

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет
(повна назва інституту/факультет)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Г.А. Манду
(ініціали, прізвище)

“ 13 ” 06 2019 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

За напрямом підготовки 6.050902 Радіоелектронні апарати
(код та назва спеціальності)

на тему: Осцилографічна приставка

Виконав (-ла): студент (-ка) IV курсу, групи PI-31B
(шифр групи)

Желеяк Максим Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

[Підпис]
(підпис)

Керівник старший викладач, Непогатах Ю.В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

[Підпис]
(підпис)

Консультант з охорони праці доцент, к.т.н., Каштанов С.Ф.
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

[Підпис]
(підпис)

Рецензент доцент к.т.н. с.н.с. Пизундич В.О.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

[Підпис]
(підпис)

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

Студент [Підпис]
(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Факультет (інститут) радіотехнічний
(повна назва)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

За напрямом підготовки 6.050902 Радіоелектронні апарати
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Е.М. Є.А. Нелін
(підпис) (ініціали, прізвище)

«10» травня 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) студенту

Желак Максим Александрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Осцилографічна приставка

керівник проекту (роботи) Мельгайтс Юрій Васильович, старший викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «07» березня 2019 р. №

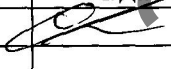

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14 березня 2019

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Кількість каналів: 2. Кількість розрядів АЦП: 8. Частота дискретизації: АЦП: 20 МГц. Мовою програмування: Pascal.

4. Зміст (дипломної роботи) розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) Перелік скорочень. Вступ. Аналіз технічного завдання. Огляд аналогів. Обґрунтування та вибір схем. Проектування функціонального вузла. Вибір корпусу. Розрахунок на діючості. Розрахунок механічних впливів. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік (ілюстративного) графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів тощо) Схема електричної мережі міста, дримований вузол, складальний креслений, структурна схема, норакс, кришка.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
З охорони праці	к.т.н., доцент Каштанов С.Ф.		

7. Дата видачі завдання 15 квітня 2019 року

Календарний план

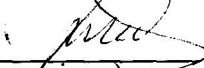
№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Розробка технічного завдання	10.04.19 - 18.04.19	
	Аналіз та розроблення схеми електричної мережі	18.05.19 - 05.05.19	
	Розроблення дримованого вузла	05.05.19 - 20.05.19	
	Розрахунок надійності і відростійкості	20.05.19 - 28.05.19	
	Розрахунок собівартості.	28.05.19 - 03.06.19	
	Оформлення проекту	06.06.19 - 08.06.19	
	Оформлення звітної частини	08.06.19 - 10.06.19	
	Підготовка до захисту	10.06.19 - 17.06.19	

Студент


(підпис)

М.О. Желяк
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Ю.В. Нелюга
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи)

Анотація

Дипломний проект має у складі пояснювальну записку обсягом 73 сторінок і графічну частину обсягом 5,5 аркушів А1. Пояснювальна записка містить 17 ілюстрацій, 15 таблиць, перелік джерел посилань, додатки.

Мета дипломного проекту — розробка осцилографічної приставки з виводом інформації на екран ПК.

Після оцінки існуючих аналогів прийняте рішення про розробку більш дешевого пристрою. Для цього обрано структурну схему та схему електричну принципову.

Для обраної схеми підібрано компонентну базу.

На основі отриманих даних розроблено друковану плату у середовищі Altium Designer.

Відповідно до розмірів плати було обрано корпус.

У результаті отримано більш дешевий, ніж іноземні аналоги пристрій.

Ключові слова: USB, мікроконтролер, АЦП, осцилограф.

Annotation

The diploma project has an explanatory note in the amount of 73 pages and a graphic part in the volume of 5.5 sheets A1. Explanatory note contains 17 illustrations, 15 tables, a list of sources of references, applications.

The purpose of the diploma project is the development of an oscilloscope with the output of information on the PC screen.

After evaluating the existing analogues, it was decided to develop a cheaper device. For this purpose, the structural scheme and the circuit of electric principles are chosen.

For the selected scheme, the component base has been selected.

On the basis of the received data, a printed circuit board was developed in the medium-high Altium Designer.

Corps according to the size of the board.

As a result, cheaper than the foreign analogues of the e-mail is received.

Keywords: USB, microcontroller, ADC, oscilloscope.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

на тему: Осцилографічна приставка

Київ — 2019 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	7
1.1 Огляд існуючих рішень.....	7
1.1.1 Цифровий USB-осцилограф OSCILL	7
1.1.2 Осцилограф VDS2064L	8
1.1.3 Осцилограф VDS1022I	8
1.1.4 Осцилограф Hantek PSO2020.....	9
1.2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СХЕМИ	11
2.1 СТРУКТУРНА СХЕМА.....	11
2.2 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	12
2.3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ ТА КОМПОНЕНТНОЇ БАЗИ.....	13
2.3.1 Вибір мікроконтролера.....	13
2.3.2 Вибір операційного підсилювача	16
2.3.3 Вибір резисторів.....	17
2.3.4 Вибір конденсаторів	20
2.3.5 Вибір кварцового резонатора	23
2.3.6 Вибір рознімачів.....	23
3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ.....	25
3.1 ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ	25
3.2 РОЗРАХУНОК МІНІМАЛЬНОЇ ПЛОЩІ ПЛАТИ.....	25
3.3 ВИБІР КОРПУСУ.....	26
3.4 РОЗРАХУНОК ДІАМЕТРІВ КОНТАКТНИХ ПЛОЩАДОК.....	27
3.5 РОЗРАХУНОК ЗАЗОРІВ МІЖ ЕЛЕМЕНТАМИ ДРУКОВАНОГО МОНТАЖУ	28

3.6 Розрахунок мінімальної відстані для прокладання одного провідника між двома контактними площадками.....	29
4 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДУ ТА АНАЛІЗ ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНОСТІ	31
4.1 Розрахунок надійності	31
4.2 Розрахунок стійкості до механічних впливів.....	34
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	37
5.1 Планово-операційна карта виготовлення виробу	37
5.2 Розрахунок необхідної кількості обладнання	38
5.3 Розрахунок коефіцієнту завантаження обладнання.....	39
5.4 Розрахунок необхідної кількості основних робітників	39
5.5 Розрахунок необхідної кількості інших категорій працюючих	40
5.6 Розрахунок площі дільниці	41
5.7 Матеріали.....	41
5.8 Покупні вироби та напівфабрикати.....	42
5.9 Заробітна плата основних робітників	43
5.10 Відрахування на соціальне страхування від заробітної плати основних робітників.....	43
5.11 Загально-цехові накладні витрати	44
5.12 Загальновиробничі витрати.....	45
5.13 Поза виробничі витрати.....	46
5.14 Собівартість	46
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
6.1 Визначення основних потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	47
6.2 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.....	50
6.2.1 Вимоги до виробничих приміщень	50

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		3

6.2.3	Вимоги до освітлення робочих приміщень.....	51
6.2.4	Вимоги до виробничого персоналу.....	53
6.2.5	Розрахунок концентрації аерозолю свинцю	54
6.2.6	Вимоги до вентиляції робочих місць.....	54
6.2.7	Електробезпека у виробничих приміщеннях	55
6.3	ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТА ПРОФІЛАКТИКА ДІЛЯНКАХ ПАЙКИ І ЛУДІННЯ ..	57
	ВИСНОВКИ.....	61
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	62
	ДОДАТОК А.....	63

ЖЕЛЯК М.О. РІ-31В, 2019

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		4

Перелік скорочень

AVR — родина восьми бітових мікроконтролерів фірми Atmel;
PDIP — Plastic Dual In-line Package — тип корпусу мікросхеми;
RAM — Random Access Memory;
SMT — Surface Mount Technology — поверхневий монтаж;
SRAM — Static Random Access Memory — напівпровідникова оперативна пам'ять;
USB — Universal Serial Bus — універсальна послідовна шина;
АЧХ — амплітудно-частотна характеристика;
АЦП — аналого-цифровий перетворювач;
БЖ — блок живлення;
ДДП — двостороння друкована плата;
ДП — друкована плата;
ЕРЕ — електрорадіоелементи.
КЗ — коротке замикання;
ОП — операційний підсилювач;
ТЗ — технічне завдання;
ПК — персональний комп'ютер;
ПЗЗ — позитивний зворотній зв'язок;

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
						5
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Вступ

Сучасні персональні комп'ютери використовують не тільки як обчислювальні засоби, але і як універсальні вимірювальні прилади. Прилади на основі персонального комп'ютера заміняють стандартні вимірювальні прилади (вольтметри, осцилографи, аналізатори спектра, генератори та ін.). Причому ряд цих приладів може бути активізований на одному персональному комп'ютері одночасно.

Мета проекту — отримати осцилографічну приставку, яка буде дешевшою за аналогічні прилади на ринку і мати наступні основні параметри:

- кількість каналів: 2;
- кількість розрядів АЦП: 8;
- частота дискретизації АЦП: 20МГц;
- чутливість, В/под.: 1; 0,5; 0,2; 0,1; 0,01;
- полоса пропускання: 10 МГц.

Осцилографічна приставка має мати «кишенькові» розміри. Живлення від комп'ютеру або телефону.

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
						6
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

1 Огляд існуючих рішень. Розробка та аналіз технічного завдання

1.1 Огляд існуючих рішень

На сьогоднішній день на ринку представлена велика кількість різноманітних USB-осцилографів. Розглянемо декілька з них, звертаючи увагу на їх основні параметри та ціну.

1.1.1 Цифровий USB-осцилограф OSCILL

Осцилограф виконано у вигляді щупа зі змінними головками, що зручно тримати у руці. Зі зворотного боку щупа розташований рознімач, за допомогою якого здійснюється обмін даними і електроживлення. Управління та відображення даних здійснюється персональним комп'ютером, ноутбуком, нетбуком, планшетом під управлінням операційної системи Windows через USB-інтерфейс. Характеристики і зовнішній вигляд OSCILL наведені у таблиці 2.1 і на рисунку 2.1.

Таблиця 2.1 — Характеристики OSCILL

Кількість каналів	одноканальний
Полоса пропускання	15 МГц
Об'єм пам'яті	2,5 кБ
Ціна	2133 грн



Рисунок 2.1 — Цифровий USB-осцилограф OSCILL

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		7

1.1.2 Осцилограф VDS2064L

Основні характеристики цієї моделі наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Характеристики VDS2064L

Смуга пропускання	60 МГц
Максимальна частота дискретизації у реальному часі	500 Мвиб./сек
Кількість каналів	4
Живлення	мережевий адаптер
Вертикальна роздільна здатність	8 біт
Ціна	9450 грн.

Нижче на рисунку 2.2 зображено осцилограф VDS2064L.



Рисунок 2.2 — Осцилограф VDS2064L

1.1.3 Осцилограф VDS1022I

Двоканальний осцилограф з живленням від USB-шини. Його характеристики наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 — Характеристики VDS1022I

Смуга пропускання	25 МГц
Максимальна частота дискретизації у реальному часі	100 Мвиб./сек
Живлення	USB шина
Вертикальна роздільна здатність	8 біт
Ціна	3000 грн

Лис

РПЗ1.436181.001 ПЗ

8

Зм. Лис № докум. Підпис Да-

На рисунку 2.3 зображено осцилограф VDS1022.



Рисунок 2.3 — Осцилограф VDS1022I

1.1.4 Осцилограф Hantek PSO2020

Одноканальний осцилограф-ручка з живленням від USB-шини.

Його характеристики наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 — Характеристики Hantek PSO2020

Смуга пропускання	20МГц
Максимальна частота дискретизації у реальному часі	96 Мвиб./сек
Живлення	USB-шина
Вертикальна роздільна здатність	8 біт
Ціна	2640 грн

На рисунку 2.4 зображено осцилограф Hantek PSO2020.



Рисунок 2.4 — Осцилограф Hantek PSO2020

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						9
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Усі представлені вище осцилографи мають суттєвий недолік — високу ціну.

У середньому USB-осцилограф коштує близько 2500 грн.

1.2 Аналіз технічного завдання

У дипломному проекті, необхідно розробити осцилографічну приставку. Згідно з технічним завданням, осцилографічна приставка належить до групи пристроїв, які працюють у неопалюваному приміщенні і можуть бути переносними.

Розроблювана у дипломному проекті осцилографічна приставка повинна відповідати вимогам кліматичного виконання згідно з ГОСТ 15150-69.

Кліматичне виконання: УХЛ 3 за ГОСТ 15150-69:

УХЛ — для мікрокліматичних районів з помірним і холодним кліматом;
3 — для експлуатації у закритих приміщеннях без штучної вентиляції та без штучного регулювання кліматичних умов, де зміна температури, вологості повітря та вплив піску і пилу значно менші за подібні впливи на відкритому повітрі.

Механічні впливи за експлуатації приладу повинні задовольняти Н7 за ГОСТ 16019-2001. До цієї апаратури належить переносна апаратура, яку експлуатують на відкритому повітрі або у неопалюваних наземних і підземних спорудах.

Отже прилад має бути достатньо компактним для перенесення його у кишені або у сумці, бути ударостійким та дешевшим за аналоги, представлені на ринку.

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						10
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

2 Обґрунтування та вибір схеми

Головний елемент осцилографічної приставки — аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Можна виділити два основних варіанти приставок.

У першому варіанті подаємо сигнал на звукову карту комп'ютера, оскільки на ній є АЦП. Приставка буде представляти собою подільник напруги для захисту звукової карти і збільшення вхідного діапазону напруг. Цей варіант має ряд недоліків:

- неможливо зняти сигнал за постійного струму;
- відсутність гальванічної розв'язки.

Тому обираємо другий варіант, за якого у осцилографічній приставці буде власний АЦП.

Для полегшення вибору схеми електричної принципової спроектуємо структурну схему осцилографічної приставки.

2.1 Структурна схема

На рисунку 2.1 наведено структурну схему осцилографічної приставки.

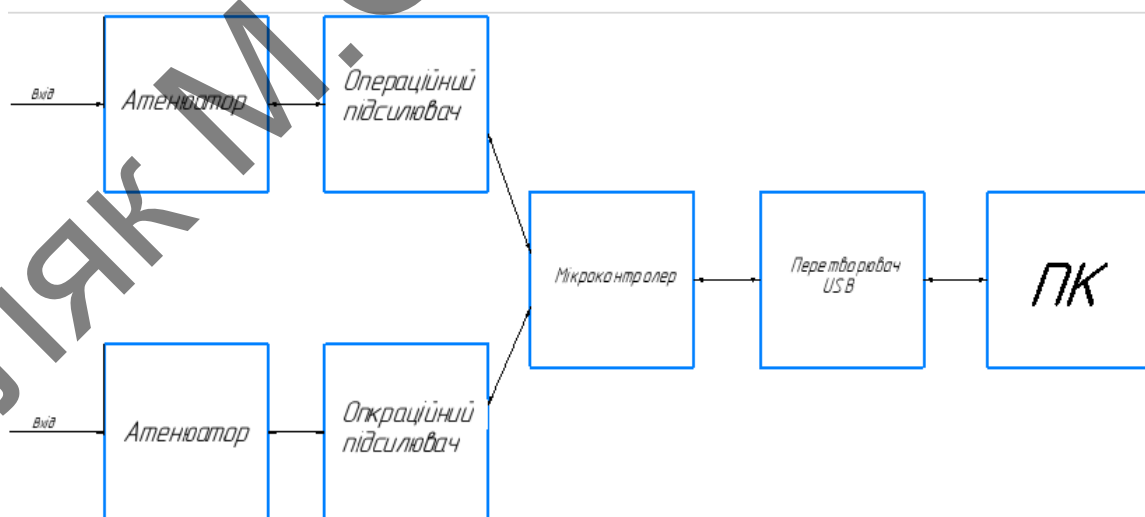


Рисунок 2.1 — Структурна схема осцилографічної приставки

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-

РП31.436181.001 ПЗ

Лис
11

Основа схеми — мікроконтролер з вбудованим АЦП-перетворювачем. Перед ним встановлюємо масштабуючі блоки.

За допомогою USB-порту дані потрапляють на ПК. Також USB-порт є джерелом напруги живлення +5 В для осцилографічної приставки.

2.2 Обґрунтування електричної принципової схеми

На рисунку 2.2 показана схема електрична принципова розробленої осцилографічної приставки.

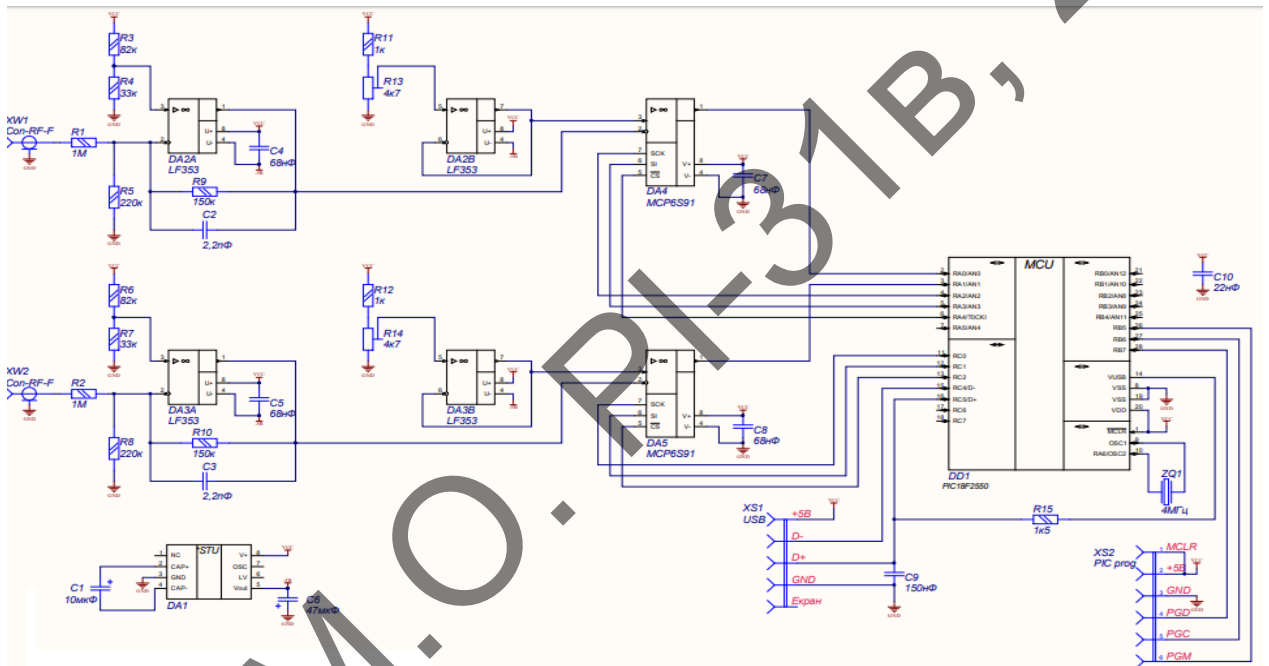


Рисунок 2.2 — Схема електрична принципова осцилографічної приставки

За структурною схемою на вході встановлені атенюатори (подільники напруги) для ослаблення сигналу за амплітудою. Вони сформовані з DA21, DA31, DA22, DA32 та їх обв'язок.

Після атенюаторів сигнал потрапляє на операційні підсилювачі DA4 і DA5. Вони призначені для керування чутливістю каналів.

Живлення схеми забезпечене через USB-порт.

Завдяки резистору R15 здійснюється регулювання швидкості передачі сигналів на USB-шину. Його значення наведене у документації на USB-порт.

										Лис
										12
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-						

РП31.436181.001 ПЗ

Мікросхема DD1 — аналогово-цифровий перетворювач.

На DA2B і на DA3B потрібні однакові наруги живлення, тому встановлений спільний для них перетворювач напруги DA1.

2.3 Вибір елементної та компонентної бази

2.3.1 Вибір мікроконтролера

Від мікроконтролера DD1 залежить полоса пропускання приставки. Вона буде приблизно у двічі меншою за частоту дискретизації мікроконтролера. Також від розрядності мікроконтролера залежить ціна поділок вимірювання амплітуди на екрані.

Для осцилографічної приставки нам потрібний мікроконтролер, який задовольняє наступні вимоги:

- 10-розрядний АЦП;
- проста «прошивка» та налагодження;
- частота дискретизації 20 МГц.

На основі вказаних вище параметрів обираємо мікроконтролер PIC18F2550.

PIC18F2550 — це високопродуктивний мікроконтролер з підтримкою USB. Він має велику кількість оперативної та flash-пам'яті, що робить його ідеальним для вбудованих програм керування та моніторингу, для яких потрібне періодичне з'єднання з комп'ютером через USB для передавання або отримання даних, або оновлення програмного забезпечення.

Замість PIC18F2550 можемо використати будь яку іншу мікросхему, що має вбудований швидкодіючий АЦП з паралельним виводом даних, наприклад: PIC18F2445, PIC18F4550 або PIC1242550.

Характеристики PIC18F2550:

- інтерфейс USB 2.0;
- робоча частота 0 – 48 МГц;
- FLASH-пам'ять — 32 Кілобайт;

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						13
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

- Внутрішній тактовий генератор 8 кГц – 8 МГц;
- внутрішня оперативна пам'ять (SRAM) — 2048×8 біт;
- EEPROM-пам'ять— 256 байт;
- 24 лінії вводу/виводу;
- 10-канальний, 10-бітний АЦП;
- 8-бітний таймер;
- 16-бітний таймер;
- напруга живлення: 2,0 – 5,5 В;
- діапазон температур: -40 – +85 °С.

Зовнішній вигляд PIC18F2550 зображений на рисунку 2.3.

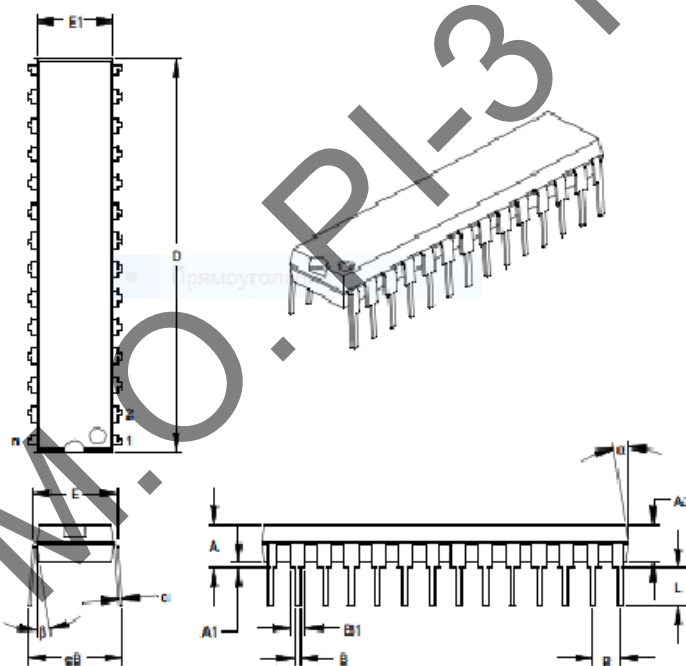


Рисунок 2.3 — Розміри мікроконтролера PIC18F2550

У таблиці 2.1 наведені значення габаритних розмірів PIC18F2550.

Таблиця 2.1 — Значення габаритних розмірів PIC18F2550

n	p, мм	A, мм	A2, мм	A1, мм	E, мм	E1, мм	D, мм	L, мм	c, мм	B1, мм	B, мм	eB, мм
28	2,54	3,81	3,30	0,38	7,87	7,24	34,16	3,30	0,29	1,33	0,48	8,89

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-

РП31.436181.001 ПЗ

Лис

14

Мікроконтролер ICL7660

У якості перетворювача напруги DA1 використаний мікроконтролер ICL7660.

Він потрібний щоб DA3A і DA3B живилися однаковою напругою.

Замість ICL7660 можуть бути використані LMC7660 або MAX1044.

Але вони мають більше зовнішніх елементів обв'язки.

Технічні характеристики ICL7660:

- напруга живлення — 1,5 – 2 В;
- власний струм живлення — 80 – 170 мкА;
- частота переключення — 10 кГц;
- КПД — 98%.

Зовнішній вигляд ICL7660 наведений на рисунку 2.4.

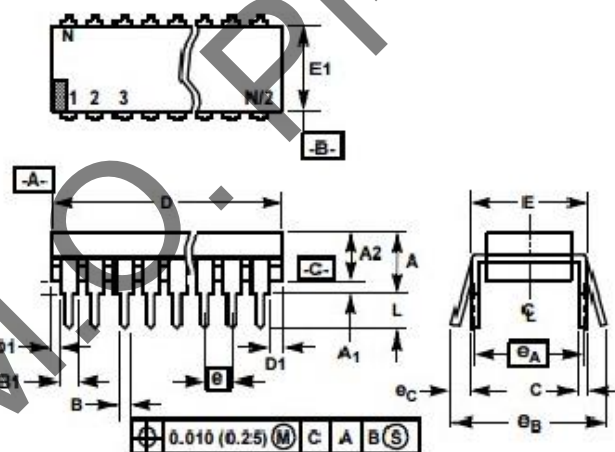


Рисунок 2.4 — Розміри мікроконтролера LMC7660

У таблиці 2.2 наведені значення габаритних розмірів мікроконтролера LMC7660.

Таблиця 2.2 — Значення габаритних розмірів мікроконтролера LMC7660

A,	A1,	A2,	B,	B1,	C,	D,	D1,	E,	E1,	L,	n
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	
5,33	0,39	4,95	0,558	1,77	0,355	10	0,13	8,25	7,11	3,81	8

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-

РП31.436181.001 ПЗ

Лис
15

2.3.2 Вибір операційного підсилювача

У схемі використані два різновиди підсилювачів:

- операційний підсилювач з програмуваним коефіцієнтом підсилення DA4 і DA5;
- буферний операційний підсилювач DA22, DA32, DA21, DA31.

Для DA4 і DA5 використаний MCP6S91. Він має наступні технічні характеристики:

- кількість каналів — 1;
- напруга живлення — 2,5 – 5,5 В;
- пропускна здатність — 18 МГц;
- діапазон робочих температур — -40 – 120 °С.

Розміри MCP6S91 наведені на рисунку 2.5.

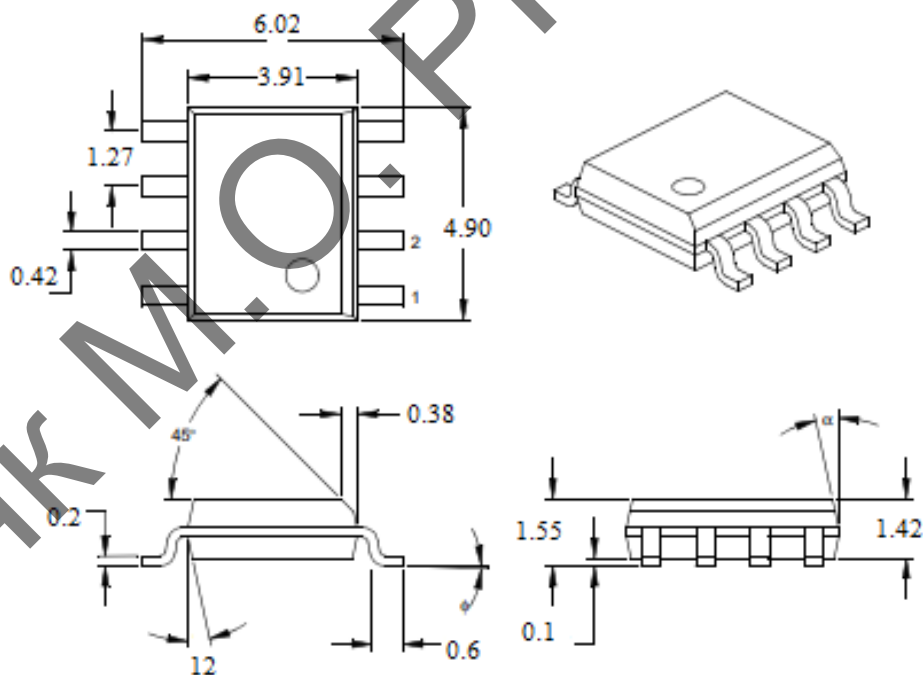


Рисунок 2.5 — Розміри MCP6S91

Для DA22, DA32, DA21, DA31 використаний буферний підсилювач LF353.

Він має такі технічні характеристики (таблиця 2.3):

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		16

Таблиця 2.3 — Технічні характеристики MCP6S91

Корпус	8-SOIC
Тип монтажу	Поверхневий
Вихідна наруга	$\pm 3,5$ В
Струм вихідний	3 – 6 мА
Струм вихідний зміщення	5 пА
Полоса пропускання	3 МГц
Число каналів	2

Розміри LF353 наведені на рисунку 2.6.

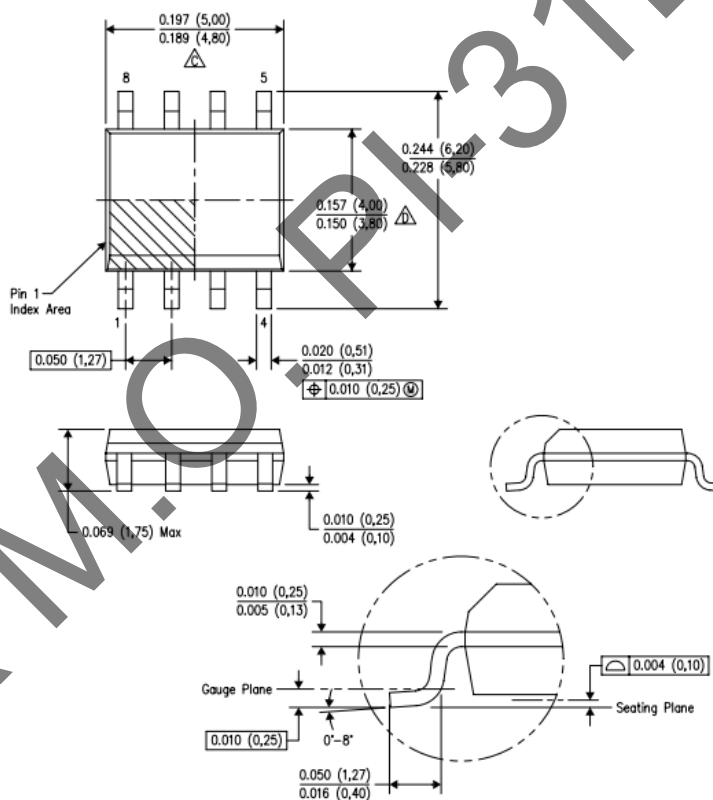


Рисунок 2.6 — Розміри LF353

2.3.3 Вибір резисторів

Для вибору резисторів слід звертати увагу на такі їх характеристики:

— конструктивні характеристики;

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		17

- ціна;
- надійність;
- стійкість до зовнішніх впливів;
- гранична температура;
- максимальна допустима напруга.

Для вибору оптимального резистора використано порівняльну таблицю 2.4. У ній порівняно параметри резисторів і визначено їх місця у залежності від значення параметра. Кожному параметру призначено вагу у залежності від його важливості і знайдено добуток цієї ваги і визначеного місця резистора. Обраний резистор має найменшу суму вищезгаданих добутоків.

Таблиця 2.4 — Порівняльна таблиця для вибору резисторів

Параметри	Вагов. коеф	SMD 0805	C2-23	ОМЛТ
Габарити, мм	0,2	2x1,2	6x2	6x2
		1	2	2
Вартість, грн/шт	0,2	0,09	0,36	0,47
		1	2	3
Маса, г	0,05	0,3	0,15	0,15
		2	1	1
Наробіток на відмову, мін. год.	0,2	30000	20000	15000
		1	2	3
Максимальна робоча температура, °C	0,2	125	155	140
		3	1	2
Максимальна допустима напруга, В	0,15	200	250	220
		3	1	2
Сума	1	1,75	1,8	2,35

За даними таблиці обрано SMD 0805.

На рисунку 2.7 наведено зовнішній вигляд цього резистору. У таблиці 3.5 вказані його габаритні розміри.

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						18
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

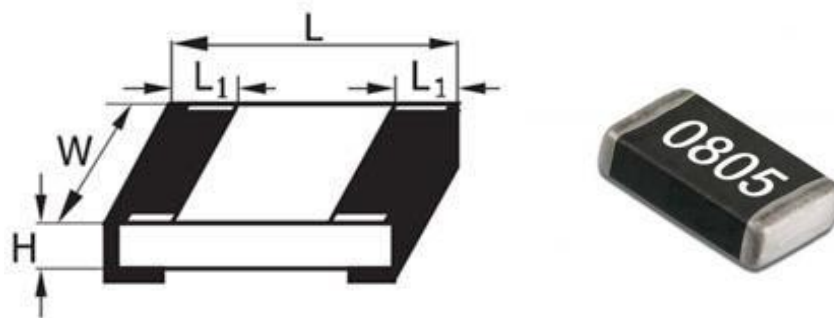


Рисунок 2.7 — SMD-резистор типорозміру 0805

Таблиця 2.5 — Габаритні розміри SMD-резистора типорозміру 0805

W, мм	H, мм	L1, мм	L, мм
1,2	0,55	0,35	2,0

Для вибору підстроювального резистора складемо порівняльну таблицю.

Таблиця 2.6 — Порівняльна таблиця для вибору підстроювального резистора

Параметри	Вагов. коеф	РП1-75	ППБ-3	3329Н
Габарити, мм	0,2	4,8x5,5	25	6,8
		1	3	2
Вартість, грн/шт.	0,2	20	25	22
		1	3	2
Маса, г	0,05	0,5	0,64	0,15
		2	3	1
Наробіток на відмову, мін. год.	0,2	30000	10000	20000
		1	3	2
Максимальна робоча температура, °C	0,2	125	85	155
		2	3	1
Максимальна допустима напруга, В	0,15	400 В	300	600
		2	3	1
Сума	1	1,4	3	1,6

За даними таблиці обрано підстроювальний резистор РП1-75.

Нижче наведене зображення цього резистора. Його габаритні розміри вказані у таблиці 2.7.

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						19
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 2.7 — Розміри резистора РП1-75

L, мм	B, мм	C, мм	D, мм
3,9	4,7	1,8	2,5

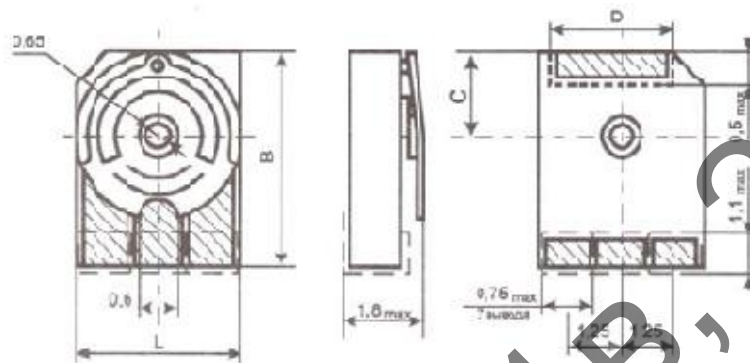


Рисунок 2.8 — Зовнішній вигляд підстроювального резистора РП1-75

2.3.4 Вибір конденсаторів

Для вибору конденсаторів складено порівняльну таблицю 2.8, де враховані такі показники:

- габаритні розміри;
- вартість;
- діапазон робочих температур;
- номінальна напруга;
- маса.

Таблиця 2.8 — Порівняльна таблиця для вибору конденсаторів

Параметри	Вагов. коф.	SMD 0805	КМ-6	КД-2
Габарити, мм	0,2	2x1,2	6,5x4,5	6,5x3
		1	3	2
Вартість грн./шт.	0,2	0,8	1	2,5
		1	2	3
Маса, г	0,2	0,15	1,5	1
		1	3	2

Лис

РП31.436181.001 ПЗ

20

Зм. Лис № докум. Підпис Да-

Продовження таблиці 2.8

Параметри	Вагов. коф.	SMD 0805	КМ-6	КД-2
Номінальна напру- га, В	0,2	50	50	160
		1	1	2
Діапазон темпера- тур, °С	0,2	-55..+125	-60..+85	-60..+200
		2	3	1
Сума	1	1,2	2,4	2

За даними таблиці обрано SMD 0805. Цей конденсатор зображений на рисунку 2.9 його габаритні розміри наведені у таблиці 2.9.

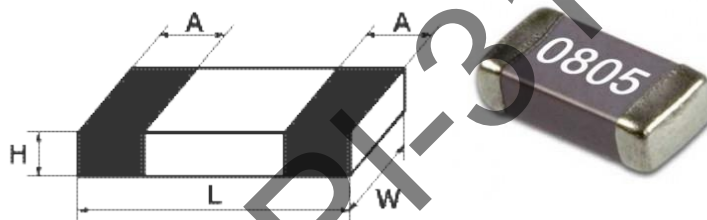


Рисунок 2.9 — SMD-конденсатор типорозміру 0805

Таблиця 2.9 — Розміри SMD-конденсатора

W, мм	H, мм	A, мм	L, мм
1,2	0,55	0,35	2,0

Для вибору електролітичного конденсатора складемо порівняльну таблицю.

Таблиця 2.10 — Порівняльна таблиця для вибору електролітичного конденсатора

Параметри	Вагов.коф.	TAJ 6032	K50-29	BERYL RD
Габарити, мм	0,2	6x3,2	17x6	8x14
		1	2	3
Вартість, грн./шт.	0,2	15	20	13
		1	3	2

Продовження таблиці 2.10

Параметри	Вагов.коф.	ТАJ 6032	K50-29	BERYL RD
Маса, г	0,2	0,15	1,5	1
		1	3	2
Номінальна напру- га, В	0,2	50	160	400
		3	2	1
Діапазон темпера- тур, °С	0,2	-55 – +125	-60 – +85	-40 – +85
		1	2	3
Сума	1	1,4	2,4	2,2

За даними таблиці обрано конденсатор стандартної серії ТАJ у корпусі 6032. Його габаритні розміри наведені у таблиці 2.11 і на рисунку 2.10.

Таблиця 2.11 — Розміри конденсатора стандартної серії ТАJ у корпусі 6032

S, мм	A, мм	W1, мм	W, мм	H, мм	L, мм
2,9	1,3	2,2	3,2	2,6	6,0

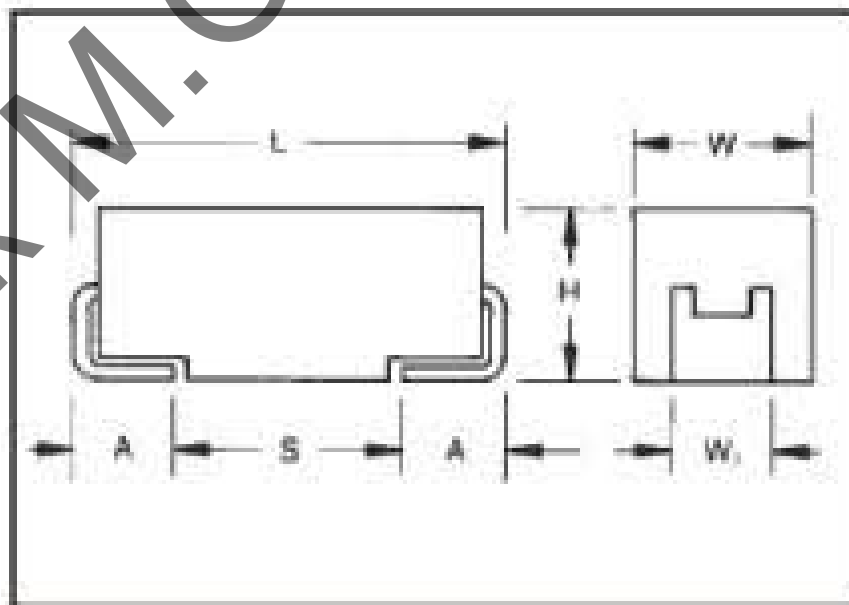


Рисунок 2.10 — Розміри конденсатора стандартної серії ТАJ у корпусі 6032

2.3.5 Вибір кварцового резонатора

Оскільки внутрішній генератор тактових сигналів мікроконтролера ATmega16 має низьку стабільність, необхідно використати зовнішній резонатор.

Візьмемо HC-49SM. Його параметри, вказані у таблиці 3.12 [8]. А сам резонатор та його габаритні розміри на рисунку 3.11.

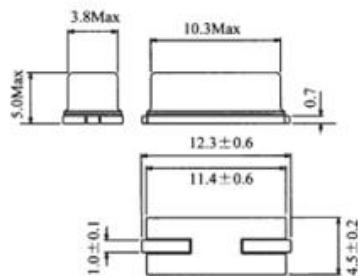


Рисунок 2.11 — Кварцовий резонатор HC-49SM і його габаритні розміри

Таблиця 2.12 — Характеристики кварцового резонатора

Робоча частота, МГц	Інтервал робочих температур °С	Стабільність у інтервалі робочих температур, 1/К	Динамічний опір, Ом	Ємність навантаження, пФ
8	-40 — +70	$\pm 30 \cdot 10^{-6}$	25	30

2.3.6 Вибір рознімачів

Для зв'язку з комп'ютером обраний рознімач USB 2.0 Type B SMD. Його розміри наведені на рисунку 3.12.

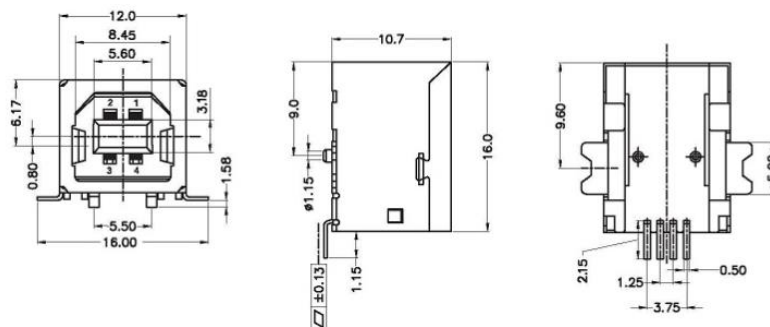


Рисунок 2.12 — Розміри USB 2.0 B SMD

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-

РП31.436181.001 ПЗ

Лис
23

Для отримання сигналів, досліджуваних осцилографічною приставкою, використаний рознімач BNC прямокутний. Його розміри наведені на рисунку 2.13.

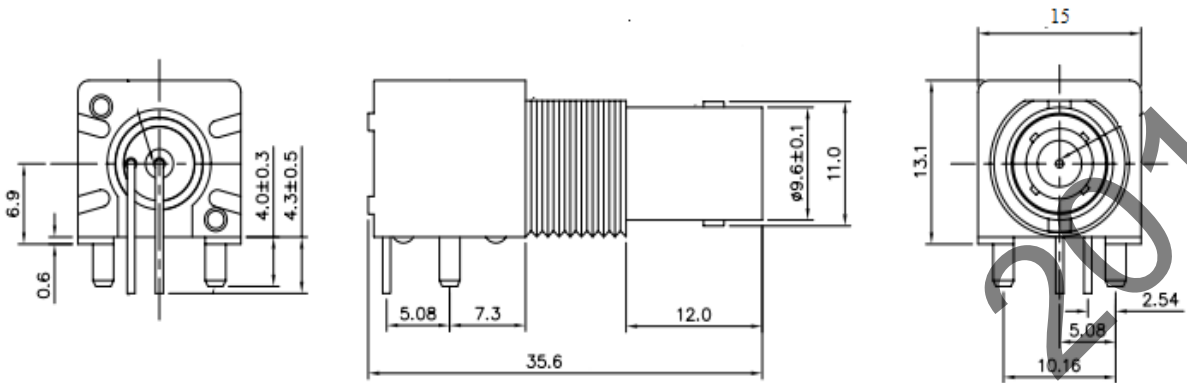


Рисунок 2.13 — Розміри рознімача BNC

Цей рознімач призначений для швидкого підключення до високочастотних сигнальних ліній.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-

РПЗ1.436181.001 ПЗ

Лис
24

3 Проектування електронного модуля

Для проектування обираємо одnobічну друковану плату, тому доцільно виготовляти плату хімічним методом, він не потребує значних витрат і простий у використанні. Суть методу полягає у нанесенні захисного зображення на заготівку плати і подальшому травленні незахищених ділянок. Наступні етапи: зняття захисного зображення і механічна обробка.

Обираємо 3 клас точності друкованої плати. Тому мінімальна ширина провідника складає 0,3мм, а максимальна площа плати складає 280×480 мм.

3.1 Вибір матеріалу друкованої плати

До матеріалу основи ДП висуваємо наступні вимоги:

- мала вологопроникність;
- висока термостійкість;
- шорсткість не нижче 0,4 мкм.

Таким вимогам відповідає склотекстоліт, оберемо його як матеріал основи ДП.

Склотекстоліт має високу механічну міцність, термостійкість, низькі діелектричні втрати, високий поверхневий опір, товщину металізації 35 мкм, товщину діелектрика 1,45 мм. Його використовують для виготовлення одnobічних та двобічних друкованих плат. Обираємо склотекстоліт FR-4 товщиною 1,5 мм з шаром металізації 35 мкм [6].

3.2 Розрахунок мінімальної площі плати

Для розрахунку мінімальної площі друкованої плати необхідно врахувати габаритні розміри усіх її елементів. Вони поділяються на малогабаритні, середньогабаритні та великогабаритні.

Розрахунок мінімальної площі плати виконують за формулою [7].

$$S = 2,5S_{\text{мг}} + 1,5S_{\text{сг}} + 1,2S_{\text{вг}}, \quad (3.1)$$

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						25
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

де $S_{\text{мг}}$ — сумарна установлювальна площа малогабаритних ЕРЕ;

$S_{\text{сг}}$ — сумарна установлювальна площа середньогабаритних ЕРЕ;

$S_{\text{вг}}$ — сумарна установлювальна площа великогабаритних ЕРЕ.

У таблиці 3.1 наведені результати розрахунків установлювальної площі електорадіоелементів.

Таблиця 3.1 — Установлювальна площа ЕРЕ

Елемент	Кількість	А, мм	В, мм	Площа, мм ²
Малогабаритні ЕРЕ				
Резистор	13	1,2	2,0	31,2
Підстроювальний резистор	2	6,4	6,4	81,92
Конденсатор	7	1,2	2,0	16,8
Полярний конденсатор	2	18	18	129,6
Сума				260
Середньогабаритні ЕРЕ				
Кварцовий резонатор	1	11,5	5,3	20
Сума				20
Великогабаритні ЕРЕ				
ОП (LF353)	6	5	4	120
Перетворювач інтерфейсів	1	30	15	450
МСР6S91	2	4,9	3,91	133,84
АЦП	1	34,67	7,24	251,01
(ICL7660)	1	10,16	7,11	72,24
Сума				1027

Мінімальна площа плати за формулою 3.1 дорівнює 2000 мм².

3.3 Вибір корпусу

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		26

Головними критеріями при виборі корпусу є габаритні розміри та міцність. Габаритні розміри обираємо звертаючи увагу на площу плати.

На даний момент на ринку представлено велику кількість різних товарів. Обираємо пластиковий корпус ВОХ-КА12 з габаритними розмірами 90 × 65 × 35 мм. Виходячи з умов експлуатації

ї пластику буде достатньо для забезпечення надійності у роботі приладу.

З'єднання верхньої та нижньої частин виконане 4-ма саморізами. У корпусі можна встановити плату розміром 64 × 58 мм з максимальною висотою 25 мм.

3.4 Розрахунок діаметрів контактних площадок

Для розрахунку діаметрів контактних площадок використовують формулу [11]:

$$D_{min} = (d_0 + \Delta d_{в.о.}) + 2b + \Delta t_{в.о.} + \Delta t_{т.р.} + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + t_{н.о.}^2},$$

де d_0 — діаметр отвору;

$\Delta d_{в.о.}$ — верхнє граничне відхилення діаметру отвору;

$\Delta t_{в.о.}$ — верхнє граничне відхилення діаметру контактної площадки;

$\Delta t_{т.р.}$ — значення підтравлення діелектрика у отворі;

$\Delta t_{н.о.}$ — нижнє граничне відхилення діаметра контактної площадки та ширини друкованого провідника;

T_d — значення позиційного допуску розташування осей отворів у діаметральному вираженні;

T_D — значення позиційного допуску розташування центрів контактних площадок у діаметральному вираженні.

У таблиці 3.2 наведені результати розрахунків діаметрів.

Таблиця 3.2 — Результати розрахунків діаметрів контактних площадок

Елементи	$d_в$	d_0	$\Delta d_{в.о.}$	D_s	B	$\Delta t_{т.р.}$	$\Delta t_{в.о.}$	$\Delta t_{н.о.}$	T_d	T_D	D_{min}
LF353	0,7	1	0,05	2	0,1	0,08	0,05	0,08	0,08	0,16	1,7

Продовження таблиці 3.2

Елементи	d_B	d_0	$\Delta d_{B.O.}$	D_s	B	$\Delta t_{T..}$	$\Delta t_{B.O.}$	$\Delta t_{H.O.}$	T_d	T_d	D_{min}
Перетворювач інтерфейсів USB-RS232(TTL)	0,8	1	0,05	2	0,1	0,08	0,05	0,08	0,08	0,16	1,857
MCP6S91	0,7	1	0,05	2	0,1	0,08	0,05	0,08	0,08	0,16	1,656
CL7660	0,7	1	0,05	2	0,1	0,08	0,05	0,08	0,08	0,16	1,656
АЦП	0,7	0,6	0,05	2	0,1	0,08	0,05	0,08	0,08	0,16	1,4

Для компонентів поверхневого монтажу, тобто для резисторів та конденсаторів, у яких типорозмір корпусу — 0805, розміри контактних площадок візьмемо з документації [9].

На рисунку 3.1 зображені розміри контактних площадок для SMD-компонентів. Розміри вказані у міліметрах.

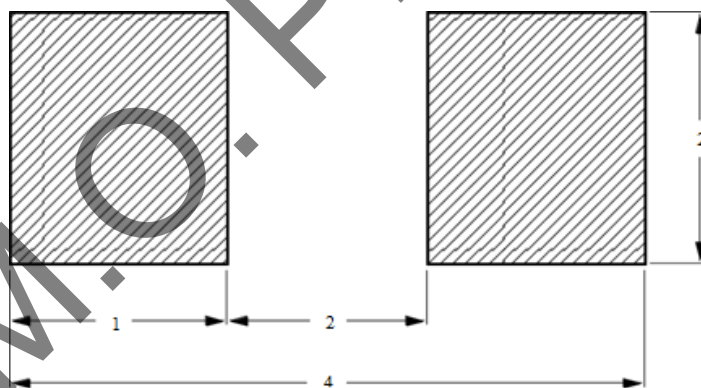


Рисунок 3.1 — Розміри контактних площадок для SMD-компонентів

3.5 Розрахунок зазорів між елементами друкованого монтажу

Для розрахунку найменшого зазору між друкованими елементами, скористаємося формулою [9]:

$$S = M_{SN} + \Delta b_o,$$

де $M_{SN} = 0,25$ мм — мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами;

$\Delta b_o = 0,10$ мм — допуск на ширину провідника.

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		28

Найменший зазор між друкованими елементами дорівнює 0,35мм .

3.6 Розрахунок мінімальної відстані для прокладання одного провідника між двома контактними площадками

Мінімальну відстань для прокладання одного провідника між двома контактними площадками розраховують за формулою [10]:

$$L_n = \frac{D1 + D2}{2} + n \cdot t + S_m \cdot (n + 1) + T$$

де $D1 = 1,2$ мм — діаметр першої контактної площадки;

$D2 = 1,2$ мм — діаметр другої контактної площадки;

$S_m = 0,25$ мм — мінімальна допустима відстань між сусідніми друкованими елементами;

$n = 1$ — кількість провідників;

$T = 0,05$ мм — відстань між центрами осей;

$t = 0,33$ мм — ширина провідника.

Вона дорівнює 2,46 мм.

Результати розрахунків конфігурації друкованого монтажу були використані для проектування плати у середовищі Altium Desinger Summer 17. На рисунку 3.2 зображені результати роботи Altium Desinger Summer 17.

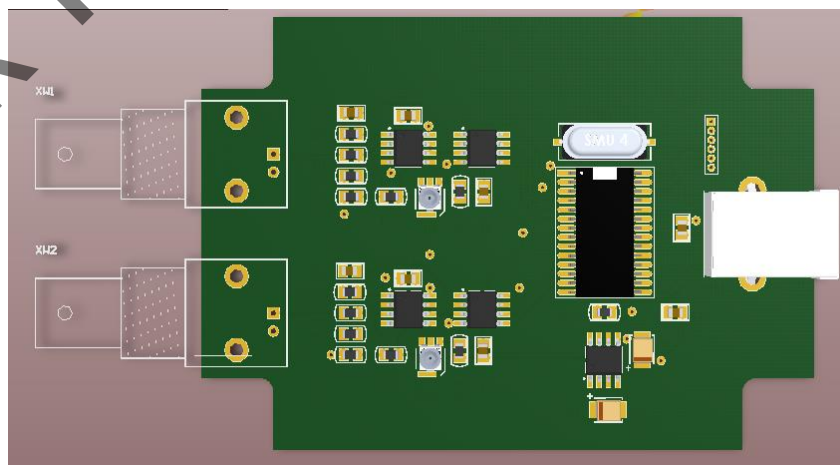


Рисунок 3.2 — Друкована плата у Altium Desinger Summer 17

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-

РПЗ1.436181.001 ПЗ

Лис
29

Середовище Altium Desinger Summer 17 дозволяє отримати усі креслення, друкованого вузла.

Желяк М.О. РІ-31В, 2019

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						30
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

4 Проектування приладу та аналіз його працездатності

4.1 Розрахунок надійності

Після розрахунків друкованого монтажу потрібно підтвердити працездатність осцилографічної приставки.

Під час експлуатації пристрою існують різні фактори, що можуть негативно вплинути на його роботу. Оскільки вплив більшості цих факторів випадковий, їх неможливо відслідкувати на стадії розробки. У зв'язку з цим необхідно провести розрахунок часу гарантованої безвідмовної роботи.

Розрахунок проводитиметься за методикою [11].

Перед розрахунками приймають два наступних припущення:

- відмови елементів системи статистично незалежні;
- відмова будь-якого елемента системи призводить до її відмови.

Інтенсивність відмов розраховують за формулою [11]:

$$\lambda_i = \lambda_0 \prod_{n=1}^N K_n, \quad (4.1)$$

де λ_0 — базова інтенсивність відмов елементів;

N — кількість коефіцієнтів, що будуть враховані;

K_n — n -й коефіцієнт впливу.

Почнемо з розрахунку коефіцієнта умов експлуатації K_E . Він має однакове значення для усіх елементів.

$$K_E = K_1 K_2 K_3,$$

де K_1 — коефіцієнт умов використання для наземної апаратури;

K_2 — коефіцієнт, який враховує показники вологості та температури;

K_3 — коефіцієнт, що характеризує висоту, на якій експлуатують прилад.

$$K_E = 16 \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 20.$$

Для резистора формула (4.1) має вигляд

$$\lambda_i = \lambda_0 K_H K_E K_P,$$

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
						31
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

де λ_6 — базова інтенсивність відмов елементів;

K_H — коефіцієнт навантаження;

K_E — коефіцієнт експлуатації;

K_{Π} — коефіцієнт приймання.

Коефіцієнт навантаження для усіх резисторів обираємо мінімальним (0,1), бо кола, у яких вони працюють, мають малий струм. Коефіцієнт приймання K_{Π} ми беремо з [11] і він дорівнює 10. Результати розрахунків заносимо до таблиці.

Для конденсатора формула (4.1) має вигляд:

$$\lambda_i = \lambda_6 K_H K_E K_{\Pi} K_C,$$

де K_C — коефіцієнт, який залежить від значення номінальної ємності конденсатора.

Коефіцієнт навантаження у конденсаторів залежить від напруги живлення та максимальної напруги, що витримує конденсатор.

Для танталових конденсаторів максимально допустима напруга $U_{\text{доп}}$ дорівнює 50 В, а максимальна напруга U_{max} у схемі — 5 В. Розрахунок коефіцієнту навантаження для них проводиться за формулою:

$$K_H = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{доп}}} = \frac{5}{50} = 0,1.$$

Для інших конденсаторів максимальна допустима напруга — 16 В, а максимальна напруга у схемі — 5В:

$$K_H = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{доп}}} = \frac{5}{16} = 0,315.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 6.1.

Для кварцового резонатора формула (6.1) має вигляд:

$$\lambda_i = \lambda_6 K_t K_E K_{\Pi},$$

де K_t — коефіцієнт, що залежить від температури корпусу елемента.

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
						32
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Коефіцієнти для даної формули візьмемо з [11]. Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.1.

Для мікроконтролера формула (4.1) має вигляд:

$$\lambda_i = \lambda_6 K_{0,5} K_E K_{\text{кор.}} K_{\text{П}},$$

де $K_{\text{кор.}}$ — коефіцієнт, який враховує тип корпусу;

Коефіцієнти для даної формули візьмемо з [11]. Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 — Інтенсивність відмов

Тип елемента	$\lambda_6 \cdot 10^6$, 1/год	K_{H}	$\lambda_i \cdot 10^6$, 1/год	Кількість елементів
Конденсатор SMD 0805	0,01	0,1	2,68	5
Електролітичний конденсатор	0,19	0,32	0,052	2
Резистор SMD 0805	0,02	0,1	0,4	15
Підстроювальний Резистор	0,179	0,1	3,58	2
Кварцовий Резонатор	0,026	1	0,52	1
Мікросхеми	0,019	0,5	1,87	8

Далі розрахуємо загальну інтенсивність λ_0 відмов пристрою. Вона дорівнює сумі інтенсивностей відмов усіх елементів:

$\varphi(\beta)$ — функція, яка залежить від того, як закріплена плата. Для кріплення плати у чотирьох точках:

$$\varphi(\beta) = \pi^2 \left(1 + \frac{a^2}{b^2} \right) = 3\pi^2.$$

$$D = \frac{5,7 \cdot 10^{10} \cdot 0,0015^3}{12(1 - 0,22^2)} = 20,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$f_0 = \frac{3 \cdot 3,14}{2 \cdot 0,085^2} \cdot \sqrt{\frac{20,6 \cdot 0,085 \cdot 0,06}{0,22}} = 651 \text{ Гц}.$$

Резонансна частота $f_0=651$ Гц, значно більша за максимальну частоту вібраційних впливів ($f_b = 70$ Гц), тобто обраний варіант кріплення плати задовольняє вимогам ТЗ.

Перевірка умов стійкості до ударних дій при падінні

Діюче перевантаження, яке виникає при падінні приладу, буде задовольняти умовам ТЗ у випадку коли діюче на пристрій прискорення a_y , менше за допустиме прискорення елемента плати [15]:

$$a_y = \frac{V_0^2}{2H}$$

де V_0 — відносна швидкість зіткнення пристрою з поверхнею, м/с;

$H=1$ — висота падіння, м;

$$V_0 = V_y + V_{\text{від}}$$

де V_y — швидкість блоку у момент удару об поверхню, м/с;

$V_{\text{від}}$ — швидкість відскоку, м/с.

$$V_y = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1} = 4,43 \text{ м/с}^2.$$

$$V_{\text{від}} = k_b V_y = 0,9 \cdot 4,43 = 3,99 \text{ м/с}^2,$$

де $k_b=0,9$ — коефіцієнт відновлення швидкості.

g — прискорення вільного падіння, м/с²;

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		35

$$V_0=8,42 \text{ м/с}^2.$$

$$a_y = \frac{8,42^2}{2} = 35 \text{ м/с}^2.$$

Отримане значення діючого на пристрій прискорення значно менше за прискорення, допустиме під час експлуатації приладу за ТЗ (98 м/с²). Тобто пристрій відповідає вимогам ударостійкості при падінні.

Желяк М.О. РІ-31В, 2019

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						36
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

5 Економічна частина

У цьому розділі дипломного проекту розраховано собівартість виробу за методикою [14].

Вихідні дані для розрахунку:

- програма випуску (розмір партії) — 10 штук за 1 день (2600 шт. на рік);
- режим роботи дільниці з випуску приставки — одна зміна тривалістю 8 годин.

5.1 Планово-операційна карта виготовлення виробу

Таблиця 5.1. — Планово-операційна карта виготовлення виробу

№	Назва операції	Найменування обладнання	Професія	Розряд	Трудомісткість, нормо-хвили.	Тарифна ставка, грн.
1	Різка склотекстоліту	прес-ножиці	Слюсар	1	18	22,41
2	Свердління отворів	Свердлильний верстат	Свердлувальник	3	19	28,01
3	Травлення плати	Гальванічна ванна	Гальванік	4	20	32,94
4	Монтаж плати	Стіл монтажника	Монтажник	5	25	37,42
5	Остаточне складання	Стіл складальника	Складальник	6	21	39,41
6	Налагоджування	Стіл налагоджувальника	Налагоджувальник	4	23	32,94

Визначаємо розцінку для кожної операції і заносимо їх у планово-операційну карту.

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						37
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Розцінку визначаємо за формулою [14], результати вносимо у таблицю 5.2:

$$P = \frac{T_{шт} \cdot T_{ст}}{60},$$

де $T_{шт}$ — трудомісткість операції, нормо-хвилин,

$T_{ст}$ — годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, грн/год.

Таблиця 5.2 — Розціка для кожної операції

Операція	1	2	3	4	5	6
P, грн	6,72	8,86	10,98	15,59	13,79	12,62

Загальна розцінка представляє собою суму розцінок усіх операцій:

$$P\Sigma = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 = 68,56 \text{ грн.}$$

5.2 Розрахунок необхідної кількості обладнання

Для визначення необхідної кількості обладнання, для виготовлення заданої кількості виробів, використано формулу [14]:

$$C_p = \frac{T_{шт} N}{F_e \cdot 60},$$

де $T_{шт}$ — трудомісткість операції, нормо-хвилин;

N — кількість виробів у партії, шт;

F_e — ефективний фонд часу роботи обладнання, год.

Ефективний фонд часу роботи обладнання розраховано за формулою:

$$F_e = 0,95 \cdot d \cdot t,$$

де d — кількість днів роботи дослідної дільниці над нашою партією виробів;

t — тривалість зміни, год.

$$F_e = 0,95 \cdot 1 \cdot 8 = 7,6 \text{ год.}$$

Для визначення необхідної кількості обладнання для даної операції значення C_p , округлюємо до найближчого цілого числа $C_{пр}$. Результати заносимо до таблиці 5.2.

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						38
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 5.2 — Кількість обладнання для кожної операції

Номер операції	1	2	3	4	5	6	Сума
C_p	0,39	0,42	0,44	0,55	0,46	0,54	2,8
$C_{пр.}$	1	1	1	1	1	1	6

5.3 Розрахунок коефіцієнту завантаження обладнання

Коефіцієнт завантаження обладнання розраховано за формулою:

$$K_{зав.} = \frac{C_p}{C_{пр.}} \cdot 100\%.$$

Результати заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 — Коефіцієнт завантаження обладнання для кожної операції

Номер обладнання	1	2	3	4	5	6
$K_{зав.}$	39%	42%	43%	55%	46%	54%

Середній коефіцієнт завантаження обладнання розраховано за формулою:

$$K_{зав.сер.} = \frac{\sum C_p}{\sum C_{пр.}} \cdot 100\% = 46,66\%;$$

5.4 Розрахунок необхідної кількості основних робітників

Розрахунок необхідної кількості робітників певних професій і розрядів проведено на основі планово-операційної карти, шляхом ділення об'єму роботи за кожною з професій і розрядом на дійсний фонд часу роботи одного робітника.

Розрахунок необхідної кількості робітників проведено за формулою:

$$P = \frac{T_o \cdot N}{F_d \cdot K_{вн} \cdot 60'}$$

де, T_o — трудомісткість операції, нормо-хвилин;

N — кількість виробів у партії, шт;

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						39
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

F_d — дійсний фонд часу роботи одного робітника, год;

$K_{вн}$ — коефіцієнт виконання норм.

Дійсний фонд часу роботи одного робітника розраховано за формулою:

$$F_d = 0,985 \cdot d \cdot t,$$

де d — кількість днів роботи дослідної ділянки над нашою партією виробів,

t — тривалість зміни, год.

$$F_d = 0,985 \cdot 1 \cdot 8 = 7,88 \text{ год}$$

Результати розрахунків необхідної кількості робітників P_n за професіями внесено до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 — Необхідна кількість робітників за професіями

Професія	1	2	3	4	5	6	Сума
P	0,381	0,402	0,423	0,529	0,444	0,486	2,661
P_n	1	1	1	1	1	1	6

Разом на ділянці будуть працювати 6 робітників основних професій ($P_{осн.}$).

5.5 Розрахунок необхідної кількості інших категорій працюючих

Чисельність інших категорій працюючих встановлено у наступних пропорціях.

1. Допоміжні робітники $P_{доп.}$ складають 18 – 20% від чисельності основних робітників:

$$P_{доп.} = 0,18 \cdot P_{осн.} = 1,08.$$

Обрано $P_{доп.}=1$.

2. Керівники та спеціалісти $P_{кc}$ складають 12 – 15% від загальної чисельності робітників:

$$P_{кc} = 0,12 \cdot (P_{осн.} + P_{доп.}) = 0,84;$$

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						40
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Обрано $P_{\text{кc}}=1$.

3. Службовці $P_{\text{сл}}$ складають 4–6% від загальної кількості робітників:

$$P_{\text{сл}} = 0,05 \cdot (P_{\text{осн}} + P_{\text{доп}}) = 0,35;$$

Обрано $P_{\text{сл}}=1$.

4. Молодший обслуговуючий персонал $P_{\text{мол}}$ складає 2–3% від загальної кількості робітників:

$$P_{\text{мол}} = 0,03 \cdot (P_{\text{осн}} + P_{\text{доп}}) = 0,21;$$

Обрано $P_{\text{мол}}=1$.

5.6 Розрахунок площі дільниці

За санітарними нормами на одне робоче місце повинно припадати від 8 до 12 м² виробничих площ. Приймаємо 10 м², тоді:

$$S_{\text{вир}} = 10 \cdot P_{\text{осн}} = 60 \text{ м}^2.$$

Нормована кількість допоміжних площ 0,5 м² на одного працівника:

$$S_{\text{доп}} = 0,5(P_{\text{осн}} + P_{\text{доп}} + P_{\text{кc}} + P_{\text{сл}} + P_{\text{мол}}) = 5 \text{ м}^2.$$

Загальна площа дільниці складає:

$$S = S_{\text{вир}} + S_{\text{доп}} = 65 \text{ м}^2.$$

Вартість одного квадратного метра площі дорівнює 800 грн [14]. Тоді вартість площі дільниці (B_S) складає 52000 грн.

5.7 Матеріали

Загальну вартість матеріальних витрат ($B_{\text{мат}}$) розраховано за формулою:

$$B_{\text{мат}} = B_{\text{мат.тар.}} + B_{\text{заг.}} - B_{\text{відх.}},$$

де $B_{\text{заг. тар.}}$ — транспортно-заготівельні витрати (10% від вартості матеріалів за тарифом);

$B_{\text{відх.}}$ — вартість відходів (2% від вартості матеріалів за тарифом);

$B_{\text{мат. тар.}}$ — вартість сировини і матеріалів за тарифом (наведено у таблиці 5.5).

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
						41
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Стіл монтажника	1	1500	1500
Стіл налагоджувальника	1	300	300
Стіл слюсаря	1	1000	1000

$$V_{\text{рем.}} = \frac{0,13 \cdot V_{\text{обл.}}}{253} \cdot d \text{ грн.}$$

$$V_{\text{рем.}} = \frac{0,13 \cdot 2160}{253} \cdot 1 = 11 \text{ грн.}$$

4) Витрати на утримання, поточний ремонт і амортизацію будівель ($V_{\text{рем.}S}$), які складають 7% від вартості площ:

$$V_{\text{рем.}S} = \frac{0,07 \cdot V_S}{253} \cdot d = 14,39 \text{ грн.}$$

5) Витрати на електроенергію ($V_{\text{ел.}}$).

Подібна дільниця на виробництві споживає 30 кВт електроенергії на добу. Вартість однієї кВт електроенергії — 0,9 грн. Тоді витрати на електроенергію дорівнюють 27 грн.

6) Витрати на охорону праці, які складають 2% від заробітної плати основних робітників:

$$V_{\text{охр}} = 0,2 \cdot 3П = 0,2 \cdot 891,28 = 178,26 \text{ грн.}$$

Цехові накладні витрати складають:

$$V_{\text{ц}} = 3П_{\text{ц}} + V_{\text{ссін}} + V_{\text{рем}} + V_{\text{рем}S} + V_{\text{ел.}} + V_{\text{охр.}} = 1134,87 \text{ грн.}$$

Разом цість складових загально-цехових накладних витрат ($СВ_{\text{ц}}$) дорівнюють 4999,16 грн.

5.12 Загальновиробничі витрати

До цієї статті включено витрати, пов'язані з організацією та обслуговуванням виробництва, а також заводським керівництвом.

Загальнозаводські накладні витрати ($ЗВ_{\text{в}}$) складають 75% від заробітної плати основних працівників — 668,46 грн.

Заводську собівартість виробів розраховують за формулою:

$$ЗСВ = ЗВ_{\text{в}} + СВ_{\text{ц}}$$

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						45
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Заводська собівартість складає 5667,62 грн.

5.13 Поза виробничі витрати

Поза виробничі витрати — це витрати на реалізацію продукції, оплату штрафів, зборів тощо.

Вони складають 2% від заводської собівартості:

$$V_{пв.} = 0,02 \cdot ЗСВ = 113,35 \text{ грн.}$$

5.14 Собівартість

Повна собівартість партії виробів складає:

$$СВ = ЗСВ + V_{пв.} = 5780,97 \text{ грн.}$$

Таким чином собівартість одного приладу (0,1 СВ) дорівнює 578,09 грн.

Ця сума виглядає досить прийнятною у порівнянні з існуючими аналогами.

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
						46
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

6 Охорона праці

У даному дипломному проекті проводиться розробка осцилографічної-приставки, таким чином, у цьому розділі доцільно розглянути питання з охорони праці при виготовленні друкованих плат та при виконанні технологічного процесу пайки ЕРЕ. При проведенні цих робіт утворюється цілий ряд шкідливих та небезпечних факторів, що потребують розробки та запровадження необхідних заходів щодо захисту здоров'я працюючих від негативної дії цих факторів.

Особливої уваги приділити електробезпеки, пожежної безпеки на робочому місці при виконанні описаних вище робіт.

В цьому розділі визначені основні потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори при виготовленні та експлуатації спроектованого приладу, також запропоновані технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії та визначений основний захист з пожежної безпеки на ділянках пайки і лудіння» розглянуто норми пожежної безпеки та профілактики на ділянці при пайці друкованих плат.

6.1 Визначення основних потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Під час аналізу основних шкідливих і небезпечних факторів ,що виникають при виготовленні розробленого приладу та зокрема процесу ручної пайки є особливо небезпечним пайка виводів радіо-компонентів . При пайці використовуємо припій ПОС-61, до складу якого входить свинець, що відноситься до першого класу небезпеки . Цей процес має такі характерні шкідливі та небезпечні фактори як хімічні, біологічні, фізіологічні та психофізичні фактори . Спільна дія їх може призвести до виникнення пожеж, вибухів та профзахворювання.

Тому слід виділити основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори при ручній пайці :

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
						47
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

- незадовільні метеорологічні умови у робочій зоні
- незадовільні освітленість робочих місць або підвищена яскравість світла
- можливі враження робітників електричним струмом
- наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин під час ручної пайки нервово—психічні перевантаження

Ручна пайка супроводжується забрудненням повітряного середовища аерозолем припою. Знаходячись у запиленій атмосфері, робітники піддаються впливу пилу та пару, шкідливі речовини осідають на шкіряному покриві потрапляють на слизову оболонку порожнини рота, очей, верхніх дихальних шляхів зі слиною заковтуються у травневий тракт також вдихаються у легені поряд із забрудненням повітряного середовища забруднюються робочі поверхні й одяг робітників.

Сутність впливу аерозолів залежить від хімічного складу. Більшість елементів, що входять до складу застосовуваних припоїв, є шкідливими для здоров'я та життя людини. У розроблюваному технологічному процесі застосовується припій ПОС -61 ГОСТ1499-79. Пайка проводиться електропаяльником потужністю 36Вт. До складу припою входить 60-62% олова інше свинець. Біологічна дія, клас небезпеки і ГДК у повітрі робочої зони вихідних компонентів, що входять до складу аерозолу приведені у таблиці Біологічна дія, клас небезпеки і ГДК у повітрі робочої зони вихідних компонентів, що входять до складу аерозолу приведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 — Біологічна дія, клас небезпеки і ГДК у повітрі робочої зони

Компоненти	Характер токсичної дії	Клас небезпеки	ГДК у повітрі робочої зони мг/млЗ
Олово	Поразка бронхів. При тривалому впливі можливий пневмоконіоз.	3	10,0

Продовження таблиці 6.1

Компоненти	Характер токсичної дії	Клас небезпеки	ГДК у повітрі робочої зони мг/млЗ
Спирт етиловий	Має наркотичну і дратівну дію при тривалому контакті .	4	10000
Свинець	При отруєнні спостерігається поразка нервової системи, крові, серцево-судинної системи, шлунково-кишкового тракту, статеві системи	1	0,01

Роботи при проведенні ручної пайки мають відповідати згідно ДСН 3.3.6.042-99 відповідно категорії II , що являє собою сидячу роботу, з підняттям ваги до 1 кг. Розглянемо холодний період року .

Таблиця 10 — Параметри мікроклімату

Назва	Припустимі параметри	Фактичні параметри
Температура повітря	21-25 0С	20-250С
Швидкість руху повітря	0,1м/с	0.1м/с
Відносна вологість повітря	55%	50%

Параметри мікроклімату, як видно з таблиці 10 , для даної робочої зони відповідають нормам ДСН 3.3.6.042-99.

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						49
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

6.2 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Вимоги до виробничих приміщень

Будівлі, у яких розташовуються ділянки пайки, а також інші цехи і ділянки слід будувати з вогнестійкого матеріалу, розміщувати по відношенню до житлових забудов з підвітряного боку і на відстані, що визначається відповідно до розрахунку розсіювання шкідливих речовин, але не менше 50 м від житлових забудов;

На території організації повинно бути ізольоване приміщення для збору, короткочасного зберігання та утилізації відходів, отриманих при виконанні робіт по пайці;

У виробничих приміщеннях повинні бути передбачені безпечні проходи і проїзди для руху людей і транспортних засобів. Ширина проїздів устанавлюється залежно від габаритів транспортних засобів і виробів. Межі проходів та проїздів повинні бути відзначені білими смугами шириною не менше 50 мм, металевими кнопками або іншими способами. Відстань від межі проїжджої частини до елементів конструкції будівель та обладнання повинна бути не менше 0,5 м, при русі людей – не менше 0,8 м.

У виробничих приміщеннях має бути не менше двох евакуаційних виходів. Двері повинні мати ширину не менше 0,8 м і висоту — не менше 2,0 м. Ворота, двері та інші прорізи у капітальних стінах, зроблені для технологічних цілей, повинні бути утеплені й обладнані тамбурами або тепловими повітряними завісами. Двері повинні мати пристосування для примусового закривання;

На ділянках пайки повинні знаходитися первинні засоби пожежогасіння відповідно до вимог Правил пожежної безпеки. Не допускається застосовувати для гасіння магнієвих сплавів воду та пінні вогнегасники.

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		50

6.2.1.1 Відповідність параметрів робочого приміщення санітарним нормам

Розраховувати розміри приміщення у якому буде виконуватись пайка та залуження будемо з урахуванням нормам, зазначених у ОНТП 24-86 «Производственные здания» (площа на одного працюючого не повинна бути меншою за $4,5 \text{ м}^2$, об'єм — 15 м^3). Нижче вказані параметри приміщення:

Ширина приміщення — 6,5 м.

Довжина приміщення — 10 м.

Висота — 5 м.

Кількість працюючих людей — 6.

Площа — 65 м^2 .

Об'єм — 325 м^3 .

На одну людину, працюючу в цьому приміщенні, припадає $10,8 \text{ м}^2$ площі та $54,16 \text{ м}^3$ об'єму. Приміщення задовольняє нормам вказаних вище.

6.2.3 Вимоги до освітлення робочих приміщень

Під час паяння продукції у приміщенні має бути передбачене природне та штучне освітлення. При цьому воно має відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006. Перевіримо освітленість, що забезпечується загальним

У виробничих приміщеннях, призначених для пайки, має передбачатися природне і штучне освітлення відповідно до вимог будівельних норм і правил;

Для місцевого освітлення робочих місць при виконанні робіт з паяння виробів повинні бути світильники з непросвічуючими відбивачами. Світильники повинні розташовуватися таким чином, щоб їх світло, не влучало у поле зору працівників;

На робочих місцях, призначених для виконання робіт з використанням мікроскопа, освітленість від системи комбінованого освітлення повинна бути не нижче 2500 лк ;

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						51
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Контрольні вимірювання освітленості на робочих місцях у цехах і на ділянках пайки необхідно проводити не рідше двох разів на рік і результати вимірювань заносити у відповідний журнал реєстрації;

У цехах і на ділянках пайки повинно бути обладнане автоматичне аварійне освітлення. До мережі аварійного освітлення не допускається приєднувати інші струмоприймачі.

Для очищення світильників, ліхтарів і вікон необхідно застосовувати пристрої, що забезпечують безпеку робіт (сходи, пересувні підйомники тощо). Очищення світильників загального освітлення повинна проводитися два рази на місяць. Скло вікон і ліхтарів повинні очищатися періодично, не рідше двох разів на рік.

Розрахунок штучного освітлення на робочих місцях потрібно виконувати відповідно до ДБН В.2.5-28-2006. Для цього потрібно перевірити освітленість, що забезпечується загальним рівномірним штучним освітленням. Для визначення освітленості застосуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку.

Як основним джерелом світла візьмемо лампи ЛБ-80 потужністю 80 Вт. Застосовувані світильники ПВЛМ чи ЛСПО62·80-08.

Освітленість дорівнює :

$$E = \frac{N \cdot \Phi_0 \cdot \eta}{S \cdot K}$$

де N=12 — кількість світильників у приміщенні;

$\Phi_0=5220$ Лм-світловий потік світильника;

Kз — коефіцієнт запасу ;

S=35 м² — площа освітлювального приміщення;

η — коефіцієнт використання світлового потоку, він визначається у залежності від індексу приміщення і коефіцієнтів відбиття стелі, $\eta_1=0,7$, для стін $\eta_2=0,5$, для підлоги $\eta_3=0,1$.

$$i = \frac{l \cdot b}{h \cdot (l + b)}$$

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						52
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Норма загального освітлення робочих місць (контраст об'єкта розрізнення середній фон ,середній розряд зорової роботи 3В; робота високої точності складає 300Лк . Фактичне Е більше необхідного , і норми ДБН В.2.5-28-2006 виконуються .

На робочому місці монтажу РЕА комбіноване освітлення повинне забезпечити освітленість місця $E_{норм}=750$ ЛК. Загальне освітлення забезпечує 369 Лк , місцеве повинно бути $E_{норм}-E_{заг}=750-369=381$ Лк. Тому потрібно застосувати джерело місцевого освітлення МЛ-2х80. Та перевіримо чи забезпечить даний світильник необхідну освітленість

$$E = \frac{n \cdot N \cdot \Phi}{1000 \cdot \hat{E}_\zeta}$$

де $N=1$ — число світильників;

E — освітленість ,яку забезпечує місцевий світильник;

$K_3=1,5$ — коефіцієнт запасу;

$n=2$ — число ламп у світильнику;

$\Phi_0=4070$ Лм — світловий потік лампи ЛД80;

$\mu=1,2$ — коефіцієнт який враховує збільшення освітленості від навколишніх предметів;

$L=100$ — умова на освітленість за графіком;

$f=1$ — враховує кут нахилу робочої площини, тоді:

$$E=2 \cdot 4070 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 / 1000 / 1,5 = 651,2$$

Комбіноване освітлення з джерелом МЛ-2х80 забезпечить необхідну освітленість на робочому місці монтажника($651,2 > 381$).

6.2.4 Вимоги до виробничого персоналу

До виконання процесів пайки допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли попередній (при вступі на роботу), а потім періодичний медичний огляд згідно з чинним законодавством;

					РП31.436181.001 ПЗ	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Да-</i>		53

Усі працівники, зайняті проведенням робіт з пайки виробів, повинні проходити інструктаж і навчання безпечним методам праці і мати групу з електробезпеки не нижче II.

6.2.5 Розрахунок концентрації аерозолі свинцю

Для визначення концентрації у атмосфері аерозолі свинцю при пайці і залуженні хвилею можна визначити за формулою:

$$C = y \cdot S \cdot t \cdot \frac{N}{V},$$

де y — питома утворення аерозолі свинцю, мг/(м²·год.);

S — площа поверхні хвилі, м²;

t — тривалість зміни;

N — кількість робочих місць;

V — об'єм приміщення.

Питома утворення аерозолі свинцю при залуженні та паянні хвилею олов'яно-свинцевим припоєм складає 3000 мг/(м²·год.). Площа поверхні хвилі дорівнює 0,004 м², t — 8 годин, об'єм дорівнює 325. В результаті отримуємо концентрацію аерозолі свинцю — 0,29 мг/м³.

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 допустима концентрація аерозолі свинцю дорівнює 0,01 мг/м³. Концентрація аерозолі перевищує допустиме значення, що означає необхідність введення додаткових заходів захисту.

6.2.6 Вимоги до вентиляції робочих місць

Оскільки концентрація аерозолі свинцю не задовольняє вимогам ГОСТ 12.1.005-88, то необхідно застосувати вентиляцію ділянок плати.

В якості місцевої вентиляції при пайці плати використаємо всмоктувачі прямокутної форми з гострими краями, що встановлюються у вертикальній площині стола. Кількість повітря, що відсмоктує один отвір розраховано за формулою:

$$L = (S + 7.7E^{0.63} \cdot x^{1.4})V_x, \text{ м}^3/\text{с},$$

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		54

де S — площа отвору, м^2 ;

E — більша сторона отвору, м ;

$x=0,3$ — відстань від площини всмоктувального отвору до зони пайки, м

$V_x=0,5$ — осьова швидкість у зоні пайки, м/с .

Прийmemo розміри E рівними до розмірів сторони столу — $0,5 \text{ м}$.

Тоді площа всмоктувального отвору дорівнює $0,05 \text{ м}^2$.

Кількість повітря що відсмоктується:

$$L=1750 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Фактична концентрація аерозолі в повітрі розраховується за формулою:

$$C_{\phi} = \frac{(y \cdot t \cdot S \cdot N)}{V + L \cdot t \cdot M'}$$

де $y=3000$ — питоме утворення аерозолі свинцю, $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год.})$;

$S=0,04$ — площа поверхні хвилі, м^2 ;

$t=8$ — тривалість зміни, год ;

$N=1$ — кількість робочих місць;

$V=325$ — об'єм приміщення, м^3 ;

$L=1750$ — кількість повітря, що відсмоктується, $\text{м}^3/\text{год.}$;

$M=2$ — кількість відсмоктувачів.

$$C_{\phi}=0,0034 \text{ мг}/\text{м}^3$$

Оскільки C_{ϕ} менше припустимого граничного значення, що дорівнює $0,01 \text{ мг}/\text{м}^3$, то немає необхідності в додаткових заходах з охорони праці.

6.2.7 Електробезпека у виробничих приміщеннях

Згідно ДСТУ ІЕС 61140:2015 все електрообладнання, що знаходиться у робочому приміщенні можна віднести до І класу за електрозахистом — обладнання, що приєднується до ланцюга живлення трьох контактними вилками, один з цих контактів з'єднується з заземленим контактом розетки).

Робоче приміщення за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом можна віднести, згідно до приміщень без підвищеної небезпеки, так як:

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		55

- відносна вологість повітря не перевищує 75%;
- матеріал підлоги (паркет) є діелектриком;
- температура повітря не досягає значень, більших ніж 35°C; відсутня можливість одночасного торкання людини до елементів металокопункцій будівель, технологічних апаратів, механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку і до металевих корпусів електрообладнання з іншого.

При аварійном режимі роботи електрообладнання, гранично припустимі рівні напруги дотику не повинні перевищувати значень, які приведені у таблиці 6.3 (ПУЕ-2017).

Таблиця 6.3

Час спрацювання автоматів, сек	до 0,1	0,2	0,5	0,7	09,	>1 до 5
Допустима напруга дотику, В	500	400	200	130	100	65

В робочому приміщенні передбачене захисне відключення напруги живлення мережі при аварійному режимі роботи обладнання.

6.2.7.1 Розрахунок електромережі на вимикаючу здатність при аварійному режимі роботи електрообладнання

Розрахунок струму короткого замикання проводиться за формулою:

$$I_{к.з.} = U_{\phi} / (R_{\phi} + R_{н} + Z_{т}),$$

де U_{ϕ} — фазова напруга, 220 В;

R_{ϕ} — опір фазового проводу, 0,7 Ом;

$R_{н}$ — опір нульового проводу 0,5 Ом

$Z_{т}$ — розрахунковий опір трансформатору 0,1 Ом.

$$I_{к.з.} = 169 \text{ А.}$$

Для надійної роботи автоматів струмового захиту ,має виконуватись нерівність $I_{К.З} \geq 1,25 I_{авт.}$. Тобто струм відключення автоматів $I_{авт}$ повинен бути не більше 134 А.

Автомати які використано у робочому приміщенні мають струм спрацювання 3 А, що задовольняє приведеним вище вимогам. Максимальне значення напруги на корпусах електронного обладнання при його аварійному режимі роботи розраховується за формулою::

$$U_{дот} = I_{К.З} R_n = 84 \text{ В}$$

Таким чином апруга дотику за час спрацювання автоматів менше 0,1 сек., струмового захисту менша за допустиму ($85 < 500$), що задовольняє вимогам ПУЕ-2017.

6.3 Пожежна безпека та профілактика ділянках пайки і лудіння

При монтажі друкованої плати застосовуються різні речовини і матеріали, деякі з них пожежно- та вибухонебезпечні.

Пожежа може виникнути у тому випадку, якщо не будуть дотримані норми пожежної безпеки. Згідно з ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 приміщення за вибухо- та пожежною небезпекою відповідає категорії В (вибухо-, пожежонебезпечне), тобто приміщення з горючими та важко- горючими рідинами, твердими горючими речовинами та матеріалами. Згідно з класифікацією пожежних зон (у відповідності з ПУЕ) робоча зона приміщення належить до класу П-Па – пожежонебезпечні зони приміщення.

За вогнестійкістю приміщення відноситься до II ступеню (ГОСТ 12.1.004-76) тобто механічні конструкції, стіни виконані, з негорючих матеріалів, найменша межа вогнестійкості яких складає 2 години.

Пожежа може виникнути під час виконання операцій виготовлення флюсів (етиловий спирт, етилацетат), під час видалення залишків флюсів після пайки (суміш спирту та бензину, ацетон).

Пожежні показники деяких речовин та матеріалів приведені у таблиці 6.4

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						57
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 6.4 — Пожежні показники деяких речовин і матеріалів

Найменування речовин та матеріалів	Температура спалаху, °С	Температура самрзагорання, °С	Межа вибуху		Засоби пожежога-сіння
			нижня	верхня	
Каніфоль	-	850	12,6 г/м ³	-	Хімічна і повітряно-механічна піна, розпилена вода
Спирт етиловий	18	404	35% 68 г/м ³	19% 340 г/м ³	Хімічна піна, вода, водяний пар, інертні гази

На випадок виникнення пожежі повинна бути забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи.

Кількість евакуаційних виходів з будівель, з кожного поверху та приміщень необхідно приймати згідно з ДБН В.1.1-7-2016, однак не менше двох. Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу з приміщення безпосередньо на зовні або на сходову клітку не повинна перевищувати значення, що регламентуються ДБН В.1.1-7-2016.

Для нашого випадку:

- об'єм приміщення — 360 м³;
- категорія приміщення — В;
- ступінь вогнестійкості будівлі — II.

Отже, відстань, при щільності людського потоку в загальному проході від 1 до 3 осіб, повинна бути не більше ніж 60 м.

Для запобігання пожежі та пожежного захисту на підприємстві згідно з нормами ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту застосовується електрична пожежна сигналізація (ЕПС), що служить для швидкого повідомлення службі пожежної безпеки про виникнення пожежі в одному з приміщень чи споруд підприємства.

Установка ЕПС складається з наступних основних частин:

- пожежних оповіщувачів, що встановлюються в приміщеннях;

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						58
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

- блоків живлення від електромережі та резервного акумулятора;
- системи переключення з одного живлення на інше;
- електропровідної мережі, що з'єднує пожежні оповіщувачі з приймально-контрольним приладом. Приймально-контрольні прилади встановлюються в приміщенні з цілодобовим перебуванням чергового персоналу, що знаходиться на першому поверсі.

В якості пожежних оповіщувачів у цехах пайки друкованих плат необхідно використовувати автоматичний пожежний оповіщувач димовий ДПС-038, тому що немає джерел відкритого полум'я і процес загорання розпочинається з виділення диму (наприклад, загорання при короткому замиканні, оплавлення ізоляції і т.д.), а матеріали, що використовуються в монтажному цеху, виділяють велику кількість тепла.

У разі, виникнення пожеж, необхідно мати первинні засоби пожежегасіння. Вони призначені для ліквідації невеликих осередків пожежі, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку силами персоналу об'єкту до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони.

Відповідно до ДСТУ 3675-98 та ISO 3941-77 в робочому приміщенні необхідно встановити вуглекислотні вогнегасники марки ВВ-2, ВВ-5 чи ВВ-8, тому що вони застосовуються для гасіння електроустановок і електромереж, що знаходяться під напругою до 1000 В (клас пожежі „Е”).

В коридорі знаходиться додатковий вогнегасник хімічний пінний ВХП-10 для гасіння легкозаймистих речовин та твердих матеріалів (так як для гасіння спирту, ацетону і т.п. вуглекислотні вогнегасники використовувати не можна, в них CO₂ добре розчиняється).

Також в пожежний інвентар, що знаходиться на території об'єкту, входить:

- пожежне покривало розміром 2х2 м —1 шт;
- гаки —3 шт.;
- лопати — 2 шт.;

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		59

— сокири — 2 шт.;

— ящик з піском не менше 0,1 м³ — 1 шт.

Отже, в робочому приміщенні виконуються всі вимоги пожежобезпеки згідно з вимогами НАПБ А.01.001-2014 : „Правила пожежної безпеки в Україні”.

Желяк М.О. Р/31В, 2019

					РП31.436181.001 ПЗ	Лис
						60
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Висновки

1. У дипломному проекті проведено розробку осцилографічної приставки, розраховано і спроектовано друковану плату у САПР — Altium Designer Summer 17.1.
2. Осцилографічна приставка має такі характеристики:
 - кількість каналів: 2;
 - кількість розрядів АЦП: 10;
 - частота дискретизації АЦП: 20 МГц;
 - чутливість, В/под.: 1; 0,5; 0,2; 0,1; 0,01;
 - полоса пропускання: 10 МГц.
3. Розроблено пристрій, дешевший за розглянуті аналоги.
4. Середній час безвідмовної роботи пристрою — 120000 годин, що задовольняє умовам ТЗ.
5. Пристрій задовольняє вимогам вібро- та ударостійкості.

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
						61
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Перелік посилань

1. 0805 [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/>— Заголовок з екрану
2. MCP6S91 [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/MCP6S91>— Заголовок з екрану
3. ATmega180 [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>— Заголовок з екрану
4. LF353 [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lf353.pdf>— Заголовок з екрану
5. CL7660 [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.intersil.com/content/dam/intersil/documents/icl7/icl7660s-a.pdf>— Заголовок з екрану
6. Платы печатные. Основные параметры конструкции ГОСТ 23751- 86.Введ.01.07.1987. — М.: Изд-во стандартов, 1987. — 15 с.
7. Проектування друкованої плати. Навчально-методичний посібник для студентів радіотехнічних спеціальностей. Київський радіомеханічний технікум/ [Коваленко М.М.] — К.:1998. — 26 с.: іл.
8. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА/ [Белинский Т.В., Гондюл В.П., Грозин А.Б., Круковский-Синевиц К.Б., Мазор Ю.Л.] — К.: Вища школа, 1992. —496 с. .
9. Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств [Баканов Г.Ф., Соколов С.С., Суходольский В.Ю.] под редакцией И.Г. Мироненко. М.: Издательский центр "Академия", 2007. — 368 с.
10. Конструкторско-технологическое проектирование /[Билибин К.И., Власов А.И., Журавлева Л.З.] под общ. ред. В.А. Шахнова — [2-е изд., перераб. и доп.] — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		62

Баумана, 2005. – 568 с.

11. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств/ [Боровиков С.М.] — Минск: БГУИР, 2010. — 68 с. .

12. Вимоги безпеки до електричного устаткування для вимірювання, керування та лабораторного застосування. Частина 1. Загальні вимоги ІЕС 61010-1:2005 — К.: Держспоживстандарт України, 2008 — 96 с. : табл. (Національний стандарт України).

13. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів ДНАОП0.00-121-98 — ІС Основа, 1998. — 380 с.

14. «Економіка підприємства» За редакцією С.Ф. Покропивного. — Київ: видавництво «Хвиля-Прес», 1995. — 680 с.

15. «Конструювання та технологія радіо технічних засобів» За редакцією Р.С. Лободзінська, О.А. Костюк, О.І. Нікольський, О.П.Шеремета.

					РПЗ1.436181.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		63

Додаток А

ПОГОДЖЕНО

Науковий керівник

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри

радіоконструювання та виробництва
радіоапаратури КПІ ім. Ігоря Сікорського

_____ Ю.В. Непочатих

старший викладач

_____ Є.А. Нелін

д.т.н., професор

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до дипломного проекту
« Осцилографічна приставка»

Київ — 2019

1 НАЗВА, ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Осцилографічна приставка.

Підставою до виконання є завдання видане кафедрою радіоконструювання та виробництва радіоапаратури «_____» _____ 2018 р.

2 ВИКОНАВЦІ

Керівник — Непочатих Юрій Васильович;

Виконавець — Желяк Максим Олександрович.

3 МЕТА ВИКОНАННЯ І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Розробка осцилографічної приставки.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1 Вимоги призначення

- кількість каналів: 2;
- кількість розрядів АЦП: 8;
- частота дискретизації АЦП: 20 МГц;
- чутливість, В/под.: 1; 0,5; 0,2; 0,1; 0,01;
- полоса пропускання: 10МГц.

4.2 Вимоги життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників

Умови експлуатації — група апаратури Н7 за ГОСТ 16019-69.

Кліматичне виконання — УХЛ 3 за ГОСТ 15150-69.

4.3 Вимоги надійності:

Час безвідмовної роботи 100000 годин.

4.4 Вимоги до конструкції:

Прилад повинен знаходитися у пластиковому корпусі, який захищає плату та її елементи від механічних пошкоджень. На передній панелі приладу повинні бути: 2 гнізда BNC. Задня панель приладу містить універсальну послідовну шину (USB) типу В, яка передає данні з розроблюваного приладу на комп'ютер.

4.5 Вимоги уніфікації та стандартизації

Використовувати уніфіковану та стандартизовану елементну та матеріальну базу: $K_{ун} \geq 0,6$; $K_{ст} \geq 0,7$.

4.6 Вимоги щодо метрологічного забезпечення виробництва і експлуатації:

Виріб повинен відповідати ГОСТ 8476-78.

4.7 Вимоги до дизайну і ергономіки

Прилад повинен виглядати як коробка. Так як передбачається можливість пере-

носу пристрою то розмір корпусу має бути підібраний так, аби зручно лягав у руку середньостатистичної людини.

4.8 Вимоги до експлуатації, зручності, технологічного обслуговування та ремонту

Передбачити легкий доступ для ремонту.

4.9 Вимоги безпеки життя, здоров'я, майна громадян та охорони довкілля

Керуватися положеннями стандартів про вимоги техніки безпеки, електробезпеки, а саме ГОСТ 1220070-75, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.038-88.

4.10 Вимоги сумісності

Повинен відповідати нормам допустимих завод згідно з ГОСТ 28934 та ДСТУ 2793.

4.9 Вимоги взаємозамінності

Необхідне використання стандартизованої елементної бази.

4.10 Вимоги до транспортування і зберігання

Транспортування можливе людиною. Особливих вимог до зберігання немає.

5. ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

Пакування та маркування виконати за ДСТУ 4171-2003. Консервація не передбачена. Упаковка повинна мати достатню міцність, щоб зберегти виріб пі час транспортування і мати об'єм для розміщення документації, яку надають кінцевому споживачу.

6. ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

За результатами дослідно-конструкторської роботи необхідно підготувати таку текстову та графічну документацію:

- пояснювальна записка;
- схема електрична структурна;
- схема електрична принципова;
- перелік елементів;
- кресленик друкованої плати;
- кресленик друкованого вузла;
- специфікація;
- креслення корпусу;
- креслення кришки;
- складальний кресленик пристрою.

6.1 Орієнтовний план бакалаврського проекту

— Завдання на виконання бакалаврського проекту

— Анотація

— Зміст

— Вступ

1. Огляд існуючих рішень. Розробка та аналіз технічного завдання.

2. Обґрунтування та вибір схеми

3. Проектування електронного модуля

4. Проектування приладу та аналіз його працездатності

5. Економічна частина

6. Охорона праці

— Висновок

— Перелік джерел

— Додаток А технічне завдання

7. ПОРЯДОК ЗАХИСТУ ПРОЕКТУ І МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ ПОДАЮТЬ ПО ЗАКІНЧЕННІ ЕТАПІВ ДП В ЦІЛОМУ

Проміжні матеріали дипломного проекту у вигляді його розділів слід подавати на перевірку керівникові. По закінченні виконання дипломний проект представити і захистити перед Екзаменаційною комісією.

Розробив

студент групи РІ-31в

Желяк М. О. _____

Форм	Зона	Позиц	Позначення	Назва	Кільк.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A1			PI-31.436181.001СК	Складальний кресленник		
A4			PI-31.436181.001ПЗ	Пояснювальна записка		
A1			PI-31.436181.001Е1	Схема структурна		
A1			PI-31.436181.001Е2	Схема електрична принципова		
A4			PI-31.436181.001ПЕ	Перелік елементів		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A4			PI-31.436181.002	Друкований вузол	1	
				<u>Деталі</u>		
A1	2		PI-31.721517.001	Корпус	1	
A1	3		PI-31.721517.002	Кришка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		4		Гвинт М3х4 ГОСТ 10618-80	4	
		5		Гвинт М3х16 ГОСТ 1144-80	4	
				<u>Інші вироби</u>		
				Корпус BOX-КА12	1	

PI-31.436181.001

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Желяк М.О.		
Перевірів		Непочаїх Ю.В.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Затвердив				

Осцилографічна приставка

Літр	Аркуш	Аркушів

КПІ ім. Ігоря Сікоського

<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кільк.</i>	<i>Примітки</i>
	<u>Конденсатори</u>		
C3,C4	SMD 0805 2 нФ	2	
C5-C8	SMD 0805 68 нФ	4	
C10	SMD 0805 150 нФ	1	
C9	SMD 0805 22 мкФ	1	
C1	TAJ 6032 10 мкф	1	
C2	TAJ 6032 47мкф	1	
		1	
	<u>Мікросхеми</u>		
DD1	PIC18F2550	1	
DA1	ICL7660	1	
DA21, DA22, DA31,DA32,,	LF353	4	
DA4, DA5	MCP6S91	2	
	<u>Резистори</u>		
R10,R11	SMD 0805 1 кОм 0,25 Вт	2	
R12	SMD 0805 1,5 кОм 0,25 Вт	1	
R2,R8	SMD 0805 33 кОм 0,25 Вт	2	
R1,R9.R15	SMD 0805 82 кОм 0,25 Вт	3	
R6,R7	SMD 0805 220 кОм 0,25 Вт	2	
R4,R5	SMD 0805 1 мОм 0,25 Вт	2	
R13,R14	РПІ-75 4,7 кОм 0,25 Вт	2	
	<u>Роз'єми</u>		
XS2,XS3	BNC	2	
XS1	USB 2.0 Type B SMD	1	

PI-31.436181.001ПЕ

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Желяк М.О.			Осцилографічна приставка	Літр	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Непочатих Ю.В.						
Т. Контр.								
Н. Контр.								
Затвердив								
					Перелік елементів			