МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему *Розробка та дослідження цифрового приладу для вимірювання температури навколишнього середовища*

Виконав: студент *II* курсу, групи *8.1763*
спеціальності *176 «Мікро- та наносистемна техніка»*
(код і назва спеціальності)
освітньої програми *Мікроелектронні інформаційні системи*
(код і назва освітньої програми)
Бондаренко Микити Олексійовича
(ініціали та прізвище)

Керівник *доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н., Небеснюк Оксана Юріївна*
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент *інженер – конструктор ТОВ «Конструкторське бюро Колосова» Григор'єва І. К.*
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра __електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
Рівень вищої освіти _другий (магістерський)_____
Спеціальність __176 «Мікро- та наносистемна техніка»__ _____
(код і назва)
Освітня програма __Мікроелектронні інформаційні системи_____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри_ Критська Т.В.
"_29_" _листопада_____2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ
Бондаренко Микиті Олексійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Розробка та дослідження цифрового приладу для вимірювання температури навколишнього середовища
керівник роботи _Небеснюк О.Ю., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від "_28_" __лютого___2024__ року №_361-с____

2 Строк подання студентом роботи __29.11.2024

3 Вихідні дані до роботи_ електронний термометр: мікроконтролер PIC16F628; діапазон температур -55 до +125 °C; похибка не більше 0,5°C; результат виводиться на семисегментний індикатор.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)_1 Сучасні відомості про термометри _2 Розробка електронного термометра на основі мікроконтролера PIC16F628 3 Техніко-економічне обґрунтування 4 Охорона праці та техногенна безпека

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

Л1 Градація термометрів залежно від сфери застосування. Л2 Функціональна схема термометра. Л3 Датчик DS18B20. Л4 Блок -схема датчика DS18B20. Л5 Схема електрична принципова цифрового термометра. Л6 Спрощена структурна схема мікроконтролера PIC16F628. Л7 Схема пристрою. В програмному середовищі Proteus.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	Небеснюк О. Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	02.09.24	23.09.24
II	Небеснюк О. Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	23.09.24	21.10.24
III	Небеснюк О. Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	22.10.24	18.11.24
IV	Небеснюк О. Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	18.11.24	28.11.24

7 Дата видачі завдання _02.09.2024_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір літератури за темою кваліфікаційної		
	роботи. Складання плану роботи.	05.09. - 13.09.24	
2.	Написання першого розділу кваліфікаційної роботи.	16.09-23.09.24	
3.	Розробка електричної принципової схеми термометра	25.09-04.10.24	
4.	Моделювання в середовищі Proteus	07.10-14.10.24	
5.	Написання та оформлення другого розділу.	15.10-21.10.24	
6.	Написання та оформлення третього та четвертого розділів.	22.10-18.11.24	
7.	Оформлення пояснювальної записки.	19.11-25.11. 24	
8.	Оформлення графічної частини дипломної роботи.	26.11-28.11.24	

Студент _____ ___Бондаренко М.О._____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проєкту) _____ ____Небеснюк О.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ _____Верьовкін Л.Л._____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота містить 74 сторінки, 23 рисунки, 16 таблиць, 16 джерел літератури.

Об’єкт дослідження – електричний термометр.

Ціль роботи – розробка портативного електронного приладу, що дозволяє вимірювати температуру навколишнього середовища.

Задачі роботи – розробити функціональну схему термометра, підібрати для нього елементну базу, провести моделювання роботи приладу.

Методика досліджень – моделювання приладу за допомогою програмного забезпечення PROTEUS.

Короткий виклад результатів досліджень – конструктивно розроблений датчик являє собою компактну друковану плату, яка містить схему перетворення сигналу. На виході датчика виходять цифрові сигнали, синхронізовані з температурою навколишнього середовища. Датчик вимірювання температури можна встановити на плату, а можна винести на шлейфі.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для впровадження в побутових умовах.

ТЕРМОМЕТР, ТЕМПЕРАТУРА, ДАТЧИК, МІКРОКОНТРОЛЕР, РЕЗИСТОР, СЕМИСЕГМЕНТНИЙ ІНДИКАТОР, ЧАС ВИМІРЮВАННЯ

Кваліфікаційну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 02.09. по 28.11.2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
1 СУЧАСНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕРМОМЕТРИ 7
1.1 Види і методи вимірювань 7
1.2 Температура 12
1.3 Історія виникнення сучасних термометрів 13
1.4 Різні типи приладів для вимірювання температури 18
1.5 Висновки до аналітичного огляду і постановка задачі 24
2 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ТЕРМОМЕТРА НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА PIC16F628 26
2.1 Функціональна схема електричного термометра 26
2.2 Вибір мікроконтролера 38
2.3 Моделювання роботи схеми 43
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ 47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 57
Висновки та рекомендації 69
Перелік посилань 70
Додаток А 72

ВСТУП

Фізіологічні процеси в організмі проходять нормально при тепловому балансі людини з навколишнім середовищем. Здатність людини переносити зміни температури, як і її тепловідчуття значною мірою залежить від параметрів мікроклімату навколишнього середовища. Значні відхилення цих параметрів приводять до зміни теплового балансу організму та таких його фізіологічних функцій, як терморегуляція, обмін речовин, робота серцево-судинної та нервової систем. Тривала дія на організм людини несприятливих метеорологічних умов (високих або низьких температур повітря, значних теплових випромінювань) порушує терморегуляцію, різко погіршує самопочуття внаслідок перегріву чи переохолодження організму, знижує продуктивність праці, призводить до захворювань та втрати працездатності. На виробництві, температура навколишнього середовища впливає на роботу приладів і при виході значень за певні межі може призвести до погіршення роботи приладу, або до його поломки. Температурні вимірювання мають важливе значення для розвитку пріоритетних галузей народного господарства. В даний час також приділяється велика увага до умов зберігання і транспортування вантажів. Це пов'язано з тим, що існує велике число різних типів вантажів, які повинні зберігатися при певних умовах. Особливо це питання актуальне для місць зберігання і транспортування харчових продуктів.

Тому актуальним є питання розробки приладу для дистанційного вимірювання температури навколишнього середовища з широкими функціональними можливостями.

1. СУЧАСНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕРМОМЕТРИ

1.1 Види і методи вимірювань

Вимірювання – процес знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою засобів вимірювання.

Результатом процесу є значення фізичної величини $Q = q \cdot U$, де q - числове значення фізичної величини в прийнятих одиницях; U - одиниця фізичної величини. Значення фізичної величини Q, знайдене при вимірюванні, називають дійсним [1].

Принцип вимірювань - фізичне явище або сукупність фізичних явищ, покладених в основу вимірювань. Наприклад, вимірювання маси тіла за допомогою зважування з використанням сили тяжіння, пропорційній масі, вимірювання температури з використанням термоелектричного ефекту.

Метод вимірювань - сукупність прийомів використання принципів і засобів вимірювань.

Засобами вимірювань (ЗВ) є використовувані технічні засоби, що мають нормовані метрологічні властивості.

Існує різні види вимірювань. Класифікацію видів вимірювання проводять, виходячи з характеру залежності вимірюваної величини від часу, виду рівняння вимірювань, умов, що визначають точність результату вимірювань і способів вираження цих результатів.

За характером залежності вимірюваної величини від часу вимірювання виділяють статичні і динамічні вимірювання.

1. Статичні - це вимірювання, при яких вимірювана величина залишається постійною в часі. Такими вимірами є, наприклад, вимірювання розмірів виробів, величини постійного тиску, температури і ін.

2. Динамічні - це вимірювання, в процесі яких вимірювана величина змінюється в часі, наприклад, вимірювання тиску і температури при стисненні газу в циліндрі двигуна.

За способом отримання результатів, що визначається видом рівняння вимірювань, виділяють прямі, непрямі, сукупні і спільні вимірювання.

1. Прямі - це вимірювання, при яких шукане значення фізичної величини знаходять безпосередньо з досвідчених даних. Прямі вимірювання можна виразити формулою Q = X, де Q - шукане значення вимірюваної величини, а X - значення, безпосередньо що отримується з досвідчених даних. Прикладами таких вимірювань є: вимірювання довжини лінійкою або рулеткою, вимір діаметра штангенциркулем або мікрометром, вимір кута кутоміром, вимірювання температури термометром і т.п.

2. Непрямі - це вимірювання, при яких значення величини визначають на підставі відомої залежності між шуканої величиною і величинами, значення яких знаходять прямими вимірами. Таким чином, значення вимірюваної величини обчислюють за формулою $Q = F(x_1, x_2 \ldots x_N)$, де Q - шукане значення вимірюваної величини; F - відома функціональна залежність, x_1, x_2, ..., x_N - значення величин, отримані прямими вимірами. Приклади непрямих вимірювань: визначення обсягу тіла за прямими вимірюваннями його геометричних розмірів, знаходження питомого електричного опору провідника за його опором, довжині і площі поперечного розрізу і т.д. Непрямі вимірювання широко поширені в тих випадках, коли шукану величину неможливо або дуже складно виміряти прямим виміром. Зустрічаються випадки, коли величину можна виміряти тільки непрямим шляхом, наприклад розміри астрономічного або внутріатомного порядку.

3. Сукупні - це такі вимірювання, при яких значення вимірюваних величин визначають за результатами повторних вимірів однієї або декількох

однойменних величин при різних поєднаннях заходів або цих величин. Значення шуканої величини визначають рішенням системи рівнянь, що складаються за результатами декількох прямих вимірювань. Прикладом сукупних вимірювань є визначення маси окремих гирь набору, тобто проведення калібрування за відомою масою однієї з них і за результатами прямих вимірювань і порівняння мас різних сполучень гирь. Розглянемо приклад сукупних вимірів, який полягає в проведенні калібрування, що складається з гирь масою 1, 2, 2 *, 5, 10 і 20 кг. Ряд гирь (крім 2 *) являє собою зразкові маси різного розміру. Зірочкою відзначена гиря, що має значення, відмінне від точного значення 2 кг. Калібрування полягає у визначенні маси кожної гирі по одній зразковою гирі, наприклад по гирі масою 1 кг. Змінюючи комбінацію гир, проведемо вимірювання. Складемо рівняння, де цифрами позначимо масу окремих гир, наприклад 1обр позначає масу зразкової гирі в 1 кг, тоді: $1 = 1_{обр} + a$; $1 + 1_{обр} = 2 + b$; $2 * = 2 + c$; $1 + 2 + 2 * = 5 + d$ і т.д. Додаткові вантажі, які необхідно додавати до маси гирі зазначеної в правій частині рівняння або віднімати від неї для врівноваження ваг, позначені a, b, c, d. Вирішивши цю систему рівнянь, можна визначити значення маси кожної гирі.

4. Спільні - це вимірювання, вироблені одночасно двох або кількох різнойменних величин для знаходження функціональної залежності між ними. Прикладами спільних вимірів є визначення довжини стрижня в залежності від його температури або залежності електричного опору провідника від тиску і температури.

За умовами, що визначає точність результату, вимірювання поділяються на три класи.

1. Вимірювання максимально можливої точності, досяжної при існуючому рівні техніки. У цей клас включені всі високоточні вимірювання і в першу чергу еталонні вимірювання, пов'язані з максимально можливою точністю відтворення встановлених одиниць фізичних величин. Сюди відносяться

також вимірювання фізичних констант, перш за все універсальних, наприклад вимір абсолютного значення прискорення вільного падіння.

2. Контрольно-перевірочні вимірювання, похибка яких з певною ймовірністю не повинна перевищувати деякого заданого значення. У цей клас включені вимірювання, що виконуються лабораторіями державного контролю (нагляду) за дотриманням вимог технічних регламентів, а також станом вимірювальної техніки і заводськими вимірювальними лабораторіями. Ці вимірювання гарантують погрішність результату з певною ймовірністю, що не перевищує деякого, заздалегідь заданого значення.

3. Технічні вимірювання, в яких похибка результату визначається характеристиками засобів вимірювань. Прикладами технічних вимірювань є вимірювання, що виконуються в процесі виробництва на промислових підприємствах, в сфері послуг та ін.

Залежно від способу вираження результатів вимірювань розрізняють абсолютні та відносні вимірювання.

1. Абсолютними називають виміри, які засновані на прямих вимірюваннях однієї або декількох основних величин або на використанні значень фізичних констант. Прикладами абсолютних вимірювань є: визначення довжини в метрах, сили електричного струму в амперах, прискорення вільного падіння в метрах на секунду в квадраті.

2. Відносними називають вимірювання, при яких шукану величину порівнюють з однойменної величиною, що грає роль одиниці або прийнятої за вихідну.

Залежно від способу визначення значень шуканих величин розрізняють два основні методи вимірювань метод безпосередньої оцінки і метод порівняння з мірою.

1. Метод безпосередньої оцінки - метод вимірювання, при якому значення величини визначають безпосередньо по відліковий пристрій вимірювального приладу прямої дії. Прикладами таких вимірювань є: вимірювання довжини

за допомогою лінійки, розмірів деталей мікрометром, кутоміром, тиску манометром і т. д.

2. Метод порівняння з мірою - метод вимірювання, при якому вимірювану величину порівнюють з величиною, що відтворюється мірою. Наприклад, для вимірювання діаметра калібру оптиметра встановлюють на нуль по блоку кінцевих мір довжини, а результат вимірювання отримують за показаннями стрілки оптиметра, що є відхиленням від нуля. Таким чином, вимірювана величина порівнюється з розміром блоку кінцевих мір. Існують кілька різновидів методу порівняння:

а) метод протиставлення, при якому вимірювана величина і величина, відтворена мірою, одночасно впливають на прилад порівняння, що дозволяє встановити співвідношення між цими величинами, наприклад вимірювання опору по бруківці схемою з включенням в діагональ моста показує приладу;

б) диференціальний метод, при якому вимірювану величину порівнюють з відомою величиною, що відтворюється мірою. Цим методом, наприклад, визначають відхилення контрольованого діаметра деталі на оптиметрі після його налаштування на нуль по блоку кінцевих мір довжини;

в) нульовий метод - також різновид методу порівняння з мірою, при якому результуючий ефект впливу величин на прилад порівняння доводять до нуля;

г) при методі збігів різниця між вимірюваної величиною і величиною, що відтворюється мірою, визначають, використовуючи збігу позначок шкал або періодичних сигналів[2].

Залежно від способу отримання вимірювальної інформації, вимірювання можуть бути контактними і безконтактними.

Залежно від типу, застосовуваних вимірювальних засобів, розрізняють інструментальний, експертний, евристичний і органолептичний методи вимірювань.

1. Інструментальний метод заснований на використанні спеціальних технічних засобів, в тому числі автоматизованих і автоматичних.

2. Експертний метод оцінки заснований на використанні суджень групи фахівців.

3. Евристичні методи оцінки засновані на інтуїції.

4. Органолептичні методи оцінки засновані на використанні органів чуття людини. Оцінка стану об'єкта може проводитися поелементно і комплексними вимірами. Поелементний метод характеризується вимірюванням кожного параметра вироби окремо. Наприклад, ексцентриситету, овальної, огранування циліндричного валу. Комплексний метод характеризується вимірюванням сумарного показника якості, на який впливають окремі його складові. Наприклад, вимір радіального биття циліндричної деталі, на яке впливають ексцентриситет, овальність і ін .; контроль положення профілю по граничним контурам і т. п.

1.2 Температура

Одним із видів статичного вимірювання є вимірювання температури.

У класичній термодинаміці поняття емпіричної температури тісно пов'язане з рівновагою ізольованих систем, а саме — з тепловою рівновагою. Якщо дві ізольовані від навколишнього середовища рівноважні системи A і B ввести у тепловий контакт, який забезпечує особливий вид передачі енергії — прямий теплообмін між двома системами, то стан цих систем почне змінюватись до тих пір, поки між ними не настане стан рівноваги. Цей вид рівноваги, що не пов'язаний з масообміном, зміною тиску, концентрації або з хімічними перетвореннями, називається тепловою або термічною рівновагою. Теплова рівновага є такий стан, який допускає можливість здійснення оборотного теплообміну між системами необмежено довго без зміни їх стану.

Вихідне визначення температури сформулюється так: «Температура є єдиною функцією стану термодинамічної системи, яка вказує на напрям самовільного теплообміну між системами».

Звідси випливає, по перше, що вищезгадані системи А і В, які перебувають між собою у стані теплової рівноваги мають однакову температуру у будь-якій температурній шкалі, а, по друге, — дві системи, які не знаходяться одна з одною у тепловому контакті, але кожна з них нарізно знаходиться у тепловій рівновазі з третьою системою (вимірювальний прилад) мають однакову температуру.

Безпосереднє вимірювання температури є неможливим. У приладах для вимірювання температури (термометрах) використовують термометричне тіло, яке вводять у тепловий контакт з тілом, температуру якого потрібно виміряти. Фізична величина, яка знаходиться у функціональній залежності від температури і є її індикатором, має назву — термометрична величина. Наприклад, у рідинних термометрах термометричним тілом є рідина у резервуарі термометра, а термометричною величиною — об'єм рідини[3].

1.3 Історія виникнення сучасних термометрів

Перший термометр (точніше, повітряний термоскоп), абсолютно схожий на сучасний, був винайдений в самому кінці XVI століття. Його автор-один з титанів епохи Відродження, італійський вчений Галілео Галілей. Він підтвердив і розвинув геліоцентричної теорії Коперника. Поряд з великими астрономічними відкриттями Галілей заклав основи механіки і створив безліч різних приладів.

Термоскоп Галілея.

До скляної кулі розміром з куряче яйце вчений припаяв тонку скляну трубочку. Зігріваючи руками кулю (а отже, і повітря, що в ньому знаходиться) і перевертаючи її, він занурював вільний кінець трубки в

посудину з підфарбованою водою або вином. Як тільки куля остигала, обсяг повітря, що в ньому містилося, зменшувався, і вода, займаючи його місце, піднімалася по трубці. На відміну від сучасного термометра в приладі Галілея розширювалось повітря, а не ртуть.

Перший термометр, показання якого не залежали від перепади атмосферного тиску, був створений в 1641 році при дворі Фердінанда, імператора Священної Римської імперії, який був не тільки покровителем мистецтв, а й автором ряду фізичних приладів. Досліди фізика Торрічеллі з ртутними барометрами дали поштовх для модифікації термоскопа Галілея: його перевернули, заповнили кулю пофарбованим спиртом і запаяли верхній вільний кінець трубки[4].

Крім того, при дворі Фердінанда створювалися і забавні за своєю формою термометри, схожі на маленьких жабенят. Вони були виконані настільки тонко і майстерно, що викликали захоплення сучасників. Ці термометри призначені для вимірювання температури тіла людини і легко прикріплялися до шкіри пластиром[4].

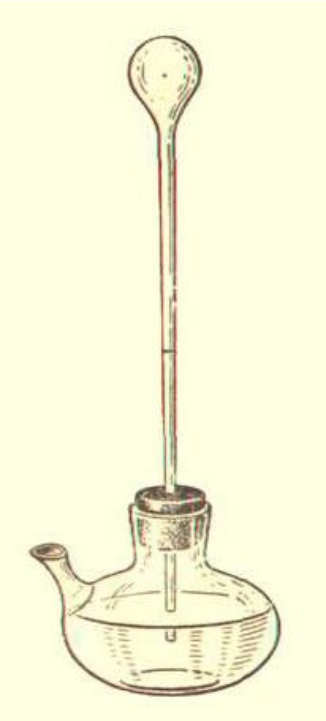


Рисунок 1.1 – Термоскоп Галілея

Порожнина «жабенят» частково заповнюються рідиною, на поверхні якої плавали кольорові кульки різної щільності. Коли рідина зігрівалася, обсяг її дещо збільшувався, а щільність відповідно зменшувалася. І тоді деякі кульки занурювалися на дно приладу. Температура пацієнта визначалася за кількістю різнобарвних кульок, що залишилися на поверхні: чим їх менше, тим вище була температура випробуваного.

Німецький фізик бургомістр Магдебурга Отто фон Геріке, вивчаючи атмосферне повітря, створив серію оригінальних термометрів, у тому числі і воістину гігантський-висотою до семи метрів. Цей унікальний термометр надійно кріпиться до стіни будинку з його тіньової сторони [5].

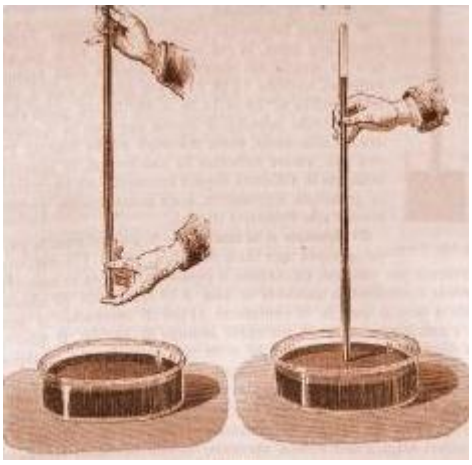


Рисунок 1.2 – Термометр Торрічеллі

Величезна мідна куля, покрита фарбою небесного кольору і прикрашена золотими зірками, заповнювалася повітрям. Прикріплене до неї знизу одне коліно трубки було частково заповнено рідиною. Інше залишалося відкритим, завдяки чому всередину можна було занурити поплавок, з'єднаний системою блоків з позолоченою фігурою ангела в повний людський зріст.

У спекотну погоду нагріте повітря в кулі витісняла рідина з трубки, поплавок піднімався, а ангел опускався вниз, вказуючи своїми перстами на

відповідну поділку шкали. Найнижче із семи поділів показувало-«велика спека», а най верхнє -«великий холод»[3].

Єдиної шкали градусів, так добре знайомої нам сьогодні, тоді ще не було. Вчені ніяк не могли знайти ті дві вихідні точки, відстань між якими слід було б поділити на рівні частини. Пропонували враховувати, наприклад, точки танення льоду і розплавленого вершкового масла, замерзання і згортання анісового масла, температури снігу і самого жаркого літнього дня.

Геніальний Ісаак Ньютон обрав точку танення льоду та температуру людського тіла. У 1694 році 80-річний професор Падуанського університету Карло Ренальдіні запропонував виходити з температури танення льоду та кипіння води, а інтервал між ними розділити на 12 рівних частин.

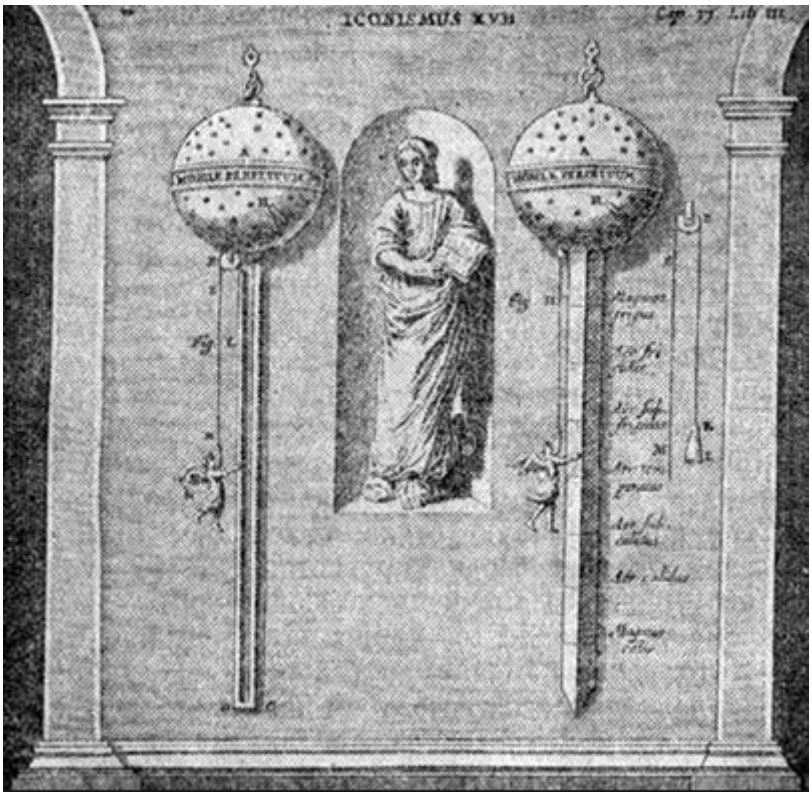


Рисунок 1.3 – Термометр Отто фон Геріке

Фізик Д-Р. Фаренгейт (1686 - 1736), який жив у Голландії, один з найвизначніших представників науки свого часу, створив перший надійний ртутний термометр зі шкалою від градусів до 600, коли ртуть починала

закипати. В якості вихідних він використовував не дві, а три крапки. Перша-0° визначалася в склянці з сумішшю льоду, води, солей амонію і морської солі. Друга-32° відповідала точці танення льоду і визначалася у воді з плаваючими крижинками. Третя-96°-нормальна температура порожнини рота. Точка кипіння води за Фаренгейтом-212°[6].



Рисунок 1.4 – Термометр Ньютона

Інтервал між вихідними точками шкали ділився на рівні частини, кожна з яких відповідала одному градусу. Термометр Фаренгейта найбільше був схожий на той, який і донині широко поширений в світі.

У температурній шкалі знаменитого французького природознавця Р.-А. Реомюра (1683-1757) використана тільки одна вихідна точка-0 градусів-температура замерзання води. Реомюр замінив ртуть на розчин спирту певної концентрації і прийняв його обсяг при 0° за 1000 умовних одиниць. При нагріванні цей обсяг збільшувався прямо пропорційно температурі: від точки замерзання до точки кипіння - з 1000 одиниць до 1080, тобто на 80 одиниць. Тому температура кипіння води за Реомюру відповідає 80 градусів, а вся шкала розділена на 80 рівних частин [3].

Останнім словом в градуюванні шкали термометра, яким ми користуємося сьогодні, належить шведському астроному і фізику Андерсену Цельсію (1701-1744). Він запропонував (в 1742 році) стоградусну шкалу, в якій 0 градусів відповідає температурі кипіння води, а 100 градусів-точка танення льоду. Згодом незалежно один від один одного Крістіан (Франція) і Стромер (Швеція) перевернули шкалу Цельсія, зробивши 0° початковою точкою відліку-точкою танення льоду. У такому вигляді ця шкала дійшла до наших днів, здобувши найбільшу широку популярність у світі.

Цікаво склалася доля термометрів з іншими градуюванням. Найменший успіх, як це не дивно, вони мають там, де були винайдені. Так, термометр Фаренгейта широко використовується в країнах, де говорять англійською мовою, термометр Реомюра-в країнах, де говорять німецькою мовою. Прилад шведа Цельсія не прижився в Швеції, але зате ним користуються майже всюди на земній кулі.

У медичній практиці термометрія почала застосовуватися набагато пізніше, ніж в техніці. Ще в 1861 році Карл Герхард вважав, що вимірювання температури є занадто складною процедурою, щоб можливо було введення його в практику і часте застосування»[7].

1.4 Різні типи приладів для вимірювання температури

Сучасні термометри поділяються на декілька видів. Градація приладів в залежності від сфери застосування виглядає так [8]:

- побутові;
- технічні;
- дослідницькі;
- метеорологічні та інші.

Також термометри бувають:

- рідинні;

• газові;

• механічні;

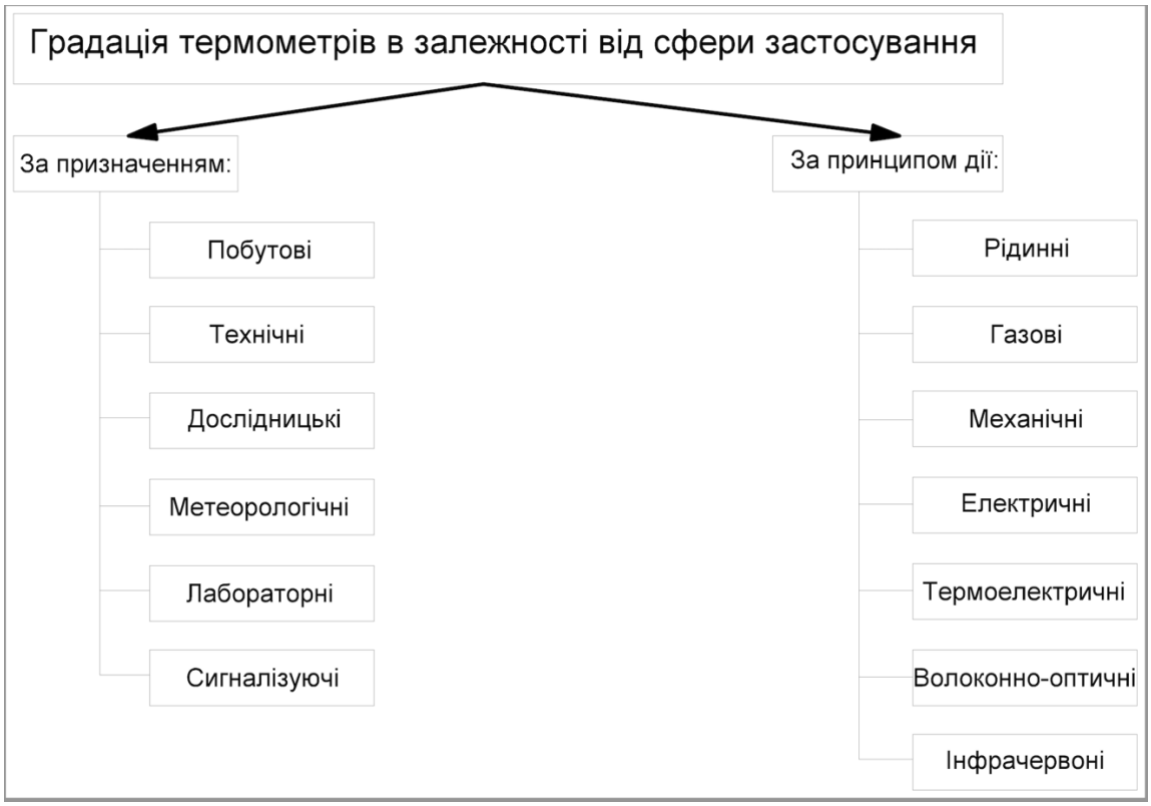
• електричні (термометр опору);

• термоелектричні;

• волоконно-оптичні;

• інфрачервоні (пірометр);

Кожен з названих приладів має власну конструкцію, відрізняється принципом дії і областю застосування.



1.4.1 Рідинний термометр

Принцип дії даного типу термометрів заснований на ефекті розширення рідини при нагріванні. Термометри, у яких в якості рідини використовується ртуть, часто застосовуються в медицині для вимірювання температури тіла. Незважаючи на токсичність ртуті, її використання дозволяє визначати температуру з більшою точністю в порівнянні з іншими рідинами, так як

розширення ртуті відбувається за лінійним законом. У метеорології частіше застосовують прилади, наповнені спиртом. Це пов'язано в першу чергу тим, що ртуть загусає при температурі в +38° С і не годиться для вимірювання більш низьких температур.

Діапазон рідинних термометрів в середньому становить від 30° С до 600° С, а точність не перевищує одну десяту частку градуса.

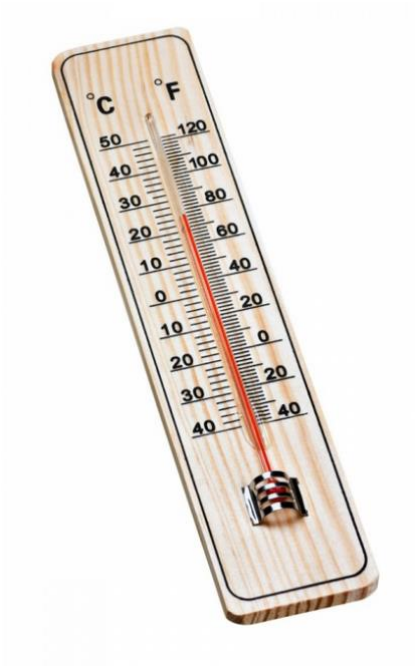


Рисунок 1.5 – Рідинний термометр

1.4.2 Газовий термометр

Газові термометри працюють за тим же принципом, що і рідинні, тільки у якості робочої речовини застосовується інертний газ. Цей тип термометра являє собою аналог манометра, який служить для вимірювання тиску, шкала якого градуюється в одиницях температури. Основною перевагою газового термометра є можливість вимірювання температур близько абсолютного нуля (його діапазон становить від -271° С до +1000° С. Отримання високої точності газового термометра є складним завданням,

тому такі термометри не використовуються в лабораторних вимірах, а застосовуються для первинного визначення температури речовини.

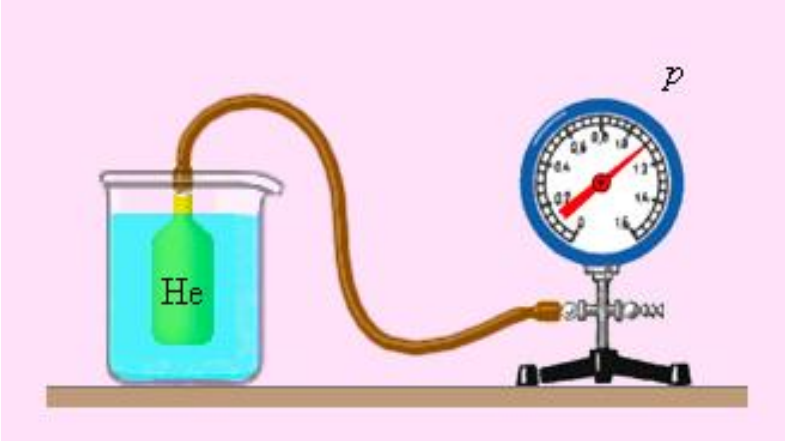


Рисунок 1.6 – Газовий термометр

1.4.3 Механічний термометр

Цей вид термометрів працює за аналогією з газовими та рідинними. Температура речовини визначається в залежності від розширення металевої спіралі або стрічки з біметалу. Механічний термометр відрізняється високою надійністю і простотою у використанні. Як самостійні прилади такі термометри широкого поширення не отримали і в даний час використовуються в основному в якості пристроїв для сигналізації та регулювання температури в системах автоматизації.



Рисунок 1.7 –Механічний термометр

1.4.4 Електричний термометр (термометр опору)

В основу роботи електричного термометра закладена залежність опору провідника від температури. Опір металів лінійно збільшується з ростом температури, тому саме метали і використовуються для створення цього типу термометрів. Напівпровідники в порівнянні з металами дають більшу точність вимірів, однак термометри на їх основі практично не випускаються через складнощі, пов'язаних з градуюванням шкали. Діапазон термометрів опору безпосередньо залежить від робочого металу: наприклад для міді він становить від -50° С до +180° С, а для платини - від -200° С до +750° С. Електричні термометри встановлюють в якості датчиків температури на виробництві, в лабораторіях, на експериментальних стендах. Вони часто комплектуються спільно з іншими вимірювальними пристроями.



Рисунок 1.8 – Електричний термометр

1.4.5 Термоелектричний термометр

Термоелектричний термометр також називають термопарним. Термопара являє собою контакт двох різних провідників, що вимірюють температуру на основі ефекту Зеєбека, відкритого в 1822 році. Цей ефект

полягає в появі різниці потенціалів на контакті між двома провідниками при наявності між ними градієнта температур. Таким чином, через контакт при зміні температури починає проходити електричний струм. Перевагою термопарних термометрів є простота виконання, широкий діапазон вимірювань, можливість заземлення спаяний. Однак є й недоліки: термопара схильна до корозії й інших хімічних процесах згодом. Максимальною точністю володіють термопари з електродами з благородних металів та їх сплавів - платинові, платинородієві, паладієві, золоті. Верхня межа вимірювання температури за допомогою термопари становить 2500° С, нижня - близько -100° С. Точність вимірювання термопарного датчика може досягати 0,01° С. Термометр на основі термопар незамінний в системах управління і контролю на виробництві, а також при зміні температури рідких, твердих, сипучих і пористих речовин.



Рисунок 1.9 –Термоелектричний термометр

1.4.6 Волоконно-оптичний термометр

З розвитком технологій виготовлення оптоволокна, виникли нові можливості його використання. Датчики на основі оптоволокна проявляють високу чутливість до різних змін у зовнішньому середовищі. Найменше

коливання температури, тиску або натягу волокна призводять до змін поширення в ньому світла. Оптоволоконні датчики температури часто застосовуються для забезпечення безпеки на виробництві, для пожежного оповіщення, контролю герметичності ємностей з вогненебезпечними і токсичними речовинами, виявлення витоків тощо. Діапазон таких датчиків не перевищує +400° С, а максимальна точність становить 0,1° С.

1.4.7 Інфрачервоний термометр (пірометр)

На відміну від всіх попередніх типів термометрів, пірометр є безконтактним приладом. Технічний пірометр здатний вимірювати температуру від -100° С до +1000° С, з точністю до декількох градусів. Його принцип дії заснований на вимірюванні абсолютного значення енергії, яку випромінює конкретний об'єкт. Максимальна дальність, на якій термометр здатний оцінювати показники температури, залежить від його оптичного дозволу, типу прицільного пристрою та інших параметрів. Інфрачервоні термометри зручні не тільки в умовах виробництва. Все частіше вони застосовуються для вимірювання температури тіла. Це пов'язано з багатьма перевагами пірометрів в порівнянні з ртутними аналогами: безпека використання, висока точність, мінімальний час на вимірювання температури [4].

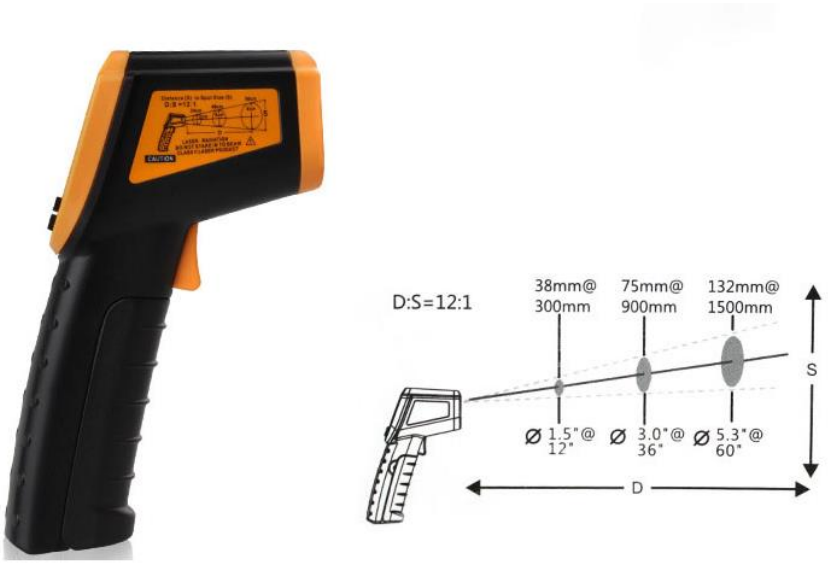


Рисунок 1.10 –Інфрачервоний термометр

1.5 Висновки до аналітичного огляду і постановка задачі

Метою роботи є розробка портативного електронного приладу, що дозволяє вимірювати температуру навколишнього середовища.

Для цього необхідно було вирішити наступні задачі:

1. Розробити функціональну схему термометра.
2. Підібрати елементну базу для пристрою.
3. Провести моделювання роботи приладу.
4. Розробити заходи з техніки безпеки при проведенні досліджень.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТЕРМОМЕТРА

2.1 Опис функціональної схеми електричного термометра

Функціональна схема запропонованого у роботі електричного термометра представлена на рис. 2.1.

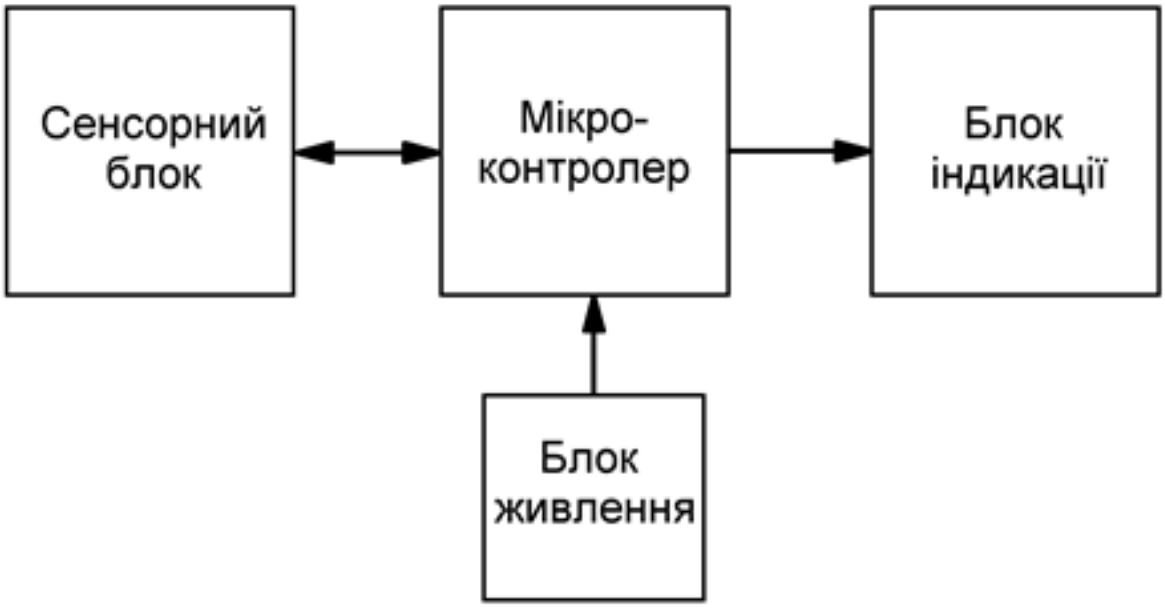


Рисунок 2.1 – Функціональна схема електричного термометра

Сенсорний блок складається з датчика вимірювача температури. Був обраний датчик DS18B20.

Загальний опис датчика DS18B20.

DS18B20 – це цифровий вимірювач температури, з дозволом перетворення 9 - 12 розрядів і функцією тривожного сигналу контролю за

температурою. Параметри контролю можуть бути задані користувачем і збережені в енергонезалежній пам'яті датчика [9].

DS18B20 обмінюється даними з мікроконтролером за однопровідною лінією зв'язку, використовуючи протокол інтерфейсу 1-Wire.

Датчик живлення може отримувати безпосередньо від лінії даних, без використання зовнішнього джерела. В цьому режимі живлення датчика походить від енергії, запасеної на паразитній ємності.

Діапазон вимірювання температури становить від -55 до +125 ° С. Для діапазону від -10 до +85 ° С похибка не перевищує 0,5 ° С.

У кожної мікросхеми DS18B20 є унікальний серійний код довжиною 64 розряду, який дозволяє декільком датчикам підключатися на одну загальну лінію зв'язку. Тобто через один порт мікроконтролера можна обмінюватися даними з декількома датчиками, розподіленими на значній відстані. Режим вкрай зручний для використання в системах екологічного контролю, моніторингу температури в будівлях, вузлах устаткування.

Призначення виводів.

GND – Земля

DQ - Вивід сигналу даних (вхід/вихід). Вихід типу відкритий колектор інтерфейсу 1-Wire. Також через нього відбувається живлення в режимі "паразитне живлення".

V_{DD} – Вивід зовнішнього живлення. У режимі "паразитного живлення" повинен бути підключений до землі.

На рисунку 2.2 зображений датчик DS18B20

На рисунку 2.3 зображена блок-схема датчика DS18B20. 64-бітовий ПЗП (ROM) зберігає унікальний серійний код пристрою. Оперативна пам'ять містить:

- значення виміряної температури (2 байта);
- верхній і нижній порогові значення спрацьовування тривожного сигналу (Th, Tl);
- регістр конфігурації (1 байт).

Через регістр конфігурації можна встановити дозвіл перетворення термодатчика. Дозвіл може бути заданий 9, 10, 11 або 12 біт. Регістр конфігурації і пороги тривожного сигналу містяться в незалежній пам'яті (EEPROM)[9].

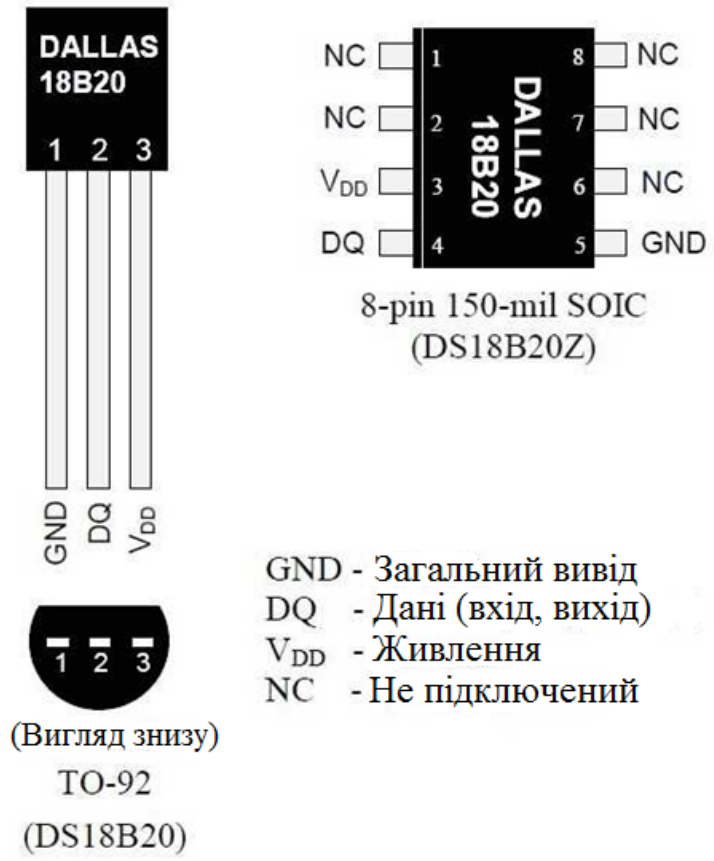


Рисунок 2.2 – Датчик DS18B20

У мікросхемі DS18B20 для обміну даними використовується спеціалізований протокол 1-Wire корпорації Dallas. Для лінії зв'язку потрібен слабкий підтягуючий резистор, тому всі пристрої фізично підключені до однієї загальної шині і використовують вихід з трьома станами. У цій системі з однією шиною, мікроконтролер визначає наявність пристроїв на шині і обмінюється з ними, використовуючи унікальну адресу для кожного пристрою - 64-розрядний код. Оскільки кожен термодатчик має унікальний код, то число пристроїв, підключених до шини, практично ні чим не обмежена.

Інша особливість DS18B20 - працювати без зовнішнього джерела живлення. Живлення відбувається через підтягуючий резистор шини і вивід DQ, під час високого рівня шини. Сигнал високого рівня заряджає через вивід DQ внутрішній конденсатор (Cpp), енергією якого і живетья мікросхема при низькому рівні лінії зв'язку. Цей метод в специфікації протоколу 1-Wire називається "паразитне живлення". Нічого не заважає використовувати і зовнішнє живлення для DS18B20. Подається воно на вивід Vdd.

Режим - вимір температури.

Основна функція DS18B20 - перетворення температури датчика в цифровий код. Дозвіл перетворення задається 9, 10, 11 або 12 біт. Це відповідає роздільній здатності - 0,5 (1/2) °C, 0,25 (1/4) °C, 0,125 (1/8) °C і 0,0625 (1/16) °C. При включенні живлення, стан регістра конфігурації встановлюється на дозвіл 12 біт.

Після включення живлення DS18B20 знаходиться в низько-споживаючому стані спокою. Щоб ініціювати вимір температури майстер (мікроконтролер) повинен виконати команду перетворення температури. Після завершення перетворення, результат вимірювання температури буде знаходитися в 2 байтах регістра температури, і датчик знову перейде в стан спокою.

Якщо DS18B20 включений за схемою з зовнішнім живленням, то майстер може контролювати стан команди конвертації. Для цього він повинен читати стан лінії, по завершенню команди, лінія перейде в високий стан. Під час виконання команди конвертації лінія утримується в низькому стані.

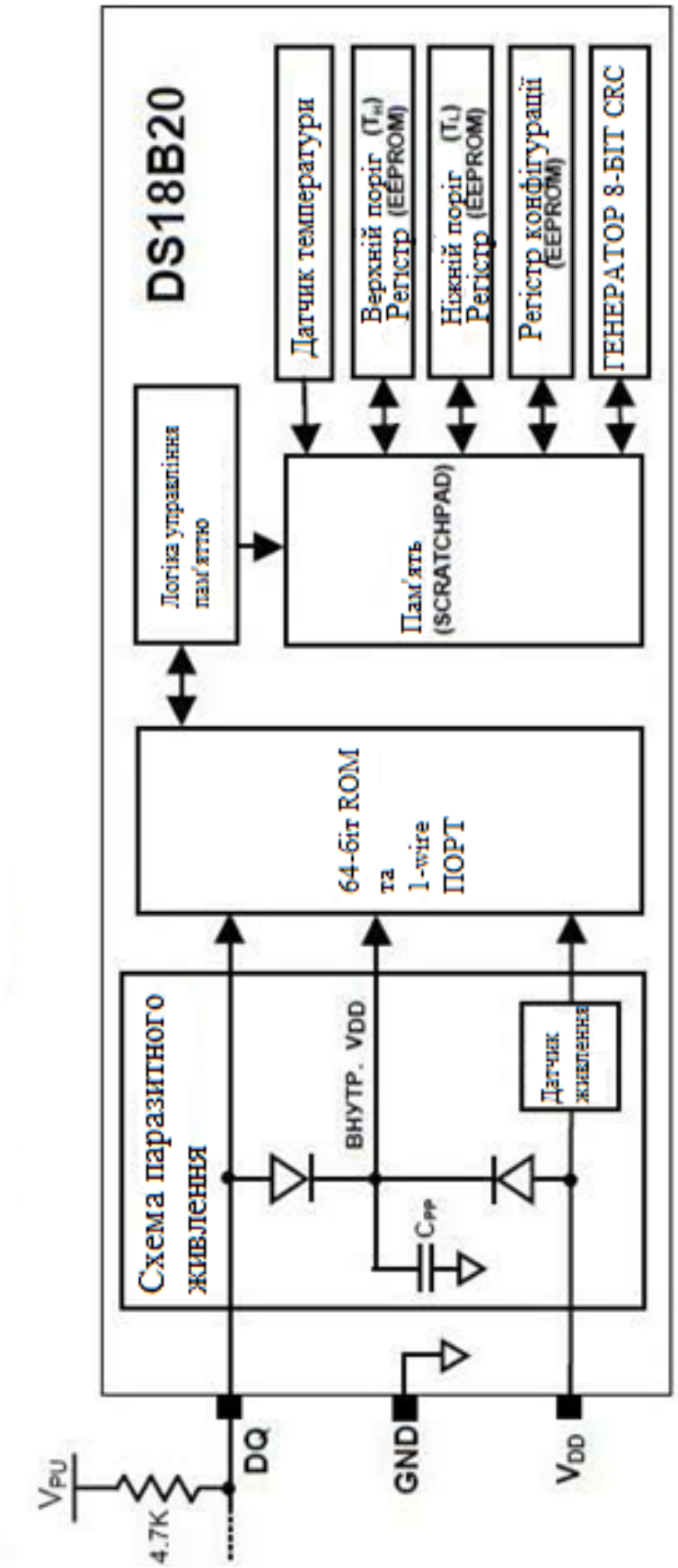


Рисунок 2.3 – Блок-схема DS18B20

При живленні від заряду паразитної ємності, такий спосіб не допустимо, тому що під час операції перетворення на шині необхідно утримувати високий рівень сигналу для живлення датчика.

DS18B20 вимірює температуру в градусах за шкалою Цельсія. Результат вимірювання представляється як 16-розрядний, знакове число в додатковому коді. Біт знаку (S) дорівнює 0 для позитивних чисел і дорівнює 1 для негативних. При вирішенні 12 біт, у регістра температури всі біти значущі, тобто мають достовірні значення. Для вирішення 11 біт, не визначений біт 0. Для 10-бітного дозволу не визначені біти 0, 1. При вирішенні 9 біт, не достовірне значення мають біти 0, 1 і 2.На рисунку 2.4 показані формати регістра температури. У таблиці 2.1 показані приклади відповідності цифрових кодів значенням температури.

	біт7	біт 6	біт 5	біт 4	біт 3	біт 2	біт 1	біт 0
Мол. байт	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
	біт 15	біт 14	біт 13	біт 12	біт 11	біт 10	біт 9	біт 8
Ст. байт	S	S	S	S	S	2^6	2^5	2^4

Рисунок 2.4 - Формати регістра температури

Режим - передача тривожного сигналу.

Після виконання команди перетворення температури, виміряне значення порівнюється з верхнім і нижнім порогами з регістрів Th, Tl (рис 2.5). Це байтові значення, знакові, в додатковому коді, S = 0 означає, що число позитивне, а S = 1 - негативне. Зберігаються порогові значення в незалежній пам'яті (EEPROM). Th і Tl доступні для читання і запису через байти 2, 3 оперативної пам'яті.

біт 7	біт 6	біт 5	біт 4	біт 3	біт 2	біт 1	біт 0
S	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

Рисунок 2.5 – Формат регістрів Th таTl

Таблиця 2.1 –Відповідність даних та температури

Температура	Цифровий код (двійковий)	Цифровий код (Hex)
+125	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85	0000 0101 0101 0000	0550h
+25,0625	0000 0001 1001 0001	0109h
+10,125	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0,5	0000 0000 0000 1000	0008h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-0,5	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10,125	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-15,0625	1111 1110 0110 1111	FE6Eh
-55	1111 1100 1001 0000	FC90h

Через різні довжини регістрів TH, TL і температури, вони порівнюються тільки з бітами 11 по 4 регістра температури. Якщо значення виміряної температури перевищує TH або нижче, ніж TL, то формується ознака аварії в DS18B20. Ознака перезаписується з кожним вимірюванням температури, і якщо температура повертається в задані межі, то він скидається.

Пристрій може перевірити стан ознаки аварії за допомогою команди ПОШУК тривожний сигнал. Будь-який датчик з активною ознакою відповість на команду пошуку. Таким чином, є можливість точно визначити, який DS18B20 виробляє сигнал тривоги. Після зміни значень регістрів TH і TL, тільки наступне перетворення температури сформує достовірна ознака тривоги.

Пам'ять датчика.

Організація пам'яті DS18B20 показана на рисунку 2.6. Вся пам'ять включає в себе оперативну (SRAM) і енергонезалежну (EEPROM) пам'ять. У

EEPROM зберігаються регістри TH, TL і регістр конфігурації. Якщо функція тривожного сигналу не використовується, то регістри TH і TL можуть використовуватися як регістри загального призначення.



Рисунок 2.6 – Організація пам'яті DS18B20

В байтах з адресами 0 і 1 зберігаються молодший і старший байти регістра виміряної температури. Ці байти доступні тільки для читання. 2й і 3й байти - TH і TL регістри. Байт 4 - регістр конфігурації. Байти 5, 6, 7 зарезервовані, не можуть бути записані і, при читанні, завжди повертають 1. Байт 8 доступний тільки для читання. Він містить циклічний код (CRC) для перших восьми байтів.

Запис даних в байти 2, 3 і 4 відбувається командою ЗАПИС ПАМ'ЯТІ. Дані повинні передаватися, починаючи з молодшого біта байта 2. Для перевірки запису даних можна прочитати пам'ять командою ЧИТАННЯ ПАМ'ЯТІ. При читанні дані передаються по шині, в послідовності починаючи з молодшого біта байта 0. Запис даних TH, TL і регістра конфігурації в EEPROM відбувається по команді КОПІЮВАННЯ ПАМ'ЯТІ.

При включенні живлення, дані з незалежної пам'яті EEPROM перевантажуються в оперативну пам'ять (SRAM). Перезавантаження даних з EEPROM можна також зробити командою ПЕРЕЗАВАНТАЖЕННЯ E2. Майстер повинен контролювати стан шини, щоб визначити завершення перезавантаження. Слот читання низького рівня означає, що перезавантаження ще не закінчилася. По завершенню перезавантаження DS18B20 передає слот читання 1.

Наступний блок – блок аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Він складається з мікроконтролера, конденсаторів та резисторів.

Мікроконтролер (МК) - це спеціальна мікросхема, призначена для управління різними електронними пристроями. Мікроконтролер характеризується великим числом параметрів, оскільки він одночасно є складним програмно-керованим пристроєм і електронним приладом (мікросхемою). Приставка "мікро" в назві мікроконтролера означає, що виконується він відповідно до мікроелектронної технології[10].

В ході роботи мікроконтролер зчитує команди з пам'яті або порту вводу і виконує їх. Що означає кожна команда, визначається системою команд мікроконтролера. Система команд закладена в архітектурі мікроконтролера і виконання коду команди виражається в проведенні внутрішніми елементами мікросхеми певних мікрооперацій.

Мікроконтролери, як правило, не працюють поодинці, а запаюються в схему, де, крім нього, підключаються екрани, клавіатурні входи, різні датчики і т. інш. МК має всередині себе процесор, оперативну пам'ять, пам'ять програм, а крім цього цілий набір периферійних пристроїв, які перетворюють процесор на повну ЕОМ.

Великі інтегральні мікросхеми або мікросхеми з великим ступенем інтеграції є процесорами. Мікропроцесори - це ті ж процесори, але через приставку «мікро» визначається їх суть, тобто те, що вони менші.

Зменшений в габаритах і скомпонований процесор займає менше місця і його можна помістити в більш компактний виріб, це і є мікропроцесор. Але

сам процесор мало що здатний робити, окрім як дані пересилати між регістрами і здійснювати певні арифметичні і логічні дії над ними.

Щоб мікропроцесор міг переслати дані в пам'ять, ця сама пам'ять повинна бути наявною або на самому кристалі, на якому знаходиться сам процесорний елемент, або підключатися до зовнішньої оперативної пам'яті виконаної у вигляді окремого кристала або модуля. Крім пам'яті процесор повинен взаємодіяти з зовнішніми пристроями - периферією - пристроями введення-виведення, наприклад клавіатура [11].

Щоб керувати пристроями введення-виведення, неодмінно необхідні відповідні буферні схеми та елементи. На їх основі реалізуються інтерфейсні так звані апаратні засоби. Способи взаємодії з інтерфейсними елементами припускають наявність схем портів введення-виведення, дешифраторів адреси і формувачів шин з буферними схемами, для збільшення навантажувальної здатності мікропроцесора.

Останній блок – блок індикації, який складається в основному з 3-х разрядного семисегментного індикатора із загальним анодом.

Для відображення цифрової інформації в системах на базі мікроконтролерів використовуються світлодіодні семисегментні індикатори. Вони прості в управлінні, мають високу яскравість, широкий діапазон робочих температур і низьку вартість. До недоліків світлодіодних індикаторів відносяться - високе енергоспоживання, відсутність керуючого контролера і мізерні можливості по виведенню буквеної інформації [11].

Світлодіодний семисегментний індикатор являє собою групу світлодіодів, розташованих в певному порядку і об'єднаних конструктивно. Кожен з семи світлодіодів називається сегментом, оскільки при світінні сегмент утворює частина цифри (десяткового або 12-річної системи числення). Іноді в межах одного пакету використовується 8-й додаткової світлодіод. Він служить для відображення десяткового дробу (DP), дозволяючи, таким чином, відображати десяткову дріб, якщо два або більше 7-сегментних індикаторів з’єднані разом для подання чисел більше десяти.

Кожен з семи світлодіодних сегментів дисплея з’єднаний з відповідним майданчиком контактного ряду, розташованого прямо на прямокутному пластиковому корпусі індикатора. Світлодіодні контакти промарковані мітками від a до g, що представляють кожен окремий сегмент. Інші контакти світлодіодних сегментів з’єднані між собою і утворюють загальний вивід[12].

Отже, прямий зсув, поданий на відповідні контакти світлодіодних сегментів у певному порядку, змусить деякі сегменти світитися, а решта залишаться затемненими, що дозволяє висвітлити потрібний символ шаблону числа, яке буде відображено на дисплеї. Загальний вивід, як правило, використовується для визначення типу семисегментного дисплея. Кожен світлодіод дисплея має два сполучних виведення, один з яких називається “анод”, а інший, відповідно, носить назву “катод”. Індикатори розрізняються за типом з'єднання світлодіодів: загальний анод, загальний катод, за кількістю відображуваних розрядів: однорозрядні, дворозрядні і т.інш. і за кольором - червоні, зелені, жовті і т.д.

Семисегментним індикатором можна керувати статично або динамічно. При статичному управлінні розряди індикатора підключені до мікроконтролера незалежно один від одного і інформація на них виводиться постійно. Цей спосіб управління простіше динамічного, але без використання додаткових елементів, як-то зсувні регістри, підключити багаторозрядний семисегментний індикатор до мікроконтролеру буде проблематично - може не вистачити виводів. Динамічне управління (динамічна індикація) має на увазі почергове запалювання розрядів індикатора з частотою, що не сприймається людським оком. Схема підключення індикатора в цьому випадку набагато більш економічна завдяки тому, що однакові сегменти розрядів індикатора об'єднані[13].

На рисунку 2.7 зображена загальна електрична схема термометра.

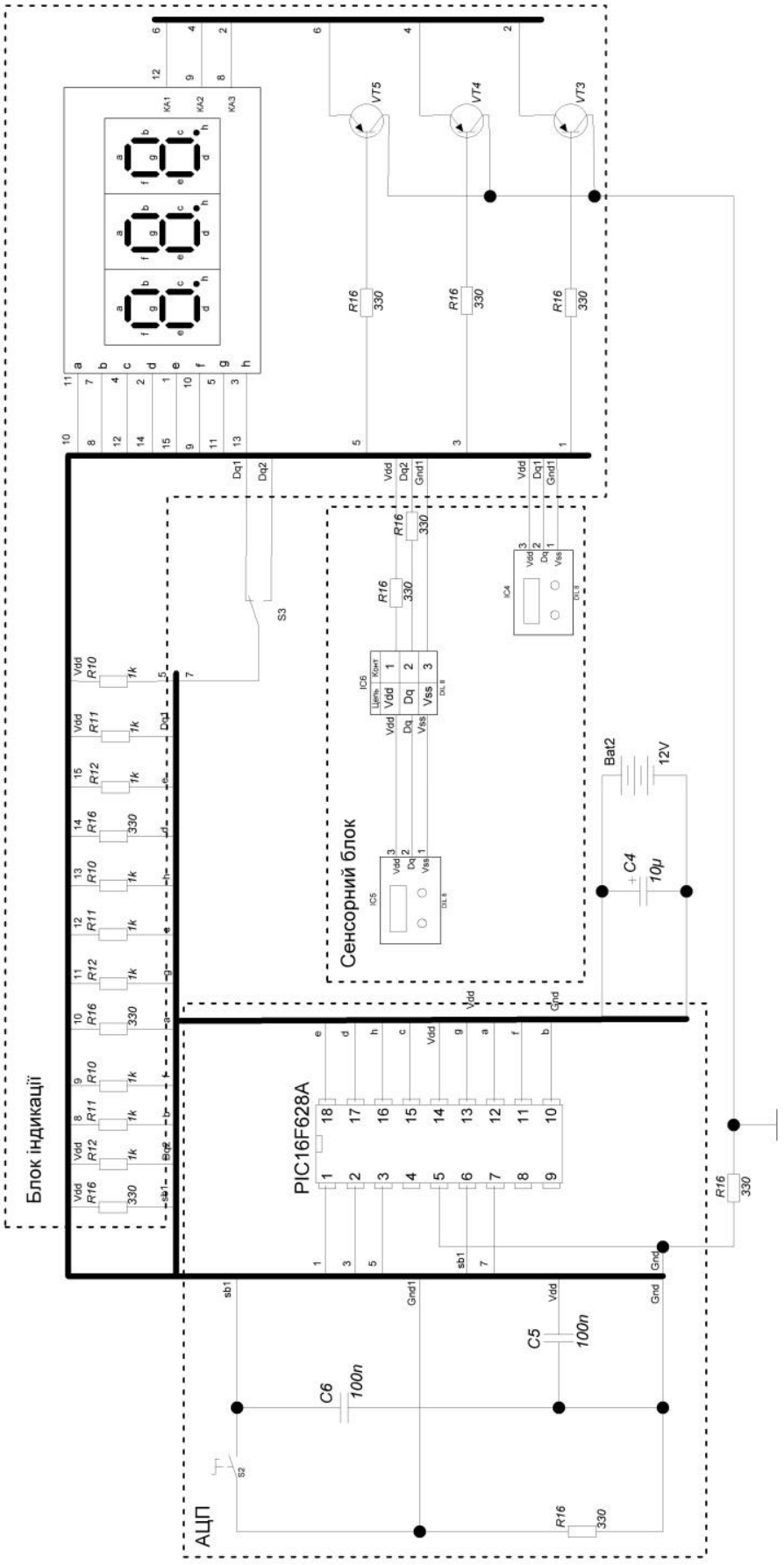


Рисунок 2.7 – Загальна електрична схема термометра

2.2 Вибір мікроконтролера

Загальний опис мікроконтролера PIC16F628

Мікросхема або мікроконтролерний чіп реалізує на одному кристалі процесор і інтерфейсні схеми. Самодостатній чіп, який містить практично все, щоб цього вистачало для побудови закінченого виробу і є прикладом типового мікроконтролера. В даній роботі запропоновано використання мікроконтролера моделі PIC16F628. 18-вивідний FLASH мікроконтролер PIC16F628 входить до складу поширеного сімейства PICmicro PIC16CXX. Мікроконтролер цього сімейства мають 8-розрядну, високопродуктивну і повністю статичну RISC архітектуру[14].

PIC16F628 має 8-рівневий апаратний стек і велику кількість внутрішніх і зовнішніх переривань. У гарвардській архітектурі RISC ядра мікроконтролера розділені 14-розрядна пам'ять програм і 8-розрядна пам'ять даних. Такий підхід дозволяє виконувати всі інструкції за один машинний цикл, крім команд розгалуження, які виконуються за два машинних циклу. Ядро мікроконтролера підтримує 35 простих у вивченні, але дуже ефективних інструкцій. Додаткові регістри управління і архітектурні нововведення дозволяють створювати високоефективні пристрої.

У порівнянні з 8-розрядними мікроконтролерами цього класу, при використанні PIC16F628 виграш в ефективності використання пам'яті програм досягає 2:1, а в продуктивності 4:1.

Спеціальні особливості мікроконтролера PIC16F628 дозволяють скоротити число зовнішніх компонентів, що в свою чергу знижує вартість кінцевого пристрою, підвищує надійність системи і зменшує енергоспоживання. Додаткову гнучкість в розробках дає широкий вибір режимів роботи тактового генератора: ER генератор, найбільш дешеве рішення; LP генератор, мінімізує споживаний струм; XT генератор, для підключення стандартного резонатора; INTRC внутрішній RC генератор; HS генератор, для високошвидкісних режимів роботи.

Енергозберігаючий режим SLEEP, дозволяє ефективно використовувати мікроконтролер в пристроях з живленням від батарейок або акумуляторів. Вихід з режиму SLEEP відбувається при виникненні зовнішніх, деяких внутрішніх переривання і скиданні мікроконтролера. Високонадійне сторожовий таймер WDT із власним внутрішнім RC генератором запобігає «зависання» програми.

На рисунку 2.7 представлена структурна схема мікроконтролера PIC16F628.

Мікроконтролер PIC16F628задовільняє ряд параметрів для його використання від зарядних пристроїв до віддалених датчиків з малим споживанням електроенергії. FLASH технологія і велика кількість периферійних модулів, сумісних з попередніми мікроконтролерами, дозволяють швидко і зручно розробляти програмне забезпечення. Висока продуктивність, низька ціна, легкість у використанні та гнучкість портів вводу/виводу - роблять PIC16F628 універсальним мікроконтролером.

Архітектура мікроконтролера

Висока ефективність мікроконтролера PIC16F628 досягається за рахунок архітектури ядра, подібна архітектура зазвичай використовуються в RISC мікропроцесорах. У PIC16F628 використовується Гарвардська архітектура з роздільними шинами доступу до пам'яті програм і пам'яті даних, на відміну від традиційних систем, в яких звернення до пам'яті програм і даних виконується по одній шині.

Поділ пам'яті програм і пам'яті даних дозволяє використовувати не 8-розрядні команди або кратні розрядності шини даних. Всі команди мікроконтролера 14-розрядні однослівні. За 14-розрядної шини доступу до пам'яті програм виконується вибірка коду за один машинний цикл. Безперервна робота ядра мікроконтролера по вибірці і виконання кодів програми дає можливість виконувати всі команди за один машинний цикл, крім команд розгалуження. Ядро мікроконтролера підтримує 35 високоефективних команд.

У PIC16F628 адресувати пам'ять даних можна безпосередньо або побічно. Всі регістри спеціального призначення відображаються в пам'яті даних, включаючи лічильник програм. PIC16F628 має ортогональну систему команд, що дає можливість виконати будь-яку операцію з будь-яким регістром пам'яті даних, використовуючи будь-який метод адресації. Це полегшує написання програм для мікроконтролера PIC16F628 і знижує загальний час розробки пристрою.

Мікроконтролер PIC16F628 містять 8-розрядний АЛП (арифметико-логічний пристрій) з одним робочим регістром W. АЛП виконує арифметичні і булеві операції між робочим регістром і будь-яким регістром пам'яті даних. Основними операціями АЛП є: додавання, віднімання, зсув і логічні операції. У командах з двома операндами один операнд завжди робочий регістр W, а другий операнд регістр пам'яті даних або константа. У командах з одним операндом використовується регістр W або регістр пам'яті даних[14].

Використовуваний в операціях 8-розрядний робочий регістр W не відображається на пам'ять даних.

Спрощена блок схема мікроконтролера PIC16F628 показана на рисунку2.8.

У мікроконтролері PIC16F628 існує два типи пам'яті даних:

- незалежна EEPROM пам'ять даних, передбачена для зберігання калібрувальною інформації, таблиць або будь-який інший інформації, що вимагає періодичного зміни. Дані, записані в EEPROM пам'ять, не будуть втрачені при відключенні живлення мікроконтролера;

- регулярна пам'ять даних (ОЗУ), використовується для зберігання тимчасової інформації під час виконання програми. Інформація в регулярній пам'яті даних буде втрачена при виключенні живлення мікроконтролера.

Призначення виводів:

RA0 / AN0 - Двонаправлений порт вводу / виводу, аналоговий вхідкомпаратора;

RA1 / AN1 - Двонаправлений порт вводу / виводу, аналоговий вхід компаратора;

RA2 / AN2 / VREF - Двонаправлений порт вводу / виводу, аналоговий вхід компаратора, вихід джерела опорної напруги VREF;

RA3 / AN3 / CPM1 - Двонаправлений порт вводу / виводу, аналоговий вхід компаратора, вихід компаратора;

RA4 / T0CKI / CPM2 - Двонаправлений порт вводу / виводу, може використовуватися як T0CKI, вихід компаратора;

RA5 / -MCLR / THV - Вхід скидання мікроконтролера, вхід напруги програмування. Коли вивід налаштований як -MCLR, то за низьким рівнем сигналу проводиться скидання мікроконтролера. При нормальній роботі напруга на -MCLR / THV не повинна перевищувати VDD;

RA6 / OSC2 / CLKOUT - Двонаправлений порт вводу / виводу, вихід генератора для підключення резонатора. У режимі ER генератора на виході CLKOOUT формується сигнал з частотою ¼ OSC1, позначаючи цикли команд;

RA7 / OSC1 / CLKIN - Двонаправлений порт вводу / виводу, вхід генератора, вхід зовнішнього тактового сигналу, висновок ER зміщення

RB0 / INT - Двонаправлений порт вводу / виводу з програмним включенням підтягує резистора, вхід зовнішнього переривання;

RB1 / RX / DT - Двонаправлений порт вводу / виводу з програмним включенням підтягує резистора, вхід приймача USART, лінія даних в синхронному режимі USART;

RB2 / TX / CK - Двонаправлений порт вводу / виводу з програмним включенням підтягує резистора, вихід передавача USART, лінія тактового сигналу в синхронному режимі;

RB3 / CCP1 - Двонаправлений порт вводу / виводу з програмним включенням підтягує резистора, висновок модуля CCP;

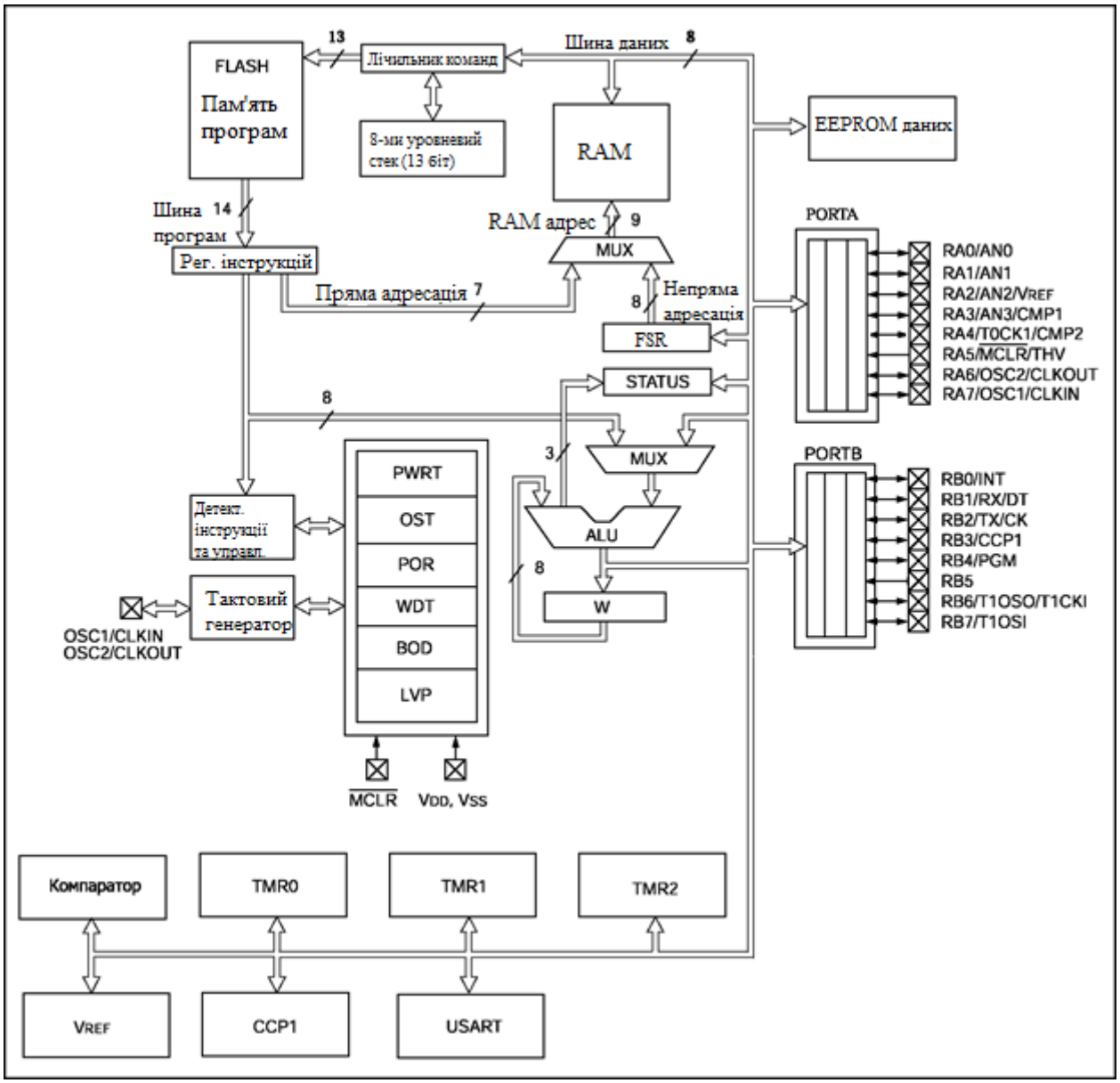


Рисунок2.8. Спрощена структурна схема мікроконтролера PIC16F628

RB4 / PGM - Двонаправлений порт вводу / виводу з програмним включенням підтягує резистора. Зміна сигналу на вході може вивести мікроконтролер з режиму SLEEP. Коли дозволено низьковольтне програмування, заборонені переривання по зміні сигналу на вході, а підтягуючий резистор відключений;

RB5 - Двонаправлений порт вводу / виводу з програмним включенням підтягує резистора. Зміна сигналу на вході може вивести мікроконтролер з режиму SLEEP;

RB6 / T1OSO / T1CKI - Двонаправлений порт вводу / виводу з програмним включенням підтягує резистора. Зміна сигналу на вході може вивести мікроконтролер з режиму SLEEP. Вихід генератора таймера 1;

RB7 / T1OSI - Двонаправлений порт вводу / виводу з програмним включенням підтягує резистора. Зміна сигналу на вході може вивести мікроконтролер з режиму SLEEP. Вхід генератора таймера 1;

VSS - Загальний вивід;

VDD - Напруга живлення.

Переваги мікроконтролера PIC16F628 наступні:

1. Діапазон напруги від 2 до 5,5 В;
2. Тактова частота до 20 МГц;
3. Внутрішня пам'ять даних EEPROM;
4. Загальнодоступність;
5. Низька ціна;
6. Невеликий розмір.

2.3 Моделювання роботи схеми

Серцем термометра є мікроконтролер PIC16F628A фірми Microchip. Це досить поширений і недорогий мікроконтролер. Важлива причина вибору цього мікроконтролера є наявність незалежної пам'яті і внутрішнього RC ланцюжку, який можна використовувати в якості тактового генератора з фіксованою частотою 4МГц. Таке рішення дозволяє виключити зі схеми звичайний кварцовий резонатор і два конденсатора. Скидання здійснюється при подачі живлення.

Як датчик температури був обраний широко поширений цифровий датчик DS18B20 фірми Maxim, він не дорогий і передає інформацію про виміряну температуру в цифровому вигляді, що дозволяє не піклуватися про

довжину проводів, їх перетини та інше. Датчик DS18B20 здатний вимірювати температуру від -55 ... +125 ° С.

Інформація виводиться на 3-х розрядний семисегментний індикатор з загальним катодом (ЗК). Резистори R4,R6-R11, R13 - струмообмежуючі, катоди індикатора включені через транзистори, це зроблено для того щоб не навантажувати окремі піни мікроконтролера. Кнопка SB1 потрібна для відображення максимальної та мінімальної виміряної температури, а також для скидання цих величин. Кнопка SA1 перемикає датчики. Плата розроблялася, враховуючи вплив можливих перешкод. Для цього в схему були додані бар'єрні резистори R1, R3, R14-R15. А також два конденсатора C1-C2.

Для моделювання роботи схеми пристрою було обрано програму Proteus, оскільки дана програма є однією із найзручніших та простих у використанні. На рисунку 2.9 видно, що на семисегментному індикаторі зображена та температура, що і на датчику U3. Це свідчить про те, що схема працює правильно.

При першому підключенні цифрового термометра до джерела живлення напругою +5 В на індикаторі на деякий час висвітяться три прочерки, це стартова заставка, далі буде відображатися поточна температура датчика. Температура виводиться на індикатор в діапазоні від -9,9 до 99 ° С з точністю до 0,1 ° С, в діапазоні від -55 до -10 і від 100 до 125 ° С з точністю до 1 ° С. Незначний перший розряд по необхідності гаситься. При першому запуску порогові температури обов'язково перезапишуться в тимчасовій пам'яті, а після 5 хвилин і в незалежній, при наступних запусках перезапис відбувається тільки якщо виконується умова перевищення порогових температур (максимальної або мінімальної). Це спеціальний прийом, який задає щадний режим роботи незалежній пам'яті.

Якщо короткочасно натиснути на кнопку SB1, то на індикатор будуть по черзі виведені максимальна і мінімальна виміряні температури, якщо

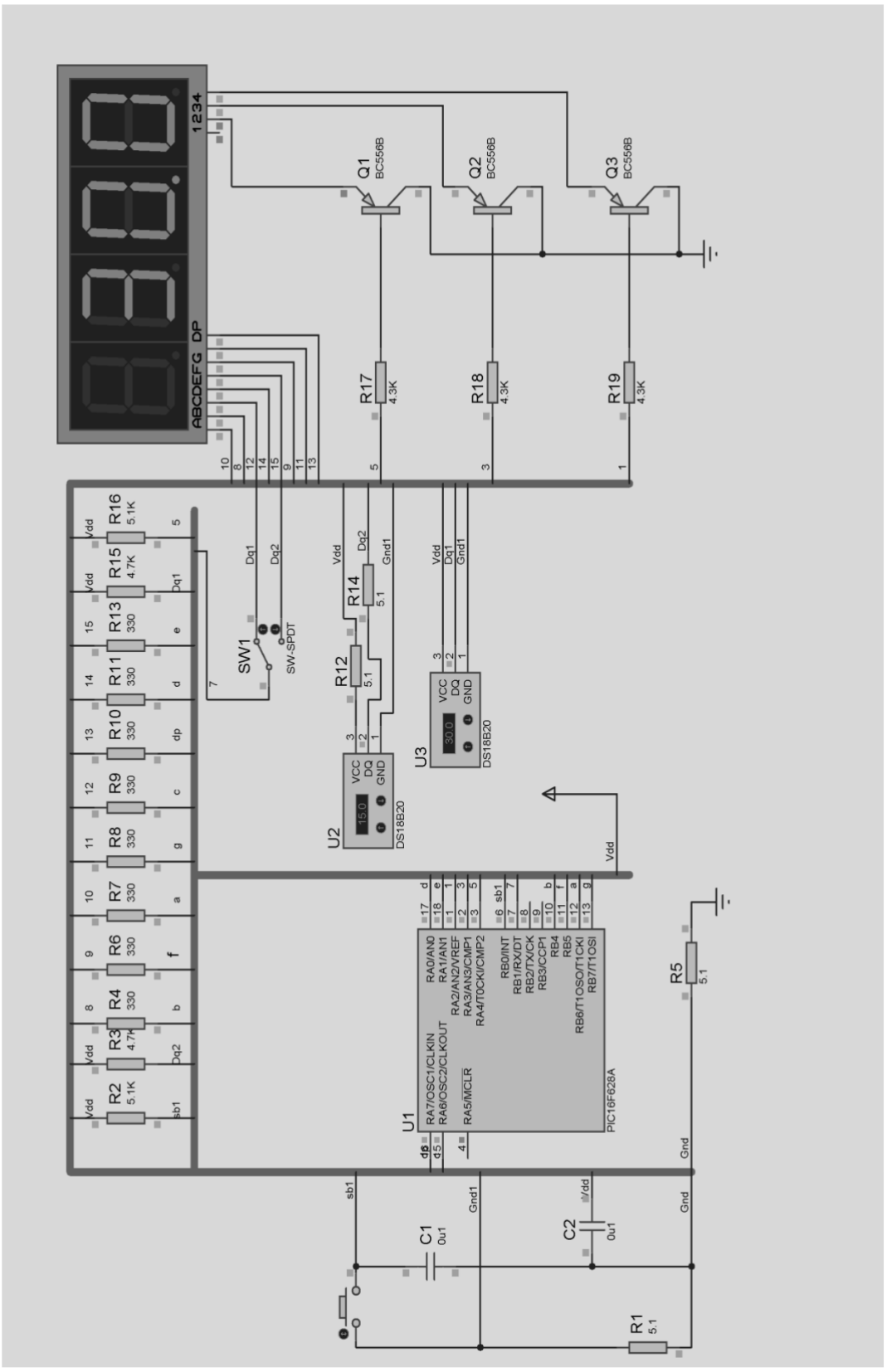


Рисунок 2.9 - Схема пристрою в програмному середовищі Proteus

кнопку натиснути і утримувати до появ трьох прокреслень, то станеться скидання порогових температур.

Термометр на PIC16F628A автоматично визначає наявність і справність датчика DS18B20, справність лінії зв'язку датчика DS18B20 з термометром. При відсутності і обриві датчика DS18B20, короткому замиканні плюсового проводу з проводом інформації, при переполюсовці плюсового і мінусового проводів лінії зв'язку датчика DS18B20 з термометром на індикаторі з'явиться повідомлення Er1. Кожну секунду відбувається повторна перевірка датчика DS18B20 і лінії зв'язку. Якщо причина аварії буде усунена, термометр повернеться до основного циклу. При короткому замиканні мінусового проводу лінії зв'язку з інформаційним проводом на індикаторі з'явитися повідомлення Er2.

Таким чином, конструктивно розроблений прилад являє собою компактну друковану плату, яка містить схему перетворення і нормування сигналу. На виході датчика виходять цифрові імпульси, синхронізовані з пульсом. Датчик вимірювання можна встановити на плату, а можна винести на шлейфі.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

3.1 Огляд термометрів

Термометр RST 01581 (Швеція)



Рисунок 3.1 - Термометр RST 01581 (Швеція)

Таблиця 3.1 – Характеристики термометра RST 01581

Технічні характеристики:	
Діапазон робочих температур:	від -30 ºС до +70 ºС.

Продовження таблиці 3.1 – Характеристики термометра RST 01581	
Похибкавимірювань:	1 ºС
Час вимірювання (регульований):	5 сек.;
Живлення:	плоска кругла батарейка CR2032 - 1 шт
Габарити	9,6 х 5,2 х 0,7 см;
Ціна:	500 грн.

Термометр Uniel UTT-91 (Китай)

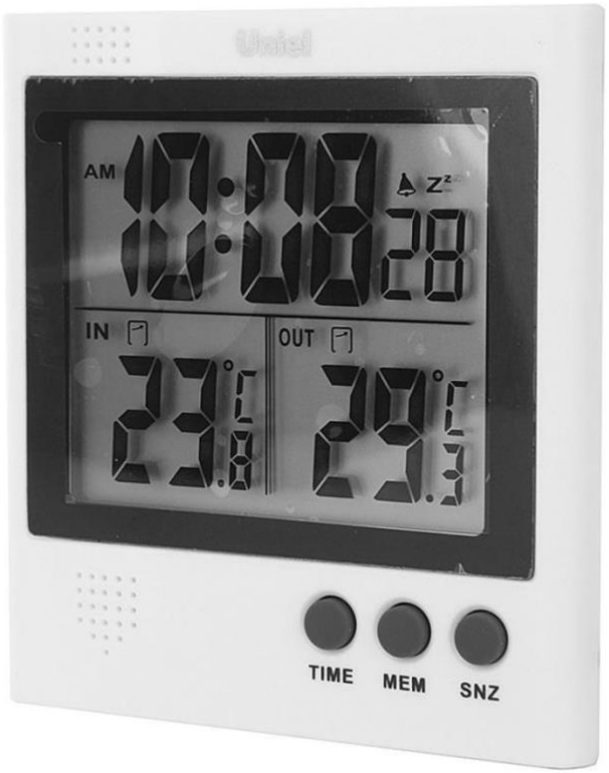


Рисунок 3.2 - Термометр Uniel UTT-91 (Китай)

Таблиця 3.2 – Термометр Uniel UTT-91

Технічні характеристики:	
Діапазон робочих температур:	від -50 ºС до +70 ºС.
Похибкавимірювань:	0,5 ºС
Час вимірювання:	7 сек.;
Живлення:	2 батарейки типу "ААА"
Габарити	11,7 х 11,7 х 2,5 см
Ціна:	400грн

Термометр Ea2 ED601 (Австрія)



Рисунок 3.3 - Термометр Ea2 ED601 (Австрія)

Таблиця 3.3 – Термометр Ea2 ED601

Технічні характеристики:	
Діапазон робочих температур:	Від -40°C до +50 °C
Похибкавимірювань:	0,1 °C
Час вимірювання:	5 сек.;
Живлення:	3 батарейки типу "AA"
Габарити	15,8 x 8 x 1,9 см
Ціна:	850грн

Розроблений прилад

Таблиця 3.4 – Розроблений прилад

Технічні характеристики:	
Діапазон робочих температур:	Від -55 °C до +125 °C
Похибкавимірювань:	0,5 °C
Час вимірювання:	10 сек.;
Живлення:	3 батарейки типу "AA"
Габарити	115x50x26 мм
Ціна:	1 205грн

3.2 Порівняльний аналіз термометрів за критеріями

Термометри, різних виробників кожен має свої позитивні та негативні якості. Тому для вибору кращого термометра (табл.3.5) проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів враховуючи шкалу відносної важливості (табл.3.6)

Таблиця 3.5 – Варіанти видів термометрів

Технологія	Короткий опис (Термометри)
A	Термометр RST 01581 (Швеція)
B	Термометр Uniel UTT-91 (Кітай)
C	Термометр Ea2 ED601 (Австрія)
D	Розроблений прилад

Таблиця 3.6 – Шкала відносної важливості

Інтенсивністьвідносноїва жливості	Визначення
1	рівнаважливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дужесильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.7, встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв.

Таблиця 3.7 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^{6}\omega_i}$	X_i
1. Швидкодія	1	1/7	1/7	1	1	0,77	0,08
2. Часвимірювання	7	1	1	5	5	2,8	0,31
3.Діапазон робочих температур	7	3	1	5	5	3,49	0,38
4. Ергономічність	1	1	1	1	1/3	0,8	0,09
5. Вартість	1	1	1	3	1	1,24	0,14
∑						9,1	1

Таблиця 3.8 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидкодії»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	5	5	3	2,94	0,5
B	1/5	1	1	1	0,66	0,11
C	1/5	1	1	1	0,66	0,11
D	1/3	5	5	1	1,69	0,28
∑					5,95	1

Таблиця 3.9 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «часвимірювання»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	1	1	1	1	0,17
B	5	1	3	1	1,96	0,34
C	5	1/3	1	1	1,13	0,2
D	7	1	1	1	1,62	0,29
∑					5,71	1

Таблиця 3.10 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «діапазон робочих температур»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	1	1	1	1	0,17
B	3	1	1	1	1,31	0,21
C	5	3	1	1	1,96	0,31
D	5	3	1	1	1,96	0,31
∑					6,23	1

Таблиця 3.11 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «ергономічність»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	1	5	1	1,49	0,27
B	3	1	3	1	1,73	0,31
C	1/5	1/3	1	1/3	0,6	0,1
D	3	1	3	1	1,73	0,31
∑					5,55	1

Таблиця 3.12 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	1	1	1	1	0,2
B	3	1	3	1	1,73	0,34
C	5	1/3	1	1	1,13	0,22
D	7	1	1/3	1	1,24	0,24
∑					5,1	1

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт.

З порівняння глобальних пріоритетів різних видів термометрів (табл.3.13) видно, що найбільшим є пріоритет у розробленого дозиметра.

Висновки: За допомогою методу аналізу ієрархій проведене порівняння чотирьох термометрів різних виробників за наступними критеріями: 1) швидкодія ; 2) час вимірювання; 3) діапазон робочих температур; 4) ергономічність; 5) вартість;

За даними таблиць глобальний пріоритет за багатьма критеріями є найвищим для розробленого термометра. Тому перевага віддається розробленому приладу, саме він й буде використовуватися для виконання вимірювань температур.

Таблиця 3.13 – Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	Глобальний
Вага	0,08	0,31	0,38	0,09	0,14	
Термометр RST 01581 (Швеція)	0,5	0,17	0,17	0,27	0,2	0,2096
Термометр Uniel UTT-91 (Кітай)	0,11	0,34	0,21	0,31	0,34	0,2695
Термометр Ea2 ED601 (Австрія)	0,11	0,2	0,31	0,1	0,22	0,2284
Розробленийприлад	0,28	0,29	0,31	0,31	0,24	0,2916

3.3 Розрахунок витрат на елементи електричної схеми

Таблиця 3.14 – Розрахунок вартості покупних виробів

Найменування елемента	Тип	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Мікроконтро-лер	PIC16F628A	1	46,75	46,75
Датчик температури	DS18B20	2	23	46
Конденсатор	К10-7 220 мкФ х 10В	2 1	0,5 1	2
Резистор	0,125Вт 5,1 Ом 0,125Вт 5,1 кОм 0,125Вт 4,7 kОм 0,125Вт 330 Ом	4 2 5 8	0,3 0,3 0,3 0,3	5,7
LED індикатор	KEM-5631-ASR	1	23,23	23,23
Транзистор	BC556B	3	0,5	1,5
Клемник		1	29,28	29,28
Разом				154,46

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При розробці електронних термометрів можуть виникнути наступні потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- підвищений рівень шуму, що викликаний роботою приладів;
- зміна температури повітря в приміщенні;
- зміна вологості повітря в приміщенні;
- понижена швидкість повітря в приміщенні;
- освітленість робочого місця;
- вплив хімічних речовин ті інфрачервоного випромінювання під час паяння.

Робота в умовах підвищеного шуму викликає швидку стомлюваність, загострює слух на високих частотах. Потім починається погіршення слуху, яке поступово розвивається в глухуватість і глухоту. Шум згубно діє не тільки на слуховий апарат, але і на центральну нервову систему людини, роботу серця, служить причиною багатьох інших захворювань.

Освітлення – недостатнє освітлення викликає зменшення продуктивності праці, підсилює стомлюваність, збільшує кількість помилкових дій, що можуть привести до браку або нещасному випадку, також може розвитися короткозорість.[15]

Мікроклімат – відхилення окремих параметрів мікроклімату від рекомендованих значень знижують працездатність, погіршують самопочуття, і можуть привести до професійних захворювань. Так, при низькій температурі повітря відбувається охолодження організму, що сприяє виникненню простудних захворювань. При високій температурі виникає перегрів організму, що веде до підвищеного потовиділення й зниженню працездатності. Працівник втрачає увагу, що може стати причиною нещасного випадку. Підвищена вологість повітря утрудняє випар вологи з поверхні шкіри й легенів, що веде до порушення терморегуляції організму, і до погіршення стану людину й зниженню працездатності. При зниженій відносній вологості в людини з'являється відчуття сухості слизуватих оболонок верхніх дихальних шляхів. Швидкість руху повітря також має немаловажне значення, при температурі до 35-36^{o} С виявляє на людину освіжаюча дія, а при температурі більш 40^{o} С – несприятливе.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці та виробнича санітарія

Для захисту від шуму застосовуються наступні основні методи:

- технічні заходи, які спрямовані на зменшення шуму від джерела їх утворення;

- раціональне планування приміщення для зменшення шумів, виникаючих в приміщенні від внутрішніх джерел;

- використання систем звуко- та шумоізоляції;

- використання засобів та пристрої індивідуального захисту.

По характеру виконувана на ділянці робота ставиться до легкої фізичної категорії 1б (проводиться сидячи, коштуючи або пов'язана з ходьбою й супроводжується деякою фізичною напругою). У приміщенні, де проводяться

роботи такої категорії для забезпечення сприятливого впливу мікроклімату можна використовувати системи центрального кондиціювання (багатосекційні та багатофункціональні системи, які розміщуються у відведеному для неї приміщенні або за межами будівлі), які дозволяють контролювати оптимальні значення температури, вологості та швидкості повітря в приміщенні.

У приміщенні де проводяться роботі категорії 1б установлені наступні нормовані значення мікрокліматичних умов:[16]

- температура повітря в холодний період року 23-25°С;
- відносна вологість 40-60%;
- температура повітря в теплий період року 22-24°С;
- швидкість руху повітря не більш 0,2 м/с.

Освітленість повинна забезпечуватись комбінованим штучним освітленням, тому що необхідна висока точність при виконанні роботи. Комбіноване штучне освітлення полягає в розподілі світильників рівномірно по всій площі приміщення та додатковому освітлення, яке концентрує світовий потік безпосередньо на робочих місцях.

Вплив хімічних речовин та інфрачервоного випромінювання можна зменшити за допомогою засобів індивідуального захисту – маски, теплозахисний одяг.

Для зменшення дії психофізіологічних факторів необхідно розробити сприятливий графік роботи з необхідною для відпочинку перервою.

Виділення шкідливих речовин – при роботі на ділянці травлення друкованих плат виділяється велика кількість шкідливих речовин. Травлення відбувається в розчині соляної кислоти, температура розчину становить 60-70°С. При цьому виділяються хлорид міді $Cucl_2$, водень H_2, можливе виділення хлору Cl_2. Водень при змішуванні з атмосферним киснем утворює вибухонебезпечну суміш. Хлор ставиться до другого класу небезпеки (високонебезпечні речовини), його нормована гранично припустима концентрація в повітрі робочої зони становить 1 мг/м^3 [16]. Він може

викликати важкі отруєння зі смертельним результатом. Для захисту від впливу на людину шкідливих речовин необхідне застосування не тільки загальної, але й місцевої вентиляції.

Для ефективного відводу забрудненого повітря від ділянки по травленню друкованих плат застосуємо двохбортові насоси, розташовані близько кожної із чотирьох ванн для травлення друкованих плат. Ванни мають однакові розміри 500Х200 мм. Схема двохбортового насоса наведено на рисунку 4.1. Кількість повітря L ($м^3$/година), що віддаляється одним насосом, визначається по формулі:[16]

$$L=1400(0,53Bl_2/(B+l_2)+H)^{1/3}Bl_2k_1k_2k\Delta t,$$

де B – розрахункова ширина ванни, м;

l_2 – довжина ванни, м;

H – відстань від дзеркала електроліту до осі щілини, м (з конструктивних міркувань ухвалюємо 100 мм);

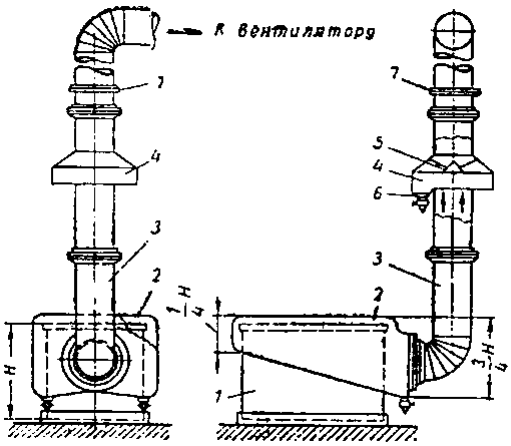
k_1 - коефіцієнт обліку конструкції насоса, прийнятий рівним 1 для цього типу;

k_2 – коефіцієнт обліку токсичності, що виділяються шкідливих речовин, ухвалюється рівним 1,25;

kΔt - коефіцієнт обліку температури електроліту, при різниці температур електроліту й навколишнього повітря ухвалюється рівним 1.79.

$$L\ заг=175\cdot 8=1400\ м^3/год$$

У якості вентилятора, що видаляє такий обсяг повітря, можна застосувати вентилятор марки ДО315L фірми “VENTRADE”, що має наступні технічні характеристики:



1 – корпус ванни; 2 – кожух бортового насоса; 3 – витяжний воздуховід; 4 – збірник для вловлювання розчину; 5 – конус у збірнику; 6 – видалення конденсату: 7 – заслінка.

Рисунок 4.1 - Схема двостороннього бортового насосу

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики обраного вентилятора марки ДО315L фірми “VENTRADE”

Споживана потужність, Вт	319
Потік, $м^3$/год	1660
Частота обертання, про/хв	2645
Звуковий тиск, db(A)	46
Вага, кг	5

Заходу безпеки при роботі з ваннами для травлення друкованих плат і травильними розчинами:

- вентиляція в цеху включається до початку робіт, а вимикається тільки після їхнього закінчення;
- категорично забороняється робота з несправною вентиляцією, тому що в цьому випадку виділюваний хлор може викликати отруєння людей, а водень створює з атмосферним киснем вибухонебезпечну суміш;

- усі роботи проводяться в гумових рукавичках і скляних окулярах щоб уникнути влучення травильного розчину на шкіру й в очі;
- у випадку влучення розчину в очі або на шкіру, ушкоджені ділянки тіла необхідно промити водою протягом 15-20 хвилин і звернутися до лікаря;
- ємності із травильним розчином зберігаються в щільно закупорених ємностях у місцях, що виключають їхнє можливе ушкодження;
- усі працівники зобов'язано знати техніку безпеки й заходу надання першої допомоги потерпілим при отруєннях хлором і іншими хімічними речовинами, а також при поразці електричним струмом.[13]

4.3 Заходи електробезпеки

Приміщення виробничої ділянки по травленню друкованих плат хімічним методом – ставиться до особливо небезпечного приміщення, тому що в ньому:

1. Є присутнім активне хімічне середовище (хлорне залізо, соляна кислота), яке здатне викликати руйнування ізоляції й зменшення її опору.
2. Можливий дотик людини до металоконструкцій, що мають з'єднання із землею, будинку (батареям центрального опалення й ін.), технологічним апаратам, механізмам з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування, що перебуває під напругою;
3. Є бетонна підлога, яка за певних умов може стати електропровідною (підвищена вологість і ін.);

По характеру навколишнього середовища приміщення ставиться до класу приміщень із активним хімічним середовищем.

По ступеню доступності ділянка ставиться до виробничих приміщень (устаткування доступне для обслуговуючого персоналу неелектротехнічних

спеціальностей, що не мають достатньої вистави про безпеку при роботі з електроустаткуванням).

У приміщенні даного класу використовується чотирипровідна електромережа із глухо-заземленої нейтраллю й з нульовим захисним провідником, тому що неможливо забезпечити гарну ізоляцію проводів внаслідок наявності агресивного хімічного середовища. Мережа електроживлення – трифазна, 380/220 В.

Поразка електричним струмом може відбутися при короткому замиканні проводки на металевий корпус апаратури, при недотепному обігу з електрообладнанням, при випадковому торканні струмоведучих частин. Для захисту персоналу від поразки електричним струмом застосовуються занулення, що забезпечує швидке відключення апарата при замиканні струмоведучих частин на металевий корпус, обладнання захисного відключення, що автоматично відключають електроустановку при потенційній можливості зіткнення людину зі струмоведучими частинами, а також захисне заземлення.[14]

Розрахуємо опір захисного заземлення.

Розрахунки ведеться по формулах, наведених в [15]. Заземлююче обладнання використовує природні заземлювачі (частини металевих конструкцій, що перебувають у землі), обмірюваний опір розтіканню яких Re=25 Ом.

Необхідний опір захисного заземлюючого обладнання для цього випадку (відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ121.038-81) повинне бути не більш 4 Ом. Отже, додатково до природнього заземлювача монтується штучний з вертикальних сталевих стрижнів довжиною L=2.5 м, діаметром 15 мм, верхні кінці яких з'єднуються сталевою смугою перетином 20х4 мм^2, покладеної в ґрунт (суглинок) з питомим опором ρ=120 Ом·м і на глибині t=0,5 м.

Контурний заземлювач розташовується по периметру будинку, довжина якого $L_г$=70 м.

При відстані між заземлювачами а=5м необхідна кількість вертикальних електродів складе:

$$n= L_г/a=70/5=14 \text{ штук}$$

Необхідний опір штучного заземлюючого обладнання:

$$R_{ш.} =R_eR_з/(Re-Rз)=25\cdot4/(25-4)=4,76 \text{ Ом}$$

Опір розтіканню вертикальних ($R_в$) і горизонтальних ($R_г$) електродів визначається по формулах:

$$R_в=(\rho/2\pi L) \cdot (\ln(2L/d)+1/2\ln((4t+L)/(4t-l)))=$$

$$=120/2/2.5/3.1415\cdot (\ln (2\cdot2.5/0,015)+0.5\cdot\ln((4*1.75+2.5)//(4\cdot1.75-2.5)))=42 \text{ Ом};$$

$$R_г=\rho/(2\pi L_г)\ln2L_г^2/bt_o=120/(2\cdot3,1415\cdot70)\ln2\cdot70\cdot70/(0,004\cdot0,5) =4.2 \text{ Ом}.$$

де ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м:

$L_г$ – довжина горизонтального заземлювача;

b – ширина смуги, м;

t_o – глибина закладення смуги горизонтального заземлювача, м;

t - глибина закладення вертикального заземлювача;

d – діаметр вертикального заземлювача, м.

Коефіцієнти використання електродів $\eta_з = 0.66$ і $\eta_с = 0.36$

Опір розтіканню групового штучного заземлювача визначається по формулі:

$$R_ш=R_гR_в/(R_г \eta_с+ R_в \eta_з n)=42\cdot4.2/(0.36\cdot42+4.2\cdot0.66\cdot14)=3.27 \text{ Ом}.$$

Цей опір менше заданого (4.76 Ом), що значно підвищує безпека.

Загальний опір заземлюючого обладнання:

$$R_{з.д}=R_eR_и/(Re+R_и)=25\cdot3.27/(25+3.27)=2.9 \text{ Ом},$$

що менше необхідного за ДСТ 121.030-81.

4.4 Техногенна безпека

Приміщення, де проводиться травлення друкованих плат, ставиться до вибухонебезпечного, тому що виділюваний при травленні водень із атмосферним киснем утворює вибухонебезпечну суміш. Однак це може відбутися лише при відключенні вентиляції, тобто при аваріях. Отже, приміщення ставиться до класу В-Іа. По ступеню пожежної небезпеки дане виробництво згідно СНиП 2.01.02-85 може бути віднесене до категорії Д, тому що характеризується наявністю тільки неспаленних речовин і матеріалів у холодному стані.

Причинами пожежі в цеху можуть стати коротке замикання в ланцюгах харчування електроустаткування; значні перевантаження проводки; погані контакти в місцях з'єднання провідників, що приводять до збільшення перехідного опору, на якому виділяється велика кількість тепла; недбале поводження з вогнем; удари блискавки й ін.

Тому що на виробничій ділянці є велика кількість електроустаткування, а також кислота, використання води для гасіння пожежі небезпечно. Тому передбачається використовувати установку газового об'ємного пожежогасіння, У якості вогнегасної речовини використовується комбінована вуглекислотна-хладонова суміш (85% двоокиси вуглецю, 15% хладону 111В2).

Розрахуємо необхідну масу вогнегасної речовини. Виробнича ділянка – приміщення розміром 5х10 метрів, висота стель – 3 м.

1. Необхідна маса комбінованої вуглекислотно- хладонової суміш m_d, кг, для об'ємного пожежогасіння визначається по формулі [15]

$$m_d=k_6 q_n V,$$

де k_6 – коефіцієнт компенсації невраховуваних втрат суміші, ухвалюється рівним 1.2;

q_n – нормативна масова концентрація суміші, ухвалюється 0.27 кг/м^3 при часі заповнення приміщення, рівним 30 сек;

V – обсяг приміщення, що захищається, м^3.

$$md=1.2\cdot0.27\cdot10\cdot5\cdot3=48.6 \text{ кг}$$

2. Кількість ξ_1 балонів визначається з розрахунку місткості в 40-літровий балон 25 кг суміші:

$$\xi_1= m_d/25=48.6/25=2 \text{ повних балона}$$

3. Внутрішній діаметр магістрального трубопроводу di, мм, визначається по формулі

$$di=d_1 \sqrt{\xi_2}$$

де d_1 – діаметр сифонної трубки балона, мм (30 мм)

ξ_2 – число одночасне балонів, що розряджаються.

$$di=30\cdot\sqrt{2}=42.4=43 \text{ мм}$$

4. Еквівалентна довжина магістрального трубопроводу l_2, м, визначається по формулі:

$$l_2=k_7\, l$$

де k_7 – коефіцієнт збільшення довжини трубопроводу для компенсації невраховуваних місцевих втрат (ухвалюється рівним 1.1):

l – довжина трубопроводу по проекту, м (ухвалюється рівної 30 м).

$$l_2=1.1\cdot30=33 \text{ м}$$

5. Площа перетину вихідного отвору зрошувача $A_з$, мм^2, визначається по формулі

$$A_з=S/\xi_1$$

де S – площа перетину магістрального трубопроводу, мм^2;

ξ_1 – число зрошувачів (8).

$$A_з=3.1415\cdot2\cdot33/8=26 \text{ мм}^2$$

6. Витрата вуглекислотно-хладонової суміші Q, кг/з, залежно від еквівалентної довжини й діаметра трубопроводу визначається як: [15]

$$Q=5,6 \text{ кг/з}$$

7. Розрахунковий час подачі вуглекислотно-хладонової суміші t, хв, визначається по формулі:

$$t=m_d/60Q$$

де m_d – розрахункова маса вуглекислотно-хладонової суміші, кг;

Q – витрата вуглекислотно-хладонової суміші, кг/с.

$$t=48,6/5,6=8,7 \text{ хв}$$

8. Маса основного запасу вуглекислотно-хладонової суміші, m, кг, визначається по формулі:

$$m = 1,1m_d(1+k_8/k_6)$$

де k_8 – коефіцієнт, що враховує залишок вуглекислотно-хладонової суміші складу в балонах і трубопроводах, рівний 0.2;

$$m = 1,1 \cdot 48,6 \cdot (1+0.2/1.2)=62,4 \text{ кг}$$

Насадки розташовані на стелі у два ряди по чотири штуки в ряді на відстані 1.5 м від стін і 2 м друг від друга. Вони з'єднані послідовно магістральною трубою діаметром 33 мм, балони з газом розташовані в сусідньому приміщенні.[16]

Визначимо технічні й організаційні заходи на ділянці по травленню друкованих плат. До технічних заходів ставляться протипожежні заходи, застосовувані при будівництві цехи. Зокрема, при будівництві цеху необхідно дотримати наступного:

- територію цеху необхідно постійно містити в чистоті, горюче сміття повинен систематично віддалятися на спеціально відведені ділянки й у міру нагромадження вивозитися;
- усі струмоведучі частини, розподільні обладнання, рубильники й інші пускові апарати монтуються на негорючих підставах (мармур, текстоліт, гетинакс, азбест, і т.п.);

- вимір опору ізоляції електромережі проводиться не рідше двох раз у рік. Несправні ділянки знеструмлюються й заміняються новими;
- уся електрична апаратура, установлена в цеху, виконується вибухозахищеної;
- для освітлювальної проводки в цеху застосовуються тільки проведення в кислотно захисній оболонці;
- для усунення можливості проникнення пар і газів із цеху в сусідні приміщення висновки проводів крізь стіни робляться із застосуванням порцелянових трубок, отвору яких закриваються кислотно захисною замазкою;
- опалення акумуляторного приміщення робиться централізованим (водяним або паровим) у вигляді цілих зварених труб без фланців і вентилів;
- на дверях цеху виконується великий напис “Вогненебезпечно, з вогнем не входити!”;
- паління в приміщенні строго забороняється;
- на випадок виникнення пожежі необхідно передбачити можливість евакуації людей. Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати евакуацію всіх людей, що перебувають у приміщенні цеху протягом необхідного часу. Число евакуаційних шляхів не менш двох;
- двері на шляхах евакуації навішуються так, щоб відкривалися по напрямкові виходу з будинку;
- обладнання розсувних і під'їзних дверей на шляхах евакуації не допускається;
- мінімальна ширина дверей на шляхах евакуації не менш 0,8 м;
- висота переходу на шляхах евакуації не менш 2 м;
- обладнання кручених сходів і щаблів на шляхах евакуації не допускається;
- схема евакуації людей ретельно розробляється й вивішується на видних місцях;
- увесь трудовий колектив проходить навчання заходам протипожежної безпеки.[16]

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Конструктивно розроблений датчик являє собою компактну друковану плату, яка містить схему перетворення і нормування сигналу. На виході датчика виходять цифрові імпульси, синхронізовані з пульсом. Датчик вимірювання можна встановити на плату, а можна винести на шлейфі.

2. Обраний в роботі мікроконтролер PIC16F628 є загальнодоступним та дешевим з діапазоном напруги від 2 до 5,5 В, та тактовою частотою до 20 МГц. Діапазон вимірювання температури обраного в роботі датчика DS18B20 становить від -55 до +125 ° С. Для діапазону від -10 до +85 ° С похибка не перевищує 0,5 ° С.

3. Головна перевага розробленого електронного термометра в тому, що всі складові його елементної бази загальнодоступні і дешеві.

Модель електронного приладу пройшла випробовування на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення і рекомендується для впровадження в побутових умовах.

Результати роботи обговорювались на Міжнародній науково-практичній конференції Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ «Сучасні виклики та напрями вдосконалення в економічній та технічній наукових сферах» 5 – 6 грудня 2023 р.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петренко Ю.О., Меньших О.Е., Юрчук С.М., Васільєв С.Г. Працездатність людини в екстремальних умовах навколишнього середовища: навчально-методичний посібник. Черкаси : ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2012. 32 с.

2. Дія на організм високих і низьких температур. *Обрії* URL:https://is.gd/n1Dezw (дата звернення 24.09.2024).

3. Шкідливий вплив низьких температур на організм. *Українська правда* URL: https://life.pravda.com.ua/health/2021/01/9/243608/ (дата звернення 25.09.2024).

4. Прилади для вимірювання температури. *Склоприлад.* URL: https://steklopribor.com/blog/meashuring-instruments/5fdc93ecde2c1d05c24642ce (дата звернення 28.09.2024).

5. Кухарчук В. В. Основи метрології та електричних вимірювань. Частина І: конспект лекцій. Вінниця : ВНТУ, 2020. 148 с.

6. Лавренова Д.Л. Основи метрології та електричних вимірювань: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 133 с.

7. Топ 10 датчиків температури. *Венкон*. URL: https://vencon.ua/ua/articles/rejting-luchshih-datchikov-temperatury (дата звернення 29.09.2024).

8. Конспект лекцій з дисципліни „Компоненти мікро- та нанотехніки” /укл. : Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя. 2023. 89 с.

9. Бондаренко І.М., Бородин О.В., Карнаушенко В.П. Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних схем: навч. посіб. Харків: ХНУРЕ. 2018. 177 с.

10. Борисов О. В. Твердотільна електроніка : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 484 с.

11. Фізико-хімічні основи напівпровідникового матеріалознавства: навч. посіб. / Е.В. Майструк, І.П. Козярський, Д.П. Козярський , П.Д. Мар'янчук. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2020. 120 с

12. Newer Device Available PIC16F18444. *Microchip* URL: http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F628A (дата звернення 01.11.2024).

13. Basics of Microcontrollers. *History, Structure and Applications* URL: https://www.electronicshub.org/ (дата звернення 04.11.2024).

14. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ: Державні санітарні норми, 2011. 105 с.

15. ДСТУ 7238:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація. Чинний від 2011-12-01. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2011. 135 с.

16. ДСТУ 7238:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Чинний від 14.03.2011. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2011. 78 с.

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні ЗНУ

МАТЕРІАЛИ

Міжнародної науково-практичної конференції
Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету

«Сучасні виклики та напрями вдосконалення в економічній та технічній наукових сферах»

5 – 6 грудня 2023 р.

Запоріжжя
2023

Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні виклики та напрями вдосконалення в економічній та технічній наукових сферах» (5-6 грудня 2023 р., м. Запоріжжя) / за ред. Макаренка А. П., Меліхової Т. О. Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2023, 392 с.

В ході проведення конференції відбулось дискусійне обговорення результатів підготовки здобувачів вищої освіти для покращення змісту навчальних курсів освітніх програм, орієнтуючись на думку стейхолдерів (працівників НДЕКЦ, науковців та студентів ЗНУ та інших закладів вищої освіти).

Під час проведення конференції розглянуто наступні питання: сучасний розвиток економіки, організації та управління підприємствами; практичні засади розвитку менеджменту; теоретичніта практичні засади розвитку бухгалтерського обліку, аналізу та аудиту; математичні методи, моделі та інформаційні технології в сучасній економіці; сучасні напрямки розвитку інженерії, науки та техніки; сучасні напрямки розвитку банківської справи; гроші, фінанси і кредит; напрямки оптимізації податкової системи; бюджетна система; правознавство; сучасна експертиза: економічна, юридична, будівельна, технічна.

© ЗНУ, 2023

котушки. Це проблема з часом зникне, але на сьогоднішній день вона ще актуальна.



Рисунок -Загальна блок-схема пристрою

Тому авторами запропоновано компактний безпровідний зарядний пристрій з розширеним функціоналом на основі мікроконтролеру фірми MicroChip. Його живлення здійснюється від мережі через імпульсний блок живлення. Габаритні розміри друкованої плати складають 88,9×52,5 мм. Розроблена конструкція може бути модернізована шляхом збільшення коефіцієнту корисної дії та доопрацювання програмної частини приладу. Подальше вдосконалення конструкції можливе за рахунок розробки спеціалізованої мікросхеми.

Література

1. Бездротова передача електрики. Eco business Group URL: https://is.gd/lldvNX (дата звернення 24.11.2023).

2. Що таке бездротова зарядка? ITeachua URL: https://is.gd/q8JUtc (дата звернення 24.11.2023).

УДК 621.315

Небеснюк О.Ю., к.т.н., доцент кафедри електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя

Бондаренко М.О., магістр 1 курсу спеціальності 153 (176) «Мікро- та наносистемна техніка», Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя

ЦИФРОВИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Одним з основних гомеостатичних показників теплокровних тварин і людини є сталість температури тіла в межах 37°. Це сталість підтримується складними центральними і периферійними механізмами. Через стрімкі зміни клімату негативний вплив спеки на людину посилюється, і ця тенденція тільки набиратиме обертів. У глобальному масштабі спостерігається збільшення частоти, тривалості й інтенсивності періодів аномального підвищення температури повітря. За даними Центру за контролем і профілактикою захворювань (далі – CDC), екстремальна спека в Америці щороку призводить до близько 700 летальних випадків – це перевищує кількість жертв торнадо, ураганів, повеней та землетрусів разом узятих. І, за їхніми підрахунками, до кінця XXI століття кількість випадків може сягнути позначки у 150 тисяч. Прогноз вчених австралійського Університету Монаша в Мельбурні схожий до висновків колег з CDC – до 2080 року кількість жертв глобального потепління в тропічних і субтропічних регіонах зросте майже в п'ять разів. Навіть невеликі відхилення від середніх сезонних температур, які різняться залежно від регіону, пов'язані з ростом захворюваності та смертності. Крім того, небезпека може мати відтермінований ефект – тривалий період аномальної спеки посилює проблеми зі здоров'ям у людей з хронічними захворюваннями (серцево-судинні, респіраторні та цереброваскулярні захворювання, а також захворювання, пов'язані з цукровим діабетом).

Негативні наслідки для організму людини мають і низькі температури навколишнього середовища. Постраждати від переохолодження можна навіть при плюсовій температурі. Зокрема, погодні умови з температурою нижче +7° С вже вважаються такими, що можуть спричинити проблеми зі здоров'ям. Холод згубно впливає у першу чергу на дрібні кровоносні судини людини. Вони інстинктивно звужуються, щоб зберегти тепло. Саме за рахунок цього приплив крові до внутрішніх органів збільшується та підтримується внутрішня стабільна температура тіла. Циркуляція крові в кінцівках уповільнюється. Першими замерзають пальці рук та ніг, а також вуха та ніс – вони найменше захищені через те, що в них тонкий жировий прошарок.

На виробництві, температура навколишнього середовища також дуже важлива. Деякі приладі працюють лише у конкретному діапазоні температур, а, якщо, температура буде збільшена або зменшена – це може призвести до погіршення роботи приладу, або до повного його виходу з ладу.

Тому актуальним є питання розробки приладу для дистанційного вимірювання температури навколишнього середовища.



Рисунок– Функціональна схема цифрового термометра

Авторами запропоновано цифровий портативний бюджетний термометр на основі мікроконтролера PIC16F628. Перевагами такого мікроконтролера є: широкий діапазон напругу від 2 до 5,5 В; тактова частота до 20 МГц; внутрішня пам'ять даних EEPROM; загальнодоступність; невеликі габаритні розміри. В якості сенсорного блоку використано датчик температури DS18B20. Діапазон вимірювання температури запропонованого приладу становить від -55 до +125°С. Для діапазону від -10 до +85°С похибка не перевищує 0,5°С. Запропонована розробка може використовуватися як у побутових умовах, так і на виробництві, у сільському господарстві, медицині.

Література

1. Дія на організм високих і низьких температур. Обрії URL: https://is.gd/n1Dezw (дата звернення 24.11.2023).
2. Шкідливий вплив низьких температур на організм. *Українська правда* URL: https://life.pravda.com.ua/health/2021/01/9/243608/ (дата звернення 24.11.2023).

УДК 628.113(285.2)

Добровольська О.Г., к.т.н., доцент, доцент кафедри міського будівництва і архітектури Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя
Лихачов В.Є., магістр 1 курсу спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ВОЄННИХ ПОДІЙ

Альтернативні джерела водопостачання, такі як шахти, озера, водосховища і кар'єри, відіграють важливу роль у забезпеченні водопостачання для різних потреб. Ось деякі з їхніх основних значень:

- шахти: вода в шахтах може бути добутою з глибоких підземних джерел, це особливо важливо в регіонах, де поверхневі джерела води обмежені або нестабільні, глибинна вода часто менше вразлива до забруднення порівняно з поверхневими джерелами;
- озера: можуть бути природними резервуарами води, які забезпечують стабільний запас води для різних типів використання, таких як питна вода, сільське господарство та промисловість, можуть також використовуватися для рекреації та туризму, що приносить економічні вигоди;
- водосховища: дозволяють контролювати рівень води, зменшуючи ризик повеней та забезпечують стабільний потік води для різних потреб, багато