

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інформаційних електронних систем

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ»

Виконав: студ. 2-го курсу, групи РТ-22м
спеціальності 172 Телекомунікації та
радіотехніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Шурхал М.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., професор каф. ІРТС

Семенов А.О.
(прізвище та ініціали)

«15» 12 2023 р.

Опонент: д.т.н., доц. професор каф. ІКСТ

Михалевський Д.В.
(прізвище та ініціали)

«18» 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н., проф. Осадчук О.В.


(прізвище та ініціали)

«19» 12 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 17 Електроніка та телекомунікації
Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

 Завідувач кафедри ІРТС
д.т.н., проф. Осадчук О.В.
«16» вересня 2023 року







ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шурхалу Михайлу Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень
керівник роботи д.т.н., проф., професор кафедри ІРТС Семенов А.О.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» 09.2023 р. №247.
2. Строк подання студентом роботи 15.12.2023р.
3. Вихідні дані до роботи: Автоматичне регулювання температури; Напруга живлення 5 та 12 В; максимальна споживана потужність 2 Вт; діапазон виміру температури -55° - +150°C; похибка вимірювання температури ±1 - 4°C; частота оновлення температури 1 с.; тактова частота 8 МГц; 8-розрядний мікроконтролер з флеш-пам'яттю програм 8k x 14 біт; 368 байт оперативної пам'яті; вивід інформації на РК-дисплей.
4. Зміст текстової частини: Вступ. Система контролю температури. архітектури побудови пристроїв для автоматичного регулювання температури повітря. розроблення пристрою регулювання температури повітря приміщень. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Блок-схема мікроконтролера, що реалізує нечітку логіку. Структурна схема системи. Промодельована схема блоку живлення. Перший процес системи. Кінцевий результат кімнатної температури. Виводи мікроконтролера PIC16F877A. Структурна схема мікроконтролера PIC16F877A. Результат вимірювання температури та вихідної напруги датчика температури LM35 Результат запиту користувача на введення еталонної температури. Результат користувача, який ввів 12 як еталонну температуру. Результат користувач ввів 12 °C як задану температуру та увімкнув нагрівч (L2).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	д.т.н., професор, проф. каф. ІРТС Семенов А.О.		
Економічна частина	доцент каф. ЕПВМ, доцент, к.е.н., Кавецький В.В.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	професор кафедри БЖДПБ, професор, д.п.н., Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 17.09.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження тем МКР на випусковій кафедрі.	02.09.2023-07.09.2023	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	08.09.2023-17.09.2023	
3.	Затвердження тем по ВНТУ. Розробка завдання на МКР.	18.09.2023-27.09.2023	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	28.09.2023-10.10.2023	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки. Експериментальне дослідження.	11.10.2023-04.11.2023	
6.	Розробка графічної частини МКР.	05.11.2023-18.11.2023	
7.	Економічна частина.	19.11.2023-25.11.2023	
8.	Охорона праці (ОП).	26.11.2023-30.11.2023	
9.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	01.12.2023-12.12.2023	
10.	Нормоконтроль.	13.12.2023-16.12.2023	
11.	Попередній захист МКР, доопрацювання, рецензування МКР.	17.12.2023-18.12.2023	
12.	Захист МКР ЕК.	19.12.2023-21.12.2023	

Студент

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Шурхал М.Ю.

Семенов А.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.373.122

Шурхал М.Ю. Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень: магістерська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ 2023 р. – 143 стор., 49 рис., 35 бібл., 22 табл. – українською мовою.

У магістерській кваліфікаційній роботі розлого проводиться опис систем контролю температури, розглянуті основні компоненти таких систем, їх історія розвитку, функціонування таких систем. Було проведено аналіз принципів побудови регуляторів температури, від пропорційних до автоматичного регулювання на основі нечіткої логіки. Здійснено порівняльний аналіз методів вимірювання температури. Досліджено платформи пристроїв для автоматичного регулювання температури повітря. На основі проведеного аналізу було виконано розроблення пристрою для автоматичного регулювання температури повітря приміщень, для цього був проведений розрахунок блока живлення, використання датчика LM35 та спосіб його підключення, відображення інформації здійснюється за допомогою рідкокристалічного дисплею LM016L. Для мініатюризації та розширення функціоналу пристрою було використано мікроконтролер PIC16F877A, було запропоновано алгоритм роботи програми, розроблена сама програма, наведена принципова схема пристрою та проведено моделювання у середовищі Multisim та Proteus, що дало змогу перевірити працездатність створеної програми та схеми пристрою. Наведено результати моделювання що свідчать про повну функціональну завершеність приладу.

Ключові слова: контроль температури, ПД регулятори, автоматичне регулювання, датчик температури LM35, PIC16F877A.

ABSTRACT

Shurkhal M.Y. Radio electronic device for automatic control of room air temperature: master's thesis - Vinnytsia: VNTU 2023 – 143 pp., 49 fig., 35 bibl., 22 table. - in the Ukrainian language.

The master's thesis describes in detail the temperature control systems, considers the main components of such systems, their history of development, and the functioning of such systems. The principles of construction of temperature controllers, from proportional to automatic control based on fuzzy logic, were analyzed. A comparative analysis of temperature measurement methods was carried out. The platforms of devices for automatic air temperature control were studied. Based on the analysis, a device for automatic control of room air temperature was developed, for this purpose, the power supply was calculated, the LM35 sensor was used and the method of its connection, and the information is displayed using the LM016L liquid crystal display. To miniaturize and expand the functionality of the device, the PIC16F877A microcontroller was used, the program algorithms were proposed, the program itself was developed, the schematic diagram of the device was presented, and simulations were performed in the Multisim and Proteus series, which made it possible to verify the performance of the created program and device circuit. The simulation results are presented, which indicate the complete functional completeness of the device.

Keywords: temperature control, PID controllers, automatic control, temperature sensor LM35, PIC16F877A.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ	7
1.1 Поняття системи контролю температури	7
1.2 Історія систему контролю температури.....	9
1.3 Використання системи контролю температури	9
1.4 Основні компоненти системи контролю температури.....	11
1.5 Як працює система контролю температури?	13
1.6 Важливість системи контролю температури.....	18
2 АРХІТЕКТУРИ ПОБУДОВИ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ...	19
2.1 Аналіз принципів побудови регуляторів температури	19
2.1.1 Пропорційні регулятори	20
2.1.2 Пропорційно-інтегральні регулятори	23
2.1.3 Пропорційно-інтегрально-диференціальні (ПІД) регулятори.....	27
2.1.4 Автоматичне регулювання на основі нечіткої логіки	29
2.2 Порівняльний аналіз методів вимірювання температури	35
2.2.1 Пірометри.....	37
2.2.2 Рідинні скляні термометри рідинні	40
2.2.3 Манометричні термометри.....	41
2.2.4 Термоелектричні термометри	41
2.2.5 Сенсорні мікросхеми	42
2.3 Платформи пристроїв для автоматичного регулювання температури повітря	47
2.3.1 Автоматичний контроль температури в приміщенні з системою безпеки.....	52
2.3.2 Датчик температури AVR LM92 система.....	53
2.3.3 Система контролю температури з використанням LM35	54
2.3.4 Вимірювання та контроль температури системи.....	56

2.3.5 Контроль рівня води та температури за допомогою а програмований логічний контролер (ПЛК)	57
2.3.6 Система автоматичного регулювання температури за допомогою RZK	59
3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСТРОЮ РЕГУЛЮВАННЯ TEMПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ.....	64
3.1 Розрахунок та моделювання блока живлення.....	67
3.2 Датчик температури LM35	69
3.3 Мікроконтролер PIC16F877A	74
3.4 Рідкокристалічний дисплей (LM016L)	81
3.5 Моделювання пристрою для автоматичного регулювання температури повітря приміщень.....	82
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	86
4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	87
4.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки	90
4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	93
4.4 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи.....	105
4.5 Висновки до розділу	110
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	111
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	112
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	115
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	124
ВИСНОВКИ	128
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	129
Додаток А (обов'язковий) Ілюстративна частина.....	133
Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи.....	140
Додаток В (довідниковий) Лістинг програми на PIC16F877A.....	142

ВСТУП

Актуальність теми.

В останні десятиліття світ технологій та електроніки, зокрема, зростає в геометричній прогресії. Починалося все з простих аналогових пристроїв з одноразовим використанням або функціоналом, який був революційним для того часу, і з роками електронні компоненти вдосконалювалися, а разом з ними і розроблені пристрої та їх функціональність.

Як видно з коментарів, кількість пристроїв, які сьогодні включають в себе електронну схему, неможливо уявити. Їх можна знайти від повсякденних предметів, таких як електроприлади, мобільні телефони або комп'ютери, до більш складних і витончених професійних систем.

Яскравим прикладом є те, що кілька років тому ніхто не думав, що у нас буде смартфон з такою кількістю можливостей, тоді як зараз ніхто не може уявити життя без цього пристрою.

Зростає потреба у швидкості виробництва, потреба в більшій економії щоденних процесів тощо. Тому для досягнення цих цілей важливо автоматизувати більшість процесів, незалежно від того, чи є вони промисловими чи ні. Це вимагає наявності мережі датчиків, приводів і т.д., які, об'єднуючись між собою, можуть дати нам бажану інформацію в будь-який час. Навіть без допомоги людини, тобто спілкуючись між собою, вони зможуть виконувати складні завдання.

Ця магістерська робота представляє автоматичну систему керування кімнатним обігрівачем. Це система кондиціонування повітря, яка відстежує температуру в приміщенні та керує циркуляція свіжого повітря в приміщенні без втручання людини. Ця конструкція використовує мікроконтролер і датчик температури для моніторингу та контролю температури в приміщенні. Спочатку користувачеві потрібно встановити температуру системи на еталонне значення, яке він або вона хоче підтримувати в приміщенні. Потім датчик температури вимірює навколишню температуру і

зв'язується з мікроконтролером. Мікроконтролер зчитує температуру кожні 1 с і порівнює її з бажаним значенням. Якщо виміряне значення менше бажаного, то обігрівач автоматично вмикається, щоб нагріти температуру в приміщенні, поки вона не повернеться до бажаного значення, і вимикається. Також, якщо виміряне значення більше, ніж бажане, то вентилятор автоматично увімкнеться, щоб охолодити температуру в приміщенні, доки вона не повернеться до бажаного значення і не вимкнеться. Ця робота прагне спроектувати просту, але ефективну систему для вирішення складної системи. Потреба в простій та економічно ефективній системі призводить до того, що інженерне проектування шукає прості рішення для вирішення складних систем, а також мінімізує витрати на проектування системи за рахунок мінімізації обладнання та компонентів при проектуванні. Це аспект 10 принципів сталого та економічно ефективного проектування [1].

Аналіз останніх досліджень.

Інтернет речей (IoT): Автоматичні системи контролю температури в приміщенні останнім часом все частіше використовують технології IoT. Датчики, підключені до Інтернету, дають вам можливість дистанційно керувати системами кондиціонування та опалення, збирати дані з датчиків і використовувати їх для ефективного керування енергією.

Штучний інтелект і машинне навчання: використання цих двох технологій разом дозволяє розробити більш складні системи автоматичного контролю температури, які можуть адаптувати свої режими роботи до поведінки користувачів, змін погодних умов та інших змінних.

Зв'язані системи: Системи автоматичного регулювання температури стають все більше частиною зв'язаних систем "розумного будинку". Вони можуть інтегруватися з іншими рішеннями для створення більш адаптивних і комфортних умов у будинку.

Енергоефективність: Однією з головних тенденцій є покращення енергоефективності систем автоматичного регулювання температури.

Дослідження спрямовані на розвиток технологій, що дозволяють зменшити споживання енергії під час опалювання або охолодження приміщення.

Гнучкість та адаптивність: Сучасні системи здатні адаптуватися до різних умов та змінюваних потреб користувачів. Вони можуть враховувати різні фактори, такі як наявність людей у приміщенні, денний час, сезон та інші параметри для оптимального регулювання температури.

Метою роботи є створення системи контролю температури, яка зможе автоматично контролювати температуру середовища, в якому вона знаходиться, шляхом своєчасної активації ефекторних пристроїв, що впливають на температуру по відношенню до заданого значення.

Задачами досліджень магістерської кваліфікаційної роботи є:

- вирішити які саме заходи будуть контролюватися або відстежуватися, для цього важливо більш детально вивчити, які можливості та пристрої для моніторингу дозволяють проводити бажані вимірювання;
- розглянути мікропроцесори, які будуть використовуватися для проектування магістерської роботи, тобто їх сумісність з іншими пристроями, простота використання, вартість тощо;
- вибрати мову програмування, яку ви будете використовувати.

Об'єктом дослідження є фізичні процеси які відбуваються в радіоелектронному пристрої для автоматичного регулювання температури повітря приміщень.

Предметом дослідження є параметри та характеристики радіоелектронного пристрою для автоматичного регулювання температури повітря приміщень.

Наукова новизна одержаних результатів – отриман подальший розвиток побудови радіоелектронного пристрою для автоматичного регулювання температури повітря.

Практична новизна одержаних результатів – полягає в отриманні нового схемного рішення та конструкції радіоелектронного пристрою для автоматичного регулювання температури повітря приміщень.

1 СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ

1.1 Поняття системи контролю температури

Температура: Це ступінь гарячості або холодності тіла або навколишнього середовища.

Система керування: Система керування - це пристрій або набір пристроїв, які керують, командують, спрямовують або регулюють поведінку інших пристроїв або систем.

Таким чином, ми можемо буквально сказати, що система контролю температури - це пристрій або набір пристроїв, які керують, командують, спрямовують або регулюють поведінку інших пристроїв або систем з метою впливу на ступінь гарячості або холоду тіла або навколишнього середовища.

Система контролю температури більше схожа на **програмований термостат**, який може підтримувати бажану температуру в приміщенні (вдома чи в офісі) незалежно від мінливих зовнішніх погодних умов. Перевага системи контролю температури перед звичайним термостатом полягає в тому, що вона економить енергію та гроші, автоматично підтримуючи різну температуру в різний час дня і ночі. Зазвичай це система зі зворотним зв'язком, яка має контур керування, що включає датчики, алгоритми керування та виконавчі механізми/ефектори, і влаштована таким чином, щоб намагатися регулювати змінну величину на рівні заданого або еталонного значення. Прикладом цього може бути збільшення подачі палива в піч, коли виміряна температура падає.

Програмований термостат - це цифровий пристрій, який замінює звичайний (автоматичний) термостат, встановлений у старих будинках і квартирах. Терморегулятор вимірює температуру в приміщенні, вмикаючи або вимикаючи нагрівальний/охолоджувальний прилад для підтримки заданої на терморегуляторі температури. Одним з недоліків традиційного термостата є те, що він зазвичай залишають на одному рівні з міркувань

зручності. Це призводить до вищих рахунків за електроенергію, оскільки в оселі тепліше, ніж потрібно, коли люди вкладаються спати, або навіть на роботі (коли в цьому немає потреби). Набагато ефективніше було б мати терморегулятор, який знає, коли він потрібен, а коли ні, щоб змінювати температуру і економити енергію. Це саме те, що пропонує система контролю температури.

Система контролю температури складається з невеликого програмованого цифрового логічного контролера, підключеного до системи опалення або охолодження. Приблизно такого ж розміру, як і звичайний настінний термостат, система контролю температури містить невелику друковану плату та мікросхему (мікросхеми) пам'яті. Після налаштування системи контролю температури на бажану температуру, відому як задане значення, система буде використовувати обігрівач або кондиціонер (за необхідності) як ефектори, щоб підтримувати цю температуру протягом запрограмованого часу.

Програмований логічний контролер (мікроконтролер) - це електронний пристрій, який використовується для автоматизації промислових процесів, наприклад, для управління машинами на заводських складальних лініях. Це приклад системи реального часу, оскільки вихідні результати повинні бути отримані у відповідь на вхідні умови протягом обмеженого часу. Таким чином, можна сказати, що це набір послідовно з'єднаних реле.

Розглянемо такий приклад. У зимові місяці ви хочете, щоб вранці, коли ви прокидаєтеся, ваш будинок нагрівався до 21,6 за Цельсієм. Якщо будинок порожній протягом дня, немає необхідності підтримувати цю температуру, і система контролю температури може бути налаштована таким чином, щоб дозволити їй природним чином знизитися до іншої заданої температури. Система може бути налаштована на зниження температури приблизно за 30 хвилин до того, як ви або інші члени сім'ї зазвичай повертаєтесь додому. Коли домочадці сплять, система контролю температури може підтримувати

прохолоднішу температуру, нагріваючись безпосередньо перед тим, як домочадці прокинуться. Всі ці різні температури, час або задані значення задаються користувачем для автоматизації процесу без необхідності ручного регулювання термостата.

1.2 Історія розвитку систему контролю температури

Використання систем автоматичного регулювання температури почалося ще у 18 столітті. Ідея належить Уоррену С. Джонсону (Warren S. Johnson), який викладав у Норманській школі, штат Оклахома. До того часу прибиральникам доводилося заходити в кожну класну кімнату, щоб визначити, чи там занадто спекотно або занадто холодно, а потім відповідно регулювати заслінки в підвалі. Джонсон шукав спосіб покласти край або принаймні звести до мінімуму переривання занять прибиральниками і підвищити рівень комфорту учнів. Система автоматичного регулювання температури мала задовольнити саме цю потребу.

У 1883 році Уоррен Джонсон залишив викладацьку діяльність, щоб повністю присвятити свій час дослідженням і розвитку своїх ідей. Він переїхав до Мілуокі і в 1885 році заснував компанію Johnson Electric Service Company. У 1895 році Джонсон запатентував пневматичну систему контролю температури. Це дозволило контролювати температуру в будівлях і будинках по кімнатах. Це був перший пристрій такого роду. На початку 20-го століття система автоматичного регулювання температури використовувалася в багатьох визначних місцях, включаючи Нью-Йоркську фондову біржу, палаци Іспанії та Японії, Вест-Пойнт, Смітсонівський інститут, Капітолійську будівлю США та будинок Ендрю Карнегі. Використання цієї системи постійно зростає і донині.

1.3 Використання системи контролю температури

21 століття було зустрінуте дуже непередбачуваними і несприятливими температурними умовами. Парниковий ефект зробив наш світ вразливим, і це призвело до великої кількості невизначеностей у погодних умовах і кліматі загалом. Зростає потреба в утриманні температури в певних регіонах в межах певного діапазону. Це призвело до необхідності потреба в системах контролю температури:

У домах: у багатьох сучасних будинках рівень псування харчових продуктів значно зріс. Це пов'язано з тим, що температура в місцях зберігання в будинку піднялася вище або опустилася нижче певного допустимого максимального або мінімального значення відповідно, що призводить до прискореного розпаду харчових матеріалів. Крім того, в деяких приміщеннях будинку необхідно регулювати температуру в межах певних комфортних для проживання температур (тобто не надто високу і не надто низьку). Це гарантує, що життєві процеси в цих зонах можуть здійснюватися в комфортних умовах.

У промисловості: у багатьох галузях промисловості (особливо у виробничій та фармацевтичній) зростає занепокоєння щодо необхідності зберігання певних виробничих матеріалів у певному температурному діапазоні. Деякі з цих матеріалів можуть бути легкозаймистими або вибухонебезпечними при певних екстремальних температурах. Це зумовлює потребу в системі контролю температури.

У моргах: тіла мертвих у моргах і моргах повинні зберігатися при певній температурі, щоб зупинити їх швидше розкладання. Незалежно від того, присутні працівники моргу чи ні, цю температуру потрібно перевіряти та підтримувати, а також контролювати так ефективно, щоб це не призвело до астрономічних витрат енергії на нагляд. Ця проблема також робить необхідною систему контролю температури.

В літаках: Ефективний контроль і регулювання метеорологічних змінних, таких як температура, тиск повітря та вологість, є критично важливим компонентом у забезпеченні безпеки пасажирів у літаках. Щоб

підтримувати вагу літака, ці компоненти повинні підтримуватися в ньому на певному рівні або в певній кількості. З практичної точки зору факторами відповідної температури є такі речі, як вологість і тиск в атмосфері. Це також вимагає системи контролю температури.

Національне енергопостачання: у розвинених країнах мрія про збереження достатньої кількості енергії для подальшого використання поступово перетворюється на кошмар через зменшення використання або відсутність систем контролю температури. У багатьох будинках, офісах і на підприємствах багато опалювальних і охолоджувальних приладів випадково залишають працювати навіть тоді, коли в них немає потреби. Іноді ці помилки призводили до муніципального пекла, яке знищувало багато життів і руйнувало майно. У слаборозвинених країнах через марнотратство енергоресурсів уряди поховані під величезними боргами за рахунками за енергоносії. Використовуючи систему контролю температури, вам ніколи не доведеться турбуватися про марну трату грошей або електроенергії через те, що ви забули вимкнути кондиціонер або обігрівач. Це значно оптимізує собівартість виробництва в промислових процесах і вартість життя в будинках. Крім того, вам ніколи не доведеться турбуватися про температуру, яку необхідно підтримувати у вашому житловому або складському приміщенні. Просто дозвольте системі контролю температури потурбуватися про це за вас. Програмування системи займає лише кілька хвилин, а для вихідних можна встановити окремі задані значення, щоб пристосуватись до альтернативних графіків (у більш розкішних системах). Також легко змінити задану температуру одним натисканням кнопки, якщо ви хочете, щоб у приміщенні було тимчасово тепліше або прохолодніше в будь-який час.

1.4 Основні компоненти системи контролю температури

Системи контролю температури протягом багатьох років склалися з наступних п'яти основних блоків [2]:

Блок живлення: Цей блок забезпечує систему контролю температури електричною енергією, яка приводить її в дію. У цьому випадку блок живлення складається з понижувального трансформатора, який працює за принципом індукції. Трансформатор знижує напругу, отриману з розетки, з 230 В до 15 В, що є достатньою напругою для роботи системи. Ця напруга додатково випрямляється (за допомогою мостового випрямляча) і фільтрується (за допомогою силового конденсатора), щоб отримати ідеальну і неспотворену напругу для системи. З цих 15 В вхідної напруги близько 5 В живить мікроконтролер. Решта необхідна для живлення інших блоків схеми.

Блок датчиків: Цей модуль складається з пристроїв (термометрів у традиційних системах), які визначають поточний стан температури. Ці пристрої вимірюють поточну температуру в приміщенні/поверхні і надають свої результати для використання в якості вхідних даних в блоці управління і в блоці дисплея.

РК-дисплейний блок: Відображає поточний температурний стан навколишнього середовища, отриманий від блоку датчика. У цьому випадку він складається з 7- розрядного графічного дисплея з великими цифрами, який показує результати/показання датчика температури зовнішньому користувачеві.

Блок керування: Блок керування містить контролер і пов'язані з ним пристрої (термостати в автоматичних системах), які обробляють інформацію для створення ефектів/дій системи. У цьому випадку в цьому блоці знаходиться мікроконтролер (і програма/алгоритм керування), який зберігає задану температуру. Керуюча програма отримує стан температури від датчика і гарантує, що вона не вийде за межі заданого значення, ініціюючи відповідну послідовність дій.

Блок меню/функцій: Цей блок складається з кнопок введення, які використовуються для подачі команд програмі керування, а також для програмування заданого значення для системи. В даному випадку, змінний резистор, який змінює задану температуру при зміні його опору.

Блок сигналізації: Цей блок складається з системи сигналізації, яка попереджає мешканців навколишнього середовища про порушення температури. Це додатковий компонент систем контролю температури. Він постачається здебільшого з тими системами, які побудовані відповідно до специфікацій (індивідуальні системи). Більшість комерційних систем контролю температури воліють підтримувати безшумний профіль у середовищі, де вони функціонують.

1.5 Засади роботи системи контролю температури

Щоб зрозуміти, як працює система контролю температури, давайте повернутися до витоків, подивившись на першу в історії та сертифіковану «найефективнішу» систему контролю температури, яку коли-небудь створювали – контроль температури тіла людини система.

Організм постійно регулює свою температуру. Він може підвищувати або знижувати свою температуру коли він виявляє, що занадто холодно або занадто жарко. У цьому випадку температура регулюється за допомогою а система управління, а управління називається гомеостазом. Десь у мозку, можливо У гіпоталамусі зберігається оптимальна температура тіла (задана точка) (близько 37°C). Що інформація постійно доступна для певної структури, яку ми називаємо компаратором. Компаратор посиляє сигнали на:

1. Механізми нагрівання в преоптичній області або передньому гіпоталамусі, що призводить до:

- Тремтіння
- Підвищений вироблення гормонів щитовидної залози
- Підвищена активність симпатичної нервової системи
- Пілоерекція
- Шкірне звуження судин

2. Механізми втрати тепла в задньому гіпоталамусі, що призводить до:

- Зниження вироблення гормонів щитовидної залози

- Пiтливiсть
- Шкiрне розширення судин

Вихiд цих механiзмiв закiнчиться або чистим збiльшенням, або чистим зменшенням тiла температура. Температуру тiла сприймають теплові рецептори (терморекцептори). мозок i периферійні частини тiла, i значення надсилається на компаратор, де воно знаходиться 10 порiвняно з заданим значенням. Якщо значення менше заданого значення, то сигнали надходять переважно до механiзми тепловiддачі; якщо вона бiльше заданої, то вони йдуть переважно на тепло механiзми втрати. Таким чином температура тiла постійно визначається та пiдтримується постійною (тобто гомеостаз) Блок-схема системи контролю температури тiла наведена на рисунку 1.1:

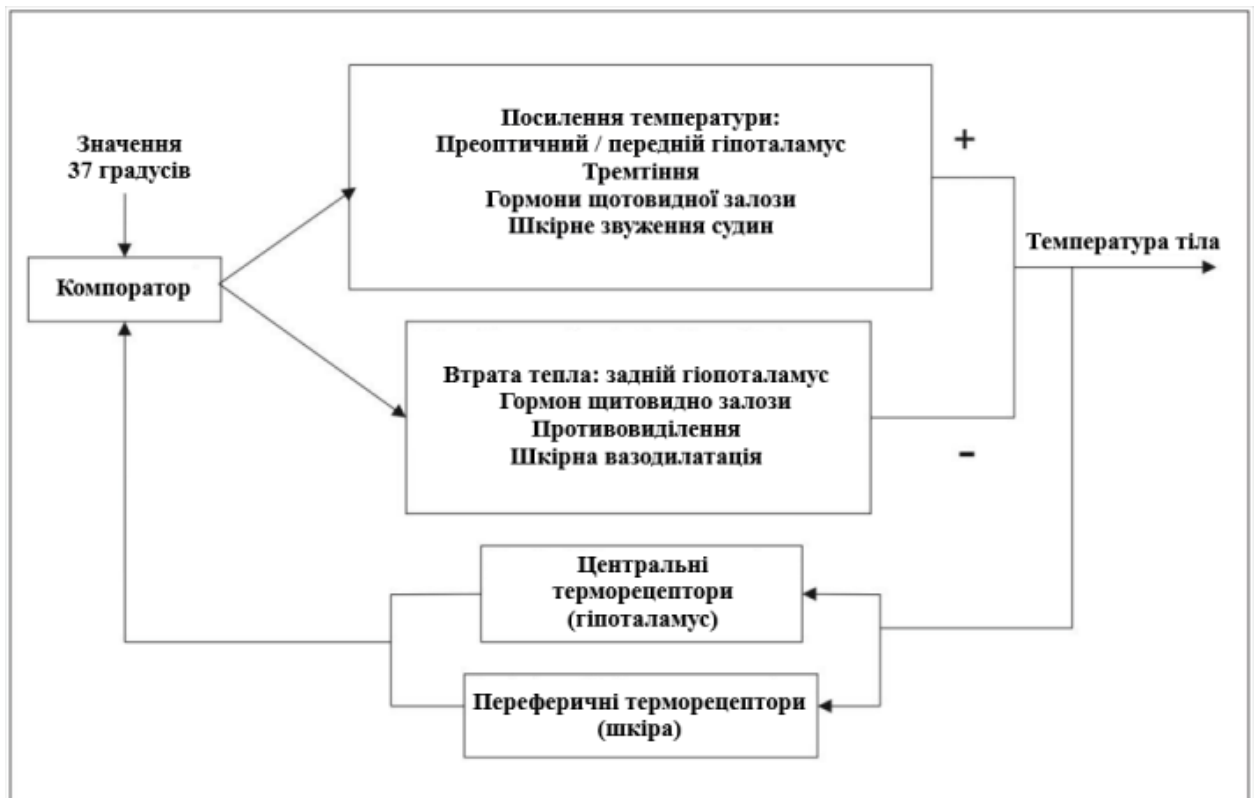


Рисунок 1.1 – Блок-схема системи контролю температури тiла

З цього можна зробити висновок, що для точного контролю температури процесу без значного втручання оператора, система контролю температури покладається на блок управління, який приймає показання

температурного датчика, такого як термопара, як вхідний сигнал. За допомогою меню/функціонального блоку в блок керування вводиться задане значення, після чого натискається кнопка запуску. Після натискання кнопки запуску запускається функція термостата. Датчик відстежує поточний стан зовнішньої температури та надсилає свої показання на Блок керування. Показники температури також відображаються на дисплеї. У блоці керування програма постійно порівнює показання температури з заданим значенням, щоб переконатися, що показання не виходять за межі заданого значення. У разі порушення температурного режиму, блок керування надсилає сигнал, який вмикає сигналізацію та інформує присутніх про порушення. Залежно від складності та надійності системи, блок керування за допомогою програми/алгоритму керування визначає, яка послідовність дій буде найбільш доцільною для усунення порушення; ці дії потім надсилаються як переривання відповідним виконавчим механізмам. Послідовність дій у цьому випадку може включати або увімкнення/вимкнення обігрівача, або увімкнення/вимкнення системи охолодження чи інших встановлених елементів керування. Однак, блок керування/контролер - це лише одна частина всієї системи керування; при виборі відповідного контролера слід враховувати наступні моменти:

Тип датчика вхідної температури (термопара, термістор) і діапазон температур;

Тип необхідного виходу (електромеханічне реле, SSR або аналоговий вихід);

Алгоритм керування (Увімкнено/вимкнено, пропорційний або PID (пропорційно-інтегрально-похідний));

Кількість і тип виходів (система опалення, система охолодження, система сигналізації та ліміт).

Існує три типи контролерів/алгоритмів керування, які використовуються для побудови та проектування більшості систем контролю температури. До них відносяться:

Регулятор увімкнення/вимкнення - це найпростіша форма терморегулятора. Вихід пристрою або увімкнений, або вимкнений, без проміжного стану. Регулятор увімкнення/вимкнення перемикає вихід тільки тоді, коли температура перетинає задане значення. Для керування опаленням вихід увімкнений, коли температура нижче заданого значення, і вимкнений вище заданого значення. Оскільки температура перетинає задане значення, щоб змінити стан виходу, температура процесу буде безперервно циклічно змінюватися, переходячи з нижньої межі заданого значення до верхньої, і назад до нижньої. У випадках, коли ця циклічність відбувається швидко, і щоб запобігти пошкодженню контакторів і клапанів, до роботи контролера додається диференціал вмикання-вимикання, або "гістерезис". Цей диференціал вимагає, щоб температура перевищила задане значення на певну величину, перш ніж вихід вимкнеться або знову увімкнеться. Диференціал вмикання-вимикання запобігає "брязканню" виходу або швидким, безперервним перемиканням, якщо циклічні коливання вище і нижче заданого значення відбуваються дуже швидко. Диференційоване керування зазвичай використовується там, де не потрібне точне керування, наприклад, у системах, які не можуть впоратися з частими увімкненнями та вимкненнями енергії, де маса системи настільки велика, що температура змінюється дуже повільно, або для температурної сигналізації. Особливим типом регулятора вмикання-вимикання, що використовується для аварійної сигналізації, є граничний регулятор. Цей контролер використовує фіксуюче реле, яке можна скинути вручну, і використовується для вимкнення процесу при досягненні певної температури.

Пропорційне керування - пропорційне керування призначене для усунення циклічності, пов'язаної з увімкненням/вимкненням. Пропорційний регулятор зменшує середню потужність, що подається до ефєктора, коли температура наближається до заданого значення. Це призводить до уповільнення роботи нагрівача/охолоджувача таким чином, що він не перевищує задане значення, а наближається до нього і підтримує стабільну

температуру. Таке пропорціювання можна здійснити, вмикаючи/вимикаючи ефектори на короткі проміжки часу. Таке "пропорціювання за часом" змінює співвідношення часу увімкнення та вимкнення для контролю температури. Пропорційне регулювання відбувається в межах "пропорційного діапазону" навколо заданої температури. За межами цього діапазону регулятор функціонує як вмикач-вимикач, з повністю увімкненим (нижче діапазону) або повністю вимкненим (вище діапазону) виходом. Однак у межах смуги вихід вмикається і вимикається у співвідношенні різниці вимірювання від заданого значення. При заданому значенні (середина пропорційного діапазону) співвідношення увімкнення та вимкнення становить 1:1, тобто час увімкнення та час вимкнення рівні. Якщо температура далі від заданого значення, час увімкнення та вимкнення змінюється пропорційно до різниці температур. Однак, якщо температура нижче заданого значення, вихід буде довше увімкнений; якщо температура занадто висока, вихід буде довше вимкнений .

ППІ-регулятор (пропорційно-інтегрально-похідний регулятор) - третій тип регулятора забезпечує пропорційне з інтегральним та похідним регулюванням, або ППІ. Цей регулятор поєднує пропорційне керування з двома додатковими регулюваннями, що допомагає пристрою автоматично компенсувати зміни в системі. Ці регулювання, інтегральне та похідне, виражаються в одиницях часу; вони також позначаються своїми зворотними значеннями, RESET та RATE, відповідно. Пропорційні, інтегральні та похідні показники повинні бути індивідуально відрегульовані або "налаштовані" для конкретної системи методом проб і помилок. Він забезпечує найбільш точне і стабільне керування з трьох типів регуляторів і найкраще підходить для систем з відносно невеликою масою, які швидко реагують на зміну енергії, що додається до процесу. Він рекомендується в системах, де навантаження часто змінюється, і очікується, що регулятор буде автоматично компенсувати часті зміни заданого значення, кількості доступної енергії або маси, яку потрібно контролювати. Існують і інші контролери, які призначені для

автоматичного самоналаштування. Вони відомі як контролери з автоматичним налаштуванням.

1.6 Важливість системи контролю температури

Важливість системи контролю температури можна згрупувати в три основні групи в цих районах:

1. Економічна важливість - Системи контролю температури є економічно важливими, оскільки вони повинні забезпечити максимальну економію та управління енергопостачанням, що надходить до будинку/офісу/промислового об'єкту. Це досягається завдяки тому, що опалювальні та охолоджувальні прилади працюють лише тоді, коли вони потрібні. Система контролю також гарантує, що рахунки за енергію, які сплачуються компанією або приватною особою, є "ефективними", оскільки вони покривають лише ту енергію, яка була ефективно використана.

2. Мета безпеки - Системи контролю температури врятували життя в багатьох місцях, де вони використовуються. Електричні пожежі були зведені до мінімуму, тому що ці системи управління вимикають опалювальні та охолоджувальні прилади, коли вони не використовуються, таким чином зберігаючи життя і майно.

3. Запобігання марнотратству ресурсів - як у побуті, так і на виробництві, завдяки використанню систем контролю температури вдалося запобігти значному марнотратству корисних ресурсів. Ці системи ефективно контролюють температуру в складських приміщеннях, таким чином зберігаючи товари при температурі, що продовжує їхній термін придатності.

2 АРХІТЕКТУРИ ПОБУДОВИ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

2.1 Аналіз принципів побудови регуляторів температури

Автоматичні регулятори — це апаратні компоненти, які дозволяють системам автоматичного керування підтримувати задане значення регульованого параметра або змінювати його відповідно до набору законів.

За типом регульованого параметра автоматичні регулятори поділяються на регулятори температури, тиску, вологості тощо. Автоматичні регулятори класифікуються як лінійні або нелінійні закони регулювання, залежно від типу зміни регулюючого впливу. Найпоширенішим типом регуляторів, які використовуються в системах управління вентиляцією, є електричні.

Пневматичні та гідравлічні регулятори, як правило, застосовують у вибухо- та пожежонебезпечних зонах.

Регулятор з певною характеристикою W_p вибирають виходячи з параметрів об'єкта регулювання та передбачуваного впливу. Необхідний рівень регулювання досягається тоді, коли зміна W_p достатньо впливає на коефіцієнти диференціального рівняння загальної ланки передачі (регулятор-об'єкт). Ці числа в промислових регуляторах називають параметрами налаштування. Підсилення, зона нечутливості, постійна часу диференціювання, постійна часу інтегрування тощо є параметрами налаштування. Регулятори мають органи налаштування (керування), які дозволяють змінювати параметри налаштування.

Контролери мають додаткові налаштування, окрім основних налаштувань параметрів, які опосередковано змінюють ці коефіцієнти або режими роботи. Ці налаштування включають демпфування вхідного сигналу, регулювання чутливості регулятора тощо.

2.1.1 Пропорційні регулятори

Відображено на рисунку 2.1 узагальнену структурну схему автоматизованої системи управління (САУ) [3].

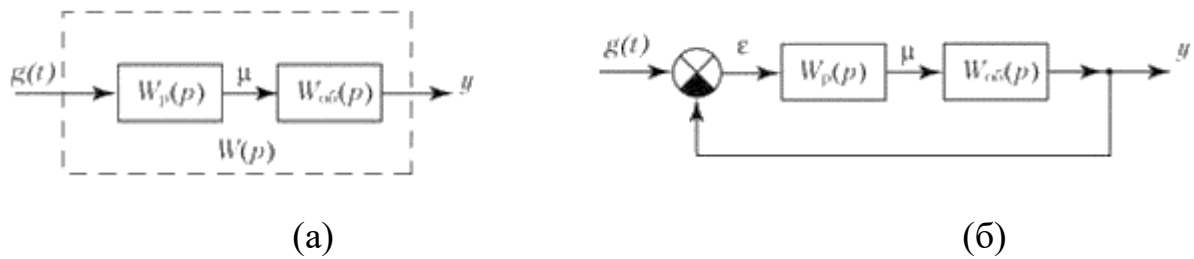


Рисунок 2.1 – Структурна схема САУ: розімкнутої системи (а), замкнутої системи (б) за каналом задавального впливу

Амплітудно-фазова характеристика (АФХ) системи керування, зображеної на рисунку 2.1 (а), зростає відповідно до виразу

$$W(j\omega) = W_p(j\omega) - W_{об}(j\omega), \quad (2.1)$$

де $W_p(j\omega)$ – АФХ регулятора; $W_{об}(j\omega)$ – АФХ об'єкта регулювання.

Описати частотну характеристику регулятора

$$W_p(j\omega) = k_p \quad (2.2)$$

АФХ усієї системи запишеться у вигляді

$$W(j\omega) = k_p - W_{об}(j\omega). \quad (2.3)$$

Отже, при з'єднанні об'єкта регулятора з АФХ (2.2) скін-частота системи АЧХ збільшується на k_p .

Одним із параметрів налаштування цих регуляторів, відомих як пропорційні (Р-регулятори), є коефіцієнт пропускання (k_p).

Вираз описує перехідні процеси в Р-регуляторі

$$\mu = k_p - \varepsilon \quad (2.4)$$

де ε – вхідний вплив на регулятор, що еквівалентно відхиленню регульованої величини від заданої;

μ – об'єкт регулятора, спрямований на ліквідацію відхилення регульованої величини від заданого значення.

Режим регулювання і пропорційний перетин П-регуляторів можна змінювати.

На графіку (рисунок 2.2) видно, що регулювальна характеристика тим крутіша, чим менша пропорційна ділянка. Крива (1) представляє діапазон температур 0–10°C, тоді як крива (2) представляє діапазон 0–4°C.

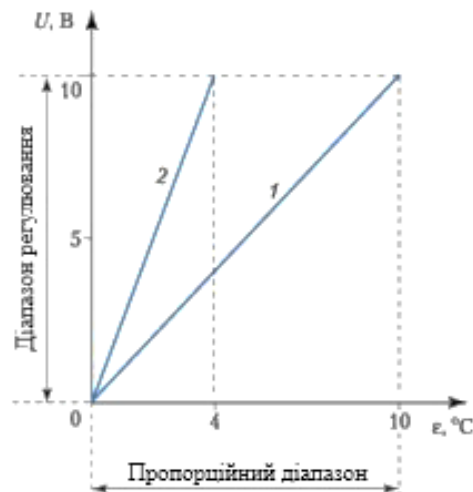


Рисунок 2.2 – Графік пропорційного регулювання

Величина $k_p = \Delta U / \varepsilon$, є коефіцієнт регулювання. У першому випадку $k_p = 1$, а в другому $k_p = 2,5$. Через інерцію системи після стабілізації статична помилка буде завжди існувати. $\Delta_{ст} = T_{зад} - T_{вим}$.

Сигнал на виході пристрою керування матиме вигляд

$$y(t) = U_0 + k_p = \varepsilon \quad (2.5)$$

де U_0 – сигнал на виходу пристрою керування за умови $\varepsilon = 0$.

Статистична похибка зростатиме зі збільшенням діапазону пропорційного регулювання. Тривалість перехідних процесів збільшується при малому значенні пропорційного діапазону, а в певних ситуаціях в контурі регулювання може мати місце автоколивальний (незагасаючий) процес.

Рисунок 2.3 ілюструє додавання виконавчого механізму (М) як ланки в ланцюжку регулювання фактичного регулятора. У даному випадку це електродвигун приводу триходового клапана.

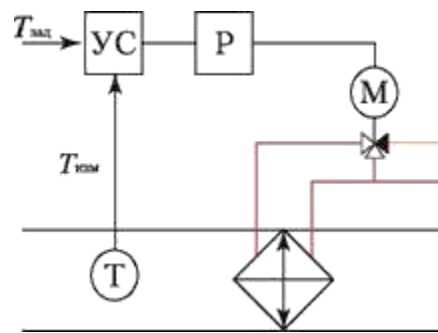


Рисунок 2.3 – Контур регулювання температури припливного повітря в каналі центрального кондиціонера

На рисунку 2.4 (а) представлено структурну схему П-регулятора, а на рисунку 2.4 (б) - закон регулювання, який вона реалізує.

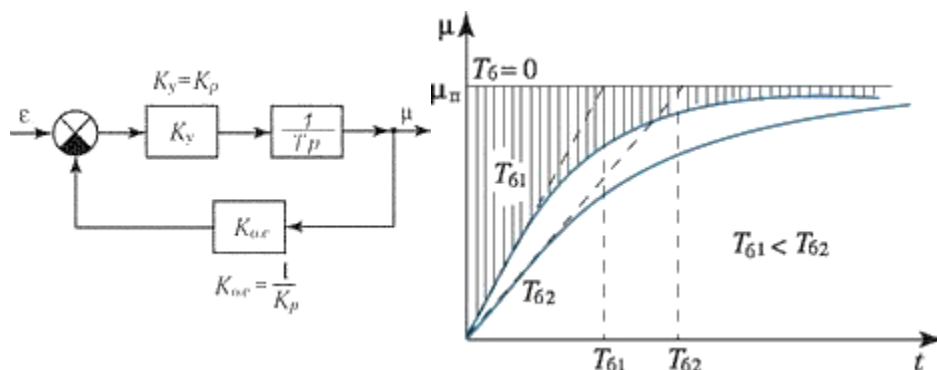


Рисунок 2.4 – Структурна схема П-регулятора (а), закон П-регулювання (б)

Коефіцієнт передачі k_{oc} пристрою зворотного зв'язку є параметром налаштування регулятора. Чим менше k_{oc} , тим більше коефіцієнт пропускання регулятора (k_p). Важливо пам'ятати, що більший k_T відповідає більшій постійній часу баластної ланки та більш спотвореному ідеальному закону Р-регулювання.

2.1.2 Пропорційно-інтегральні регулятори

Якщо на додаток до пропорційної додати інтегральну ланку, статичну похибку, яка виникає при пропорційному регулюванні, можна усунути. Останній створюється безперервним додаванням ϵ протягом попередньо визначеного часу та створенням керуючого сигналу, пропорційного отриманому значенню [4].

Математично цей процес можна пояснити наступною залежністю

$$\mu = k \int_0^t \epsilon dt \quad (2.6)$$

де $k=1/T_u$ - коефіцієнт пропорційності інтегральної складової, а це нормативний параметр налаштування T_u - постійна часу інтегрування..

Регулююче тіло рухатиметься до тих пір, поки ϵ не дорівнюватиме нулю, якщо $k_i \neq 0$. Це пов'язано з тим, що сигнал може досягти будь-якого значення навіть із невеликими відхиленнями від регульованого значення.

Таким чином, час, необхідний для того, щоб сигнал на виході регулятора зрівнявся зі значенням вхідного сигналу, починаючи з моменту надходження постійного сигналу на вхід регулятора, дорівнює постійній часу інтегрування в І-регуляторі.

Рисунок 2.5 (б), ілюструє перехідний процес в І-регуляторі. Однак інтегральний регулятор знижує якість перехідного процесу, усуваючи

статичну похибку. В результаті в реальності використовуються комбіновані ПІ-регулятори.

У цьому випадку застосовують послідовне з'єднання (рисунок 2.6 (б)), а також паралельне з'єднання пропорційної та цільної ланок (рисунок 2.6 (а)).

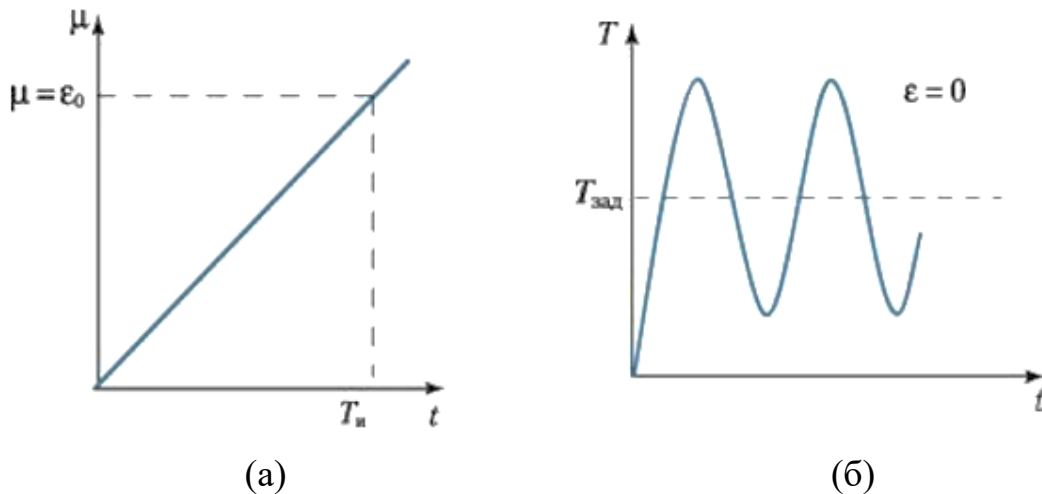


Рисунок 2.5 – Закон регулювання (а) і перехідний процес (б) за інтегрального (І) регулювання

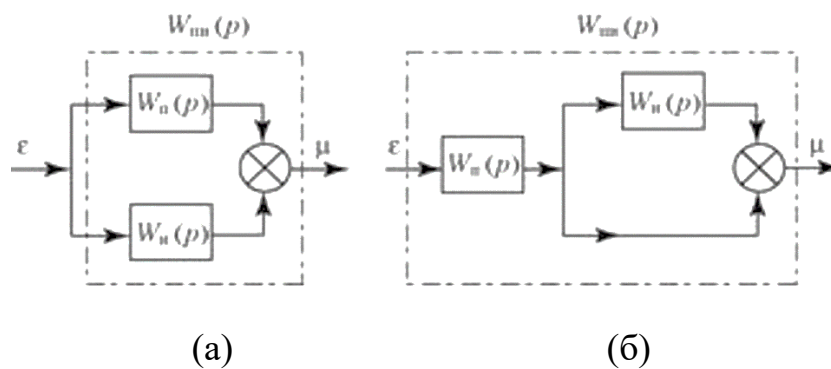


Рисунок 2.6 – Структурна схема ідеальних ПІ- регуляторів з передавальною функцією (2.8) (а); з передавальною функцією (2.10) (б)

На корпус регулятора впливає ПІ-регулятор пропорційно відхиленню та інтегралу відхилення регульованого має значення

$$\mu = k_p \varepsilon + \frac{1}{T} \int_0^{\tau} \varepsilon dt \quad (2.7)$$

Передавальна функція ПІ-регулятора (за схемою, рисунок 2.6 (а))

$$W_{\text{ПІ}}(p) = k_p + \frac{1}{T_p} \quad (2.8)$$

Коли значення ε_0 викликає раптову зміну регульованого значення, ПІ-регулятор переміщує виконавчий механізм у тому ж напрямку зі швидкістю, яка визначається швидкістю приводу на величину $(k_p - \varepsilon_0)$. Далі виконавчий механізм рухається зі швидкістю $\varepsilon / T_{0\text{ш}}$, яка пропорційна відхиленню від регульованого значення. Таким чином, у ПІ-регуляторі інтегральна (астатична) складова регулятора збільшується відразу після відхилення регульованого значення від встановленого значення, запускаючи пропорційну (статичну) складову регулятора.

На рисунку 2.7 (схил 1) зображено перехідну характеристику ПІ-регулятора з передатною функцією (2.8).

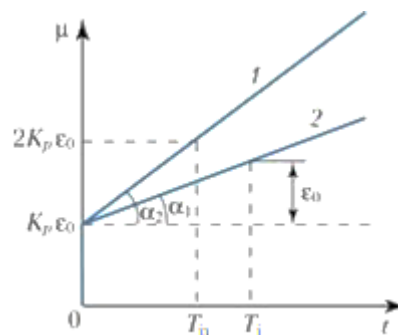


Рисунок 2.7 – Закон ПІ- регулювання регуляторів 1-з передавальною функцією (2.8), 2-з передавальною функцією (2.10)

Параметрами налаштування є постійна часу інтегрування T_i та незалежні коефіцієнти посилення k_p . Закон регулювання реалізується схемою на рисунку 2.6 (б) виглядає

$$\mu = k_p \left(\varepsilon + \frac{1}{T_{i3}} \int_0^t \varepsilon dt \right) \quad (2.9)$$

де $T_{із}$ - постійний час ізодрому.

Передавальна функція ПІ-регулятора за схемою рисунку 2.7 (б)

$$W_{ПІ}(p) = k_p \frac{T_{із} \cdot p + 1}{T_{із} \cdot p} \quad (2.10)$$

В результаті в ПІ-регуляторі зі структурною схемою, наведеною на рисунку 2.6 (б), є зв'язані параметри для налаштування статичної та астатичної частин за коефіцієнтом k_p . У результаті зміна коефіцієнта посилення k_p також змінить постійну часу інтегрування

$$T_i = \frac{T_{із}}{k_p} \quad (2.11)$$

Розглянемо фізичну інтерпретацію постійного часу ізодроми $T_{іса}$. Припустимо, що на вхід регулятора надходить постійний сигнал ε_0 . Тоді вираз (2.9) змінюється на

$$\mu = k_p \cdot \varepsilon_0 (1 + t/T) \quad (2.12)$$

На рисунку 2.8 зображено перехідний процес під час регулювання ПІ.

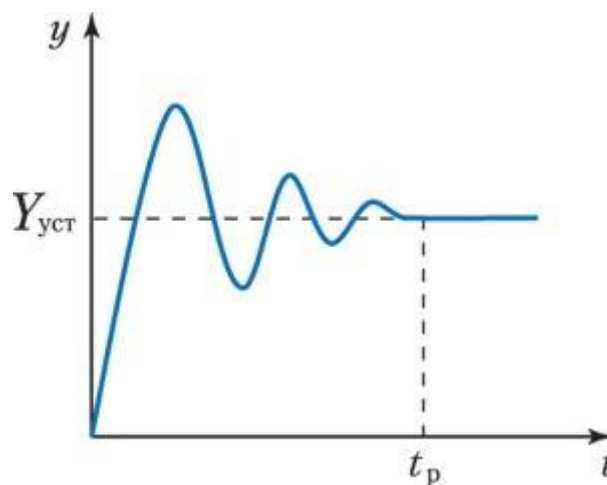


Рисунок 2.8 – Перехідний процес при пропорційно-інтегральному (ПІ) регулюванні

Пропорційна складова регулятора включається в перший момент, коли на його вхід надходить сигнал ε_0 , а на виході регулятора з'являється сигнал $\mu = k_p \varepsilon_0$. Вони намагаються надалі лінійно збільшувати вихідний сигнал інтегральної складової за законом (2.12) і при $t = T_{із}$ досягають значення

$$\mu = 2k_{2p} \cdot \varepsilon_0 \quad (2.13)$$

Отже, $T_{із}$ – це проміжок часу від початку дії інтегрального (астатичного) компонента регулятора до введення пропорційного (статичного) компонента регулятора.

На рисунку 2.9 наведено варіанти структурних схем ПІ-регулятора.

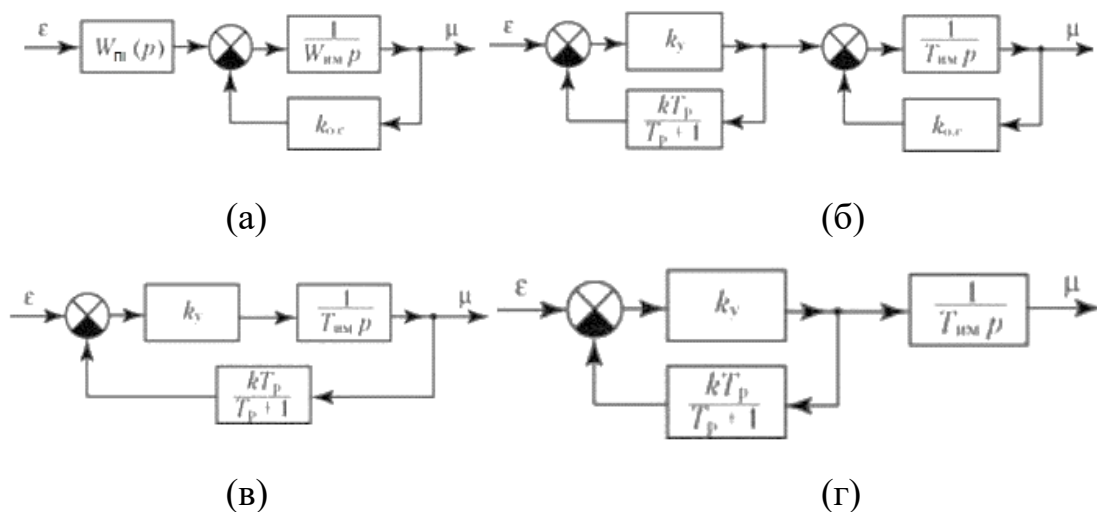


Рисунок 2.9 – Структурні схеми промислових ПІ-регуляторів

2.1.3 Пропорційно-інтегрально-диференціальні (ПІД) регулятори

П- і ПІ-регулятори не можуть попередити про очікуване відхилення регульованого значення, реагуючи лише на вже наявне відхилення. Необхідний регулятор, який би виробляв додатковий регулюючий вплив, пропорційний швидкості відхилення регульованої величини від заданої [5]

$$\mu = T \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (2.14)$$

Диференціальні та ПД-регулятори використовують цей тип регулюючої сили. ПД-регулятори впливають на об'єкт пропорційно швидкості зміни регульованого значення, інтегралу відхилення ε від регульованого значення та самому відхиленню

$$\mu = k_p \cdot \varepsilon + \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon dt + T_d \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (2.15)$$

Можливості вказують на повсюдне використання ПД-регуляторів. Використовуючи їх, ви можете отримати будь-який нормативний закон. На рисунку 2.10 зображено структурну схему і закон регулювання ідеального ПД-регулятора.

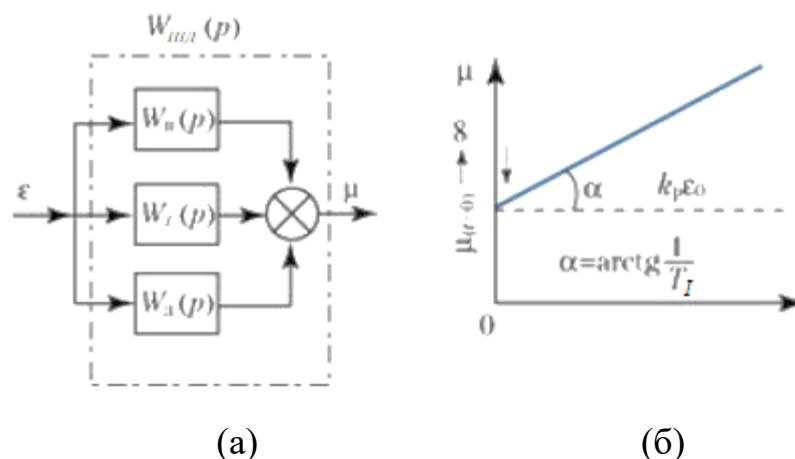


Рисунок 2.10 – Структурна схема ПД-регулятора (а) і закон ПД-зміни (б)

Коли відбувається раптова зміна регульованого значення, ПД-регулятор спочатку впливає на регулювання об'єкта нескінченно великим миттєвим чином. Пізніше значення впливу різко знижується до менш пропорційного значення, після чого починає впливати компонент інтегрального регулятора. Водночас варіацій в амплітуді або тривалості перехідного процесу небагато (рисунок 2.11).

Параметри, які складають налаштування ПД-регулятора, це постійна часу диференціювання T_d , постійна часу інтегрування T_i та коефіцієнти пропорційності регулятора k_p .

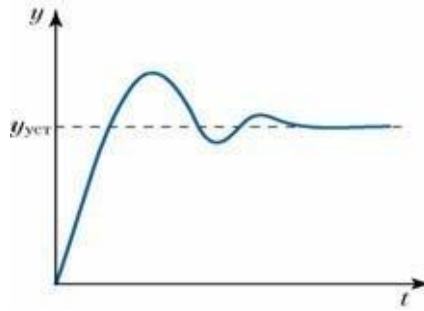


Рисунок 2.11 – Перехідний процес під час ПІД-регулювання

2.1.4 Автоматичне регулювання на основі нечіткої логіки

Для управління системами кондиціонування останнім часом активно розробляється абсолютно новий набір нормативних документів, відомий як «нейротехнології та нечітка логіка» (Neuro&Fuzzy logic).

Нова форма технології контролю, яка називається нейротехнологією, використовує нейронну систему як модель.

Використовуючи параметри PMV (передбачуваний середній голос), ця методика оцінює рівень комфорту людини в певному середовищі на основі індексів дискомфорту D_n .

Після вимірювання кімнатної температури система самостійно вибирає режим роботи. Рішення ґрунтується на практичному аналізі з використанням типових уподобань користувачів системи як керівництва. Значення D_n являють собою суми кількох змінних, значення яких залежать від комфорту людини: температура, вологість, інтенсивність повітряного потоку, тип одягу (зима/літо) тощо [6].

Ми надамо ілюстрацію того, як вологість впливає на добробут людини.

Відчуття тепла або прохолоди залежить як від температури повітря, так і від вологості. 26°C з вологістю 50–60% вважається комфортною влітку, тоді як 22°C вважається комфортною взимку. При вологості 50% комфортною буде навіть 29°C ; однак, якщо вологість становить 70%, температура буде здаватися високою і створюватиме відчуття «пара». Для оцінки спільного

впливу температури та вологості на сприйняття дискомфорту представлено індекс

$$D_n = 0.71(t_c + t_b) + 40.6 \quad (2.16)$$

де t_c - температура сухого термометра; t_b - температура вологого термометра.

У таблиці 2.1 наведено ступені дискомфорту.

Таблиця 2.1 – Таблиця ступеня дискомфорту

Індекс дискомфорту D_n	Ступінь дискомфорту
70 або менше	Комфортно
70-75	Деякі люди почуваються некомфортно
75-80	50% людей почуваються некомфортно
80-85	Усі почуваються некомфортно
86 і більше	Нестерпний дискомфорт

Ця стратегія ідеально підходить до системи обробки логічної інформації "нечіткої логіки", яка використовується в контролерах нечіткої логіки (FLR). При обробці надзвичайно складних процесів, нелінійних процесів високого порядку та експертних (лінгвістично сформульованих) даних нечітка логіка має переваги перед ПД-регуляторами.

Для функціонування нечіткої логіки використовуються лінгвістичні концепції замість цифрових. Нижче наведено основні ідеї нечіткої логіки:

Фазифікація — це процес перетворення набору значень аргументу (x) у функцію, яка належить до $M(x)$, або переведення значень (x) у нечіткий формат; Протилежність фазифікації називається дефазифікацією.

Нижче наведено основну ідею роботи систем нечіткої логіки: дані вимірювань перетворюються в нечіткий формат, обробляються та дефазуються перед тим, як надсилаються як звичайні сигнали виконавчим пристроям.

Давайте розглянемо ідею [7] використання нечіткої логіки для регулювання охолоджувальної потужності кондиціонера. Різниця між температурою в кімнаті та бажаною температурою (установленою температурою) визначає ефективність охолодження, яку повинен забезпечити кондиціонер. Ця змінна має лінгвістичні значення «маленький», «середній» і «великий» і може бути виражена як «різниця температур». Природно, холодопродуктивність повинна збільшуватися з поточною різницею температур. «Швидкість зміни температури» в кімнаті буде другою лінгвістичною змінною, і вона також матиме лінгвістичні значення «мала», «середня» і «велика». Велика потужність охолодження необхідна, якщо швидкість зміни температури висока. Як швидкість зміни кімнатної температури, так і охолоджувальна здатність кондиціонера зменшуватимуться, коли температура наблизатиметься до бажаного рівня.

Вихідна змінна, режим роботи, має такі мітки: дуже малий, малий, середній, великий і дуже великий. Таблиця 2.2 нечітких правил містить залежність вхід-вихід.

Таблиця 2.2 – Залежність режиму роботи від різниці температур і швидкості її зміни

Швидкість зміни температури	Різниця температур		
	невелика	середня	велика
невелика	дуже мала	невелика	середня
середня	невелика	середня	велика
велика	середня	велика	дуже велика

Кожен запис відповідає певному нечіткому правилу. Наприклад, якщо існує середня різниця температур і висока швидкість зміни, потужність охолодження має бути високою.

Нижче наведено теорію, яка лежить в основі роботи кондиціонера з нечіткою логікою: сигнали датчиків фазуються, обробляються та

дефазуються. Регулятор частоти двигуна компресора отримує отримані дані у вигляді сигналів, і саме він визначає частоту обертання двигуна компресора і, як наслідок, його продуктивність, виходячи зі значення функції приналежності.

Спочатку буде створено дві функції членства. У першому сценарії аргумент базується на різниці температур (Δt), як показано на рисунку 2.12, а в другому – на швидкості зміни температури (V_t), як показано на рисунку 2.13. Для першої функції діапазон температур — від 0 до 30 К, а для другого — від 0 до 0,3 К/хв.

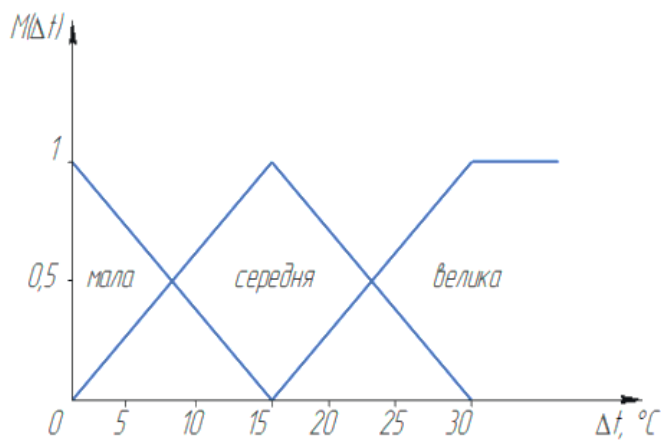


Рисунок 2.12 – Функція належності для лінгвістичного аргументу «різниця температур»

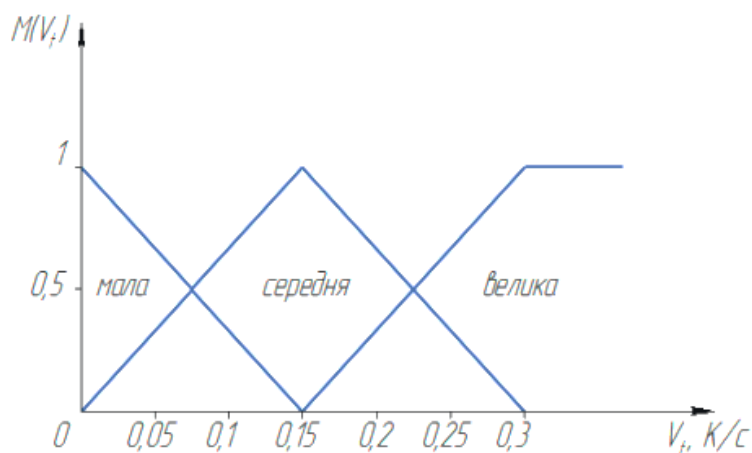


Рисунок 2.13 – Функція належності для лінгвістичного аргументу «швидкість зміни температури»

Результат спільного впливу двох функцій приналежності на значення вихідного параметра «ефективність охолодження» управляється відповідною програмою, вбудованою в логічний пристрій. Оскільки частота обертання компресора впливає на потужність охолодження, результуючу залежність функції належності можна побудувати наступним чином.

$$M_{\Sigma} = f[M(\Delta t), M(V_t)] \quad (2.17)$$

де M_{Σ} використовуюча частота обертання компресора, можна використати наступні значення (рисунок 2.14), щоб виразити швидкість обертання компресора з рангом 1,0: 37 Гц є малим; 62 Гц – середнє; 87 Гц є великим; і 115 Гц дуже висока.

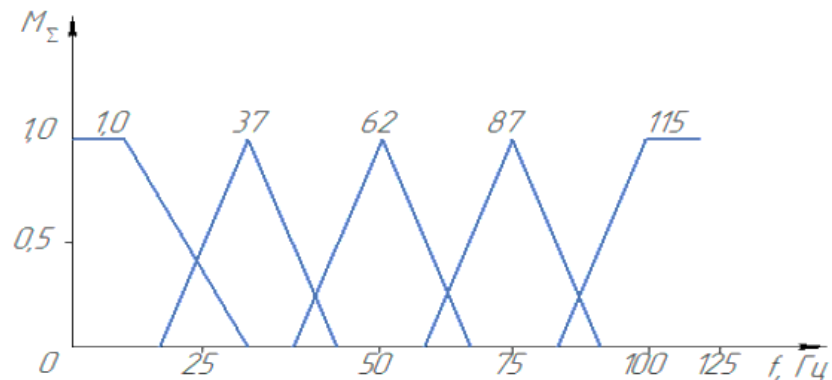


Рисунок 2.14 – Залежність параметра "частота обертання компресора" від значення сумарної функції належності

Таким чином, після дефазифікації та виявлення лінгвістичним методом сумарної функції приналежності можна отримати чітке значення початкового параметра — частоти обертання компресора або потужності охолодження.

Блок фазифікації, база знань, логічний пристрій і блок дефазифікації є частинами мікроконтролера, який реалізує нечітку логіку (рисунок 2.15).

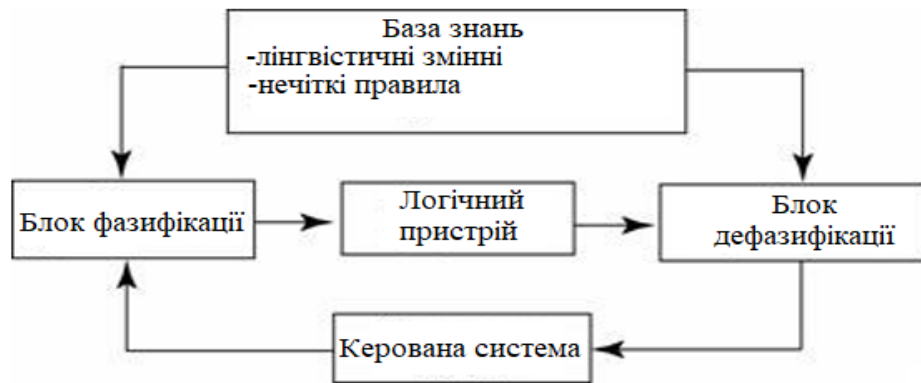


Рисунок 2.15 – Блок-схема мікроконтролера, що реалізує нечітку логіку

Завдяки використанню лінгвістичних змінних блок фазифікації перетворює чіткі значення, виміряні на виході об'єкта керування, у нечіткі значення. Логічний пристрій перетворює нечіткі входні дані в нечіткі ефекти керування за допомогою нечітких умовних правил, вбудованих у базу даних. Вихід нечітких даних блоку прийняття рішень перетворюється на чітке значення, яке використовується для керування об'єктом блоком дефазифікації.

Система керування «FuzzyLogic» безперервно змінює встановлену температуру відповідно до фактичних рівнів температури та вологості в приміщенні [8].

Навіть порівняно з ПДД-регуляторами коливання температури зменшуються (рисунок 2.16).

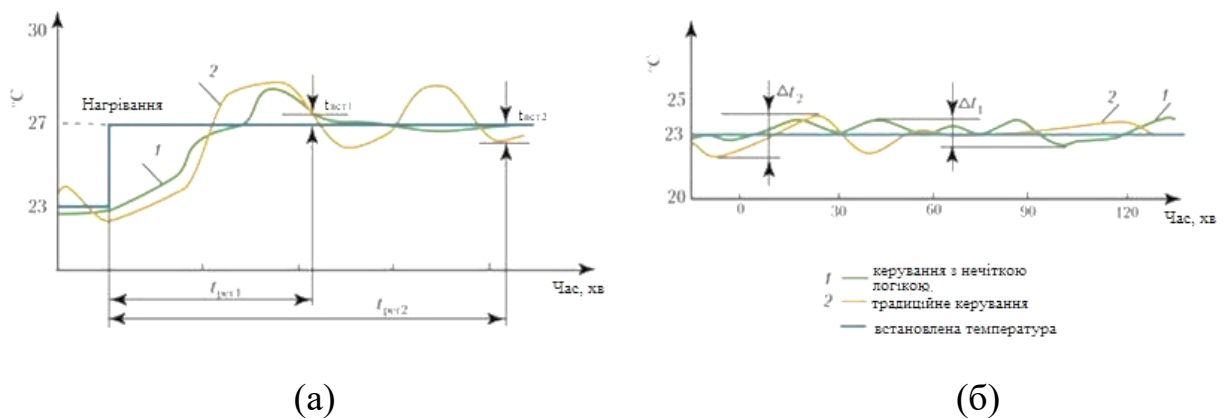


Рисунок 2.16 – Графіки зміни температури в приміщенні крива розгону (а);
зміна температури в приміщенні (б)

Споживання енергії зменшується, оскільки температура в приміщенні підтримується на найнижчому допустимому рівні. Отже, контролер нечіткої логіки управління кондиціонером пропонує:

- Регулювання температури відповідно до гігієнічних норм (відсутність різких перепадів температури, збереження допустимої швидкості повітряного потоку тощо);
- творча здатність до охолодження;
- вибір режиму роботи та температури в залежності від вологості та температури приміщення;
- вибір ідеального (комфортного) розподілу та інтенсивності повітряного потоку;
- мінімальний час переходу в призначений режим;
- зниження споживання електроенергії на 20–40%.

2.2 Порівняльний аналіз методів вимірювання температури

По-перше, точні вимірювання поточної температури повітря і температури теплоносія після нагріву радіатора необхідні для нормальної роботи автоматичної електронної системи контролю і контролю мікроклімату в приміщенні з мінімізацією похибок регулювання. Це дозволяє ефективно використовувати потужність обігрівача. Після вивчення того, як методи використовуються в промисловості, засоби вимірювання (регулювання) температури були обрані як необхідний крок у процесі вибору цього методу вимірювання.

Існує два види техніки вимірювання температури: контактна і безконтактна.

Для вимірювання температури використовують прилади, які використовують різні термометричні властивості рідин, газів і твердих речовин. Численні пристрої служать для спеціальних цілей у промисловості та наукових дослідженнях із сотнями варіацій.

У таблиці 2.3 наведено найбільш широко використовувані термометри разом із діапазоном корисних застосувань, для яких вони можуть бути використані.

Аналіз таблиці 2.3 показує, що перші шість пристроїв працюють у середовищі вимірювання температури шляхом передачі тепла від об'єкта вимірювання до чутливого елемента первинного перетворювача, що призводить до теплопровідності та конвекції [9].

Таблиця 2.3 – Найпоширеніші пристрої для вимірювання температури та практичні межі їх застосування

Термометрична властивість	Найменування пристрою	Межі тривалого застосування, 0 С	
		Нижній	Верхній
Теплове розширення	1. Рідинні скляні рідинні термометри	-190	600
Зміна тиску	2. Манометричний іе термометри	-160	60
Зміна електричного опору	3. Електричні термометри опору.	-200	500
	4. Напівпровідникові термометри опору	-90	180
Термоелектричні ефекти	5. Термоелектричні термометри (термопари)	-50	1600
	6. Термоелектричні термометри (термопари) спеціальні	1300	2500
Теплове випромінювання	7. Оптичні пірометри.	700	6000
	8. Радіаційні пірометри.	20	3000
	9. Фотоелектричні кие пірометри.	600	4000
	10. Кольорові пірометри	1400	2800

Це контактний спосіб вимірювання температури. Решта пристроїв функціонують, випромінюючи теплове випромінювання на основі характеристик тіл, які мають температуру вище абсолютного нуля. Це

безконтактний метод вимірювання температури тіла, і він визначається енергією температури тіла.

На вибір методу вимірювання впливають діапазон вимірюваних температур, агресивність середовища, механічні навантаження на первинний перетворювач, динамічні властивості досліджуваного процесу, необхідна чутливість і точність вимірювання. Вибір методу є складним, оскільки ці фактори часто суперечать один одному. В першу чергу все зводиться до необхідної точності і діапазону вимірюваних температур.

Пірометри - це термометри, робота яких заснована на вимірюванні теплового випромінювання. Вони дозволяють контролювати температуру від $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище. Оскільки в процесі вимірювання два прилади не стикаються один з одним, однією з головних переваг є відсутність впливу лічильника на температурне поле нагрітого тіла.

2.2.1 Пірометри

Пірометр, який використовує зміну енергії нагрітих тіл, є одним із основних інструментів, що використовуються для оцінки вимірювань безконтактним способом. Пірометр — це термометр, який вимірює температуру, використовуючи енергію випромінювання, що випускається нагрітими тілами [10].

На основі законів випромінювання розроблені такі види пірометрів:

- Пірометр загального випромінювання (PSV): цей прилад вимірює енергію загального випромінювання;
- частковий радіаційний пірометр (PPR), який вимірює енергію в спектрі в межах обмеженого діапазону фільтра (або приймача);
- Пірометри спектрального відношення (SRP): ці пристрої вимірюють співвідношення енергії в певних областях спектру.
- Пірометри для часткового випромінювання: До цього типу пірометрів, що вимірюють яскравісну температуру об'єкта, відносяться

монохроматичні оптичні пірометри і фотоелектричні пірометри, що вимірюють енергію потоку у вузькому діапазоні довжин хвиль.

Оптичні пірометри:

В основі роботи оптичних пірометрів лежить залежність щільності потоку монохроматичного випромінювання від температури.

Діапазон температур, який можна виміряти за допомогою цього виду пірометра, становить від 700°C до 8000°C . Основна допустима похибка вимірювань промислових оптичних пірометрів, що працюють в діапазоні температур $1200\text{--}2000^{\circ}\text{C}$, становить $20\pm^{\circ}\text{C}$. На точність вимірювання впливають спектральна ступінь невизначеності та мінливості чорноти, потенційні зміни інтенсивності випромінювання, спричинені ослабленням проміжного середовища, і стороннє відбиття променів.

Фотоелектричні пірометри:

Вимірювання та запис температури безперервно автоматизовані за допомогою фотоелектричних частково-емісійних пірометрів. Принцип їх роботи заснований на використанні залежної від температури інтенсивності випромінювання в певному діапазоні довжин хвиль спектру. У цих приладах як приймачі використовуються фотодіоди, фоторезистори, фотоелементи та фотопомножувачі [11].

Існує дві категорії фотоелектричних пірометрів для часткового випромінювання:

- пірометри, які використовують фотострум приймача випромінювання для безпосереднього визначення температури об'єкта;
- пірометри з постійним джерелом випромінювання всередині, де фоторецептор діє лише як вимірювач відносної яскравості об'єкта та джерела.

Киснево-цезієвий фотоелемент використовується в фотоелектричних пірометрах з межами вимірювань від 500°C до 1100°C , а вакуумний стибієво-цезієвий елемент використовується в приладах зі шкалою $800\text{--}4000^{\circ}\text{C}$. При підключенні останнього до червоного світлофільтра отримується ефективна довжина хвилі пірометра $0,65\text{--}0,01$ мкм, що ідеально

відповідає показанням оптичного пірометра видимого діапазону та фотоелектричного пірометра.

Пірометри спектрального відношення:

Ці пірометри розраховують колірну температуру об'єкта шляхом розподілу загальної інтенсивності випромінювання на дві окремі області спектру, кожна зі своєю ефективною довжиною хвилі. PSO з класом точності 1 або 1,5 використовуються для вимірювання температури твердого та розплавленого металу в широкому діапазоні температур від 300 °С до 2200 °С, залежно від межі вимірювання. Методологічна похибка, пов'язана з варіацією ступеня чорного випромінювача в цих пірометрах, в три-п'ять разів менша. Поглинання проміжного середовища має набагато менший вплив на їх показання. Тим не менш, похибка PSO може перевищувати похибку інших видів радіаційних пірометрів у ситуаціях, коли об'єкт демонструє вибіркоче випромінювання, яке визначається як різка хвилеподібна зміна температури на одному градусі чорноти. У порівнянні з іншими пристроями PSO менш надійні та складніші.

Пірометри сумарного випромінювання:

З цієї причини пірометри загального випромінювання часто називають радіаційними термометрами, оскільки вони вимірюють радіаційну температуру тіла. Основою для роботи цих датчиків температури є закон Стефана-Больцмана. Проте при використанні оптичних систем для розрахунку PSI температура встановлюється за щільністю інтегрального випромінювання, яка значно менша і присутня не у всіх діапазонах довжин хвиль: робочий спектральний діапазон для скла становить 0,42,5 мкм, а для плавленого кварцу це 0,44 мкм.

Об'єктив телескопа, який служить датчиком пірометра, призначений для фокусування на термочутливому приймачі, який виявляє випромінювання від нагрітого тіла. Як термочутливий елемент використовують термопари, біметалічні спіралі, болометри (металеві та напівпровідникові) тощо.

Діапазон температур, який вимірює PSI, становить від $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $3500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Основна допустима похибка технічних промислових пірометрів зростає з підвищенням верхньої межі вимірювання температури. Для температур $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$ межа вимірювання становить $12\pm^{\circ}\text{C}$, $20\pm^{\circ}\text{C}$ і $35\pm^{\circ}\text{C}$ відповідно.

Однак, оскільки зафіксовані температури негативні, можна зробити висновок, що безконтактний підхід не підходить для наших потреб.

У контактному методі використовується первинний перетворювач, який розміщується безпосередньо в середовищі, температура якого вимірюється, вихідний інформаційний параметр якого залежить від температури його чутливого елемента. Теплопровідність і конвекція переносять тепло від об'єкта вимірювання до чутливого елемента первинного перетворювача.

Далі ми поговоримо про контактні вимірювачі температури.

2.2.2 Рідинні скляні термометри рідинні

Термометри з рідкого скла, найдавніші термометри, вимірюють температуру за допомогою термометричної властивості теплового розширення тіл. В основі роботи термометра лежить різниця в коефіцієнтах теплового розширення термометричного речовини і оболонки, в якій воно міститься — термометричного скла або рідше кварцу.

Резервний резервуар, капілярна трубка і скляний циліндр складають рідинний термометр. Балон і частина капілярної трубки заповнені термометричним матеріалом. Інертний газ або вакуум можуть бути присутніми в порожньому просторі резервного бака та капілярної трубки. Якщо термометр надмірно нагрівається, можна уникнути пошкодження приладу, використовуючи запасний резервуар або частину капілярної трубки, яка виходить за верхню поділку шкали [12].

Як термометричний матеріал використовується хімічно чиста ртуть. Він недостатній у широкому діапазоні температур і не змочує скло. У скляних термометрах, крім ртуті, в якості термометричних матеріалів використовуються різні рідини, переважно органічної природи. Як ілюстрацію розглянемо наступне: газ, пентан, толуол, галій і майже гамма-талій.

Навіть для термометрів масового виробництва основними перевагами скляних рідинних термометрів є простота використання та відносно висока точність вимірювання. Скляні термометри мають ряд недоліків, таких як погана видимість шкали (за відсутності спеціальних збільшувальних стекол), неможливість перенесення індикації на віддалене місце, автоматичного відображення запису або ремонту.

2.2.3 Манометричні термометри

Як термометричний матеріал використовується хімічно чиста ртуть. Він недостатній у широкому діапазоні температур і не змочує скло. У скляних термометрах, крім ртуті, в якості термометричних матеріалів використовуються різні рідини, переважно органічної природи. Як ілюстрацію розглянемо наступне: газ, пентан, толуол, галій і майже гамма-талій.

Навіть для термометрів масового виробництва основними перевагами скляних рідинних термометрів є простота використання та відносно висока точність вимірювання. Скляні термометри мають ряд недоліків, таких як погана видимість шкали (за відсутності спеціальних збільшувальних стекол), неможливість перенесення індикації на віддалене місце, автоматичного відображення запису або ремонту.

На теплових електростанціях манометричні термометри використовуються нечасто. Найчастіше вони використовуються в промисловій теплоенергетиці, особливо там, де правила вибухо- чи пожежної

безпеки забороняють використання електричних методів дистанційного вимірювання температури.

Покази манометричних термометрів перевіряються за допомогою тих самих методів і інструментів, що й скляні рідини.

2.2.4 Термоелектричні термометри

У металургії в даний час найбільш поширеними приладами для вимірювання температури є термоелектричні термометри, що працюють в діапазоні температур від $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище. Такого роду інструменти відрізняються винятковою точністю і надійністю, а також можливістю застосування в автоматизованих системах керування та регулювання параметрів, які суттєво впливають на напрям технологічного прогресу металургійних підприємств [13].

Виникнення розрізнення ЕРС в провіднику з різною температурою на кінці є основною ідеєю термоелектричного методу. Для вимірювання ЕРС результуюча ЕРС порівнюється з ЕРС іншого провідника, який утворює з першим термоелектричну пару в колі, по якому буде протікати струм. У колі з двома різними провідниками, А і В, обидва однакової довжини, результуюча термо ЕРС дорівнює

$$E_{AB}(t_2, t_1) = e_{AB}(t_2) + (-)e_{AB}(t_1) \quad (2.18)$$

де i - по відношенню до температур t_2 і t_1 , мВ – різниці потенціалів провідників $e_{AB}(t_2)e_{AB}(t_1)$ А і В.

Довжина, діаметр, теплопровідність і питомий електричний опір термоелектродів не впливають на термоЕРС цієї пари; замість цього він залежить виключно від температур t_1 і t_2 .

2.2.5 Сенсорні мікросхеми

Існує велика кількість різноманітних сенсорних мікросхем температури, які спрощують вирішення найрізноманітніших завдань моніторингу температури. Ці кремнієві датчики температури суттєво відрізняються від вищезгаданих типів за кількома важливими параметрами. По-перше, це діапазон робочих температур. Мікросхема датчика температури може працювати в номінальному температурному діапазоні від -55°C до $+150^{\circ}\text{C}$. Другою важливою відмінністю є функціональність [14].

Кремнієвий датчик температури є інтегральною схемою, і тому може включати в себе велику схему обробки сигналу в тому ж корпусі, що і сам датчик. Немає необхідності додавати компенсаційні схеми для ICS датчика температури. Деякі з них є аналоговими схемами з виходом напруги або струму. Інші поєднують аналогові схеми з компараторами напруги для забезпечення функцій оповіщення. Треті поєднують аналогові схеми з цифровими входами/виходами та регістрами керування, що робить їх ідеальним рішенням для мікропроцесорних систем.

Цифровий датчик зазвичай містить датчик температури, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), двопровідний цифровий інтерфейс і регістри для керування роботою мікросхеми. Температура вимірюється безперервно і може бути прочитана в будь-який час. За бажанням, головний процесор може доручити датчику контролювати температуру і замикати (або розмикати) вихідний вивід, якщо температура перевищує запрограмовану межу. Можна також запрограмувати нижній поріг температури і сповістити хост, коли температура опуститься нижче цього порогу. Таким чином, цифровий вихідний датчик можна використовувати для надійного моніторингу температури в мікропроцесорних системах.

Вищевказаний датчик температури має три клеми і вимагає живлення максимум $5,5\text{ В}$. Цей тип датчика складається з матеріалу, який змінює свій опір залежно від температури. Ця зміна опору сприймається схемою, і вона

Це передбачає, що температура навколишнього повітря приблизно така ж, як і температура поверхні; якби температура повітря була набагато вищою або нижчою за температуру поверхні, фактична температура матриці LM35 була б проміжною між температурою поверхні і температурою повітря.

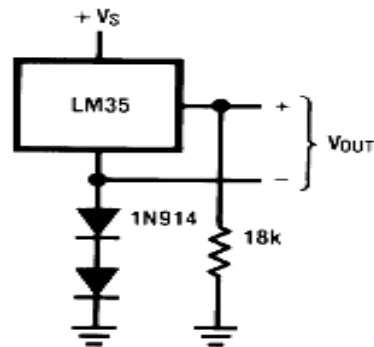


Рисунок 2.18 – Спосіб підключення LM35

Датчики температури широко застосовуються в екологічному та технологічному контролі, а також у тестуванні, вимірюванні та зв'язку. Цифровий датчик температури - це датчик, який забезпечує 9-розрядні показники температури. Цифрові датчики температури забезпечують чудову точність, вони призначені для зчитування в діапазоні від 0°C до 70°C і можуть досягати точності $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Ці датчики повністю узгоджуються з цифровими показниками температури в градусах Цельсія.

Цифрові датчики температури: Цифрові датчики температури усувають необхідність в додаткових компонентах, таких як АЦП, і немає необхідності калібрувати компоненти або систему за певними еталонними температурами, як це потрібно при використанні термісторів. Цифрові датчики температури вирішують всі завдання, спрощуючи основну функцію моніторингу температури системи.

Основна перевага цифрового датчика температури полягає в точності його вихідних даних у градусах Цельсія. Вихід датчика - це збалансоване цифрове значення. Для цього не потрібні інші компоненти, такі як аналого-цифровий перетворювач, і він набагато простіший у використанні, ніж

простий терморезистор, який забезпечує нелінійний опір при зміні температури.

Прикладом цифрового датчика температури є DS1621 (рисунок 2.19), який забезпечує 9-бітне зчитування температури. Один зі способів підключення наведено на рисунку 2.20.

Особливості DS1621: Не потребує зовнішніх компонентів; Вимірюється діапазон температур від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ з інтервалом $0,5^{\circ}$; Видає значення температури у вигляді 9-бітового зчитування; Широкий діапазон живлення (від 2,7 В до 5,5 В); Перетворює температуру в цифрове слово менш ніж за одну секунду; Термостатичні налаштування визначаються користувачем і є енергонезалежними; Це 8-контактний DIP.



Рисунок. 2.19 – Датчик температури DS1621

Опис виводів:

SDA - 2-провідний послідовний ввід/вивід даних.

SCL - 2-провідний послідовний годинник.

GND - заземлення.

TOUT - вихідний сигнал термостата.

A0 - вхід адреси мікросхеми.

A1 - вхід адреси мікросхеми.

A2 - Вхід адреси мікросхеми.

VDD - Напруга живлення.

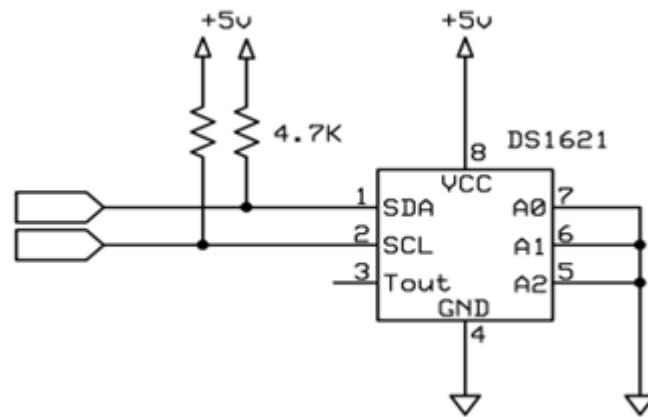


Рисунок 2.20 – Спосіб підключення DS1621

Робота DS1621:

Коли температура пристрою перевищує задану користувачем температуру HIGH, вихід TOUT стає активним. Вихід залишається активним до тих пір, поки температура не опуститься нижче заданої користувачем температури LOW.

Користувацькі налаштування температури зберігаються в енергонезалежній пам'яті, тому їх можна запрограмувати перед встановленням в систему.

Зчитування температури здійснюється в 9-бітному, двійковому доповненні, за допомогою команди READ TEMPERATURE в процесі програмування.

2-провідний послідовний інтерфейс використовується для входу в DS1621 для налаштування температури і виведення показань температури з DS1621.

2.3 Платформи пристроїв для автоматичного регулювання температури повітря

У цьому розділі проаналізовано можливі імплементаційні платформи. Для вибору важливо врахувати сумісність між ними, ціну кожної з них тощо. Для реалізації даної дипломної роботи було враховано використання двох

мікропроцесорів таким чином, щоб один з них використовувався в режимі ведучого, а інший - в режимі веденого. Плати, які були досліджені, наведені нижче.

MBED (рисунок 2.21) - це платформа для швидкого прототипування та експериментів з мікроконтролерами ARM Cortex-M3 та Cortex-M0 ARM 32-bit. Мікроконтролер ARM Cortex-M3 має наступні основні характеристики: Мікроконтролер NXP LPC1768; Висока продуктивність ARM® Cortex™-M3; 96MHz, 32KB RAM, 512KB FLASH; Ethernet, USB хост/пристрій, 2xSPI, 2xI2C, 3xUART, CAN, 6xPWM, 6xADC, E/S загального призначення (GPIO).

У той час як характеристики ARM Cortex -M0 такі: Мікроконтролер NXP LPC1114; ARM® Cortex™-M0 з низьким енергоспоживанням; 48МГц, 8КБ оперативної пам'яті, 32КБ флеш-пам'яті USB, 2xSPI, I2C, UART, 6xADC, E/S загального призначення (GPIO).

В обох випадках компілятор працює в режимі онлайн з новою парадигмою хмарних додатків, відомою як EDI [15]. Він також пропонує бібліотеки для швидкого та гнучкого прототипування на платформі C/C++, крім того, бібліотеки для периферійних пристроїв, які спрощують негайне використання та драйвери аналогових та цифрових входів/виходів, а також послідовних UART, I2C, SPI тощо.

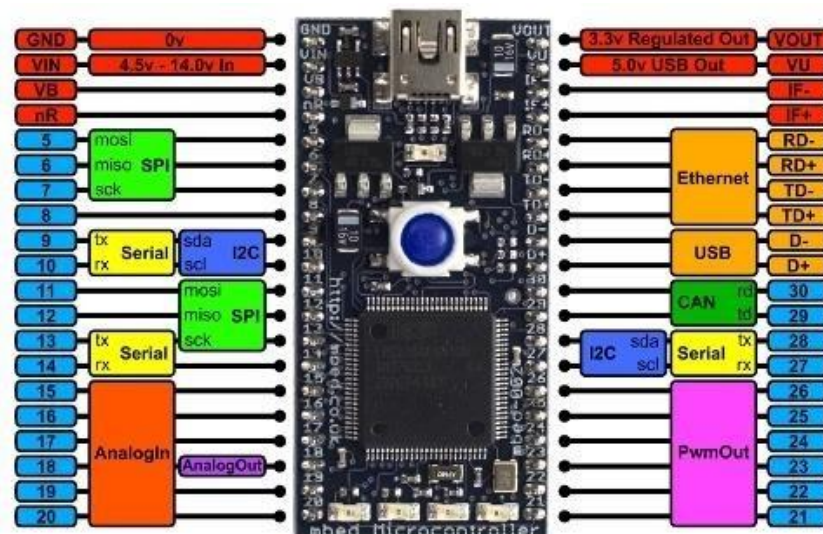


Рисунок 2.21 – Виводи MBED

Наступна платформа MSP430G. Основні особливості мікроконтролера MSP430G полягають у наступному:

Простий у використанні, він включає в себе все обладнання та програмне забезпечення, необхідне для початку роботи. Два запрограмованих мікроконтролера та приклади коду допоможуть користувачам швидко розпочати роботу.

Доступний, LaunchPad включає в себе плату для розробки, 2 мікроконтролери MSP430 з програмованим міні USB кабелем, роз'єми друкованої плати для розширення, зовнішній кристал для точного годинника і програмне інтегроване середовище розробки (IDE) без обмежень, все необхідне для швидкого запуску.

Масштабований, LaunchPad забезпечує просте знайомство з мікроконтролерами сімейства MSP430. Якщо додаток потребує змін, програми, розроблені в LaunchPad, можна перенести на більш складні пристрої MSP430.

На наступному рисунку 2.22, виводи, які мають цей тип плати, це показано.



Рисунок 2.22 – Виводи MSP430G

Arduino Uno - це мікроконтролерна плата на базі мікроконтролера ATmega328. Вона має 14 цифрових входів/виходів, з яких 6 можуть бути використані як ШІМ (широко-імпульсна модуляція), а інші 6 - як аналогові входи. Вона також включає керамічний резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, один ICSP-роз'єм і кнопку скидання. На платі є все необхідне для роботи мікроконтролера, достатньо лише підключити її до комп'ютера за допомогою USB-кабелю або подати електричний струм через трансформатор.

Основні особливості Arduino UNO полягають у наступному: Флеш-пам'ять: 32 КБ (ATmega328); SRAM: 2 КБ (ATmega328); EEPROM: 1 КБ (ATmega328); Тактова частота: 16 МГц.

На наступному рисунку 2.23, виводи, які мають цей тип плати, це показано.

Arduino Uno R3 Pinout

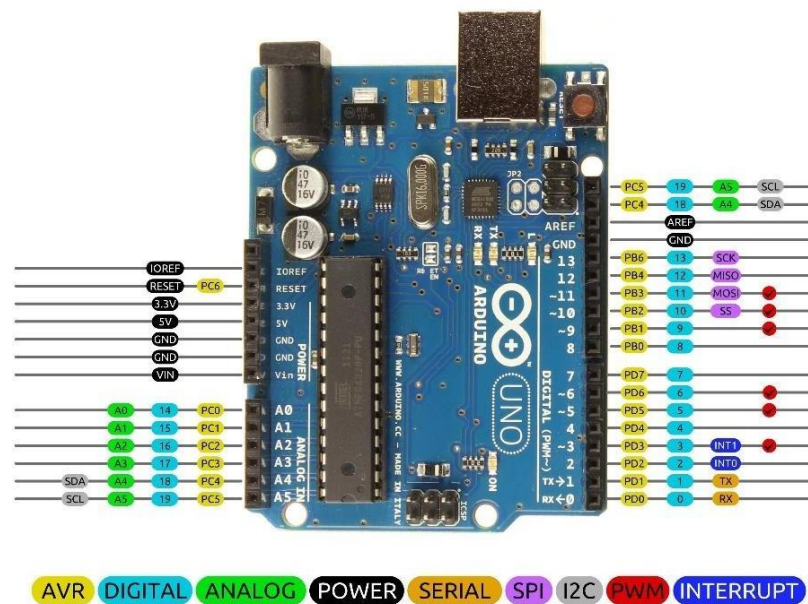


Рисунок 2.23 – Виводи Arduino Uno

Плата Freedom базується на ядрі мікроконтролера Kinetis ARM Cortex-M0+ компанії Freescale, що працює на частоті 48 МГц, має 128 Кб програмної пам'яті та 16 Кб оперативної пам'яті.

Пластина Freescale - це недорога платформа для розробки мікроконтролерів Kinetis L, серій KL1x і KL2x з ядром ARM® Cortex™ -M0+. Плата включає в себе легкий доступ до вводу/виводу мікроконтролера, роботу з низьким енергоспоживанням, стандартний фактор з можливістю розширення плати і включений інтерфейс налагодження для програмування Flash і контролю виконання. Freedom підтримується програмним забезпеченням, розробленим Freescale та іншими компаніями.

Основні особливості Freedom KL25Z такі: 128 KB Flash; 16 KB SRAM; 64 В кеш-пам'яті; Максимальна частота процесора: 48 МГц; Годинник реального часу (RTC); 4 канали DMA; 12 біт АЦП; Аналоговий компаратор (6 входів); Повношвидкісний USB-контролер; Низьке енергоспоживання UART; 2 x UART.

На рисунку 2.24, показані виводи, які мають цей тип плати.

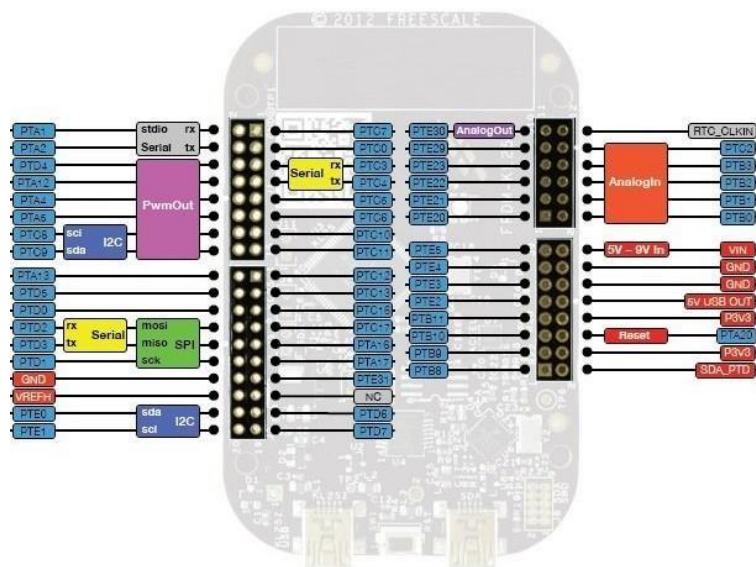


Рисунок 2.24 – Виводи Freedom KL25Z

Огляд домашнього середовища.

Дім - це, як правило, найбільш заселене місце в будь-якому суспільстві. Необхідність підтримувати сприятливий температурний режим в оселі має бути першочерговим завданням у будь-якому суспільстві, яке хоче, щоб його громадяни були щасливими і здоровими. Зони в будинку, де зазвичай

перебувають люди, такі як вітальня і спальні, повинні підтримуватися в межах допустимих температурних діапазонів. Людське тіло має задану температуру близько 37°C. Надмірно високі або низькі температури можуть призвести до пошкодження деяких органів або тканин тіла і, зрештою, до смерті. Ці питання стають більш актуальними в тих частинах будинку, де перебувають немовлята. Дорослі, можливо, можуть впоратися з "тепловим дискомфортом", але немовлята - ні.

Інші зони будинку, які використовуються для зберігання продуктів, що швидко псується, також потребують терморегуляції, щоб запобігти прискореному псуванню таких продуктів. Це робить необхідною систему контролю температури в будинку.

Наприклад, взимку на більшій частині Європи температура атмосфери/навколишнього середовища іноді опускається до -15°C вдень. Така температура означає, що лише деякі рідини можуть існувати за таких умов (включно з біологічними рідинами). Тому система контролю температури необхідна, щоб діяти як "сторожовий пес", щоб переконатися, що такого температурного режиму ніколи не буде, особливо, коли в будинку знаходяться люди.

2.3.1 Автоматичний контроль температури в приміщенні з системою безпеки

Цей проект був виконаний Ахмадом Фарісом Бін Зулкіфлі, студентом Університету Малайзії в травні 2009 року. Метою проекту було впровадження автоматичної системи контролю температури в приміщенні з додатковою системою безпеки для контролю температури в серверних приміщеннях, особливо в тих, які погано вентилуються і не мають охолоджувальних установок. Система автоматичного контролю температури в приміщенні використовує температурні датчики для визначення температури в серверній кімнаті. Коли поточна температура перевищує задану, контролер вмикає систему охолодження, що складається з набору

безщіткових вентиляторів. Ці вентилятори будуть охолоджувати серверну кімнату, поки поточна температура не впаде нижче заданої. Додана система безпеки сприймається як допоміжна система, яка регулює доступ до дверей серверної кімнати, вимагаючи пароль доступу для відкриття дверей. Система побудована на основі датчика температури, розміщеного в серверній кімнаті, який визначає поточну температуру і відображає значення на РК-дисплеї. Мікроконтролер PIC зчитує дані з датчика температури у вигляді вихідної напруги. Система буде працювати в трьох різних режимах в залежності від діапазону температури. Коли поточне значення температури досягає вище бажаного значення, починає працювати вентилятор і вмикається світлодіодний індикатор високої температури. Коли поточна температура досягне бажаного значення, вентилятор припинить роботу, а і засвітиться світлодіодний індикатор температури нормального стану. Вентилятор вимкнеться, а світлодіод холодної температури засвітиться, якщо поточна температура впаде нижче бажаного рівня. Температура в серверній кімнаті та її поточний стан відображаються на світлодіодах, а будь-які зміни, зроблені на РК-дисплеї, завжди відобразатимуть температуру в приміщенні.

Система безпеки діє як функція безпеки дверних замків і вимагає від користувача ввести правильний код доступу або пароль для доступу до серверної кімнати. Якщо введено правильний пароль, двері розблокуються. На жаль, двері залишаються зачиненими і лунає звуковий сигнал, якщо пароль введено неправильно. Система контролю температури та система безпеки функціонують незалежно одна від одної. Тому на роботу однієї системи не впливає збій іншої.

Апаратне забезпечення складається з мікроконтролера PIC, схеми сенсорного входу, схеми драйвера, модуля РК-дисплея, світлодіодів та вихідної схеми. Системна плата була розроблена з використанням Bootstrap-режиму з'єднання через обмеження в розмірі та фінансах.

Мікроконтролер - Microchip PIC18F4550 завдяки простоті використання, вбудованим таймерам і великій кількості цифрових входів і

виходів. В якості датчика температури був використаний датчик LM35DZ. Було обрано алфавітно-цифровий РК- дисплей з 2 рядками по 16 символів. Блок-схему проекту наведена на рисунку 2.25.

2.3.2 Датчик температури AVR LM92 система

У розробці проекту використовувався датчик температури LM92, а основним процесором служив мікроконтролер AVR. З використанням BASCOM скомпільована керуюча програма [16].

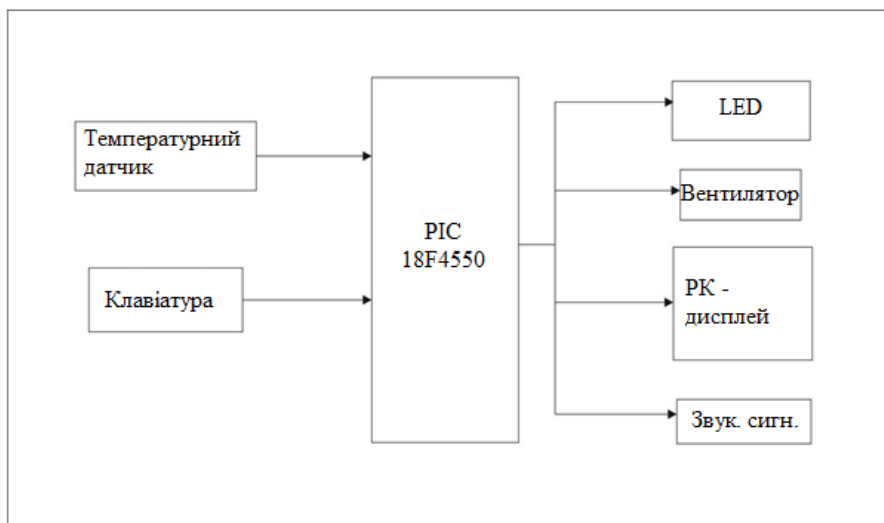


Рисунок 2.25 – Блок-схема автоматичного регулювання температури в приміщенні з системою безпеки

У системі є два основні компоненти: у напівсфері було чотири LM92 датчики температури, які були підключені до крихітної коробки, що містить АТТІNY2313 відповідальний. Після інтерпретації даних від чотирьох датчиків контролер надсилає рядок температури, підключений до блоку відображення поблизу DMX через повільне з'єднання RS232 елементи керування світлом. АТMega32 на дисплеї зчитує рядок температури та показує результат у величезних цифрах на графічному дисплеї 240x128. Крім того, АТMega32 інтерпретує показання потметра для використання в розрахунках поїздки. При температурі що перевищує це значення, дисплей

багаторазово перемикається з нормального на інверсний режим, що є сигналом тривоги.

2.3.3 Система контролю температури з використанням LM35

Використовуючи два датчики температури LM35, Cytron Technologies Limited побудувала комерційну систему контролю температури в січні 2008 року. Серед додаткових частин системи були мікроконтролер PIC16F876A, безщіточні вентилятори постійного струму, світлодіоди, зумер і силовий транзистор BD135. Одним із способів, за якими архітектура цієї системи відрізнялася від попередніх моделей компанії, було те, що PIC використовувався в попередніх поколіннях для роботи зумерів і світлодіодів. Оскільки PIC у цьому проекті не має струму, необхідного для виконання цього завдання, безщіточні вентилятори живляться від силового транзистора NPN (BD135).

Температури двох різних місць вимірюються за допомогою двох датчиків температури LM35. Натиснувши кнопку, керуюча програма мікроконтролера порівнює дані температури з заданою точкою, яка була запрограмована в пристрої. Безщіточні вентилятори постійного струму вмикаються, щоб почати охолоджувати кімнату, і лунають звукові сигнали, коли це задане значення перевищено. Зумери та безщіточні вентилятори постійного струму вимикаються, коли температура повертається до нормального значення. Огляд системи показано на рисунку 2.26.

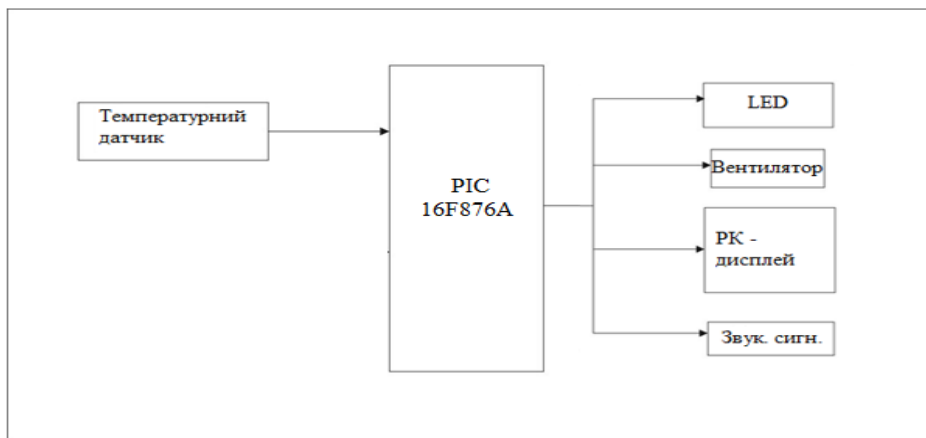


Рисунок 2.26 – Блок-схема системи контролю температури з використанням LM35

Керуюча програма була написана на мові С. Блок-схема керуючої програми наведена на рисунку 2.27.

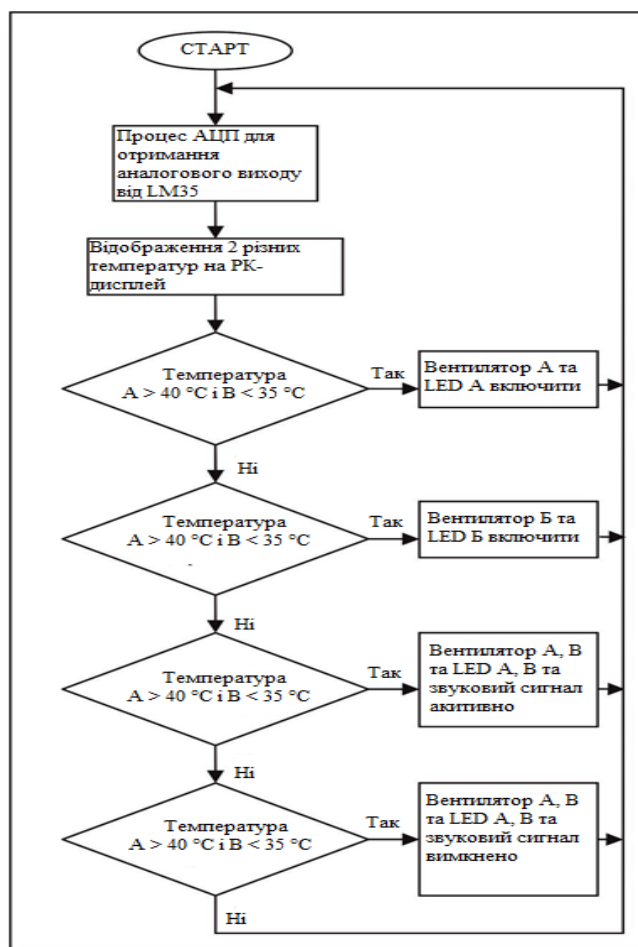


Рисунок 2.27 – Блок-схема програми керування для системи контролю температури з використанням LM35

2.3.4. Вимірювання та контроль температури системи

Конструкторська група компанії "Північні контролери" створила систему контролю температури, покликану вирішити проблему перепадів температури в інкубаторі. Ця система повинна ефективно підтримувати температуру всередині інкубатора в необхідному діапазоні (від 10°C до 35°C). Необхідний температурний діапазон встановлюється за допомогою зручного графічного інтерфейсу з комп'ютера управління/моніторингу, що дозволяє користувачеві вказати мінімальну і максимальну температуру в діапазоні. Поточна температура в інкубаторі вимірюється за допомогою датчика температури. Якщо поточна температура нижче нижньої межі бажаного діапазону, інкубатор необхідно нагріти за допомогою повітряного нагрівача, а якщо вище верхньої межі бажаного діапазону, його необхідно охолодити за допомогою вентилятора постійного струму. Коли температура знаходиться в межах бажаного діапазону, жодних дій з регулювання не потрібно. Поточна температура інкубатора повинна постійно відображатися на екрані контрольного комп'ютера з точністю до одного знаку після коми (наприклад, 26,40 °C) і оновлюватися принаймні кожні десять частки секунди. Крім того, контролер повинен використовувати світлодіоди для індикації поточного стану температури в інкубаторі (в межах діапазону, нижче нижньої межі або вище верхньої межі). Управління всією системою здійснюється за допомогою мікроконтролера MC68HC11 [17].

Порівняно із запропонованим проектом, є кілька відмінностей. Запропонований проект має на меті вирішити проблему перевитрати тепла в будинку та заощадити витрати на електроенергію, вмикаючи правильний терморегулятор у потрібний час. Максимальна комфортна температура в будинку становить близько 37 °C; система повинна працювати на підтримання цієї температури для людей, які проживають у приміщенні. Запропонований проект має лише одну верхню межу температури, вище якої

вмикається система охолодження, а нижче – обігрівач. Поточна температура відображається на РК-дисплеї кожні кілька секунд.

2.3.5 Контроль рівня води та температури за допомогою а програмований логічний контролер (ПЛК)

У листопаді 2008 року було подано пропозицію на будівництво вищезгаданого проекту, що призвело до розробки проекту Норхасліндою Бінті Хасим (Norhaslinda Binti Hasim). Метою проекту була розробка простої технологічної установки, яка може контролювати рівень і температуру води в одному резервуарі за допомогою програмованого логічного контролера (ПЛК) Omron C200HS. Була побудована структурна схема, яка може керувати потрібною системою шляхом введення мнемонічного коду в консоль програмування PR027. Системою також можна керувати через віддалений доступ за допомогою симуляції CX-Programmer. Блок-схема на рисунку 2.28 описує цей процес.

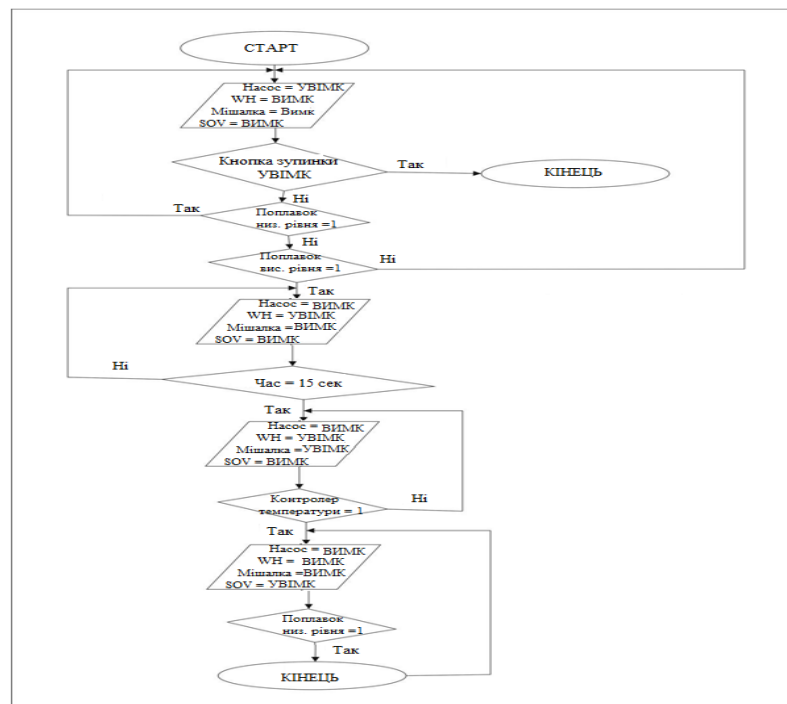


Рисунок 2.28 – Блок-схемарегулювання рівня та температури води за допомогою ПЛК

Програмовані логічні контролери були обрані в якості альтернативи ПД-регуляторам через те, що ПЛК є більш точними в роботі, ніж ПД-регулятори. Це пов'язано з тим, що ПД-контури в процесі роботи потребують постійного моніторингу та коригування, оскільки вони легко можуть бути неправильно налаштовані в результаті коливань параметрів процесу або зміни умов експлуатації. Система складається з п'яти вхідних пристроїв і чотирьох вихідних пристроїв:

Вхідні пристрої: Поплавок низького рівня; Поплавок високого рівня; Регулятор температури; Кнопки "пуск" і "стоп" .

Вихідні пристрої: А. Насос; Б. Обігрівач (WH); В. Обігрівач; С. Мішалка; D. Електромагнітний клапан (SOW).

У початковому стані, незалежно від того, чи є рівень води низьким або нижче низького, насос запускається, як тільки натискається кнопка запуску; таким чином, вода з резервуара надходить у бак, доки вода не досягне високого рівня.

У цей момент насос автоматично зупиняється і вмикається нагрівач. Після того, як вода нагріється протягом 15 секунд, активується мішалка, яка перемішує воду в баку, щоботримати постійну температуру.

Коли температура досягає 30°C, нагрівач і мішалка автоматично зупиняються, а електромагнітний клапан відкривається, дозволяючи нагрітій воді з бака повертатися назад у резервуар. Коли рівень води в резервуарі опускається до низького рівня, електромагнітний клапан автоматично закривається. На цьому весь процес закінчується.

2.3.6 Система автоматичного регулювання температури за допомогою RZK

Щоб показати, як програму, що працює на ядрі реального часу Zilog (RZK), можна використовувати для керування кількома пристроями для підтримки певної температури, Zilog Technologies реалізувала систему автоматичного контролю температури. Ця система контролю температури

використовує датчик температури для зчитування значення, а потім обчислює мінімальну та максимальну межі температури, щоб вирішити, коли вмикати чи вимикати вентилятор (для охолодження) чи лампочку (для обігріву). Перемикачі верхньої та нижньої межі використовуються для налаштування цих параметрів [18].

Розроблений для чутливих до часу вбудованих програм, RZK є превентивним багатозадачним ядром, яке працює в режимі реального часу. Потоки, черги повідомлень, групи подій, семафори, таймери, розділи та області (об'єкти пам'яті) і переривання є прикладами об'єктів RZK, які використовуються в розробці додатків у реальному часі.

Програмне забезпечення, відоме як операційна система реального часу (RTOS) або багатозадачне ядро реального часу, забезпечує ефективну обробку чутливих до часу подій. Коли використовується RTOS, процес проектування системи зазвичай спрощується шляхом розбиття програми на кілька незалежних компонентів або завдань.

На рисунку 2.29 наведено блок-схему архітектури апаратного забезпечення: воно має перемикачі для встановлення верхньої та нижньої меж температури, датчик температури для зчитування температури, вентилятор для охолодження датчика, лампочку для нагріву датчика та РК-модуль із символами для відображення поточної температури, а також верхню та нижню межі.

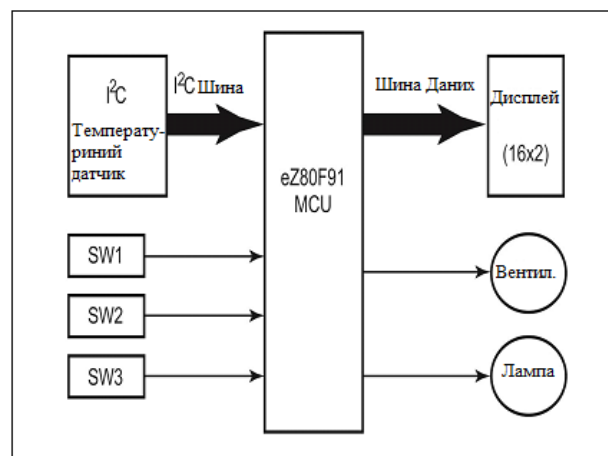


Рисунок 2.29 – Блок-схема системи автоматичного регулювання температури з використанням RZK

З'єднання між платою термостата та мікроконтролером eZ80F91, використаним у конструкції, показано на рисунку 2.30. Модуль Character LCD підключається до шини даних. Перемикачі SW1, SW2 і SW3 підключені до контактів порту PB0, PB1 і PB2. Лампа і вентилятор підключені до контактів PB3 і PB7 відповідно. Шина I²C підключена до датчика температури MAX6625, який використовувався в конструкції.

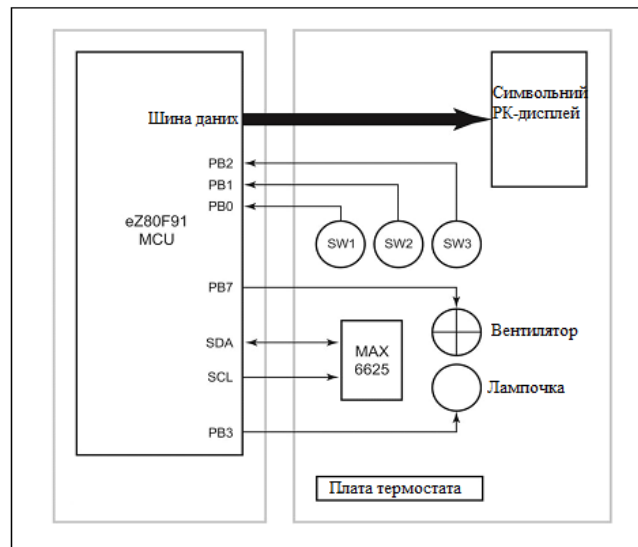


Рисунок 2.30 – Блок-схема системи автоматичного регулювання температури з використанням RZK

Програмна реалізація системи автоматичного регулювання температури забезпечує функціональність для підтримки температури в заданих межах. Основні функції, що надаються цим додатком, перераховані нижче: Автоматичне увімкнення/вимкнення вентилятора; Автоматичне ввімкнення/вимкнення лампи; Встановить нижню та верхню межі натисканням перемикача; Зчитування температури з датчика температури.

Відображення поточної температури та нижньої і верхньої межі на РК-дисплеї. Повна функціональність управляється наступними чотирма функціями, в порядку пріоритету від найвищого (#1) до найнижчого (#4): RZKTempReadTask (4); TempControlTask (8); TempDisplayTask (12); RZKKeyControlTask (16) [19].

Ці функції виконуються відповідно до їхнього пріоритету. Автоматичне ввімкнення/вимкнення лампи та вентилятора, а також встановлення нижньої та верхньої межі температури контролюється задачею TempControlTask. Якщо температура, зчитана RZKTempReadTask, більша за встановлену верхню межу, то ця задача вмикає лампу і вмикає вентилятор. Якщо температура, яку зчитує RZKTempReadTask, нижча за встановлену у межу, вона вмикає лампочку і вмикає вентилятор.

RZKTempReadTask : Ця функція зчитує поточну температуру з датчика температури 1°C .

TempControlTask: Ця функція виконує наступні функції:

- Встановить верхню та нижню межу;
- Завантажить поточну температуру, верхню та нижню межу для відображення масиву;
- Порівняйте верхню та нижню встановлену межу з поточною температурою та увімкніть/вимкніть вентилятор/лампочку відповідно.

TempDisplayTask: Ця функція зчитує та оновлює температуру на РК-дисплеї. Вона відображає поточну температуру, нижню та верхню межу температури. Основні операції, що виконуються цією функцією, це читання буферу дисплея та оновлення дисплея поточною температурою з нижньою та верхньою межею.

RZKKeyControlTask: Ця функція сканує перемикачі для встановлення нижньої та верхньої межі температури. Основними операціями, які виконує ця функція, є: Проскановує вимикачі; Якщо перемикач SW1 натиснуто, зменшить нижню межу (LL); Якщо перемикач SW2 натиснуто, зменшить верхню межу (UL); Якщо перемикач SW1 і SW3 натиснуто, збільшується нижня межа (LL); Якщо перемикач SW2 і SW3 натиснуто, збільшується верхня межа (UL).

RZKApplicationEntry: На додаток до чотирьох завдань, описаних вище, ця п'ята функція RZK є основною точкою входу будь-якої програми в RZK. Функція входу прикладної програми виконує наступні операції:

- Ініціалізує всі периферійні пристрої.
- Створює функцію для зчитування температури з датчика температури I2C, контролю температури в заданих межах та відображення поточної температури та обмежень на РК-панелі.
- Відновлює всі функції.

Завдання сканування системних ключів проілюстровано на рисунку 2.31.

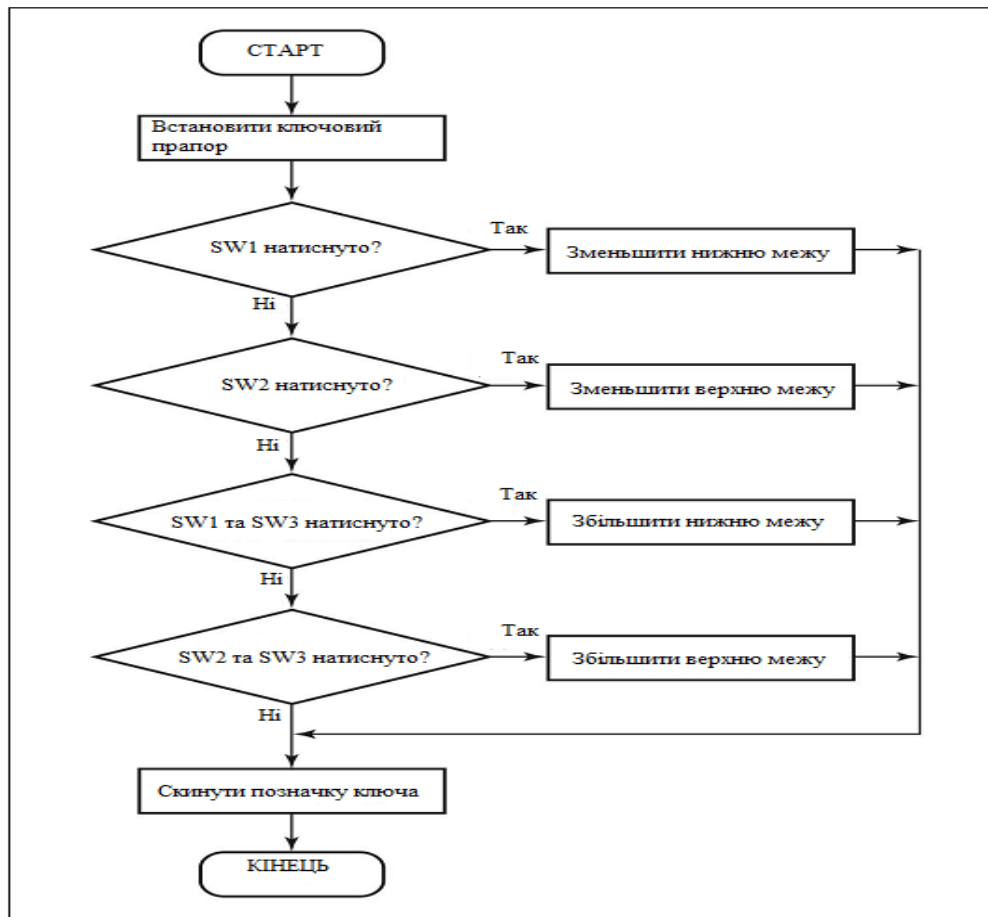


Рисунок 2.31 – Блок-схема основних завдань сканування системи автоматичного регулювання температури з використанням RZK

3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСТРОЮ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ

З огляду на вищезазначену літературу можна зробити висновок, що системи контролю температури та датчики працюють за, здавалося б, традиційною схемою. Сенсорні пристрої вимірюють температуру і передають її в блок управління, де мікроконтролер перевіряє і визначає, чи знаходиться температура в межах заданого значення. Якщо цей тест не вдається, активується система сигналізації та/або система ефекторів, які будуть рухатися, щоб виправити температуру і повернути її назад в межах діапазону. З таким висновком можна безпечно продовжувати роботу над проектом.

Система автоматичного керування кімнатним обігрівачем складається з трьох основних блоків: Блок живлення, Блок датчиків та Блок керування/перемикання, як показано на структурній схемі системи на рисунку 3.1 (та представлено в додатку А рис. 1).

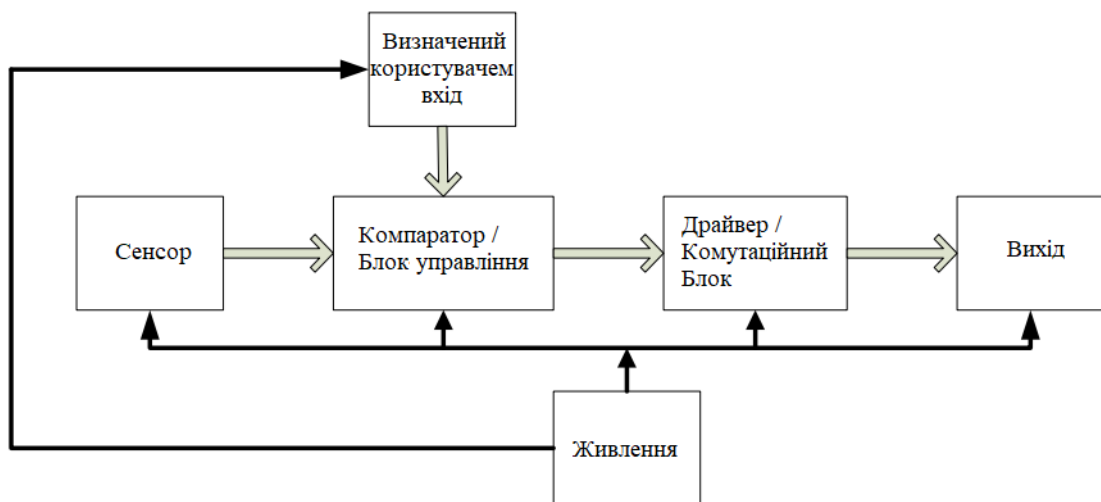


Рисунок 3.1 – Блок-схема, що показує основні частини системи.

Він складається з шести різних блоків, кожен з яких містить кілька компонентів: Підсистеми передавача та приймача. Блок датчиків складається з датчика температури LM35), вхід, визначений користувачем, складається з клавіатури, компаратора або блоку управління, який, по суті, є серцем

системи, що складається з мікроконтролера. На рисунку 3.2 (та представлено в додатку А рис. 2) наведено логічну схему роботи системи автоматичного керування кімнатним обігрівачем (блок-схема).

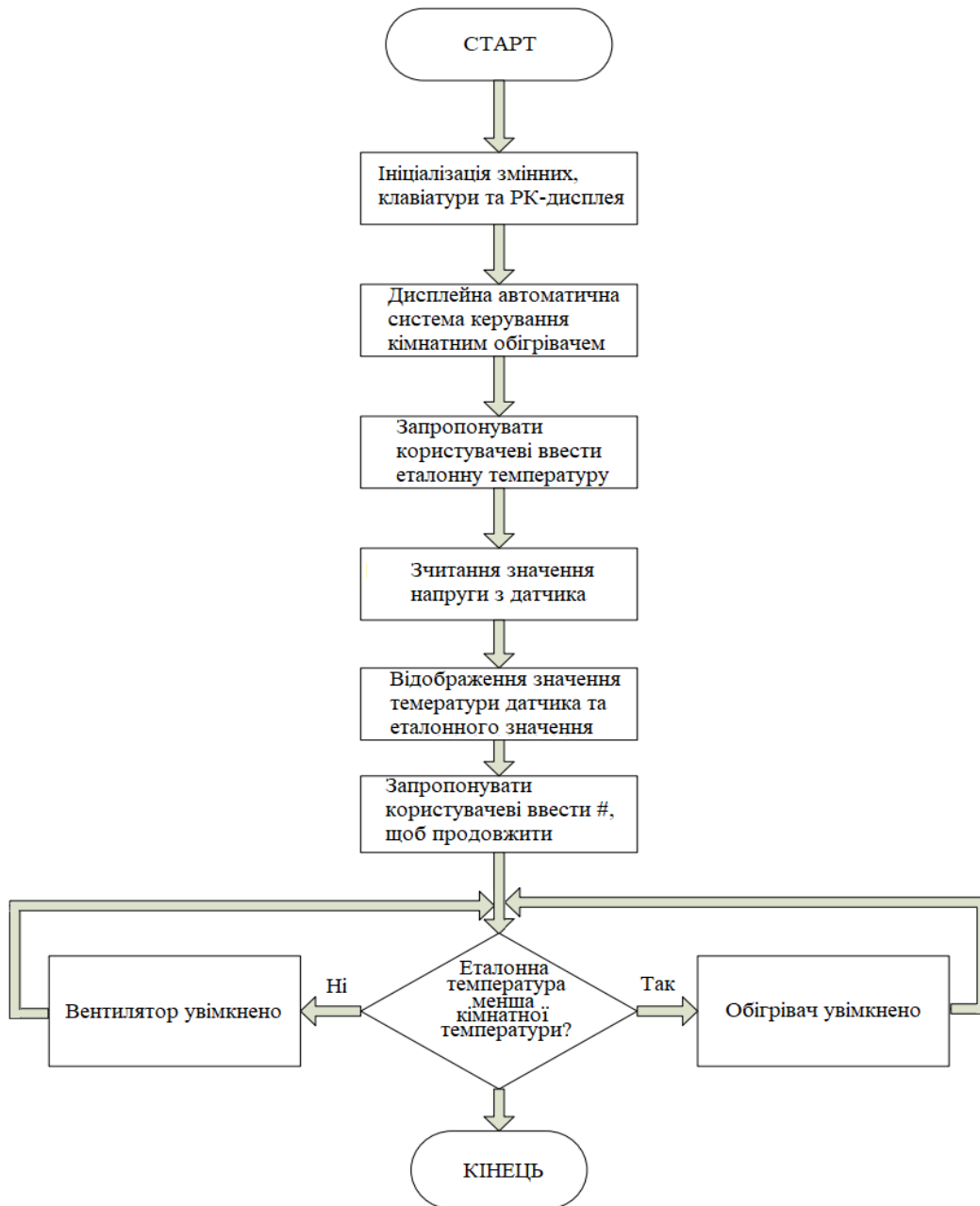


Рисунок 3.2 – Структурна схема системи

Загалом, схема системи складається з мікроконтролера **PIC16F877A**, датчика температури **LM35**, РК-дисплея, кварцового генератора, клавіатури 4 на 3 для відображення, 2 транзисторів для перемикання, 2 реле, які також використовуються для підтримки транзистора в процесі перемикання,

лампочки, змодельованої як нагрівач, і вентилятора постійного струму. Мікроконтролер синхронізується за допомогою кварцового генератора, оскільки він не має внутрішнього годинника. До мікроконтролера підключений датчик температури LM 35, який вимірює температуру в приміщенні і передає значення мікроконтролеру. 2 навантаження мікроконтролера вмикаються і вимикаються за допомогою реле. Реле не підключені безпосередньо до мікроконтролера, а скоріше до транзисторів, оскільки між мікроконтролером і реле встановлені перемикачі, щоб запобігти пошкодженню мікроконтролера реле. Резистори, підключені до кожного компонента системи, використовуються для обмеження сили струму, що проходить до цього компонента. РК-дисплей підключений до мікроконтролера для відображення даних, що надходять до мікроконтролера. Повний перелік матеріалів, використаних для системи, наведено в 3.1:

Таблиця 3.1 – Перелік елементів

Назва компонента	Опис
Понижуючий трансформатор	20:1 (240/12 В, 1000 мА)
Випрямляч діодний	1N4001 (4 шт.)
Резистори	220 Ом(1 шт.) 1кОм(2 шт.) 10кОм (6 шт.)
Стабілізатори напруги	7805, 7812
Світлодіоди	Червоний (2 шт.) Зелений (2 шт.)
Конденсатори	3300 мкФ, 4700 мкФ, 22 пФ
Кнопка	RCD1-101
Мікроконтролер	PIC16F877A
Кристалічний генератор	8 МГц
Датчик температури	LM 35
Реле	SRD-12VDC-SL-C (2шт.)
Транзистор	BC108 (2шт.)
Лампочка	60 Вт, 240В
Вентилятор	Вентилятор постійного струму 12В

Продовження таблиці 3.1

Назва компонента	Опис
РК-дисплей	LM016L (2x16)
Клавіатура	4*3 Клавіатура
Змінний резистор	10 кОм
Кнопка скидання	D6R-GR

3.1 Розрахунок та моделювання блока живлення

Блок живлення буде розроблений з урахуванням наявних ресурсів специфікації конструкції. Більшість компонентів працює від 5 В постійного струму, а реле використовувалися при напрузі 12 В, отже, необхідно було зменшити звичайне джерело живлення напруги від мережі (приблизно 240 В змінного струму) до прийнятної напруги, яка повинна бути випрямлена (перетворення на постійний струм) і подальший фільтр для видалення небажаної пульсації 240 В.

Коефіцієнта перетворення та співвідношення живлення трансформатора

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{240}{12} = \frac{20}{1} = 20:1 \quad (3.1)$$

де N_p - кількість витків у первинній котушці;

N_s - кількість витків у вторинній котушці;

V_p - напруга в первинному колі;

V_s - напруга у вторинному колі.

Трансформатор з коефіцієнтом перетворення 20:1 використовувався за розрахунком (3.1) для зниження крокового напруги, після чого потрібно використати випрямні діоди (IN4001) для випрямлення.

$$V_p = V_s \cdot \sqrt{2} = 12 \cdot \sqrt{2} = 16.9705 \approx 17 \text{ (В)} \quad (3.2)$$

Напругу змінного струму було знижено до 12 В змінного струму (середньоквадратичне значення 12 В, де пікове значення приблизно 17 В), як видно з наведеного нижче розрахунку (3.2), 17 В будуть далі регулюється за допомогою регулятора напруги (LM7805) до 5 В і (LM7812) до 12 В.

Припустимо, що пульсації напруги становлять 20%

$$dv = \frac{20}{100} \cdot 17 = 3.4 \text{ (В)} \quad (3.3)$$

$$df = \frac{1}{2f} = \frac{1}{100} = 0.01 \quad (3.4)$$

$$C_1 = \frac{1 \cdot 0.01}{3.4} = 2.94 \cdot 10^{-3} \text{ (Ф)} \quad (3.5)$$

Однак для фільтрації передбачуваних пульсацій було обрано значення 3300 мкФ, оскільки це значення є вищим за розрахункове, а отже, фільтруватиме набагато більше, ніж очікувалося. На рисунку 3.3 (та представлено в додатку А рис. 3) показано спроектовану схему джерела живлення та результати, отримані в результаті моделювання, що підтверджує правильність зібраної схеми блоку живлення.

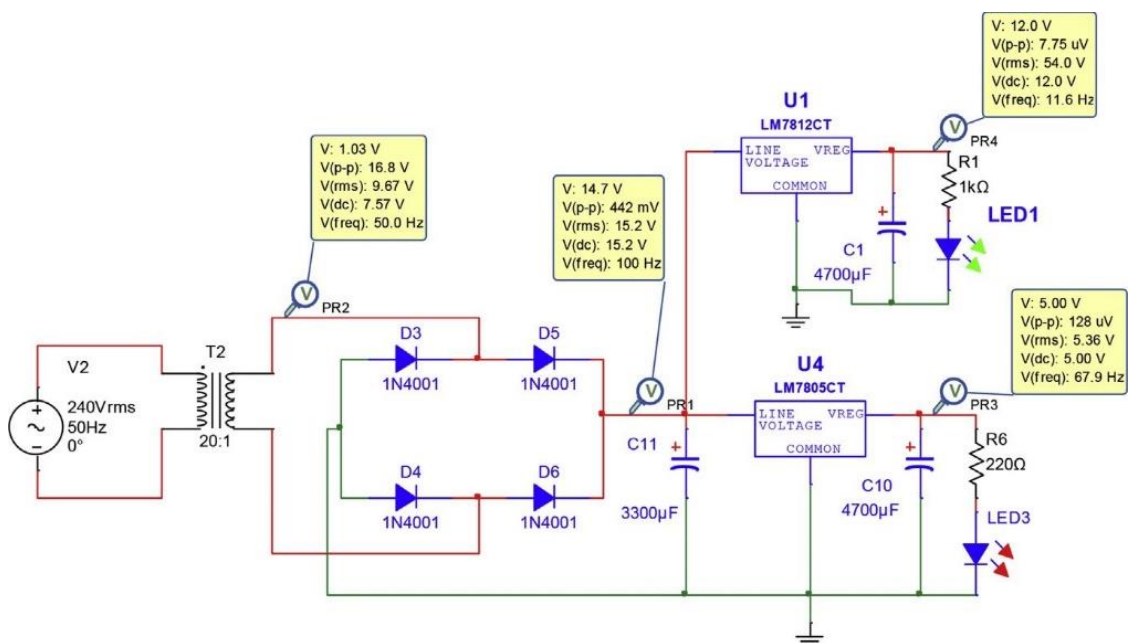


Рисунок 3.3 – Промодельована схема блоку живлення

З рисунку 3.3 видно щоб результати розрахунків узгоджувалися з результатами моделювання. На PR2 видно, що $V_{RMS} = 9.76$ В, хоча значення не зовсім дорівнює обчисленому результату, але приблизно дорівнює значенню. Якщо ми порівняємо пікову напругу результат моделювання, (16,8 В), значення приблизно дорівнює розрахунковому значенню 17 В, як можна побачити в рівнянні (3.2). Як видно U_1 і U_4 дали +12 В і +5 В відповідно при розгорнутому стабілізаторі напруги (LM7812 і LM7805).

3.2 Датчик температури LM35

LM35 - це датчик температури, який видає аналоговий сигнал, пропорційний миттєвій температурі. Вихідна напруга може бути легко інтерпретована для отримання значення температури в градусах Цельсія. Перевага перевагою LM35 над термісторами є те, що він не потребує зовнішнього калібрування. Покриття також захищає його від самонагрівання. Низька вартість (приблизно 70 грн.) і більша точність роблять його популярним серед любителів, серед саморобних схемотехніків і студентів. Багато продуктів низького класу використовують переваги низької вартості, більшої точності і використовують LM35 в своїх продуктах. З моменту його першого випуску минуло приблизно 15+ років, але датчик все ще виживає і використовується в будь-яких продуктах. LM35 може вимірювати температуру від -55 градусів за Цельсієм до 150 градусів за Цельсієм. Рівень точності дуже високий, якщо працювати при оптимальних рівнях температури і вологості. Перетворення вихідної напруги в градуси Цельсія також є простим і зрозумілим. Вхідна напруга для LM35 може бути від +4 вольт до 30 вольт. Він споживає близько 60 мікроампер струму. Lm35 має багато членів сім'ї, кілька назв - LM35C, LM35CA, LM35D. Всі члени сімейства LM35 працюють на одних і тих же принципах, але вимірювальна здатність варіюється а також вони доступні в багатьох корпусах (SOIC, TO-220, TO-92, TO).

Їх можна легко підключити до будь-якого мікроконтролера з функцією АЦП або будь-якої платформи розробки, наприклад, Arduino. Увімкніть живлення мікросхеми, подавши регульовану напругу, наприклад +5 В (VS), на вхідний вивід і з'єднавши вивід заземлення із заземленням схеми. Тепер можна виміряти температуру у вигляді напруги, як показано на рисунку 2.17.

Якщо температура дорівнює 0°C, то вихідна напруга також буде дорівнювати 0В. На кожний градус підвищення температури на 0,01 В (10 мВ) вона зростає на 0,01 В (10 мВ). Напруга може бути перетворена в температуру за допомогою наведеної нижче формули

$$V_{\text{вих}} = 10 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C} \cdot T \quad (3.6)$$

де $V_{\text{вих}}$ – вихідна напруга датчика LM35;

T – температура в °C.

Для того, щоб зрозуміти принцип роботи датчика температури LM35, ми повинні розуміти лінійний коефіцієнт шкали. В характеристиках LM35 вказано, що він дорівнює +10 мілівольт на градус Цельсія. Це означає, що при збільшенні напруги на виводі датчика на 10 мілівольт значення температури збільшується на одиницю. Наприклад, якщо датчик видає 100 мілівольт на вивід *vout*, температура в градусах Цельсія буде 10-градусною. за Цельсієм. Те саме стосується і від'ємного значення температури. Якщо датчик видає -100 мілівольт температура буде -10 градусів Цельсія. Наглядно можна це побачити на рисунку 3.4.

LM35 можна використовувати в двох конфігураціях рисунок 3.5. Обидві дають різні результати. У першій конфігурації на рисунку 3.5 (а) ми можемо вимірювати лише позитивну температуру від 2 градусів Цельсія до 150 градусів Цельсія. У цій першій конфігурації ми просто подаємо живлення на LM35 і підключаємо вихід безпосередньо до аналого-цифрового перетворювача.

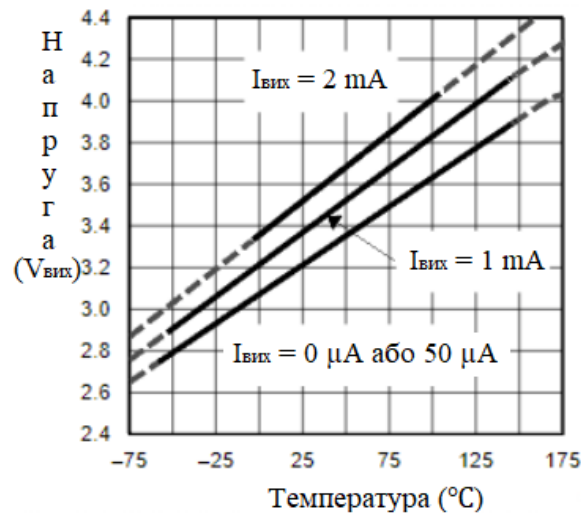


Рисунок 3.4 – Графік залежності вихідної напруги до температури

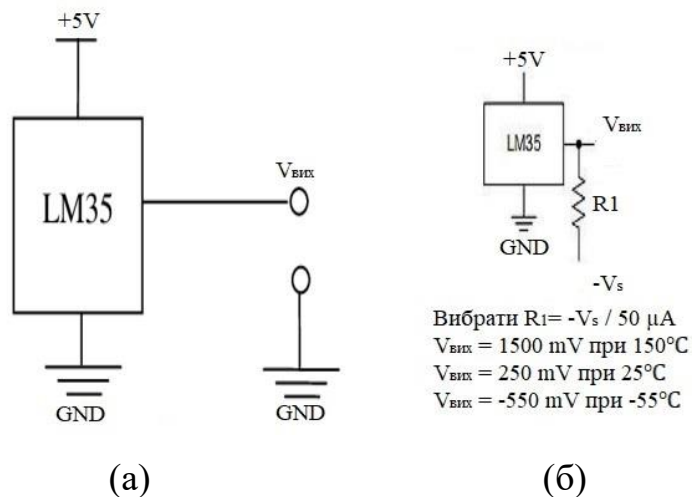


Рисунок 3.5 – Способи підключення LM35

У другій конфігурації на рисунку 3.5 (б) ми можемо використовувати всі ресурси датчика і вимірювати температуру в повному діапазоні від -55 градусів за Цельсієм до 150 градусів за Цельсієм. Ця конфігурація трохи складніша, але дає високі результати. Ми повинні підключити зовнішній резистор, в даному випадку, щоб переключити рівень негативної напруги вгору. Номінал зовнішнього резистора можна розрахувати за формулою, наведеною під конфігурацією схеми. Друга конфігураційна схема може бути виконана різними способами. Щоб дізнатися про другі конфігураційні схеми конфігураційні схеми можна знайти в специфікації LM35 від Texas

Instruments [3]. У специфікації Texas Instruments наведено схему з чіткими значеннями компонентів. Хоча в першій конфігурації резистор на виході не потрібен, я рекомендую підключити резистор від 80 кОм до 100 кОм між виводами $V_{\text{вих}}$ і GND. Коли я провів кілька експериментів, я помітив, що показання якийсь час коливаються, а вивід $V_{\text{вих}}$ плаває. Отже, резистор між $V_{\text{вих}}$ і GND притискає вивід $V_{\text{вих}}$ до землі і запобігає плаванню виводу [20].

3.2.1 Спосіб підключення та моделювання датчика температури LM35

Датчик LM35 перетворює температуру в пропорційне аналогове значення напруги. LM35 має три виводи, перший і третій для живлення 5 В. Другий вивід - це аналоговий вихід напруги, який відносно значення температури, виміряна температура є зв'язком між аналоговими вихідними напругами $1^{\circ}\text{C} = 10 \text{ V}$.

Таким чином, на кожен 1 градус підвищення температури вихідна напруга датчика LM35 збільшується на 10m вольт. PIC16F877A використовується для вимірювання аналогових значень напруги. У мікроконтролер PIC16F877A вбудований АЦП. Використовується для вимірювання аналогової напруги; PIC16F877A PORTA має сім вбудованих каналів АЦП, тому до одного максимум сім датчиків можна легко підключити до цього мікроконтролера. Повернемося до цифрового термометра, АЦП використовується для зчитування аналогової напруги. Після зчитування АЦП напруга і температура будуть перетворені назад в температуру. Коефіцієнт перетворення використовується для перетворення напруги назад в температуру. Всі ці перетворення виконуються за допомогою програмування. РК-дисплей підключений до PORTB мікроконтролера PIC16F877A.

У розділі системи представлена поетапно. Після того, як система реалізована, мікропроцесор обчислює температуру в градусах Цельсія з датчика температури, що вимірює температуру в приміщенні. На рисунку 3.6

(та представлено в додатку А рис. 4) показано результат ініціалізації системи. На цьому рисунку показано результат ініціалізації вихідного сигналу "Цифровий датчик температури" на РК-дисплеї.

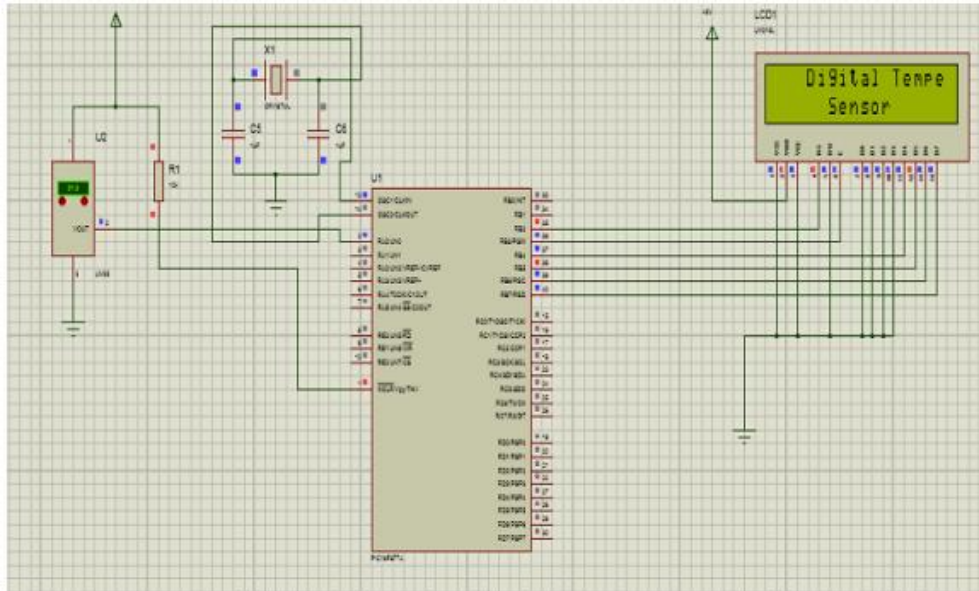


Рисунок 3.6 – Перший процес системи

Коли датчик температури визначає, мікропроцесор перетворює кімнатну температуру та відображає на РК-дисплеї, як показано на рисунку 3.7 (та представлено в додатку А рис. 5).

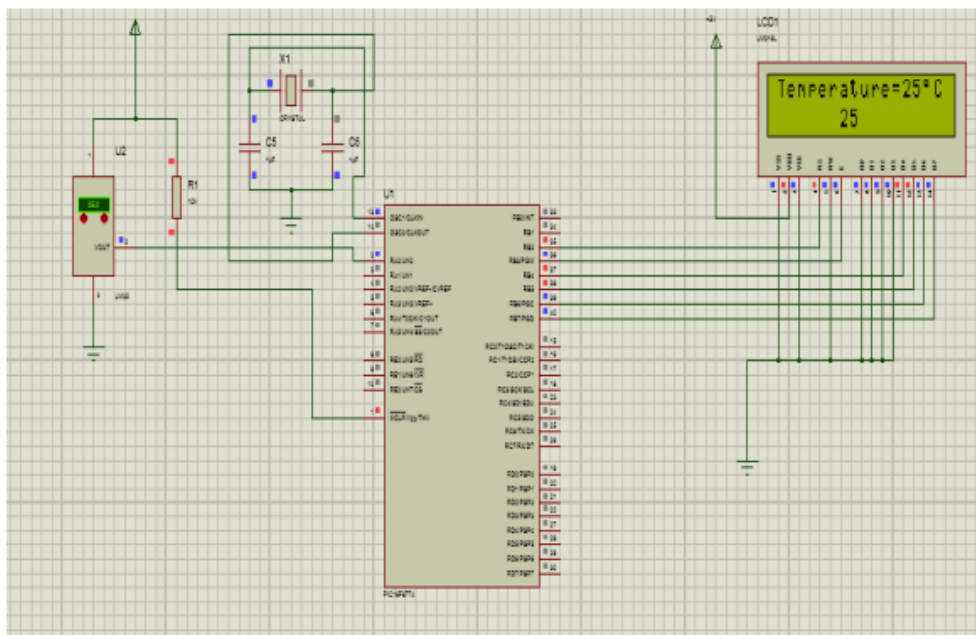


Рисунок 3.7 – Кінцевий результат кімнатної температури

Результат аналізу зміни температури за 1 секунду показаний на рисунку 3.8.

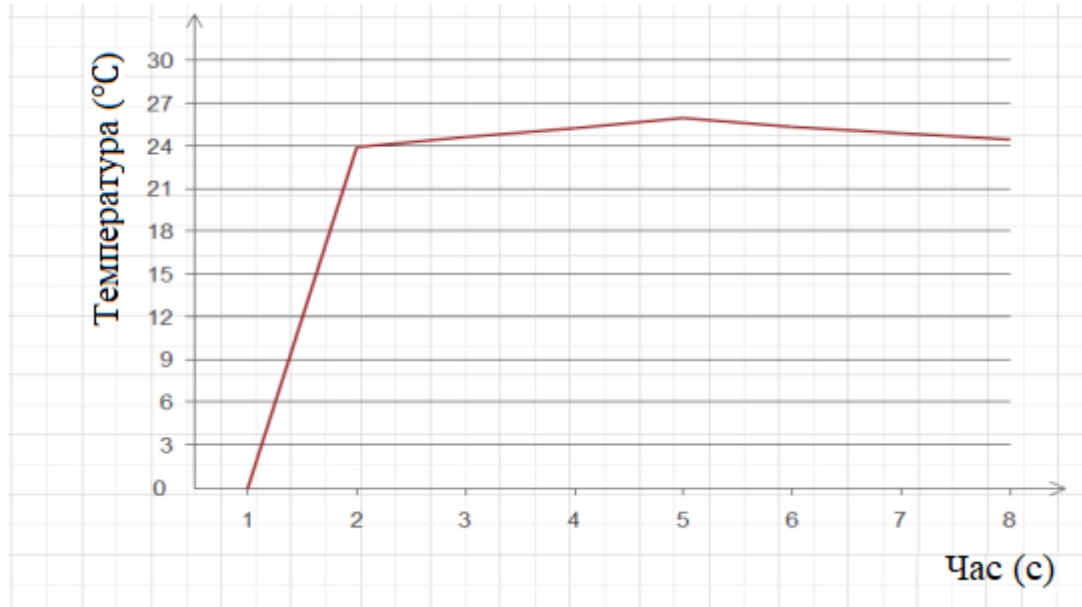


Рисунок 3.8 – Графік зміни температури за 1 секунду

3.3 Мікроконтролер PIC16F877A

Мікроконтролер - це мозок системи, всі рішення приймаються ним автономно.

Ми використовуємо саме цю серію мікроконтролерів PIC, тому що:

- Він дуже простий, але дуже потужний у використанні
- Його можна програмувати і перепрограмувати безліч разів
- Він невеликий за розміром, але має достатню кількість портів вводу/виводу
- Має низьке споживання струму
- Має вбудований багатоканальний аналого-цифровий перетворювач
- Має вбудовану функцію ШІМ 15

Нижче наведені деякі функції, присутні в PIC 16F877A, її виводи на рисунку 3.9 та структурна схема на рисунку 3.10 (обидва представлено в додатку А рис. 6, 7) .

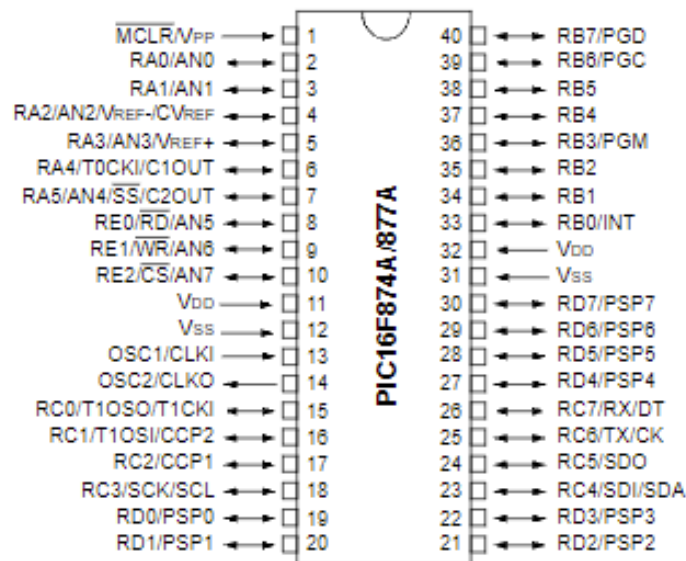


Рисунок 3.9 – Виводи мікроконтролера PIC16F877A

Конфігурація контактів мікроконтролера PIC16f877A показана нижче. Цей мікроконтролер містить 40 контактів, і ці контакти розділені на чотири порти PORTA, PORTB, PORTC, PORTD і PORTE.

PORT A (Вивід 2 – Вивід 7):

Порт А містить 6 виводів від Вивід 2 до Вивід 7, наприклад, від RA0 до RA5. Тут вивід RA0 є першим виводом порту А.

Вивід 2 (RA0/AN0): Це перший вивід порту А. Отже, цей вивід використовується як аналоговий вивід, і він вбудований в АЦП.

Вивід 3 (RA1/AN1): Це аналоговий і/p1.

Вивід 4 (RA2/AN2/Vref-): Цей вивід діє як аналоговий ввід/вивід2 або як аналогова опорна напруга -ve.

Вивід 5 (RA3/AN3/Vref+): Цей вивід діє як аналоговий вхід і/p3 або як аналогова опорна напруга +ve.

Вивід 6 (RA0/T0CKI): Цей вивід діє як вхідний вивід CLK для таймера0, тому тип виходу - відкритий сток.

Вивід 7 (RA5/SS/AN4): Цей вивід є аналоговим і/р4. Цей вивід виконує функцію вибору веденого пристрою для синхронного послідовного порту в цьому контролері.

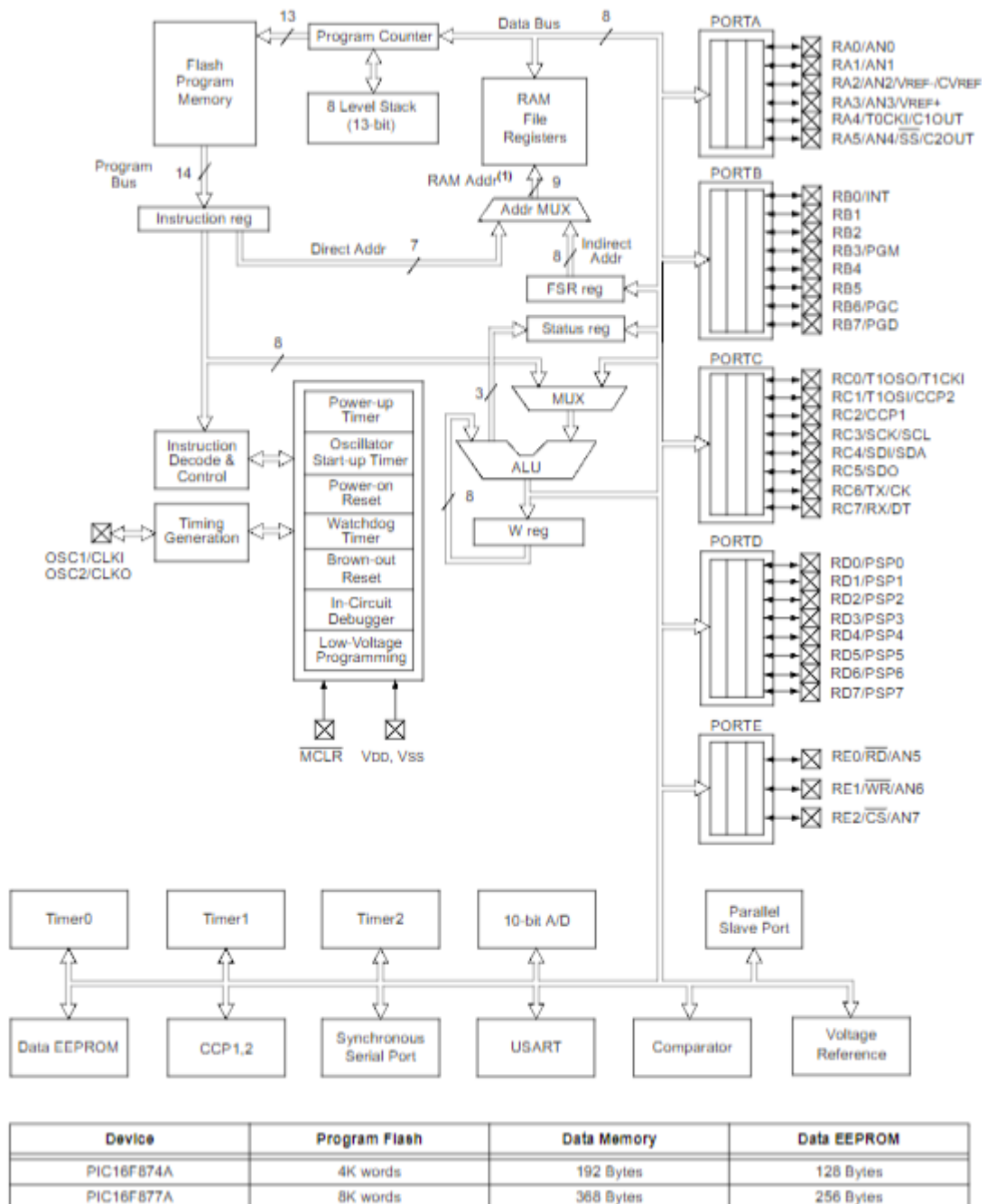


Рисунок 3.10 – Структурна схема мікроконтролера PIC16F877A

PORT B (Вивід 33 - Вивід 40):

Порт В має загалом 8 виводів від виводу 33 до виводу 40, наприклад, RB0 - RB7. З усіх цих виводів PORTB, RB0 використовується як вивід

зовнішнього переривання, тоді як виводи RB6 і RB7 використовуються як виводи внутрішньосхемного відладчика.

PORT C (Вивід 15 - Вивід 18 та Вивід 23 - Вивід 26):

Порт C містить загалом 8 контактів, які не з'єднані між собою. Перші 4 виводи цього порту розміщені між виводами 15 і 18, тоді як решта виводів розміщені між виводами 23 і 26.

Вивід 15 (RC0/TIOCO/TICKI): Це перший вивід в PORT C, який можна використовувати як вхід/вихід CLK першого таймера або вхід/вихід генератора для другого таймера.

Вивід 16 (RC1/TIOSI/CCP2): Цей вивід можна використовувати як вхід генератора для таймера 1/ вхід захоплення 2/ вивід порівняння 2/ вихід ШІМ2.

Вивід 17 (RC2/CCP1): Цей вивід можна використовувати як вхід захоплення1/ вихід порівняння1/ вихід ШІМ1.

Вивід 18 (RC3/SCK/SCL): Цей вивід використовується як вихід SPI (або) I2C режимів і може бути входом/виходом для синхронного послідовного CLK.

Вивід 23 (RC4/SDI/SDA): Цей вивід є виводом даних SPI або може використовуватися як вивід вводу/виводу даних в режимі I2C.

Вивід 24 (RC5/SDO): Цей вивід є виводом даних для SPI в режимі SPI.

Вивід 25 (RC6/TX/CK): Цей вивід можна використовувати як синхронний CLK або асинхронний вивід передачі USART.

Вивід 26 (RC7/RX/DT): Цей вивід можна використовувати як синхронний вивід даних (або) вивід прийому USART.

PORT D (Вивід 19 - Вивід 22 та Вивід 27 - Вивід 30):

Порт D має 8 контактів, які також не з'єднані між собою. У цьому порту перші чотири виводи розміщені на контактах від Вивід 19 до Вивід 22, тоді як решта виводів розміщені на контактах від Вивід 27 до Вивід 30. Цей

порт є двонаправленим портом вводу/виводу. Цей порт діє як паралельний ведений порт, коли потрібно підключитись до шини мікропроцесора.

PORT E (Вивід 8 - Вивід 10):

Порт E включає 3 виводи від м8 до Вивід 10, як RE0 - RE2, де вивід "RE0" є першою міткою для порту E.

Вивід 8 (RE0/RD/AN5): Це аналоговий вивід 5 або він діє як вивід керування зчитуванням для паралельного веденого порту, який є активним низьким рівнем.

Вивід 9 (RE1/WR/AN6): Це аналоговий вивід 6, або він діє як "керування записом" для паралельного веденого порту, який є активним низьким рівнем.

Вивід 10 (RE2/CS/A7): Це аналоговий вхід7, або він діє як вибір керування для паралельного веденого порту, який також є активним низьким рівнем, подібно до виводів керування читанням і записом.

Інші контакти:

Вивід 1 (MCLR): Це основний вивід, тому він скидає мікроконтролер PIC. Як тільки цей вивід MCLR стає активно-низьким, на нього потрібно постійно подавати 5В, а якщо подати 0В, то мікроконтролер скинеться.

Виводи 11 і 32 (VDD): Це позитивні виводи живлення як для входів/виходів, так і для логічних виводів. Тому ці два виводи повинні бути підключені до 5В.

Виводи 12 і 31 (VSS): Ці два виводи є виводом заземлення (GND) як для входів/виходів, так і для логічних виводів. Тому ці виводи повинні бути підключені до нульового потенціалу.

Вивід 13 (OSC1/CLKIN): це вхідний вивід генератора або зовнішній вивід CLK IN.

Вивід 14 (OSC2/CLKOUT): Це вивід/вивід генератора. Кристалічний резонатор просто підключається між двома виводами, наприклад, 13 і 14, для забезпечення зовнішнього CLK для мікроконтролера [21].

Для нашого пристрою контролю температури ми будемо використовувати виводи:

Вивід 1 (MCLR) – для виконання функції Reset.

Вивід 2 (RA0/AN0) – для підключення датчика температури LM 35.

Виводи 13, 14 - для забезпечення зовнішнього CLK для мікроконтролера.

Виводи 15 – 18 та 23, 24 – для виводу інформації на РК-дисплей.

Виводи 19,20 – для керування вентилятором або обігрівачем.

Виводи 33-34 та 37-40 – підключення до клавіатури.

Мікросхема PIC16F877A - це 8-розрядний мікроконтролер з флеш-пам'яттю програм 8k x 14 біт, 368 байт оперативної пам'яті та багато інших периферійних пристроїв, таких як АЦП, універсальні асинхронні синхронні передавачі, головний синхронний послідовний порт та аналогові компаратори. Цей набір команд залежить від архітектури комп'ютера (RISC).

Мікросхема PIC16F877A працює з виходом датчика для обчислення температури в градусах. АЦП всередині мікроконтролера використовується для перетворення аналогового виходу датчика в еквівалентне цифрове значення. Внутрішній АЦП мікроконтролера має 8 аналогових входів і забезпечує 10-розрядні цифрові сигнали. У цьому проекті опорна напруга АЦП дорівнює напрузі, що подається на мікроконтролер, наприклад, 5 В. Роздільна здатність АЦП можна розрахувати наступним чином

$$\text{Роздільна здатність} = \frac{V_{ref}}{(1024 - 1)} \quad (3.7)$$

Це означає, що при зміні аналогового входу на 4,887 мВ, вихід АЦП зміниться на 5В, що відповідає двійковій "1". Аналоговий результат датчика, який Вивід 2 підключається до порту А на RA0 для перетворення цифровим еквівалентом. Схема виводів PIC16F877A показана на рисунку 3.9.

Блок керування/перемикання містить мікроконтролер, який отримує інформацію про температуру статус від датчика. Цей блок складається з мікроконтролера, який використовує мікроконтролер PIC 16F877A через його зменшений набір інструкцій. Це також робить його код надзвичайно ефективним, дозволяючи PIC працювати з зазвичай меншим обсягом пам'яті, ніж його більші конкуренти. пам'яті, ніж його більші конкуренти, такі як мікроконтролери на базі 8081. Він також має низьку вартість на додаток до високої тактової частоти. Інші компоненти та пристрої в цьому блоці є: два (2) транзистори і два (2) реле для увімкнення та/або вимкнення вентилятора та/або нагрівача. Спочатку користувачеві пропонується ввести еталонну температуру, яку він або вона хоче підтримувати у своєму приміщенні. Потім датчик температури вимірює навколишню температуру і передає значення на мікроконтролер. Мікроконтролер зчитує температуру кожні 10 с і порівнює її з еталонним значенням. Якщо виміряне значення значення менше еталонного, то обігрівач автоматично вмикається увімкнеться для обігріву приміщення, доки температура не повернеться до еталонного значення, і вимкнеться обігрівач вимкнеться. Якщо виміряне значення більше за еталонне, охолоджувач/вентилятор буде увімкнеться, щоб охолодити приміщення до заданої температури, і вимкнеться, як тільки вона знову досягне заданого значення. Виміряна температура в приміщенні від датчика є аналоговою. Мікроконтролер має вбудований аналого-цифровий (АЦП), який перетворює аналоговий сигнал в цифровий, оскільки мікроконтролер є цифровим пристроєм і може працювати тільки з двійковими числами.

Мікроконтролер був запрограмований за допомогою мови C, а програма була компілювана за допомогою компілятора Micro C. Код, що використовувався, можна знайти в Додатку В. Micro C автоматично генерує шістнадцятковий файл (HEX), який пізніше був експортований у файл Proteus для моделювання. Іншим аспектом комутаційного блоку є зміщення бази транзистора. Крім того, враховуючи схему перемикання і для отримання належної напруги зміщення бази приблизно 0,7 В, оскільки напівпровідник

на основі кремнію, враховуючи, що струм з виходу мікроконтролера PIC16F877A вихідних високих і низьких напруг при струмах джерела і стоку 7-8,5 мА (джерело) і 2,5-3,0 мА (сток), можемо отримати мінімальне значення струмообмежувального резистора на базі транзистора, яке забезпечить гарантуватиме напругу на базі 0,7 В, використовуючи рівняння (3.8) і (3.9)

$$V_b = I_b \cdot R_b \quad (3.8)$$

Це означає, що,

$$R_b = \frac{V_b}{I_b} = \frac{0.7}{2.5 \cdot 10^{-3}} = 280 \text{ (Ом)} \quad (3.9)$$

Для ширшого захисту ми обираємо відповідне значення 10 кОм, оскільки мінімальне значення значення, яке можна використати з рівняння (3.9), становить 280 Ом.

3.4 Рідкокристалічний дисплей (LM016L)

LM016L РК-дисплей 16x2 означає, що він може відображати 16 символів у рядку, і в цьому РК-дисплеї є 2 таких рядки. Кожен символ буде показано у вигляді матриці 5x7 пікселів. Цей РК-дисплей має два регістри: Регістр команд і регістр даних команд зберігає команди, які призначені для РКІ. Команди - це команди, призначені РК-дисплею для виконання заздалегідь визначених завдань, таких як запуск очищення екрану, встановлення положення курсору та керування дисплеєм. Реєстрація даних тощо. зберігає інформацію, яка буде відображена на РК-дисплеї. Дані - це ASCII-значення символу, який буде відображено на РК-дисплеї. Для відображення температури використовується 16 x 2 РК-монітор з

контролером HD44780. Кабелі керування EN, R / W і RS РК-модуля підключаються до контактів RC4, заземлення і RC5 порту C мікроконтролера відповідно. Команди та інформація для відображення надходять на модуль LCD в режимі "nibble" з порту C мікроконтролера. Біт, старший за чотири біти РК-дисплея (D4 - D7), підключається до старшого виводу порту C (RC0 – RC3) [22]. Вищенаведений опис можна побачити на рисунку 3.11.

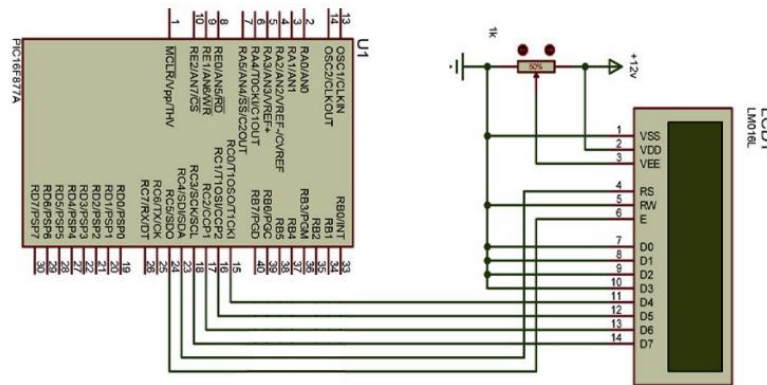


Рисунок 3.11 – Підключення РК-дисплея LM016L

3.5 Моделювання пристрою для автоматичного регулювання температури повітря приміщень

Проведемо тестування розробленої нами пристрою (пристрою для автоматичного регулювання температури повітря приміщень) за допомогою моделювання з використанням програмного забезпечення Proteus та Multisim.

Рисунок 3.12 (та представлено в додатку А рис. 8) показує залежність між температурою, що вимірюється температурним (LM35), і вихідною напругою, яка подається на вивід 2 мікроконтролера для керування вентилятором або опалювальною системою.

Як видно, залежність є лінійна, і можна легко керувати виходом мікроконтролера через вихідну напругою датчика температури.

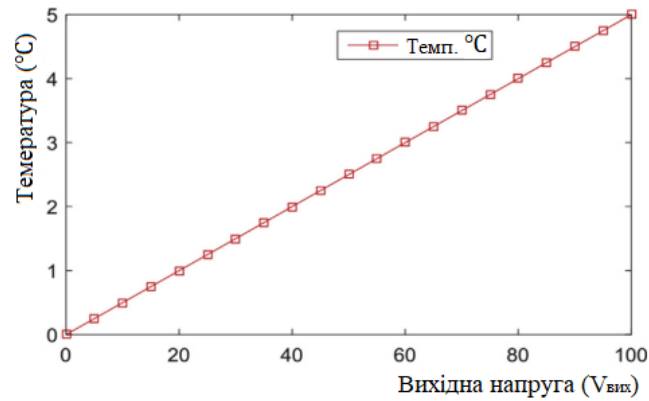


Рисунок 3.12 – Результат вимірювання температури та вихідної напруги датчика температури LM35

На рисунку 3.13 (та представлено в додатку А рис. 9) показано результат, коли користувачеві пропонується ввести еталонну температуру. Мікроконтролер зчитує температуру кожні 10 с і порівнює її з еталонним значенням. Як видно, і RL1, і RL2 від'єднані від лампи (L1) і вентилятора як навантаження. вентилятора як навантаження. (LM35).

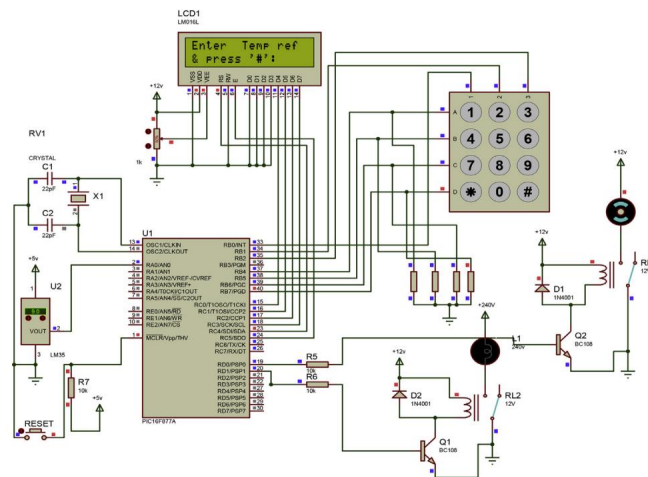


Рисунок 3.13 – Результат запиту користувача на введення еталонної температури

На рисунку 3.14 (та представлено в додатку А рис. 10) користувач ввів значення 12 як еталонну температуру, яка є вищою ніж кімнатна температура (9,27 °C), як видно з температурного датчика (LM35). Але в цьому випадку мікроконтролер не надіслав жодного сигналу на обидва навантаження оскільки користувач не натиснув хеш-клавішу для введення значення (12). На

рисунку 3.15 (та представлено в додатку А рис. 11) температура в приміщенні, виміряна датчиком TEMP, становить 9,27 °С, а температура REF - 12 °С.

Мікроконтролер порівняв ці дві температури і ввімкнув обігрівач оскільки опорна температура була вищою за кімнатну; це сталося коли користувач натиснув хеш-клавішу. Як видно з рисунку 3.15, лампочка увімкнена що вказує на те, що обігрівач увімкнувся. На рисунку 3.16 (та представлено в додатку А рис. 12) показано результат, коли користувач ввів 8 °С як еталонну температуру, але хеш-ключ не було введено, що означає, що мікроконтролер не хеш-ключ не було введено, що означає, що мікроконтролеру не було дано вказівки порівнювати результати.

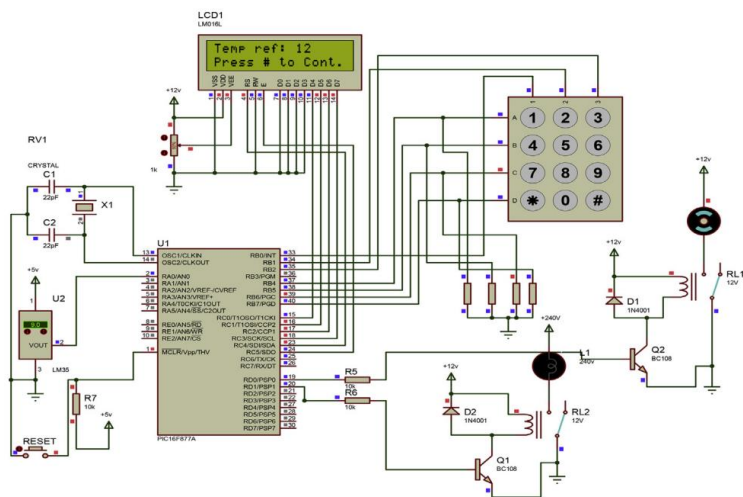


Рисунок 3.14 – Результат користувача, який ввів 12 як еталонну температуру

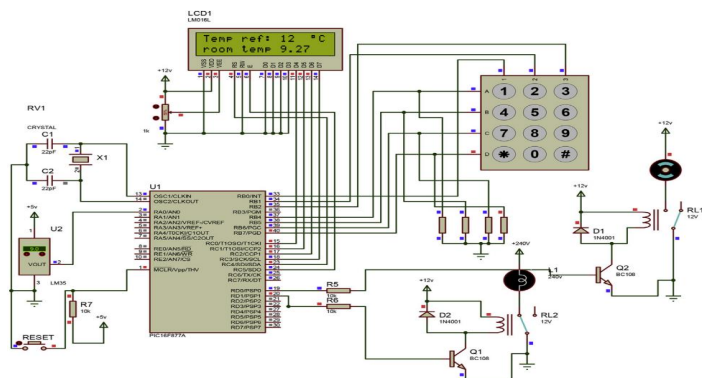


Рисунок 3.15 – Результат користувач ввів 12 °С як задану температуру та увімкнув нагрівч (L2)

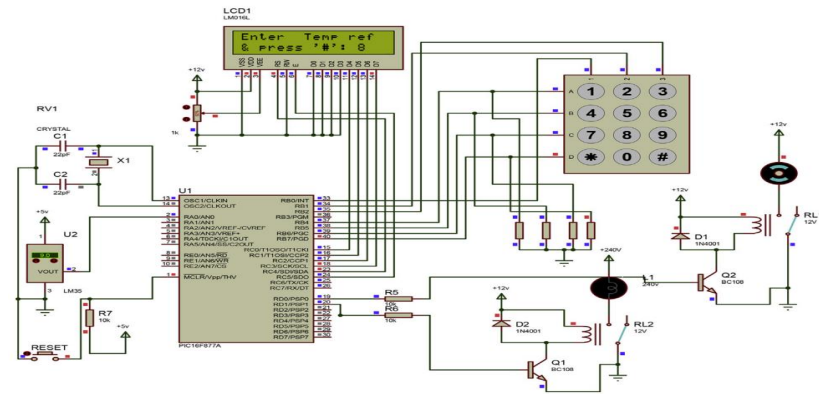


Рисунок 3.16 – Результат користувач ввів 8 °C в якості Ref temp, а потім ввів # на клавіатурі, щоб продовжити

Також, як видно з рисунку 3.17, коли 8 °C і було введено в якості опорної температури і натиснута клавіша хешування, а температура в приміщенні дорівнює 9,27 °C, мікроконтролер знову порівнює 2 значення температури і вмикає вентилятор, оскільки задана температура температура нижча за температуру в приміщенні.

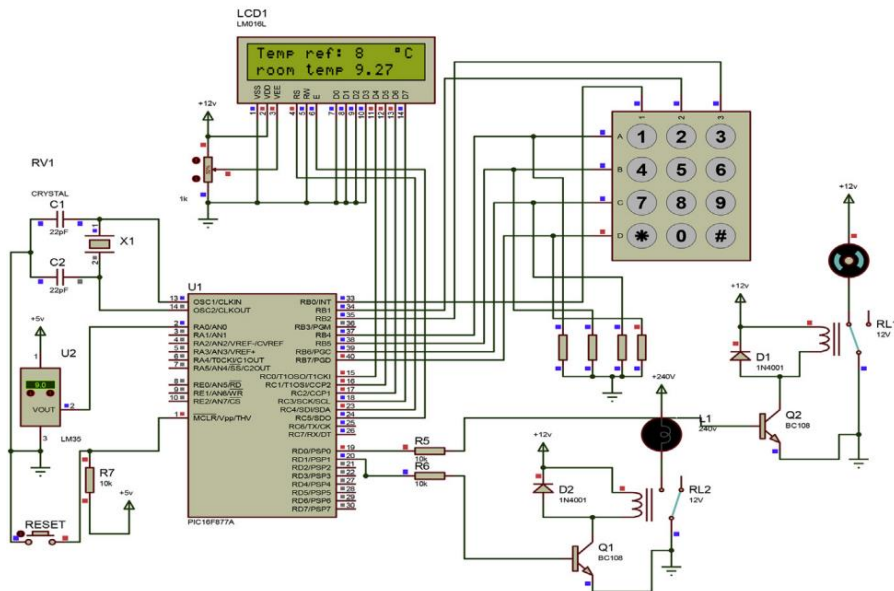


Рисунок 3.17 – Результат користувач ввів 8 °C як задану температуру та увімкнів вентилятор (L1)

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Науково-технічна розробка має право на існування та впровадження, якщо вона відповідає вимогам часу, як в напрямку науково-технічного прогресу та і в плані економіки. Тому для науково-дослідної роботи необхідно оцінювати економічну ефективність результатів виконаної роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота з розробки та дослідження «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень» відноситься до науково-технічних робіт, які орієнтовані на виведення на ринок (або рішення про виведення науково-технічної розробки на ринок може бути прийнято у процесі проведення самої роботи), тобто коли відбувається так звана комерціалізація науково-технічної розробки. Цей напрямок є пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися інші споживачі, отримуючи при цьому певний економічний ефект. Але для цього потрібно знайти потенційного інвестора, який би взявся за реалізацію цього проекту і переконати його в економічній доцільності такого кроку.

Для наведеного випадку нами мають бути виконані такі етапи робіт:

- 1) проведено комерційний аудит науково-технічної розробки, тобто встановлення її науково-технічного рівня та комерційного потенціалу;
- 2) розраховано витрати на здійснення науково-технічної розробки;
- 3) розрахована економічна ефективність науково-технічної розробки у випадку її впровадження і комерціалізації потенційним інвестором і проведено обґрунтування економічної доцільності комерціалізації потенційним інвестором.

4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання

температури повітря приміщень» є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 4.1 [23].

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено працездатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки)					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної	Ринок малий, але має позитивну	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає

Продовження таблиці 4.1

Практична здійсненність					
	0	1	2	3	4
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
	Бали:		
1. Технічна здійсненність концепції	5	5	4
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	3	3
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	4	4	3
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	3	3	4
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	2	2	3
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	3	3	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	2	2	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	5	5	5
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	2	3	2
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	4	5	5
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	4	5
12. Практична здійсненність (розробка документів)	4	5	4
Сума балів	40	44	43
Середньоарифметична сума балів $СБ_c$	42,3		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 6, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 4.3 [23]

Таблиця 4.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів $СБ_c$ розрахована на основі висновків експертів	Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки
41...48	Високий
31...40	Вище середнього
21...30	Середній
11...20	Нижче середнього
0...10	Низький

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання

температури повітря приміщень» становить 42,3 бала, що, відповідно до таблиці 7, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий).

4.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки

В процесі визначення економічної ефективності науково-технічної розробки також доцільно провести прогноз рівня її конкурентоспроможності за сукупністю параметрів, що підлягають оцінюванню.

Одиничний параметричний індекс розраховуємо за формулою [23]

$$q_i = \frac{P_i}{P_{\text{базі}}} . \quad (4.1)$$

де q_i – одиничний параметричний індекс, розрахований за i -м параметром;

P_i – значення i -го параметра виробу;

$P_{\text{базі}}$ – аналогічний параметр базового виробу-аналога, з яким проводиться порівняння.

Загальні технічні та економічні характеристики розробки представлено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Основні техніко-економічні показники аналога та розробки, що проектується

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
1	2	3	4	5	6
Напруга живлення	В	12	6	2	0,3
Кількість виконуваних функцій	од.	4	12	3	0,1
Маса	кг	0,5	0,25	2	0,25
Термін безвідмовної роботи	год.	4500	15000	3,33	0,1

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4	5	6
Швидкість та легкість налаштування	бали	6	8	3	0,25
Експлуатаційні витрати	грн	120	60	0,5	0,5
Ціна пристрою	грн	2400	1800	0,75	0,5

Нормативні параметри оцінюємо показником, який отримує одне з двох значень: 1 – пристрій відповідає нормам і стандартам; 0 – не відповідає.

Груповий показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами розраховуємо як добуток частинних показників за кожним параметром за формулою [23]

$$I_{\text{НП}} = \prod_{i=1}^n q_i, \quad (4.2)$$

де $I_{\text{НП}}$ – загальний показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами;

q_i – одиничний (частинний) показник за i -м нормативним параметром;

n – кількість нормативних параметрів, які підлягають оцінюванню.

За нормативними параметрами розроблюваний пристрій відповідає вимогам ДСТУ, тому $I_{\text{НП}} = 1$.

Значення групового параметричного індексу за технічними параметрами визначаємо з урахуванням вагомості (частки) кожного параметра [23]

$$I_{\text{ТП}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.3)$$

де $I_{\text{ТП}}$ – груповий параметричний індекс за технічними показниками (порівняно з виробом-аналогом);

q_i – одиничний параметричний показник i -го параметра;

α_i – вагомість i -го параметричного показника, $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$;

n – кількість технічних параметрів, за якими оцінюється конкурентоспроможність.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці 4.4.

$$I_{mn} = 2 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,25 + 3,33 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,25 = 2,48.$$

Груповий параметричний індекс за економічними параметрами розраховуємо за формулою [23]

$$I_{EP} = \sum_{i=1}^m q_i \cdot \beta_i, \quad (4.4)$$

де I_{EP} – груповий параметричний індекс за економічними показниками;

q_i – економічний параметр i -го виду;

β_i – частка i -го економічного параметра, $\sum_{i=1}^m \beta_i = 1$;

m – кількість економічних параметрів, за якими здійснюється оцінювання.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці 4.4.

$$I_{EP} = 0,5 \cdot 0,5 + 0,75 \cdot 0,5 = 0,63.$$

На основі групових параметричних індексів за нормативними, технічними та економічними показниками розрахуємо інтегральний показник конкурентоспроможності за формулою [23]

$$K_{INT} = I_{HP} \cdot \frac{I_{TP}}{I_{EP}}, \quad (4.5)$$

$$K_{INT} = 1 \cdot 2,48 / 0,63 = 3,97.$$

Інтегральний показник конкурентоспроможності $K_{\text{ІНТ}} > 1$, отже розробка переважає відомі аналоги за своїми техніко-економічними показниками.\

4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

4.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [23]

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.6)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, (грн.);

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, днів;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=22$ дні.

$$Z_o = 14850,00 \cdot 28 / 22 = 18900,00 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник науково-дослідної роботи	14850,00	675,00	28	18900,00
Інженер-розробник РЕА 1-ї категорії	13800,00	627,27	28	17563,64
Технік 1-ї категорії	7500,00	340,91	22	7500,00
Всього				43963,64

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень» розраховуємо за формулою

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.7)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, (грн/год);

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.8)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийємо $M_M=6700,00$ (грн.);

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [23];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 22$ днів;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_l = 6700,00 \cdot 1,10 \cdot 1,35 / (22 \cdot 8) = 56,53 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{pl} = 56,53 \cdot 4,65 = 262,87 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Установка обладнання для проведення досліджень	4,65	2	1,10	56,53	262,87
Підготовка робочого місця розробника радіоелектронного пристрою для автоматичного регулювання температури повітря	5,50	2	1,10	56,53	310,92
Встановлення програмного забезпечення розробки електронних схем	4,30	4	1,50	77,09	331,48
Підготовка бази даних	10,00	3	1,35	69,38	693,79
Монтаж компонентів пристрою вимірювання та регулювання температури	6,25	5	1,70	87,37	546,04
Випробування	8,00	4	1,50	77,09	616,70

компонентів експериментальних блоків					
Налагодження системи	5,00	4	1,50	77,09	385,44
Технічна підтримка експериментів	12,00	3	1,35	69,38	832,55
Всього					3979,80

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (4.9)$$

де $H_{\text{дод}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 11%.

$$Z_{\text{дод}} = (43963,64 + 3979,80) \cdot 11 / 100\% = 5273,78 \text{ (грн.)}$$

4.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (4.10)$$

де $H_{\text{зн}}$ – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (43963,64 + 3979,80 + 5273,78) \cdot 22 / 100\% = 11707,79 \text{ (грн.)}$$

4.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій

та витрачені на проведення досліджень за темою «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень».

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\text{в}j}, \quad (4.11)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, (грн/кг);

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

$C_{\text{в}j}$ – вартість відходів j -го найменування, (грн/кг).

$$M_1 = 2,0 \cdot 177,00 \cdot 1,03 - 0 \cdot 0 = 364,62 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Багатофункціональний білий офісний папір OFFICE-500 A4	177,00	2,0	0	0	364,62
Папір для записів OFFICE 70 A5-250	117,00	3,0	0	0	361,53
Органайзер офісний OFFICE 100	222,00	4,0	0	0	914,64
Набір офісний DATUM 300	201,00	3,0	0	0	621,09
Картридж для принтера HP-5500	1099,00	1,0	0	0	1131,97
Склотекстоліт СТФ 2–1.5	316,00	0,020	0,000	0,00	6,51
Хлорне залізо	185,00	0,050	0,000	0,00	9,53
Дріт монтажний	16,00	1,250	0,000	0,00	20,60
Лак УР-231	380,00	0,010	0,000	0,00	3,91

Спирт етиловий	320,00	0,250	0,000	0,00	82,40
Припій ПОС-61	540,00	0,010	0,000	0,00	5,56
Флюс БС-2	340,00	0,010	0,000	0,00	3,50
Кабель силовий	22,00	2,100	0,000	0,00	47,59
Інші матеріали	150,00	1,000	0,000	0,00	154,50
Всього					3727,95

4.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_6), які використовують при проведенні НДР на тему «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень», розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.12)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, (грн.);

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

$$K_6 = 12 \cdot 2,85 \cdot 1,03 = 35,23 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Конденсатори	12	2,85	35,23
Резистори	15	3,40	52,53
Кварцевий резонатор	1	22,40	23,07
Мікросхеми	2	165,00	339,90
Транзистори	9	52,00	482,04
Діоди	6	7,80	48,20
Роз'єми	2	28,90	59,53
Кнопки	4	15,60	64,27
Вимикач	1	32,00	32,96
Датчик температури	4	62,00	255,44
Корпус пристрою	1	240,00	247,20
Всього			1640,38

4.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i, \quad (4.13)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, (грн.);

$C_{\text{пр.і}}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1,10 \dots 1,12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{\text{спец}} = 8320,00 \cdot 1 \cdot 1,03 = 8569,60 \text{ (грн.)}$$

Отримані результати зведемо до таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Система температурного аналізу	1	8320,00	8569,60
Термометр лабораторний цифровий	1	1110,00	1143,30
Всього			9712,90

4.3.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою

$$B_{npz} = \sum_{i=1}^k C_{inpz} \cdot C_{npz.i} \cdot K_i, \quad (4.14)$$

де C_{inpz} – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, (грн.);

$C_{npz.i}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{npz} = 7646,00 \cdot 1 \cdot 1,03 = 7875,38 \text{ (грн.)}$$

Отримані результати зведемо до таблиці 4.10:

Таблиця 4.10 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Прикладний пакет моделювання процесів MatLab	1	7646,00	7875,38
Всього			7875,38

4.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_г} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (4.15)$$

де $Ц_б$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, (грн.);

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_г$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (32499,00 \cdot 2) / (3 \cdot 12) = 1805,50 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Електронний комплекс системи проведення досліджень	32499,00	3	2	1805,50
Персональний комп'ютер розробника радіоелектронної апаратури	23500,00	3	2	1305,56
Спеціалізоване робоче місце розробника	7899,00	5	2	263,30
Вольтметр	6520,00	5	2	217,33

цифровий				
Осцилограф цифровий	7800,00	5	2	260,00
Пристрій виводу текстової інформації	6660,00	4	2	277,50
Оргтехніка	8760,00	4	2	365,00
Приміщення лабораторії досліджень	420000,00	25	2	2800,00
ОС Windows 11	5840,00	3	2	324,44
Прикладний пакет Microsoft Office 2019	5320,00	3	2	295,56
Всього				7914,19

4.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (4.16)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, (грн.); (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 7,50$ (грн.);

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,32 \cdot 200,0 \cdot 7,50 \cdot 0,95 / 0,97 = 480,00 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Електронний комплекс системи проведення досліджень	0,32	200,0	480,00
Персональний комп'ютер розробника радіоелектронної апаратури	0,08	200,0	120,00
Спеціалізоване робоче місце розробника	0,08	200,0	120,00
Вольтметр цифровий	0,10	45,0	33,75
Осцилограф цифровий	0,12	45,0	40,50
Пристрій виводу текстової інформації	0,20	3,0	4,50
Оргтехніка	0,45	2,2	7,43
Всього			806,18

4.3.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень [24].

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (4.17)$$

де H_{cv} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», приймемо $H_{cv} = 20\%$.

$$B_{ce} = (43963,64 + 3979,80) \cdot 20 / 100\% = 9588,69 \text{ (грн.)}$$

4.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (4.18)$$

де H_{cn} – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», приймемо $H_{cn} = 30\%$.

$$B_{cn} = (43963,64 + 3979,80) \cdot 30 / 100\% = 14383,03 \text{ (грн.)}$$

4.3.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$I_s = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{is}}{100\%}, \quad (4.19)$$

де H_{is} – норма нарахування за статтею «Інші витрати», приймемо $H_{is} = 55\%$.

$$I_s = (43963,64 + 3979,80) \cdot 55 / 100\% = 26368,89 \text{ (грн.)}$$

4.3.12 Накладні (загально виробничі) витрати

До статті «Накладні (загально виробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$B_{нзв} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (4.20)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати», приймемо $H_{нзв} = 110\%$.

$$B_{нзв} = (43963,64 + 3979,80) \cdot 110 / 100\% = 52737,78 \text{ (грн.)}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{доо} + Z_n + M + K_v + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_v + B_{нзв}. \quad (4.21)$$

$$B_{заг} = 43963,64 + 3979,80 + 5273,78 + 11707,79 + 3727,95 + 1640,38 + 9712,90 + 7875,38 + 7914,19 + 806,18 + 9588,69 + 14383,03 + 26368,89 + 52737,78 = 199680,36 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою

$$3B = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (4.22)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta=0,9$.

$$3B = 199680,36 / 0,9 = 221867,07 \text{ (грн.)}$$

4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів цієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

Результати дослідження проведені за темою «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень» передбачають комерціалізацію протягом 4-х років реалізації на ринку. Дослідження віднесено до групи «Розробка чи суттєве вдосконалення машини (механізму, приладу, пристрою) для використання кінцевими споживачами.», таблиця 4.13.

Таблиця 4.13 - Збільшення кількості споживачів

Показник	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік
Збільшення кількості споживачів, осіб	1000	1500	1600	960

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

ΔN – збільшення кількості споживачів пристрою, у періоди часу, що аналізуються, від покращення його певних характеристик;

N – кількість споживачів які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 10000 осіб;

C_o – вартість пристрою у році до впровадження результатів розробки, прийmemo 2400,00 (грн.);

$\pm\Delta C_o$ – зміна вартості пристрою від впровадження результатів науково-технічної розробки, прийmemo 1809,20 (грн.)

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta\Pi_i$ для кожного із 4-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\mathcal{G}}{100}\right), \quad (4.23)$$

де λ – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2023 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).
Прийmemo $\rho = 35\%$;

\mathcal{G} – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2023 році $\mathcal{G} = 18\%$;

Збільшення чистого прибутку 1-го року (грн.)

$$\Delta\Pi_1 = (1809,20 \cdot 10000,00 + 4209,20 \cdot 1000) \cdot 0,83 \cdot 0,35 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 5312368,85$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року (грн.)

$$\Delta\Pi_2 = (1809,20 \cdot 10000,00 + 4209,20 \cdot 2500) \cdot 0,83 \cdot 0,35 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 6816379,15$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року (грн.)

$$\Delta\Pi_3 = (1809,20 \cdot 10000,00 + 4209,20 \cdot 4100) \cdot 0,83 \cdot 0,35 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 8420656,80$$

Збільшення чистого прибутку 4-го року (грн.)

$$\Delta\Pi_4 = (1809,20 \cdot 10000,00 + 4209,20 \cdot 5060) \cdot 0,83 \cdot 0,35 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 9383223,39$$

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків $\Pi\Pi$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки

$$\Pi\Pi = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (4.24)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, (грн.);

T – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau = 0,22$;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} \Pi\Pi &= 5312368,85/(1+0,22)^1 + 6816379,15/(1+0,22)^2 + 8420656,80/(1+0,22)^3 + \\ &+ 9383223,39/(1+0,22)^4 = 4354400,70 + 4579668,87 + 4637313,70 + 4235578,48 = \\ &= 17806961,75 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки

$$PV = k_{инв} \cdot ЗВ, \quad (4.25)$$

де $k_{инв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо $k_{инв} = 2$;

$ЗВ$ – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 221867,07 (грн.).

$$PV = k_{инв} \cdot ЗВ = 2 \cdot 221867,07 = 443734,14 \text{ (грн.)}$$

Абсолютний економічний ефект $E_{абс}$ для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме

$$E_{абс} = III - PV \quad (4.26)$$

де III – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 17806961,75 (грн.);

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 443734,14 (грн.)

$$E_{абс} = III - PV = 17806961,75 - 443734,14 = 17363227,61 \text{ (грн.)}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій E_g , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки

$$E_g = T_{ж} \sqrt{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (4.27)$$

де $E_{абс}$ – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, 17363227,61 (грн.);

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 443734,14 (грн.);

$T_{жс}$ – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, 4 роки.

$$E_g = T_{жс} \sqrt[4]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 = (1 + 17363227,61/443734,14)^{1/4} = 1,52.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій $\tau_{мін}$

$$\tau_{мін} = d + f, \quad (4.28)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2023 році в Україні $d = 0,1$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, прийmemo 0,25.

$\tau_{мін} = 0,1 + 0,25 = 0,35 < 1,52$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_g , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень» доцільно.

Період окупності інвестицій $T_{ок}$ які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g}, \quad (4.29)$$

де E_g – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 1,52 = 0,66 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

4.5 Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень» становить 42,3 бала, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий).

При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 2,48 рази.

При оцінюванні рівня конкурентоспроможності, згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 3,97 рази.

Також термін окупності становить 0,66 р., що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У суспільстві із соціально орієнтованою економікою охорона праці має бути одним з найважливіших завдань соціально-економічної політики як держави, так і кожного підприємства та організації. Охорона праці – проблема складна і багатогранна. Вивчення світового досвіду визначення економічної та соціальної ефективності заходів щодо поліпшення умов та охорони праці є актуальним і має значення для вдосконалення чинних методик, оскільки, попри велику кількість робіт присвячених цій темі, окремі її аспекти недостатньо розроблені й висвітлені особливо у галузі електроніки, автоматизації та електронних комунікацій. Законодавство України в галузі охорони праці встановлює єдині вимоги до роботодавців усіх рівнів щодо створення безпечних умов праці. Тиск, обумовлений конкуренцією, примушує багатьох роботодавців економити кошти на охороні праці і розглядати профілактику травматизму і охорону здоров'я працівників як додатковий бар'єр на шляху зниження собівартості продукції та збільшення прибутку.

У випускній кваліфікаційній роботі розроблено радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень. Відповідно до Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, на дослідника впливають такі шкідливі та небезпечні виробничі фактори [25]:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена та понижена температура повітря робочої зони; підвищена та понижена рухомість повітря; підвищена вологість повітря; нестача природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень вібрації; небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може виникнути через тіло людини.

2. Психофізіологічні: фізичні перевантаження (динамічні); нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, емоційне перевантаження).

Відповідно до зазначених небезпечних та шкідливих факторів визначаємо технічні рішення з безпечного виконання поставленого завдання.

5.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи

5.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

Розробка радіоелектронного пристрою для автоматичного регулювання температури повітря приміщень відбувалася за допомогою використання ПК та відповідного програмного забезпечення. Розробник проводить на своєму робочому місці більшу частину робочого дня, тому організація цього простору впливає і на його трудову діяльність, і на його здоров'я. З цієї причини важливо правильно підібрати стіл та інші меблі для роботи, подбати про мікрокліматі, вентиляцію і достатнє освітлення.

Приміщення, де розміщені робочі місця, повинні відповідати вимогам нормативно-технічної та експлуатаційної документації виробника персональних комп'ютерів. Для всіх будівель і приміщень, де знаходяться робочі місця, повинно бути визначено клас зони згідно з НПАОП 40.1-1.01-97 [26]. Відповідне позначення повинно бути нанесено на вхідних дверях кожного приміщення. Не дозволяється розташування приміщень з робочими місцями у підвалах і цокольних поверхах. Неприпустимим є розташування приміщень категорій А і Б, а також виробництв з мокрими технологічними процесами поряд з приміщеннями, де розташовуються робочі місця, а також над ними чи під ними. При цьому площа приміщення має бути не менше 6,0 кв. м. із розрахунку на одне робоче місце, а об'єм – не менше 20,0 куб. м

При розміщенні робочих столів з персональними комп'ютерами слід дотримуватися таких вимог:

- відстань між бічними поверхнями персональних комп'ютерів 1,2

м.;

– відстань від тильної поверхні одного персонального комп'ютера до екрана іншого – 2,5 м. За потреби особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5-2м.

Конструкція робочого місця користувача персонального комп'ютера має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози працівника. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуюваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу має регулюватися в межах 680-800 мм, а ширина і глибина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600-1400мм, глибина – 800-1000мм).

У крісла повинна бути трохи увігнута поверхня і незначний нахил спинки назад. Його висота повинна бути змінена, а вся конструкція не повинна заважати свободі рухів корпусу і рук. Бажано, щоб у крісла були підлокітники. Спинка може складатися з двох частин – зовнішньої статичної і внутрішньої, закріпленої на пружині, або бути розділеною на рухливі секції. Концепція ергономічного крісла включає такі механізми, як регулювання підлокітників, подушки під голову і поперек, міцну конструкцію підставки для ніг та механізм підйому сидіння [27].

Щодня перед початком роботи необхідно очищати монітор від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи персональний комп'ютер і периферійні пристрої повинні бути відключені від електричної мережі. У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити персональний комп'ютер і периферійні пристрої від електричної мережі [28].

ДСанПіН 3.3.2.007-98 визначає, що ті, хто працює з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ, мають пройти обов'язкові медичні огляди: попередній – під час влаштування на роботу та періодичні – протягом трудової діяльності. Обов'язковим є

проходження раз на два роки таких лікарів, як терапевта, невропатолога та офтальмолога.

На робочому місці мають бути чітко встановлені перерви для відпочинку працівників (окрім обідньої), як правило, тривалістю 10-15 хвилин раз на годину або дві залежно від складності роботи. У будь-якому випадку роботодавець повинен передбачити такий розпорядок роботи на підприємстві, щоб час неперервної роботи з комп'ютером був не більше ніж 4 години. Додатково, для збереження належного рівня здоров'я та професійної придатності робітників, рекомендується виділити на підприємстві окреме побутове приміщення для перепочинку працівників і зняття ними нервово-емоційного напруження, що виникає при роботі з комп'ютером [29].

5.1.2 Електробезпека приміщення

Виробничі, побутові, офісні та інші приміщення на території підприємств мають розгалужену мережу живлення електроспоживачів, що вже є потенційно небезпечним виробничим фактором, а також мають різноманітне електрообладнання, устаткування та пристрої (прилади), якими користуються працівники в процесі трудової діяльності. Дотримання вимог безпечної експлуатації електропроводки в приміщеннях запобігає її перевантаженню, що може привести до травмування обслуговуючого персоналу.

У приміщенні, де розроблявся радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень для живлення обладнання та системи освітлення використовується трифазна чотирихпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220. Приміщення, згідно з ПУЕ відноситься до приміщення без підвищеної небезпеки (сухе, мало заповнене, з нормальною температурою повітря, ізольованими підлогами і малим числом заземлених приладів). Електротехнічне устаткування: апаратури, кабелі, розподільні пристрої всіх

видів і напруг по своїх номінальних параметрах задовольняє умовам роботи як при нормальних режимах, так і при коротких замиканнях, перенапругах, перевантаженнях.

Персональні комп'ютери, периферійні пристрої, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники), електропроводи та кабелі за виконанням і ступенем захисту мають відповідати класу зони, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, застосовувати негорючу ізоляцію. Усі провідники мають відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту.

Відповідальність за організацію безпечної експлуатації електроустановок покладена на роботодавця, який призначає відповідального за справний стан і безпечну експлуатацію електроустановок, розробляє посадові інструкції працівників та інструкції з безпечного виконання робіт та організовує навчання і перевірку знань працівників, своєчасний огляд електроустановок та проведення профілактичних, протиаварійних та приймально-здавальних випробувань [30].

З метою досягнення максимального рівня безпечності і охорони праці при роботі з комп'ютером, виробничі приміщення необхідно обладнати аптечками першої медичної допомоги, системами автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками [31].

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат середовища суттєво впливає на стан організму людини, її працездатність протягом робочого дня. Показники температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, теплового випромінювання нагрітих поверхонь характеризують клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення. В процесі трудової діяльності людина перебуває у тепловій взаємодії з виробничим середовищем. За оптимальних мікрокліматичних умов в організмі працівника, завдяки терморегуляції, підтримується постійна температура тіла (36,6 °С). Кількість тепла, що утворюється в організмі, залежить від фізичного навантаження працівника, а рівень тепловіддачі – від мікрокліматичних умов виробничого середовища. При високій температурі повітря значна частина тепла втрачається випаровуванням. Разом з потом організм втрачає воду, вітаміни, мінеральні солі. Таким чином, внаслідок зневоднювання, порушується обмін речовин.

Робота розробника відноситься до легкої фізичної роботи категорія Іа. Параметри мікроклімату наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Іа	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Іа	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці передбачається: використання систем обігріву (в холодну пору року), застосування кондиціонерів (в теплу пору року) та систематичне вологе прибирання приміщення.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Важливе значення для нормальної життєдіяльності людини має чисте повітря певного хімічного складу: кисень 20,95%, азот 78,08%, інертні гази 0,97% (по об'єму). Але повітря такого складу не завжди є у виробничих приміщеннях, так як значна частина технологічних процесів супроводжується виділенням шкідливих речовин у вигляді газу, пари, пилу та аерозолів. Галузь телекомунікації не є винятком. На її підприємствах є технологічні процеси, при виконанні яких в повітря виробничих приміщень надходять шкідливі парогазові речовини. Це, наприклад, пари сірчаної кислоти, їдких натрію та калію при приготуванні та заливці кислотних та лугових електродитів; при зберіганні, зарядці та експлуатації акумуляторів; пари клеючих сполук на основі епоксидних смол при виконанні монтажних робіт, при зберіганні та підготовці смол до використання; при паянні апаратів, приладів, модемів, печатних плат; при зварюванні пластмасових муфт; пари бензину при чистці обладнання та приладів; пари палива і мастил при експлуатації обладнання пересувних електростанцій; при роботах з використанням газових паяльників та паяльних ламп; при зберіганні та експлуатації балонів для стиснутих і скраплених газів; при покритті виробів лаками та фарбами тощо.

В приміщенні, де виконується роботи, можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил, озон та вуглекислий газ. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, згідно ДСН 3.3.6.042-99 які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2 [32].

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	10	4	4
Озон	0,16	0,03	4

Вуглекислий газ	3	1	4
-----------------	---	---	---

Важливо, щоб повітря мало певний йонний склад. В повітрі містяться негативні і позитивні йони, які, в свою чергу, бувають легкі, середні і важкі. Важкі йони утворюються в результат осадження легких йонів на різних частках: пилу, краплинах. В незабрудненому повітрі переважно знаходяться легкі йони, в забрудненому – важкі. Нормується оптимальний вміст легких йонів у повітрі робочої зони на робочому місці розробника, відповідно до таблиця 5.3.

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

5.2.3. Виробниче освітлення

Приміщення, в яких встановлені персональні комп'ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28:2018. Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природною освітленості (КПО) не нижче ніж 1,5%. Розраховується КПО за методикою, викладеною в ДБН В.2.5-28:2018 [33].

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. У разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення). Зазначення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500лк. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300лк.

Слід передбачити обмеження прямої блискості від джерел природного та штучного освітлення. При цьому яскравість світлих поверхонь (вікна, джерела штучного освітлення), що розташовані в полі зору повинна бути не більше ніж 200 кд/м^2 . Необхідно обмежувати відбиту блискість на робочих поверхнях відносно джерел природного і штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на екрані ВДТ має не перевищувати 40 кд/м^2 , а яскравість стелі в разі застосування системи відбитого освітлення – 200 кд/м^2 .

В приміщенні, особливо в зимовий період, коли світлий день досить короткий, природнього освітлення може бути недостатньо, тому використовується місцеве штучне освітлення. Штучне освітлення здійснюється світлодіодними лампами. Для забезпечення нормативного значення освітлення передбачено: використання додаткового штучного освітлення та систематичне очищення вікон та світильників;

5.2.4 Виробничий шум

Ступінь негативного впливу шуму залежить від сили і частоти звуку, тривалості його дії, фізичного і психічного стану людини. Шкідливий вплив

виробничого шуму виявляється як у специфічному ушкодженні органів слуху, так і порушень багатьох інших органів, в першу чергу центральної нервової системи. Інтенсивний виробничий шум призводить до часткової або повної втрати слуху. Зміни слуху настають при дії шуму більше 80 дБА і відбуваються протягом 3-5 років залежно від фізичного стану працівника. Ознаками розвитку приглухуватості є погане сприйняття розмови пошепки та шум у вухах.

Під впливом шуму відбуваються зміни не тільки в слуховому центрі нервової системи, але і в тих відділах, які регулюють такі життєво важливі функції, як кровообіг, дихання, травлення, кровотворення, рухову діяльність та інші. Це зумовлено тим, що нервові імпульси від органів слуху поширюються по всьому мозку. Негативний вплив шуму на нервову систему працівника виявляється у головних болях, безсонні, швидкій стомлюваності, підвищеному потовиділенні, треморі пальців і рук, підвищеному роздратуванні, порушеннях пам'яті і уваги, а на серцево-судинну систему – у болях в області серця, зменшенні частоти пульсу, гіпотонії або гіпертонії.

Шум призводить до погіршення координації рухів, зниження працездатності і продуктивності праці. Дослідження фізіологів показують, що при шумі у виробничих приміщеннях 80—90 дБА працівник змушений витратити в середньому на 20 % більше енергії для збереження виробітку, досягнутого ним в умовах шуму нижче 75 дБА

Нормовані значення шумового навантаження на розробника при виконанні роботи, наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Рівні звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допуст-мий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

В досліджуваному приміщенні рівень шуму відповідає нормативному. При появі підвищеного рівня шуму, основними заходами його зниження є: усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі (за рахунок модернізації обладнання, використання тихих технологій, правильного монтажу та обслуговування обладнання.), використання звукопоглинаючих матеріалів та раціонального планування виробничих приміщень.

5.2.5. Виробничі випромінювання

Під час розробки радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень на працівника діє електромагнітне випромінювання (ЕМВ), що створюється ПК. Тривалий та інтенсивний вплив ЕМВ призводить до стійких порушень в організмі людини та захворювань. Сумісна дія випромінювань широкого діапазону може викликати радіохвильову хворобу. Тяжкість її наслідків безпосередньо залежить від напруженості ЕМП, фізичних особливостей різних діапазонів частот, тривалості впливу, умов навколишнього середовища, а також від функціонального стану та стійкості організму до впливу різних чинників, його адаптаційних можливостей. Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань наведені в табл. 5.5 [34].

Таблиця 5.5 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	20кВ / м 15кВ / м

Для забезпечення безпеки від дії ЕМВ використовують організаційні, інженерно-технічні та лікувально-профілактичні заходи. Організаційні заходи містять оптимальне розміщення технологічного устаткування, розробку гігієнічно-обґрунтованих режимів праці та відпочинку та зменшення часу перебування у зоні опромінення. Технічні заходи включають віддалення робочого місця від джерела випромінювання. Лікувально-профілактичні заходи передбачають періодичні медогляди.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори на робочому місці розробника оцінюються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Вільна зручна поза, можливість зміни пози (сидячи, стоячи) за бажанням працівника. Знаходження в позі стоячи до 40% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 250

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: до 50

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: до 4

По вертикалі: до 2

Інтелектуальні навантаження:

– зміст роботи – творча діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму;

– сприймання інформації та їх оцінка – сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів;

– розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка.

Зміст роботи: Сприймання сигналів, але без потреби в корекції дій, Обробка та виконання завдання, Робота за індивідуальним планом

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) до 25

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи до 75

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) до 2

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) до 16

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за виконання окремих елементів завдання.

Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (приймів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово більше 10

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) більше 100

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) менше 75

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 8

Змінність роботи однозмінна робота (без нічної зміни)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, достатньої тривалості 7% і більше часу зміни

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

5.3.1 Дія вогню на живі організми під час пожежі

Коли людина перебуває в зоні впливу пожежі, то вона може потрапити під дію таких небезпечних та шкідливих чинників: токсичні продукти горіння; вогонь; підвищена температура середовища; дим; недостатність кисню; руйнування будівельних конструкцій; вибухи; витікання небезпечних речовин, що відбуваються внаслідок пожежі; паніка.

Токсичні продукти горіння становлять найбільшу загрозу для життя людини, особливо при пожежах у будівлях. Адже в сучасних виробничих, побутових та адміністративних приміщеннях знаходиться значна кількість синтетичних матеріалів, що є основними джерелами токсичних продуктів горіння. Так, при горінні пінополіуретану та капрону утворюється ціанистий водень (синильна кислота), вініпласту – хлористий водень та оксид вуглецю, лінолеуму – сірководень та сірчистий газ і тощо. Найчастіше при пожежах відзначається високий вміст у повітрі оксиду вуглецю. Так, у підвалах, шахтах, тунелях, складах його вміст може становити від 0,15 до 1,5%, а в приміщеннях – 0,1-0,6%.

Вогонь – надзвичайно небезпечний чинник пожежі, однак випадки його безпосередньої дії на людей зустрічаються досить рідко. Під час пожежі температура полум'я може досягати 1200-1400 °С і у людей, що знаходяться у зоні пожежі випромінювання полум'я можуть викликати опіки та больові відчуття.

Небезпека підвищеної температури середовища полягає у тому, що вдихання розігрітого повітря разом із продуктами горіння може призвести до ураження органів дихання та смерті. В умовах пожежі підвищення температури середовища до 60 °С вже є життєво небезпечною для людини.

Дим являє собою велику кількість видимих найдрібніших твердих та (або) рідинних часточок незгорівших речовин, що знаходяться в газах у завислому стані. Він викликає інтенсивне подразнення органів дихання та слизових оболонок (сильний кашель, сльозотечу тощо). Крім того, у задимлених приміщеннях внаслідок погіршення видимості сповільнюється евакуація людей, а часом провести її зовсім неможливо. Так, при значній задимленості приміщення видимість предметів, що освітлюються лампочкою потужністю 20 Вт, складає не більше 2,5 м.

Недостатність кисню спричинена тим, що в процесі горіння відбувається хімічна реакція окислення горючих речовин та матеріалів. Небезпечною для життя людини уже вважається ситуація, коли вміст кисню в повітрі знижується до 14% (норма 21 %). При цьому втрачається координація рухів, з'являється кволість, запаморочення, гальмування свідомості. При концентрації кисню 9-11% смерть настає через кілька хвилин.

Вибухи, витікання небезпечних речовин можуть бути спричинені їх нагріванням під час пожежі, розгерметизацією посудин та трубопроводів з небезпечними рідинами та газами тощо. Вибухи збільшують площу горіння і можуть призводити до утворення нових осередків пожеж. Люди, що перебувають поблизу, можуть потрапити під дію вибухової хвилі, діставати ураження уламками тощо.

Руйнування будівельних конструкцій відбувається внаслідок втрати ними несучої здатності під впливом високих температур та вибухів. При цьому люди можуть одержати значні механічні травми, опинитися під уламками завалених конструкцій. До того ж, евакуація може бути просто неможливою, внаслідок завалів евакуаційних виходів та руйнування шляхів евакуації [35].

5.1.2 Визначення кількості вогнегасників

Вихідні дані: розміри приміщення (м): $11 \times 6 \times 3,2$.

Відповідно до ОНТП 24-86, приміщення, де використовуються персональні комп'ютери, слід оснащувати переносними вуглекислотними або порошковими вогнегасниками ємністю 3 л з розрахунку: один вогнегасник на кожні 20 м^2 підлоги приміщення.

Отже, орієнтовна кількість вогнегасників визначається за формулою

$$n = \frac{S_{II}}{S_{III}} \text{ [шт]}, \quad (5.1)$$

де S_{II} – площа підлоги приміщення, м^2 ;

S_{III} – площа підлоги, що припадає на один вогнегасник ($S_{III} = 20 \text{ м}^2$).

Згідно відомих розмірів приміщення знайдемо площа підлоги приміщення:

$$S_{II} = ab \text{ [м}^2\text{]}, \quad (5.2)$$

де a – довжина приміщення, м;

b – ширина приміщення, м.

Отже, площа підлоги приміщення складає

$$S_{II} = 11 \cdot 6 = 66 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Таким чином, визначаємо орієнтовну кількість вогнегасників

$$n = 66 / 20 = 3,3 \text{ (шт)}.$$

Одержане значення заокруглюємо до найближчого більшого значення $n = 4$ шт.

5.3.3 Розробка превентивних заходів з підвищення безпеки роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій

З метою попередження пожежі проводяться організаційні, технічні, експлуатаційні та режимні заходи.

До організаційних заходів відносяться: навчання працюючих правилам пожежної безпеки, проведення інструктажів, бесід, лекцій та ін.

До технічних – дотримування протипожежних правил і норм при встановленні опалення, вентиляційного обладнання.

До експлуатаційних – заходи, які передбачають правильну експлуатацію машин, обладнання, транспорту, правильне утримання будинків і території.

ВИСНОВКИ

В данній роботі представлено розробку, проведено моделювання та аналіз системи радіоелектронного пристрою для автоматичного регулювання температури приміщення. Детально розглянуто засади на яких ґрунтується робота таких пристроїв, розглянуто велику кількість таких приладів, після проведеного аналізу пропонується схема і програма розроблена під мікроконтролер PIC 16F877A.

Система використовує мікроконтролер PIC 16F877A для блоку управління і LM35 в якості датчика температури. Вихідна потужність змінювалася шляхом встановлення температури на різних рівнях. Система є надзвичайно корисною для людей з обмеженими можливостями. Ця система може бути використана в промисловості або в будь-якому приміщенні, де необхідно підтримувати температуру на певному рівні. Система була розроблена з використанням програмного забезпечення Proteus та Multisim. Система була змодельована і працює відповідно до технічного завдання. В майбутньому в систему може бути інтегрований GSM-модуль, щоб можна було керувати системою контролю температури на відстані.

По даним наведеним у розділі «Економічна частина» можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи. Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 42,3 бала, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий).

Також наведені різні технічні рішення з безпечного виконання роботи, а саме обладнання приміщення та робочого місця, електробезпека приміщення. Розглянуті технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії. Проведено дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій, а саме дія вогню на живі організми під час пожежі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. S. Ludwig, J. Pritchard, 10 principles of sustainable, cost-effective design: building a safer, more efficient machine, in: Control Engineering Magazine, ЖОВТЕНЬ 2010.
2. VongsagonBoonsawat, JuraratEkchamanonta, KulwadeeBumrungkhet and SomsakKittipiyakul. XBee Wireless Sensor Networks for Temperature Monitoring. Research Article, School of Information, Computer, and Communication Technology, Thailand 12000.
3. Jeffery M. Nixon, Anton K. Schindler, Robert W. Barnes and Samuel A. Wade. 2008. Evaluation of the Maturity Method to Estimate Concrete Strength. ALDOT Research Project 930–590, Research Report
4. T. F. Edgar, B. A. Ogunnaike, J. J. Downsc, K. R. Muske, and B. W. Bequette, Renovating the undergraduate process control course, Comput Chem Eng 30 (2006), 1749-1762.
5. Lizy Abraham and Shayama Subair. 2014. LabVIEW based Modelling and Analysis of Temperature Sensors. First International Conference on Computational Systems and Communications, IEEE: 277-281.
6. J.E. Johnson, P.F. Maccarini, D. Neuman, P.R. Stauffer, Automatic temperature controller for multi element array hyperthermia systems, IEEE Trans. Biomed. Eng. 53 (6) (2006) 1006-1015.
7. Astrom K. J., Hagglund T. Advanced PID control. – ISA, 2006, - 460 p.
8. B. Ian, Self-programmable temperature control system for a heating and cooling system. United States of America Patent US5088645 A, 24 June 1992.
9. Jeffery M. Nixon, Anton K. Schindler, Robert W. Barnes and Samuel A. Wade. 2008. Evaluation of the Maturity Method to Estimate Concrete Strength. ALDOT Research Project 930–590, Research Report
10. N. Barroca, L. M. Borges, F. J. Velez, F. Monteiro, M. Górski, and J. Castro-Gomes. 2013. Wireless sensor networks for temperature and humidity

monitoring within concrete structures. *Construction and Building Materials*, 24(3): 3156-3166

11. A. Norris, M. Saafi, and P. Romine. 2008. Temperature and moisture monitoring in concrete structures using embedded nanotechnology / microelectromechanical system (MEMS) sensors. *Construction and Building Materials*, 22(2): 111-120.

12. M. R. Levine, Automatic temperature adjusting system for air conditioner room. China Patent CN103335385 A, 6 Червень 2013.

13. S.B Poll, Automatic heater controller. United States of America Patent US4086466 A, 21 June 2006.

14. Yongsheng Liu, Fangming Deng, Yigang He, Bing Li, Zhen Liang and Shuangxi Zhou. 2017. Novel concrete temperature monitoring method based on an embedded passive RFID sensor tag. *Sensors* 17(7),1463.

15. J.E. Johnson, P.F. Maccarini, D. Neuman, P.R. Stauffer, Automatic temperature controller for multi element array hyperthermia systems, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 53 (6) (2006) 1006-1015.

16. T.O. Loup, M. Torres, F.M. Milian, P.E. Ambrosio, Bluetooth embedded system for room-safe temperature monitoring, *Latin Am. Trans. IEEE (Rev. IEEE Am. Lat.)* 9 (6) (2011) 911-915.

17. Astrom K. J., Hagglund T. *Advanced PID control*. – ISA, 2006, - 460 p.

18. S.J. Selvarani, Online health monitoring system using Zigbee, *Int. J. Comput. Sci. Eng.* 3 (4) (2011) 1578-1583.

19. L. Ke, H.T. Lei, L. Lifang, Design of temperature and humidity monitoring system based on Zigbee technology, in: *Control and Decision Conference, CCDC, 2009*, pp. 3628-3631 (June 2009), Chinese.

20. LM35 Datasheet (PDF) - Texas Instruments

21. PIC16F877A (PDF) - Texas Instruments

22. Timothy D. Green, “Embedded System Programming with the PIC16F877” second edition, (2008)

23. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

24. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепка – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.

25. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14_nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

26. НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок - [Електронний ресурс] - https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=21826

27. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги - [Електронний ресурс] - http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028

28. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/98.156~2014.pdf>

29. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин - [Електронний ресурс] - <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text>

30. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Ре

31. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

32. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

33. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

34. ДСанПіН 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. // Офіційний вісник України від 07.09.2009 - 2009 р., № 66

35. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В. Ф. Сакевич. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.

Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ

Виконав: студент 2-го курсу, групи РТ-22м
спеціальності 172 – Телекомунікації та радіо-
техніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Шурхал М.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., професор каф. ІРТС

Семенов А.О.
(прізвище та ініціали)

«15» 12 2023 р.

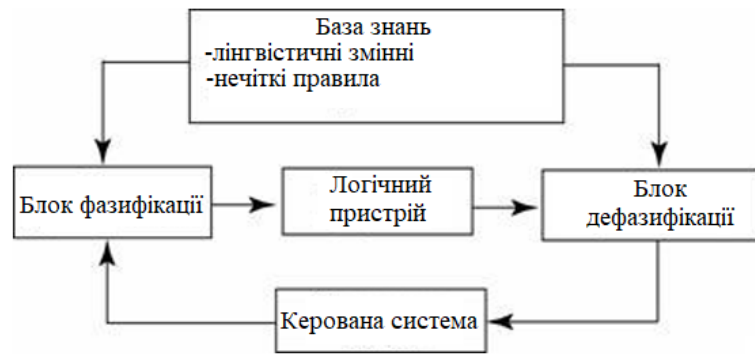


Рисунок 1 – Блок-схема мікроконтролера, що реалізує нечітку логіку

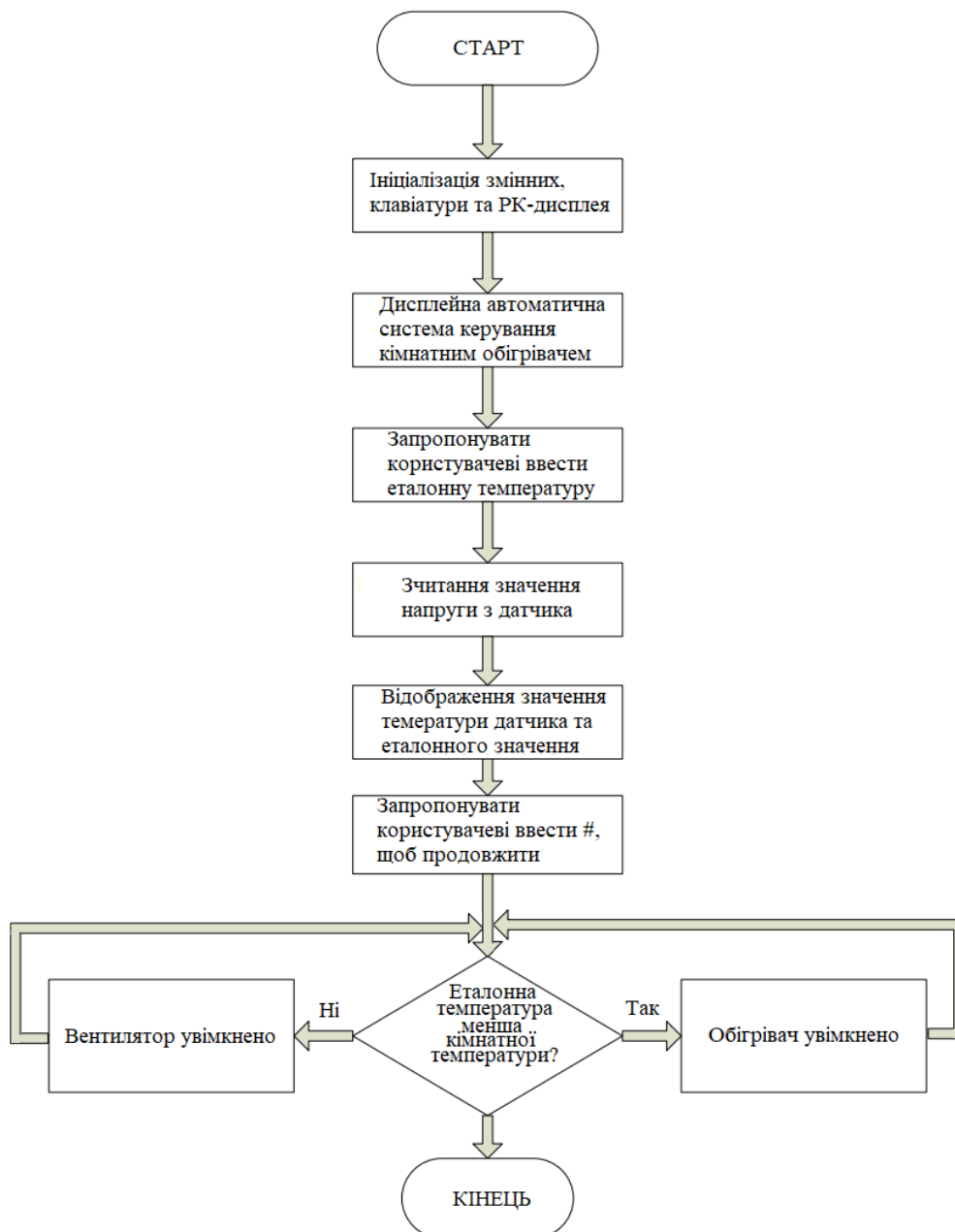


Рисунок 2 – Структурна схема системи

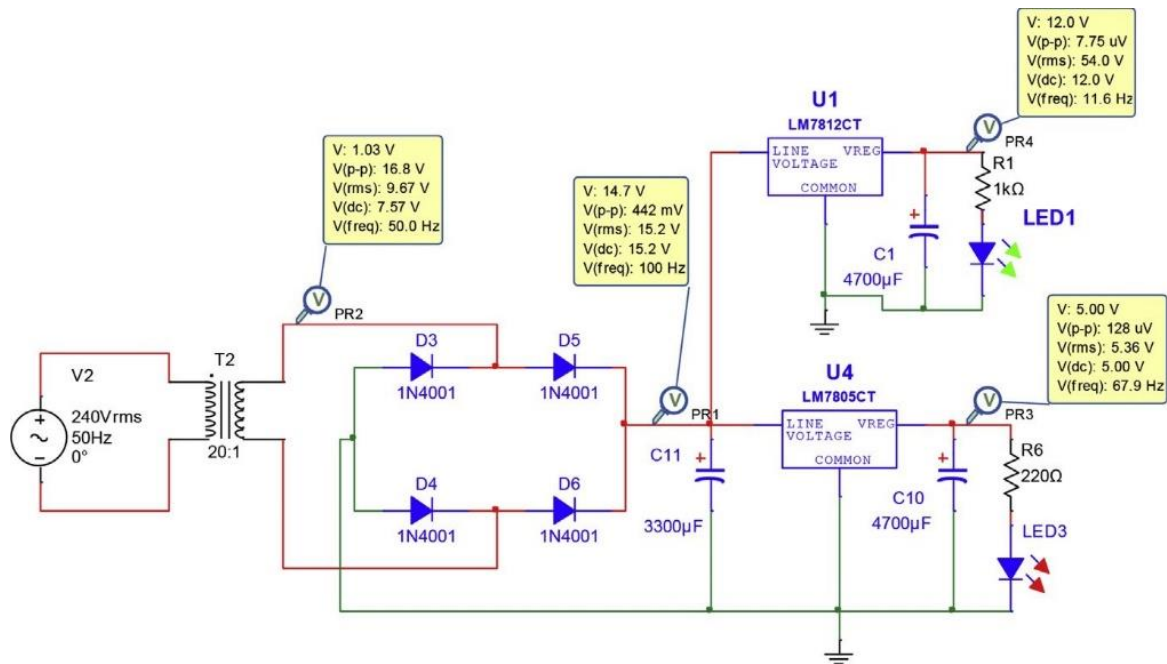


Рисунок 3 – Промодельована схема блоку живлення

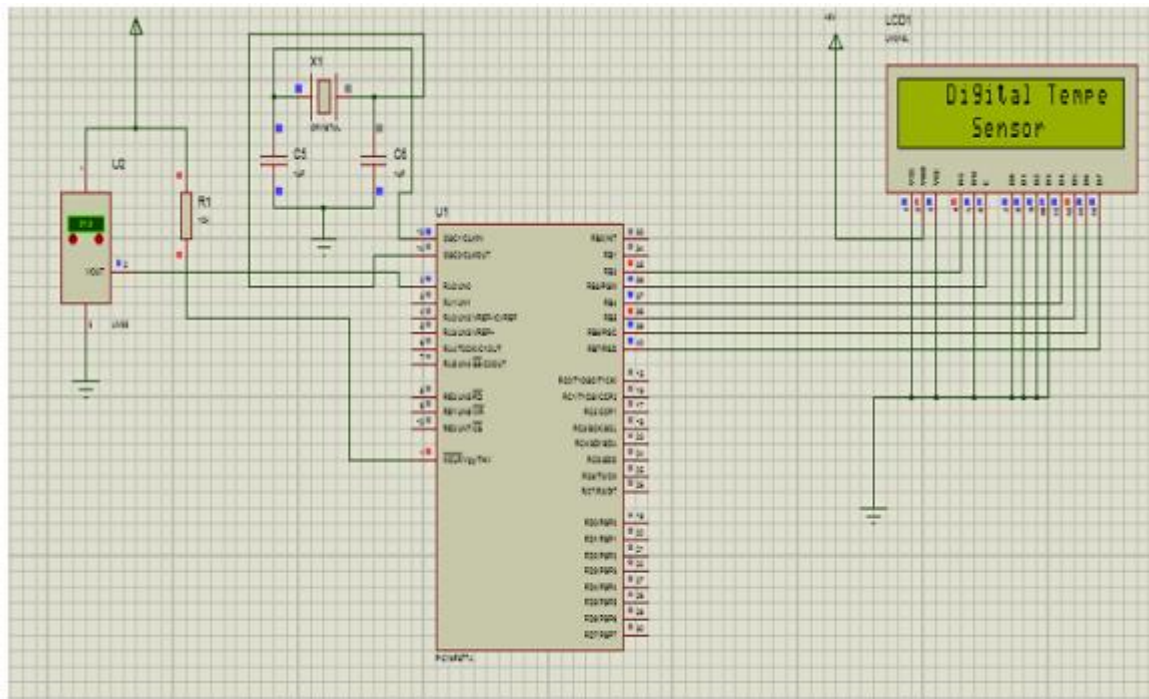


Рисунок 4 – Перший процес системи

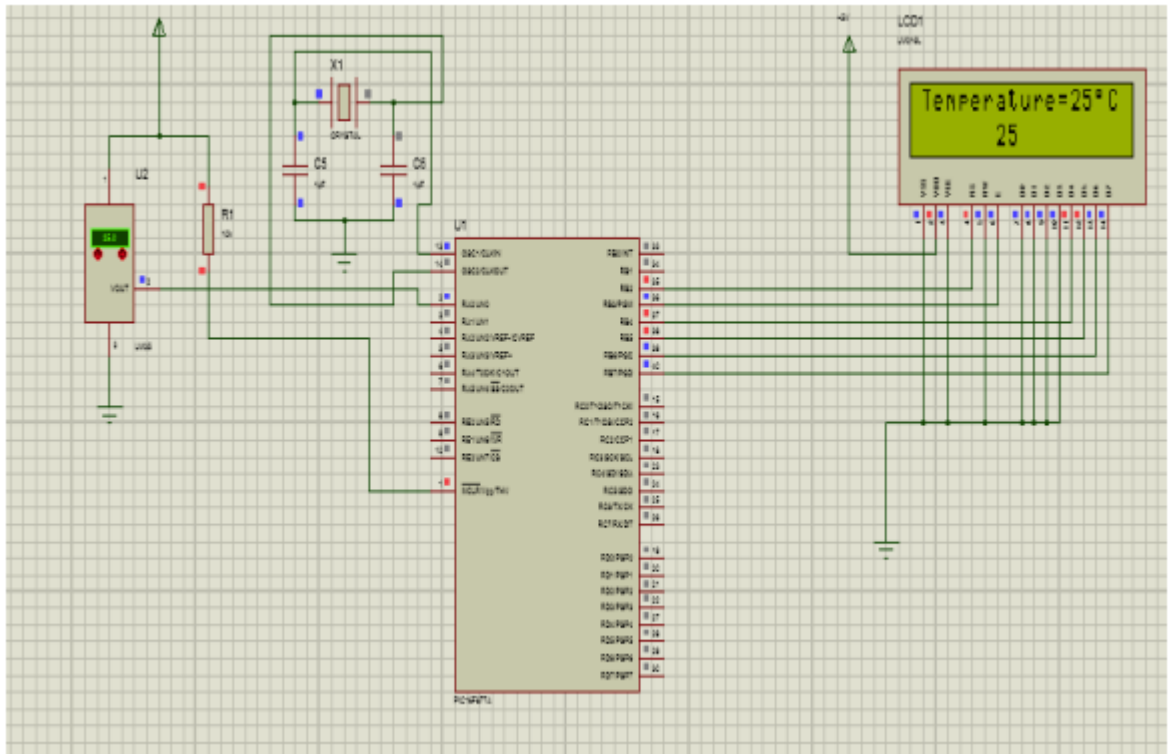


Рисунок 5 – Кінцевий результат кімнатної температури

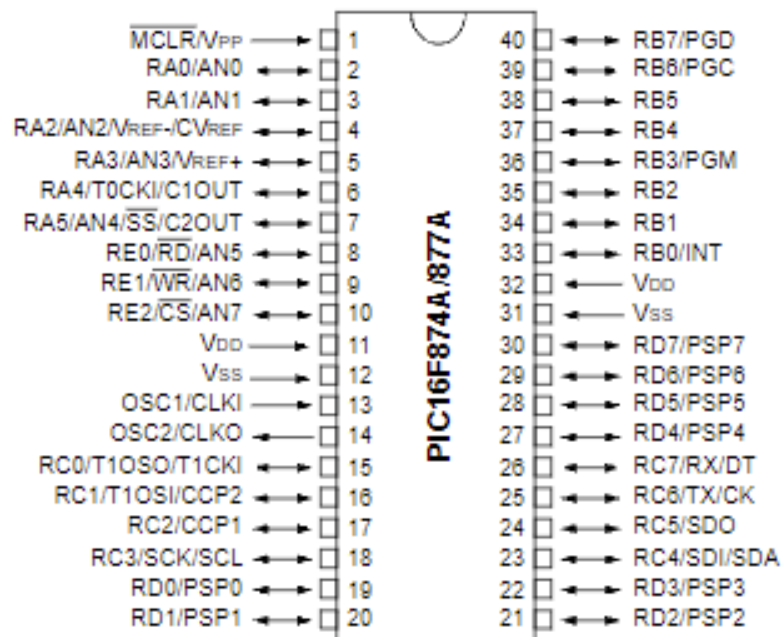


Рисунок 6 – Виводи мікроконтролера PIC16F877A

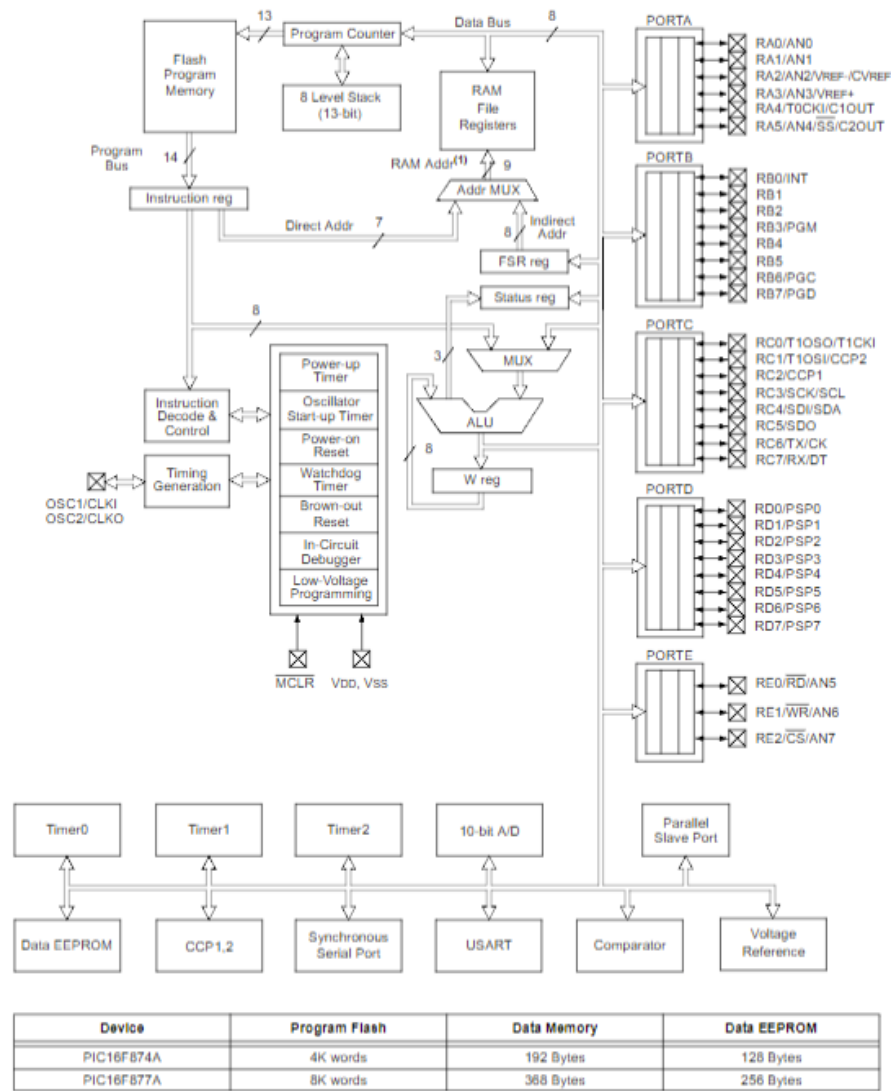


Рисунок 7 – Структурна схема мікроконтролера PIC16F877A

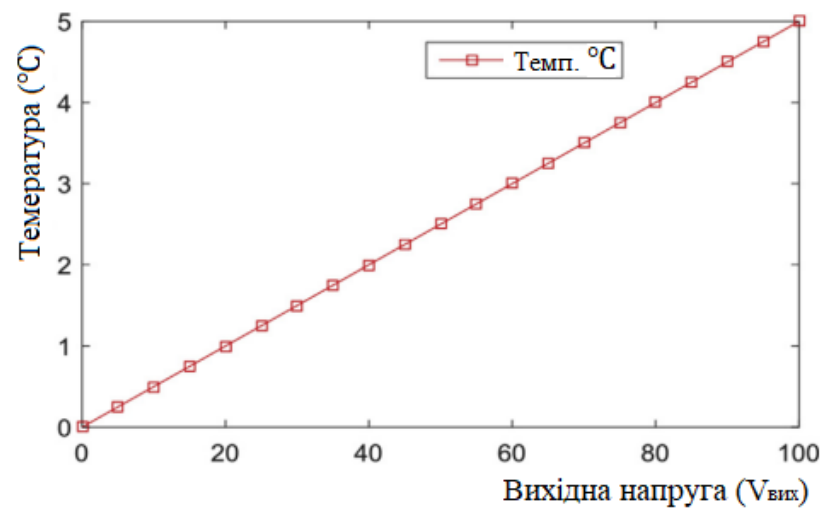


Рисунок 8 – Результат вимірювання температури та вихідної напруги датчика температури LM35

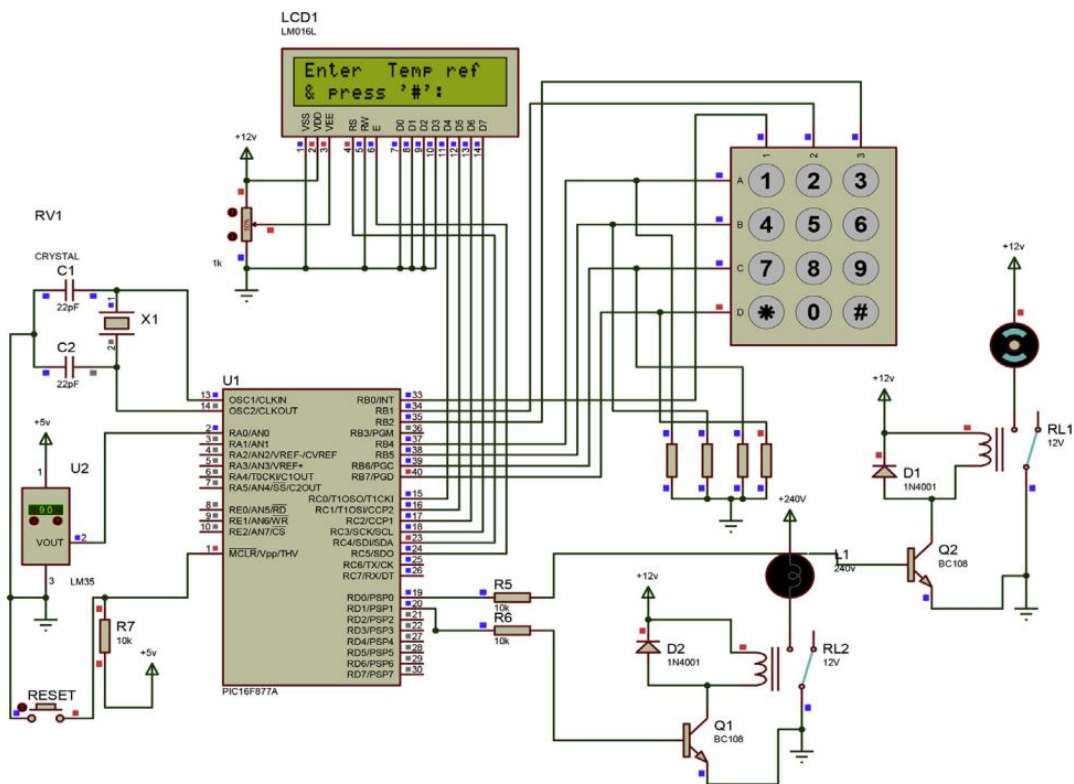


Рисунок 9 – Результат запиту користувача на введення еталонної температури

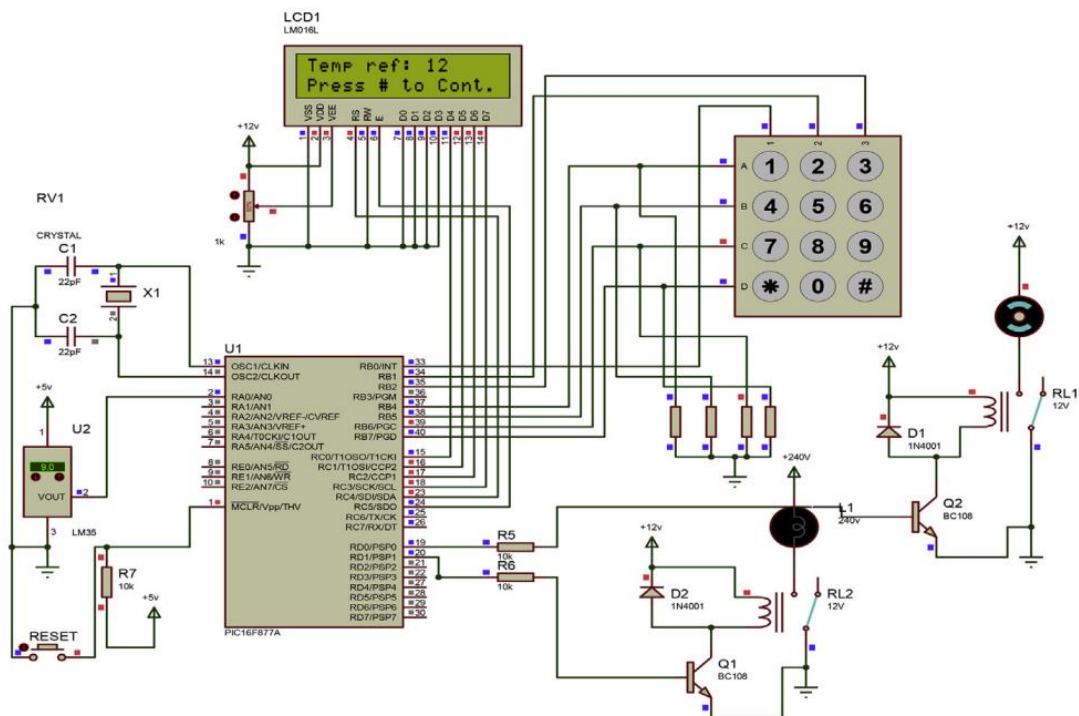


Рисунок 10 – Результат користувача, який ввів 12 як еталонну температуру

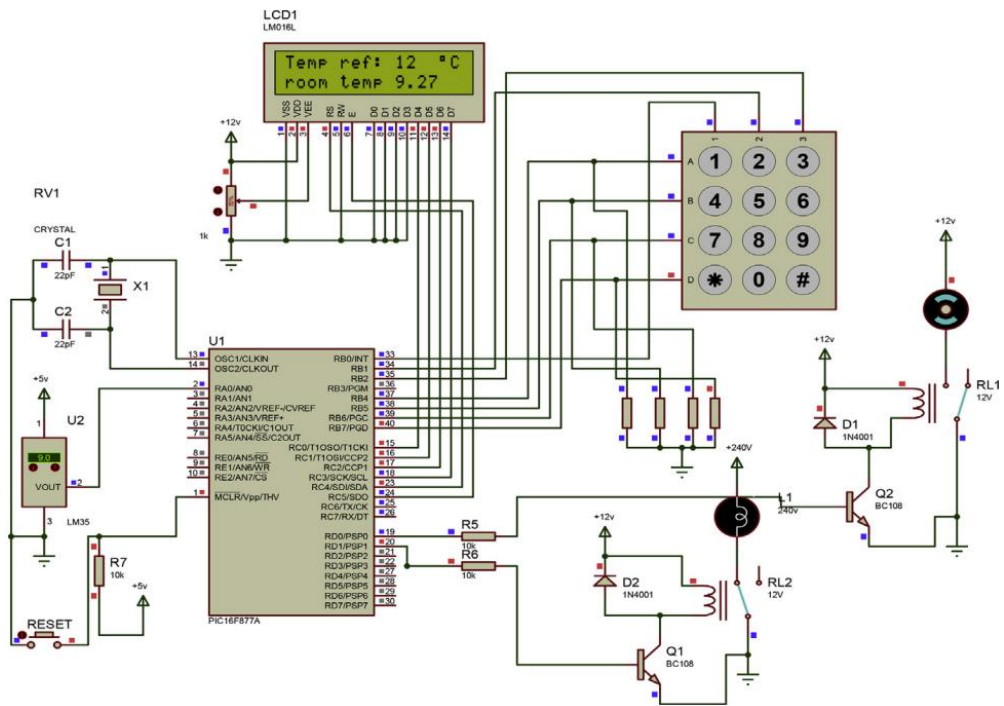


Рисунок 11 – Результат користувач ввів 12 °C як задану температуру та увімкнів нагрівч (L2)

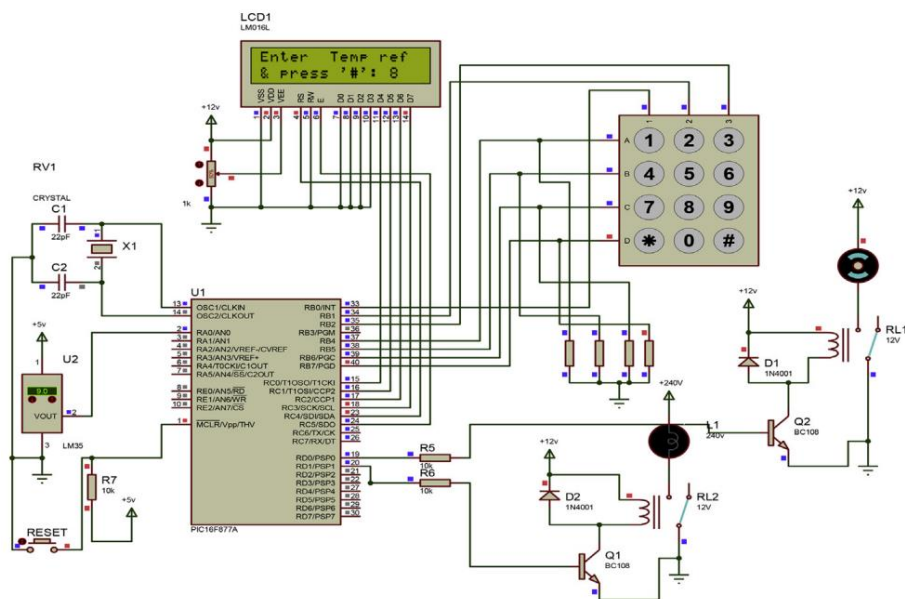


Рисунок 12 – Результат користувач ввів 8 °C в якості Ref temp, а потім ввів # на клавіатурі, щоб продовжити

Додаток Б
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ РОБОТИ
РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Радіоелектронний пристрій для автоматичного регулювання температури повітря приміщень»

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)


Підрозділ кафедра ІРТС
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 98,3% Схожість 1,7%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Звягін О.С.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи  Шурхал М.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Семенов А.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток В
(довідниковий)

Лістинг програми на PIC16F877A

```

*/
sbit LCD_RS at RB0_bit;
sbit LCD_EN at RB1_bit;
sbit LCD_D4 at RB2_bit;
sbit LCD_D5 at RB3_bit;
sbit LCD_D6 at RB4_bit;
sbit LCD_D7 at RB5_bit;
//
sbit LCD_RS_Direction at TRISB0_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB3_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB5_bit;
//
float temperature;
float Displaytemp;
char temp[4];
//
void main(){
    TRISB=0X00;        //all PORTB as output
    TRISA=0x0F;        //PORTA0 as input
    TRISC=0X00;        // PORTC as output
    //
    Lcd_Init();        //initialise the LCD
    ADC_Init();        //initialise ADC
    //
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); //clear the LCD
    Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); //cursor off
    //
    Lcd_Out(1,1,"temperature"); //3
    Lcd_Out(2,1,"sensor"); //4
    Lcd_Out(3,-3,"Designed by"); //3
    Lcd_Out(4,-3,"Engr Brandon NM"); //1
    delay_ms(3500);
    //
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);

```

```
//
while(1){
    temperature=ADC_Read(RA0);
    floattostr(Displaytemp,temp);
    Lcd_Out(1,2,"temperature=");

    Displaytemp=(temperature*50*10)/1023;
    Lcd_Out(2,12,Ltrim(temp));
    //
    Lcd_Out(2,16,"C");
    delay_ms(500);
    if(Displaytemp<22){
        PORTC.F0=1;    //HEATER ON
        PORTC.F1=0;    //FAN OFF
        Lcd_Out(3,-3,"HEATER ON");
        Lcd_Out(3,-3,"FAN OFF");
    }
    if(Displaytemp>22 && Displaytemp<25){
        PORTC.F0=0;    //HEATER OFF
        PORTC.F1=0;    //FAN OFF
        Lcd_Out(3,-3,"HEATER OFF");
        Lcd_Out(3,-3,"FAN OFF");
    }
    if(Displaytemp>25){
        PORTC.F0=0;    //HEATER OFF
        PORTC.F1=1;    //FAN ON
        Lcd_Out(3,-3,"HEATER OFF");
        Lcd_Out(3,-3,"FAN ON");
    }
}
}
```