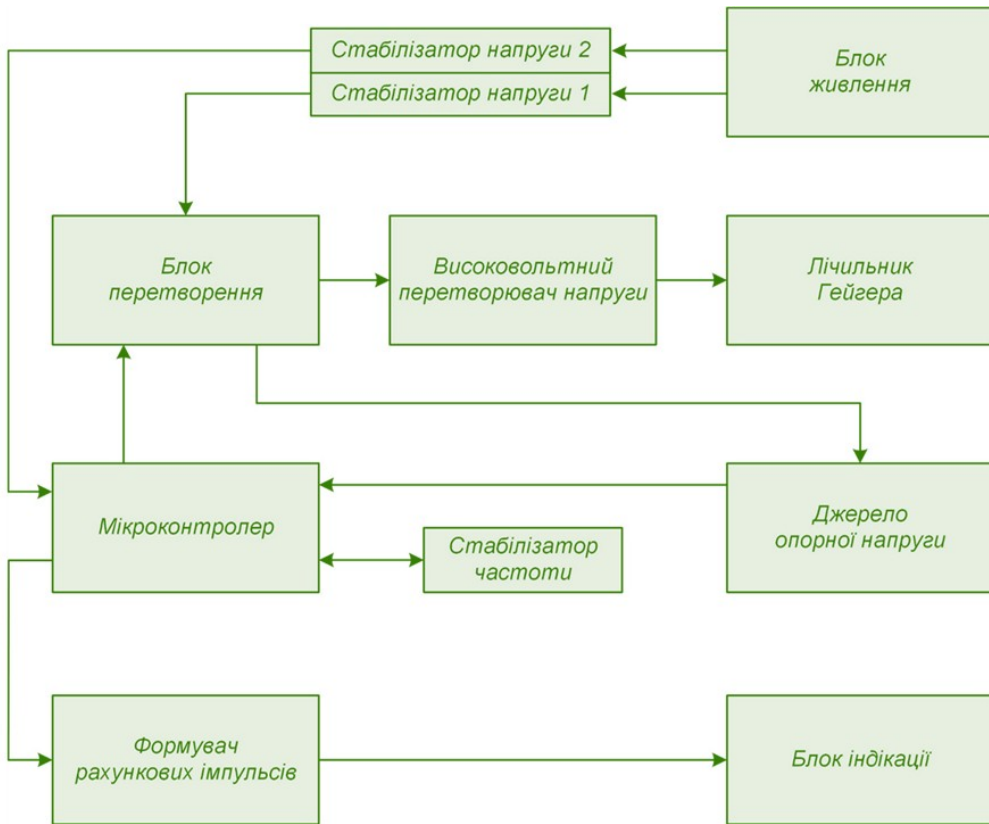
Спрощена структурна схема приладу  
вимірювання рівня радіації



Структурна схема блоку детектування

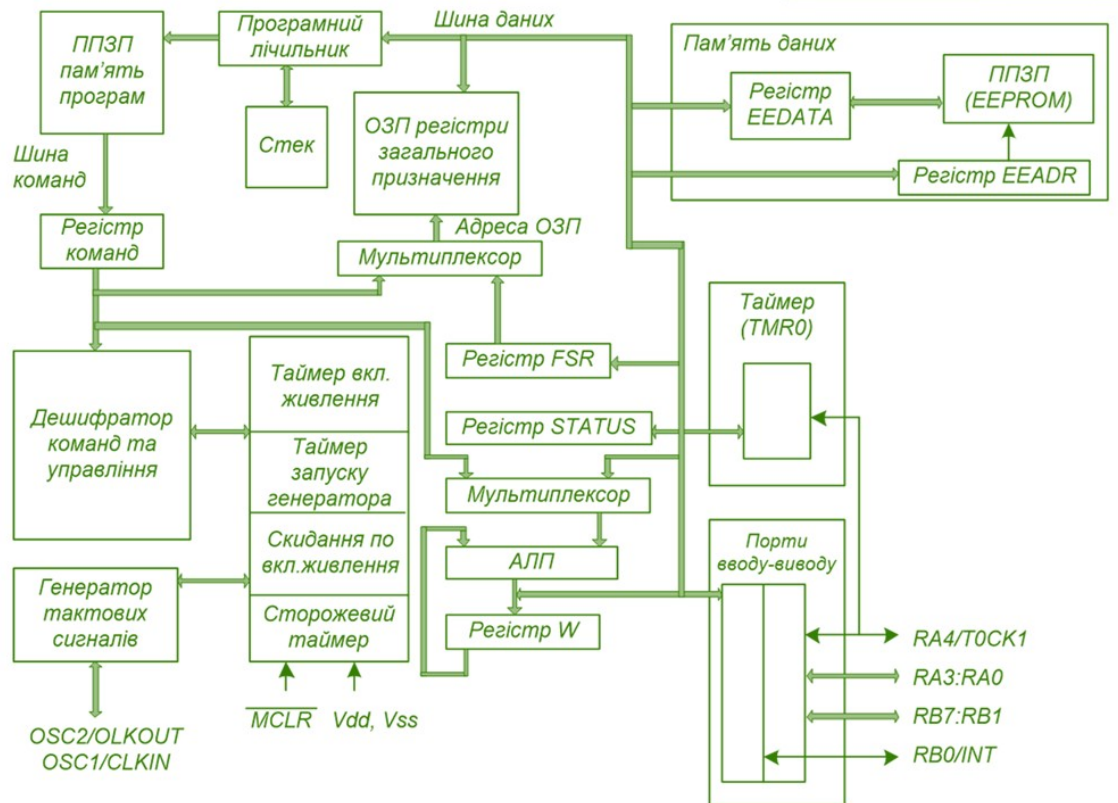


Конструкція лічильника Гейгера-Мюллера J305

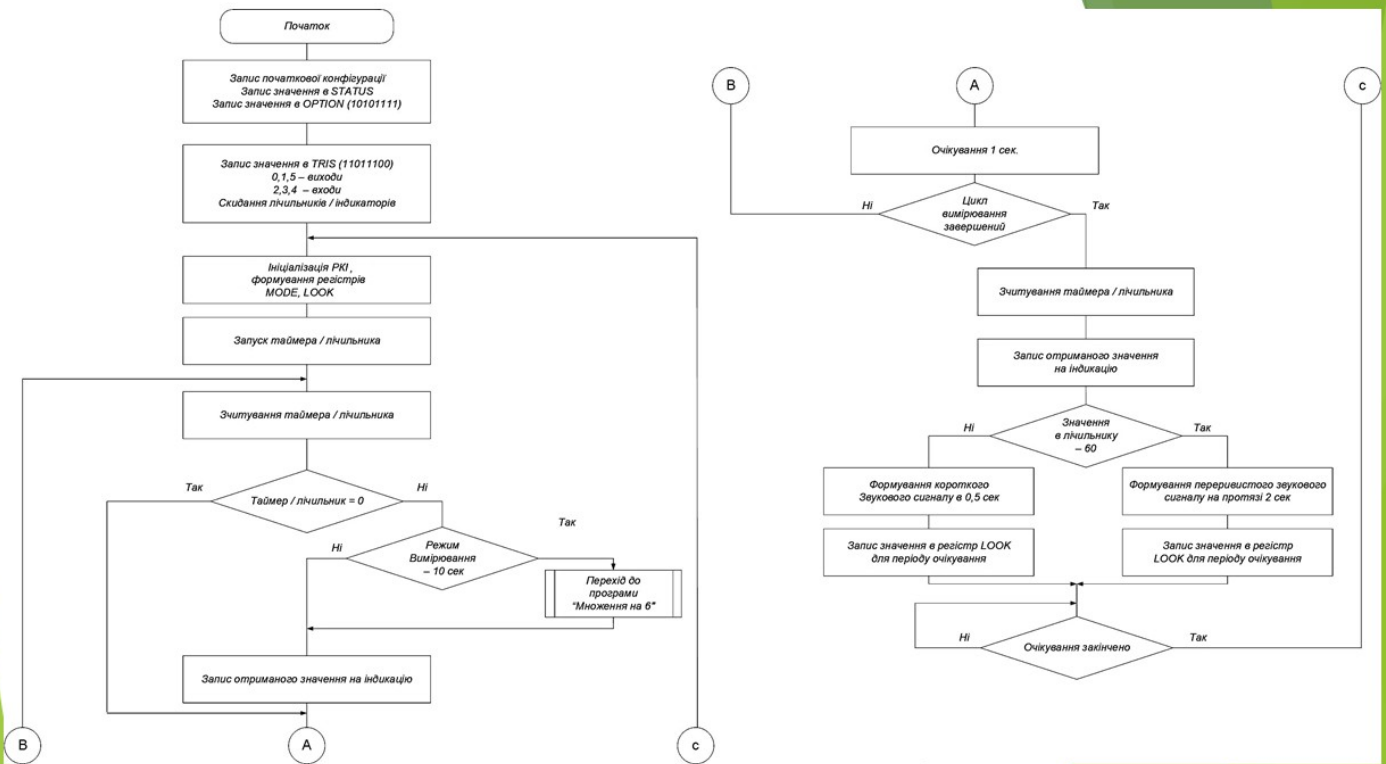


Структурна  
схема  
побутового  
пристрою  
вимірювання  
радіації  
на базі  
лічильника J305

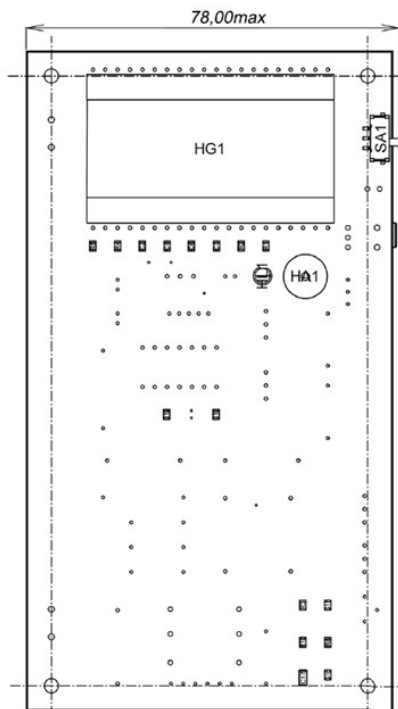
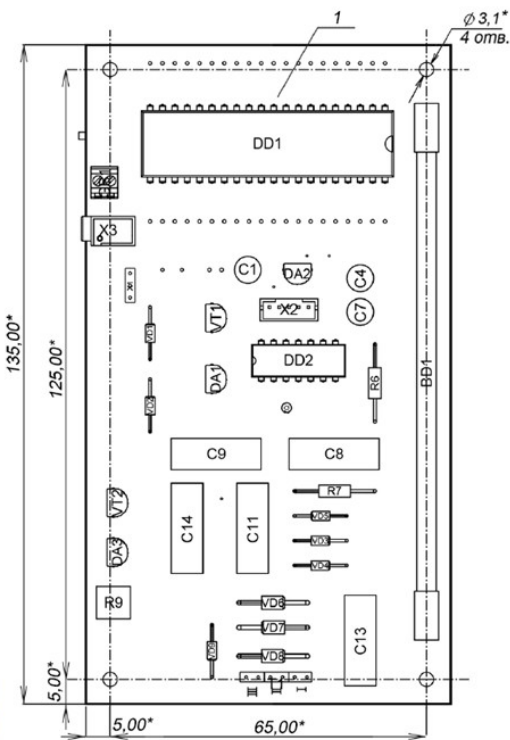
Структурна  
схема мікро-  
контролера  
PIC16F628A





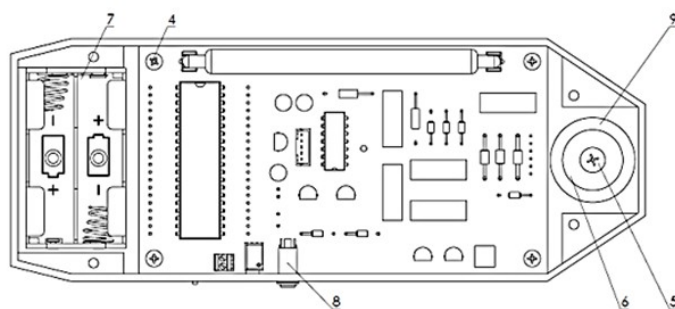
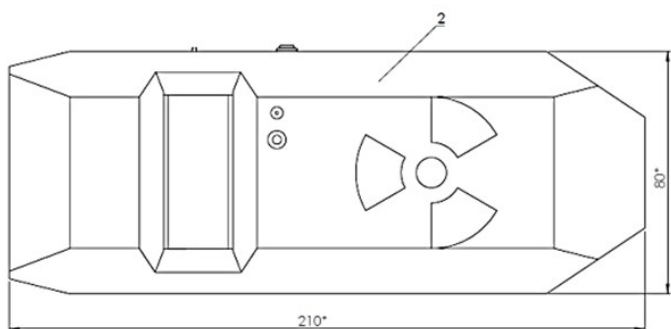
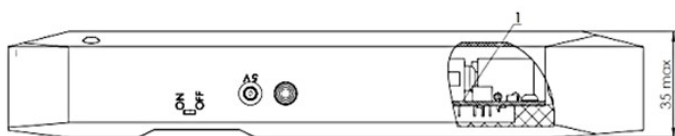
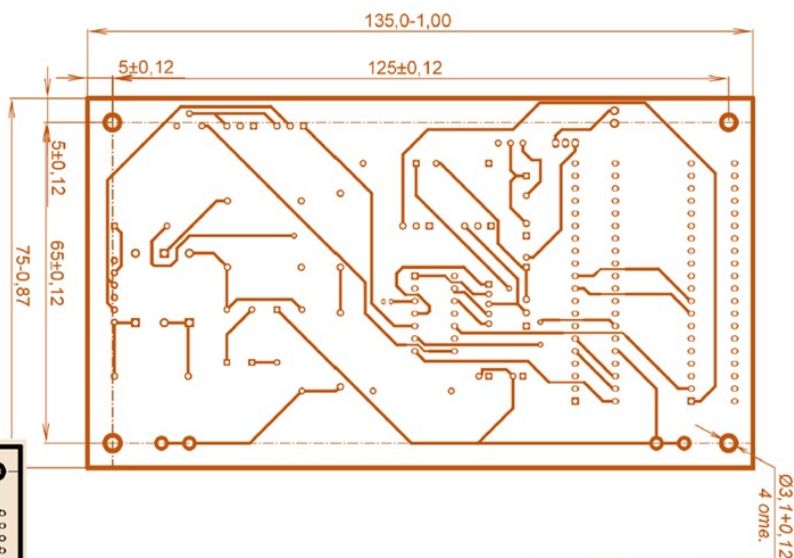
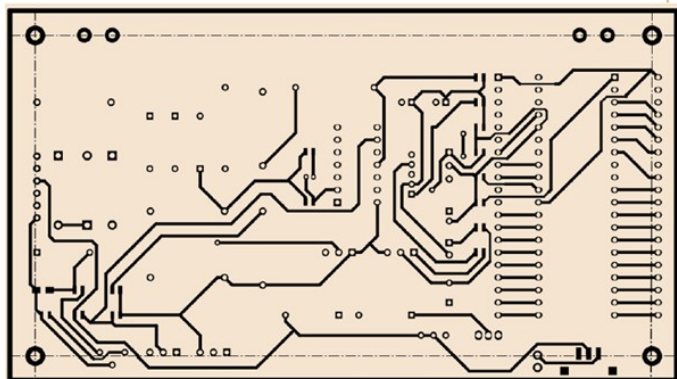


БСА зберігання та обробки результатів вимірювання в мікроконтролері PIC16F628A



Розроблений у  
P-CAD макет  
монтажної  
плати пристрою  
вимірювання  
радіації на базі  
лічильника J305

Розроблений у P-CAD макет  
друкованої плати  
(двосторонньої) пристрою  
вимірювання радіації на  
базі лічильника J305



Розроблений у САПР Компас макет корпусу для  
пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305

**РЕЦЕНЗІЯ**

на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти  
відділення комп'ютерних систем

*Жукова Михайла Владленовича*

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Шувалова Ірина Олегівна

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Розробка побутового пристрою  
вимірювання радіації на базі лічильника J305

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 81 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 12 аркушів (слайдів)

**ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)**

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту завданню

*Представлений дипломний проект відповідає затвердженій темі та виконаний відповідно технічному завданню. Дипломний проект присвячений розробці пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305, а також його програмного забезпечення, і складається з пояснювальної записки та мультимедійної презентації з відповідними схемами.*

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту

*Пояснювальна записка складається з основного розділу (Аналіз принципів роботи дозиметричних приладів; Огляд характеристик побутових приладів-дозиметрів; Аналіз схемотехнічних рішень; Розробка структурної схеми; Розробка принципової електричної схеми; Обґрунтування вибору елементної бази; Розробка друкованої плати; Розробка програмного забезпечення), економічного розділу, розділу охорони праці та додатків. Перелічені розділи поетапно охоплюють розробку, виконані докладно та обґрунтовано.*

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту

*Графічна частина складається з 12 слайдів мультимедійної презентації, виконаної у програмному продукті MS PowerPoint, які містять структурні, принципові та функціональні схеми, фото моделі тестеру, блок-схеми алгоритмів, передбачені технічним завданням. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм. Якість виконання пояснювальної записки відмінна, розробку виконано у повному обсязі.*

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту Кожен компонент пристрою обґрунтовано за електричними, габаритними та ринковими критеріями; є порівняння з СБМ-20. Передбачено живлення від зовнішнього джерела 5-15 V. Показано P-CAD трасування, обґрунтовані ширини доріжок, відстані, вибір FR-4; описано технологічний розрахунок. Вбудовано звукову/світлову сигналізацію, фізичні органи управління.

д) основні недоліки дипломного проекту Не наведено реальних калібрувальних кривих чи порівняння показів із сертифікованим дозиметром; точність заявлена теоретично. Не оцінено нагрів елементів HV-конвертера і J305 при довготривалій роботі, не наведено термостабілізаційних заходів.

Оцінка розрахункової частини Добре  
Оцінка графічної частини Відмінно  
Загальна оцінка Добре

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента к.т.н. Шibaєва Наталя Олегівна

Місце роботи і посада рецензента Національний університет «Одеська політехніка», доцент кафедри інформаційних технологій



**ВІДГУК**

керівника на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти  
відділення комп'ютерних систем

*Жукова Михайла Владленовича*

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

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

Тема дипломного проекту: Розробка побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305

**ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка містить 81 сторінки. У пояснювальній записці виконано опис етапів розробки приладу побутового пристрою для вимірювання радіації на базі лічильника J305 та мікроконтролера, а також його програмного забезпечення. Графічна частина складається з 12 слайдів мультимедійної презентації, які також містять креслення, передбачені технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та графічної частини добра, розробку виконано в повному обсязі.

б) самостійність роботи над проектом: Протягом всього строку дипломного проектування та переддипломної практики здобувач освіти Жуков М.В. поступово та послідовно виконував всі етапи розробки. Всі роботи здобувач освіти виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Жуков М.В. під час роботи над дипломним проектом вивчив достатню кількість літературних джерел та матеріалів за даною тематикою.

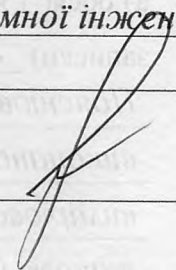

Вважаю, що теоретична підготовка дипломника добра і він готовий до захисту дипломного проекту

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання  
Під час дипломного проектування здобувач освіти Жуков М.В. мав змогу самостійно приймати окремі рішення з реалізації принципової електричної схеми пристрою та показав вміння організовано працювати над поставленим завданням, складати креслення та розрахунки за допомогою сучасних комп'ютерних програмних засобів та САПР, таких як NI Multisim, Compass, Mathcad, P-CAD.

Оцінка розрахункової частини	<u>Добре</u>
Оцінка графічної частини	<u>Відмінно</u>
Загальна оцінка	<u>Добре</u>

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту Шувалова Ірина Олегівна

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту ВСП "Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ", викладач спецдисциплін комісії комп'ютерних технологій та програмної інженерії

Підпис   
«16»  2025 р.

**ДОЗВІЛ  
НА РОЗМІЩЕННЯ  
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
(ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ)  
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

**Жуков М.В.,**  
здобувач освіти гр. 4КС-58, та

**Шувалова І.О.,**  
керівник дипломного проекту,


не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до дипломного проекту фахового молодшого бакалавра на тему:

***«Розробка побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305» (автор роботи – Жуков М.В., керівник роботи – Шувалова І.О.)***

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2025 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець



/ Жуков М.В. /

Керівник



/ Шувалова І.О. /

«16» червня 2025 р.

# ДОВІДКА

циклової комісії КТ та ПІ  
про допуск до захисту дипломного проекту  
здобувача (здобувачки) освіти ІV курсу  
відділення комп'ютерних систем групи 4КС-58

*Жукова Михайла Владленовича*

на тему *Розробка побутового пристрою вимірювання радіації*  
*на базі лічильника J305*

Висновок відповідальної особи за проведення нормоконтролю:

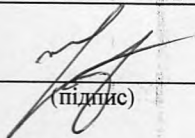
*пояснювальна записка до дипломного проекту виконана з несуттєвими*  
*порушеннями ДСТУ та оформлена відповідно до вимог Положення про*  
*дипломне проектування*

  
(підпис)

16.06.2025  
(дата)

Петрашова В.І.  
(П.І.Б.)

Висновок відповідальної особи за перевірку роботи на наявність академічного  
плагіату *згідно звіту про перевірку від 16.06.2025 р. значення коефіцієнту*  
*подібності в роботі становить 29,95%, коефіцієнт цитування – 0,59%.*

  
(підпис)

16.06.2025  
(дата)

Краснокутська К.Г.  
(П.І.Б.)

**Попередня експертиза (малий захист) дипломного проекту**

здобувача (здобувачки) освіти

Жукова М.В.  
(П.І.Б.)

проведена « 16 » червня 2025 р.

Висновки *Пояснювальна записка до дипломного проекту виконана у повному*  
*обсязі. Випускна кваліфікаційна робота (дипломний проект) відповідає*  
*вимогам Положення про дипломне проектування та рекомендована до*  
*захисту.*

Голова ЦК КТ та ПІ

  
(підпис)

Кривченко Ю.В.  
(П.І.Б.)

## Звіт подібності

### метадані

Назва організації

Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology

Заголовок

Розробка побутового пристрою вимірювання радіації на базі лічильника J305

Автор

Науковий керівник / Експерт

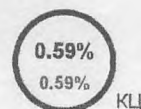
Жуков Михайло Владленович Шувалова Ірина Олегівна

підрозділ

Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету"

### Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

16187

Кількість слів

124367

Кількість символів

### Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		39
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		1
Парафрази (SmartMarks)		418

### Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

#### 10 найдовших фраз

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	Колір тексту	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	<a href="https://refy.ru/40/173667-avtomob-lniy-ohoronnyy-signal-zator-na-m-krokontroler.html">https://refy.ru/40/173667-avtomob-lniy-ohoronnyy-signal-zator-na-m-krokontroler.html</a>		137 0.85 %
2	Дозиметр побутовий 3/15/2025 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute)		77 0.48 %
3	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download</a>		71 0.44 %

4	<a href="https://refy.ru/40/173667-avtomob-lniy-ohoronniiy-signal-zator-na-m-krokontroler.html">https://refy.ru/40/173667-avtomob-lniy-ohoronniiy-signal-zator-na-m-krokontroler.html</a>	60 0.37 %
5	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download</a>	57 0.35 %
6	Дозиметр побутовий 3/15/2025 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute)	56 0.35 %
7	Дозиметр побутовий 3/15/2025 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute)	54 0.33 %
8	<a href="https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/35507/2/%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%9A%D1%83%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%BE.pdf">https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/35507/2/%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%9A%D1%83%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%BE.pdf</a>	52 0.32 %
9	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content</a>	52 0.32 %
10	Дозиметр побутовий 3/15/2025 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute)	50 0.31 %

### з домашньої бази даних (0.00 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-----------	--

### з програми обміну базами даних (11.05 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	Дозиметр побутовий 3/15/2025 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute)	<b>1488 (98) 9.19 %</b>
2	Курило_A_O_PAc-41.docx 6/18/2021 Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University (кафедра радіотехнічних систем)	244 (11) 1.51 %
3	ФАЕТ_2024_171.2_зубВО 7/11/2024 Ukrainian national aviation university (Ukrainian national aviation university)	30 (2) 0.19 %
4	Інтерактивна гра «giant foot piano» 3/15/2025 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute)	8 (1) 0.05 %
5	Магнітометрична система для автоматизованого пошуку вибухонебезпечних предметів 3/16/2025 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute)	7 (1) 0.04 %
6	Слубський.pdf 3/22/2018 Vasyl Stefanyk Precarpathian National University (VSPNU) (Фізико-технічний факультет)	6 (1) 0.04 %
7	ННІІОТ_2020_6.050901_Малюк_О.М 7/10/2024 Ukrainian national aviation university (Ukrainian national aviation university)	5 (1) 0.03 %

### з Інтернету (18.90 %)

1	<a href="https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/35507/2/%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC_%D0%9A%D1%83%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%BE.pdf">https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/35507/2/%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC_%D0%9A%D1%83%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%BE.pdf</a>	499 (26) 3.08 %
2	<a href="https://refy.ru/40/173667-avtomoblniy-ohoronniy-signal-zator-na-m-krokontroler.html">https://refy.ru/40/173667-avtomoblniy-ohoronniy-signal-zator-na-m-krokontroler.html</a>	425 (9) 2.63 %
3	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a141b658-5fa7-4f90-b0bd-7f0ccaed21e5/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a141b658-5fa7-4f90-b0bd-7f0ccaed21e5/content</a>	385 (34) 2.38 %
4	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download</a>	270 (11) 1.67 %
5	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/aed610a6-43ef-47e0-9066-e85c89456f3e/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/aed610a6-43ef-47e0-9066-e85c89456f3e/download</a>	180 (15) 1.11 %
6	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download</a>	166 (11) 1.03 %
7	<a href="https://leksia.info/a/avtomoblniii-ohoronniiii-signalzator-na-mkrokontroler">https://leksia.info/a/avtomoblniii-ohoronniiii-signalzator-na-mkrokontroler</a>	102 (6) 0.63 %
8	<a href="https://www.bestreferat.ru/referat-378764.html">https://www.bestreferat.ru/referat-378764.html</a>	100 (5) 0.62 %
9	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download</a>	71 (2) 0.44 %
10	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c5cd348b-fc64-4a25-9a5b-6cc8d62db909/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c5cd348b-fc64-4a25-9a5b-6cc8d62db909/content</a>	69 (5) 0.43 %
11	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content</a>	58 (2) 0.36 %
12	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/21173711-5b67-4b87-b17f-6302c25e7a31/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/21173711-5b67-4b87-b17f-6302c25e7a31/download</a>	56 (3) 0.35 %
13	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content</a>	53 (3) 0.33 %
14	<a href="http://ni.biz.ua/5/5_12/5_127633_vnutrishemnoe-programmirovanie.html">http://ni.biz.ua/5/5_12/5_127633_vnutrishemnoe-programmirovanie.html</a>	52 (2) 0.32 %
15	<a href="https://kivra.kpi.ua/wp-content/uploads/file/work/2019/Makarenko/Makarenko_bakalavr.pdf">https://kivra.kpi.ua/wp-content/uploads/file/work/2019/Makarenko/Makarenko_bakalavr.pdf</a>	48 (4) 0.30 %
16	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/b1c4b329-c3e8-4b5a-a1fc-ae232ec677bd/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/b1c4b329-c3e8-4b5a-a1fc-ae232ec677bd/download</a>	45 (3) 0.28 %
17	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/59728/1/Bilous_bakalavr.docx">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/59728/1/Bilous_bakalavr.docx</a>	42 (4) 0.26 %
18	<a href="http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/791/1/Textbook-Medvid_Kozbur_Pistsio-Lecture_Design_of_microprocessor_control_systems_of_technological_processes_2009.pdf">http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/791/1/Textbook-Medvid_Kozbur_Pistsio-Lecture_Design_of_microprocessor_control_systems_of_technological_processes_2009.pdf</a>	32 (3) 0.20 %
19	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/11562741-24e6-4201-bc41-a00c8013fca1/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/11562741-24e6-4201-bc41-a00c8013fca1/download</a>	31 (5) 0.19 %
20	<a href="http://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q1497771934">http://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q1497771934</a>	31 (1) 0.19 %
21	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/59857/1/NehodaNV_bakalavr.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/59857/1/NehodaNV_bakalavr.pdf</a>	30 (2) 0.19 %
22	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download</a>	30 (2) 0.19 %
23	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8da72e29-656f-4ee4-9b22-716dedf53ff5/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8da72e29-656f-4ee4-9b22-716dedf53ff5/content</a>	30 (1) 0.19 %
24	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/12d5c0ab-e979-48f2-a8ec-d5fc31f71fd5/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/12d5c0ab-e979-48f2-a8ec-d5fc31f71fd5/download</a>	27 (4) 0.17 %
25	<a href="https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/46030/2/Oleksandr_Yatsyshen.pdf">https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/46030/2/Oleksandr_Yatsyshen.pdf</a>	21 (3) 0.13 %
26	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/59737/1/Lemeshko_bakalavr.docx">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/59737/1/Lemeshko_bakalavr.docx</a>	20 (1) 0.12 %
27	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a05c07c5-bf65-4cb0-bdfa-e28694707551/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a05c07c5-bf65-4cb0-bdfa-e28694707551/content</a>	18 (3) 0.11 %
28	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/82a6d375-2b69-4233-b80f-bfbd149b7747/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/82a6d375-2b69-4233-b80f-bfbd149b7747/download</a>	17 (1) 0.11 %
29	<a href="http://uadoc.zavantag.com/text/18266/index-1.html">http://uadoc.zavantag.com/text/18266/index-1.html</a>	15 (1) 0.09 %

