

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Портативний металодетектор з регульованою чутливістю

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

спеціальності 172"Електронні комунікації та радіотехніка"

(шифр і назва спеціальності)

	Шкабура В.А. (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	Яськів В.І. (підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	Хвостівська Л.В. (підпис) (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	Дунець В.Л. (підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та інженерії
(повна назва факультету)
Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В. Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Шкабурі Володимиру Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Портативний металодетектор з регульованою чутливістю

Керівник роботи Яськів Володимир Іванович д.т.н. проф. кафедри РТ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «__» 20__ року №__

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи Напруга живлення: 9 - 12 В; Принцип роботи: ІВ (Баланс індукції);
Робоча частота: 7-20 кГц; Режими пошуку: «Дискримінація» і «Всі метали» перемикається;
Баланс ґрунту: ручний; Латунь: 22см; Каску: 80 см; Корок з бутылки: до 30 см; 5 копійок: 15 см.

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

1. Розрахункова частина

2. Спеціальна частина (САПР)

3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

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

1. Структурна схема приладу

2. Схема електрична принципова

3. Креслення друкованої плати

4. Складальне креслення друкованого вузла

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Шкабура В.А,

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Яськів В.І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Шкабура В.А. «Портативний металодетектор з регульованою чутливістю». Кваліфікаційна робота бакалавра// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41, //Тернопіль, 2025. //с.-55, рис.-32, бібліог,-40.

Ключові слова: МЕТАЛОДЕТЕКТОР, ЧУТЛИВІСТЬ, ЧАСТОТА, РЕГУЛЮВАННЯ, РЕЖИМ ПОШУКУ.

Дана робота охоплює розробку конструкції портативного металодетектора з можливістю регулювання чутливості. Проект описує глибокий аналіз технічного завдання, процес проєктування та розрахунку електричних характеристик, а також підбір необхідних компонентів та створення тривимірної моделі друкованої плати.

Основна частина роботи зосереджена на ключових етапах проєктування, а саме:

Аналіз технічного завдання: На цьому етапі визначаються вимоги до портативного металодетектора, його функціональні можливості, технічні параметри, а також обмеження та умови, за яких він буде експлуатуватися.

Аналіз структурної схеми: Розглядаються основні функціональні блоки пристрою, їхнє призначення та взаємозв'язок.

Опис та аналіз принципової електричної схеми: Детально розбирається принцип роботи металодетектора, функціонування його окремих каскадів та оцінюється загальна ефективність запропонованої схеми.

Проєктування та розрахунок вузлів схеми: Цей етап включає розрахунок електричних параметрів для окремих каскадів, зокрема детальний розрахунок параметрів кожного підсилювального каскаду для досягнення оптимальної роботи. Також проводиться розрахунок параметрів друкованого монтажу, що охоплює визначення фізичних розмірів плати, трасування доріжок та розміщення електронних компонентів.

У ході вибору та обґрунтування компонентної бази підбираються елементи, що відповідають усім технічним вимогам. Обґрунтовується доцільність їх застосування з метою забезпечення надійності та тривалого терміну служби пристрою. Компонування друкованого вузла передбачає оптимальне розташування компонентів на платі, враховуючи необхідність мінімізації перехресних завад та забезпечення ефективного відведення тепла.

Спеціальний розділ присвячений застосуванню сучасних систем автоматизованого проєктування (САПР). Він містить обґрунтування вибору САПР: проводиться огляд САПР та обирається оптимальна система для реалізації даного проєкту, зважаючи на його специфіку.

ANNOTATION

Shkabura V.A. "Portable metal detector with adjustable sensitivity". Bachelor's qualification work // Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, Group RAS-41, //Ternopil, 2025. //p.-55, fig.-32, bibliography,-40.

Keywords: METAL DETECTOR, SENSITIVITY, FREQUENCY, ADJUSTMENT, SEARCH MODE.

This work is devoted to the development of a portable metal detector design with the possibility of adjusting sensitivity. The project includes a deep analysis of the technical task, the process of designing and calculating electrical characteristics, as well as the selection of necessary components and the creation of a three-dimensional model of the printed circuit board.

The main part of the work focuses on the key design stages, namely:

Analysis of the technical task: At this stage, the requirements for a portable metal detector, its functional capabilities, technical parameters, as well as the limitations and conditions under which it will be operated are determined.

Analysis of the structural diagram: The main functional blocks of the device, their purpose and interconnection are considered.

Description and analysis of the basic electrical circuit: The principle of operation of the metal detector, the functioning of its individual cascades are analyzed in detail, and the overall efficiency of the proposed circuit is assessed.

Design and calculation of circuit components: This stage includes the calculation of electrical parameters for individual cascades, in particular, a detailed calculation of the parameters of each amplifier cascade to achieve optimal operation. The calculation of printed circuit parameters is also performed, which includes determining the physical dimensions of the board, tracing tracks and placing electronic components.

During the selection and justification of the component base, elements that meet all technical requirements are selected. The feasibility of their use is justified

in order to ensure reliability and long service life of the device. The layout of the printed circuit board involves the optimal location of components on the board, taking into account the need to minimize crosstalk and ensure effective heat dissipation.

A special section is devoted to the use of modern computer-aided design (CAD) systems. It contains a justification for choosing CAD: an overview of CAD and the selection of the optimal system for implementing a given project, taking into account its specifics.

Зміст

Вступ.....	5
1. Основна частина	7
1.1 Аналіз технічного завдання	7
1.2 Аналіз структурної схеми виробу.....	7
1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою.....	9
1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази.....	17
1.5 Компоновка друкованого вузла пристрою.....	30
1.6 Висновок до розділу 1.....	34
2. Спеціальна частина.....	36
2.1 Обґрунтування використання та вибору САПР для проектування	36
2.2 Висновок до розділу 2.....	42
3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	43
3.1 Ризик як кількісна оцінка небезпек	43
3.2 Загальні вимоги безпеки з охорони праці для користувачів ПК.....	45
3.3 Висновок до розділу 3.....	49
Висновки.....	50
Список використаних джерел.....	51
Додатки	

					ШВА 2.089.001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Портативний металодетектор з регульованою чутливістю Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.	Шкабюра							
Перевір.	Яськів						4	55
Рецензент						ТНТУ		
Н. Контр.	Хвостівська					зр.РАС-41 м. Тернопіль		
Затверд.								

Вступ

Актуальність роботи полягає в зростаючій потребі забезпечення безпеки та контролю доступу в громадських місцях, освітніх установах, транспортних вузлах, а також на підприємствах. Зростання рівня загроз вимагає використання ефективних, зручних та точних засобів виявлення металевих предметів. Портативний металодетектор із можливістю регулювання чутливості дозволяє адаптувати пристрій до різних умов використання — від виявлення дрібних металевих предметів до ігнорування незначних джерел перешкод, що підвищує точність перевірки та зменшує кількість хибних спрацювань. Завдяки компактним розмірам та гнучкості налаштувань, такий прилад є незамінним у мобільних оглядових групах, службах охорони, а також в умовах, де стаціонарні системи недоцільні чи неможливі для використання.

Ступінь наукової розробки портативного металодетектора з регульованою чутливістю свідчить про наявність значного обсягу досліджень у галузях електроніки, сенсорних технологій, схемотехніки та систем безпеки. У науковій літературі широко висвітлюються принципи індукційного та імпульсного виявлення металевих об'єктів, аналізуються методи зниження похибок та підвищення чутливості приладів. Розроблено різні алгоритми фільтрації перешкод, а також технічні рішення щодо мініатюризації пристроїв без втрати їх ефективності. Зокрема, відкритими залишаються питання оптимального поєднання точності, енергоефективності та зручності експлуатації в портативних умовах. Це створює передумови для подальших прикладних і наукових досліджень у даному напрямку.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка портативного металодетектора з регульованою чутливістю, який забезпечує ефективне виявлення металевих об'єктів різного розміру та складу в умовах змінного зовнішнього середовища. Основна увага приділяється створенню надійного, енергоефективного та зручного у використанні пристрою, який дозволяє точно налаштовувати рівень чутливості для зменшення кількості хибних

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спрацювань і адаптації до конкретних умов експлуатації. Реалізація поставленої мети передбачає застосування сучасних електронних компонентів, мікроконтролерного управління та дослідження оптимальних режимів роботи сенсорної частини приладу.

Об'єкт є схема електрична принципова, друкована плата та друкований вузол портативного металодетектора з регульованою чутливістю.

Предмет є схема електрична принципова пристрою, технічні характеристики проєктованого приладу, принцип роботи функціональні особливості.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості впровадження розробленого портативного металодетектора з регульованою чутливістю у сферу безпеки, контролю доступу, технічного огляду та пошукових робіт. Пристрій може ефективно застосовуватися охоронними структурами, працівниками митних і прикордонних служб, аварійно-рятувальними підрозділами, а також в освітніх і громадських установах для забезпечення безпечного середовища.

Регульована чутливість дозволяє адаптувати прилад до різних умов експлуатації — від виявлення дрібних металевих предметів до роботи в середовищах з підвищеним рівнем електромагнітних перешкод. Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані як основа для подальшої розробки серійного пристрою, а також для вдосконалення існуючих систем виявлення з урахуванням вимог мобільності, енергоефективності та точності.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1 Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

Принцип роботи -ІВ (Баланс індукції);
Глибина виявлення об'єктів в ґрунті з котушкою240 мм;
5 копійок..... 15 см;
Корок з бутылки..... до 30 см;
Каску 80 см.
Латунь.....22см;
Робоча частота7-20 кГц;
Режими пошуку «Дискримінація» і «Всі метали» перемикається;
Баланс ґрунту –ручний;
Живлення металопрошукача9 - 12 В.

1.2 Аналіз структурної схеми виробу

Аналіз структурної схеми виробу починається з розгляду основних функціональних блоків, з яких складається пристрій. В даному випадку схема включає кілька ключових модулів, кожен із яких виконує певну роль у загальній роботі металодетектора.

Першим блоком є блок живлення, який забезпечує стабільне напруження +9 В для роботи всієї системи. Він відповідає за надійне живлення всіх електронних компонентів, підтримуючи стабільність і правильність їх функціонування.

Другим є індикатор живлення — елемент, що сигналізує користувачу про наявність напруги в системі, зазвичай у вигляді світлодіода. Це важливо для контролю стану пристрою перед початком роботи.

Далі розглядається генератор, який створює коливальний сигнал необхідної частоти. Цей сигнал слугує основою для роботи металодетектора, генерує змінне магнітне поле, що взаємодіє з металевими об'єктами.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймальний підсилювач відповідає за прийом і посилення слабких сигналів, що виникають у результаті взаємодії магнітного поля з металом. Його задача — підготувати сигнал для подальшої обробки, підвищуючи співвідношення сигнал/шум.

Синхродетектор — важливий блок, який виділяє корисний сигнал із прийнятого, фільтруючи перешкоди та шуми. Він працює за принципом фазового порівняння з опорним сигналом генератора, дозволяючи точно визначити наявність металу.

Канал підсилення служить для додаткового посилення обробленого сигналу, забезпечуючи достатній рівень для його подальшого аналізу або індикації.

Останній блок — генератор звуку, який перетворює електричні сигнали на звукові імпульси, інформуючи користувача про виявлення металевих предметів.

Загалом, кожен із цих блоків взаємодіє в системі, забезпечуючи чітку та надійну роботу металодетектора, де стабільне живлення, генерація, прийом, обробка сигналу та його звукове відтворення працюють у скоординованому режимі.

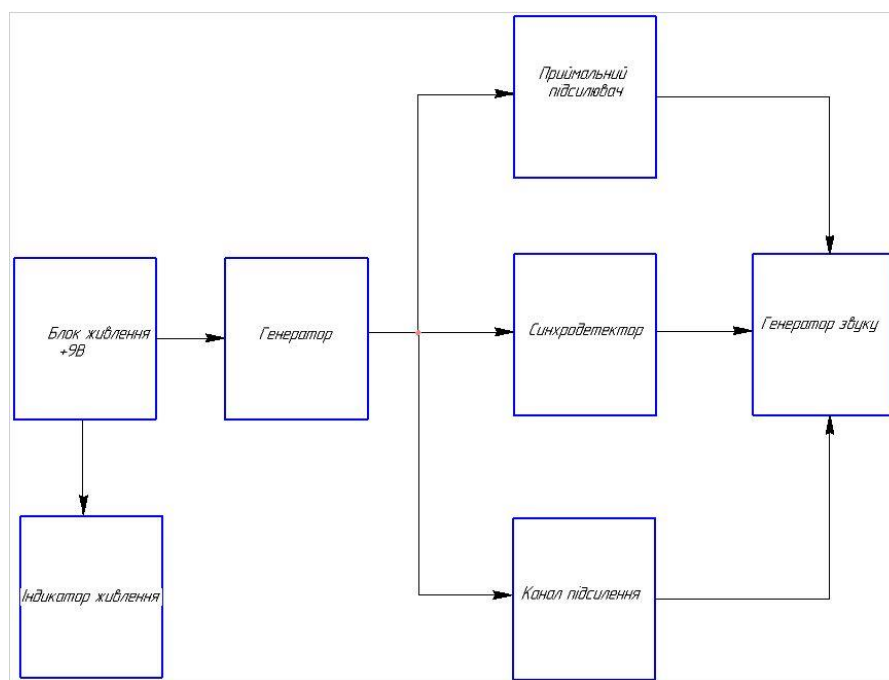


Рисунок 1.1-Схема електрична структурна

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

При ввімкненні пристрою за допомогою ланцюга початкової установки, який складається з компонентів C8, R9, елементів DD3.1, DD3.3, а також R10, R6, C7 і C10, формуються сигнали скидання, які встановлюють всі лічильники в початковий нульовий стан і записують ці значення у дешифратори DD8–DD11. На початковому етапі, коли конденсатор C8 ще розряджений, на вході R мікросхеми DD2 присутній логічний "1", що встановлює всі розряди молодшого лічильника в нуль. Виводи 5 і 6 елемента D3.3 відповідно формують логічні "0" і "1", утворюючи імпульс, який ініціює скидання всіх лічильників. Одночасно логічні рівні на виводах 13 і 12 елемента D3.1 формують логічну "1" на виході, яка через RC-ланцюг C10R10 записує нульові значення в регістри дешифраторів. Таким чином, після ввімкнення дозиметра на індикаторі відображаються нульові значення, а не випадкові дані.

Генератор, зібраний на елементах D1.1 і D1.2, створює імпульси, що подаються на тактовий вхід двійкового лічильника DD2. Перший розряд (вивід 9) видає сигнал типу "меандр", необхідний для роботи РК-дисплея. Старші розряди цього лічильника задають інтервал накопичення даних для двійково-десятькового лічильника, реалізованого на ІМС DD4–DD7. Завдяки діодній схемі на VD6–VD8 та резисторі R13 тривалість накопичення сигналів у 15 разів перевищує паузу, що дозволяє майже вдвічі скоротити повний цикл вимірювання.

Конденсатор C15 усуває хибні імпульси, які виникають через асинхронність внутрішніх регістрів ІМС. Приблизно через 40 секунд у розрядах 8–11 лічильника DD2 встановлюється логічна "1". Це формує високий рівень на вході Р лічильника DD4, що блокує його подальший підрахунок. Сигнал з виходу D3.1, проходячи через RC-ланцюг C10R10, утворює імпульс зі спадним фронтом, який записує дані з лічильників DD4–DD7 у дешифратори DD8–DD11. Той самий сигнал затримується інтегруючим ланцюгом R6C7, надходить на елемент D3.3, а далі — на входи

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У лічильників, забезпечуючи їхнє скидання. На індикаторі з'являються нові значення, після чого процес повторюється.

Елементи D1.6 і D1.4 виконують роль буферів. Схема формування високої напруги на транзисторі VT1 реалізована за класичною схемою. У момент виявлення іонізуючої частинки лічильником DD1 у молодшому розряді DD4 змінюється логічний рівень, що формує короткий позитивний імпульс на виході D3.2. Це запускає генератор на елементах D1.5 і D1.3, який створює серію імпульсів, що дозволяє на слух оцінити рівень радіаційного фону. Одночасно імпульс із D3.2 активує високовольтний генератор, збільшуючи його частоту для компенсації втрат заряду конденсатора C2 після виявлення частинки.

Сигналізація про розряд батареї реалізована на елементах D3.4, R14, VD9 і C16. Вона потрібна, оскільки при зниженні напруги живлення до 7 В вихідна напруга генератора на VT1 падає до 360 В — мінімально допустимого значення для лічильника СБМ-20. При повному заряді батареї напруга на вході 2 елемента D3.4 нижча за поріг, тож він працює як повторювач і точки на дисплеї не світяться. Коли напруга падає нижче 7 В, рівень на вході 2 перевищує пороговий, і елемент починає інвертувати вхідний сигнал, що призводить до засвічення точок, які попереджають про потребу заміни батареї.

RC-фільтр R8C9 виключає хибні спрацювання лічильників, викликані імпульсною роботою високовольтного формувача. Металошукач "Термінатор 3" призначений для виявлення монет і працює за принципом балансу індукцій. Його схема базується на моделях фірми Tesoro, але має спрощений процес виготовлення та налаштування. Однією з головних переваг пристрою є здатність точно розпізнавати метал навіть на межі чутливості, що дозволяє ефективно виділяти золоті вироби серед інших металів.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні блоки з яких складається металошукач;

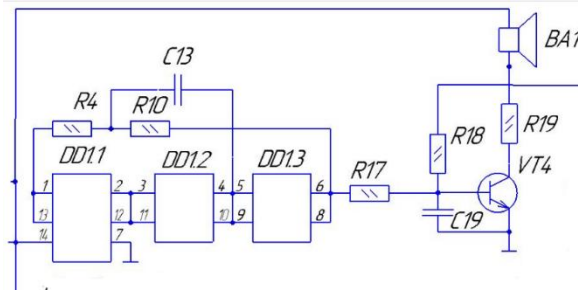


Рисунок 1.2-Схема генератора звуку

Генератор звуку складається з таких елементів: мікросхеми DD1(HEF4069UBP), яка складається з шести елементів “НЕ”, також транзистора VT1 (BC327-40) та динаміка КПІ-1410-5Вт.

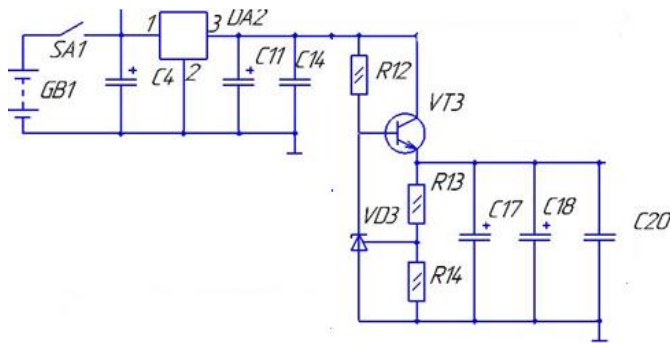


Рисунок 1.3-Схема блока живлення

Напруга живлення пристрою складає +9В, після чого цих 9В поступають через конденсатор С4 на стабілізатор виконаний на мікросхемі КР1170ЕН6 на виході якого напруга +5В, яка поступає на генератор та на канал підсилення.

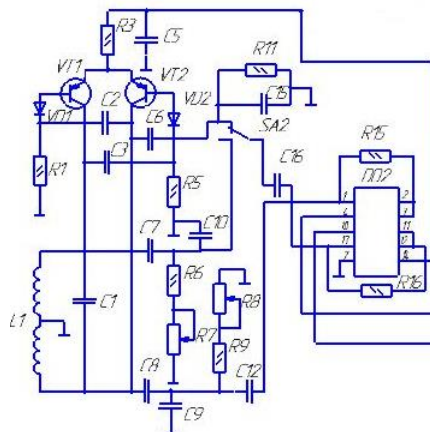


Рисунок 1.4- Схема генератора

Генератор металошукача виконаний на мікросхемі DD2 HEF4069UBP, резистор R7 призначений для регулювання дискримінації металів, R8- баланс ґрунту, вимикач SA2- має два режими “Всі метали /Чорні метали”

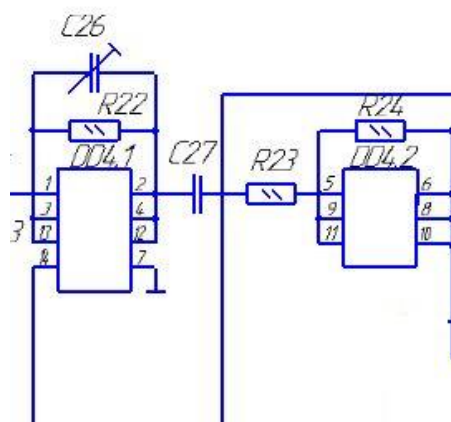


Рисунок 1.5- Схема приймального підсилювача

Приймальний підсилювач виконаний на мікросхемі DD4 (HEF4069UBP) в склад якої входять шість елементів “НЕ”.



Рисунок 1.6- Схема синхродетектора

Синхродетектор виконаний на мікросхемі DD3 (74HC4066N)- чотири двонаправлених ключа.

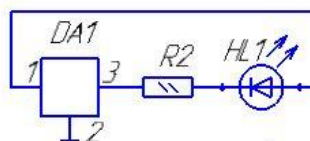


Рисунок 1.7-Схема індикатора живлення

Індикатор показує про включення пристрою. Мікросхема КР1171СП64 - детектор зниження напруги, світло діод HL1- L-1503GT.

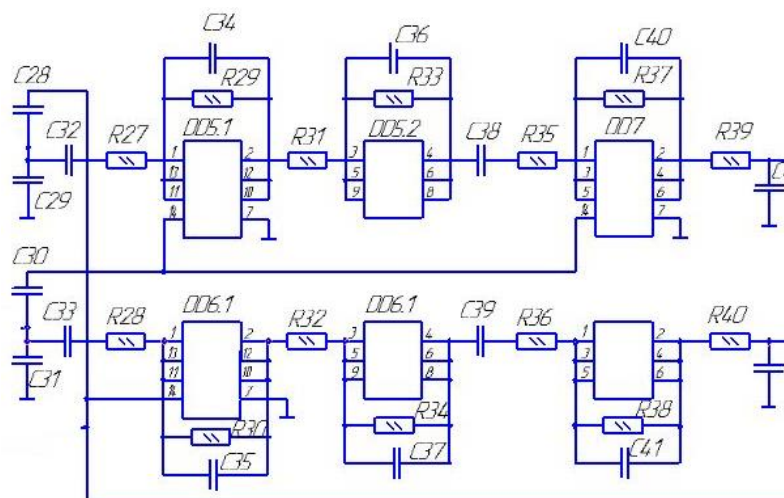


Рисунок 1.8-Схема каналу підсилення

Канал підсилення реалізований на мікросхемах DD5, DD6 та DD7, основою яких є NEF4069UBP.

Налаштування дискримінації та підготовка до роботи.

Для початку налаштування перемикач SA2 слід встановити в режим виявлення лише кольорових металів. Точка відсікання для фериту має бути в межах 40–50 кОм, тому регулятор балансу ґрунту R8 налаштовується відповідно до цього діапазону. Якщо точка відсікання знаходиться в межах 0–40 кОм, потрібно паралельно під'єднати додаткову ємність до конденсатора C21. Якщо ж вона в межах 50–100 кОм — додати ємність до C1. Регулятор дискримінації R7 повинен бути встановлений у нульове положення, тобто повністю повернутий за годинниковою стрілкою.

Далі підносимо до датчика зразки кольорового металу та фериту. Якщо ферит викликає два сигнали, а кольоровий метал — один, значить обмотки з'єднані правильно. Якщо навпаки — потрібно поміняти місцями виводи котушки ТХ.

Зменшуючи ємність конденсатора C1, зміщення точок дискримінації наближається до фольги; при зменшенні ємності C21 — до алюмінію. Після

коригувань досягаємо впізнаваності всіх металів за таблицею, чіткої реакції на мідь та правильного відсікання фериту при балансі ґрунту 40–50 кОм.

Після завершення налаштувань вирушаємо до зони пошуку і вмикаємо пристрій за допомогою перемикача SA1. Повільно наближаємо та віддаляємо датчик від поверхні ґрунту. Якщо з'являються сигнали, поступово обертаємо регулятор балансу ґрунту R8 проти годинникової стрілки, поки сигнали зникають, при цьому переконуємося, що металошукач реагує на мідь. Вдале положення регулятора бажано зафіксувати.

Для виключення небажаних металів обертаємо ручку дискримінації R7 проти годинникової стрілки. Ручка чутливості R42 дозволяє збільшити дальність виявлення металів, а також скоригувати помилкові спрацювання. Перемикач SA2 рекомендовано залишити в положенні "всі метали", оскільки це дещо підвищує дальність дії пристрою. За потреби можна активувати режим "тільки золото" за допомогою перемикача SA3, але лише якщо ввімкнено режим "всі метали" [1].

Для розрахунку стабілізаторів напруги на ІМС, як правило, необхідні наступні початкові дані: номінальне значення вихідної напруги $U_{\text{ст вих ном}}$; граничні значення вихідної напруги $U_{\text{ст вих min}}$, $U_{\text{ст вих max}}$; мінімальний і максимальний струми навантаження $I_{\text{н min}}$, $I_{\text{н max}}$; температурна нестабільність напруги вхідної α_U ; нестабільність вихідної напруги $K_{\text{нстU}}$ або коефіцієнт пульсацій вихідної напруги $K_{\text{п}}$; коефіцієнт стабілізації напруги $K_{\text{стU}}$; внутрішній опір стабілізатора $R_{\text{ст вих}}$; температурний коефіцієнт γ .

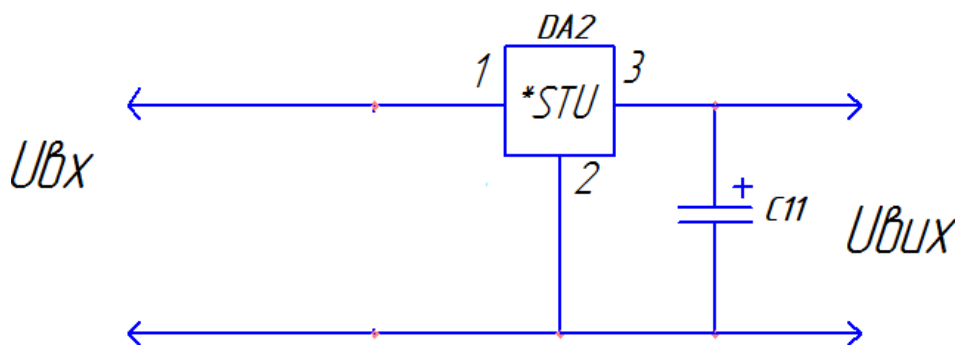


Рисунок 1.9– Електрична принципова схема стабілізатора і конденсатора

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Вибір ІМС виконується за заданими $U_{CT\ BIX}$, $I_{CT\ BIX\ max}$, K_{CTU} , γ , $R_{CT\ BIX}$ із [4]. Бажано віддавати перевагу тим ІМС, які працюють з меншою кількістю зовнішніх елементів. При цьому повинні виконуватися наступні умови

$$U_{IMC\ BIX} \geq U_{CT\ BIX} \cdot$$

$$I_{IMC\ BIX\ max} \geq I_{H\ max} \cdot$$

$$K_{IMC\ CTU} \geq K_{CTU} \cdot$$

Було обрано стабілізатор 78L05, який має параметри такі як в КР142ЕН5А.

Незалежно від типу обраної ІМС визначаємо наступні параметри

$$U_{CT\ BX\ min} \equiv U_{CT\ BIX\ max} + U_{CT\ ПД} \cdot \quad (2.1)$$

$$U_{CT\ BX\ min} \equiv 5,1 + 2,5 = 7,6 \text{ В.}$$

$$U_{CT\ BX} \equiv \frac{U_{CT\ BX\ min}}{1 - \alpha_-} \cdot \quad (2.2)$$

$$U_{CT\ BX} \equiv \frac{7,6}{1 - 0,03} = \frac{7,6}{0,997} = 7,62 \text{ В.}$$

$$U_{CT\ BX\ max} \equiv U_{CT\ BX} (1 + \alpha_{(+)}) \cdot \quad (2.3)$$

$$U_{CT\ BX\ max} \equiv 7,62(1 + 0,03) = 7,62 + 1,03 = 8,65 \text{ В.}$$

де $\alpha(+)$, $\alpha(-)$ – найбільше позитивне та негативне відносне змінювання вхідної напруги.

Можливі граничні значення ККД

$$\eta_{max} \equiv \frac{U_{CT\ BX\ max}}{U_{CT\ BX\ min}} \quad (2.4)$$

$$\eta_{max} \equiv \frac{8,65}{7,6} = 1,14 \cdot$$

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_{\min} \equiv \frac{U_{CT BX \min}}{U_{CT BX \max}} \quad (2.5)$$

$$\eta_{\max} \equiv \frac{7,6}{8,65} = 0,89.$$

Передбачається, що струм споживаний стабілізатором є малим

$$I_{CT ВИХ} \equiv I_{CT ВХ}.$$

Визначення ємності конденсатора за формулою:

$$C_0 = \frac{H}{rK_{I0}} \quad (2.6)$$

де C_0 – ємність, мкФ;

Коефіцієнт пульсацій $K_{п0}=0,03$ %;

r – опір, Ом.

$$C_0 = \frac{140}{10 \cdot 0,03} = 466,7(\text{мкФ}).$$

Розраховуємо робочу напругу:

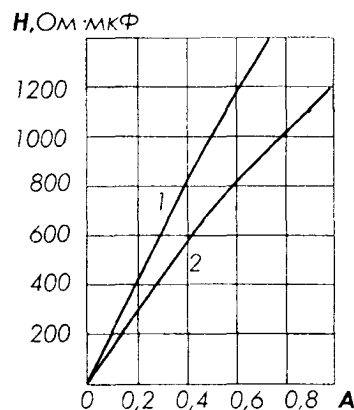


Рисунок 1.10 – Графік для визначення коефіцієнта Н:

$$U_{роб} = \sqrt{2}U_{2x} \quad (2.7)$$

$$U_{роб} = 1,4 \cdot 7 = 9,1(B).$$

Вибираємо тип конденсатора з довідника за параметрами $C_{0\text{ ном}}$ і $U_{роб}$.
Вибираємо електролітичний конденсатор типу "ЕСАР" 10 V номінальною ємністю 470 мкФ та на робочу напругу 10 В.

1.5 Вибір і обґрунтування компонентної бази

В приладі використовується світлодіод типу L-1503GT-HL1 (рисунок 1.11). Для світлодіодного відображення.

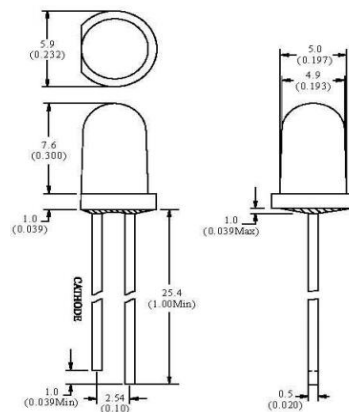


Рисунок 1.11 – Габаритні розміри світлодіода L-1503GT

Світлодіод типу L-1503GT — це напівпровідниковий індикатор зеленого кольору світіння, призначений для використання в різноманітних електронних пристроях з метою візуального відображення станів, сигналів або режимів роботи. Він виготовлений у стандартному корпусі T-1 $\frac{3}{4}$ (5 мм) з прозорою або зеленою дифузною лінзою, що дозволяє ефективно розсіювати світло та покращує видимість. Довжина хвилі випромінювання становить близько 565 нм, що забезпечує насичене зелене світіння. Основні електричні характеристики включають пряме падіння напруги в межах 2,0–2,4 В та робочий струм від 10 до 20 мА, при цьому короткочасно допускається струм до 30 мА. Кут розсіювання світла зазвичай становить від 30 до 60 градусів, залежно від конструкції лінзи. Полярність визначається за довжиною виводів: довший вивід — анод, коротший — катод, причому катод також маркується скошеним краєм корпусу. L-1503GT потребує зовнішнього

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обмежувального резистора для нормальної роботи, зазвичай в діапазоні 470–1000 Ом при живленні 5–12 В. Завдяки низькому енергоспоживанню, довговічності (до 100 000 годин) та простоті використання, цей світлодіод активно застосовується в індикаторних ланцюгах, зокрема у схемах металодетекторів, де він може виконувати функцію сигналізатора живлення, режимів роботи або розряду батареї.

Електролітичні конденсатори C4, C11, C17, C18. Серія конденсаторів ЕСАР JAMICON Corp (рисунок 2.2).

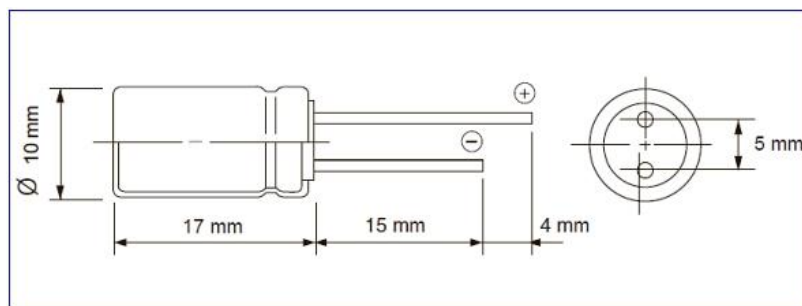


Рисунок 1.12 – Габаритні розміри конденсатора серії ЕСАР JAMICON

Електролітичні конденсатори серії ЕСАР виробництва JAMICON Corp є надійними алюмінієвими електролітами, які широко використовуються в різноманітних електронних схемах живлення, фільтрації та згладжування. Ці конденсатори мають полярну конструкцію, що забезпечує високу ємність у компактному корпусі при відносно низькій вартості, що робить їх популярним вибором у промисловій та побутовій електроніці.

Серія ЕСАР охоплює різні лінійки електролітичних конденсаторів, які розрізняються за температурною стабільністю, робочою напругою, терміном служби та допустимими струмами пульсації. Типові діапазони ємності варіюються від кількох мікрофарад до декількох тисяч мкФ, а робочі напруги — від 6,3 В до 450 В. Конденсатори виготовляються в аксіальному або радіальному виконанні, що дозволяє легко інтегрувати їх у друковані плати різної конфігурації.

Особливості серії ЕСАР від JAMICON включають тривалий ресурс роботи (до 2000–5000 годин при 85°C або 105°C залежно від моделі), низький

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

рівень витоку струму, хорошу стійкість до пульсацій та відповідність міжнародним стандартам якості. Завдяки високій стабільності параметрів, вони ідеально підходять для використання в блоках живлення, аудіотехніці, перетворювачах, контролерах та іншому електронному обладнанні, включаючи побутові прилади й системи автоматизації.

Конденсатори СС4 (C1, C3, C5...C10, C12-C16, C19...C25, C27-C44).

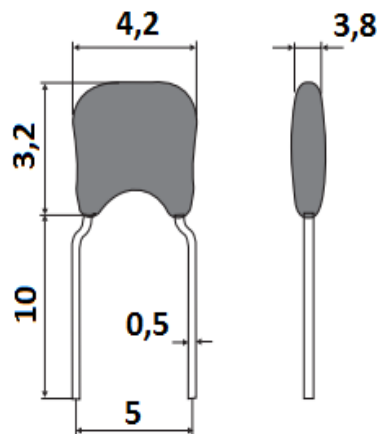


Рисунок 1.13– Габаритні розміри конденсатора СС4

Керамічні конденсатори типу СС4 — це компактні, неполярні конденсатори загального призначення, які використовуються в електронних схемах для фільтрації, розв’язки, блокування змінної складової та формування часових затримок. Вони виготовляються з використанням керамічного діелектрика та металевих виводів, які зазвичай розташовані радіально. Конденсатори серії СС4 мають стабільні електричні параметри, низький рівень індуктивності й опору, а також здатність працювати на високих частотах. Ці компоненти зазвичай мають ємність у діапазоні від кількох пФ до сотень нФ, з робочою напругою в межах 50–500 В залежно від конкретної моделі.

Конденсатори СС4 стійкі до температурних коливань, вібрацій і старіння, що робить їх надійними в експлуатації. Їх використовують у цифрових, аналогових, імпульсних і високочастотних схемах — зокрема, для фільтрації шумів у ланцюгах живлення, у коливальних контурах, а також для розв’язки логічних елементів. Завдяки малим габаритам та високій

стабільності, керамічні конденсатори СС4 є стандартним і необхідним елементом більшості сучасних електронних пристроїв.

Конденсатори КТ4-27 4/20 пф 25В-С26.

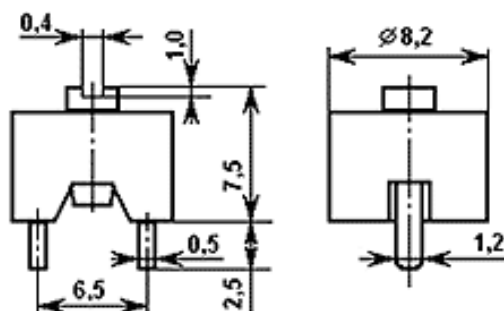


Рисунок 1.14 – Габаритні розміри конденсатора КТ4-27

Конденсатори типу КТ4-27 з номінальною ємністю 4–20 пФ і робочою напругою 25 В є змінними (перемінними) керамічними конденсаторами, призначеними для точного налаштування електронних контурів, особливо у високочастотних пристроях. Їх використовують у схемах генераторів, фільтрів, приймачів, передавачів, де потрібне точне регулювання ємності. Конденсатори цієї серії мають повітряне або керамічне діелектричне середовище, що забезпечує стабільність параметрів і низькі втрати на високих частотах. Конструкція дозволяє плавно змінювати ємність у межах заданого діапазону, а металевий корпус і жорсткі виводи забезпечують механічну надійність і простий монтаж на платі або в пристрої. Завдяки своїм характеристикам, КТ4-27 часто використовуються у професійній апаратурі, радіоаматорських конструкціях та метрологічних приладах.

Постійні недротяні неізольовані резистори R1...R6, R9..R41, R43 Royal Ohm (рисунок 1.15).

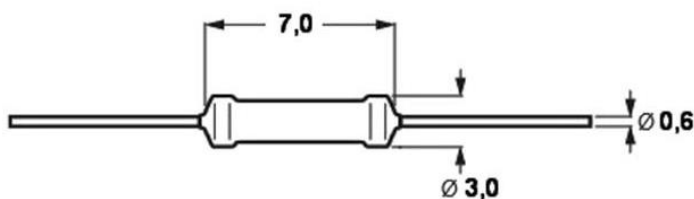


Рисунок 1.15– Габаритні розміри резистора Royal Ohm

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні параметри резисторів Royal Ohm включають номінальний опір, який охоплює широкий діапазон від часток ома до мегаомів, потужність розсіювання від 0,125 Вт (1/8 Вт) до кількох ват, а також температурний коефіцієнт опору, який зазвичай становить від ± 50 до ± 200 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ залежно від типу резистора. Допуски опору варіюються від високоточного $\pm 0,1\%$ до стандартного $\pm 5\%$. Конструкція корпусу передбачає як провідний монтаж, так і поверхневий, що дозволяє використовувати їх у різноманітних застосуваннях.

Завдяки таким характеристикам резистори Royal Ohm широко використовуються в побутовій, промисловій, автомобільній та професійній електроніці — у схемах живлення, фільтрації, розв'язки сигналів, вимірювальній техніці, аудіо- і відеоапаратурі. Вони забезпечують надійну роботу пристроїв у широкому діапазоні температур і умов експлуатації.

Змінні резистори R7, R8, R42- 3362P«Bourns» (рисунок 1.16).

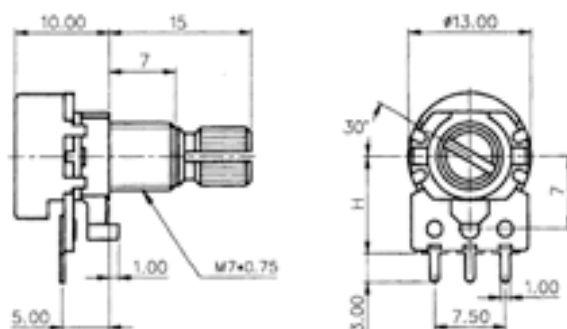


Рисунок 1.16— Габаритні розміри змінного резистора 3362P

Резистори серії 3362P виробництва Bourns — це багатооборотні тримери (потенціометри) високої точності, призначені для точного налаштування опору в електронних схемах. Вони використовуються для калібрування, регулювання та налаштування параметрів у різних пристроях, де потрібна стабільна і надійна зміна опору.

Ці резистори мають керамічний корпус і багатоповоротний механізм, який забезпечує плавне і точне регулювання опору без «стрибу». Діапазон номінального опору може варіюватися в межах від кількох Ом до сотень

кОм, залежно від конкретної моделі. Потужність розсіювання зазвичай складає близько 0,5 Вт — 1 Вт, що підходить для більшості налаштувальних задач у схемах низької та середньої потужності.

Основні характеристики резисторів 3362P включають високу стабільність опору, малий температурний коефіцієнт, надійність механізму регулювання і довговічність у роботі. Вони застосовуються в аудіотехніці, вимірювальних приладах, медичному обладнанні, автоматизації і багатьох інших сферах, де потрібне точне і повторюване налаштування опору.

Завдяки конструкції та якості виготовлення, резистори Bourns 3362P є популярним вибором для розробників та інженерів, які цінують точність і надійність у регулюванні електричних параметрів.

Тиристор VD3-TL431 (рисунок 1.17) – це програмоване джерело напруги з гарантованою стійкістю до зміни температури протягом всього терміну експлуатації.

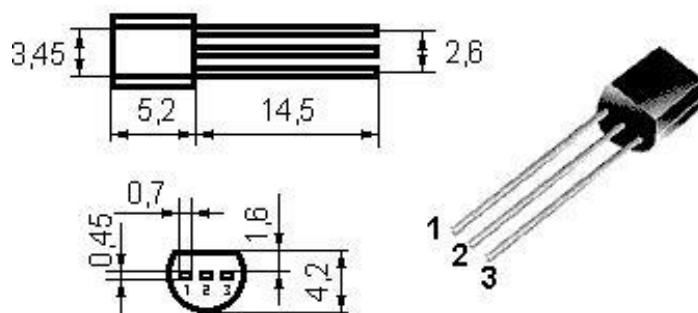


Рисунок 1.17 – Габаритні розміри мікросхеми TL431

Основна функція TL431 полягає у підтримці постійної вихідної напруги незалежно від змін вхідної напруги чи навантаження, що робить його корисним у блоках живлення, джерелах стабілізованого живлення, регуляторах напруги, а також у схемах захисту та контролю. Пристрій працює в режимі зворотного збудження, забезпечуючи плавне регулювання струму через стабілізатор.

TL431 може працювати в діапазоні напруг від приблизно 2,5 В до 36 В і витримує струми навантаження до 100 мА, що робить його універсальним

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компонентом для багатьох застосувань. Він має високу стабільність, низький рівень шуму, хорошу температурну стабільність і простоту підключення.

Конструктивно TL431 виконаний у стандартному корпусі типу TO-92 або SOT-23 для поверхневого монтажу, що дозволяє використовувати його як у прототипах, так і в масових виробках. Загалом, TL431 є популярним і доступним рішенням для стабілізації напруги з можливістю налаштування робочої точки.

В даній схемі використовуються діоди VD1-VD2 -1N4148 (рисунок 1.18).

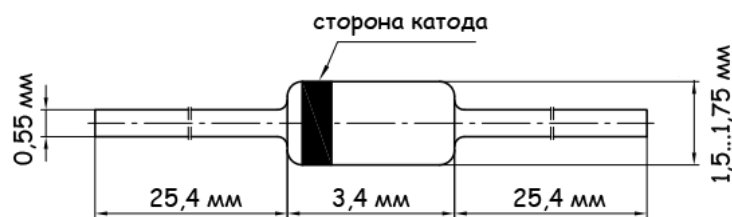


Рисунок 1.18 – Габаритні розміри діода 1N4148

1N4148 — це високошвидкісний кремнієвий діод загального призначення, широко використовуваний в електронних схемах для випрямлення, захисту від зворотної полярності, комутації та інших функцій. Він належить до категорії швидкодіючих діодів, здатних працювати на частотах до декількох сотень мегагерц, що робить його ідеальним вибором для високочастотних застосувань.

Діод 1N4148 має низьку прямий спад напруги (приблизно 0,7 В при струмі 10 мА), швидкий час відновлення (приблизно 4 нс), що дозволяє швидко перемикатися між станами провідності і блокування. Максимальний прямий струм складає близько 300 мА, а зворотна напруга витримується до 100 В.

Корпус діода зазвичай виконаний у стандартному герметичному пластиковому корпусі DO-35, що забезпечує надійність і зручність монтажу як у ручному, так і в автоматизованому виробництві.

Транзистори BC327-40 – VT1, VT2.

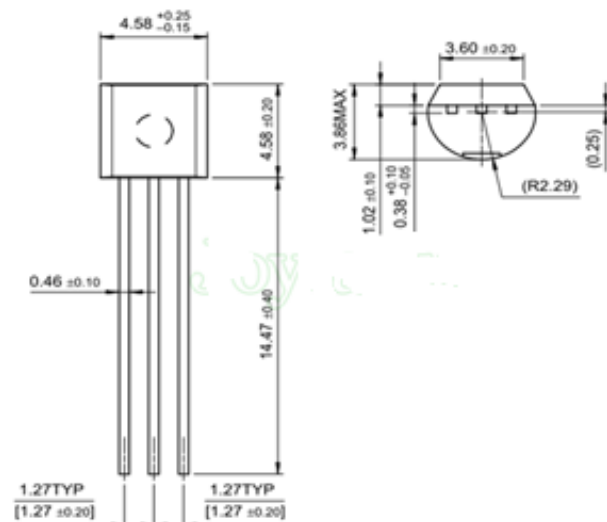


Рисунок 1.19- Габаритні розміри транзистора BC327

Транзистор BC327-40 — це кремнієвий біполярний транзистор типу PNP, широко застосовуваний у загальних цілях для підсилення сигналів і комутації в електронних схемах. Він призначений для роботи з низькою і середньою потужністю, має високу стабільність параметрів і гарні частотні характеристики.

BC327-40 належить до серії BC327, а позначення «40» вказує на клас hFE (коефіцієнт підсилення струму бази), який у цього варіанта становить приблизно від 250 до 630 (у різних джерелах вказують діапазон від 250 до 630), що забезпечує високу чутливість і підсилення. Транзистор розрахований на максимальний колекторний струм до 800 мА і максимально допустиму колекторно-емітерну напругу близько 45 В.

Корпус типу TO-92 робить цей транзистор компактним і зручним для монтажу в різних схемах. BC327-40 використовується у підсилювачах звукових частот, регуляторах, драйверах, схемах керування, комутації та інших пристроях, де потрібне стабільне підсилення сигналу з низьким рівнем шуму.

Використовуються транзистори 2SC4204 -VT3 (див.рис.1.20)

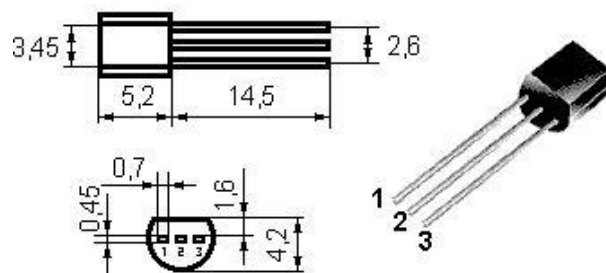


Рисунок 1.20- Габаритні розміри транзистора 2SC4204

Транзистор 2SC4204 — це кремнієвий біполярний транзистор типу NPN, призначений для використання в підсилювачах і комутаційних схемах середньої потужності. Він має гарні частотні характеристики, що дозволяє застосовувати його у високочастотних колах, а також у схемах низької і середньої потужності.

Максимальний колекторний струм 2SC4204 становить приблизно 1 А, а максимально допустима колекторно-емітерна напруга — близько 60 В. Коефіцієнт підсилення струму (h_{FE}) цього транзистора зазвичай знаходиться в діапазоні 40–320, залежно від робочих умов і конкретної партії виробництва.

Корпус типу TO-92 забезпечує компактність і зручність монтажу, що робить цей транзистор популярним для застосування в аудіо підсилювачах, перетворювачах, драйверах і інших електронних пристроях, де потрібне стабільне підсилення і комутація.

Використано транзистор BC517-VT4.

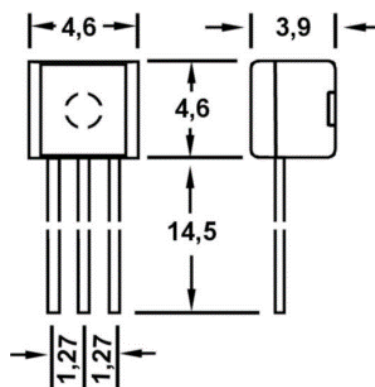


Рисунок 1.21- Габаритні розміри транзистора BC517

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

BC517 — це кремнієвий біполярний транзистор типу NPN, який відноситься до серії Дарлінгтон. Завдяки внутрішній структурі, що містить два транзистори, він забезпечує дуже високий коефіцієнт підсилення струму (h_{FE}), зазвичай у діапазоні від 15,000 до 30,000. Це робить BC517 ідеальним для застосувань, де потрібне підсилення слабких сигналів або керування великими навантаженнями з мінімальним струмом бази.

Максимальний колекторний струм цього транзистора становить близько 500 мА, а максимально допустима колекторно-емітерна напруга — приблизно 45 В. BC517 зазвичай використовується у схемах підсилення, реле, комутації, драйверів та інших пристроях, де потрібно посилити сигнал з низьким рівнем вхідного струму.

Транзистор має корпус типу TO-92, що забезпечує компактність і зручність монтажу у різних типах плат.

Через високе підсилення BC517 часто застосовують у схемах, де необхідне посилення слабких сигналів або управління силовими елементами при малому керуючому струмі.

Мікросхема HEF4069UBP-DD1,DD2,DD4,DD7.

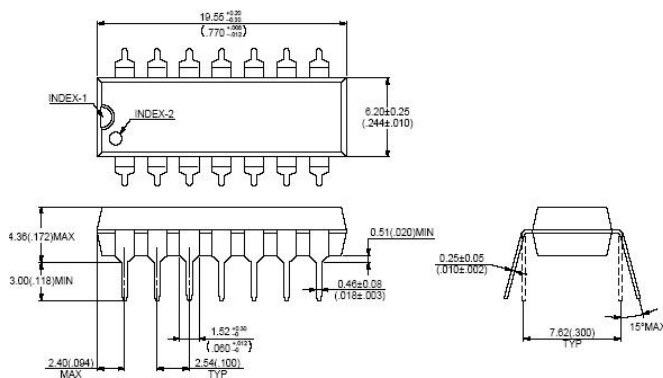


Рисунок 1.22- Габаритні розміри мікросхеми HEF4069UBP

Мікросхема HEF4069UBP — це шестиядерний логічний інвертор CMOS, який широко застосовується в цифровій електроніці для інвертування логічних сигналів. Вона працює в широкому діапазоні напруг живлення від 3 В до 15 В, що дозволяє використовувати її у багатьох схемах з різними рівнями живлення.

Основні параметри HEF4069UBP включають:

- Напруга живлення (V_{CC}): 3 В – 15 В
- Максимальний статичний струм споживання: близько 20 мкА при $V_{CC}=5$ В
- Час затримки інвертора: приблизно 50 нс при $V_{CC}=10$ В (залежить від навантаження)
- Вхідний опір: дуже високий, зазвичай понад 10^{12} Ом, завдяки CMOS технології
- Максимальний вихідний струм: ± 1 мА (залежно від умов)
- Логічні рівні: при $V_{CC}=5$ В, вхідний високий рівень (V_{IH}) мінімум 3,5 В, а низький (V_{IL}) максимум 1,5 В
- Температурний діапазон роботи: від -40 °С до $+85$ °С
- Корпус: стандартний DIP-14 або SO-14 для поверхневого монтажу

Ця мікросхема має низьке енергоспоживання, що робить її ефективною у портативних пристроях і схемах з живленням від батарей. Висока вхідна імпедансність забезпечує мінімальний вплив на попередні стадії сигналу. HEF4069UBP часто використовується в генераторах сигналів, логічних перетворювачах, схемах затримки, а також для формування імпульсів і інверсії сигналів у цифрових пристроях.

Мікросхема КР1171СП64-DA1.

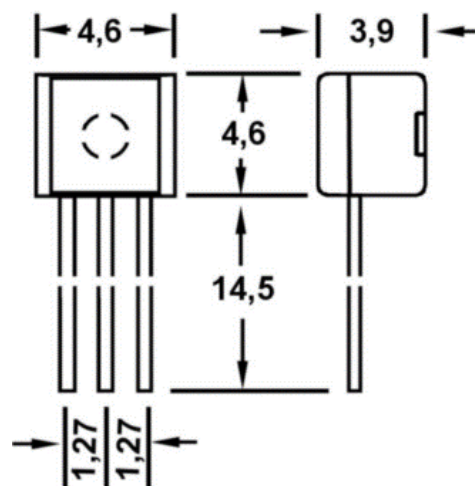


Рисунок 1.23- Габаритні розміри мікросхеми КР1171СП64

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Основні характеристики КР1171СП64: напруга живлення зазвичай в діапазоні від 5 В до 15 В, що робить мікросхему сумісною з різними системами живлення. Вона забезпечує стабільну роботу у температурному діапазоні від -40 °С до +85 °С, що дозволяє використовувати її в промислових і побутових умовах. КР1171СП64 має вбудовані компоненти, що полегшують проектування схем таймування без додаткових зовнішніх елементів.

Мікросхема випускається в корпусах DIP-8, що забезпечує зручність монтажу на друковані плати як у прототипуванні, так і в серійному виробництві. Завдяки простоті використання та надійності КР1171СП64 знайшла широке застосування у різноманітних електронних пристроях, зокрема у схемах керування, таймерах, імпульсних генераторах та інших автоматичних системах.

Використано при проектуванні мікросхему 74НС4066N.652 - DD3-Чотири двонаправлених ключа.

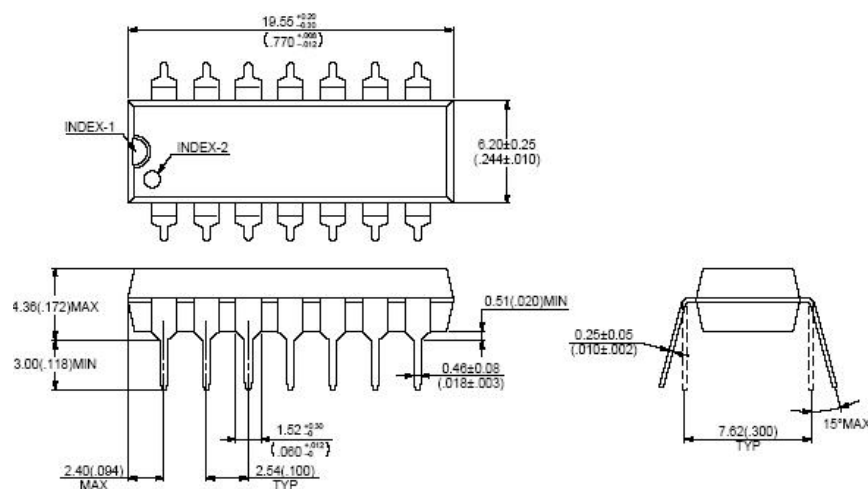


Рисунок 1.24 - Габаритні розміри мікросхеми 74НС4066N

Мікросхема 74НС4066N — це CMOS-інтегральна схема, що містить чотири незалежні двонаправлені аналогові комутатори або електронні ключі. Вона призначена для керування аналоговими або цифровими сигналами з високою швидкодією і низькими втратами сигналу.

Основні характеристики 74НС4066N включають напругу живлення від 2 В до 6 В, що дозволяє використовувати її в широкому діапазоні електронних пристроїв.

Вхідний опір дуже високий, а опір каналу комутатора в увімкненому стані зазвичай становить близько 70 Ом, що забезпечує мінімальні втрати сигналу.

Час перемикання ключів становить кілька десятків наносекунд, що підходить для швидкодіючих схем.

Корпус мікросхеми — DIP-14 або SO-14, що забезпечує зручність монтажу. 74НС4066N широко використовується в аналогових і цифрових схемах для маршрутизації сигналів, селекції ліній, аудіо- і відеосистемах, а також у схемах автоматичного тестування.

Використовується мікросхема LM293N-DD8 [DIP-8].

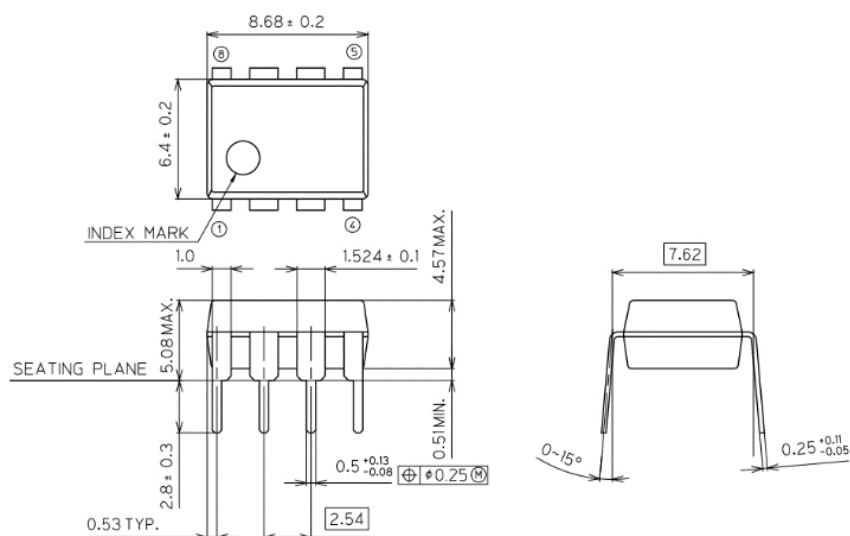


Рисунок 1.25 - Габаритні розміри мікросхеми LM193N

Мікросхема LM293N — це двоканальний операційний підсилювач загального призначення, розроблений для роботи в широкому діапазоні живлення та температур. Вона є покращеною версією популярного LM2903 і використовується у різних аналогових схемах, таких як підсилювачі сигналів, фільтри, генератори, компаратори та інші пристрої.

Основні параметри LM293N включають робочу напругу живлення від 3 В до 32 В (одно- або двополярне живлення), що робить її гнучкою для застосування в різних системах. Максимальний струм виходу становить близько 20-40 мА на канал. Вхідний струм дуже малий (в межах кількох наноампер), що забезпечує високу точність роботи. Швидкість наростання сигналу (slew rate) — близько 0.3 В/мкс, а смуга пропускання — приблизно 1 МГц при коефіцієнті підсилення 1.

Корпус мікросхеми типу DIP-8 або SO-8 підходить для монтажу як у прототипах, так і у серійному виробництві. LM293N має широкий температурний діапазон роботи — від -40 °С до +85 °С, що дозволяє її використання в промислових і побутових застосуваннях. Завдяки своїй надійності та стабільності, LM293N часто застосовується в системах обробки аналогових сигналів, датчиках, підсилювачах низької частоти, компараторах і багатьох інших електронних пристроях.

1.6 Компоновка друкованого вузла пристрою

Процес виготовлення двосторонньої друкованої плати (ДП) комбінованим методом включає кілька основних етапів, що поєднують механічну і хімічну обробку для отримання якісного та надійного виробу. Нижче наведено детальний опис цього процесу:

1. Підготовка матеріалу. Виготовлення починається з вибору основи — зазвичай це склотекстоліт або інший діелектрик, покритий з обох сторін тонким шаром міді. Матеріал очищують від забруднень і знежирюють для забезпечення якісного прилипання фоторезисту.

2. Нанесення фоторезисту. На обидві сторони плати наноситься світлочутливий матеріал — фоторезист. Це може бути рідкий або плівковий фоторезист, який після нанесення рівномірно висушується.

3. Експонування. За допомогою фотошаблону (маски) та ультрафіолетового освітлення здійснюється експонування фоторезисту. При цьому світло проходить через прозорі ділянки маски і змінює властивості

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фоторезисту у цих зонах. Для двосторонніх плат експонування виконується окремо для кожної сторони з точним суміщенням масок.

4. Проявлення. Після експонування плата занурюється у проявник, який змиває непрореагований фоторезист, оголюючи ділянки міді, які потрібно травити.

5. Травлення. Обробка здійснюється в травильному розчині (наприклад, хлорному залозі або персульфаті), що видаляє відкриті ділянки міді, залишаючи тільки провідні доріжки, захищені залишками фоторезисту. Для двосторонніх плат процес травлення виконується на обох сторонах, часто з проміжною промивкою та контролем якості.

6. Зняття фоторезисту. Після травлення залишки фоторезисту видаляють спеціальними розчинниками або лужними розчинами, щоб залишити тільки мідні провідники.

7. Просвердлювання отворів. Виконуються отвори для електричних з'єднань між шарами (виводи компонентів, віялові отвори). У комбінованому методі може використовуватися як механічне свердління, так і лазерне.

8. Металізація отворів (покриття стінок)
Для забезпечення електричного контакту між двома сторонами плати стінки отворів покривають тонким шаром міді. У комбінованому методі це може бути хімічне осадження міді з подальшим електрохімічним нарощуванням.

9. Нанесення захисного покриття. На плату наноситься захисний шар (наприклад, лак, паяльна маска), який захищає мідні доріжки від окислення і механічних пошкоджень.

10. Друк маркування. На платі наноситься шовкографія з позначеннями компонентів, логотипами та іншою інформацією.

11. Остаточна обробка і контроль якості. Плату очищують, виконують перевірку електричних параметрів (перевірка на короткі замикання, розриви) і візуальний огляд. При необхідності проводять виправлення.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Різка і формування. Готову плату вирізають за розміром, обробляють краї та виконують фінальне формування.

Комбінований метод виготовлення двосторонніх друкованих плат дозволяє поєднати високу точність трасування і надійність металізації отворів, що забезпечує якісний і довговічний продукт.

Друкована плата пристрою виконана у двосторонньому варіанті з використанням комбінованого методу монтажу, що поєднує в собі як поверхневе, так і вивідне компонування. Такий підхід забезпечує оптимальне розташування елементів, мінімізацію габаритів плати та зменшення довжини провідників, що покращує електромагнітну сумісність та знижує рівень завад.

При компоновці враховано особливості електричної принципової схеми: ключові елементи, такі як підсилювальний тракт на мікросхемах HEF4069UBP (DD5, DD6, DD7), розміщені максимально близько один до одного для зменшення паразитних зв'язків і збереження стабільності сигналів.

Всі цифрові компоненти, включаючи лічильники, дешифратори та елементи логіки, розташовані з урахуванням послідовності сигналів, що сприяє зручності трасування і підвищенню надійності пристрою. Особливу увагу приділено розташуванню RC-ланцюгів і елементів, що забезпечують початкове скидання, затримки та індикацію.

Також на платі передбачено окрему ділянку для формувача високої напруги на основі транзистора VT1, реалізованого за класичною схемою. Всі елементи високовольтного вузла розміщені з урахуванням електробезпеки та ізоляційних зазорів.

Компоновка була виконана із застосуванням систем автоматизованого проектування (САПР), що дозволило досягти оптимального балансу між функціональністю, компактністю та зручністю подальшого виготовлення пристрою.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес компонування друкованого вузла є критично важливим етапом у розробці електронного пристрою, зокрема — портативного металодетектора. Від правильного розташування елементів на платі залежать надійність роботи, стабільність сигналів, електромагнітна сумісність, а також зручність виготовлення та сервісного обслуговування пристрою.

Основні принципи компонування:

1. Функціональна групація елементів. Компоненти об'єднуються у функціональні блоки (підсилювач, логіка управління, генератор імпульсів, високовольтна частина тощо) й розміщуються компактно всередині кожної групи. Це дозволяє мінімізувати довжину з'єднувальних доріжок і покращити якість сигналів.

2. Оптимізація топології з урахуванням напрямку сигналів. Розташування елементів виконується у відповідності до послідовності проходження сигналів: від вхідного каскаду до вихідного, або відповідно до логіки обробки даних. Це спрощує трасування і дозволяє уникати перехресних з'єднань.

3. Мінімізація завад та паразитних зв'язків. Всі високочастотні або високочутливі вузли (наприклад, підсилювачі на HEF4069UBP) розміщуються максимально близько один до одного, а також ізольовано від силових та високовольтних ділянок. Для мінімізації завад використовується окрема земляна площа або спеціальні заземлюючі шини.

4. Правильна організація живлення. Ланцюги живлення проектується з урахуванням розділення аналогової та цифрової частин, використання шунтувальних конденсаторів біля кожного мікросхемного елементу, а також правильного розведення «землі» для уникнення контурів струму.

5. Тепловий режим і вентиляція. Компоненти, що генерують тепло, розміщуються таким чином, щоб забезпечити відведення тепла, уникати скупчення гарячих зон та створювати зручності для встановлення теплових радіаторів (якщо потрібно).

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Електробезпека та ізоляційні зазори. У високовольтних ділянках плати (наприклад, формувач високої напруги на VT1) дотримуються відповідні ізоляційні відстані між доріжками, а також застосовуються захисні елементи — варистори, діоди, резистори розряду.

7. Доступність для обслуговування і збирання. Компоненти, які потенційно можуть потребувати заміни або налаштування (наприклад, регулятори R7, R8, R42), розміщуються ближче до краю плати або з виводом на корпус, щоб полегшити доступ.

8. Застосування двостороннього компонування. Для компактності та ефективного використання площі плати використовується двосторонній монтаж. При цьому враховується необхідність мінімізувати кількість перехідних отворів та уникати перешкод між шарами.

Ці принципи враховувались під час розробки друкованої плати портативного металодетектора. Завдяки цьому вдалося досягти компактного розміщення елементів, зменшити вплив завад і забезпечити стабільну роботу пристрою в умовах польового використання.

1.7 Висновок до розділу 1

У першому розділі проведено ґрунтовний аналіз технічного завдання, структурної схеми виробу та принципової електричної схеми, а також виконано проектування й розрахунок основних вузлів. У ході дослідження ретельно розглянуто вимоги до пристрою, визначено його ключові функціональні характеристики та критерії ефективності. Встановлено, що технічне завдання містить усі необхідні аспекти для створення надійного та продуктивного пристрою.

Детально проаналізовано структурну схему, визначено її основні компоненти та взаємозв'язки між ними. Результати аналізу підтвердили відповідність схеми вимогам технічного завдання та її здатність забезпечувати оптимальну роботу пристрою. Описано принцип роботи кожного елемента схеми, виконано оцінку її надійності та ефективності.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлено, що схема є функціональною й відповідає встановленим вимогам.

Розраховано ключові електричні параметри окремих каскадів та підтверджено їх відповідність технічним вимогам. Виконано розрахунки друкованого монтажу, що дозволяють забезпечити ефективну роботу пристрою з мінімальними втратами. Проведено аналіз ринку компонентів, підібрано оптимальні варіанти з точки зору надійності, вартості та доступності. Обґрунтовано вибір кожного компонента з урахуванням всіх необхідних параметрів.

Розроблена компоновка друкованого вузла, яка гарантує мінімальні габарити та зручність монтажу, а також перевірено її відповідність вимогам ергономіки та технічного завдання. Таким чином, проведені дослідження та розрахунки підтвердили, що створений пристрій відповідає всім технічним вимогам, має надійну та ефективну конструкцію, а підібрані компоненти забезпечують його стабільну роботу.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Спеціальна частина

2.1 Обґрунтування використання та вибору САПР для проектування

Altium Designer було обрано для проектування через його комплексний функціонал, який охоплює весь цикл розробки друкованих плат — від створення електричних схем до формування 3D-моделей виробів. Ця САПР відзначається інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, що спрощує роботу навіть зі складними проектами, а також високою сумісністю з різноманітними форматами файлів і сучасними стандартами проектування. Крім того, Altium Designer пропонує потужні інструменти для автоматизації рутинних процесів, що дозволяє значно знизити ризик помилок і прискорити розробку. Завдяки можливості інтегрованого 3D-моделювання забезпечується точна візуалізація конструкції, що допомагає своєчасно виявляти й усувати потенційні проблеми. Важливим фактором також є наявність великої бібліотеки готових компонентів і посадкових місць, що полегшує створення власних елементів. Усе це робить Altium Designer ефективним і надійним інструментом для професійного проектування друкованих плат.

Посадкові місця можна скопіювати з редактора ПП, перенести з іншої бібліотеки ПТМ або створити з ескізу, використовуючи Майстер PCB Component Wizard чи інструменти для малювання. Якщо у вас є проект друкованої плати з розміщеними посадковими місцями, можна створити бібліотеку ПТМ, що міститиме ці посадкові місця, за допомогою команди Design → Make PCB Library.

Altium Designer включає велику готову бібліотеку посадкових місць як для монтажу в отвір, так і для поверхневого монтажу. Ці ПТМ можна застосовувати у власних проектах. Бібліотеки ПТМ розміщені в каталозі Library \ Pcb в установчому каталозі Altium Designer. Посадкові місця створюються переважно для ілюстрації процесу і не завжди враховують усі точні вимоги. При самостійному створенні варто керуватися специфікаціями виробника.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При додаванні моделі до компонента в редакторі схемних бібліотек сама модель не копіюється і не зберігається в схемному компоненті, а лише зв'язується посиланням. Це означає, що модель має бути доступна не тільки під час редагування компонента, але й при його розміщенні в схемі. Пошук моделі під час роботи в редакторі бібліотек відбувається у такому порядку:

1. Спочатку в бібліотеках, підключених до поточного проєкту.
2. Потім у встановлених і підключених бібліотеках ПТМ (крім інтегрованих). Порядок пошуку можна регулювати зміною послідовності бібліотек у списку.

Формування посадкового місця компонента полягає у визначенні його конструкції та розміщенні контактних майданчиків для електричних з'єднань у робочому просторі редактора PCB Component Editor, а також у кресленні ліній контуру компонента.

Зазвичай контурні лінії розташовують на шарі шовкографії Top Overlay. Контактні майданчики для компонентів із виводами формуються на шарі Multi-Layer, а для поверхнево-монтажних компонентів – на верхньому сигнальному шарі Top Layer.

Перед початком роботи з посадковими місцями необхідно налаштувати систему вимірювання та сітки проектування. Для цього виберіть команду Tools > Library Options у головному меню, що відкриє діалогове вікно Board Options.

Для створення посадкових місць вітчизняних компонентів виберіть метричну систему одиниць та налаштуйте три типи сіток:

- Component Grid – для розміщення компонентів, задайте крок по горизонталі та вертикалі вручну або зі списку;
- Snap Grid – сітка захоплення для розміщення графічних об'єктів (ліній, вирізів), з кроком, який має бути дробовим відношенням до кроку Component Grid;

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Visible Grids – дві видимі сітки, що служать для візуального контролю розміщення і вирівнювання об'єктів, краще вибирати кратні значення.

Порожнє посадкове місце PCBCOMPONENT1 у панелі PCB Library слід перейменувати.

Щоб встановити точку прив'язки графіки в центр робочого листа редактора посадкових місць, використовуйте комбінацію клавіш J, R.

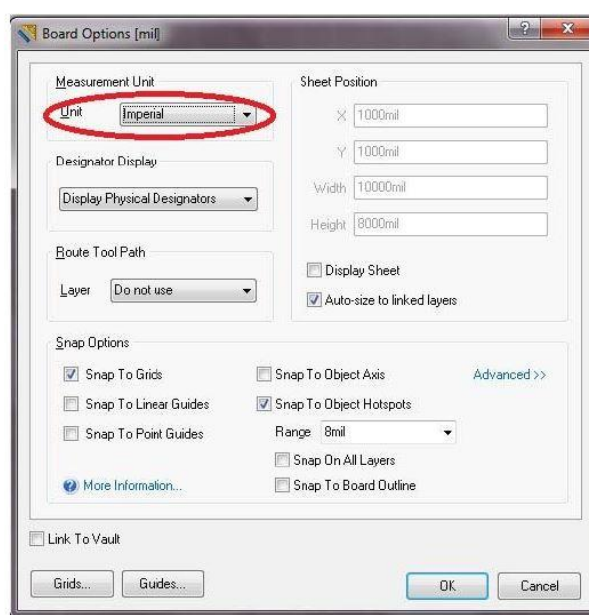


Рисунок 2.1-Налаштування редактора посадочних місць

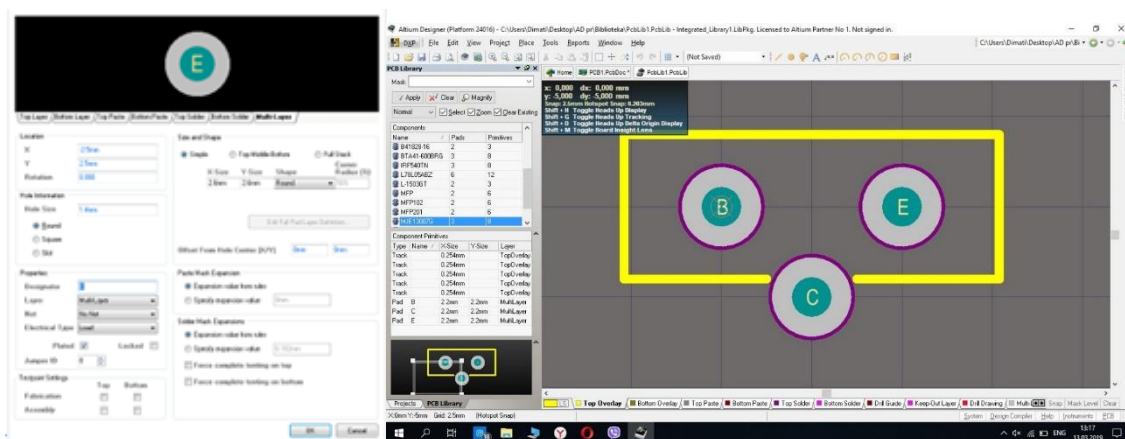
Для створення контактної площадки (КП) у графічному редакторі слід відкрити команду Place > Pad або скористатися гарячими клавішами P, R. Перед розміщенням КП на робочому полі необхідно натиснути клавішу Tab, щоб відкрити діалогове вікно налаштувань параметрів, у якому відображаються властивості контактної площадки Pad. Користувач має вказати координати КП у полі Location, зазвичай це точка 0,0.

У розділі Hole Information обирається тип і розмір отвору для КП: Round (круглий), Square (квадратний) або Slot (щілиноподібний). Наприклад, для отвору діаметром 1,4 мм вибирають Round, що забезпечує зручне встановлення стрічкових виводів транзисторів у корпусі КТ-13.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У секції Size and Shape задають форму і розміри металізації КП. Для компонента MJE13007G зазвичай обирають круглу форму з розмірами 2,8 мм по осях X і Y.

У розділі Properties призначається цокольове позначення КП (Designator), наприклад, висновок колектора позначають цифрою 1. Після налаштувань контактна площадка фіксується на робочому полі шляхом клацання мишею або натискання клавіші Enter. Після розміщення першої КП наступні (друга, третя тощо) автоматично переміщуються за курсором і можуть бути зафіксовані на полі редактора.



а)

б)

Рисунок 2.2 Формування ТПМ: а) властивості КП, б) результат.

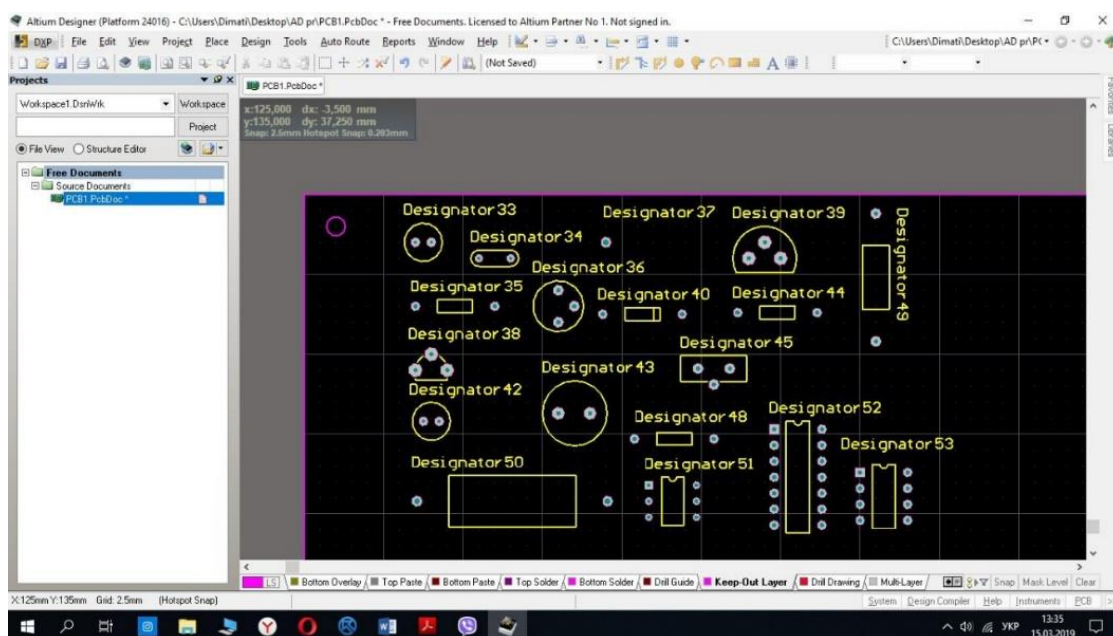


Рисунок 2.3. Зовнішній вигляд посадочних місць в AD

Підкреслити, що в програмі Altium Designer створення бібліотек значно полегшене, оскільки відсутня потреба заповнювати таблицю відповідності висновків. Водночас розробка символу ускладнюється тим, що доводиться окремо промальовувати кожну комірку складної мікросхеми. В результаті виконаних робіт були створені посадкові місця для елементів, які будуть застосовані при проєктуванні друкованих плат.

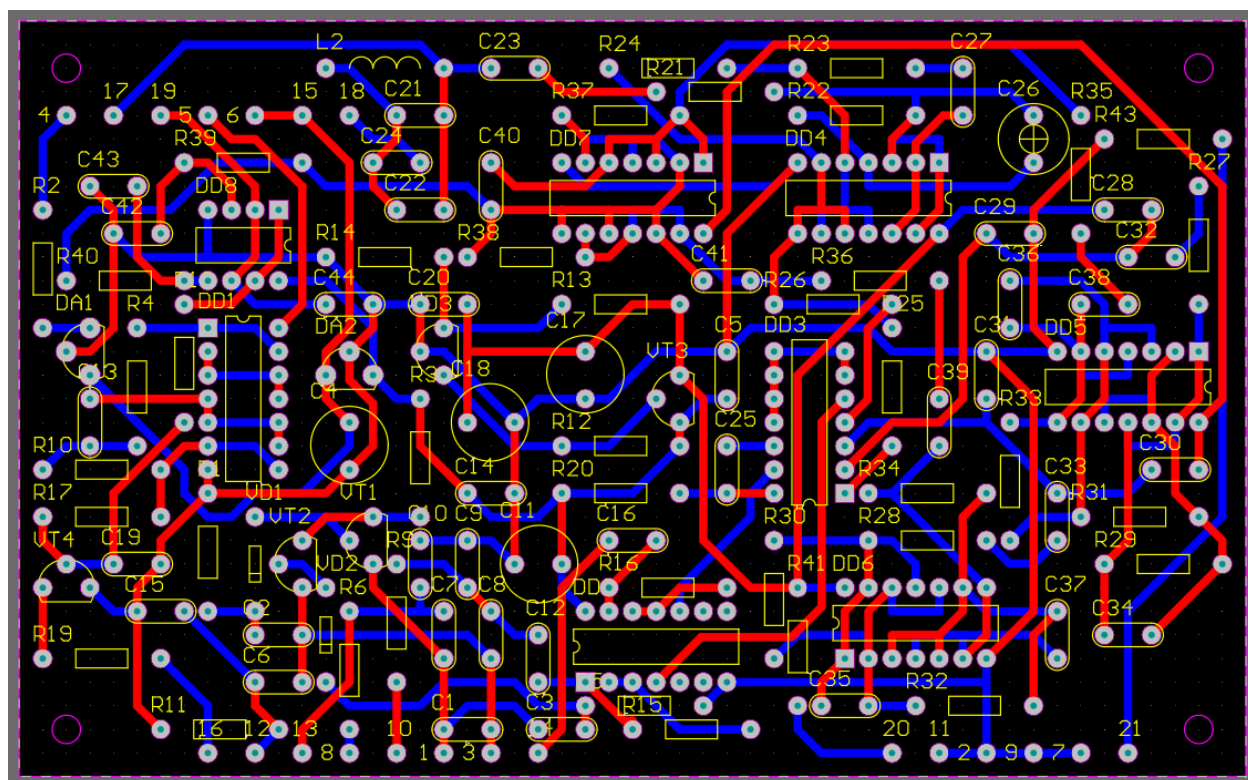


Рисунок 2.4- Друкована плата виконана в програмі Altium Designer

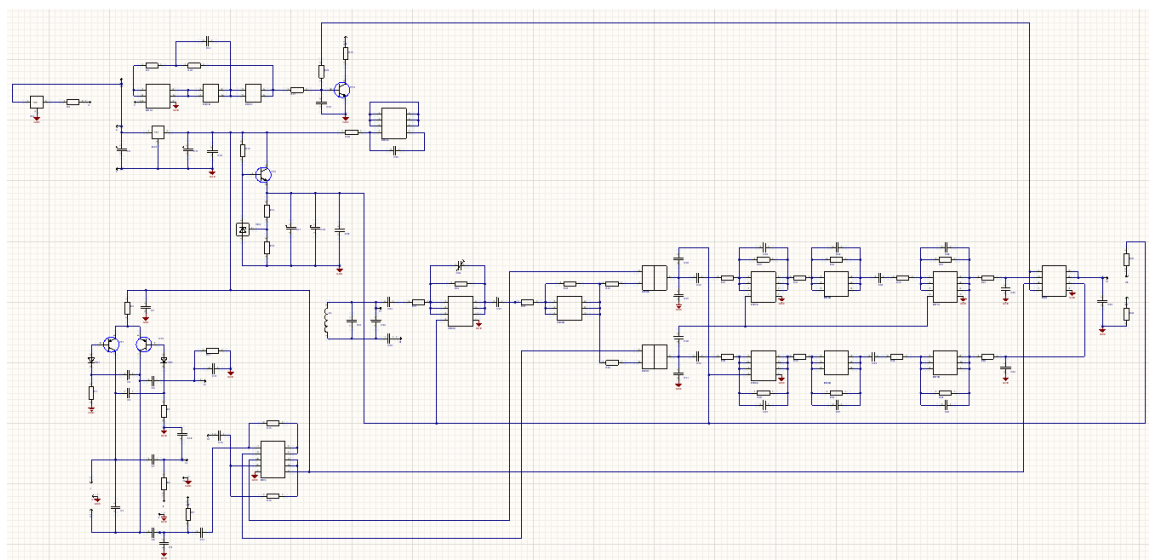


Рисунок 2.5- Схема принципова виконана в програмі Altium Designer

					ШВА 2.089.001 ПЗ		Арк.
							40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

3D модель друкованої плати зображена на рисунку 2.6 та рисунку 2.7 [24].

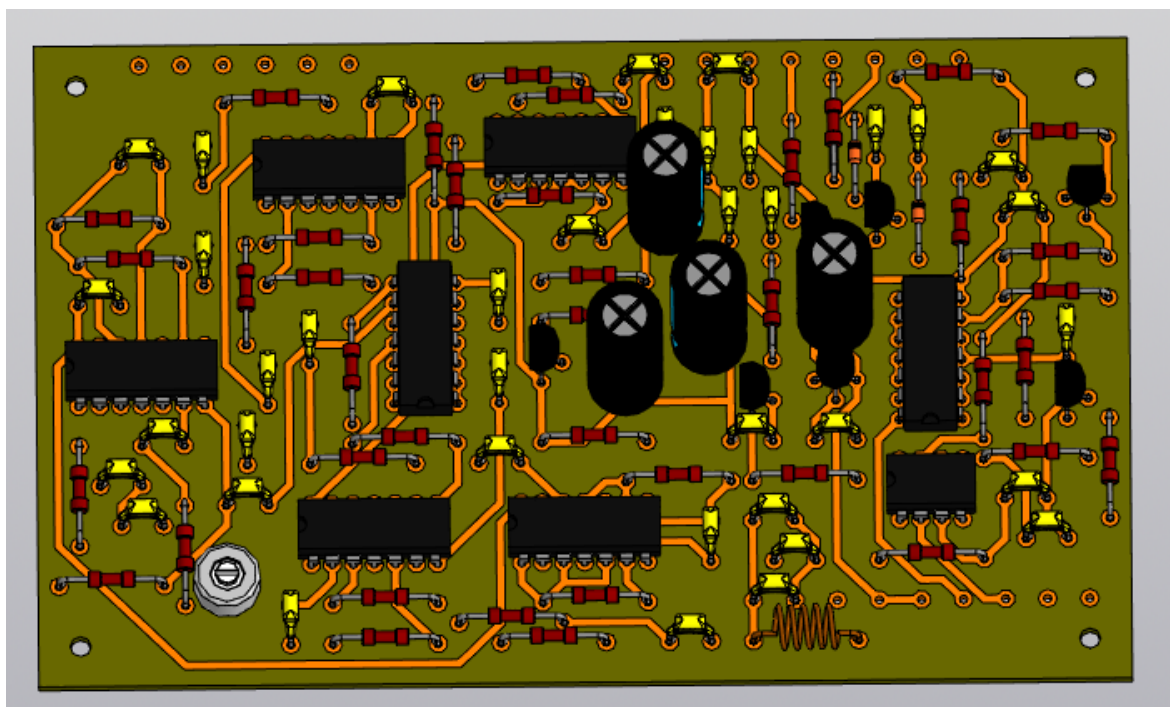


Рисунок 2.6 - 3D зображення вузла друкованого металодетектора основний вигляд зверху

Вигляд плати друкованої з вигляду пайки і елементів. Плата двостороння та виготовлена комбінованим методом.

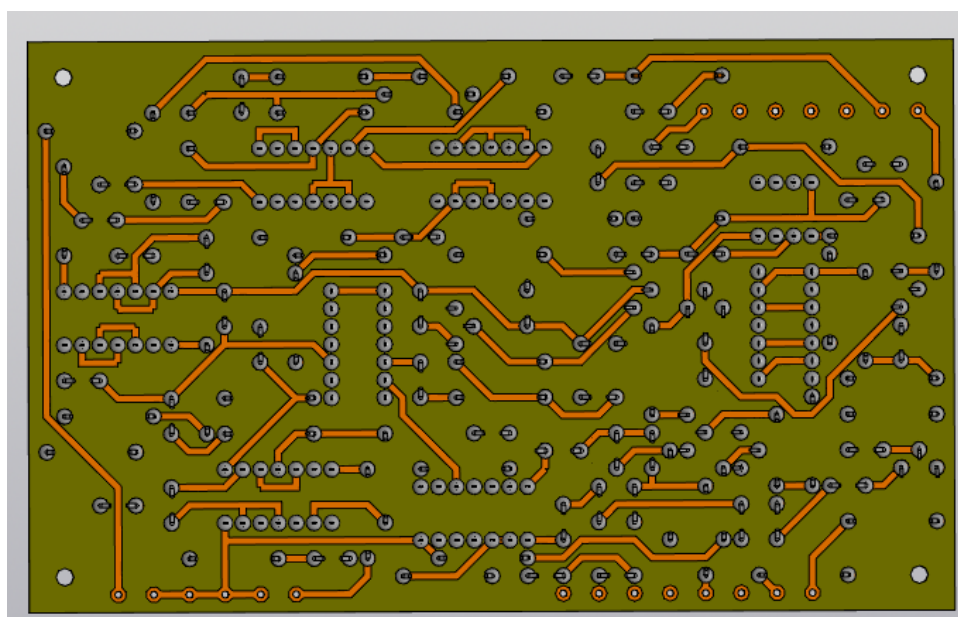


Рисунок 2.7- 3D зображення вузла друкованого приладу вигляд з сторони пайки нижній

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

2.2 Висновки до розділу 2

У другому розділі розглянуто особливості проектування, зокрема обґрунтування вибору систем автоматизованого проектування (САПР) та процес створення 3D-моделі плати виробу. Спочатку проведено аналіз різних САПР, оцінено їхні функціональні можливості, переваги й недоліки. Вибір конкретної системи базувався на таких факторах, як її функціональність, зручність використання, відповідність вимогам проекту та вартість. Обрана САПР підтримує повний цикл розробки — від створення електричної схеми до формування 3D-моделі, що дозволяє зменшити кількість помилок і оптимізувати робочий процес.

Далі детально описано етапи створення 3D-моделі плати, включаючи розміщення компонентів, прокладання доріжок і перевірку на наявність помилок. Використання 3D-моделі дає змогу візуалізувати кінцевий виріб, переконатися у відповідності конструкції технічним вимогам і своєчасно виявити потенційні проблеми.

Отже, у цьому розділі підкреслюється важливість правильного вибору САПР і застосування 3D-моделювання як ключових кроків для забезпечення високої якості проектування та надійності готового виробу. Застосування сучасних проєктних інструментів сприяє ефективному виконанню технічних завдань і досягненню найкращих результатів.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 3 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

3.1 Ризик як кількісна оцінка небезпек

Витрати держави на досягнення заданого рівня безпеки між природною, техногенною та соціальною сферами. Завжди необхідно підтримувати відповідне співвідношення витрат у зазначених сферах, оскільки порушення балансу на користь однієї з них може спричинити різке збільшення ризику, і його рівень вийде за межі допустимих значень.

Збільшуючи кількість коштів на технічні витрати, ризик аварій на технічних устаткуваннях зменшується, але зростає соціально-економічний ризик. Збільшенням витрат на підвищення безпеки технічних систем в умовах обмеженості коштів можна занедбати соціальну сферу, погіршити стан аварійно-рятувальних служб, медичну допомогу.

Загальний ризик зводиться до мінімуму при збалансованому співвідношенні витрат у технічній та соціальній сферах. Максимально прийнятним рівнем індивідуального ризику загибелі людини вважається ризик, який дорівнює 10^{-6} на рік. Малим вважається ризик загибелі людей, що дорівнює 10^{-8} на рік [26].

Дослідження причин виникнення небезпек, їх характеристик, особливостей впливу сприяють розробці ефективних заходів захисту, що спрямовані на забезпечення нормальної життєдіяльності людини.

Прогнозування наслідків небезпечних ситуацій та екстремальних ситуацій включає [27]:

- оцінку ймовірності та аналіз причин виникнення небезпек;
- очікувану силу впливу (інтенсивність) та механізми розвитку небезпеки (ураження);
- характеристику та розміри ураження реципієнтів (населення, тваринний та рослинний світ, повітряне та геологічне середовище, водоймище, господарських об'єктів);

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

– агресивність та глибину впливу чинників небезпеки (імовірність генетичних змін у біосфері, тривалість періодів прояву негативних наслідків, багатоступеневість такого прояву);

– періодичність виникнення небезпечних та екстремальних ситуацій та їх динаміку;

– визначення величини збитків у випадку реалізації небезпечних ситуацій.

Головним пріоритетом безпеки життєдіяльності є намагання підвищення рівня безпеки у всіх видах діяльності людини. Коли створюються нові пристрої, устаткування, технічні системи, то необхідно, щоб у відповідний проект, наскільки це можливо, були включені елементи, що виключають небезпеку. Якщо виявлену небезпеку неможливо виключити повністю, необхідно знизити ймовірність ризику до мінімуму шляхом вибору відповідного рішення. В будь-якій системі чи ситуації досягають цього такими шляхами [27]:

– повна або часткова відмова від робіт, операцій та систем, які мають високий ступінь небезпеки;

– заміна небезпечних операцій іншими, менш небезпечними;

– технічне удосконалення системи та об'єкту;

– розробка та використання спеціальних засобів захисту;

– вживання заходів організаційно-управлінського характеру, в тому числі контроль за рівнем безпеки, навчання людей з питань безпеки, стимулювання безпечної роботи та поведінки.

Всі ці напрямки забезпечення безпечної життєдіяльності мають свої переваги і недоліки, а тому важко заздалегідь визначити, який з них кращий. Для підвищення рівня безпеки найкраще використовувати комплекс цих заходів та засобів. Для того, щоб вибрати конкретний захід або засіб, а краще їх комплекс, порівнюють витрати на ці заходи та засоби і рівень зменшення шкоди, який передбачається в результаті їх впровадження. Такий підхід до зменшення ризику небезпеки зветься управлінням ризиком. В цьому процесі

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

не останнє місце посідає вартість такого управління. Іншим аспектом того, як встановлюється співвідношення витрат з розміром прийнятного ризику, є можливість контролювання чи ліквідації ризику [27].

Деякі небезпеки, що мають відносно низький рівень ризику, вважаються неприпустимими, тому що їх досить легко контролювати та ліквідувати. Хоча ризик удару блискавкою, ймовірність якого 1 на 14 млн, може вважатися відносно низьким, люди рідко знаходяться на вулиці під час грози. В даному разі, незважаючи на те, що ризик невеликий, необхідність ліквідації його базується на тому, що ціна повного нехтування такою небезпекою дуже висока, а ціна контролю чи ліквідації цього ризику, навпаки, незначна – треба просто не виходити з приміщення [26].

3.2 Загальні вимоги безпеки з охорони праці для користувачів ПК

Нормативним документом щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК ДСанПін 3.3.2.007-98 „Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДП) електронно-обчислювальних машин” [31].

Особлива увага звертається на те, що дотримання вимог значно знизить наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів, які супроводжують роботу з відеодисплейними терміналами, також викладені гігієнічні й ергономічні вимоги до організації робочих приміщень та робочих місць, параметрів робочого середовища, дотримання яких дає змогу запобігти порушенням стану здоров'я користувачів ПК [30].

Користувачі ПЕОМ постійно працюють з обладнанням, яке підключено до електропостачання. При організації робочого місця ретельно перевіряли безпечність підключення до електромереж.

На користувачів під час роботи з комп'ютерною технікою можуть діяти такі види небезпек [31]:

- ураження електричним струмом;

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- енергетична небезпека (виникає через коротке замикання: опіки, електрична дуга, викид розплавленого металу);
- небезпека займання;
- термонебезпека (дія високих температур через нагрівання конструктивних елементів);
- механічна небезпека (травми через падіння, дії рухомих частин, поріз про гострі частини конструктивних елементів);
- небезпека випромінювання (дія звукового (акустичного), височастотного, інфрачервоного, ультрафіолетового та іонізуючого випромінювання, а також видимого світла високої інтенсивності когерентної (лазерного випромінювання);
- хімічна небезпека (контакт із деякими хімікатами, які використовують для того, щоб обслуговувати обладнання, або від вдихання їхньої пари).

У процесі експлуатації електрообладнання може статися порушення цілісності ізоляції проводів, кабелів, обмоток машин та інших, які перебувають під напругою струмоведучих частин тобто, відбувається замикання струмовідних частин на землю. Це неминуче тягне у себе поява напруги на нетоковедущих частинах устаткування й у результаті працівник виявляється під впливом електричного струму, що може призвести до нещасного випадку.

Електробезпека обслуговуючого персоналу забезпечується системою організаційних та технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики. Одним із засобів захисту персоналу при спробі ізоляції є застосування захисного заземлення [29].

Замиканням на землю називається випадкове електричне з'єднання з землею, що знаходяться під напругою електроустановок. Замикання на землю може статися внаслідок появи контакту між струмовідними частинами та заземленим корпусом або конструктивними частинами обладнання при

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

падінні на землю обірваного дроту, при порушенні ізоляції обладнання і т.д. У всіх цих випадках струм від частин, що знаходяться під напругою, проходить у землю через електроди, які здійснюють контакт із ґрунтом. Спеціальні металеві електроди прийнято називати заземлювачами.

Захисне заземлення – це навмисне з'єднання із землею за допомогою заземлювального пристрою металевих невідповідних частин обладнання, які можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції електроустановки [33].

Відповідно до СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гігієнічні вимоги до персональних електронно-обчислювальних машин та організації роботи» приміщення, де розміщуються робочі місця з ПЕОМ, обладнані захисним заземленням (зануленням) відповідно до технічних вимог щодо експлуатації електроустановок та обчислювальної техніки.

Відповідно до цього нормативного документа заземлювальні пристрої обрані та змонтовані таким чином, щоб [28]:

- значення опору розтіканню заземлювального пристрою відповідало вимогам захисту та роботи установки протягом періоду експлуатації;
- протікання струму замикання на землю і струмів витоку не створювало небезпеки, зокрема щодо нагрівання, термічної та динамічної стійкості;
- було забезпечено необхідну міцність або додатковий захист залежно від заданих зовнішніх факторів.

Робочі місця з ПЕОМ не слід розмішувати поблизу силових кабелів та вводів, високовольтних трансформаторів, технологічного обладнання, що створює перешкоди у роботі ПЕОМ.

Оскільки безпосередньо на ПЕОМ подається стабілізоване електроживлення (з відхиленням від 220 В не більше -10% +15%), подачу електроенергії до комп'ютерних приміщень здійснили від окремого незалежного джерела живлення.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підключення ПЕОМ здійснюється через блок живлення або пристрій живлення, що мають мережевий фільтр, конденсатори якого призначені для шунтування через провід занулення, і відповідні трисмугові вилку і розетку високочастотних перешкод мережі живлення на землю.

Розетки повинні підключені на три дроти: один фазний, другий нульовий робочий провідник і третій нульовий захисний провідник (НЗП). Нульовий захисний провідник необхідно з'єднувати з нульовим дротом мережі.

В іншому випадку (якщо НЗП нікуди не підключати), на корпусі системного блоку може з'явитися напруга близько 110 змінного струму. Це станеться тому, що конденсатори фільтра працюють як ємнісний діляник напруги.

Оскільки ємності конденсаторів мають однакові значення, напруга мережі 220 В розділиться навпіл і, якщо врахувати, що середній розрахунок опору тіла людини-1000 Ом, а опір взуття близько-330 Ом, то сила струму, що проходить через тіло людини, становитиме 83 мА. При цьому можливе настання паралічу дихання.

Надалі при експлуатації ПЕОМ необхідно дотримуватись наступних рекомендацій [29]:

- постійно контролювати надійність з'єднання контактів трипровідних розеток;
- додатково підключити системний блок до НЗП, закріпити провідник під гвинт кріплення джерела живлення;
- підключати дисплей (за наявності лише двопровідної однофазної мережі) рекомендується через узгоджувальний пристрій. При цьому мережні фільтри та всі кабелі живлення повинні знаходитися якнайдалі від оператора в компактному положенні з тильного боку робочого місця;
- не можна підключати корпус комп'ютера до парового або водяного опалення. Якщо джерело живлення комп'ютера несправне, батареї можуть опинитися під напругою;

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- не ставити системний блок у зоні підвищеної вологості та підвищеного вмісту пилу, на підлогу, біля ніг оператора;
- не можна торкатися одночасно екрана монітора та клавіатури (можливий підвищений електростатичний потенціал);
- щоб уникнути ураження електричним струмом, забороняється торкатися задньої панелі системного блоку і перемикачі роз'єми периферійних пристроїв працюючого комп'ютера;
- необхідно встановлювати ПЕОМ (ПК) тільки на жорстко закріпленій підставці, яка виключає навіть випадковий струс системного блоку;
- не встановлювати ПЕОМ та його клавіатуру на поверхні, що накопичують статичну електрику (органічне скло та поліровані лакові поверхні);
- температура повітря в приміщенні допускається в межах 20-25 ° С при відносній вологості до 75%; різкі перепади температури не допускаються [32];
- не допускається зайва запиленість повітря в приміщенні (не більше 1 мг/м³ при максимальному розмірі частинок 3 мкм); обов'язкове вологе щоденне прибирання приміщення;
- необхідно щодня протирати вологою серветкою екран, приєкранний фільтр, клавіатуру та інші частини ПЕОМ.

3.3 Висновок до розділу 3

Розроблено портативний металодетектор з регульованою чутливістю та розглянуто питання кількісна оцінка ризику дає змогу об'єктивно визначити рівень небезпеки у виробничому середовищі та приймати ефективні управлінські рішення щодо її мінімізації. Загальні вимоги безпеки з охорони праці для користувачів ПК

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Основна частина дослідження охоплює всебічний аналіз і проєктування портативного металодетектора з можливістю регулювання чутливості, з точки зору електронної схемотехніки та інженерного підходу. Розгляд технічного завдання дозволив чітко сформулювати вимоги до пристрою, що забезпечило ефективну подальшу реалізацію проєкту. Аналіз структурної схеми дав змогу краще зрозуміти принципи роботи металодетектора та виокремити його основні елементи. Розгляд принципу дії електричної принципової схеми та її ефективності допоміг виявити вплив кожного компонента на загальну роботу системи, а також шляхи оптимізації для підвищення продуктивності. У роботі проведено проєктування та розрахунок основних вузлів схеми, здійснено вибір елементної бази з відповідним обґрунтуванням, а також виконано компонування друкованого вузла.

Спеціальна частина зосереджена на аргументації вибору систем автоматизованого проєктування для реалізації технічного рішення, а також на детальному описі процесу створення моделі плати, що дозволяє визначити найбільш ефективне розміщення елементів та вдосконалити загальний вигляд пристрою. Завдяки високому рівню професійної підготовки та уважному підходу до проєктування можна стверджувати, що кінцевий результат повністю відповідає технічним вимогам і може бути успішно застосований на практиці.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Список використаних джерел

1. Сайт схеми пристрою [електронний ресурс] – Режим доступу <https://radiolub.com/page/zhurnal-radio-2005-8> (дата звернення 4.04.2025).
2. Програма для розрахунку [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057> (дата звернення 4.04.2025).
3. Конденсатор ЕСАР [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.radiolibrary.com/reference/transformers-tn/tn20.html> (дата звернення 1.04.2025).
4. Резистор MFP [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <https://www.chipdip.com/product/elc10d101e> www.cityradio.narod.ru (дата звернення 3.04.2025).
5. Конденсатор NPO [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal.ru www.vprl.ru (дата звернення 1.04.2025).
6. Світлодіод L-1503GT [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan.ua/shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.04.2025).
7. Змінний резистор 16к1 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct.com/catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.04.2025).
8. Резистор підстроювальний 3329Н [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organizacyn-zahodi-schodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoyi-zahvoryuvanost.html> (дата звернення 4.04.2025).
9. Перемикач ASV-09-102 "Jietong Switch" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip.com/product/asw-09-102-red> (дата звернення 1.04.2025).

					<i>ШВА 2.089.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

10. Кнопка PBS-11A "Jietong Switch" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html(дата звернення 1.04.2025).

11. Діод 1N4448 "Diotec" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=3809>(дата звернення 1.04.2025).

12. Кварцовий резонатор ZTB-6,5МГц [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.platan.com/cgi-bin/qwery.pl/id=995635956>(дата звернення 1.04.2025).

13. Мікросхема CD4093BE "Texas Instruments" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.tme.eu//details/17812cp/stabilizatory-napriazheniia-nereguliruemye/stmicroelectronics/>(дата звернення 1.04.2025).

14. Мікросхема bt91531 "NXP" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://relecom.com.ua/Home/Product?nomenclatureId=70460>(дата звернення 1.04.2025).

15. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни "Основи радіоелектроніки". Ч.1. Для студентів напряму підготовки 6.050902 - Радіоелектронні апарати : . / . — Тернопіль : ТНТУ , 2014 — 89 с.

16. Дунець В. Л. Математична модель та метод опрацювання електрокардіосигналу при фізичному навантаженні для підвищення точності кардіодіагностичних систем / Дунець В.Л. . — Тернопіль , 2013 — 20 с. — Режим доступу: <http://>

17. Програма для розробки схем "Altium Designer" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>

18. Дунець В.Л. Математична модель та метод опрацювання електрокардіосигналу при фізичному навантаженні для підвищення точності кардіодіагностичних систем. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 01.05.02 — математичне моделювання та обчислювальні методи / В.Л.Дунець — Тернопіль, 2013. — 22 с.

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

19. Дунець В.Л., Хвостівський М.О., Сверстюк А.С., Хвостівська Л.В. Математичне та алгоритмічно-програмне забезпечення опрацювання електрокардіосигналів при фізичному навантаженні у кардіодіагностичних системах: наукова монографія. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2022. 136 с.

20. Dunets V. L. Алгоритм оцінювання завадозахищеності каналу зв'язку / В. Л. Дунець, Н. І. Шилівський, О. Ю. Щирба, Д. О. Гуменюк, Т. В. Чирський // XI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 7-8 грудня 2022 року. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 162. — (Комп'ютерно-інформаційні технології та системи зв'язку).

21. Програма для розробки корпусу “Kompas 3D” [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>

22. Програма для розробки схем “Altium Designer” [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/course/view.php?id=819>

23. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни “Системи автоматизованого проектування радіоелектронних засобів” для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка / укл. : Л. В. Хвостівська, В. Л. Дунець. - Тернопіль : ТНТУ, 2020. - 109 с.

24. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни ”Основи радіоелектроніки”. Ч.1. Для студентів напряму підготовки 6.050902 - Радіоелектронні апарати : . / . — Тернопіль : ТНТУ , 2014 — 89 с.

25. Дунець В. Л. Математична модель та метод опрацювання електрокардіосигналу при фізичному навантаженні для підвищення точності кардіодіагностичних систем / Дунець В.Л. . — Тернопіль , 2013 — 20 с.

26. Основи охорони праці. / Під ред. Ткачука К.Н., Халімовського Н.О. – К.: Основа, 2006

27. Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці. – К.: Центр учбової літератури, 2009

28. Толок А.О., Крюковська О.А. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2011

29. ДСТУ 7951:2015 Дизайн і ергономіка. Крісло оператора. Загальні ергономічні вимоги.

30. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.

31. ДСанПін 3.3.2.007-98 „Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДП) електронно-обчислювальних машин”.

32. ДСН 3.3.6.042 – 99 „Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.

33. Охорона праці. / За ред. В.П.Кучерявого. – Львів: Оріяна – Нова,

34. Яськів В. І. Забезпечення високої ефективності високочастотних напівпровідникових перетворювачів електроенергії / Яськів Володимир Іванович, Яськів А. В., Юрченко О. М. // Збірник тез МНПК „Іван Пулюй: життя, присвячене науці і Україні”, до 180-річчя від дня народження, 04 лютого 2025 року. — Т. : ТНТУ — С. 110–113. — (Популяризація Іваном Пулюєм української культури).

35. Чикало П. В. Дослідження застосування доплерівського методу при активному шумоподавленні в системах радіоуправління / П. В. Чикало, Володимир Іванович Яськів // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 9–10. — (Фізико-технічні основи розвитку нових технологій).

36. Крочак В. І. Нерегульований високочастотний транзисторний перетворювач напруги на основі дроселя насичення / В. І. Крочак, Володимир Іванович Яськів // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 206–207. — (Електротехніка та енергозбереження).

37. Гудак Ю. Ю. Мобільна система безпроводної передачі електроенергії для електромобілів / Ю. Ю. Гудак, Володимир Іванович Яськів // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 7–8. — (Фізико-технічні основи розвитку нових технологій).

38. Яськів В. І. Моделювання та чисельна оптимізація питомих характеристик осердь високочастотних магнітних підсилювачів при побудові уніфікованого ряду перетворювачів напруги / Володимир Яськів, Микола Дивак, Анна Яськів // МММТЕС, 22-23 листопада 2022 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. — С. 58–61. — (Перспективні моделі і методи механіки деформівного твердого тіла).

39. Фот А. В. Канал передачі мультимедійної інформації на базі радіо та лазерної технологій / А. В. Фот, В. І. Яськів, А. С. Марценюк // Матеріали VIII науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“, 9-10 грудня 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — С. 16–17. — (Математичне моделювання).

40. Шевчук О. О. Дослідження алгоритмів управління двигунами переміщення антени радіолокаційної системи / О. О. Шевчук, В. І. Яськів, А. С. Марценюк // Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 27-28 листопада 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — Том 1. — С. 148. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).

					ШВА 2.089.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ДОДАТКИ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри РТ
_____ к.т.н. Дунець В.Л.
“ ____ ” _____ 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему: «Портативний металодетектор з регульованою чутливістю»

Узгоджено:
Керівник дипломного проекту
Яськів В.І. _____
“ ____ ” _____ 2025р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”
Студент групи РАс-41
Шкабура В.А. _____
“ ____ ” _____ 2025р.

Тернопіль, 2025

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “ Портативний металодетектор з регульованою чутливістю ”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи № _____ від “___” _____ 20__ р.

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Шкабура Володимир Анатодійович групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка портативного металодетектора з регульованою чутливістю, що включає в себе:

- розробка схемотехнічного рішення для даного приладу ;
- вибір компонентної бази портативного металодетектора з регульованою чутливістю ;
- розрахунок і вибір компонентів портативного металодетектора з регульованою чутливістю;

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1. Основні параметри

4.1.1. Портативний металодетектор з регульованою чутливістю повинен бути розрахований на живлення від джерела живлення яке видає 220 В.

4.1.2. Вихідна напруга і максимальний струм навантаження повинні відповідати значенням, наведеним ПЗ.

4.2. Технічні вимоги

4.2.1. Портативний металодетектор з регульованою чутливістю повинен відповідати вимогам стандарту, а також технічній документації на конкретного типу, затвердженій в установленому порядку.

4.2.2. Портативний металодетектор з регульованою чутливістю повинен забезпечувати задану потужність з моменту включення.

4.2.3. Портативний металодетектор з регульованою чутливістю повинен забезпечувати безперервну роботу протягом 24 годин при номінальному струмі навантаження і номінальній напрузі джерела живлення при нормальних кліматичних умовах.

4.2.4. Всі елементи повинні бути захищені від струмів короткого замикання.

4.2.5. Електрична міцність і опір ізоляції між корпусом і мережевими контактами, а також між корпусом і контактами, повинні відповідати вимогам

ДСТУ 22261.

4.2.6. За механічними, кліматичними і експлуатаційними умовами повинен відповідати ДСТУ 22261 (група 4).

Граничні умови транспортування та зберігання - 5 по ДСТУ 15150. Час витримки в нормальних умовах - 24 год.

4.2.7. У комплект приладу повинно входити: лабораторний блок живлення, комплект запасних частин. До комплекту докладають паспорт.

4.2.8. Напрацювання на відмову повинне бути не менше 20000 год.

4.2.9. Час відновлення після ремонту повинен бути не більше 1 год.

4.2.10. Середній термін служби повинен бути не менше 6 років. Випробування на термін служби не проводять.

4.3. Правила приймання.

4.3.1. Портативний металодетектор з регульованою чутливістю повинен піддаватися періодичним випробуванням.

4.3.2. При випробуваннях повинен піддаватися суцільному контролю. При невідповідності вимогам цього стандарту його повертають для усунення дефектів. Після усунення дефектів зарядне висувають на повторні випробування. Результати повторних випробувань є остаточними.

4.3.3. Періодичним випробуванням піддають не менше кожного типу, що пройшли випробування. Періодичні випробування на відповідність всім пунктам даного стандарту проводять при випуску настановних партій і періодично один раз на два роки. При отриманні незадовільних результатів випробувань з'ясовують причини браку, усувають їх і проводять повторні періодичні випробування на подвоєному числі виробів. Якщо при повторних періодичних випробуваннях виявлено невідповідність хоча б одного виробу вимогам цього стандарту, приймання і відвантаження синтезаторів частоти припиняють. Рішення про подальше виготовленні виробів та їх приймання беруть замовник та підприємство-виробник.

4.3.4. Випробування на надійність проводять не рідше одного разу на три роки. Вихідні дані при проведенні випробувань:

- Приймальний рівень $P_{\alpha} = 0.95$;
- Бракувальний рівень $P_{\mu} = 0.8$;
- Ризик виробника $\alpha = 0.1$;
- Ризик споживача $\beta = 0.2$.

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації:

- пояснювальна записка;
- структурна схема пристрою;
- електрична принципова схема пристрою;
- друкована плата пристрою;
- друкований вузол.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КР

№ етапу	Назва етапу виконання КР	Термін виконання
1	Формування технічного завдання	10.03-20.03
2	Збір інформації	15.03-1.04
3	Аналіз технічного завдання	15.03-22.03
4	Створення структурної схеми	22.03-2.04
5	Аналіз структурної схеми	25.03-5.04
6	Проектування схеми електричної принципової	5.04-20.04
7	Аналіз схеми електричної принципової	15.04-25.04
8	Підбір та формування електричної бази і компонентів	20.04-1.05
9	Опис схеми електричної принципової, її принцип роботи	25.04-5.05
10	Розрахунок електричних параметрів елементів	1.05-10.05
11	Компоновка друкованого вузла	10.05-15.05
12	Розрахунок та компоновка друкованої плати	12.05-18.05
13	Розрахунок собівартості пристрою	18.05-25.05
14	Обґрунтування використання та вибору САПР для проектування	25.05-28.05
15	Опис шляхів збереження працездатності і підвищення продуктивності на підприємстві	25.05-3.06
16	Формування висновків	3.06-4.06
17	Компонування кваліфікаційної роботи	3.06-9.06
18	Направлення роботи на перевірку "антиплагіат"	10.06
19	Захист роботи	23.06

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

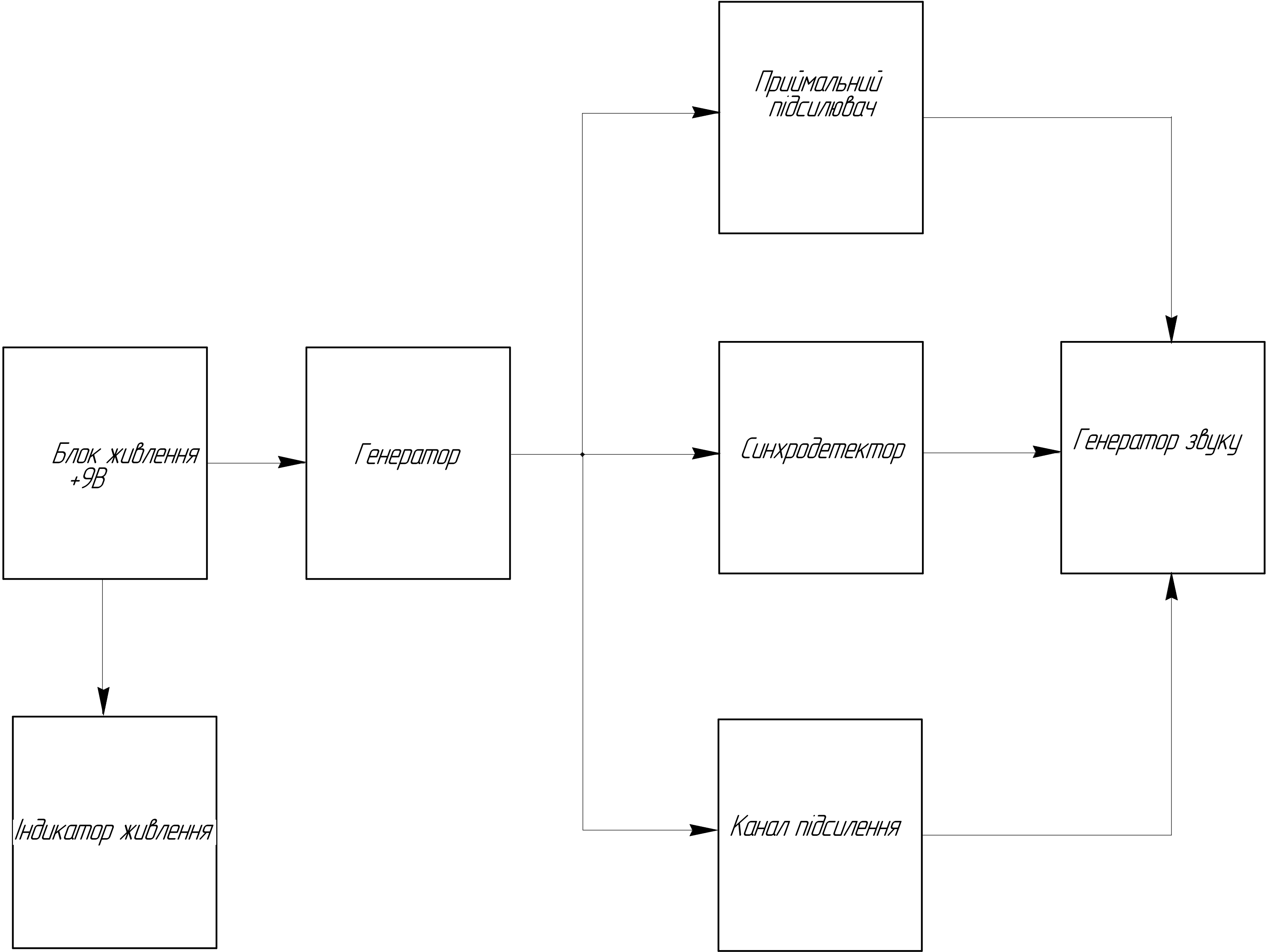
7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

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

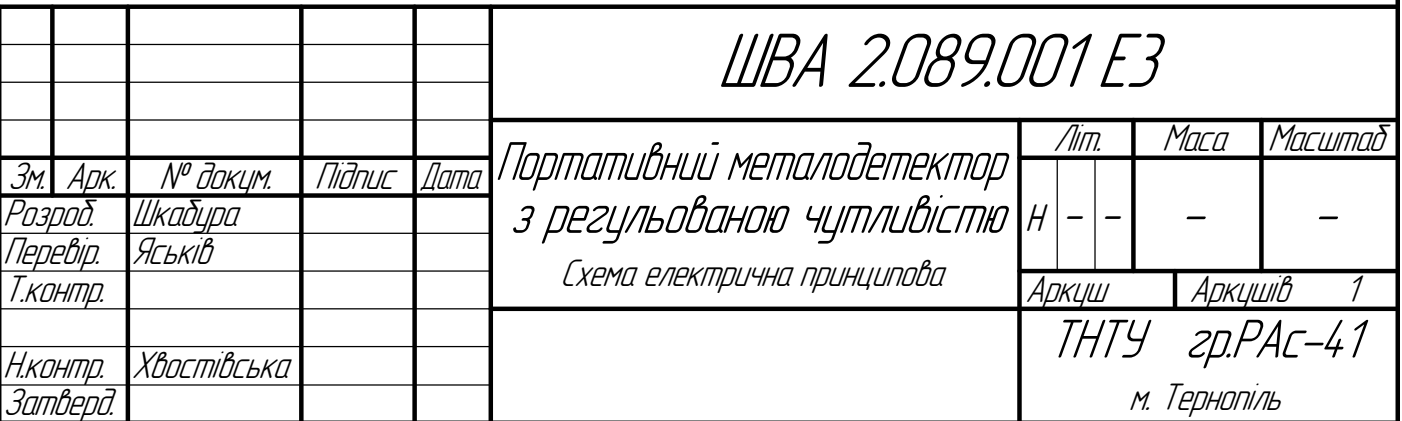
Перш. викорис.	
Додат. №	

Підпис і дата	Інв. № змін.	Зам. інв. №	Підпис і дата
Інв. № ориг.			

ШВА 2.089.001. Е1



					ШВА 2.089.001. Е1				
					Портативний металодетектор з регульованою чутливістю Електрична структурна схема	Лит.	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		- Н -	-	-	
Розроб.	Шкадура					Архив	Архів	1	
Перевір.	Яськів								
І.контр.									
Рецензент					ТНТУ зр.РАС-41				
Н.контр.	Хвостівська				м. Тернопіль				
Затверд.									



Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка					
	Гучномовець							
BA1	LD-SP-V15-8 0м-0,5 Вт "Philips"	1						
	Конденсатори							
C1	CC4-50B-150нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C2,C3	CC4-50B-10нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	2						
C4	ECAP 1500mF-10V ECAP JAMICON Corp	1						
C5	CC4-50B-2,2мкФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C6	CC4-50B-560нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C7	CC4-50B-120нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C8	CC4-50B-560нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C9	CC4-50B-360нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C10	CC4-50B-39нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C11	ECAP 470mF-10V ECAP JAMICON Corp	1						
C12	CC4-50B-1000нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C13	CC4-50B-10нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C14	CC4-50B-0,47мкФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C15	CC4-50B-330нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C16	CC4-50B-1000нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C17,C18	ECAP 1000mF-6,3V ECAP JAMICON Corp	2						
C19	CC4-50B-2,2нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C20	CC4-50B-0,47мкФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C21,C22	CC4-50B-150нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	2						
C23	CC4-50B-100нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C24	CC4-50B-150нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1						
C25	CC4-50B-2,2мкФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ШВА 2.089.001 ПЕ			
Розроб.	Шкабюра							
Перевір.	Яськів				Портативний металодетектор з регульованою чутливістю Перелік елементів			
Реценз.								
Н. Контр.	Хвостівська							
Затверд.								
					Літ.	Арк.	Аркуші	
						1	4	
					ТНТУ зр.РАС-41 м.Тернопіль			

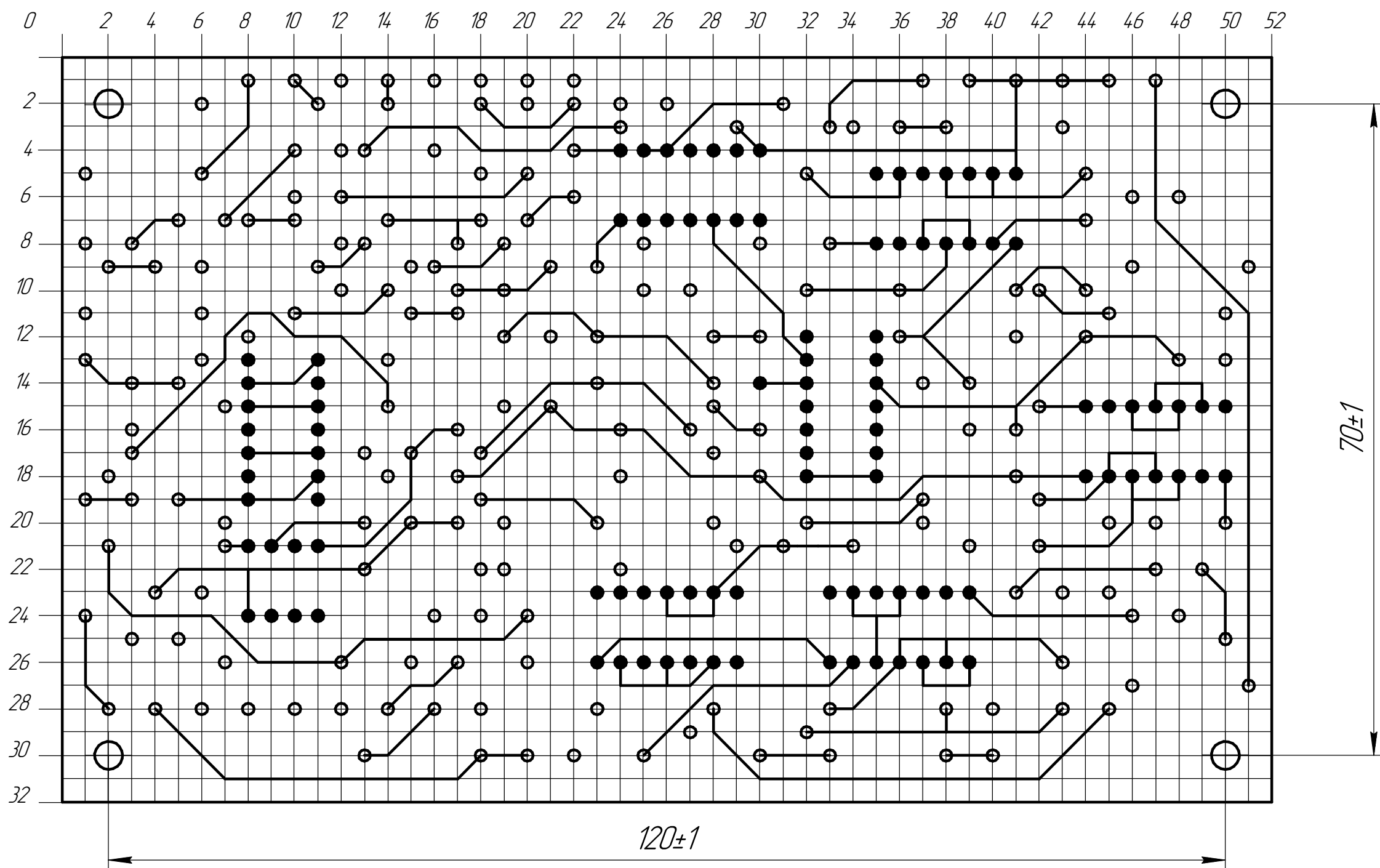
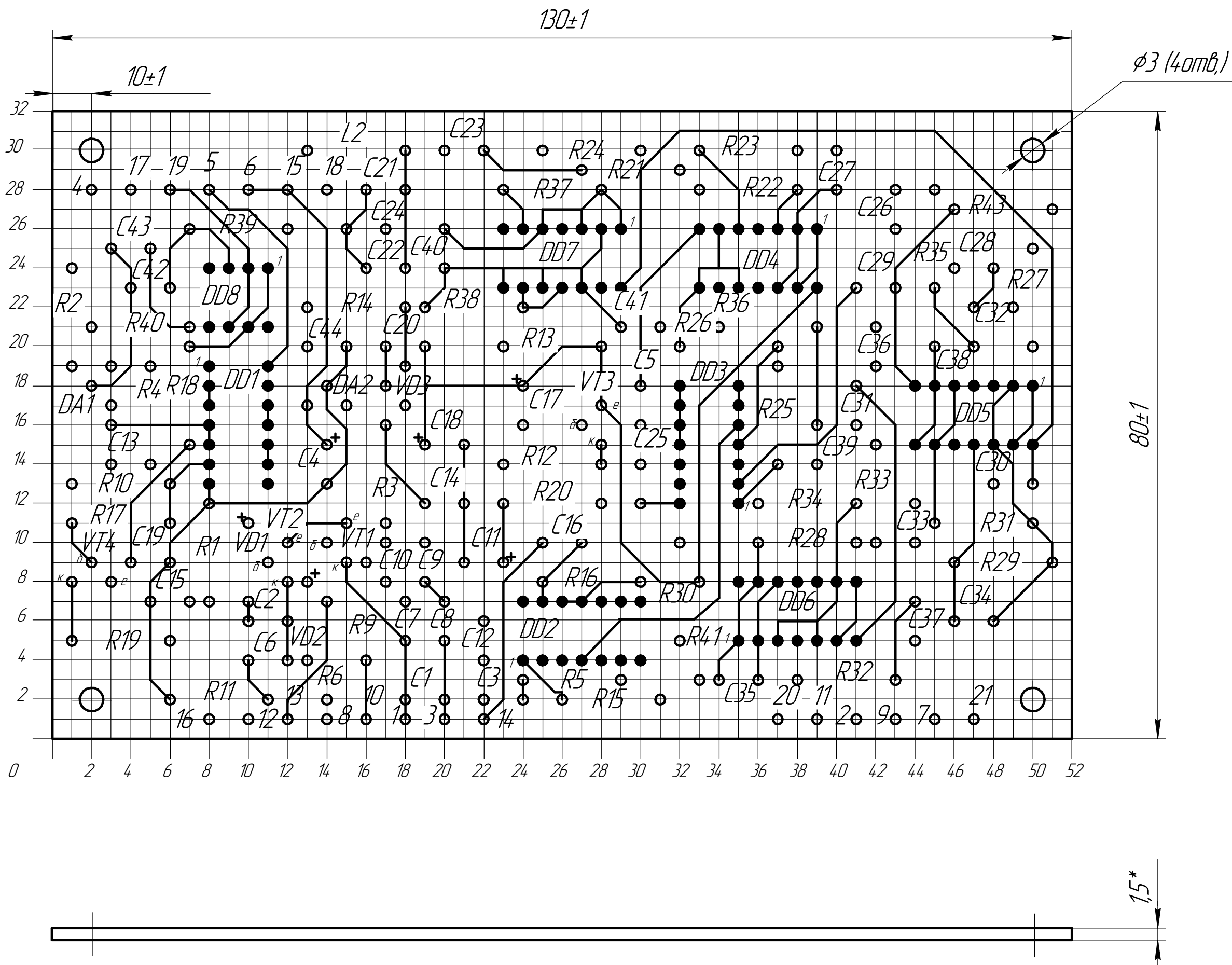
Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
С26	КТ4-27 4/20 пФ 50 В	1	
С27	СС4-50В-10нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	1	
С28-С31	СС4-50В-0,22мкФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	4	
С32-С33	СС4-50В-0,47мкФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	2	
С34-С35	СС4-50В-47нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	2	
С36-С37	СС4-50В-4,7нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	2	
С38-С39	СС4-50В-0,47мкФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	2	
С40-С41	СС4-50В-47нФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	2	
С42-С44	СС4-50В-0,68мкФ± 5% SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC	3	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	КР1171СП64 «Texas Instrument»	1	
DA2	КР1170ЕН6 «Texas Instrument»	1	
DD1,DD2	HEF4069UBP «Texas Instrument»	2	
DD3	74НС4066N «Texas Instrument»	1	
DD4-DD7	HEF4069UBP «Texas Instrument»	4	
DD8	LM193N «Texas Instrument»	1	
	<u>Батарея</u>		
GB1	9В MN1604-6LR61 «DURACELL»	1	
	<u>Світлодіод</u>		
HL1	L-1503GT "Kingbright"	1	
	<u>Індуктивності</u>		
L1	ШВА 2.089.001 ПЕ	1	
	<u>Індуктивності</u>		
L2	ЕС24-1,62мН "TDK"	1	
	<u>Резистори</u>		
			</

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
R1	Royal Ohm 100кОм-0,125W ± 5%	1	
R2	Royal Ohm 3300м-0,125W ± 5%	1	
R3	Royal Ohm 220м-0,125W ± 5%	1	
R4	Royal Ohm 470кОм-0,125W ± 5%	1	
R5	Royal Ohm 100кОм-0,125W ± 5%	1	
R6	Royal Ohm 2,4кОм-0,125W ± 5%	1	
R7,R8	3362P-0,25-100кОм ± 10%«Bourns»	2	
R9	Royal Ohm 2,4кОм-0,125W ± 5%	1	
R10,R11	Royal Ohm 100кОм-0,125W ± 5%	2	
R12	Royal Ohm 1кОм-0,125W ± 5%	1	
R13	Royal Ohm 15кОм-0,125W ± 5%	1	
R14	Royal Ohm 24кОм-0,125W ± 5%	1	
R15,R16	Royal Ohm 1,5мОм-0,125W ± 5%	2	
R17	Royal Ohm 30кОм-0,125W ± 5%	1	
R18	Royal Ohm 1кОм-0,125W ± 5%	1	
R19	Royal Ohm 1000м-0,125W ± 5%	1	
R20	Royal Ohm 5,1кОм-0,125W ± 5%	1	
R21	Royal Ohm 10кОм-0,125W ± 5%	1	
R22	Royal Ohm 300кОм-0,125W ± 5%	1	
R23	Royal Ohm 15кОм-0,125W ± 5%	1	
R24	Royal Ohm 470кОм-0,125W ± 5%	1	
R25-R26	Royal Ohm 15кОм-0,125W ± 5%	2	
R27-R28	Royal Ohm 47кОм-0,125W ± 5%	2	
R29-R30	Royal Ohm 470кОм-0,125W ± 5%	2	
R31-R32	Royal Ohm 47кОм-0,125W ± 5%	2	
R33-R34	Royal Ohm 470кОм-0,125W ± 5%	2	
R35-R36	Royal Ohm 47кОм-0,125W ± 5%	2	
R37-R38	Royal Ohm 470кОм-0,125W ± 5%	2	
R39-R40	Royal Ohm 30кОм-0,125W ± 5%	2	
R41	Royal Ohm 24кОм-0,125W ± 5%	1	
R42	3362P-0,25-10кОм ± 10%«Bourns»	1	
R43	Royal Ohm 24кОм-0,125W ± 5%	1	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис
		Дата	
			ШВА 2.089.001 ПЕ
			Арк.
			3

[illegible]

Таблиця отворів

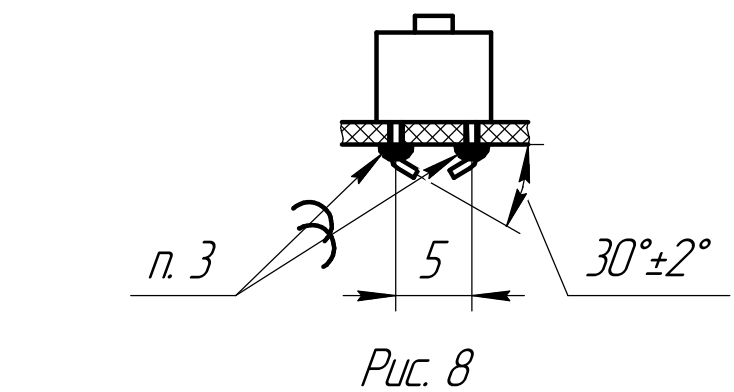
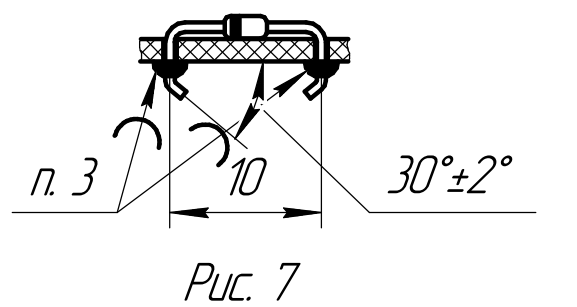
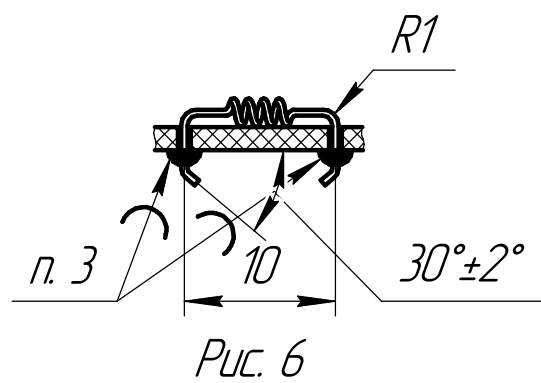
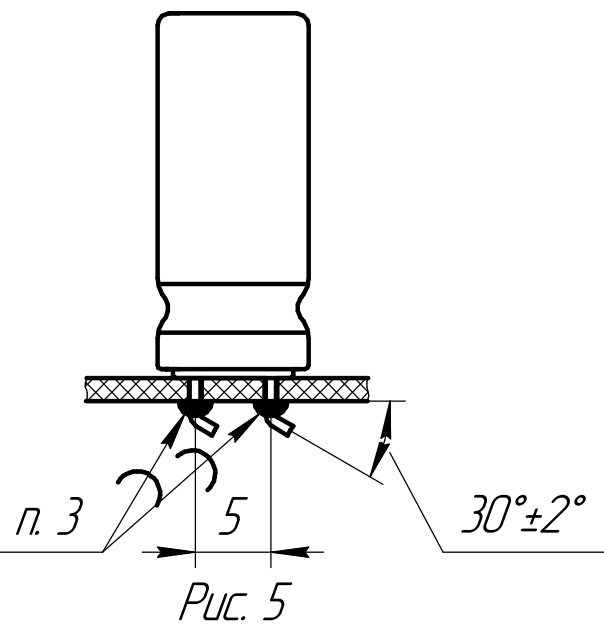
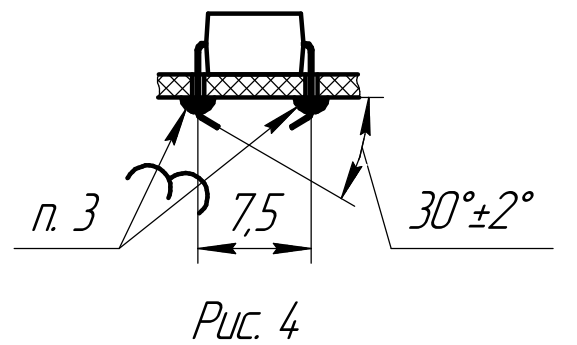
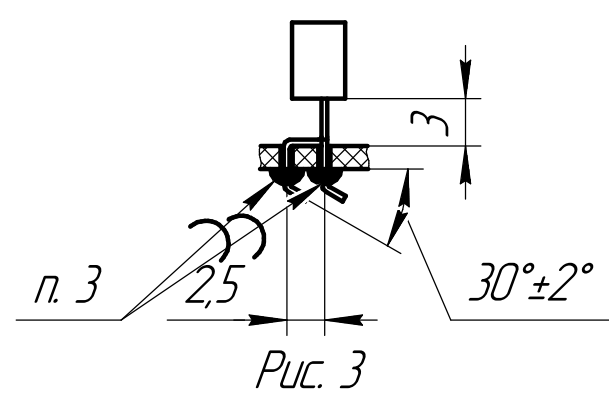
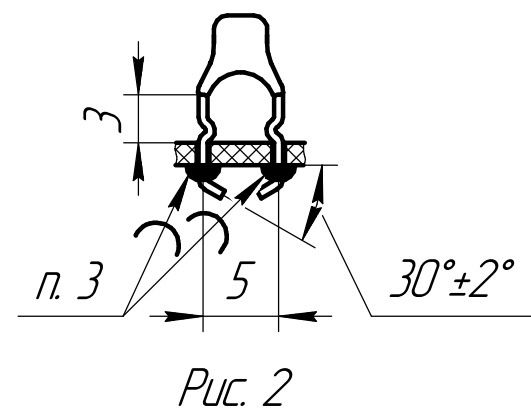
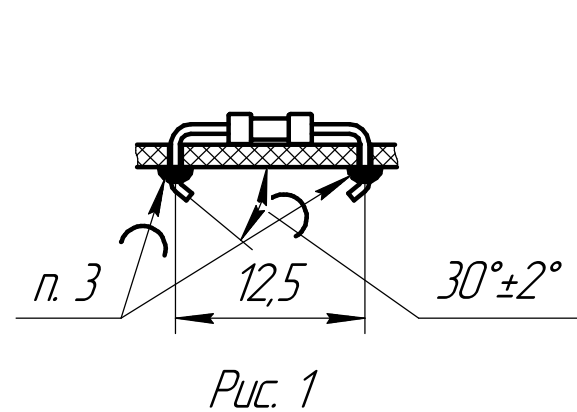
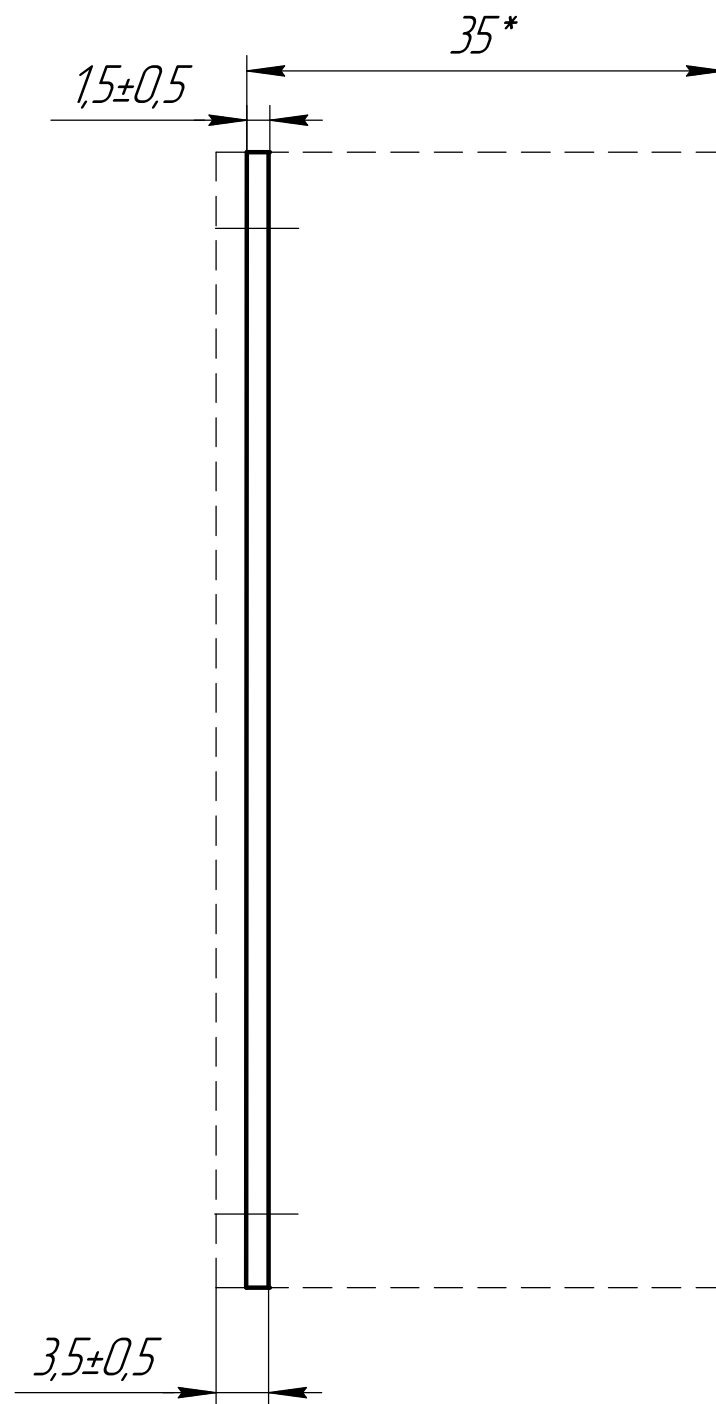
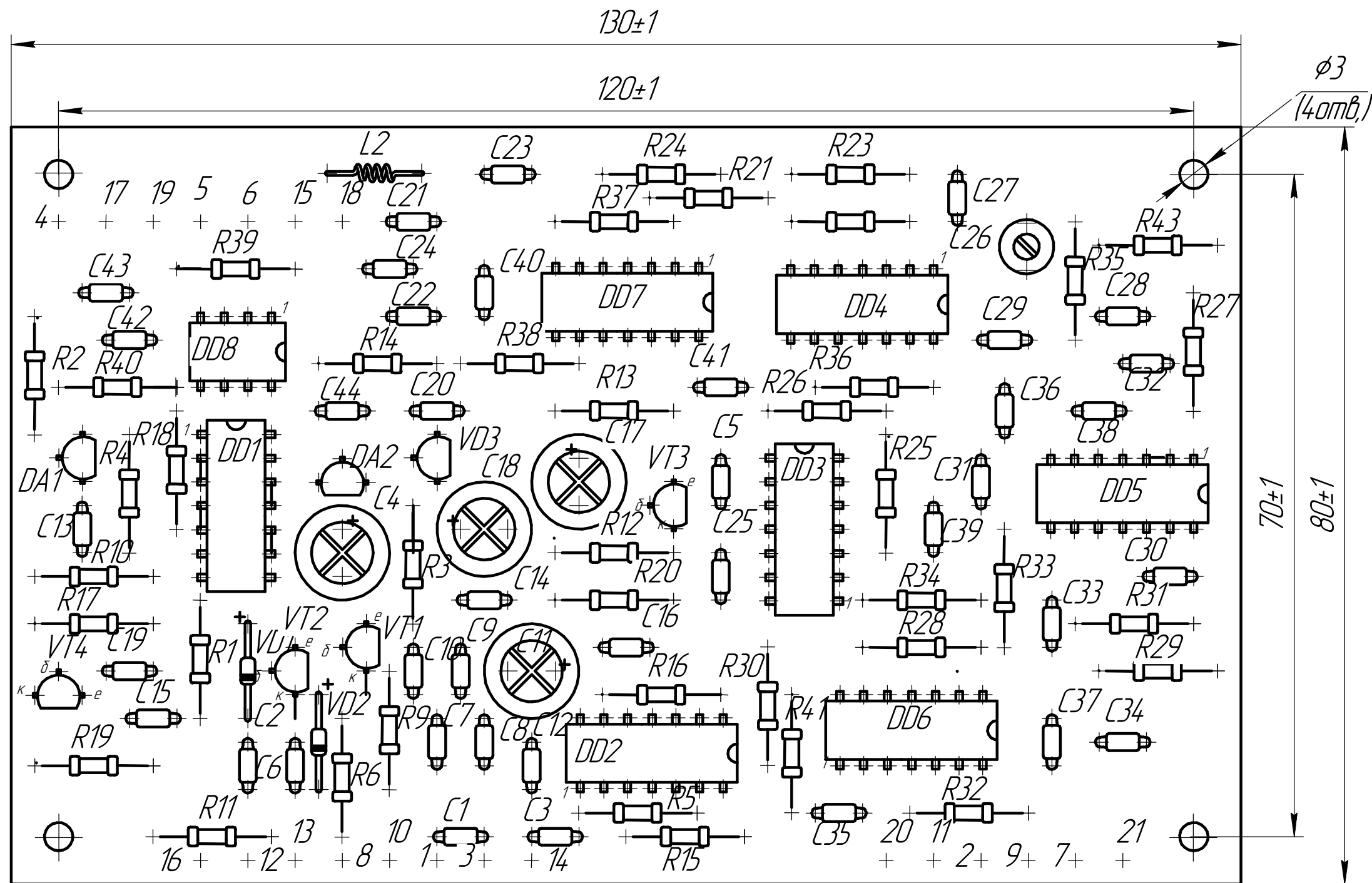
Умовне позначення отворів	Діаметри отворів	Наявність металізації в отворах	Діаметри монтажних площадок	Кількість отворів	Примітка
●	0,7	є	2,82	106	
○	0,9	є	3,02	212	



Плата повинна відповідати ДСТУ EN 61188-1-1:2022.
*Розмір для довідок.
Клас точності 3 по ДСТУ EN 61188-1-1:2022.
Крок координатної сітки 2,5 мм.
Плату виготовити комбінованим методом.
Параметри отворів дивись в таблиці.
Мінімальна ширина провідників не менше 0,4мм.
Мінімальна відстань між провідниками не менше 0,4мм.
Контактні площадки покрити сплавом "Розе" ТУ 6-09-4.065-75,
решту поверхні зі сторони провідного шару покрити компаундом
на основі ЕД-22 EN 61188-1-1
Плату маркувати фарбою ТНПФ-01 діла ТУ 29-02-889-88
шрифтом 2,5 Пр 4.1 DIN 14.51
Інші вимоги по ОСТ 4.0.005.051.

Перш. Виробник	
Листів №	
Лінійс. дата	
№№ № відп.	
Зам. від №	
Лінійс. дата	
№№ № одне	

ШВА 2.089.001 СК				Лім		
Плата друкована				Н	0,03	21
ГФ2-35-15КП ГОСТ 10316-78				Архив	Архив	1
Копія				ТНТУ ЗР.РАС-41 м. Тернопіль		
Формат А1						



- 1 Паяти припоєм ПОС61 Sn60Pb40 W.
- 2 *Розміри для довідок.
- 3 Установку і формування елементів проводити з кроком координатної сітки 2,5 мм. Елементи формувати (установка і формування елементів на рисунках показані в масштабі 2:1): C26 – на рис.8; C11,C17,C18,C4–на рис.5; C1-C3, C5-C10, C12-C16, C19-C25,C27-C44–на рис.2; VT1-VT4, VD3, DA1-DA2– на рис.3; R1-R6, R9-R41,R43–на рис.1; DD1-DD8–на рис.4; VD1-VD2–на рис.7; L2–на рис.6.
- 4 Заводський номер, позначення елементів маркувати фарбою ЧМ, чорна, БМ, біла, ТУ029-02-859-78.
- Шрифт 2,5 по НО. 010. 007.
- Місця розміщення маркування показані умовно.
- 5 Лакувати лаком АКА-113.
- 6 Позначення елементів показано умовно.
- 7 Друковані провідники умовно не показані.
- 8 Інші вимоги по ОСТ4ГО.070.015.

ШВА 2.089.001 СК					
Вузол друкований					
Складальне креслення					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
Разроб.	Шкадура				Маса
Перевір.	Яськів				Масштаб
І.контр.					н
Н.контр.	Хвостівська				0,3
Затверд.					2:1
					Аркцш
					Аркцш
					1
					ТНТУ
					гр.РАС-41
					м. Тернопіль
					Формат А2

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1			ШВА 2.089.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
A4			ШВА 2.089.001 ПЕ	Перелік елементів		
A2			ШВА 2.089.001 СК	Вузол друкований		
				<u>Деталі</u>		
A1		1	ШВА 2.089.001	Плата друкована	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Конденсатори		
				SHANGHAI JINPEI ELECTRONIC		
				ЕСАР JAMICON Corp		
		2		КТ4-27 4/20пФ-50 В	1	С26
		3		СС4-50В-39пФ± 5%	1	С10
		4		СС4-50В-120пФ± 5%	1	С7
		5		СС4-50В-330пФ± 5%	1	С15
		6		СС4-50В-360пФ± 5%	1	С9
		7		СС4-50В-560пФ± 5%	2	С6,С8
		8		СС4-50В-1000пФ± 5%	2	С12,С16
		9		СС4-50В-2,2нФ± 5%	1	С19
		10		СС4-50В-4,7нФ± 5%	2	С36-С37
		11		СС4-50В-10нФ± 5%	4	С2,С3,С13,С27
		12		СС4-50В-4,7нФ± 5%	4	С34,С35,С40, С41
		13		СС4-50В-100нФ± 5%	1	С23
		14		СС4-50В-150нФ± 5%	4	С1,С21,С22,С24
		15		СС4-50В-0,22мкФ± 5%	4	С28-С31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ШВА 2.089.001	
Разроб.	Шкадура					
Перевір.	Яськів				Вузол друкований	
Н Контр.	Хвостівська				ТНТУ зр.РАС-41 м.Тернопіль	
Затверд.						

[illegible]

[illegible]