

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

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-56

Дипломний проект

**здобувача освіти денної форми навчання
КС.56.01.000.ДП**

***БАЛАБАНА
ДАНИЛИ ОЛЕГОВИЧА***

**м. Одеса
2023 р.**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-56

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи) на тему:

Розробка приладу вимірювання іонізуючого випромінювання на базі мікроконтролера

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 83 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 14 аркушах (слайдах).

Дипломник  (Балабан Д.О.)

Керівник  (Кривченко Ю.В.)

Консультанти:

з економічної частини  (Копайгородська Т.Г.)

з охорони праці  (Чорновол Н.І.)

з дотримання вимог ЄСКД  (Петрашова В.І.)

старший консультант  (Кривченко Ю.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії  (Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення  (Скорнякова О.В.)

Захист « 19 » сервія 2023 р. Протокол ДКК № 1

Оцінка ДКК 5 (відмінно)

Секретар ДКК 

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Заст. дир. з НВР 
Беркань І.В.
“ ” 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу)

Здобувачеві (здобувачці) освіти Балабану Данилові Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка приладу вимірювання іонізуючого випромінювання на базі мікроконтролера

затверджена наказом по коледжу від “ 17 ” жовтня 202 2 р. № 235-A2-ОД

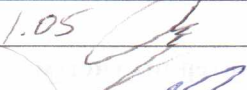


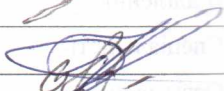
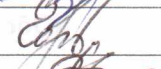
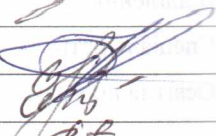


2. Термін здачі закінченого проекту (роботи) 12.06.2023

3. Вихідні данні до проекту (роботи) 1. Передбачити вимірювання приладом іонізуючого випромінювання в діапазоні від 10 до 242,9 мР/год; 2. Передбачити живлення від елементів живлення типорозміру AA та від блоку живлення 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 світлову та звукову індикацію іонізуючого випромінювання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)
Принцип побудови засобів радіаційного контролю; Особливості побудови блоків детектування; Огляд та аналіз приладів для вимірювання рівня радіації; Аналіз принципу роботи приладів вимірювання рівня іонізуючого випромінювання; Розробка структурної схеми приладу; Розробка принципової електричної схеми приладу; Вибір елементної бази; Розробка друкованої плати пристрою; Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)
Загальна структурна схема дозиметричного приладу; Загальна структура БД дозиметричної апаратури; Конструкція лічильника Гейгера СБМ-20; Структура приладу для вимірювання іонізуючого випромінювання; Структурна схема мікро-контролера PIC16F684; Принципова електрична схема приладу; Блок-схема алгоритму програми для мікроконтролера приладу; Макет монтажної плати приладу; Макет друкованої плати приладу; Макет корпусу для приладу вимірювання іонізуючого випромінювання

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Технологічний розділ	Кривченко Ю.В.	1.05 	 12.05
2. Екон. частина	Копайгородська Т.Г.		
3. Охорона праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		

7. Дата видачі завдання 01.05.2023

Керівник

Кривченко Ю.В.

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	22.05.2023	
2.	Огляд та аналіз приладів для вимірювання рівня радіації	24.05.2023	
3.	Аналіз технічних вимог до проєктованого пристрою	25.05.2023	
4.	Аналіз принципів побудови засобів радіаційного контролю	26.05.2023	
5.	Аналіз особливостей побудови блоків детектування	29.05.2023	
6.	Аналіз принципу роботи приладів вимірювання рівня іонізуючого випромінювання	30.05.2023	
7.	Розробка структурної схеми приладу	31.05.2023	
8.	Розробка принципової електричної схеми приладу	2.06.2023	
9.	Вибір елементної бази пристрою	6.06.2023	
10.	Розробка друкованої плати пристрою	7.06.2023	
11.	Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера	8.06.2023	
12.	Виконання економічних розрахунків	9.06.2023	
13.	Розробка заходів з охорони праці	10.06.2023	
14.	Виконання графічної частини проекту	11.06.2023	

Дипломник

(підпис)

Керівник

(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Технологічний розділ.....	7
1.1 Принцип побудови засобів радіаційного контролю.....	7
1.2 Особливості побудови блоків детектування дозиметричних приладів....	10
1.3 Огляд та аналіз приладів для вимірювання рівня радіації.....	13
1.4 Аналіз принципу роботи приладів для вимірювання рівня іонізуючого випромінювання.....	16
1.4.1 Схемо-технічне рішення індикатора радіоактивності.....	17
1.4.2 Схемо-технічне рішення вимірювача рівня іонізуючого випромінювання.....	19
1.4.3 Схемо-технічне рішення простого індикатора радіоактивності.....	19
1.4.4 Схемо-технічне рішення пристрою контролю рівня іонізуючого випромінювання на мікроконтролері.....	20
1.4.5 Схемо-технічне рішення приладу для вимірювання рівня радіації ТЕРРА-П.....	26
1.5 Розробка структурної схеми приладу вимірювання іонізуючого випромінювання.....	26
1.6 Розробка принципової електричної схеми приладу вимірювання іонізуючого випромінювання.....	29
1.7 Вибір елементної бази відповідно до принципової схеми.....	32
1.7.1 Підбір резисторів.....	32
1.7.2 Підбір конденсаторів.....	33
1.7.3 Підбір кварцового резонатора	35
1.7.4 Підбір роз'ємів	35
1.7.5 Підбір вимикача	35
1.7.6 Підбір батарейного відсіку.....	36
1.7.7 Підбір мікросхем для проектного пристрою.....	36

1.7.8 Структура та особливості програмування обраного мікроконтролера	37
1.7.9 Підбір лічильника Гейгера для проектованого пристрою.....	46
1.7.10 Підбір випромінювача звуку.....	48
1.7.11 Підбір рідинно-кристалічного індикатору.....	48
1.7.12 Підбір напівпровідникових діодів.....	49
1.7.13 Підбір напівпровідникових транзисторів	50
1.8 Розробка друкованої плати пристрою.....	51
1.9 Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера.....	57
2 Економічна частина.....	61
3 Охорона праці.....	66
Висновки.....	71
Перелік використаних джерел.....	72
Додаток А. Фрагмент коду головного модулю програми для PIC-мікроконтролера приладу вимірювання іонізуючого випромінювання (мовою C).....	73
Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації	77

ВСТУП

Захист від іонізуючого випромінювання призначений для зниження щільності потоку випромінювання до допустимого рівня. Розрахунок захисту від випромінювання є складним і трудомістким завданням, що вимагає глибоких знань механізму впливу іонізуючого випромінювання на людину, обліку всіх видів радіації, що впливають на людину, та раціонального вибору найефективніших захисних матеріалів. Крім того, при взаємодії випромінювання з речовиною виникають складні явища (багаторазове розсіювання, відображення на межі розділу середовищ, наведення активності нейтронами тощо), які необхідно мати на увазі при проектуванні захисту від випромінювання. Основною задачею приладу для вимірювання рівня іонізуючого випромінювання є визначення дози випромінювання, оцінювання співвідношень між активністю радіоактивної речовини та дозою, яку вона створює. Важливим є оцінювання доз, поглинених біологічною тканиною при її опроміненні, оскільки опромінення, що перевищує допустимий рівень, може призвести до необоротних ушкоджень тканин, а також викликати генетичні зміни [1].

Прилади вимірювання іонізуючого випромінювання з'явилися набагато раніше комп'ютерів чи мобільних телефонів, але в побуті їх почали використовувати лише нещодавно. На сьогоднішній день прилади вимірювання іонізуючого випромінювання використовують у побуті люди, що проживають поблизу великих промислових підприємств або на території з природньо підвищеним радіоактивним фоном, для контролю рівня забруднення навколишнього середовища.

В даному дипломному проекті виконується розробка простого та доступного приладу для вимірювання рівня радіації (іонізуючого випромінювання) в побуті на базі мікроконтролера. Цей прилад буде компактним і мобільним та буде призначений для проведення вимірювання радіації в приміщенні чи в польових умовах в межах від 10 до 242,9 мР/год при напрузі живлення пристрою від 3В (дві пальчикові батарейки) до 5В.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Принцип побудови засобів радіаційного контролю

Зареєструвати іонізуюче випромінювання (ІВ) можна тільки опосередковано, тобто виявити і зареєструвати кінцевий результат взаємодії іонізуючого випромінювання з елементами середовища. У результаті такої взаємодії можуть з'являтися такі ефекти, як іонізація газу або рідини, змінення оптичних, діелектричних, електропровідних характеристик тих або інших матеріалів, змінення структури побудови різних кристалів тощо. Саме за цими ефектами можна виявити і зареєструвати іонізуюче випромінювання. Детектор – це первинний вимірювальний перетворювач, який перетворює параметри іонізуючих випромінювань у параметри таких фізичних ефектів, які легко можна зареєструвати технічними пристроями, що є в наявності. Із цього витікає, що до складу приладів обов'язково входить детектор іонізуючого випромінювання. Залежно від ефекту взаємодії ІВ існують такі типи детекторів іонізуючого випромінювання:

- іонізаційні детектори – іонізаційні камери, газорозрядні лічильники і напівпровідникові детектори;
- сцинтиляційні детектори – сцинтилятори;
- люмінесцентні детектори – фото – і термолюмінесцентні;
- фотодетектори – фотоплівки і фотопластини;
- хімічні детектори тощо.

У теперішній час у практику розробки і побудови приладів починають упроваджувати люмінесцентні, напівпровідникові та інші детектори. Вихідні параметри різних детекторів різні:

- для іонізаційних, люмінесцентних детекторів – це параметри електричних сигналів – електричний струм або напруга;
- для сцинтиляційних детекторів – світлові спалахи з довжиною хвилі, яка лежить у межах оптичної області тощо.

На сьогодні усі вихідні параметри детекторів можна зареєструвати

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сучасними засобами, заміряти і визначити функціональний зв'язок між іонізуючим випромінюванням, яке впливає на детектор та його вихідним ефектом, наприклад, між потужністю дози і струмом іонізаційної камери. У сучасній техніці зручним для передачі, оброблення, використання в різних керуючих і виконавчих системах є електричний сигнал. Розвиток електронної техніки дозволяє вихідний ефект детектора будь-якого типу перетворити в електричний сигнал, який несе в собі інформацію про параметри іонізуючого випромінювання, який впливає на даний детектор [1].

Вибір того чи іншого детектора ІВ визначається видом реєстрованого випромінювання, вимірюваними параметрами джерела випромінювання або поля випромінювання, діапазоном змін вимірюваного параметра. Сигнали, що надходять з детекторів, можуть існувати в двох видах:

1. У дискретному – наприклад, у вигляді послідовності електричних імпульсів.
2. В аналоговому – наприклад, у вигляді постійного струму або напруги.

Як правило, величина заряду в імпульсі або сила струму на виході детектора дуже малі і нестабільні за часом і не можуть бути заміряні безпосередньо реєструючими приладами. Тому послідовні електронні пристрої, які використовуються в дозиметричній апаратурі, проводять підсилення, формування і вимірювання електричних сигналів детекторів і подають результати вимірювання у формі, зручній для спостереження.

Звичайно детектор, елементи його включення в схему електроживлення, пристрій, який перетворює вихідний ефект (спалахи світла) в електричний сигнал, конструктивно розташовані в окремому блоці, який кабелем з'єднаний з вимірювальною схемою, що знаходиться на пульті. Такий блок отримав назву «блок детектування» (БД), а пристрій з вимірювальною схемою – «Вимірювальний блок» або «Вимірювальний пульт». У деяких зразках ВДА вимірювальний пульт може мати вбудований блок детектування з більш грубим детектором, ніж у зовнішнього БД. Елементи схеми електричного живлення приладу також розташовуються в окремому блоці. Цей блок одержав назву «Блок

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

живлення» (БЖ). Таким чином, загальна структурна схема дозиметричного приладу може бути описана в такому вигляді (рис. 1.1).

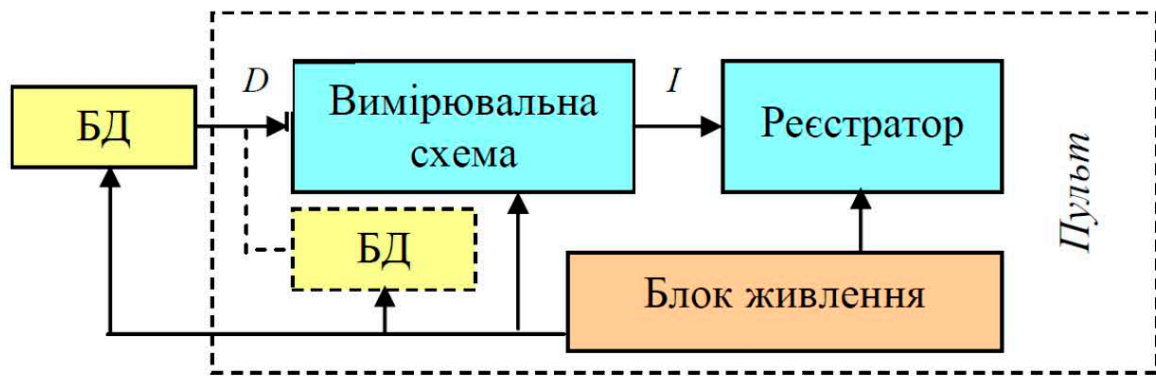


Рисунок 1.1. Загальна структурна схема дозиметричного приладу

Залежно від типу детектора і виду вимірюваної дозиметричної величини електронні вимірювальні схеми дозиметричних приладів розділяються на вимірювачі постійного струму (ВПС), вимірювачі заряду – електрометри, вимірювачі середньої частоти імпульсів (ВСЧ) і лічильники імпульсів. Вимірювачі постійного струму використовуються для вимірювання малих струмів ІК у вимірювачах потужності експозиційної дози випромінювання. Вимірювачі заряду – електрометри призначені для вимірювання малих зарядів ємності ІК дозиметрів. Вимірювачі середньої частоти імпульсів призначені для визначення середнього числа імпульсів за одиницю часу, що надходять на вхід, і використовуються для вимірювання потужності експозиційної дози. У найпростіших вимірювачах визначення потужності експозиційної дози може здійснюватися без посилення вхідних імпульсів. Лічильники імпульсів використовуються для лічби імпульсів детекторів у перерахункових установках, призначених для визначення радіоактивного зараження води, продовольства та фуражу [2].

Електричне живлення дозиметричних приладів здійснюється, як правило, від автономних джерел електроенергії – сухих елементів або акумуляторів бортової мережі рухомих об'єктів. Для одержання високої напруги, необхідної для живлення детекторів, електронних ламп, транзисторів і індикаторних пристроїв, використовуються перетворювачі напруги на транзисторах, що перетворюють

низьку постійну напругу сухих елементів або акумуляторів у постійну високу напругу.

1.2 Особливості побудови блоків детектування дозиметричних приладів

Блок детектування (БД) призначений для вимірювання іонізуючих випромінювань і конструктивно є самостійно оформленим пристроєм, що сприймає інформацію про поле іонізуюче випромінювання, трансформує її в електричні сигнали. Блок детектування, як правило складається з одного або декількох детекторів, каскаду зв'язку або узгодження з вимірювальною частиною приладів і інших спеціальних електронних та конструктивних вузлів і деталей (рис. 1.2).

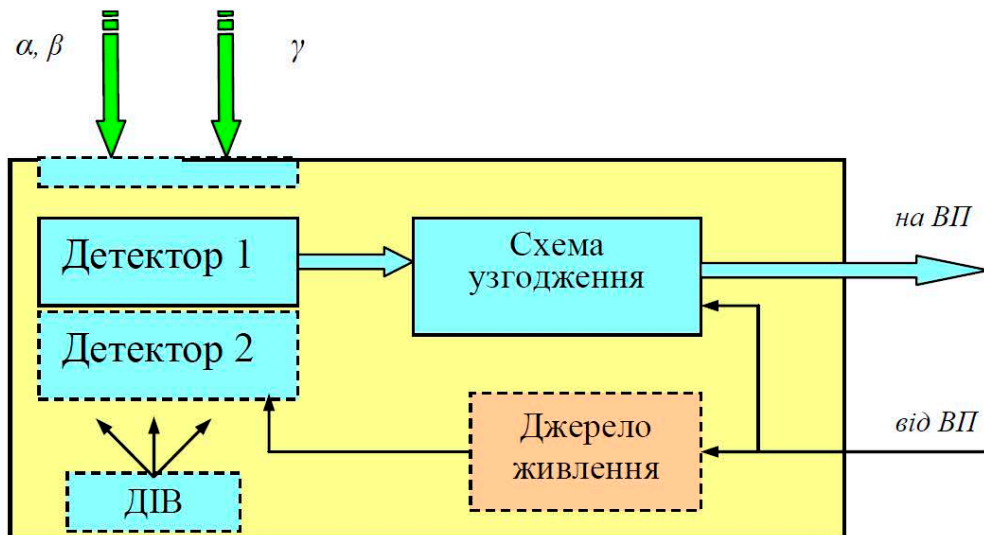


Рисунок 1.2. Загальна структура БД дозиметричної апаратури

Відповідно до цього для характеристики БД ВДА використовуються ті ж поняття і параметри, що і для детекторів ІВ. Для визначення оптимальності застосування в конкретній ВДА даного типу детектора необхідно, насамперед, мати критерії, за якими можна було б здійснювати відповідний добір і вибір. Першим і найважливішим фактором придатності детектора в приладі є можливість одержання за його допомогою необхідної та достатньої інформації про поле випромінювання. Причому це прямо пов'язано з жорсткими часовими рамками проведених заходів. Другим критерієм для добору типу детектора є його застосування в даних умовах експлуатації приладу. У зв'язку з тим, що з

уведенням у БД додаткових конструктивних і електронних елементів, вплив кліматичних і механічних факторів на детектор може бути істотно змінено, ця вимога пов'язана з критерієм добору детекторів за складністю і вартістю електронного обладнання, необхідного для подальшого оброблення інформації, а також живлення БД. Таким чином, оптимальним типом детектора для приладів ВДА будемо вважати детектор, що дозволяє одержати необхідну інформацію про поле або джерело випромінювання (залежно від розв'язуваних приладом завдань), у разі задоволення експлуатаційних вимог при мінімальних розмірах і вартості електронної частини приладу. Під час вирішення завдань радіаційної розвідки місцевості до бортових і авіаційних приладів розвідки висуваються такі вимоги:

- вимірювання рівнів ПЕД гамма-випромінювання (Р/год);
- висока швидкодія видачі інформації з детекторів (відновлення інформації).

Усім перерахованим вимогам щонайкраще в силу специфіки ведення розвідки, як на визначеній швидкості, так і на визначених висотах, відповідають іонізаційні камери (ІК), що працюють у режимі «заряд-розряд» (ДП-3Б, ИМД-21, ПРХР). Перспективним детектором для приладів даного класу є напівпровідникові детектори (ИМД-31), що володіють великим обсягом інформації ІВ. На переносні прилади радіаційної розвідки (ДП-5В, ИМД-5, ИМД-1), крім їхніх основних завдань (вимірювання рівнів ПЕД у Р/год на місцевості), покладене завдання контролю радіаційного зараження озброєння, техніки, особового складу, майна, що дозволяє робити не тільки вимірювання ПЕД у діапазоні мР/год, але і виявляти наявність бета-забруднення. Важливість вимірювання малих значень величин ПЕД гамма-випромінювання пов'язана, в першу чергу, з необхідністю контролю повноти проведення дезактивації і санітарної обробки, а також визначення норм споживання заражених продуктів харчування. Тому, в так званих ренгенометрах-радіометрах, традиційно використовуються як детектори ІВ – газорозрядні лічильники (ГЛ), налаштовані на різні діапазони, а також спеціальна конструкція поворотних екранів БД для виявлення бета-забруднення. Для таких БД висуваються додаткові вимоги:

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- висока чутливість;
- стабільність роботи;
- значна величина вихідного сигналу;
- порівняно низькі робочі напруги.

Проста конструкція (реєструвальних схем), малі габарити і зручність в експлуатації вигідно відрізняють ГЛ у приладах даного класу від інших типів детекторів. Радіометрична апаратура (ИМД-12) також вирішує суто специфічні завдання, пов'язані з лабораторними вимірами ступеня зараженості радіоактивними речовинами продуктів харчування, води, фуражу, з метою встановлення режимів їхнього споживання. Вимірювання як поверхневої, так і питомої активності альфа- і бета-випромінювань фактично зводиться до визначення кількості частинок, зареєстрованих детектором БД за заданий проміжок часу, з наступною інтерпретацією отриманих результатів. Тому основне питання проектування радіометричної апаратури – це забезпечення необхідної точності вимірювання щільності потоку, що безпосередньо пов'язано з забезпеченням досить високої чутливості БД як до альфа- так і до бета-випромінювань, так і захистом детекторів від забруднення і дії світла, без зниження ефективності реєстрації [3]. Це змушує використовувати детектор, який має властивість реєструвати ІВ будь-яких видів (тобто універсальний) із найбільшою вибірковою здатністю (тобто виділення визначеного виду випромінювання на фоні інших). Відомо, що найбільшою ефективністю реєстрації альфа-, бета-випромінювань на фоні гамма-випромінювання володіють саме сцинтиляційні лічильники, у яких залежно від типу детектора, ефективність може складати десятки відсотків. Перспективним детектором для приладів даного класу є напівпровідникові детектори, що характеризуються:

- високою чутливістю;
- малими габаритами (можливість створення точкових детекторів із низькою робочою напругою);
- можливістю використання для спектрометрії ІВ (тобто встановлення спектрального складу гамма-випромінювання).

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.3 Огляд та аналіз приладів для вимірювання рівня радіації

Пристрої для вимірювання рівня радіації в побуті дозволяють перевірити захищеність навколишнього середовища від іонізуючого випромінювання, рівень радіоактивного фону від окремих предметів та речей. Виробниками приладів для вимірювання рівня радіації в Україні є фірми ЕКОТЕСТ та СОЄКС. Вони виготовляють як професійну, так і побутову продукцію для вимірювання радіаційного фону. У наведеному підрозділі будуть розглянуті прилади для побутового призначення [3].

Побутовий дозиметр-радіометр Екотест МКС-05 Терра-П призначений для вимірювання потужності дози гамма-випромінювання в діапазоні 0,1...999,9 мкЗв/год і дози опромінення в діапазоні від 1 мкЗв до 9999 мЗв. Застосовується для контролю радіаційного фону приміщень, предметів, автомобілів, будматеріалів, ділянок, для оцінки радіаційного забруднення лісових ягід, грибів і дичини, як наочний засіб в школах. Пристрій Екотест МКС-05 Терра-П зображено на рис. 1.3. Його характеристики є такими:

- вмонтований гамма-, бета-чутливий лічильник Гейгера-Мюллера;
- автоматичний вибір інтервалів та діапазонів вимірювань (в приладі програмується значення порогових рівнів в діапазоні від 0,01 до 9,99 мкЗв/год з дискретністю 0,01 мкЗв/год);
- діапазон вимірювання потужності дози: 0,1 мкЗв/год до 999,9 мкЗв/год.;
- звукова сигналізація кожного зареєстрованого гамма-кванта чи бета-частинки;
- програмування порогових рівнів спрацьовування звукової сигналізації потужності дози гамма-випромінювання;
- рідинно-кристалічний індикатор;
- живлення від гальванічних елементів типорозміру ААА;
- чотирьохрівнева індикація розрядження джерела живлення;
- ударостійкий корпус та невеликі розміри.

До переваг цього пристрою можна віднести наявність індикації розрядки

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

батареї, налаштування значень спрацьовування сигналізації, автоматичний вибір інтервалів та діапазонів вимірювання. Серед недоліків найголовніші наступні: відсутність підсвітки індикатора, низький поріг вимірювання, тривалий час очікування результатів.



Рисунок 1.3. Пристрій для вимірювання рівня радіації Екотест MKS-05 Терра-ІІ

Пристрій Соєкс 112 (рис.1.4) є компактним побутовим дозиметром у лінійці Соєкс володіє високою точністю вимірювань завдяки датчику радіації СБМ 20-1, який дозволяє з високою точністю і швидкістю оцінити радіаційну безпеку оточуючих предметів. Його характеристики є такими:

- діапазон показань рівня радіоактивного фону, від 0 до 999 мкЗв/год;
- попередження про перевищення, від 0,4 мкЗв/год;
- живлення від гальванічних елементів LR44 (AG13);
- похибка вимірювання, не більше +/- 15%;
- габаритні розміри, не більше, 20*126 мм.;
- маса виробу (без елементів живлення), 30 гр.;

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- монохромний дисплей;
- час роботи від нових елементів живлення до 200 годин.



Рисунок 1.4. Пристрій для вимірювання рівня радіації SOEKS 112

Серед недоліків цього приладу найголовнішими є наступні: відсутність звукової індикації, низький поріг вимірювання, похибка не перевищує $\pm 15\%$, час безперервної роботи від нових елементів живлення 200 годин. До переваг приладу можна віднести малі габаритні розміри та масу, легкість використання, наявність світлової сигналізації [4].

З проведеного аналізу ринку можна зробити декілька висновків. На ринку України представлено лише дві торгові марки у сегменті побутових приладів для вимірювання рівня радіації, отже є сенс виконувати розробку саме побутового приладу.

При плануванні розробки було вирішено використовувати мікроконтролер, що керує перетворювачем напруги і рідинно-кристалічним індикатором. Використання мікроконтролера зменшить кількість цифрових мікросхем до двох, а розроблене для нього програмне забезпечення надасть можливість зручного користування пристроєм.

1.4 Аналіз принципу роботи приладів для вимірювання рівня іонізуючого випромінювання

У основі роботи пристрою для вимірювання рівня іонізуючого випромінювання лежить використання лічильника Гейгера. Іонізаційна камера лічильника являє собою циліндричну трубу. Катодом є металізовані стінки, а анодом – натягнутий по центру металевий провідник. Всередині міститься інертний газ. Між анодом та катодом прикладається певна напруга, значення якої недостатньо, щоб між електродами протікав струм. Коли ж в середину камери потрапляє заряджена частинка, вона запускає процес ударної іонізації та виникнення короткого імпульсу струму між анодом та катодом. Значення напруги на електродах кожної конкретної камери залежить від типу конструкції камери та особливостей газу, який заповнює камеру, обумовлюється конструкцією, типом наповненого газу а також його тиском. На цьому значенні напруги камера має максимальну чутливість до дії іонізованих частинок. При роботі камери струм насичення I_n залежить від інтенсивності випромінювання I . За одиницю часу в кожній одиниці обсягу газу утворюється $N = bE / \varepsilon$ іонних пар. Тут під E розуміють енергію елементів випромінювання, b – та частина енергії випромінювання, що поглинається газом, ε – енергія формування іонної пари. Оскільки об'єм окремої камери є постійним, струм насичення буде пропорційним інтенсивності випромінювання I . Ця залежність лежить в основі вимірювання іонізуючого випромінювання і описується виразом (1.1).

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

Коли рентгенівське випромінювання проходить через обкладки конденсатора, що є еквівалентом камери лічильника Гейгера, енергія, накопичена в ньому, зменшується пропорційно струму насичення. Це можна описати виразом (1.2).

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

Відповідно, залежність напруги на конденсаторові від струму втрат визначається виразом (1.3).

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

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

Функція блока полягає в формуванні сигналу початку та кінця вимірювання, який являтиме собою функцію стану. Вона описується виразом (1.4).

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

Значення опорної напруги $U_{оп}$ задається блоком керування та визначає дозу опромінення. Напруга $U_{сигн}$ знімається з обкладок конденсатора іонізаційної камери лічильника [5].

1.4.1 Схемо-технічне рішення індикатора радіоактивності

На рис. 1.5 наведено схему індикатора, який призначений для сигналізації про радіоактивність. Тут використовується лічильник СБМ-20. За його паспортними даними, виявляється, що при звичайному природному випромінюванні не повинно бути більше 15-20 імпульсів на хвилину. Якщо пристрій частіше видає звукові сигнали та блимає, коли наближається до певного місця чи предмета, це свідчить про забруднення цього місця чи предмета. Перехід на постійний писк свідчить про значне перевищення норми. Для роботи лічильника Гейгера на його виводи через постійний резистор, що обмежує струм, має подаватися постійна напруга 400 В [6].

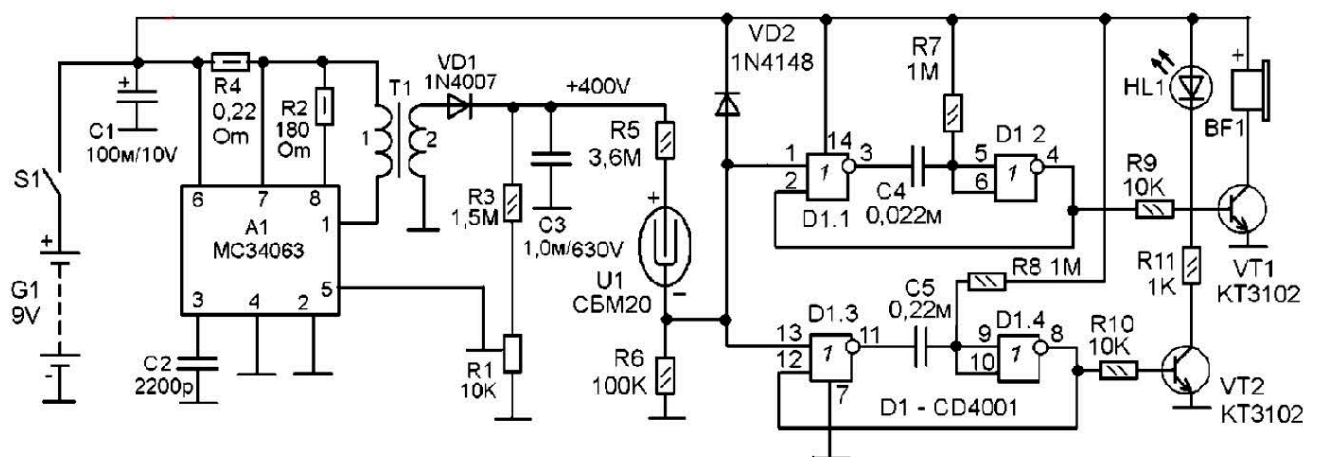


Рисунок 1.5. Принципова схема індикатора радіоактивності

В ланцюгах приладів для вимірювання рівня іонізуючого випромінювання та індикаторів радіоактивності зазвичай для живлення лічильників Гейгера використовують джерела на основі генератора блокування з одним транзистором [6]. Звичайно, така схема проста, але вона має і недоліки – майже повну відсутність стабілізації вихідної напруги, яка подається на анод лічильника Гейгера. Але чутливість лічильника Гейгера безпосередньо залежить від напруги між його електродами. Крім того, виникають труднощі з встановленням схеми джерела високої напруги, оскільки вихідна напруга ніяк не регулюється, і якщо її значення не відповідає необхідному, доведеться перемотати вторинну обмотку імпульсного трансформатора. Тому джерело живлення для лічильника Гейгера тут виконане на DC-DC-перетворювачі з широтно-імпульсною модуляцією, який регулює вихідну напругу та підтримує її стабільність, на мікросхемі MC34063 з виходом трансформатора за типовою схемою її включення. Стабілізація напруги здійснюється шляхом подачі зниженої напруги резистивним дільником від виходу до входу компаратора мікросхеми (до виводу 5). Величина вихідної напруги залежить від співвідношення плечей цього дільника напруги. Тут дільник утворений резисторами R3 і R1, а вихідна напруга 400В встановлюється резистором R1. Напруга 400 В подається на лічильник Гейгера U1 через обмежувач струму резистор R5. Цей резистор необхідний, оскільки в режимі очікування опір лічильника Гейгера прагне до нескінченності, але коли крізь неї проходить заряджена частинка, відбувається її короткий пробій, під час якого її опір низький. Лічильник Гейгера U1 навантажений резистором R6. У режимі очікування напруга на ньому є низькою, фактично, на логічному нульовому рівні, але коли заряджена частинка проходить через U1, напруга різко зростає, і величина її зростання обмежується лише діодом VD2, який не дозволяє зростати вище напруги живлення, плюс пряме падіння на цьому діоді. Імпульси лічильника Гейгера дуже короткі. Для того, щоб інформація краще сприймалася органами чуття людини, необхідно збільшити тривалість імпульсу до певного оптимального розміру. Це робиться тут мікросхемою D1 типу CD4001, на якій виготовлені два одинівбратори.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Датчиком є лічильник Гейгера СИ14Б, який представляє собою лічильник у скляній колбі.

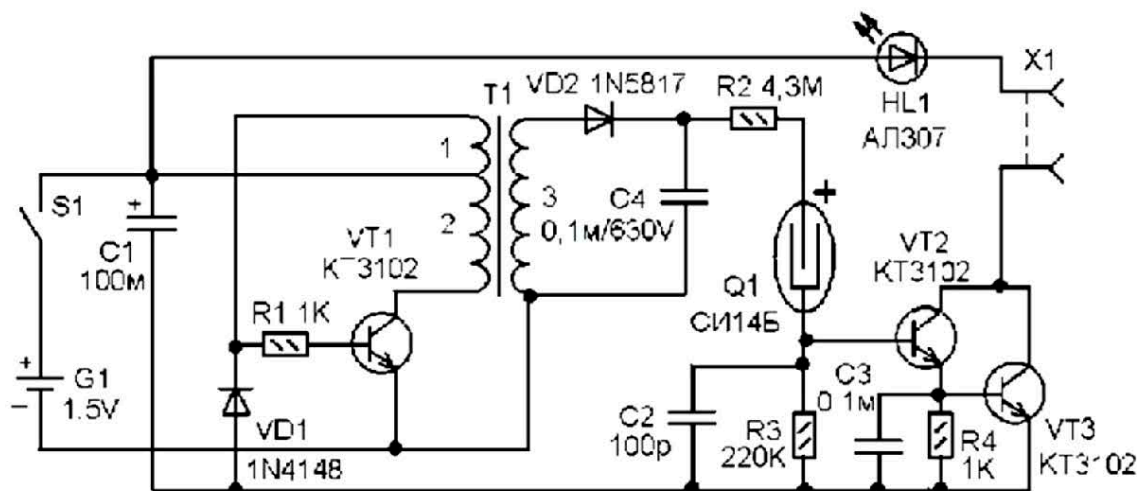


Рисунок 1.7. Принципова схема транзисторного індикатора радіоактивності

Необхідно подати на лічильник Гейгера відносно високу напругу 400-450В. Для збільшення напруги тут використовується генератор блокування на транзисторі VT1 і трансформаторі T1. На додаток до функції джерела напруги 400-450 В в цій схемі він також служить для збільшення напруги живлення вихідного каскаду на транзисторах VT2 і VT3. Характер струму в первинній обмотці імпульсний і напруга накачується по індуктивності, а амплітуда імпульсів у первинній обмотці значно перевищує напругу джерела живлення. Коли іонізуюча частинка проходить через лічильник Гейгера, в ній виникає електропровідність. На резисторі R3 буде імпульс напруги. Він перейде до підсилювача на транзисторах VT2 і VT3, а у навушниках, підключених до роз'єму X1, будуть звуки клацання, світлодіод HL1 блиматиме.

1.4.4 Схемо-технічне рішення пристрою контролю рівня іонізуючого випромінювання на мікроконтролері

Ще один варіант пристрою контролю рівня іонізуючого випромінювання на мікроконтролері наведений на рис. 1.8. Найчастіше у саморобних та багатьох заводських пристроях вимірювання рівня іонізуючого випромінювання імпульси спочатку відлічуються лічильником приблизно 30 секунд, а потім проводиться індикація протягом декількох секунд. Для відображення результатів наступного вимірювання потрібно знову почекати закінчення підрахунку біля півхвилини.

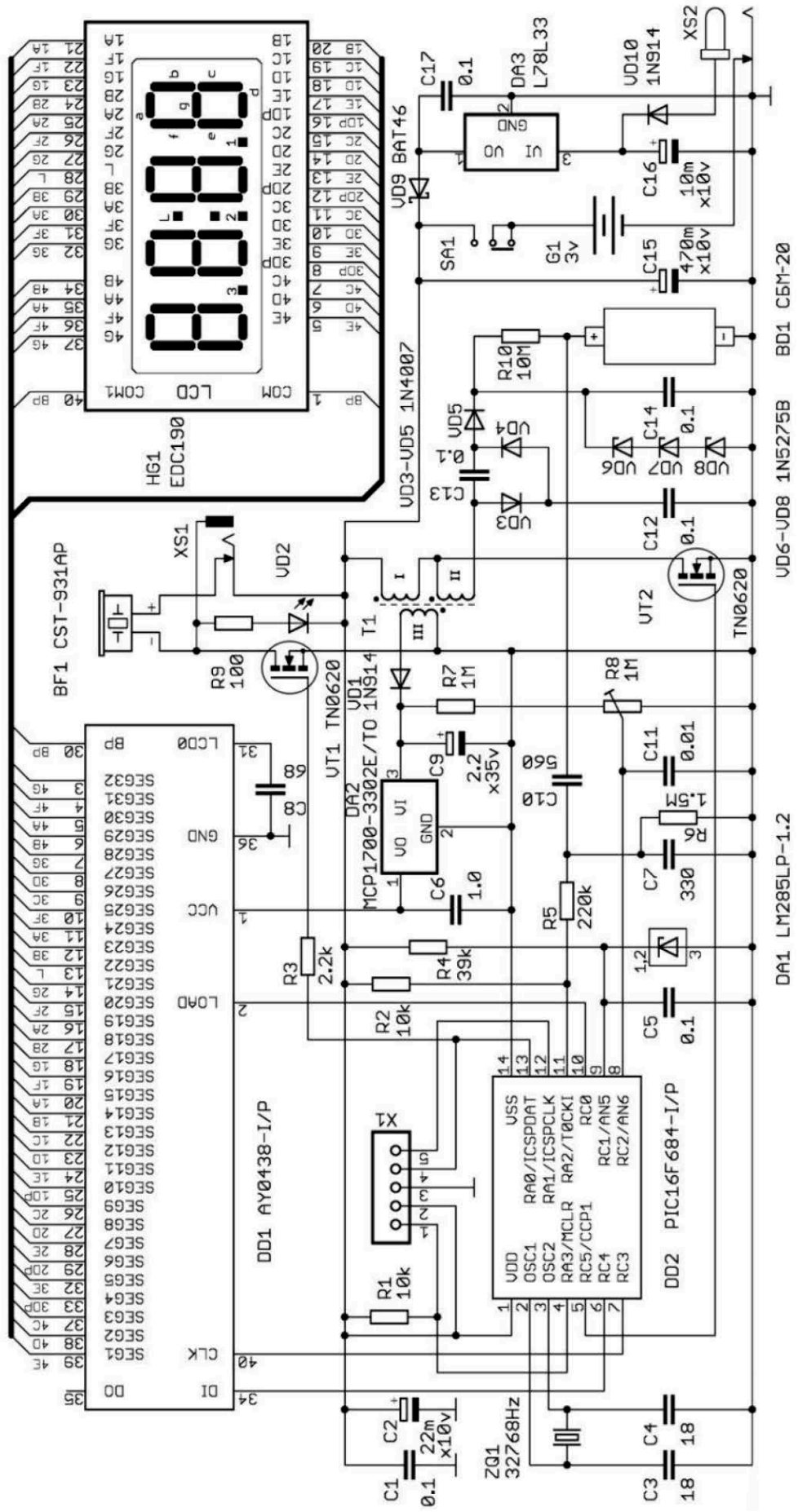


Рисунок 1.8. Схема пристрою контролю рівня іонізуючого випромінювання

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

КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ

За тією ж схемою кількість імпульсів, отриманих від лічильника за кожну частину з останніх 30 секунд, запам'ятовується, тому покази оновлюються щосекунди. Кількість імпульсів, отриманих в останню секунду, замінює відповідне значення у списку 30 секунд тому. Потім відбувається підсумовування всіх 30 збережених значень і отримується кількість імпульсів N за останні 30 секунд, що оновлюється кожної секунди. Прилад призначений для вимірювання іонізуючого випромінювання, спричиненого бета- та гамма-променями, і має такі параметри:

- діапазон вимірюваних доз: 0-250 мілірентген/годину;
- напруга живлення: 2-3,3В, дві батареї типу АА;
- середнє споживання струму: 0,5мА з відключеною звуковою індикацією;
- час досягнення робочого режиму: 30 секунд;
- період оновлення читання: 1 секунда.

Цей пристрій складається з наступних функціональних блоків: високовольтного генератора для живлення газорозрядного лічильника, формувача лічильника імпульсів, блоку керування рідинно-кристалічним дисплеєм, блоку звукової індикації та стабілізаторів напруги для живлення різних ланцюгів пристрою. Синхронне керування всіма блоками забезпечується мікроконтролером DD2. Висока напруга генерується перетворювачем на транзисторі VT2 і трансформатором T1. Затвор VT2 приймає імпульси з частотою 244 Гц і робочим циклом приблизно 4-15% від мікроконтролера DD2. У момент імпульсу транзистор відкритий і магнітна енергія накопичується в магнітному контурі T1. Коли транзистор закритий, в обмотці I трансформатора утворюється ЕРС самоіндукції, що призводить до короткого імпульсу позитивної полярності з амплітудою близько 60В на стоці VT2. Ця напруга збільшується обмоткою II і подається на потроювач напруги на діодах VD3-VD5 і конденсаторах C12-C14. Застосування потроювача напруги зменшує вимоги до трансформатора та спрощує його конструкцію. Через підтягуючий резистор R10 до лічильника BD1 Гейгера подається висока напруга близько 400В. При цій

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напрузі лічильник працює в середині плато свого робочого діапазону. Стабілітрони VD6-VD8 обмежують напругу на виході триплера до 430 В і захищають конденсатори C11-C13 з номінальною робочою напругою 630 В від пробую. Такий захист необхідний під час процесу регулювання або коли дозиметр різко віддалений від джерела випромінювання. Без стабілітронів напруга на конденсаторах може перевищувати 800-900 В і призводити до їх пробую. Середнє споживання струму в ланцюзі T1-VT2 не перевищує 0,3мА при опорі навантаження 40МОм і вище. Стабілізація вихідної напруги перетворювача забезпечується широтно-імпульсною модуляцією, що генерується мікроконтролером. Стабілізація необхідна для підтримання режиму роботи лічильника Гейгера при реєстрації значних доз випромінювання та для компенсації падіння напруги акумулятора під час розряду. Відстеження величини вихідної напруги здійснюється за допомогою обмотки 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 з умов його швидкого підзарядження при контролі вихідної напруги. Напруга приблизно 5 В від C9 подається через дільник R6-R7 на вхід аналого-цифрового перетворювача, вбудованого в мікроконтролер DD2. Конденсатор C11 згладжує різкі піки сигналу зворотного зв'язку. Напруга, що подається від обмотки III, порівнюється мікроконтролером з опорною напругою 1,235 В, що генерується джерелом опорної напруги на DA1. Ця мікросхема працює при стабілізаційному струмі 10 мкА, що дає змогу збільшити значення баластного резистора R4 і значно зменшити струм, споживаний цією ланцюгом, у порівнянні зі звичайними стабілітронами. При реєстрації частинок на лічильнику Гейгера формується імпульс негативної полярності з амплітудою близько 100 В, який подається на вхід таймера TMR0 мікроконтролера через дільник і утворює ланцюг на резисторах R2, R5, R6 і конденсатори C7, C10.

Кількість імпульсів, отриманих в останню секунду, зберігається в буфері мікроконтролера. Буфер зберігає результати 30 останніх вимірювань, які обробляються мікроконтролером щосекунди за спеціальним алгоритмом перед їх

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відображенням. При використанні старих або тривало працюючих газорозрядних лічильників, з надходженням кожної частинки, замість одного імпульсу, вони можуть виробляти серію 5-50 коротких імпульсів. Ланцюг С7-R8 відфільтровує всі імпульси із серії, крім першого. Ємність С7 слід вибирати таким чином, щоб висока напруга на лічильнику VD1 якнайшвидше відновлювалося при фільтруванні імпульсної послідовності. Надмірне збільшення ємності С7 призведе до зменшення швидкості всього пристрою і, як наслідок, верхньої межі вимірювання. При вказаній ємності С7 час відновлення відповідає часу неактивності SBM-20. РК-дисплей керується в статичному режимі за допомогою мікросхеми DD1, підключеної до мікроконтролера DD2 через послідовний інтерфейс SPI. Конденсатор С8 визначає частоту оновлення РК-дисплея, яка для зазначеної ємності становить приблизно 80 Гц. Це повністю виключає мерехтіння дисплея. Для живлення РК-дисплея та DD1 необхідна напруга 3.3В, яка береться з обмотки зворотного зв'язку Т1 і стабілізується мікросхемою DA2. Таким чином, напруга 3,3 В на виході DA2 не залежить від напруги акумулятора, що гарантує постійний контраст РК-дисплея. Загальний струм, споживаний РК-дисплеєм та DD1, не перевищує 8 мкА і використання мікропотужного стабілізатора типу MCP1700 є достатнім. Справа в тому, що власне споживання струму звичайних стабілізаторів, таких як L78L33, становить близько 5 мА навіть без навантаження. Покращені регулятори типу LDO зазвичай споживають близько 0,5 мА. Коли доза випромінювання перевищує 100 мкР/год, пристрій починає видавати короткий звуковий сигнал щосекунди тривалістю 50 мс і частотою близько 2480 Гц. 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. У момент закриття VT1 на його стоці формуються дуже короткі імпульси ЕРС самоіндукції емітера з амплітудою близько 50 В. Ці імпульси використовуються для індикації світлодіоду VD2 на наявність випромінювання, що перевищує згаданий пороговий рівень, який можна встановити програмним забезпеченням. Резистор R9 обмежує імпульсний струм через світлодіод до 100 мА, що безпечно для більшості світлодіодів.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

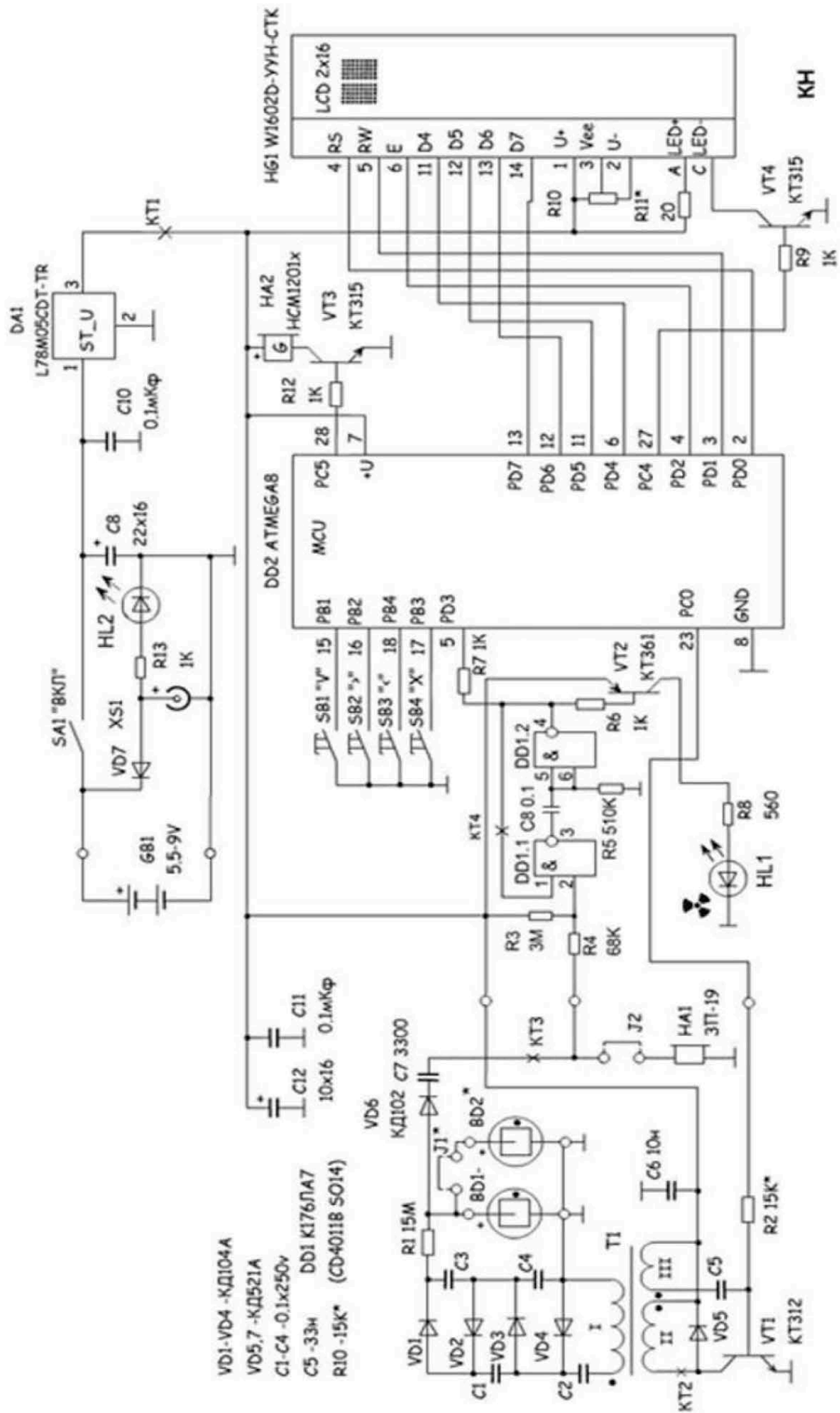


Рисунок 1.9. Електрична схема приладу для вимірювання рівня радіації ТЕРРА-П

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

25

Таким чином, батареї для світлової індикації не витрачають додаткової енергії. У той же час R9 і VD2 обмежують піки напруги на стоці VT1 при 15 В. Пристрій живиться від двох батарей АА або від зовнішнього випрямляча з вихідною напругою 5-15В при струмі не менше 10 мА. Коли випрямляч підключений до роз'єму XS2, акумулятор автоматично від'єднується контактами роз'єму. Напруга випрямляча стабілізується мікросхемою DA3. Діод VD9 усуває вплив DA3 на акумулятор і зменшує напругу живлення до 3В, тобто до номінальної напруги батареї. Використання діода Шотткі продиктоване невеликим перепадом напруги на ньому. Діод VD10 захищає пристрій від помилкового підключення неправильної полярності зовнішнього випрямляча. З'єднувач X1 використовується для програмування мікроконтролера на платі через інтерфейс ICSP.

1.4.5 Схемо-технічне рішення приладу для вимірювання рівня радіації ТЕРРА-П

Принципову електричну схему приладу для вимірювання рівня радіації ТЕРРА-П наведено на рис.1.9. Схема активується кнопкою SA1, живлення відбувається за допомогою змінних елементів живлення. Мікросхема DD2 виконує керування екраном, на якому відображаються результати вимірювання. Мікросхема DD1 є мікроконтролером, що керує вимірювальним процесом, а на діодах VD1-VD4 реалізовано потроювач напруги для живлення лічильника. У якості лічильника використовується лічильник Гейгера СБМ-20.

1.5 Розробка структурної схеми приладу вимірювання іонізуючого випромінювання

В кожній схемі сучасного приладу вимірювання іонізуючого випромінювання можна знайти такі блоки як: блок керування, блок індикації, блок живлення, блок високовольтного перетворення напруги, лічильник Гейгера. Обов'язковою складовою будь якого сучасного електронного пристрою є мікроконтролер, що керує усіма процесами. На основі проведеного аналізу прийнято рішення про використання в основі приладу вимірювання іонізуючого випромінювання мікроконтролера для проведення підрахунку кількості

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спрацювань лічильника за визначений проміжок часу та переведення в еквівалентну дозу опромінення. Основою приладу є електронно-обчислювальний блок, за допомогою якого здійснюється керування іншими складовими приладу, а саме: вимірювальним блоком, блоком заряду, ключем формувача звуку.

Розроблюваний прилад відноситься до класу вимірювальних приладів, тому основною його задачею є перетворення іонізуючого випромінювання у електричний сигнал, зручний для обробки і вимірювання. Це здійснюється завдяки детектору випромінювання та схемі вимірювання. Іонізуюче випромінювання представляє собою потік заряджених часток, які випускають всі радіоактивні препарати. По кількості часток в довкіллі за період часу можна підрахувати дозу радіації, поглинену навколишніми предметами. Проникаючи в детектор, частки викликають електричний струм, який тим більше, чим більше часток проникає в детектор. Електронно-обчислювальний блок рівня іонізуючого випромінювання обробляє отримані характеристики струму детектора і перетворює їх у візуальний вигляд, що відображується на індикаторі приладу. Основою пристрою є мікроконтролер. Для роботи вимірювального блоку необхідна висока напруга. Для її формування використовується конвертер напруги. Перетворювач живиться від акумуляторної батареї і споживає від неї досить великий струм. На виході перетворювач видає високу напругу, якою заряджає конденсатор. Зазвичай вихідна напруга перетворювача складає 1000В.

Основним завданням вимірювального блоку є генерування імпульсів при підвищенні рівня радіації в зоні приладу, причому кількість даних імпульсів повинна прямо-пропорційно залежати від перевищення рівня випромінювання від заданого порогового значення. Структурну схему розроблюваного приладу для вимірювання іонізуючого випромінювання наведено на рис. 1.10.

Проектований пристрій складається з наступних вузлів:

- блоку живлення, що забезпечує схему напругою;
- двох стабілізаторів напруги, які стабілізують напруги живлення до 3В для нормальної роботи приладу;
- мікроконтролера, який є головним елементом приладу і виконує

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

керування всіма вузлами пристрою;

- блоку перетворення, який підвищує напругу для живлення лічильника;
- високовольтного перетворювача, який підвищує напругу до значення, близького 400В, яке необхідне для роботи лічильника;
- лічильника Гейгера, який виявляє радіаційні заряджені частинки в повітрі;
- стабілізатора частоти, який стабілізує частоту роботи мікропроцесора;
- формувача рахункових імпульсів, який отримує та оброблює значення заряджених частинок в повітрі, і перетворює їх для відображення на індикаторі;
- блоку індикації, який відображає виміряні значення на індикаторі.

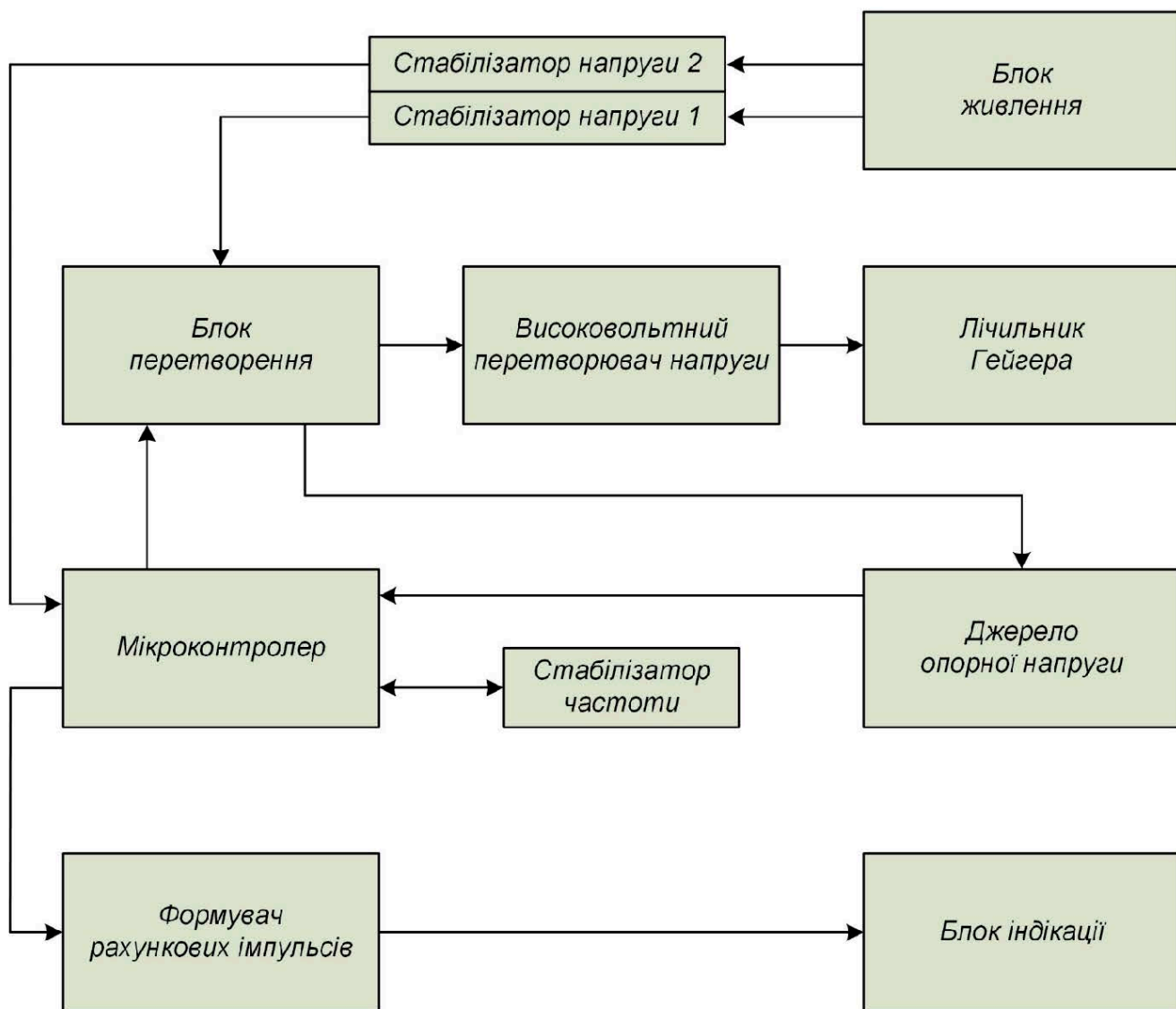


Рисунок 1.10. Структура приладу для вимірювання іонізуючого випромінювання

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

28

Проектований пристрій має бути простим у використанні, його не потрібно буде додатково налаштовувати, обираючи режими. Пристрій буде призначений для вимірювання рівня радіації в побуті. Межі вимірювання мають простиратись від 10 до 242,9 мР/год за рахунок налаштування лічильника Гейгера СБМ-20. Пристрій матиме два варіанти живлення. Живлення від двох гальванічних елементів типу АА має забезпечити приблизний час роботи до 6000 годин. При роботі від зовнішнього джерела рівень постійної напруги має бути в межах 5...15 В. Пристрій буде мати два типи сигналізації: звукову та світлову. Прилад для вимірювання рівня радіації передбачається виконати у пластмасовому корпусі з невеликими габаритами. В корпусі необхідно забезпечити отвори під елементи керування, під'єднання зовнішніх пристроїв, екран, звукову та світлову сигналізацію.

1.6 Розробка принципової електричної схеми приладу вимірювання іонізуючого випромінювання

Принципова електрична схема приладу для вимірювання рівня радіації, побудована на основі структурної схеми, наведена на рис. 1.11.

Висока напруга формується на транзисторі VT2 і трансформаторі T1. На заслін транзистора VT2 з виводу 5 мікроконтролера DD2 надходять імпульси частотою 244 Гц з коефіцієнтом заповнення 4...15%. Під час дії імпульсу транзистор VT2 відкритий і в магнітопроводі трансформатора відбувається накопичення енергії. У моменти закриття транзистора по закінченні кожного імпульсу на його стоці в результаті самоіндукції обмотки I трансформатора виникають імпульси напруги позитивної полярності амплітудою близько 60 В. З підвищувальної обмотки II імпульси напруги подаються на підвищувач напруги, зібраний на діодах VD6-VD8 і конденсаторах C11, C13, C14. Застосування потроювача знизило вимоги до трансформатору і дозволило спростити його конструкцію. З потроювача напруга близько 400 В надходить на лічильник Гейгера BD1 через навантажувальний резистор R7. При такій напрузі лічильник працює в середині "плато" своєї характеристики. Стабілітрони VD3-VD5 обмежують напругу до 430В і захищають від пробоя конденсатори потроювача.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

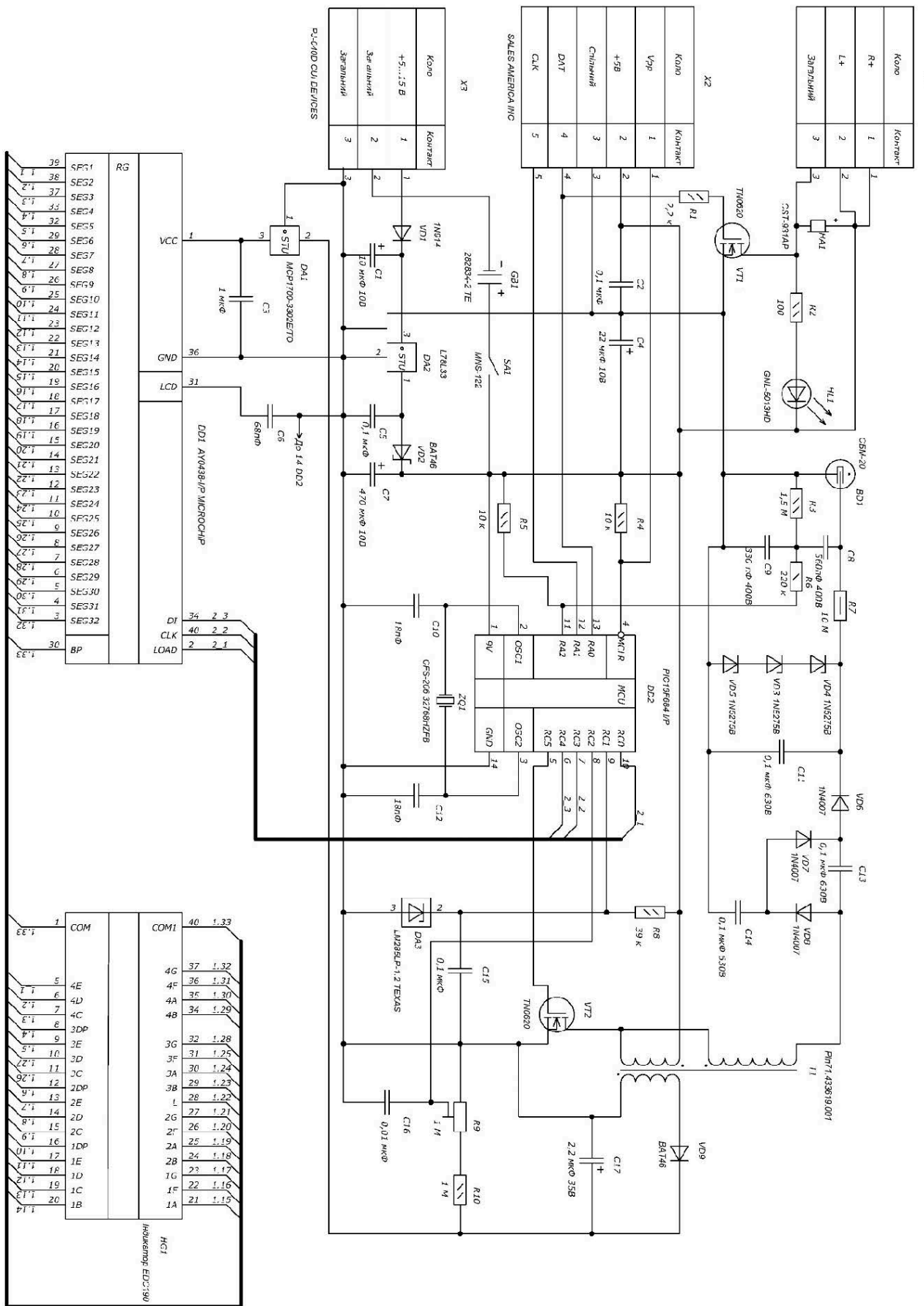


Рисунок 1.11. Принципова схема приладу для вимірювання рівня радіації

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Без використання стабілітронів напруга на конденсаторах в деяких випадках може перевищити 800...900 В, що викличе їх пробій. При опорі навантаження потроювача не менше 40 МОм постійна складова струму в обмотці I не перевищує 10 мА. Змінюючи тривалість імпульсів, що відкривають транзистор VT2, мікроконтролер DD2 регулює кількість енергії, що надходить від джерела живлення на потроювач напруги, забезпечуючи цим стабілізацію напруги на його виході. Для цього за допомогою вбудованого АЦП мікроконтролер вимірює напругу на додатковій обмотці III трансформатора T1, випрямлену діодом VD9 і згладжену конденсатором C17. Ємність цього конденсатора і опір резисторів R9, R10 обрані такими щоб напруга, що надходить на вивід 8 (один з входів АЦП) мікроконтролера, без суттєвої затримки слідувала за всіма змінами напруги на виході потроювача. Конденсатор C16 згладжує гострі піки цього сигналу. Інший вхід АЦП з'єднаний з джерелом опорної напруги 1,235 В на мікросхемі DA3.

При реєстрації радіаційної частки лічильник Гейгера BD1 формує на резисторі навантаження R7 імпульс від'ємної полярності амплітудою близько 100В, що надходить на рахунковий вхід таймера TMR0 (вивід 11) мікроконтролера через дільник напруги, сформований з резисторів R3, R5, R6 і конденсаторів C8, C9. При інтенсивності радіації понад 50 мкР/год мікроконтролер на виводі 13 кожену секунду генерує серію імпульсів частотою близько 2480 Гц. Підсилені транзистором VT1 імпульси надходять на електромагнітний випромінювач звуку HA1 або на інший випромінювач, якщо він підключений до гнізда XI. Імпульси напруги самоіндукції випромінювача, що утворюються в моменти закривання транзистора VT1, викликають світіння світлодіоду HL1, що також сигналізує про перевищення допустимого рівня радіації.

Схема приладу отримує живлення від батареї GB1. Час безперервної роботи радіометра від елементів живлення ємністю 2500 мА·год досягає шести-семи місяців. Можна жити прилад і від зовнішнього джерела постійної напруги 5...15 В. Коли його штекер вставлений в гніздо X3, батарея GB1 відключена. Інтегральний стабілізатор DA2 зменшує подану напругу до 3,3 В і стабілізує її.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діод VD2 знижує напругу, що знімається зі стабілізатора, до 3В. Діод VD1 захищає прилад при випадковому підключенні зовнішнього джерела напруги невірної полярності. До роз'єму X2 підключають програматор для завантаження програми до вже змонтованого на платі приладу мікроконтролера. Таймер TMR0 працює в режимі лічильника імпульсів без попереднього дільника. Переповнення таймера під час надходження на його вхід більше 255 імпульсів генерує запит переривання, в результаті обробки якого збільшується на одиницю число в спеціально виділеному регістрі. Таким чином, число імпульсів, що надійшли за секунду, яке може досягати 5500 (0x157C), 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.

1.7 Вибір елементної бази відповідно до принципової схеми

1.7.1 Підбір резисторів

У якості підстроювального резистору обрано резистор KLS4-3362P-1-105 для монтажу на друковану плату. Використовується в електричних колах постійних і змінних струмів. Потенціометр є однооборотним, характеризується високою точністю налаштування на необхідний опір, має мінімальні розміри, відповідає значенню номінального опору, яке задовольняє роботу схеми, малу вартість, має налаштування зверху, є легкодоступним у продажу [8].

У якості резисторів постійного номіналу для поверхневого монтажу обрано тип резисторів SMD0805 фірми Hitano. Резистори типу SMD характеризуються високою стабільністю параметрів, надійністю, мають гарні частотні властивості. 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.

У якості резисторів для навісного монтажу застосовано металоплівкові

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

резистори, 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 CR-25 – 0,25 – 220 кОм фірми CINETECH, що має більший діапазон робочих температур, стабільно працює та має високу надійність, невелику ціну. У якості R7 обрано резистор FM0207-10M0FT – 0,5 – 10 МОм фірми CINETECH, що має низький розкид параметрів та порівняно з іншими аналогами має робочу напругу 500В, що задовольняє параметрам схеми.

1.7.2 Підбір конденсаторів

У якості електролітичних конденсаторів обрано конденсатори Hitano, оскільки вони мають малий розкид параметрів, довгий час експлуатації, великий ряд ємності, а також за параметрами номінальної напруги 10В та ємністю 22мкФ, 470мкФ та 10мкф підходять до схеми. Діелектриком для даних конденсаторів є тонкий шар оксиду металу, нанесений електролітичним способом на тонку стрічку з фольги [9]. Конденсатори мають радіальні виводи. Вони не роблять значного впливу на висоту корпусу приладу що проектується.

У якості керамічних конденсаторів для поверхневого монтажу, що на електричній схемі (рис.1.11) позначені як С2, С5, С15, застосовано конденсатори фірми Hitano SMD 0402. Порівняно з аналогами вони мають більшу допустиму напругу, в своїй основі використовують високо-стабільний діелектрик Y5V, що має більш низькі рівні втрат і напівстабільну температурну залежність. Такі конденсатори мають можливість використання в автоматизованому монтажі, є доступними на ринку.

У якості керамічного конденсатору для поверхневого монтажу, що на електричній схемі (рис.1.11) позначений як С6, застосовано конденсатор фірми Hitano SMD 0603. В своїй основі такі використовують високостабільний діелектрик NPO, що характеризується високою добротністю і лінійною температурною залежністю. Порівняно з аналогами вони дешеві та мають низький розкид параметрів, біля 5%.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

У якості керамічних конденсаторів для поверхневого монтажу, що на електричній схемі (рис.1.11) позначені як С3, С10, С12, С16, застосовано конденсатори фірми Hitano SMD 0805. Це багатопарові керамічні конденсатори, які використовуються у фільтрах, де основними вимогами є низькі втрати, висока стабільність ємності. До складу таких конденсаторів входять високостабільні діелектрики, які мають високу добротність і лінійну температурну залежність. До їх особливостей можна віднести високу питому ємність, широкий діапазон номінальних ємностей, малі габарити і низьку вартість, оптимізацію для автоматичного монтажу.

У якості високовольтних конденсаторів застосовані захищені ізольовані плівкові конденсатори постійної ємності, що призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного та пульсуючого струму. Характеризуються високим опором ізоляції і відносно високою температурною стабільністю параметрів. Обрані конденсатори Cornell Dubilier DME6P1K-F відповідають значенням напруги, яка створюється в ланцюзі приладу (630 В), мають невеликі габарити, а їх номінальна ємність підібрана такою, щоб висока напруга на лічильнику ВD1 при фільтрації серії імпульсів відновлювалась за малий період часу.

У якості високовольтних керамічних конденсаторів застосовані конденсатори фірми Hitano, що використовується у проєктованому приладі в схемі дільника напруги. Обрані конденсатори розраховані на напругу 400В, а номінальна ємність їх підібрана такою, щоб висока напруга на лічильнику ВD1 при фільтрації серії імпульсів відновлялась якомога швидше.

У якості танталового конденсатору обрано конденсатор поверхневого монтажу типорозміру 1206, що характеризується високим питомим зарядом і питомою ємністю, великим значенням одиничної ємності, однак, має обмеження за максимальним значенням номінальної напруги. Він має малі габарити, відповідає основним параметрам ємності – 2,2 мкФ і робочій напрузі 35В. У пристрої використовується як згладжувальний в схемі однонапівперіодного випрямлячу.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

1.7.3 Підбір кварцового резонатора

Кварцовий резонатор CFS-206 (рис.1.12) призначений для використання в аналогово-цифрових ланцюгах для стабілізації і виділення електричних коливань певної частоти або смуги частот.

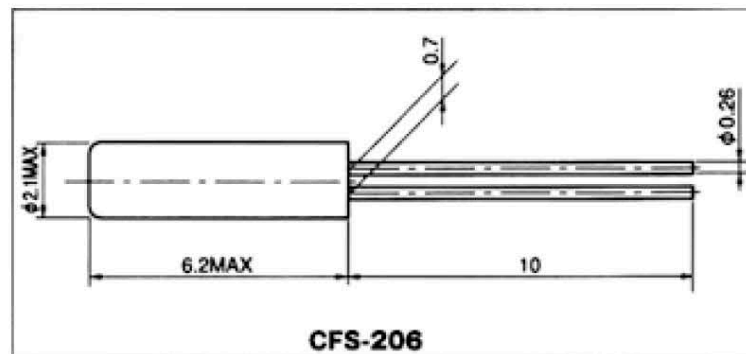


Рисунок 1.12. Габаритні розміри кварцового резонатора CFS-206

Кварцовий резонатор CFS-206 має такі електричні параметри:

- резонаторна частота: 32768Гц;
- навантажувальна ємність: 6 пФ.

1.7.4 Підбір роз'ємів

Роз'єм jack 3.5 призначений для підключення до приладу навушників і відключення звукової сигналізації. Обрано роз'єм KLB-4 через його легку доступність, малі розміри, низьку вартість, можливість кріплення до корпусу пристрою.

Роз'єм B5B-PH-K-S JST виконується в пластмасовому корпусі і складається з п'яти розташованих вздовж контактів. Використовується для підключення до програматору і подальшого програмування пристрою. Має малі розміри, низьку вартість і якісне з'єднання з штекером, що підключається до нього.

Роз'єм для живлення схеми PJ-040D CUI DEVICES має малі розміри, низьку вартість, витримує максимальний струм 2А при напрузі 25В, що повністю підходить до параметрів схеми.

1.7.5 Підбір вимикача

Повзунковий вимикач Alcoswitch MHS-122 призначений для вмикання і вимикання пристрою. Виконується в пластмасовому корпусі, виконаний у

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вигляді елемента поверхневого монтажу.

1.7.6 Підбір батарейного відсіку

Через великі габаритні розміри розміщення батарейного відсіку на платі не доцільне. Прийнято рішення використовувати клемник 282834-2 TE для під'єднання батарейок.

1.7.7 Підбір мікросхем для проектного пристрою

Мікросхема MCP1700-3302E/TO є позитивним стабілізатором з малим падінням напруги, який здатний видавати 250мА струму з вкрай низьким диференціалом напруги 178мВ при 250мА. Мікросхема виконується в пластмасовому корпусі ТО-92 та має наступні електричні параметри:

- напруга живлення: 2,3В...6В;
- фіксоване значення напруги на виході: 3,3В;
- вихідний струм: 250мА;
- падіння напруги: 178мВ.

Мікросхема L78L33 є регулятором фіксованої напруги в широкому діапазоні застосувань. В схемах використовується як стабілізатор напруги. Мікросхема виконується в пластмасовому корпусі ТО-92 та має наступні електричні параметри:

- вхідна напруга: до 30В;
- фіксоване значення напруги на виході: 3,3В;
- вихідний струм: 100мА;

Мікросхема LM285LP-1.2 є джерелом живлення опорної напруги, яке має добру температурну стабільність і низький динамічний опір. Мікросхема має наступні електричні параметри:

- робочий струм: 20мА;
- фіксоване значення напруги на виході: 1,235В;
- точність: 12мВ.

Мікросхема AY0438-I/P є драйвером, що керує РКІ під керуванням

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікропроцесора. За допомогою мікросхеми відбувається відображення інформації на РКІ. Мікросхема фіксує дані, які потрібно відобразити, тип самим звільняючи мікропроцесор від генерації необхідних осцилограм. За допомогою цього елемента на РКІ можна відображати 4-значну інформацію. Мікросхема має наступні електричні параметри:

- напруга живлення: 3В;
- вихідний струм: 25мА;
- кількість цифр: 4.

Мікросхема PIC16F684 I/P є простим високопродуктивним 8-розрядним мікроконтролером, виконаним за КМОП-технологією з дуже малим використанням енергії. Він має внутрішню пам'ять, у яку записується програма. В цій мікросхемі є можливість видалення записаної інформації електричним шляхом і запис на її місце нової [10]. До складу входить компаратор, АЦП, таймер. Докладніше про структуру та особливості програмування обраного мікроконтролера описано у п.1.5.8.

1.7.8 Структура та особливості програмування обраного мікроконтролера

Мікроконтролери підгрупи PIC16F8x відносяться до сімейства 8-розрядних КМОП-мікроконтролерів групи PIC16Cxxx, для яких характерна порівняно низька вартість, повністю статична КМОП-технологія та висока продуктивність. Випускаються у корпусах з 18 та 28 виводами, залежно від типу, з попередньо заданим типом зовнішнього генератора тактових імпульсів – кварцовим резонатором чи RC-ланкою. Всі мікроконтролери підгрупи PIC16F8x використовують Гарвардську архітектуру з RISC-процесором і володіють наступними основними властивостями:

- використовується тільки 35 простих команд;
- всі команди виконуються за один цикл (400 нс при частоті 10 МГц), крім команд переходу, які потребують два цикли;
- робоча частота 0 Гц...10 МГц (в даному випадку 4 МГц);
- роздільні шини даних (8 біт) і команд (14 біт);

- 512×14 або 1024×14 біт пам'ять програм, виконана на постійному запам'ятовуючому пристрої (ПЗП) чи електрично перепрограмованій пам'яті типу „Flash”;
- 15 восьмирозрядних регістрів спеціальних функцій (SFR);
- восьмирівневий апаратний стек;
- пряма, непряма і відносна адресація даних і команд;
- 36 або 68 восьмирозрядних регістрів загального призначення (GPR);
- 64×8 біт ПЗП з можливістю електричного перепрограмування (EEPROM) пам'ять даних з можливістю виконання 1 млн. циклів стирання і перезапису;
- чотири джерела переривань:
 - а) зовнішній вхід RB0/INT;
 - б) переповнення таймера TMR0;
 - в) зміна сигналів на лінії портів RB;
 - г) завершення запису даних в пам'ять EEPROM;
- збереження даних в EEPROM на протязі, як мінімум, 40 років.

Основні характеристики мікроконтролера PIC16F84A:

Максимальна частота задаючого генератора, МГц.....	4
Flash-пам'ять програм, байт.....	1024
Пам'ять даних, байт.....	68
Пам'ять даних в EEPROM, байт.....	64
Таймери.....	TMR0
Число джерел переривань.....	4
Число ліній вводу/виводу.....	13
Діапазон напруги живлення, В.....	2,0 – 6,0
Число виводів, тип корпусу.....	18 DIP

Мікроконтролери підгрупи PIC16F8x володіють розвинутими можливостями вводу/виводу:

- 13 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 мають наступні властивості:

- автоматичне скидання при включенні (Power-on-Reset);
- таймер включення при скиданні (Power-up Timer);
- таймер запуску генератора (Oscillator Start-up Timer);
- сторожовий (Watchdog) таймер 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 для команд (Гарвардська архітектура). Шина даних та пам'ять даних (ОЗП) – мають ширину 8 біт, а програмна шина і програмна пам'ять (ПЗП) – 14 біт. Така концепція забезпечує просту, але ефективну систему команд, розроблену так, що бітові, байтові та регістрові операції працюють з високою швидкістю і з 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 PIC16F84A адресує 1024×14 біт пам'яті програм. Вся пам'ять є внутрішньою. Мікроконтролер може прямо або непрямо звертатись до регістрів чи пам'яті даних. Всі регістри спеціальних функцій, включаючи лічильник команд, відображаються в пам'ять даних.

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 PIC16F8x простим та ефективним. Мікроконтролер PIC16F84 містить 8-розрядний арифметико-логічний пристрій

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

(АЛП) та робочий регістр W. АЛП представляє 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. Призначення виводів мікроконтролера PIC16F84 приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Призначення виводів мікроконтролера PIC16F84

Позначення	Тип	Призначення
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/ТОСКИ може бути вибраний як тактовий вхід таймера/лічильника TMR0
RA1	I/O	
RA2	I/O	
RB0	I/O	Порт В (RB0...RB7) – двонаправлений порт вводу-виводу.
RB1	I/O	
RB2	I/O	Можуть бути запрограмовані в режимі внутрішніх активних навантажень на лінії живлення по всім виводам. Вивід RB0/INT може бути вибраний як зовнішній вхід переривань. Виводи RB4...RB7 можуть бути програмно налагоджені як входи переривань станів на будь-якому із входів
RB3	I/O	
RB4	I/O	
RB5	I/O	
RB6	I/O	
V _{dd} (+U)	P	Позитивна напруга живлення
V _{ss} (-U)	P	Спільний провід (заземлення)

I – вхід; O – вихід; I/O – вхід-вихід; P – живлення.

Структурна схема мікроконтролера PIC16F84 представлена на рис.1.13. Всі регістри PIC розділяються на дві функціональні групи: спеціальні регістри і регістри загального призначення (РЗП). Регістри спеціального призначення використовуються для керування функціями мікроконтролера і можуть бути розділені на два набори: регістри базових функцій і регістри периферійних пристроїв. Регістри базових функцій включають регістр-перемикач непрямої адресації (INDF), програмний лічильник (PC), представлений двома регістрами PCL і PCLATH, регістр слова стану (STATUS), регістр-показчик непрямої

адресації (FSR), робочий реєстр (W), реєстр переривань (INTCON), а також реєстр режимів роботи або конфігурації попереднього дільника і таймера (OPTION).

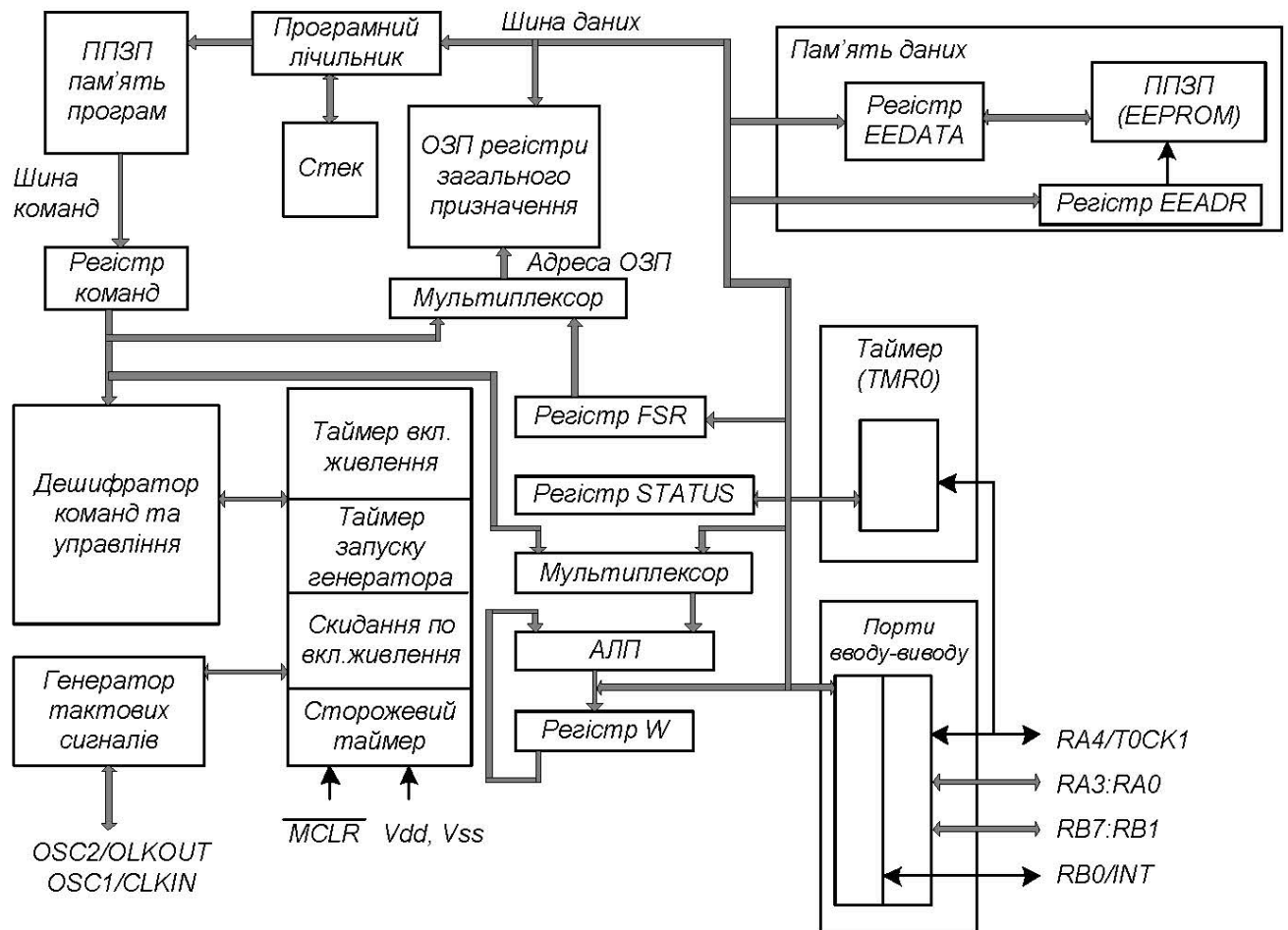


Рисунок 1.13. Структурна схема мікроконтролера PIC16F84

Реєстри периферійних пристроїв включають реєстри вводу/виводу (RA-порт A і RB-порт B), реєстри даних (EEDATA) і адреси (EEADR) пам'яті даних-констант, реєстр таймера-лічильника (TMR0) і реєстри керування конфігурацією портів вводу/виводу (TRISA і TRISB). Опис спеціальних реєстрів приведений в таблиці 1.2. Всі спеціальні реєстри також відображаються в пам'ять даних. Реєстри загального призначення можуть бути адресовані прямо або побічно, з використанням реєстра-показчика непрямої адресації FSR.

Реєстри загального призначення є статичним ОЗП, розташованим за адресами 0Ch – 2Fh пам'яті даних. Всього в PIC16F84 можна використовувати 36 комірок ОЗП.

Таблиця 1.2. Опис спеціальних регістрів PIC16F84

Адреса	Ім'я	Біт 7	Біт 6	Біт 5	Біт 4	Біт 3	Біт 2	Біт 1	Біт 0
Банк 0									
00h	INDF	Використовується значення FSR для доступу до пам'яті даних							
01h	TMRO	8-розрядний таймер/лічильник							
02h	PCL	Молодші 8 розрядів лічильника команд PC							
03h	STATUS2	IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C
04h	FSR	Регістр непрямої адресації (Вказівник адреси)							
05h	PORTA	–	–	–	RA4/ TOCK I	RA3	RA2	RA1	RA0
06h	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0/ INT
07h									
08h	EEDATA	Регістр даних ППЗП даних-констант							
09h	EEADR	Регістр адреси ППЗУП даних-констант							
0Ah	PCLATH	–	–	–	Старші розряди лічильника PC1				
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
Банк 1									
80h	INDF	Використовується значення FSR для доступу до пам'яті даних							
81h	OPTION	RBP U	INTE D	TOC S	TOSE	PSA	PS2	PS1	PS0
82h	PCL	Молодші 8 розрядів лічильника команд PC							
83h	STATUS2	IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C
84h	FSR	Регістр непрямої адресації (Показчик адреси)							
85h	TRISA	–	–	–	Біти керування портом А				
86h	TRISB	Біти керування портом В							
87h									
88h	EECON1	–	–	–	EEIF	WRE RR	WRE N	WR	RD
89h	EECON2	Регістр керування 2 ППЗП даних-констант (не фізичний регістр)							
0Ah	PCLATH	–	–	–	Старші розряди лічильника PC1				
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF

Примітки:

										Арк.
										42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>					

1. Старші розряди програмного лічильника РС <12:8> прямо недоступні. Вони можуть бути записані або прочитані тільки через регістр PCLATH.

2. Низький рівень сигналу на вході MCLR не змінює стану бітів PD і T0. Біти зберігають своє значення, поки не поступить яка-небудь інша умова скидання.

У регістрі статусу (03h) є біти вибору сторінок, які дозволяють звертатися до чотирьох сторінок майбутніх модифікацій цього кристала. Проте для PIC16F84 пам'ять даних існує тільки до адреси 2Fh. Перші 12 адрес використовуються для розміщення регістрів спеціального призначення. Регістри з адресами 0Ch-2Fh можуть бути використані як регістри загального призначення, які є статичним ОЗП. Деякі регістри спеціального призначення продубльовано на обох сторінках, а деякі розташовані на 1 сторінці окремо. Коли встановлена сторінка 1, то звернення до адрес 8Ch-AFh фактично адресує сторінку 0. До регістрів можна адресуватися прямо або побічно. У обох випадках можна адресувати до 512 регістрів.

Регістр-перемикач непрямої адресації f0 фізично не існує. Він використовує регістр вибору f4 для непрямої вибірки одного з 64 можливих регістрів. Будь-яка команда, що використовує f0, насправді звертається до регістра даних, на який указує f4.

Восьмирозрядний регістр таймера/лічильника TMR0 (RTCC) може бути записаний і лічений як і будь-який інший регістр. TMR0 може збільшуватися по зовнішньому сигналу, що подається на вивід ТОСКІ (RTCC), або по внутрішній частоті, відповідній частоті команд.

Основне застосування таймера/лічильника – підрахунок числа зовнішніх подій і вимірювання часу. Сигнал від зовнішнього або внутрішнього джерела також може бути заздалегідь поділений за допомогою вбудованого в PIC програмованого восьмирозрядного дільника. Режим роботи таймера і попереднього дільника задаються за допомогою регістра OPTION (81h). Програмний лічильник (РС) використовується для генерації послідовності адрес комірок ПЗП програми, що містять 14-розрядні команди. РС має розрядність 13

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

біт, що дозволяє прямо адресувати 8Кх14 комірок ПЗП. Для PIC16F84, проте, тільки 1К комірок фізично доступні (адреси 0000h-03FFh). Звернення до адрес вище 3FFh фактично є адресацією в той же перший кілобайт. Вектор скидання знаходиться за адресою 0000h. Вектор переривання знаходиться за адресою 0004h. Молодші 8 розрядів PC можуть бути записані і зчитані через регістр f2 (PCL), старші 5 розрядів завантажуються з регістра PCLATCH, що має адресу 0Ah.

Регістр слова стану схожий на регістр PSW, існуючий в більшості мікропроцесорів. У ньому знаходяться біт переносу (C), десяткового переносу (DC) і нуля (Z), а також біти режиму включення (PD, TO) і біти сторінкової адресації (PA0, PA1, PA2).

Як було вже сказано, регістр-вказівник FSR (f4) використовується разом з регістром-перемикачем INDF (f0) для непрямой виборки – (адресації) одного з 64 можливих регістрів. Фізично задіяно 36 регістрів ОЗП користувача, розташованих за адресами Ch-2Fh і 15 службових регістрів, розташованих за різними адресами.

Регістри f5 і f6 відповідають двом портам вводу/виводу, що є у PIC16F84. Порт А має 5 розрядів PA4-PA0, які можуть бути індивідуально запрограмовані як входи або виходи за допомогою регістра TRISA, що має адресу 85h. Порт В має 8 розрядів PB7-PB0 і програмується за допомогою регістра TRISB, що має адресу 86h. 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.

Мікроконтролер PIC16F84 має вбудований електричноперепрограмований ПЗП даних-констант (EEPROM) розміром 64 байти. Ця пам'ять не належить до області регістрів ОЗП. Доступ до неї здійснюється через два регістри: EEDATA <88h>, який містить в собі восьмибітові дані для читання/запису і EEADR <9h>, який містить в собі адресу комірки, до якої йде звертання. Додатково є два управляючі регістри: EECON1 <88h> і EECON2 <89h>.

При зчитуванні даних з пам'яті EEPROM необхідно записати необхідну

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

адресу в регістр EEADR і потім встановити біт RD в регістрі EECON1 в одиницю. Дані з'являться в наступному командному циклі в регістрі EEDATA і можуть бути зчитані.

Запис нового байту триває близько 10 мсек і управляється вбудованим таймером. Керування записом і зчитуванням здійснюється через регістр EECON1, що має адресу 88h. Для додаткового контролю за записом служить регістр EECON2, що має адресу 89h.

Регістр переривань INTCON (адреса 0Bh) служить для керування режимами переривання і містить біти дозволу переривань від різних джерел і прапори переривань. Переривання в PIC16F84 можуть бути від чотирьох джерел:

- зовнішнє переривання з виводу RB0/INT (прапор INTF);
- переривання від переповнювання таймера TMRO (прапор RTIF);
- переривання після закінчення запису в ПЗП даних-констант (прапор EEIF в регістрі EECON1);
- переривання від зміни сигналів на входах RB4-RB7 порту В (прапор RBIF).

Всі переривання можуть бути заборонені бітом GIE (7 розряд INTCON).

Регістр режимів OPTION (адреса 81h) служить для завдання джерел сигналу для попереднього дільника і таймера/лічильника, а також для завдання коефіцієнта розподілу попереднього дільника, активного фронту сигналу для TMRO і входу переривання. Крім того за допомогою регістра OPTION можуть бути включені резистори навантажень (підтягуючі) для розрядів порту В, запрограмованих як входи.

Для мікроконтролерів сімейства PIC можливе використання чотирьох типів тактового генератора:

1. XT – кварцовий резонатор;
2. HS – високочастотний кварцовий резонатор;
3. LP – мікрокварцовий резонатор;
4. RC – RC ланцюжок.

Завдання типу використовуваного тактового генератора здійснюється в

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

процесі програмування мікроконтролера. У разі завдання варіантів XT, HS і LP до мікросхеми підключається кварцовий чи керамічний резонатор або зовнішнє джерело тактової частоти, а у разі завдання варіанту RC - резистор і конденсатор. Звичайно, керамічний і, особливо, кварцовий резонатор значно точніше і стабільніше, але якщо висока точність відліку часу не потрібна, використання RC-генератора може зменшити вартість і габарити пристрою.

Кожна команда PIC16F84 є 14-розрядним словом, що містить поле коду операції OPCOD і поле одного або більш операндів, які можуть брати участь в цій команді. Система команд PIC16F84 включає команди роботи з байтами, команди роботи з бітами, команди передачі керування і операції з константами. Для команд роботи з байтами "f" позначає регістр, з яким виробляється дія, а біт "d" визначає регістр призначення. Якщо "d"=0, результат поміщається в W-регістр, при "d"=1 результат поміщається в регістр "f", заданий в команді. Для команд роботи з бітами "b" позначає номер біта, що бере участь в команді, а "f" - регістр в якому цей біт розташований. Для команд керування і операцій з константами "k" позначає 8-ми або 11-бітову константу або ідентифікатор.

Виходячи з виконаного аналізу, можна зробити висновок, що обраний мікроконтролер PIC16F84 простий в програмуванні і має велику кількість описаних в літературі розробок на його основі.

1.7.9 Підбір лічильника Гейгера для проектного пристрою

Пристрої, розраховані на реєстрацію та виявлення гамма-фотонів та високочастотного (жорсткого) бета-випромінювання, такі як дозиметр МКС-05 Терра-П, професійні дозиметри радіації РКС-01 СТОРА, сприймають випромінювання, що має достатню енергію і велику проникаючу здатність для реєстрації камерою лічильника Гейгера. Такі частинки та фотони легко проникають через стінки лічильника та викликають процес іонізації, а це легко реєструється відповідною електронною начинкою дозиметра. Для реєстрації такого типу радіації добре підходять популярні лічильники типу СБМ-20 (рис.1.14), які мають датчик у вигляді циліндричної трубки-балону з розташованими коаксіально дротяними катодом та анодом. Причому стінки

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трубки датчика служать одночасно катодом та корпусом і виготовлені з нержавіючої сталі. Цей лічильник має такі характеристики:

- площа робочої зони чутливого елемента 8 квадратних сантиметрів;
- радіаційна чутливість за гама-випромінюванням близько 280 імп/с, або 70 імп/мкР (тестування проводилося за цезієм – 137 при 4 мкР/с);
- власний фон дозиметру становить близько 1 імп/с;
- датчик розрахований на реєстрацію гамма-випромінювання з енергією в діапазоні від 0,05 МеВ до 3МеВ, та бета-частинок з енергією 0,3 МеВ по нижньому кордону.

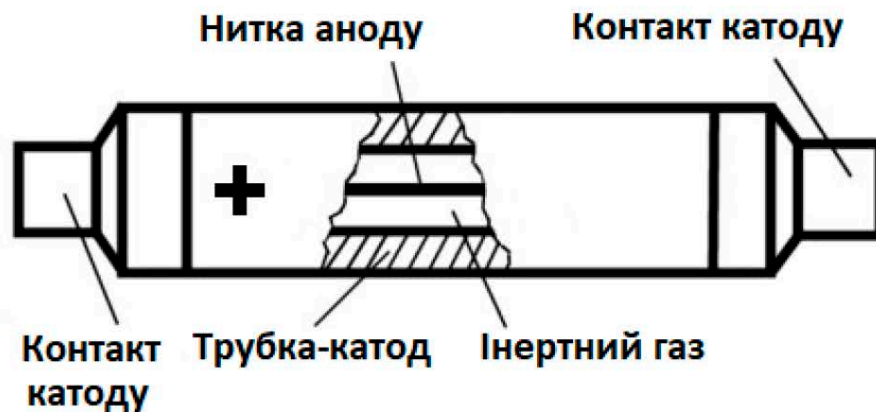


Рисунок 1.14. Конструкція лічильника Гейгера СБМ-20

У цього лічильника є різні модифікації, наприклад, СБМ-20-1 або СБМ-20У, які мають схожі характеристики, але відрізняються принциповою конструкцією контактних елементів та вимірювальною схемою. Інші модифікації цього лічильника Гейгера-Мюллера, а це СБМ-10, СІ29БГ, СБМ-19, СБМ-21, СІ24БГ мають схожі параметри.

Обраний для реалізації схеми проектованого пристрою лічильник Гейгера СБМ-20 (рис.1.15) призначений для вимірювання жорсткого бета-і гамма-випромінювання і має широке застосування в галузі радіаційного контролю. Він має наступні електричні параметри:

- чутливість лічильника: 60÷75 імп/мкР;
- номінальна робоча напруга: 400В;
- мертвий час імпульсу: 190с;

– частота імпульсів: 5263 Гц;

Лічильник має менші розміри порівняно з аналогами, невелику вартість, а максимальна інтенсивність, яку можна виміряти лічильником СБМ-20, дорівнює $5263/78 = 67,47$ мкР/с або 242,9 мР/год, що надає велику верхню межу вимірювань для проектованого пристрою.



Рисунок 1.15. Зовнішній вигляд лічильника Гейгера СБМ-20

1.7.10 Підбір випромінювача звуку

Електромагнітний випромінювач звуку СUI INC з вертикальним випроміненням виконаний в чорному пластмасовому корпусі, має відносно не великі розміри, низьку робочу напругу, характеризується чітким звуком і випроміненням звуку доверху, що запобігає втрачанням звуку і привертає увагу до виявлення зони з перевищеними показниками радіації.

1.7.11 Підбір рідинно-кристалічного індикатора

LCD-панель EDC190 (рис.1.16) призначена для виводу інформації. На робочу панель максимально виводиться 4 символи. Вона має наступні електричні параметри:

- робоча напруга: 3В;
- колір підсвітки: білий;
- кількість символів: 4.

РКІ відповідає параметрам напруги, має якісне і чітке виведення інформації на індикатор. Якість зображення не зменшується з розрядженням елементів живлення.

									Арк.
									48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ				

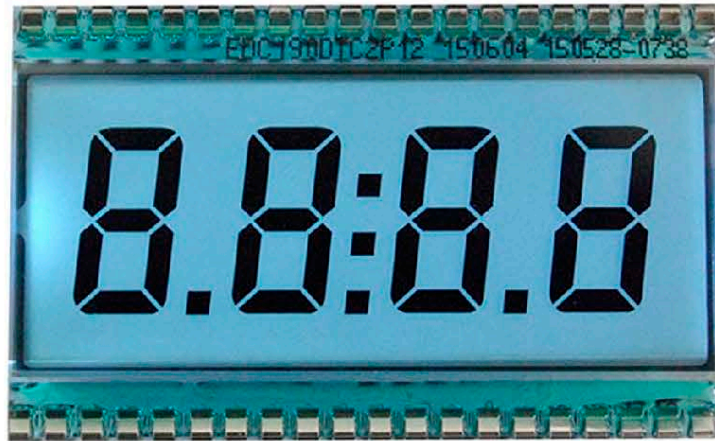


Рисунок 1.16. Зовнішній вигляд LCD-панелі EDC190

1.7.12 Підбір напівпровідникових діодів

Світлодіод у схемі пристрою призначений для повідомлення про перевищення рівня радіації. Обрано світлодіод GNL-5013HD фірми G-NOR, з розсіяним червоним випромінюванням.

Випрямний діод Fairchild Semiconductor 1N914 передбачає високу швидкість перемикання. Він володіє мініатюрними розмірами і малою масою, підвищеними показниками надійності, підходить для застосування в інтегральних схемах. Електричні параметри цього діоду такі:

- максимальна постійна зворотна напруга: 100В;
- пряма напруга: 1В;
- середньо випрямлений струм: 250мА;
- прямий струм: 10мА;
- струму втрат 5мкА.

Діод Шоткі Microelectronics BAT46 призначений для використання у всіх електричних ланцюгах. Він характеризується низьким падінням напруги, невеликим значеннями струму і напруги та швидким часом перемикання. Електричні параметри цього діоду такі:

- максимальна постійна зворотна напруга: 100В;
- пряма напруга: 1В;
- максимальний зворотній струм: 5мА;
- прямий постійний струм: 0,15А.

Цей діод виконується різними фірмами, і єдиною різницею є якість виготовлення та ціна.

Стабілітрон Microsemi 1N5275B призначений для стабілізації постійної напруги. В розроблюваному пристрої він виконує роль обмежувача напруги до 430В і захищає від пробую конденсатори. Стабілітрон 1N5275B має керамічний корпус і високу надійність. Електричні параметри цього діоду такі:

- стабілізована напруга: 140В;
- максимальна потужність: 500мВат;
- вхідна напруга: 1,1В;
- вхідний струм: 200мА.

Діод Microsemi 1N4007 є популярним кремнієвим випрямним діодом. Застосовується практично у всіх блоках живлення побутової апаратури. Крім того даний діод має здатність змінювати свою ємність, тому його можна використовувати в радіоапаратурі замість варикапа. В проектованій схемі на діодах реалізовано потроювач напруги. Електричні параметри цього діоду такі:

- максимальна постійна зворотна напруга: 1000В;
- максимальний прямий струм: 1А;
- максимальна пряма напруга: 1,1В;
- максимальний зворотній струм: 5мкА.

1.7.13 Підбір напівпровідникових транзисторів

Транзистор TN0620 є польовим транзистором, який використовується в схемах, де необхідна низька порогова напруга, висока напруга пробую, високий вхідний опір, низька вхідна ємність і висока швидкість перемикання [11]. Електричні параметри цього транзистора такі:

- максимально-допустимий постійний струм: 250мА;
- напруга пробую: 200В;
- напруга спрацювання затвору: 1,6В;
- постійна напруга заслін-витік 20В.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.8 Розробка друкованої плати пристрою

При визначенні розмірів друкованої плати (ДП) керуються такими даними, як встановлювальна площа розміщених на платі ЕРЕ S_m , площа допоміжних зон S_o , допустимі габарити ДП згідно з вибраним класом точності та щільності друкованого монтажу, умови експлуатації, допустимі співвідношення сторін (за жорсткістю зовнішніх впливів, способом закріплення ДП, її товщиною, тощо).

Знаючи габарити компонентів, розрахуємо площу плати. Для зручності розрахунок проводився у MS Excel, результати наведені в таблиці 1.3. Позначки в таблиці: W – ширина елементів; L – довжина елементів; n – кількість елементів; k – коефіцієнт форми; S – загальна площа елементів певного корпусу.

Таблиця 1.3. Площа, що займають ЕРЕ на платі

Корпус	W	L	n	k	S
smd080	1,25	2	15	1	37,5
to92	3,5	4,5	5	1,5	118,13
mic40	14,22	52,45	1	3	2237,5
mic14	6,6	19,3	1	1,5	191,07
lsd40	34,39	50,8	1	3	5241
y5p	9	3,5	2	1	63
dme6p1	6,5	18,5	3	1,5	541,13
tant	1,8	3,4	1	1	6,12
ecr100	5	5	1	1	25
ecr220	5	5	1	1	25
ehr471	6,3	6,3	1	1	39,69
ha1	9	9	1	1	81
hl1	5,9	5,9	1	1	34,81
0,25w	2,3	6,5	1	1	14,95
0,5w	2,3	6	1	1	13,8
3362P-1	7	7	1	1,5	73,5
1N914	2	4,2	2	1	16,8
bat46	2	4,2	1	1	8,4
1N5275	2	4,2	3	1	25,2
1N4007	2,72	5,21	3	1	42,514
B5B	5	13	1	1,5	97,5
CUI PJ-	6	9	1	1,5	81
CFS-20	2	2	1	1	4
CBM-20	11	109	1	3	3597
MHS-12	5,45	10,5	1	2	114,45
SBH221	6,5	5,54	1	2	72,02

З таблиці 1.3 видно, що мінімальна площа плати – 12890 мм², площа, яку займають елементи поверхневого монтажу – 158,05 мм², площа, яку займають вивідні елементи – 12730 мм², мінімальна площа верхньої частини плати – 7491,5 мм², мінімальна площа плати – 5400 мм². 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 135x75 мм обмежений розмірами BD1 по довжині та HG1 по ширині. Загальна оптимальна площа плати складає 10125 мм².

Розрахуємо розміри контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу за формулою:

$$Dk = Dv + 0,3 \quad (1.5)$$

де Dk – розміри контактних майданчиків;

Dv – розміри виводів.

Отримані значення наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4. Розміри для елементів поверхневого монтажу

Назва елемента	Dv	Dk
C2,C3,C5,C6,C10,C12, C15,C16,R1-R5,R8,R10	0,5x1,4	0,7x1,3
C17	0,8x1,4	1,35x2,2
SA1	0,6x1,4	1,0x2,55

Розрахуємо діаметри отворів для вивідних елементів за формулою:

$$Do = Dv + 0,2 \quad (1.6)$$

де Do – розміри отворів для вивідних елементів.

Розрахуємо розміри контактних майданчиків для вивідних елементів за формулою:

$$Dk = Do + 0,6 \quad (1.7)$$

За умови $Do \geq 1,1$ розміри контактних майданчиків розрахуємо за формулою:

$$Dk = Do + 2/3 Do \quad (1.8)$$

Отримані значення наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5. 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

За результатами розрахунків отримано розміри контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу та встановлювальні розміри для елементів навісного монтажу.

Ширина друкованих провідників залежить від максимальних струму та напруги, що проходять через сигнальні та силові ланцюги. Розрахунок ширини друкованих провідників проводиться у програмному середовищі Mathcad. Після аналізу завдання визначено, що для сигнальних провідників $I_{max} = 0,2$ мА, а для силових $I_{max} = 3$ мА.

Нижче наведено розрахунок ширини друкованих провідників для сигнальних рівнів сигналу у схемі. Мінімальне значення ширини друкованого провідника $t1$ у вузькому місці вибрано за класом точності $tminDS = 0,25$ мм. Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta tnoS = -0,05$ мм.

$$t1VS = tminDS + |\Delta tnoS| = 0,3 \text{ мм} \quad (1.9)$$

Мінімальне значення ширини друкованого провідника $t1$ у широкому місці вибрано за класом точності $tminDS = 0,45$ мм. Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta tnoS = -0,1$ мм.

$$t1HIS = tminDS + |\Delta tnoS| = 0,55 \text{ мм} \quad (1.10)$$

Нижче наведено розрахунок мінімально допустимої ширини провідника $t2$ з урахування допустимого падіння напруги на ньому (3%). Питомий опір провідників: $\rho = 0,0175$ Ом*мм/м. Довжина провідника: $l_s = 0,075$ м. Товщина фольги: $h_s = 0,035$ мм. Напруга: $U_{max} = 3$ В. Максимальний струм: $I_{max} = 0,2$ мА.

$$t2S = l_s I_{max} \rho / l_s U_{max} \cdot 0,03 = 8,33 \cdot 10^{-5} \text{ мм} \quad (1.11)$$

Нижче наведено розрахунок мінімально допустимої ширини провідника $t3$ з урахування допустимого рівня струму на ньому. Максимальний струм: $I_{max} = 0,2$

					КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

мА. Товщина фольги: $h_s = 0,035$ мм. Допустима щільність струму: $j_s = 20$ А/мм²

$$t2S = I_{maxs} / h_s j_s = 8,33 \cdot 10^{-5} \text{ мм} \quad (1.12)$$

За результатами розрахунків ширина провідника для сигнальних ланцюгів обирається мінімально допустимою за 3-тім класом точності та дорівнює 0,3 мм.

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

Мінімальне значення ширини друкованого провідника $t1$ у вузькому місці, вибрано за класом точності: $tminDp = 0,25$ мм. Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta tnop = -0,05$ мм.

$$t1Vp = tminDp + |\Delta tnop| = 0,3 \text{ мм} \quad (1.13)$$

Мінімальне значення ширини друкованого провідника $t1$ у широкому місці вибрано за класом точності $tminDp = 0,45$ мм. Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta tnop = -0,1$ мм.

$$t1IIIp = tminDp + |\Delta tnop| = 0,55 \text{ мм} \quad (1.14)$$

Нижче наведено розрахунок мінімально допустимої ширини провідника $t2$ з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%). Питомий опір провідників: $\rho = 0,0175$ Ом*мм/м. Довжина провідника: $l_p = 0,12$ м. Товщина фольги: $h_p = 0,035$ мм. Напруга: $U_{maxp} = 430$ В. Максимальний струм: $I_{maxp} = 3$ мА.

$$t2S = l_s I_{maxp} \rho / l_s U_{maxp} \cdot 0,03 = 1,395 \cdot 10^{-5} \text{ мм} \quad (1.15)$$

Нижче наведено розрахунок мінімально допустимої ширини провідника $t3$ з урахуванням допустимого рівня струму на ньому. Максимальний струм: $I_{maxp} = 3$ мА. Товщина фольги: $h_p = 0,035$ мм. Допустима щільність струму: $j_p = 20$ А/мм²

$$t3S = I_{maxp} / h_p j_p = 4,286 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \quad (1.15)$$

За результатами розрахунків ширина провідника для силових ланцюгів обирається мінімально-допустимою за 3-тім класом точності та дорівнює 0,3 мм.

За результатами розрахунків рекомендована ширина провідника в широкому місті дорівнює 0,55 мм, ширина провідника в вузькому місті складає 0,3 мм.

Далі наведено розрахунок найменшої номінальної відстані S_m між елементами провідникового рисунку (між двома провідниками). Мінімально

					КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами складає $S_m = 0,25$ мм. Допуск на ширину провідника (верхнє відхилення) $\Delta_{t_{во}} = 0,1$ мм.

$$S_{min} = S_m + \Delta_{t_{во}} = 0,35 \text{ мм} \quad (1.16)$$

Відстань між провідниками складає не менше 0,35 мм.

Далі наведено розрахунок мінімальної відстані L у вузькому місці для прокладання одного провідника між двома контактними майданчиками. Діаметр контактного майданчика 1: $D1 = 1,2$ мм. Діаметр контактного майданчика 2: $D2 = 1,2$ мм. Відстань між елементами провідникового рисунку: $S_{min} = 0,35$ мм. Кількість провідників: $N = 1$. Розміщення центрів осей: $T = 0,05$ мм. Ширина провідника: $t_{min} = 0,55$ мм

$$L = (D1+D2)/2 + N \cdot t_{min} + S_{min} \cdot (N + 1) + T = 2,5 \text{ мм} \quad (1.17)$$

За результатами розрахунку можна зробити висновок, що провідник можна прокласти між будь-якими контактними майданчиками, якщо відстань між ними більше 2,5 мм.

Вибір матеріалу плати проводився між гетинаксом та склотекстолітом, оскільки пристрій стаціонарний та використовується в приміщенні, особливих вимог до механічної міцності та термостійкості немає. Ступінь вологозахисту у пристрої планується невисокий, тому у якості матеріалу плати обрано фольгований склотекстоліт FR4-2 35/35 1,5mm UL: E103670: IPC 4101, який є більш вологостійким.

Розроблений виріб буде складатися з друкованої плати (рис.1.17, рис.1.18), макет якої розроблено у САПР P-CAD відповідно до виконаних вище розрахунків, та корпусу. 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 стойки для плати, отвори кріплення кришки корпусу, місце під батарейний відсік та трансформатор.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

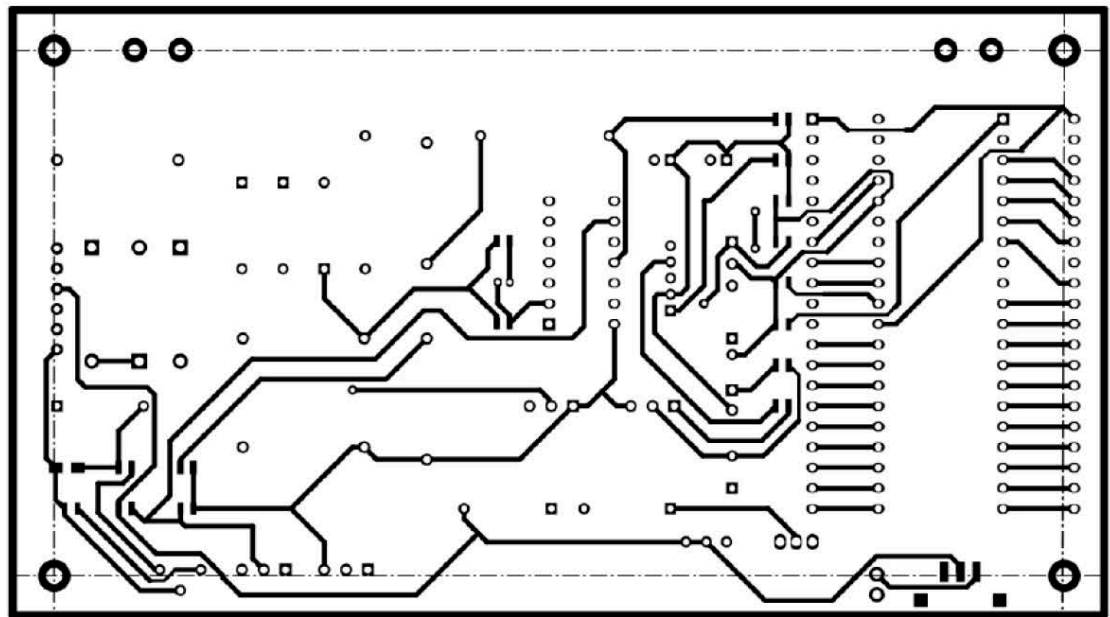
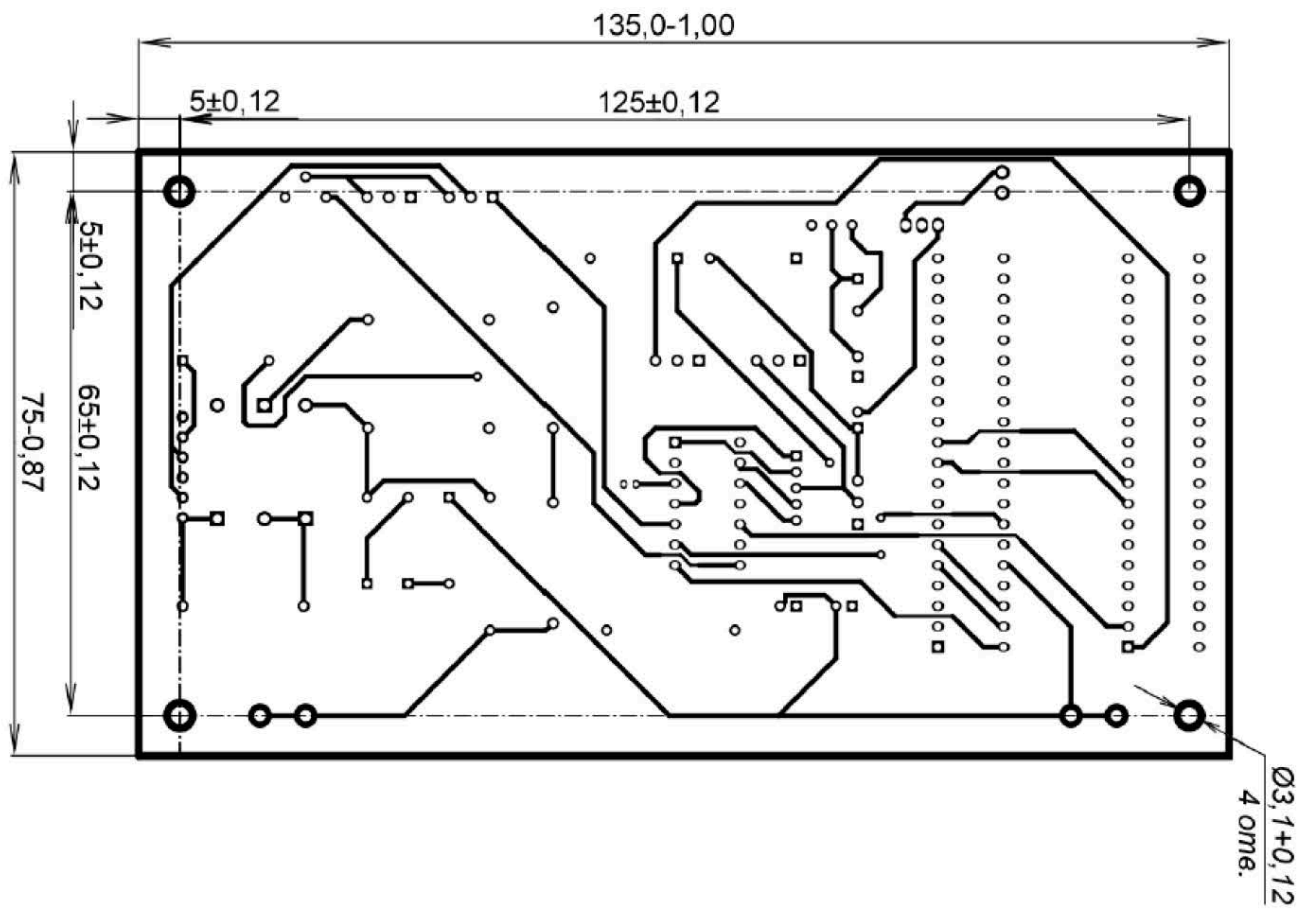


Рисунок 1.17. Макет друкованої плати приладу вимірювання іонізуючого випромінювання на базі мікроконтролера

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

56

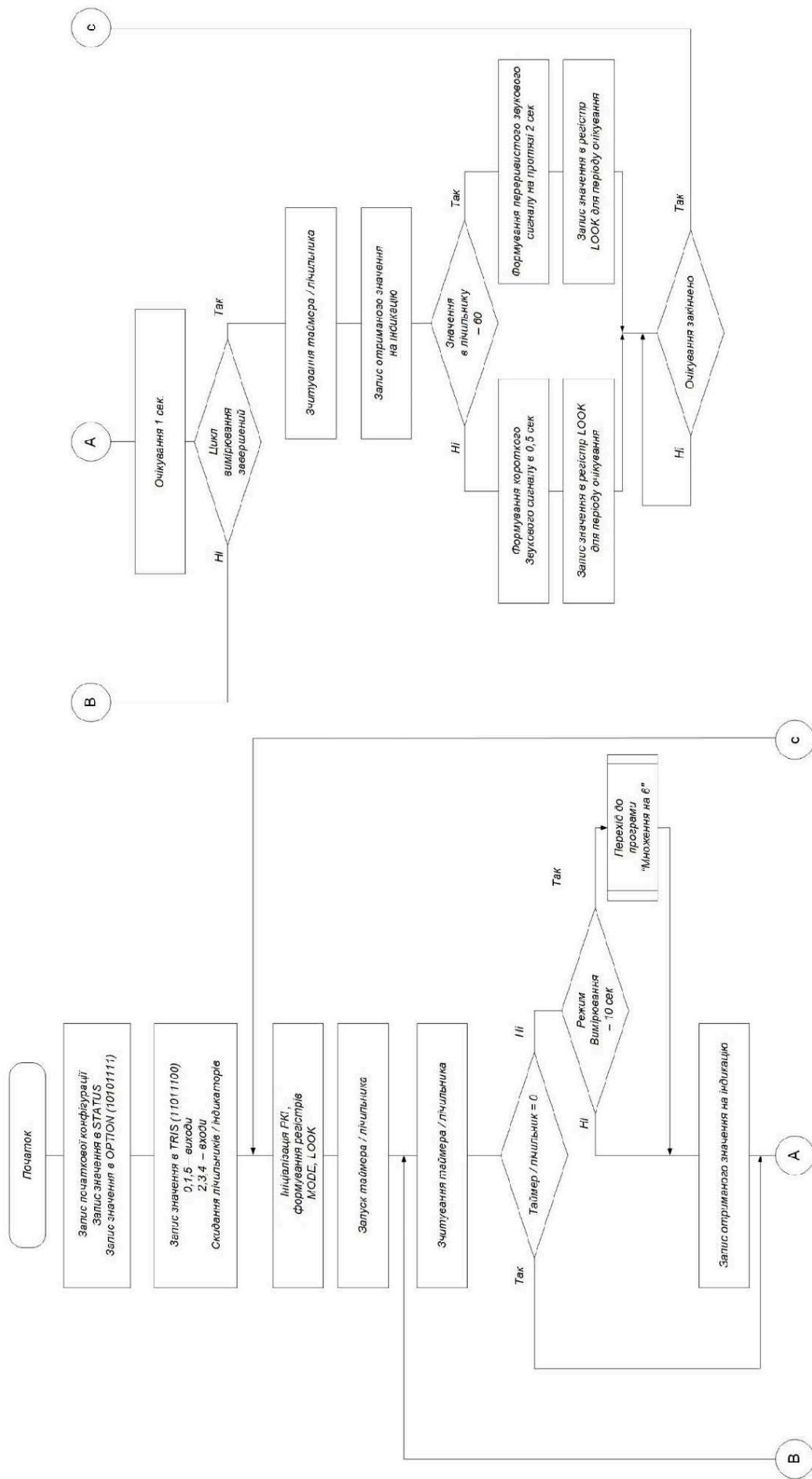


Рисунок 1.17. Блок-схема алгоритму програми для мікроконтролера приладу

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

Безпосереднє звернення до такого великого числа регістрів було б занадто громіздким, тому застосована непряма адресація. Суть її в тому, що адреса регістру, з яким доведеться працювати, наприклад REZULT1, програма заносить у регістр FSR, після чого всі операції, що виконуються над вмістом фізично не існуючого регістру INDF, фактично виконуються над вмістом регістра REZULT1. При збільшенні на одиницю вмісту регістра FSR все те ж саме стане відбуватися з регістром REZULT2 і т. д. Звичайно, всі оброблювані регістри повинні бути розташовані в пам'яті без пропусків і в тому порядку, в якому їх вміст має бути оброблений.

За аналогією із системним регістром мікроконтролера STATUS у програмі створені регістри KONTR_REG та KONTR_IND_REG, значення кожного розряду яких відповідає виконанню певних умов (наприклад, досягненню максимального числа вимірювань, що відображається на гістограмі) або необхідності вивести на екран штрихову лінію). Це дозволяє не перевіряти щоразу виконання цих умов, а стежити лише за станом відповідних розрядів регістрів.

При завантаженні кодів з HEX-файлу до мікроконтролера в перші 84 комірки EEPROM (з адреси 0x00 по 0x53) буде записано набір байтів, що утворюють на екрані РКІ верхній рядок символів, що при виконанні програми не змінюється. Решта вмісту EEPROM програма формує у процесі виконання:

- вміст шести службових регістрів та 50 результатів вимірювань у режимі 2;
- вміст шести службових регістрів та 50 результатів вимірювань у режимі 3;
- за адресою 0xFB кількість діб, відпрацьованих акумулятором. Початкове значення – 0;
- за адресою 0xFC число годин, яке залишилося відпрацювати акумулятору у поточній добі. Початкове значення – 24 (0x18);
- за адресою 0xFD запланована кількість діб роботи акумулятора;
- за адресою 0xFE число вимірювань протягом години;
- За адресою 0xFF тривалість одного виміру в секундах.

Вміст трьох останніх комірок за потреби можна змінювати за допомогою програматору.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Таблиця кодів всіх виведених програмою на індикатор цифр та літерних позначень режимів знаходиться в кінці програмної (FLASH) пам'яті мікроконтролера, починаючи з адреси 0x760. При цьому враховано, що символи виводяться на екран справа наліво.

Мікроконтролер PIC16 має 96 регістрів спільного призначення в нульовому банку та 32 таких регістру у першому банку. Використовувати у програмі тільки нульовий банк не вдалося, оскільки лише під результати вимірювань відведено 50 регістрів. Робота ж і з регістрами першого банку призвела до необхідності неодноразово змінювати номер банку, що використовується в процесі виконання програми. Це потрібно враховувати за можливої модифікації програми.

Основний цикл програми – порожній. Усі свої завдання програма виконує у процедурах обробки наступних переривань:

- по спадаючому перепаду рівня на вході GP2 (обробка імпульсу від лічильника Гейгера -Мюллера);
- по зміні рівня на вході GP3 (обробка натискання кнопки). Крім перемикання режимів роботи статистичного індикатора ця кнопка дозволяє обнулити лічильник часу, відпрацьованого акумулятором після заряджання. Для цього слід увімкнути прилад при натиснутій кнопці. Якщо після такого включення тримати кнопку натиснутою більше 3с, додатково відбудеться повне обнулення результатів вимірювань;
- по переповненню таймера 1. При частоті внутрішнього генератора мікроконтролера 2МГц період переповнення дорівнює 1с (з урахуванням програмного коригування).

Програма для керування роботою мікроконтролера пристрою, складена мовою програмування C, наведена у додатку А.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

2 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному дипломному проекті виконано розробку приладу для вимірювання іонізуючого випромінювання на базі мікроконтролера.

Розроблений пристрій для вимірювання іонізуючого випромінювання можна використовувати як у стаціонарних приміщеннях, так і для мобільного вимірювання. Відмінною особливістю розробленого приладу є можливість змінити конфігурацію пристрою, виконуючи модифікацію програмного забезпечення, реалізовувати додаткові функції в програмі, наприклад, інтеграцію в схему GPS-модуля та підв'язку до Google Maps для візуалізації фону в місцевості, де знаходиться датчик. Особливістю розробленого пристрою є також можливість автономної роботи від акумуляторів.

У даному розділі визначається вартісна оцінка розробленого пристрою. Спочатку визначається калькуляція розробленого виробу укрупненим методом через вартість покупних комплектуючих елементів і виробів, для визначення якої складаємо перерахування елементів і виробів на основі відомості специфікацій (принципової схеми) по формі, приведених в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Розрахунок відомості покупних комплектуючих елементів

Найменування, тип, модель	Од.вим	Норма витрат	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	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R2	шт.	1	10.00	10.00
Резистор R3	шт.	1	10.00	10.00
Резистор R4-R5	шт.	2	20.00	40.00
Резистор R6	шт.	1	10.00	10.00
Резистор R7	шт.	1	10.00	10.00
Резистор R8	шт.	1	20.00	20.00
Резистор R9-R10	шт.	2	10.00	20.00
Діод VD1	шт.	1	5.00	5.00
Діод VD2	шт.	1	5.00	5.00
Діод VD3-VD5	шт.	3	5.00	15.00
Діод VD6 - VD8	шт.	3	7.00	21.00
Діод VD9	шт.	1	7.00	7.00
Світлодіод HL1	шт.	1	15.00	15.00
Конденсатор C1	шт.	1	2.00	2.00

Конденсатор С2	шт.	1	2.00	2.00
Конденсатор С3	шт.	1	3.00	3.00
Конденсатор С4	шт.	1	5.00	5.00
Конденсатор С5	шт.	1	2.00	2.00
Конденсатор С6	шт.	1	3.00	3.00
Конденсатор С7	шт.	1	2.00	2.00
Конденсатор С8	шт.	1	3.00	3.00
Конденсатор С9	шт.	1	5.00	5.00
Конденсатор С10	шт.	1	4.00	4.00
Конденсатор С11, С13-С14	шт.	3	4.00	7.00
Конденсатор С12	шт.	1	2.00	2.00
Конденсатор С15	шт.	1	2.00	2.00
Конденсатор С16	шт.	1	2.00	2.00
Конденсатор С17	шт.	1	3.00	3.00
Загальна вартість покупних комплектуючих елементів				615,00
Транспортні витрати (10%)				61,5
Всього (Впк)				676,5

Калькуляцію планової собівартості розробленого виробу розраховуємо з використанням методу питомих ваг і структури собівартості аналогічної продукції: питома вага матеріалу $\rightarrow \alpha_m = 20\%$; питома вага покупних виробів $\rightarrow \alpha_{пк} = 62\%$; питома вага основної заробітної плати $\rightarrow \alpha_{озп} = 18\%$

Таблиця 2.2 Калькуляція планової собівартості

Найменування статті витрат	Значення, грн.	Розрахунок
1. Сировина і матеріал	218,2	$V_m = \alpha_m * V_{пк} / \alpha_{пк} = 20 * 676,5 / 62$
2. Комплектуючі вироби і покупні напівфабрикати	676,5	$V_{пк} = \text{см.табл.4.1}$
3. Основна заробітна плата	196,4	$V_{оз} = \alpha_{озп} * V_{пк} / \alpha_{пк} = 18 * 676,5 / 62$
4. Додаткова заробітна плата	78,56	$V_{дз} = 0,4 * V_{оз} = 0,4 * 196,4$
5. Відрахування до єдиного соц. фонду	60,49	$V_{ес} = (V_{оз} + V_{дз}) * 0,22 = (196,4 + 78,56) * 0,22$
6. Загально-виробничі витрати	274,96	$V_{заг.вир} = (1,2 \dots 1,5) * V_{оз} = 1,4 * 196,4$
7. Виробнича собівартість	1505,1	$V_{свир} = V_m + V_{пк} + V_{оз} + V_{дз} + V_{ес} + V_{заг.вир}$
8. Адміністративні витрати	58,92	$V_a = V_{оз} * 0,3 = 196,4 * 0,3$
9. Витрати на збут	30,1	$V_{зб} = V_{свир} * 0,02 = 1505,1 * 0,02$
10. Інші операційні витрати	15,05	$V_{оп} = V_{свир} * 0,01 = 1505,1 * 0,01$
Повна собівартість	1609,17	$V_{спов} = V_{свир} + V_a + V_{зб} + V_{оп} = 1505,1 + 58,92 + 30,1 + 15,05$

Розмір планового прибутку, що включається в ціну, визначаємо по формулі:
 $\Pi = (V_{спов} * p) / 100\% = (1609,17 * 30\%) / 100\% = 482,75$ грн.

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

Оптову ціну виробу визначаємо по формулі:

$$Ц_o = C_{\text{пов}} + П = 1609,17 + 482,75 \text{ грн} = 2091,92 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації виробу встановлюємо з урахуванням ПДВ:

$$Ц_r = Ц_o + П_z,$$

де $П_z$ - податкове зобов'язання з ПДВ:

$$П_z = Ц_o * 0,2 = 2091,92 * 0,2 = 418,38 \text{ грн.}$$

Звідси:

$$Ц_r = 2091,92 + 418,38 = 2510,30 \text{ грн.}$$

Прогноз обсягів продаж даного виробу. Отримана в таблиці 2.2 повна собівартість являє собою витрати виготовлення (Спк) одиниці виробу для даного року виробництва. Запропонуємо прогноз обсягів продажів даного виробу на другій стадії життєвого циклу виробу «Виробництво» з розподілом по роках (прогноз продажів передбачаємо на 4 роки). Характерні зони промислового випуску виробу представлені на малюнку:

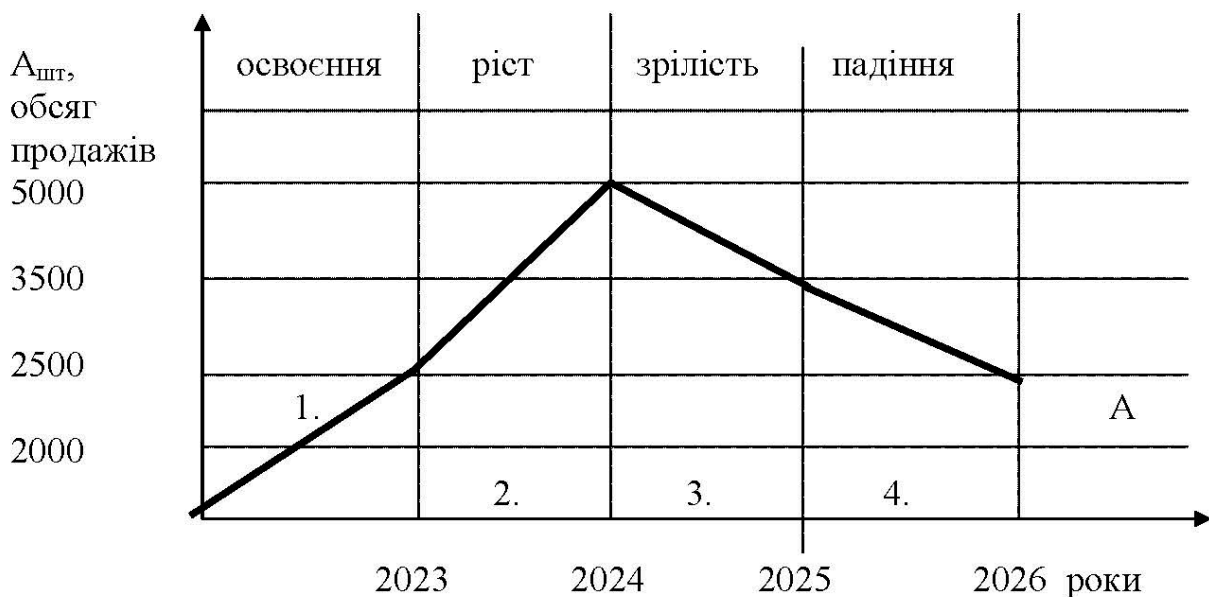


Рисунок 2.1. Прогноз обсягів продажу

В 2023 році обсяг продажів передбачається в розмірі 2500 шт під замовлення.

В 2024 році прогнозується збільшення обсягу продажів, тому витрати виробництва визначаємо по формулі:

$$C_{\text{пов } i+1} = C_{\text{пов } i} \left(\frac{A_i}{A_{i-1}} \right)^{0.23},$$

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

i – обсяг продажів (I+1)-ом року, шт.;

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

$$C_{\text{пов } 2024} = 1609,17 * (2500/5000)^{0.23} = 1367,79 \text{ грн.}$$

В 2025 – 2026 роках обсяг продажів зменшується, витрати виробництва приймаються на рівні попереднього року.

$$C_{\text{пов } 2025, 2026} = 1367,79 \text{ грн.}$$

Плановий прибуток, що включається в оптову ціну підприємства, для наступного року при збільшенні обсягу продажів, визначаємо по формулі:

$$П_{i+1} = C_{n+1} * \frac{\rho}{100}$$

$$П_{2024, 2025, 2026} = 1367,79 * 20/100 = 273,55 \text{ грн.}$$

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

$$Ц_{o_{i+1}} = C_{n_{i+1}} + П_{i+1}$$

$$Ц_{2024, 2025, 2026} = 1367,79 + 273,55 = 1641,34 \text{ грн.}$$

Податкове зобов'язання визначається по формулі:

$$Пз_{i+1} = Ц_{o_{i+1}} * 0.2$$

$$Пз_{2024, 2025, 2026} = 1641,34 * 0.2 = 328,26 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації одиниці продукції в наступні роки визначаємо по формулі:

$$Ц_{p_{i+1}} = Ц_{o_{i+1}} + Пз_{i+1}$$

$$Ц_{p \ 2024, 2025, 2026} = 1641,34 + 328,26 = 1969,60 \text{ грн.}$$

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

					КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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.;

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

Вартісну оцінку за розрахунковий період визначаємо по формі, приведеній в таблиці

Виробництво дає змогу одержати дохід за 4 роки 22,401 млн. грн.

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	2500	5000	3500	2500
Ціна реалізації, грн.	C_{P_i}	2510,30	1969,60	1969,60	1969,60
Вартісна оцінка результатів, млн грн.	$A_i * C_{P_i}$	6,275	9,848	6,893	4,924
Коефіцієнт, що враховує фактор часу	α_i	0.91	0.83	0.75	0.68
Вартісна оцінка результатів з урахуванням фактора часу, млн грн.	$A_i * C_{P_i} * \alpha_i$	5,710	8,173	5,170	3,348

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань.

Робочі місця та їх елементи, що входять у конструкцію устаткування повинні забезпечувати зручність та безпеку працівника. Виробниче устаткування, обслуговування якого пов'язане із переміщенням персоналу, необхідно обладнати безпечними та зручними за конструкцією і розмірами проходами, майданчиками, сходами, поручнями тощо.

В процесі експлуатації устаткування не повинно забруднювати навколишнього середовища шкідливими речовинами вище встановлених норм та створювати небезпеку вибуху чи пожежі.

Метою даного дипломного проекту є розробка приладу вимірювання іонізуючого випромінювання на базі мікроконтролера. В розділі охорони праці розглядаються питання створення безпечних та здорових умов праці для працівників.

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на програміста

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів проводять згідно з ГОСТ 12.1.003-74. Небезпечними та шкідливими називають фактори, що призводять до раптового погіршення здоров'я людини, або навіть смерті, під час її трудової діяльності.

Для установлення можливого впливу на здоров'я користувачів ВДТ виробничих чинників має значення ряд якісних характеристик робочого середовища. Це середовище у приміщеннях (офісах) в основному характеризується такими фізичними параметрами, як температура, вологість та електричний опір підлоги. Фізико-хімічні показники включають інформацію про вміст у повітрі іонів та різноманітних забруднювачів, а також деякі інші якісні характеристики середовища.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

В умовах виробництва потрібно створити санітарні умови, які б дали змогу працівникам плідно працювати, не перевтомлюючись та зберігати своє здоров'я. Ці умови створюються забезпеченням працюючих зручним робочим місцем, чистим повітрям, нормованою освітленістю, захисту від шуму, вібрації тощо.

3.2.1 Мікроклімат

Відхилення від норм мікроклімату на робочому місці негативно впливає на організм людини, що в свою чергу веде до погіршення стану здоров'я та часткової або повної втрати працездатності. Величини показників мікроклімату у приміщеннях повинні відповідати нормам, зазначеним у ДСН 3.3.6.042-99.

Згідно з діючими у нашій країні нормативними документами (ДСанПіН 3.3.2-007-98 у холодні періоди року температура повітря, швидкість його руху та відносна вологість повітря повинні відповідно складати: t -22-24⁰С; 0,1 м/с; W- 40-60%. Температура повітря може коливатись у межах від 21 до 25⁰С при збереженні інших параметрів мікроклімату.

В теплі періоди року температура повітря, його рухливість та відносна вологість повинні відповідно становити: 23-25⁰С; 0,1-0,2 м/с; 40-60 %.

Зростання кількості позитивних іонів може призвести до погіршення стану здоров'я працівника. Оптимальним рівнем аероіонізації у зоні дихання користувача вважається вміст легких аерофонів обох знаків від 150 до 5000 у 1 см³ повітря.

Нормалізуючий вплив на склад повітря робочої зони справляють примусова вентиляція, захисні екрани (оснащені заземленням) та застосування іонізаторів. У приміщеннях необхідно передбачати регулювання параметрів мікроклімату.

3.2.2 Освітлення

Правильно організоване освітлення позитивно впливає на діяльність центральної нервової системи, знижує енерговитрати організму на виконання певної роботи, що сприяє підвищенню працездатності людини, продуктивності

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

праці і якості продукції, зниженню виробничого травматизму тощо. При недостатньому чи надмірному освітленні робочої зони очі сильно напружуються, знижується темп роботи, збільшується стомлюваність. З часом у працівників можливий розвиток захворювань очей, таких як короткозорість чи інших, тому освітлення робочих приміщень повинно відповідати нормам СніП ІІ.4-79.

На робочих місцях має бути забезпечена рівномірна освітленість за допомогою переважно відбитого або розсіяного світлорозподілу. Світлових відблисків з клавіатури, екрана та від інших частин ВДТ у напрямку очей користувача не повинно бути. Освітлення у приміщеннях з ВДТ має бути змішаним – природним та штучним. Норма освітленості на робочих місцях складає 300-500лк

3.2.3 Шум

Деякі ВДТ є потенційними джерелами цілого ряду звуків, що містять як коливання, які можна почути, так і коливання ультразвукового діапазону. Цей шум справляє негативний вплив на стан користувача, особливо при тривалому впливі.. У користувача, діяльність якого пов'язана з переробкою інформації це виражається у зниженні розумової працездатності, зростає кількість помилок, розвиток зорового втомлення, зміні відчуття кольорів, появі головного болю, послаблення уваги.

Нормованим параметром шуму на робочих місцях є рівень 50 дБ. Основними заходами боротьби з шумом є усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі у процесі проектування, використання засобів звукопоглинання, раціональне планування виробничих приміщень.

3.2.4 Вимоги до організації робочого місця працівника

При виконанні паяльних робіт потрібно дотримуватись вимог до організації робочих місць. Робочі місця та їх елементи, що входять у конструкцію устаткування повинні забезпечувати зручність та безпеку працівника. На робочому місці не повинно бути лишніх предметів, які можуть заважати роботі. Паяльник, робочий інструмент та деталі потрібно розташувати в зручному і

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

безпечному для користування порядку, паяльник та робочий інструмент, пристосування й засоби індивідуального захисту повинні бути справними і відповідати вимогам охорони праці.



Рисунок 3.1. Приладдя для паяння

Паяльні роботи виконують електричним паяльником на напругу 220 В та потужністю не більше 100 Вт. Забороняється використання кислот чи рідин, які виготовлені на основі кислотних розчинів.

При паяльних роботах прилад, що ремонтується, повинен бути від'єднаний від електромережі (вийнята вилка з розетки). Все обладнання на відстані дотику повинне бути відключене від електромережі.

При пайці деталей використовують різні припої і флюси, які містять шкідливі для здоров'я працюючих елементи, – свинець, цинк, літій, калій, натрій, кадмій і ін. Ці елементи і їх оксиди у вигляді пилу, парів і аерозолів забруднюють повітря виробничого приміщення. Тому, крім загальної вентиляції, робочі місця (пости) паяльщиків повинні бути обладнані місцевими витяжними пристроями.

Робоче місце має бути достатньо освітлене і світло не повинно сліпити очі. В процесі експлуатації устаткування не повинно забруднювати навколишнього середовища шкідливими речовинами вище встановлених норм та створювати небезпеку вибуху чи пожежі.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

3.2.5 Електробезпека

Для попередження поразок електричним струмом необхідно чітко й у повному обсязі виконувати правила провадження робіт і правил технічної експлуатації. Необхідно виключити можливість доступу оператора до частин устаткування, що працює під небезпечною напругою, до неізольованих частинам, призначених для роботи при малій напрузі й не підключених до захисного заземлення, а також підводити електроживлення до ПЕОМ від розетки за допомогою спеціальної вилки із заземлюючим контактом.

3.3 Пожежна безпека

До засобів гасіння пожежі відносяться внутрішні пожежні водопроводи (крани ПК), вогнегасники (вуглекислотні та порошкові), сухий пісок тощо.

В будівлях пожежні крани встановлюють в коридорах, на майданчиках сходових кліток. Кожний пожежний кран укомплектований пожежним рукавом і розміщений у відповідних ящиках, які знаходяться на висоті 1,35 м від полу.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко застосовуються вогнегасники. У виробничих приміщеннях це головним чином вуглекислотні вогнегасники, достоїнством яких є висока ефективність гасіння пожежі, збереження електричного устаткування. Розташовують вогнегасники на видних місцях, на висоті не більше як 1,5 м від полу.

Виробничі приміщення мають запасні виходи. Двері повинні мати освітлений надпис «Запасний вихід». План евакуації вивішується на видному місці у основного виходу із приміщення.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

ВИСНОВКИ

В дипломному проєкті виконано розробку приладу для вимірювання іонізуючого випромінювання на базі мікроконтролера.

Проведений у роботі аналіз способів та засобів визначення наявності іонізаційного випромінювання, зокрема іонізаційних камер та лічильників, дозволив визначити вимоги до проєктованого пристрою та побудувати структурну схему детектору.

Проведений аналіз принципу роботи різних конструкцій приладів вимірювання радіаційного випромінювання дозволив встановити, що найбільш прогресивними є прилади на основі використання мікроконтролерів у вимірювальному блоці. На основі цієї ідеї розроблено структурну та принципову електричну схему пристрою, проведено вибір елементної бази та розрахунок вузлів схеми, створено топологію друкованої плати в САПР P-CAD та макет монтажної плати в САПР Компас.

В роботі використано за основу газонаповнений лічильник Гейгера. Мікроконтролер проводить підрахунок кількості імпульсів, створюваних лічильником, які будуть пропорційними кількості частинок, що потрапляють всередину камери лічильника, та відображає їх значення, дозу випромінювання на екрані індикатора. Діапазон вимірювання розробленого приладу щодо величини та точності дози опромінення визначається паспортними параметрами лічильника Гейгера-Мюллера.

Розроблений пристрій для вимірювання іонізуючого випромінювання можна використовувати як у стаціонарних приміщеннях, так і для мобільного вимірювання. Відмінною особливістю розробленого приладу є можливість змінити конфігурацію пристрою, виконуючи модифікацію програмного забезпечення, реалізовувати додаткові функції в програмі, наприклад, інтеграцію в схему GPS-модуля та підв'язку до Google Maps для візуалізації фону в місцевості, де знаходиться датчик. Особливістю розробленого пристрою є також можливість автономної роботи від акумуляторів.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Заец, Н.И. Радиолобительские конструкции на PIC-микроконтроллерах. Кн. 1 – СПб.: КОРОНА-Век, 2015. – 304 с.
2. Иванов, В.Б. Программирование микроконтроллеров для начинающих. Визуальное проектирование, язык C, ассемблер – СПб.: Корона-Век, 2015. – 176 с.
3. Уилмсхерст, Т. Разработка встроенных систем с помощью PIC-микроконтроллеров – СПб.: Корона-Век, 2015. – 544 с.
4. Бабак В.П. Моделі та міри у вимірюваннях: Монографія – К.: Наукова думка, 2019. – 192 с.
5. Беденко Л. Б., Григорев О. М., Каракуркчі Д. А., Мальований С.В., Чернявський І. Ю. Основи вимірювання іонізуючих випромінювань: Навчальний посібник. – Харків: ХІТВ, 2007.
6. Чернявський Ю. І. Військова дозиметрія: навч. посіб. / Ю. Чернявський, В. В. Марущенко, І. М. Мартинюк. – Х.: ФВП НТУ «ХП», 2011. – 528
7. Новіков, С.Г.; Беринцев, А.В. «Розробка персонального переносного дозиметра ефективної дози із каналом даних RFID» Радіопромисловість, С. 78-85, 2018.
8. Безруков С.; Аристов В. «Экономичный бытовой радиометр,» Радио, С. 30-32, 2010.
9. Артемьев Б.В., Буклей. А.А. «Радиационный контроль», Спектр, Москва. 2011.
10. Hacker E, Horsham C, Vagenas D, Jones L, Lowe J, Janda M. «A mobile technology intervention with ultraviolet radiation dosimeters and smartphone apps for skin cancer prevention in young adults: randomized controlled trial», JMIR Mhealth Uhealth, 2018.
11. Momose, Y.; Sakurai, T.; Nakayama, K. «Thermal Analysis of Photoelectron Emission (PE) and X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) Data for Iron Surfaces Scratched in Air, Water, and Liquid Organics» pp. 11-21, 2020.

					<i>КС 56. 01 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ДОДАТОК А

Фрагмент коду головного модулю програми для PIC-мікроконтролера приладу вимірювання іонізуючого випромінювання (мовою C)

```

/*****
// PIC IONIZATION COUNTER                                     D.BALABAN
//
// Version 1.0                                               25/4/2023
/*****/
#include "p16f684.h"
#include "iocfg.h"
#include "main.h"
#include "lcd.h"
#include "interrupt.h"

#pragma      udata //section=gpr0

unsigned int pulses;
unsigned char top[LONG_AQU_TIME];
unsigned char ntop, n, tim50, plein;
unsigned char aqutime;
unsigned char affich;
unsigned char chrwait;
unsigned char beepon;

#pragma code InterruptVectorLow = 0x08
void high_isr (void) {
    _asm
        goto isr
    _endasm
}

#pragma code InterruptVectorHigh = 0x18
void low_isr (void) {
    _asm
        goto lowisr
    _endasm
}

#pragma code page

void Initialize(void) {

    TRISA = 0b11111111;
    TRISB = 0b00000011;
    TRISC = 0b10111011;

    LATA = 0xff;
    LATB = 0x00;
    LATC = 0x00;

    INTCON = 0x00;

    tim50 = 1*20;
    ntop=0;

```

```

TempoMS(99);

lcd_init();
lcd_clear();

PR2 = 198;
T2CON = 0b00010101;
CCPR1L = 0x40;
CCP1CON = 0b00001100;

TMR1H = 0x6E;
TMR1L = 0;
T1CON = 0b10110101;

BUZZER = 1;
TempoMS(50);
BUZZER = 0;

INTCON2 = 0b10000000;
INTCON = 0b11110000;
PIE1 = 0b00000001;

}

void main(void) {
unsigned long tot;
float cpm, usv, nsv, ur;
unsigned int nadd, toint;

Initialize();
pulses = 0;
chrwait = '!';
beepon = 1;
plein = 0;
for (n=0; n<LONG_AQU_TIME; n++) top[n]=0;
aquitime = MIN_AQU_TIME;
lcd_printf((far rom char*)" Geiger PIC \0");
lcd_line(LCD_LINE2);
lcd_printf((far rom char*)" v1.0 4/2023 \0");
TempoS(3);
lcd_clear();
lcd_printf((far rom char*)" uSv/hr = \0");
lcd_line(LCD_LINE2);
lcd_printf((far rom char*)" dose \0");
TempoS(4);
lcd_clear();
ntop = 0;

while (1) {
if (!BOUTON) {
lcd_clear();
while (!BOUTON) {
if (aquitime!=MIN_AQU_TIME) {
lcd_line(LCD_LINE1);
lcd_printf((far rom char*)"Measure 15sec\0");

```

```

TempoS(3);
if (BOUTON) {
    plein = 0;
    aqutime = MIN_AQU_TIME;
    break;
}
}
if (aqutime!=MID_AQU_TIME) {
    lcd_line(LCD_LINE1);
    lcd_printf((far rom char*)" Measure 30sec\0");
    TempoS(3);
    if (BOUTON) {
        plein = 0;
        aqutime = MID_AQU_TIME;
        break;
    }
}
if (aqutime!=LONG_AQU_TIME) {
    lcd_line(LCD_LINE1);
    lcd_printf((far rom char*)" Measure 120sec\0");
    TempoS(3);
    if (BOUTON) {
        plein = 0;
        aqutime = LONG_AQU_TIME;
        break;
    }
}
if (!beepon) {
    lcd_line(LCD_LINE1);
    lcd_printf((far rom char*)" BUZZER ACTIF \0");
    beepon = 1;
    TempoS(3);
} else {
    lcd_line(LCD_LINE1);
    lcd_printf((far rom char*)" PAS DE BUZZER \0");
    beepon = 0;
    TempoS(3);
}
if (BOUTON) break;
}
lcd_clear();
}
lcd_line(LCD_LINE1);
lcd_print(' ');

if (plein) {
    if (!ntop) n=aqutime-1; else n=ntop-1;
    for (nadd=0, tot=0; nadd<aqutime; nadd++) {
        tot += top[n];
        if (!n) n=aqutime-1;
        else n--;
    }
    cpm = tot;
    cpm = (cpm*60) / aqutime;
    toint = cpm;
    Inttochar(toint);
}

```

```

}
else {
    if (ntop) {
        for (tot=0, nadd=0, n=ntop-1; nadd<ntop; nadd++) {
            tot += top[n];
            if (!n) n=aqutime-1;
            else n--;
        }
        cpm = (tot * 60) / ntop;
        toint = cpm;
        Inttochar(toint);
    }
}
lcd_printf((far rom char*)" CPM \0");
Inttochar(aqutime);
lcd_printf((far rom char*)"sec \0");

lcd_line(LCD_LINE2);
if (affich & 128) {
    nsv = cpm * 5.7;
    usv = nsv / 1000;
    if ( nsv<1000 ) {
        toint = nsv;
        lcd_print(' ');
        Inttochar(toint);
        lcd_printf((far rom char*)" nSv/hr \0");
    } else {
        toint = usv;
        lcd_print(' ');
        Inttochar(toint);
        lcd_print(',');
        usv -= toint;
        toint = (usv * 10);
        Inttochar(toint);
        lcd_printf((far rom char*)" uSv/hr \0");
    }
}
else {
    ur = nsv / 10;
    ur = ur * 8.76;
    toint = ur;
    lcd_print(' ');
    Inttochar(toint);
    lcd_print(',');
    ur -= toint;
    toint = (ur * 10);
    Inttochar(toint);
    lcd_printf((far rom char*)" mSv/an \0");
}
} //fin while(1)
}
/** EOF main.c *****/

```



Розробка приладу
вимірювання іонізуючого
випромінювання на базі
мікроконтролера

Балабан Данило, гр.4КС-56, ОТФК ОНУ

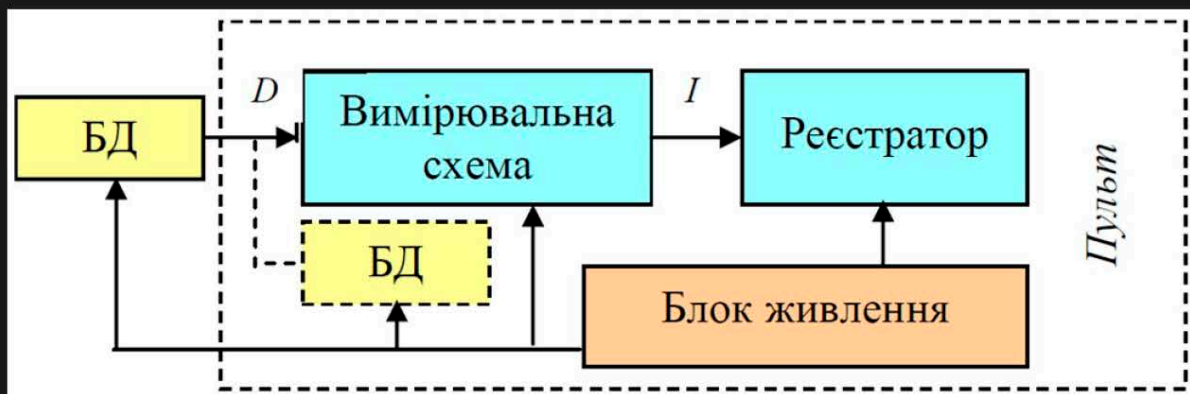
Пристрій для вимірювання рівня
радіації Екотест МКС-05 Terra-П



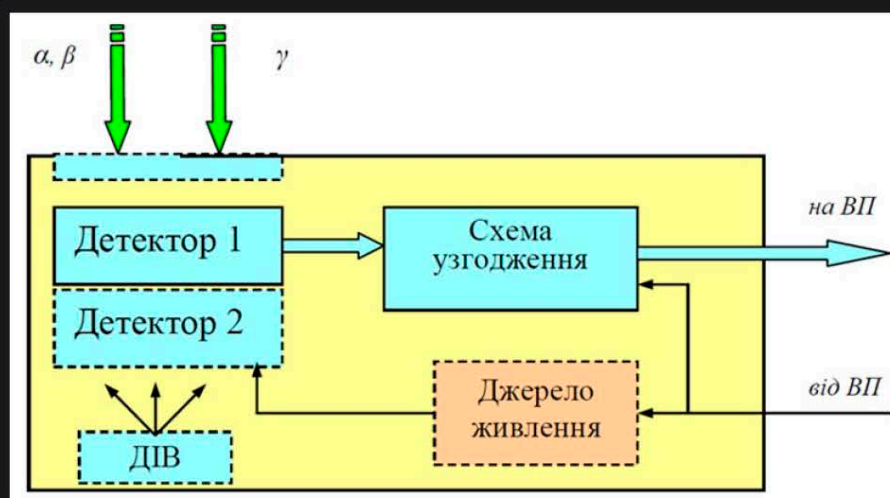
Пристрій для вимірювання
рівня радіації СОЕКС 112



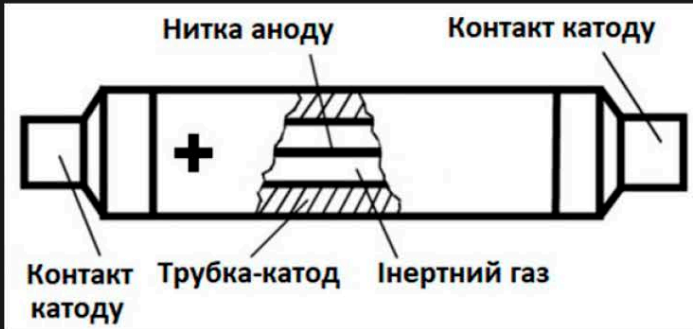
Загальна структурна схема дозиметричного приладу



Загальна структура БД дозиметричної апаратури



Конструкція лічильника Гейгера СБМ-20



Принципова схема індикатору радіоактивності

Принципова схема вимірювача рівня іонізуючого випромінювання

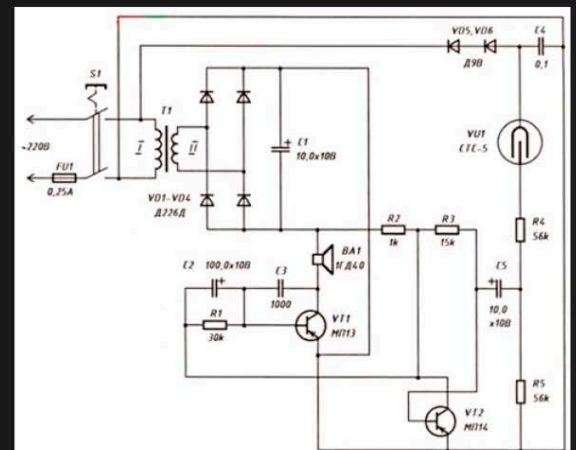
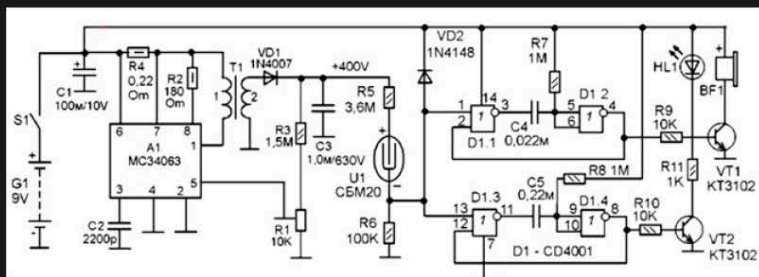
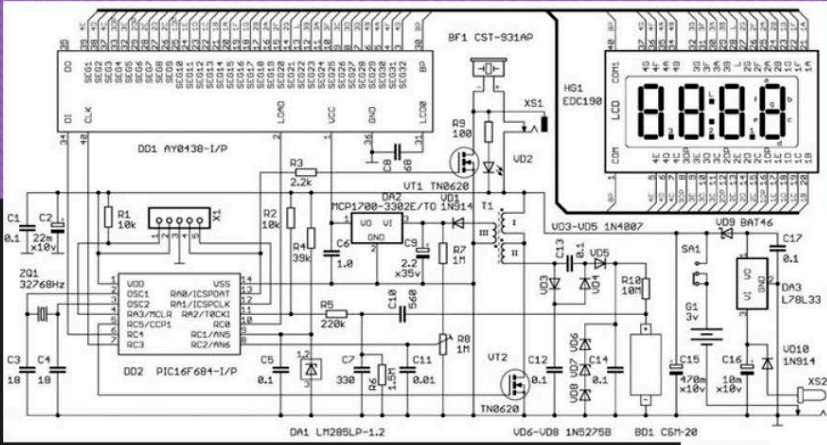
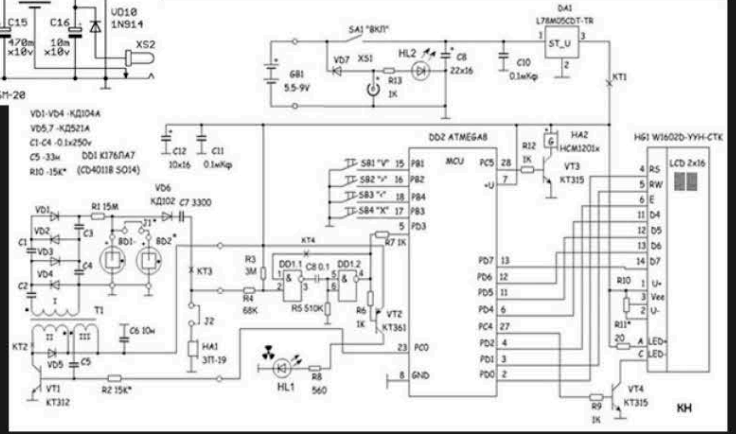


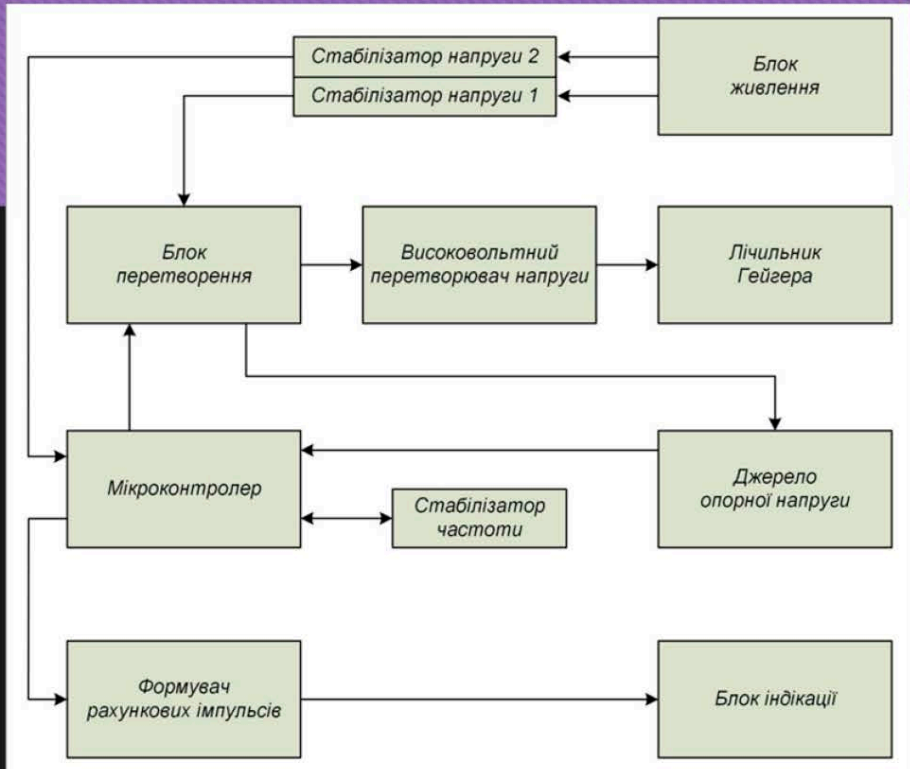
Схема рівня іонізуючого випромінювання



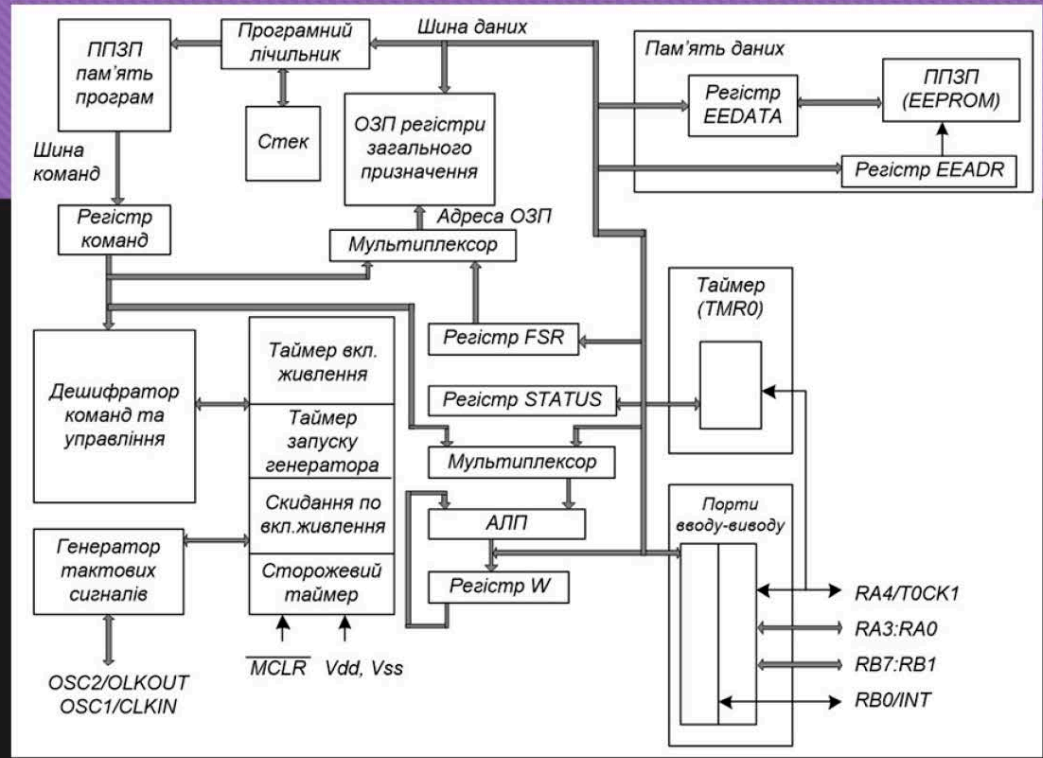
Електрична схема приладу для вимірювання рівня радіації ТЕРРА-П



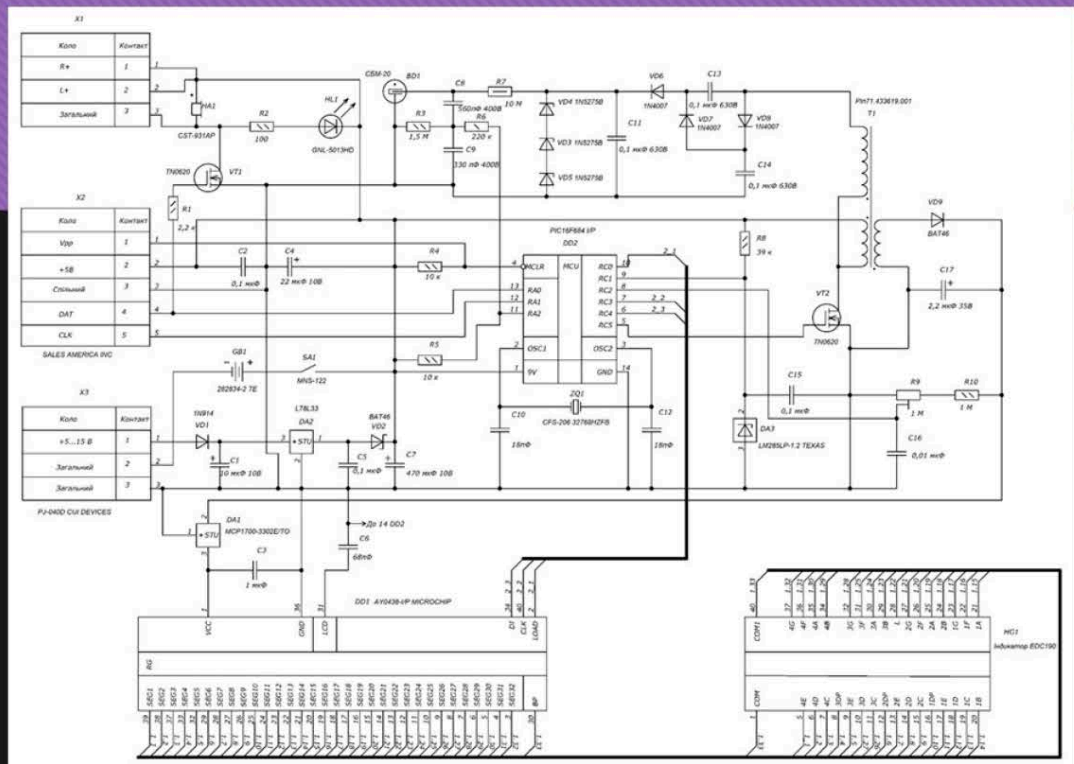
Структура приладу для вимірювання іонізуючого випромінювання



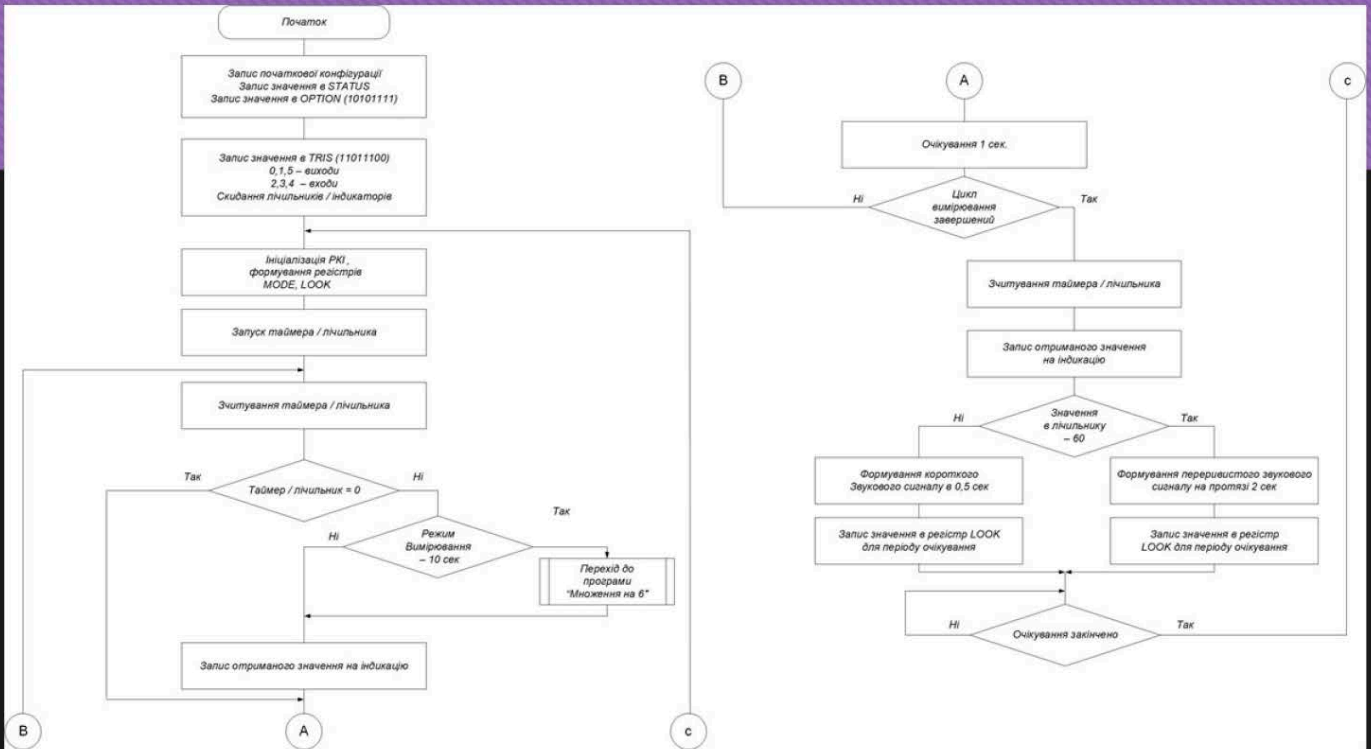
Структурна схема мікро- контролера PIC16F684



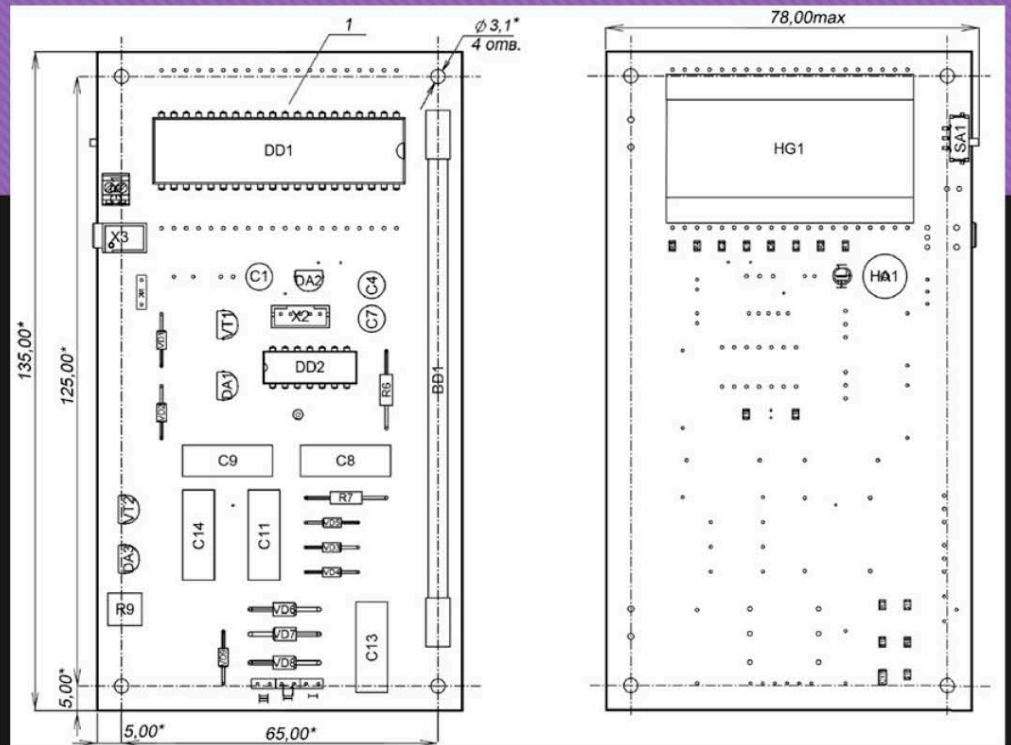
Принципова схема приладу для вимірювання рівня радіації

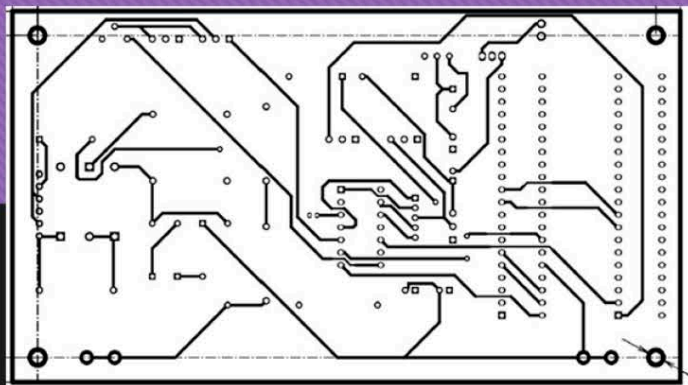


Блок-схема алгоритму програми для мікроконтролера приладу

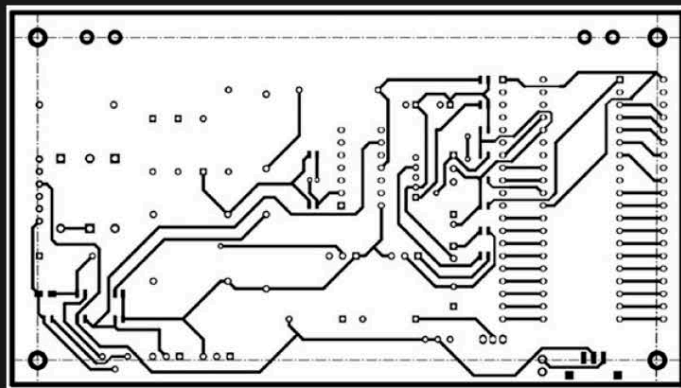


Макет монтажної
плати приладу
вимірювання
іонізуючого
випромінювання
на базі
мікроконтролера

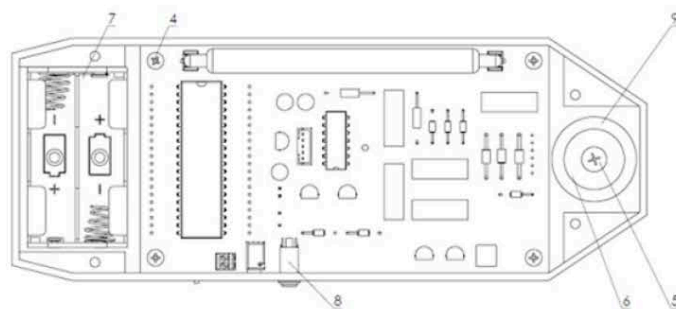
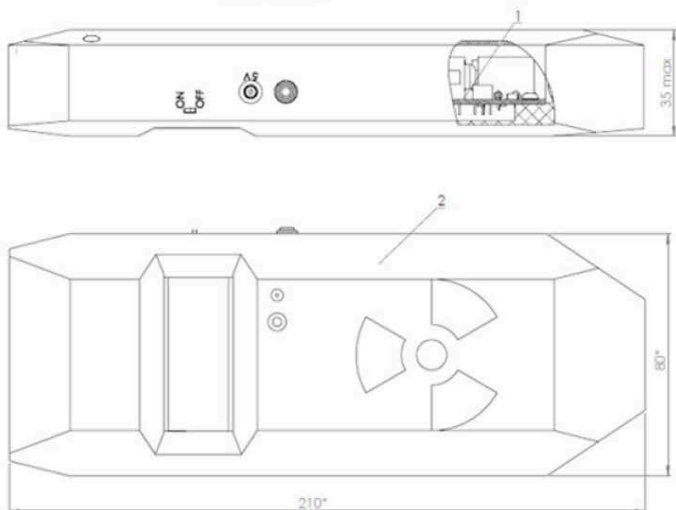




Макет друкованої плати
приладу вимірювання
іонізуючого випромінювання
на базі мікроконтролера



Макет корпусу для приладу вимірювання іонізуючого
випромінювання на базі мікроконтролера



Ім'я користувача:
Наталія Вікторівна Копусь

ID перевірки:
1015205341

Дата перевірки:
23.05.2023 13:43:25 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
23.05.2023 13:44:25 EEST

ID користувача:
100011688

Назва документа: ПЗ_Балабан

Кількість сторінок: 67 Кількість слів: 14348 Кількість символів: 102739 Розмір файлу: 3.21 MB ID файлу: 1014882958

18.8% Схожість

Найбільша схожість: 6.62% з Інтернет-джерелом (https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34986/1/Polikhovych_bakalavr..)

18.8% Джерела з Інтернету

385

Сторінка 69

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

79

ВІДГУК

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

Балабана Данили Олеговича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: Розробка приладу вимірювання іонізуючого
випромінювання на базі мікроконтролера

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка містить 83 сторінки. У пояснювальній записці виконано опис етапів розробки приладу вимірювання іонізуючого випромінювання на базі мікроконтролера, а також його програмного забезпечення. Графічна частина складається з 14 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 Балабан Д.О. 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 Балабан Д.О. 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 Балабан Д.О. 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	Добре
Оцінка графічної частини	Відмінно
Загальна оцінка	Добре

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту
Кривченко Юрій Вікторович

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

Підпис 

«12» червня 2023 р.

РЕЦЕНЗІЯ

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

Балабана Данили Олеговича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 “Комп'ютерна інженерія”

Освітня програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Юрій Вікторович

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Розробка приладу вимірювання іонізуючого випромінювання на базі мікроконтролера

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 83 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 14 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту (роботи) завданню
Представлений на рецензію дипломний проект повністю відповідає меті проектування та технічному завданню. Тематика дипломного проекту є актуальною та присвячена розробки приладу вимірювання іонізуючого випромінювання на базі мікроконтролера, а також його програмного забезпечення

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи)
Дипломний проект складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел. У технологічному розділі виконано огляд і аналіз побудови засобів радіаційного контролю, особливості побудови блоків детектування дозиметричних приладів, розробка структурної схеми приладу вимірювання іонізуючого випромінювання, вибір елементної бази відповідно до принципової схеми.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту (роботи)
Графічна частина виконана на достатньо високому рівні у вигляді презентації із використанням офісного пакету Microsoft PowerPoint та Visio. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм оформлення документів із використанням офісного пакету Microsoft Word. Загальна якість виконання документації – добра, академічного плагіату у роботі не виявлено

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту (роботи) _____

Відмінною особливістю розробленого приладу є можливість змінити конфігурацію пристрою, виконуючи модифікацію програмного забезпечення, реалізовувати додаткові функції в програмі, наприклад, інтеграцію в схему GPS-модуля та підв'язку до Google Maps для візуалізації фону в місцевості, де знаходиться датчик

д) основні недоліки дипломного проекту (роботи) _____

Серед недоліків роботи варто вказати, що недостатньо наведені особливості будови блоків детектування дозиметричних приладів та у розділі охорони праці наведені відомі нормативні вимоги загального плану замість конкретних розрахунків освітлення приміщення, вентиляції, рівня шуму.

Оцінка розрахункової частини _____

відмінно

Оцінка графічної частини _____

відмінно

Загальна оцінка _____

відмінно

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента Стайкуца Сергій Володимирович

Місце роботи і посада рецензента _____

“Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку”,

доцент кафедри кібербезпеки та технічного захисту інформації,

помічник декана факультету інформаційних технологій та кібербезпеки

Підпис: _____

« 16 » 06 2023 р.

ПІДПИС ПОСВІДЧУЄ
НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ
КАДРІВ ДУІТЗ



**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Балабан Данило Олегович,
здобувач освіти гр. 4КС-56, та

Кривченко Юрій Вікторович,
керівник дипломного проекту,

не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до випускної кваліфікаційної роботи молодшого спеціаліста на тему:

«Розробка приладу вимірювання іонізуючого випромінювання на базі мікроконтролера» (автор роботи – Балабан Д.О., керівник роботи – Кривченко Ю.В.)

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2023 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

/ Балабан Д.О. /

Керівник

/ Кривченко Ю.В. /

« 12 » червня 2023 р.