

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)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вимірювач температури віддалених об'єктів на базі безпроводних технологій

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАс-41  
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Паламар Н.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Хвостівська Л.В.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Марценюк А.С.  
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Дунець В.Л.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Хвостівський М.О.  
(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2022

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)

« »

2022 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Паламар Назар Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вимірювач температури віддалених об'єктів на базі безпровідних технологій

Керівник роботи Хвостівська Лілія Володимирівна, к.т.н.

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

Затверджені наказом ректора від « 27 » 05 2022 року № 4/7-445

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічні параметри: напруга живлення 5 В; Потужність не перевищує 0,5 Вт; Робочий діапазон частот 310-800 МГц; Швидкість передавання даних до 76,5 біт/с

Значення температурного діапазону [-10°C; +125°C]; Точність вимірювань температури 0,1°C

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 вимірювача

2. Схема електрична принципова вимірювача

3. Друкований вузол вимірювача

4. Плата друкована вимірювача

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання 01.03.2022

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та затвердження технічного завдання	01.03.2022	Виконано
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	17.03.2022	Виконано
3	Розробка структурної схеми вимірювача	29.03.2022	Виконано
4	Розробка схеми електричної принципової вимірювача	10.04.2022	Виконано
5	Розрахунок основних вузлів у схемі вимірювача	21.04.2022	Виконано
6	Вибір компонентної бази для вимірювача	01.05.2022	Виконано
7	Компоновка друкованого вузла вимірювача	15.05.2022	Виконано
8	Створення допоміжної документації	28.05.2022	Виконано
9	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони праці	01.06.2022	Виконано
10	Нормоконтроль	05.06.2022	Виконано
11	Перевірка роботи на антиплагіат	06.06.2022	Виконано
12	Попередній захист КР	07.06.2022	Виконано
13	Захист КР	22.06.2022	

Студент

---

(підпис)

Паламар Н.В.

---

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

---

(підпис)

Хвостівська Л.В.

---

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Вимірювач температури віддалених об'єктів на базі безпроводних технологій». Кваліфікаційна робота бакалавра// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2022 р. // с.-69, рис.-38, табл.-9, бібліог.-31, додат.-3.

Ключові слова: ВИМІРЮВАЧ ТЕМПЕРАТУРИ, ВІДДАЛЕНІ ОБ'ЄКТИ, БЕЗПРОВІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, СХЕМА ПРИНЦИПОВА ЕЛЕКТРИЧНА, СХЕМА СТРУКТУРНА, ДРУКОВИЙ ВУЗОЛ, ДРУКОВАНА ПЛАТА, САПР.

В роботі описано етапи розробки вимірювача температури віддалених об'єктів на базі безпроводних технологій, зокрема його схем структурної та електричної принципової. Для реалізації процесу вибору елементної бази вимірювача (резисторних елементів, напівпровідникових елементів, мікросхем та інших) здійснено процес перевірного розрахунку схеми електричної принципової вимірювача.

Розроблено плату друковану вимірювача, вузол друкований із використанням засобів САПР та описано процеси технологічного виготовлення плати друкованої вимірювача.

Базові технічні параметри вимірювача: значення напруги живлення 5 В; значення потужності повинне не перевищувати 0,5 Вт; значення робочого діапазону частот 310-800 МГц; максимальне значення швидкості передавання даних до 76,5 біт/с; значення часу встановлення режиму роботи не вище 3 с; значення температурного діапазону [-10°C; +125°C]; значення точності вимірювань температури 0,1°C; час активації режиму роботи не більше 2 с; режим перепрограмування мікропроцесора вимірювача; змога підключення до ПК; змога дистанційного керування вимірювачем.

## ANNOTATION

Theme of qualification work: "Temperature Meter for Remote Objects based on Wireless Technologies". Qualification work bachelor's // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, RAs-41 group. // Ternopil, 2022 // Pages.-69, fig.-38, tables – 9, bibliog. – 31, appendix-3.

Key words: TEMPERATURE METER, REMOTE OBJECTS, LOCATION, WIRELESS TECHNOLOGIES, SCHEME ELECTRICAL PRINCIPLE, SCHEME STRUCTURAL, PRINTING UNIT, PRINTED BOARD, CAD.

The paper describes the stages of development of the temperature meter of remote objects on the basis of wireless technologies, in particular its structural and electrical schematics. To implement the process of selecting the element base of the meter (resistor elements, semiconductor elements, chips, etc.), the process of verification calculation of the circuit of the electrical principle of the meter.

The printed circuit board of the meter is developed, the unit is printed with the use of CAD tools and the processes of technological production of the printed circuit board of the meter are described.

Basic technical parameters of the meter: value of supply voltage 5 V; the power value should not exceed 0.5 W; values of the operating frequency range 310-800 MHz; maximum value of data rate up to 76.5 bits / s; the value of the time of setting the operating mode is not higher than 3 s; values of the temperature range [-10 ° C; + 125 ° C]; the value of the accuracy of temperature measurements 0.10C; time of activation of the operating mode no more than 2 s; meter microprocessor reprogramming mode; ability to connect to a PC; possibility of remote control of the meter.

## Зміст

Вступ.....	7
1 Основна частина.....	8
1.1 Аналіз завдання.....	8
1.1.1 Обґрунтування актуальності теми роботи.....	8
1.1.2 Аналіз інформації.....	21
1.2 Розробка структурної схеми вимірювача.....	23
1.3 Розробка схеми електричної принципової вимірювача.....	26
1.4 Синтез схеми електричної принципової вимірювача.....	35
1.5 Вибір елементної бази вимірювача.....	45
1.6 Виготовлення друкованої плати вимірювача.....	52
1.7 Висновок до розділу 1.....	57
2 Охорона праці та безпека життєдіяльності.....	58
2.1 Забезпечення протипожежного захисту робітників та службовців при виробництві пристрою.....	58
2.2 Охорона праці при розробці пристрою.....	60
2.3 Висновки до розділу 2.....	64
Висновки.....	65
Список використаних джерел.....	66
Додатки.....	69

					<b>ПНВ 2.000.001 ПЗ</b>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Паламар Н.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Хвостівська Л.В.</i>			6	68	
<i>Консул.</i>					<b>ТНТУ, ФПТ, гр. РАс-41</b>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Марценюк А.С.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Дцнець В.Л.</i>					
					<i>Вимірювач температури віддалених об'єктів на базі безпроводних технологій</i>		
					<i>Пояснювальна записка</i>		

## Вступ

Автоматичний контроль є логічно першою сходинкою автоматизації, без успішного функціонування якого неможливе створення ефективних АСУ. Значне місце в контролі займає отримання інформації про температуру в різних віддалених об'єктах (приміщення та їх корпуси, автомобілі, тощо).

На практиці, звичайно, користуються стаціонарними вимірювачами температури, які знаходяться безпосередньо в приміщенні. Для того, щоб контролювати рівень температури, обслуговуючий персонал, має час від часу обійти всі об'єкти і перевірити стан температури. Оскільки така методика перевірки температури займає багато часу, тому доцільно використовувати дистанційний контроль температури віддалених об'єктів, в основі якого лежить вимірювання та передача температури через безпроводну технологію із застосуванням радіоканалу. Крім того, даний засіб телеметрії є значно безпечніший ніж стаціонарні вимірювачі температури і підвищує загальний рівень санітарно-гігієнічних норм.

Відомі вимірювачі температури віддалених об'єктів на базі безпроводних технологій, такі як КВАНТ-1000М1 (фірма КВАНТ), МТ-3 (фірма МегаТел), АМТ-2 (фірма ЦКБ ГМП) та ряд інших, уможливають оперативне отримання показників температури від відокремлених відстанню об'єктів. Проте ці вимірювачі характеризуються високою вартістю і є недоступними більшості споживачів, тому розробка дешевого вимірювача із збереженими характеристиками відомих аналогів є актуальною інженерною задачею зі спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка».

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 Основна частина

### 1.1 Аналіз завдання на роботу

#### 1.1.1 Обґрунтування актуальності теми роботи

Фірма КВАНТ випускає систему „КВАНТ-1000М1” [28], яка призначена для збору телеметричної інформації від апаратури віддалених об'єктів по радіоканалу зв'язку. Об'єктовий комплект апаратури системи оснащений десятьма входними шлейфами з „струмовою петлею”, яка дозволяє контролювати цілісність того або іншого входного шлейфу. Як джерело інформації входних шлейфів можуть бути контакти реле, видалені тумблера або кнопки з «сухими» вихідними контактами. Призначення або назва того або іншого входного шлейфу визначається користувачем системи для кожного конкретного віддаленого об'єкта в програмному забезпеченні ЕОМ, що працює у складі комплексу. При розмиканні входного шлейфу на тому або іншому видаленому об'єкті об'єктовий комплект апаратури миттєво передає дану інформацію по радіоканалу зв'язку на центральну станцію спостереження (ЦСС). Разом з передачею інформації об'єктовим комплектом апаратури об стани або спрацьовуванні 10-ти входних шлейфів в об'єктовому комплекті передбачені додатково дві кнопки екстреного виклику тієї або іншої служби на даний видалений об'єкт. Перевірка працездатності апаратури віддаленого об'єкта перевіряється як в ручному режимі перевірки при натисненні кнопки «Ручний тест зв'язку», так і в цілодобовому автоматичному режимі. Під час поступлення будь-якого сигналу від апаратури віддаленого об'єкта ЦСС фіксує поступаючі сигнали, виробляє їх запам'ятовування як в незалежній пам'яті, так і на «вінчестері» ЕОМ. Крім цього всі поступаючі сигнали виводяться на дисплей ЕОМ, а сигнали екстреного виклику, спрацьовування того або іншого шлейфу, сигнал «Розряд акумулятора» роздруковуються на принтері, підключеного до ЕОМ.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



У системі застосовуються коди з надмірним кодуванням інформації і високим ступенем захищеності.

Розрахункові імовірнісні характеристики прийому центральною станцією спостереження (ЦСС) контрольних тестових сигналів «Автоматична перевірка зв'язку» і інших телеметричних сигналів від віддалених об'єктів по радіоканалу зв'язку приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – характеристики прийому контрольних тестових сигналів

Кількість віддалених об'єктів системи	Цикл контролю тестових посилок від кожного об'єкта	Розрахункова вірогідність прийому ЦСС повідомлення.
6000	24 години	0,9999990
3000	12 годин	0,9999990
1500	6 годин	0,9999990
750	3 години	0,9999990
250	1 годину	0,9999990

Алгоритм роботи і параметри системи в приведеній вище таблиці №1 були розраховані таким чином, що б одержати високі імовірнісні характеристики системи при максимальній кількості віддалених об'єктів в системі і при циклі контролю надходження автоматичних тестових сигналів «Автоматична перевірка зв'язку» від об'єктів з циклом контролю 24 години. При пропорційній зміні кількості об'єктів в системі і циклу контролю автоматичних тестових сигналів, імовірнісні характеристики системи не міняються. Залежно від вимог Замовника до місткості системи, часу циклу контролю тестових посилок і загальних імовірнісних характеристик системи.

Середня «зайнятість» радіоканалу зв'язку на виділеній радіочастоті автоматичними послілками від об'єктових комплектів апаратури на ЦСС для приведеного розрахунку імовірнісних характеристик в таблиці №1 не перевищує 33 – 35% загального часу для максимальної кількості віддалених об'єктів.

Умовно «вільний» час радіоканалу, який в середньому складає 65 % – 67% від загального часу, зарезервовано для проходження сигналів екстреного виклику або сигналів спрацьовування того або іншого шлейфу на віддалених об'єктах системи і які достатньо рідкісні по відношенню до сигналів «Автоматичної перевірки зв'язку», що передаються віддаленими об'єктами на ЦСС в автоматичному режимі. Структура, інформаційна надмірність сигналів екстреного виклику або сигналів про спрацьовування того або іншого шлейфу на віддалених об'єктах вище, ніж у сигналів «Автоматична перевірка зв'язку, що поступають від віддалених об'єктів на ЦСС, що забезпечує вищу вірогідність їх отримання апаратурою ЦСС, ніж сигналів «Автоматичної перевірки зв'язку» і вірогідності яких приведені в таблицях.

Імовірнісні характеристики системи розраховувалися за умови середньостатистичної зашумленості радіоканалу зв'язку виробничими, побутовими, атмосферними радіоперешкодами і перевищенні корисного радіосигналу над рівнем радіо шумів на вході приймача не менше +(12-14) дБ.

Об'єктовий блок апаратури віддаленого об'єкта системи «КВАНТ-1000М.1» вбудований в пластиковий корпус, що має клас захисту IP-65. Кнопки екстреного виклику мають захист за допомогою гумової оболонки (як самого механізму натиснення кнопки, так і гумову прокладку між корпусом кнопки і корпусом об'єктового комплекту апаратури), а підключення ліній шлейфів і лінії живлення до платні об'єктового комплекту апаратури виробляється через спеціальні гермовводи. Кришка корпусу об'єктового комплекту має гумову прокладку. Індикаційне табло об'єктового комплекту апаратури знаходиться усередині корпусу і захищається від навколишнього середовища прозорою верхньою кришкою корпусу. Так само усередині корпусу об'єктового комплекту апаратури розташовується і радіопередавач. За допомогою РК – кабелю радіопередавач з'єднується з передавальною антеною, яка встановлюється в зручному місці. Через те, що

					<b>ПНВ 2.000.001 ПЗ</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

система працює на виділеній радіочастоті діапазону 146 – 174 МГц, то довжина РК – кабелю типу RG-58 може досягати 20-30 метрів без значної втрати потужності корисного сигналу в даному кабелі. Конструкція об'єктового комплексу апаратури «КВАНТ-1000М.1» дозволяє його експлуатацію в умовах підвищеної вологості навколишнього середовища і в інших приміщеннях з вимогами захисту електронної частини апаратури в таких приміщеннях або умовах експлуатації по класу захисту IP 65.

Апаратура центрального поста спостереження або моніторингу складається з 3-ох складових:

- радіоприймач сигналів від радіопередавачів апаратури віддалених об'єктів;
- процесорний блок обробки сигналів, що приймаються, від приймача;
- - ЕОМ класу IBM-PC з оригінальним програмним забезпеченням.

Процесорний блок обробки сигналів, що приймаються, від приймача системи забезпечує наступні функції:

- виділення з шумів і сторонніх сигналів інформаційні сигнали, які передані віддаленими об'єктами системи «ССТИ КВАНТ-1000М.1»;
- запам'ятовування переданих сигналів в незалежній пам'яті і висновок їх на вбудований дисплей процесорного блоку;
- трансляція прийнятих сигналів на ЕОМ для їх подальшої обробки, висновок на друк і запам'ятовування на «вінчестері» ЕОМ.

При виході ЕОМ з ладу процесорний блок забезпечує продовження нормальної (або аварійної) роботи системи по прийому, обробці і виводі на вбудований дисплей поступаючих сигналів від віддалених об'єктів системи. Але в даному випадку оператор ЦСС повинен по виведеному номеру віддаленого об'єкта на дисплеї процесорного блоку і по журналу об'єктів системи фіксувати адресу даного віддаленого об'єкта від якого поступив сигнал у момент виходу ЕОМ з ладу. На індикатор процесорного блоку крім

					<i>ПНВ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						11
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

номера об'єкта, від якого поступила телеметрична інформація, так само виводиться стан шлейфів або натиснення тієї або іншої кнопки екстреного виклику. Дані сигнали автоматично запам'ятовуються в незалежну пам'ять. Поступаючі службові сигнали від апаратури віддалених об'єктів «Автоматичний тест зв'язки» і «Ручний тест зв'язку» виводяться тільки на вбудований дисплей процесорного блоку, а в незалежну пам'ять не запам'ятовуються. Незалежна пам'ять процесорного блоку дозволяє зберігати 200 останніх сигналів екстреного виклику, що поступили, або спрацьовування того або іншого шлейфу апаратури віддалених об'єктів. Оператор ЦСС має можливість послідовного виведення тих, що зберігаються в незалежній пам'яті тих, що поступили раніше сигналів на ЦСС в послідовному режимі висновку. При цьому функціонування процесорного блоку в частині прийому інформаційних посилок від апаратури віддалених об'єктів не змінюється.

Процесорний блок ЦСС виробляє автоматичний контроль лінії зв'язку між ним і ЕОМ. При виході з ладу лінії зв'язку між процесорним блоком і ЕОМ, ЕОМ видає на дисплей відповідний інформацію, а процесорний блок включає вбудовану міні сирену.

У складі ЦСС використовується ЕОМ класу ІВМ-РС із спеціальним програмним забезпеченням. Програма ЕОМ контролює надходження контрольних посилок від апаратури віддалених об'єктів, виводить на дисплей всі поступаючі сигнали, запам'ятовує на «вінчестері» сигнали спрацьовування шлейфів і сигнали екстрених викликів, сигнали "Розряд акумулятора" на тому або іншому об'єкті, виробляє роздрук поступаючих сигналів з розшифровкою адреси об'єкта, назви шлейфу, що спрацював, або назвою кнопки екстреного виклику. Всі сигнали запам'ятовуються і роздруковуються з вказівкою ФІО чергового оператора ЦСС, часу і дати їх надходження на ЦСС. Зміна чергових операторів ЦСС виробляється по їх індивідуальному паролю, який встановлює Головного оператора ЦСС. Зміна

					<i>ПНВ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чергових оператором так само фіксується ЕОМ і запам'ятовується на «вінчестері».

Основні параметри радіоканалу системи «ССТИ КВАНТ-1000М1»:

1. Діапазон робочих частот : 146 – 174 МГц;
2. Потужність передавача: 2. 8 Вт;
3. Клас випромінювання, параметри модуляції: F1D, швидкість передачі 4,8 кБод,
4. Девіація частоти 5 кГц.
5. Ширина смуги випромінювання передавача: на рівні мінус 30 дБ
6. (контрольна): не більше 16,8 кГц;
7. Відхилення частоти передавача: не більше  $10 \cdot 10^{-6}$ .
8. Рівень побічних випромінювань: не більше 2,5 мкВт;
9. Чутливість приймача: не гірше 0,5 мкВ.
10. Вибірковість:
  - 10.1. по сусідньому каналу 80 дБ
  - 10.2. по побічних каналах 80 дБ
  - 10.3. інтермодуляційна 70 дБ.
11. Крок сітки частот: 25 кГц.
12. Дальність зв'язку при прямій видимістю між приймальними і передавальними антенами до 30 км.

Фірма МегаТел випускає вимірювач температури повітря МТ-3 [29].

Вимірювач температури повітря МТ-3 є призначеним для вимірювання показників температури синхронно із вологістю повітря, обробки результатів вимірювання і передачі їх по радіоканалу, на частоті 433 МГц.

По функціональних можливостях вимірювач МТ-3 замінює метеорологічні прилади встановлювані в метеорологічній будці типу БП.

Вимірювач МТ-3 може бути використано в якості автономного давача температури з вологістю, а також у складі автоматичних метеорологічних

					<i>ПНВ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

станцій і інших вимірювальних систем. Зовнішній вигляд пристрою зображено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Вимірювач температури з вологістю повітря МТ-3

Основні характеристики вимірювача:

- Висока точність: температура  $\pm 0.25$ ; вологість  $\pm 5\%$ ;
- Широкий діапазон робочих температур  $-45 +50$
- Довготривала стабільність даних
- Зберігання в пам'яті більше 1000 вимірювань (7 діб, при інтервалі опитування 1 година)
- Передача даних по радіозв'язку (дальність зв'язку до 200м)
- Можливість роботи з GSM мостом
- Мікроспоживання, середнє енергоспоживання  $< 10\mu\text{A}$  від стандартного комплекту батарей 4xAA вимірювач працює більше 1 року.

Принцип дії МТ-3 базується на перетворенні метеорологічних параметрів температури і вологості повітря в електричні сигнали.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

При вимірюванні температури повітря, використано властивість платинового термометра опору реагувати на температурні зміни навколишнього середовища, зміною електричного опору.

Для виміру показника відносної вологості використовується залежність лінійних розмірів людського волоса від вологості. Зміна лінійних розмірів волоса сприймається індуктивним перетворювачем.

Для визначення параметрів вологості повітря психрометрическим методом, коли по значеннях температури повітря і температури змоченого термометра обчислюються величини що характеризують вологість повітря, використовуються платинові термометри опору.

Вид одержуваної інформації відповідає прийнятим в метеорології стандартам, включаючи графічну.

Вимірювач МТ-3 забезпечує:

- Запис і зберігання даних вимірювань температури з вологістю повітря.
- Передачу інформації по радіоканалу зв'язку.
- Розрахунок зміряних значень температури з відотною вологістю повітря в одиницях фізичних величин.
- Розрахунок психометричних параметрів: відносної і абсолютної вологості, недоліку насичення і температури точки роси в одиницях фізичних величин.
- Визначення максимального і мінімального значень температур повітря між термінами вимірювання.
- Авто калібрування свідчень волосяного гігрометра розрахунковим шляхом на основі даних психометричних вимірювань за заданий період часу.
- Виведення метеорологічної інформації і інформації про стан джерела живлення в цифровому і графічному вигляді.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підприємство ЦКБ ГМП випускає радіо термометр АМТ-2 [30], який призначений для вимірів температури ґрунту, сипких, газоподібних і рідких середовищ, та інших об'єктів. Загальний вигляд пристрою зображено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд термометра АМТ-2

Технічні характеристики пристрою:

- Діапазон вимірюваних температур °С від –50 до +60
- Погрішність вимірювання температури °С, не более±0,1
- Ціна одиниці молодшого розряду коду °С.....0,01

В якості давачів інформації використовується платиновий термометр опору, який забезпечує герметичність при тиску до 1 МПа (100м) та дистанційність датчиків до 100 метрів.

Можливості термометра АМТ-2:

- Почергове підключення до 10 датчиків, встановлених стаціонарно.
- Запис інформації в незалежну пам'ять з подальшим зчитуванням в ПЕОМ або на цифрове табло.
- Цифрова індикація інформації у реальному часі або передача в ПЕОМ по інтерфейсу RS232.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Для польових агрометеорологічних спостережень дане підприємство виготовляє радіотермометр АМ-34, що дозволяє вимірювати поточні і екстремальні величини температури ґрунту на глибині вузла кушення озимих культур. Загальний вигляд приладу зображено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд приладу АМ-34

Технічні характеристики:

- діапазон вимірюваних температур °с від –50 до +60;
- погрішність вимірювання температури °с, не більше  $\pm 0,2$ ;
- ціна одиниці молодшого розряду коду °с 0,01;
- датчик температури стаціонарний платиновий мікроплівковий термометр опору;
- тип корпусу брызгозахищений;
- робочі умови експлуатації пси °с від –40 до +40
- термін автономної роботи не менше, рік 1

Можливості термометра АМ-34:

- Реєстрація мінімальної, термінової і максимальної температур ґрунту на глибині вузла кушення озимих зернових культур.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Температурний контроль умов зберігання і транспортування продуктів харчування і медикаментів.
- Запам'ятовування мінімальної і максимальної температур в період між термінами спостереження.
- Запам'ятовування зміряних значень в ПСИ з подальшим зчитуванням їх в ПЕОМ або оператором.
- ПСИ може обслуговувати від 1 до 9 БИР.
- Радіоканал для передачі інформації з блоку БИР в ПСИ, дистанційність до 3 м.

Для вимірювання напруги (мВ), щільності теплового потоку (Вт/м<sup>2</sup>) або температури (°С) по 16,32,48,64,80,96 каналах підприємство пропонує прилад ИТ-2 [31]. Результати вимірювання в мВ, Вт/м<sup>2</sup> або °С виводяться на монітор ПК у вигляді таблиці. Загальний вигляд багатоканального вимірювача температури зображено на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд багатоканального вимірювача температури ИТ-2

					<i>ПНВ 2.000.001 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прилад дає змогу автоматично проводити вимірювання з датчиків температури (термопари) по 16,32,48,64,80,96 каналам залежно від виконання приладу з подальшою передачею даних на ПК.

ИТ-2 може використовуватися як пристрій автоматизованого збору і обробки інформації різних телеметричних систем.

Прилад ИТ-2 в комплекті з перетворювачами щільності теплового потоку і термоелектричними перетворювачами може використовуватися у складі системи вимірювання термічного опору захищаючих конструкцій будівель і споруд.

Крім того, ИТ-2 можна використовувати для вимірювання теплових потоків в складній калориметричній системі, для вимірювання теплопровідності, теплоємності і т.п.

Функції, що виконуються приладом:

- Вимірювання напруги, щільність теплового потоку або температури по 16, 32, 48, 64, 80, 96 каналу залежно від виконання приладу;
- Вимірювання температури холодних кінців термопар;
- Відображення результатів вимірювання на екрані монітора персонального комп'ютера;

Функції програмного забезпечення:

- зчитування вимірюваних значень в реальному масштабі часу з можливістю подальшої обробки;
- вибір режиму вимірювань: безперервне вимірювання або задана кількість циклів вимірювань (від 1 до 1000);
- вибір інтервалу часу між циклами вимірювань (0.60 хвилини);
- вибір опитуваних каналів (від 1 до 16, від 1 до 32, від 1 до 48 від 1 до 64, від 1 до 80, від 1 до 96);
- висновок в таблицю температури холодних кінців термопар;
- можливість висновку в таблицю часу або номера поточного вимірювання;

					<i>ПНВ 2.000.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						19
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

– збереження даних у файлі, який може бути оброблений як за допомогою програми обслуговування, так і будь-якими стандартними засобами, що дозволяють працювати з файлами текстовими. Також передбачена обробка засобами Microsoft Excel;

– проведення підстроювання приладу.

Технічні покази приладу наведені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Технічні покази ИТ-2

Параметр	Показ
Кількість вимірювальних каналів	16, 32, 48, 64, 80, 96 для різних версій
Діапазон вимірювання напруги з виходів датчиків, мВ	-99,999.+99,999
Межа абсолютної основної похибки, що припускається, мкВ	$\pm (5 + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U_{зм})$ , де $U_{зм}$ – значення модуля зміряної напруги, мкВ
Похибка виміру температури холодного кінця термопари °С	$\pm 0,5$
Керування роботою здійснюється через ІВМ РС 486 та вищі конфігураціях	
Зв'язок з комп'ютером	RS 232
Ступінь захисту від попадання всередину твердих тіл і води	IP20 по ГОСТ 14254-96
Живлення складає	220 В; 50 Гц
Струм споживання, не більше, мА	50
Габарити приладу, мм	250x110x355
Габаритні розміри пристрою компенсації УК-4, мм	190x40x80
Маса приладу, не більше, кг;	3,5
Напрацювання повністю, ч	25000
Середнє значення терміну служби, років	8

### 1.1.2 Аналіз інформації

Метою роботи є розробка вимірювача температури віддалених об'єктів на базі безпроводних технологій (надалі вимірювача).

Вимірювач повинен бути розроблений у відповідності до технічних вимог із урахуванням аналізу потреб ринку:

- Значення напруги живлення 5 В;
- Значення потужності повинне не перевищувати 0,5 Вт;
- Значення робочого діапазону частот 310-800 МГц;
- Максимальне значення швидкості передавання даних до 76,5 біт/с;
- Значення часу встановлення режиму роботи не вище 3 с;
- Значення температурного діапазону [-10°C; +125°C];
- Значення точності вимірювань температури 0,1°C;
- Час активації режиму роботи не більше 2 с;
- Автоматичний захист від перевантаження за струмом;
- Режим перепрограмування мікропроцесора вимірювача;
- Змога підключення до ПК;
- Змога дистанційного керування вимірювачем.

На підставі аналізу технічне завдання зроблено висновок, що вимірювач за функціонуванням належить класу наземної радіоапаратури та переносної та професійної груп використання. Ця класифікація вказує на те, що вимірювач можна експлуатувати в закритому приміщенні з наявною природною вентиляцією без застосування кондиціонера.

Відносна стійкість до кліматичного впливу вимірювача має належати до УХЛ 4.2 (ГОСТ 20790-82) з наступними умовами експлуатації:

- межі варіації значень температур -55...+125°C;
- межі варіації значень вологості повітря не вище 80% за значення температури +25°C;
- межі варіації значень зміни атмосферного тиску 80-100 кПа;

					<b>ПНВ 2.000.001 ПЗ</b>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- навантаження механічні відповідають ГОСТ 20790-82.

Зазначено, що вимірювач, який розробляється, за рівнем електробезпеки повинен задовольняти ГОСТ 5044-92 та вимоги I-го класу захищеності. За ступенем захищеності від уражень струмом вимірювач віднесено до класу В. При експлуатації вимірювача заземлення є не потрібним.

Принципова електрична схема має бути реалізованою на платі друкованої, яку є змога помістити в корпус настільного виду. Конструкція вимірювача має мати прямокутне виконання, а її елементи візуалізації та управління мають локалізованими на передній панелі з чітким відображенням різних режимів роботи. Маса вимірювача має бути меншою 1 кг.

Зі сторони надійності радіоелементи мають бути підібраними з таких термінами служби задля підвищення показника надійності вимірювача цілком.

Згідно до проведеного аналізу сучасних розробок в області систем дистанційного вимірювання температури можна констатувати, що не зважаючи на високі технічні характеристики дані розробки не завжди відповідають специфіці українського ринку та не дозволяють повною мірою охопити певні області застосувань.

Такий висновок пояснюється тим, що продукція багатьох фірм та компаній, що мають багаторічний досвід роботи в даній області, продукція яких хоча й має високі технічні характеристики, все ж таки недоступна переважній більшості українських підприємств в зв'язку з високою вартістю цих систем або окремих їх компонентів.

Стрімкий розвиток мікропроцесорної техніки дозволяє створювати нові пристрої з високими техніко-економічними показниками. Так поява на ринку нових модульних трансиверів дозволяє на його базі створювати недорогу та якісну прийомо-передавальну апаратуру.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимірювання такого параметру, як температура на великих відстанях вимагає прокладання кабельних мереж значної довжини, що не завжди є економічно доцільним.

Тому виникає необхідність розробки вимірювача температури віддалених об'єктів з організацією безпроводної передачі інформації. Причому даний вимірювач повинен забезпечувати просте під'єднання до комп'ютера та можливість роботи в режимі ретрансляції сигналів від сусідніх вимірювачів температури, що дозволить підвищити дальність роботи системи.

## 1.2 Розробка структурної схеми вимірювача

Схема електрична структурна дає змогу розглянути принцип роботи вимірювача у загальному вигляді. На структурній схемі зображують основні функціональні частини (блоки) вимірювача, призначення та лінії зв'язку між ними.

Під час створення вимірювача проектування починається зі створення структурної схеми. Завдяки спрощенню схеми вимірювача вдається на ранньому етапі виявити помилки проектування, перерозподіляти вимоги до вузлів вимірювача. На структурних схемах пред'являються вимоги до принципів схем блоків вимірювача, задаються вимоги до параметрів вхідних та вихідних сигналів, перевіряється реалізованість цих блоків. Через війну значно скорочуються зусилля розробки принципової схеми вимірювача.

Реальне розташування блоків (конструкція) на структурній схемі зазвичай не враховується. Крім того, не уточняється спосіб зв'язку між блоками (провідна, індуктивна, оптична тощо). Структурна схема має давати наочне уявлення про послідовність взаємодії функціональних елементів у вимірювача.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структурну схему вимірювача наведено на рисунку 1.5.

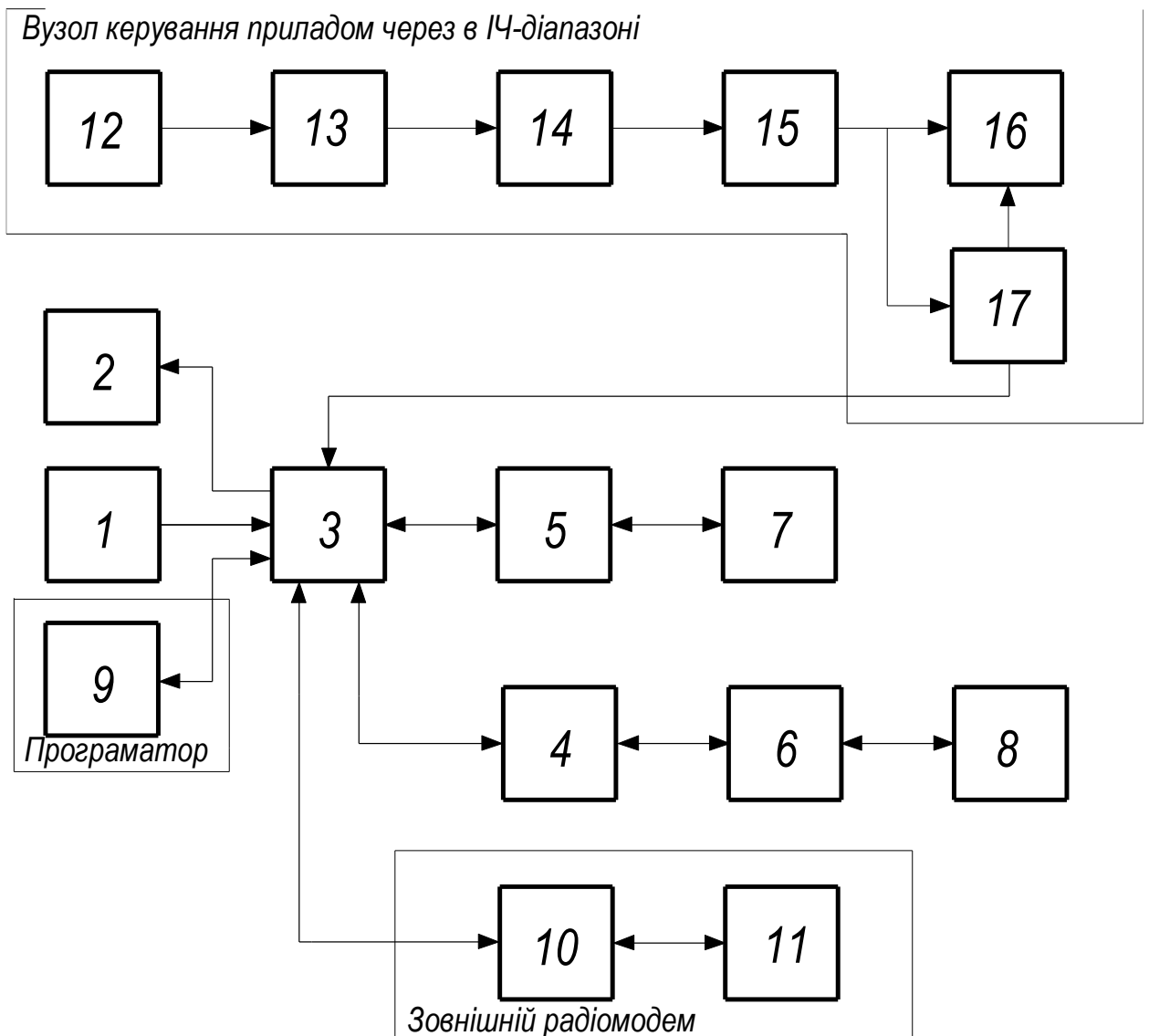


Рисунок 1.5 – Структурна схема вимірювача

На рисунку 1.5 позначено: 1 – Термодавач, 2 - Вузол індикації, 3 – Мікроконтролер, 4 – Радіомодем, 5 - Формувач рівня сигналу, 6 – Фільтр, 7 – ПЕОМ, 8 – Антена, 9 – програматор, 10 - Формувач рівня сигналу, 11 - Зовнішній радіомодем, 12 – Фотодавач, 13 – Підсилювач, 14 – Демодулятор, 15 – Тригер, 16 - Лічильник-декодер та 17 - Часо-затримувач.

Вимірювач працює в двох режимах: прийом та передача температурних даних через радіоканал.



В режимі передачі з виходу термодавача 1 напруга поступає на вхід мікроконтролера 3, звідки температурні дані поступають на ComPort ПЕОМ 7, через формувач рівня сигналу 5. В процесі передачі даних на відстань по радіоканалу з виходу мікроконтролера температурні дані поступають на вхід радіомодему 4, який їх пакує, моделює та подає на антену 8, через фільтр 6.

В режимі прийому (збір температурних даних) сигнал прийнятий антеною 8, поступає на вхід вхідного фільтра 6, який вибирає необхідний частотний діапазон, в якому температурні дані передаються і приймаються. З виходу фільтра 6 сигнал поступає на вхід радіомодему 4, де відбувається процес демодуляції. З виходу радіомодему 4 сигнал поступає на вхід мікроконтролера 3, де сигнал обробляється і подається на вхід Com-порту ПЕОМ 7 через формувач рівня сигналу 6. В режимі прийому мікроконтролер програмно припиняє вимір температури (моніторинг), даний контроль здійснюється користувачем ПЕОМ 8, який з виходу Com-порту ПЕОМ 8 подає керуючий сигнал на вхід мікроконтролеру 4 через формувач рівня сигналу 5.

Процес підключення зовнішнього радіомодему забезпечується через формувач рівень сигналу 10, який узгоджує вихід мікроконтролера 3 з входом зовнішнього радіомодему 11, і наоборот.

До входу портів мікронтролера 3 підключено програматор 9, який уможливорює процес його перепрограмування.

Процес дистанційного керування роботою приладу реалізований наступним чином. З виходу мультивібратора передавача (пульта керування) модульований сигнал керування широко-імпульсною модуляцією через мигання світлодіода в інфрачервоному діапазоні постає на вхід фототранзистора приймача 12. З виходу фототранзистора 12 сигнал поступає на вхід блоку 13 підсилення (збільшення амплітуди сигналу керування по амплітуді) та демодуляції 14. Після підсилення і демодуляції сигнал поступає на вхід тригера 15, який формує імпульси для запуску лічильника-декодера

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. Для скидання лічильника в початковий стан (обнуління лічильника) використано блок часо-затримувача 17.

### 1.3 Розробка схеми електричної принципової вимірювача

В якості термодавача, який підключається до роз'єму X1 (рисунок 1.7), застосовуємо цифровий датчик температури з програмуючою роздільною здатністю і 4-розрядним ID.

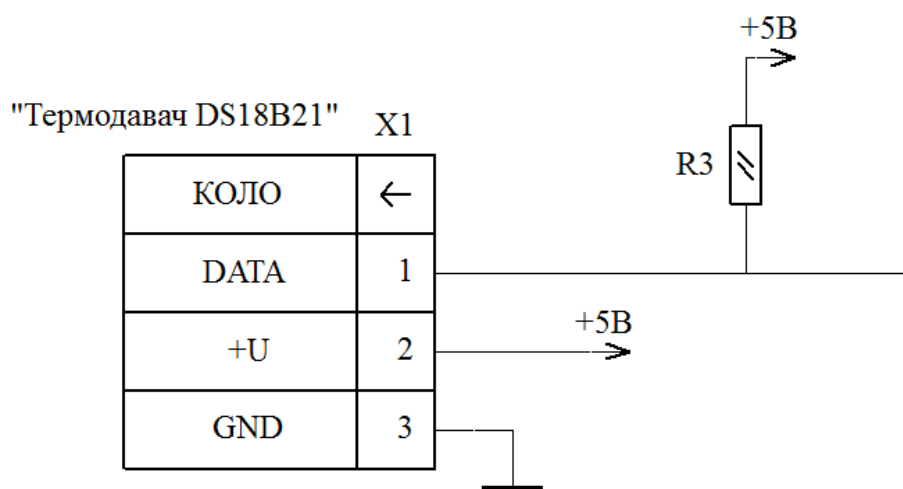


Рисунок 1.7 – Роз'єм для підключення термодавача

DS 1825, який дає можливість настройки для 9-12 розрядного вимірювання температури від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ , при цьому при змінні в діапазоні від  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  з максимальною похибкою  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ .

З виходу термодавача напруга поступає на вхід порта PA0.1 мікроконтролера DD1 (рисунок 1.8).

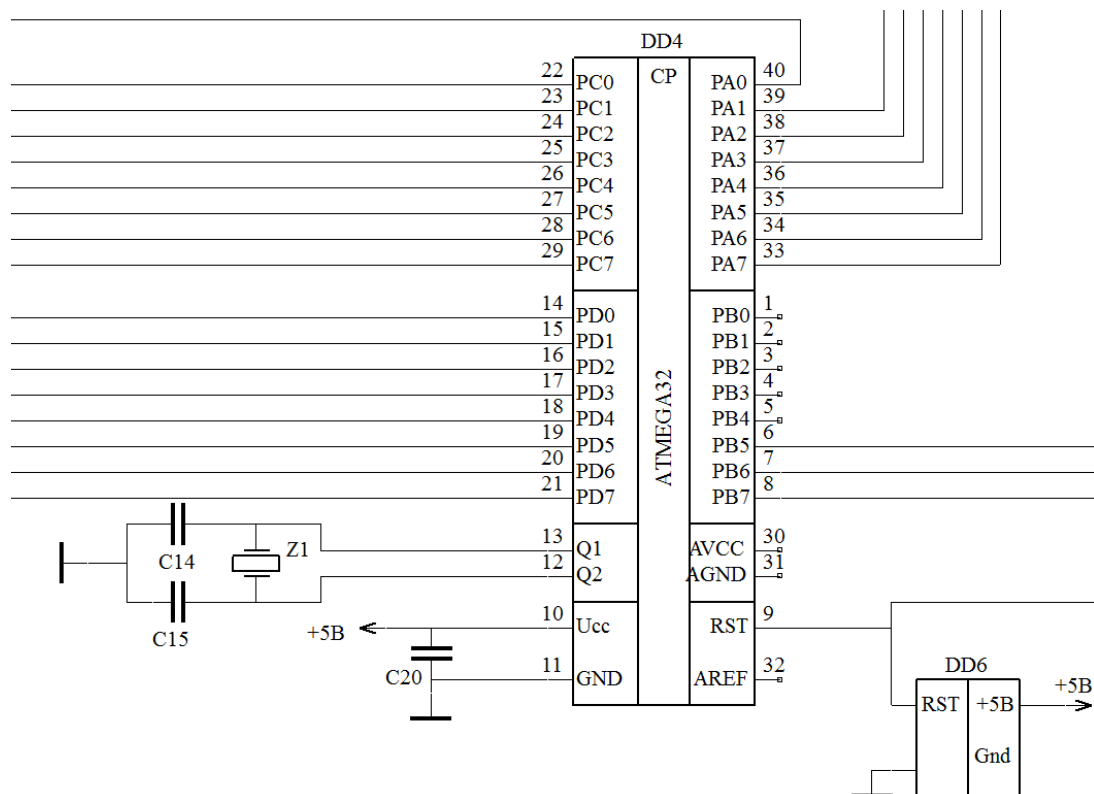


Рисунок 1.8 – Мікроконтролер

Процес перезавантаження мікроконтролера DD4 забезпечується мікросхемою рестарту DD6.

Сигнал, який містить температурні дані, з виходу порту PC0 поступає на вхід ComPort ПК входу RxD (підключений до роз'єму X3), через формувач рівня сигналу, який реалізовано на елементі гальванічного розв'язування DD2 MAX232 (рисунок 1.9).

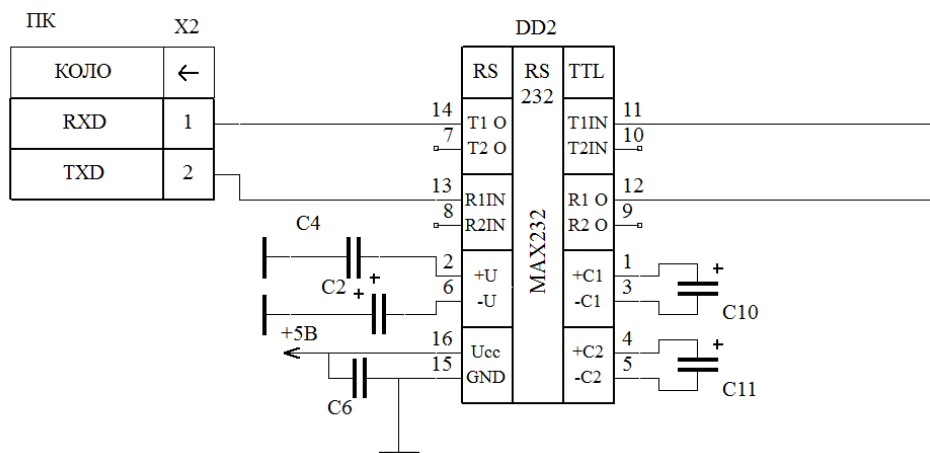


Рисунок 1.9 – Формувач рівня сигналу (МК-ПК)

Також з виходу мікроконтролера сигнал поступає на вхід радіомодему DD5 (рис.1.10), який його пакує, моделює і подає на антену (підключена до роз'єму X5), через фільтр (реалізований на C34, C36 і L4) (рис.1.11).

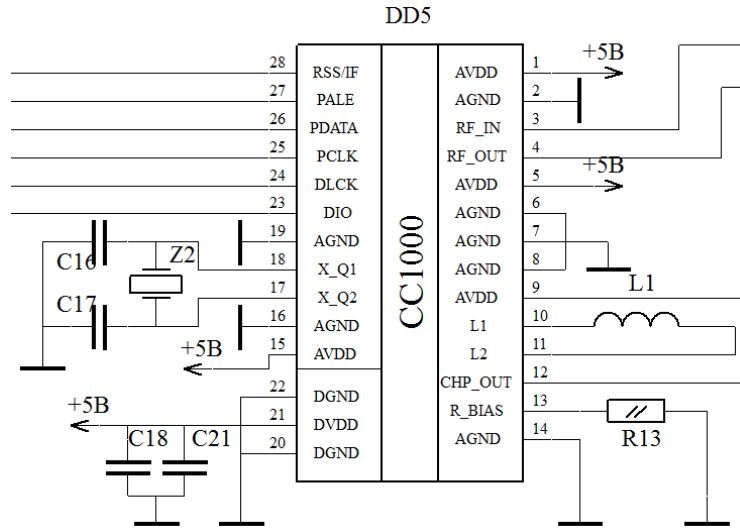


Рисунок 1.10 – Радіомодем

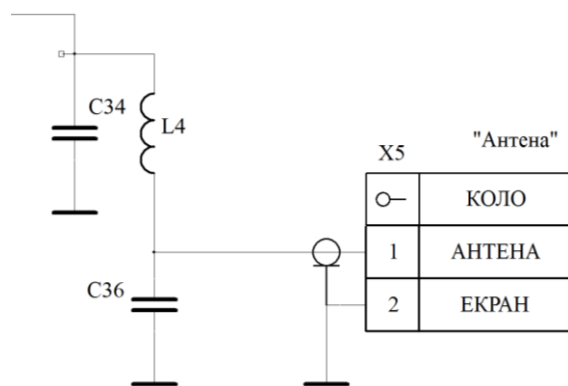


Рисунок 1.11 –LC-Фільтр

В режимі прийому сигнал прийнятий антеною, поступає на вхід вхідного LC-фільтра (рисунок 1.11), який вибирає необхідний частотний діапазон, в якому дані передаються і приймаються.

З виходу вхідного фільтра сигнал поступає на вхід RF\_IN радіомодему DD5, через вузол узгодження (рисунок 1.12), який узгоджує вихід фільтра (рисунок 1.11) з входом модему (рисунок 1.10).

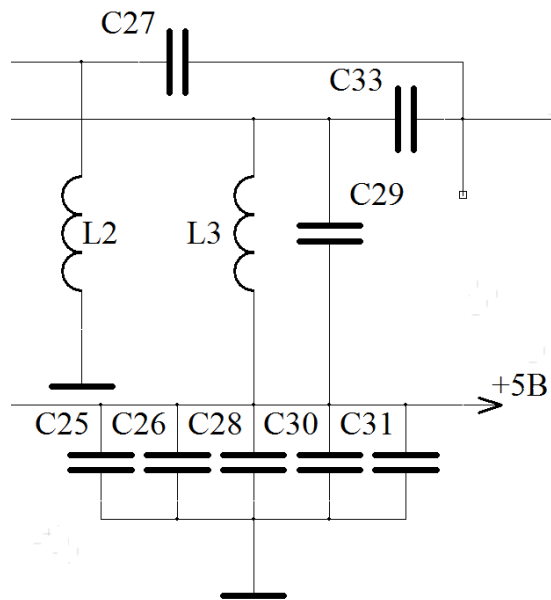


Рисунок 1.12 – Вузол узгодження

В режимі читання даних реєстри радіомодему знаходяться в станах, які показані на рисунку 1.13, а в режимі запису – на рисунку 1.14.

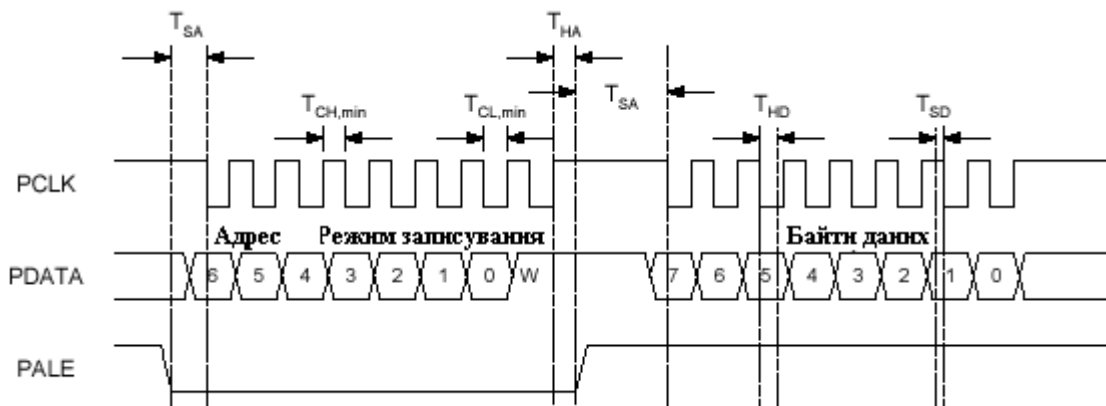


Рисунок 1.13 – Конфігурація реєстрів при записуванні



Рисунок 1.14 – Конфігурація реєстрів при зчитуванні

З виходу радіомодему DD5 сигнал поступає на вхід мікроконтролера DD4. Оброблений сигнал поступає на вхід Com-порту ПК RxD через формувач рівня сигналу, в основі якого лежить оптопара DD2 (рисунк 1.15).

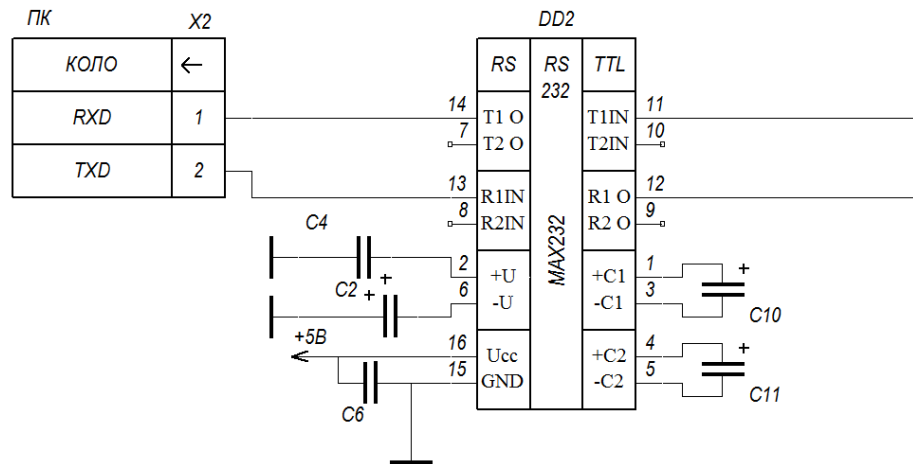


Рисунок 1.15 – Формувач рівня сигналу (МК-ПК)

В режим прийому мікроконтролер DD4 програмно припиняє вимір температури, даний контроль здійснюється користувачем ПР, який з виходу Com-порту ПР TxD подає керуючий сигнал на вхід мікроконтролеру DD4 через формувач рівня сигналу (рисунк 1.15).

Передача та прийом даних відображається вузлом індикації, який зображено на рисунку 1.16.

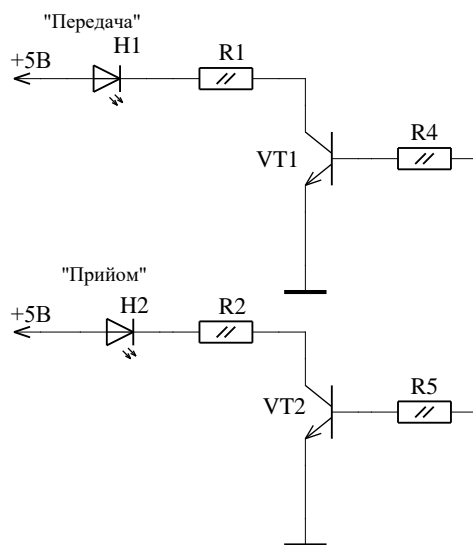


Рисунок 1.16 – Вузол індикації передачі даних

Процес підключення зовнішнього радіомодему забезпечується через формувач рівень сигналу (в основі якого лежить мікросхема гальванічного розв'язування DD1) (рисунок 1.17), який узгоджує вихід мікроконтролера з входом зовнішнього радіомодему, і на оборот.

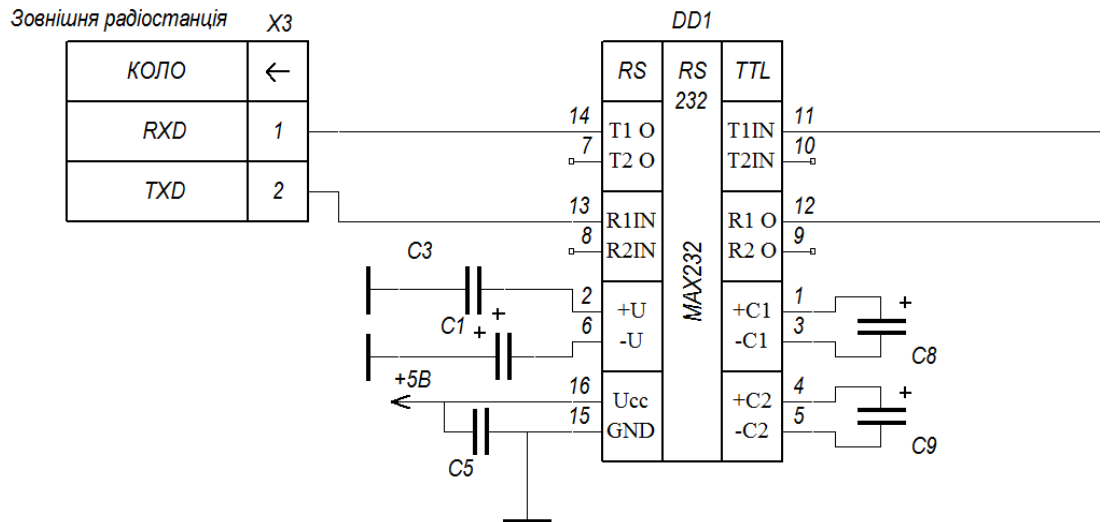


Рисунок 1.17 – Формувач рівня сигналу (МК-зовнішній радіомодем)

Процес перепрограмування мікроконтролера DD4 організовано шляхом підключення програматора до портів мікроконтролера через роз'єм X6 (рисунок 1.18).

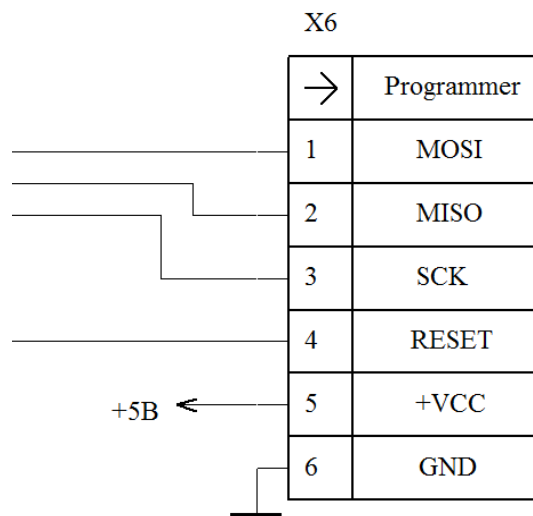


Рисунок 1.18 – Роз'єм для підключення програматора

Схему керування роботою приладу через інфрачервоне випромінювання із застосування пульта дистанційного керування, зображено на рисунку 1.19.

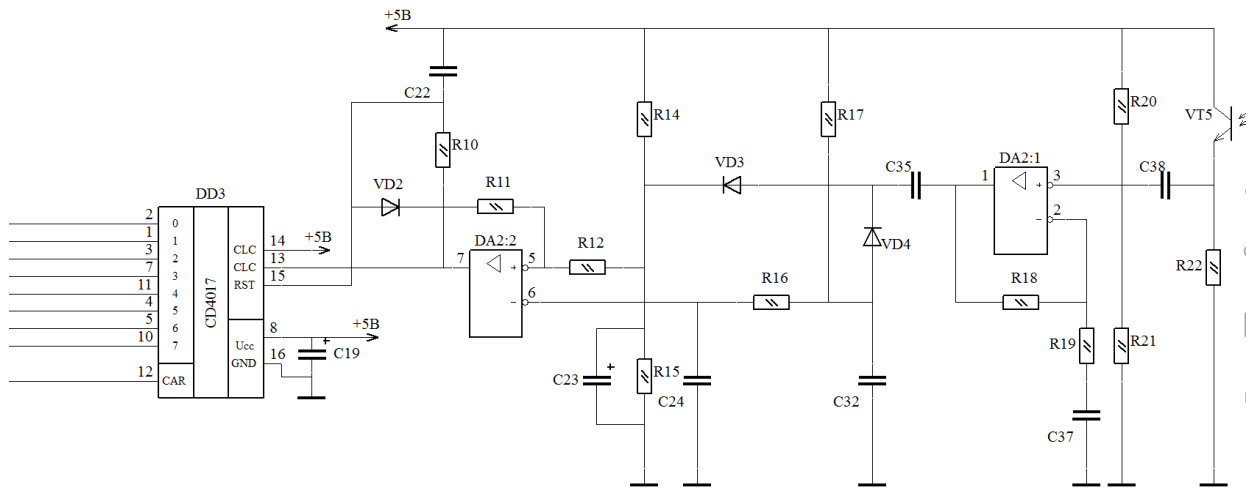


Рисунок 1.19 – Схему керування роботою прилад через інфрачервоне випромінювання із застосування пульта дистанційного керування

В схемі прийому інфрачервоних променів від пульта дистанційного керування за фототранзистором VT5 (рис.1.20) розміщений операційний підсилювач DA2.

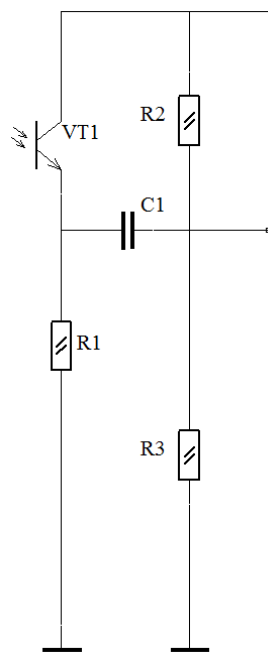


Рисунок 1.20 – Вхідне коло фототранзистора



На першому операційному підсилювачі DA2:1 зібраний активний смуговий фільтр, який налаштований на 5 кГц (рис.1.21).

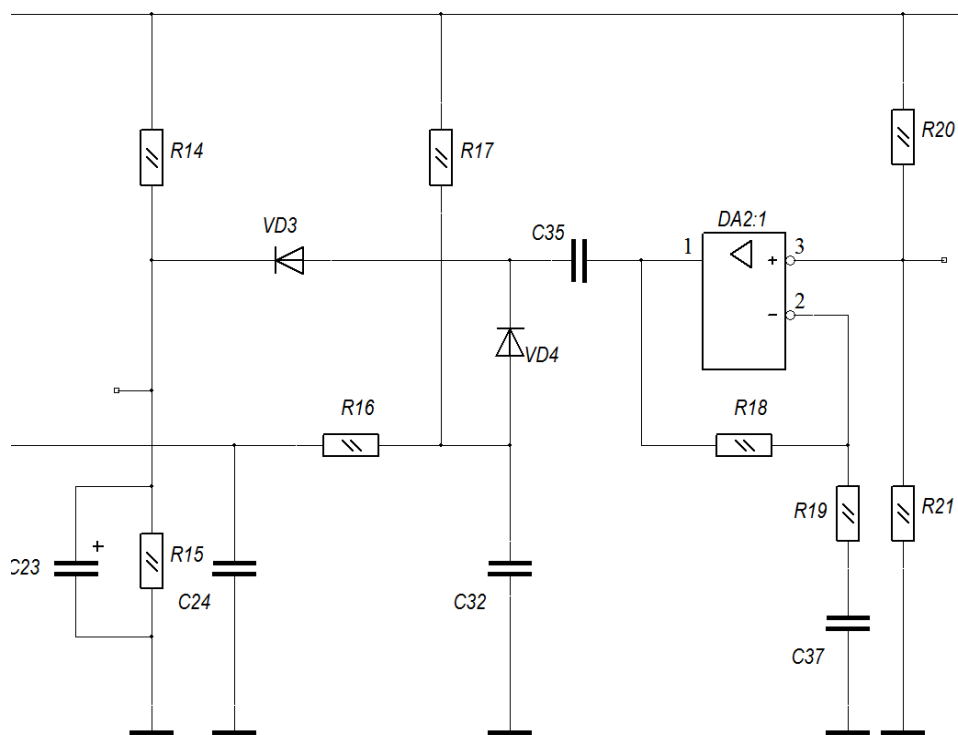


Рисунок 1.21 – Активний смуговий фільтр

Після демодуляції і фільтрації другий операційний підсилювач DA2:2 вступає в дію в якості тригера Шмітта (рис.1.22), який формує імпульси для запуску лічильника (рис.1.23).

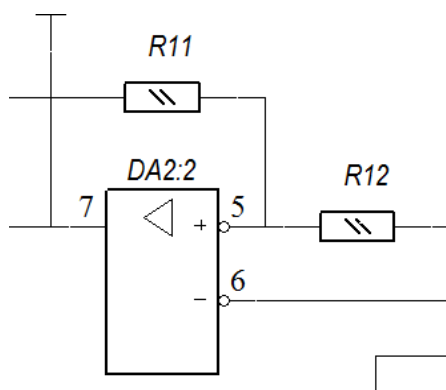


Рисунок 1.22 – Тригера Шмітта

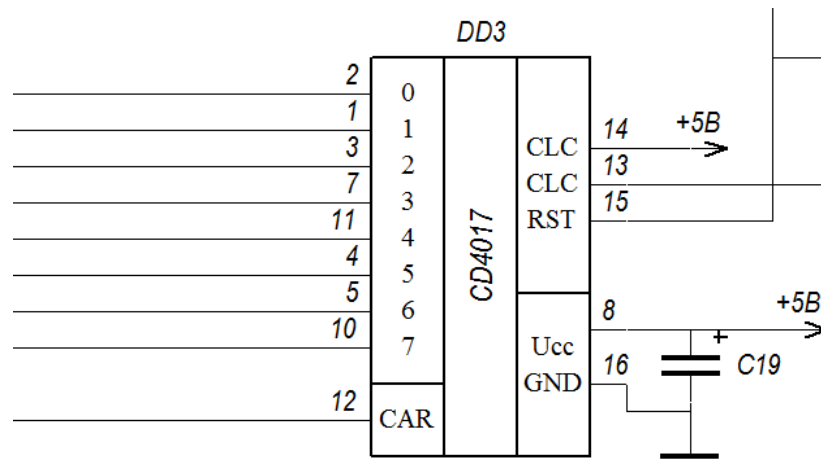


Рисунок 1.23 – Лічильник

Коло часової затримки складається з діода VD2, конденсатора C22 і резистора R10 (рис.1.24).

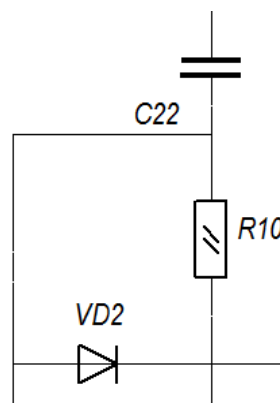


Рисунок 1.24 – Коло часової затримки

Діод VD2, який підключений до виводів R10, працює так, щоб згадувана затримка мала місце тільки на підйомі сигналу. Проте коли вихід тригера повертається в нульовий стан, конденсатор C22 миттєво заряджається діодом VD2 так, що команда «перезапуск» (reset) інтегральній мікросхемі DD3 незабаром знімається.

Фонове засвідчення визиває в фототранзисторі VT5 електричну напругу завад, яка обмежує корисну чутливість приймача. Тому краще всього розмістити приймач таким чином, щоб звести до мінімуму зовнішнє засвічення його від джерела світла або денного освітлення. В іншому

випадку ймовірно, що із-за завад лічильник буде продовжувати відлік хаотично, якщо тільки такі умови роботи не приведуть до постійного обнуління. Якщо ні відповідна орієнтація приладу, ні конус із чорного паперу, який розміщений над фототранзистором, не врятують положення, можна зменшити опір резистор R22 (при необхідності до 2 кОм), але в цьому випадку зменшується чутливість приймача і дальність дії зводиться до відстані 2-3 м. І на оборот, працюючи при достатньому затемненні, можна збільшити чутливість і дальність дії, збільшуючи опір резистора R22 до 47 або 100 кОм.

#### 1.4 Синтез схеми електричної принципової вимірювача

Мікроконтролер DD4 виконує функції керування роботою вимірювача, дистанційної роботи через інфрачервоний канал та відповідає за обмін даними з ПЕОМ. Вимірювач може працювати в 4-ох режимах:

- вимірювання температури та передавання її значень по радіоканалу;
- ретрансляція даних інших приладів (вимірювачів температури);
- вимірювання температури, прийом даних від інших приладів (вимірювачів температури) та передача цієї інформації в ПЕОМ;
- Змінювати режими роботи в залежності від прийнятих сигналів з пульта керування дистанційного з використанням каналу ІЧ-випромінювання.

Блок-схему роботи мікроконтролера DD4 зображено на рисунку 1.25.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

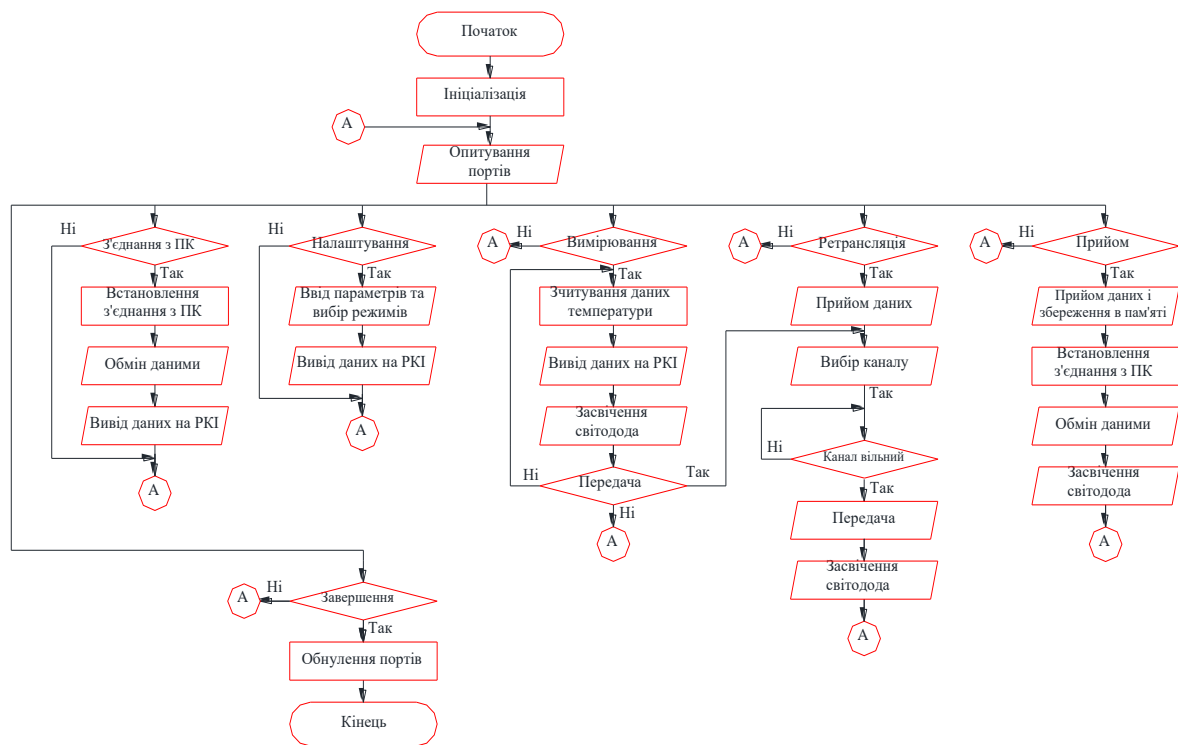


Рисунок 1.25 – Блок-схема роботи мікроконтролера

Налаштування режимів роботи приладу задається з ПЕОМ або через пульт дистанційного керування перед його встановленням в систему. Окрім режиму роботи задаються також номери приладу дані з яких потрібно передавати, приймати чи ретранслювати.

Після ввімкнення живлення проводиться ініціалізація портів мікроконтролера вводу/виводу, потім здійснюється зчитування даних з ПК або ІЧ-приймача та перевірка наявності даних якщо дані не отримані, або зв'язок з ПК не знайдено прилад працює в залежності від раніше встановленого режиму роботи. Якщо встановлено з'єднання з ПК на контролер передаються дані, що визначають чи він буде працювати як ведучий чи просто будуть запрограмовані нові параметри. При роботі контролера в якості ведучого він зчитує дані з портів, а також приймає інформацій з всіх визначених приладу та через послідовний інтерфейс передає їх на ПК.

При роботі контролера в одному з перших двох режимів (без під'єднання до ПК) контролер зчитує дані, здійснює перевірку чи вільний канал для передавання інформації. Якщо канал зайнятий у випадку передачі даних, то при необхідності їх ретрансляції дані очікують на звільнення каналу та при звільненні каналу зв'язку передає їх радіомодему, а також передає результат свого вимірювання.

В електричній схемі наведено чотири вузла індикації, які функціонують в режимі ключа на транзисторах VT1-VT4, які включено схемотехнічно зі спільним емітером, в коло навантаження яких включено світлодіоди Н1-Н4 (рис.1.26). Оскільки в даній схемі 4 електричних вузла індикації ідентичні, то здійснено розрахунок одного вузла, який схемотехнічно складається з резисторів R1 і R4, транзисторного елемента VT1 і світлодіодного елемента Н1.

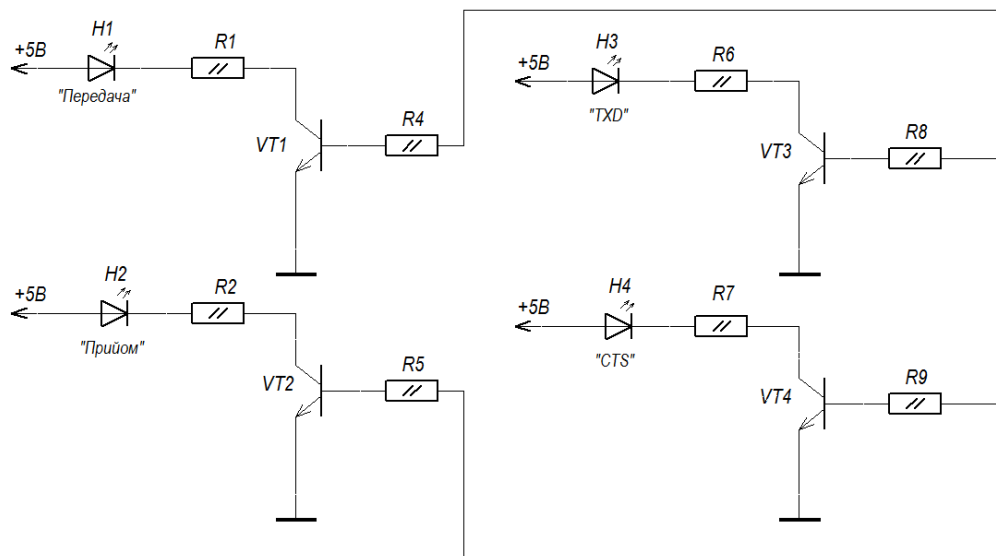


Рисунок 1.26 – Вузол індикації

Струм світлодіода має бути рівним приблизно 5мА, тому при рівні напруги живлення 5В падіння рівня напруги на ключі (VT1) рівне 0,4В та спаді рівня напруги на світлодіодному елементі рівний 2В. Тому відповідно до формули значення опору резистора R1 рівне:

$$R1 = \frac{U_{жс} - U_{\text{світлодіод } a} - U_{VT1}}{I_{\text{світлодіод } a}}, \quad (1.1)$$

де  $U_{жс}$  – значення напруги живлення;

$I_{\text{світлодіод } a}$  – необхідне значення струм світлодіодного елемента;

$U_{\text{світлодіод } a}$  – рівень спаду напруги на світлодіодному елементі,

$$R1 = \frac{5B - 2B - 0,4B}{0,010A} = 260 \text{ Ом}.$$

Прийнято значення опору  $R1 = 270$  Ом згідно стандартних значень.

Для визначення значення номіналу резистора R4 здійснено попередньо розрахунок величини базового струму транзисторного елемента VT1 використано формулу:

$$I_{\text{б}VT1} = \frac{I_{\text{к}VT1}}{\beta_{VT1}}, \quad (1.2)$$

де  $I_{\text{к}VT1}$  – значення величини струму в колі колектора транзисторного елемента VT4,  $I_{\text{к}VT1} = I_{\text{світлодіод } a} = 10 \text{ мА}$

$\beta_{VT1}$  – значення коефіцієнту підсилення транзисторного елемента за струмом,  $\beta_{VT1} = 600$ ,

$$I_{\text{б}VT1} = \frac{0,010A}{600} = 16,6 \text{ мкА}.$$

Для забезпечення надійності функціонування транзисторного елемента в режимі ключа необхідно вибрати значення базового струму удвічі більше від обчисленого. Прийнято значення величини базового струму

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{\delta VT1} = 33,2 \text{ мкА}$ . У відповідності до формули розраховано значення величини опору резистора R4:

$$R4 = \frac{U_{\text{ВИХ.МК}}}{I_{\delta VT1}}, \quad (1.3)$$

де  $U_{\text{ВИХ.МК}}$  – значення вихідної напруги з мікроконтролерного порту при значення струмі 33,2 мкА у відповідності до технічної документації рівна 3 В:

$$R4 = \frac{3}{33,2 \cdot 10^{-6}} = 90,4 \text{ кОм};$$

Прийнято величину опору  $R4 = 91 \text{ кОм}$  зі стандарту значень.

Результати розрахованих номіналів елементів такі:

- Транзисторні елементи VT1-VT4 обрано марки 2N2483;
- Номінали резисторних елементів R1, R2, R6 і R7 рівні 270 Ом, а резисторних елементів R4, R5, R8 і R9 – 91 кОм.

Здійснено також розрахунок трансформатора T1 в блоці живлення, що відображений на рисунку 1.27.

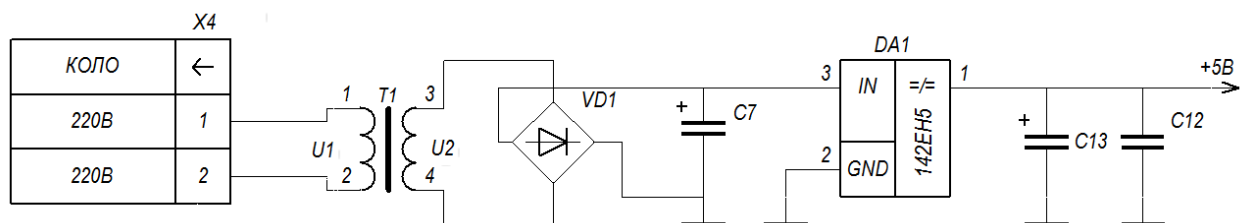


Рисунок 1.27 – Схема блока живлення

Дані для розрахунку:

$$U_1 = 220 \text{ В};$$

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_2 = 7 \text{ В};$$

$$I_2 = 0,1 \text{ А};$$

$$f = 50 \text{ Гц.}$$

З врахуванням умов та режимів експлуатування вимірювача трансформатор може бути відкритим або закритим або захисним. При частоті  $f_0 = 50$  Гц застосовано тороїдальне конструктивне виконання магнітопроводу. Тому здійснено розрахунок трансформатор зазначеного типу. У випадку зазначеної конструкції магнітопроводу допущено перегрівання обмоток  $50-55^{\circ}\text{C}$  при температурному показнику середовища  $20^{\circ}\text{C}$ .

Параметр габаритної потужності (ГП) є залежним від схмотехнічного виконання та обчислюється формулою:

$$P_{\Gamma} = \frac{\sum P_2}{2 \times \psi} (\sqrt{2} + 1), \quad (1.4)$$

де  $P_{\Gamma}$  – значення ГП (Вт);

$\psi$  – коефіцієнт:

$$\psi = \cos \varphi \times \eta, \quad (1.5)$$

$\sum P_2$  – вихідна потужність сумарна (Вт);

Для трансформатора прийнято брати  $\psi = \eta$ , де  $\eta$  – ККД трансформатора обрано залежно від потужності  $\sum P_2$ .

Значення  $\sum P_2$  на виході обчислено згідно формули:

$$\begin{aligned} \sum P_2 &= U_2 I_2 + U_3 I_3, \\ \sum P_2 &= 7 \cdot 0,1 = 0,7 \text{ Вт.} \end{aligned} \quad (1.6)$$

					<b>ПНВ 2.000.001 ПЗ</b>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Обрано ККД трансформатора при апріорно заданому матеріалу магнітопроводу (сталь 3423, стрічкова товщина  $\delta = 0.08$  мм) в розмірі  $\eta \approx 0.9$ .

ГП є рівною:

$$P_{\Gamma} = \frac{\Sigma P_2}{\eta} (\sqrt{2} + 1) = \frac{0,7}{0,9} (\sqrt{2} + 1) = 1,87 \text{ Вт},$$

Магнітопровідний матеріал марки ОЛ32/50-25.

Кількість витків обмотки трансформатора рівна:

$$W_o = \frac{10^4}{4B_m f S_c k_c} = \frac{10^4}{4 \cdot 0,35 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 0,575} = 2,48447209 .$$

Втрати по напрузі в обмотці обчислюється за формулою:

$$u_{k.a} = 0.01 j \rho k_{cx} W_o l_w, \quad (1.7)$$

де  $k_{cx}$  - коефіцієнт конструктивної реалізації трансформатора;

$\rho = 0,02$  Ом/мм<sup>2</sup> для міді;

$$u_{k.a} = 0.01 \cdot 3,2 \cdot 2,08 \cdot 2,5 \cdot 0,02 \cdot 0,1 = 0,0003328 \text{ мВ}, \quad u_k = u_{k.a} .$$

Кількість витків для обмоток (первинна, вторинна):

$$W_1 = W_o U_1 \left( 1 - \frac{u_k}{2} \right), \quad (1.8)$$

$$W_2 = W_o U_2 \left( 1 + \frac{u_k}{2} \right), \quad (1.9)$$

					<b>ПНВ 2.000.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$W_1 = W_0 U_1 \left( 1 - \frac{u_k}{2} \right) = 275 \text{ ват. ,}$$

$$W_{21} = W_0 U_{31} \left( 1 + \frac{u_k}{2} \right) = 25004 \text{ ват.}$$

Компонента струму активна при ході холостому обчислюється за формулою:

$$I_{oa} = \frac{P_c}{U_1}, \quad (1.10)$$

де  $P_c \approx P_{y\delta} G_c$  ;

$$P_{y\delta} = 1,33 \text{ Вт/кг ,}$$

$$P_c \approx P_{y\delta} G_c = 1,33 \cdot 0,339 = 0,454 \text{ Вт ,}$$

$$I_{oa} = \frac{P_c}{U_1} = \frac{0,454}{110} = 0,0041 \text{ А .}$$

Реактивна струмова компонента при холостому ході обчислюється за формулою:

$$I_{op} = \frac{H_m l_c}{W_1}, \quad (1.11)$$

де  $H_m$  – напруженість МП:

$$I_{op} = \frac{H_m l_c}{W_1} = 0,023 \text{ А.}$$

Значення струму при холостому ході рівне:

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{ox} = \sqrt{I_{0a}^2 + I_{0p}^2} = 0.0233 \text{ А.}$$

Струм первинної трансформаторної обмотки:

$$I_1 = k_{np1} \sqrt{\left(\frac{\sum P_2}{\eta U_1}\right)^2 + I_{ox}^2}, \quad (1.12)$$

де  $k_{np1} = 1,1$ ,

$$I_1 = 1,1 \sqrt{\left(\frac{10}{0,9 \times 110}\right)^2 + 0,0233^2} = 0,103658 \text{ А.}$$

Значення діаметру провідника і-ої обмотки обчислюється:

$$q_i = \frac{I_i}{j}, \quad (1.13)$$

$$d_i = 1,13 \sqrt{q_i}. \quad (1.14)$$

У випадку обмотки первинної:

$$q_1 = \frac{I_1}{j} = \frac{0,10365}{3,2} = 0,0323 \text{ мм}^2, \quad d_1 = 1,13 \sqrt{0,0323} = 0,2030 \text{ мм.}$$

Для обмотки трансформаторної вторинної:

$$q_2 = \frac{I_2}{j} = \frac{0,023326465}{3,2} = 0,007 \text{ мм}^2, \quad d_2 = 1,13 \sqrt{0,007} = 0,0945 \text{ мм.}$$

У випадку обмотки трансформаторної первинної обрано дріт марки ПЕВ-2 для якого  $q_1 = 0,03464 \text{ мм}^2$ ,  $d_1 = 0,21 \text{ мм}$  та  $d_{13,1} = 0,25 \text{ мм}$ .

					<b>ПНВ 2.000.001 ПЗ</b>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У випадку обмотки трансформаторної вторинної обрано дріт ПЕВ-2:  
 $q_2 = 0.00785 \text{ мм}^2$ ,  $d_2 = 0.09 \text{ мм}$  і  $d_{i3,2} = 0.12 \text{ мм}$ .

Значення перегріву котушок трансформатора обраної конструкції обчислюється з формули:

$$\Delta T_k = \frac{P_c + P_k}{\alpha_m n_h \left[ 1 + \frac{n_-}{n_h} \sqrt{\frac{\nu + 0.6}{1 + 0.2\nu \frac{n_-}{n_h}}} \right]}, \quad (1.15)$$

де

$$\nu = \frac{P_c}{P} = \frac{0.454}{10} = 0.0454,$$

$\alpha_m$  - коефіцієнт тепловіддачі (коефіцієнт конвекційної тепловіддачі  $\alpha_k$ , Вт/см<sup>2</sup> °С та променевипускання  $\alpha_r$ , Вт/см<sup>2</sup> °С):

$$\alpha_m = \alpha_k + \alpha_r, \quad (1.16)$$

де

$$\alpha_r = 0.9A \left( \frac{T_{II} - T_C}{h} \right) \sqrt{\frac{H}{H_m}} \times 10^{-4} = 1.8 \cdot 10^{-4} \text{ Вт/см}^2 \text{ } ^\circ\text{С},$$

де  $T_C$  – температури середовища зовні;

$T_{II}$  - температури поверхні;

$A$  - коефіцієнт,  $A = 0.7 - 0.9 \text{ Вт/м}^{7/4} \text{ } ^\circ\text{С}$ ;

$H$  і  $H_m$  – напруженість магнітна,  $H = H_m$ ,

$$\alpha_k = \frac{\varepsilon_0 \left[ \left( \frac{T_{II} + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_C + 273}{100} \right)^4 \right]}{T_{II} - T_C} = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ Вт/см}^2 \text{ } ^\circ\text{С},$$

					<b>ПНВ 2.000.001 ПЗ</b>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\varepsilon_0$  - значення ступеня чорноти тіла;

$C_0 = 5,67$  – коефіцієнт теплового випромінювання тіла, яке є абсолютно чорне,

$$\Delta T_k = \frac{P_c + P_k}{\alpha_m n_h \left[ 1 + \frac{n_-}{n_h} \sqrt{\frac{v + 0.6}{1 + 0.2v \frac{n_-}{n_h}}} \right]} = 12,27 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

Обчислене значення перегрівання не перевищує допустиме значення.

### 1.5 Вибір елементної бази вимірювача

Для реалізації конструкції плати друкованої є необхідним процес вибору корпусів необхідних для вимірювача елементів. Оскільки процес вибирання в багатьох випадках проводиться за наявності помилок як грубих (можна виявити при першій експлуатації, проте легко помітні) так і помилок, що впливають на терміни експлуатації вимірювання.

Усі елементи, зокрема їх граничні показники  $U$ ,  $I$ ,  $P$  задаються на заводах виробників. Коректність вибору цих показників є залежною від компетентності працівника(ів) при розробці вимірювача.

Найпростішими пасивними елементами вимірювача є конденсатори, резистори та напівпровідникові діоди/стабілітрони. Струм, що протікає крізь них не керується прикладеною напругою. На першому етапі обрано резистори MF-12 з відхиленням  $\pm 5\%$  та змінного опору СПЗ-456 при відхиленні  $\pm 20\%$ .

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для коректності процесу вибору акцентовано увагу на допустиму потужність, умови функціонування, параметри довговічності та безвідмовності, габарити та вагу та вартісні показники.

При розробці вимірювача застосовано 22 резистори постійних номіналів, які відображено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Номінали резисторів вимірювача

Резистор	Марка, номінал, потужність, відхилення
R1, R2	MF - 12 - 0,125-270Ом±5%
R3	MF - 12 - 0,125-1кОм±5%
R4, R5	MF - 12 - 0,125-9,1кОм±5%
R6, R7	MF - 12 - 0,125-270Ом±5%
R8, R9	MF - 12 - 0,125-9,1кОм±5%
R10, R12	MF - 12 - 0,125-4,7кОм±5%
R11, R16	MF - 12 - 0,125-330кОм±5%
R13	MF - 12 - 0,125-5,1кОм±5%
R14, R15	MF - 12 - 0,125-5,6кОм±5%
R17	MF - 12 - 0,125-5,6кОм±5%
R18	MF - 12 - 0,125-330кОм±5%
R19	MF - 12 - 0,125-150Ом±5%
R20	MF - 12 - 0,125-5,1кОм±5%
R21	MF - 12 - 0,125-1МОм±5%
R22	MF - 12 - 0,125-10кОм±5%

Габарити резисторів С2-23 відображено на рис.1.28.

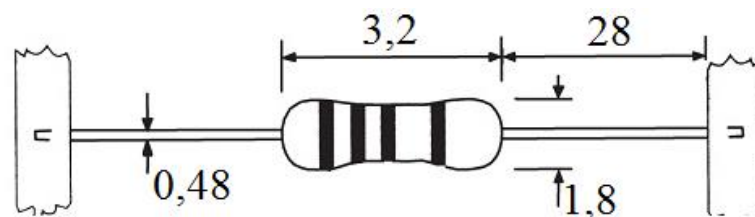


Рисунок 1.28 – Габарити MF-12

На наступному етапі обрано конденсатори, зокрема їх марку, електричні параметри та габарити. Підібрано конденсатори марки СС4 керамічного типу в кількості 17 штук та 8 електролітичного типу марки JRB – 8 штук, які відображено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Номінали конденсаторів вимірювача

Конденсатор	Марка, напруга, номінал
C1, C2	JRB-16B-1мкФ
C3, C4	JRB-16B-1мкФ
C5, C6	СС4-1мкФ
C7, C13	JRB-16B-100мкФ
C8-C11	JRB-16B-1мкФ
C12, C18	JRB-16B-1мкФ
C14-C17	СС4-27пФ
C19	JRB-16B-1мкФ
C20, C21	СС4-0,1мкФ
C22	СС4-100нФ
C23	JRB-16B-22мкФ
C24	СС4-47нФ
C25, C26	СС4-220пФ
C27	СС4-8,2пФ
C28, C30	СС4-1нФ
C29	СС4-2,2пФ
C31	СС4-33нФ
C32	СС4-10нФ
C33	СС4-5,6пФ
C34	СС4-2,2мкФ
C35	СС4-22нФ
C36	СС4-33пФ
C37, C38	СС4-100нФ

Габарити конденсаторів марки СС4 відображено на рис.1.29, а марки JRB – на рис.1.30.

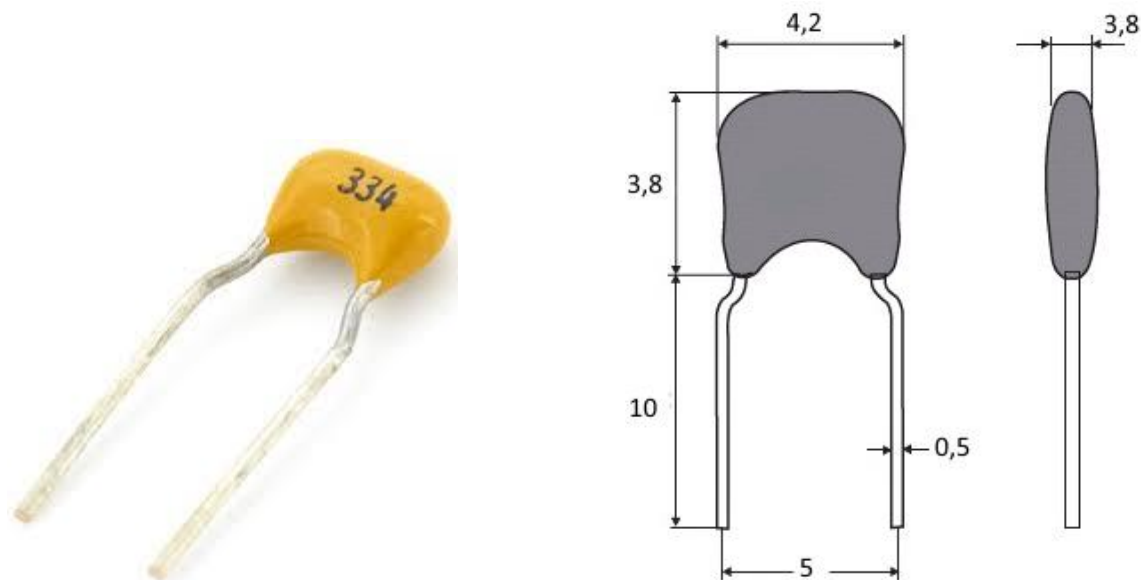
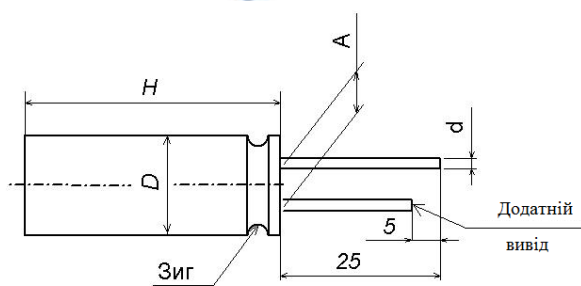


Рисунок 1.29 – Габарити конденсаторів СС4



D	A	d
6,3-8	2,5	0,6
10	5	0,6
14	5	0,8
16-21	7,5	0,8

Рисунок 1.30 – Габарити конденсаторів JRB-16B

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПНВ 2.000.001 ПЗ

Арк.

48



На наступному етапі вибрано 4 діоди марки 1N4148 та 1 міст діодний марки DB105 з параметрами, які відображено в таблиці 1.5-1.6.

Таблиця 1.5 – Параметри 1N4148

Діод	$U_{звор.}, В$	$I_{звор. max}, мкА$	$I_{пр. max}, А$	$F_d max, кГц$
VD2	50	5	0,1	100000

Таблиця 1.6 – Параметри DB105

Міст	$U_{звор.}, В$	$I_{звор. max}, мкА$	$I_{пр. max}, А$	$F_d max, кГц$
VD1	600	125	1	5

Габарити 1N4148 відображено на рис.1.31, а моста діодного DB105 – на рис.1.32.

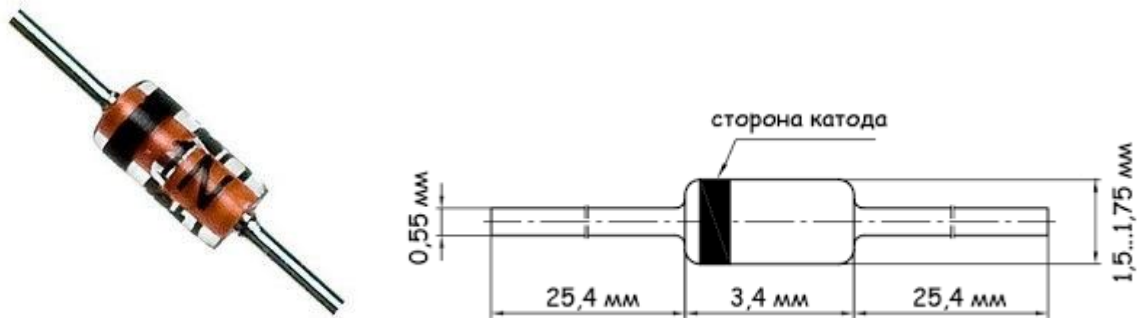


Рисунок 1.31 – Габарити 1N4148

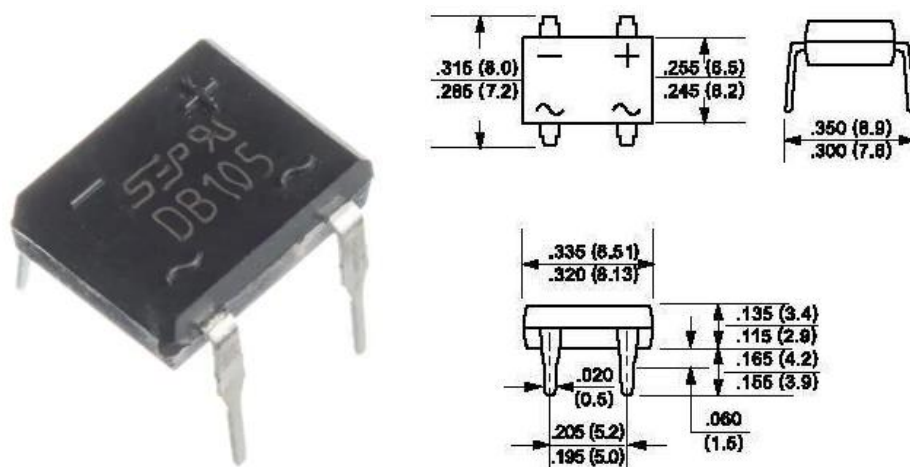


Рисунок 1.32 – Габарити DB105

Активні елементи вимірювача здатні здійснювати регулювання протікаючого струму за допомогою прикладеної напруги та сигналів керування.

До цих елементів відносяться транзисторні елементи та оптопар. Для вимірювача вибрано кремнієві біполярні транзистори марки BC547 (4 шт) з габаритами, які відображено на рис. 1.33.

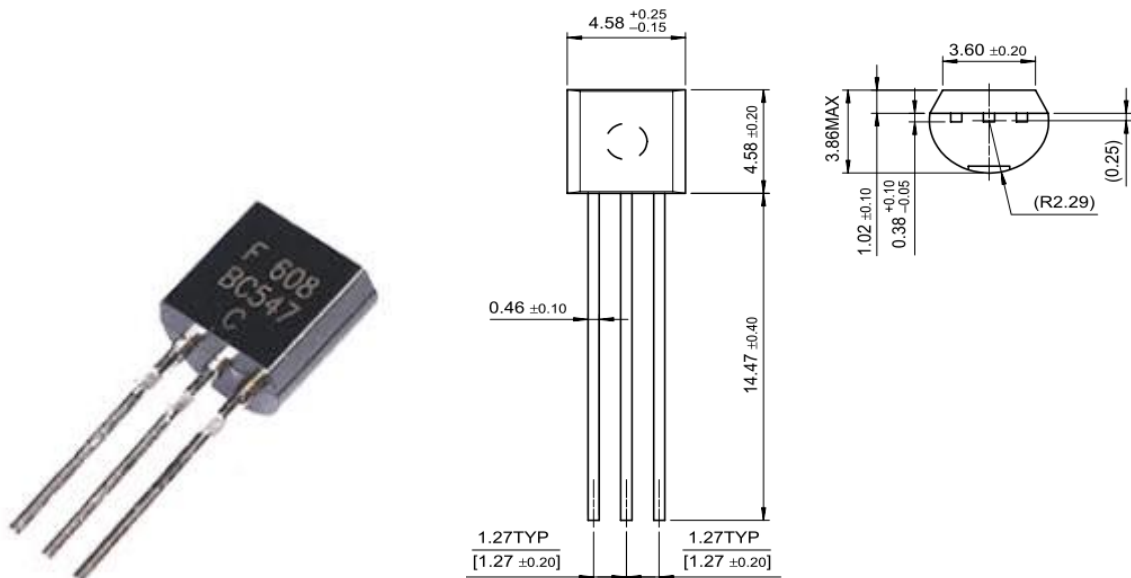


Рисунок 1.33 – Габарити BC547

На останньому етапі вибрано інтегральні мікросхеми. Більше число мікросхем функціонують як підсилювачі чи стабілізатори, модулятори чи демодулятори, вузли керування сигналами із використанням пам'яті та збереженої в ній програмного коду.

Базовою мікросхемою в вимірювачі є мікроконтролер DD4. За результатами аналізу виявлено, що фірма Atmel має у своєму арсеналі серію ATmega32 з ядром AVR, яка є багатофункціональна, має достатню кількість портів і характеризується низьким вартісним показником.

Також серед мікросхем вибрано мікросхеми, які відображено в таблиці 1.8.

					<b>ПНВ 2.000.001 ПЗ</b>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.8 – Мікросхеми вимірювача

Мікросхема пристрою	Назва	Функціональне призначення
DA1	LM7805	Стабілізвання
DA2	TL081	Підсилення
DD1, DD2	MAX232	Опторозв'язка
DD3	CD4017	Підрахунок
DD5	CC1000	Модуляція/демодуляція
DD6	DS1812D-5	RESET мікроконтролера

В подальшому вибрано світлодіоди H1-H4 марки GNL-5013LRD-B (рис.1.34), трансформатор ТП-121 (рис.1.35), резонатори кварцові Z1-Z2 марки НС-49S з параметром частоти 26 МГц (рис.1.36).

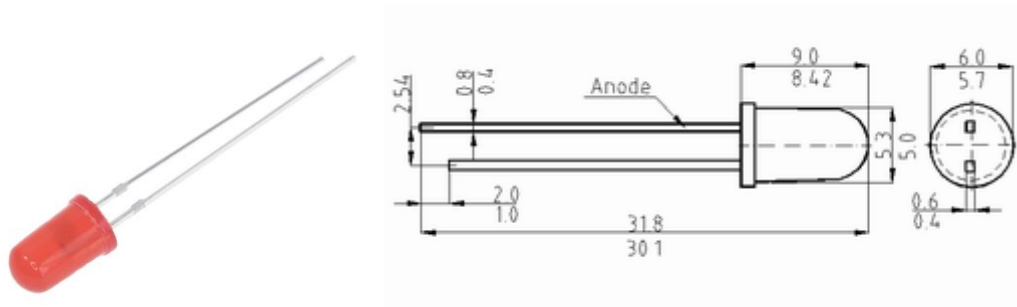


Рисунок 1.34 – Габарити GNL-5013LRD-B

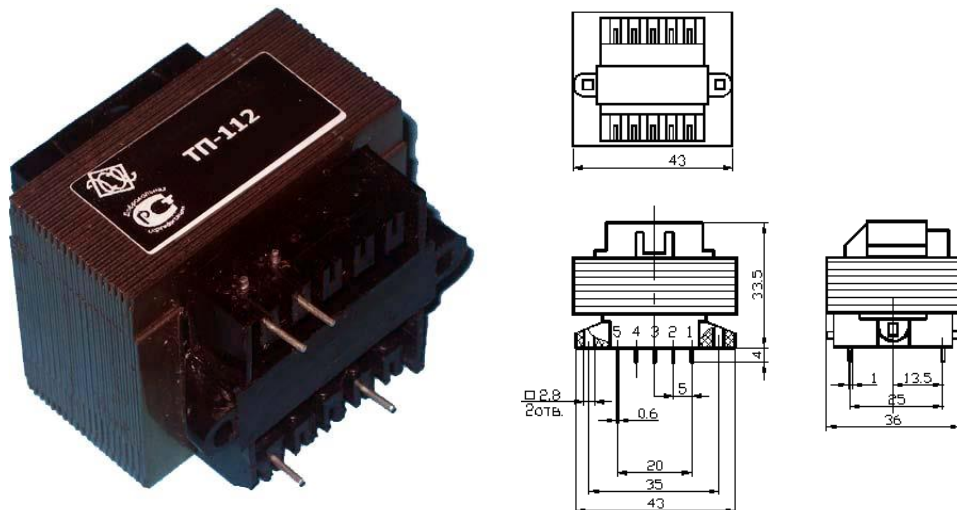


Рисунок 1.35 – Габарити ТП-121



Рисунок 1.36 – Габарити HC-49S

Під час вибору елементної бази вимірювача застосовано інтернет ресурси, довідники та реклами, які дають повне представлення про низку елементів.

### 1.6 Виготовлення друкованої плати вимірювача

Виготовлення друкованої плати вимірювача складається з нанесення зображення малюнка схеми та створення провідників на діелектричній основі плати.

Існує кілька способів нанесення малюнка схеми на плату вимірювача, вибір яких залежить від матеріалу плати та способу металізації провідників. Найбільш поширені такі способи: фотографічний, сітково-графічний та офсетний.

При фотографічному способі малюнок отримують проектування зображення схеми з фотоплівки на плату, покриту світлочутливою емульсією. Під впливом світла експоновані ділянки емульсії перетворюються на нерозчинний стан. Неекспоновані ділянки підлягають розчиненню, вимиванню; на фользі плати у цих місцях залишається малюнок схеми

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

(негативний спосіб).

При сітково-графічному способі малюнок наносять на плату вимірювача фарбою через спеціальну сітку (трафарет), що відповідає заданій схемі. Фарбу продавлюють через ділянки сітки на фольгу плати за допомогою спеціальних верстатів.

При офсетному способі малюнок схеми наносять на плату вимірювача фарбою у вигляді літографської матриці (кліше).

Нанесення струмопровідного покриття на основу плати вимірювача, тобто металізацію поверхні діелектрика плати, також виробляють різними методами. Наприклад, застосовують метод, що полягає в хімічному травленні міді з незахищених ділянок поверхні діелектрика, і електрохімічний метод, що являє собою гальванічне нарощування міді по всій поверхні плати або тільки на малюнку, що наноситься на неї. Метод електрохімічного осадження з перенесенням та комбінований є похідними перших двох.

Метод виготовлення плати вибирають при розробці апаратури, в результаті якої визначаються габарити плати і щільність друкованого монтажу. При цьому виходять з електричних параметрів схеми, кліматичних та механічних вимог, що висуваються до конструкції вимірювача, умов експлуатації, враховуючи економічні фактори виготовлення плат даним методом.

Плати гнучкого друкованого монтажу виготовляють хімічним осадженням металевого покриття на ізоляційну основу, витравлення провідників схеми на фольгованій підставі, а також штампуванням схеми з мідної фольги з наступною наклейкою на основу плати.

В процесі виготовлення ДП багатошарових вимірювача у промисловості використовують пошарове нарощування, відкриті контактні майданчики, попарне пресування та електрохімічну металізацію наскрізних отворів.

Пошарове нарощування базується процесі послідовного нанесення

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ізоляції 1 (див. рис. 1.37, а) і друкованих провідників 2. Міжшарові з'єднання 3 можуть проходити по всій глибині і з'єднувати будь-які внутрішні шари між собою. Як ізоляційний шар використовують ізоляційний лак або епоксидну смолу. Метод має велику надійність і дозволяє отримати високу щільність монтажу. Кількість шарів може бути понад шість. Недоліком цього є велика трудомісткість, що є пов'язаною з потребою суворого витримування послідовності операцій.

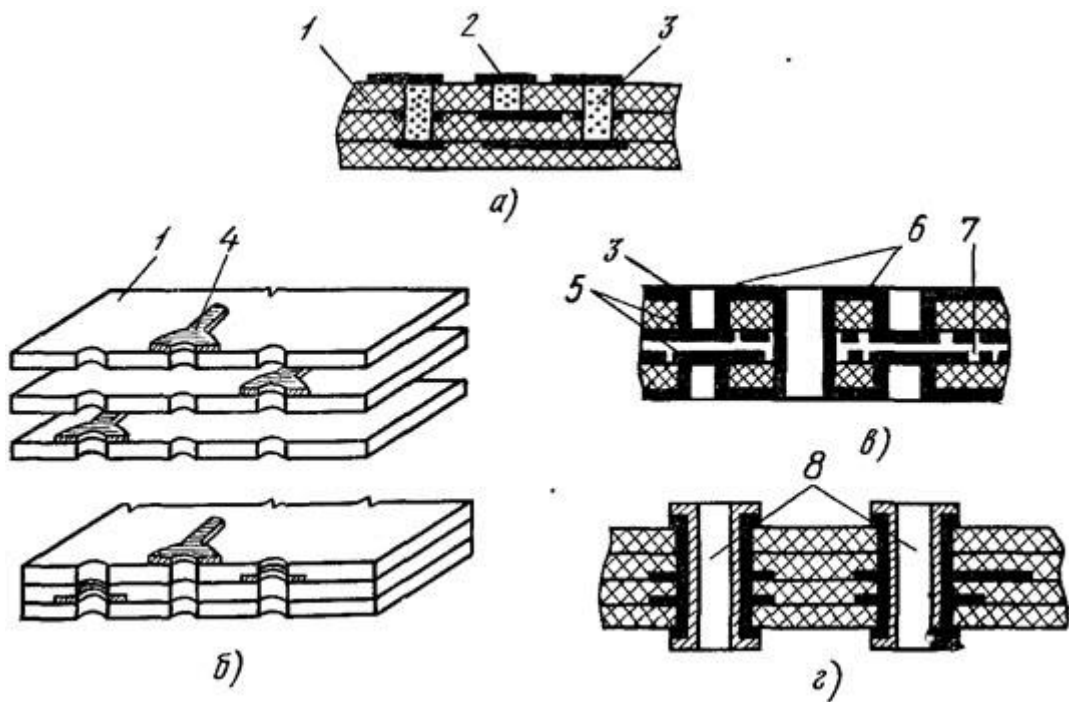


Рисунок 1.37 - Багатошарові друковані плати вимірювача, виготовлені різними методами:

а - пошарове нарощування, б - відкриті контактні майданчики, в - попарного пресування г - металізація отворів наскрізних, 1 - ізоляція, 2 - друкарський провідник, 3 - міжшарові з'єднання, 4 - висновок, 5 - друкована плата, 6 - фольга, 7 - склотканина, 8 - міжшаровий отвір

Відкриті контактні майданчики базуються на пресуванні заготовок ізоляції 1 (рис. 1.37, б) з нанесеним малюнком у вигляді смужок мідної фольги, перекладених шарами склотканини. Пресування друкованих шарів

плати ведеться одночасно. Виводи 4 кожного шару плати відгинаються назовні. Метод відрізняється простотою та дозволяє отримати плату з кількістю шарів до 15. Недоліком методу є низька щільність монтажу.

Попарне пресування полягає у пресуванні попередньо виготовлених двосторонніх ДП (рис. 1.37, в). На одну зі сторін двостороннього фольгованого діелектрика комбінованим способом наноситься малюнок схеми шарів внутрішніх багатошарової ДП 5 (друга сторона покрита фольгою). На кожній заготовці між малюнком схеми та фольгою виконуються міжшарові з'єднання 3 у вигляді металізованих отворів. Виготовлені таким методом двосторонні друковані плати склеюються (пресуються) фольгою 6 назовні за допомогою склотканини 7. Процес подальшої обробки зовнішніх шарів фольги аналогічний отриманню двосторонніх ДП. Такий метод забезпечує отримання багатошарових ДП з кількістю шарів трохи більше чотирьох. Переваги методу - висока надійність та простота виготовлення ДП.

Електрохімічна металізація отворів наскрізних є найбільш перспективним виготовлення ДП багатошарових. Цей метод полягає в одночасному пресуванні попередньо виготовлених ДП односторонніх 3 (рис. 1.37, г) з додатковою металізацією міжшарових отворів 2 електрохімічним способом.

Послідовність операцій технологічного процесу полягає у заготівлі та хімічному очищенні матеріалу основи, фотолітографії (нанесенні малюнка), виготовленні друкованих провідників травленням фольгованого діелектрика.

Далі окремі шари збирають у пакет, пресують (склеюють) в єдину багатошарову структуру, створюють перехідні отвори в багатошарових структурах і металізують їх стінки. При цьому електрично з'єднують усі металеві контактні майданчики на зовнішніх і внутрішніх шарах, що вийшли торцями в цей отвір.

Металізації отворів наскрізних відрізняється простотою, малою

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трудомісткістю, високою щільністю монтажу і забезпечує отримання ДП багатошарової з більшою (більше шести) кількістю шарів. Недоліком його є труднощі отримання надійного міжшарового з'єднання через малу товщину фольги. Надійність з'єднань збільшують додатковим гальванічним осадженням міді.

Виготовлення ДП (від малюнка схеми до готового вимірювача) проходить через велику кількість операцій виробничого та технологічного процесів. Помилка у виготовленні на будь-якому етапі знижує надійність плати вимірювача. Тому при виготовленні ДП здійснюють поопераційний контроль, який дає змогу своєчасно усунути шлюб, а також причини виникнення.

Контроль починають із перевірки на відповідність ТУ ізоляційних матеріалів підстави плати вимірювача. Оцінку якості матеріалів проводять вибірково на входному контролі за одиночними зразками кожної партії.

Фізико-хімічні та електричні параметри основи ізоляційних фольгованих матеріалів, що застосовуються для виготовлення ДП, наведені у ГОСТ 10316-70. До основних контрольованих електричних параметрів відносять електричну міцність, опір ізоляції та ін.

Електрична міцність діелектрика визначається його здатністю витримувати без пробою додане напруження; вона залежить від матеріалу та товщини діелектрика, частоти, форми та часу докладання напруги, навколишньої температури та вологості.

Опір ізоляції між двома провідниками або отворами на друкованій платі залежить від об'ємного та поверхневого опорів матеріалу плати та визначається відношенням постійної напруги, що діє між провідниками, до загального струму, що проходить між ними через ізоляційний матеріал. Опір ізоляції може істотно змінюватись в залежності від температури та вологості навколишнього середовища; воно падає із підвищенням температури та збільшенням вологості.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Поверхневий опір між двома точками поверхні ізоляційного матеріалу виражають в омах, об'ємний опір (відношення різниці потенціалів між електродами, запресованими в матеріал, до струму між ними) в омах на сантиметр.

Контроль електричних параметрів друкованої плати вимірювача на етапі приймально-здавальних випробувань здійснюють автоматичними засобами для всього ланцюга. Для цього перевіряють наявність з'єднань, опір ізоляції роз'єднаних ланцюгів та стійкість до випробувальної напруги відповідно до ТУ.

До перевірочних випробувань входить контроль стійкості електричних, конструктивних та експлуатаційних параметрів до дії підвищеної вологості, холоду, тепла та ін. Якість друкованої плати вимірювача контролюють, крім того, випробуванням на віброміцність.

## 1.7 Висновки до розділу 1

Здійснено аналіз завдання на роботу та проведено огляд відомих вимірювачів температури віддалених об'єктів, в результаті чого встановлено, що розробка відомого прототипу їх є актуальною задачею інженерного спрямування.

Описано процес розробки схеми структурної електричної вимірювача, яка стала підґрунтям для розробки схеми електричної принципової.

Для вибору елементної бази вимірювача (резисторних елементів, напівпровідникових елементів, мікросхем та інших) здійснено перевірочний розрахунок схеми електричної принципової вимірювача.

Описано процеси технологічного виготовлення ДП вимірювача.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

### 2.1 Забезпечення протипожежного захисту робітників та службовців при виробництві вимірювача

Підприємство з випуску вимірювача є пожежонебезпечним, тому актуальним є забезпечення протипожежного захисту робітників та службовців, які на них працюють. Заходи протипожежного захисту здійснюються з дотриманням вимог глави 13 Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012 р. №5403-VI.

Всі заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві на об'єкті можна підрозділити на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої або іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств та підприємців. Це повинно бути відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств.

Керівник підприємства з випуску ДРС повинен визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, дільниць, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту. Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту мають бути відображені у відповідних посадових документах (функціональних обов'язках, інструкціях, положеннях тощо).

На кожному підприємстві з урахуванням його пожежної небезпеки наказом (інструкцією) повинен бути встановлений відповідний протипожежний режим, в тому числі визначені:

- можливість (місце) паління, застосування відкритого вогню та

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

побутових нагрівальних приладів;

- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних (в тому числі зварювальних) робіт;
- правила проїзду та стоянки транспортних засобів;
- місця для зберігання і допустима кількість сировини, напівфабрикатів та готової продукції, які можуть одночасно знаходитися у виробничих приміщеннях і на території (у місцях зберігання);
- порядок прибирання горючого пилу та відходів, зберігання промасленого спецодягу і шмаття, очищення повітроводів вентиляційних систем від горючих відкладень;
- порядок відключення від мережі електрообладнання у разі пожежі;
- порядок огляду і зачинення приміщень після закінчення роботи;
- порядок проходження посадовими особами навчання та перевірки знань з пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення;
- порядок організації експлуатації і обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту (протипожежного водопроводу, насосних станцій, вогнегасників тощо);
- дії працівників у разі виявлення пожежі.

Для об'єктів з перебуванням людей вночі інструкції мають передбачати два варіанти дій відповідно у денний та нічний час.

Усі працівники при прийнятті на роботу і за місцем здійснення професійної діяльності повинні проходити інструктаж з питань пожежної безпеки (вступний, первинний, повторний на робочому місці, позаплановий та цільовий). Посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично один раз на 3 роки мають проходити навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Отже, організаційні заходи пожежної безпеки передбачають: організацію

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пожежної охорони на об'єкті, проведення навчань з питань пожежної безпеки (включаючи інструктажі та пожежно-технічні мінімуми), застосування наочних засобів протипожежної пропаганди та агітації, проведення перевірок, оглядів стану пожежної безпеки приміщень, будівель, об'єкта в цілому та ін.

До технічних заходів належать: суворе дотримання правил і норм, визначених чинними нормативними документами при реконструкції приміщень, будівель та об'єктів, технічному переоснащенні виробництва, експлуатації чи можливому переобладнанні електромереж, опалення, вентиляції, освітлення і т. п.

Заходи режимного характеру передбачають заборону куріння та застосування відкритого вогню в недозволених місцях, недопущення появи сторонніх осіб у вибухонебезпечних приміщеннях чи об'єктах, регламентацію пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт тощо.

Експлуатаційні заходи охоплюють своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів технологічного та допоміжного устаткування, а також інженерного господарства (електромереж, електроустановок, опалення, вентиляції).

## 2.2 Охорона праці при розробці вимірювача

Під час розробки вимірювача враховано всі небезпечні фактори ризику (перевищений рівень шуму та вібрацій, електротравматизм, негативний вплив освітлення освітлення та інші), які би негативно впливали на рівень безпеки обслуговуючого персоналу в процесі експлуатації вимірювача.

Оскільки вимірювач, живиться безпосередньо від електромережі, тому необхідно максимізувати рівень електробезпеки обслуговуючого персоналу шляхом адекватного дотримання правил роботи з електроприладами, зокрема

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системою, які прописані в стандарті ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення».

Із врахуванням вище сформульованого припущення, встановлена необхідність розроблення рекомендації по питанням охорони праці при роботі з вимірювачем шляхом аналізу негативного впливу електричного струму на обслуговуючий персонал при роботі із ним, способів нормування та захисту від його дії.

Внаслідок дії електричного струму на організм обслуговуючого персоналу під час експлуатації вимірювача може виникнути загальна (електричний удар) або місцева електротравма (опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, механічні пошкодження). Розрізняють три ступені впливу струму при проходженні через організм людини (змінний струм):

- відчутний струм – початок болісних відчуттів (до 0-1,5 мА);
- невідпускний струм – судоми і біль, важке дихання (10-15 мА);
- фібриляційний струм – фібриляція серця при тривалості діє струму 2-3с, параліч дихання (90-100 мА).

На рис. 2.1 зображено основні фактори, які впливають на організм людини при ураженні електричним струмом.

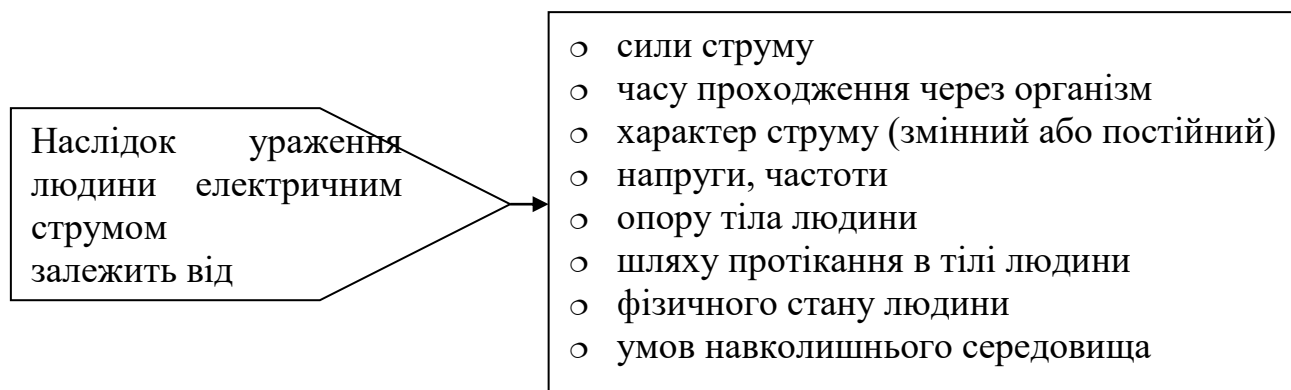


Рисунок 2.1 - Фактори впливу електричного струму на людину

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Правильне визначення необхідних засобів та заходів обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом необхідно враховувати гранично допустимі значення напруги дотику та струмів, що проходять через тіло людини по шляху "рука - рука" чи "рука - ноги" (табл. 2.1) (регламентується ГОСТом 12.1.038-82).

Таблиця 2.1 - Гранично допустимі значення напруги дотику та сили струму, що проходить через тіло людини

Вид струму	Нормоване значення	Тривалість струму, сек					
		0,1	0,2	0,5	0,7	1	Більше 1
Змінний, 50 Гц	Напруги дотику, В (не більше)	500	250	100	70	50	36
	Сила струму, мА (не більше)	500	250	100	70	50	6

Основне завдання електробезпеки - мінімізувати можливість негативного впливу електричного струму на людину. Досягти цієї мети можна за допомогою таких заходів і засобів: 1) безпечною і надійною конструкцією елементів системи; 2) організаційними та технічними заходами щодо безпечної експлуатації системи та використання електричної енергії; 3) технічними засобами захисту.

У даному випадку це досягнуто шляхом конструктивного виконання складових системи класу I, який відповідає вимогам технічних умов і стандарту ГОСТ 12.1.030-81. Згідно класу I складові системи мають робочу ізоляцію і виконаний таким чином, що підключити його до електричної мережі можна лише після під'єднання корпусу до заземлювача (нульового захисного провідника), а при від'єднанні від мережі - корпус відключається від заземлювача (нульового захисного провідника) в останню чергу.

Стан ізоляції струмопровідних частин відповідає правилам

використання системи. Цими правилами передбачене періодичне випробування ізоляції 2 рази на рік у приміщеннях зі складними умовами, підвищеною вологістю і 1 раз на рік у приміщеннях з нормальним середовищем. Ізоляція створює великий опір, який перешкоджає протіканню через неї струму. Опір ізоляції складових системи становить не меншим 0,5 МОм (згідно вимог ГОСТ 12.1.030-81). Якщо опір ізоляції знижується на 50% від початкового, мережу або ізоляцію необхідно замінити.

При роботі в приміщеннях без підвищеної небезпеки напруга складових системи повинна бути не більше 220 В. При роботі в приміщеннях з підвищеною небезпекою і за межами приміщень напруга складових системи повинна бути не більше 36 В. В особливих умовах дозволяється використовувати вимірювач з напругою до 220 В, але при наявності захисного відключення або надійного заземлення корпусу з використанням захисних засобів (діелектричні рукавички, килимки, калоші).

Захисне заземлення - навмисне електричне з'єднання із землею металевих струмопровідних неструмоведучих частин, на яких може з'явитися напруга. Заземлення - це сукупність заземлювача і заземлювальних провідників. Заземлювачі можуть бути штучні (створені спеціально для заземлення вимірювача) і природні. Для штучних заземлювачів застосовують вертикальні і горизонтальні електроди. Вертикальні - зі сталевих прутів діаметром 10-12мм, кутової сталі розміром 40x40 мм або сталевих труб діаметром 30-50мм, довжиною 2,5-3 м. Вертикальні електроди з'єднують сталюю штабою розміром 4x12 мм або круглим дротом діаметром не меншеб мм. Опір заземлюючого пристрою не повинен перевищувати 4-10 Ом (перевіряється щорічно).

Таким чином врахувавши вище сформульовані рекомендації по питанням охорони праці при експлуатації вимірювача буде забезпечено небезпечні умови праці обслуговуючого персоналу.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3 Висновки до розділу 2

У підрозділі з охорони праці розроблено рекомендації по питанням охорони праці при роботі з вимірювачем шляхом аналізу негативного впливу електричного струму на обслуговуючий персонал при роботі із вимірювачем, способів нормування та захисту від його дії.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві вимірювача.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ВИСНОВКИ

В процесі виконання роботи здійснено опис основних етапів життєвого циклу розробки вимірювача температури віддалених об'єктів на базі безпроводних технологій.

За результатами аналізу завдання на роботу та проведеного огляду відомих вимірювачів температури віддалених об'єктів встановлено, що розробка прототипу їх є актуальною задачею інженерного спрямування.

Розроблено схему структурну електричну принципову вимірювача, яка забезпечила процес розробки його схеми електричної принципової.

Для реалізації процесу вибору елементної бази вимірювача (резисторних елементів, напівпровідникових елементів, мікросхем та інших) здійснено процес перевірного розрахунку схеми електричної принципової вимірювача.

Розроблено плату друковану вимірювача, вузол друкований із використанням засобів САПР та описано процеси технологічного виготовлення плати друкованої вимірювача.

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бегун В.В., Науменко І.М. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. Посібник. К.: Видавництво УАННП “Фенікс”, 2004. 328с.
2. Блэк Ю. Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы. Мир, 1995.
3. Геращенко О.А., Федоров В.Г. Тепловые и температурные измерения: Справочное руководство. Киев : Наукова думка, 1965. 304 с.
4. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы) / [Горобец А.И. и др.]. К.: Техника, 1985. 312 с.
5. ГОСТ 2.602-95. Единая система конструкторской документации. Ремонтные документы.
6. ГОСТ 2.701-84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
7. ГОСТ 12.1.009-76. «ССБТ. Електробезпека. Терміни і визначення»
8. ДСТУ 2992-95 Вироби електронної техніки. Методи розрахунку надійності.
9. ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи.
10. Загорський В.В. Метелиця А.О. Основи конструювання і технологія виробництва РЕА. онспект лекцій. Вінниця, 2006. 115с.
11. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів: УАД, 2006 – 336 с.
12. Кожевников В.Л., Кожевников В.Л. Теорія інформації та кодування: навч. посібник. Д.: Національний гірничий університет, 2011. 108 с.
13. Матвійків М.Д. Когут В.М., Матвійків О.М. Елементна база

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електронних апаратів: підручник для студентів вищ. навч. Закладів. 2-ге вид. Львів: Львівська Політехніка, 2007. 428 с.

14. Михайлівський Ю. Кузан Н., Пагута М. Ергономіка. Основи конструювання: Тексти лекцій. Дрогобич: РВВ ДДПУ, 2008 . 268 с.

15. Мікропроцесорна техніка: Підручник / Ю.І. Якименко, Т.О. Терещенко, Є.І. Сокол та ін. За ред. Т.О. Терещенко.- 2-ге вид.,- К: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»; «Кондор», 2004.416 с.

16. Найвельт Г.С. Источники электропитания РЭА. Радио и связь, 1985.

17. Невлюдов І.Ш. Основи виробництва електронних апаратів:Підручник для студентів вищих навчальних закладів. Харків:ТОВ "Компанія СМІТ", 2006 . 592 с.

18. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання / К.Н.Ткачук, М.О.Халімовський, В.В.Зацарний та ін. К.: Основа, 2006. 448 с.

19. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: справ. радиолобителя /Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. 4-е изд. стер.- Киев: Наук, думка, 1988. – 800с.: ил. – Библиогр.: С.765-800.

20. Применение полупроводниковых индикаторов / Н. Н. Васерин, Н. К. Дадерко, Г.А. Прокофьев; Под ред. Е. С. Липина. Энергоатомиздат 1991. 200 с.

21. Справочник инженера-схемотехника / Р.Корис, Х.Шмидт-Вальтер. Техносфера, 2008. 608 с.

22. Справочник разработчика и конструктора РЭА: Элементная база. Книга 2. – М.: ТОО “Прибор“, 1994. 148 с.

23. Фрумкин Г.Д. Расчёт и конструирование радиоаппаратуры. Высшая школа, 1989.

24. Хоровиц. П., Хилл У. Искусство схемотехники:пер. с англ. 3-е изд., стереотип. Мир, 1985.

25. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / Дунець В.Л., Дедів І.Ю., Хвостівський М.О. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021, 72 с.

26. Яворський Б.І. Теоретичні основи побудови електронних апаратів та систем [навчальний посібник] / Б.І. Яворський, Є.Б. Яворська. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2004. – 410 с.

27. Ярочкина Г.В. Радиоэлектронная аппаратура и приборы: Монтаж и регулировка / Г.В. Ярочкина. – М.: ИРПО, 2002. – 240 с.

28. КВАНТ-1000М1.

URL:<https://www.kvantenergo.com/termogigrometr>

29. МТ-3. URL:<https://www.systopt.com.ua/item-tsyfrovyj-termometr-gigrometr-mt-3>

30. АМТ-2. URL: [http://kuwalda.fixmag.ru/tools/id\\_1000412716.html](http://kuwalda.fixmag.ru/tools/id_1000412716.html).

31. ИТ-2. URL: <https://probakiev.com.ua/?p=268>

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ

					ПНВ 2.000.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

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

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедрою РТ  
\_\_\_\_\_ к.т.н. Дунець В.Л.  
“\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2022 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему: «Вимірювач температури віддалених об'єктів на базі безпроводних технологій»

Узгоджено:  
Керівник роботи  
Хвостівська Л.В. \_\_\_\_\_  
“\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2022р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”  
Студент групи РАС-41  
Паламар Н.В. \_\_\_\_\_  
“\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2022р.

Тернопіль, 2022

# 1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Вимірювач температури віддалених об’єктів на базі безпроводних технологій”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи № 4/7-445 від “27” травня 2022р.

## 2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Паламар Н.В. групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

## 3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка вимірювача температури віддалених об’єктів на базі безпроводних технологій, що включає в себе:

- розробка схемотехнічного рішення вимірювача;
- розрахунок і вибір елементів для оптимальної роботи вимірювача;
- Розробка друкованого вузла та плати друкованої вимірювача.

## 4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Пейджер повинен відповідати наступним вимогам:

- 4.1 Значення напруги живлення 5 В;
- 4.2 Значення потужності повинне не перевищувати 0,5 Вт;
- 4.3 Значення робочого діапазону частот 310-800 МГц;
- 4.4 Максимальне значення швидкості передавання даних до 76,5 біт/с;
- 4.5 Значення часу встановлення режиму роботи не вище 3 с;
- 4.6 Значення температурного діапазону [-10°C; +125°C];
- 4.7 Значення точності вимірювань температури 0,1°C;
- 4.8 Час активації режиму роботи не більше 2 с;
- 4.9 Автоматичний захист від перевантаження за струмом;
- 4.10 Режим перепрограмування мікропроцесора вимірювача;
- 4.11 Змога підключення до ПК;
- 4.12 Змога дистанційного керування вимірювачем.
- 4.13 Кліматичні умови при експлуатації повинні бути наступними: температура навколишнього середовища від +10 до +35 °С (при нормальному значенні відносної вологості 80% при температурі 25 °С) атмосферний тиск 96.3 – 105.3 кПа (730 – 790 мм.рт.ст.).
- 4.14 Час встановлення робочого режиму повинен не перевищує 3 сек;
- 4.15 Вимоги до умов експлуатації вимірювача повинні бути:
  - Кліматичні умови за ГОСТ 15150-69, УХЛ 4,1;
  - Температура навколишнього середовища від +10°C до + 35°C
  - Відносна вологість повітря 80 % при  $t=25^{\circ}\text{C}$

Примітка: габаритні розміри вимірювача уточнюються в процесі розробки конструкції.

## 5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

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

## 6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КР

№ етапу	Назва етапу виконання КР	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	01.03.2022
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	17.03.2022
3	Розробка структурної схеми	29.03.2022
4	Розробка схеми електричної принципової	10.04.2022
5	Розрахунок основних вузлів вимірювача	21.04.2022
6	Вибір елементної бази для вимірювача	01.05.2022
7	Компоновка друкованого вузла вимірювача	15.05.2022
8	Створення допоміжної документації	28.05.2022
9	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	01.06.2022
10	Нормоконтроль	05.06.2022
11	Перевірка на антиплагіат	06.06.2022
12	Попередній захист КР	07.06.2022
13	Захист КР	22.06.2022

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.



Поз. познач.	Найменування				Кіл.	Примітка		
	<b>Конденсатори</b>							
	JRB «JB Capacitors Company»							
	СС4 «SHANGHAI JINPEI ELECTRONICS»							
С1, С2	JRB-16В-1мкФ				2			
С3, С4	JRB-16В-1мкФ				2			
С5, С6	СС4-1мкФ				2			
С7, С13	JRB-16В-100мкФ				2			
С8-С11	JRB-16В-1мкФ				4			
С12, С18	JRB-16В-1мкФ				2			
С14-С17	СС4-27нФ				4			
С19	JRB-16В-1мкФ				1			
С20, С21	СС4-0,1мкФ				2			
С22	СС4-100нФ				1			
С23	JRB-16В-22мкФ				1			
С24	СС4-47нФ				1			
С25, С26	СС4-220нФ				1			
С27	СС4-8,2нФ				1			
С28, С30	СС4-1нФ				2			
С29	СС4-2,2нФ				1			
С31	СС4-33нФ				1			
С32	СС4-10нФ				1			
С33	СС4-5,6нФ				1			
С34	СС4-2,2мкФ				1			
С35	СС4-22нФ				1			
С36	СС4-33нФ				1			
					ПНВ 2.000.001 ПЕЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб		Паламар Н.В.			Вимірювач температури віддалених об'єктів на базі безпровідних технологій Перелік елементів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Хвостівська Л					1	3
Н. Контр.		Марценюк А.				ТНТУ, ФПТ, РАс-41		
Затверд.		Дунець В.Л.						
Рецензент		Хвостівський						

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
<i>С37, С38</i>	<i>СС4-100нФ</i>	<i>2</i>	
	<b><i>Мікросхеми</i></b>		
<i>DA1</i>	<i>LM7805</i>	<i>1</i>	
<i>DA2</i>	<i>TL081</i>	<i>1</i>	
<i>DD1</i>	<i>MAX232</i>	<i>1</i>	
<i>DD2</i>	<i>MAX232</i>	<i>1</i>	
<i>DD3</i>	<i>CD4017</i>	<i>1</i>	
<i>DD4</i>	<i>ATMEGA32</i>	<i>1</i>	
<i>DD5</i>	<i>СС1000</i>	<i>1</i>	
<i>DD6</i>	<i>DS1812D-5</i>	<i>1</i>	
	<b><i>Світлодіоди</i></b>		
<i>H1-H4</i>	<i>GNL-5013LRD-B</i>	<i>4</i>	
	<b><i>Резистори</i></b>		
<i>R1, R2</i>	<i>MF-12-0.125-2700M±5%</i>	<i>2</i>	
<i>R3</i>	<i>MF-12-0.125-1к0M±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R4, R5</i>	<i>MF-12-0.125-9,1к0M±5%</i>	<i>2</i>	
<i>R6, R7</i>	<i>MF-12-0.125-2700M±5%</i>	<i>2</i>	
<i>R8, R9</i>	<i>MF-12-0.125-9,1к0M±5%</i>	<i>2</i>	
<i>R10, R12</i>	<i>MF-12-0.125-4,7к0M±5%</i>	<i>2</i>	
<i>R11, R16</i>	<i>MF-12-0.125-330к0M±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R13</i>	<i>MF-12-0.125-5,1к0M±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R14, R15</i>	<i>MF-12-0.125-5,6к0M±5%</i>	<i>2</i>	
<i>R17</i>	<i>MF-12-0.125-5,6к0M±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R18</i>	<i>MF-12-0.125-330к0M±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R19</i>	<i>MF-12-0.125-1500M±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R20</i>	<i>MF-12-0.125-5,1к0M±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R21</i>	<i>MF-12-0.125-1M0M±5%</i>	<i>1</i>	
<i>Змн.</i>	<i>Арк..</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>
<i>ПНВ 2.000.001 ПЕЗ</i>			<i>Арк.</i> <i>2</i>





			Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
		15		СС4-8,2пФ	1	С27
		16		СС4-1нФ	2	С28, С30
		17		СС4-2,2пФ	1	С29
		18		СС4-33нФ	1	С31
		19		СС4-10нФ	1	С32
		20		СС4-5,6пФ	1	С33
		21		СС4-2,2мкФ	1	С34
		22		СС4-22нФ	1	С35
		23		СС4-33пФ	1	С36
		24		СС4-100нФ	2	С37, С38
				<b>Мікросхеми</b>		
		25		LM7805	1	DA1
		26		TL081	1	DA2
		27		MAX232	1	DD1
		28		MAX232	1	DD2
		29		CD4017	1	DD3
		30		ATMEGA32	1	DD4
		31		CC1000	1	DD5
		32		DS1812D-5	1	DD6
				<b>Резистори</b>		
		33		MF-12-0.125-2700м±5%	2	R1, R2
		34		MF-12-0.125-1кОм±5%	1	R3
		35		MF-12-0.125-9,1кОм±5%	2	R4, R5
		36		MF-12-0.125-2700м±5%	2	R6, R7
		37		MF-12-0.125-9,1кОм±5%	2	R8, R9
		38		MF-12-0.125-4,7кОм±5%	2	R10, R12
		39		MF-12-0.125-330кОм±5%	1	R11, R16
		40		MF-12-0.125-5,1кОм±5%	1	R13
		41		MF-12-0.125-5,6кОм±5%	2	R14, R15
						Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	ПНВ 2.000.001	



			<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>	
				<i>Кварцовий резонатор</i>			
				<i>НС-49S-4,032МГц</i>	<i>2</i>	<i>Z1,Z2</i>	
				<i>ПНВ 2.000.001</i>			<i>Арк.</i>
							<i>4</i>