

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

прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

радіотехнічних систем

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Двоканальний термометр-термостат на мікроконтролері AT89C2051

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАс-41  
спеціальності \_\_\_\_\_

172 "Електронні комунікації та радіотехніка"

(шифр і назва спеціальності)

  
(підпис)

Земледух В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник

  
(підпис)

Химич Г.П.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Марценюк А.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

  
(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

  
(підпис)

Ткачів М.О.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2024





6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Барановський В. М., д.т.н., професор кафедри МТ		
	Гурик О. Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
	Делів І. Ю., к.т.н., доцент кафедри РТ		

7. Дата видачі завдання 5.03.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
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 машини	5.04-20.04	
4.	Аналіз схеми електричної машини	15.04-25.04	
8.	Вибір та формування електричної бази і комплект	20.04.-1.05	
9.	Опис схеми електричної машини її принцип роботи	25.04-5.05	
10.	Розрахунок електричних параметрів елементів	1.05.-10.05	
11.	Комп'ютерна графічна будова	10.05-15.05	
12.	Розрахунок та комп'ютерна графічна будова	15.05-18.05	
13.	Розрахунок собівартості продукції	18.05-25.05	
14.	Обґрунтування використання та вибору САПР	25.05-28.05	
15.	Опис шляхів збереження розрахункових і будованих проектних документів на носіїв інформації	25.05-3.06	
16.	Формування висновків	3.06-4.06	
14.	Комп'ютерна графічна будова кваліфікаційної роботи	3.06-9.06	
18.	Комп'ютерна графічна будова роботи на носіїв інформації	10.06	
19.	Захист роботи	22.06	

Студент

(підпис)

Земледух В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Химич Г.П.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Земледух В.А. «Розробка конструкції двоканального термометр-термостата на мікроконтролері AT89C2051». Кваліфікаційна робота бакалавра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. //Тернопіль, 2024.// с.-60, рис.-27, бібліог,-29 , додат.- 7.

Ключові слова: ТЕРМОМЕТР, ТЕМПЕРАТУРА, РОБОЧИЙ РЕЖИМ, ТЕРМОСТАТ, ТЕМПЕРТУРНИЙ РЕЖИМ.

У даній роботі розглядається процес розробки електронного пристрою від аналізу технічного завдання удосконалення та покращення. Основна частина включає в себе детальний аналіз технічного завдання та структурної схеми виробу, опис принципу роботи електричної принципової схеми, її проектування і розрахунок окремих вузлів, а також вибір і обґрунтування компонентної бази. Проводиться компоновка друкованого вузла пристрою та оцінка його собівартості.

Спеціальна частина присвячена обґрунтуванню вибору систем автоматизованого проектування (САПР) для розробки та опису процесу створення 3D-моделі плати виробу.

Останній розділ містить питання охорони праці та безпеки життєдіяльності при роботі з розробленим пристроєм.

## ANNOTATION

Zemledukh V.A. "Development of the design of a two-channel thermometer-thermostat on the AT89S2051 microcontroller." Bachelor's thesis, Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu, faculty of applied information technologies and electrical engineering, group RAs-41. //Ternopil, 2024.// p.-60, fig.-27, bibliography,-29, add.-7.

Keywords: THERMOMETER, TEMPERATURE, WORKING MODE, THERMOSTAT, TEMPERATURE MODE.

This work considers the process of developing an electronic device from the analysis of the technical task of improvement and improvement. The main part includes a detailed analysis of the technical task and structural diagram of the product, a description of the principle of operation of the electrical circuit diagram, its design and calculation of individual nodes, as well as the selection and justification of the component base. The layout of the printed unit of the device and the assessment of its cost price are carried out.

A special part is dedicated to justifying the choice of computer-aided design (CAD) systems for the development and description of the process of creating a 3D model of a product board.

The last section contains issues of labor protection and life safety when working with the developed device.

## Зміст

Вступ.....	
1. Основна частина .....	
1.1 Аналіз технічного завдання .....	
1.2 Аналіз структурної схеми виробу .....	
1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз.....	
1.4 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою.....	
1.4.1 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів.....	
1.4.2 Розрахунок параметрів друкованого монтажу.....	
1.5 Вибір і обґрунтування компонентної бази.....	
1.6 Компоновка друкованого вузла пристрою.....	
1.7 Висновок до розділу 1.....	
2. Спеціальна частина.....	
2.1 Обґрунтування використання та вибору САПР для проектування .....	
2.2 Опис створення 3D плати виробу.....	
2.3 Висновок до розділу 2.....	
3. Охорона праці та безпека життєдіяльності .....	
3.1 Класифікація небезпек за джерелом походження .....	
3.2 Вплив вібрації на організм людини.....	
3.3 Висновок до розділу 3.....	
Висновки.....	
Список використаних джерел.....	
Додатки.....	

					<b>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Земледіух</i>			<i>Двоканальний термометр- термостат на мікроконтролері AT89C2051 Пояснювальна записка</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		<i>Химич</i>					5	
Рецензент						<i>ТНТУ, ФПТ, каф. РТ гр.РАС-41 м. Тернопіль</i>		
Н. Контр.								
Затверд.								

## Вступ

*Актуальність роботи.* Пристрій двоканальний-термометр термостат буде корисно для застосування в побуті, вдома, на дачі, лазні або погребі. З його допомогою можна проводити вимірювання температури навколишнього середовища, контролювати і регулювати робочу температуру електричних котлів, теплої підлоги, холодильних установок або морозильних камер.

Для блоку вимірювання температури і управлінням нагрівачем був вибраний міконтроллер AT89C2051-24PI. Зважаючи на відсутність в ньому енергонезалежної пам'яті даних для зберігання відомостей про встановленому режимі і допустимих значеннях температури довелося застосувати окрему мікросхему з енергонезалежною пам'яттю AT24C02-10PI. Обидві мікросхеми розраховані на роботу в "індустріальному" інтервалі температур навколишнього середовища (-40 ... +85 ° C). На вибір вплинуло і те, що сумарна вартість цих мікросхем дуже не велика.

*Ступінь наукової розробки.* Наукова новизна при проектуванні двоканального термометра термостата може включати кілька ключових аспектів, які покращують точність, надійність та функціональність пристрою. Один з таких аспектів полягає у використанні двох незалежних вимірювальних каналів для зменшення похибок і підвищення точності вимірювання температури. Це може включати впровадження нових алгоритмів обробки даних для синхронізації і порівняння результатів вимірювань з обох каналів. Крім того, важливою є висока точність та стабільність вимірювань, які можна досягти за допомогою високоточних датчиків температури, таких як платинові термометри опору (Pt100) або термопари типу К. Інтеграція автоматичних калібрувальних механізмів дозволяє зменшити похибки при тривалому використанні.

*Метою кваліфікаційної роботи є* розробка креслень E1, E3, друкованої плати, складального креслення вузла приладу та опис його роботи, удосконалення схеми принципової.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗВА 3.22.056.001 ПЗ				

*Об'єкт* двоканальний термометр термостат є складним вимірювальним і керуючим пристроєм, який використовується для точного вимірювання та підтримки заданої температури в різних системах і середовищах.

*Предмет* є схема електрична принципова пристрою та опис схеми згідно завдання.

*Практичне значення одержаних результатів* створення інноваційного та високоефективного двоканального термометра термостата з покращеними технічними характеристиками.

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Розділ 1 Основна частина

### 1.1 Аналіз технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

1. Напруга живлення..... ~9В;
2. Габаритні розміри..... 140×150 ×40 мм;
3. Діапазон робочих температур.....-50 до +95<sup>0</sup>С;
4. Струм споживання.....20мА;
5. Відносна вологість..... від 10%... до 80%;
6. Вага.....300г;
7. Вимірювана температура, ° С. максимальна. +99,9 мінімальна. -55;
8. Дискретність відліку, ° С .....0,1;
9. Підтримуюча температура, ° С...максимальна +99,9 мінімальна .0;
10. Витрата часу на введення нового значення підтримуючої температури, С, не більше .....15;

### 1.2 Аналіз структурної схеми виробу

Схема складається з таких блоків: блока живлення +9В, випрамляча, стабілізатора на +5В, мікроконтролера, датчика температури, енергонезалежної пам'яті, індикації та управління.

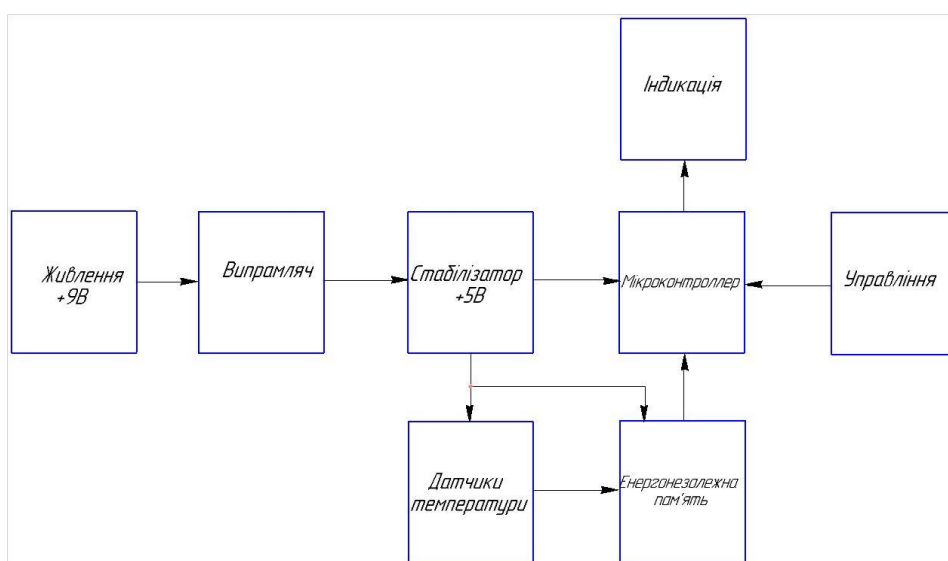


Рисунок 1.1- Креслення схеми Е1 двоканального термометра-термостата

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗВА 3.22.056.001 ПЗ					





Якщо при зв'язку з датчиком зафіксований збій , що може означати несправність або відсутність датчика, замість значення температури буде виведено ( в СТИЛП -заклику вигляді) повідомлення " - dAt " . Короткотривалими натисканнями на кнопку SB1 перемикають прилад на індикацію показань датчика ВК1 або ВК2 . Якщо утримувати кнопку натиснутою більше 5 с, буде включений режим автоматичного почергового вивода показань датчиків з періодом 5 с.

Виходять з цього режиму коротким на натисканням на ту ж кнопку . Терморегулятор завжди працює за показаннями датчика ВК2. Натисканнями на кнопку SB2 на індикатор визиваються значення температури в такій послідовності : нижня порогова ( при ній відбувається включення нагрівателя) - верхня порогова ( при її досягненні нагрівач буде виключений). Вивід на індикатор верхньої порогової температури супроводжується включенням світлодіода HL2 .

Можна змінювати поточне значення порогової температури, виведене на індикатор, за допомогою кнопок SB1 (для збільшення) і SB3 (для зменшення). Крок зміни - 0,1 °С. Якщо утримувати відповідну кнопку натиснутою більше 1 с, значення почне збільшуватися або зменшуватися зі швидкістю 30 кроків у секунду. Якщо протягом 5 с жодна з кнопок не натискалась, прилад автоматично перейде до індикації поточної температури. Щоб вимкнути терморегулятор, досить встановити порогове значення температури рівним або меншим за верхнє.

Перед початком вимірювання температури і її регулювання, пристрій повинен "zareєструвати" підключені до нього датчики - визначити і запам'ятати їх індивідуальні номери. Для реєстрації датчики підключають по черзі.

Після увімкнення пристрою, натисніть на кнопку SB2 і утримуйте її не менше 5 с до появи на індикаторі стилізованого повідомлення "Pг1", яке свідчить про готовність zareєструвати підключений датчик як ВК1. Якщо потрібно zareєструвати датчик як ВК2, коротко натисніть на кнопку SB2, що призведе до виведення на індикатор повідомлення "Pт2".

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗВА 3.22.056.001 ПЗ				

Ще одним натисканням можна повернутися на індикатор повідомлення "Pg1" і так далі.

Фактична реєстрація відбувається після натискання на кнопку SB1. Якщо дев'ять спроб мікроконтролера зв'язатися з датчиком і визначити його індивідуальний номер не вдається, буде виведено повідомлення про несправність або відсутність датчика, а на індикаторі з'явиться повідомлення "-dAt". Після успішної реєстрації на індикаторі з'явиться значення вимірюваної температури, зареєстроване датчиком. Описану процедуру необхідно виконувати і у випадку заміни одного або обох датчиків. Інформація про датчики і режими індикації зберігається в мікросхемі енергозалежної пам'яті DS1[1].

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

##### 1.4.1 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів.

Для розрахунку стабілізаторів напруги на ІМС, як правило, необхідні наступні початкові дані: номінальне значення вихідної напруги  $U_{ст\ вих\ ном}$ ; граничні значення вихідної напруги  $U_{ст\ вих\ min}$ ,  $U_{ст\ вих\ max}$ ; мінімальний і максимальний струми навантаження  $I_{н\ min}$ ,  $I_{н\ max}$ ; температурна нестабільність напруги вхідної  $\alpha_U$ ; нестабільність вихідної напруги  $K_{нстU}$  або коефіцієнт пульсацій вихідної напруги  $K_{п}$ ; коефіцієнт стабілізації напруги  $K_{стU}$ ; внутрішній опір стабілізатора  $R_{ст\ вих}$ ; температурний коефіцієнт  $\gamma$  [2].

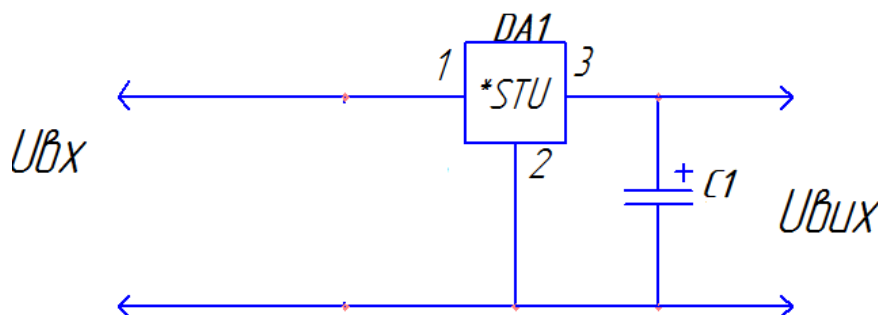


Рисунок 1.3– Електрична принципова схема стабілізатора і конденсатора

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗВА 3.22.056.001 ПЗ				



Вибір ІМС виконується за заданими  $U_{CT\ BIX}$ ,  $I_{CT\ BIX\ max}$ ,  $K_{CTU}$ ,  $\gamma$ ,  $R_{CT\ BIX}$  із таблиці 1.1. Бажано віддавати перевагу тим ІМС, які працюють з меншою кількістю зовнішніх елементів. При цьому повинні виконуватися наступні умови

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

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

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

Тип ІМС	$U_{CT\ BIX}$ , В (min... max)	$U_{CT\ BIX}$ , В (min... max)	$K_{исту}$ , % $\frac{B}{A}$ не більше за	$K_{исту}$ , % $\frac{A}{B}$ не більше за	$K_{CT\ CT}$ , дБ на 1кГц не більше за	$\alpha_U$ , % не більше за	$I_{CT\ BIX}$ , А (max)	$P_{CT\ роз}$ , Вт без радіатора/ з радіатором	$I_{стсп}$ , мА	$U_{стод}$ , В не більше за
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K142EHА	9...20	3...12	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1Б	9...20	3...12	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1В	9...20	3...12	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH1Г	9...20	3...12	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2А	20...40	12...30	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2Б	20...40	12...30	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2В	20...40	12...30	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
K142EH2Г	20...40	12...30	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
KT42EHЗ	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	3
K142EH4	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	4
K142EH5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
K142EH5В	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
K142EH5Г	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	2	60	0,03	-	1,2/10	10	2,5
KP142EH5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	2	60	0,03	3	1,2/10	10	2,5
KP142EH5В	7,5...15	4,82...5,18	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH5Г	8,5...15	5,8...6,2	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
KP142EH6А	-...40	14,7...15,3	0,0015	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
KP142EH6Б	-...40	14,7...15,3	0,005	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142EH6В	-...40	14,7...15,3	0,0025	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
K142EH6Г	-...40	14,7...15,3	0,0075	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
I42EH8А	11,5...35	8,73...9,27	0,05	0,67	40	0,02	1,5	-/9	10	2,5
I42EH8Б	11,5...35	11,64...12,36	-	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 1.1 – Параметри стабілізаторів

Було обрано стабілізатор 78L05, який має параметри такі як в KP142EH5А.

Незалежно від типу обраної ІМС визначаємо наступні параметри

$$U_{CT\ BIX\ min} \equiv U_{CT\ BIX\ max} + U_{CT\ ПД} \quad (1.1)$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗВА 3.22.056.001 ПЗ					

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

$$U_{CT BX} \equiv \frac{U_{CT BX \min}}{1 - \alpha_-} \quad (1.2)$$

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

$$U_{CT BX \max} \equiv U_{CT BX} (1 + \alpha_{(+)}) \quad (1.3)$$

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

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

Можливі граничні значення ККД

$$\eta_{\max} \equiv \frac{U_{CT BX \max}}{U_{CT BX \min}} \quad (1.4)$$

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

$$\eta_{\min} \equiv \frac{U_{CT BX \min}}{U_{CT BX \max}} \quad (1.5)$$

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

Передбачається, що струм споживаний стабілізатором є малим

$$I_{CT ВИХ} \equiv I_{CT ВХ}$$

Визначення ємності конденсатора за формулою:

$$C_0 = \frac{H}{rK_{\gamma 0}} \quad (1.6)$$

де  $C_0$  – ємність, мкФ;

Коефіцієнт пульсацій  $K_{\gamma 0} = 0,03$  %;

$r$  – опір, Ом.

$$C_0 = \frac{65}{10 \cdot 0,03} = 2166,6 (\text{мкФ})$$

Розраховуємо робочу напругу:

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$b_{\min 2} = \frac{\rho * I_{\max} * l}{U_{\text{Д}} * t} = \frac{0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} * 0,02 \text{А} * 0,3 \text{м}}{0,3 \text{В} * 0,035 \text{с}} = 0,1 \text{мм} \quad (1.9)$$

де  $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$  – питомий об'ємний опір,

$L = 0,3 \text{ м}$  – довжина провідника,

$U_{\text{дон}} = 0,3 \text{ В}$  – допустиме падіння напруги.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів  $d$ :

$$d = d_E + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r \quad (1.10)$$

де  $d_E$  – максимальний діаметр виводу встановленого ЕРЕ (діаметр вивода ЕРЕ.)

$\Delta d_{\text{н.в.}}$  – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору (0,1 для всіх)

$r$  – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром вивода ЕРЕ, її вибирають в межах 0,1...0,4мм. Розрахункові значення  $d$  зводяться до нормалізованого ряду отворів: 1,1; 1,3; 1,5 мм.

$d_{E1} = 0,7$  для мікросхем DA1 та DD1, DS1 та також індикаторів.

$d_{E2} = 0,9$  для малопотужних резисторів, конденсаторів електролітичних і керамічних, діода VD1-VD7, та транзисторів VT1-VT4.

$d_{E3} = 1,3$  для підпаювання провідників.

$$d = d_{E1} + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r = 0,7 + |+0,1| + 0,4 = 1,1 \text{ мм}$$

$$d = d_{E2} + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r = 0,9 + |+0,1| + 0,4 = 1,3 \text{ мм}$$

$$d = d_{E3} + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r = 1,3 + |+0,1| + 0,4 = 1,5 \text{ мм}$$

Приймаємо такі стандартні діаметри отворів 1,1; 1,3; 1,5.

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5h\phi \quad (1.11)$$

де  $h\phi$  – товщина фольги;

$D_{1\min}$  – мінімальний ефективний діаметр площадки.

$$D_{1\min} = 2 \left( b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta p \right) \quad (1.12)$$

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $b_M$  – відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки.

$$b_M = 0,06 \text{ мм.}$$

де  $\delta_d$  і  $\delta_p$  - допуски на розташування отворів і контактних площадок;

$$\delta_d = 0,25 \text{ мм, } \delta_p = 0,4 \text{ мм;}$$

$d_{\max}$  - максимальний діаметр просвердленого отвору, мм.

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15)$$

де  $\Delta d$  - допуск на отвір.

$$d_{\max 1} = 1,1 + 0,1 + 0,1 = 1,3 \text{ мм}$$

$$d_{\max 2} = 1,3 + 0,1 + 0,1 = 1,5 \text{ мм}$$

$$d_{\max 3} = 1,5 + 0,1 + 0,1 = 1,7 \text{ мм}$$

$$D_{1 \min 1} = 2 \left( 0,06 + \frac{1,3}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,72 \text{ мм}$$

$$D_{1 \min 2} = 2 \left( 0,06 + \frac{1,5}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,92 \text{ мм}$$

$$D_{1 \min 3} = 2 \left( 0,06 + \frac{1,7}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 3,12 \text{ мм}$$

$$D_{\min 1} = 2,72 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 2,8 \text{ мм}$$

$$D_{\min 2} = 2,92 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 3 \text{ мм}$$

$$D_{\min 3} = 3,12 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 3,2 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02 \dots 0,06)$$

$$D_{\max 1} = 2,8 + 0,02 = 2,82 \text{ мм}$$

$$D_{\max 2} = 3 + 0,02 = 3,02 \text{ мм}$$

$$D_{\max 3} = 3,2 + 0,02 = 3,22 \text{ мм}$$

Визначасмо ширину провідників. Мінімальна ширина провідників для ДДП і зовнішніх шарів БДП, які виготовлені комбінованим методом:

$$b_{\min} = b_{1 \min} + 1,5h\phi \quad (1.13)$$

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



де  $b_{1min}$  - мінімальна ефективна ширина провідника, мм.

$b_{1min} = 0,15$  мм для плат 4- го класу точності.

$$b_{min} = 0,15 + 1,5 * 0,035 = 0,2 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1min} = L_0 - \left[ \left( \frac{D_{max}}{2} + \delta p \right) + \left( \frac{d_{max}}{2} + \delta 1 \right) \right] \quad (1.14)$$

$$S_{1min1} = 2,5 - \left[ \left( \frac{2,82}{2} + 0,4 \right) + \left( \frac{1,3}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,01 \text{ мм}$$

$$S_{1min2} = 2,5 - \left[ \left( \frac{3,02}{2} + 0,4 \right) + \left( \frac{1,5}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,21 \text{ мм}$$

$$S_{1min2} = 2,5 - \left[ \left( \frac{3,22}{2} + 0,4 \right) + \left( \frac{1,7}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,41 \text{ мм}$$

де  $L_0$  – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta p) \quad (1.15)$$

$$S_{2min1} = 2,5 - (2,82 + 2 \cdot 0,4) = -1,1 \text{ мм}$$

$$S_{2min2} = 2,5 - (3,02 + 2 \cdot 0,4) = -1,3 \text{ мм}$$

$$S_{2min2} = 2,5 - (3,22 + 2 \cdot 0,4) = -1,5 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta 1) \quad (1.16)$$

$$S_{3min1} = 2,5 - (2,82 + 2 \cdot 0,05) = -0,42 \text{ мм}$$

$$S_{3min2} = 2,5 - (3,02 + 2 \cdot 0,05) = -0,62 \text{ мм}$$

$$S_{3min2} = 2,5 - (3,22 + 2 \cdot 0,05) = -0,82 \text{ мм}$$

### 1.5 Вибір і обґрунтування компонентної бази

Конденсатор ЕСАР 2200мкФ - 25В - це електролітичний конденсатор з великою ємністю та невисоким робочим напругою. Основна характеристика цього конденсатора - його ємність, яка становить 2200 мікрофарад (мкФ), що вказує на його здатність накопичувати електричний заряд. Робоча напруга 25

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗВА 3.22.056.001 ПЗ				

вольт (В) визначає максимальну напругу, яку може витримати конденсатор без пошкодження або витікання.

Особливості конденсатора ЕСАР 2200мкФ - 25В:

Велика ємність: Ємність 2200 мкФ дозволяє конденсатору зберігати значну кількість електричного заряду.

Низька робоча напруга: Робоча напруга 25В вказує на те, що цей конденсатор підходить для застосувань, де потрібна помірна напруга.

Електролітичний тип: Це електролітичний конденсатор, що означає використання електроліту як діелектрика, що забезпечує високу ємність при відносно невеликих розмірах.

Полярність: Електролітичні конденсатори мають полярність, тобто вони мають позначення "позитивний" та "негативний" полюси, яке необхідно дотримуватися при підключенні до схеми.

Використання: Конденсатори з подібними характеристиками часто використовуються в електронних схемах для фільтрації струму, стабілізації напруги та для зберігання енергії.

Важливо правильно добирати конденсатори для конкретних застосувань, забезпечуючи відповідність їх характеристик потребам схеми.

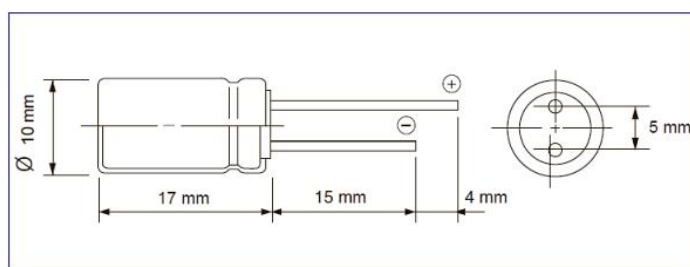


Рисунок 1.5- Габаритні розміри конденсатора типу ЕСАР 2200mF-25V

Конденсатор В37979 - 0.47мкФ 5% "Ерсос" - це керамічний конденсатор від компанії Ерсос. Він має наступні характеристики:

Тип конденсатора: Керамічний. Це означає, що його діелектрик складається з керамічного матеріалу, що забезпечує невеликі розміри, високу швидкість реакції та стабільність роботи на високих частотах.

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗВА 3.22.056.001 ПЗ					

Ємність: 0.47 мікрофарад (мкФ). Це вказує на здатність конденсатора зберігати електричний заряд.

Точність:  $\pm 5\%$ . Це визначає допустиму похибку у вимірах ємності конденсатора. У цьому випадку, значення ємності може відрізнитися на  $\pm 5\%$  від зазначеної величини.

Виробник: Epcos. Ця компанія відома своїми високоякісними компонентами для електроніки, і її конденсатори широко використовуються в різних пристроях та схемах.

Застосування: Керамічні конденсатори, такі як цей, часто використовуються в електронних схемах для фільтрації шуму, затухання перешкод, зберігання енергії та інших цілей.

Завдяки своїм характеристикам та надійності, конденсатори Epcos є популярними серед інженерів та розробників електроніки.

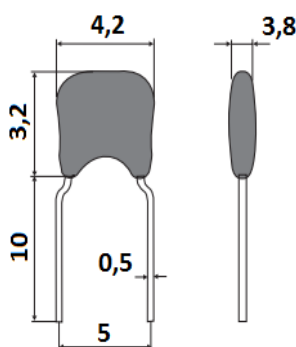


Рисунок 1.6- Габаритні розміри конденсатора В37979 - 0.47мкФ 5%  
"Epcos"

Резистори позначені як "С2-33Н" відносяться до типу вуглецевих резисторів, що зазвичай використовуються в електронних схемах для обмеження потоку електричного струму або для поділу напруги.

Резистори серії С2-33Н є металоплівковими резисторами з підвищеною стабільністю. Вони були розроблені для використання в радіоелектронній апаратурі, приладобудуванні, а також у високочастотних колах. Ось їх основні параметри:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗВА 3.22.056.001 ПЗ				



2. Колір випромінювання: Червоний.
3. Яскравість: Зазвичай варіюється в межах від 5000 до 7000 мКд (мілікандел).
4. Напруга живлення (Vf): Від 2.0 В до 2.4 В при прямому струмі.
5. Прямий струм (If): Зазвичай 20 мА.
6. Кут огляду: Близько 20-30 градусів.
7. Довжина хвилі випромінювання: Близько 620-630 нм.
8. Максимальний зворотний струм (Ir): Не більше 10 мкА при зворотній напрузі 5 В.
9. Температурний діапазон роботи: Від -40°C до +85°C.

Ці параметри забезпечують високу яскравість і надійність світлодіодів 5AW2UC, що робить їх придатними для використання в різних електронних пристроях та системах індикації.

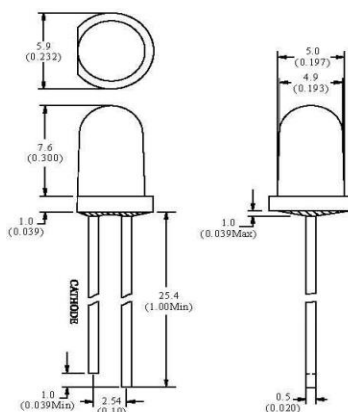


Рисунок 1.8- Габаритні розміри світлодіода типу 5AW2UC виробництва Kento

Індикатор типу HLEC-D512GWB - це світлодіодний дисплей, який може бути використаний для відображення різних інформаційних сигналів або статусів у пристроях та системах. Індикатор HLEC-D512GWB має високу яскравість, довговічність та надійність, що робить його популярним в багатьох галузях, де важливо якість індикації та енергоефективність.

Ось основні параметри цього індикатора:

1. Тип дисплея: 7-сегментний світлодіодний дисплей.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗВА 3.22.056.001 ПЗ				





Основні параметри стабілізатора 78L05:

Вихідна напруга: 5 вольт (це фіксована вихідна напруга для 78L05).

Максимальний вихідний струм: Зазвичай близько 100 мА.

Вхідна напруга: Звичайно від 7 до 20 вольт. Вхідна напруга повинна бути не менше вихідної напруги плюс певний допустимий резерв.

Дроп-аут напруга: Це мінімальна різниця між вхідною та вихідною напругою для стабілізатора, при якій він забезпечує правильну роботу. Для 78L05 ця величина становить приблизно 2 вольти.

Стабілізатори серії 78XX мають три контакти: вхідний (VIN), вихідний (VOUT) і земля (GND). Вони зазвичай використовуються для живлення електронних пристроїв, які вимагають стабільної напруги. Ці стабілізатори дуже поширені і досить надійні у використанні.

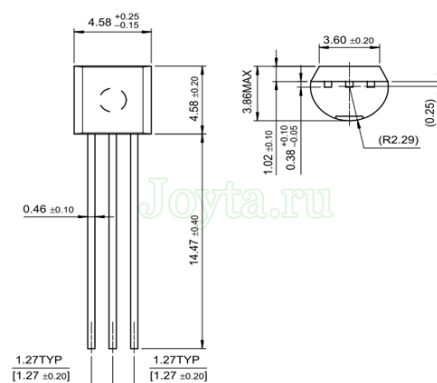


Рисунок 1.10 – Габаритні розміри стабілізатора 78L05

Кварцевий генератор КХ-26-11,0592 МГц виготовляється компанією "Geyen Electronic" і призначений для генерації стабільного коливання на частоті 11,0592 мегагерц (МГц). Основні характеристики цього генератора включають:

Частота: 11,0592 МГц - це частота, на якій генерується коливання кварцевим резонатором.

Стабільність: Генератор може мати високу стабільність частоти, що означає, що частота залишається майже постійною навіть при зміні температури, напруги живлення і інших умов.

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Точність: Частота може відхилитися від заявленої значущої цифри (11,0592 МГц) лише на допустиму похибку, зазвичай вказану в специфікаціях виробника.

Напруга живлення: Генератор може працювати при певному діапазоні напруги живлення, який зазвичай вказується у технічних характеристиках.

Виходи: Генератор може мати один або кілька виходів, які зазвичай забезпечують прямокутні (цифрові) сигнали з визначеною амплітудою.

Кварцеві генератори зазвичай використовуються в електронних пристроях як тактові джерела для синхронізації роботи мікроконтролерів, процесорів, логічних схем і т. д. їх висока стабільність і точність роблять їх популярними в додатках, де потрібен чіткий і точний хронометраж.

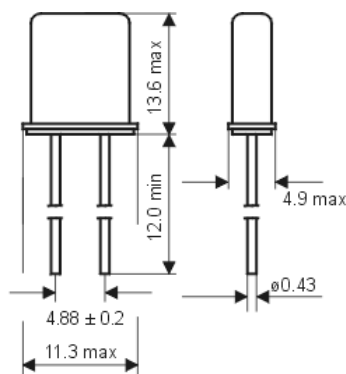


Рисунок 1.11 – Габаритні розміри кварцового резонатора 4 МГц

Мікросхема AT24C02-10PU - це EEPROM (електрично стирається програмована програмована запам'ятовуюча пристрій) від компанії Microchip Technology, що має двісті кілобайтів пам'яті. Основні характеристики цієї мікросхеми включають:

Об'єм пам'яті: Мікросхема має ємність 2 кілобайти, що означає, що вона може зберігати до 2048 байтів інформації.

Інтерфейс зв'язку: Вона співпрацює з мікроконтролерами та іншими пристроями через простий інтерфейс зв'язку I2C (Inter-Integrated Circuit). Цей інтерфейс дозволяє передавати дані між мікросхемою та зовнішніми пристроями, використовуючи всього два проводи - лінії даних (SDA) та лінії клоку (SCL).

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗВА 3.22.056.001 ПЗ				

Швидкість передачі даних: Ця мікросхема підтримує стандартну швидкість передачі даних I2C, яка зазвичай становить до 100 кілобіт в секунду.

Напруга живлення: Мікросхема працює в діапазоні напруги живлення від 1,8 до 5,5 вольт, що дозволяє її використовувати з різними живленнями, включаючи батарейні джерела живлення.

Стійкість до зберігання даних: Ця мікросхема має високу стійкість до зберігання даних, що означає, що вона може зберігати дані протягом довгих періодів без живлення.

Стійкість до електричного видалення: EEPROM дозволяє записувати і стирати дані безперервно, не обмежуючи кількість циклів запису/стирання, але він має обмежену кількість циклів зберігання, після яких може зменшуватися стійкість даних.

Робоча температура: Мікросхема працює в широкому діапазоні температур, зазвичай від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ , що дозволяє її використовувати в різних умовах експлуатації.

Мікросхема AT24C02-10PU часто використовується в електронних пристроях для зберігання конфігураційних даних, налаштувань та інших важливих інформаційних блоків, які мають бути збережені навіть при вимкненні живлення.

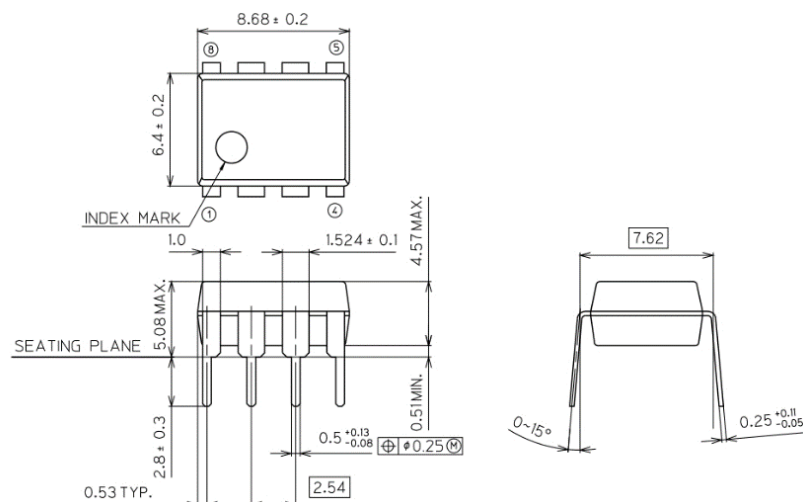


Рисунок 1.12 – Габаритні розміри мікросхеми AT24C02-10PI

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗВА 3.22.056.001 ПЗ					











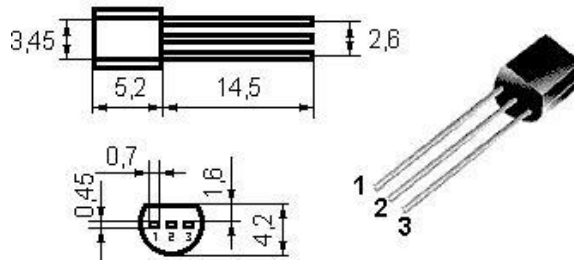


Рисунок 1.16 Зовнішній вигляд датчика

Транзистор BC557A - це PNP біполярний транзистор загального призначення. Він використовується переважно в аналогових та комутаційних схемах. Основні характеристики цього транзистора включають:

Тип: PNP.

Максимальна потужність колектора ( $P_c$ ): Зазвичай близько 625 мВт.

Максимальний струм колектора ( $I_c$ ): До кількох сотень міліампер.

Максимальна напруга колектор-емітер ( $V_{ce}$ ): Зазвичай близько 45 вольт.

Коефіцієнт підсилення струму ( $h_{fe}$ ): Зазвичай в діапазоні від 110 до 800.

Корпус: TO-92 або подібний.

Діапазон температур: Зазвичай від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ .

Застосування: Від аналогових посилювачів до комутаційних схем, включаючи використання як ключі, буфери та підсилювачі.

Транзистор BC557A широко використовується в електронних схемах як ключ або підсилювач, особливо в додатках, де потрібна здатність до комутації невеликих струмів.

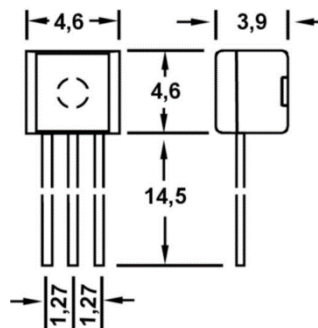


Рисунок 1.17 Зовнішній вигляд транзистора BC557A

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реле LEG-12 - це типове електромеханічне реле, яке використовується для керування електричними схемами за допомогою електричного сигналу. Основні характеристики цього реле включають:

Кількість контактів: Зазвичай має 1 або 2 перемикаючих контакти.

Тип контактів: Може бути один або два нормально відкритих (NO) або нормально закритих (NC) контакти.

Напруга керування: 12 В або інша напруга в межах робочого діапазону.

Максимальний струм комутації: Залежить від моделі, але в межах 10-20 А.

Корпус: металевий корпус з клемами для підключення.

Застосування: Використовується для керування різними навантаженнями в електричних схемах, таких як освітлення, малопотужні двигуни, опалення тощо.

Реле LEG-12 може використовуватися в різноманітних пристроях і системах, де потрібне періодичне включення або вимикання електричних навантажень за допомогою електричного сигналу від управляючого пристрою.

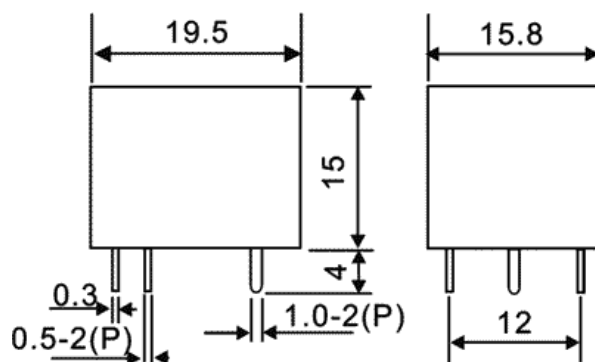


Рисунок 1.18 – Габаритні розміри реле LEG-12

## 1.6 Компоновка друкованого вузла пристрою

Компонування вузла друкованого при проектуванні радіоприладу - це процес розташування та підбору компонентів на платі з урахуванням електричних, механічних та термічних вимог.

Основні етапи компоновки вузла друкованого при проектуванні радіоприладу включають:

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Аналіз вимог: Ретельний аналіз технічного завдання та вимог до пристрою. Це допомагає зрозуміти, які функції повинен виконувати радіоприлад і які параметри мають бути враховані під час вибору компонентів та розташування їх на платі.

2. Вибір компонентів: Відбір електронних компонентів (резисторів, конденсаторів, транзисторів тощо), які відповідають вимогам щодо електричних характеристик, розмірів, якості і ціни.

3. Розташування компонентів на платі: Розташування компонентів на платі відбувається з урахуванням електричних з'єднань між ними, мінімізації дротів і зближення важливих компонентів для скорочення довжини трас. Також важливо враховувати механічні аспекти, такі як забезпечення вільного доступу до компонентів для монтажу та обслуговування.

4. Проектування трас: Прокладання доріжок (трас) для з'єднання компонентів. Важливо враховувати довжину трас, електромагнітну сумісність і перехідні опори.

5. Валідація і аналіз: Перевірка правильності розташування компонентів і трас за допомогою спеціалізованих програмних засобів та симуляцій. Дана стадія може включати моделювання електричних характеристик і термічний аналіз.

6. Оптимізація: виправлення помилок та оптимізація компонування для поліпшення продуктивності, надійності і зменшення витрат.

Компонування друкованої електронної апаратури (РЕА) двоканального термометра-термостата включає наступні етапи:

Аналіз схеми: Після розробки електричної схеми пристрою проводиться аналіз для визначення оптимального розміщення компонентів на платі.

Вибір плати: Обирається тип та розмір плати, який відповідає потребам проекту і забезпечує достатнє місце для розташування всіх компонентів.

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміщення компонентів: Визначається оптимальне розташування компонентів на платі з урахуванням їх взаємозв'язку, електричних характеристик та теплових випромінювань.

Маршрутизація шляхів: Визначаються шляхи з'єднання між компонентами на платі, забезпечуючи оптимальну електричну провідність і мінімальний перехідний опір.

Урахування теплових аспектів: Під час компонування слід ураховувати теплові характеристики компонентів та забезпечувати достатню вентиляцію для відведення тепла.

Враховання вимог щодо електромагнітної сумісності (ЕМС): При розташуванні компонентів слід дотримуватися вимог щодо мінімізації електромагнітних перешкод та інтерференції.

Перевірка наявності дозволених зон: Перевіряється відповідність розміщення компонентів допустимим зонам на платі, щоб уникнути конфліктів та перекриття.

Розміщення виводів: Виводи компонентів розташовуються таким чином, щоб забезпечити зручний доступ для підключення та обслуговування.

Оптимізація маршрутів: Після розміщення компонентів проводиться оптимізація маршрутів з'єднань для мінімізації довжини шляхів та електричних втрат.

Перевірка з погляду монтажу: Перевіряється можливість монтажу компонентів на плату з урахуванням технології виробництва та можливостей виробника.

Також слід звернути увагу на такі аспекти та вимоги:

1) Розміщення датчиків температури: Датчики температури, наприклад, DS1820, розташовуються на відстані один від одного, щоб забезпечити точність вимірювань і уникнути впливу навколишніх джерел тепла.

2) Регулятори температури: Кожен регулятор температури повинен мати свою окрему секцію на платі, зручно розміщену поруч з відповідним датчиком температури.

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це дозволить забезпечити точність регулювання температури для кожного каналу.

3) Мікроконтролер: Центральний мікроконтролер може бути розміщений по центру плати або у зручному місці для забезпечення легкого доступу до відповідних з'єднань та програмного забезпечення.

4) Елементи живлення: Всі елементи живлення, такі як стабілізатори напруги або випрямлячі, можуть бути розміщені на одному краї плати, щоб забезпечити ефективну роботу всього пристрою.

5) Інтерфейсні роз'єми: Роз'єми для зовнішніх пристроїв, таких як комп'ютери або інші периферійні пристрої, краще розміщувати на краю плати для легкого доступу та зручного підключення.

6) Індикатори: LED-індикатори для візуального відображення стану кожного каналу можуть бути розташовані поруч з відповідними регуляторами або датчиками.

7) Захисні елементи: Захисні елементи, такі як предохранні діоди або фільтри, повинні бути розміщені на платі для захисту електронних компонентів від потенційних перешкод або спалахів.

Важливо забезпечити оптимальне розташування компонентів на платі для забезпечення ефективної роботи пристрою та зручності обслуговування [21].

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 1.7 Висновки до розділу 1

Висновок до розділу 1 дослідження включає аналіз технічного завдання, структурної схеми виробу, опис принципу роботи електричної схеми та проектування вузлів пристрою. Визначено вимоги до пристрою, проведено аналіз його складових елементів та обрано компонентну базу.

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Спеціальна частина

### 2.1 Обґрунтування використання та вибору САПР для проектування

Для розробки конструктиву друкованої плати використовується система автоматизованого проектування Altium Designer. Ця система застосовується для розробки односторонніх, двосторонніх та багатошарових плат на підприємствах, що займаються розробкою радіоелектронної апаратури, а також використовується радіоаматорами.

У комплексному проєкті застосовується саме Altium Designer, оскільки ця програма ідеально підходить для розробки двосторонніх друкованих плат, а також для створення посадкових місць вручну або за допомогою майстра PCB Component Wizard, що дозволяє створювати деякі поширені посадкові місця на основі послідовного введення параметрів. Зручність та функціональність інтерфейсу програми дозволяють безперешкодно створювати схеми та друковані плати з подальшим їх експортом у виробництво, а також в інші програми (P-CAD, AutoCAD, Sprint Layout та інші).

Для створення конструкторської документації використовується програма AutoCAD. Перевагами цієї системи автоматизованого проектування є можливість створення 3D моделі, з якої можна отримати робочі креслення; швидке отримання конструкторської та технологічної документації, необхідної для випуску виробу (складальних креслень, специфікацій, робочих креслень деталей); створення додаткових зображень виробу; уникнення ручних доробок.

Створення елемента буде демонструватися на прикладі мікроконтролера AT24CO2-10PI.

Для початку створюється бібліотека компонентів. Для цього виконується команда File > New > Library > Schematic Library. Після створення бібліотека зберігається командою File > Save.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>					









Останнім етапом роботи є встановлення посилання для компонента на модель посадкового місця. Для цього необхідно створити інтегровану бібліотеку. Виконується команда File > New > Project > Integrated Library, після чого в структурі панелі Project з'являється новий документ, який потрібно зберегти, натиснувши на нього правою кнопкою миші та вибравши команду Save Project.

Тепер необхідно додати до структури створеного проєкту раніше створені бібліотеки, перемістивши їх у дереві панелі.

Коли всі необхідні бібліотеки знаходяться в структурі інтегрованої бібліотеки, можна підключити моделі до відповідних компонентів. Потрібно відкрити бібліотеку символів і натиснути кнопку Add Footprint у вікні підключення моделей. На рисунку 2.7 показано підключення посадкового місця.

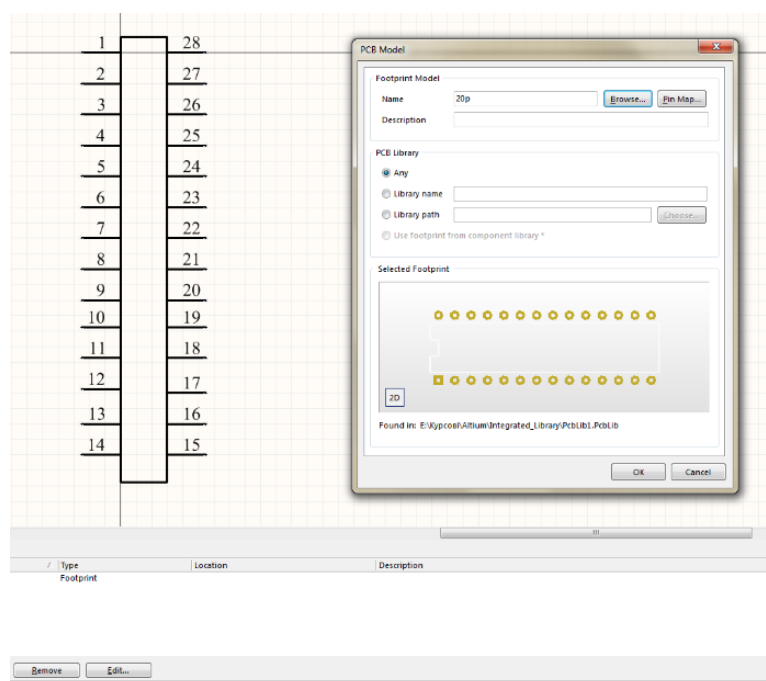


Рисунок 2.7 – Підключення посадочного місця

## 2.2 Опис створення 3D плати виробу

3D модель друкованої плати зображена на рисунку 2.8 та рисунку 2.9 [24].

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

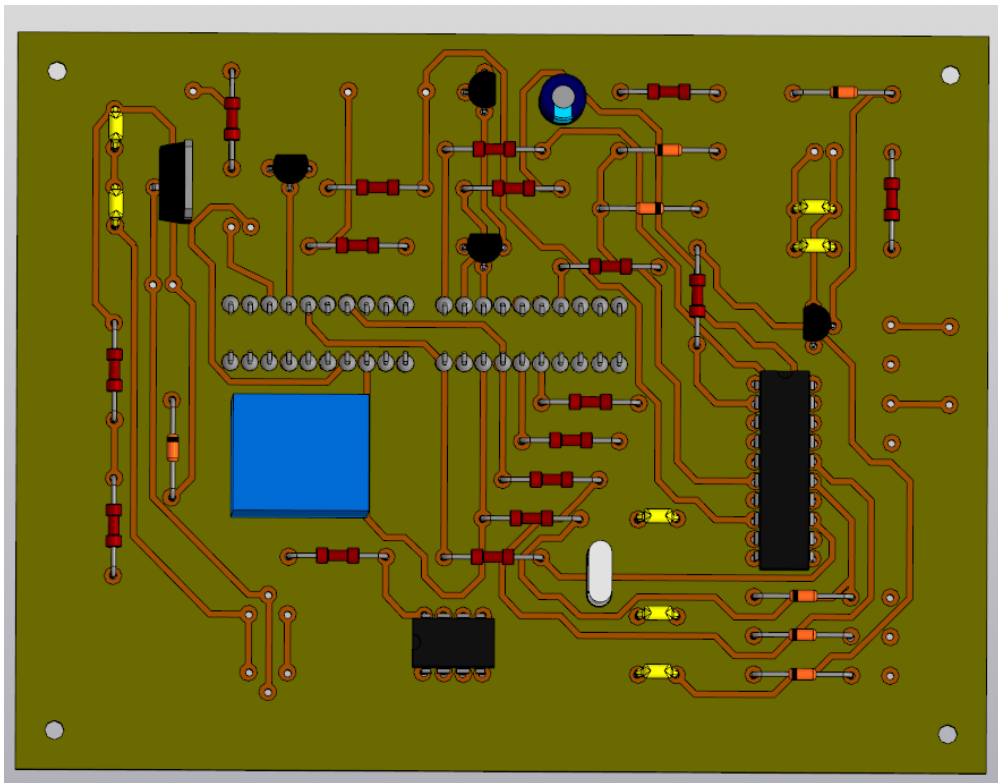


Рисунок 2.8-3D вигляд плати друкованої з сторони елементів

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

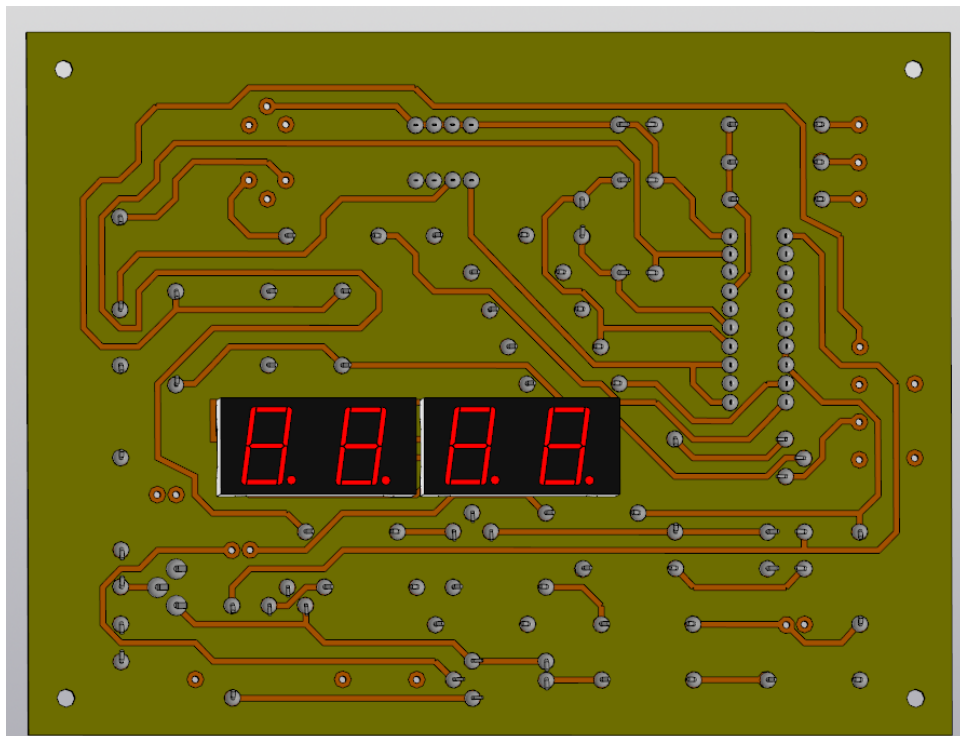


Рисунок 2.9-3D вигляд плати друкованої з сторони пайки

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 2.3 Висновки до розділу 2

Вибір і використання комп'ютерної системи автоматизованого проектування (САПР) для розробки має під собою обґрунтовану базу, що ґрунтується на її здатності забезпечити точність та ефективність проектування, особливо у контексті роботи з складними електронними системами та потреб інтеграції з іншими інженерними інструментами.

Створення тривимірної моделі плати виробу виконується через послідовне виконання етапів у вибраній САПР. Цей процес охоплює створення схеми, розміщення компонентів, маршрутизацію слідів та підтвердження правильності проекту через верифікацію. Такий підхід дозволяє забезпечити якість та ефективність у розробці електронних виробів.

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		























небезпека визначає ступінь можливості небезпеки перетворитися на реальну загрозу. Механічні небезпеки включають удари, тиск, розтягнення та інші, і можуть мати різний вплив на організм людини, від легких травм до смертельних ушкоджень.

					<i>ЗВА3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було проведено всебічний аналіз технічного завдання та структурної схеми розроблюваного виробу. Описано принцип роботи електричної принципової схеми та виконано її детальний аналіз. На основі проведених досліджень здійснено проектування і розрахунок вузлів схеми, включаючи розрахунок електричних параметрів окремих каскадів та параметрів друкованого монтажу.

Вибір компонентної бази здійснено на підставі детального обґрунтування, що забезпечило оптимальне поєднання надійності та вартості компонентів. Компоновка друкованого вузла пристрою була розроблена з урахуванням усіх технічних вимог, що дозволило досягти високої якості монтажу і функціональності.

Спеціальна частина роботи була присвячена обґрунтуванню використання систем автоматизованого проектування (САПР) для розробки даного пристрою. Описано процес створення 3D-моделі плати виробу, що дозволило візуалізувати конструктивні особливості та здійснити точну перевірку проектних рішень.

Особлива увага була приділена питанням охорони праці та безпеки життєдіяльності. Розроблені рекомендації забезпечують безпечну експлуатацію пристрою та захист здоров'я користувачів.

Загалом, результати виконаної роботи підтверджують правильність обраних методів та підходів до проектування електронного пристрою, а також його технічну та економічну ефективність.

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





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 заводо захищеності 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 “Компас 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. — Режим доступу: <http://>

26. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія виробництва РЕА" для спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка". – Тернопіль, ТНТУ, 2017

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

*ЗВА 3.22.056.001 ПЗ*



27. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. – Львів: Афіша, 2000.

28. Заходи щодо підвищення працездатності [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:<https://buklib.net/books/25142/>(дата звернення 1.02.2023).

29. Заходи щодо підвищення працездатності [електронний ресурс] – Режим доступу: URL:<https://buklib.net/books/35203/>(дата звернення 1.02.2023).

					<i>ЗВА 3.22.056.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

***ДОДАТКИ***

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри РТ

В.Л. Дунець к.т.н. Дунець В.Л.

“ 5 ” 06 20... р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему: «Двоканальний термометр-термостат на мікроконтролері AT89C2051»

Узгоджено:

Керівник дипломного проекту

Химич Г.П.

“ 5 ” 06 20... р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

Земледух В.А.

“ 5 ” 06 2024 р.

Тернопіль, 2024



# 1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: " Двоканальний термометр-термостат на мікроконтролері AT89C2051 "

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи № 4/4-587 від "3" 06 2014р.

## 2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Земледух Владислав Андрійович групи РАс-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

## 3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка пристрою двоканальний термометр-термостат, що включає в себе:

- розробка схемотехнічного рішення для даного двоканального термометра-термостату ;
- вибір компонентної бази розроблювального двоканального термометра-термостату ;
- розрахунок і вибір компонентів для двоканальний термометр-термостат;

## 4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

### 4.1. Основні параметри

4.1.1. Двоканальний термометр-термостат повинен бути розрахований на живлення від джерела живлення яке видає 220 В.

4.1.2. Вихідна напруга і максимальний струм навантаження двоканального термометра-термостату повинні відповідати значенням, наведеним ПЗ.

### 4.2. Технічні вимоги

4.2.1. Двоканальний термометр-термостат повинен відповідати вимогам стандарту, а також технічній документації на лабораторний блок живлення конкретного типу, затвердженій в установленому порядку.

4.2.2. Двоканальний термометр-термостат повинен забезпечувати задану потужність з моменту включення.

4.2.3. Двоканальний термометр-термостат 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 двоканального термометра-термостату 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 двоканальний термометр-термостат 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. Двоканальний термометр-термостат 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  $P_a = 0.95$ ;
- 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	22.06

Термін виконання кваліфікаційної роботи узгоджується з керівником і з