

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Радіотехнічний факультет  
Кафедра прикладної радіоелектроніки

До захисту допущено:

В.о. зав.кафедри

\_\_\_\_\_ Михайло СТЕПАНОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Дипломний проєкт  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньою програмою «Інтелектуальні технології мікросистемної  
радіоелектронної техніки»  
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
на тему: Пристрій звукозаписуючий портативний

Виконала:

студентка IV курсу, групи ПІ-81

Кадема Вікторія Вадимівна

Прізвище, ім'я, по батькові

Керівник: ст. виклад. Головня Вікторія Мілентіївна

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові

Рецензент: доцент Гусєва Олена Володимирівна

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові

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

Студентка



Київ – 2022 року

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Михайло СТЕПАНОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.





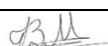
**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студентки**

**Кадеми Вікторії Вадимівни**

1. Тема проєкту «Пристрій звукозаписуючий портативний», керівник проєкту Головня Вікторія Мілентіївна, старший викладач.
2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2022 року
3. Вихідні дані до проєкту: напруга живлення 3.3 – 5 В, струм на аналоговій частині схеми 3 мА, на всій іншій схемі 7-8 мА, габаритні розміри приладу не більше 50x30x15 мм, час безперервного запису не менше 72 год, запис здійснюється на карту пам'яті не менше 64 Гб, середнє напрацювання на відмову не менше 30000 год.
4. Зміст пояснювальної записки: перелік скорочень, вступ, аналіз технічного завдання, опис схеми електричної принципової, вибір компонентів і матеріалів, розрахунки друкованої плати, розробка конструкції пристрою розрахунки що підтверджують працездатність, висновки, перелік джерел посилань, додатки.
5. Перелік графічного матеріалу: специфікація на прилад, складальний кресленик пристрою, перелік елементів, складальний кресленик друкованого вузла, специфікація друкованого вузла, топологія шарів ДП.
6. Дата видачі завдання 01 травня 2022 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Ознайомлення з темою, пошук попередньої інформації	02.05 – 03.05	виконано
2	Пошук аналогів, їхній аналіз	03.05 – 05.05	
3	Створення структурної схеми приладу	05.05 – 06.05	виконано
4	Створення схеми принципової	06.05 – 09.05	
5	Аналіз та підбір елементної бази	09.05 – 12.05	виконано
6	Назначення корпусів елементів	12.05 – 14.05	
7	Трасування плати	14.05 – 19.05	виконано
8	Розробка конструкції пристрою	19.05 – 24.05	
9	Розрахунки що підтверджують працездатність приладу	24.05 – 27.05	виконано
10	Оформлення текстової та графічної документації	27.05 – 10.06	

Студентка



Вікторія КАДЕМА

Керівник



Вікторія ГОЛОВНЯ

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки обсягом 50 сторінок, включає 17 рисунків, 5 таблиць, 3 креслень, 9 посилань, 9 додатків.

**Ключові слова:** пристрій звукозаписуючий портативний, друкована плата, конектор, STM32L4P5CE, мікросхема, негласні слідчі розшукові дії.

В цьому дипломному проєкті було розроблено пристрій звукозаписуючий портативний. Перевагами приладу є його здешевлення на фоні аналогів при покращенні деяких параметрів.

Проведено аналіз відомих конструкцій та схемотехнічних рішень. Враховуючи їх переваги та недоліки, а саме розмір та години безперервної роботи. Виконано розробку структурної та електричної принципової схеми, проведено вибір елементної бази, розроблено друковані плати та корпус приладу, проведено розрахунки, які підтверджують його працездатність.

## ANNOTATION

The thesis consists of an explanatory note of 50 pages, includes 18 figures, 4 tables, 3 drawings, 9 references, 9 appendices.

**Key words:** portable sound recorder, printed circuit board, connector, STM32L4P5CE, chip, covert investigative actions.

In this diploma project a portable sound recording device will be developed. The advantages of the device are its reduction in price compared to analogues while improving some parameters.

The thesis includes analysis of known designs and circuit solutions is carried out. Given their advantages and disadvantages, namely the size and hours of continuous operation. The structural and electrical schematic diagram was developed, the element base was selected, printed circuit boards and the device body were developed, and calculations confirming its operability were performed.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**до дипломного проекту**

на тему: «Пристрій звукозаписуючий портативний»

Київ – 2022

## ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз технічного завдання .....	10
1.1 Аналіз з точки зору конструктора .....	10
1.1.1 Призначення та об'єкт встановлення ЕА .....	10
1.1.2 Умови експлуатації ЕА.....	10
1.2 Аналіз з точки зору технолога .....	11
1.2.1 Вибір матеріалу плати .....	11
1.2.2 Вибір класу точності плати та щільності виробництва .....	12
1.2.3 Вибір технології виготовлення плати.....	12
1.3 Аналіз аналогів .....	13
2 Опис схеми електричної принципової .....	16
2.1 Опис та аналіз схеми електричної принципової. Елементна база .	16
3 Вибір компонентів і матеріалів .....	17
3.1 Попередній вигляд корпусу .....	17
3.2 Вибір та обґрунтування елементної бази .....	18
3.2.1 Вибір резисторів .....	18
3.2.2 Вибір конденсаторів .....	18
3.2.3 Вибір мікросхем.....	19
3.2.4 Кварцовий резонатор .....	20
3.2.5 Діоди та світлодіоди .....	20
3.2.6 Перемикачі та роз'єми.....	20

					<b>PI81. 467369.001 ПЗ</b>							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Пристрій звукозаписуючий портативний</b>			Літ.	Арк.	Акрюшів		
Розроб.		Кадема								6	54	
Перевір.		Головня						<b>PI-81 РТФ</b>				
Н. Контр.												
Затверд.		Головня										

3.2.7 Мікрофон.....	20
3.3 Матеріал корпусу.....	21
4 Розрахунки друкованої плати .....	22
4.1 Розрахунок геометричних розмірів .....	22
4.2 Розрахунок ширини друкованих провідників.....	23
4.2.1 Розрахунок зазорів між елементами .....	26
4.2.2 Розрахунок відстані у вузькому місці для прокладання 1 провідника між двома контактними майданчиками.....	27
4.3 Трасування ДП.....	27
5 Розробка конструкції пристрою .....	31
6 Розрахунки що підтверджують працездатність.....	35
6.1 Розрахунок резонансної частоти.....	35
6.2 Розрахунок надійності.....	36
Висновки.....	38
Перелік джерел посилань.....	39
Додаток А .....	2
Додаток Б.....	5
Додаток В.....	6
Додаток Г .....	10
Додаток Ґ .....	11
Додаток Д.....	12
Додаток Е.....	13
Додаток Є.....	16
Додаток Ж.....	17



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

БДП – багат шарова друкована плата

ДВ – друкований вузол

ДДП – двостороння друкована плата

ДП – друкована плата

USB – «Universal Serial Bus» — універсальна послідовна шина

SD – «Secure Digital Memory Card (SD)» — формат карти пам'яті

SMD – «Surface-mounted device» — поверхневий монтаж.

					<i>PI81.467369.001 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

У період воєнного стану питання забезпечення сил безпеки і сил оборони ефективними і дієвими пристроями запису, відтворення та передачі інформації завжди постають дуже гостро. Тематика диплому є актуальною, оскільки розробка портативних звукозаписуючих пристроїв пов'язана із забезпеченням безпеки. В Законі “Про національну безпеку України” є навіть окремий термін для цього. Згідно з п. 13 ст. 1 Закону України “Про національну безпеку України” оборонно-промисловий комплекс України - сукупність органів державного управління, підприємств, установ і організацій промисловості та науки, що розробляють, виробляють, модернізують і утилізують продукцію військового призначення, надають послуги в інтересах оборони для оснащення та матеріального забезпечення сил безпеки і сил оборони, а також здійснюють постачання товарів військового призначення та подвійного використання, надання послуг військового призначення під час виконання заходів військово-технічного співробітництва України з іншими державами [1].

Даний прилад використовується для негласних слідчих розшукових дій: оперативно-розшукових та оперативно-технічних заходів з метою попередження та виявлення злочинів, розшуку осіб які переховуються від правоохоронних органів, запису судового процесу тощо. Цей прилад призначений лише для певного кола користувачів, які мають офіційні дозволи на проведення негласних слідчих розшукових дій та аудіо та відео зйомки. Але не дивлячись на це прилади такого типу користуються великою популярністю. Ефективне та своєчасне проведення негласних слідчих (розшукових) дій може забезпечити встановлення слідчим або прокурором обставин кримінального правопорушення, які в інший спосіб встановити неможливо, оскільки відповідні особи, не підозрюючи, що є об'єктами спостереження, поведуть себе природно, що дає змогу підтвердити факт їх злочинної діяльності.

					<b><i>PI81.467369.001 ПЗ</i></b>	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Згідно технічного завдання необхідно розробити пристрій портативний звукозаписуючий з зовнішнім живленням та живленням від акумулятора.

Живлення здійснюється від мережі через порт USB або змінний акумулятор.

Напруга живлення (3.3 – 5) В, струм на аналоговій частині схеми – 3мА, на всій іншій схемі – (7-8)мА. Габаритні розміри приладу, не більше 50x30x15 мм, час безперервного запису не менше 48 год, запис здійснюється на карту пам'яті не менше 64 ГБ. Середнє напрацювання на відмову має складати не менше 30000 год.

Захист від механічних впливів на плату здійснюється корпусом.

Ввімкнення і вимкнення приладу здійснюється перемикачем.

## 1.1 Аналіз з точки зору конструктора

### 1.1.1 Призначення та об'єкт встановлення ЕА

Умови призначення та встановлення згідно ГОСТ 16019-2001 [3], Р6 – носима, розміщується при використанні в одязі або під одягом оператора, або в опалюваних наземних і підземних спорудах.

### 1.1.2 Умови експлуатації ЕА

Кліматичне виконання за ГОСТ 15150-69 ТС4 [2]. У4 — Помірний мікрокліматичний район; 4 – експлуатація в критих приміщеннях з опаленням і штучною вентиляцією. Допускається експлуатація на відкритих місцевостях за умови що на пристрій не попадатиме волога і температура повітря коливатиметься в межах від -17 до +63°C;

— робочі температури, -17 ... +63 °С;

— граничні температури, -40 ... +63 °С;

— верхнє значення відносної вологості, 75 % при 15 °С;

Умови експлуатації згідно ГОСТ 16019-2001 Р6 [3]. Такі умови експлуатації мають наступні основні характеристики:

					<b>PI81.467369.001 ПЗ</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— синусоїдальна вібрація (діапазон частот, 10...70 Гц, амплітуда прискорення 19,6 м/с<sup>2</sup> або 2 g, тривалість впливу 90 хв);

— механічні удари при експлуатації (пікове ударне прискорення 98 м/с<sup>2</sup> або 10 g, тривалість удару 16 мс число ударів в кожному напрямку 1000), при транспортуванні (пікове ударне прискорення 250 м/с<sup>2</sup> або 25 g, тривалість удару 6 мс, число ударів в кожному напрямку 4000);

— понижена температура, робоча +5 °С, гранична –40°С, час витримки при цих температурах 2 год;

— підвищена температура, робоча +40 °С, гранична +55°С, час витримки при цих температурах 2 год.

## **1.2 Аналіз з точки зору технолога**

Задля виконання умови про розміри плати, було прийнято рішення зробити її 4-х слойною. Її доцільно виготовляти комбінованим негативним методом, тобто спочатку витравляються провідники, а потім металізуються отвори. Доріжки було зроблено мінімально допустимими задля збереження безпечного функціонування плати і водночас зменшення місця яке займають доріжки. Розміщення елементів здійснювалось максимально близько одне до одного, так як вони розташовані на схемі.

### **1.2.1 Вибір матеріалу плати**

Матеріалом плати обрано фольгований склотекстоліт FR4.

Параметри матеріалу:

Модуль пружності –  $3,02 * 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup>

Густина –  $1,85 * 10^3$  кг/м<sup>3</sup>

Коефіцієнт Пуассона – 0,136

					<b>PI81.467369.001 ПЗ</b>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Склотекстоліт має високу механічну міцність, термостійкість, низькі втрати, високий поверхневий опір. Стек шарів плати показано на рисунку 1.1.

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness
	Top Overlay		Overlay		
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01mm
1	Top Layer	FR4	Signal	1oz	0.035mm
	Dielectric 1	PP-006	Prepreg		0.1mm
2	G1	CF-004	Signal	1oz	0.0175mm
	Dielectric 2	Core-009	Core		1.265mm
3	G2	CF-004	Signal	1oz	0.0175mm
	Dielectric 3	PP-006	Prepreg		0.1mm
4	Bottom Layer	FR4	Signal	1oz	0.035mm
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01mm
	Bottom Overlay		Overlay		

Рисунок 1.1 — Стек шарів плати

Звідси видно що товщина міді на зовнішніх шарах плати 0,035мм.

### 1.2.2 Вибір класу точності плати та щільності виробництва

Так як за ТЗ плата виходить малих габаритів, приблизно 30x20мм, тому компоненти матимуть переважно малі виводи. Отже слід брати мінімальні значення вказані виробником [5]. З цього виходить що рекомендований клас точності – 5.

### 1.2.3 Вибір технології виготовлення плати

При виготовленні БДП буде використовуватись метод попарного пресування. Спочатку створюються дві ДДП комбінованим негативним способом, потім після склеювання цих двох ДДП ізоляційною склеюючою прокладкою свердлять наскрізні отвори та створюють рисунок зовнішніх шарів комбінованим позитивним методом. Таким чином здійснюється електричне з'єднання між шарами плати.

					<b>PI81.467369.001 ПЗ</b>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3 Аналіз аналогів

Досліджуючи ринок було знайдено декілька аналогів які максимально схожі на прилад представлений у роботі.



Рисунок 1.3 – Мініатюрний диктофон Gem Atom

Мініатюрний диктофон Gem Atom (рис. 1.3). Виробник Ірландія. Розміри 14x20x4.5мм. Не має корпусу, лише друкований вузол та SD карта, з'ємна батарея підключається на провідках, наявна робота та зарядка батареї від USB. Час безперервної роботи від одного заряду (130 mAh) 82 години. Присутнє планування запису. Запис здійснюється на зовнішній SD накопичувач. Підтримує карти до 128 Гб.



Рисунок 1.4 – Цифровий диктофон MOSQUITO-ST-V4

Цифровий диктофон MOSQUITO-ST-V4 (рис. 1.4). Виробник Україна. Розміри 55 x 24 x 6мм. Має корпус та вбудований акумулятор (200 mAh). Відсутня робота та зарядка батареї від USB. Час безперервної роботи від одного заряду 60 год. Запис здійснюється на зовнішній SD накопичувач.

Прилад, розроблений у цій роботі матиме такі характеристики. Плата в корпусі з приблизними розмірами 33x23,5x12мм, безперервний запис від зовнішнього акумулятора 750 mAh – 53,5 год. Наявна робота та зарядка батареї від USB. Підтримка карт 128 Гб. Присутнє планування запису.

Нижче в таблиці 1.1 наведено порівняльну характеристику аналогів з моїм приладом.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика

	Gem Atom	MOSQUITO-ST-V4	Мій прилад
1	2	3	4
Розмір,	14x20x4.5мм	55x24x6мм	33x23,5x12мм
Безперервний запис від одного заряду	82 год	60 год	53,5 год
Наявність корпусу	Ні	Так	Так
Розташування батареї	Зовнішнє	Внутрішнє	Зовнішнє
Об'єм батареї	130 mAh	200 mAh	750 mAh
Можливість змінювати об'єм батареї	Так	Ні	Так

## Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Робота від USB	Так	Ні	Так
Можливість одночасно працювати і заряджатись	Так	Ні	Так
Зовнішній SD накопичувач	Так	Так	Так
Підтримка карт	128 Гб	Не вказано	128 Гб
Планування запису	Так	Не вказано	Так
Співвідношення сигнал/ шум	82 дБ	Не вказано	65 дБ
Ціна	~ 33 000 грн	~ 16 000 грн	~ 6 000 грн

Отже з таблиці можемо зробити висновки, що у порівнянні з MOSQUITO-ST-V4 прилад має менші габарити та можливість змінювати батарею. Gem Atom програє тим, що не має корпусу. Але мій прилад однозначно набагато вигідніший в ціні за всі інші аналоги.

					<b>PI81.467369.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



## 2 ОПИС СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

### 2.1 Опис та аналіз схеми електричної принципової. Елементна база

Схема електрична принципова включає в себе частину схеми з мікроконтролером, частину з живленням та аналогову частину. Струм на аналоговій частині схеми – 3мА, на всій іншій схемі – 7-8мА. Напруга живлення 3,7В, після мікросхеми керування живленням – 3,3В. На схемі присутні такі елементи як мікроконтролер, мікрофон, підсилювач звуку, мікросхема керування живленням, перемикач, лінійний стабілізатор напруги, слот для карти пам'яті, конектор, N-канальний польовий транзистор, резистори, конденсатори, світлодіод, кварцевий резонатор та діод.

Мікроконтролер використовується для керування пристроєм, підсилювач для підсилення сигналу з мікрофона та передається на аналогово цифровий перетворювач мікроконтролера, лінійний стабілізатор напруги забезпечує роботу приладу при низькій напрузі акумулятора, мікросхема керування живленням контролює рівень заряду та забезпечує динамічний перехід між зовнішнім живленням та акумулятором. Функціональний вузол аналогової частини: після підсилювача на схемі розташований конденсатор який блокує постійну складову сигналу, потім за допомогою фільтра зібраного з двох резисторів живлення ділиться навпіл, а сигнал зсовується до центра живлення. Функціональний вузол з перемикачем: в ситуації коли мікроконтролеру потрібно увійти в «сон», але при цьому перемикач стоїть в положенні «Вкл.» мікроконтролер треба «обманути», за допомогою конденсатора прибирається постійна частина, залишається тільки змінна, сигнал тепер може бути як +3,3В так і – 3,3В, діод прибирає від'ємну частину сигналу залишаючи тільки позитивні імпульси і резистори для швидшої розрядки конденсатора.

Структурна схема пристрою наведена у Додатку Б

Схема електрична принципова наведена у Додатку В

					<b>PI81. 467369.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

## 3 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ І МАТЕРІАЛІВ

### 3.1 Попередній вигляд корпусу

Попередній вигляд корпусу показано на рис. 1.2.

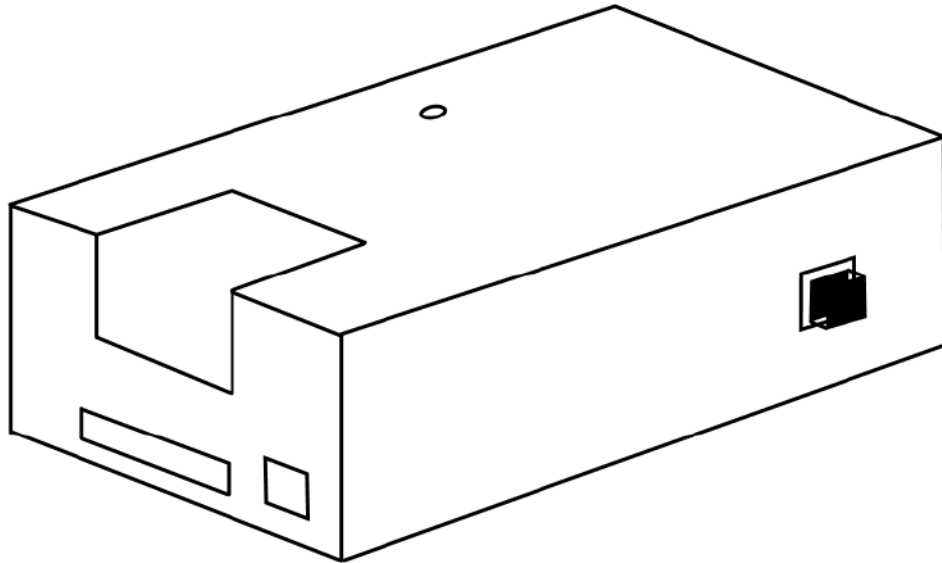


Рисунок 1.2 – Попередній вигляд корпусу

В корпусі мають бути отвори для підключення USB конектора, отвір для зручнішого виймання SD карти, також в корпусі має бути перехідник на перемикач для зручнішого перемикання пальцем без використання сторонніх предметів. Наявні отвори для мікрофона та світлодіоду та конектора для живлення. Кріплення плати просте, вона зажимається штирьками на корпусі та кришці плати, кришка прикручується гвинтами.

Мікрофон і USB на платі розміщені один навпроти одного щоб забезпечувати кращий звукозапис під час зарядки пристрою. Роз'єм для SD карти розміщений так щоб карта пам'яті знаходилась над іншими елементами тим самим зменшуючи габарити пристрою. Акумулятор під'єднується на конекторі. Перемикач розміщений вздовж довшого краю плати для зручного його перемикання великим пальцем руки, при умові розміщення плати в долоні так щоб мікрофон був у напрямку від себе.

### 3.2 Вибір та обґрунтування елементної бази

При виборі елементної бази слід звертати увагу на такі чинники:

- Мінімальні розміри компонентів
- Відносно низька ціна
- Відповідність параметрам приладу
- Доступність

Для вибору елементної бази використовуються каталоги магазинів:

- «РКС Компоненти» [6]
- «Mouser Electronics» [7]

#### 3.2.1 Вибір резисторів

Усі резистори були взяті в корпусі SMD 0201. Порівняльна характеристика різних виробників резисторів наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика різних виробників резисторів

	Panasonic	Ohmite	Yageo
Відхилення від номіналу, %	0,1 ... 5	0,5 ... 1	0,1 ... 5
Діапазон температур, °C	-55...+155	-55...+150	-55...+155
Потужність, мВт	50	100	50...200
Ціна за шт. , €	~ 0,1...0,3	~ 0,4...0,6	~ 0.6...1,27

Виходячи з таблиці можемо обрати фірму Panasonic тому що у них найнижча ціна при цьому параметри підходять для використання їх у ДВ.

#### 3.2.2 Вибір конденсаторів

Конденсатори також були вибрані у корпусі 0201 окрім танталових конденсаторів. Порівняльна характеристика конденсаторів наведена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика конденсаторів

	Samsung	Kemet	Murata
Відхилення від номіналу, %	10 ... 20	1 ... 5	10 ... 20
Діапазон температур, °C	-55...+85	-55...+105	-55...+125
Ціна за шт. , €	~ 0,124...0,33	~ 0,28...0,7	~ 0,35...0,5

Конденсатори було вибрано марки Samsung тому, що у порівнянні з Murata відхилення номіналу однакове а ціна менша.

Танталові полярні конденсатори були взяті у розмірі 0805, бо це найменший корпус для полярних конденсаторів з номіналом 100 мкФ. У каталогах магазинів в яких виконувався пошук елементної бази танталовий конденсатор з підходящими параметрами був доступний лише від фірми Kyocera AVX.

### 3.2.3 Вибір мікросхем

Пристрій був створений на базі мікросхеми STM32L4P5CE від STMicroelectronics. Це бюджетний варіант мікросхеми. Вона зручна тим що має зручну програму для налаштування STM32CubeMX. Також це найменша мікросхема STM в корпусі LQFP48 у якої є інтерфейс SDMMC для SD карти.

Мікросхема керування живленням BQ24072 у корпусі VQFN була обрана бо була єдина доступна в каталогах магазинів які розглядались.

Лінійного стабілізатора напруги MCP1700 достатньо щоб виконувати поставлені задачі він малий та не дорогий.

Підсилювач звуку MAX9814 в корпусі DFN менший за свої аналоги, має хороші властивості підсилення звуку (40дБ, 50дБ, 60дБ) та дешевий.

### **3.2.4 Кварцовий резонатор**

Кварцовий резонатор на 32.768 кГц не важливо від якого виробника, головне SMD корпус. Тому з наявних в каталозі було обрано кварцовий резонатор від фірми ECS в корпусі SMD 3.2x1.5mm.

### **3.2.5 Діоди та світлодіоди**

Діод брався для блокування від'ємного імпульсу з конденсатора розташованого поряд з кнопкою. Враховувалась тільки його ціна тому було обрано діод від ON Semiconductor 1N4148.

Світлодіод обирався в корпусі SMD 0603 у якого падіння напруги не нижче 3.3 В тому зелені і білі не підходили. Між синім і червоним було обрано червоний так як він менш яскравіший щоб не привертати увагу.

### **3.2.6 Перемикачі та роз'єми**

На платі наявні два роз'єми і один перемикач. Роз'єм для живлення та зарядки був обраний micro USB 105017-0001 від Molex тому, що в порівнянні з іншими USB та Type-C він менший по габаритах, а саме ця модель жорстко кріпиться до плати та запобігає вириванню роз'єма з плати.

Роз'єм для SD карти також від Molex, він цікавий тим що при встановленні карти пам'яті в роз'єм, під картою залишається ще вільне місце для встановлення компонентів, за рахунок чого економиться місце на платі і зменшуються її габарити.

Перемикач вибирався також мінімальних розмірів та виступав за плату. Такий був від CKSwitches перемикач SPDT PCM12SMTR.

### **3.2.7 Мікрофон**

Мініатюрний мікрофон 1M024 від Sonion містить вбудований конденсатор і інтегрований підсилювач для зменшення чутливості до високочастотних паразитних сигналів. Такі мікрофони використовуються для слухових апаратів диктофонів та іншого. У нього високий рівень захисту від статички та електромагнітних наводок.

					<b>PI81.467369.001 ПЗ</b>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3 Матеріал корпусу

Оскільки корпус матиме багато дрібних деталей та відносно малу товщину стінок, матеріал корпусу має бути твердим і водночас легко піддаватись обробці. За основу взято можливості одного з українських виробників, який пропонує виготовлення тонкостінних моделей з пластику [8], і, відповідно, було обрано метод лиття двохкомпонентного пластику в форму. Такий пластик створюється в процесі змішування основи і затверджувача після цього ця суміш під дією повітря твердіє створюючи тверду полімерну структуру. Цей спосіб є ефективним бо на стадії змішування і лиття полімеру у форму він має рідку і сильно текучу структуру, що дозволяє йому заповнити всі дрібні деталі корпусу. Тобто таким способом можна забезпечити товщину стінок корпусу в 2мм.

					<i>PI81. 467369.001 ПЗ</i>	Арк.
						21
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 4 РОЗРАХУНКИ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

### 4.1 Розрахунок геометричних розмірів

Для визначення площі плати треба розрахувати мінімальну площу, що відповідає загальній площі всіх елементів кожної сторони. Тож розрахуємо площу всіх елементів.

Таблиця 4.1 – Площа компонентів

Корпус	<u>W</u>	<u>L</u>	<u>S</u>	<u>N</u>	<u>SS</u>	<u>Скомп</u>	<u>Спл</u>
0201 R	0,6	0,3	0,18	22	3,96	280,7975	962,5
105017-0001 USB	7,5	5	37,5	1	37,5		
0201 C	0,6	0,3	0,18	22	3,96		
0805 C	2	1,35	2,7	2	5,4		
SMD_3215 CRYST	1,6	1	1,6	1	1,6		
0603 led	1,6	0,8	1,28	1	1,28		
SOD-523 D	1,5	0,9	1,35	1	1,35		
VQFN BQ	3,67	3,67	13,4689	1	13,4689		
LQFP48 STM	9,2	9,2	84,64	1	84,64		
SPDT	6,7	2,6	17,42	1	17,42		
DFN MAX	3,1	3,1	9,61	1	9,61		
PK-47309-265-001 SD	11,4	5,5	62,7	1	62,7		
MCP1700 T-1202E	2	2	4	2	8		
1M024 MIC	5,54	3,95	21,883	1	21,883		
SOT-23 IREFML	3,04	2,64	8,0256	1	8,0256		

Площу одного елемента визначали за формулою

$$S = WL ,$$

де  $W$  — ширина елементів;  $L$  — довжина елементів.

Площу елементів певного корпусу визначали за формулою

$$SS = SN ,$$

де  $N$  — кількість елементів;  $S$  — площа елементів певного корпусу.

Загальна площа елементів поверхневого корпусу

$$Скомп_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n SS_i ,$$

де  $SS$  – площа елементів певного корпусу.

З табл. 4.1 отримаємо площу, яку займають елементи поверхневого монтажу — 280,7975 мм<sup>2</sup>, тому оптимальний розмір плати з урахуванням доріжок буде — 962,5 мм<sup>2</sup>.

					<b>PI81.467369.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Для забезпечення оптимального раціонального розміщення елементів, було обрано двосторонню плату стандартної прямокутної форми з приблизними розмірами 27,5 x 17,5 мм.

#### **4.2 Розрахунок ширини друкованих провідників**

Розрахунки були проведені у програмі Mathcad.

Для розрахунку ширини друкованих провідників необхідно знати який максимальний струм та напруга проходять через силові та сигнальні ланцюги. Аналізуючи отримане завдання отримуємо, що для сигнальних провідників  $I_{\max} = 0,3\text{A}$ , а для силових  $I_{\max} = 0,7\text{A}$ . Проведемо розрахунки ширини друкованих провідників.

					<i>PI81.467369.001 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Для сигнальних:**

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

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

$$t1V_S := t_{\min D_S} + |\Delta t_{\text{но}S}| = 0.3 \text{ mm}$$

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

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

Вибираємо за класом точності (на один менше)  $t_{\min D_S} := 0.45 \text{ mm}$   
Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення)  $\Delta t_{\text{но}S} := -0.1 \text{ mm}$

$$t1III_S := t_{\min D_S} + |\Delta t_{\text{но}S}| = 0.55 \text{ mm}$$

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

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

Питомий опір провідників (Ом\*мм<sup>2</sup>/м)-  $\rho_s := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$   
Довжина провідника (м)-  $l_S := 0.038 \text{ m}$   
Товщина фольги (мм)-  $h_S := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$   
Прикладена напруга (В)-  $U_{\text{жив}S} := 3.3 \text{ V}$   
Максимальний струм (А)-  $I_{\max S} := 0.3 \text{ A}$

$$t2_S := \frac{l_S \cdot I_{\max S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{\text{жив}S} \cdot 0.03} = 0.058 \text{ mm}$$

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

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

Максимальний струм (А)-  $I_{\max S} := 0.3 \text{ A}$   
Товщина фольги (мм)-  $h_S := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$   
Допустима щільність струму в провіднику (А/мм<sup>2</sup>)-  $j_S := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$   
 $t3_S := \frac{I_{\max S}}{h_S \cdot j_S} = 0.429 \text{ mm}$

Рисунок 4.1 — Розрахунок для сигнальних ланцюгів

**Для силових:**

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

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

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

$$t1Vp := t_{minDp} + |\Delta t_{noP}| = 0.3\text{mm}$$

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

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

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

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

$$t1IIIp := t_{minDp} + |\Delta t_{noP}| = 0.55\text{mm}$$

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

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

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

Довжина провідника (м)-  $l_p := 0.058\text{m}$

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

Прикладена напруга (В)-  $U_{живp} := 3.7\text{V}$

Максимальний струм (А)-  $I_{maxp} := 0.7\text{A}$

$$t2p := \frac{l_p \cdot I_{maxp} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{живp} \cdot 0.03} = 0.183\text{mm}$$

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

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

Максимальний струм (мА)-  $I_{maxp} := 0.7\text{A}$

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

Допустима щільність струму в провіднику(А/мм<sup>2</sup>)-  $j_p := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t3p := \frac{I_{maxp}}{h_p \cdot j_p} = 1\text{mm}$$

C

**Рисунок 4.2 — Розрахунок для силових ланцюгів**

Результати розрахунків для сигнальних ланцюгів наведено на рис.4.1, для силових — рис. 4.2.

					<b>PI81.467369.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

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

**Для силових:**

$$t_{\min\_v} \geq \begin{cases} t1V_P & \text{у вузькому місці} \\ t2_P \\ t3_P \end{cases} \quad t_{\min\_w} \geq \begin{cases} t1III_P & \text{у широкому місці} \\ t2_P \\ t3_P \end{cases}$$

$$t_{\min\_vS} := \max(t1V_P, t2_P, t3_P) = 1 \cdot \text{mm} \quad t_{\min\_wS} := \max(t1III_P, t2_P, t3_P) = 1 \cdot \text{mm}$$

**Для сигнальних:**

$$t_{\min\_v} \geq \begin{cases} t1V_S & \text{у вузькому місці} \\ t2_S \\ t3_S \end{cases} \quad t_{\min\_w} \geq \begin{cases} t1III_S & \text{у широкому місці} \\ t2_S \\ t3_S \end{cases}$$

$$t_{\min\_vP} := \max(t1V_S, t2_S, t3_S) = 0.429 \cdot \text{mm} \quad t_{\min\_wP} := \max(t1III_S, t2_S, t3_S) = 0.55 \cdot \text{mm}$$

Рекомендована ширина для сигнального провідника  $t_{\min\_wP} = 0.55 \cdot \text{mm}$

Рекомендована ширина для силового провідника  $t_{\min\_wS} = 1 \cdot \text{mm}$

Якщо не можливо провести провідник шириною  $t_{\min\_wP} = 0.55 \cdot \text{mm}$  та  $t_{\min\_wS} = 1 \cdot \text{mm}$

то можна використовувати ширину провідників  $t_{\min\_vP} = 0.429 \cdot \text{mm}$  та  $t_{\min\_vS} = 1 \cdot \text{mm}$

Рисунок 4.3 — Узагальнюючі результати

Узагальнюючі результати наведено на рис.4.3. З них можна побачити що рекомендована ширина провідника силових ліній становить 1 мм а сигнального 0.429 – 0.55 мм.

#### 4.2.1 Розрахунок зазорів між елементами

Розрахунок зазорів  $S$  між елементами друкованого монтажу:

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

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

Допуск на ширину провідника (верхнє відхилення) (мм)-  $\Delta_{\text{тво}} := 0.1 \text{mm}$

$$S_{\min} := S_m + \Delta_{\text{тво}} = 0.35 \cdot \text{mm}$$

Рисунок 4.4 — Розрахунок зазорів

З рисунка 4.4 можемо бачити, що мінімальний зазор між провідниками рекомендований 0,25 мм.

#### 4.2.2 Розрахунок відстані у вузькому місці для прокладання 1 провідника між двома контактними майданчиками

З рисунка 4.5 можемо бачити що рекомендована відстань у вузькому місці для прокладання одного провідника між двома контактними майданчиками становить 1.4 мм.

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

Діаметр контактного майданчика 1(мм) -	D1 := 0.4mm	
Діаметр контактного майданчика 2(мм) -	D2 := 0.4mm	
Відстань між елементами провідникового рисунок, (мм)-	S <sub>min</sub> := 0.2mm	+
Кількість провідників-	N := 1	
Розміщення центрів осей (мм)-	T := 0.05mm	
Ширина провідника-	t <sub>min</sub> := 0.55mm	

$$L := \frac{D1 + D2}{2} + N \cdot t_{\min} + S_{\min} \cdot (N + 1) + T = 1.4 \text{ mm}$$

Рисунок 4.5 — Розрахунок відстані між двома контактними майданчиками

#### 4.3 Трасування ДП

Трасування ДП проводилось у середовищі Altium. Аналізуючи розрахунки для силових провідників видно, що ширина провідників яка була отримана при розрахунку по стандартних формулах виявилась доволі великою. Тому посилаючись на рекомендації одного з виробників ДП [5], візьмемо ширину друкованого провідника силових ланцюгів 0,3 мм, а сигнальних 0,2-0,1. Для зручності, та звільнення плати від лишніх провідників застосуємо полігон. Заливка землі (ланцюг GNDD та GNDA) виконані полігоном з однієї та іншої сторони плати . Результати трасування та заливки у верхньому шарі наведено на рис. 4.6, у нижньому шарі — рис. 4.7.



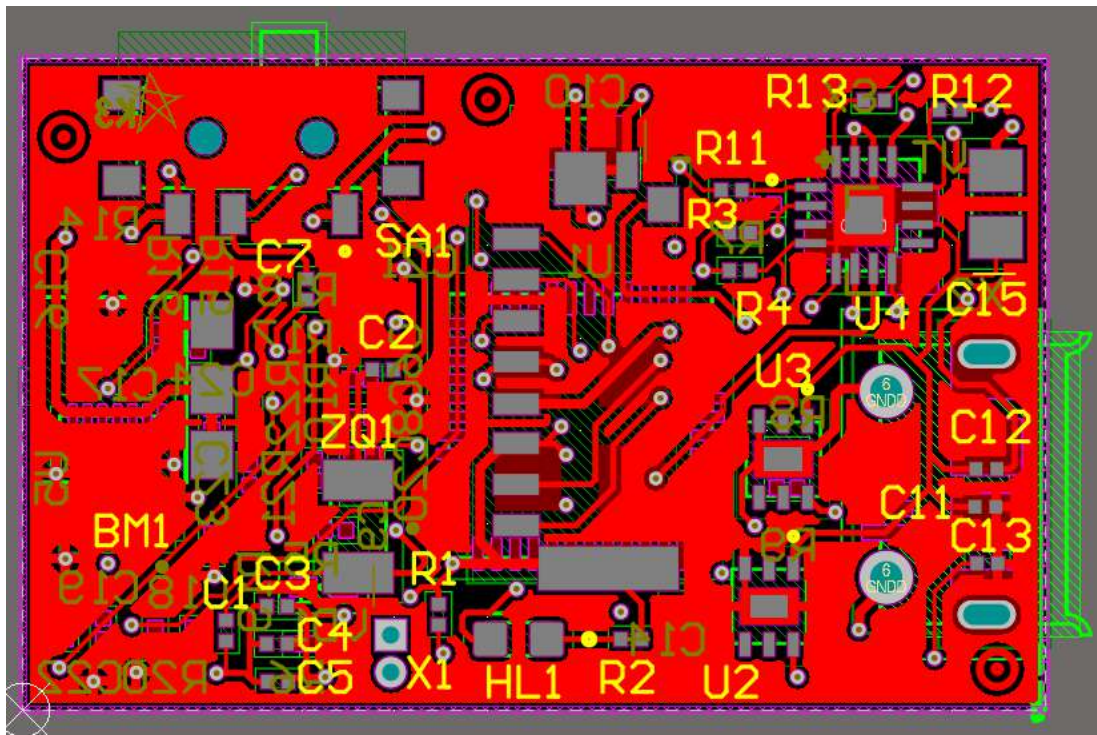


Рисунок 4.6 — Трасування у верхньому шарі

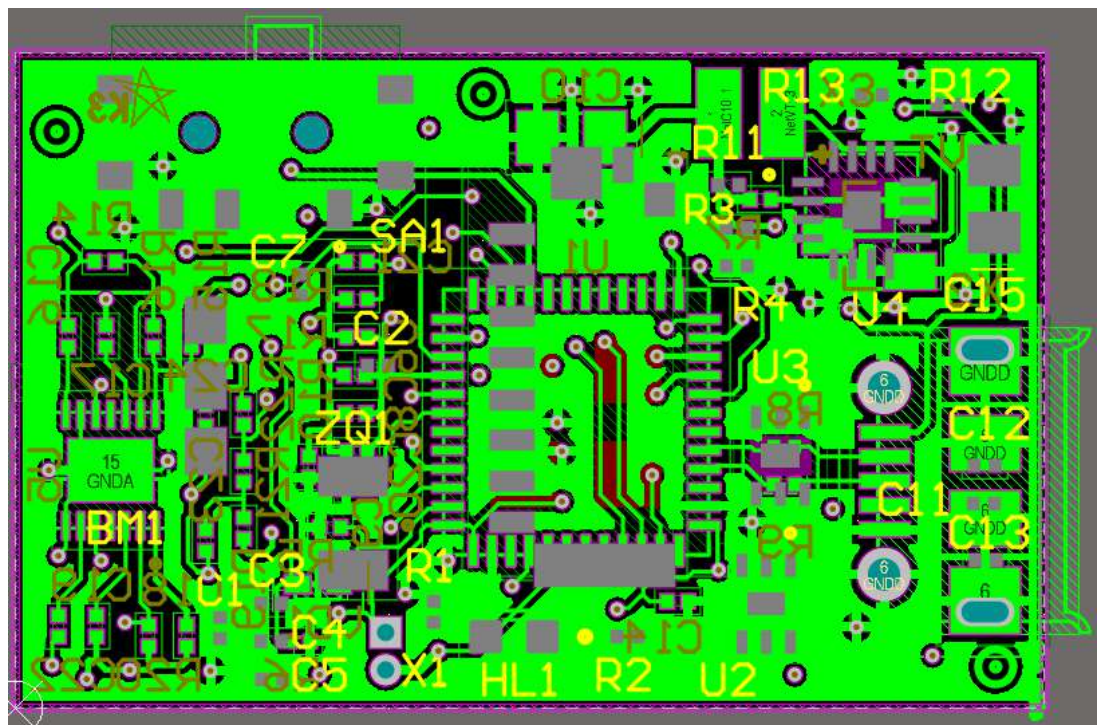


Рисунок 4.7 — Трасування у нижньому шарі

Також на платі присутні проміжні шари з полігонами V\_MCU (рис 4.8) та V\_Analog (рис 4.9).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.467369.001 ПЗ

Арк.

28

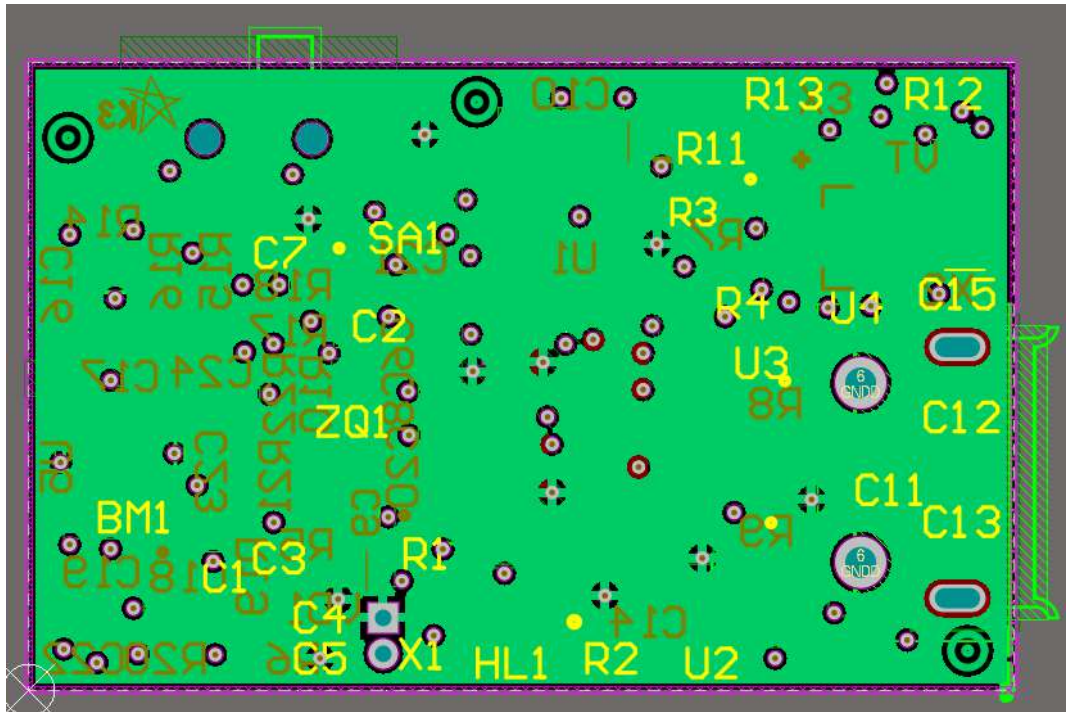


Рисунок 4.8 — Шар з полігоном V\_MCU

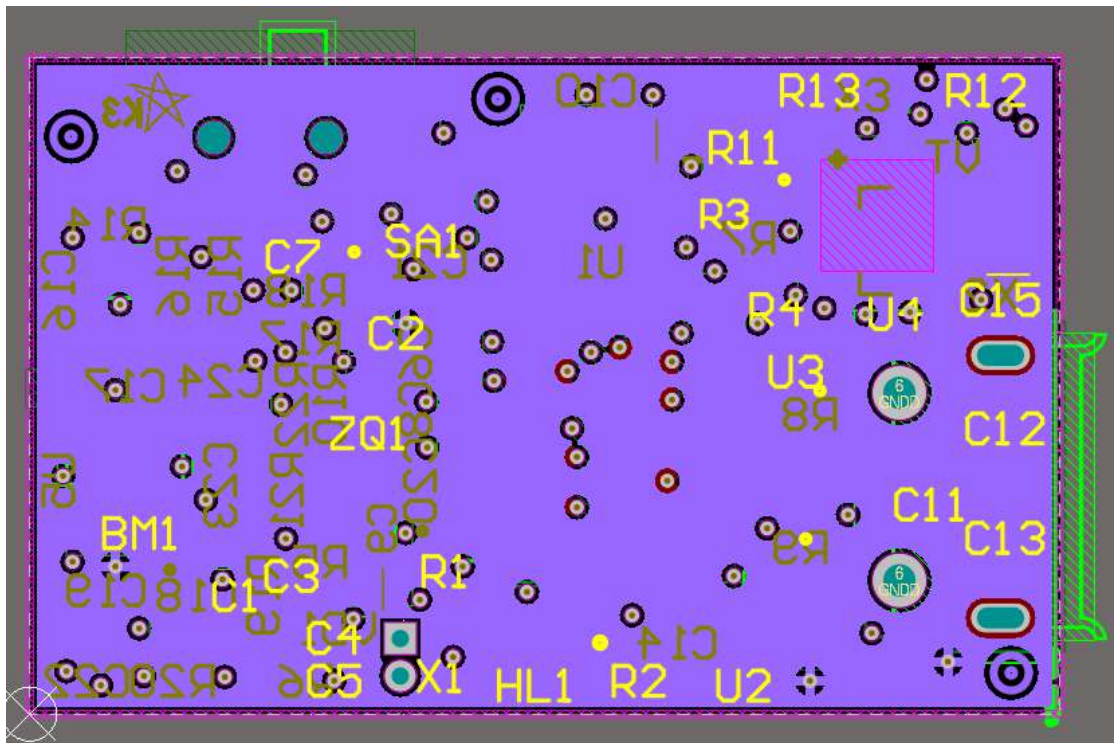


Рисунок 4.9 — Шар з полігоном V\_Analog

Кінцевий об'ємний вигляд плати представлено на рисунку 4. 10 (а, б).

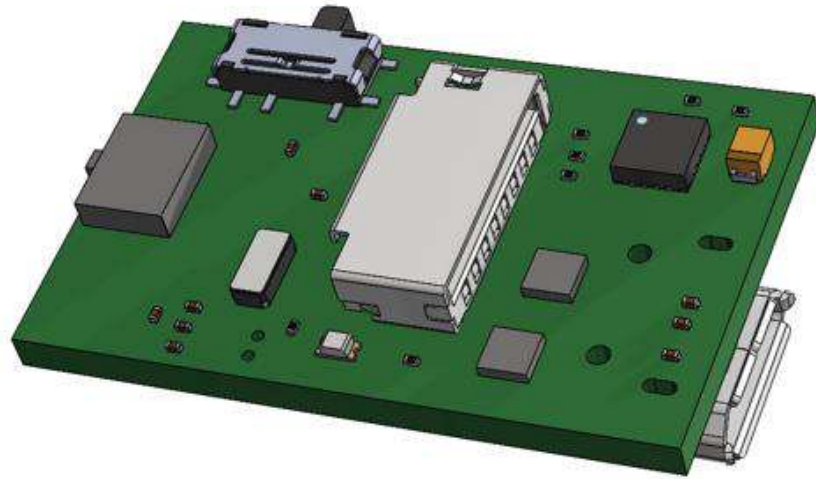
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.467369.001 ПЗ

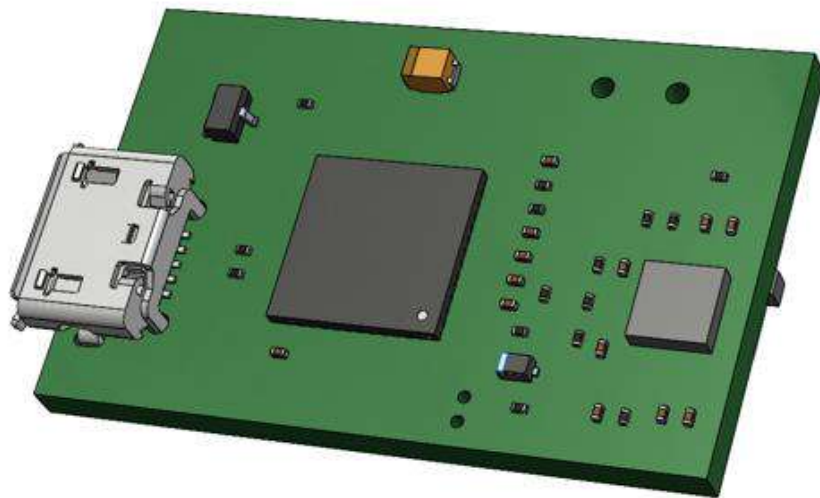
Арк.

29





а



б

Рисунок 4.10 – Об’ємний вигляд плати: а – верхня сторона плати; б – нижня сторона плати

В даному розділі було створено та розведено плату пристрою, попередньо визначивши мінімально допустимі розміри провідників для силових та сигнальних ліній.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.467369.001 ПЗ

Арк.

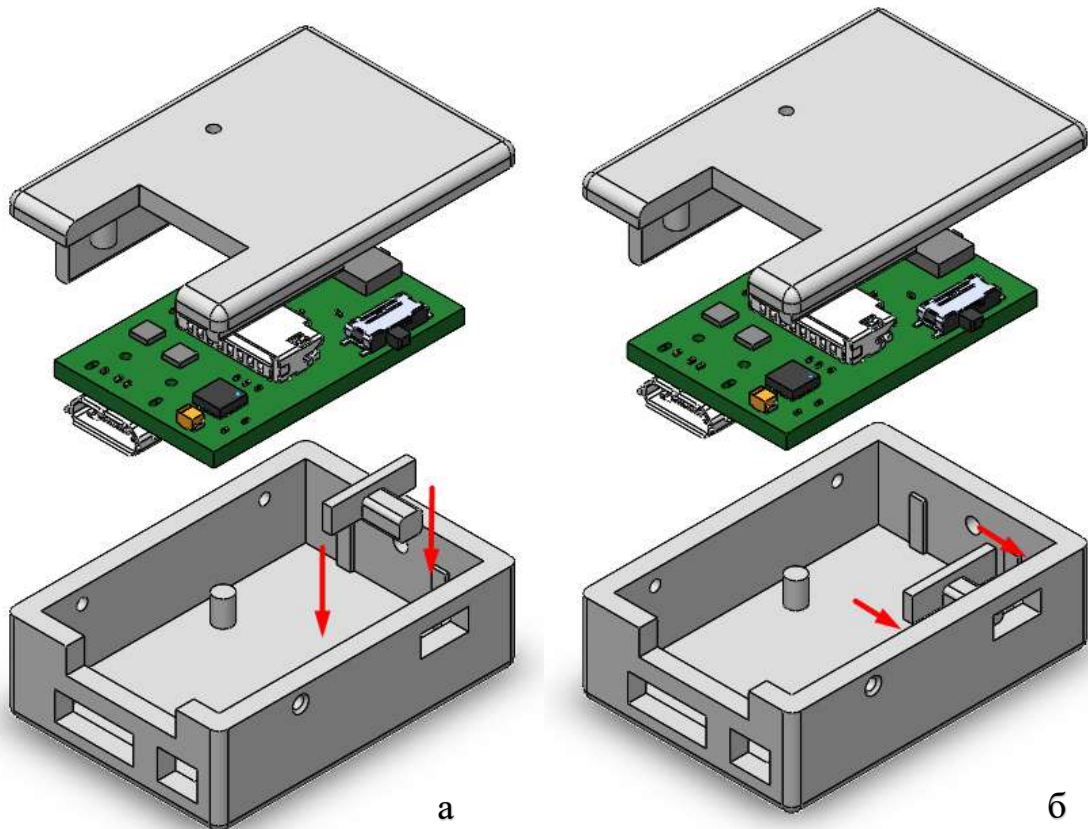
30

## 5 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

Моделювання корпусу проводилось в середовищі SolidWorks.

В корпусі є отвори для підключення micro USB конектора, отвір для зручнішого виймання SD карти, також в корпусі є перехідник на перемикач для зручнішого перемикання пальцем без використання сторонніх предметів. Наявні отвори для мікрофона та світлодіода та конектора для живлення. Кришка прикручується гвинтами.

Збірка приладу виглядає таким чином: першим в корпус вставляється перехідник на перемикач та фіксується в отворі як показано на рис. 6.1 (а; б), далі вставляється сама плата (рис. 6.1 (в)) і проштовхується так щоб перемикач потрапив в отвір перехідника (рис. 6.1 (г)), останньою одягається кришка (рис. 6.1 (г)) та закріплюється гвинтами в отворах які показано на рис. 6.1 (д; е), гвинти указані в специфікації на прилад. Вкінці вставляється SD накопичувач як показано на рис. 6.



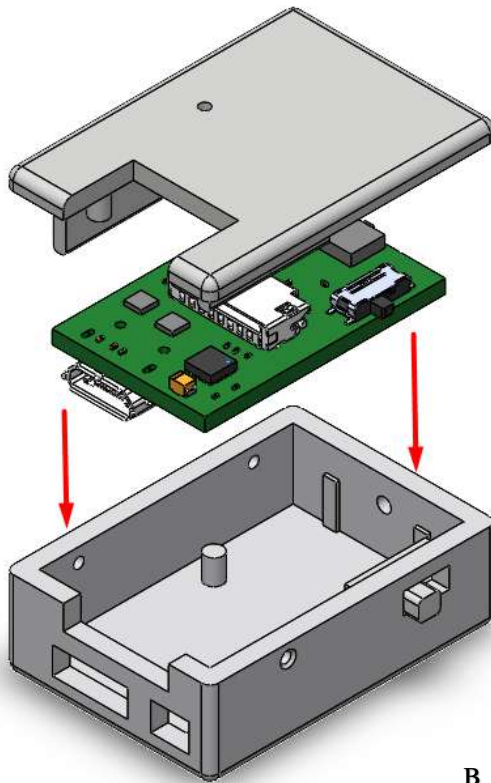
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.467369.001 ПЗ

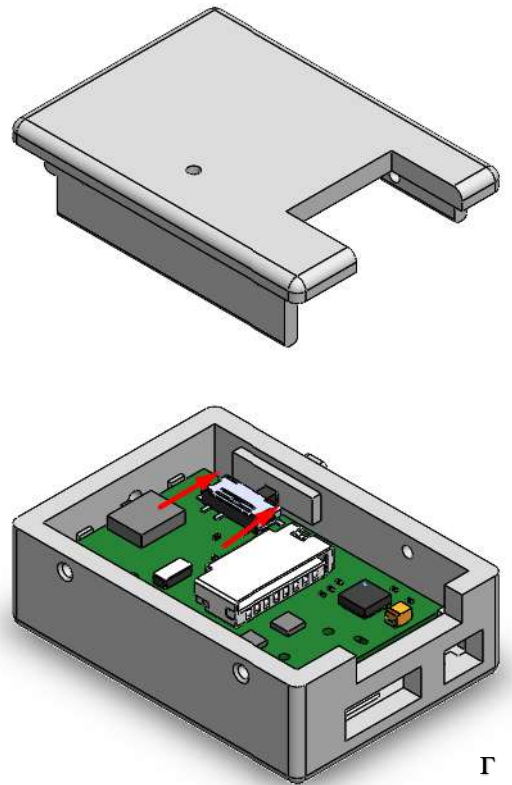
Арк.

31

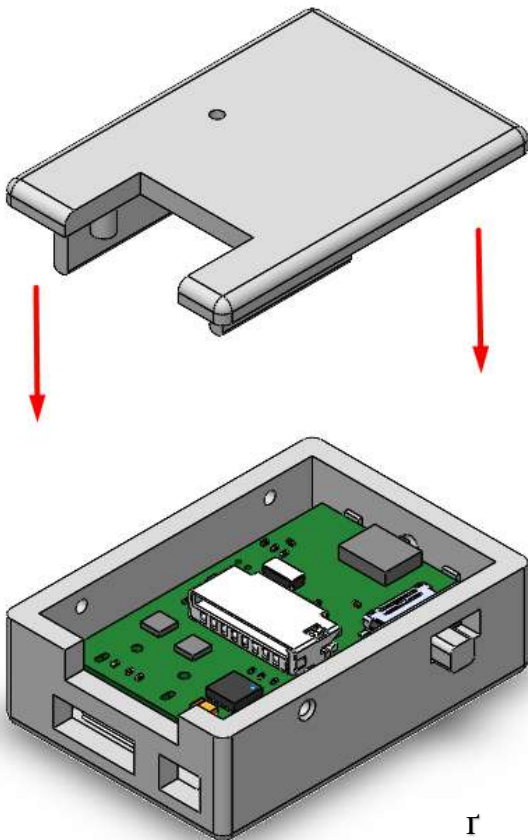




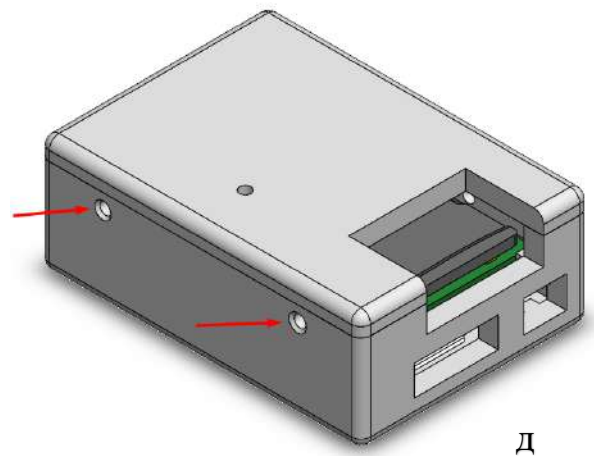
В



Г



Г



Д

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.467369.001 ПЗ

Арк.

32

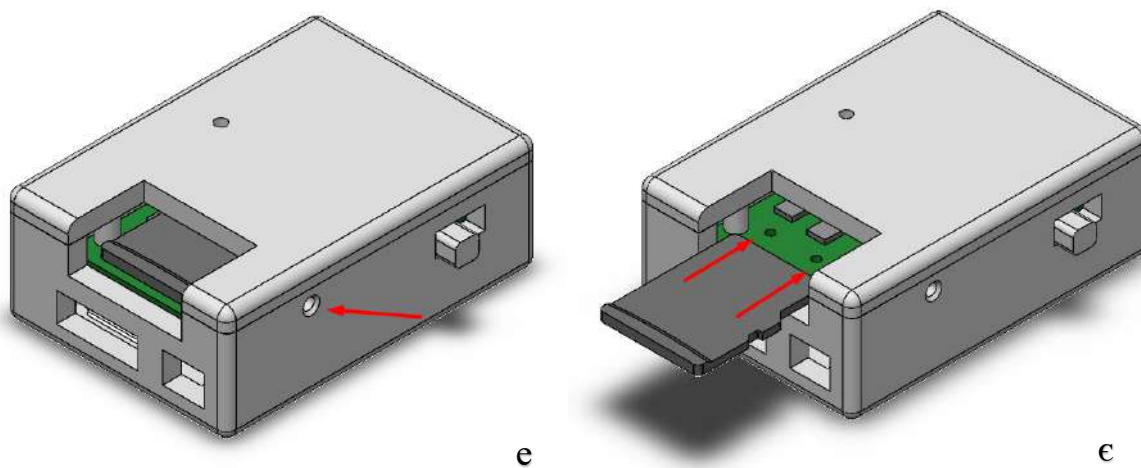


Рисунок 6.1 – Приклад збірки приладу

Якщо замовник захоче використовувати прилад без корпусу плату слід помістити в термоусадку для кращого захисту від зовнішніх впливів та прорізати отвори для роз'ємів перемикача та світлодіода.

Конектор для живлення CI4402P1V00 CviLux Female (рис. 6.2) розташовується в корпусі та закріплюється двохкомпонентною смолою, до нього припаюються провідки живлення з плати.

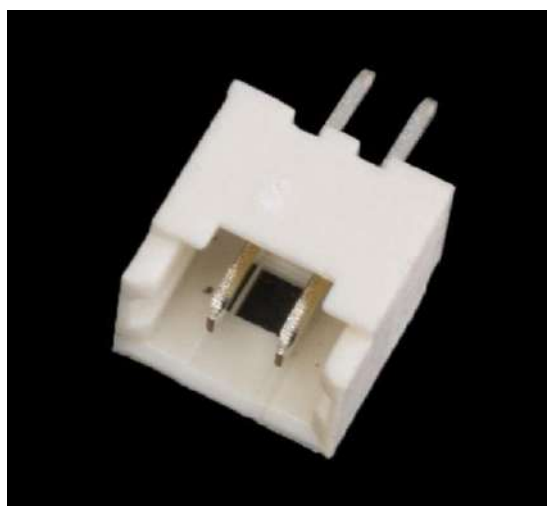


Рисунок 6.2 – CI4402P1V00 CviLux Female

Акумулятор з'ємний підключається окремо до пристрою. За бажанням його можна з легкістю змінити або зовсім зняти. У подальшому якщо замовник захоче використовувати лише певний акумулятор певного розміру і об'єму, може бути створений корпус і для акумулятора для кращого захисту. Розташовувати акумулятор в корпусі було не доцільно, так як габарити самого

корпусу б збільшились. На кінці дроту акумулятора слід розташувати такий самий конектор CI4402S0000 CviLux тільки Male (рис. 6.3).



Рисунок 6.3 – Конектор CI4402S0000 CviLux Male

У цьому розділі було представлено кінцевий вигляд корпусу розташування роз'ємів та спосіб його збірки. Також показано вигляд та спосіб кріплення конекторів.

					<i>PI81.467369.001 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 РОЗРАХУНКИ ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

### 6.1 Розрахунок резонансної частоти

Матеріал з якого виготовлена плата: FR4.

Вихідні дані:

- довжина плати  $a = 27,5$  мм;
- ширина плати  $b = 17,5$  мм;
- товщина плати  $h = 1,5$  мм;
- модуль пружності матеріалу  $E = 3,02 \cdot 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup>;
- густина матеріалу плати  $\rho = 1,85 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;
- коефіцієнт Пуассона  $\zeta = 0,136$ ;
- маса елементів на платі  $M = 0,005$  кг.

Формула для розрахунку частоти  $f_0$  має вигляд:

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{D}{m}}$$

де  $\varphi(\beta)$  — функція;

$\beta = a/b = 1,571$  — коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини і ширини плати;

$D$  — циліндрична жорсткість, Нм;

$m$  — приведена маса друкованої плати з елементами, кг.

Приведена маса друкованої плати

$$m_n = \rho h = 1,85 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 2,77 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Приведена маса плати з деталями:

$$m = m_n + \frac{M}{ab} = 2,77 + \frac{0,005}{27,5 \cdot 10^{-3} \cdot 17,5 \cdot 10^{-3}} = 13,165 \text{ кг}$$

Циліндрична жорсткість:

					<b>PI81.467369.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \xi^2)} = \frac{3,02 \cdot 10^{10} \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^3}{12(1 - 0,136^2)} = 8,65 \text{ Нм}$$

Значення функції  $\varphi(\beta)$  для кріплення плати в чотирьох точках:

$$\varphi(\beta) = \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1,612 \frac{\xi}{\beta} + \frac{1}{\beta^2}}{1 + 1,612 \frac{1}{\beta^3} + \frac{1}{\beta^6}}} = 3,14^2 \sqrt{\frac{1 + 1,612 \cdot \frac{0,136}{1,571} + \frac{1}{1,571^2}}{1 + 1,612 \cdot \frac{1}{1,571^3} + \frac{1}{1,571^6}}} = 10,07$$

Все необхідне для розрахунку значення резонансної частоти механічних коливань плати було розраховано, тож вона дорівнює:

$$f_0 = \frac{10,07}{2 \cdot 3,14 \cdot (27,5 \cdot 10^{-3})^2} \sqrt{\frac{8,65}{13,165}} = 1,7 \text{ кГц}$$

Отже керуючись вимогами ГОСТ 16019-2001 [3] можна зробити висновок що результат не попадає в проміжок резонансу даного типу апаратури, а отже прилад можна вважати стійким до синусоїдальних вібрацій.

## 6.2 Розрахунок надійності

Розрахунок надійності проводився з урахуванням даних приведених в методичних вказівках [9]. Значення відмов компонентів наведено в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 — Розміри для елементів поверхневого монтажу

Назва елемента	К-ть	Імовірність відмови $\lambda, \times 10^{-6} \text{ 1/год}$
1	2	3
Резистор 0201SMD	22	0,044
Конденсатор 0201 SMD	22	0,022
Резонатор SMD	1	0,026
Конденсатор 0805 SMD	2	0,173
Світлодіод	1	0,034
Стабілізатор напруги MCP1700	2	0,0041

1	2	3
Транзистор IRFML8244	1	0,065
Мікросхема BQ24072	1	0,023
Перемикач PCM12SMTR	1	0,1
Підсилювач звуку MAX9814	1	0,023
Слот для карти пам'яті	1	0,0104
Конектор USB micro	1	0,0104
Мікроконтроллер STM32L4P5CEt6	1	0,03
Мікрофон Sonio	1	0,02
Діод	1	0,162

Імовірність відмов всього пристрою розраховується за формулою:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \lambda_i N_i ,$$

де  $\lambda$  – імовірність відмови;  $N$  – кількість компонентів.

Отримане значення напрацювання на відмову дорівнює  $5,53 \cdot 10^4$  год, або 6,3 роки. Враховуючи правильну експлуатацію приладу ми отримали доволі непогане значення дієздатності приладу.

## ВИСНОВКИ

Досліджуючи ринок було виявлено що аналогів до пристрою який створювався у дипломній роботі наразі дуже мало. А попит на пристрої такого типу невпинно росте. Тому було створено конкурентноспроможний вітчизняний звукозаписуючий пристрій який коштує вразі дешевше за свої аналоги.

Розрахунки показали, що резонансна частота приладу дорівнює 1,7 кГц, а отже за ГОСТ 16019-2001 пристрій стійкий до синусоїдальних вібрацій. Розрахунки надійності показали безвідмовна робота приладу складає 55300 год.

Напруга живлення дорівнює 3-5 В, струм на аналоговій частині схеми та на всій іншій частині дорівнюють 3 мА та 7-8 мА відповідно. Час безперервного запису визначався виходячи з об'єму батареї та споживання, і становить 75 год. Значення сигнал/шум доволі близьке до значення на АЦП і дорівнює 65 дБ. Прилад працює з картами пам'яті від 16 до 128 Гб. Чутливість береться з параметрів мікрофону і складає -33дБ.

Розміри готового виробу складають 33x23,5x12мм. З наявними роз'ємами micro USB, SD карти та перемикачем. В корпусі наявні отвори для мікрофона світлодіода та коннектора для живлення.

При виборі методу виготовлення ДП Було обрано метод попарного пресування при чому при використанні цього методу для чотирислойної плати було прийняте рішення не робити отвори у проміжних ДДП для здешевлення виробу.

У процесі розробки було створено файли технологічного процесу, специфікацію на прилад, складальний кресленик пристрою, перелік елементів, складальний кресленик друкованого вузла, специфікацію друкованого вузла та топологію шарів ДП.

Розроблений пристрій задовольняє вимогам технічного завдання.

					<i>PI81.467369.001 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ЗАКОН УКРАЇНИ Про національну безпеку України [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text> — Назва з екрану.
2. ГОСТ 15150-69 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kabelshop.com.ua/poleznye-stati/gost-15150-69-klimaticheskoe-ispolneniia-i-kategoriia-razmeshcheniia> — Назва з екрану.
3. ГОСТ 16019-2001 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://dnaop.com/html/71523/doc-%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_16019-2001](https://dnaop.com/html/71523/doc-%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_16019-2001) — Назва з екрану.
4. Класифікатор ЕСКД [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://classinform.ru/ok-eskd/kod.html> — Назва з екрану.
5. JLCPCB [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://jlcpcb.com/>
6. РКС компоненти [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/> — Назва з екрану.
7. MOUSER [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://eu.mouser.com/> — Назва з екрану.
8. Лиття з пластику [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.rarusprint.com.ua/lite-plastika/> — Назва з екрану.
9. Расчёт показателей надёжности радиоэлектронных средств : учеб.-метод. пособие / С. М. Боровиков, И. Н. Цырельчук, Ф. Д. Троян ; под ред. С. М. Боровикова. — Минск: БГУИР, 2010. — 68 с.: ил. ISBN 978-985-488-480-6

					<i>PI81. 467369.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39



## ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО

Керівник дипломного проєкту  
ст.викл. Головня В. М.

\_\_\_\_\_ 

(дата) (підпис)

ЗАТВЕРДЖЕНО

В. о. завідувача кафедри прикладної  
радіоелектроніки  
д.т.н., проф. Степанов М. М.

\_\_\_\_\_

(дата) (підпис)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ  
«Пристрій звукозаписуючий портативний»

## **1. Назва та підстава для виконання**

Назва дипломного проєкту «Пристрій звукозаписуючий портативний». Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою радіоконструювання та виробництва радіоапаратури від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022

## **2. Виконавці**

Керівник дипломного проєкту — ст.викл. Головня Вікторія Мілентіївна. Виконавець — студентка групи РІ-81 Кадема Вікторія Вадимівна.

## **3. Мета розробки**

Створення унікального для попередження та виявлення злочинів, розшуку осіб які переховуються від правоохоронних органів, запису судового процесу тощо.

## **4. Технічні вимоги**

### **4.1. Склад приладу**

4.1.1. Одна плата

4.1.2. Корпус

4.1.3. Акумулятор

### **4.2. Показники призначення**

4.2.1. Напруга живлення, В 3.3 - 5

4.2.2. Струм на аналоговій частині схеми, мА 3

на всій іншій схемі, мА 7-8

4.2.3. Габаритні розміри приладу, не більше, мм 50x30x15

4.2.4. Час безперервного запису не менше, год 72

4.2.5. Запис здійснюється на карту пам'яті не менше, ГБ 64

### **4.3. Вимоги до надійності**

4.3.1. Середнє напрацювання на відмову, не менше, год 30000

4.3.2. Пристрій повинен бути відновлюваний ремонтпридатний

4.3.3. Стійкість до резонансу за ГОСТ 16019-2001. Р6.

### **4.4. Вимоги до технологічності**

Пристрій не призначений для масового виробництва. Пристрій повинен містити корпус. Зарядку та роботу від USB порту та легку зміну SD накопичувача та батареї.

**4.5. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації**

Коефіцієнт повторюваності має становити не менше 50%.

**4.6. Вимоги до безпеки обслуговування**

Можливість виймати плату з корпусу для подальшого ремонту.

**4.7. Естетичні та ергономічні вимоги**

Колір корпусу чорний, з отворами під роз'єми та органи керування.

**4.8. Умови експлуатації**

Кліматичне виконання за ГОСТ 15150-69 ТС4. У4.

Умови експлуатації згідно ГОСТ 16019-2001. Р6. Носима, розміщується при використанні в одязі або під одягом оператора, або в опалюваних наземних і підземних спорудах

**5. Вимоги до складових частин виробу, сировини і матеріалів**

Корпус повинен бути міцним і мати найменші можливі габарити. Використання безсвинцевого припою.

**6. Вимоги до збереження комерційної таємниці**

Розробка матеріалів за замов'язанням ТЗ повинна проводитись з урахуванням вимог дотримання комерційної таємниці.

**7. Вимоги до розробки конструкторської і технологічної документації**

Конструкторська і технологічна документація повинна виконуватись відповідно до вимог ЕСКД.

Виконавець

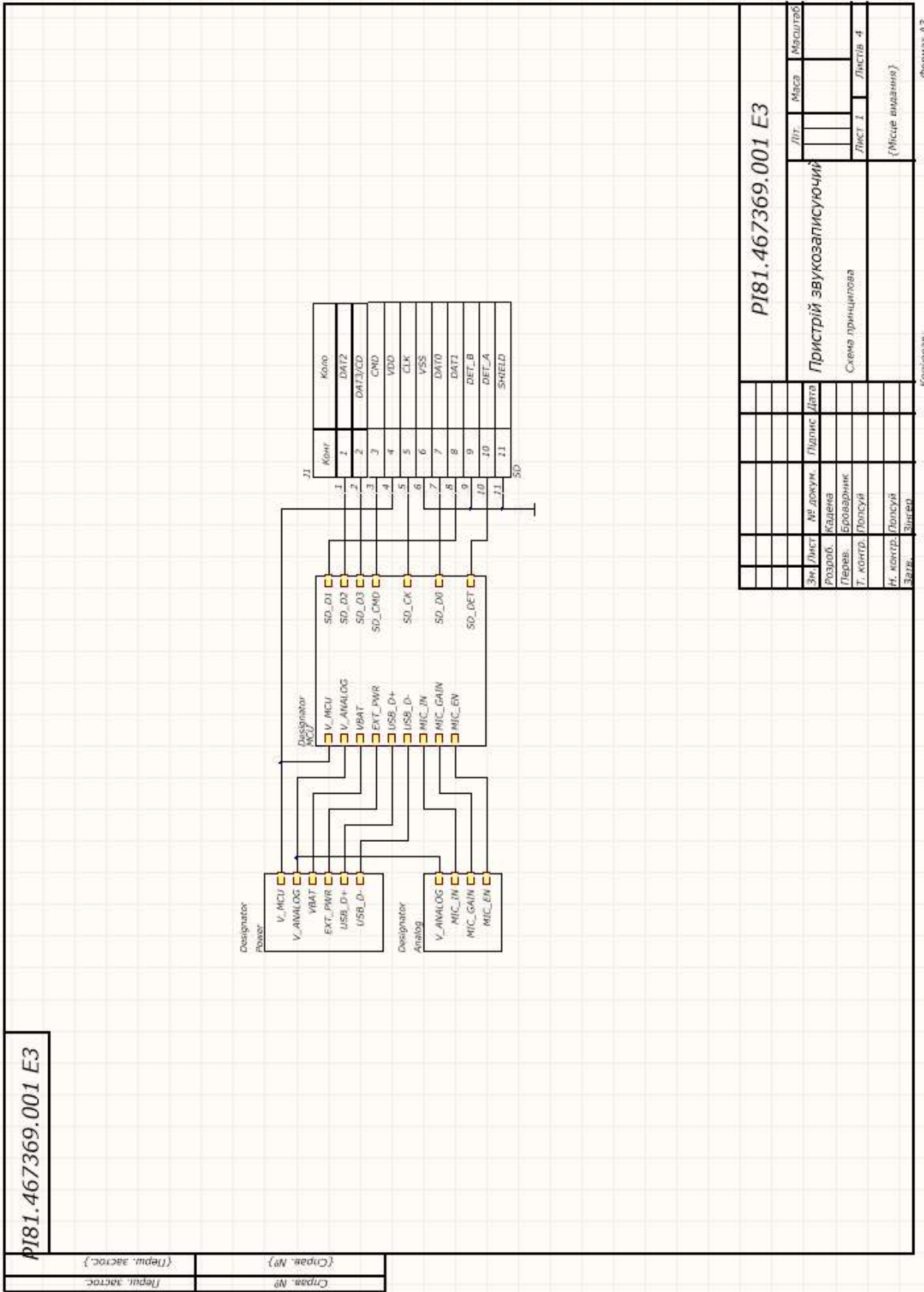


Кадема В. В.

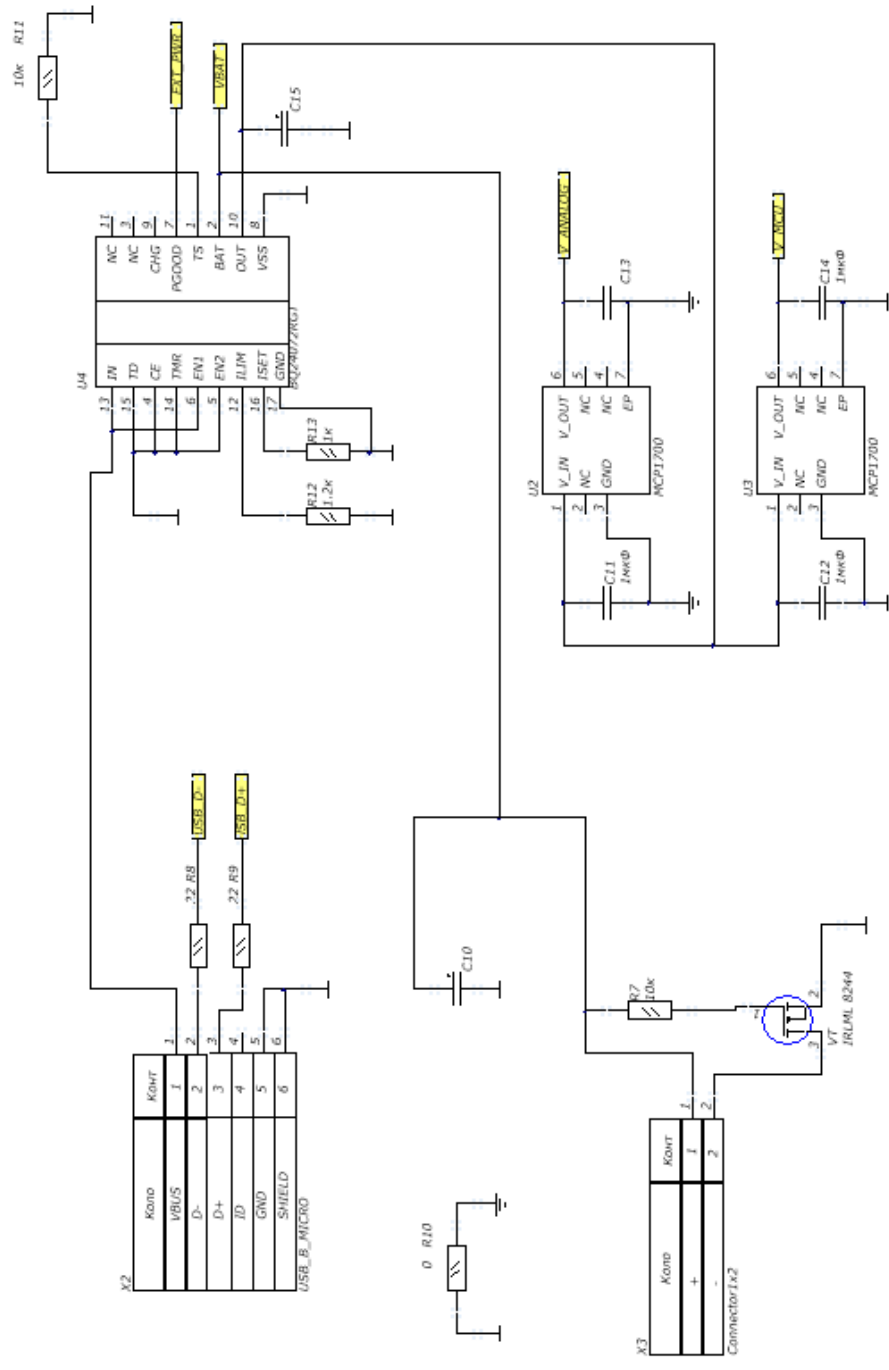
## ДОДАТОК Б. СТРУКТУРНА СХЕМА



# ДОДАТОК В. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА



PI81.467369.002 E3



Конт	Конт
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6

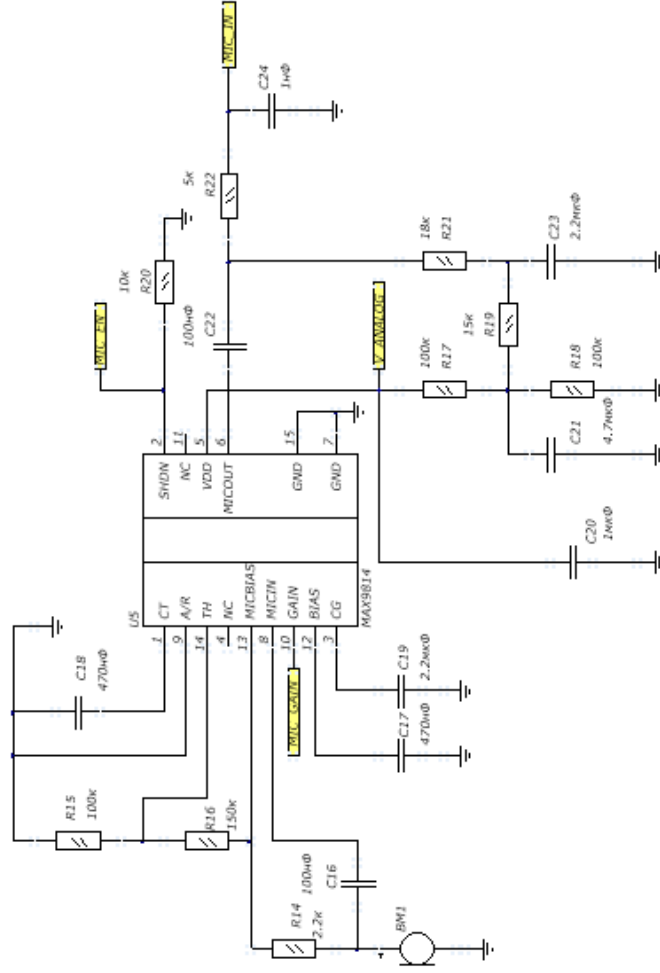
Конт	Конт
1	1
2	2

Име № нодн. Нодр u дара. Бзак. име. Име № 0/5. Нодр дара

Иск	Лист	№ доквл.	Гронт.	Дата

PI81.467369.002 E3

PI81.467369.003 E3



Име № нсн, Ноћн и дсма, Воћн дсма, Брск. Унс, Умс, № дсдс, Воћн дсма

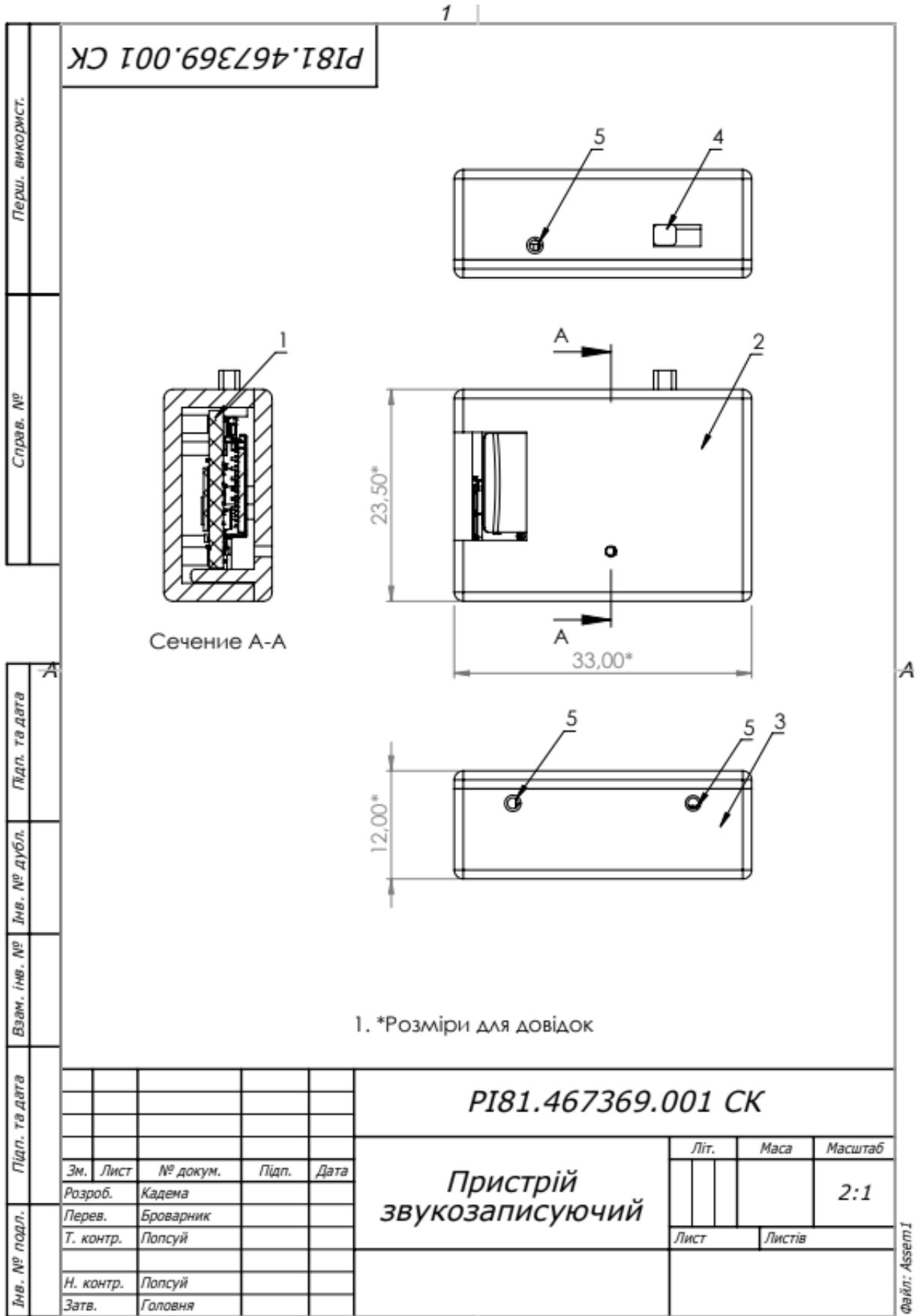
Искр. Плсчм	№ дсвсйл	Фсдсч	Зсрнс	Плсчм	3
				PI81.467369.003 E3	
				Копуссн А3	







# ДОДАТОК Г. СКЛАДАЛЬНИЙ КРЕСЛЕНИК ПРИСТРОЮ



## ДОДАТОК Д. СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ДРУКОВАНИЙ ВУЗОЛ

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
				<b>Документація</b>		
A3			<i>PI81.467369.001 E3</i> <i>PI81.467369.002 E3</i> <i>PI81.467369.003 E3</i> <i>PI81.467369.004 E3</i>	Схема електрична принципова		
A4			<i>PI81.467369 PE</i>	Перелік елементів		
A4			<i>PI81.467369.001 СК</i>	Складальний кресленник		
			<i>TopLayer.Cam</i>	Топологія верхнього шару плати		
			<i>BottomLayer.Cam</i>	Топологія нижнього шару плати		
			<i>Drill.Cam</i>	Координати отворів		
			<i>TopSolder.Cam</i>	Захисна маска верхнього шару		
			<i>BottomSolder.Cam</i>	Захисна маска нижнього шару		
			<i>TopOverlay.Cam</i>	Верхній шар шовкографії		
			<i>BottomOverlay.Cam</i>	Нижній шар шовкографії		
			<i>G1.Cam</i>	Топологія першого проміжного шару		
			<i>G2.Cam</i>	Топологія другого проміжного шару		
			<i>TopPaste.Cam</i>	Вершній шар паяльної пасти		
			<i>BottomPaste.Cam</i>	Нижній шар паяльної пасти		
			<i>KeepOut.Cam</i>	Шар країв плати		
			<b>PI81.467369.001</b>			
Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата		
Разраб.	Кафема				Лит.	Лист
Пров.	Броварник					Листов
Т.конт	Полсуй				<b>Друкований вузол</b>	
Н.конт	Полсуй					
Утв	Зінгер					

## ДОДАТОК Е. ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ

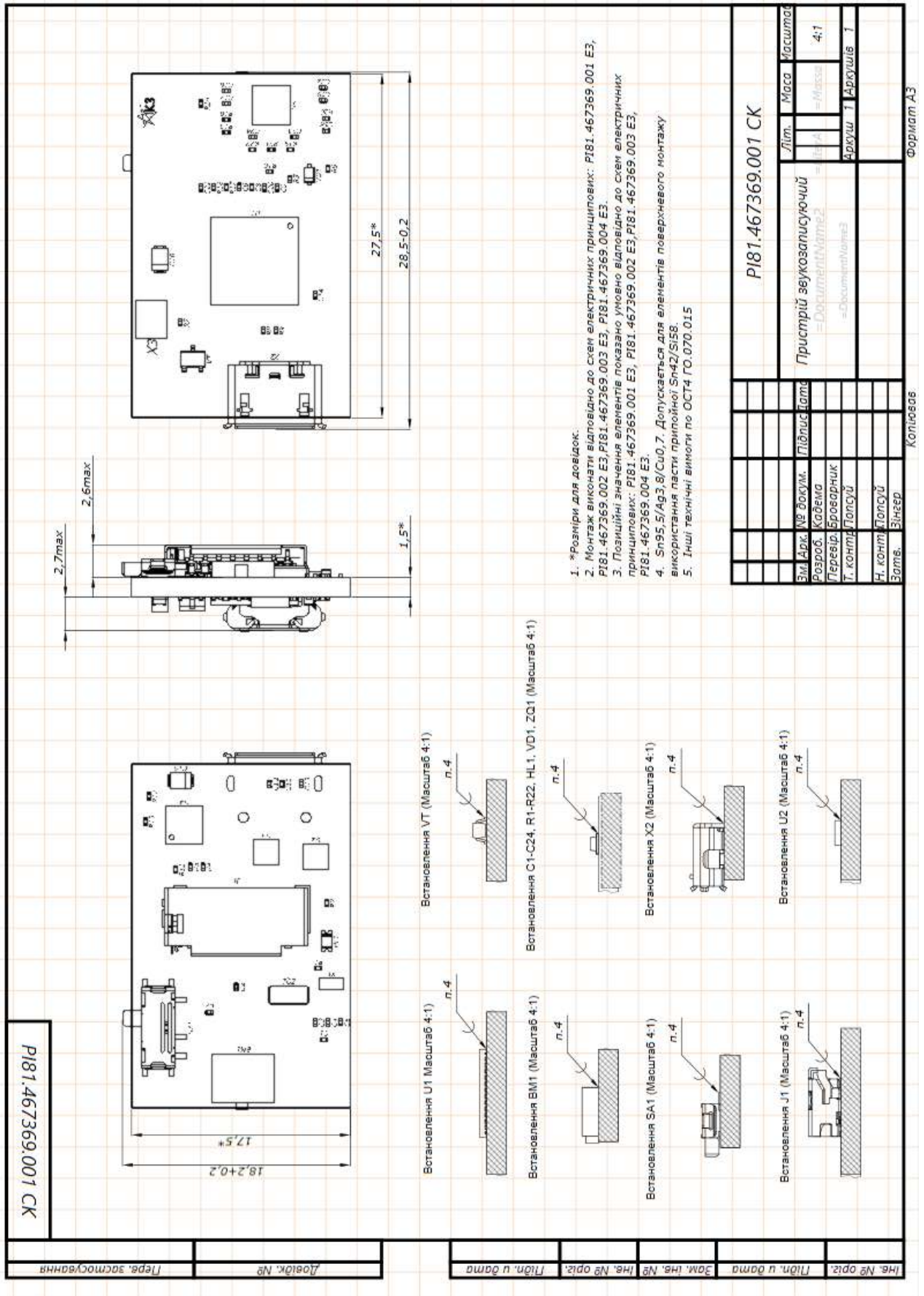
Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки							
BM1	Мікрофон 1M024-SONIO	1								
	<u>Конденсатори</u>									
C1-C2	CL03X682MR3NNN-Samsung 6,8 нФ 4В ±20%	2								
C3	CL03X472MR3NNN-Samsung 4,7 мкФ 4В ±20%	1								
C4-C5	CL03X104KR3NNN-Samsung 100 нФ 4В ±10%	2								
C6	CL03X472MR3NNN-Samsung 4,7 мкФ 4В ±20%	1								
C7	CL03X105MR3NRN-Samsung 1 мкФ 4В ±20%	1								
C8-C9	CL03X104KR3NNN-Samsung 100 нФ 4В ±10%	2								
C10	TLCR107M004#TA-AWX polar 100 мкФ 4В ±20%	1								
C11-C12	CL03X105MR3NRN-Samsung 1 мкФ 4В ±20%	2								
C13	CL03A225MQ3CR6-Samsung 2,2 мкФ 6,3В ±20%	1								
C14	CL03X105MR3NRN-Samsung 1 мкФ 4В ±20%	1								
C15	TLCR107M004#TA-AWX polar 100 мкФ 4В ±20%	1								
C16	CL03X104KR3NNN-Samsung 100 нФ 4В ±10%	1								
C17-C18	CL03A474KR3NNN-Samsung 470 нФ 4В ±10%	2								
C19	CL03A225MQ3CR6-Samsung 2,2 мкФ 6,3В ±20%	1								
C20	CL03X105MR3NRN-Samsung 1 мкФ 4В ±20%	1								
C21	CL03X472MR3NNN-Samsung 4,7 мкФ 4В ±20%	1								
C22	CL03X104KR3NNN-Samsung 100 нФ 4В ±10%	1								
C23	CL03A225MQ3CR6-Samsung 2,2 мкФ 6,3В ±20%	1								
C24	CL03B102K03NNN-Samsung 1 нФ 16В ±10%	1								
HL1	Світлодіод GNL-0603SRC-G-NOR OPTOELECTRONICS 5В	1								
<b>PI81.467369.001 ПЕ</b>										
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Пристрій портативний звукозаписуючий</b>					
Розробив	Кадема							Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	Головня								1	3
Реценз.	Гусева							<b>КПІ ім. Ігоря Сікорського, РТФ</b>		
Н. Контр.										
Затверд.	Головня									



Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
J1	Слот для карти пам'яті 0473092651-Molex	1	
<u>Резистори</u>			
R1	ERJ-1GNF1002C-Panasonic 10 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	1	
R2	ERJ-1GNF1001C-Panasonic 1 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	1	
R3-R4	ERJ-1GNF1003C-Panasonic 100 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	2	
R5-R6	ERJ-U01J105C-Panasonic 1 МОм 0,05 Вт $\pm 5\%$	2	
R7	ERJ-1GNF1002C-Panasonic 10 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	1	
R8-R9	ERJ-1GNJ220C-Panasonic 22 Ом 0,05 Вт $\pm 5\%$	2	
R10	ERJ-1GN0R00C-Panasonic 0 Ом 0,05 Вт $\pm 1\%$	1	
R11	ERJ-1GNF1002C-Panasonic 10 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	1	
R12	ERJ-1GNJ122C-Panasonic 1,2 кОм 0,05 Вт $\pm 5\%$	1	
R13	ERJ-1GNF1001C-Panasonic 1 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	1	
R14	ERJ-1GNF2201C-Panasonic 2,2 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	1	
R15	ERJ-1GNF1003C-Panasonic 100 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	1	
R16	ERJ-1GNJ154C-Panasonic 150 кОм 0,05 Вт $\pm 5\%$	1	
R17-R18	ERJ-1GNF1003C-Panasonic 100 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	2	
R19	ERJ-U01F1502C-Panasonic 15 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	1	
R20	ERJ-1GNF1002C-Panasonic 10 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	1	
R21	ERJ-1GNJ183C-Panasonic 18 кОм 0,05 Вт $\pm 5\%$	1	
R22	ERJ-U01F4991C-Panasonic 4,99 кОм 0,05 Вт $\pm 1\%$	1	
SA1	Перемикач CM12SMTR-Ckswitches	1	
<u>Мікросхеми</u>			
U1	STM32L4P5CEt6- STMicroelectronics	1	
U2-U3	MCP1700- Microchip Technology	2	
			Арх.
PI81.467369.002 ПЕ			2
Эм.	Арх.	Недоум.	Гітис
			Дата



# ДОДАТОК Є. СКЛАДАЛЬНИЙ КРЕСЛЕНИК ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ









## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	PI81. 467369.001.ТЗ	Завдання на дипломний проєкт	3	
2	A4	PI81. 467369.001 ПЗ	Пояснювальна записка	50	
3	A4	PI81. 467369.001	Специфікація на пристрій	1	
4	A3	PI81. 467369.001 ЕЗ PI81. 467369.002 ЕЗ PI81. 467369.003 ЕЗ PI81. 467369.004 ЕЗ	Схема електрична принципова	4	
5	A4	PI81. 467369.001 ПЕ PI81. 467369.002 ПЕ PI81. 467369.003 ПЕ	Перелік елементів	3	
6	A4	PI81. 467369.001 СК	Складальний кресленик пристрою	1	
7	A3	PI81. 467369.001 СК	Складальний кресленик друкованої плати	1	
8	A4	PI81. 467369.001	Специфікація на друкований вузол	2	
9	A3	PI81.758722.001	Друкована плата	1	

				<b>PI81. 467369.001</b>				
	ПІБ	Підп.	Дата	<b>Пристрій звукозаписуючий портативний</b>				
Розробн.	Кадема	<i>Кадема</i>					Лист	Листів
Керівн.	Головня	<i>Головня</i>					1	1
Н/контр.	Головня						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф.ПРЕ,Гр. PI-81	
Зав.каф.	Степанов							