

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Шестиканальний таймер з функціями регулювання температури,
освітлення та резервним живленням

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

172"Електронні комунікації та радіотехніка"

(шифр і назва спеціальності)

Січковський О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Химич Г.П.
(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 електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 28 » квітня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172"Електронні комунікації та радіотехніка"

(шифр і назва спеціальності)

студенту Січковському Олександрові Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням

Керівник роботи Химич Григорій Петрович, старший викладач

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

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2026

3. Вихідні дані до роботи: У шестиканальному таймері з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням живлення цифрової частини пристрою здійснюється від стабілізованої напруги 5 В, резервне живлення - від елемента 6F22. Для вимірювання температури використовується цифровий датчик DS18B20. Для відображення інформації передбачено рідкокристалічний дисплей PM1621, світлодіодну індикацію LED 3528 RGB.

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

1. Основна частина

2. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

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

1. Структурна схема шестиканального таймера

2. Схема електрична принципова шестиканального таймера

3. Друкований вузол шестиканального таймера

4. Плата друкована шестиканального таймера

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 12.03.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та затвердження технічного завдання	12.03.2026	
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	14.03.2026	
3	Аналіз існуючих пристроїв часового керування, регулювання температури та освітлення	21.03.2026	
4	Розробка структурної схеми шестиканального таймера	23.03.2026	
5	Розробка схеми електричної принципової шестиканального таймера	10.04.2026	
6	Розробка алгоритму роботи мікроконтролера PIC16F876A	12.04.2026	
7	Опис алгоритму роботи та функціонування основних вузлів пристрою	16.04.2026	
8	Розрахунок вузла світлодіодної індикації та основних параметрів електричної схеми	22.04.2026	
9	Вибір та обґрунтування елементної бази пристрою	02.05.2026	
10	Компонування та трасування друкованої плати шестиканального таймера	15.05.2026	
11	Розрахунок надійності проектного виробу та параметрів друкованого монтажу	23.05.2026	
12	Розробка конструкторської документації на друкований вузол шестиканального таймера	03.06.2026	
13	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	09.06.2026	
14	Нормоконтроль	10.06.2026	
15	Попередній захист кваліфікаційної роботи	11.06.2026	
16	Перевірка роботи на антиплагіат	13.06.2026	
17	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2026	

Студент

_____ (підпис)

Січковський О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Химич Г.П.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням». Кваліфікаційна робота бакалавра// Тернопільський факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2026р. // с.–55, рис.–19, табл.–2, біолог.–19, додат.–7.

Ключові слова: ШЕСТИКАНАЛЬНИЙ ТАЙМЕР, РЕГУЛЮВАННЯ TEMПЕРАТУРИ, РЕГУЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ, РЕЗЕРВНЕ ЖИВЛЕННЯ, МІКРОКОНТРОЛЕР, PIC16F876A, DS18B20, ДРУКОВАНА ПЛАТА, ДРУКОВАНИЙ ВУЗОЛ.

У кваліфікаційній роботі розроблено шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням. Пристрій побудований на мікроконтролері PIC16F876A, до якого підключено датчик температури DS18B20, рідкокристалічний дисплей PM1621, кнопки керування, світлодіодну індикацію, реле та допоміжні елементи живлення.

У роботі виконано аналіз технічного завдання, описано структурну та електричну принципову схему пристрою, обґрунтовано вибір елементної бази, розглянуто алгоритм роботи мікроконтролера, проведено розрахунок надійності та друкованого монтажу. Також розроблено друковану плату і друкований вузол пристрою. У розділі охорони праці та безпеки життєдіяльності розглянуто ризик як кількісну оцінку небезпек і заходи захисту від ураження електричним струмом під час монтажу та налагодження пристрою.

ANNOTATION

Qualification work topic: “Six-channel timer with temperature control, lighting control and backup power supply”. Bachelor qualification work // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAs-41. // Ternopil, 2026. // pages - 55, figures - 19, tables - 2, references - 19, appendices - 7.

Keywords: SIX-CHANNEL TIMER, TEMPERATURE CONTROL, LIGHTING CONTROL, BACKUP POWER SUPPLY, MICROCONTROLLER, PIC16F876A, DS18B20, PRINTED CIRCUIT BOARD, PRINTED CIRCUIT ASSEMBLY.

The qualification work deals with the development of a six-channel timer with temperature control, lighting control and backup power supply. The device is based on the PIC16F876A microcontroller, which is connected to the DS18B20 temperature sensor, PM1621 liquid crystal display, control buttons, LED indication, relay and auxiliary power supply elements.

The work includes the analysis of the technical task, description of the structural and electrical schematic diagrams, justification of the component base, description of the microcontroller operation algorithm, reliability calculation and printed circuit layout calculation. The printed circuit board and printed circuit assembly of the device were also developed. The occupational safety and life safety section considers risk as a quantitative assessment of hazards and measures for protection against electric shock during device assembly and adjustment.

Зміст

Вступ.....	7
1. Основна частина	9
1.1 Аналіз технічного завдання	9
1.2 Аналіз структурної схеми пристрою.....	13
1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми контролера.....	16
1.3.1 Опис електричної принципової схеми	16
1.3.2 Розрахунок вузла електричної принципової схеми контролера	18
1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази	23
1.4.1 Опис та блок-схема алгоритма роботи мікроконтролера	23
1.4.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази.....	25
1.5 Компоновка друкованого вузла, розрахунок надійності та друкованого монтажу	31
1.5.1 Компоновка друкованого вузла	31
1.5.2 Розрахунок надійності проектного пристрою	34
1.5.3 Розрахунок друкованого монтажу.....	37
1.5.4 Технологія виготовлення друкованої плати	39
1.6 Висновок до розділу 1	42
2. Охорона праці та безпека життєдіяльності	43
2.1 Ризик як кількісна оцінка небезпек.....	43
2.2 Заходи щодо захисту від ураження електричним струмом під час монтажу та налагодження друкованого вузла	45
2.3 Висновок до розділу 2	48
Висновки	49
Список використаних джерел	52
Додатки.....	55

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Січковський О.В.</i>			<i>Шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням Пояснювальна записка</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		<i>Химич Г.П.</i>					6	55
Рецензент						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41</i>		
Н. Контр.		<i>Хвостівська</i>						
Затверд.		<i>Дунець В.Л.</i>						

Вступ

Автоматизовані пристрої керування часто використовуються у побутових, лабораторних і технічних системах, де потрібно виконувати вмикання або вимикання навантаження за заданими умовами. До таких пристроїв належать таймери, регулятори температури, контролери освітлення та комбіновані системи керування. Їх застосування дає змогу зменшити участь людини в повторюваних операціях, підвищити точність керування та зробити роботу обладнання більш стабільною.

Темою даної кваліфікаційної роботи є шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням. Такий пристрій поєднує декілька функцій: відлік часу, керування вихідними каналами, контроль температури, індикацію режимів роботи та підтримку працездатності від резервного джерела живлення. Завдяки цьому таймер можна використовувати у системах, де потрібно керувати кількома процесами одночасно і забезпечити нормальну роботу пристрою навіть при короткочасних проблемах з основним живленням.

Основою пристрою є мікроконтролер PIC16F876A, який виконує обробку сигналів від кнопок, працює з датчиком температури DS18B20, керує рідкокристалічним дисплеєм PM1621, світлодіодною індикацією та вихідним релейним вузлом. Використання мікроконтролера дає змогу реалізувати гнучкий алгоритм роботи без ускладнення апаратної частини схеми. Для користувача це зручно, оскільки налаштування режимів виконується через кнопки, а основна інформація виводиться на дисплей та індикатори.

Актуальність роботи полягає в тому, що мікроконтролерні таймери залишаються поширеним класом радіоелектронних пристроїв. Вони можуть працювати як окремі вузли або входити до складу складніших систем керування. При цьому важливо не тільки підібрати елементну базу, але й правильно розробити електричну принципову схему, виконати компонування

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		7

друкованої плати, забезпечити надійність монтажу та передбачити безпечні умови налагодження пристрою.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка шестиканального таймера з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням, а також підготовка конструкторських матеріалів, необхідних для виготовлення друкованого вузла.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання: проаналізувати технічне завдання; розглянути структурну схему пристрою; описати електричну принципову схему; виконати розрахунок окремих вузлів; обґрунтувати вибір мікроконтролера, датчика температури, дисплея, реле та інших компонентів; описати алгоритм роботи мікроконтролера; виконати компоновання друкованого вузла; провести розрахунок надійності та друкованого монтажу; описати технологію виготовлення друкованої плати.

Об'єктом розробки є мікроконтролерний пристрій керування часовими режимами, температурою та освітленням. Предметом розробки є електрична принципова схема, алгоритм роботи, елементна база, друкована плата та друкований вузол шестиканального таймера.

Під час виконання роботи використовуються методи аналізу електричних схем, розрахунку параметрів електронних вузлів, вибору компонентної бази, розрахунку надійності та елементів друкованого монтажу. Для проєктування схеми і друкованого вузла застосовуються засоби автоматизованого проєктування, зокрема Altium Designer.

Практичне значення роботи полягає в тому, що за результатами проєктування отримується комплект матеріалів, який може бути використаний для виготовлення друкованої плати, монтажу компонентів і подальшого налагодження пристрою. Розроблений шестиканальний таймер може бути основою для побутових або навчальних систем автоматичного керування, де потрібне поєднання часових режимів, температурного контролю, індикації та резервного живлення.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		8

1. Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики пристрою

Параметр	Значення
Назва пристрою	Шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням
Тип пристрою	Мікроконтролерний таймер-контролер
Кількість каналів керування	6
Основний керуючий елемент	PIC16F876A
Робоча напруга цифрової частини	5 В
Стабілізатор напруги	LM7805
Резервне джерело живлення	6F22
Датчик температури	DS18B20
Пристрій індикації	LCD PM1621, світлодіоди LED 3528 RGB
Органи керування	6 кнопок
Виконавчий елемент	Реле JQC-3FF
Тактова частота мікроконтролера	10 МГц
Тип друкованого вузла	Двостороння друкована плата з одностороннім розміщенням елементів

Темою кваліфікаційної роботи є шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням. Пристрій призначений для автоматизованого керування кількома вихідними каналами за заданими часовими режимами, контролю температури та відображення поточного стану роботи для користувача. Наявність резервного живлення дає змогу зберігати працездатність або основні налаштування пристрою при зникненні основного джерела живлення.

Під час аналізу технічного завдання потрібно визначити основні вимоги до виробу, його функціональні можливості, склад головних вузлів і умови подальшого проектування. Для даного пристрою важливо забезпечити стабільну роботу мікроконтролерної частини, правильне зчитування

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

температури, зручне керування режимами, наочну індикацію та надійне підключення зовнішніх кіл через роз'єми.

Основою пристрою є мікроконтролер PIC16F876A, який виконує обробку сигналів від кнопок, працює з датчиком температури DS18B20, керує рідкокристалічним дисплеєм PM1621, світлодіодною індикацією та релейним вузлом. Для формування стабілізованої напруги живлення використовується стабілізатор LM7805. У схемі також передбачено елемент резервного живлення 6F22, кварцовий резонатор на 10 МГц, динамік для звукової індикації, кнопки керування, світлодіоди та реле.

За своїм призначенням пристрій належить до мікроконтролерних систем автоматичного керування. На відміну від простих реле часу, він поєднує кілька функцій: часове керування, температурний контроль, керування індикацією та роботу з резервним живленням. Завдяки цьому пристрій можна розглядати не як окремий таймер, а як невеликий універсальний контролер для автоматизації нескладних процесів.

Для оцінки актуальності розробки було розглянуто готові пристрої, які виконують схожі функції. Повністю однакового аналога за всіма функціями знайти складно, оскільки більшість серійних виробів орієнтовані або на реле часу, або на керування освітленням, або на температурний контроль. Тому для порівняння доцільно розглянути декілька пристроїв, кожен з яких закриває окрему частину функцій проєктованого таймера.

Одним із близьких аналогів є реле часу DigiTOP PB-6C. Воно призначене для автоматичного вмикання та вимикання навантаження за добовим циклом і може застосовуватися для керування освітленням, поливом, вентиляцією або іншими виконавчими пристроями. Пристрій має цифрове керування, індикацію та встановлюється на DIN-рейку. Його перевагою є простота використання і можливість роботи з мережевим навантаженням. Водночас DigiTOP PB-6C виконує переважно функцію реле часу і не має

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

вбудованого температурного контролю та багатоканальної логіки, яка передбачена у проєктованому пристрої.



Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд реле часу DigiTOP PB-6C

Іншим прикладом є астрономічний таймер F&F PCZ-525.4-PLUS. Його основне призначення - автоматичне керування освітленням відповідно до часу сходу і заходу сонця. Такий пристрій зручний для зовнішнього освітлення, оскільки не потребує ручного налаштування часу вмикання залежно від сезону. Також у ньому передбачено можливість нічної перерви для економії електроенергії. Недоліком такого рішення для даної теми є вузька спеціалізація: пристрій добре підходить саме для освітлення, але не розрахований на температурне регулювання і не виконує роль шестиканального контролера.



Рисунок 1.2 - Зовнішній вигляд астрономічного таймера F&F PCZ-525.4-PLUS

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		11

Також можна розглянути SONOFF TH Elite. Це реле з функцією контролю температури та вологості, яке має LCD-дисплей і може керувати навантаженням за показами датчика. Його перевагою є сучасне виконання, наявність індикації та можливість роботи з температурними параметрами. Проте цей пристрій орієнтований переважно на один канал керування і залежить від готової екосистеми виробника. Для задачі дипломної роботи він є корисним прикладом температурного контролера, але не замінює шестиканальний таймер з власною мікроконтролерною логікою.



Рисунок 1.3 - Зовнішній вигляд реле контролю температури та вологості SONOFF TH Elite

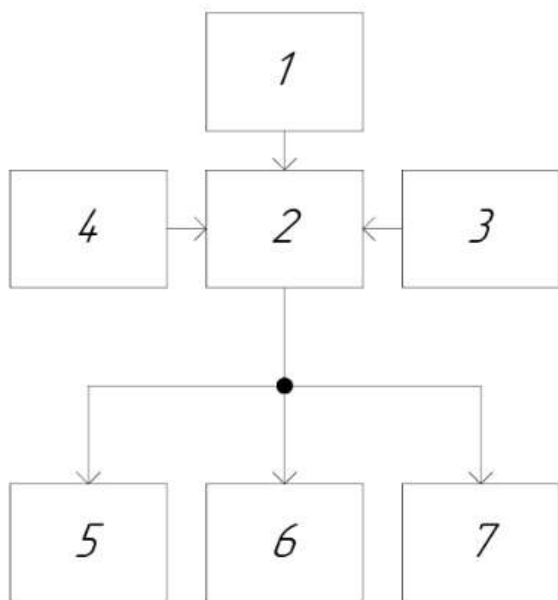
Аналіз аналогів показує, що готові пристрої зазвичай виконують одну основну функцію. Реле часу забезпечує роботу за розкладом, астрономічний таймер зручний для освітлення, а температурне реле працює з датчиком температури. Проектований шестиканальний таймер поєднує ці можливості в одному пристрої: має кілька каналів керування, датчик температури, індикацію, кнопки налаштування, релейний вузол і резервне живлення.

У підсумку, технічне завдання передбачає розробку комбінованого мікроконтролерного пристрою, який не обмежується лише функцією таймера. Розробка такого виробу є доцільною, оскільки вона дозволяє поєднати часове керування, температурний контроль, індикацію та резервне живлення в одному друкованому вузлі. Надалі це дає можливість перейти до аналізу

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		12

структурної схеми, опису електричної принципової схеми, вибору елементної бази та розробки друкованої плати.

1.2 Аналіз структурної схеми пристрою



- 1 - Вузол живлення та резервного живлення
- 2 - Мікроконтролер PIC16F876A
- 3 - Датчик температури DS18B20
- 4 - Органи керування
- 5 - Виконавчий вузол
- 6 - Рідкокристалічний дисплей
- 7 - Світлодіодна та звукова індикація

Рисунок 1.4 – Структурна схема шестиканального таймера з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням

- 1 - Вузол живлення та резервного живлення
- 2 - Мікроконтролер PIC16F876A
- 3 - Датчик температури DS18B20
- 4 - Органи керування
- 5 - Виконавчий вузол
- 6 - Рідкокристалічний дисплей
- 7 - Світлодіодна та звукова індикація

Структурна схема шестиканального таймера з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням відображає основні

функціональні вузли пристрою та зв'язки між ними. На відміну від електричної принципової схеми, у структурній схемі не показуються окремі резистори, конденсатори, роз'єми та інші допоміжні елементи. Тут пристрій поділяється на більші блоки, які виконують окремі функції: живлення, керування, вимірювання температури, індикацію та комутацію навантаження.

Центральним блоком структурної схеми є мікроконтролер PIC16F876A. Він виконує основну обробку сигналів, приймає інформацію від органів керування та датчика температури, формує сигнали для індикації і керує виконавчим вузлом. Використання мікроконтролера дає змогу реалізувати роботу таймера за заданим алгоритмом без застосування великої кількості окремих логічних елементів.

Вузол живлення та резервного живлення забезпечує подачу необхідної напруги для роботи електронної частини пристрою. Основна напруга після стабілізації використовується для живлення мікроконтролера, датчика температури, дисплея, індикаторів та інших вузлів. Резервне живлення потрібне для підтримання роботи або збереження основних параметрів пристрою при зникненні основного джерела живлення.

Органи керування призначені для введення команд користувача. За допомогою кнопок можна вибирати режими роботи, змінювати параметри таймера та виконувати налаштування пристрою. Сигнали від кнопок надходять на входи мікроконтролера, після чого обробляються програмно.

Датчик температури DS18B20 використовується для вимірювання температури. Його дані передаються до мікроконтролера, який порівнює отримане значення із заданими параметрами та приймає рішення щодо подальшої роботи пристрою. Завдяки цьому таймер може виконувати не тільки часове керування, але й враховувати температурний режим.

Для відображення інформації у структурній схемі передбачено блок рідкокристалічного дисплея. Дисплей використовується для виведення основних параметрів роботи пристрою, режимів налаштування та поточного

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		14

стану. Це робить роботу з таймером зручнішою, оскільки користувач може бачити потрібну інформацію без підключення додаткових приладів.

Світлодіодна та звукова індикація використовується для швидкого візуального і звукового контролю стану пристрою. Світлодіоди можуть показувати активність окремих каналів або режимів роботи, а звуковий сигналізатор дає змогу привернути увагу користувача при зміні стану або завершенні певного процесу.

Виконавчий вузол забезпечує керування зовнішнім навантаженням. У схемі для цього використовується реле, яке дає змогу комутувати вихідне коло за сигналом від мікроконтролера. Таким чином, мікроконтролер формує керуючий сигнал, а виконавчий вузол уже виконує безпосереднє вмикання або вимикання навантаження.

У результаті, структурна схема показує загальну побудову шестиканального таймера та взаємодію його основних частин. Пристрій побудований за мікроконтролерним принципом, де всі основні сигнали сходяться до центрального керуючого блока. Така структура є зручною для подальшого проектування електричної принципової схеми, вибору елементної бази та розробки друкованого вузла.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		15

1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою (вузла)

1.3.1 Опис електричної принципової схеми

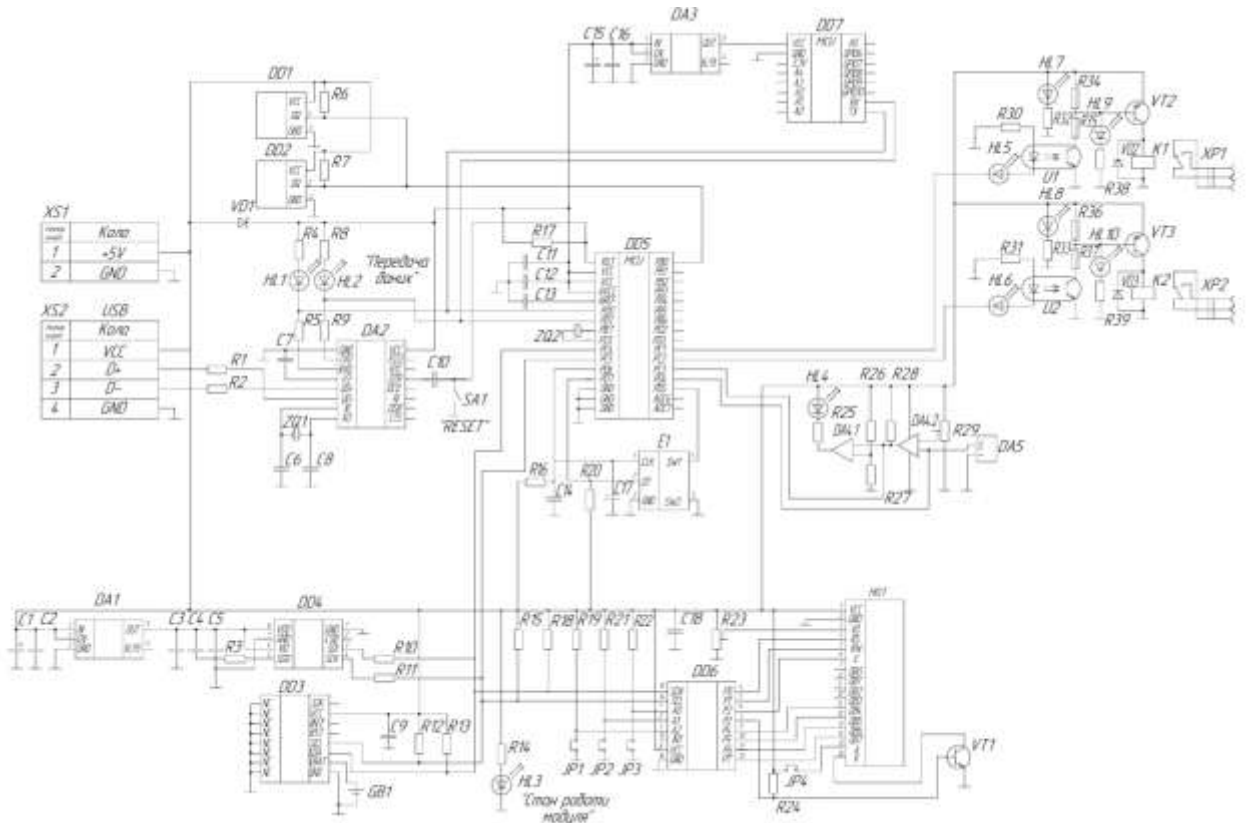


Рисунок 1.5 – Електрична принципова схема шестиканального таймера з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням

Основним елементом схеми є мікроконтролер DD2 PIC16F876A. Він виконує функції центрального керуючого вузла пристрою. До його виводів підключені органи керування, датчик температури, рідкокристалічний дисплей, світлодіодна індикація, звуковий сигналізатор та виконавчий релейний вузол. Мікроконтролер приймає вхідні сигнали, обробляє їх відповідно до заданого алгоритму і формує керуючі сигнали для вихідних вузлів.

Живлення електронної частини пристрою здійснюється через вузол стабілізації напруги. У схемі для цього використано стабілізатор DA3 та фільтрувальний конденсатор C8. Вузол живлення формує стабілізовану напругу, необхідну для роботи мікроконтролера, датчика температури, дисплея та інших електронних елементів. Наявність стабілізатора потрібна для того, щоб цифрова частина пристрою працювала стабільно і не залежала від можливих коливань вхідної напруги.

Для температурного контролю у схемі застосовано цифровий датчик температури DD1 DS18B20. Він має виводи живлення, загального провідника та інформаційну лінію DQ. Сигнал від датчика надходить до мікроконтролера, після чого обробляється програмно. Використання цифрового датчика спрощує схему, оскільки не потрібно створювати окремий аналоговий вимірювальний тракт з підсилювачем та аналого-цифровим перетворювачем.

Органи керування реалізовані на кнопках SA2-SA6. Вони підключені до портів мікроконтролера і використовуються для вибору режимів роботи, налаштування параметрів таймера та керування окремими функціями пристрою. Сигнали від кнопок обробляються мікроконтролером як вхідні логічні сигнали. Таке рішення є простим у реалізації та зручним для користувача.

Для відображення інформації використано рідкокристалічний дисплей HG1. До дисплея підведені лінії живлення, керування та інформаційні лінії. Через ці з'єднання мікроконтролер передає на дисплей дані про режим роботи, налаштування та поточний стан пристрою. Наявність дисплея робить пристрій зручнішим у використанні, оскільки користувач може бачити основні параметри без підключення додаткових приладів.

Світлодіодна індикація побудована на світлодіодах HL3-HL9, які підключені до виходів мікроконтролера через обмежувальні резистори R7-R13. Ці світлодіоди використовуються для відображення стану каналів або

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		17

окремих режимів роботи. Резистори обмежують струм через світлодіоди і захищають виходи мікроконтролера від перевантаження.

У схемі також передбачено звукову індикацію. Для цього використовується звуковий сигналізатор BF2, який підключений до мікроконтролера через допоміжні елементи. Звуковий сигнал може застосовуватись для повідомлення користувача про завершення відліку часу, зміну режиму або інші події в роботі пристрою.

Виконавча частина схеми реалізована на релейному вузлі K1. Реле дає змогу комутувати зовнішнє навантаження за сигналом від мікроконтролера. У колі реле встановлено захисний діод VD1, який зменшує вплив імпульсу самоіндукції при вимиканні котушки реле. Це важливо для захисту керуючих елементів схеми та підвищення надійності роботи пристрою.

Для тактування мікроконтролера використано кварцовий резонатор ZQ2 разом із конденсаторами C3 і C4. Цей вузол забезпечує стабільну тактову частоту, від якої залежить коректність виконання програми, обробка сигналів та формування часових інтервалів. Для таймера стабільність тактового генератора є важливою, оскільки пристрій працює з часовими режимами.

Зовнішні підключення пристрою виконуються через роз'єми XS1 та XS3-XS9. Роз'єм XS1 використовується у вхідному або виконавчому колі, а роз'єми XS3-XS9 пов'язані з вихідними каналами пристрою. Таке рішення спрощує підключення зовнішніх кіл і дає змогу використовувати друкований вузол як окремий функціональний модуль.

Електрична принципова схема побудована так, щоб основні функції пристрою були зосереджені навколо мікроконтролера. Це спрощує зв'язок між вузлами, зменшує кількість окремих логічних елементів і робить схему зручною для подальшого компоновання друкованої плати.

1.3.2 Розрахунок вузла електричної принципової схеми пристрою

Для розрахунку електричної принципової схеми вибрано вузол

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		18

світлодіодної індикації. Він безпосередньо підключений до виходів мікроконтролера DD2 і впливає на струмове навантаження портів. У схемі світлодіоди HL3-HL9 підключені через резистори R7-R13. Таке включення потрібне для обмеження струму через світлодіоди та захисту виходів мікроконтролера від перевантаження.

Живлення цифрової частини пристрою здійснюється від стабілізованої напруги 5 В. Для розрахунку приймаємо:

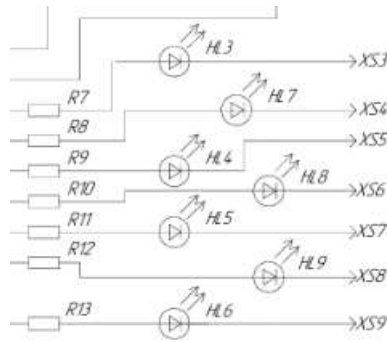


Рисунок 1.6 – Вузол світлодіодної індикації

Живлення цифрової частини пристрою здійснюється від стабілізованої напруги 5 В. Для розрахунку приймаємо:

$$U_{ж} = 5 \text{ В}$$

Для світлодіодної індикації приймаємо пряме падіння напруги на світлодіоді:

$$U_{св} = 2 \text{ В.}$$

Номінал резисторів R7-R13 згідно зі схемою становить:

$$R = 330 \text{ Ом.}$$

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		19

Струм через світлодіод визначається за законом Ома:

$$I_{св} = (U_{ж} - U_{св}) / R, \quad (1.1)$$

Підставляємо значення:

$$I_{св} = (5 - 2) / 330 = 0,009 \text{ А},$$

$$I_{св} = 9 \text{ мА}.$$

Отриманий струм 9 мА є нормальним для світлодіодної індикації. Він достатній для видимого світіння світлодіода і при цьому не створює надмірного навантаження на вихід мікроконтролера PIC16F876A.

Далі визначимо потужність, яка розсіюється на обмежувальному резисторі:

$$P_p = I_{св}^2 \cdot R, \quad (1.2)$$

Підставляємо значення:

$$P_p = 0,009^2 \cdot 330 = 0,0267 \text{ Вт},$$

$$P_p \approx 0,027 \text{ Вт}.$$

У схемі використано резистори потужністю 0,125 Вт. Для перевірки визначимо коефіцієнт запасу за потужністю:

$$K_3 = P_{ном} / P_p, \quad (1.3)$$

$$K_3 = 0,125 / 0,027 = 4,63.$$

Коефіцієнт запасу більший за одиницю, тому резистори R7-R13 потужністю 0,125 Вт можна використовувати у вузлі світлодіодної індикації.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		20

Вони працюватимуть без перевищення допустимої потужності.

Окремо перевіримо струм через світлодіод HL2, який підключений через резистор R2 номіналом 470 Ом. Для цього використовуємо ту саму формулу:

$$I_{HL2} = (U_{ж} - U_{св}) / R_2, \quad (1.4)$$

Підставляємо значення:

$$I_{HL2} = (5 - 2) / 470 = 0,0064 \text{ А},$$

$$I_{HL2} \approx 6,4 \text{ мА}.$$

Такий струм також є допустимим для індикаторного світлодіода. Він трохи менший, ніж у світлодіодів HL3-HL9, але достатній для роботи індикації.

Перевіримо потужність на резисторі R2:

$$P_2 = I_{HL2}^2 \cdot R_2, \quad (1.5)$$

$$P_2 = 0,0064^2 \cdot 470 = 0,019 \text{ Вт},$$

$$P_2 \approx 0,02 \text{ Вт}.$$

Резистор R2 потужністю 0,125 Вт також має достатній запас за потужністю.

Для оцінки навантаження на лінію живлення визначимо сумарний струм світлодіодів HL3-HL9 у випадку, якщо всі сім індикаторів увімкнені одночасно:

$$I_{\Sigma} = n \cdot I_{св}, \quad (1.6)$$

де n - кількість світлодіодів.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		21

$$I_{\Sigma} = 7 \cdot 0,009 = 0,063 \text{ A,}$$

$$I_{\Sigma} = 63 \text{ mA.}$$

Якщо додатково врахувати світлодіод HL2, загальний струм світлодіодної індикації становитиме:

$$I_{\text{інд}} = 63 + 6,4 = 69,4 \text{ mA.}$$

Такий струм не є критичним для вузла живлення, але під час проєктування потрібно враховувати, що світлодіодна індикація є одним з основних споживачів струму в схемі.

Також у схемі використано резистор підтягування лінії датчика температури DS18B20. Для такого цифрового датчика типовим є підключення інформаційної лінії через резистор до напруги живлення. У схемі для цього застосовано резистор номіналом 4,7 кОм.

Струм через резистор підтягування визначимо за формулою:

$$I_{\text{п}} = U_{\text{ж}} / R_{\text{п}}, \quad (1.7)$$

Підставляємо значення:

$$I_{\text{п}} = 5 / 4700 = 0,00106 \text{ A,}$$

$$I_{\text{п}} \approx 1,06 \text{ mA.}$$

Струм через резистор підтягування є малим і практично не впливає на загальне споживання пристрою. При цьому номінал 4,7 кОм забезпечує нормальний логічний рівень на інформаційній лінії датчика температури.

Проведений розрахунок показує, що вибрані номінали резисторів у вузлі світлодіодної індикації забезпечують робочий струм світлодіодів приблизно 6-9 mA. Потужність, яка розсіюється на резисторах, не перевищує допустимого

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

значення для елементів потужністю 0,125 Вт. Вузол індикації може працювати від стабілізованої напруги 5 В без перевантаження елементів схеми, а резистор підтягування датчика температури забезпечує коректну роботу цифрової лінії зв'язку.

1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази

1.4.1 Опис та блок-схема алгоритма роботи мікроконтролера

Робота пристрою значною мірою визначається програмою мікроконтролера PIC16F876A. Саме мікроконтролер виконує опитування кнопок керування, зчитує інформацію з датчика температури, формує сигнали для рідкокристалічного дисплея, керує світлодіодною індикацією, звуковим сигналізатором і виконавчим релейним вузлом. Такий підхід дозволяє реалізувати роботу таймера програмно, без ускладнення апаратної частини схеми.

Після подачі живлення мікроконтролер переходить до етапу початкової ініціалізації. На цьому етапі налаштовуються порти введення-виведення, задаються початкові стани виходів, запускається тактовий режим від кварцового резонатора, ініціалізується дисплей, готуються до роботи канали індикації, а також задаються початкові умови для обміну з датчиком температури. Після цього пристрій переходить у робочий цикл.

У робочому циклі мікроконтролер постійно виконує повторювану послідовність дій. Спочатку зчитуються сигнали з кнопок керування. За допомогою кнопок користувач може змінювати режим роботи таймера, задавати або коригувати параметри, переглядати інформацію та керувати окремими функціями пристрою. Далі мікроконтролер зчитує поточне значення температури з датчика DS18B20 і використовує цю інформацію для подальшої обробки.

Після приймання вхідних даних мікроконтролер виконує їх аналіз. Він

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		23

порівнює поточні значення та команди користувача із заданими умовами роботи. Якщо виконуються умови спрацювання таймера або температурного режиму, формується керуючий сигнал для виконавчого вузла. Одночасно оновлюється інформація на дисплеї, змінюються стани світлодіодної індикації, а в окремих випадках може вмикатися звуковий сигналізатор.

Керування вихідними каналами здійснюється відповідно до закладеного алгоритму. Залежно від встановленого режиму мікроконтролер вмикає або вимикає релейний вузол, що забезпечує комутацію зовнішнього навантаження. Паралельно користувач отримує візуальну інформацію про поточний стан пристрою через дисплей і світлодіоди.

Після виконання всіх дій цикл повторюється знову. Така організація програми дозволяє постійно контролювати натискання кнопок, зміну температури, стан індикації та вихідних каналів. За рахунок цього забезпечується безперервна і послідовна робота шестиканального таймера.

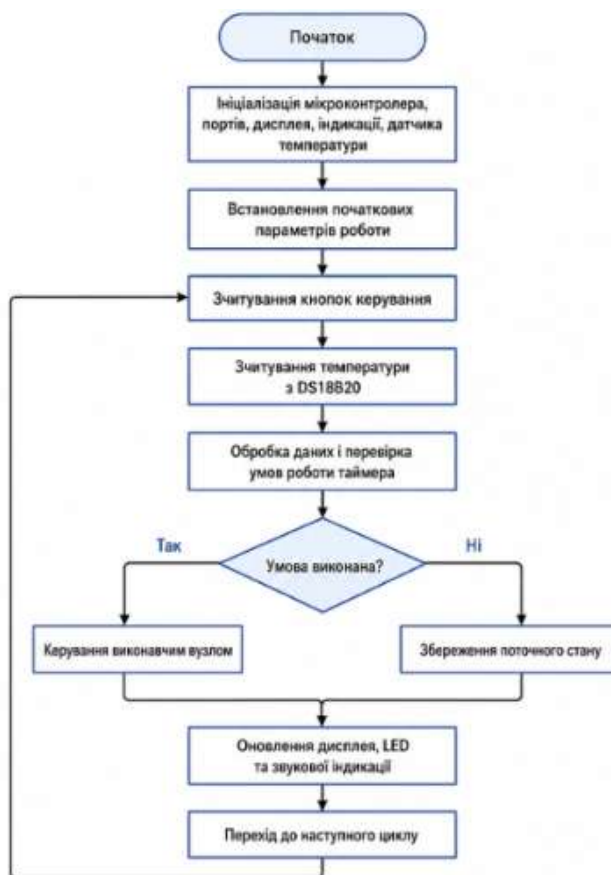


Рисунок 1.7 – Блок-схема алгоритму роботи

1.4.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Вибір елементної бази для шестиканального таймера виконано з урахуванням функцій пристрою, напруги живлення, типу керування, способу індикації та можливості реалізації друкованого вузла. До складу пристрою входять мікросхеми керування і стабілізації, датчик температури, елементи індикації, органи керування, реле, пасивні компоненти та елемент резервного живлення. У специфікації для пристрою вказані мікроконтролер PIC16F876A, датчик DS18B20, стабілізатор LM7805, дисплей PM1621, світлодіоди LED 3528 RGB, реле JQC-3FF, кнопки KAN0611, діод 1N4007, кварцовий резонатор XT49M 10MHz та інші елементи.

Основним керуючим елементом схеми є мікроконтролер PIC16F876A фірми Microchip Technology. Він вибраний тому, що має достатню кількість портів введення-виведення для підключення кнопок, дисплея, датчика температури, світлодіодної індикації та релейного вузла. Мікроконтролер працює у складі цифрової частини пристрою і виконує обробку сигналів, формування часових режимів, керування індикацією та виконавчим елементом. Для такого таймера використання мікроконтролера є зручним, бо більша частина логіки роботи реалізується програмно, без значного ускладнення схеми.

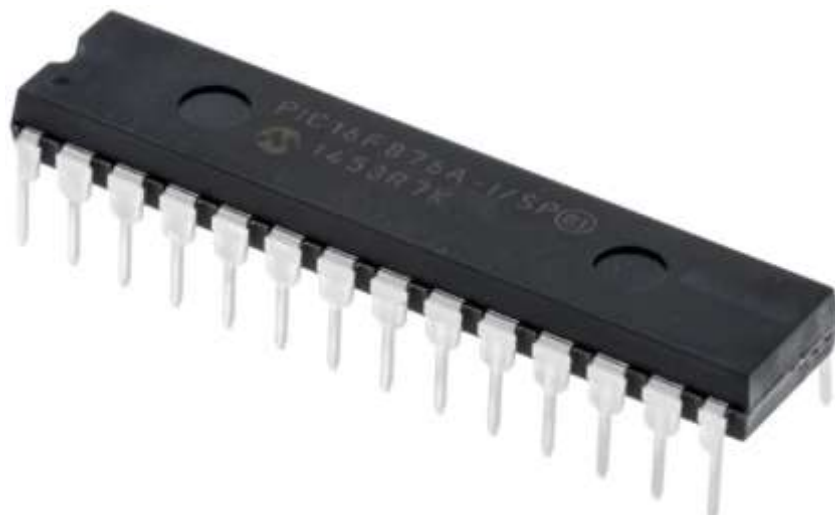


Рисунок 1.8 - Зовнішній вигляд мікроконтролера PIC16F876A

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		25

Для вимірювання температури застосовано цифровий датчик DS18B20. Він використовується як температурний вузол пристрою і передає інформацію до мікроконтролера по цифровій лінії. Такий датчик зручний тим, що не потребує окремого аналогового підсилювача або зовнішнього аналого-цифрового перетворювача. Це спрощує електричну схему і зменшує кількість додаткових елементів у вимірювальному вузлі.



Рисунок 1.9 - Зовнішній вигляд цифрового датчика температури DS18B20

Для стабілізації напруги живлення використано мікросхему LM7805. Вона формує стабілізовану напругу 5 В, необхідну для роботи мікроконтролера, дисплея, датчика температури та інших цифрових вузлів. Вибір такого стабілізатора пояснюється простотою включення, поширеністю та придатністю для малопотужних мікроконтролерних пристроїв. У схемі разом зі стабілізатором використовуються конденсатори, які згладжують пульсації та підвищують стабільність живлення.



Рисунок 1.10 - Зовнішній вигляд стабілізатора напруги LM7805

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		26

Як резервне джерело живлення у пристрої використано елемент 6F22. Він потрібний для підтримання роботи або збереження основних параметрів пристрою у разі зникнення основного живлення. Наявність резервного живлення важлива для таймера, оскільки при втраті живлення пристрій не повинен повністю втрачати задані режими роботи.



Рисунок 1.11 - Зовнішній вигляд елемента живлення 6F22

Додаткова індикація реалізована за допомогою світлодіодів LED 3528 RGB. У специфікації передбачено дев'ять світлодіодів HL1-HL9. Вони використовуються для візуального відображення стану каналів, режимів роботи або окремих подій у пристрої. Світлодіодна індикація є простою, наочною і не потребує складного керування. Для обмеження струму через світлодіоди у схемі застосовані резистори.



Рисунок 1.12 - Зовнішній вигляд світлодіода LED 3528 RGB

					<i>COB 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		27

Для керування пристроєм застосовано кнопки KAN0611. У схемі використано шість кнопок SA1-SA6. Вони призначені для введення команд користувача, вибору режимів роботи, зміни параметрів і налаштування таймера. Такий спосіб керування є простим і достатнім для даного пристрою, оскільки не потребує складного інтерфейсу або додаткових модулів.



Рисунок 1.13 - Зовнішній вигляд кнопки KAN0611

Виконавчим елементом схеми є реле JQC-3FF. Воно використовується для комутації зовнішнього навантаження за сигналом від мікроконтролера. Реле вибрано тому, що забезпечує електричне розділення керуючої частини та навантаження, а також дозволяє керувати зовнішніми колами, струм яких більший за допустимий струм виходів мікроконтролера. У схемі реле працює разом із захисним діодом 1N4007, який зменшує вплив імпульсу самоіндукції при вимиканні котушки.

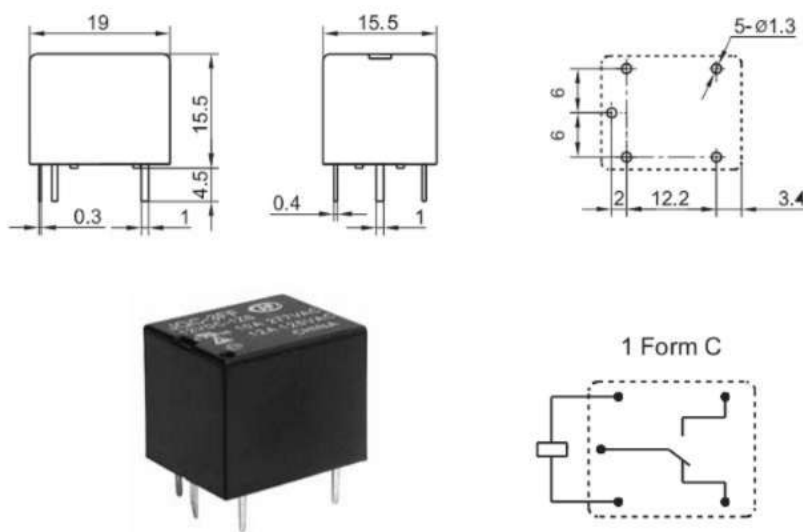


Рисунок 1.14 - Зовнішній вигляд реле JQC-3FF

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		28



Рисунок 1.15 - Зовнішній вигляд діода 1N4007

Для звукової індикації використано динамік HC12G-105A. Він призначений для подачі звукового сигналу під час зміни режиму, завершення відліку або іншої події, яку потрібно помітити користувачу. Наявність звукового сигналізатора доповнює світлову та дисплейну індикацію і робить пристрій зручнішим у роботі.

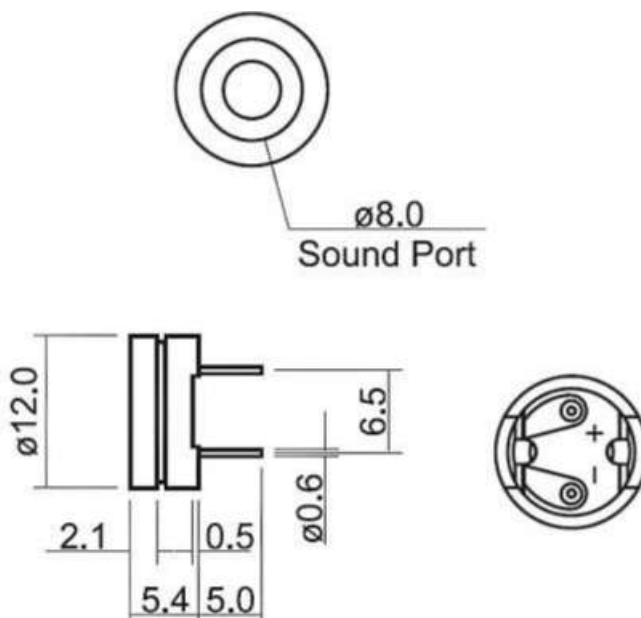


Рисунок 1.16 - Зовнішній вигляд динаміка HC12G-105A

Для формування стабільної тактової частоти мікроконтролера застосовано кварцовий резонатор ХТ49М на 10 МГц. Він працює разом із конденсаторами С3 і С4, які входять до кола тактування. Стабільна тактова частота важлива для таймера, бо від неї залежить коректність виконання програми та формування часових інтервалів.



Рисунок 1.17 - Зовнішній вигляд кварцового резонатора XT49M 10MHz

Пасивні елементи схеми представлені резисторами та конденсаторами. Резистори використовуються для обмеження струму світлодіодів, формування логічних рівнів, підтягування сигнальних ліній та роботи окремих допоміжних кіл. У специфікації передбачені резистори номіналами 330 Ом, 470 Ом, 2 кОм, 4,7 кОм і 47 кОм. Конденсатори використовуються у колах живлення та тактування. Електролітичні конденсатори застосовуються для фільтрації живлення, а конденсатори 15 пФ - у вузлі кварцового резонатора.

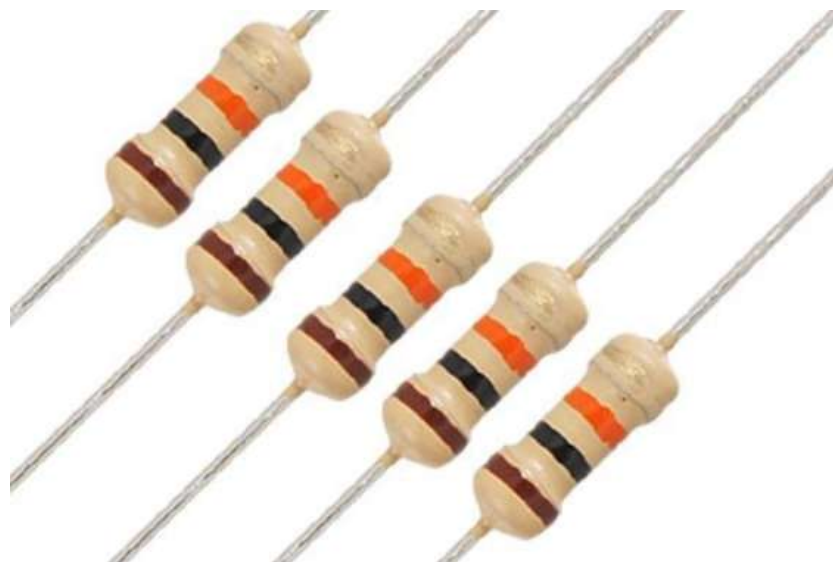


Рисунок 1.18 - Зовнішній вигляд резисторів, використаних у схемі

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		30



Рисунок 1.19 - Зовнішній вигляд конденсаторів, використаних у схемі

Підібрана елементна база відповідає призначенню пристрою і не є надмірно складною для виготовлення друкованого вузла. Мікроконтролер забезпечує програмну реалізацію алгоритму, датчик температури додає функцію контролю температури, дисплей і світлодіоди забезпечують індикацію, кнопки дають змогу виконувати налаштування, а реле дозволяє керувати зовнішнім навантаженням. Такий набір компонентів добре узгоджується з електричною принциповою схемою і дає змогу реалізувати пристрій у вигляді компактного друкованого вузла.

1.5 Компоновка друкованого вузла, розрахунок надійності та друкованого монтажу

1.5.1 Компоновка друкованого вузла

Друкований вузол шестиканального таймера з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням складається з друкованої плати та встановлених на ній електронних компонентів. Плата має прямокутну форму з габаритними розмірами $102,5 \times 85$ мм. Товщина плати становить 1,5

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		31

мм. Такі розміри дають змогу розмістити всі елементи схеми без надмірного ущільнення і залишити достатні відстані для монтажу та паяння.

Компоненти розміщені на одній стороні друкованої плати. Таке рішення спрощує складання вузла, оскільки всі елементи доступні з монтажної сторони. Одностороннє розміщення елементів також полегшує візуальний контроль після паяння, пошук можливих помилок монтажу та заміну окремих компонентів у разі потреби.

Основним елементом друкованого вузла є мікроконтролер DD2 PIC16F876A. Його розміщено ближче до центральної частини плати, оскільки до нього підходить найбільша кількість електричних з'єднань. Таке положення є зручним для трасування ліній до дисплея, кнопок, датчика температури, світлодіодної індикації та виконавчого вузла.

Рідкокристалічний дисплей HG1 розміщено в лівій частині плати. Таке розташування забезпечує зручне зчитування інформації користувачем і відокремлює дисплейний вузол від елементів живлення та комутації. Поруч із дисплеєм розміщуються допоміжні елементи, які потрібні для його роботи та налаштування.

Кнопки керування SA1-SA6 винесені до нижньої частини плати. Це зручно для користувача, оскільки органи керування мають бути легкодоступними. Кнопки розташовані послідовно, що робить керування пристроєм більш зрозумілим і зручним під час налаштування режимів роботи таймера.

Світлодіоди HL1-HL9 використовуються для візуальної індикації станів пристрою. Частина світлодіодів розміщена ближче до краю плати, щоб їх було добре видно під час роботи. Біля них встановлені струмообмежувальні резистори R7-R13, які обмежують струм через світлодіоди і забезпечують нормальний режим їх роботи.

Релейний вузол, до складу якого входять реле K1, діод VD1 та резистор R1, розміщено окремо від мікроконтролерної частини. Це зменшує вплив

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

комутаційних процесів на цифрові кола пристрою. Реле є одним з елементів більшої висоти, тому його розташування вибрано так, щоб воно не заважало встановленню інших компонентів і не перекривало доступ до контактних площадок.

Вузол живлення містить стабілізатор DA1, електролітичний конденсатор C1 та елемент резервного живлення GB1. Ці компоненти розміщені в зоні, зручній для підведення живлення та подальшого контролю роботи пристрою. Стабілізатор напруги розміщений так, щоб було можливо забезпечити нормальне тепловідведення, а великогабаритні елементи не заважали іншим вузлам.

Динамік BA1 і конденсатор C2 розміщені в нижній частині плати. Звуковий сигналізатор повинен бути встановлений так, щоб його не перекривали інші елементи. Це забезпечує кращу чутність сигналу та спрощує монтаж.

Кварцовий резонатор ZQ1 разом із конденсаторами C3 і C4 розміщено поблизу мікроконтролера. Таке розташування є правильним для вузла тактування, оскільки зменшується довжина провідників між резонатором і відповідними виводами мікроконтролера. Короткі з'єднання у цьому вузлі покращують стабільність роботи тактового генератора.

Роз'єми XS1-XS9 винесені до країв друкованої плати. Це спрощує підключення зовнішніх провідників і зменшує ризик їх перетину з іншими елементами. Таке компонування є практичним, оскільки під час експлуатації до роз'ємів має бути зручний доступ.

На складальному кресленні також показано варіанти встановлення окремих елементів на плату. Для різних компонентів передбачено відповідне положення корпусу відносно плати, висоту встановлення та спосіб паяння. Це важливо для уніфікації монтажу, оскільки на платі є елементи різної конструкції: резистори, конденсатори, мікросхеми, кнопки, світлодіоди, реле, стабілізатор, динамік та елемент живлення.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		33

Підготовка елементів до монтажу та їх встановлення виконуються відповідно до вимог, зазначених на складальному кресленні. Паяння елементів передбачено припоєм ПОС-61. Для елементів, які потребують теплового контакту, використовується паста КПТ-8. Після монтажу друкований вузол покривається захисним лаком, що підвищує стійкість плати до впливу зовнішнього середовища та зменшує ризик окиснення провідників.

Компонування друкованого вузла виконане так, щоб функціональні частини пристрою були логічно розділені: мікроконтролерна частина розташована ближче до центру, вузол індикації - ближче до зони візуального контролю, кнопки - у нижній частині, роз'єми - біля країв, а релейний та живильний вузли - окремо від сигнальних кіл. Таке розміщення спрощує трасування друкованих провідників, монтаж елементів і подальшу перевірку роботи пристрою.

1.5.2 Розрахунок надійності проектного пристрою

Надійність проектного пристрою визначається надійністю його окремих електронних компонентів та умовами їх роботи. Для шестиканального таймера основними елементами, які впливають на надійність, є мікроконтролер, стабілізатор напруги, датчик температури, дисплей, світлодіоди, реле, кнопки, резистори, конденсатори, діод, кварцовий резонатор, динамік, елемент живлення та друкована плата.

Розрахунок виконуємо за умови, що відмови елементів є незалежними, а інтенсивність відмов у період нормальної експлуатації залишається сталою. Для такого випадку можна застосувати експоненційний закон надійності.

Сумарна інтенсивність відмов пристрою визначається за формулою:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum N_i \cdot \lambda_i, \quad (1.8)$$

де N_i - кількість елементів одного типу;

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		34

λ_i - інтенсивність відмов одного елемента, 10^{-6} 1/год;

λ_{Σ} - сумарна інтенсивність відмов пристрою, 10^{-6} 1/год.

Для розрахунку приймаємо орієнтовні значення інтенсивності відмов елементів за їх категоріями. Дані для розрахунку наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Розрахунок сумарної інтенсивності відмов пристрою

Елемент або група елементів	Кількість, шт.	λ_i , 10^{-6} 1/год	$N_i \cdot \lambda_i$, 10^{-6} 1/год
Мікросхеми DD1, DD2, DA1	3	2,5	7,5
Рідкокристалічний дисплей HG1	1	4,0	4,0
Світлодіоди HL1-HL9	9	0,6	5,4
Резистори R1-R13	13	0,15	1,95
Конденсатори C1-C4	4	0,8	3,2
Реле K1	1	8,0	8,0
Кнопки SA1-SA6	6	1,0	6,0
Діод VD1	1	0,3	0,3
Кварцовий резонатор ZQ1	1	0,5	0,5
Динамік BA1	1	0,7	0,7
Елемент живлення GB1	1	2,0	2,0
Друкована плата	1	0,8	0,8
Разом			40,35

Сумарна інтенсивність відмов пристрою становить:

$$\lambda_{\Sigma} = 40,35 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$$

Середній час напрацювання до відмови визначається за формулою:

$$T_{\text{сер}} = 1 / \lambda_{\Sigma}, \quad (1.9)$$

Оскільки значення λ_{Σ} подане в одиницях 10^{-6} 1/год, формулу зручно записати так:

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		35

$$T_{сер} = 10^6 / \lambda \Sigma, \quad (1.10)$$

Підставляємо значення:

$$T_{сер} = 10^6 / 40,35 = 24783 \text{ год}$$

$$T_{сер} \approx 24,8 \cdot 10^3 \text{ год}$$

Отримане значення середнього часу напрацювання до відмови становить приблизно 24800 год, тобто близько 25 тис. годин. Це відповідає очікуваному діапазону для мікроконтролерного пристрою з дисплеєм, реле, кнопками та світлодіодною індикацією.

Ймовірність безвідмовної роботи пристрою за час t визначається за формулою:

$$P(t) = e^{(-\lambda \Sigma \cdot t)}, \quad (1.11)$$

Для часу роботи $t = 1000$ год:

$$P(1000) = e^{-(40,35 \cdot 10^{-6}) \cdot 1000}$$

$$P(1000) = e^{(-0,04035)} = 0,960$$

Для часу роботи $t = 10000$ год:

$$P(10000) = e^{-(40,35 \cdot 10^{-6}) \cdot 10000}$$

$$P(10000) = e^{(-0,4035)} = 0,668$$

Розрахунок показує, що найбільший внесок у сумарну інтенсивність відмов мають реле, кнопки, мікросхеми, дисплей та світлодіоди. Це пояснюється тим, що реле і кнопки є електромеханічними елементами, а

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

дисплей та світлодіодна індикація постійно беруть участь у роботі пристрою. Середній час напрацювання до відмови близько 25 тис. годин можна вважати прийнятним для проєктованого шестиканального таймера.

1.5.3 Розрахунок друкованого монтажу

Для розроблення друкованого монтажу шестиканального таймера приймається двостороння друкована плата з металізованими монтажними отворами. Такий тип плати вибрано через наявність значної кількості з'єднань між мікроконтролером, дисплеєм, кнопками керування, світлодіодною індикацією, датчиком температури, релейним вузлом та роз'ємами. Використання двох провідникових шарів дає змогу зручніше виконати трасування і зменшити кількість перетинів провідників.

Друкована плата виконується на основі фольгованого склотекстоліту СФ1-35-15. Товщина основи приймається 1,5 мм, а товщина мідної фольги - 35 мкм. Такий матеріал забезпечує достатню механічну міцність плати, нормальні електроізоляційні властивості та придатність до свердління, металізації отворів і паяння вивідних елементів.

Для плати приймається 3-й клас точності. Він є достатнім для даного пристрою, оскільки в схемі застосовані переважно вивідні елементи, кнопки, роз'єми, мікросхеми, реле, дисплей, резистори, конденсатори та світлодіоди. Надщільного монтажу або елементів з дуже малим кроком виводів у пристрої немає, тому застосування вищого класу точності не є необхідним.

Габаритні розміри друкованої плати приймаються $102,5 \times 85$ мм. Такі розміри дають змогу розмістити всі елементи схеми на одній стороні плати, залишити місце для кріпильних отворів і забезпечити зручний доступ до кнопок, індикаторів та роз'ємів. Компоненти розміщуються з урахуванням їх функціонального призначення: мікроконтролер - ближче до центральної частини, кнопки - у нижній зоні плати, роз'єми - біля країв, а релейний і живильний вузли - окремо від основних сигнальних кіл.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		37

Для монтажу вивідних елементів приймаються отвори діаметром 0,9 мм. Такий діаметр підходить для більшості компонентів, використаних у схемі: резисторів, конденсаторів, діода, кнопок, роз'ємів, мікросхем, реле та інших елементів. На кресленні передбачено 142 монтажні отвори з металізацією, що забезпечує електричний зв'язок між верхнім і нижнім шарами плати.

Діаметр контактної площадки для монтажних отворів приймається 1,8 мм. При отворі 0,9 мм таке значення забезпечує достатній кільцевий поясок міді навколо отвору. Це важливо для якісного паяння виводів елементів і зменшення ризику пошкодження контактної площадки під час свердління або монтажу.

Для сигнальних провідників приймається мінімальна ширина 0,25 мм. Такі провідники використовуються для з'єднання мікроконтролера з кнопками, дисплеєм, датчиком температури, світлодіодною індикацією та іншими малострумівими вузлами. Для кіл живлення і загального провідника доцільно приймати більшу ширину провідників - не менше 0,6 мм, оскільки ці лінії живлять основні вузли пристрою і мають менше втрачати напругу.

Мінімальний зазор між друкованими провідниками, контактними площадками та іншими струмопровідними елементами приймається не менше 0,25 мм. Для низьковольтних кіл пристрою такого зазору достатньо, оскільки основна частина схеми працює від стабілізованої напруги 5 В. У місцях, де є вільний простір, зазори бажано збільшувати, щоб підвищити технологічність виготовлення плати і зменшити ризик випадкових замикань під час паяння.

Відстань від краю друкованої плати до провідникового рисунка приймається не менше 1 мм. Це потрібно для того, щоб під час обробки країв плати, встановлення у корпус або закріплення через монтажні отвори не пошкодити друковані провідники. Навколо кріпильних отворів також залишаються вільні зони без провідників і елементів.

Для світлодіодів LED 3528 RGB приймаються посадкові місця поверхневого монтажу відповідно до габаритів корпусу. Такі елементи не

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		38

потребують монтажних отворів, але для них важливо правильно задати розміри контактних площадок, щоб забезпечити нормальне паяння і механічне утримання компонента на платі.

Для вивідних елементів приймається монтаж з паянням у металізовані отвори. Елементи встановлюються на одній стороні друкованої плати, а паяння виконується з боку друкованого монтажу. Такий спосіб зручний для складання, контролю якості паяння та подальшого ремонту або заміни елементів.

Прийняті параметри друкованого монтажу відповідають конструкції даного пристрою і дозволяють виконати плату без надмірного ущільнення. Діаметр отворів 0,9 мм, контактні площадки 1,8 мм, металізація отворів, двостороннє трасування та 3-й клас точності забезпечують нормальні умови для виготовлення друкованої плати, монтажу компонентів і подальшої експлуатації шестиканального таймера.

1.5.4 Технологія виготовлення друкованої плати

Двостороння друкована плата шестиканального таймера виготовляється з фольгованого склотекстоліту СФ1-35-15 товщиною 1,5 мм. Товщина мідної фольги становить 35 мкм. Такий матеріал прийнято через його достатню механічну міцність, добрі ізоляційні властивості та придатність до виготовлення плат з металізованими отворами.

Друкована плата має прямокутну форму з габаритними розмірами 102,5 × 85 мм. Провідниковий рисунок формується на двох сторонах плати. Верхній і нижній шари використовуються для з'єднання елементів схеми, що дає змогу зменшити кількість перетинів провідників і виконати трасування без встановлення додаткових дротяних перемичок.

Для виготовлення плати приймається комбінований позитивний спосіб. Він передбачає формування захисного рисунка на фольгованій основі, травлення зайвої міді, свердління отворів і подальше виконання металізації.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

Такий спосіб підходить для двосторонніх друкованих плат, оскільки дозволяє отримати електричний зв'язок між провідниковими шарами через металізовані отвори.

На початковому етапі виконується підготовка заготовки з фольгованого склотекстоліту. Заготовку вирізають відповідно до габаритів плати, після чого поверхню мідної фольги очищають від забруднень, оксидів і залишків жиру. Якість очищення важлива, оскільки від неї залежить рівномірність нанесення фоторезисту та точність формування провідникового рисунка.

Після підготовки поверхні на обидві сторони плати наносять світлочутливий шар. Далі через фотошаблони експонують зображення провідникового рисунка верхнього та нижнього шарів. Під час цього етапу важливо точно сумістити рисунки двох сторін, щоб контактні площадки та отвори збігалися між собою.

Після експонування виконується проявлення фоторезисту. На платі залишається захисний шар у тих місцях, де повинні бути друковані провідники та контактні площадки. Ділянки міді, які не входять до провідникового рисунка, залишаються відкритими для подальшого травлення.

Травлення виконується для видалення зайвої міді з поверхні плати. У результаті на основі залишаються тільки потрібні друковані провідники, контактні площадки та інші елементи провідникового рисунка. Після травлення плату промивають і видаляють залишки захисного шару.

Далі виконується свердління монтажних і перехідних отворів. Для даної плати прийнято монтажні отвори діаметром 0,9 мм з контактними площадками діаметром 1,8 мм. Загальна кількість таких отворів становить 142. Отвори виконуються з металізацією, що забезпечує електричне з'єднання між верхнім і нижнім провідниковими шарами.

Металізація отворів є важливим етапом виготовлення двосторонньої плати. Вона дозволяє використовувати отвори не тільки для встановлення вивідних елементів, але й для переходу провідників з одного шару на інший.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		40

Завдяки цьому спрощується трасування з'єднань між мікроконтролером, дисплеєм, кнопками, світлодіодами, датчиком температури та іншими вузлами пристрою.

Після формування провідникового рисунка та металізації отворів на плату наносять паяльну маску. Вона захищає мідні провідники від окиснення, зменшує ризик випадкового замикання під час паяння і покращує зовнішній вигляд друкованої плати. Відкритими залишаються тільки контактні площадки, місця паяння та інші необхідні ділянки.

Наступним етапом є нанесення маркування. На платі позначають позиційні позначення елементів, контури компонентів, полярність діодів, конденсаторів та інші допоміжні написи. Таке маркування спрощує монтаж, контроль правильності встановлення елементів і подальше обслуговування друкованого вузла.

Після виготовлення плата проходить контроль якості. Перевіряють відповідність габаритних розмірів, правильність провідникового рисунка, якість контактних площадок, наявність металізації отворів, відсутність обривів і коротких замикань між провідниками. Також перевіряють чистоту поверхні та якість нанесення паяльної маски.

Монтаж елементів виконується відповідно до складального креслення. Компоненти встановлюються на одній стороні плати, а їхні виводи пропускаються через монтажні отвори та припаюються. Для паяння використовується припій ПОС-61. Після завершення монтажу друкований вузол очищають від залишків флюсу і перевіряють якість паяних з'єднань.

Для підвищення захисту готового друкованого вузла передбачено покриття лаком. Лакове покриття захищає плату від вологи, пилу, окиснення та випадкового забруднення. Це особливо важливо для пристрою, який містить мікроконтролер, дисплей, датчик температури та вузли індикації.

Прийнята технологія виготовлення відповідає конструкції плати шестиканального таймера. Двостороннє виконання, металізовані отвори,

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		41

паяльна маска та захисне лакове покриття забезпечують технологічність виготовлення, зручність монтажу і достатню надійність друкованого вузла під час подальшої експлуатації.

1.6 Висновок до розділу 1

У першому розділі було розглянуто основні етапи розробки шестиканального таймера з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням. Виконано аналіз технічного завдання, визначено призначення пристрою, основні технічні характеристики та проведено порівняння з подібними пристроями.

Було проаналізовано структурну схему, описано роботу основних функціональних вузлів та електричну принципову схему пристрою. Центральним елементом схеми є мікроконтролер PIC16F876A, який забезпечує обробку сигналів від кнопок, роботу з датчиком температури DS18B20, керування дисплеєм, світлодіодною індикацією та виконавчим релейним вузлом. Також виконано розрахунок вузла світлодіодної індикації, що підтвердив правильність вибору струмообмежувальних резисторів.

У розділі обґрунтовано вибір елементної бази, розглянуто алгоритм роботи мікроконтролера та виконано опис основних компонентів пристрою. Для друкованого вузла прийнято двосторонню плату з одностороннім розміщенням елементів. Проведено аналіз компоновання, розрахунок надійності, визначено основні параметри друкованого монтажу та описано технологію виготовлення друкованої плати. Розроблені рішення дають змогу перейти до оформлення графічної частини, виготовлення плати та подальшого монтажу пристрою.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		42

2. Охорона праці та безпека життєдіяльності

2.1 Ризик як кількісна оцінка небезпек

Ризик у безпеці життєдіяльності розглядається як кількісна характеристика небезпеки. Він показує, наскільки ймовірною є небезпечна подія та до яких наслідків вона може призвести. Для технічних пристроїв та електронних вузлів такий підхід є зручним, оскільки дозволяє не просто перерахувати можливі небезпеки, а оцінити їх важливість і визначити, які заходи безпеки потрібно передбачити в першу чергу.

Під час роботи з друкованим вузлом шестиканального таймера основними джерелами небезпеки є електричні кола живлення, релейний вузол, паяльне обладнання, нагріті елементи, гострі виводи компонентів та помилки монтажу. Навіть якщо цифрова частина пристрою працює від низької напруги 5 В, небезпека повністю не зникає, оскільки під час налагодження можуть використовуватися зовнішні джерела живлення, вимірювальні прилади та навантаження, підключене через реле.

У загальному вигляді ризик можна оцінювати як поєднання ймовірності виникнення небезпечної події та тяжкості її наслідків. Наприклад, коротке замикання на платі може мати різну небезпеку залежно від того, де саме воно виникло. Якщо замикання сталося у низьковольтному сигнальному колі, наслідком може бути неправильна робота мікроконтролера або пошкодження елемента. Якщо ж помилка пов'язана з колом живлення або релейним вузлом, наслідки можуть бути серйознішими: перегрів провідників, пошкодження плати, вихід з ладу стабілізатора або виникнення пожежонебезпечної ситуації.

Для проєктованого пристрою можна виділити кілька характерних ризиків. Перший ризик пов'язаний з помилковим підключенням живлення. Якщо переплутати полярність або подати напругу, яка перевищує допустиме значення, можуть вийти з ладу стабілізатор LM7805, мікроконтролер

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		43

PIC16F876A, дисплей PM1621 або датчик температури DS18B20. Для зменшення такого ризику потрібно перевіряти полярність перед подачею живлення, використовувати підписані роз'єми та виконувати перше вмикання через лабораторний блок живлення з обмеженням струму.

Другий ризик пов'язаний із коротким замиканням після монтажу. Воно може виникнути через залишки припою, перемички між контактними площадками, неправильне встановлення елемента або пошкодження ізоляційного шару. Перед першим вмиканням друкований вузол потрібно оглянути візуально та перевірити мультиметром опір між лінією живлення і загальним проводом. Це дозволяє виявити грубі помилки ще до подачі напруги.

Третій ризик пов'язаний із релейним вузлом. Реле К1 використовується для комутації зовнішнього навантаження, тому ця частина схеми потребує особливої уваги. Під час налагодження не можна торкатися контактів реле та підключених зовнішніх провідників при поданій напрузі. Якщо реле комутує навантаження з підвищеною напругою, його перевірку потрібно виконувати тільки після контролю правильності підключення та за відсутності доступу до відкритих струмоведучих частин.

Четвертий ризик виникає під час паяння. Паяльник має високу температуру жала, тому неправильне поводження з ним може призвести до опіків або пошкодження ізоляції провідників. Під час монтажу потрібно використовувати справну підставку для паяльника, не залишати його без нагляду, не торкатися нагрітих частин і працювати у провітрюваному приміщенні. Після завершення паяння необхідно очищати плату від залишків флюсу, оскільки забруднення можуть погіршити ізоляційні властивості між провідниками.

Окремо слід врахувати ризик пошкодження електронних компонентів статичною електрикою. Мікроконтролер, датчик температури та дисплей можуть бути чутливими до електростатичних розрядів. Щоб зменшити цей

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		44

ризик, компоненти бажано зберігати в антистатичній упаковці, не торкатися виводів без потреби та виконувати монтаж на чистому робочому місці.

Зменшення ризику досягається не одним окремим заходом, а поєднанням правильного проєктування, акуратного монтажу, контролю перед увімкненням і дотримання правил безпеки під час налагодження. Для шестиканального таймера найбільш важливими є перевірка живлення, контроль якості паяння, правильне підключення релейного навантаження та використання вимірювальних приладів у безпечному режимі. Саме ці дії дають змогу зменшити ймовірність помилки та уникнути пошкодження пристрою під час першого запуску.

2.2 Заходи щодо захисту від ураження електричним струмом під час монтажу та налагодження друкованого вузла

Під час монтажу та налагодження друкованого вузла шестиканального таймера основну увагу потрібно приділяти електробезпеці. Пристрій містить вузол живлення, стабілізатор напруги, мікроконтролерну частину, реле, роз'єми для підключення зовнішніх кіл, світлодіодну індикацію, дисплей та елемент резервного живлення. Хоча основна цифрова частина працює від стабілізованої напруги 5 В, небезпека ураження електричним струмом може виникати під час підключення зовнішнього живлення, перевірки релейного вузла, роботи з лабораторним блоком живлення та вимірювальними приладами.

Перед початком монтажу необхідно перевірити справність робочого місця, паяльного обладнання, вимірювальних приладів і джерел живлення. Паяльник повинен мати цілий кабель живлення, справну вилку та надійну підставку. Забороняється працювати з обладнанням, яке має пошкоджену ізоляцію, нестабільне з'єднання провідників або сліди перегрівання. Робоче

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		45

місце має бути сухим, освітленим і вільним від зайвих металевих предметів, які можуть випадково замкнути контакти плати.

Монтаж електронних компонентів потрібно виконувати при вимкненому живленні. Подавати напругу на друкований вузол дозволяється тільки після завершення паяння, візуального огляду плати та перевірки основних електричних кіл. Перед першим увімкненням необхідно переконатися у правильності встановлення полярних елементів: електролітичних конденсаторів, діода, стабілізатора напруги, світлодіодів та елемента живлення. Помилкове встановлення таких компонентів може спричинити коротке замикання, перегрівання або вихід з ладу вузла живлення.

Особливу увагу потрібно приділяти перевірці кіл живлення. Перед подачею напруги мультиметром перевіряють відсутність короткого замикання між лінією живлення та загальним проводом. Перше вмикання доцільно виконувати від лабораторного блока живлення з обмеженням струму. Це дозволяє зменшити ризик пошкодження елементів у разі помилки монтажу або неправильного підключення.

Під час налагодження забороняється торкатися відкритих контактів плати руками, якщо на пристрій подано живлення. Вимірювання потрібно виконувати справними щупами з ізольованими ручками. При перевірці напруги живлення, сигналів на виводах мікроконтролера, дисплея або датчика температури слід уникати випадкового замикання сусідніх контактів щупом. Особливо це важливо біля мікросхем, дисплея та роз'ємів, де відстань між контактами є невеликою.

Релейний вузол потребує окремого контролю. Реле К1 призначене для комутації зовнішнього навантаження, тому під час його перевірки потрібно чітко розділяти низьковольтну керуючу частину та коло навантаження. Якщо до контактів реле підключається зовнішнє джерело підвищеної напруги, перевірку слід виконувати тільки після вимкнення живлення та перевірки

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		46

правильності підключення провідників. Не допускається зміна схеми підключення або перестановка проводів при поданій напрузі.

Для захисту від ураження електричним струмом важливо використовувати ізольовані провідники та справні роз'єми. Провідники, які підключаються до плати, не повинні мати оголених ділянок поза контактною зоною. З'єднання мають бути механічно надійними, щоб під час перевірки не виникало випадкового від'єднання або дотику провідника до сусідніх елементів. Якщо пристрій встановлюється у корпус, струмоведучі частини повинні бути недоступними для випадкового дотику.

Під час роботи з елементом резервного живлення 6F22 також потрібно дотримуватись обережності. Не можна допускати короткого замикання його контактів, оскільки це може призвести до швидкого нагрівання батареї та пошкодження контактів. Елемент живлення потрібно підключати з дотриманням полярності, а при тривалому зберіганні пристрою бажано від'єднувати його від схеми.

Після завершення монтажу друкований вузол потрібно очистити від залишків флюсу та оглянути місця паяння. Залишки флюсу, припою або дрібні металеві частинки можуть погіршити ізоляцію між провідниками і створити умови для замикання. Контактні площадки мають бути пропаяні рівномірно, без перемичок між сусідніми доріжками. Елементи, які мають більшу висоту або механічне навантаження, повинні бути встановлені стійко.

Під час налагодження пристрою потрібно виконувати роботи послідовно: спочатку перевіряється вузол живлення, потім наявність стабілізованої напруги 5 В, після цього робота мікроконтролера, дисплея, кнопок, світлодіодів, датчика температури та релейного вузла. Такий порядок дозволяє швидко виявити несправність і не подавати живлення на всю схему без попередньої перевірки основних вузлів.

Виконання цих заходів зменшує ризик ураження електричним струмом, пошкодження друкованого вузла та виходу з ладу електронних компонентів.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		47

Для даного пристрою найбільш важливими є контроль справності джерела живлення, правильність підключення полярних елементів, обмеження струму при першому запуску, акуратне виконання вимірювань і безпечна перевірка релейного вузла.

2.3 Висновок до розділу 2

У другому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності, які пов'язані з монтажем і налагодженням друкованого вузла шестиканального таймера. Було визначено основні небезпечні фактори, що можуть виникати під час роботи з пристроєм: помилкове підключення живлення, коротке замикання, перегрівання елементів, ураження електричним струмом, пошкодження компонентів та небезпека під час роботи з паяльним обладнанням.

У розділі розглянуто ризик як кількісну оцінку небезпек і показано, що для зменшення ризику важливо поєднувати правильне проектування, акуратний монтаж, попередній контроль плати та послідовне налагодження пристрою. Окрему увагу приділено заходам захисту від ураження електричним струмом під час перевірки вузла живлення, роботи з лабораторним блоком живлення, мультиметром, релейним вузлом і резервним елементом живлення.

Дотримання запропонованих заходів дає змогу безпечніше виконувати монтаж, перше вмикання та перевірку працездатності пристрою. Для даного друкованого вузла найбільш важливими є перевірка відсутності коротких замикань перед подачею напруги, контроль полярності елементів, використання справного інструменту, обмеження струму під час першого запуску та обережна робота з відкритими контактами під час вимірювань.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		48

Висновки

У кваліфікаційній роботі було виконано розробку шестиканального таймера з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням. Розроблений пристрій призначений для керування кількома каналами, контролю температури, індикації режимів роботи та забезпечення працездатності при короткочасному зникненні основного живлення.

У першому розділі проведено аналіз технічного завдання та визначено основні вимоги до пристрою. Було розглянуто функціональні можливості таймера, його основні вузли та особливості побудови. Також виконано порівняння з подібними пристроями, які реалізують окремі функції часового керування, температурного контролю або керування освітленням.

Було розроблено та описано структурну схему пристрою. Центральним вузлом схеми є мікроконтролер PIC16F876A, який забезпечує обробку сигналів від кнопок, роботу з датчиком температури DS18B20, керування дисплеєм PM1621, світлодіодною індикацією, звуковим сигналізатором і релейним вузлом. Опис електричної принципової схеми показав взаємодію основних елементів пристрою та їх роль у роботі шестиканального таймера.

У роботі виконано розрахунок вузла світлодіодної індикації. За результатами розрахунку встановлено, що вибрані номінали струмообмежувальних резисторів забезпечують нормальний робочий струм світлодіодів і не призводять до перевищення допустимої потужності елементів. Також було описано алгоритм роботи мікроконтролера, який передбачає початкову ініціалізацію, опитування кнопок, зчитування температури, обробку даних, керування виконавчим вузлом та оновлення індикації.

Обґрунтовано вибір елементної бази пристрою. До складу схеми входять мікроконтролер PIC16F876A, датчик температури DS18B20, стабілізатор LM7805, рідкокристалічний дисплей PM1621, світлодіоди LED 3528 RGB, реле JQC-3FF, кнопки керування, кварцовий резонатор, пасивні елементи та

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		49

елемент резервного живлення 6F22. Вибрані компоненти відповідають призначенню пристрою та забезпечують реалізацію його основних функцій.

Для пристрою виконано компоновання друкованого вузла. Прийнято двосторонню друковану плату з одностороннім розміщенням елементів. Габаритні розміри плати становлять 102,5 × 85 мм, матеріал основи - фольгований склотекстоліт товщиною 1,5 мм. Було розглянуто розміщення основних компонентів на платі, особливості встановлення мікроконтролера, дисплея, кнопок, світлодіодів, релейного вузла, вузла живлення та роз'ємів.

У роботі проведено розрахунок надійності проєктованого пристрою. Середній час напрацювання до відмови становить приблизно 24800 год, що відповідає очікуваному рівню для мікроконтролерного пристрою з дисплеєм, реле, кнопками та світлодіодною індикацією. Також визначено основні параметри друкованого монтажу та описано технологію виготовлення двосторонньої друкованої плати з металізованими отворами, паяльною маскою і захисним покриттям.

У другому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності. Було проаналізовано ризик як кількісну оцінку небезпек під час монтажу та налагодження друкованого вузла. Основну увагу приділено можливим небезпекам, пов'язаним з електричним струмом, коротким замиканням, помилковим підключенням живлення, роботою з релейним вузлом, паяльним обладнанням та вимірювальними приладами.

Також визначено заходи щодо захисту від ураження електричним струмом під час монтажу і перевірки пристрою. До основних заходів належать перевірка справності обладнання, виконання монтажу при вимкненому живленні, контроль полярності елементів, перевірка відсутності коротких замикань, перше вмикання через джерело живлення з обмеженням струму та обережна робота з відкритими контактами під час налагодження.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є розроблений шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		50

резервним живленням, для якого виконано опис схеми, вибір елементної бази, розрахунки, компоновання друкованого вузла та розгляд питань безпечного монтажу. Отримані матеріали можуть бути використані для виготовлення друкованої плати, складання пристрою та подальшої перевірки його працездатності.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		51

Список використаних джерел

1. 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.
2. Програма для розробки схем "Altium Designer".
3. Ткачук Р. А., Дозорський В. Г., Дедів Л. Є., Дедів І. Ю. Основи технології радіоелектронних апаратів : навчальний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 336 с.
4. Хвостівська Л., Хвостівський М., Дунець В., Дедів І. Mathematical, algorithmic and software support of synphase detection of radio signals in electronic communication networks with noises // Scientific Journal of TNTU. 2023. Vol. 111, No. 3. P. 48–57.
5. Дедів І. Ю., Казьмірук О. П. Приватні мережі на основі 5G технологій зв'язку // Матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, 11–12 грудня 2025 р. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. С. 252–253.
6. Дедів І. Ю., Сверстюк А. С., Дедів Л. Є., Дозорський В. Г., Хвостівський М. О. Математичне моделювання, методи та програмне забезпечення опрацювання дихальних шумів у комп'ютерних аускультативних діагностичних системах. Львів : Видавництво «Магнолія-2006», 2021. 126 с.
7. ДСТУ 2646-94. Плати друковані. Терміни та визначення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=102586.
8. ДСТУ 3334-96. Плати друковані. Загальні вимоги до технологічних процесів регенерації, знешкодження та утилізації розчинів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=90096.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		52

9. ДСТУ 2.104:2006 Єдина система конструкторської документації. Основні написи (ДСТУ 2.104-2006, IDT). З Поправками (ІПС № 5 2007), (ІПС № 6-2007), (ІПС № 8-2007), (ІПС № 5-2008). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=55417.

10. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ : Книжк. палата України ім. Ів. Федор., 2015. 26 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64411.

11. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12> (дата звернення: 23.06.2026).

12. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс України від 02.10.2012 № 5403-VI // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/5403-17> (дата звернення: 23.06.2026).

13. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : наказ Держнаглядохоронпраці України від 09.01.1998 № 4 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0093-98> (дата звернення: 23.06.2026).

14. Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями : наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 19.12.2013 № 966 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0327-14> (дата звернення: 23.06.2026).

15. Правила безпечної експлуатації електроустановок : наказ Держнаглядохоронпраці України від 06.10.1997 № 257 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0011-98> (дата звернення: 23.06.2026).

16. Гевко І.Б., Дунець В.Л., Паляниця Ю.Б., Марценюк А.С., Химич Г.П. Дрон з імпульсним квантовим генератором для знешкодження об'єктів

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

ураження. Матеріали IV Міжнародної наукової конференції «Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя: зб. тез доповідей, 18-19.04.2024 р. Тернопіль: ТНТУ, 2024

17. Основи технології радіоелектронних апаратів : навчальний посібник / Р. А. Ткачук, В. Г. Дозорський, Л. Є. Дедів, І. Ю. Дедів. - Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. - 336 с.

18. Dozorska O., Yavorska E., Dozorskyi V., Pankiv I., Dediv L. Dediv I. The Method of Indirect Restoration of Human Communicative Function. Proc. of the 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), CADSM'2019, (pp. 19–22). Polyana-Svalyava (Zakarpattya), UKRAINE 978-1-7281-0053-1/19.

19. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» уклад.: Дунець В.Л., Хвостівський М.О. Дедів І.Ю. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021 р. – 72с.

					<i>СОВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		54

ДОДАТКИ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру РТ

_____ к.т.н. Дунець В.Л.

“28” _____ квітня _____ 2026 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему: «Шестиканальний таймер з функціями регулювання температури,
освітлення та резервним живленням»

Узгоджено:

Керівник роботи

Химич Г.П. _____

“ _____ ” _____ 2026р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

Січковський О.В. _____

“ _____ ” _____ 2026р.

Тернопіль, 2026

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: «Розробка засобами автоматизованого проектування комплексу конструкторської документації на шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням».

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження тем кваліфікаційних робіт № 4/9-198 від «28» квітня 2026 р.

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1 Студент Січковський Олександр Вікторович, групи РАс-41 кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка засобами автоматизованого проектування комплексу конструкторської документації на шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням, що включає:

- аналіз технічного завдання та існуючих пристроїв часового керування, регулювання температури та освітлення;
- розробку структурної схеми шестиканального таймера;
- розробку електричної принципової схеми пристрою;
- опис принципу роботи шестиканального таймера;
- розрахунок вузла світлодіодної індикації;
- вибір і обґрунтування елементної бази;
- розробку алгоритму роботи мікроконтролера PIC16F876A;
- компонування друкованого вузла;
- розрахунок надійності проєктованого виробу;
- визначення параметрів друкованого монтажу;
- розробку друкованої плати і конструкторської документації у середовищі Altium Designer;
- розгляд питань охорони праці та безпеки життєдіяльності.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1 Основні параметри

4.1.1 Шестиканальний таймер повинен забезпечувати керування кількома вихідними каналами відповідно до заданого алгоритму роботи.

- 4.1.2 Пристрій повинен поєднувати функції часового керування, регулювання температури, керування освітленням та резервного живлення.
- 4.1.3 Основним керуючим елементом пристрою повинен бути мікроконтролер PIC16F876A.
- 4.1.4 Для вимірювання температури повинен використовуватися цифровий датчик температури DS18B20.
- 4.1.5 Для відображення інформації про режими роботи та стан пристрою повинен використовуватися рідкокристалічний дисплей PM1621.
- 4.1.6 Для додаткової візуальної індикації повинні використовуватися світлодіоди LED 3528 RGB.
- 4.1.7 Для подачі звукового сигналу повинен використовуватися динамік HC12G-105A.
- 4.1.8 Керування режимами роботи повинно виконуватися за допомогою кнопок KAN0611.
- 4.1.9 Для комутації зовнішнього навантаження повинен використовуватися релейний вузол на основі реле JQC-3FF.
- 4.1.10 У колі реле повинен бути передбачений захисний діод 1N4007 для зменшення впливу імпульсу самоіндукції під час вимикання котушки реле.
- 4.1.11 Живлення цифрової частини пристрою повинно здійснюватися від стабілізованої напруги 5 В.
- 4.1.12 Для стабілізації напруги живлення повинен використовуватися стабілізатор LM7805.
- 4.1.13 У схемі повинно бути передбачене резервне живлення від елемента 6F22.
- 4.1.14 Для формування тактової частоти мікроконтролера повинен використовуватися кварцовий резонатор XT49M на 10 МГц.
- 4.1.15 У схемі повинна бути передбачена фільтрація напруги живлення за допомогою конденсаторів.
- 4.1.16 Підключення зовнішніх кіл, живлення та вихідних каналів повинно виконуватися через роз'єми.
- 4.1.17 Друкована плата пристрою повинна бути двосторонньою.
- 4.1.18 Елементи пристрою повинні розміщуватися на одній стороні друкованої плати.
- 4.1.19 Монтаж елементів повинен бути комбінованим з використанням вивідних елементів та окремих елементів поверхневого монтажу.
- 4.1.20 Друкована плата повинна бути виготовлена з фольгованого склотекстоліту СФ1-35-15 товщиною 1,5 мм.
- 4.1.21 Товщина мідної фольги друкованої плати повинна становити 35 мкм.
- 4.1.22 Габаритні розміри друкованої плати повинні становити 102,5 × 85 мм.

4.1.23 Друкована плата повинна відповідати 3-му класу точності.

4.1.24 У друкованій платі повинні використовуватися металізовані отвори діаметром 0,9 мм.

4.1.25 Діаметр контактних площадок повинен становити 1,8 мм.

4.1.26 Кількість монтажних отворів повинна становити 142.

4.2 Технічні вимоги

4.2.1 Шестиканальний таймер повинен відповідати вимогам технічного завдання, конструкторської документації та чинних стандартів щодо розробки електронних пристроїв і друкованих вузлів.

4.2.2 Пристрій повинен забезпечувати стабільну роботу після подачі напруги живлення.

4.2.3 Мікроконтролер PIC16F876A повинен забезпечувати обробку сигналів від кнопок, датчика температури, формування сигналів керування дисплеєм, світлодіодною індикацією, звуковим сигналізатором та релейним вузлом.

4.2.4 Датчик температури DS18B20 повинен забезпечувати передавання даних про температуру до мікроконтролера.

4.2.5 Рідкокристалічний дисплей PM1621 повинен забезпечувати виведення основної інформації про роботу пристрою.

4.2.6 Світлодіодна індикація повинна забезпечувати візуальне відображення стану каналів або режимів роботи пристрою.

4.2.7 Кнопки керування повинні забезпечувати введення команд користувача та налаштування режимів роботи таймера.

4.2.8 Релейний вузол повинен забезпечувати комутацію зовнішнього навантаження за сигналом від мікроконтролера.

4.2.9 Елементи пристрою повинні бути підібрані з урахуванням напруги живлення, призначення вузлів, типу корпусу, умов монтажу та можливості встановлення на друковану плату.

4.2.10 Друкована плата повинна забезпечувати надійне електричне з'єднання елементів, достатні технологічні зазори, правильне розведення кіл живлення, загального провідника та сигнальних ліній.

4.2.11 Для сигнальних кіл повинна бути прийнята мінімальна ширина друкованих провідників 0,25 мм.

4.2.12 Для кіл живлення та загального провідника повинна бути прийнята ширина провідників не менше 0,6 мм.

4.2.13 Мінімальний робочий зазор між струмопровідними елементами повинен становити не менше 0,25 мм.

4.2.14 Відстань від краю друкованої плати до провідникового рисунка повинна бути не менше 1 мм.

4.2.15 Напрацювання на відмову проєктованого виробу повинне бути не менше 20000 год.

4.2.16 Середній термін служби пристрою повинен бути не менше 5 років за умови дотримання правил експлуатації.

4.2.17 Конструкція пристрою повинна забезпечувати зручність монтажу, перевірки, налагодження, обслуговування та безпечної експлуатації.

4.3 Правила приймання

4.3.1 Розроблений пристрій повинен піддаватися перевірці відповідності технічному завданню та конструкторській документації.

4.3.2 Під час перевірки необхідно проконтролювати правильність монтажу, відсутність коротких замикань, якість паяння та відповідність встановлених елементів електричній принциповій схемі.

4.3.3 Перевірці підлягають вузол живлення, стабілізатор LM7805, мікроконтролер PIC16F876A, датчик температури DS18B20, рідкокристалічний дисплей PM1621, світлодіодна індикація, кнопки керування, звуковий сигналізатор, релейний вузол, роз'єми та елемент резервного живлення.

4.3.4 Перед першим увімкненням необхідно перевірити правильність підключення живлення, полярність електrolітичних конденсаторів, світлодіодів, діода, стабілізатора напруги, елемента резервного живлення та відсутність короткого замикання між шиною живлення і загальним проводом.

4.3.5 Під час першого запуску необхідно перевірити наявність стабілізованої напруги 5 В, роботу мікроконтролера, реакцію пристрою на натискання кнопок, відображення інформації на дисплеї, роботу світлодіодної та звукової індикації, зчитування температури та спрацювання релейного вузла.

4.3.6 У разі виявлення несправностей або невідповідності технічним вимогам пристрій повинен бути доопрацьований, після чого проводиться повторна перевірка.

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

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

5.2 Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- пояснювальної записки;
- структурної схеми шестиканального таймера;
- електричної принципової схеми пристрою;
- переліку елементів;
- креслення друкованої плати;
- складального креслення друкованого вузла;
- специфікації;
- блок-схеми алгоритму роботи мікроконтролера;

- додатків з графічними матеріалами.

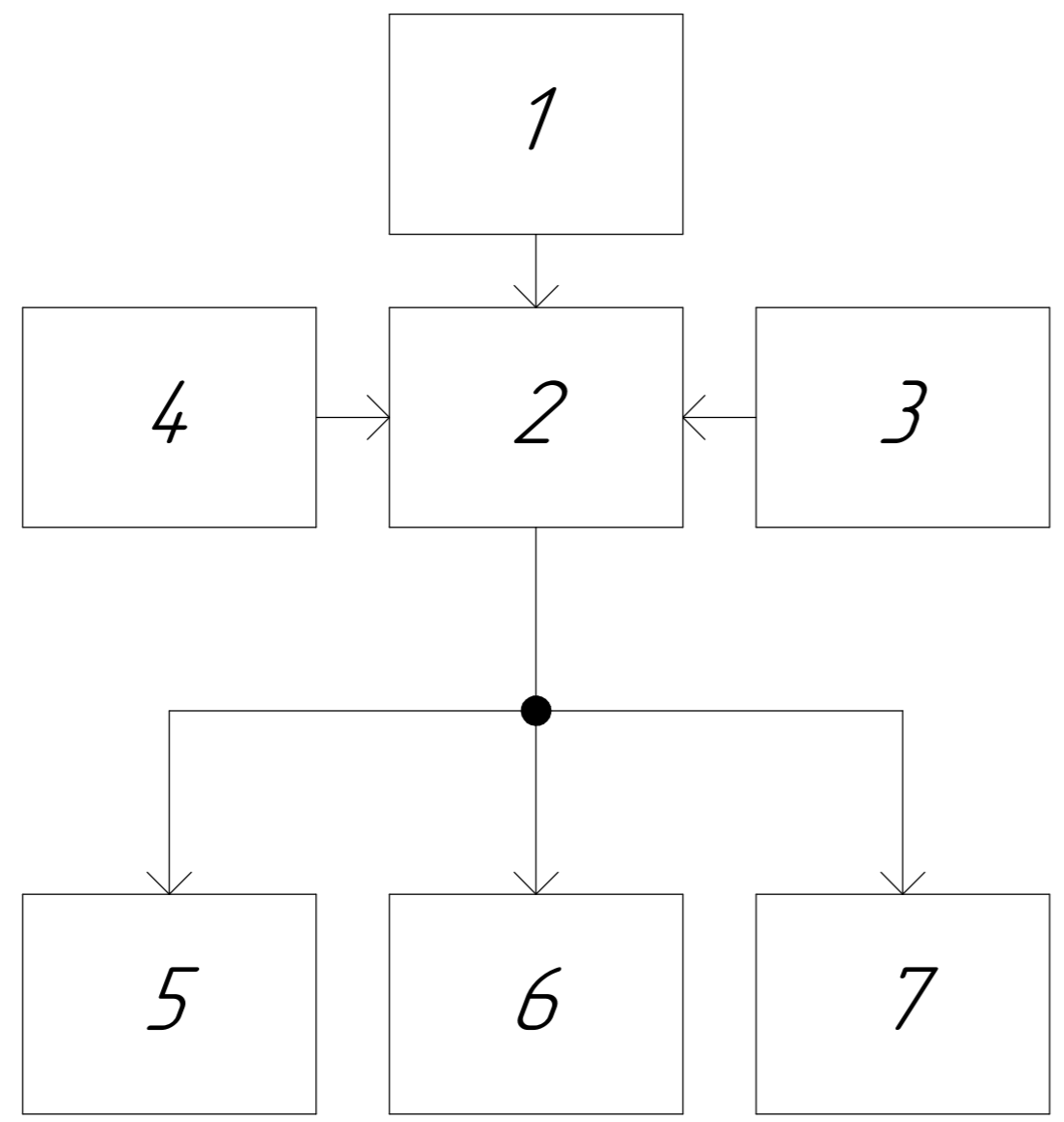
Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КР

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розробка та затвердження технічного завдання	12.03.2026
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	14.03.2026
3	Аналіз існуючих пристроїв часового керування, регулювання температури та освітлення	21.03.2026
4	Розробка структурної схеми шестиканального таймера	23.03.2026
5	Розробка схеми електричної принципової шестиканального таймера	10.04.2026
6	Розробка алгоритму роботи мікроконтролера PIC16F876A	12.04.2026
7	Опис алгоритму роботи та функціонування основних вузлів пристрою	16.04.2026
8	Розрахунок вузла світлодіодної індикації та основних параметрів електричної схеми	22.04.2026
9	Вибір та обґрунтування елементної бази пристрою	02.05.2026
10	Компонування та трасування друкованої плати шестиканального таймера	15.05.2026
11	Розрахунок надійності проєктованого виробу та параметрів друкованого монтажу	23.05.2026
12	Розробка конструкторської документації на друкований вузол шестиканального таймера	03.06.2026
13	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	09.06.2026
14	Нормоконтроль	10.06.2026
15	Попередній захист кваліфікаційної роботи	11.06.2026
16	Перевірка роботи на антиплагіат	13.06.2026
17	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2026

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

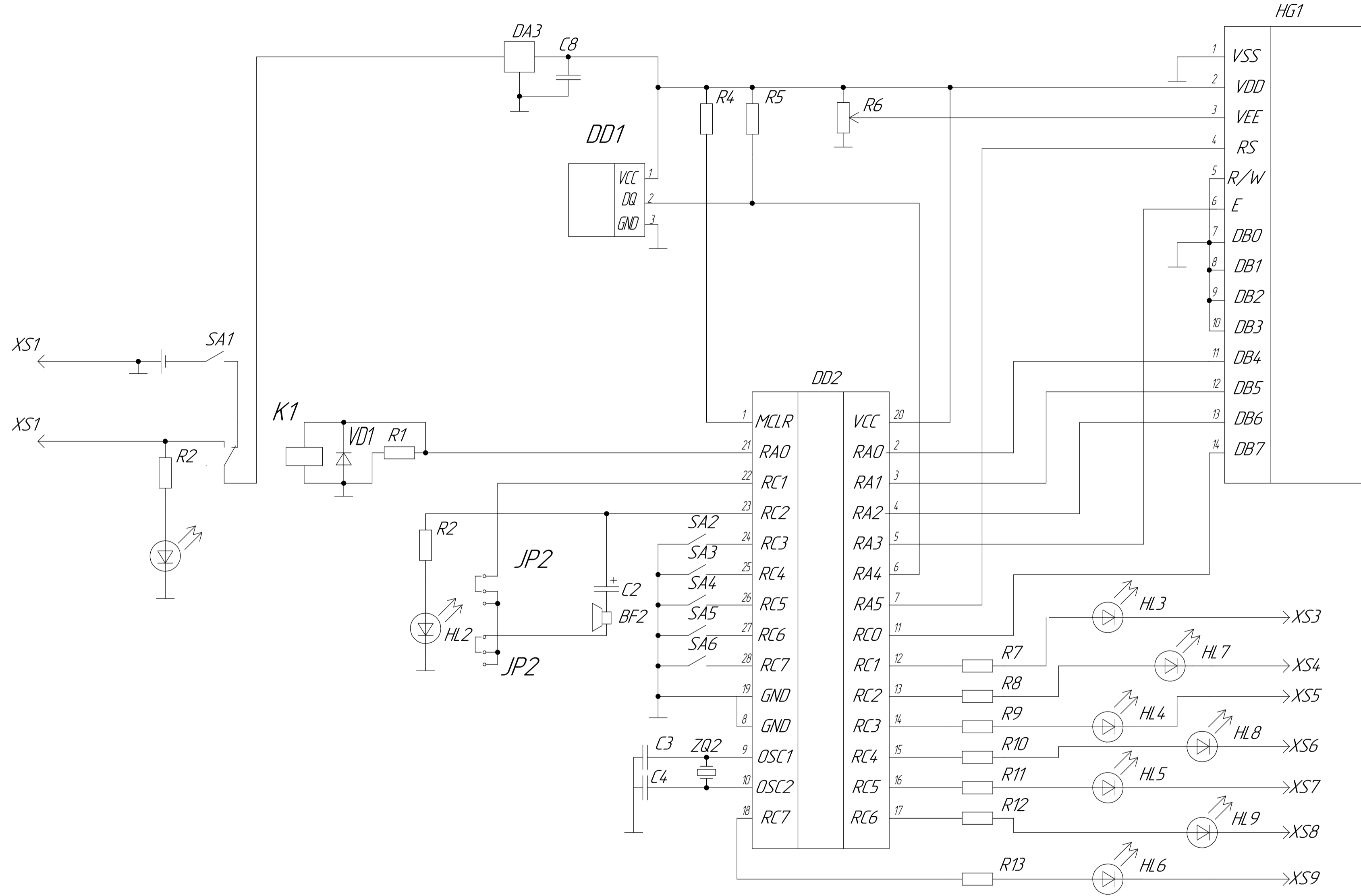
7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

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



- 1 – Вузол живлення та резервного живлення
- 2 – Мікроконтролер PIC16F876A
- 3 – Датчик температури DS18B20
- 4 – Органи керування
- 5 – Виконавчий вузол
- 6 – Рідкокристалічний дисплей
- 7 – Світлодіодна та звукова індикація

					СОВ 2.899.001 Е1		
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням Структурна схема	Літ.	Вага	Масштаб
Розроб.	Січковський О.В.						
Перевір.	Химич Г.П.						
Реценз.					Арк	Аркушів	1
Н.контр.	Хвастівська Л.В.				ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41		
Затверд.	Дунець В.Л.			Копіював Формат А3			



				COB 2.899.001 E3		
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Шестиканальний таймер з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням Схема електрична принципова		
Разроб.	Сичковський О.В.					
Перевір.	Химич Г.П.					
Реценз.						
Нжконтр.	Хвостівська Л.В.					
Затверд.	Дунець В.Л.			Літ.	Вага	Масштаб
				Арк	Аркцифів	1
				ТНТУ ім. І.Пулюя група РАС-41		
				Формат А2		

Первинне застосування

Додатковий №

Підп. і дата

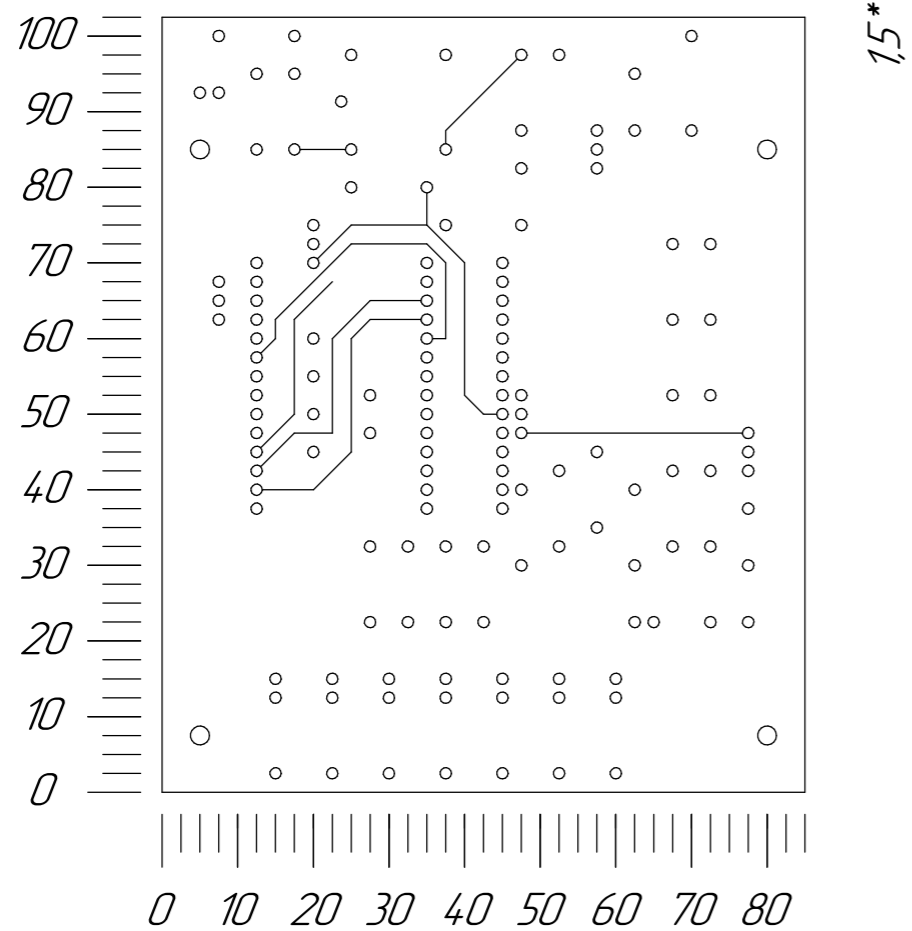
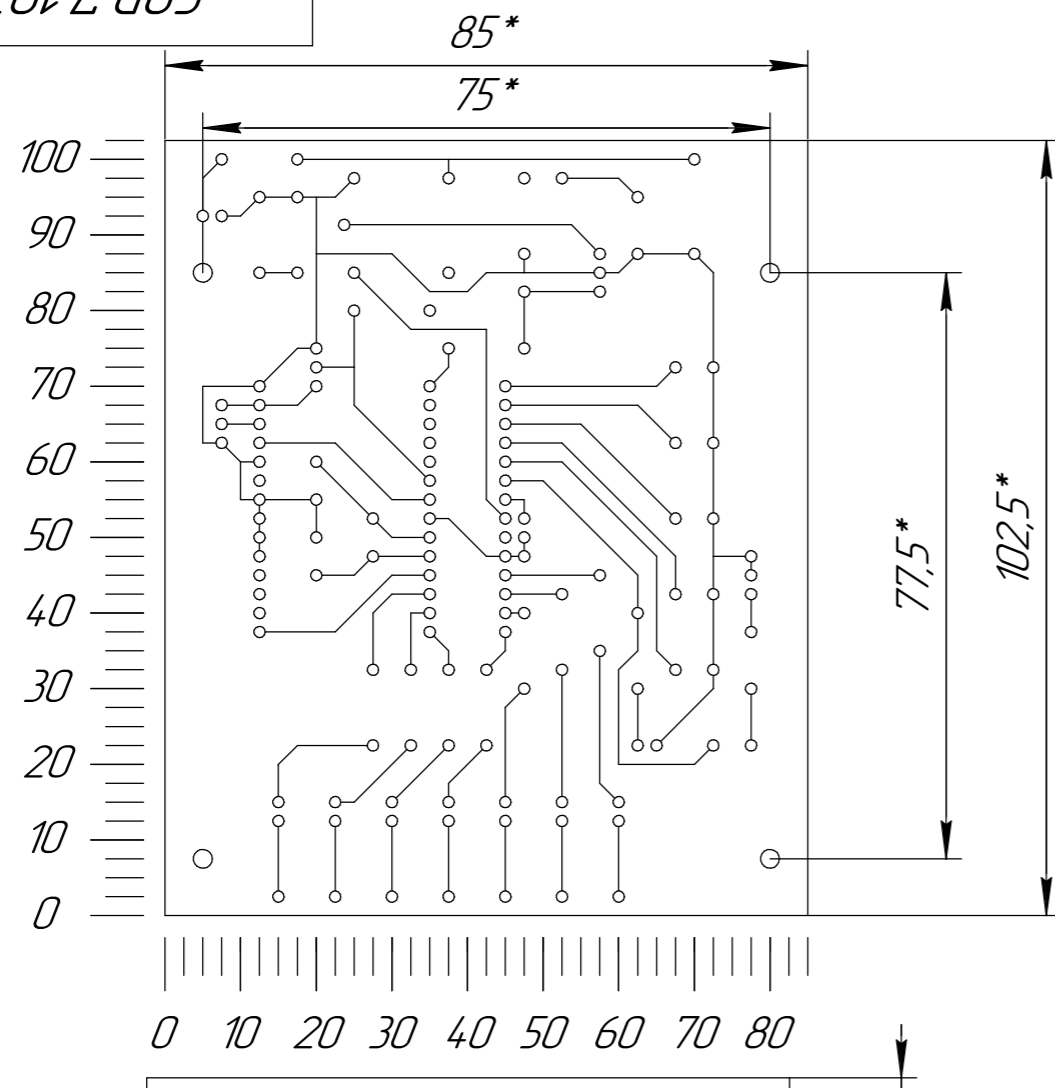
Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ар.

СОВ.7.103.001

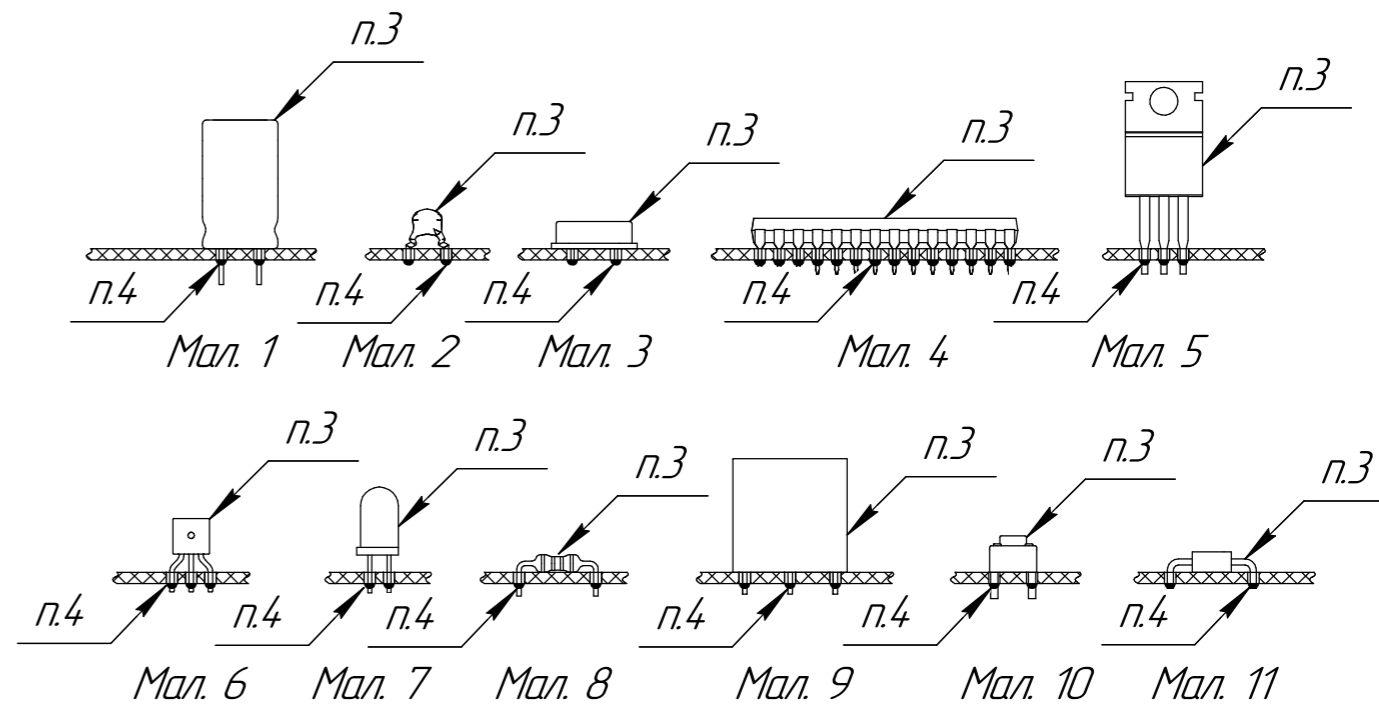
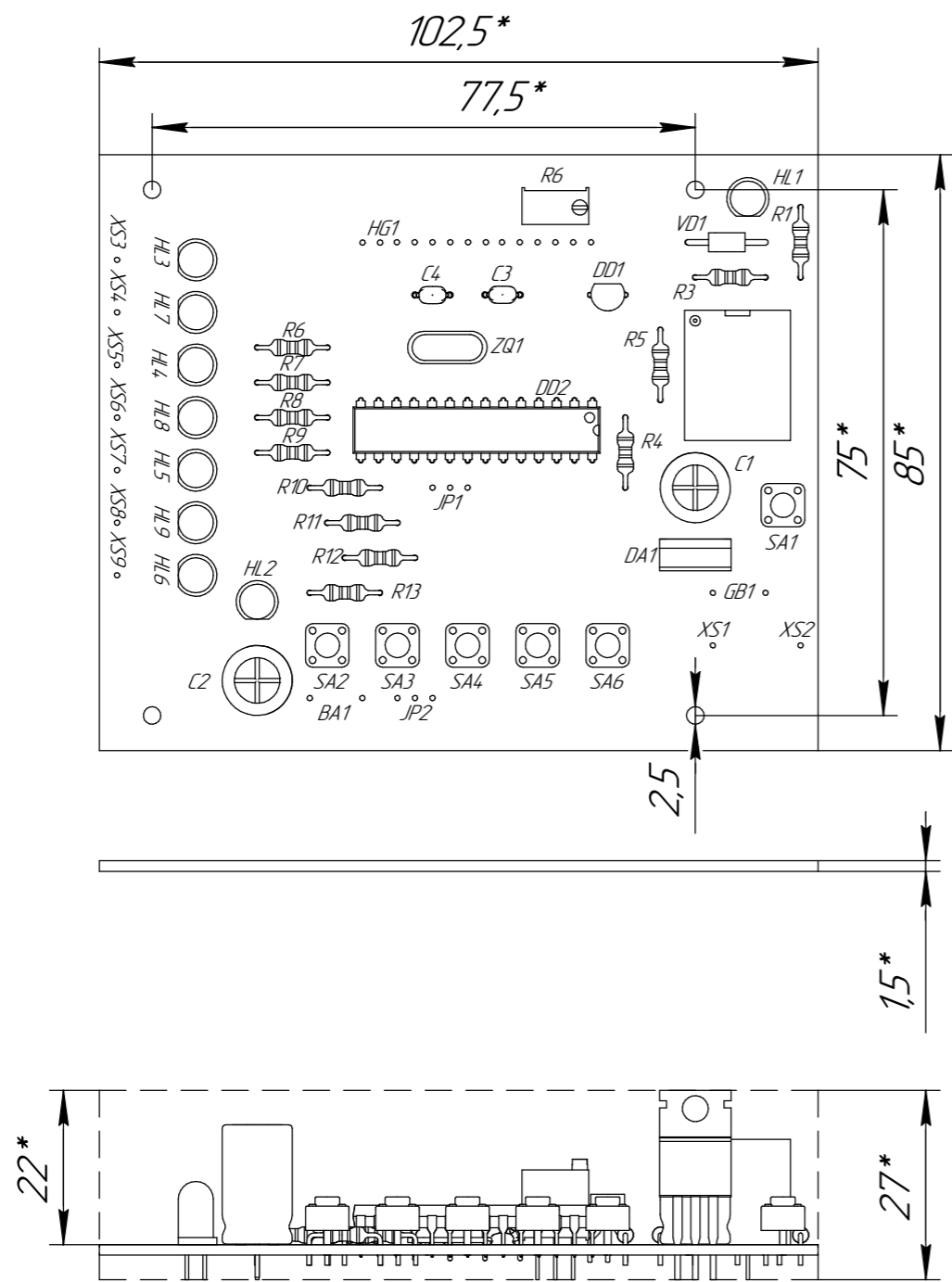


Таблиця отворів

Позначення отвору	Діаметру отвору	Діаметр конт. площадки	Наявність металізації	Кількість отворів
○	0,9	1,8	з метал.	142

- *Розмір для довідок
- Плата повинна відповідати вимогам ДСТУ 23572, група жорсткості 2, клас точності 3 ДСТУ 23571, крок координатної сітки 2.5мм.
- Плату виконати комбінованим позитивним способом.
- Конфігурація друкованих провідників згідно креслення.
- Параметри отворів див. таблицю 1.
- Таврувати штамп ВТК, маркувати заводський номер фарбою маркувальною ТУМС-01 чорною, У1.ТУ29-02-890-88 шрифт 2,5-ПрЗ ДСТУ 26.020-80.

				СОВ.7.103.001			
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Друкована плата	Літ.	Вага	Масштаб
Розроб.	Січковський О.В.					0,05	1:1
Перевір.	Химич Г.П.				Арк	Аркушів	1
Реценз.					СФ1-35-15		
Н.контр.	Хвастівська Л.В.						
Затверд.	Дунець В.Л.						
				ТНТУ ім. І. Пулюя РАС-41			



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

				СОВ 2.899.001 СК			
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Друкований вузол шестиканального таймера з функціями регулювання температури, освітлення та резервним живленням Складальне креслення	Літ.	Вага	Масштаб
Розроб.	Січковський О.В.					0,26	1:1
Перевір.	Химич Г.П.				Арк	Аркушів	1
Реценз.					ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41		
Н.контр.	Хвастівська Л.В.				Формат А3		
Затверд.	Дунець В.Л.						

Форм.	поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
			<u>Документація</u>		
A3		СОВ 2.899.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
A4		СОВ 2.899.001 ПЕ	Перелік елементів	2	
A3		СОВ 2.899.001 СК	Вузол друкований	1	
			<u>Деталі</u>		
A3		СОВ 7.103.001	Плата друкована	1	
			<u>Інші вироби</u>		
			<u>Динамік</u>		
	5		HC12G-105A "JL World Company Limited"	1	BA1
			<u>Конденсатори</u>		
	6		ССК-15pF ±20% "Kemet"	2	С3,С4
	7		ЕСАР-6.3В-1uF ±20% "Nichicon"	1	С2
	8		ЕСАР-6.3В-1000uF ±20% "Nichicon"	1	С1
			<u>Мікросхеми</u>		
	9		LM7805 "Texas Instruments"	1	DA1
	10		DS18B20 "Dallas Semiconductor"	1	DD1
	11		PIC16F876A "Microchip Technology"	1	DD2
			<u>Елемент живлення</u>		
	12		6F22 "Duracell"	1	GB1

СОВ 2.899.001				
Змн.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Січковський О.В.		
Перевір.		Химич Г.П.		
Реценз.				
Н.контр.		Хвостівська Л.В.		
Затверд.		Дунець В.Л.		
Специфікація			Лім.	Арк.
				1
			Аркушів	2
ТНТУ ім. І. Пулюя РАС-41				

