

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
РАДІОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

До захисту допущено:

В.о. зав. кафедри

_____ Михайло СТЕПАНОВ

«_14_»_06____2022 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньою-професійною програмою «Радіозв'язок і оброблення сигналів»

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

на тему: «Сенсор задимленості для пожежної сигналізації»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи РА-81

Жирова Анжела Ігорівна

Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Керівник:

Доц., к.т.н. Лащевська Наталія Олександрівна

Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Рецензент:

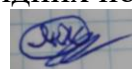
Старший викл. каф. РІ Ястребов Микола Ігорович

Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові

підпис

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

Студент (-ка) _____



Київ – 2022 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	РА81.425231.001.ТЗ	Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	РА81.425231.001 ПЗ	Пояснювальна записка	40	
3	A4	РА81.425231.002	Специфікація на пристрій	1	
4	A3	РА81.425231.001 Е1	Схема структурна	1	
5	A4	РА81.425231.001 Е3	Схема електрична принципова	1	
6	A4	РА81.425231.001ПЕ	Перелік елементів	2	
7	A3	РА81.425231.002 СК	Складальний кресленик пристрою	1	
8	A3	РА81.425231.001 СК	Складальний кресленик друкованої плати	1	
9	A4	РА81.425231.001	Специфікація на друкований вузол	3	
10	A3	РА81.758743.001	Друкована плата	1	

				РА81.425231.001	
	ПІБ	Підп.	Дата		
Розробн.	Жирова			Сенсор задимленості	Лист
Керівн.	Лащевська				1
Консульт.					Листів
Н/контр.					1
Зав.каф.	Степанов				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф.РОС, Гр. РА-81

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітньо-професійна програма «Радіозв'язок і оброблення сигналів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Михайло СТЕПАНОВ

«__» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Жирова Анжела Ігорівна

1. Тема проєкту «Сенсор задимленості для пожежної сигналізації», керівник проєкту Лащевська Наталія Олександрівна, к.т.н, доцент, затверджені наказом по університету від «_01_»_06_ 2022 р. №822-с
2. Термін подання студентом проєкту 09 червня 2022 року
3. Вихідні дані до проєкту: Напруга живлення 12 В, струм не більше 0,3 А.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Розгляд аналогів. Аналіз технічного завдання. Розрахунки. Проектування. Оформлення креслеників. Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): схема електрична принципова, схема структурна, складальне креслення друкованого вузла, складальне креслення пристрою, креслення друкованої плати.
6. Дата видачі завдання 01 травня 2022 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Розгляд аналогів	01 – 04.05.2022	виконано
2	Розробка та аналіз технічного завдання	05 – 06.05.2022	виконано
3	Вибір та обґрунтування схемотехнічних рішень	07 – 15.05.2022	виконано
4	Розробка друкованого вузла	16 – 19.05.2022	виконано
5	Розробка конструкції приладу	25 – 31.05.2022	виконано
6	Аналіз працездатності приладу	01 – 04.06.2022	виконано
7	Оформлення необхідної документації	05 – 08.06.2022	виконано

Студент

Анжела ЖИРОВА

Керівник

Наталія ЛАЦЕВСЬКА

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект на тему «Сенсор задимленості для пожежної сигналізації» складається з 40 сторінки пояснювальної записки, яка містить 24 ілюстрацію, 5 таблиці, 5 додатки і 18 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Метою дипломного проекту є розробка пристрою, який призначений для раннього попередження про пожежну небезпеку залежно від наявності диму у повітрі у житлових та комерційних будівлях.

У проекті проведено аналіз ринку, розглянуто аналоги з перевагами та недоліками. За результатами аналізу обрано вид сенсора задимленості, структурну та електричну принципову схему. Розроблено друкований вузол і конструкцію приладу. Розраховано надійність пристрою та оформлено пакет необхідної конструкторської документації.

Результатом роботи є розроблена модель сенсора задимленості для пожежної сигналізації.

Перелік ключових слів: пожежна сигналізація, сенсор, пожежна безпека.

ANNOTATION

The diploma project entitled "Smoke sensor for fire alarm" consists of 40 pages of explanatory note, which contains 24 illustrations, 5 tables, 5 appendices and 18 bibliographic titles according to the list of references.

The aim of the diploma project is to develop a device that is designed for early warning of fire hazards depending on the presence of smoke in the air in residential and commercial buildings.

The project considers its analogues with advantages and disadvantages, chose the type of smoke sensor, block and electrical schematic diagram. The printing unit and design of the device are developed. Its reliability is calculated and the necessary design documentation is drawn up.

The result is a developed model of smoke sensor for fire alarm.

List of key words: fire alarm, sensor, fire safety.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Сенсор задимленості для пожежної сигналіза-
ції»

Київ — 2022 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	3
Вступ.....	4
1 Розгляд аналогів	5
1.1 Оптичний сенсор.....	5
1.1.1 Точковий сенсор.....	5
1.1.2 Лінійний сенсор.....	5
1.2 Іонізаційний сенсор	7
1.2.1 Електроіндукційний сенсор	7
1.2.2 Радіоізотопний сенсор.....	7
1.3 Аспіраційний сенсор.....	8
1.4 Автономний сенсор.....	9
2 Аналіз технічного завдання	11
3 Структурна та електрична принципова схеми, розрахунки	12
3.1 Опис структурної схеми	12
3.2 Опис електричної принципової схеми.....	13
3.3 Розрахунок стабілізатора.....	15
4 Вибір та обґрунтування елементної бази	17
4.1 Вибір резисторів.....	17
4.2 Вибір конденсаторів	19
4.3 Вибір інших елементів	20
5 Розробка друкованого вузла	26
5.1 Вибір методу виготовлення плати	26

					РА81.425231.001 ПЗ					
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Сенсор задимленості					
Розробив	Жирова							Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Лащевська							1		
Н. Контр.								РА-81, РТФ		
Затвер-	Степанов									

5.2 Вибір матеріалу плати	26
5.3 Вибір класу точності плати.....	26
5.4 Вибір припою	27
5.5 Розрахунок елементів друкованого монтажу.....	27
5.6 Розробка плати в Altium	27
5.7 Розрахунок габаритів плати.....	28
5.8 Трасування.....	30
6 Розробка конструкції приладу	32
7 Аналіз працездатності приладу	34
Висновки	38
Перелік джерел посилання.....	39
Додаток А.....	41
Додаток Б	45
Додаток В.....	51
Додаток Г	54
Додаток Д.....	58

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						2
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ТЗ — Технічне завдання

PCB — Printed circuit board

SMD — Surface mounted device

					<i>РА81.425231.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
						<i>3</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

В наш час активного технічного прогресу у людських домівках та в інших спорудах з'являється все більше різноманітних електричних приладів та теплогенеруючих агрегатів, що через порушення правил експлуатації або монтажу можуть виходити з ладу і ставати причинами пожежі. Також іноді займання виникають через несправності в електропроводці, необережне поводження з вогнем тощо. Навіть маленька іскра може розростися у велику пожежу зі значними втратами у результаті. В тому числі і з жертвами серед людей. Звідси слідує, що завчасне виявлення займань є важливою і актуальною проблемою.

У дипломному проєкті запропоновано модель сенсору задимленості для пожежної сигналізації.

Існують різні види цих сенсорів. Вони відрізняються за принципом роботи і за джерелом живлення.

Завданням проєкту було здійснення удосконалення (модернізації) існуючих технічних рішень на основі аналізу сучасних аналогів на ринку.

Під час аналізу ринку були визначені переваги та недоліки сенсорів задимленості. Увага була зацентрована на автономних сенсорах, які відрізняються тим, що в їх корпусі розміщені елементи, необхідні для виявлення пожежі, безпосереднього сповіщення про неї звуковим сигналом та автономного живлення. Це забезпечує простоту підключення та монтажу, можливість змінювати розташування пристрою та низку інших переваг. Але ринок заповнено автономними точковими сенсорами, які добре фіксують лише сірий дим. Для того, щоб добре фіксувався як сірий, так і чорний дим потрібно було розробити автономний лінійний сенсор.

Розроблений пристрій застосовується для забезпечення безпеки.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						4
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

1 РОЗГЛЯД АНАЛОГІВ

У наш час на ринку представлено багато варіантів сенсорів задимленості.

Сенсори для пожежної сигналізації, які реагують саме на задимленість, за принципом роботи поділяють на оптичні (оптико-електронні), іонізаційні та аспіраційні. Залежно від джерела живлення їх поділяють на дротові та автономні.

1.1 Оптичний сенсор

Принцип роботи оптичних сенсорів ґрунтується на виявленні диму за допомогою інфрачервоного випромінювача. Ці пристрої найпоширеніші через їх дешевизну, простоту установки та великий вибір модифікацій.

Сенсори, які використовують оптичні засоби виявлення задимленості, за принципом роботи поділяються на лінійні та точкові.

1.1.1 Точковий сенсор

Цей тип сенсорів працює за принципом радара [2]. В основі їх роботи лежить різна відбиваюча здатність чистого повітря та диму. Світлодіод невеликої потужності випромінює інфрачервоне світло у приміщення. Під кутом 90° до цього променя встановлено фотоелемент. Доки у повітрі немає диму на фотоелемент не потрапляє світло і сповіщувач не подає сигналу тривоги. Коли задимлене повітря потрапляє у сенсор і виявляється на шляху світлового променя, частина світла відбивається від нього і потрапляє на фотоелемент, після чого сповіщувач подає сигнал контролеру пожежної сигналізації [3]

Точкові сенсори добре фіксують сірий дим, який виділяється під час тління на ранніх стадіях пожежі. Але чорний дим вони фіксують погано, адже він поглинає інфрачервоне випромінювання [1].

1.1.2 Лінійний сенсор

Лінійний оптичний сенсор складається з блоку випромінювача і блоку приймача, що розташовуються на одній геометричній осі в зоні прямої види-

					РА81.425231.001 ПЗ	<i>Лис</i>
						5
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

мости. Один з блоків містить джерело оптичного випромінювання, а інший фотоприймач. Також прилад може складатися з одного блоку приймача-випромінювача і розташованого на протилежній стіні світловідбивача.

Цей вид сенсорів працює за принципом уловлювання ослаблення в світловому потоці між джерелом випромінювання і фотоприймачем під впливом частинок диму [1]. Через це лінійні сенсори добре фіксують як сірий, так і чорний дим.

Лінійні сенсори зазвичай дорожчі за точкові.

ИП 212-50М2

Сенсор автономний оптичний ИП 212-50М2 є прикладом оптичного сенсора. Він призначений для виявлення загорянь, які супроводжуються появою диму малої концентрації у закритих приміщеннях, шляхом реєстрації відбитого від часток диму оптичного випромінювання та видачі тривожних сповіщень у вигляді гучних звукових сигналів.

Зовнішній вигляд приладу зображено на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – ИП 212-50М2

Характеристики:

- Невеликі габарити;
- Тип сповіщення – звук і червоний світлодіодний спалах;
- Гучність звукового сигналу – від 85 дБ до 120 дБ;

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		6

- Живлення від акумуляторної батареї;
- Кріпиться на стелю за допомогою кріплень.

Тут і далі для аналізу вже існуючих на ринку сенсорів використовуються електронні каталоги Worldvision [4] і Security-shop [5].

1.2 Іонізаційний сенсор

Принцип дії іонізаційних сенсорів ґрунтується на реєстрації змін іонізаційного струму, які виникають внаслідок впливу на нього продуктів горіння [1].

Прилад застосовують у приміщеннях в яких не передбачене постійне перебування людей.

Іонізаційні сенсори діляться на електроіндукційні та радіоізотопні.

1.2.1 Електроіндукційний сенсор

Принцип роботи такого сенсора базується на тому, що за допомогою малогабаритного електричного насоса аерозольні частинки всмоктуються з навколишнього середовища в газохід і потрапляють в зарядну камеру. В ній, під впливом уніполярного коронного розряду, частинки набувають об'ємного електричного заряду і, рухаючись далі по газоходу, потрапляють у вимірювальну камеру, де наводять на її вимірювальному електроді електричний сигнал, пропорційний об'ємному заряду частинок і, отже, їх концентрації. З вимірювальної камери сигнал потрапляє в попередній підсилювач і далі в блок обробки і порівняння сигналу. Сенсор здійснює селекцію сигналу по амплітуді, швидкості, тривалості і у вигляді замикання контактного реле видає інформацію при перевищенні заданих порогів [1].

1.2.2 Радіоізотопний сенсор

Цей вид сенсорів спрацьовує внаслідок впливу продуктів горіння на іонізаційний струм внутрішньої робочої камери сповіщувача. Прилад виявляє продукти горіння за допомогою іонізаційної камери з джерелом α -випромінювання. Сенсор контролює струм у камері між електродами. При потраплянні

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						7
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

диму в камеру струм різко падає. В іонізаційній камері під дією радіоактивних випромінювань у газі утворюються іони. Камера має електроди, одним із яких може бути корпус камери. За наявності різниці потенціалів між електродами в ланцюзі з'являється іонізаційний струм [1].

1.3 Аспіраційний сенсор

Цей вид сенсорів працює за принципом забору повітря та його наступного аналізу на наявність частинок диму.

Аспіраційні сенсори особливо ефективні. Вони проводять постійний моніторинг повітря, а при найменшій його зміні видають сигнал тривоги. Звідси слідує, що вони оповіщають про пожежу ще до появи відкритого вогню. Для коректної роботи аспіраційного сенсора задимленості важливою є хороша вентиляції приміщень та наявність на об'єкті систем контролю температури і вологості.. Висока ціна є недоліком аспіраційних сенсорів. Тому їх зазвичай застосовують лише у приміщеннях із значними матеріальними цінностями [4]. Наприклад, в музеях та архівах.

Розрізняють адресні та безадресні прилади. Адресні, як слідує з назви, здатні вказати місце загоряння.

SecuriSmoke ASD 532

Зовнішній вигляд аспіраційного сенсора SecuriSmoke ASD 532 зображено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – SecuriSmoke ASD 532

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						8
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина всмоктуючого трубопроводу ASD 532 складає до 120 метрів. Завдяки компактній конструкції він ідеально підходить для встановлення у лабораторіях, шахтах ліфтів, тюремних камерах, ІТ-шафах і на телекомунікаційних та багатьох інших об'єктах. Прилад оснащений компактним вентилятором і одним всмоктувальним трубопроводом.

Його вага значно вища за вагу оптичних сенсорів.

1.4 Автономний сенсор

Залежно від джерела живлення окремо виділяють автономні сенсори.

В корпусі цього виду сенсорів розміщені елементи, які необхідні для виявлення пожежі, безпосереднього сповіщення про нього звуковим сигналом та автономного живлення [6].

Зазвичай такі сенсори є оптичними. Вони не мають зовнішніх з'єднань чи з'єднуються лише для локальної мережі.

Живлення пристрій отримує від батарейок.

До плюсів автономних пристроїв можна віднести: простоту підключення та монтажу, роботу від автономного джерела живлення терміном 1 рік, можливість змінити розташування пристрою, гучність сирени. З мінусів можна виділити хибні спрацювання при потраплянні всередину сенсора мошок, пилу тощо.

Дротові сенсори вважають стійкішими до навколишніх впливів.

Pyronix SMOKE-WE

Оптичний сенсор Pyronix SMOKE-WE є прикладом автономних сенсорів задимленості. Зовнішній вигляд автономного оптичного сенсора Pyronix SMOKE-WE зображено на рис. 1.3.

					РА81.425231.001 ПЗ	<i>Лис</i>
						9
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 1.3 – Pyronix SMOKE-WE

Характеристики:

- Невеликі габарити;
- Тип сповіщення – звук і червоний світлодіодний спалах;
- Гучність звукового сигналу — 85 дБ;
- Бездротове підключення до приймально-контрольного приладу пожежної сигналізації;
- Живлення від батарейки;
- Кріпиться на стелю.

У даному розділі проведено аналіз видів сенсорів задимленості та розгляд існуючих на ринку аналогів приладу. Обраний в дипломному проекті сенсор задимленості – автономний сенсор задимленості. При цьому за типом виявлення задимлень він є оптичним лінійним.

На вибір саме такого типу сенсора вплинули наступні фактори:

- Економічний (такий тип сенсорів вирізняється відносною дешевизною);
- Компактність;
- Випромінення оптичних сенсорів є абсолютно безпечним для людей;
- Здатність досить добре фіксувати як сірий, так і чорний дим.

Також важливим фактором є те, що такий сенсор можна не підключати до інших мереж, бо він самостійно здійснює виявлення та попередження про пожежу.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						10
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

У даному дипломному проекті розробляється сенсор задимленості для пожежної сигналізації. Пристрій призначений для раннього попередження про пожежну небезпеку залежно від наявності диму у повітрі у житлових та комерційних будівлях.

У технічному завданні до даного приладу сказано, що він повинен мати постійну напругу живлення 12 В та живитися від лужної батарейки з можливістю її подальшої заміни. Струм у колі має не перевищувати 0,3 А.

Сенсор задимленості стаціонарний, працює в близьких до кімнатних умовах. Має строк безвідмовної роботи 1 рік.

Кліматичні вимоги приладу УХЛ4 відповідають експлуатації для макрокліматичних районів з помірним та холодним кліматом. Захист від механічних впливів С1 відповідає опалюваним наземним та підземним спорудам.

Необхідно забезпечити безпеку користувача при роботі з приладом.

В конструкції повинні бути використані компонентна база та матеріали, які серійно випускає промисловість та дозволені до застосування в РЕА загального призначення.

Корпус виконати з пластику чорного або сірого кольору. Кріплення кришок здійснюється за допомогою гвинтів.

Прилад кріпиться на стіну на відстані до вентиляційного отвору не менше 1 м. Розміщення сенсору має здійснюватися таким чином, щоб предмети та джерела світлового випромінювання не перешкоджали його працездатності.

На передній частині корпусу має бути виведено світлодіод та здійснено перфорацію корпусу біля оптопар.

У даному розділі проведено аналіз технічного завдання.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						11
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

3 СТРУКТУРНА ТА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА СХЕМИ, РОЗРАХУНКИ

3.1 Опис структурної схеми

Спрощена структурна схема пристрою зображена на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 — Структурна схема сенсора

Спрощена структурна схема сенсора задимленості складається з таких блоків: блок живлення, блок приймача-випромінювача, блок сповіщення.

Блок живлення відповідає за забезпечення необхідної для функціонування пристрою напруги.

За допомогою блоку приймач-випромінювач проводиться аналіз повітря на задимленість. Він працює за принципом уловлювання ослаблення в світловому потоці між джерелом випромінювання та фотоприймачем під впливом частинок диму.

Блок сповіщення забезпечує сповіщення про пожежу за допомогою звукового сигналу.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		12

3.2 Опис електричної принципової схеми

Синтезована електрична принципова схема показана на рис. 3.2.

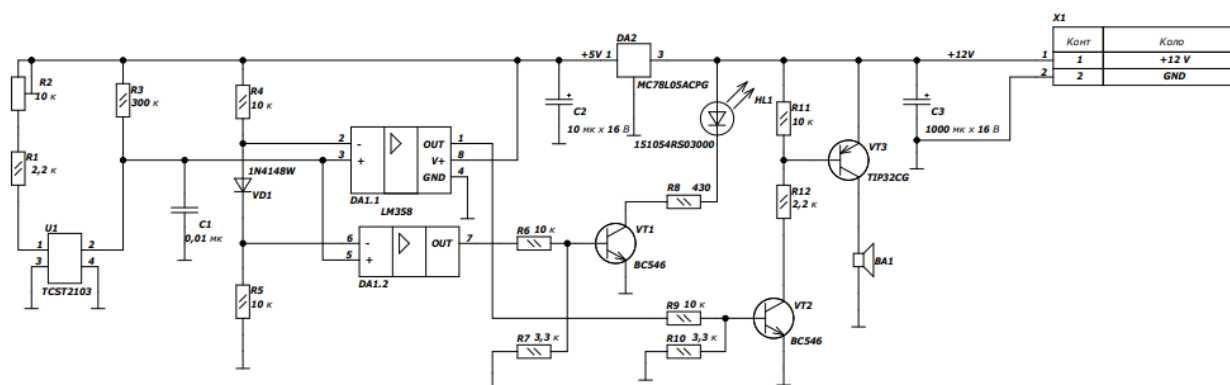


Рисунок 3.2. — Схема електрична принципова сенсора задимленості

Вона є модифікацією існуючої схеми, інформація про яку подана у науково-технічному журналі Радиоконструктор [7].

До її складу входять: оптрон U1, резистори R1, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, підстроювальний резистор R2, кремнієвий конденсатор C1, електролітичні конденсатори C2 і C3, кремнієві біполярні транзистори n-p-n структури VT1 і VT2, кремнієвий біполярний транзистор p-n-p структури VT3, операційний підсилювач DA1, світлодіод HL1, діод VD1, стабілізатор DA2, сирена BA1.

До складу оптрона U1 входить оптопара – інфрачервоний світлодіод та фототранзистор, що розташовані один навпроти іншого у свинцевій оболонці, яка не пропускає видиме світло.

Оптрон U1 це оптико-електронна система для виявлення диму, яка вимірює інтенсивність світлового променя в оптичному каналі між світлодіодом і фотодіодом.

Струм на світлодіод оптрона U1 надходить через резистори R1 та R2. Резистор R2 – підстроювальний, з його допомогою можна регулювати яскравість світіння цього світлодіоду. Опір емітер-колектор фототранзистору оптрона U1 разом з резистором R3 утворює дільник напруги.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		13

Конденсатор С1 служить для придушення перешкод.

Схема компаратора зібрана на здвоєному операційному підсилювачі DA1. Оперативний підсилювач DA1.1 служить безпосередньо для управління сиреною ВА1, а оперативний підсилювач DA1.2 допоміжний, з його допомогою можна налаштувати сенсор без застосування вимірювальних приладів.

Компаратор живиться стабілізованою напругою від DA2.

Опорна напруга подається на інверсні входи оперативного підсилювача від ділянки R4-VD1-R5. Діод VD1, як і будь-який діод, має деяку пряму напругу падіння, яка стабільна в доволі широкому діапазоні. У цій схемі діод утворює невелику різницю у величині опірної напруги, поданої на інверсні входи оперативного підсилювача. На DA1.1 опорна напруга трохи більша ніж на DA1.2. На виході DA1.2 включено транзисторний ключ VT1 з індикаторним світлодіодом у колекторному колі, а на виході DA1.1 – транзисторний ключ VT2-VT3, з сиреною на виході.

Резистор R2 підстроюється таким чином, щоб світлодіод HL1 загорівся, але сирена не включилася. HL1 має розташовуватися так, щоб його світло не потрапляло на фототранзистор оптрона.

Напруга на колекторі фототранзистору оптрона U1 знаходиться на трохи вищому за напругу на інверсному вході DA1. 2 рівні. Вона нижче за напругу на інверсному вході DA 1.1.

Коли виникає задимлення і в область між оптопарою потрапляють частинки диму, інфрачервоне світло світлодіоду частково блокується і його інтенсивність падає. Сила світла, що надходить на фототранзистор оптрона зменшується, і фототранзистор починає прикриватися. Опір його емітер-колектора збільшується, і, відповідно збільшується напруга на його колекторі. Коли ця напруга стає рівною і вищою за напругу на інверсному вході DA1.1 на виході DA1.1 виникає напруга, яка достатня для відкриття транзисторів VT2 і VT3. Включається сирена ВА1.

					РА81.425231.001 ПЗ	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

3.3 Розрахунок стабілізатора

Лінійний стабілізатор напруги являє собою дільник напруги, на вхід якого подається вхідна (нестабільна) напруга, а вихідна (стабілізована) напруга знімається з нижнього плеча дільника. Стабілізація здійснюється шляхом зміни опору одного з плечей дільника: опір постійно підтримується таким, щоб напруга на виході стабілізатора знаходилася в установлених межах [8].

На виході стабілізатора напруги MC78L08ACPG формується напруга 8 В. Максимальний струм на виході становить 0,1 А. Отже, $U_{\text{вих}} = 8 \text{ В}$, $I_{\text{вих}} = 0,1 \text{ А}$.

З формули 3.1 знайдемо напругу, яка подається на вхід стабілізатора $U_{\text{вх.ст}}$.

$$U_{\text{вих}} = U_{\text{вх.ст}} - U_{\text{ж}} \quad (3.1)$$

$U_{\text{вих}}$ – напруга на виході стабілізатора;

$U_{\text{вх.ст}}$ – напруга, яка подається на вхід стабілізатора;

$U_{\text{ж}}$ – падіння напруги на мікросхемі, яке дорівнює 1,7 В.

$$U_{\text{вх.ст}} = U_{\text{вих}} + U_{\text{ж}} = 8 + 1,7 = 9,7 \text{ В.}$$

Розрахуємо розсіювану потужність на мікросхемі стабілізатора:

$$P_{\text{роз}} = (U_{\text{вх.ст}} - U_{\text{вих}}) \times I_{\text{вих}} = (9,7 - 8) \times 0,1 = 0,17 \text{ Вт}$$

$P_{\text{роз}}$ – розсіювана потужність.

На рис. 3.3 вказано мінімальні значення вхідної та вихідної ємності необхідних для стабільної роботи стабілізатора конденсаторів.

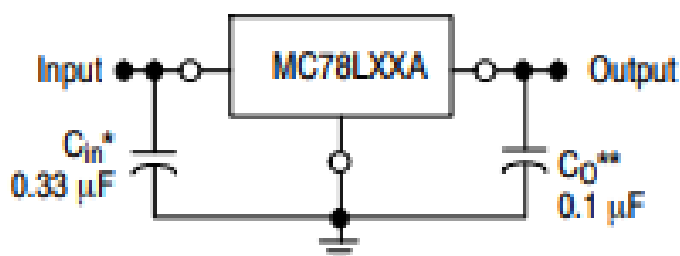


Рисунок 3.3. — Схема підключення стабілізатора

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		15

Якщо стабілізатор розташований на значній відстані від фільтра джерела живлення, то необхідний конденсатор $C_{in} \cdot C_0$ не потрібен для стабільності, але покращує перехідну реакцію. Для мінімізації пульсацій вихідної напруги для цих конденсаторів рекомендується використовувати значення від десятків до сотень мікрофарад [9]. Обираємо номінальні значення $C2 = 10 \text{ мкФ}$ і $C3 = 1000 \text{ мкФ}$.

У даному розділі було описано обрану структурну та електричну принципову схеми та прописано принцип роботи схеми. Виконано схемотехнічний розрахунок лінійного стабілізатора напруги.

					<i>РА81.425231.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
						16
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

В конструкції потрібно використовувати компонентну базу та матеріали, які серійно випускає промисловість. Вони мають бути дозволені до застосування в РЕА загального призначення.

Обрана елементна база має задовольняти задані електричні параметри.

Елементна база впливає на габарити пристрою і має працювати в заданих кліматичних умовах.

Для вибору електронної бази використовувалися електронні каталоги РКС Компоненти [10] і Snapeda [11], Alldatasheet [12].

4.1 Вибір резисторів

При виборі резисторів потрібно враховувати їх характеристики, габарити та вартість. Для зручності розміщення на платі обираємо SMD резистори. Оскільки плата двостороння, їх можна розмістити на другій стороні, що полегшить розстановку елементів та трасування. Для вибору типу резисторів складаємо порівняльну таблицю.

Таблиця 4.1 — Характеристики SMD резисторів

Параметр	Тип резистора		
	RC0805	RC1206	RC2010
Максимальна допустима напруга, В	300	400	400
Габарити, мм	2,0x1,25x0,5	3,1x1,6x0,55	5x2,5x0,55
Номінальна потужність при 70°C, Вт	0,125, 0,25	0,25, 0,5	0,5, 0,75, 1

Для резисторів R1, R3–R12 було обрано резистори типу 0805. Вони мають достатні габарити, щоб припаювати їх вручну, не надто громіздкі і мають прийнятну максимальну допустиму напругу.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						17
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Обрані компоненти фірми Hitano і Yageo мають наступні параметри:

- номінальні опори: 430 Ом, 2,2 кОм, 3,3 кОм, 10 кОм, 300 кОм;
- номінальна потужність: 0,125 Вт;
- допуск: $\pm 1\%$, $\pm 5\%$.

Продукция - Электронные компоненты и комплектующие - Пассивные компоненты - Резисторы - SMD резисторы - 0805

Производитель	Номинал	Точность	Рном, W	Ураб, V	Типоразмер	В наличии/под заказ
<input type="checkbox"/> Cinetech (2)	<input type="checkbox"/> 9,76 kOhm (2)	<input checked="" type="checkbox"/> $\pm 1\%$ F (10)	<input checked="" type="checkbox"/> 0,125 W (23)	<input type="checkbox"/> 150 V (23)	<input checked="" type="checkbox"/> 0805 (23)	<input type="checkbox"/> склад Киев (6)
<input type="checkbox"/> Hitano (6)	<input checked="" type="checkbox"/> 10 kOhm (10)	<input checked="" type="checkbox"/> $\pm 5\%$ J (13)	<input type="checkbox"/> Royal Ohm (1)	<input type="checkbox"/> 50 V (0)		<input type="checkbox"/> РАДИОМАГ-Киев (4)
<input type="checkbox"/> Phycomp (1)	<input type="checkbox"/> 10,2 kOhm (2)	<input type="checkbox"/> $\pm 0,1\%$ (3)	<input type="checkbox"/> 0,1 W (0)	<input type="checkbox"/> 100 V (0)		<input type="checkbox"/> РАДИОМАГ-Львов (3)
<input type="checkbox"/> Royal Ohm (3)	<input type="checkbox"/> 10,5 kOhm (1)	<input type="checkbox"/> $\pm 0,01\%$ (0)	<input type="checkbox"/> 0,2 W (0)	<input type="checkbox"/> 125 V (0)		<input type="checkbox"/> РАДИОМАГ-Харьков (2)
<input type="checkbox"/> Samsung (2)	<input type="checkbox"/> 10,7 kOhm (1)	<input type="checkbox"/> $\pm 0,05\%$ (0)	<input type="checkbox"/> 0,25 W (0)	<input type="checkbox"/> 300 V (0)		<input type="checkbox"/> РАДИОМАГ-Одесса (4)

Рисунок 4.1 — Вибір резисторів в електронному каталозі РКС Компоненти

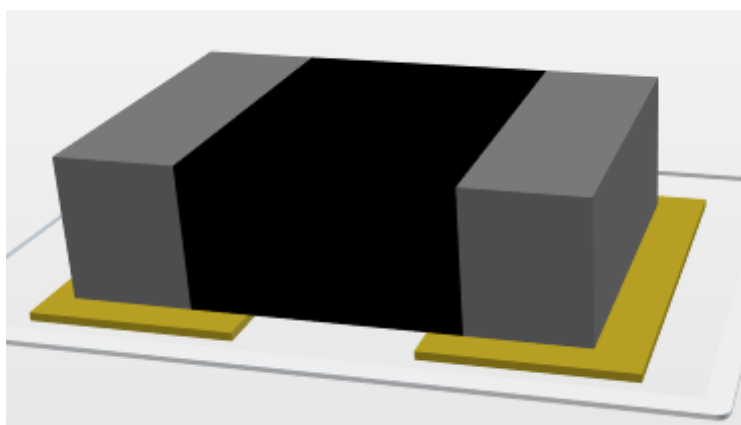


Рисунок 4.2 — 3D модель SMD резистора в середовищі Altium

Резистор R2 підстроювальний. У схемі застосовуємо резистор EVM2W.

Обраний компонент має наступні параметри:

- номінальний опір: 10 кОм;
- номінальна потужність: 0,15 Вт;
- допуск: $\pm 25\%$.

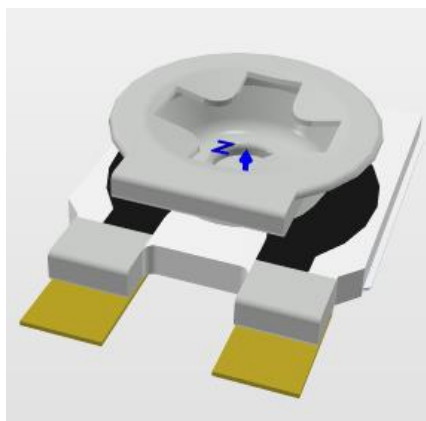


Рисунок 4.3 — 3D модель підстроювального резистора в середовищі Altium

4.2 Вибір конденсаторів

Конденсатори обираються з огляду на їх характеристики, габарити та вартість. Оскільки вибір пав на SMD резистори, то обираємо і SMD конденсатори.

Обрано керамічний конденсатор C1 типу 0805 марки Samsung.

Його параметри:

- номінальна ємність: 0,01 мкФ;
- номінальна напруга: 50 В;
- допуск: $\pm 15\%$;
- діапазон робочих температур: $-55\dots+125^{\circ}\text{C}$;
- габарити: 2,0x1,25x0,5.

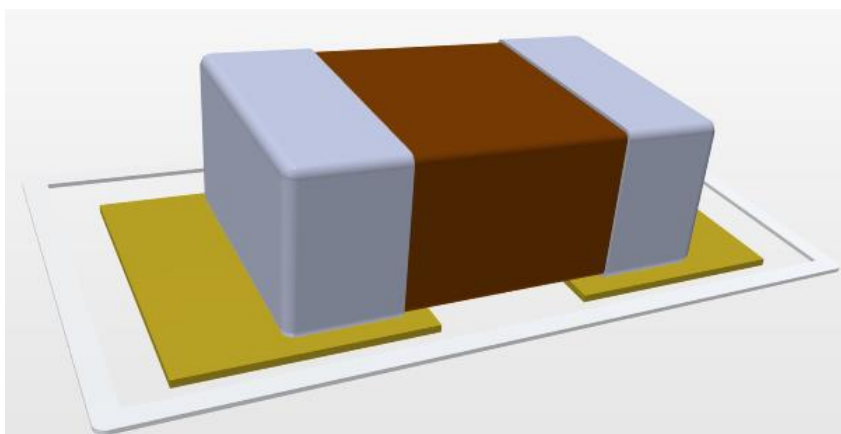


Рисунок 4.4 — 3D модель конденсатора в середовищі Altium

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.425231.001 ПЗ

Лис
19

Конденсатори C2, C3 електролітичні. Обрано марки Panasonic та Wurth electronic.

Дані компоненти мають наступні параметри:

- номінальні ємності: 10 мкФ, 1000 мкФ;
- номінальні напруги: 6,3 В, 16 В;
- діапазон робочих температур: $-55...+125^{\circ}\text{C}$;
- допуск: $\pm 20\%$.

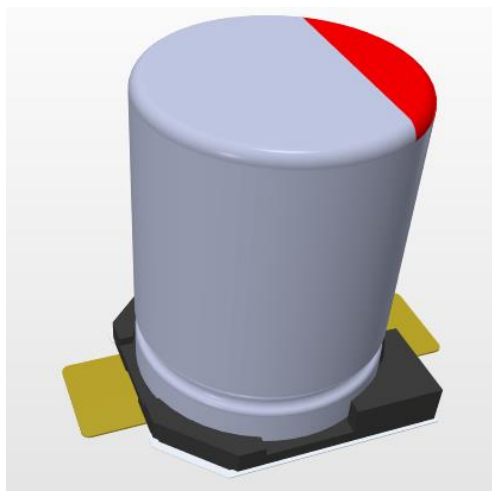


Рисунок 4.5 — 3D модель електролітичного конденсатора в середовищі Altium

4.3 Вибір інших елементів

У якості елемента U1 використовується оптрон TCST2103 фірми Vishay з наступними параметрами:

- прямий струм: 60 мА;
- зворотна напруга: 6 В;
- розсіювання потужності: 100 мВт;
- напруга колектор-емітер: 70 В;
- напруга емітер-колектор: 7 В;
- струм колектора: 100 мА;
- діапазон робочих температур: $-55...+85^{\circ}\text{C}$.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						20
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

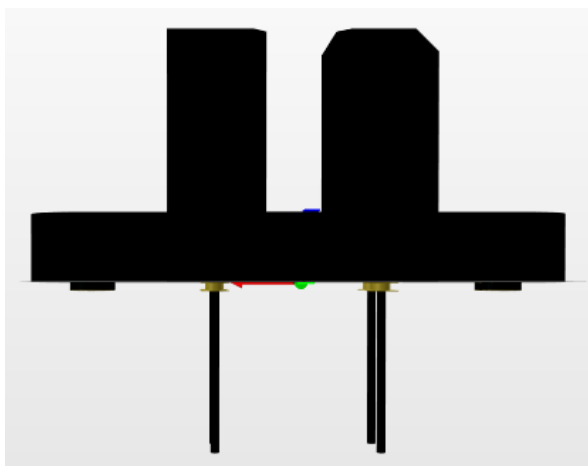


Рисунок 4.6 — 3D модель оптрона в середовищі Altium

У якості елементів VT1 і VT2 використовуються кремнієвий біполярний транзистор n-p-n структури BC546 в корпусі TO-92 фірми Fairchild з наступними параметрами:

- розсіювання потужності: 500 мВт;
- напруга колектор-емітер: 65 В;
- напруга емітер-база: 6 В;
- напруга колектор-база: 80 В;
- струм колектору: 100 мА;
- діапазон робочих температур: -65...+150°C.

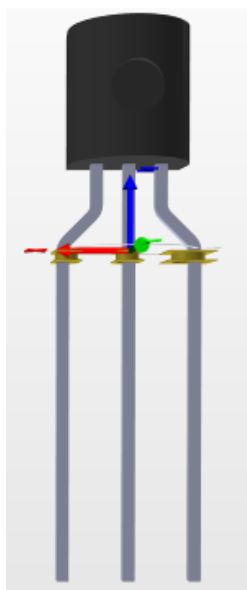


Рисунок 4.7 — 3D модель n-p-n транзистора в середовищі Altium

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.425231.001 ПЗ

Лис
21

У якості елемента VT3 використовується кремнієвий біполярний транзистор р-п-р структури TIP32CG в корпусі TO-220-3 фірми ON semiconductor з наступними параметрами:

- напруга колектор-емітер: 100 В;
- напруга емітер-база: 5 В;
- напруга колектор-база: 100 В;
- струм колектору: 100 мА;
- максимальна потужність: 2 Вт;
- діапазон робочих температур: -65...+150°C.

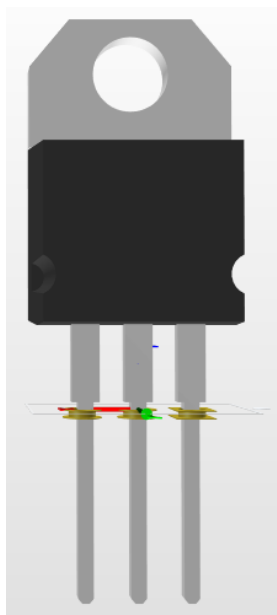


Рисунок 4.8 — 3D модель р-п-р транзистора в середовищі Altium

У якості елемента DA1 використовується оперативний підсилювач LM358 в корпусі SO-8 фірми Texas instruments з наступними параметрами:

- діапазон напруги живлення: 3...32 В;
- діапазон робочих температур: 0...+70°C.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						22
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

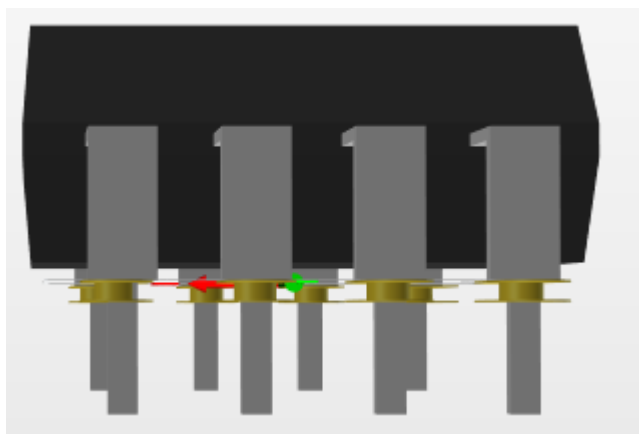


Рисунок 4.9 — 3D модель оперативного підсилювача в середовищі Altium

У якості елемента HL1 використовується світлодіод 151054RS03000 фірми Würth electronic з наступними параметрами:

- колір: червоний;
- довжина хвилі: 623 нм;
- кут огляду: 30°.

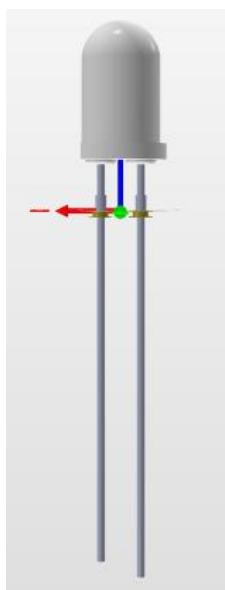


Рисунок 4.10 — 3D модель світлодіода в середовищі Altium

У якості VD1 використовується SMD діод 1N4148W в корпусі SOD-123 фірми Vishay з наступними параметрами:

- прямий струм: 0,15 А;

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		23

- зворотна напруга: 75 В;
- тип монтажу: SMD.



Рисунок 4.11 — 3D модель діода в середовищі Altium

У якості DA2 використовується стабілізатор MC78L08ACPG фірми ON semiconductor в корпусі TO-92-3 з наступними параметрами:

- діапазон вхідної напруги 9,7...30 В;
- вихідна напруга: 8 В;
- максимальний вихідний струм 100 мА;
- допустиме падіння напруги 1,7 В;
- допуск: $\pm 5\%$.

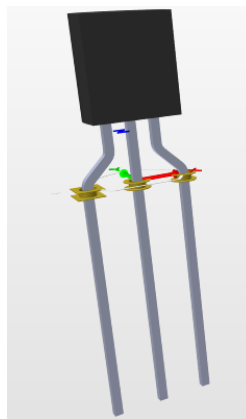


Рисунок 4.12 — 3D модель стабілізатора в середовищі Altium

Нам підходить будь-яка сирена з достатньою допустимою максимальною напругою. Обираємо електромагнітний сигналізатор LD-BZEN-1212 з

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		24

наступними параметрами:

- номінальна напруга: 9...15 В;
- максимальний струм: 30 мА;
- гучність звукового сигналу: 85 дБ.

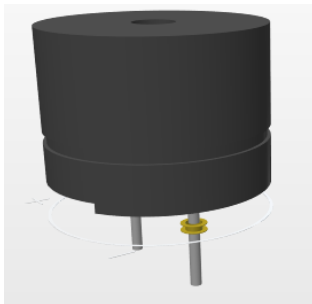


Рисунок 4.13 — 3D модель сирени в середовищі Altium

У даному розділі була обрана елементна база для подальшої розробки приладу. Обґрунтовано її вибір.

					<i>РА81.425231.001 ПЗ</i>	Лис
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		25

5 РОЗРОБКА ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА

5.1 Вибір методу виготовлення плати

Оскільки прилад має і вивідні, і SMD елементи, то було брано двосторонню плату.

Клас С - змішана: монтовані в отвори і поверхнево монтовані компоненти



Рисунок 5.1 — Тип плати

Доцільно використати комбінований позитивний метод виготовлення друкованої плати. Він основний при виготовленні двосторонніх друкованих плат та односторонніх друкованих плат з підвищеними вимогами до надійності [13].

При використанні комбінованого позитивного методу використовуються фольговані діелектрики.

Формування малюнка провідників відбувається шляхом гальванічного осадження міді зі застосовуються фотошаблонів [14].

5.2 Вибір матеріалу плати

Як матеріал обрано фольгований склотекстоліт FR-4. Він є базовим матеріалом для виробництва двосторонніх та багатошарових друкованих плат, а також для виробництва односторонніх друкованих плат з підвищеними вимогами до фізико-механічних показників [15]. Обрано FR-4 35/35 1,5 мм. Тобто склотекстоліт з товщиною фольги 35 мкм та товщиною діелектрика 1,5 мм.

5.3 Вибір класу точності

Зважаючи на щільність монтажу, масогабаритність, умови експлуатації, максимальний струм, максимальну напругу та інші фактори, було обрано третій клас точності [16].

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						26
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4 Вибір припою

Було обрано безсвинцевий припій SAC 350. Він забезпечує високу надійність паяних з'єднань [17].

5.5 Розрахунок елементів друкованого монтажу

Розрахунки параметрів провідників зроблені за формулами у MathCad. Їх результати записані до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 — Розміри друкованих провідників

Тип лінії	Напруга, В	Струм, А	Ширина провідника, мм		Зазор, мм
			у вузькому	у широкому	
Силова 1	12	0.2	0.3	0.55	0.35
Силова 2	5	0.1	0.3	0.55	0.35
Сигнальна	32	0.0007	0.3	0.55	0.35

Повний розрахунок наведено у додатку Б.

Для коректної роботи пристрою треба розрахувати розміри перехідних отворів, розрахунки проводяться нижче, за допомогою формул 5.1 та 5.2.

$$d = \gamma H \quad (5.1)$$

де d – діаметр перехідного отвору; 0,5 мм;

γ – константа для даного класу; 0,33 мм;

H – товщина плати; 1,5 мм.

Діаметр контактного майданчика заходиться по формулі 4.3:

$$D = d + \frac{2}{3}d \quad (5.2)$$

де D – діаметр контактного майданчика.

Після проведення розрахунків: діаметр перехідного отвору — 0,5 мм; діаметр контактного майданчика — 0.85 мм.

5.6 Розробка плати в Altium

В програмному середовищі Altium Designer було створено бібліотеку компонентів та 3D модель друкованої плати.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						27
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

5.7 Розрахунок габаритів плати

У створеному PCB файлі можна знайти площу кожного елементу.

Для визначення площі плати треба розрахувати мінімальну площу, що відповідає загальній площі всіх елементів кожної сторони, тобто елементів поверхневого монтажу та вивідних елементів окремо. Тож розрахуємо площу всіх елементів за формулою 5.3.

$$S_{\Pi} = S_{\text{МГ}} + 1.5S_{\text{СГ}} + 2S_{\text{ВГ}} + S_{\text{кр}} \quad (5.3)$$

$S_{\text{МГ}}$ – площа малогабаритних елементів;

$S_{\text{СГ}}$ – площа середньогабаритних елементів;

$S_{\text{ВГ}}$ – площа великогабаритних елементів;

$S_{\text{кр}}$ – площа кріпильних елементів.

Таблиця 5.2 — Площа малогабаритних компонентів

Компонент	Площа одного ел. (мм ²)	Кількість ел.	Площа усіх ел. (мм ²)
Резистор SMD0805 430, 2.2к, 10к, 3.3к, 300к	6,96	11	76,56
Резистор підстроювальний EVM2W 10к	8,402	1	8,402
Конденсатор CL21B103JBANNNC 0805 0.01мкФ, 50В	6,727	1	6,727
Полярний конденсатор 865090140001 10мкФ, 6.3В	28,834	2	57,668
Діод 1N4148W	3.904	1	3.904
Світлодіод 151054RS03000	37,685	1	37,685

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.425231.001 ПЗ

Лис
28

Продовження таблиці 5.2

Компонент	Площа одного ел. (мм ²)	Кількість ел.	Площа усіх ел. (мм ²)
Сирена КРХ-1212А 12В	147,064	1	147,064
Стабілізатор МС78L05АСРG	31,081	1	31,081
Джерело напруги	23,183	1	23,183
Оптрон ТССТ2103	186,62	1	186,62

Отже, площа малогабаритних елементів: $S_{\text{мг}} = 578,89$.

Таблиця 5.3 — Площа середньогабаритних компонентів.

Компонент	Площа одного ел. (мм ²)	Кількість ел.	Площа усіх ел. (мм ²)
Транзистор npn BC546	30,636	1	61,272
Транзистор pnp TIP32CG	65,413	2	65,413
Підсилювач LM358	119,612	2	239,224

Площа середньогабаритних елементів: $S_{\text{сг}} = 365,91 \text{ мм}^2$.

Великогабаритних елементів немає, тому площа великогабаритних елементів дорівнює 0.

Площа кріпильних елементів:

$$S_{\text{кр}} = 4 * 100 = 400 \text{ мм}^2$$

Отже, площа всіх елементів становить:

$$S_{\text{п}} = 578,89 + 1,5 * 365,91 + 2 * 0 + 400 = 1527,76 \text{ мм}^2$$

Отже, мінімальна площа плати – 1527,76 мм².

Відповідно до розрахованої площі обираємо співвідношення сторін плати 1:2 та розміри 30 мм x 55 мм.

У РСВ файлі плата обрізається до обраних розмірів.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						29
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

На плату було додано чотири кріпильні елементи та розташовано на ній елементи схеми.

Отримані у розділі результати було використано під час внесення правил у PCB Rules. Вони впливають на розміщення елементів, трасування і т.д.

5.8 Трасування

Було проведено трасування провідників.

Перевірка у програмі дозволила знайти помилки та виправити їх для того, щоб плата була зібрана вірно.

Як результат маємо розроблений друкований вузол. Його 3D вигляд подано на рис. 5.2 і 5.3.

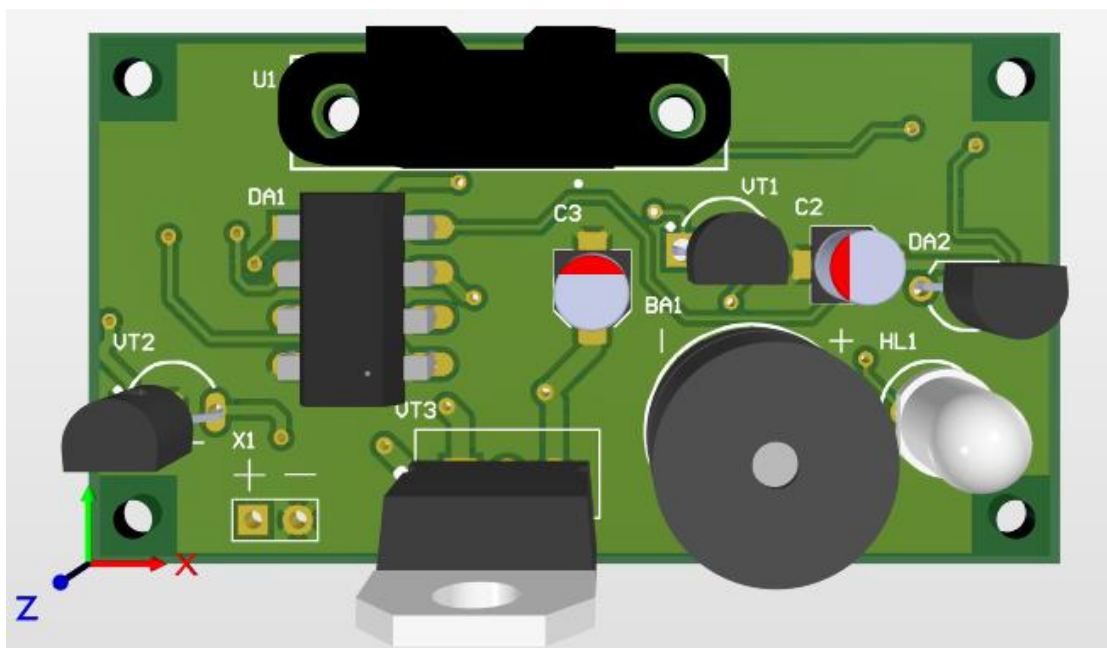


Рисунок 5.2 — Вид плати зверху

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						30
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

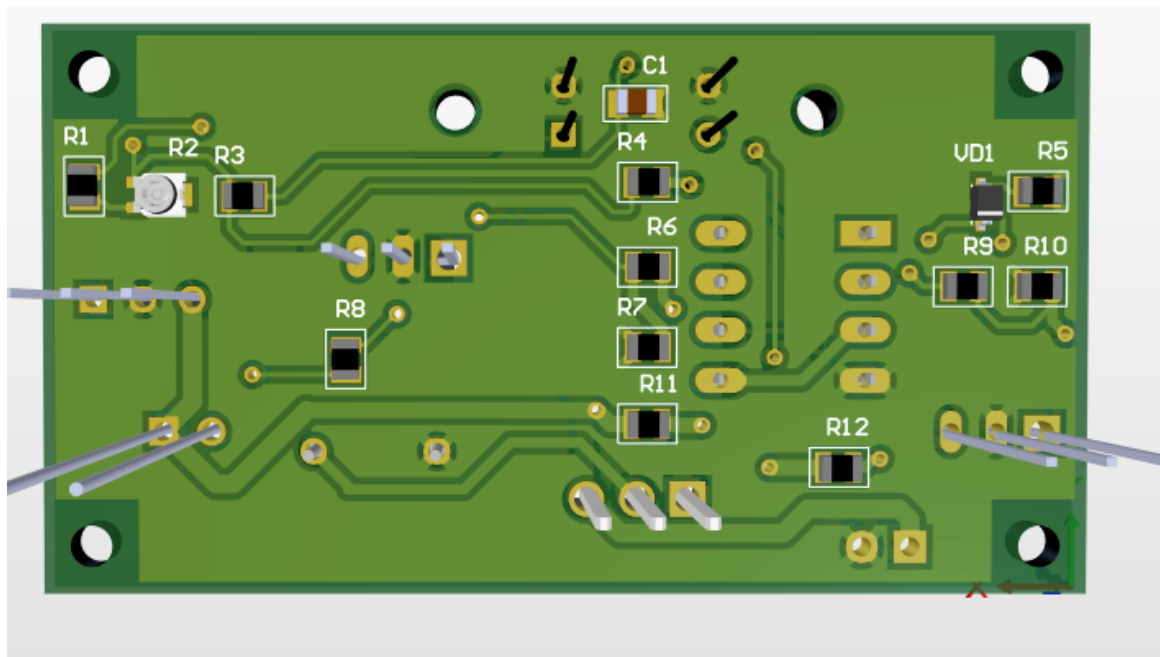


Рисунок 5.3 — Вид плати знизу

Виводи вивідних елементів у подальшому було обрізано.

У даному розділі було здійснено та обґрунтовано вибір конструкційних матеріалів і проведено необхідні для розробки друкованої плати розрахунки. У програмному середовищі Altium Designer було створено бібліотеку компонентів та 3D модель друкованої плати і проведено трасування провідників.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.425231.001 ПЗ

Лис
31

6 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИЛАДУ

Для подальшого проектування пристрою використовується програмне забезпечення Solidworks. З його допомогою можна спроектувати корпус, розмістити в ньому плату, скласти необхідні креслення приладу.

Прилад складається з двох деталей – корпусу та кришки. Як спосіб їх кріплення було обрано кріплення за допомогою саморізів DIN 7051-st2.9x6,5. Вони забезпечують надійну фіксацію. При цьому такий тип кріплення дозволяє у разі необхідності отримати безпосередній доступ до плати та її елементів. Для цього потрібно лише вийняти саморізи та зняти кришку.

Для того, щоб не порушувалися правила ергономіки, кути корпусу були заокруглено.

Плата закріплюється на корпусі за допомогою саморізів DIN 7051-st2.2x4,5, що забезпечує надійну фіксацію плати у основі корпусу.

Для того щоб забезпечити доступ до елементів живлення для самостійної заміни їх користувачем на корпусі було вирізано отвір достатній для розмірів батарейки. Цей отвір було закрито кришкою, яка кріпиться до корпусу за допомогою саморізів. Користувач може самостійно її відкручувати та проводити щорічну заміну батарейки без звернення до спеціалістів.

Для забезпечення правильної та швидкої реакції сенсора на появу задимлень потрібно було забезпечити безпосередній доступ повітря до оптопари. Для цього на кришці приладу була здійснена перфорація.

Світлодіод повинен інформувати про роботу приладу. Для постійного доступу до нього за допомогою ковпачка D-10 його було виведено на кришку.

Прилад є таким, що для ефективної роботи кріпиться на стіну. На задній частині корпусу для цього виконано два отвори.

Габаритні розміри приладу 46×63×44. Вони задовольняють ТЗ.

За ТЗ матеріалом з якого виготовляється прилад є пластик. З двох доступних кольорів для приладу було обрано сірий.

Модель зібраного корпусу зображена на рис. 6.1.

					РА81.425231.001 ПЗ	<i>Лис</i>
						32
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

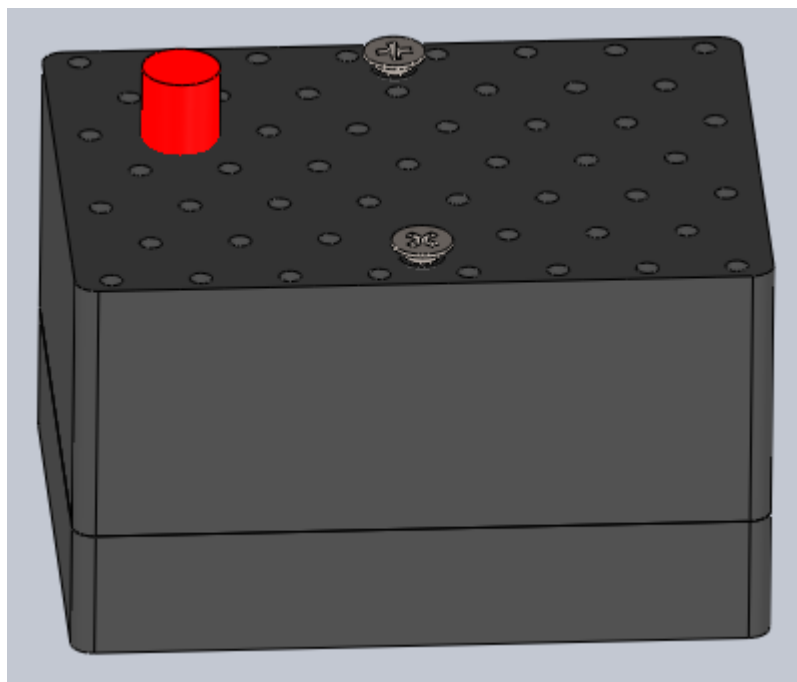


Рисунок 6.1 — Модель корпусу

У даному розділі було проведено розробку конструкції приладу, яка задовольняє умови ТЗ. До плюсів розробленої конструкції сенсору задимленості можна віднести:

- Компактність;
- Відносна простота підключення та монтажу;
- Можливість самостійної заміни батарейки без звернення до спеціалістів;
- Перформація на кришці приладу забезпечує правильну та швидку реакцію на появу задимлень;
- Виведений на корпус світлодіод точно інформує про роботу пристрою;
- Можливість змінити розташування пристрою.

З мінусів можна виділити незахищеність від потрапляння всередину сенсора мошок, пилу тощо. В наслідок цього можуть виникати хибні спрацювання.

Зовнішньо конструкція приладу дещо відрізняється від типових сенсорів задимленості.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						33
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

7 АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПРИЛАДУ

Розрахунок надійності дозволить дізнатися скільки прослужить розроблений прилад.

В пристрої було використано такі електронні компоненти:

- 1 діод;
- 1 керамічний конденсатор;
- 2 електролітичні конденсатори;
- 3 біполярні транзистори;
- 12 резисторів;
- 2 мікросхеми;
- 1 світлодіод;
- 1 оптрон;

Спочатку знайдемо інтенсивності відмов цих елементів за формулами 7.1 – 7.6.

Інтенсивність відмов діодів, діодних збірок:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_\phi K_{S1} \quad (7.1)$$

λ_0 — середньостатична інтенсивність відмов;

K_p — коефіцієнт режиму роботи пристрою, що залежить від навколишньої температури та навантаження по струму;

K_ϕ — коефіцієнт, що враховує функціональне призначення пристрою;

K_{S1} — коефіцієнт, що враховує відношення робочої напруги до максимально допустимої по ТУ.

Інтенсивність відмов керамічних конденсаторів:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_C \quad (7.2)$$

Інтенсивність відмов електролітичних конденсаторів:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_T K_C \quad (7.3)$$

K_C — коефіцієнт, що враховує номінальну ємність та математичну модель розрахунку для окремих груп конденсаторів;

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						34
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

K_m — температурний коефіцієнт, що залежить від температур навколишнього середовища для імпульсних конденсаторів.

Інтенсивність відмов біполярних транзисторів:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_\Phi K_{S1} \quad (7.4)$$

Інтенсивність відмов резисторів:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_p K_R \quad (7.5)$$

K_R — коефіцієнт, що враховує номінальний опір.

Інтенсивність відмов мікросхем:

$$\lambda_p = \lambda_0 K_{c,T} K_{\nu} K_{\text{корп}} \quad (7.6)$$

$K_{c,T}$ — Коефіцієнт режиму, що враховує складність інтегральних мікросхем та температуру навколишнього середовища;

K_{ν} — коефіцієнт, що враховує вплив максимальних значень напруг живлення; $K_{\nu} = 1$;

$K_{\text{корп}}$ — коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу корпусу інтегральних мікросхем ($K_{\text{корп}} = 3$ для пластмасових корпусів).

Коефіцієнти обираємо в довідниках [18].

З рівняння розрахункової інтенсивності 7.7 можна визначити середній наробіток до відмови.

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{T_0}{2\pi t_b}} \exp\left(-\frac{(t_b - T_0)^2}{2t_b T_0}\right) \quad (7.7)$$

T_0 — середній наробіток до відмови;

t_b — тривалість випробувань, яка дорівнює $3 \cdot 10^4$.

За ТЗ час безвідмовної роботи приладу становить один рік, що приблизно дорівнює 8760 годинам. Задаємо час роботи t . А показник надійності визначається залежно від параметра $x = \frac{t}{T_0}$ та коефіцієнта варіації v .

Для кожної групи електронних компонентів визначаємо імовірність безвідмовної роботи $P(x)$. Вона знаходиться за рівнянням 7.8.

$$P(x) = 0,5 \left(\left(1 + \operatorname{erf} \left(\frac{1-x}{v\sqrt{2x}} \right) \right) + e^{\frac{2}{v^2}} \left(1 + \operatorname{erf} \left(-\frac{1+x}{v\sqrt{2x}} \right) \right) \right) \quad (7.8)$$

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						35
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

$P(x)$ – ймовірність безвідмовної роботи;

$erf(x)$ – функція інтеграла помилок;

ν – коефіцієнт варіації ($\nu = 1$).

Коефіцієнти та результати розрахунків зведено в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1 — Надійність приладу

Назва і тип елемента	$\lambda_0 \cdot 10^6$, 1/год, $w_0 \cdot 10^6$	Kф	Kр	Kс	Ks1	KR	Kкоп	KT	$\lambda_p \cdot 10^6$, 1/год, $w_0 \cdot 10^6$	N	T0 (T0=μ)	x	P(x)
Діод	0,1	1,5	0,06		0,75				0,01	2	14200	0,507	0,882
Конд-ри													
Ел-чні	0,19			1				3,63	0,69	2	80600	0,109	0,999
Керамічні	0,019		0,18	0,53					0,0001	1	54300	0,161	0,996
Транз-ри	0,06	0,7	0,22		0,5				0,005	2	24034	0,364	0,942
Резистори	0,04					0,6			0,02	12	56809,8	0,154	0,997
Мікросх.	0,019						3	0,89	0,05	2	476039	0,018	1
Оптрон	0,06	1,6	0,01		0,6				0,001	1	148855	0,059	1
Світлодіод	0,1	1,5	0,09		0,7				0,01	1	14200	0,507	0,882
Сирена	0,13	1							0,13	1	86380,8	0,101	1
СУМА									0,92		284594	0,031	1

Ймовірність безвідмовної роботи при $t = 8760$ год становить $P = 100\%$.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						36
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Побудуємо графік залежності часу роботи пристрою від ймовірності безвідмовної роботи. Графік зображено на рис. 7.1.

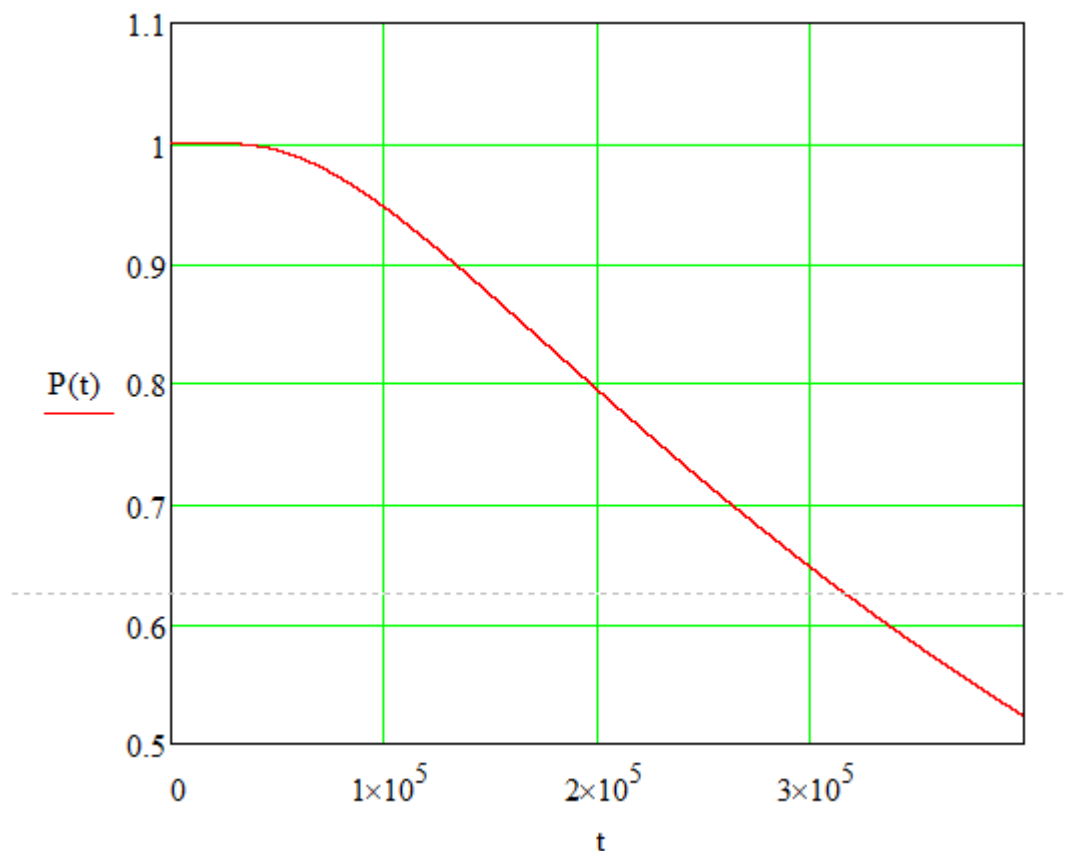


Рисунок 7.1 — Залежність безвідмовної роботи пристрою від часу роботи приладу

З графіка слідує, що ймовірність безвідмовної роботи вище 90%. Отже, вона задовольняє ТЗ.

У даному розділі було проведено аналіз працездатності приладу. Час безвідмовної роботи приладу задовольняє ТЗ.

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті було розроблено пристрій, що призначений для раннього попередження про пожежну небезпеку залежно від наявності диму у повітрі у житлових та комерційних будівлях.

У ході роботи було проведено аналіз існуючих видів сенсорів задимленості та виділено їх переваги і недоліки. Для подальшої розробки було обрано автономний сенсор задимленості. При цьому за типом виявлення задимлень він є оптичним лінійним, що дещо виділяє його серед представлених на ринку автономних сенсорів. Обрання цього виду сенсорів означає, що пристрій у своєму корпусі має містити елементи, які необхідні для виявлення пожежі, безпосереднього сповіщення про нього звуковим сигналом, автономного живлення і працювати за принципом уловлювання ослаблення в світловому потоці між джерелом випромінювання та фотоприймачем під впливом частинок диму. Беручи до уваги ці особливості, розроблено структурну та електричну принципову схеми.

Було обрано елементну базу, припій, метод виготовлення, матеріал і клас точності плати. Виконано певні необхідні розрахунки. У програмному середовищі Altium Designer був розроблений друкований вузол, а у Solidworks – конструкція приладу.

Оформлено необхідну конструкторську документацію.

Здійснено розрахунок надійності.

Отримані результати задовольняють завдання на дипломне проектування і висунуті вимоги, які прописані у ТЗ. В подальшому розроблений прилад можна вдосконалювати далі.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						38
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Пожарный извещатель [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Пожарный_извещатель.
2. Датчик дыма своими руками [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://vrazno.ru/datchik-dyma-svoimi-rukami/#i-8>.
3. Датчик дыма принцип действия [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://avia-life.com/datchik-dyma-printsip-deystviya/>.
4. Worldvision интернет-магазин безопасности Датчики дыма [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://worldvision.com.ua/datchiki-dyma/>.
5. Security-shop [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://security-shop.com.ua/>.
6. Автономный пожарный извещатель [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://propb.ru/library/wiki/avtonomnyu-pozharnyy-izveshchatel/>.
7. Датчик дыма / А. В. Каримов // Радиоконструктор. – 2009. – №2 – С. 32-33.
8. Стабілізатор напруги [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Стабілізатор_напруги.
9. Стабилизаторы (КРЕНы) [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://tec.org.ru/board/78105_78_106_78108_78109_78112_78115_78118_78124/94-1-0-1624.
10. РАДИОМАГ: РКС Компоненты [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [www.URL:https://www.rescomponents.kiev.ua/](http://www.rescomponents.kiev.ua/).
11. Snapeda [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.snapeda.com/>.
12. Alldatasheet [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.alldatasheet.com/>.

					РА81.425231.001 ПЗ	Лис
						39
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Проектування друкованої плати [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5386553/>.

14. Характеристика технологій виготовлення ДП [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://studopedia.com.ua/1_307438_harakteristika-tehnologiy-vigotovlennya-dp.html.

15. Электропласт [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pkf-elektroplast.com.ua>.

16. Классы точности печатных плат [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <http://microsin.net/adminstuff/others/pcbclasses.html>.

17. Трубчатый припой Glow Core SAC 305 — Универсал прибор [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://www.pribor.ru/npf/payalnoe_oborudovanie_i_materialy/pripoj_aim/trubchatyj_pripoj_glow_sore_sac_305/.

18. Надежность технических систем [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/6084998/>.

					РА81.425231.001 ПЗ	<i>Лис</i>
						40
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТОК А

ПОГОДЖЕНО

Керівник дипломного проекту

Наталія ЛАЩЕВСЬКА



(підпис)

_____ (дата)

ЗАТВЕРДЖЕНО

В.О. завідувача кафедри
прикладної радіоелектроніки

Михайло СТЕПАНОВ

_____ (підпис)

_____ (дата)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

«Сенсор задимленості для пожежної сигналізації»

Київ 2022

1 НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва дипломного проекту «Сенсор задимленості для пожежної сигналізації».

Підставою для виконання є завдання, що видане кафедрою прикладної радіоелектроніки.

2 МЕТА ВИКОНАННЯ І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКТУ

Метою є розробка сенсору задимленості для пожежної сигналізації, перевірка його на працездатність та оформлення необхідної конструкторської документації.

Пристрій призначений для раннього попередження про пожежну небезпеку залежно від наявності диму у повітрі у житлових та комерційних будівлях.

3 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

3.1 Склад об'єкту та вимоги його конструктивного виконання

Напруга живлення 12 В;

Струм не повинен перевищувати 0,3 А.

3.2 Вимоги життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів та чинників

Кліматичні вимоги – УХЛ 4 (згідно ГОСТ 15150-69);

Захист від механічних впливів – С1 (згідно ГОСТ 16019-2001).

3.3 Вимоги надійності

Середній строк служби не менше 1-го року.

3.4 Вимоги до конструкції

Має бути забезпечено доступ до елементів живлення для самостійної заміни їх користувачем.

Має бути забезпечено отвір для монтажу на стіну.

Габаритні параметри, Ш×Д×В, не більше, мм: 55×70×45.

Пристрій повинен працювати від лужної батарейки.

3.5 Вимоги до дизайну і ергономіки

Колір корпусу чорний або сірий, в корпусі на передній панелі має бути виведено світлодіод та здійснено перфорацію корпусу біля оптопар.

3.6 Вимоги до експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

Технічне обслуговування проводити 1 раз у рік (заміна батарейки). Воно може проводитись користувачем.

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

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

Утилізація згідно вимог для промислових відходів за ГОСТ 30773-2001.

3.8 Вимоги до транспортування і зберігання

Умови транспортування згідно ГОСТ 3216-78.

Зберігання: за ГОСТ 15150-69.

3.9 Вимоги до якості і технічного рівня

Використовувати доступну на українського ринку елементу базу.

В конструкції повинні бути використані компонентна база та матеріали, які серійно випускає промисловість та дозволені до застосування в РЕА загального призначення.

4 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ І ПОКУПНИХ КОМПЛЕКТУВАЛЬНИХ ВИРОБІВ

Вибір пластику, як матеріалу для корпусу.

5 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

Консервація не передбачена.

Упаковка повинна мати достатню міцність, щоб зберегти виріб при транспортуванні.

6 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Склад конструкторської документації:

1. Текстова документація: пояснювальна записка, перелік елементів, специфікація на друкований вузол, специфікація на пристрій.

2. Графічна документація: схема електрична структурна, схема структурна, креслення друкованої плати, складальне креслення друкованого вузла, складальне креслення пристрою.

ДОДАТОК Б

Розрахунок ширини друкованих провідників для всіх присутніх у схемі рівнів сигналу

Для сигнальної:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minD_S} := 0.25\text{mm}$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{no_S} := -0.05\text{mm}$

$$t1V_S := t_{minD_S} + |\Delta t_{no_S}| = 0.3\text{-mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 3, для завдань звичайної складності - клас точності 2.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм:

Вибираємо за класом точності (на один менше) $t_{minD_S} := 0.45\text{mm}$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{no_S} := -0.1\text{mm}$

$$t1III_S := t_{minD_S} + |\Delta t_{no_S}| = 0.55\text{-mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 2, для завдань звичайної складності - клас точності 1.

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм²/м)- $\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

Довжина провідника (м)- $l_S := 0.055\text{m}$

Товщина фольги (мм)- $h_S := 35 \cdot 10^{-3} \text{mm}$

Прикладена напруга (В)- $U_{жив_S} := 32\text{V}$

Максимальний струм (А)- $I_{max_S} := 0.7 \cdot 10^{-3} \text{A}$

$$t2_S := \frac{l_S \cdot I_{max_S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{жив_S} \cdot 0.03} = 2.005 \times 10^{-5} \cdot \text{mm}$$

ПРИМІТКА: Прикладена напруга і максимальний струм визначаються за схемою електричною принциповою та DataSheet на корпус. Довжина провідника обирається згідно довжини з'єднання в файлі pcb3.pcb.

Мінімально допустиму ширину провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (А)- $I_{max_S} := 0.7 \cdot 10^{-3} \text{A}$

Товщина фольги (мм)- $h_S := 35 \cdot 10^{-3} \text{mm}$

Допустима щільність струму в провіднику(А/мм²)- $j_S := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t3_S := \frac{I_{max_S}}{h_S \cdot j_S} = 1 \times 10^{-3} \cdot \text{mm}$$

Рисунок Б.1 – Розрахунок сигнальних провідників

Для силовії 1:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minD_P} := 0.25\text{mm}$
Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{ноP} := -0.05\text{mm}$

$$t1V_P := t_{minD_P} + |\Delta t_{ноP}| = 0.3\text{-mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 3, для завдань звичайної складності - клас точності 2.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minD_P} := 0.45\text{mm}$
Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{ноP} := -0.1\text{mm}$

$$t1Ш_P := t_{minD_P} + |\Delta t_{ноP}| = 0.55\text{-mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 2, для завдань звичайної складності - клас точності 1.

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм²/м)- $\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Довжина провідника (м)- $l_P := 0.055\text{m}$
Товщина фольги (мм)- $h_P := 35 \cdot 10^{-3} \text{mm}$
Прикладена напруга (В)- $U_{живP} := 12\text{V}$
Максимальний струм (А)- $I_{maxP} := 0.2\text{A}$

$$t2_P := \frac{l_P \cdot I_{maxP} \cdot \rho}{h_P \cdot U_{живP} \cdot 0.03} = 0.015\text{-mm}$$

ПРИМІТКА: Прикладена напруга і максимальний струм визначаються за схемою електричною принциповою та DataSheet на корпус. Довжина провідника обирається згідно довжини з'єднання в файлі pcb3.pcb.

Мінімально допустиму ширину провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (А)- $I_{maxP} := 0.2\text{A}$
Товщина фольги (мм)- $h_P := 35 \cdot 10^{-3} \text{mm}$
Допустима щільність струму в провіднику(А/мм²)- $j_P := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t3_P := \frac{I_{maxP}}{h_P \cdot j_P} = 0.286\text{-mm}$$

Рисунок Б.2 – Розрахунок силових провідників 1

Для силової 2:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minDp} := 0.25mm$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{noP} := -0.05mm$

$$t_{1Vp} := t_{minDp} + |\Delta t_{noP}| = 0.3 \cdot mm$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 3, для завдань звичайної складності - клас точності 2.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minDp} := 0.45mm$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{noP} := -0.1mm$

$$t_{1IIIp} := t_{minDp} + |\Delta t_{noP}| = 0.55 \cdot mm$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 2, для завдань звичайної складності - клас точності 1.

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм²/м)- $\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$

Довжина провідника (м)- $l_p := 0.055m$

Товщина фольги (мм)- $h_p := 35 \cdot 10^{-3} mm$

Прикладена напруга (В)- $U_{жизp} := 8V$

Максимальний струм (А)- $I_{maxp} := 0.1A$

$$t_{22p} := \frac{l_p \cdot I_{maxp} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{жизp} \cdot 0.03} = 0.011 \cdot mm$$

ПРИМІТКА: Прикладена напруга і максимальний струм визначаються за схемою електричною принциповою та DataSheet на корпус. Довжина провідника обирається згідно довжини з'єднання в файлі pcb3.pcb.

Мінімально допустиму ширину провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (А)- $I_{maxp} := 0.1A$

Товщина фольги (мм)- $h_p := 35 \cdot 10^{-3} mm$

Допустима щільність струму в провіднику(А/мм²)- $j_p := 20 \frac{A}{mm^2}$

$$t_{32p} := \frac{I_{maxp}}{h_p \cdot j_p} = 0.143 \cdot mm$$

С1

Рисунок Б.3 – Розрахунок силових провідників 2

З розрахованих даних обираємо ширину провідників у вузькому та широкому місці, при цьому повинна виконуватись умова:

Для силової 1:

$$t_{min_v} \geq \begin{cases} t1V_P & \text{у вузькому місці} \\ t2_P \\ t3_P \end{cases}$$

$$t_{min_w} \geq \begin{cases} t1III_P & \text{у широкому місці} \\ t2_P \\ t3_P \end{cases}$$

$$t_{min_vS} := \max(t1V_P, t2_P, t3_P) = 0.3\text{-mm}$$

$$t_{min_wS} := \max(t1III_P, t2_P, t3_P) = 0.55\text{-mm}$$

Для силової 2:

$$t_{min2_v} \geq \begin{cases} t1V_P & \text{у вузькому місці} \\ t22_P \\ t32_P \end{cases}$$

$$t_{min2_w} \geq \begin{cases} t1III_P & \text{у широкому місці} \\ t22_P \\ t32_P \end{cases}$$

$$t_{min2_vS} := \max(t1V_P, t22_P, t32_P) = 0.3\text{-mm}$$

$$t_{min2_wS} := \max(t1III_P, t22_P, t32_P) = 0.55\text{-mm}$$

Для сигнальної:

$$t_{min_v} \geq \begin{cases} t1V_S & \text{у вузькому місці} \\ t2_S \\ t3_S \end{cases}$$

$$t_{min_w} \geq \begin{cases} t1III_S & \text{у широкому місці} \\ t2_S \\ t3_S \end{cases}$$

$$t_{min_vP} := \max(t1V_S, t2_S, t3_S) = 0.3\text{-mm}$$

$$t_{min_wP} := \max(t1III_S, t2_S, t3_S) = 0.55\text{-mm}$$

Рекомендована ширина для сигнального провідника $t_{min_wP} = 0.55\text{-mm}$

Рекомендована ширина для силового провідника $t_{min_wS} = 0.55\text{-mm}$ $t_{min2_wS} = 0.55\text{-mm}$

Якщо не можливо провести провідник шириною $t_{min_wP} = 0.55\text{-mm}$ та $t_{min_wS} = 0.55\text{-mm}$

та $t_{min2_wS} = 5.5 \times 10^{-4}\text{ m}$ то можна використовувати ширину провідників

$t_{min_vP} = 0.3\text{-mm}$ $t_{min_vS} = 0.3\text{-mm}$ та $t_{min2_vS} = 0.3\text{-mm}$

Рисунок Б.4 – Результат розрахунку провідників

Розрахунок зазорів S між елементами друкованого монтажу:

Найменша номінальна відстань S_m між елементами провідникового рисунку (між двома провідниками)

Мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами (мм)- $S_m := 0.25\text{mm}$

Допуск на ширину провідника (верхнє відхилення) (мм)-

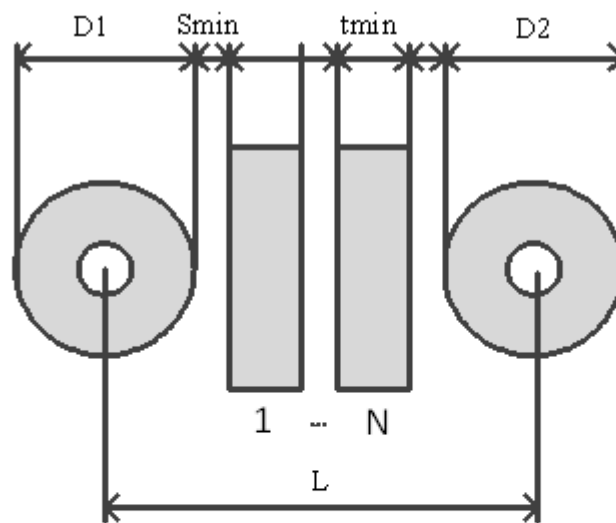
$$\Delta t_{во} := 0.1\text{mm}$$

$$S_{min} := S_m + \Delta t_{во} = 0.35\text{-mm}$$

Рисунок Б.5 – Розрахунок зазорів

Розрахунок мінімальної відстані L у вузькому місці для прокладання одного провідника між двома контактними майданчиками

Діаметр контактного майданчика 1(мм) -	$D1 := 1\text{mm}$
Діаметр контактного майданчика 2(мм) -	$D2 := 1\text{mm}$
Відстань між елементами провідникового рисунок, (мм)-	$S_{\min} = 0.35\text{-mm}$
Кількість провідників-	$N := 1$
Розміщення центрів осей (мм)-	$T := 0.05\text{mm}$
Ширина провідника-	$t_{\min} := 0.55\text{mm}$



$$L := \frac{D1 + D2}{2} + N \cdot t_{\min} + S_{\min} \cdot (N + 1) + T = 2.3\text{-mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - $T=0,05$ мм, для завдань звичайної і низької складності - $T=0,1$ мм. Ширина провідника та відстань між елементами обираються з попередніх розрахунків.

Якщо значення L менше, ніж відстань між виводами мікросхеми - то між ними можна провести N провідників.

Рисунок Б.6 – Розрахунок мінімальної відстані

ДОДАТОК В

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
BA1	Сирена LD-BZEN-0903 – Loudity	1	
	<u>Конденсатори</u>		
C1	CL21B103JBANNNC – Samsung 0,01 мкФ ± 15%	1	
C2	865090140001 – Wurth elektronik 10 мкФ 6,3 В ± 20%	1	
C3	EEE-FT1C102AV – Panasonic 1000 мкФ 16 В ± 20%	1	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	LM358 – Texas instruments	1	
DA2	MC78L08ACPG – ON semiconductor	1	
HL1	Світлодіод 151054RS03000 – Wurth elektronik	1	
	<u>Резистори</u>		
R1	RC0805JR-2K2R – Hitano 2,2 кОм 0,125 Вт ± 5%	1	
R2	EVM2W – Panasonic 10 кОм 0,15 Вт ± 25%	1	
R3	RC0805JR-300K – Hitano 300 кОм 0,125 Вт ± 5%	1	
R4-R6	RC0805JR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт ± 5%	3	
R7	RC0805FR-073K3L – Yageo 3,3 кОм 0,125 Вт ± 1%	1	
R8	RC0805JR-430R – Hitano 430 Ом 0,125 Вт ± 5%	1	
R9	RC0805JR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт ± 5%	1	
R10	RC0805FR-073K3L – Yageo 3,3 кОм 0,125 Вт ± 1%	1	
R11	RC0805JR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт ± 5%	1	
R12	RC0805JR-2K2R – Hitano 2,2 кОм 0,125 Вт ± 5%	1	
РА81.425231.001 ПЕ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис
Розробив	Жирова		
Перевір.	Лащевська		
Реценз.			
Н.Контр			
Затверд.	Стелянов		
Сенсор задимленості		Лім.	Арк.
			1
		Аркуші	2
НТУУ КПІ, РТФ, РА-81			

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки	
U1	Оптрон TCST2103 - Vishay	1		
VD1	Діод 1N4148W – Vishay	1		
	<u>Транзистори</u>			
VT1	BC546 – Fairchild	1		
VT2	BC546 – Fairchild	1		
VT3	TIP32CG - ON semiconductor	1		
X1	Джерело живлення MN23 – Duracell	1		
Зм.	Арх.	№ докум.	Гітис	
РА81.425231.001 ПЕ				Арк. 2

ДОДАТОК Г

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A3			РА81.425231.001 СК	Складальний кресленик		
A3			РА81.425231.001 Е1	Схема електрична структурна		
A4			РА81.425231.001 Е3	Схема електрична принципова		
A4			РА81.425231.001 ПЕ	Перелік елементів		
				<u>Деталі</u>		
		1	РА81.758743.001	Друкована плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Сирена LD-BZEN-1212	1	ВА1
				Конденсатор 0,01 мкФ		
				± 15%	1	С1
				Конденсатор 10 мкФ		
				6,3 В ± 20%	1	С2
				Конденсатор 1000 мкФ	1	
				РА81.425231.001		
Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата		
Разраб.		Жирова			Лит.	Лист
Перевір..		Лащевська				Аркуші
						3
Н.конт					НТУУ КПІ, РТФ, РА-81	
Утв		Степанов				
				Сенсор задимленості		

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				16 В ± 20%		С3
				Мікросхема LM358	1	DA1
				Мікросхема		
				MC78L08ACPG	1	DA2
				Світлодіод		
				151054RS03000	1	HL1
				Резистор 2,2 кОм		
				0,125 Вт ± 5%	1	R1
				Резистор 10 кОм		
				0,15 Вт ± 25%	1	R2
				Резистор 300 кОм		
				0,125 Вт ± 5%	1	R3
				Резистор 10 кОм		
				0,125 Вт ± 5%	3	R4-R6
				Резистор 3,3 кОм		
				0,125 Вт ± 5%	1	R7
				Резистор 430 Ом		
				0,125 Вт ± 5%	1	R8
				Резистор 10 кОм		
				0,125 Вт ± 5%	1	R9
				Резистор 3,3 кОм		
				0,125 Вт ± 5%	1	R10
				Резистор 10 кОм		
				0,125 Вт ± 5%	1	R11
				Резистор 2,2 кОм		
				РА81.425231.001		2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп	Дата		

ДОДАТОК Д

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A4			РА81.425231.001 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
A3			РА81.425231.002 СК	Складальний кресленик	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
A3		1	РА81.425231.001 СК	Друкований вузол	1	
				<u>Деталі</u>		
A		2	РА81.732184.001	Корпус	1	
A		3	РА81.732184.002	Кришка	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		4		Саморіз		
				DIN 7051-st2.2x4,5	6	
		5		Саморіз		
				DIN 7051-st2.9x6,5	2	
		6		Ковпачок D-10	1	
			РА81.425231.002			
Изм	Лист	№ докум.	Підп	Дата		
Разраб.	Жирова				Літ.	Арк.
Перевір.	Лащевська					Аркушіє
						1
Н.конт					НТУУ КПІ, РТФ, РА-81	
Затверд	Степанов					
Сенсор						
задимленості						