

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth модулем

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАС-41

спеціальності

172"Електронні комунікації та радіотехніка"

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Панасюк Д.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Хвостівська Л.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 28 » квітня 2026 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172"Електронні комунікації та радіотехніка"

(шифр і назва спеціальності)

студенту Панасюку Дмитру Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth модулем

Керівник роботи Дунець Василь Любомирович, к.т.н., доцент

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

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2026

3. Вихідні дані до роботи Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth модулем повинен забезпечувати приймання акустичного сигналу мікрофоном, попереднє підсилення та обробку сигналу операційними підсилювачами LM358N, подальшу передачу сигналу через Bluetooth-модуль CSR8635, фільтрацію живлення та світлодіодну індикацію режимів роботи.

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

1. Основна частина

2. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

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

1. Структурна схема активного підсилювача мікрофону з Bluetooth модулем

2. Схема електрична принципова активного підсилювача мікрофону з Bluetooth модулем

3. Друкований вузол активного підсилювача мікрофону з Bluetooth модулем

4. Креслення друкованої плати активного підсилювача мікрофону з Bluetooth модулем

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 12.03.2026

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та затвердження технічного завдання	12.03.2026	
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	14.03.2026	
3	Аналіз існуючих мікрофонних підсилювачів та пристроїв бездротової передачі аудіосигналу	21.03.2026	
4	Розробка структурної схеми активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем	23.03.2026	
5	Розробка електричної принципової схеми пристрою	10.04.2026	
6	Вибір та обґрунтування елементної бази активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем	12.04.2026	
7	Аналіз роботи мікрофонного підсилювача та опис принципу функціонування пристрою	16.04.2026	
8	Розрахунок основних вузлів схеми та параметрів роботи пристрою	22.04.2026	
9	Розрахунок надійності пристрою та параметрів друкованого монтажу	02.05.2026	
10	Компонування елементів і трасування друкованої плати активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем	15.05.2026	
11	Перевірка конструкції друкованої плати, уточнення посадкових місць та параметрів друкованого вузла	23.05.2026	
12	Розробка конструкторської документації на активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем	03.06.2026	
13	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони праці	06.06.2026	
14	Нормоконтроль	09.06.2026	
15	Попередній захист кваліфікаційної роботи	10.06.2026	
16	Перевірка роботи на антиплагіат	12.06.2026	
17	Захист кваліфікаційної роботи	24.06.2026	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Панасюк Д.Ю.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Дунець В.Л.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем». Кваліфікаційна робота бакалавра // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2026 р. // с.-54, рис.-19, табл.-2, бібліогр.-11, додат.-6.

Ключові слова: АКТИВНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ МІКРОФОНУ, BLUETOOTH-МОДУЛЬ, МІКРОФОННИЙ СИГНАЛ, LM358N, CSR8635, АУДІОСИГНАЛ, ДРУКОВАНА ПЛАТА.

У роботі виконано розробку активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем. Пристрій призначений для приймання акустичного сигналу, його підсилення та подальшої передачі через Bluetooth-канал до зовнішнього приймального пристрою.

Розглянуто структурну схему та електричну принципову схеми пристрою, описано роботу мікрофонного входу, підсилювальних каскадів на LM358N, вузла фільтрації живлення, світлодіодної індикації та Bluetooth-модуля CSR8635. Виконано вибір елементної бази, розрахунок окремих вузлів схеми, параметрів друкованого монтажу та надійності пристрою.

Проектування друкованого вузла активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем виконано в Altium Designer. Також виконано компоновання елементів і трасування двосторонньої друкованої плати. Результатом роботи є комплект конструкторської документації та розроблений пристрій для підсилення мікрофонного сигналу з можливістю бездротової передачі.

## ANNOTATION

Qualification thesis topic: “Active microphone amplifier with Bluetooth module”. Bachelor’s qualification thesis // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAs-41. // Ternopil, 2026. // Pages - 54, figures - \_\_, tables - \_\_, references - 11, appendices - 6.

Keywords: ACTIVE MICROPHONE AMPLIFIER, BLUETOOTH MODULE, MICROPHONE SIGNAL, LM358N, CSR8635, AUDIO SIGNAL, PRINTED CIRCUIT BOARD.

The qualification thesis presents the development of an active microphone amplifier with a Bluetooth module. The device is intended for receiving an acoustic signal, amplifying it and transmitting it through a Bluetooth channel to an external receiving device.

The structural and electrical schematic diagrams of the device were considered. The operation of the microphone input, LM358N amplifier stages, power supply filtering unit, LED indication and CSR8635 Bluetooth module was described. The component base was selected, and the main circuit units, printed circuit layout parameters and device reliability were calculated.

The printed circuit assembly of the active microphone amplifier with a Bluetooth module was developed in Altium Designer. Component placement and routing of the double-sided printed circuit board were performed. The result of the work is a set of design documentation and a developed device for microphone signal amplification with wireless transmission capability.

## Зміст

Вступ.....	7
1. Основна частина .....	9
1.1 Аналіз технічного завдання .....	9
1.2 Аналіз структурної схеми пристрою.....	13
1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою.....	16
1.3.1 Опис електричної принципової схеми.....	16
1.3.2 Розрахунок вузла електричної принципової схеми пристрою.....	19
1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази .....	22
1.4.1 Опис та блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера.....	22
1.4.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази.....	24
1.5 Компоновка друкованого вузла, розрахунок надійності та друкованого монтажу.....	30
1.5.1 Компоновка друкованого вузла .....	30
1.5.2 Розрахунок надійності проектованого пристрою.....	33
1.5.3 Розрахунок друкованого монтажу.....	35
1.5.4 Технологія виготовлення друкованої плати .....	37
1.6 Висновок до розділу 1.....	39
2. Охорона праці та безпека життєдіяльності .....	40
2.1 Долікарська допомога при ураженні електричним струмом.....	40
2.2 Техніка безпеки при проведенні електричних вимірювань та випробувань установки.....	44
2.3 Висновок до розділу 2.....	48
Висновки.....	50
Список використаних джерел.....	52
Додатки.....	54

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth модулем Пояснювальна записка</i>			Літ.	Арк.	Аркуші		
Розроб.	<i>Панасюк Д.Ю.</i>								6	54		
Перевір.	<i>Динець В.Л.</i>							<i>ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41</i>				
Рецензент												
Н. Контр.	<i>Хвостівська Л.В.</i>											
Затверд.	<i>Дунець В.Л.</i>											

## Вступ

Мікрофонний сигнал має дуже малий рівень, тому його не можна безпосередньо подавати на більшість пристроїв обробки або передавання звуку. Перед цим сигнал потрібно підсилити, відфільтрувати від зайвих завад і узгодити з наступним вузлом схеми. Саме для цього використовують активні мікрофонні підсилювачі, які дають змогу отримати стабільніший та придатний для подальшої роботи аудіосигнал.

У даній кваліфікаційній роботі розглядається активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем. Пристрій приймає акустичний сигнал за допомогою мікрофона, підсилює його на операційних підсилювачах і передає далі через Bluetooth-вузол. Таке рішення є зручним, оскільки дозволяє зменшити кількість дротових з'єднань і використати підсилювач у складі компактної аудіоапаратури або допоміжних систем зв'язку.

Основними вузлами пристрою є мікрофонний вхід, каскади підсилення на операційних підсилювачах LM358N, кола фільтрації живлення, світлодіодна індикація та Bluetooth-модуль CSR8635. Для нормальної роботи такого пристрою важливо не тільки правильно побудувати схему, але й грамотно виконати друкований вузол. Особливо це стосується вхідної частини, де сигнал має малу амплітуду і може спотворюватися через завади або невдале трасування провідників.

Під час розробки друкованої плати потрібно врахувати розміщення аналогових кіл, ліній живлення, індикації та Bluetooth-модуля. Чутливі сигнальні доріжки бажано робити короткими, а фільтруючі елементи розміщувати ближче до відповідних вузлів. Це підвищує стабільність роботи пристрою та зменшує ймовірність появи наведень у мікрофонному тракті.

Мета роботи полягає у створенні активного мікрофонного підсилювача з можливістю передавання сигналу через Bluetooth, який забезпечує приймання акустичного сигналу, його попереднє підсилення та подальшу передачу через

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		7

бездротовий канал. Для виконання мети роботи потрібно провести аналіз, розрахунки та розробити конструкторську документацію.

Об'єктом роботи є перетворення звукового сигналу в електричний, його підсилення та подальша передача в електронному пристрої.

Предметом розробки є активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем, його електрична принципова схема, елементна база, друкована плата та конструкторська документація.

Проектування пристрою виконується у середовищі Altium Designer. У результаті роботи має бути отримано розроблений друкований вузол активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем та комплект конструкторської документації для його виготовлення.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		8

## 1. Основна частина

### 1.1 Аналіз технічного завдання

Технічне завдання передбачає розробку активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем. Основне призначення пристрою полягає у прийманні акустичного сигналу за допомогою мікрофона, його попередньому підсиленні та подальшій передачі через Bluetooth-модуль до зовнішнього приймального пристрою. Такий вузол може застосовуватися у компактних аудіопристроях, навчальних макетах або простих системах бездротового передавання голосу.

Основні технічні характеристики пристрою:

Тип пристрою.....активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем

Тип вхідного сигналу.....акустичний сигнал, перетворений мікрофоном

Вхідний елемент..... мікрофон BCM-9765P

Основні підсилювальні елементи.....операційні підсилювачі LM358N

Bluetooth-модуль.....CSR8635

Передавання сигналу.....через Bluetooth-канал

Індикація режимів роботи.....світлодіодна

Захисні елементи.....діоди SS14

Фільтрація живлення.....конденсатори та індуктивність L1

Напруга живлення.....5 В

Тип друкованої плати.....двостороння

Тип монтажу елементів.....комбінований

Матеріал основи друкованої плати.....FR-4 / СФ-2-35

Товщина друкованої плати.....1,5 мм

Товщина мідної фольги.....35 мкм

Клас точності друкованої плати.....3-й

Габаритні розміри друкованої плати.....125 × 45 мм

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		9

Розроблюваний пристрій належить до малопотужної аудіоапаратури. Його завдання полягає не у підсиленні сигналу до такого рівня, який уже можна використовувати в подальших аудіовузлах, а у підготовці слабого мікрофонного сигналу до подальшої обробки або передавання. Тому основна увага приділяється стабільності підсилення, зменшенню завад, правильному живленню та узгодженню аналогової частини з Bluetooth-модулем.

Вхідним елементом пристрою є мікрофон BF1. Він перетворює звукові коливання в електричний сигнал малої амплітуди. Такий сигнал є чутливим до наведень і не може безпосередньо подаватися на наступні вузли схеми. Для цього в пристрої використано активний підсилювальний тракт на операційних підсилювачах LM358N. Пасивні елементи навколо підсилювачів задають режим роботи, впливають на коефіцієнт підсилення та беруть участь у фільтрації сигналу.

Bluetooth-модуль CSR8635 у складі пристрою виконує функцію бездротового вузла. Його використання дозволяє передавати підготовлений сигнал без додаткового дротового з'єднання із зовнішнім приймальним пристроєм. Разом з тим наявність Bluetooth-модуля висуває додаткові вимоги до стабільності живлення та компоновання друкованої плати, оскільки в одному виробі поєднуються чутливі аналогові кола і бездротовий електронний модуль.

Для кращого розуміння доцільності розробки було розглянуто кілька подібних рішень, які представлені на ринку. Першим аналогом є мікрофонний підсилювальний модуль Adafruit MAX4466. Це компактна готова плата з електретним мікрофоном і регульованим підсиленням. Її перевагою є простота використання, малий розмір і можливість швидкого підключення до мікроконтролера або іншого пристрою обробки сигналу. Недоліком для даної роботи є те, що цей модуль виконує тільки попереднє підсилення мікрофонного сигналу і не має власного Bluetooth-каналу для бездротової передачі. Adafruit вказує для MAX4466 живлення 2,4-5 В і регульоване

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		10



система з приймачем і двома передавачами. Її перевагою є готовність до роботи, компактність і зручність для запису голосу, інтерв'ю або відеозйомки. Недоліком у межах цієї кваліфікаційної роботи є те, що це закритий готовий виріб: користувач не розробляє власну електричну схему, не обирає елементну базу і не проектує друкований вузол. За описом виробника, Wireless GO II є надкомпактною двоканальною бездротовою мікрофонною системою з одним приймачем і двома передавачами.



Рисунок 1.3 - Бездротова мікрофонна система RØDE Wireless GO II

Порівнюючи ці рішення з розроблюваним пристроєм, можна зробити висновок, що МАХ4466 і МАХ9814 добре підходять для попереднього підсилення мікрофонного сигналу, але не забезпечують бездротового передавання. RØDE Wireless GO II, навпаки, є повністю готовим бездротовим рішенням, але не підходить як об'єкт для розробки власної конструкторської документації, оскільки це завершений комерційний виріб. Розроблюваний активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем займає проміжне місце між простим мікрофонним підсилювачем і готовою бездротовою мікрофонною системою. Він поєднує мікрофонний вхід, активне підсилення,

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		12

фільтрацію живлення, світлодіодну індикацію, Bluetooth-модуль і власну друковану плату.

Перевагою розроблюваного пристрою є можливість повністю розглянути його схемотехніку, компоновання, вибір елементної бази та трасування друкованого вузла. Це важливо саме для кваліфікаційної роботи, оскільки результатом є не просто використання готового модуля, а розробка окремого електронного пристрою з комплектом конструкторської документації. До недоліків можна віднести потребу у виготовленні, перевірці та налагодженні плати, а також необхідність уважного компоновання аналогових кіл і Bluetooth-модуля.

## 1.2 Аналіз структурної схеми пристрою

Структурна схема активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем показує загальну побудову пристрою та зв'язки між його основними функціональними вузлами. На схемі окремо виділено тракт проходження аудіосигналу та кола живлення, що дає змогу краще зрозуміти принцип роботи пристрою.

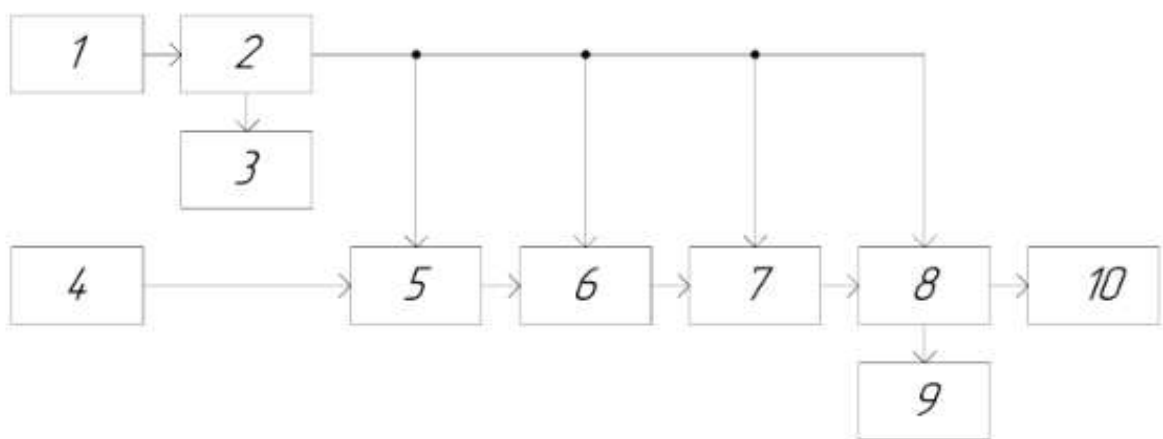


Рисунок 1.4 – Структурна схема активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем

Основним вхідним елементом пристрою є мікрофон BF1. Він сприймає акустичні коливання і перетворює їх у слабкий електричний сигнал. Оскільки рівень такого сигналу є малим, його не можна відразу подавати на Bluetooth-модуль. Спочатку сигнал має пройти через підсилювальний тракт, де він набуває потрібного рівня для подальшої передачі.

Живлення пристрою подається від джерела живлення, яке на структурній схемі позначене блоком 1. Далі напруга надходить на вузол фільтрації живлення, позначений блоком 2. Цей вузол необхідний для зменшення пульсацій і високочастотних завад, які можуть потрапляти в аудіотракт. Для мікрофонного підсилювача це важливо, тому що завади в колах живлення можуть підсилюватися разом із корисним сигналом і погіршувати якість роботи пристрою.

Від вузла фільтрації живлення напруга подається на основні активні частини схеми: перший каскад підсилення, другий каскад підсилення та корекції, узгоджувальний каскад і Bluetooth-модуль. Також від цього вузла живиться індикатор живлення, позначений блоком 3. Його призначення полягає у візуальному контролі наявності живлення пристрою. Це спрощує перевірку під час першого ввімкнення та налагодження схеми.

Після мікрофона сигнал надходить на перший каскад підсилення, позначений блоком 5. Цей каскад виконує початкове підсилення слабого мікрофонного сигналу. Саме на цьому етапі важливо зберегти корисний сигнал і не допустити значного впливу шумів, тому вхідна частина пристрою повинна мати короткі з'єднання та стабільне живлення.

Далі сигнал подається на другий каскад підсилення та корекції, позначений блоком 6. Він додатково підсилює сигнал і формує його параметри для подальшої роботи. У цьому вузлі за допомогою пасивних елементів можуть задаватися частотні властивості тракту та режим роботи підсилювача. Це дає змогу отримати сигнал, придатний для передавання на наступний вузол схеми.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		14

Після другого каскаду сигнал надходить на узгоджувальний каскад, позначений блоком 7. Його завдання полягає в узгодженні рівня та параметрів сигналу з входом Bluetooth-модуля. Наявність такого вузла є доцільною, оскільки аналогова частина підсилювача і Bluetooth-модуль мають різні умови роботи та вимоги до вхідного сигналу.

Bluetooth-модуль DD1, позначений блоком 8, є вихідним функціональним вузлом пристрою. Він приймає підсилений і підготовлений сигнал від аналогового тракту та забезпечує його подальшу передачу через бездротовий канал. За рахунок Bluetooth-модуля підсилювач не потребує постійного дротового з'єднання з приймальним пристроєм.

Стан роботи Bluetooth-модуля контролюється за допомогою окремого індикатора, позначеного блоком 9. Така індикація потрібна для зручності користування і налагодження, оскільки дозволяє візуально оцінити режим роботи бездротового вузла.

Зовнішній приймальний пристрій, позначений блоком 10, приймає сигнал, переданий Bluetooth-модулем. Це може бути пристрій, який підтримує приймання аудіосигналу через Bluetooth-канал. Таким чином, повний шлях сигналу проходить від мікрофона BF1 через каскади підсилення та узгодження до Bluetooth-модуля, після чого сигнал передається на зовнішній приймальний пристрій.

Структурна схема відображає логічну побудову активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем. Пристрій складається з двох основних частин: аналогового мікрофонного підсилювального тракту та вузла бездротової передачі. Окремо виділені кола живлення й індикації, які забезпечують стабільну роботу та спрощують контроль стану пристрою. Така структура є доцільною для малопотужного аудіопристрою, у якому необхідно підсилити слабкий мікрофонний сигнал і передати його через Bluetooth-канал.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		15

### 1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою

#### 1.3.1 Опис електричної принципової схеми

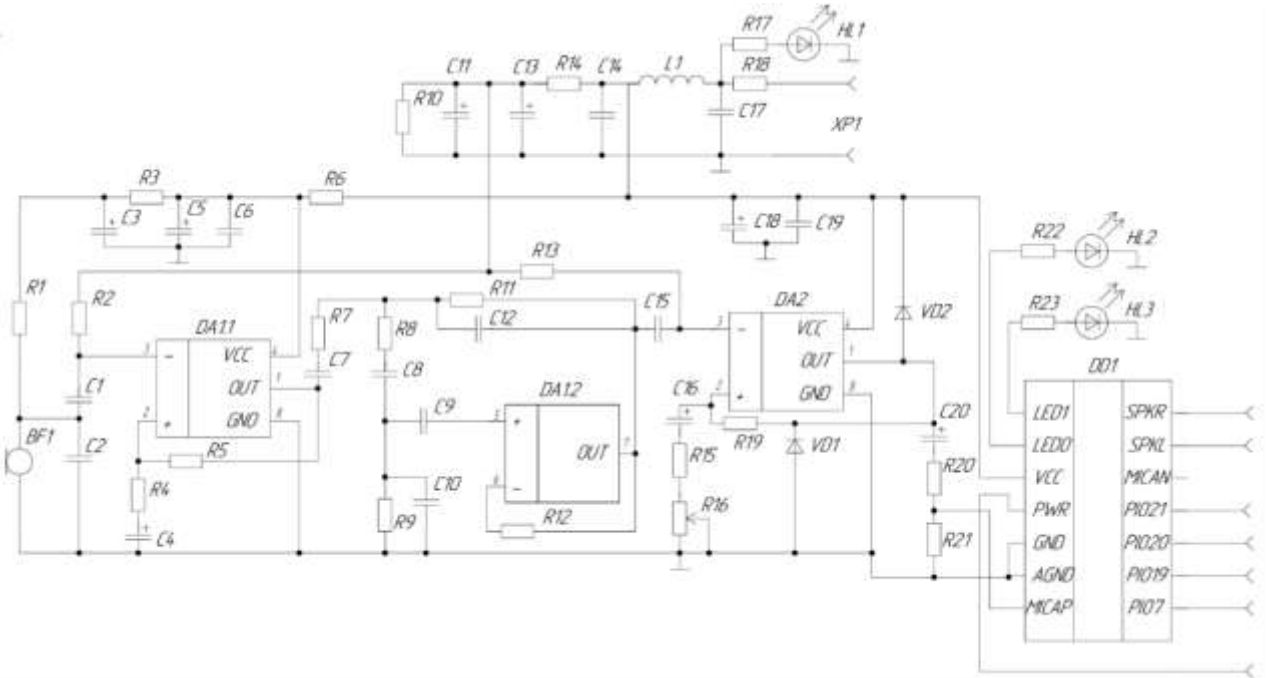


Рисунок 1.5 – Схема електрична принципова активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем

Схема електрична принципова активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем показує повну схемотехнічну реалізацію пристрою. У ній можна виділити декілька основних частин: мікрофонний вхід, два каскади підсилення на мікросхемі DA1, узгоджувальний каскад на DA2, вузол фільтрації живлення, світлодіодну індикацію та Bluetooth-модуль DD1.

Вхідним елементом пристрою є мікрофон BF1. У специфікації для нього вказано мікрофон BCM-9765P “BESTAR”. Він перетворює акустичні коливання у слабкий електричний сигнал, який далі подається на підсилювальну частину схеми. Оскільки сигнал з мікрофона має малу амплітуду, біля входу схеми передбачено елементи формування режиму роботи та розв’язки сигналу. Резистори R1, R2 і конденсатори C1, C2 беруть

участь у роботі вхідного кола, а конденсатори додатково зменшують вплив небажаних складових сигналу.

Перший каскад підсилення виконаний на частині операційного підсилювача DA1.1. Мікросхема DA1 належить до типу LM358N, що підтверджено у специфікації, де для DA1 і DA2 вказано LM358N “STMicroelectronics”. Перший каскад приймає сигнал від мікрофона і підсилює його до рівня, достатнього для подальшої обробки. Резистори R4, R5 та конденсатор C4 формують режим роботи каскаду, а конденсатори C3, C5, C6 виконують фільтрацію та розв’язку в колах живлення і сигналу.

Після першого каскаду сигнал передається на наступну частину схеми через елементи зв’язку. Резистор R6 та конденсатор C7 беруть участь у передаванні сигналу між каскадами і допомагають відокремити корисну змінну складову від постійної складової режиму роботи попереднього каскаду.

Другий каскад підсилення та корекції реалізований на другій частині мікросхеми DA1 - DA1.2. До нього належать елементи R7, R8, R9, R11, R12, R13 та конденсатори C8, C9, C10, C12. Цей вузол додатково підсилює мікрофонний сигнал і формує його частотні властивості. Наявність декількох резистивно-ємнісних ланок у цій частині схеми потрібна для стабільної роботи підсилювача і зменшення небажаних спотворень у мікрофонному тракту.

Після другого каскаду сигнал через конденсатор C15 надходить на узгоджувальний каскад, виконаний на мікросхемі DA2. Цей каскад готує сигнал до подавання на Bluetooth-модуль. У його роботі беруть участь резистори R15, R16, R19 та конденсатор C16. Підстроювальний елемент R16 дає можливість налаштувати режим роботи або рівень сигналу в цій ділянці схеми. Це важливо, оскільки сигнал після аналогового підсилювача має бути узгоджений із входами Bluetooth-модуля.

У схемі передбачено також діоди VD1 і VD2. За специфікацією це діоди SS14 “Taiwan Semiconductor Company, Ltd”. Вони використовуються у вихідній частині аналогового тракту біля DA2 і виконують захисну або

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		17

обмежувальну функцію. Таке рішення зменшує ризик пошкодження наступних вузлів при появі небажаних імпульсів або неправильних режимів роботи.

Bluetooth-модуль DD1 є основним вузлом бездротової передачі. У специфікації він позначений як CSR8635. До нього підведені лінії живлення VCC, PWR, GND, AGND, мікрофонні входи MICAP і MICAN, а також службові виводи LED0, LED1, SPKL, SPKR, PIO7, PIO19, PIO20, PIO21. На входи MICAP і MICAN подається підготовлений сигнал від підсилювального тракту. Після цього модуль забезпечує подальшу передачу сигналу через Bluetooth-канал до зовнішнього приймального пристрою.

Кола живлення винесені у верхню частину схеми. Вузол фільтрації живлення утворюють конденсатори C11, C13, C14, C17, C18, C19, резистори R10, R14 та індуктивність L1. За специфікацією L1 є індуктивністю DPO-5.0-47 390 мкГн “BOURNS”. Такий вузол потрібний для зменшення пульсацій та завад у колі живлення. Для мікрофонного підсилювача це особливо важливо, бо завади живлення можуть потрапляти в аудіосигнал і підсилюватися разом із ним.

Світлодіодна індикація реалізована на елементах HL1-HL3. У специфікації вони вказані як LED SMD 3528 RGB. Світлодіод HL1 разом із резисторами R17 і R18 пов'язаний з індикацією живлення або стану вхідного живлення. Світлодіоди HL2 і HL3 підключені до виводів Bluetooth-модуля через резистори R22 і R23 та використовуються для індикації режимів роботи модуля. Така індикація полегшує перевірку пристрою під час налагодження, оскільки дає змогу швидко оцінити наявність живлення і стан Bluetooth-вузла.

У схемі також присутні контактні виводи XP1 та вихідні лінії від Bluetooth-модуля. Вони використовуються для підключення живлення, зовнішніх кіл або приймального пристрою. Наявність окремих контактів спрощує монтаж, перевірку та подальше використання пристрою.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		18

Робота пристрою починається з подавання напруги живлення на схему. Після фільтрації живлення напруга надходить на операційні підсилювачі DA1, DA2 та Bluetooth-модуль DD1. Мікрофон BF1 приймає звуковий сигнал і формує електричний сигнал малої амплітуди. Далі сигнал проходить через перший каскад підсилення DA1.1, другий каскад DA1.2, узгоджувальний каскад DA2 і подається на Bluetooth-модуль DD1. Після цього сигнал передається бездротовим способом до зовнішнього приймального пристрою.

Електрична принципова схема побудована так, щоб забезпечити повний шлях обробки мікрофонного сигналу: від приймання акустичних коливань до підсилення, узгодження і передачі через Bluetooth-модуль. Схема містить необхідні вузли фільтрації живлення, індикації та захисту, що підвищує стабільність роботи пристрою і спрощує його перевірку під час налагодження. Основними елементами пристрою є мікрофон BF1, операційні підсилювачі LM358N DA1 і DA2, Bluetooth-модуль CSR8635 DD1, світлодіоди HL1-HL3, індуктивність L1 та діоди VD1, VD2.

### 1.3.2 Розрахунок вузла електричної принципової схеми пристрою

Для електричної принципової схеми активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем доцільно виконати розрахунок вхідного кола мікрофонного підсилювача та вузла фільтрації живлення. Саме ці частини схеми найбільше впливають на стабільність роботи пристрою, оскільки мікрофонний сигнал має малий рівень і може легко спотворюватися через завади або нестабільне живлення.

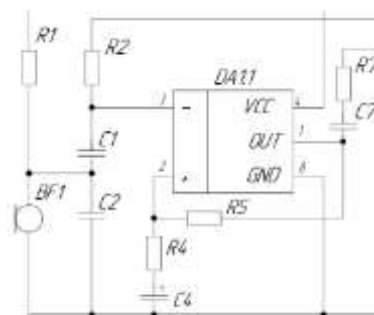


Рисунок 1.6 - Вхідне коло мікрофонного підсилювача

Вхідний вузол пристрою побудований на мікрофоні ВF1 та елементах, які задають режим його роботи і забезпечують передавання сигналу на перший каскад підсилення DA1.1. У схемі сигнал з мікрофона проходить через вхідну RC-ланку, яка пропускає змінну складову звукового сигналу і одночасно відсікає постійну складову.

Для оцінки роботи вхідної частини приймаємо опір резистора R2 рівним 150 кОм, а ємність конденсатора C2 - 100 нФ. Такі номінали відповідають елементам, використаним у схемі та специфікації пристрою.

Нижню граничну частоту вхідної RC-ланки визначає добуток опору та ємності. Чим більшим є цей добуток, тим нижчою буде частота зрізу і тим краще схема пропускатиме низькочастотну складову мовного сигналу.

Для розрахунку використовуємо залежність для RC-ланки:

$$f_H = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot R \cdot C)}, \quad (1.1)$$

Підставляємо значення:

$$R = 150 \text{ кОм} = 150000 \text{ Ом},$$

$$C = 100 \text{ нФ} = 0.0000001 \text{ Ф},$$

$$f_H = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot 150\,000 \cdot 0.0000001)} = 10.6 \text{ Гц}.$$

Отримане значення нижньої граничної частоти становить приблизно 10,6 Гц. Це менше за нижню межу основного звукового діапазону, яку зазвичай приймають близько 20 Гц. Отже, вхідна RC-ланка не повинна помітно обмежувати корисний аудіосигнал.

$$10,6 \text{ Гц} < 20 \text{ Гц}$$

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		20

Це означає, що вибрані номінали R2 і C2 є придатними для вхідного кола мікрофонного підсилювача. Вони дозволяють передавати мовний сигнал на перший каскад підсилення без помітного послаблення низькочастотної складової.

Далі виконаємо оцінку вузла фільтрації живлення. У схемі живлення проходить через фільтруючі елементи, серед яких важливу роль виконує індуктивність L1. Разом із конденсаторами, розміщеними після неї, вона утворює фільтр, який зменшує пульсації та високочастотні завади в колі живлення. Це важливо для стабільної роботи операційних підсилювачів DA1, DA2 та Bluetooth-модуля DD1.

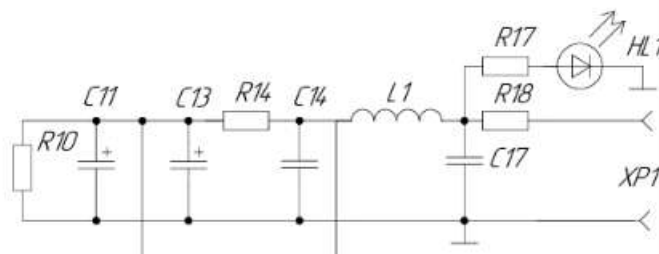


Рисунок 1.7 - Вузол фільтрації живлення пристрою

Для розрахунку приймаємо індуктивність L1 рівною 390 мкГн, а ємність конденсатора C17 - 1 мкФ. Така пара елементів утворює фільтруючу LC-ланку. Її орієнтовна частота визначається за значеннями індуктивності та ємності.

Розрахунок виконуємо за залежністю:

$$f_0 = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C})} = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{0.00039 \cdot 0.000001})} = 8050 \text{ Гц.} \quad (1.2)$$

орієнтовна частота фільтруючої LC-ланки становить близько 8 кГц. Це означає, що вузол фільтрації буде зменшувати вплив завад у вищій частині частотного діапазону живлення. Для мікрофонного підсилювача це є корисним, оскільки високочастотні завади від живлення можуть потрапляти в аналоговий тракт і створювати сторонні шуми.

Крім C17, у схемі також використовуються додаткові конденсатори C11,

C13, C14, C18 і C19. Вони підключені в колах живлення та виконують згладжування пульсацій. Електролітичні конденсатори краще працюють із повільнішими змінами напруги, а керамічні конденсатори ефективніше пригнічують короткі високочастотні імпульси. Тому використання кількох конденсаторів різного номіналу є виправданим.

За результатами розрахунку можна зробити висновок, що вхідне RC-коло не обмежує корисний звуковий діапазон мікрофонного сигналу, а вузол фільтрації живлення має достатні параметри для зменшення завад у колах живлення. Це підтверджує правильність вибору елементів вхідного тракту та фільтра живлення для активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем.

## 1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази

### 1.4.1 Опис та блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера

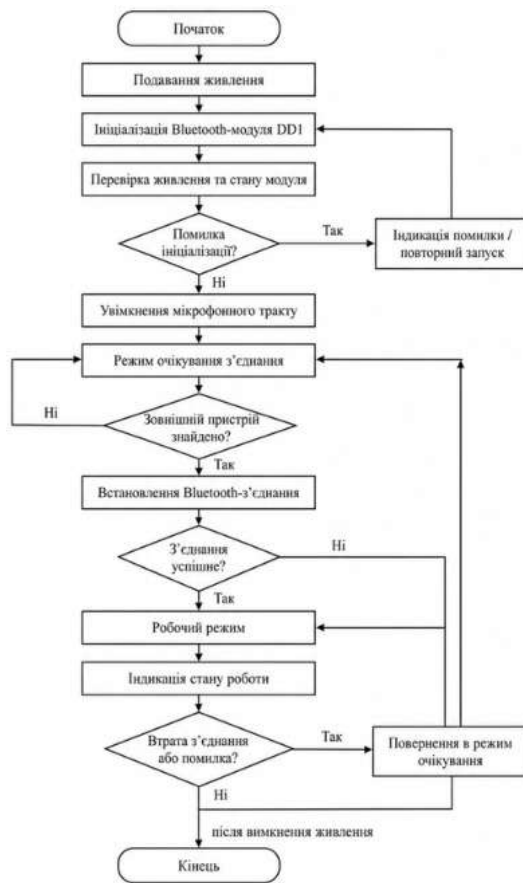


Рисунок 1.8 – блок-схеми алгоритму

У складі активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем окремий мікроконтролер не використовується. Функції керування виконує внутрішній контролер Bluetooth-модуля DD1 на базі CSR8635. Він відповідає за запуск модуля після подавання живлення, перевірку власного стану, перехід у режим очікування з'єднання, встановлення Bluetooth-зв'язку із зовнішнім пристроєм, роботу з мікрофонним входом та керування індикацією.

Алгоритм роботи пристрою починається з подавання напруги живлення. Спочатку напруга проходить через вузол фільтрації, після чого подається на операційні підсилювачі DA1, DA2 та Bluetooth-модуль DD1. Фільтрація живлення потрібна для того, щоб зменшити вплив пульсацій і завад на аналогову частину схеми, оскільки мікрофонний сигнал має малий рівень.

Після появи живлення Bluetooth-модуль переходить у режим початкової ініціалізації. На цьому етапі внутрішній контролер модуля перевіряє готовність основних вузлів, стан живлення та можливість подальшої роботи. Якщо живлення нестабільне або модуль не проходить початкову перевірку, пристрій не переходить у робочий режим. У такому випадку за допомогою світлодіодної індикації може відображатися помилка або відсутність нормального режиму роботи.

Якщо початкова перевірка проходить успішно, активується мікрофонний тракт. Мікрофон BF1 приймає акустичний сигнал і перетворює його в електричний сигнал малої амплітуди. Далі цей сигнал проходить через перший каскад підсилення DA1.1, другий каскад підсилення та корекції DA1.2, а потім через узгоджувальний каскад на DA2. Після цього сигнал подається на мікрофонні входи Bluetooth-модуля.

Після ввімкнення аудіотракту Bluetooth-модуль переходить у режим очікування з'єднання. У цьому режимі він є доступним для пошуку зовнішнім пристроєм, наприклад смартфоном, ноутбуком або іншим приймачем, який підтримує Bluetooth. Якщо зовнішній пристрій не знайдено або з'єднання не запитується, модуль залишається в режимі очікування.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		23

Коли зовнішній пристрій знаходить Bluetooth-модуль і виконує підключення, внутрішній контролер DD1 переходить до встановлення з'єднання. Якщо з'єднання не вдалося встановити, модуль повертається в режим очікування і продовжує бути доступним для повторного підключення. Якщо з'єднання встановлено успішно, пристрій переходить у робочий режим.

У робочому режимі мікрофонний сигнал, підсилений аналоговою частиною схеми, надходить на Bluetooth-модуль і передається до зовнішнього приймального пристрою. Світлодіоди HL2 і HL3 можуть використовуватися для індикації стану Bluetooth-модуля, а HL1 - для контролю наявності живлення. Це спрощує перевірку пристрою під час налагодження та дає можливість швидко оцінити його поточний стан.

Під час роботи модуль контролює стан з'єднання. Якщо зв'язок із зовнішнім пристроєм втрачено, Bluetooth-модуль припиняє передачу сигналу і повертається в режим очікування. Якщо виникає помилка або нестабільний режим, індикація показує відповідний стан, після чого модуль може виконати повторну ініціалізацію або очікувати нового підключення.

Такий алгоритм роботи є достатнім для даного пристрою, оскільки основна обробка сигналу виконується аналоговими каскадами, а Bluetooth-модуль відповідає за керування бездротовим з'єднанням та передавання підготовленого сигналу. Завдяки цьому схема залишається відносно простою, а пристрій може виконувати свою основну функцію без застосування окремого зовнішнього мікроконтролера.

#### 1.4.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Елементна база активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем вибрана відповідно до електричної принципової схеми та специфікації виробу. До складу пристрою входять мікрофон, операційні підсилювачі, Bluetooth-модуль, керамічні та електролітичні конденсатори, SMD-резистори, світлодіоди, індуктивність і захисні діоди. У специфікації також наведено

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		24

документацію на виріб, друковану плату та перелік застосованих радіоелементів.



Рисунок 1.9 - Мікрофон BSM-9765P "BESTAR"

Мікрофон BSM-9765P "BESTAR" використовується як вхідний елемент пристрою. Він сприймає акустичні коливання і перетворює їх в електричний сигнал малої амплітуди. Саме з цього елемента починається робота всього мікрофонного тракту. Для такого пристрою вибір компактного електретного мікрофона є доцільним, оскільки він має невеликі габарити, просте підключення і достатню чутливість для приймання мовного сигналу.



Рисунок 1.10 - Операційний підсилювач LM358N "STMicroelectronics"

Операційні підсилювачі LM358N "STMicroelectronics" є основними активними елементами аналогової частини схеми. Вони використовуються для попереднього підсилення сигналу з мікрофона, подальшої корекції та узгодження рівня сигналу перед подаванням на Bluetooth-модуль. Вибір LM358N є виправданим, оскільки ця мікросхема може працювати від однополярного живлення, має просте включення і добре підходить для малопотужних низькочастотних підсилювальних вузлів.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25



Рисунок 1.11 - Bluetooth-модуль CSR8635

Bluetooth-модуль CSR8635 є вузлом бездротової передачі сигналу. Він приймає підготовлений аналоговою частиною мікрофонний сигнал і забезпечує його подальшу передачу через Bluetooth-канал. Наявність такого модуля дозволяє зменшити кількість дротових з'єднань і зробити пристрій зручнішим для використання. Крім того, модуль має службові виводи для індикації та підключення зовнішніх кіл, що спрощує реалізацію контролю стану пристрою.



Рисунок 1.12 - Керамічні SMD-конденсатори MLCC COG 1206 “КЕМЕТ”

У схемі застосовано керамічні SMD-конденсатори MLCC у корпусі 1206 виробництва “КЕМЕТ”. Вони мають номінали від 2,2 нФ до 1 мкФ і використовуються переважно у сигнальних колах, колах фільтрації та розв'язки. Керамічні конденсатори такого типу мають малі габарити, добре підходять для поверхневого монтажу і стабільно працюють на високих частотах. У даній схемі вони потрібні для зменшення завад, формування

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		26

частотних властивостей підсилювального тракту та локальної фільтрації живлення біля активних елементів.



Рисунок 1.13 - Електролітичні конденсатори UUX2G010MNL1GS  
“Nichicon”

Електролітичні конденсатори “Nichicon” використовуються в колах живлення та розв’язки. У специфікації наведені конденсатори з номіналами 4,7 мкФ, 10 мкФ, 22 мкФ, 47 мкФ і 150 мкФ. Такі елементи мають вищу ємність, тому краще підходять для згладжування повільних змін напруги. Їх застосування є важливим для стабільної роботи операційних підсилювачів і Bluetooth-модуля, оскільки просідання або пульсації живлення можуть викликати шуми в аудіотракті.



Рисунок 1.14 - SMD-резистори RES-1205 “Bourns”

Резистори RES-1205 “Bourns” використовуються у схемі для задання режимів роботи підсилювальних каскадів, формування зворотного зв’язку, обмеження струму світлодіодів, роботи фільтрувальних ланок і узгодження окремих вузлів. У специфікації застосовано резистори різних номіналів: від одиниць Ом до сотень кОм. Використання SMD-резисторів одного конструктивного виконання спрощує монтаж, зменшує габарити друкованого вузла і робить компонування плати більш щільним.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		27

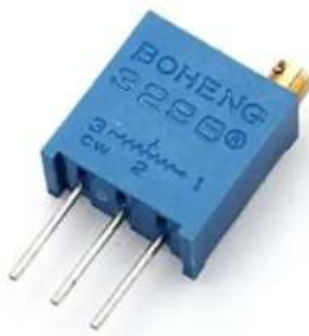


Рисунок 1.15 - Підстроювальний резистор LZ-3528BIN1 “Horizontal”

Підстроювальний резистор використовується для налаштування режиму роботи одного з вузлів схеми. Його наявність дає можливість під час перевірки або налагодження змінювати параметр, який не завжди доцільно задавати постійним резистором. У даному пристрої такий елемент потрібний для точнішого узгодження рівня сигналу або режиму роботи аналогового каскаду перед подаванням сигналу на Bluetooth-модуль.

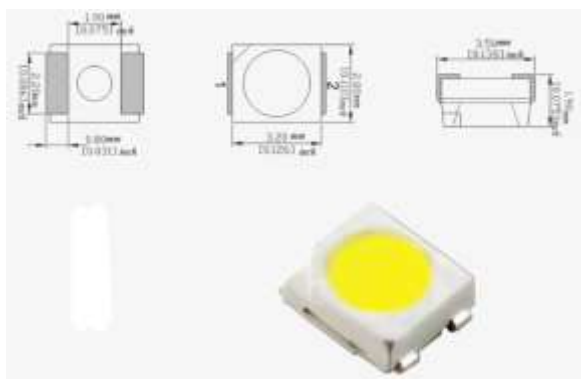


Рисунок 1.16 - Світлодіоди LED SMD 3528 RGB

Світлодіоди типу LED SMD 3528 RGB застосовано як простий засіб візуального контролю стану пристрою. Один світлодіод може показувати наявність живлення, а інші - режим роботи Bluetooth-модуля або стан з'єднання. Світлодіодна індикація є простою, наочною і зручною під час експлуатації та налагодження. Використання SMD-світлодіодів дозволяє розмістити індикатори безпосередньо на друкованій платі без збільшення габаритів вузла.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28



Рисунок 1.17 - Індуктивність DPO-5.0-47 390 мкГн “BOURNS”

Індуктивність DPO-5.0-47 390 мкГн “BOURNS” використовується у вузлі фільтрації живлення. Разом із конденсаторами вона утворює фільтрувальну ланку, яка зменшує вплив пульсацій і високочастотних завад. Для мікрофонного підсилювача це особливо важливо, оскільки завади з живлення можуть потрапляти в аналоговий тракт і підсилюватися разом із корисним сигналом.



Рисунок 1.18 - Діоди SS14 “Taiwan Semiconductor Company, Ltd”

Діоди SS14 використовуються як захисні елементи в електричній принциповій схемі. Вони можуть обмежувати небажані імпульси напруги та захищати окремі вузли від неправильних режимів роботи. Вибір діодів SS14 є доцільним для малопотужного електронного пристрою, оскільки вони мають невеликі габарити, підходять для SMD-монтажу і можуть працювати в колах живлення та захисту.

Загалом вибрана елементна база відповідає призначенню активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем. Основні активні елементи забезпечують підсилення та бездротову передачу сигналу, пасивні компоненти формують режими роботи і фільтрацію, а світлодіоди спрощують контроль

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		29

стану пристрою. Застосування переважно SMD-компонентів дозволяє зменшити розміри друкованої плати, підвищити щільність монтажу та зробити конструкцію більш технологічною для виготовлення.

## 1.5 Компоновка друкованого вузла, розрахунок надійності та друкованого монтажу

### 1.5.1 Компоновка друкованого вузла

Друкований вузол розміщено на платі прямокутної форми, що відповідає габаритам 125x45мм і функціональній побудові пристрою. Розташування компонентів обрано з урахуванням схеми з'єднань, розмірів елементів і напрямку проходження сигналу.

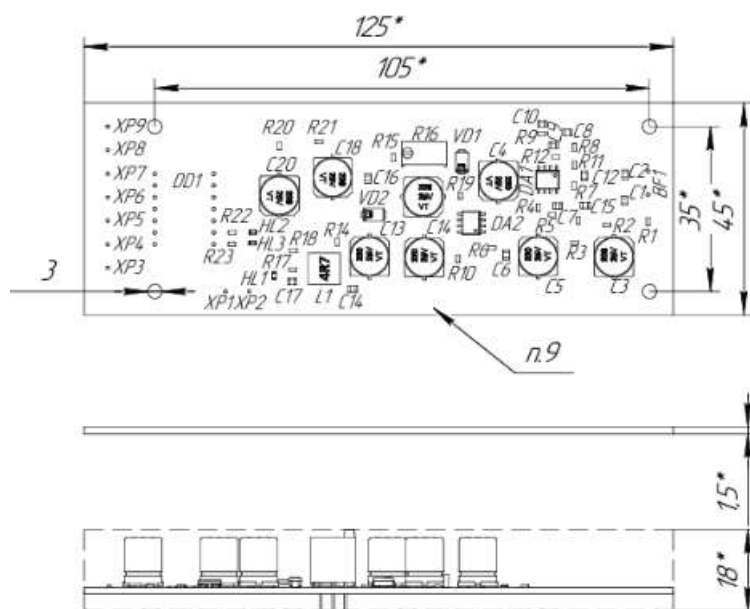


Рисунок 1.19 - Складальне креслення друкованого вузла активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем

У конструкції плати використано комбінований варіант монтажу: більшість компонентів встановлюється поверхнево, а окремі підключення виконані через отвори. Такий підхід дозволяє поєднати компактність плати з достатньою зручністю підключення та складання.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		30

За складальним кресленням контакти для зовнішнього підключення згруповано біля лівого краю плати, що спрощує під'єднання живлення та допоміжних ліній. Нижче в цій же зоні знаходяться контакти XP1 і XP2. Такий варіант є доцільним, бо спрощує підключення та подальшу перевірку пристрою.

Поблизу зони зовнішніх підключень розміщено Bluetooth-модуль DD1, а також світлодіоди HL2 і HL3 з їхніми струмообмежувальними резисторами. Це є логічним компоновальним рішенням, оскільки модуль бездротової передачі і його індикація зібрані в одному функціональному вузлі. Таке розташування спрощує трасування службових ліній модуля та робить індикацію доступною для візуального контролю під час роботи пристрою.

Основні елементи підсилювального тракту винесено в середню зону друкованої плати. Тут розташовані операційні підсилювачі DA1 і DA2, а також більшість резисторів і конденсаторів, що формують режими роботи каскадів підсилення, кола зворотного зв'язку, розв'язки та частотної корекції. Таке розміщення є доцільним, бо дозволяє зменшити довжину сигнальних з'єднань між каскадами і зробити проходження сигналу більш послідовним.

У верхній та середній частинах плати видно групу електролітичних конденсаторів. Їх розміщено відносно рівномірно біля тих вузлів, де вони виконують функції фільтрації живлення та розв'язки. Це покращує стабільність роботи аналогової частини і Bluetooth-модуля. Індуктивність L1 разом із конденсаторами вузла живлення також розташована ближче до лінії вхідного живлення, що є правильним з точки зору побудови фільтра.

Світлодіод HL1 розміщено в нижній лівій частині плати, поруч із елементами вхідного вузла живлення. Це дає змогу використовувати його як індикатор подавання живлення на пристрій. Світлодіоди HL2 і HL3, як уже зазначалося, пов'язані з Bluetooth-модулем і розташовані біля нього, тому індикація логічно розділена за функціями.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		31

Мікрофонний елемент винесено у праву частину плати, ближче до вхідного підсилювального каскаду. Поруч із ним знаходяться елементи першого каскаду підсилення. Таке рішення є доцільним, оскільки дозволяє скоротити довжину вхідного сигнального кола від мікрофона до підсилювального каскаду. Для слабкого мікрофонного сигналу це важливо, оскільки зменшується вплив наведень і сторонніх завад.

Підстроювальний резистор також винесено в доступну зону плати, щоб забезпечити можливість регулювання під час налагодження. Це полегшує перевірку роботи пристрою та дає змогу виконувати налаштування без демонтажу елементів або зміни компоновки вузла.

На платі передбачено чотири монтажні отвори, розміщені поблизу кутів. Вони забезпечують надійне механічне закріплення друкованого вузла в корпусі. Таке розташування дозволяє рівномірно зафіксувати плату по всій довжині та зменшує ймовірність її прогину.

За боковим виглядом складального креслення видно, що елементи розміщені на одній стороні плати, а висота найбільш габаритних компонентів визначається переважно електrolітичними конденсаторами та Bluetooth-модулем. Це потрібно враховувати під час подальшого розміщення вузла в корпусі.

Компоновка друкованого вузла виконана з урахуванням реальної структури пристрою та фактичного розміщення елементів на платі. Зовнішні контакти винесені до одного краю плати, Bluetooth-модуль та індикація згруповані в окремій зоні, аналогова частина зосереджена в центрі, а мікрофонний вхід розміщений ближче до свого підсилювального каскаду. Таке компоновка є зручним для монтажу, перевірки, налагодження і подальшої експлуатації пристрою.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		32

### 1.5.2 Розрахунок надійності проектного пристрою

Для активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем надійність має важливе значення, оскільки пристрій працює зі слабким мікрофонним сигналом і містить кілька функціональних вузлів: мікрофонний вхід, каскади підсилення, вузол фільтрації живлення, Bluetooth-модуль та світлодіодну індикацію. Відмова одного з основних елементів може призвести до зникнення сигналу, появи шумів, нестабільної роботи Bluetooth-модуля або повного вимкнення пристрою.

Оцінку надійності виконано з урахуванням кількості та типів елементів, наведених у специфікації. До складу пристрою входять мікрофон ВСМ-9765Р, конденсатори різних типів, мікросхеми LM358N і CSR8635, світлодіоди HL1-HL3, індуктивність, резистори та діоди SS14.

Для спрощеного інженерного розрахунку приймаємо, що всі основні групи елементів з точки зору надійності з'єднані послідовно. Це означає, що відмова будь-якої важливої групи елементів може порушити нормальну роботу всього пристрою. Інтенсивності відмов приймаються за орієнтовними довідковими значеннями для нормальних умов експлуатації.

Загальну інтенсивність відмов знаходять додаванням внесків усіх груп елементів, які входять до складу пристрою:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot \lambda_i, \quad (1.5)$$

У цій залежності  $N_i$  показує кількість елементів певної групи,  
 $\lambda_i$  - прийняту інтенсивність відмов для одного такого елемента,  
 $\lambda_{\Sigma}$  - загальну інтенсивність відмов усього пристрою.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		33

Таблиця 1.1 – Розрахунок сумарної інтенсивності відмов

Група елементів	Кількість елементів, Ni	$\lambda_i, 10^{-6}$ 1/год	$N_i \cdot \lambda_i, 10^{-6}$ 1/год
Конденсатори	20	0,55	11,00
Операційні підсилювачі	2	2,00	4,00
Bluetooth-модуль	1	6,00	6,00
Мікрофон	1	1,50	1,50
Світлодіоди	3	0,50	1,50
Резистори	23	0,15	3,45
Індуктивність	1	1,20	1,20
Діоди	2	0,75	1,50
Контактні з'єднання	9	0,45	4,05
Паяні з'єднання та друкований монтаж	80	0,10	8,00
Разом			42,20

Після підсумовування отримано загальне значення інтенсивності відмов для розроблюваного підсилювача.:

$$\lambda_{\Sigma} = 42.20 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год,}$$

Орієнтовне напрацювання до відмови розраховують як величину, обернену до сумарної інтенсивності відмов:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{42.20 \cdot 10^{-6}} = 23\,697 \text{ год,} \quad (1.6)$$

За результатами розрахунку орієнтовне напрацювання пристрою до відмови дорівнює приблизно 23 697 год.

Для оцінки роботи пристрою впродовж певного часу використано ймовірність безвідмовної роботи за експоненціальним законом:

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		34

При тривалості роботи 1000 год імовірність безвідмовної роботи становить  $P(1000) = 0,959$ . Для інтервалу 5000 год отримано значення  $P(5000) = 0,810$ . При роботі протягом 10000 год розрахована ймовірність становить  $P(10000) = 0,656$ .

За виконаним розрахунком видно, що активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем має достатню надійність для роботи в складі малопотужної аудіоапаратури. Основний вплив на загальну інтенсивність відмов мають конденсатори, Bluetooth-модуль, паяні з'єднання та контактні виводи. Це пояснюється тим, що вони пов'язані з живленням пристрою, передаванням сигналу, роботою бездротового каналу та якістю друкованого монтажу.

### 1.5.3 Розрахунок друкованого монтажу

Основні параметри друкованого монтажу для активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем підібрано з урахуванням схеми, габаритів плати та щільності розміщення компонентів. Незважаючи на компактні розміри плати, на ній потрібно розмістити декілька функціональних частин пристрою: мікрофонний вхід, підсилювальні каскади, Bluetooth-модуль, фільтрацію живлення, світлодіодну індикацію та контактні виводи. Під час трасування потрібно було забезпечити не лише електричне з'єднання компонентів, а й технологічність виготовлення плати.

Для даного виробу прийнято двосторонню плату, виконану за вимогами 3-го класу точності. Наявність верхнього і нижнього шарів дає змогу простіше розвести з'єднання між елементами. Це особливо важливо в зоні Bluetooth-модуля та операційних підсилювачів, де знаходиться багато близько розміщених виводів і пасивних елементів.

Як основу плати використано фольгований склотекстоліт FR-4 / СФ-2-35. Плата має товщину 1,5 мм, а мідний шар - 35 мкм. Для габаритів 125 × 45 мм такі параметри матеріалу є достатніми за жорсткістю і технологічністю та добре підходить для комбінованого встановлення елементів.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		35

Схема належить до малопотужних, тому провідники не розраховуються на значні струмові навантаження. Найбільше навантаження припадає на кола живлення Bluetooth-модуля, операційних підсилювачів та світлодіодної індикації. Для провідників живлення вибрано ширину 0,6 мм. Сигнальні доріжки мікрофонного тракту виконуються шириною від 0,25 мм. Такого значення достатньо для слабкострумових кіл і воно дає змогу компактно виконати трасування.

Найменший зазор між доріжками, площадками та іншими провідними ділянками прийнято на рівні 0,25 мм. Для даної низьковольтної схеми такий зазор забезпечує нормальну електричну ізоляцію. Крім того, це значення відповідає можливостям виготовлення плати 3-го класу точності і не створює зайвих складнощів під час травлення провідного рисунка.

На основі порохованих діаметрів монтажних отворів було здійснено розробку друкованої плати і створено таблицю отворів. У конструкції плати передбачено три типорозміри металізованих отворів, які мають різні діаметри свердління і різні розміри контактних площадок.

Таблиця 1.2 - Параметри монтажних отворів друкованої плати

Діаметр отвору, мм	Діаметр контактної площадки, мм	Наявність металізації	Кількість отворів
0,7	1,5	з металізацією	13
0,9	1,8	з металізацією	14
1,2	2,8	з металізацією	11

Отвори діаметром 0,7 мм застосовуються для найменших виводів і перехідних з'єднань. Для них вибрано контактні площадки діаметром 1,5 мм. Такий розмір не займає багато місця на платі, але дає достатню площу для нормального паяння.

Отвори діаметром 0,9 мм використано для більшості виводів середнього розміру. Для цієї групи прийнято контактні площадки діаметром 1,8 мм. Таке

співвідношення між отвором і площадкою забезпечує зручне встановлення елементів та достатню міцність паяного з'єднання.

Отвори діаметром 1,2 мм призначені для більших або механічно навантажених виводів. Для них передбачено контактні площадки діаметром 2,8 мм. Збільшена площадка потрібна для кращого закріплення елемента на платі та зменшення ризику пошкодження паяного з'єднання під час експлуатації.

Усі монтажні отвори виконуються з металізацією. Для двосторонньої плати це важливо, тому що такі отвори забезпечують електричний зв'язок між верхнім і нижнім шарами провідного рисунка. Крім того, металізація підвищує механічну міцність монтажних місць.

#### 1.5.4 Технологія виготовлення друкованої плати

Друкована плата активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем виготовляється з фольгованого склотекстоліту FR-4 / СФ-2-35 товщиною 1,5 мм. Товщина мідної фольги становить 35 мкм. Для цього пристрою прийнято двосторонню плату 3-го класу точності, оскільки на невеликій площі потрібно розмістити мікрофонний тракт, операційні підсилювачі, Bluetooth-модуль, елементи фільтрації, індикацію та контактні виводи.

Спочатку з листового матеріалу вирізають заготовку плати розміром 125 × 45 мм. Перед подальшою обробкою поверхню міді очищають від пилу, окиснення та жирових слідів. Така операція потрібна для забезпечення якісного перенесення провідного рисунка.

Після підготовки заготовки на обидві сторони плати переносять топологію провідників. Оскільки плата двостороння, важливо правильно сумістити верхній і нижній шари. Особливо це стосується контактних площадок і отворів, через які має бути електричний зв'язок між шарами. Для плати 3-го класу точності такі параметри є цілком допустимими і не потребують надто складної технології виготовлення.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		37

Далі виконується травлення мідної фольги. У процесі травлення зайва мідь видаляється, а на платі залишаються тільки доріжки, монтажні площадки та інші металізовані ділянки. На цьому етапі важливо не допустити перетравлення доріжок, бо це може зменшити їхню ширину. Також не можна залишати неперотравлені перемички, оскільки вони можуть викликати короткі замикання між колами.

Після формування провідного рисунка свердлять монтажні та перехідні отвори. Для цієї плати використовуються отвори діаметром 0,7 мм, 0,9 мм і 1,2 мм. Їх розміри вибрані відповідно до таблиці отворів на складальному кресленні. Свердління потрібно виконувати точно по центру контактних площадок, щоб не пошкодити місце паяння і не зменшити надійність з'єднання.

Оскільки плата має два провідні шари, отвори виконуються з металізацією. Металізовані отвори з'єднують верхній і нижній шари плати та одночасно роблять монтажні місця міцнішими. Це важливо для контактних виводів і тих елементів, які можуть зазнавати невеликого механічного навантаження під час підключення або перевірки пристрою.

Після свердління і металізації плати перевіряють. Контролюють, чи немає обривів доріжок, замикань між сусідніми провідниками, зміщених отворів або пошкоджених контактних площадок. Для мікрофонного підсилювача така перевірка є важливою, бо навіть невеликий дефект у вхідних або живильних колах може викликати шуми, нестабільну роботу або повну відсутність сигналу.

Наступним етапом є нанесення паяльної маски. Вона захищає провідники від окиснення і випадкових замикань, а відкритими залишаються тільки ті площадки, на які будуть встановлюватися елементи. Для плати з великою кількістю SMD-компонентів паяльна маска особливо потрібна, бо вона зменшує ризик з'єднання сусідніх площадок припоєм під час монтажу.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		38

Після цього контактні площадки покривають шаром, придатним для паяння. Це може бути лудіння або інше фінішне покриття. Таке покриття покращує змочування припоєм і полегшує встановлення елементів. Потім на плату наносять маркування позицій елементів, щоб під час складання було легше орієнтуватися за електричною схемою і переліком елементів.

На завершальному етапі плату обрізають до кінцевих розмірів, очищають від залишків технологічних матеріалів і ще раз перевіряють. Перед монтажем елементів потрібно переконатися, що немає короткого замикання між лініями живлення та загальним провідником, а основні сигнальні доріжки не мають обривів.

### 1.6 Висновок до розділу 1

У першому розділі розглянуто початкові етапи розробки активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем. Спочатку визначено, для чого призначений пристрій, які функції він має виконувати та з яких основних частин складається. Також проведено коротке порівняння з подібними рішеннями, що показало доцільність розробки окремого мікрофонного підсилювача з бездротовою передачею сигналу.

У роботі виділено мікрофонний вхід, підсилювальні каскади на LM358N, узгоджувальний вузол, фільтрацію живлення, світлодіодну індикацію та Bluetooth-модуль CSR8635. Для окремих ділянок схеми виконано розрахунок, який підтвердив, що вибрані номінали елементів підходять для роботи з мікрофонним сигналом і забезпечують нормальне живлення основних вузлів.

Також у розділі підібрано елементну базу та описано компонування друкованого вузла. Для пристрою прийнято двосторонню друковану плату розміром 125 × 45 мм з комбінованим монтажем.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		39

## 2. Охорона праці та безпека життєдіяльності

### 2.1 Долікарська допомога при ураженні електричним струмом

У складі пристрою використовується друкована плата, електронні компоненти, вузол живлення, Bluetooth-модуль, операційні підсилювачі, світлодіодна індикація та контактні виводи для підключення зовнішніх кіл. Під час роботи з таким виробом можуть застосовуватися лабораторні джерела живлення, мультиметри, осцилографи, паяльне обладнання та інші електротехнічні засоби. Тому питання надання допомоги при можливому ураженні електричним струмом є доречним для даної кваліфікаційної роботи.

Ураження електричним струмом може виникнути під час перевірки плати, подавання живлення на пристрій, вимірювання напруги в окремих точках схеми, а також під час роботи з несправним або неправильно підключеним лабораторним обладнанням. Сам активний підсилювач мікрофону є малопотужним електронним пристроєм, однак небезпека може з'являтися не тільки від його внутрішніх кіл, а й від зовнішнього джерела живлення, мережевого адаптера, паяльної станції або вимірювальної апаратури. Особливо небезпечними є випадки, коли обладнання має пошкоджену ізоляцію, несправне заземлення або використовується з порушенням правил експлуатації [8].

Під час налагодження пристрою працівник або студент може торкнутися відкритих контактів, провідників, затискачів джерела живлення або металевих частин приладів. Ризик зростає, якщо робота виконується поспіхом, без попередньої перевірки схеми підключення, при недостатньому освітленні робочого місця або за наявності вологи на столі чи руках. Для друкованого вузла активного підсилювача характерна наявність малих контактних площадок, близько розміщених SMD-компонентів і виводів модуля DD1. Це потребує уважності під час перевірки, оскільки випадкове замикання щупом

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		40

або інструментом може призвести до пошкодження плати, перегріву окремих елементів або появи небезпечної ситуації.

Наслідки дії електричного струму на людину залежать від значення струму, тривалості його проходження, шляху через тіло, стану шкіри, умов навколишнього середовища та загального стану потерпілого. Небезпека полягає в тому, що електричний струм може викликати порушення нормальної роботи м'язів, дихання і серцевої діяльності, а також спричинити місцеві ушкодження в місцях контакту. Навіть якщо напруга здається невеликою, не можна легковажно ставитися до роботи з електронними пристроями, оскільки небезпечним може бути не лише сам виріб, а й обладнання, від якого він живиться або за допомогою якого перевіряється [9].

Першою дією при ураженні електричним струмом є негайне припинення дії струму на потерпілого. Для цього потрібно вимкнути живлення установки, лабораторного блока живлення, паяльної станції або іншого обладнання, яке могло стати джерелом небезпеки. Якщо є можливість, живлення вимикають штатним вимикачем, автоматичним вимикачем або шляхом від'єднання вилки від мережі. При цьому не можна торкатися потерпілого голими руками, якщо він ще перебуває під дією струму. Спочатку потрібно усунути джерело небезпеки, а вже після цього переходити до оцінки стану людини.

Якщо швидко вимкнути живлення неможливо, потерпілого відділяють від струмопровідної частини за допомогою сухого ізолювального предмета. Для цього можна використати суху дерев'яну дошку, пластиковий предмет або інший матеріал, який не проводить електричний струм. Не допускається використання металевих інструментів або вологих предметів. Також потрібно стежити, щоб особа, яка надає допомогу, сама не опинилася під напругою. Для цього бажано стояти на сухій поверхні, не торкатися одночасно потерпілого і заземлених частин обладнання, а також діяти обережно й без різких необдуманих рухів.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		41

Після припинення дії струму необхідно оцінити стан потерпілого. Насамперед перевіряють, чи він при свідомості, чи реагує на звертання, чи дихає нормально. Якщо потерпілий при свідомості, його потрібно розмістити у безпечному положенні, забезпечити доступ свіжого повітря, заспокоїти та не дозволяти одразу продовжувати роботу. Навіть при відносно легкому ураженні електричним струмом стан людини може змінитися не одразу, тому потрібно організувати медичний огляд або викликати допомогу, особливо якщо були скарги на слабкість, запаморочення, біль або порушення самопочуття.

Якщо потерпілий непритомний, але дихає, його розміщують у стабільному положенні на боці, щоб запобігти ускладненням до прибуття медичної допомоги. Потрібно контролювати дихання, не залишати людину без нагляду та викликати екстрену медичну допомогу за номером 103 або 112. До прибуття медичних працівників необхідно стежити за станом потерпілого, не давати йому їжу або напої, не переміщати без потреби та не виконувати дій, які можуть погіршити його стан [10].

Якщо потерпілий не дихає або є підозра на зупинку серцевої діяльності, потрібно негайно викликати екстрену медичну допомогу та розпочати базові реанімаційні заходи, якщо особа, яка надає допомогу, має відповідні навички. Основне завдання до прибуття медиків - підтримати життєві функції потерпілого та не допустити втрати часу. Якщо на місці є інші люди, доцільно розподілити дії: одна особа викликає допомогу, інша контролює стан потерпілого, ще одна вимикає обладнання та забезпечує безпеку місця події.

У випадку роботи з активним підсилювачем мікрофону з Bluetooth-модулем важливо також правильно організувати місце події після аварійної ситуації. Необхідно залишити обладнання вимкненим до з'ясування причин події, не вмикати повторно джерело живлення, не торкатися пошкоджених проводів або елементів схеми. Якщо причиною стало коротке замикання, пошкоджений адаптер, неправильне підключення або дефект паяльної станції,

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		42

роботу можна продовжувати лише після усунення несправності. Такий підхід зменшує ризик повторного ураження струмом або пошкодження електронного вузла.

Для запобігання подібним ситуаціям під час виготовлення та налагодження пристрою потрібно заздалегідь дотримуватися правил електробезпеки. Перед подачею живлення слід перевіряти правильність полярності, відсутність короткого замикання між VCC і GND, надійність підключення контактів XP1-XP9 та справність джерела живлення. Під час вимірювань не можна тримати руки на відкритих струмопровідних ділянках плати, змінювати з'єднання під напругою або працювати з несправними щупами вимірювальних приладів.

Оскільки плата активного підсилювача має SMD-компоненти та щільне розміщення провідників, вимірювання потрібно виконувати акуратно, бажано щупами з ізольованими наконечниками. Перед налагодженням потрібно переконатися, що на платі немає залишків припою, випадкових перемичок, пошкоджених доріжок або неправильно встановлених полярних компонентів. Окремо слід контролювати стан фільтруючих конденсаторів, діодів VD1, VD2, модуля DD1 та вузла живлення, оскільки помилки в цих ділянках можуть вплинути на роботу всього пристрою.

Для робочого місця, де виконується перевірка друкованої плати, необхідно забезпечити суху поверхню столу, справні розетки, нормальне освітлення та відсутність зайвих металевих предметів біля плати. Паяльне обладнання повинно мати справний кабель живлення та підставку для паяльника. Лабораторне джерело живлення перед підключенням до плати бажано виставляти на потрібну напругу і обмеження струму, а вже потім під'єднувати до пристрою. Це дозволяє зменшити наслідки можливих помилок монтажу або випадкового короткого замикання.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		43

## 2.2 Техніка безпеки при проведенні електричних вимірювань та випробувань установки

Після виготовлення друкованої плати активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем обов'язковим етапом є її перевірка та налагодження. На цьому етапі контролюють правильність монтажу елементів, наявність живлення, відсутність коротких замикань, роботу підсилювальних каскадів, світлодіодної індикації та Bluetooth-модуля. Саме під час таких робіт зростає ймовірність помилкових підключень, випадкового дотику до відкритих контактів, пошкодження елементів або виникнення небезпечної ситуації для виконавця. Тому дотримання правил техніки безпеки при проведенні електричних вимірювань та випробувань є важливою частиною роботи з розроблюваним пристроєм.

Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем є малопотужним електронним пристроєм, однак це не означає, що його перевірку можна виконувати без дотримання вимог безпеки. Під час випробувань використовується зовнішнє джерело живлення, вимірювальні прилади, паяльне обладнання та з'єднувальні провідники. Небезпека може виникнути не тільки через саму плату, а й через несправне лабораторне джерело, пошкоджену ізоляцію щупів, неправильну полярність підключення або коротке замикання між лініями живлення. Тому перед початком роботи необхідно переконатися у справності всього обладнання, яке буде використовуватися під час вимірювань [8].

Перед подачею живлення на друкований вузол потрібно провести зовнішній огляд плати. Насамперед перевіряють правильність встановлення компонентів, якість паяння, відсутність випадкових перемичок припою між контактними площадками, цілісність доріжок і відповідність полярності електролітичних конденсаторів та діодів. Для плати активного підсилювача особливо важливо перевірити вузол живлення, ділянки біля конденсаторів

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		44

C11, C13, C18, C20, дроселя L1, діодів VD1, VD2, а також контакти Bluetooth-модуля DD1. Помилка в цих місцях може призвести до нестабільної роботи або виходу з ладу окремих елементів.

Окремо перед випробуванням перевіряють лінії живлення. Мультиметром у режимі вимірювання опору або прозвонки контролюють, чи немає короткого замикання між VCC і GND. Така перевірка виконується до підключення джерела живлення. Якщо опір між лініями живлення є підозріло малим, подавати напругу на плату не можна, доки не буде знайдено причину. Це може бути місток припою, неправильно встановлений компонент, пошкоджена доріжка або помилка у монтажі модуля. Виконання цієї простої перевірки зменшує ризик пошкодження плати та підвищує безпеку роботи.

Джерело живлення для перевірки пристрою потрібно підключати тільки після встановлення правильного значення напруги та обмеження струму. Для налагодження малопотужних електронних вузлів доцільно використовувати лабораторний блок живлення з регулюванням струмового обмеження. Спочатку виставляють потрібну напругу, потім встановлюють невелике обмеження струму, і лише після цього підключають плату. Якщо після подачі живлення струм різко зростає, блок живлення потрібно одразу вимкнути і повторно перевірити монтаж. Такий порядок дозволяє уникнути перегріву елементів і зменшує небезпеку пошкодження друкованого вузла [9].

Під час електричних вимірювань необхідно використовувати справні вимірювальні прилади та щупи з неушкодженою ізоляцією. Щупи повинні мати достатньо тонкі наконечники, оскільки плата містить SMD-компоненти та близько розташовані контактні площадки. При вимірюванні напруги на малих елементах не можна прикладати надмірне зусилля, щоб не пошкодити контактну площадку або не змістити компонент. Також потрібно уникати одночасного торкання двох сусідніх контактів наконечником щупа, бо це може спричинити коротке замикання.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		45

Під час перевірки підсилювального тракту потрібно враховувати, що вхідний сигнал мікрофона має малу амплітуду і є чутливим до завад. Тому вимірювання в ділянці BF1, DA1 і DA2 слід виконувати акуратно, не торкаючись руками відкритих сигнальних провідників та контактів. Дотик до входу підсилювача може внести наведення, спотворити результати вимірювання або створити неправильне уявлення про роботу схеми. Для отримання достовірних результатів бажано використовувати короткі з'єднувальні проводи, справні щупи та стабільне джерело живлення.

Під час перевірки Bluetooth-модуля DD1 потрібно контролювати не тільки наявність живлення, але й правильність підключення службових та сигнальних ліній. Модуль має декілька груп контактів, тому помилка в підключенні може порушити роботу пристрою або пошкодити сам модуль. Перед подачею живлення бажано ще раз звірити контакти DD1 за схемою та переконатися, що вони не замкнені між собою. Особливо уважно слід перевіряти ділянки біля зовнішніх контактів XP1-XP9, оскільки саме через них може виконуватися підключення до інших пристроїв або джерела живлення.

Світлодіодна індикація HL1-HL3 під час випробування використовується як один із простих способів контролю стану пристрою. Проте наявність світіння світлодіодів не означає, що вся схема працює правильно. Після перевірки індикації потрібно додатково виміряти напруги в основних вузлах та переконатися, що вони відповідають очікуваним значенням. Якщо світлодіод не світиться або світиться нестабільно, не слід одразу багаторазово вмикати і вимикати живлення. Спочатку потрібно перевірити полярність, обмежувальні резистори, якість паяння та наявність напруги у відповідному колі.

Під час випробувань не дозволяється змінювати схему підключення при поданому живленні. Усі перепідключення, заміна проводів, перестановка щупів у режимі вимірювання струму, підключення зовнішніх модулів або зміна положення контактів повинні виконуватися тільки після вимкнення

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		46

живлення. Це правило є особливо важливим, якщо використовуються зовнішні провідники до контактів ХР1-ХР9 або мікрофон ВF1 підключений через шлейф. Випадкове торкання або зміщення проводу під напругою може спричинити коротке замикання або пошкодження елементів.

Робоче місце для проведення вимірювань повинно бути організоване так, щоб на ньому не було зайвих металевих предметів, обрізків дротів, залишків припою або інструментів, які можуть випадково замкнути контакти плати. Поверхня столу має бути сухою, чистою і достатньо освітленою. Плата повинна лежати стійко, без можливості випадкового зміщення під час торкання щупами. Якщо друкований вузол перевіряється поза корпусом, бажано розмістити його на ізоляційній підкладці. Це зменшує ризик випадкового контакту нижнього шару плати з металевими предметами [10].

При використанні осцилографа або генератора сигналів потрібно перевірити правильність підключення загального проводу. Неправильне підключення землі вимірювального приладу може спотворити сигнал або спричинити небажане замикання в схемі. Для аудіосигнальних кіл бажано використовувати короткі вимірювальні провідники, оскільки довгі дроти можуть вносити додаткові наведення. Особливо це стосується входу мікрофонного підсилювача, де навіть невеликі завади можуть бути підсилені наступними каскадами.

Під час налагодження підстроювального резистора R16 потрібно використовувати інструмент з ізольованою ручкою. Регулювання слід виконувати обережно, без натискання на плату або сусідні елементи. Якщо під час налаштування змінюються параметри сигналу, вимірювання необхідно проводити поступово, контролюючи реакцію схеми. Не можна торкатися одночасно металевих частин інструмента, контактів плати та корпусів вимірювальних приладів.

Якщо під час випробувань з'явився запах перегріву, дим, різке збільшення струму споживання, нестабільна робота джерела живлення або

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		47

сильне нагрівання елементів, живлення потрібно негайно вимкнути. Після цього не можна торкатися елементів одразу, оскільки деякі компоненти можуть бути гарячими. Плату необхідно оглянути, перевірити правильність монтажу, полярність елементів і відсутність коротких замикань. Повторне ввімкнення допускається тільки після встановлення причини несправності та її усунення.

Важливо також враховувати безпеку при роботі з паяльним обладнанням, оскільки під час випробувань часто виникає потреба усунути дефекти монтажу. Паяльник або паяльна станція повинні бути справними, мати стійку підставку і не створювати небезпеки опіку або пошкодження ізоляції проводів. Паяння слід виконувати при вимкненому живленні плати. Після допаювання або заміни елемента необхідно повторно перевірити якість пайки і тільки після цього знову подавати живлення на пристрій.

Під час виконання вимірювань виконавець повинен працювати уважно та не поспішати. Значна частина помилок при налагодженні електронних пристроїв виникає через неправильне підключення щупів, переплутану полярність живлення або спробу змінити схему під напругою. Для зменшення ризику доцільно вести послідовну перевірку: спочатку огляд плати, потім перевірка опору між лініями живлення, далі подача живлення з обмеженням струму, контроль напруг, перевірка індикації, перевірка підсилювальних каскадів і тільки після цього перевірка роботи Bluetooth-модуля.

### 3.3 Висновок до розділу 2

У розділі «Охорона праці та безпека життєдіяльності» розглянуто питання безпечного виконання робіт під час виготовлення, монтажу, перевірки та налагодження підсилювача звуку з Bluetooth керуванням. Основну увагу приділено можливим небезпечним ситуаціям, які можуть виникати під час роботи з друкованим вузлом: коротким замиканням у

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		48

силових колах, помилкам полярності електролітичних конденсаторів, перегріванню силових транзисторів і мікросхем підсилювачів, а також випадковим замиканням під час вимірювань.

Встановлено, що найбільш відповідальними етапами є монтаж елементів, перший запуск пристрою та перевірка імпульсного перетворювача напруги. Для зменшення ризику пошкодження плати та електронних компонентів передбачено попередній візуальний контроль монтажу, перевірку силових кіл омметром, подавання живлення через лабораторне джерело з обмеженням струму, контроль температури елементів та дотримання порядку роботи з паяльним і вимірювальним обладнанням.

Також розглянуто вимоги до виробничого освітлення робочого місця, оскільки під час монтажу та перевірки підсилювача виконується значний обсяг зорovo напружених операцій. Правильно організоване загальне і місцеве освітлення дає змогу якісно контролювати паяні з'єднання, маркування елементів, полярність компонентів і стан друкованих провідників. Дотримання цих вимог підвищує безпеку роботи, зменшує втому виконавця та знижує ймовірність помилок під час налагодження пристрою.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		49

## Висновки

У підсумку роботи створено активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем. Пристрій призначений для приймання акустичного сигналу, його попереднього підсилення та подальшої передачі через Bluetooth-канал до зовнішнього приймального пристрою. Таке рішення дає змогу поєднати мікрофонний підсилювальний тракт і вузол бездротової передачі в одному компактному електронному пристрої.

У роботі проаналізовано технічне завдання, розглянуто подібні рішення і сформовано головні вимоги до роботи та конструкції пристрою. На основі цього побудовано структурну схему, у якій показано проходження сигналу від мікрофона через каскади підсилення та узгодження до Bluetooth-модуля. Також описано електричну принципову схему, до складу якої входять мікрофон ВСМ-9765Р, операційні підсилювачі LM358N, Bluetooth-модуль CSR8635, елементи фільтрації живлення, світлодіодна індикація та захисні діоди.

Під час виконання роботи проведено розрахунок окремих вузлів електричної схеми. Розрахунок вхідного RC-кола показав, що воно не обмежує корисний діапазон мікрофонного сигналу, а розрахунок вузла фільтрації живлення підтвердив доцільність вибраних елементів для зменшення завад у колах живлення. Це важливо для стабільної роботи аналогової частини пристрою та Bluetooth-модуля.

Окремо обґрунтовано вибір елементної бази. У пристрої використано сучасні малогабаритні компоненти, переважно для поверхневого монтажу. Це дозволило зменшити розміри друкованої плати та підвищити щільність компонування. У середовищі Altium Designer розроблено двосторонню друковану плату розміром 125 × 45 мм, виконано розміщення елементів та підготовлено друкований вузол до виготовлення.

Також у роботі розглянуто параметри друкованого монтажу, технологію виготовлення друкованої плати та виконано розрахунок надійності пристрою.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		50

Прийняті конструктивні рішення забезпечують можливість виготовлення плати, зручність монтажу, перевірки та подальшого налагодження. У розділі з охорони праці та безпеки життєдіяльності описано правила безпечної роботи під час монтажу, електричних вимірювань і випробувань пристрою.

Поставлену мету кваліфікаційної роботи виконано. Розроблено активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем, підібрано елементну базу, виконано необхідні розрахунки, розроблено друкований вузол і розглянуто питання його безпечної перевірки та налагодження. Результатом роботи є технічне рішення та комплект конструкторської документації для виготовлення компактного пристрою приймання, підсилення і бездротової передачі мікрофонного сигналу.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		51

## Список використаних джерел

1. Дунець В. Л., Дедів І. Ю., Хвостівський М. О. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт бакалавра за спеціальністю 172 “Телекомунікації та радіотехніка”. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 72 с.
2. Хвостівська Л. В., Дунець В. Л. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни “Системи автоматизованого проектування радіоелектронних засобів” для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль : ТНТУ, 2020. 109 с.
3. Ткачук Р. А., Дозорський В. Г., Дедів Л. Є., Дедів І. Ю. Основи технології радіоелектронних апаратів : навчальний посібник. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. 336 с.
4. ДСТУ 2646-94. Плати друковані. Терміни та визначення. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=102586](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=102586).
5. ДСТУ 3334-96. Плати друковані. Загальні вимоги до технологічних процесів регенерації, знешкодження та утилізації розчинів. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=90096](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=90096).
6. ДСТУ 2.104:2006 Єдина система конструкторської документації. Основні написи (ДСТУ 2.104-2006, IDT). З Поправками (ІПС № 5 2007), (ІПС № 6-2007), (ІПС № 8-2007), (ІПС № 5-2008). URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=55417](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=55417).
7. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ : Книжк. палата України ім. Ів. Федор., 2015. 26 с. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64411](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64411).
8. Бедрій Я.І. Основи охорони праці : навч. посіб. 4-е вид. перероб. і доп. Тернопіль : Навчальна книга - Богдан, 2018. 240 с.
9. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підруч. / В.В. Сокурєнко, О.М. Бандурка та ін. Харків : ХНУВС, 2021. 308 с.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		52

10. Желібо Є.П. Безпека життєдіяльності : підручник / В.В. Зацарний.  
Київ : Каравела, 2023. 344 с.

11. Кодекс цивільного захисту України від 01.07.2013 року.

					<i>ПДЮ 2.032.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		53

# ДОДАТКИ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру РТ

\_\_\_\_\_ к.т.н. Дунець В.Л.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2026 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

на тему: «Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth модулем »

Узгоджено:

Керівник роботи

Дунець В.Л. \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2026р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

Панасюк Д.Ю. \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2026р.

Тернопіль, 2026

# 1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “ Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth модулем ”

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

## 2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Панасюк Дмитро Юрійович, групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

## 3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка Активного підсилювача мікрофону з Bluetooth модулем, що включає:

- аналіз існуючих пристроїв для підсилення та бездротової передачі мікрофонного сигналу;
- розробку структурної схеми пристрою;
- озробку електричної принципової схеми активного підсилювача мікрофону з Bluetooth-модулем;
- вибір і обґрунтування елементної бази;
- розробку алгоритму роботи Bluetooth-модуля та індикації пристрою;
- компоновання та трасування друкованої плати;
- розробку конструкторської документації на друкований вузол.

## 4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

### 4.1 Основні параметри

4.1.1 Пристрій повинен забезпечувати приймання акустичного сигналу за допомогою мікрофона.

4.1.2 Пристрій повинен виконувати попереднє підсилення мікрофонного сигналу.

- 4.1.3 Підсилення сигналу повинно здійснюватися за допомогою операційних підсилювачів LM358N.
- 4.1.4 Пристрій повинен забезпечувати передавання підготовленого сигналу через Bluetooth-модуль.
- 4.1.5 Як Bluetooth-модуль у пристрої повинен використовуватися модуль CSR8635 або його функціональний аналог.
- 4.1.6 Живлення пристрою повинно здійснюватися від джерела постійної напруги 5 В.
- 4.1.7 У пристрої повинна бути передбачена світлодіодна індикація живлення та стану Bluetooth-модуля.
- 4.1.8 У схемі повинні бути передбачені елементи фільтрації живлення для зменшення пульсацій і завад.
- 4.1.9 Друкована плата пристрою повинна мати габаритні розміри 125 × 45 мм.
- 4.1.10 Друкована плата повинна бути двосторонньою, 3-го класу точності, з комбінованим монтажем елементів.
- 4.1.11 Матеріал основи друкованої плати - фольгований склотекстоліт FR-4 / СФ-2-35 товщиною 1,5 мм.
- 4.1.12 Товщина мідної фольги друкованої плати повинна становити 35 мкм.
- 4.2 Технічні вимоги
- 4.2.1 Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем повинен відповідати вимогам чинних стандартів та конструкторської документації на пристрій конкретного типу.
- 4.2.2 Мікрофонний тракт повинен забезпечувати приймання та передавання корисного звукового сигналу без помітного обмеження в робочому діапазоні.
- 4.2.3 Вхідне коло пристрою повинно бути узгоджене з мікрофоном ВСМ-9765Р або його функціональним аналогом.
- 4.2.4 Підсилювальні каскади повинні забезпечувати підготовку слабого мікрофонного сигналу до подавання на Bluetooth-модуль.
- 4.2.5 Вузол фільтрації живлення повинен зменшувати вплив пульсацій і високочастотних завад на аналогову частину схеми та Bluetooth-модуль.
- 4.2.6 Bluetooth-модуль повинен забезпечувати встановлення бездротового з'єднання із зовнішнім приймальним пристроєм.

- 4.2.7 Світлодіодна індикація повинна забезпечувати візуальний контроль наявності живлення та режиму роботи Bluetooth-модуля.
- 4.2.8 Конструкція пристрою повинна забезпечувати зручне підключення живлення, зовнішніх ліній та контрольних точок під час налагодження.
- 4.2.9 Елементи пристрою повинні бути розміщені на друкованій платі з урахуванням проходження сигналу, зручності монтажу, перевірки та ремонту.
- 4.2.10 Сигнальні кола мікрофонного тракту повинні мати мінімально можливу довжину провідників для зменшення впливу наведень.
- 4.2.11 Провідники живлення повинні мати ширину не менше 0,6 мм.
- 4.2.12 Сигнальні провідники повинні мати ширину не менше 0,25 мм.
- 4.2.13 Мінімальні зазори між елементами провідного рисунка повинні відповідати 3-му класу точності друкованої плати.
- 4.2.14 Монтажні отвори друкованої плати повинні виконуватися з металізацією.
- 4.2.15 Друкований вузол повинен забезпечувати можливість перевірки працездатності мікрофонного входу, підсилювальних каскадів, індикації та Bluetooth-модуля.
- 4.2.16 Середнє напрацювання до відмови повинно бути не менше 12000 год.
- 4.2.17 Час відновлення працездатності після ремонту повинен бути не більше 1 год.
- 4.2.18 Середній термін служби пристрою повинен бути не менше 5 років.
- 4.3 Правила приймання
- 4.3.1 Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем повинен піддаватися візуальному та електричному контролю.
- 4.3.2 Під час візуального контролю перевіряють правильність встановлення компонентів, якість паяння, відсутність пошкоджених доріжок, замикань між контактними площадками та дефектів друкованого монтажу.
- 4.3.3 Під час електричного контролю перевіряють відсутність короткого замикання між лініями живлення, правильність полярності підключення, роботу світлодіодної індикації, підсилювальних каскадів і Bluetooth-модуля.
- 4.3.4 Після подавання живлення пристрій повинен переходити у робочий режим, забезпечувати індикацію стану та можливість передавання сигналу через Bluetooth-канал.

4.3.5 У разі виявлення дефектів друкований вузол повертається для усунення несправностей. Після доопрацювання проводиться повторна перевірка.

4.3.6 Випробування на надійність проводяться за такими вихідними даними:

приймальний рівень  $P\alpha = 0,95$ ;

бракувальний рівень  $P\mu = 0,8$ ;

ризик виробника  $\alpha = 0,1$ ;

ризик споживача  $\beta = 0,2$ .

## 5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам чинних ДСТУ, ДСТУ EN/IEC та методичних рекомендацій до виконання кваліфікаційних робіт.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- пояснювальної записки;
- схеми електричної принципової;
- переліку елементів;
- креслення друкованої плати;
- креслення друкованого вузла;
- специфікації.

## 6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КП

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розробка та затвердження технічного завдання	12.03.2026
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	14.03.2026
3	Аналіз існуючих систем автоматизації теплиць та контролю мікроклімату	21.03.2026
4	Розробка структурної схеми універсального контролера теплиці	23.03.2026
5	Розробка схеми електричної принципової контролера теплиці	10.04.2026
6	Розробка алгоритмів роботи мікроконтролера та периферійних модулів	12.04.2026

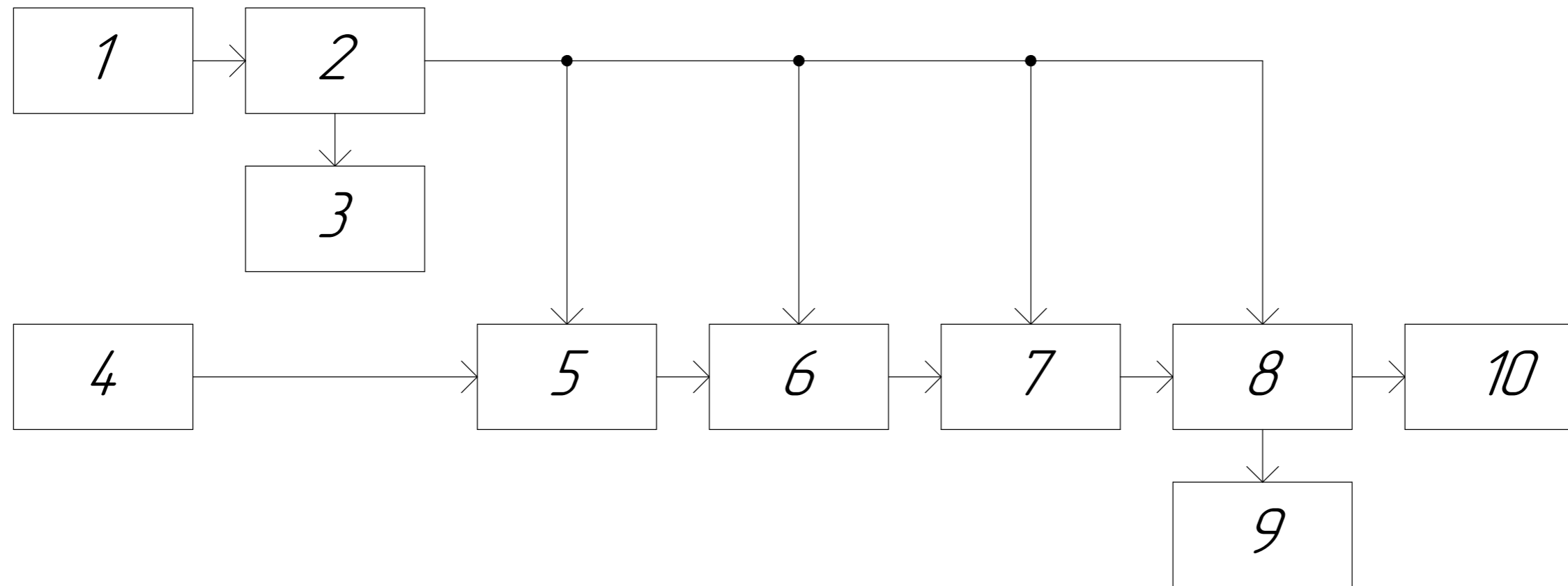
7	Опис алгоритму роботи та функціонування програмної частини пристрою	16.04.2026
8	Розрахунок вузла живлення та основних параметрів електричної схеми	22.04.2026
9	Вибір та обґрунтування елементної бази пристрою	02.05.2026
10	Компонування та трасування друкованої плати контролера теплиці	15.05.2026
11	Розрахунок надійності проектованого виробу та параметрів друкованого монтажу	23.05.2026
12	Розробка конструкторської документації на універсальний контролер теплиці	03.06.2026
13	Розділ безпеки життєдіяльності та основ охорони праці	06.06.2026
14	Нормоконтроль	09.06.2026
15	Попередній захист кваліфікаційної роботи	10.06.2026
16	Перевірка роботи на антиплагіат	12.06.2026
17	Захист кваліфікаційної роботи	24.06.2026

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

## 7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

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

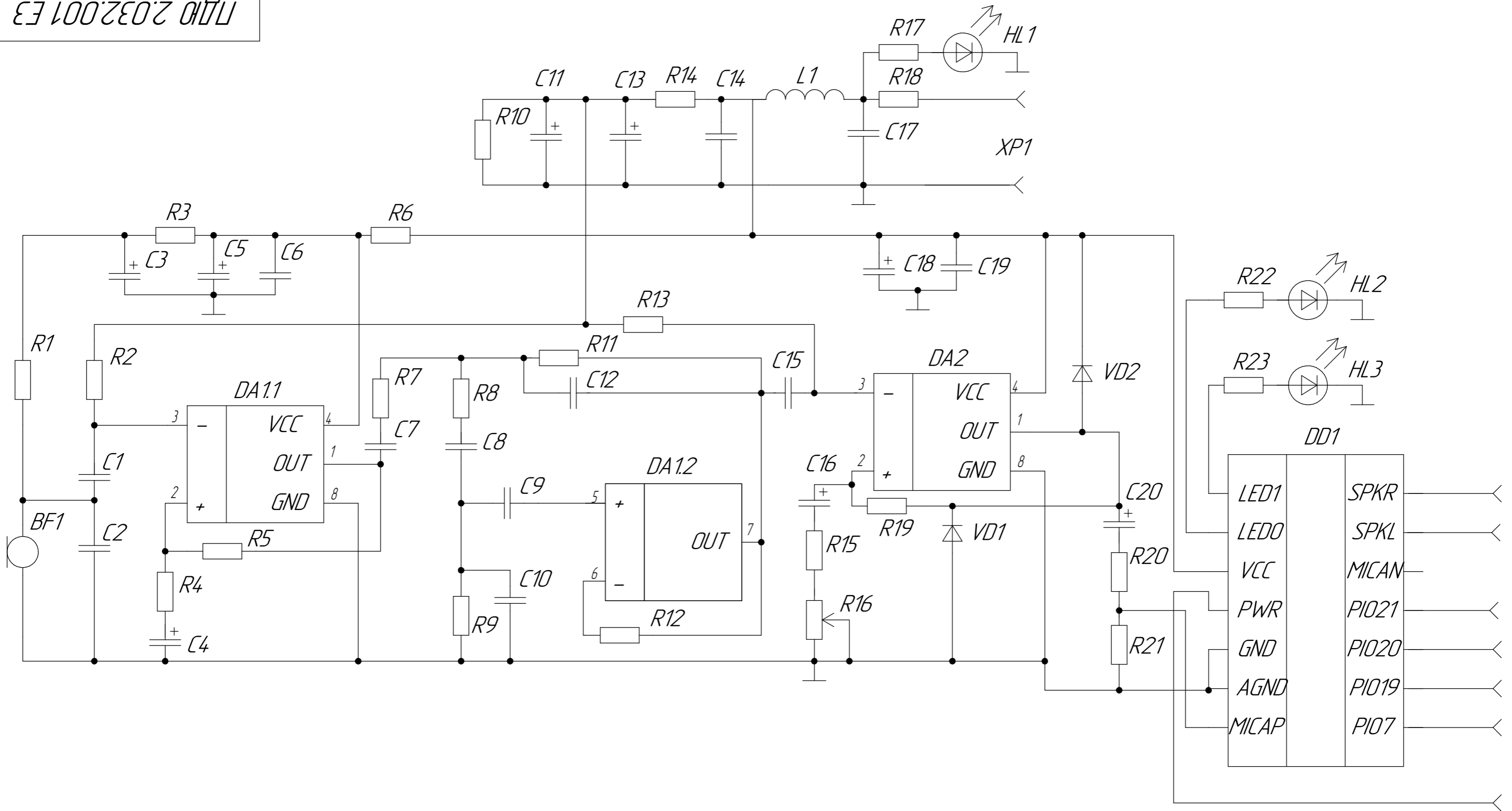
ПДЮ 2.032.001 Е1



- 1- Джерело живлення  
 2- Вузол фільтрації живлення  
 3- Індикатор живлення  
 4- Мікрофон BF1  
 5- Перший каскад підсилення  
 6- Другий каскад підсилення та корекції  
 7- Узгоджувальний каскад  
 8- Bluetooth-модуль DD1  
 9- Індикатор стану Bluetooth-модуля  
 10- Зовнішній приймальний пристрій

ПДЮ 2.032.001 Е1								
					Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth-модулем Структурна схема	Літ.	Вага	Масштаб
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата					1:1
Розроб.	Панасюк Д.Ю.							
Перевір.	Дунець В.Л.							
Реценз.						Арк	Аркушів	1
Н.контр.	Хвостівська Л.В.					ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41		
Затверд.	Дунець В.Л.					Копіював Формат А3		

ЛДЮ 2.032.001 ЕЗ



				<b>ЛДЮ 2.032.001 ЕЗ</b>			
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Активний підсилювач мікрофону з <i>Bluetooth</i> модулем	Літ.	Вага	Масштаб
Розроб.	Панасюк Д.Ю.						1:1
Перевір.	Дунець В.Л.				Арк	Аркушів	1
Реценз.					ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41		
Н.контр.	Хвастівська Л.В.						
Затверд.	Дунець В.Л.						
				Копіював <span style="float: right;">Формат А3</span>			

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
BF1	Мікрофон BCM-9765P "BESTAR"	1	
<u>Конденсатори</u>			
C1	MLCC-SMD/SMT 50V 100nF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C2	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C3	UUX2G010MNL1GS 16V 4.7uF ±10% "Nichicon"	1	
C4	UUX2G010MNL1GS 16V 4.7uF ±10% "Nichicon"	1	
C5	UUX2G010MNL1GS 16V 150uF ±10% "Nichicon"	1	
C6	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C7,C8	MLCC-SMD/SMT 50V 10nF COG1206 ±10% "KEMET"	2	
C9	MLCC-SMD/SMT 50V 100nF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C10	MLCC-SMD/SMT 50V 2.2nF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C11	UUX2G010MNL1GS 16V 4.7uF ±10% "Nichicon"	1	
C12	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C13	UUX2G010MNL1GS 16V 4.7uF ±10% "Nichicon"	1	
C14	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C15	MLCC-SMD/SMT 50V 100nF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C16	UUX2G010MNL1GS 16V 10uF ±10% "Nichicon"	1	
C17	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C18	UUX2G010MNL1GS 16V 150uF ±10% "Nichicon"	1	
C19	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C20	UUX2G010MNL1GS 16V 22uF ±10% "Nichicon"	1	
<u>Мікросхеми</u>			
DA1,DA2	LM358N "STMicroelectronics"	2	
DD1	CSR8635 "QUALCOMM"	1	

**ПДЮ 2.032.001 ПЕ**

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Панасюк Д.Ю.				Активний підсилювач мікрофону з Bluetooth модулем  Перелік елементів	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Дичець В.Л.					1	2	
Реценз.						ТНТУ ім. І. Пулюя РАС-41		
Н. Контр.	Хвостівська Л.В.							
Затверд.	Дичець В.Л.							



Первинне застосування

Довідковий №

Підп. і дата

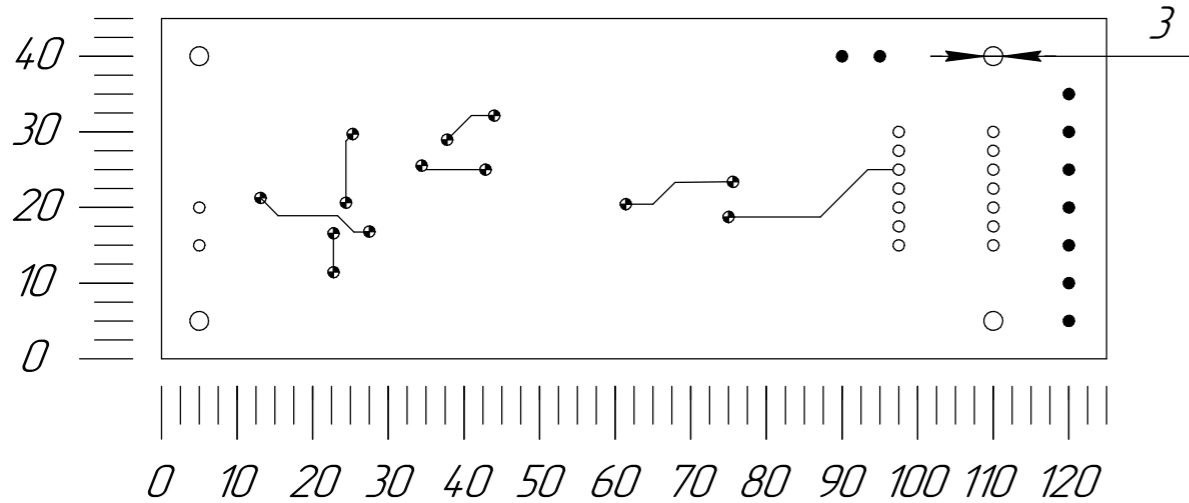
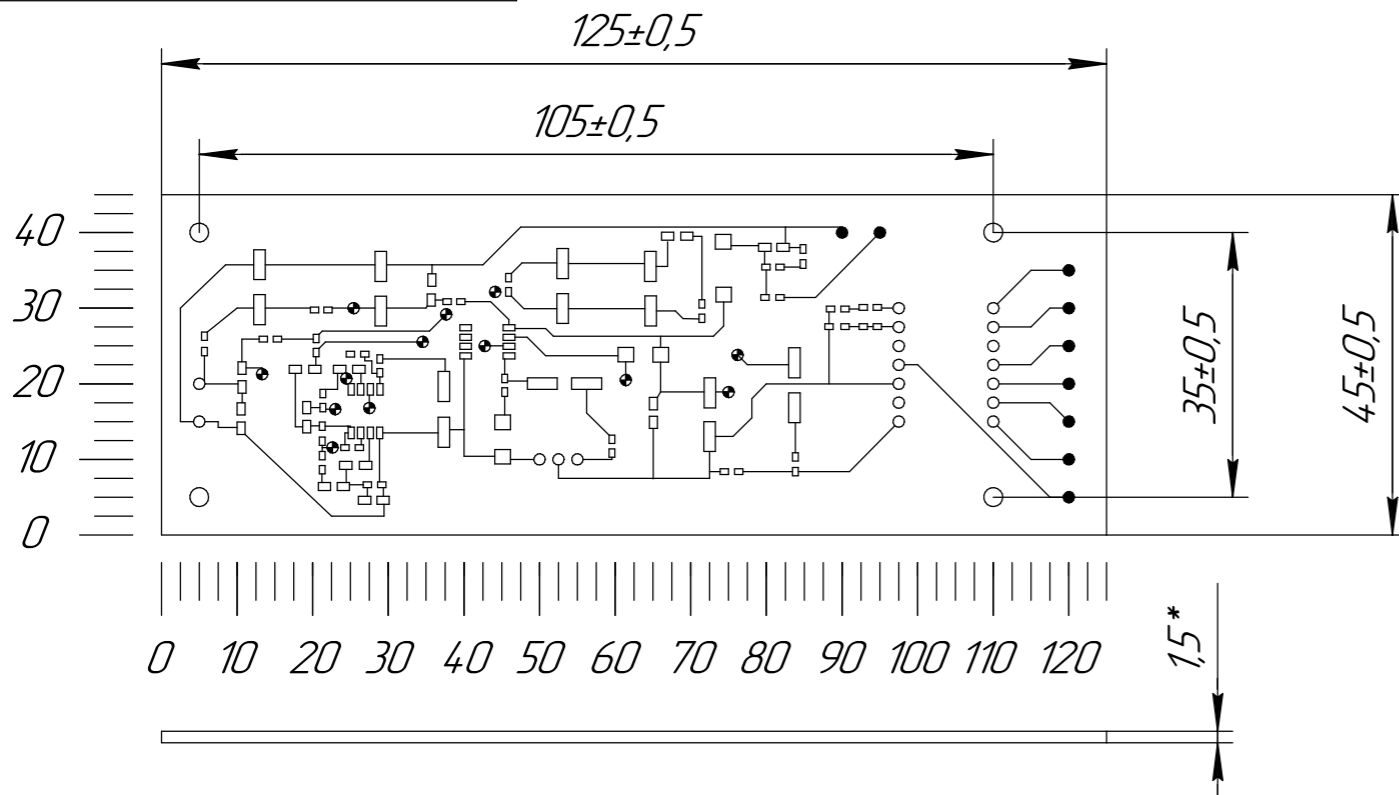
Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ар.

ПДЮ 7.103.001



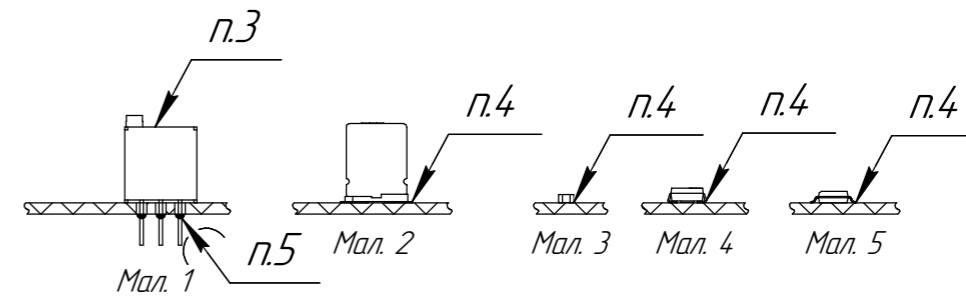
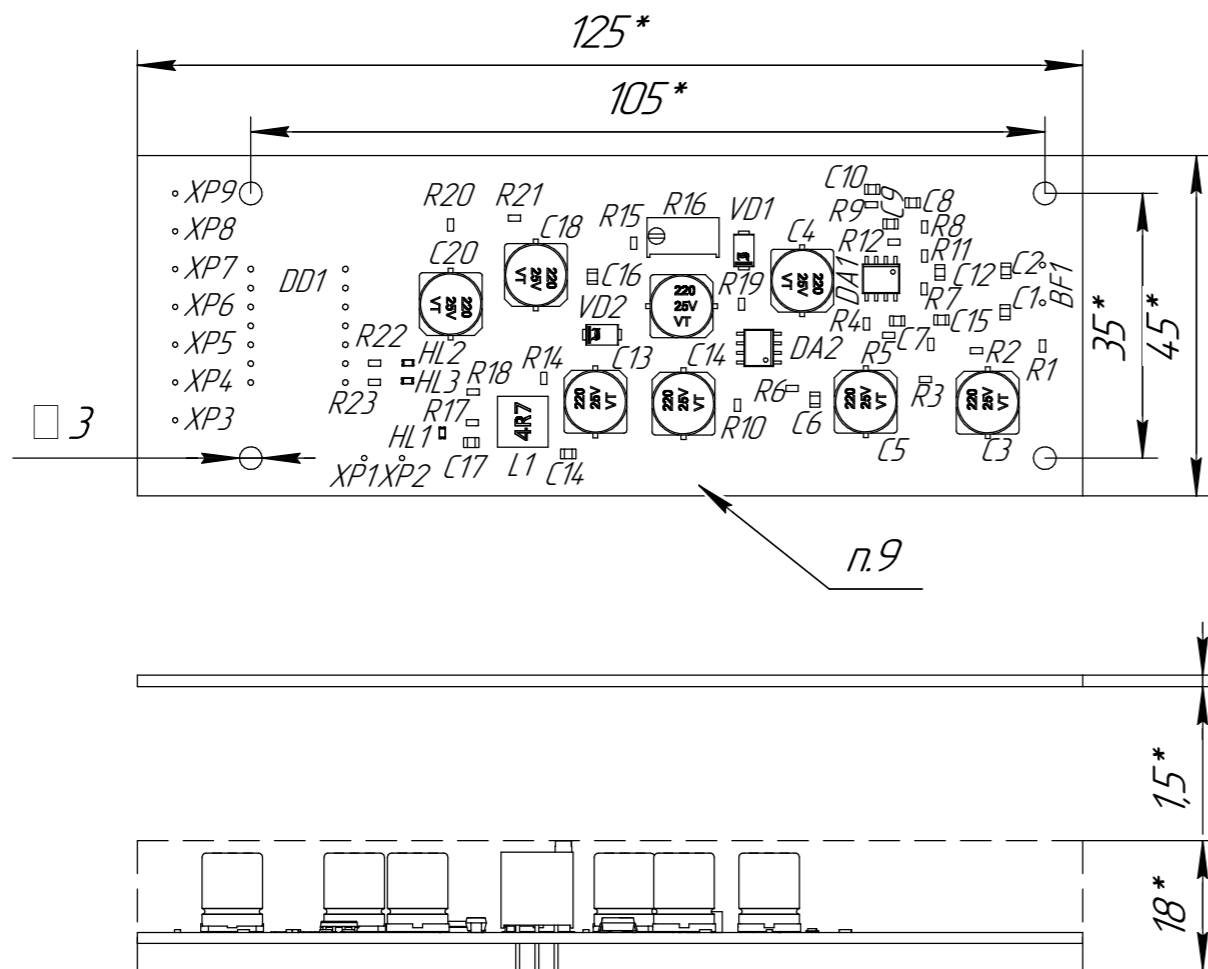
Таблиця отворів 1

Позначення отвору	Діаметру отвору	Діаметр конт. площадки	Наявність металізації	Кількість отворів
⊕	0,7	1,5	з метал.	13
○	0,9	1,8	з метал.	14
●	1,2	2,8	з метал.	11

- \*Размір для довідок
- Плата повинна відповідати вимогам IPC-2221, та IPC-6012, клас точності 3, крок координатної сітки 2.5мм.
- Плату виконати комбінованим позитивним способом.
- Конфігурація друкованих провідників згідно креслення.
- Параметри отворів див. таблицю 1.
- Таврувати штамп ВТК, маркувати заводський номер фарбою маркувальною ISO 3098, висота шрифту – 2,5 мм.

				ПДЮ 7.103.001		
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Вага	Масштаб
Розроб.	Панасюк Д.Ю.					1:1
Перевір.	Дунець В.Л.					
Реценз.				Арк	Аркушів	1
Н.контр.	Хвастівська Л.В.			ТНТУ ім. І. Пулюя РАС-41		
Затверд.	Дунець В.Л.					
СФ1-35-1						

ПДЮ 2.032.001 СК



1. \*Розмір для довідок
  2. Підготовку до монтажу виконати згідно ДСТУ2779
  3. Встановлення елементів виконати згідно ДСТУ2783
- Елементи встановити відповідно до зображених варіантів на кресленні
4. Встановити SMD елементи відповідно до вимог та зображень у datasheet
  5. Пайка елементів виконувати у відповідності з ОСТ4ГО.054.267.
- Паяти припоєм ПОС-61 ДСТУ 2784.
6. Паста КПТ-8 ОСТ21831-65
  7. Різьбові з'єднання стопорити емаллю ПФ-115
  8. Маркувати номером, датою, літерою зміни ПФ-115.
  9. Друкований вузол покрити лаком УР-231 ТУ 6-21-14-90
  10. Елементи схеми позначенням показані умовно

				ПДЮ 2.032.001 СК			
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Друкований вузол активного підсилювача мікрофону з Bluetooth модулем Складальне креслення	Літ.	Вага	Масштаб
Розроб.	Панасюк Д.Ю.					0,27	1:1
Перевір.	Дунець В.Л.				Арк	Аркушів	1
Реценз.					ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41		
Н.контр.	Хвастівська Л.В.				Формат А3		
Затверд.	Дунець В.Л.			Копіював			

Форм.	поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
			<u>Документація</u>		
A3		ПДЮ 2.032.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
A4		ПДЮ 2.032.001 ПЕ	Перелік елементів	2	
A3		ПДЮ 2.032.001 СК	Вузол друкований	1	
			<u>Деталі</u>		
A3		ПДЮ 7.103.001	Плата друкована	1	
			<u>Інші вироби</u>		
			<u>Мікрофон</u>		
			ВСМ-9765Р "BESTAR"	1	BF1
			<u>Конденсатори</u>		
			MLCC-SMD/SMT 50V 2.2nF		
			COG1206 ±10% "KEMET"	1	С10
			MLCC-SMD/SMT 50V 10nF		
			COG1206 ±10% "KEMET"	2	С7,С8
			MLCC-SMD/SMT 50V 100nF		
			COG1206 ±10% "KEMET"	3	С1,С9,С15
			MLCC-SMD/SMT 50V 1µF		
			COG1206 ±10% "KEMET"	6	С2,С6,С12
					С14,С17,С19
			UUX2G010MNL1GS 16V 4.7µF ±10% "Nichicon"	1	С4
			UUX2G010MNL1GS 16V 10µF ±10% "Nichicon"	1	С16

<b>ПДЮ 2.032.001</b>				
Змн.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Панасюк Д.Ю.			
Перевір.	Дунець В.Л.			
Реценз.				
Н.контр.	Хвостівська Л.В.			
Затверд.	Дунець В.Л.			
<b>Специфікація</b>			Лім.	Арк.
				1
				2
			ТНТУ ім. І. Пулюя РАС-41	

