

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень


Двоканальна кіберфізична система широкодіапазонного контролю температур
промислового застосування на базі мікроконтролера aduc841
Назва теми


КвРКІ.200240.20.02.17 ПЗ
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Шифр, назва

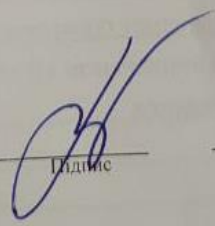
Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ2-20-2  М. Л. Поліщук
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник  В.М Стецюк
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер  І.О. Засорнова
Підпис, дата Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем

 Т.О. Говорущенко
Підпис Ініціали, прізвище

« 24 » червня 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЯ ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О. Говорушенко

“ 10 ” 01 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Поліщуку Миколі Леонідовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Двоканальна кіберфізична система широкодіапазонного контролю температур промислового застосування на базі мікроконтролера aduc841

Керівник проекту (роботи) Стецюк М.В., ст. викладач

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 15.02.2024 р. № 8

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 03.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Теоретичні основи досліджуваної проблеми

Обґрунтування вибору апаратних та програмних засобів

Побудова схем та алгоритму контролю температур

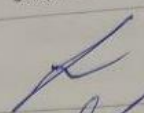



5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Блок-схема алгоритму контролю температур

Схема електрична структурна

Схема електрична функціональна

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Засорнова І.О., доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

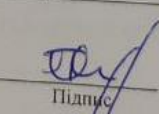
7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2024 р.

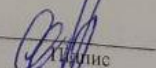
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2024	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2024	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2024	виконано
4	Робота над розділом 2 – обґрунтування вибору програмних засобів	01.04.2024	виконано
5	Робота над розділом 3 – програмна реалізація системи розподілених обчислень	30.04.2024	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	31.05.2024	виконано
7	Попередній захист ВКР	30.05.2024	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2024 року	

Студент

Керівник проекту (роботи)


Підпис


Підпис

М. Л. Поліщук
Ініціали, прізвище

В. М. Стецюк
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Двоканальна кіберфізична система широкодіапазонного контролю температур промислового застосування на базі мікроконтролера aduc841».

Автор роботи: Поліщук Микола Леонідович.

Керівник роботи: Стецюк Василь Миколайович.

Пояснювальна записка: 56 с., 15 рис., 3 дод., 50 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУР, ПРОМИСЛОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ,
МІКРОКОНТРОЛЕР ADuC841, КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА.

Метою роботи є дослідження та розробка схема двоканальної кіберфізичної системи широкодіапазонного контролю температур промислового застосування на базі мікроконтролера aduc841.

У цій роботі досліджено роботу з мікроконтролером aduc841. Розглянуто загальні відомості про мікроконтролери та побудовано алгоритм контролю температури для двоканальної кіберфізичної системи. Також розроблено 2 основні схеми для комфортної та ефективної роботи з aduc841, а саме: схему електричну структурну та схему електричну функціональну.



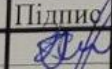
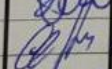
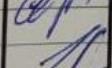

Підпис студента

30.05.2024

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	1
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ПРОБЛЕМИ.....	2
1.1 Поняття мікроконтролерів, та розгляд ADuC841	2
1.2 Технічні характеристики, опис, структурна схема мікроконтролера ADuC841.....	4
1.3 Широкодіапазонні давачі температури.....	7
1.4 Аналіз відомих рішень.....	15
1.5 Висновки	17
2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ.....	19
2.1 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення.....	19
2.2 Вибір технологій для розробки засобу моніторингу.....	23
2.3 Засоби для організації комунікації в системі.....	34
2.4 Висновки	41
3 ПОБУДОВА СХЕМ ТА АЛГОРИТМУ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУР.....	42
3.1 Розробка схеми електричної структурної.....	42
3.2 Розробка схеми електричної функціональної.....	45
3.3 Розробка алгоритму функціонування пристрою.....	50
3.4 Висновки	54
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	57
ДОДАТОК А копія креслення «Блок-схема алгоритму контролю температур» ..	61
ДОДАТОК Б копія креслення «Схема електрична структурна»	62
ДОДАТОК В копія креслення «Схема електрична функціональна».....	63

				КвРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			
Виконав		Поліщук М.Л			двоканальна кіберфізична система широкодіапазонного контролю температур промислового застосування на базі мікроконтролера aduc841	Літера	
Перевір.		Стешок В.М		21.06.24		Аркуш	
Н.контр.		Засорнова І.О				Аркушів	
Затвер.		Говорущенко Т.О		24.06	ХНУ, КІ2-20-2		
					59		

ВСТУП

У світлі стрімкого розвитку технологій та високих стандартів якості в промисловості, виникає необхідність вдосконалення систем контролю та моніторингу, спрямованих на оптимізацію виробничих процесів.

Однією з перспективних та потужних галузей в цьому контексті є кіберфізичні системи, які поєднують в собі фізичні аспекти реальних процесів та інтелектуальне управління. Кіберфізичні системи відкривають нові можливості для автоматизації та оптимізації виробничих процесів за допомогою інтеграції цифрових та фізичних компонентів. Розвиток кіберфізичних систем відкриває широкі перспективи для промисловості, дозволяючи підвищити ефективність та якість продукції, знизити витрати та ризики виробництва.

Об'єктом розгляду у даній кваліфікаційній роботі є двоканальна кіберфізична система контролю температур, спроектована для промислових застосувань і заснована на мікроконтролері ADUC841. Важливим аспектом дослідження є аналіз технічних характеристик системи та її реальна ефективність у різноманітних умовах експлуатації.

Мета даного дослідження полягає в ретельному вивченні можливостей та обмежень використання вказаної системи, а також визначенні практичної застосованості у промислових виробництвах.

Результати цього аналізу можуть визначити подальші напрямки розвитку та вдосконалення кіберфізичних систем для оптимізації технологічних процесів та підвищення ефективності виробництва.

Дослідження спрямоване на виявлення переваг та можливостей використання цієї системи в реальних умовах експлуатації, а також на ідентифікацію можливих викликів та шляхів подальшого вдосконалення.

Це дозволить не лише розкрити потенціал вказаної кіберфізичної системи, але і сприятиме формулюванню рекомендацій для виробництва з метою оптимізації та впровадження сучасних технологічних рішень в індустріальному середовищі.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ПРОБЛЕМИ

1.1 Поняття мікроконтролерів, та розгляд ADuC841

Мікроконтролери, визначаючи новий етап розвитку електроніки, стали невід'ємною частиною сучасного технічного ландшафту, забезпечуючи автоматизацію та інтелектуалізацію широкого спектру пристроїв і систем.

Завдяки своїй мініатюрності, ефективності та гнучкості, мікроконтролери відіграють ключову роль у реалізації функціональності і керуванні у найрізноманітніших сферах життя.

Мікроконтролер – це невеликий вбудований комп'ютер, який поєднує в собі процесор, пам'ять та периферійні пристрої на одному мікросхемі. Завдяки своїй здатності ефективно виконувати програми та взаємодіяти з різними пристроями, мікроконтролери стали невід'ємною складовою електронних систем [1-2].

Основною сферою застосування мікроконтролерів є вбудовані системи, такі як домашні пристрої, автомобільна електроніка, медичне обладнання та промислові автоматизовані системи.

Їх використання дозволяє реалізувати різноманітні функції, від простого управління світлодіодами до складних алгоритмів керування великими виробничими лініями.

У цьому контексті, вивчення та розуміння принципів роботи мікроконтролерів, їхніх технічних характеристик та можливостей є важливим завданням для інженерів та розробників. В даному звіті детально розглядатиметься мікроконтролер ADuC841, розкриваючи його ключові аспекти та можливості у сфері промислового контролю температурних процесів.

Мікроконтролер ADuC841 відіграє ключову роль в системах промислового контролю, забезпечуючи ефективність, надійність та точність у виробничих процесах.

Його основна функція полягає в керуванні та моніторингу різноманітних параметрів, таких як температура, тиск, вологість та інші, що є критичними для оптимального функціонування обладнання та систем в промисловому середовищі.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Завдяки вбудованим периферійним пристроям і інтерфейсам, мікроконтролер ADuC841 може легко взаємодіяти з давачами, виконавчими механізмами та іншими компонентами промислових систем. Його програмований характер дозволяє адаптувати його до різноманітних завдань та вимог конкретного виробничого процесу [3].

У реальному часі мікроконтролер виконує обробку даних, приймає рішення та надає зворотний зв'язок для регулювання параметрів виробничого обладнання. Його надійність та стабільність роботи роблять його важливим елементом в системах автоматизації, де забезпечення постійного контролю та управління є критичними для ефективності та безпеки виробничих процесів [4].

На рисунку 1.1 можна побачити мікроконтролер ADuC841.

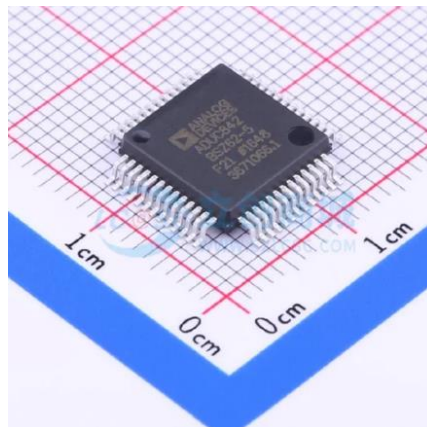


Рисунок 1.1 – Мікроконтролер ADuC841.

Коротка історія розробки даного мікроконтролера, яка допоможе краще зрозуміти його необхідність та пройдені етапи тестування. Дасть направить на відповідь чому саме цей мікроконтролер.

Розробка мікроконтролера ADuC841 бере свій початок у 90-х роках, коли Analog Devices визначила потребу в компактному, але потужному мікроконтролері для вбудованих систем у промисловому контролі.

Початкові етапи включали в себе обширне дослідження ринку та технічні концепції для визначення ключових параметрів та можливостей пристрою.

Засновуючись на вивченні ринкових потреб, інженери розпочали проектування архітектури ADuC841.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Робота включала розробку вбудованих функцій, оптимізацію шляхів взаємодії та вибір технологічних рішень, які забезпечили б високу продуктивність та гнучкість у різних застосуваннях [5-6].

Прототипи ADuC841 були піддані ретельним випробуванням та валідації, щоб переконатися в їхній надійності та відповідності вимогам промисловості.

Цей етап включав інтенсивні тестування як в лабораторних умовах, так і в умовах реального застосування. У кінці 90-х та на початку 2000-х років мікроконтролер ADuC841 вже був введений в експлуатацію. Одразу після цього він став неймовірно популярним.

Його впровадження в електронні пристрої для промислового контролю стало важливим етапом в еволюції вбудованих систем.

З роками ADuC841 пройшов через кілька етапів оновлення та модернізації, щоб врахувати нові вимоги промисловості та технологічні інновації. Оновлені версії вносили покращення у характеристики та функціональність, роблячи мікроконтролер ще більш адаптованим до сучасних викликів.

Сьогодні мікроконтролер ADuC841 залишається одним із важливих компонентів у світі вбудованих систем, де його історія розробки та впровадження свідчить про великий внесок у розвиток та оптимізацію промислових технологій.

Про це свідчать також продажі та ціна даного мікроконтролера, адже у такого потужного елемента повинні бути відповідні показники на ринку [7].

1.2 Технічні характеристики, опис, структурна схема мікроконтролера ADuC841.

ADuC841 є функціонально завершеним контролером інтелектуальних давачів і включає в себе високоякісний багатоканальний АЦП із самокалібруванням, два ЦАПи, і швидкий (20МГц) з однотактовим виконанням команд 8-ми розрядний програмований мікроконтролер з системою команд МК 8051 на одному кристалі.

Ядром МК є контролер 8052, що забезпечує пікову продуктивність до 20 MIPS. На кристалі розміщено 62Кбайт Flash пам'яті програм, 4Кбайт Flash пам'яті

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

даних, 256 байт пам'яті з довільним доступом (RAM) і 2Кбайт розширеної пам'яті з довільним доступом (XRAM). Ця пам'ять забезпечує достатньо простору для зберігання великих обсягів програмного коду та даних, що є важливим для складних задач промислової автоматизації [8-9].

В склад ADuC841 входять також додаткові аналогові пристрої: два 12-розрядні ЦАПи, монітор напруги живлення і джерело опорної напруги. Ці пристрої дозволяють здійснювати точні вимірювання та генерацію аналогових сигналів, що є необхідним для взаємодії з різними типами сенсорів та виконавчих механізмів.

Додатковими цифровими пристроями є: два 16-розрядні ЦАПи, два 16-розрядні широтно-імпульсні модулятори, сторожовий таймер, лічильник часових інтервалів, три таймери-лічильники, і три порти послідовного вводу-виводу (SPI, I2C, і UART). Ці пристрої забезпечують можливості для широкого спектра задач, від точної генерації сигналів до синхронізації різних процесів і комунікації з іншими пристроями.

Заводська прошивка контролера підтримує завантаження програмного забезпечення через послідовний порт UART, а також емуляцію через один контакт пристрою – EA. Це спрощує процес розробки та відладки програмного забезпечення, забезпечуючи гнучкість та зручність для інженерів [10-11].

Мікроконтролер ADuC841 є ключовим елементом у сучасних системах промислового контролю, де його висока продуктивність, гнучкість та ефективність роботи роблять його важливим інструментом для автоматизації та оптимізації різних процесів. Великий спектр технічних характеристик та ключових особливостей мікроконтролера ADuC841 робить його відмінним вибором у широкому спектрі промислових застосувань.

Управління Промисловими Процесами. Мікроконтролер ADuC841 забезпечує точне та надійне управління промисловими процесами, включаючи регулювання температури, контроль вологості та інші параметри, що впливають на якість та ефективність виробничих ліній.

Моніторинг та Збір Даних. Вбудовані периферійні пристрої, такі як аналого-цифровий перетворювач (АЦП) та інтерфейси для взаємодії з сенсорами,

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

дозволяють мікроконтролеру здійснювати моніторинг та збір даних в реальному часі.

Автоматизоване Керування. За допомогою вбудованих таймерів та лічильників, мікроконтролер забезпечує автоматизоване керування часовими подіями та виконанням задач у виробничих процесах.

Взаємодія з Периферійними Пристроями. Інтерфейси, такі як UART, SPI та I2C, дозволяють мікроконтролеру взаємодіяти з різноманітними периферійними пристроями, включаючи сучасні сенсори, дисплеї та інші.

Енергоефективність. Оптимізована для низького споживання енергії робота в режимі очікування робить мікроконтролер ідеальним для застосувань, де важлива енергоефективність.

Програмована Гнучкість. Можливість програмованої конфігурації робить ADuC841 універсальним інструментом для вирішення різноманітних завдань, від простих до високотехнологічних.

Висока Надійність. Вбудована система контролю живлення та надійність апаратної частини гарантують стабільну та безперебійну роботу мікроконтролера у критичних умовах.

Відкриті Можливості Розробки. Наявність розширених інструментів для роботи та документації створює комфортні умови для розробки та імплементації проектів.

Мікроконтролер ADuC841 є невід'ємною частиною вирішення завдань у сучасних промислових умовах, де вимагається висока продуктивність, надійність та гнучкість у керуванні та моніторингу різних процесів для досягнення оптимальних результатів виробництва [12-15].

Мікроконтролер ADuC841 знаходить широке застосування в реальних промислових сценаріях. Наприклад, його використовують у системах автоматизації виробничих ліній для контролю та регулювання температури обладнання. В промислових установках, де важливий точний контроль процесів, ADuC841 використовується для моніторингу різних параметрів, таких як тиск, вологість та електричні сигнали [16].

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

У сфері автоматизації будівель, мікроконтролер використовується для керування системами освітлення та кондиціонування повітря, оптимізуючи споживання енергії та забезпечуючи комфортні умови для працівників.

Також, мікроконтролер ADuC841 може бути використаний у системах медичного обладнання для вимірювання та моніторингу параметрів пацієнта, забезпечуючи високу точність та швидку обробку даних.

У сфері автомобільної промисловості, мікроконтролер може контролювати різноманітні системи, включаючи двигун, системи безпеки та комфорту, забезпечуючи ефективну та безпечну експлуатацію автомобілів.

Ці приклади відображають широкий спектр застосувань мікроконтролера ADuC841 в промислових системах, де його висока продуктивність та гнучкість роблять його ключовим елементом для забезпечення стабільності та ефективності виробничих процесів [17].

1.3 Широкодіапазонні давачі температури.

Широкодіапазонні давачі температури грають важливу роль у промисловості та наукових дослідженнях, надаючи високу точність та надійність вимірювань. Їх значення визначається різноманітністю застосувань та високою чутливістю до широкого діапазону температурних значень.

У промисловості, широкодіапазонні давачі температури використовуються для контролю та регулювання температурних параметрів у виробничих процесах. Наприклад, в області виробництва електроніки вони можуть вимірювати температуру обладнання, щоб запобігти перегріву та забезпечити нормальну експлуатацію. У сфері харчової промисловості широкодіапазонні давачі допомагають забезпечити точність та стабільність у технологічних процесах, таких як виробництво харчових продуктів та зберігання [18-19].

Наукові дослідження використовують широкодіапазонні давачі температури для збору даних у різних дослідницьких областях. У фізиці, хімії та біології вони важливі для вивчення реакцій при різних температурах та для створення оптимальних умов для проведення експериментів. У метеорології

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

широкодіапазонні давачі допомагають вимірювати температуру навколишнього середовища, що є важливим для передбачення погодних умов та розробки кліматичних моделей.

Загальне значення широкодіапазонних давачів температури полягає в їхньому внеску у забезпечення стабільності, ефективності та безпеки в різноманітних галузях, сприяючи точним вимірюванням та контролю температурних процесів.

Широкодіапазонні давачі температури важливі для різноманітних сфер застосування з численних причин, оскільки вони забезпечують високу точність вимірювань та надійність в умовах зміни температурних умов. Розглянемо основні типи давачів та їхні переваги та недоліки [20-21].

Термопара - це пристрій для вимірювання температури, який ґрунтується на явищі термоелектричного ефекту. Вона складається з двох різних металевих провідників, з'єднаних у точці зварювання, яку називають зварювальним сполученням або термічним сполученням. Коли це сполучення піддавати температурному градієнту, з'являється різниця температур між двома кінцями термопари. Це призводить до виникнення електродвигунної сили (ЕДС) в термопарі, яка залежить від різниці температур. Оскільки різні метали мають різний термоелектричний потенціал, тип і матеріали термопари можуть варіюватися в залежності від вимог конкретного застосування. Термопари широко використовуються в науці та промисловості для вимірювання температури в різних середовищах [22-23].

Переваги:

- Широкий діапазон вимірювань.
- Добра чутливість до змін температури.
- Можливість вимірювання в екстремальних умовах.

Недоліки:

- Невисока точність порівняно з іншими технологіями.
- Потребує внутрішнього джерела енергії (наприклад, компенсаційного гальванічного елемента).
- Схильність до електромагнітних перешкод.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 1.2 можна побачити термопара.



Рисунок 1.2 — Термопара

Терморезистор – це електричний резистор, опір якого змінюється зі зміною температури. Основний принцип роботи терморезистора ґрунтується на терморезистивному ефекті, що означає залежність опору провідника від температури.

Зазвичай, терморезистори виготовляються з напівпровідникових матеріалів, таких як оксиди металів, що дозволяє досягати високої точності і стабільності вимірювань.

Найпоширенішим типом терморезистора є позитивний температурний коефіцієнт опору (РТС). Цей тип терморезистора характеризується тим, що його опір збільшується разом із зростанням температури.

РТС-терморезистори часто використовуються в додатках, де необхідно обмежити або захистити від перегріву. Наприклад, їх використовують у системах захисту від перевантажень у електричних ланцюгах.

Інший тип - негативний температурний коефіцієнт опору (NTC), де опір зменшується при підвищенні температури. NTC-терморезистори широко використовуються для точного вимірювання і контролю температури.

Їх можна знайти в термометрах, давачах температури для клімат-контролю, а також у багатьох побутових і промислових пристроях.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ

Арк.

Терморезистори можуть бути виготовлені з різних матеріалів, включаючи оксиди металів (наприклад, оксид нікелю, оксид кобальту), полімерні матеріали та інші напівпровідникові матеріали.

Вибір матеріалу впливає на характеристики терморезистора, такі як діапазон робочих температур, точність і стабільність.

У промисловості терморезистори використовуються для контролю температури в процесах виробництва і забезпечення безпеки обладнання. Наприклад, вони можуть контролювати температуру в технологічних процесах, запобігаючи перегріву обладнання та забезпечуючи стабільність виробництва. Також терморезистори застосовуються в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря для точного контролю температури [24].

У автомобільній промисловості терморезистори застосовуються для моніторингу температури різних систем автомобіля, таких як двигун, система охолодження та кондиціонування повітря.

Наприклад, NTC-терморезистори часто використовуються в датчиках температури охолоджуючої рідини, забезпечуючи оптимальну роботу двигуна та попередження перегріву.

У медицині терморезистори використовуються для вимірювання температури тіла пацієнта в медичних приладах, таких як термометри та монітори життєвих показників.

Вони забезпечують високу точність вимірювань, що є критичним для діагностики та лікування. Терморезистори також використовуються в інкубаторах для новонароджених, забезпечуючи стабільні умови температури.

У науці і технологіях терморезистори можуть використовуватися для досліджень та вимірювань у лабораторних умовах. Вони дозволяють точно контролювати температуру під час експериментів та тестувань нових матеріалів і пристроїв.

Наприклад, в лабораторних умовах терморезистори можуть бути використані для контролю температури в хімічних реакціях або для тестування термостабільності матеріалів.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Терморезистори широко застосовуються в побутовій техніці для контролю температури. Вони використовуються в пральних машинах, посудомийних машинах, духових шафах та холодильниках для забезпечення оптимальної роботи і економії енергії.

Наприклад, в пральних машинах терморезистори контролюють температуру води, забезпечуючи ефективне прання і захист від перегріву.

Серед переваг терморезисторів слід виділити наступні:

Терморезистори відрізняються високою точністю вимірювань, забезпечуючи точні і стабільні показники температури, що критично важливо у багатьох застосуваннях, особливо при вимірюванні низьких температур, де інші сенсори можуть бути менш ефективними. Вони менш вразливі до електромагнітних перешкод, що підвищує їх надійність у різних умовах, і мають широкий діапазон застосувань від промисловості до медицини і побутової техніки. Крім того, вони доступні за відносно низьку вартість і мають швидкий час відгуку на зміни температури.

Але не дивлячись на все вищесказане, терморезистори також мають свої недоліки, що включають в себе наступне:

Терморезистори мають обмежений діапазон робочих температур порівняно з термопарами, що може ускладнювати їх застосування в додатках, де потрібне вимірювання дуже високих температур. Крім того, вони потребують додаткового джерела живлення для коректної роботи, що може бути незручно для автономних систем. Для досягнення високої точності вимірювань можуть знадобитися компенсаційні схеми, що збільшує складність і вартість системи, а також з часом їх характеристики можуть змінюватися, вимагаючи періодичної калібровки. [25].

Отже терморезистори є важливими компонентами у багатьох системах контролю температури завдяки їх високій точності, надійності і широкому діапазону застосувань. Незважаючи на деякі обмеження, такі як обмежений діапазон температур і потреба в додатковому джерелі енергії, терморезистори залишаються популярними у промислових, медичних і побутових додатках.

Їх використання дозволяє забезпечити точний контроль температури. На рисунку 1.3 зображено терморезистор.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

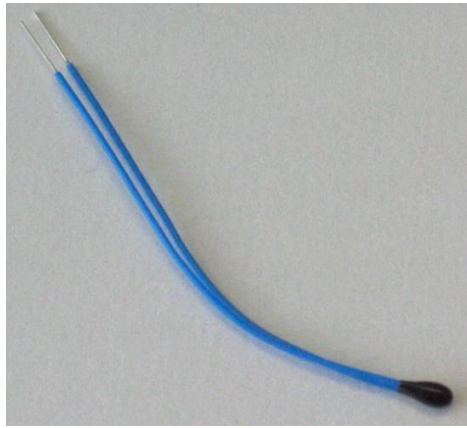


Рисунок 1.3 — Терморезистор

Інфрачервоні давачі є пристроями, призначеними для виявлення і вимірювання інфрачервоного (ІЧ) випромінювання.

Ці давачі використовуються для різних цілей, включаючи вимірювання температури об'єктів, виявлення руху, контроль безпеки, термографію та інші застосування.

Основним принципом їхньої роботи є вимірювання інтенсивності інфрачервоного випромінювання, яке потім конвертується в відповідний сигнал або виводиться в цифровому або аналоговому форматі для подальшого оброблення.

Ці давачі мають широкий спектр застосувань, включаючи вбудовані системи безпеки, теплові камери, вимірювання температури обладнання, детектори руху для систем автоматизації будівель, а також в медичних пристроях та наукових дослідженнях.

Інфрачервоні давачі виявляються дуже ефективними для вимірювання та моніторингу температур, особливо в областях, де традиційні термометри можуть бути непрактичними або недостатньо точними. Їхні можливості забезпечують широкий спектр застосувань в різних сферах техніки і науки.

Переваги:

- Безконтактне вимірювання: Можливість вимірювання температури без прямого фізичного контакту з об'єктом, що особливо корисно для рухомих, небезпечних або важкодоступних об'єктів.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

– Швидкість вимірювань: Швидко отримання результатів без затримок, що важливо для динамічних процесів.

– Відсутність впливу на об'єкт: Інфрачервоне випромінювання не впливає на вимірюваний об'єкт, що дозволяє зберігати його стан незмінним.

Недоліки:

– Залежність від типу поверхні об'єкта.

– Обмежений діапазон вимірювань.

– Вплив атмосферних умов на точність.

На рисунку 1.4 зображено інфрачервоний давач.



Рисунок 1.4 — Інфрачервоний давач

Кожен тип давача має свої унікальні характеристики, що робить їх підходящими для конкретних умов застосування. Вибір конкретного типу залежить від вимог щодо точності, діапазону температур, швидкості вимірювань та умов використання.

Розглядаючи принципи роботи давачів, можна сказати що термопари працюють на принципі ефекту Томсона, де при нерівномірному нагріванні двох різних металів утворюється електродиференціальна сила (ЕДС), яка пропорційна температурній різниці. Терморезистори використовують зміну опору зі зміною температури. Інфрачервоні давачі вимірюють теплове випромінювання об'єктів, перетворюючи його в електричний сигнал.

Зміни температури впливають на кожен тип давача різним чином. Термопари реагують на зміни температури зміною напруги, терморезистори - зміною опору.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Інфрачервоні датчики реєструють теплове випромінювання об'єкта. Ці зміни в електричних параметрах датчиків інтерпретуються спеціалізованими електронними схемами, що призводить до вимірювання температурних значень. Функціональність датчиків визначається їхньою чутливістю, точністю та швидкістю реакції на зміни температури, що робить їх ефективними для вимірювань у різних умовах та застосуваннях.

Розробка та використання широкодіапазонних датчиків температури стикаються із кількома поточними викликами. Одним з них є досягнення високої точності та стабільності вимірювань у різних умовах, включаючи екстремальні температурні умови та зміну середовища.

Другим викликом є покращення чутливості та швидкості відгуку датчиків, особливо у вимірюваннях в реальному часі. Це особливо важливо в сучасних технологіях, де точність контролю температури є ключовою для оптимізації енергоефективності та якості виробництва.

Інший важливий аспект - це забезпечення надійності та довговічності датчиків у різних умовах експлуатації. Це включає в себе стійкість до впливу агресивних середовищ, а також забезпечення мінімального впливу зовнішніх факторів на роботу датчиків [26].

Щодо тенденцій в розвитку, спостерігається зростання інтересу до використання наноматеріалів та нанотехнологій у виробництві датчиків температури, що може призвести до поліпшення їхніх характеристик. Також, розвиток бездротових технологій та Інтернету речей впливає на розширення можливостей моніторингу та керування температурними процесами в реальному часі.

Загалом, широкодіапазонні датчики температури є критичними компонентами для численних галузей, і подальший розвиток включатиме в себе вирішення вищезазначених викликів, спрямованих на підвищення їхньої ефективності та узгодженості в різноманітних умовах використання [27].

Загальні висновки щодо важливості та перспектив розвитку широкодіапазонних датчиків температури свідчать про їх вирішальну роль у сучасному індустріальному та науковому середовищі.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Важливість цих давачів полягає в їхньому внеску у точне вимірювання та контроль температурних процесів, що впливає на якість, ефективність та безпеку виробництва.

Широкий спектр застосувань широкодіапазонних давачів температури включає промислові процеси, медичинські дослідження, наукові експерименти та багато інших галузей. Вони стають невід'ємною частиною систем автоматизації, контролю та моніторингу у реальному часі.

Перспективи розвитку широкодіапазонних давачів температури визначаються необхідністю вирішення викликів, таких як підвищення точності та стабільності вимірювань, покращення чутливості та швидкості реакції, а також забезпечення надійності та довговічності в різних умовах експлуатації.

Розвиток нових технологій, використання наноматеріалів та інтеграція з бездротовими мережами сприятимуть постійному удосконаленню функціональних характеристик давачів та розширенню їхнього застосування в різних галузях.

Очікується, що розвиток цих технологій буде сприяти вдосконаленню процесів вимірювання та контролю температур, що в свою чергу позитивно впливає на різні сфери людського життя.

1.4 Аналіз відомих рішень.

Актуальність та розвиток технології системи контролю температури на мікроконтролері ADuC841 визначаються потребою у точності та ефективності управління температурними параметрами в різних областях.

Використання ADuC841 виправдане завдяки його надійності, гнучкості та високій продуктивності, що робить його оптимальним вибором для сучасних систем контролю температури.

Мікроконтролер ADuC841 відзначається своєю здатністю ефективно працювати в режимі реального часу, що робить його ідеальним для застосувань, де необхідна миттєва реакція на зміни температурних умов.

Його висока енергоефективність та невелика споживана потужність роблять його відмінним вибором для батарейно-живлених пристроїв та мобільних

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

застосувань. ADuC841 забезпечує точність та стабільність у вимірюваннях та керуванні температурою, зокрема в промислових, медичних та наукових додатках. Його гнучкість та легка інтеграція з різноманітними сенсорами роблять його популярним рішенням для сучасних систем контролю температури.

Мікроконтролер ADuC841 залишається актуальним в контексті росту інтересу до систем автоматизації та Інтернету речей (IoT).

Його здатність взаємодіяти з іншими пристроями та мережами дозволяє вбудовувати його в різноманітні системи та розвивати зручні та ефективні рішення для віддаленого моніторингу та управління температурними процесами.

Розширення його можливостей у сферах штучного інтелекту та аналізу даних робить його конкурентоспроможним у сучасних вимогах до систем контролю температури, особливо в умовах зростаючого обсягу даних та потреби в їх інтелектуальному аналізі.

Постійна підтримка та оновлення від виробника забезпечують високий рівень безпеки та стабільності у використанні. Інтеграція з різноманітними сенсорами та пристроями розширює області його застосування від промислових комплексів до домашніх систем управління.

Усе це робить мікроконтролер ADuC841 важливим інструментом для розробників та інженерів, які шукають надійне та універсальне рішення для систем контролю температури у різних областях застосування.

Мікроконтролер ADuC841 сприяє ефективному використанню енергії в системах контролю температури, що є критичним аспектом в умовах зростаючої уваги до сталості енергопостачання та збереження ресурсів.

Його компактні розміри та висока інтегрованість роблять його ідеальним для вбудованих систем, де обмежений обсяг місця та важлива компактність.

Це особливо актуально для мобільних пристроїв, автономних сенсорів та інших рішень, де простір та вага є критичними факторами. Напрямок розвитку технології систем контролю температури на базі ADuC841 також визначається ростом вимог до високопродуктивних та високонадійних рішень для сучасних застосувань.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Його компактні розміри та висока інтегрованість роблять його ідеальним для вбудованих систем, де обмежений обсяг місця та важлива компактність. Це особливо актуально для мобільних пристроїв, автономних сенсорів та інших рішень, де простір та вага є критичними факторами.

Використання мікроконтролера ADuC841 є доцільним через його високий рівень функціональності та надійності, що відповідає вимогам сучасних технологічних рішень в галузі контролю температури.

Його застосування забезпечує точність, стабільність та ефективність у вимірюваннях та керуванні температурою, сприяє ефективному використанню енергії та розширює можливості інтеграції з іншими системами.

Це робить ADuC841 важливим компонентом для розробників та інженерів, що працюють над створенням інноваційних та надійних рішень для контролю температури в різних областях застосування [27].

1.5 Висновки

Мікроконтролери відіграють вирішальну роль у сучасній електроніці, забезпечуючи автоматизацію і інтелектуалізацію різноманітних пристроїв і систем.

Їх мініатюрність, ефективність та гнучкість роблять їх незамінними у вбудованих системах, таких як побутова техніка, автомобільна електроніка, медичне обладнання та промислові автоматизовані системи.

Вивчення та розуміння принципів роботи мікроконтролерів є важливим для інженерів і розробників, адже це дозволяє ефективно використовувати їх у різних галузях.

Мікроконтролер ADuC841, зокрема, є важливим елементом у промисловому контролі, забезпечуючи точне управління і моніторинг критичних параметрів, таких як температура, тиск і вологість.

Завдяки вбудованим периферійним пристроям і інтерфейсам, він може взаємодіяти з датчиками і виконавчими механізмами, що дозволяє адаптувати його до специфічних потреб виробничих процесів.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Мікроконтролер ADuC841 є функціонально завершеним контролером інтелектуальних датчиків, що включає високоякісний багатоканальний АЦП із самокалібруванням, два ЦАПи, швидкий 8-розрядний мікроконтролер з системою команд МК 8051, 62Кбайт Flash пам'яті програм, 4Кбайт Flash пам'яті даних, 256 байт RAM і 2Кбайт XRAM.

Мікроконтролер може працювати в широкому діапазоні температур від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$, що дозволяє використовувати його в різних умовах експлуатації.

Також, мікроконтролер підтримує різні інтерфейси зв'язку, такі як UART, SPI, I2C, що робить його досить універсальним для використання з різноманітними пристроями та сенсорами.

У промислових застосуваннях ADuC841 забезпечує точне управління і моніторинг температури, вологості та інших параметрів, критичних для оптимальної роботи виробничого обладнання.

Його гнучкість, надійність та ефективність роботи роблять його ідеальним для автоматизації і оптимізації промислових процесів.

Загалом, мікроконтролер ADuC841 і широкодіапазонні датчики температури є невід'ємними елементами сучасних систем промислового контролю, забезпечуючи високу продуктивність, точність і надійність вимірювань і керування.

Їх застосування сприяє підвищенню ефективності і безпеки виробничих процесів, а також підтримці оптимальних умов для досягнення найкращих результатів у різних галузях промисловості [28].

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

2.1 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення

Вибір відповідного мікроконтролера для кіберфізичних систем контролю температури визначає ефективність та надійність роботи всієї системи. Мікроконтролер повинен мати достатньо високу продуктивність, достатній обсяг пам'яті для зберігання програм та даних, а також широкі можливості підключення до датчиків і інших компонентів системи. Крім того, важливими є такі характеристики, як точність аналогово-цифрових та цифро-аналогових перетворювачів, енергоспоживання та діапазон робочих температур.

Одним з перспективних мікроконтролерів для таких систем є ADuC841 від Analog Devices. Цей мікроконтролер спеціально розроблений для використання в широкому спектрі промислових та наукових застосувань, що робить його ідеальним вибором для систем контролю температури.

Для виконання даної кваліфікаційної роботи було розглянуто декілька мікроконтролерів, а саме: ADuC841, STM32F103, PIC18F4550. Вибір був зроблений на користь ADuC841, завдяки його численним перевагам, про які йтиметься далі.

ADuC841 – це високопродуктивний мікроконтролер, розроблений для використання в широкому спектрі промислових та наукових застосувань. Основні характеристики ADuC841 включають ядро 8052, яке працює на частоті до 20 МГц, 62 кБ Flash-пам'яті та 2304 байти SRAM. Він також оснащений 12-бітовим аналогово-цифровим перетворювачем (АЦП) з можливістю вибору до 12 каналів і 8-бітовим цифро-аналоговим перетворювачем (ЦАП) з двома каналами. Інтерфейси I2C, SPI та UART забезпечують гнучкі можливості підключення, а діапазон робочих температур від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$ робить його ідеальним для промислових застосувань. Даний мікроконтролер зображено на рисунку 2.1 [29-30].

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

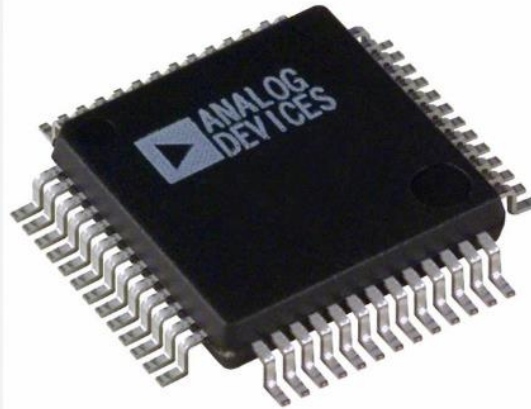


Рисунок 2.1 - Мікроконтролер ADuC841

Для кращого розуміння переваг ADuC841, як вже було сказано, він розглядався в порівнянні з іншими популярними мікроконтролерами, такими як STM32F103 від STMicroelectronics та PIC18F4550 від Microchip.

Мікроконтролер STM32F103 має центральний процесор ARM Cortex-M3, який працює на частоті до 72 МГц. Він оснащений 64-128 кБ Flash-пам'яті та 20 кБ SRAM, що забезпечує більшу пам'ять для програм та даних порівняно з ADuC841. STM32F103 також має 12-бітовий АЦП з до 16 каналів та 12-бітовий ЦАП з двома каналами, що робить його високопродуктивним у плані обробки аналогових сигналів. Інтерфейси I2C, SPI, UART та USB забезпечують широкий спектр можливостей підключення. Однак, його діапазон робочих температур становить від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$, що обмежує його застосування в екстремальних умовах [31-32].

Мікроконтролер PIC18F4550 має центральний процесор PIC18, який працює на частоті до 48 МГц. Він оснащений 32 кБ Flash-пам'яті та 2 кБ SRAM, що є меншим обсягом пам'яті порівняно з ADuC841. PIC18F4550 має 10-бітовий АЦП з до 13 каналів, але відсутній ЦАП, що обмежує його можливості в генерації аналогових сигналів. Інтерфейси I2C, SPI, UART та USB забезпечують необхідні можливості підключення, а діапазон робочих температур від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$ аналогічний STM32F103. Даний мікроконтролер зображено на рисунку 2.2.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 - Мікроконтролер PIC18F4550

До переваг ADuC841 можна віднести, що цей мікроконтролер відзначається високоточним 12-бітовим АЦП, що забезпечує точні вимірювання в порівнянні з конкурентами, такими як PIC18F4550, єдиний 8-бітовий ЦАП дозволяє використовувати мікроконтролер для створення аналогових сигналів, широкий діапазон робочих температур від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$ робить його ідеальним для промислових застосувань, надійне ядро 8052 підтримується численними інструментами розробки, наявність I2C, SPI та UART інтерфейсів спрощує інтеграцію в різноманітні системи, енергоефективність сприяє застосуванню в автономних системах контролю, а також наявність програмованих таймерів та лічильників дозволяє гнучко налаштувати його під специфічні завдання. [33].

ADuC841 призначений для використання в різних сферах, включаючи промислову автоматизацію, вимірювальні системи та інтелектуальні сенсори. Він підтримує роботу з різними типами датчиків та акторів, що робить його універсальним рішенням для побудови кіберфізичних систем.

Мікроконтролер ADuC841 використовується для контролю та регулювання температури в теплових системах, точного вимірювання температури в вимірювальних приладах, моніторингу та управління температурними процесами у виробничих лініях, а також для створення інтелектуальних сенсорних систем, де потрібна висока точність та надійність. Завдяки вбудованому сторожовому таймеру, підтримці багатьох режимів енергозбереження і програмованих інтерфейсів, ADuC841 стає привабливим вибором для розробників, що дозволяє автоматично перезавантажувати систему у випадку збоїв, ефективно використовувати енергію в автономних системах і гнучко налаштувати

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

взаємодію з іншими пристроями та сенсорами. Використання ADuC841 у двоканальній кіберфізичній системі контролю температури вимагає врахування низки технічних аспектів.

Ці аспекти включають проектування апаратної частини системи, розробку програмного забезпечення та інтеграцію системи з іншими компонентами.

Для реалізації системи контролю температури на базі ADuC841 необхідно спроектувати відповідні схеми підключення датчиків та акторів до мікроконтролера.

Це включає вибір відповідних резисторів, конденсаторів та інших пасивних компонентів для забезпечення стабільної роботи.

Програмне забезпечення для ADuC841 повинно враховувати специфіку вимірювання температури та управління акторами.

Необхідно розробити алгоритми обробки даних з АЦП, регулювання вихідних сигналів ЦАП та обробки переривань. Важливим аспектом є забезпечення точності вимірювань та стабільності роботи системи в умовах промислових перешкод [34-35].

Система контролю температури повинна бути інтегрована з іншими компонентами кіберфізичної системи, такими як мережеві інтерфейси для передачі даних, дисплеї для відображення інформації та інші пристрої управління. Це вимагає розробки відповідних драйверів та комунікаційних протоколів, які забезпечать надійну та ефективну взаємодію всіх компонентів системи.

Вибір мікроконтролера ADuC841 для створення двоканальної кіберфізичної системи широкодіапазонного контролю температур промислового застосування є виправданим через його високі технічні характеристики, універсальність та надійність.

Завдяки своїм можливостям, ADuC841 дозволяє створювати точні та надійні системи контролю, що відповідають сучасним вимогам промисловості.

Мікроконтролер ADuC841 пропонує унікальне поєднання високої точності, енергоефективності та широких можливостей підключення, що робить його ідеальним вибором для різних промислових застосувань.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Здатність працювати в широкому діапазоні температур, підтримка численних інтерфейсів та програмованих можливостей роблять його надзвичайно гнучким та надійним інструментом для розробки передових кіберфізичних систем [36].

2.2 Вибір технологій для розробки засобу моніторингу

KiCad EDA (Electronic Design Automation) є одним з найпотужніших і водночас доступних інструментів для створення електронних схем та друкованих плат. Це програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, що є безкоштовним і доступним для широкого кола користувачів.

Відкритий код дозволяє користувачам модифікувати програму відповідно до своїх потреб, а також вносити власні покращення та доповнення. Ця особливість робить KiCad особливо привабливим для інженерів та розробників, які бажають мати повний контроль над своїми інструментами.

Однією з найважливіших переваг KiCad є його відкритий вихідний код. Це означає, що користувачі можуть переглядати, змінювати та покращувати програму, що дозволяє використовувати її в найрізноманітніших проектах без додаткових фінансових витрат.

Крім того, спільнота користувачів та розробників KiCad постійно працює над покращенням програми, додаючи нові функції та виправляючи помилки. Це забезпечує постійний розвиток та актуальність інструменту.

KiCad має велику та розширену бібліотеку компонентів, що включає в себе тисячі готових до використання електронних компонентів. Це дозволяє швидко і ефективно проектувати електронні схеми, оскільки користувачі можуть знайти потрібні компоненти безпосередньо у програмі.

Крім того, KiCad підтримує імпорт та експорт бібліотек, що дозволяє обмінюватися компонентами з іншими користувачами та інтегрувати сторонні бібліотеки. Це значно розширює можливості користувачів і робить процес проектування більш гнучким.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Це робить KiCad доступним для швидкого впровадження в роботу і дозволяє користувачам завжди мати останні версії програми з усіма нововведеннями та виправленнями помилок [37-40].

Приклад роботи у даній програмі наведено на рисунку 2.3.

Крім того визначних функцій KiCad є режим 3D-перегляду. Засіб 3D-перегляду дозволяє легко перевірити друковану плату, щоб оцінити механічне пристосування та переглянути готовий продукт. Вбудована система трасування променів із настроюваним освітленням може створювати реалістичні зображення, щоб продемонструвати роботу. Це особливо корисно для перевірки розташування компонентів та візуалізації кінцевого вигляду плати перед її виготовленням [41-42].

Вбудована система трасування променів із настроюваним освітленням може створювати реалістичні зображення, щоб продемонструвати роботу. Приклад такого перегляду наведено на рисунку 2.4.

Altium Designer є інтегрованою системою проектування електронних пристроїв, що включає в себе всі необхідні інструменти для створення схем, трасування плат, виробництва та аналізу. Він володіє потужним інтерфейсом, що дозволяє легко переходити від концепції до готового пристрою.

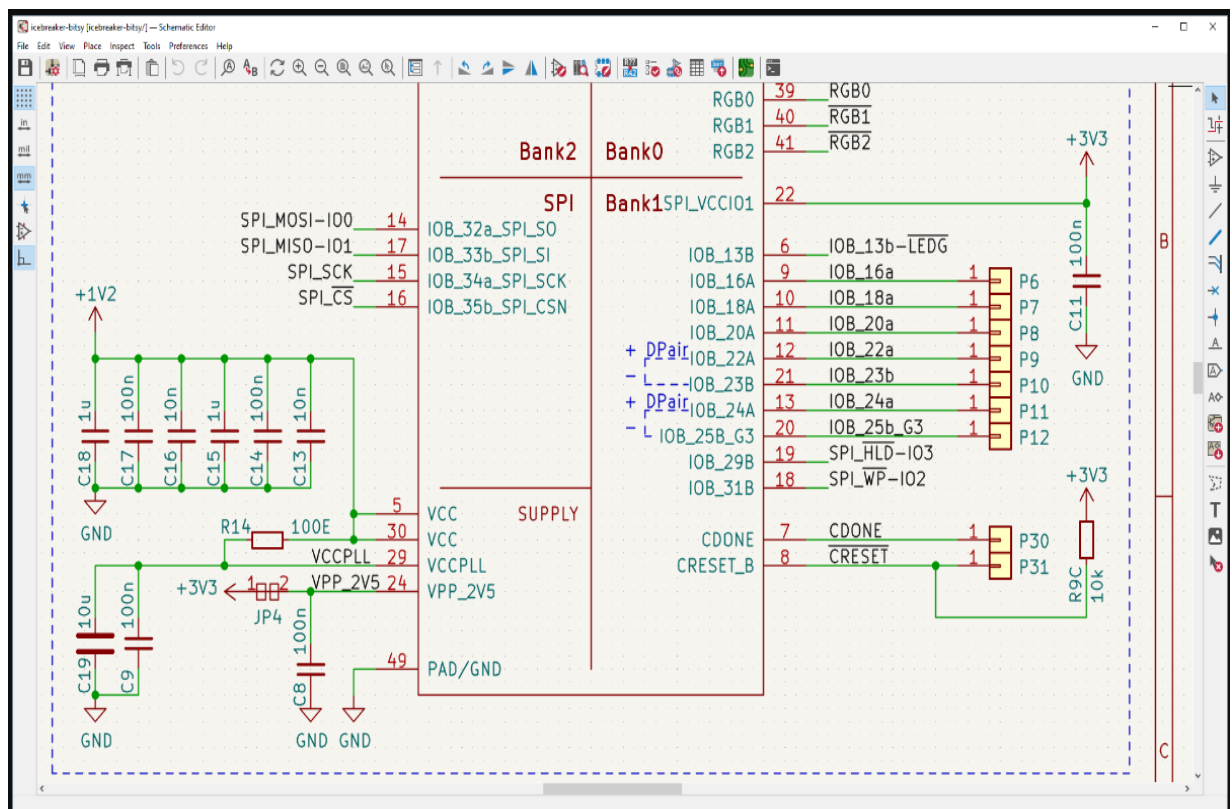


Рисунок 2.3 – Приклад роботи у програмі KiCad EDA

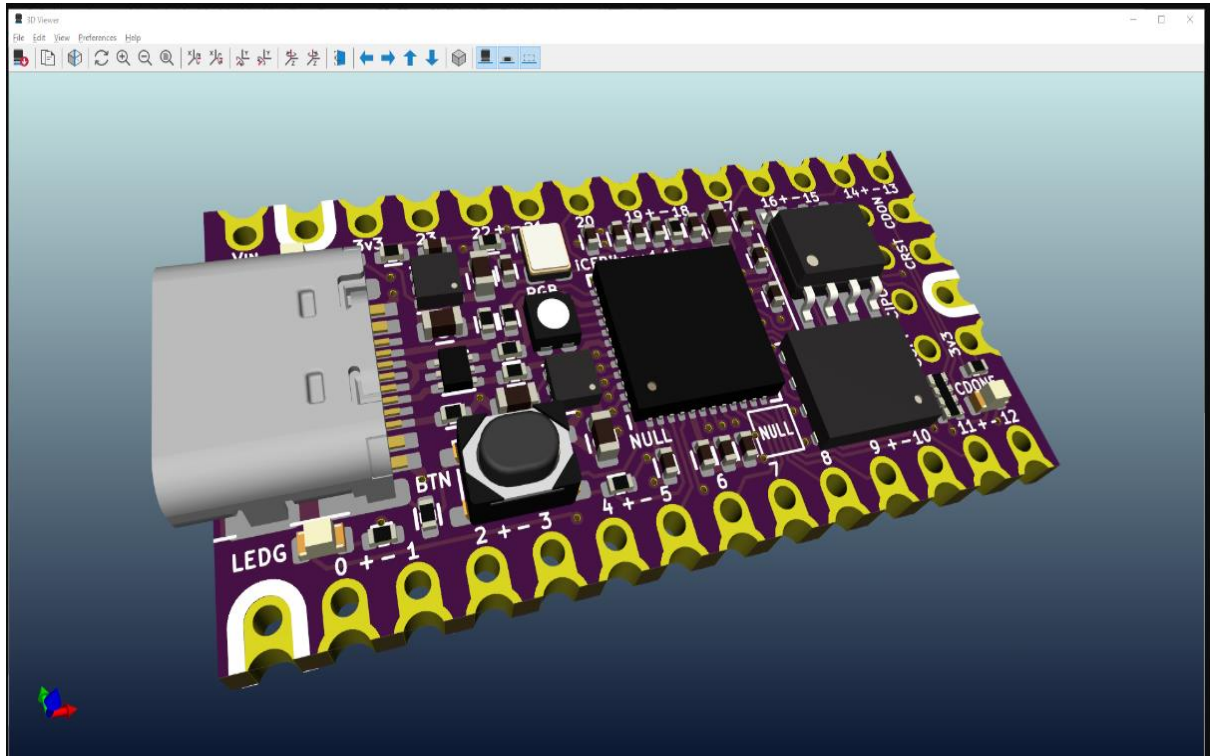


Рисунок 2.4 – 3D-перегляд KiCad

Altium Designer надає широкі можливості для співпраці між різними учасниками проекту завдяки інтеграції з системами управління версіями, такими як SVN або GIT, та можливістю створювати спільні бібліотеки компонентів. Це дозволяє забезпечити цілісність та актуальність даних проекту.

Однією з ключових переваг Altium Designer є його можливості для трасування. Програмне забезпечення дозволяє автоматично трасувати шляхи між компонентами, дотримуючись заданих правил, що значно полегшує процес розміщення елементів на платі та зменшує ймовірність помилок [43-45].

Altium Designer підтримує імпорт та експорт у різних форматах, що робить його сумісним з іншими програмним забезпеченням для дизайну та виробництва. Це дозволяє інтегрувати Altium Designer у вже існуючі робочі потоки без значних змін.

Altium Designer також відомий своєю великою бібліотекою компонентів, яка включає в себе тисячі готових до використання моделей.

Це дозволяє інженерам швидко складати складні схеми без необхідності ручного створення кожного компонента з нуля. Крім того, Altium Designer

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ

Арк.

підтримує роботу зі спеціальними компонентами, такими як FPGA та мікроконтролери, що робить його ідеальним вибором для проектів з високою інтеграцією та складністю.

Програмне забезпечення також включає інструменти для аналізу схем, такі як перевірка правильності підключень та електричних параметрів. Це дозволяє виявляти та виправляти помилки на ранніх стадіях проекту, що зменшує час та витрати на налагодження продукту в майбутньому.

Altium Designer також підтримує розробку мультишарових плат, включаючи технології HDI (High Density Interconnect) для виробництва друкованих плат високої щільності. Це дозволяє створювати компактні та ефективні друковані плати навіть для дуже складних пристроїв.

Нарешті, Altium Designer надає можливість створювати 3D-моделі електронних пристроїв на основі розроблених схем та друкованих плат.

Це дозволяє інженерам візуалізувати кінцевий продукт, перевірити його механічну сумісність та взаємодію з іншими компонентами до виготовлення прототипу.

Крім того Altium Designer дозволяє користувачам ділитися їхніми проектами в реальному часі, завдяки завантаженню їх до загального сховища.

Тобто при бажанні користувач може викласти свій проект на сайт, що допоможе іншим менш досвідченим користувачам краще поглибитися в тему проектування плат. Інтерфейс Altium Designer зображено на рисунку 2.5.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

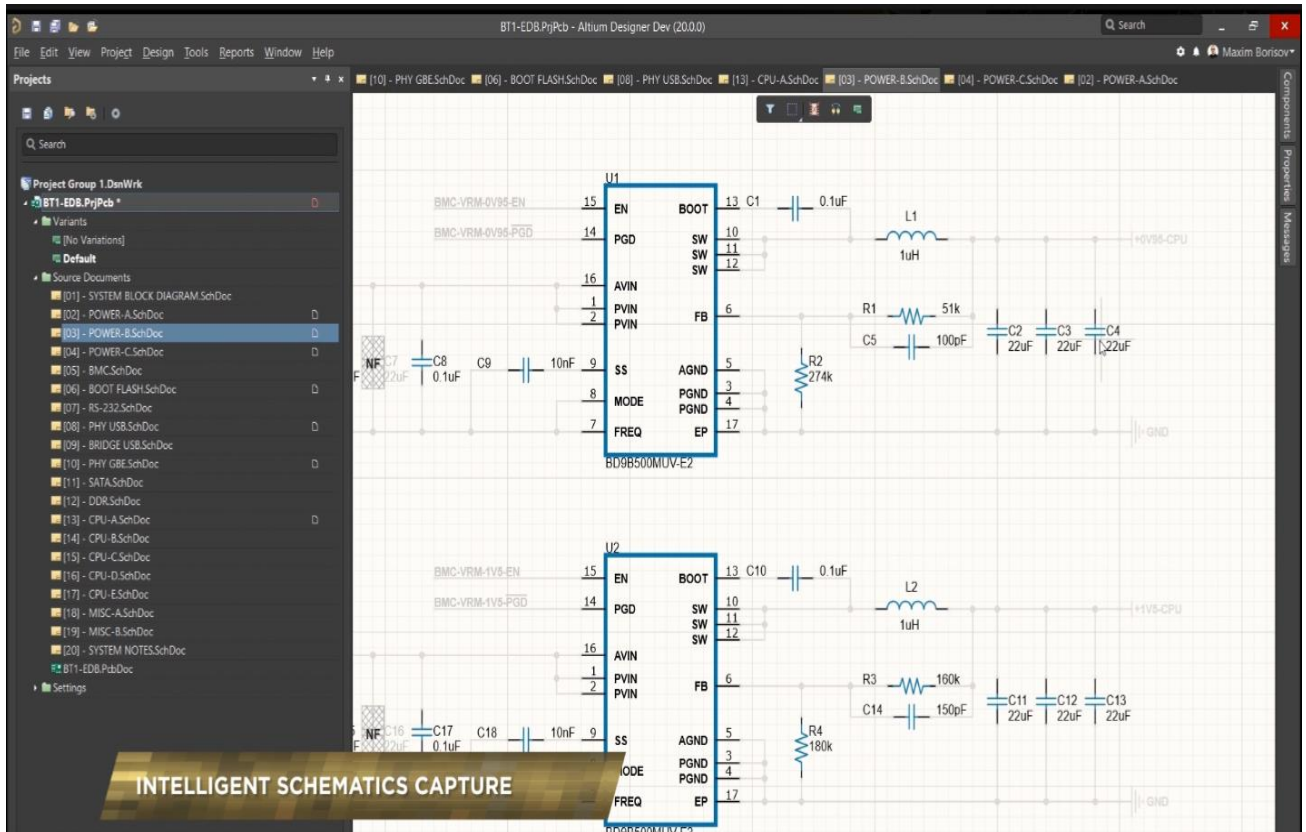


Рисунок 2.5 – Інтерфейс Altium Designer

У підсумку, Altium Designer є повноцінним інструментом для проектування електронних пристроїв, який надає широкі можливості для реалізації навіть найскладніших проектів. Його потужність та функціональність роблять його популярним серед професіоналів у галузі електроніки.

Однак, цей інструмент є комерційним програмним забезпеченням з високою ціною. Це може бути значним обмеженням для багатьох користувачів, особливо для студентів, хобістів та малих підприємств, які не можуть дозволити собі витратити великі кошти на програмне забезпечення.

Крім того, Altium Designer має закритий вихідний код, що обмежує можливості його модифікації та адаптації під конкретні потреби проекту. Це може бути проблемою для користувачів, які потребують специфічних функцій або хочуть інтегрувати програму з власними інструментами.

Eagle (Easily Applicable Graphical Layout Editor) є ще одним популярним інструментом для проектування електронних схем та друкованих плат. Він відомий

своєю простотою у використанні та має велику спільноту користувачів, що робить його привабливим для початківців та хобістів [46].

Однією з головних переваг Eagle є інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дозволяє швидко розпочати роботу навіть новачкам. Програмне забезпечення пропонує зручні інструменти для створення схем та трасування плат, включаючи можливість автоматичного трасування, що значно спрощує процес проектування. Eagle підтримує як ручне, так і автоматичне трасування, що дозволяє користувачам обирати метод, який найбільше відповідає їх потребам.

Іншою важливою перевагою Eagle є його велика бібліотека компонентів, яка постійно оновлюється та доповнюється спільнотою користувачів. Це дозволяє швидко знаходити необхідні компоненти та додавати їх до своїх проектів. Крім того, користувачі можуть створювати власні бібліотеки компонентів, що робить процес проектування ще більш гнучким та зручним.

Eagle також пропонує можливість симуляції схем, що дозволяє перевірити роботу проекту перед його виготовленням. Це є дуже корисною функцією, оскільки вона дозволяє виявляти та виправляти помилки на етапі проектування, зменшуючи ризик виготовлення дефектних плат.

Проте, безкоштовна версія Eagle має певні обмеження. Вона обмежена за розміром друкованих плат та кількістю шарів, що може бути проблемою для складних проектів. Це означає, що для більш серйозних проектів користувачам доведеться придбати комерційну ліцензію, яка може бути значним фінансовим навантаженням.

Крім того, Eagle має меншу функціональність у порівнянні з деякими іншими професійними інструментами, такими як Altium Designer. Наприклад, Altium Designer пропонує більш розширені можливості для спільної роботи над проектами, підтримку тривимірного моделювання плат та більш потужні інструменти для симуляції схем [47].

Це може обмежити застосування Eagle у великих та складних проектах, де потрібні більш розширені функціональні можливості.

На рисунку 2.6 зображено інтерфейс даної програми.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

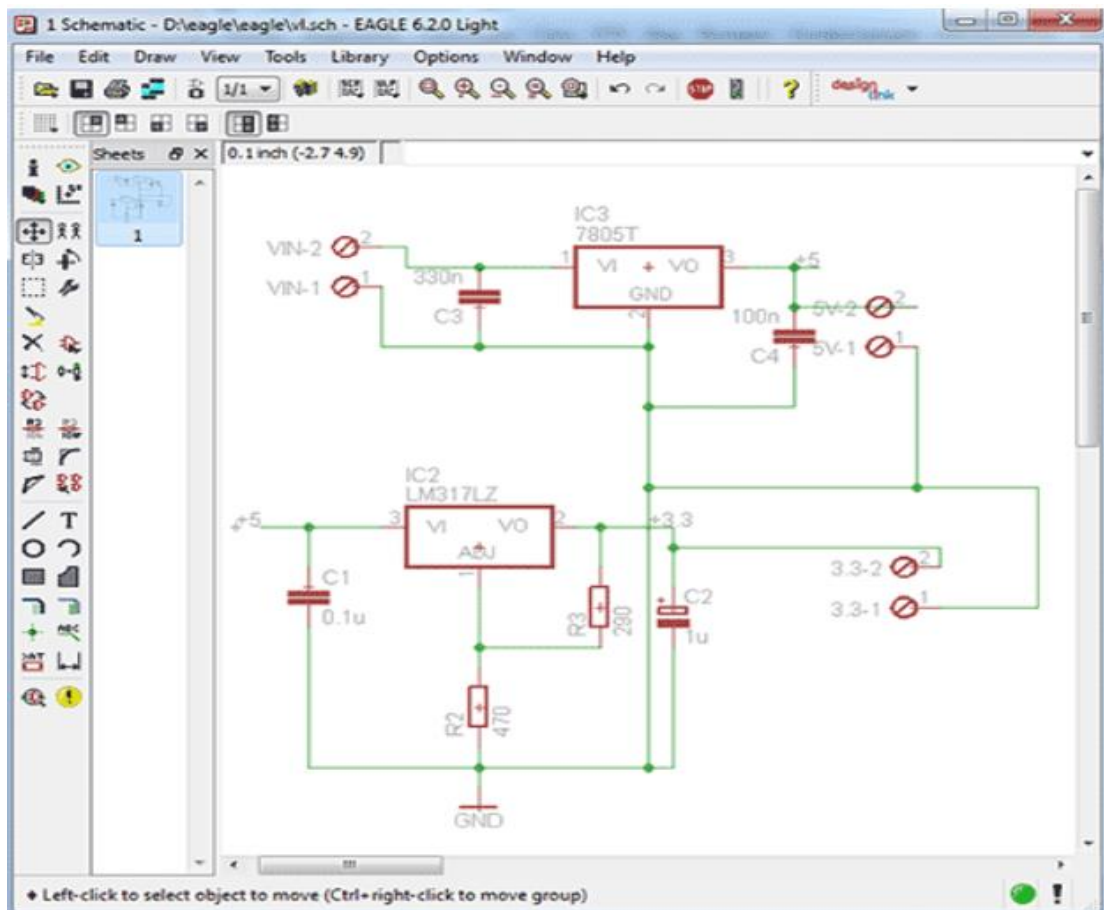


Рисунок 2.6 – інтерфейс Eagle

OrCAD є потужним інструментом для проектування та симуляції електронних схем, розробленим компанією Cadence. OrCAD пропонує широкий набір професійних функцій, включаючи підтримку складних схем, багатошарових плат та інструменти для симуляції та аналізу схем. Це робить його привабливим для професійних інженерів та великих компаній, які потребують високоякісних інструментів для реалізації складних проектів.

OrCAD добре інтегрується з іншими продуктами Cadence, що дозволяє створювати комплексні рішення для проектування та виробництва електронних систем. Однак, як і у випадку з Altium Designer та Eagle - OrCAD є дорогим комерційним програмним забезпеченням, що може бути значним обмеженням для окремих користувачів та малих підприємств [48].

Крім того, OrCAD має складний інтерфейс та високий поріг входження, що може ускладнити його використання для початківців. Для ефективного

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ

Арк.

використання цього інструменту може знадобитися додаткове навчання та досвід роботи з подібними системами

Fritzing є потужним і водночас простим у використанні інструментом для швидкого прототипування електронних схем. Він був створений з метою зробити процес розробки електронних схем доступним для широкого кола користувачів, включаючи хобістів, студентів та початківців.

Однією з головних переваг Fritzing є його інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дозволяє користувачам швидко створювати прототипи своїх електронних проектів.

Інструмент надає можливість легко перемикатися між різними режимами роботи, такими як створення схем, макетування на платі та трасування друкованих плат. Це робить Fritzing особливо зручним для тих, хто тільки починає свій шлях у світі електроніки.

Fritzing також відомий своєю великою кількістю навчальних ресурсів та підтримкою для початківців. Офіційний вебсайт та спільнота користувачів пропонують безліч підручників, відео та документації, які допомагають новачкам швидко освоїти основні принципи проектування електронних схем. Це дозволяє користувачам отримати необхідні знання та навички для створення власних проектів без значних труднощів.

Однією з ключових функцій Fritzing є можливість створення схем та макетування на платі. Інструмент надає користувачам велику бібліотеку компонентів, які можна легко додавати до своїх проектів [49].

Користувачі можуть просто перетягувати компоненти на робочу область, з'єднувати їх між собою та створювати повні схеми. Макетування на платі дозволяє користувачам візуалізувати свої схеми на макетних платах, що робить процес прототипування більш наочним та зручним.

Fritzing також підтримує трасування друкованих плат, що дозволяє користувачам створювати професійні друковані плати для своїх проектів. Інструмент надає можливість автоматичного трасування, що значно спрощує процес проектування.

					КвРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Користувачі можуть експортувати свої проекти у форматі, що підтримується більшістю виробників друкованих плат, що робить процес виготовлення плат швидким та зручним.

Однією з головних переваг Fritzing як вже згадувалось є його простота та зручність у використанні. Інструмент був розроблений з урахуванням потреб початківців, тому він має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та пропонує безліч навчальних ресурсів.

Це робить Fritzing чудовим вибором для тих, хто тільки починає займатися електронікою та хоче швидко створювати свої перші проекти. Інтерфейс Fritzing зображено на рисунку 2.7.

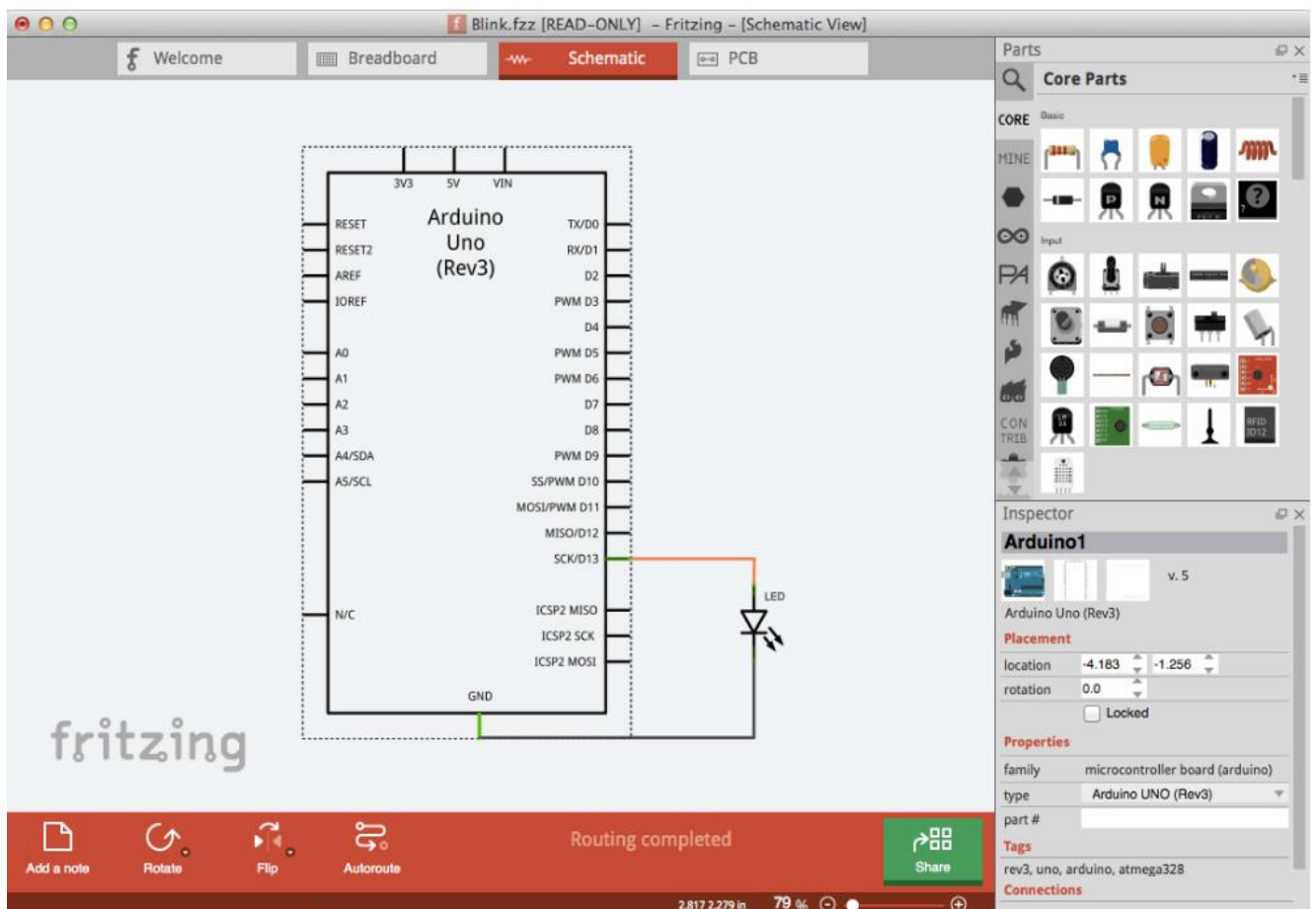


Рисунок 2.7 – Інтерфейс Eagle

Fritzing також є безкоштовним інструментом з відкритим вихідним кодом, що дозволяє користувачам використовувати його без будь-яких фінансових витрат. Це робить його доступним для широкого кола користувачів, включаючи студентів та хобістів, які не мають можливості придбати дорогі професійні інструменти.

Незважаючи на численні переваги, Fritzing має і свої обмеження. Одним з головних недоліків є його обмежена функціональність порівняно з більш потужними інструментами для проектування електронних схем, такими як KiCad, Altium Designer або OrCAD. Це робить Fritzing менш привабливим для професійного використання, особливо у випадках складних проектів, де потрібні розширені можливості та функції.

Fritzing найкраще підходить для простих проектів та швидкого прототипування.

Його можливості можуть бути недостатніми для великих та складних проектів, що потребують більш детального трасування та багатошарових плат. Крім того, Fritzing не підтримує деякі розширені функції, які доступні у професійних інструментах, такі як тривимірне моделювання плат або розширені можливості симуляції схем.

Отже Fritzing є потужним та зручним інструментом для швидкого прототипування електронних схем, який пропонує безліч можливостей для початківців та хобістів. Його інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, велика бібліотека компонентів та можливість автоматичного трасування роблять його ідеальним вибором для простих проектів та навчання. Незважаючи на деякі обмеження, Fritzing залишається популярним інструментом серед користувачів завдяки своїй доступності та зручності у використанні.

KiCad EDA виділяється серед інших програм для проектування електронних схем та друкованих плат завдяки своїм численным перевагам. Відкритий вихідний код і безкоштовність роблять його доступним для широкого кола користувачів, включаючи студентів, хобістів та професійних інженерів.

Розширена бібліотека компонентів, потужний інструмент для трасування друкованих плат та підтримка багатошарових плат дозволяють використовувати KiCad для найрізноманітніших проектів, від простих до складних. Мультиплатформність забезпечує доступність програми для користувачів з різними комп'ютерними системами.

Таким чином, KiCad EDA є найкращим вибором для проектування радіоелектронних засобів у рамках даної кваліфікаційної роботи.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Цей програмний застосунок надає всі необхідні інструменти для реалізації проекту високої якості та є доступною для всіх користувачів без додаткових фінансових витрат.

2.3 Засоби для організації комунікації в системі

Вибір мови програмування для мікроконтролера ADuC841 є критично важливим етапом у розробці двоканальної кіберфізичної системи широкодіапазонного контролю температури промислового застосування. Існує кілька мов програмування, які можуть бути використані для цієї мети, і кожна з них має свої переваги та недоліки, що можуть вплинути на кінцевий вибір.

В контексті даної роботи було розглянуто декілька варіантів вом програмування.

Assembly, або мова асемблера, дозволяє програмістам писати код, який напряму спілкується з апаратними компонентами мікроконтролера. Це забезпечує високу швидкість виконання програм та максимальну оптимізацію використання пам'яті і ресурсів.

Проте програмування на асемблері є складним, потребує багато часу і зусиль, а також є важким для підтримки і читання.

Мова програмування C є однією з найпопулярніших мов для програмування мікроконтролерів. Вона забезпечує високу продуктивність і дозволяє працювати на низькому рівні з апаратним забезпеченням, що є критично важливим для оптимізації та контролю над ресурсами мікроконтролера. C також має велику кількість бібліотек та інструментів, що спрощує процес розробки. Проте, програмування на C вимагає глибоких знань архітектури мікроконтролера та ручного управління пам'яттю.

C++ додає до мови C об'єктно-орієнтовані можливості, що дозволяє створювати більш складні програмні архітектури і повторно використовувати код через класи та об'єкти. Це робить C++ корисним для великих проектів. Однак, C++ має більші вимоги до ресурсів у порівнянні з C, і є більш складним у навчанні та використанні.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Python, зокрема його варіант MicroPython, пропонує простоту навчання та використання, швидкість розробки і велику кількість бібліотек. Він підходить для швидкої розробки прототипів та менш критичних до продуктивності завдань. Проте, Python має нижчу продуктивність, більші вимоги до пам'яті і обмежену підтримку апаратного забезпечення.

Мова програмування Arduino базується на Wiring і відома своєю простотою у використанні, широкою спільнотою підтримки та наявністю багатьох готових бібліотек та прикладів. Вона добре підходить для простих проектів і швидкої розробки. Проте, Arduino обмежена у продуктивності та гнучкості, що робить її менш підходящою для складних промислових застосувань.

У випадку розробки двоканальної кіберфізичної системи широкодіапазонного контролю температури на базі мікроконтролера ADuC841 було вирішено використовувати мову програмування C з кількох важливих причин.

Мова C дозволяє писати ефективний код, який виконується швидко і використовує мінімум ресурсів мікроконтролера. Це особливо важливо для кіберфізичних систем, де швидкість реакції є критичною для забезпечення точного контролю температури в промислових умовах.

C надає можливість безпосереднього доступу до регістрів та інших апаратних компонентів мікроконтролера. Це дозволяє оптимізувати роботу мікроконтролера і використовувати його можливості на повну. Такий рівень контролю є необхідним для налаштування та точного керування давачами і виконавчими механізмами, що входять до складу системи контролю температури.

Для мікроконтролера ADuC841 існує багато компіляторів, бібліотек і розробницьких інструментів, які підтримують мову C. Це значно спрощує процес розробки та налагодження програмного забезпечення, дозволяючи розробникам зосередитися на функціональності та оптимізації системи, а не на вирішенні проблем сумісності.

Мова C давно використовується для програмування вбудованих систем і має велику кількість прикладів, документації та спільнот, які можуть надати підтримку в разі виникнення проблем. Це забезпечує надійність та стабільність програмного забезпечення, що є критичним для промислових застосувань.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Незважаючи на те, що мова C є низькорівневою, вона дозволяє писати зрозумілий та підтримуваний код. Це важливо для забезпечення довгострокової підтримки та оновлення системи. Чітка структура коду та можливість легкого внесення змін роблять C зручним інструментом для розробки та підтримки кіберфізичних систем.

Вибір середовища для програмування мікроконтролера ADuC841 є важливим кроком у процесі розробки двоканальної кіберфізичної системи широкодіапазонного контролю температури промислового застосування. Існує кілька середовищ розробки, які можуть бути використані для цієї мети, кожне з яких має свої особливості та переваги.

Keil μ Vision є одним з найпопулярніших середовищ для розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів. Це інтегроване середовище розробки (IDE) надає інструменти для редагування, компіляції та налагодження коду. Воно підтримує велику кількість мікроконтролерів і має зручний інтерфейс для програмістів.

Переваги: підтримка багатьох мікроконтролерів, вбудовані інструменти для налагодження, широкий набір бібліотек і прикладів, потужний симулятор.

Недоліки: Висока вартість ліцензії для комерційного використання, складність для початківців.

IAR Embedded Workbench – це ще одне популярне середовище розробки, відоме своєю ефективністю та потужними інструментами для оптимізації коду. Воно підтримує велику кількість мікроконтролерів і надає можливості для детального налагодження програм.

Переваги: Висока продуктивність і ефективність, розширені можливості для налагодження, підтримка багатьох архітектур.

Недоліки: Висока вартість, складність для початківців, потреба в спеціалізованих знаннях.

Atmel Studio – це середовище розробки, орієнтоване на мікроконтролери компанії Atmel (тепер частина Microchip). Воно надає інтегроване середовище для редагування, компіляції і налагодження програм для мікроконтролерів Atmel.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Переваги: Безкоштовне використання, тісна інтеграція з апаратним забезпеченням Atmel, велика спільнота користувачів.

Недоліки: Обмежена підтримка мікроконтролерів інших виробників, менше функцій порівняно з Keil та IAR.

MPLAB X IDE – це середовище розробки від Microchip, яке підтримує мікроконтролери PIC, dsPIC та AVR. Воно надає потужні інструменти для розробки, налагодження та тестування програм.

Переваги: Безкоштовне використання, підтримка широкого спектра мікроконтролерів Microchip, інтеграція з інструментами для налагодження.

Недоліки: Обмежена підтримка інших мікроконтролерів, потреба в додаткових інструментах для повноцінної роботи.

Для розробки двоканальної кіберфізичної системи широкодіапазонного контролю температури на базі мікроконтролера ADuC841 було обране середовище Keil μ Vision.

Keil μ Vision надає повну підтримку для мікроконтролера ADuC841, що забезпечує легкість у налаштуванні середовища для розробки. Це включає в себе вбудовані шаблони проектів, бібліотеки та приклади коду, які можна використовувати як основу для розробки.

Однією з головних переваг Keil μ Vision є потужні інструменти для налагодження коду. Вони включають в себе симулятори, можливість підключення до апаратних відладників і різноманітні функції для аналізу та оптимізації коду. Це дозволяє розробникам ефективно знаходити і виправляти помилки, оптимізувати продуктивність програмного забезпечення.

Keil μ Vision має велику кількість бібліотек та прикладів коду, що значно спрощує процес розробки. Наявність готових рішень для багатьох завдань дозволяє зекономити час і зусилля, що особливо важливо для проектів з обмеженими ресурсами та строками.

Keil μ Vision має зручний і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача, який спрощує процес розробки для програмістів будь-якого рівня. Наявність інтегрованого редактора коду, компілятора та відладника в одному середовищі дозволяє ефективно управляти процесом розробки.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Keil μ Vision є одним з найпопулярніших середовищ для розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів, що свідчить про його надійність та перевіреність у багатьох проектах. Велика спільнота користувачів та підтримка від виробника забезпечують доступ до великої кількості ресурсів та можливість отримати допомогу у разі виникнення проблем.

Для успішної розробки двоканальної кіберфізичної системи широкодіапазонного контролю температури на базі мікроконтролера ADuC841, важливим фактором є наявність підтримки та навчальних ресурсів для середовища розробки. Keil μ Vision надає широкий спектр ресурсів, які допомагають розробникам ефективно використовувати всі можливості цього середовища.

Офіційна документація Keil μ Vision є однією з найбільш повних та детальних серед існуючих інтегрованих середовищ розробки. Вона включає в себе:

Посібники користувача які включають детальні інструкції з налаштування середовища, створення проектів, компіляції коду та налагодження, референс-матеріали, що надають опис всіх доступних функцій, бібліотек та інструментів, що допомагає розробникам швидко знаходити необхідну інформацію, а приклади коду пропонують готові рішення для типових задач, що значно спрощує процес розробки і дозволяє швидко приступити до роботи.

Keil μ Vision має активну спільноту користувачів, яка об'єднує як новачків, так і досвідчених розробників. Форум підтримки є цінним ресурсом, де можна знайти відповіді на багато питань, обговорити різні аспекти розробки та отримати поради від більш досвідчених колег.

Форуми підтримки які пропонують платформу для обміну досвідом та вирішення проблем, де можна знайти відповіді на більшість технічних питань, а онлайн-групи та спільноти забезпечують різні можливості для користувачів ділитися своїми проектами, досвідом та корисними матеріалами. Keil μ Vision також підтримує широкий спектр онлайн-курсів та вебінарів, які допомагають розробникам покращити свої навички та ознайомитися з новими можливостями середовища.

Ці курси можуть бути корисними як для новачків, так і для досвідчених розробників, оскільки вони охоплюють різні аспекти роботи з середовищем.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Відеоуроки надають крок за кроком інструкції, що допомагають швидко освоїти основи роботи з Keil μ Vision, а вебінари пропонують онлайн-семінари, де експерти діляться своїм досвідом та відповідають на питання учасників. Keil надає професійну технічну підтримку своїм користувачам, що є важливим фактором при виборі середовища розробки для серйозних проектів. Можливість отримати кваліфіковану допомогу у разі виникнення складних технічних питань забезпечує додаткову надійність у процесі розробки.

Технічні консультації надають можливість отримати професійну консультацію з конкретних питань, що виникають під час розробки, а оновлення та патчі забезпечують регулярні оновлення середовища, які включають нові функції та виправлення помилок.

Крім офіційних ресурсів, існує багато додаткових матеріалів, створених спільнотою користувачів та сторонніми розробниками. Це можуть бути блоги, статті, підручники, книги та інші ресурси, що допомагають розробникам краще зрозуміти особливості роботи з Keil μ Vision.

Блоги та статті пропонують корисні матеріали, що описують різні аспекти розробки, нові методики та підходи до роботи з мікроконтролерами, а книги, присвячені програмуванню мікроконтролерів, містять розділи про роботу з Keil μ Vision, що робить їх цінним ресурсом для поглибленого вивчення.

Keil μ Vision пропонує добре структурований інтерфейс, де всі основні інструменти та функції розташовані логічно та доступні з головного вікна. Це дозволяє розробникам швидко знаходити необхідні інструменти та зменшує час на пошук потрібних опцій [50].

Інтерфейс включає зручну панель інструментів з основними функціями для швидкого доступу та контекстне меню, що прискорює процес розробки завдяки швидкому доступу до часто використовуваних функцій.

Keil μ Vision дозволяє користувачам налаштовувати робочий простір відповідно до своїх потреб. Розробники можуть розташовувати вікна, панелі та інші елементи інтерфейсу так, як їм зручно, що підвищує ефективність роботи.

Інтерфейс включає можливість переміщувати та закріплювати вікна у зручних місцях для оптимальної організації робочого простору, а також

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

налаштовувати панелі інструментів та інші елементи інтерфейсу відповідно до особистих уподобань користувачів.

Нижче наведено приклад інтерфейсу програмного забезпечення Keil μ Vision, рисунок 2.8.

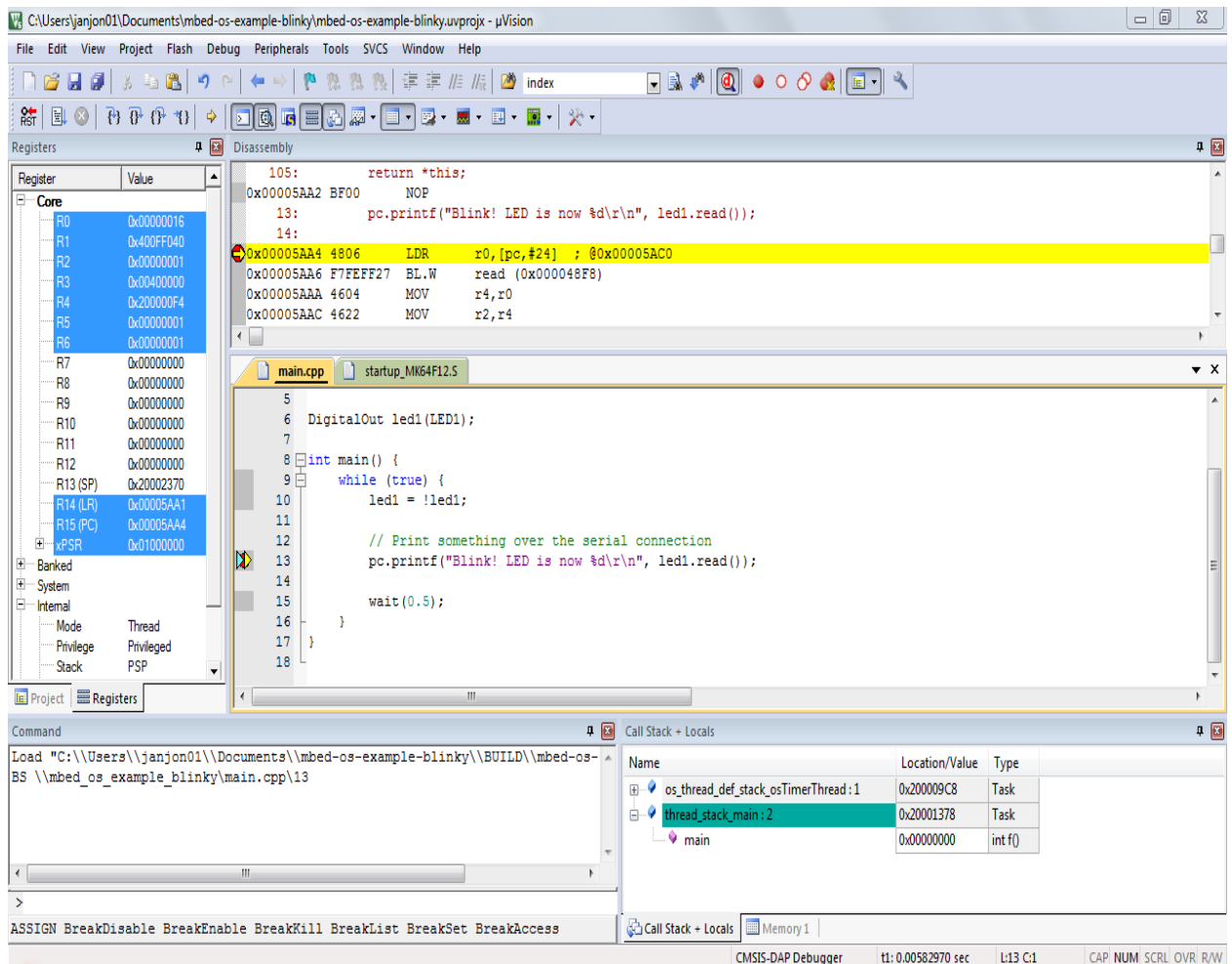


Рисунок 2.8 – Інтерфейс програми Keil μ Vision

2.4 Висновки

Було представлено обґрунтування вибору апаратного забезпечення для кіберфізичних систем контролю температури.

Після ретельного аналізу декількох варіантів було обрано мікроконтролер ADuC841 від Analog Devices.

Цей вибір обґрунтовувався численними перевагами даного мікроконтролера, серед яких високоточний аналогово-цифровий перетворювач, вбудований цифро-

аналоговий перетворювач, широкий діапазон робочих температур, надійне ядро та багатофункціональні інтерфейси.

Для проектування радіоелектронних засобів було обрано програмне забезпечення KiCad EDA.

Це рішення мотивувалося перевагами цієї програми, такими як відкритий вихідний код, розширена бібліотека компонентів, потужний інструмент для трасування друкованих плат, підтримка багат шарових плат та мультиплатформність.

Для програмування мікроконтролера ADuC841 була обрана мова C. Це рішення було прийняте завдяки ефективності та швидкості роботи коду, написаного на C, можливості безпосереднього доступу до апаратних компонентів, наявності численних компіляторів, бібліотек та інструментів, а також великої спільноти користувачів та документації.

Середовищем розробки було обрано Keil μ Vision завдяки його повній підтримці ADuC841, потужним інструментам для налагодження, бібліотекам, прикладам коду та зручному інтерфейсу.

У тексті були детально описані переваги Keil μ Vision, такі як розширена документація, активна спільнота користувачів, онлайн-курси та вебінари, технічна підтримка та додаткові ресурси.

Наголошувалося на тому, що завдяки цим перевагам Keil μ Vision є надійним та ефективним середовищем для розробки кіберфізичних систем контролю температури на базі мікроконтролера ADuC841.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 ПОБУДОВА СХЕМ ТА АЛГОРИТМУ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУР

3.1 Розробка схеми електричної структурної

Розробка електричної структурної схеми для двоканальної кіберфізичної системи широкодіапазонного контролю температури на базі мікроконтролера ADuC841 є складним і багатогранним процесом, що потребує глибоких знань та ретельного планування. Початком цього процесу є вибір основних компонентів, які визначатимуть функціональність та можливості системи.

Основні компоненти системи включають два датчики температури, які дозволяють здійснювати двоканальний контроль, та виконавчі елементи, такі як нагрівальні або охолоджувальні пристрої.

Датчики температури забезпечують високоточне вимірювання температури в різних точках системи, а виконавчі елементи дозволяють здійснювати необхідну реакцію на зміну температури, підтримуючи її в заданих межах.

Для забезпечення більшої точності вимірювань, датчики температури можуть бути оснащені додатковими фільтрами та калібрувальними схемами, що знижує вплив зовнішніх факторів на результати вимірювань.

Після вибору компонентів, наступним кроком є розміщення їх на схемі. Мікроконтролер ADuC841 розташовується в центрі схеми, що дозволяє зручно організувати взаємодію з усіма іншими компонентами. Датчики температури розміщуються зліва і справа від мікроконтролера, що забезпечує зручний доступ до відповідних входів АЦП. Таке розміщення сприяє кращому розумінню структури системи та спрощує її обслуговування.

Зв'язки між компонентами визначаються таким чином, щоб забезпечити ефективну роботу системи. Виходи датчиків температури підключаються до входів мікроконтролера, що дозволяє отримувати точні дані про температуру в режимі реального часу. Ці дані проходять попередню обробку, включаючи фільтрацію шумів та усереднення значень для підвищення точності. Система може використовувати алгоритми цифрової фільтрації, такі як методи середнього або медіанного фільтрування, для зменшення впливу випадкових шумів.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Виходи широтно-імпульсної модуляції (PWM) мікроконтролера підключаються до нагрівальних та охолоджувальних елементів. Це дозволяє точно керувати їхньою роботою в залежності від показників температури, забезпечуючи підтримку температури в заданих межах.

Використання PWM дозволяє гнучко регулювати потужність виконавчих елементів, що забезпечує більш стабільний контроль температури. Залежно від вимог системи, PWM-сигнали можуть бути налаштовані на різну частоту і робочий цикл, що дозволяє оптимізувати ефективність роботи виконавчих елементів.

Інтерфейси зв'язку, такі як UART, SPI, I2C, розташовані на периферії схеми для зручного підключення до зовнішніх систем і пристроїв.

Це дозволяє легко інтегрувати систему в загальну мережу промислового обладнання, забезпечуючи передачу даних для подальшого аналізу та моніторингу. Наприклад, інтерфейс UART може використовуватись для підключення до комп'ютера або іншого контролера, забезпечуючи простий і надійний обмін даними.

Важливим аспектом при розробці схеми є забезпечення надійності та безпеки роботи системи. Вбудовані функції сторожового таймера дозволяють виявляти зависання або збої в роботі мікроконтролера, що є критично важливим для промислових застосувань.

У разі виявлення аномалій або перевищення критичних температур, система автоматично відключає виконавчі елементи, забезпечуючи захист від перегріву або інших небажаних ситуацій. Окрім того, схема може включати додаткові захисні механізми, такі як теплові реле або запобіжники, що забезпечують додатковий рівень захисту.

Система також передбачає можливість запису та передачі даних для подальшого аналізу.

Це може бути реалізовано за допомогою інтерфейсів зв'язку або внутрішньої пам'яті мікроконтролера.

Записані дані можуть бути використані для моніторингу історії температурних режимів, аналізу ефективності системи та налаштування оптимальних параметрів роботи. Для цього можуть бути розроблені спеціалізовані

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

програмні засоби, які аналізують зібрані дані та надають рекомендації щодо оптимізації роботи системи.

Крім того, схема передбачає захисні механізми для запобігання пошкодженню компонентів у випадку непередбачених обставин, таких як стрибки напруги або короткі замикання. Для цього використовуються захисні діоди, запобіжники та інші елементи захисту.

Ці компоненти забезпечують додатковий рівень безпеки, знижуючи ризик виходу з ладу системи та збільшують її загальну надійність. Схема електрична структурна зображена на рисунку 3.1.

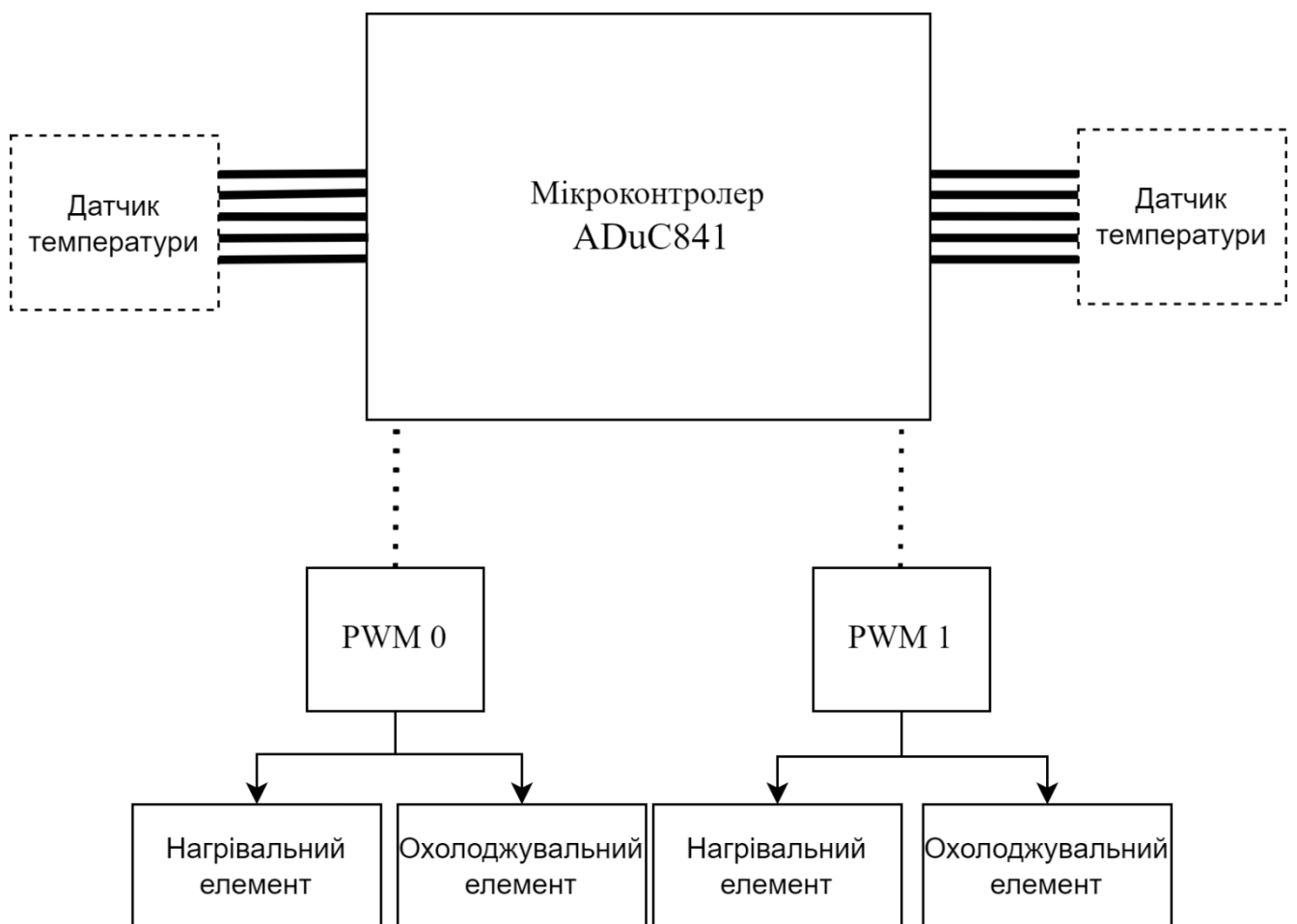


Рисунок 3.1 – Схема електрична структурна

Таким чином, розробка електричної структурної схеми для системи контролю температури на базі ADuC841 включає комплекс заходів, спрямованих на забезпечення ефективної, надійної та безпечної роботи всієї системи. Правильний вибір і розміщення компонентів, а також належне визначення їх

взаємозв'язків, забезпечують оптимальне функціонування системи в широкому діапазоні температур і умов експлуатації. Це дозволяє створити надійну і ефективну систему контролю температури для промислового застосування, що відповідає всім вимогам сучасних кіберфізичних систем.

Окрім зазначених аспектів, особливу увагу слід приділити питанням енергоефективності.

Використання сучасних елементів живлення і оптимізація програмного забезпечення дозволяє знизити споживання енергії системою, що є важливим для довготривалої роботи в умовах обмежених ресурсів. Для цього можна застосовувати методи енергозбереження, такі як динамічне регулювання напруги і частоти, що дозволяє знизити споживання енергії в періоди низького навантаження.

Також важливо враховувати можливість масштабування системи.

Розробка модульної архітектури дозволяє легко додавати нові функціональні блоки та розширювати можливості системи без значних змін у базовій схемі.

Це забезпечує гнучкість та адаптивність системи до змінних вимог і умов експлуатації.

Загалом, розробка електричної структурної схеми є ключовим етапом у створенні надійної та ефективною кіберфізичної системи контролю температури. Використання сучасних технологій і підходів, а також врахування всіх аспектів роботи системи, дозволяє забезпечити високий рівень надійності та продуктивності, що є критично важливим для промислових застосувань.

3.2 Розробка схеми електричної функціональної

Схема електричної функціональної для ADuC841 є ключовим елементом у розробці будь-якого проекту, що використовує цей мікроконтролер. Вона не лише показує основні компоненти та їхні зв'язки, але й забезпечує детальне розуміння того, як ADuC841 обробляє дані і взаємодіє з периферійними пристроями. Така схема має велике значення з кількох причин.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

По-перше, вона надавала візуальне уявлення про внутрішню структуру мікроконтролера, включаючи розташування і функціонування різних блоків. Це допомагало розробникам легко зрозуміти, як окремі компоненти працювали разом для виконання конкретних завдань.

Наприклад, розташування модулів пам'яті, процесорного ядра та периферійних пристроїв було критично важливим для ефективної роботи системи. Важливим аспектом було врахування розташування різних функціональних блоків, таких як центральний процесор, оперативна пам'ять, програмна пам'ять і периферійні модулі.

По-друге, схема допомагала планувати взаємодію мікроконтролера з іншими компонентами системи, що було критично важливим на етапі проектування.

Чітке уявлення про зв'язки між різними частинами системи дозволяло уникнути помилок і забезпечити оптимальну інтеграцію мікроконтролера в загальну архітектуру проекту.

Це включало врахування електричних параметрів, типів сигналів та їхніх характеристик.

Взаємодія з аналоговими і цифровими компонентами, а також з іншими мікроконтролерами, часто вимагала детального планування і ретельного тестування.

По-третє, така схема була частиною технічної документації, яка забезпечувала чітке розуміння всіх з'єднань і компонентів, що полегшувало обслуговування і модифікацію системи в майбутньому.

Наявність детальної схеми значно спрощувала процес діагностики та усунення несправностей, а також дозволяла швидко вносити зміни та покращення.

Крім того, детальна технічна документація була необхідна для забезпечення відповідності системи різним стандартам і вимогам, що було важливим для промислових застосувань.

Початок роботи над схемою електричної функціональної для ADuC841 полягав у розміщенні основного блоку мікроконтролера, який містив ключові компоненти.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Мікроконтролер ADuC841 базувався на архітектурі МК 8051 і включав 62КБ FLASH пам'яті для програм та 4КБ для даних, а також 2304Б оперативної пам'яті. Це забезпечувало достатньо місця для зберігання програмного коду і тимчасових даних. Архітектура 8051, на якій базувався ADuC841, була добре відома своєю надійністю і широким застосуванням у промислових системах, що додатково підкреслювало важливість вибору цього мікроконтролера.

Аналогові входи (ADC0-ADC7) підключалися до мультиплектора (MUX). Цей компонент дозволяв вибирати один з кількох аналогових сигналів для подальшої обробки.

Мультиплексор передавав вибраний сигнал на підсилювач (UBX), який підсилював сигнал для подальшого перетворення.

Після підсилення сигналу, він передавався на 12-розрядний аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) з частотою вибірки 400 кіловібірок за секунду. Цей компонент перетворював аналоговий сигнал у цифровий, що дозволяло мікроконтролеру обробляти його. АЦП мав вбудовану схему калібрування, яка забезпечувала точність перетворення.

Висока частота вибірки і точність перетворення були критично важливими для систем контролю температури, де навіть незначні зміни температури могли впливати на роботу обладнання.

Цифрові сигнали з АЦП передавалися на два 12-розрядні цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП) через буфер.

Ці ЦАПи конвертували цифрові сигнали назад в аналогові, що могло бути корисно для керування аналоговими пристроями.

Схема також містила два виходи широтно-імпульсної модуляції (PWM0 і PWM1), кожен з яких підключений до 16-розрядного широтно-імпульсного модулятора (ШІМ).

ШІМ дозволяв генерувати широтно-імпульсні сигнали, які могли бути використані для керування двигунами, світлодіодами та іншими пристроями.

Широтно-імпульсна модуляція забезпечувала точне керування вихідними сигналами, що було особливо важливо для підтримання стабільних температурних режимів у промислових системах.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Мікроконтролер мав кілька інтерфейсів для зв'язку з іншими пристроями, включаючи I2C, SPI та UART. Це забезпечувало гнучкість у виборі способу комунікації з іншими мікросхемами та модулями системи. I2C і SPI використовувалися для високошвидкісного обміну даними з іншими компонентами системи, тоді як UART забезпечував надійну передачу даних на більші відстані.

Наявність різних комунікаційних інтерфейсів дозволяла адаптувати систему до конкретних потреб і вимог проекту, що було важливим для забезпечення її універсальності та масштабованості.

Додаткові компоненти включали датчик температури для моніторингу внутрішньої температури мікроконтролера, внутрішній генератор для синхронізації, монітор живлення та сторожовий таймер для забезпечення надійності роботи системи.

Ці компоненти забезпечували безперебійну роботу мікроконтролера та його захист від можливих збоїв і перешкод.

Внутрішній датчик температури дозволяв контролювати тепловий режим мікроконтролера і вживати заходів у разі перегріву, що було важливим для забезпечення довговічності та надійності системи.

Є також входи для зовнішнього опорного напруги (VREF) та кварцових резонаторів (XTAL1, XTAL2). Наявність цих елементів дозволяла забезпечити стабільність та точність роботи мікроконтролера, що було критично важливим для високоточного контролю температури.

Зовнішній опорний сигнал і кварцові резонатори забезпечували точність і стабільність роботи аналогових та цифрових компонентів мікроконтролера, що було необхідним для виконання точних вимірювань і керування.

Схема електрична функціональна зображена на рисунку 3.2.

Таким чином, розробка електричної функціональної схеми для ADuC841 вимагала врахування багатьох аспектів та деталей, які забезпечували ефективну роботу мікроконтролера та його інтеграцію в загальну систему.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

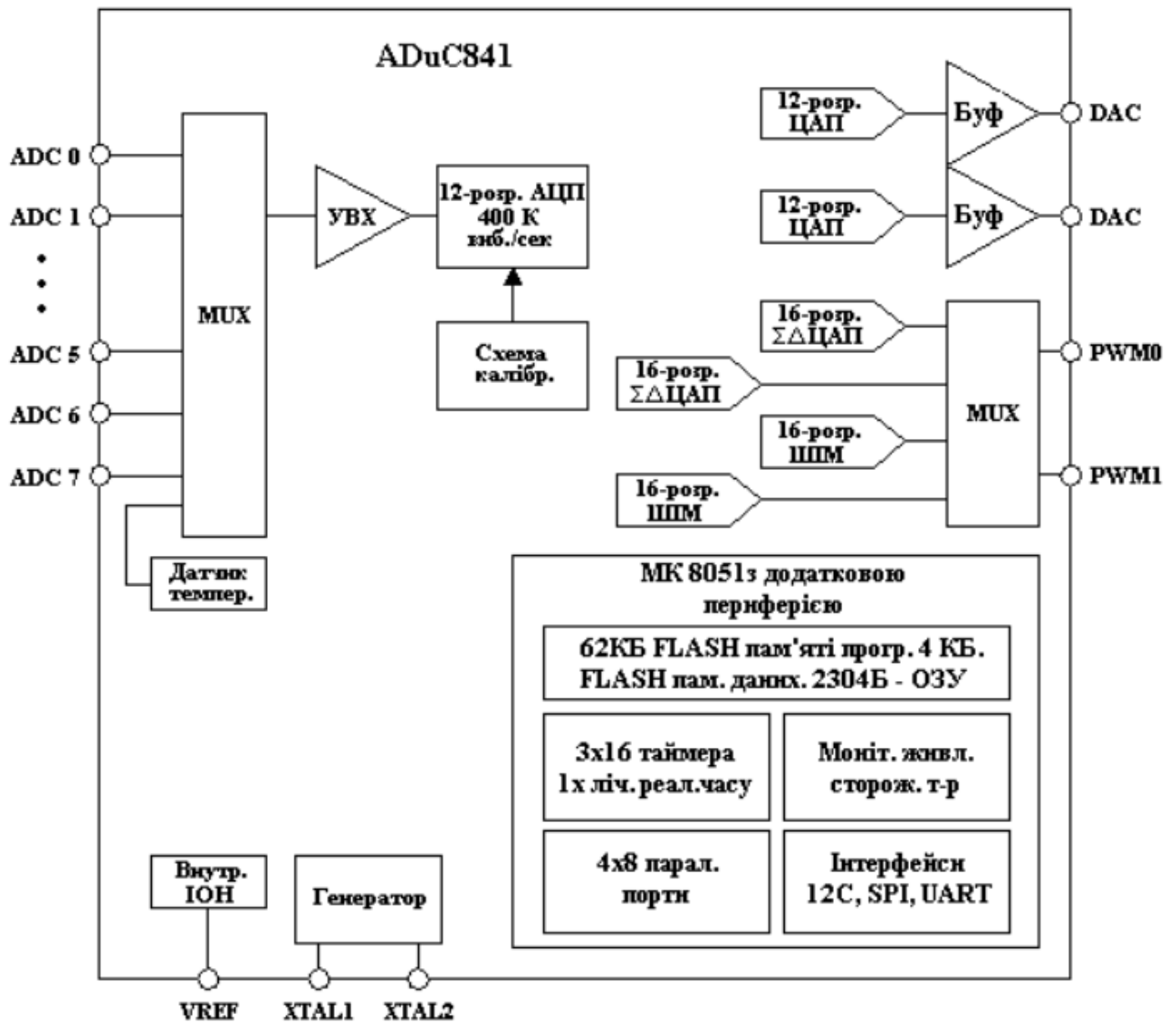


Рисунок 3.2 – Функціональна схема ADuC841

Ця схема надавала розробникам необхідні інструменти та інформацію для створення надійних і високопродуктивних систем контролю температури для промислового застосування. Висока точність, надійність і гнучкість мікроконтролера ADuC841 робили його ідеальним вибором для реалізації складних промислових проектів, що вимагали високої якості контролю і керування.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

3.3 Розробка алгоритма функціонування пристрою

Алгоритм контролю температури двоканальної кіберфізичної системи, розроблений на базі мікроконтролера ADuC841, забезпечував надійний і точний моніторинг температурних показників у промислових умовах.

Розробка даного алгоритму була спрямована на досягнення високої ефективності та надійності системи контролю температури, що є критично важливим для забезпечення стабільної роботи обладнання в умовах великих температурних коливань.

На початку процесу система перевіряла, чи ввімкнена вона. Це був важливий крок для визначення подальших дій. Якщо система була ввімкнена, починався процес зчитування температури з двох незалежних датчиків, що дозволяло отримати точні та надійні дані про стан температури.

Якщо система не була ввімкнена, вона залишалася в режимі очікування, готова до моменту активації.

Зчитування температури з першого датчика було першим кроком після ввімкнення системи. Це забезпечувало оперативну перевірку температурних умов у середовищі. Датчики, встановлені у відповідних місцях, фіксували температуру в реальному часі, передаючи дані до мікроконтролера.

Мікроконтролер, у свою чергу, аналізував ці дані та визначав, чи знаходиться температура в межах допустимого діапазону. Цей крок був критичним для забезпечення точності вимірювань і своєчасного реагування на будь-які відхилення від норми.

Перевірка меж температури після зчитування даних з першого датчика дозволяла системі визначити, чи знаходиться температура в межах допустимого діапазону.

Якщо температура виходила за ці межі, система переходила до зчитування температури з другого датчика для підтвердження відхилення. Ця перевірка була необхідною для запобігання помилковим тривогам та забезпечення максимальної точності.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Зчитування температури з другого датчика було важливим етапом, оскільки воно забезпечувало додаткову перевірку даних. Другий датчик діяв як резервний, підтверджуючи або спростовуючи дані, отримані з першого датчика.

Це дозволяло уникнути хибних спрацьовувань системи та забезпечувало високу точність контролю. Після зчитування температури з другого датчика, система знову перевіряла, чи знаходиться температура в межах допустимих значень. У разі відсутності відхилень, система продовжувала моніторинг у штатному режимі.

Якщо хоча б один з датчиків фіксував температуру поза межами допустимого діапазону, система генерувала аварійне повідомлення. Це було важливим сигналом для операторів про те, що температурні умови виходять за межі безпечних параметрів і необхідно вжити відповідних заходів.

Аварійне повідомлення могло надходити у вигляді звукового або світлового сигналу, а також повідомлення на дисплеї або через інтерфейс комп'ютерної системи моніторингу. Це дозволяло операторам швидко реагувати на зміни умов і вживати необхідних заходів для стабілізації температури.

У випадку, якщо температура перевищувала верхню межу допустимого діапазону, система автоматично вмикала охолодження.

Це забезпечувало швидке зниження температури до безпечного рівня, що було критично важливим для запобігання перегріву обладнання та можливих аварій.

Система охолодження могла включати в себе різні механізми, такі як вентилятори, охолоджуючі рідини або термоелектричні елементи, що ефективно знижували температуру.

Якщо ж температура була нижчою за нижню межу допустимого діапазону, система вмикала нагрів.

Це дозволяло підтримувати температуру на достатньому рівні для нормальної роботи обладнання, запобігаючи його переохолодженню. Нагрівальні елементи могли включати в себе електричні нагрівачі або інші пристрої, що забезпечували підвищення температури до необхідного рівня.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Після нормалізації температури, система вимикала охолодження або нагрів. Це було важливим для економії енергії та забезпечення стабільної роботи системи без надмірного навантаження на охолоджувальні або нагрівальні елементи.

Автоматичне вимикання охолодження або нагріву дозволяло уникнути зайвих витрат енергії та подовжувало термін служби відповідних елементів системи.

Крім того, система постійно перевіряла наявність живлення.

Це було необхідно для забезпечення безперервної роботи системи контролю температури.

У випадку відсутності живлення, система переходила в безпечний режим і завершувала роботу, попередньо сповістивши операторів про необхідність вжити заходів для відновлення живлення.

Перевірка живлення здійснювалася за допомогою спеціальних датчиків та контролерів, що фіксували стан енергопостачання.

Таким чином, розроблений алгоритм забезпечував високий рівень надійності та точності контролю температури у промислових умовах. Він дозволяв швидко реагувати на відхилення температури від допустимих значень, забезпечуючи безпечні та стабільні умови для роботи обладнання.

Це було особливо важливо для промислових застосувань, де стабільність і безпека роботи системи мають критичне значення.

Алгоритм враховував всі можливі сценарії та забезпечував ефективне керування температурою, що сприяло підвищенню продуктивності та надійності промислових процесів.

Алгоритм наведено на рисунку 3.3.

Розроблений алгоритм мав кілька ключових переваг, які робили його надзвичайно важливим для промислових застосувань.

Перш за все, алгоритм забезпечував високу точність контролю температури за рахунок використання двох незалежних датчиків.

Це дозволяло уникнути хибних спрацьовувань і забезпечувало надійність системи.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Крім того, автоматичне включення та вимкнення охолоджувальних і нагрівальних елементів забезпечувало оптимальне споживання енергії та підвищувало ефективність роботи системи.

Система також враховувала можливість аварійних ситуацій, що дозволяло своєчасно реагувати на будь-які відхилення від нормальних умов і запобігати можливим аваріям.

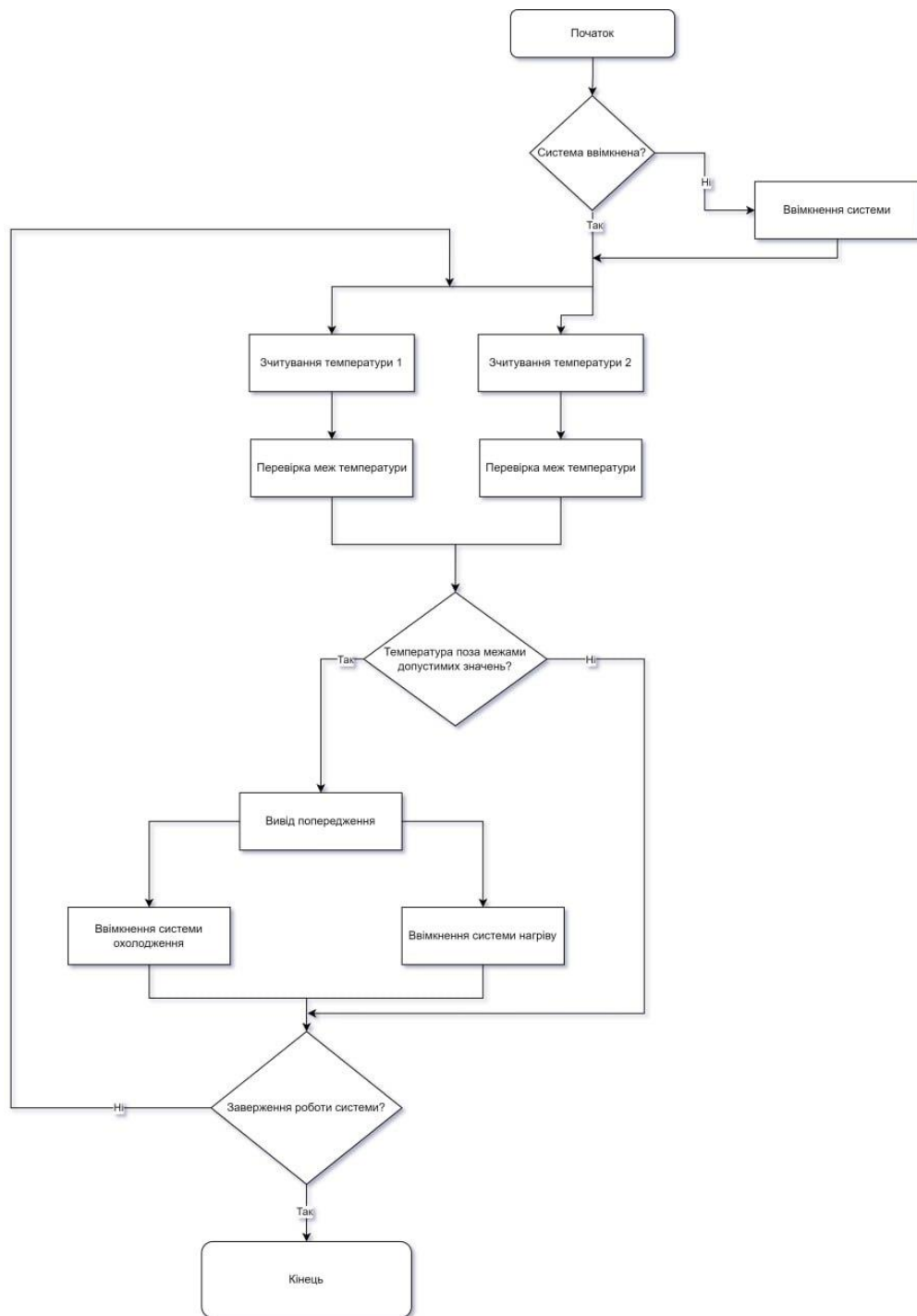


Рисунок 3.3 – Алгоритм роботи мікроконтролера

Існували також інші підходи до реалізації систем контролю температури. Одним з таких підходів було використання одно- або багатоканальних аналогових контролерів, які забезпечували меншу точність, але були простішими у використанні та налаштуванні. Іншим підходом було використання цифрових терморегуляторів з програмованими логічними контролерами (PLC), що забезпечувало високу гнучкість та можливість інтеграції з іншими системами автоматизації.

Проте, ці підходи мали свої обмеження. Аналогові контролери часто не могли забезпечити необхідну точність і швидкість реакції, що було критично важливим для деяких промислових застосувань.

Використання PLC, хоча й забезпечувало високу гнучкість, було дорожчим і складнішим у налаштуванні та обслуговуванні.

Таким чином, розроблений алгоритм на базі мікроконтролера ADuC841 забезпечував оптимальне поєднання точності, надійності та ефективності, що робило його ідеальним вибором для промислових застосувань.

Він дозволяв забезпечити стабільність і безпеку роботи обладнання, що було особливо важливим у умовах великих температурних коливань.

3.4 Висновки

Розроблена електрична структурна схема для двоканальної кіберфізичної системи контролю температури на базі мікроконтролера ADuC841 відкриває широкі перспективи для впровадження у промислових умовах. Основними перевагами є не лише технічна ефективність та точність, але й гнучкість у використанні та можливість розширення функціоналу.

Вибір ADuC841 обумовлений не лише його високою продуктивністю та точністю, а й широким спектром можливостей інтерфейсу, що дозволяє легко інтегрувати його з іншими пристроями та системами. Це робить систему готовою до співпраці з будь-якими вимогами промисловості та забезпечує її довготривалу ефективність.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Давачі температури та виконавчі елементи, також являють собою ключові складові системи. Їхній правильний вибір та розташування на схемі забезпечують не лише високу точність вимірювання температури, але і швидкість реакції на зміни, що дозволяє уникнути небажаних коливань та забезпечити стабільність управління.

Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) для керування виконавчими елементами є дієвим рішенням для забезпечення плавного та стабільного контролю температури. Цей метод дозволяє знизити споживану енергію та забезпечує точне відтворення необхідних параметрів середовища.

Завдяки використанню інтерфейсів зв'язку, система стає частиною "Інтернету речей" (IoT), що дозволяє збирати, аналізувати та обмінюватися даними для оптимізації виробничих процесів та підвищення ефективності управління.

Система також містить механізми захисту, які гарантують надійну та безпечну роботу. Наявність алгоритмів виявлення та управління несправностями дозволяє оперативно реагувати на можливі проблеми, що може виявитися критичним у виробничих процесах.

Крім того, система може бути легко розширена або модифікована для врахування специфічних потреб конкретного виробництва або вимог стандартів безпеки.

Загалом, розроблена система контролю температури на базі мікроконтролера ADuC841 представляє собою інноваційний та високоефективний продукт, який відповідає найвищим стандартам та вимогам.

Її впровадження може значно покращити якість та надійність виробничих процесів у промислових умовах, що робить її дуже привабливою для широкого кола виробників та підприємств, що працюють у галузі автоматизації та управління.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Об'єктом розгляду у даній кваліфікаційній роботі була двоканальна кіберфізична система контролю температур, спроектована для промислових застосувань і заснована на мікроконтролері ADUC841. Важливим аспектом дослідження також був аналіз технічних характеристик системи та її реальної ефективності у різноманітних умовах експлуатації.

Мета даного дослідження полягала в ретельному вивченні можливостей та обмежень використання вказаної системи, а також визначенні практичної застосованості у промислових виробництвах.

В даній роботі детально було розглянуто мікроконтролер ADuC841, розкрито його ключові аспекти та можливості у сфері промислового контролю температурних процесів. Мікроконтролер ADuC841 відіграє ключову роль в системах промислового контролю, забезпечуючи ефективність, надійність та точність у виробничих процесах. У реальному часі мікроконтролер виконує обробку даних, приймає рішення та надає зворотний зв'язок для регулювання параметрів виробничого обладнання. Його надійність та стабільність роботи роблять його важливим елементом в системах автоматизації, де забезпечення постійного контролю та управління є критичними для ефективності та безпеки виробничих процесів. Що і відноситься до даної кваліфікаційної роботи.

Окрім самого мікроконтролера ADuC841 у роботі було розглянуто загальну інформацію про мікроконтролери, їх необхідність та сфери застосування. Розглядалися також широкодіапазонні датчики температури для кращого розуміння поставленої задачі.

Як результат було створено дві основні схеми для подальшої роботи з даним мікроконтролером: схема електрична функціональна та схема електрична структурна. Крім того було розроблено алгоритм функціонування даного мікроконтролера відповідно поставленої задачі – широкодіапазонний контроль температур у приміщеннях промислового застосування.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Shiraz P. B. R., Dr. B. Yogesha. Microcontroller based automated irrigation system. *The International Journal Of Engineering And Science IJES*. 2014. №3. P 21-42.
2. Reese R. B., Bryan A. J. Improving the effectiveness of microcontroller education. *Proceedings of the IEEE SoutheastCon. IEEE*. 2017.№22.P 688-691.
3. Smith J. A. Introduction to Microcontrollers: Principles and Applications. 2020. 422 p.
4. Patel S. M. Programming Microcontrollers with C. Wiley. 2019. 564 p.
5. Rodriguez M. L. Embedded Systems Design with PIC Microcontrollers. 2021. 361 p.
6. Mazidi M. A. The 8051 Microcontroller and Embedded Systems using Assembly and C. Pearson. 2018. 252 p.
7. Molchanov O. A., A Sergienko A. M., Romankevich V. O. Мікроконтролери зі стековою архітектурою. 2023.№2.72.P 74-80.
8. Mamat R. Real-time Digital Control of a Coupled-Tank Plant with a Cyber-Physical System Node. *ELEKTRIKA-Journal of Electrical Engineering*. 2020.№3.17.P 1-6.
9. Novac P. Quantization and deployment of deep neural networks on microcontrollers. 2021.№21.9.P 28-42.
10. Hur, B. Embedded System Education Curriculum Using TI SimpleLink Microcontrollers in Engineering Technology. *ASEE Virtual Annual Conference Content Access*. 2020.№1.P 1-12.
11. Nazarova O. S., Osadchyy. V.V., and Oleinikov. M. O. Investigation of the automatic control system for two-mass position electric drive. 2020. 120 p.
12. Engelberg S. Education I&M: Seeing Phase Truncation Spurs in the Output of Direct Digital Synthesizers. *IEEE Instrumentation & Measurement*. 2023.№26.9.P68-69.
13. Xiangfeng H, Zhou Z. A portable gait acceleration acquisition system. *International conference on electric information and control engineering. IEEE*. 2011.№4.P 17-20.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

14. Dyubko S. F. Time-dependent registration of ionization current for spectroscopy of rydberg atoms. *INTERNATIONAL KHARKOV SYMPOSIUM ON PHYSICS AND ENGINEERING OF MICROWAVES, MILLIMETER AND SUBMILLIMETER WAVES. IEEE.* 2017.№6.P 15-19.
15. Engelberg S., Benjamin C., Eliezer Y. Designing a secure data-logger Instrumentation Notes. *IEEE Instrumentation & Measurement.* 2019.№3.P 10-16.
16. Ibrahi D. Microcontroller based applied digital control. 2016. 341 p.
17. Bolanakis D. E. A survey of research in microcontroller education. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje.* 2019.№22.P 57-68.
18. Barrett S. F. Arduino microcontroller processing for everyone!. Springer Nature, 2022. 266 p.
19. NG, T. S. Microcontroller. Real Time Control Engineering. *Systems And Automation.* 2016.№1.P 39-77.
20. Босенко, Л. С. Портативна метеостанція на мікроконтролері. 2021. 321 p.
21. Мудрак, Я. В. Побутовий терморегулятор на мікроконтролері. 2021. 130 p .
22. Belvedere B. A microcontroller-based power management system for standalone microgrids with hybrid power supply. *IEEE Transactions on Sustainable Energy.* 2022. № 3.3. 422-431.
23. Ibrahim D. Microcontroller-based temperature monitoring and control. Elsevier. 2015. 478 p.
24. Bolat D. Kadir E., Postalcioglu S. Experimental autotuning PID control of temperature using microcontroller. *EUROCON The International Conference. IEEE.* 2014.№1. P 22-45.
25. Dosedřlová V. A novel temperature-controlled open source microcontroller based sampler for collection of exhaled breath condensate in point-of-care diagnostics. 2022. 984 p.
26. Sekhar N., Chandra T., Suresh R., Bhavani. G. Implementation of low-cost MEMS based temperature measurement and control system using Lab VIEW and

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

microcontroller. *International Conference on Power, Control and Embedded Systems (ICPCES). IEEE.* 2014.№1. P 15-60.

27. Fisher, D., Hirut K. A low-cost microcontroller-based system to monitor crop temperature and water status. *Computers and electronics in agriculture.* 2020.№74.1. P 168-173.

28. Wen-tian H., Jin-Ping L. Research and design of intelligent temperature control system. *Second international workshop on education Technology and computer science. IEEE.* 2018. №1 98-123.

29. Chatterjee N. A combination of astable multivibrator and microcontroller for thermistor-based temperature measurement over internet. *IEEE Sensors Journal.* 2019. №3.1. P 3252-3259.

30. Punse A., Sunil N., Ritesh J. A novel application of multipoint temperature control using pid. *International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC). IEEE.* 2019.№3 P 103-126.

31. Azizi N., Saeed Z. Adaptive temperature control for simulated annealing: a comparative study. *Computers & Operations Research.* 2014. №31.14 P 2439-2451.

32. O'Neill, M. J. The Analysis of a Temperature-Controlled Scanning Calorimeter. *Analytical chemistry.* 2014. №36.7. P 1238-1245.

33. Cott, B. J., Sandro M. Temperature control of exothermic batch reactors using generic model control. *Industrial & engineering chemistry research.* 2019. №28.8. P 1177-1184.

34. Zhu B. Thermal stresses and temperature control of mass concrete. 2014. 637 p.

35. Bianchi, R. A. CMOS compatible temperature sensor based on the lateral bipolar transistor for very wide temperature range applications. *Sensors and Actuators.* 2018. № 71.1-2. P 39-95.

36. Bentley, J. P. Temperature sensor characteristics and measurement system design. *Journal of Physics E: Scientific Instruments.* 2014. № 17.6. P 430.

37. Moser Y., Martin G. Miniaturized flexible temperature sensor. *Journal of microelectromechanical systems.* 2017. №16.6. P 1349-1354.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

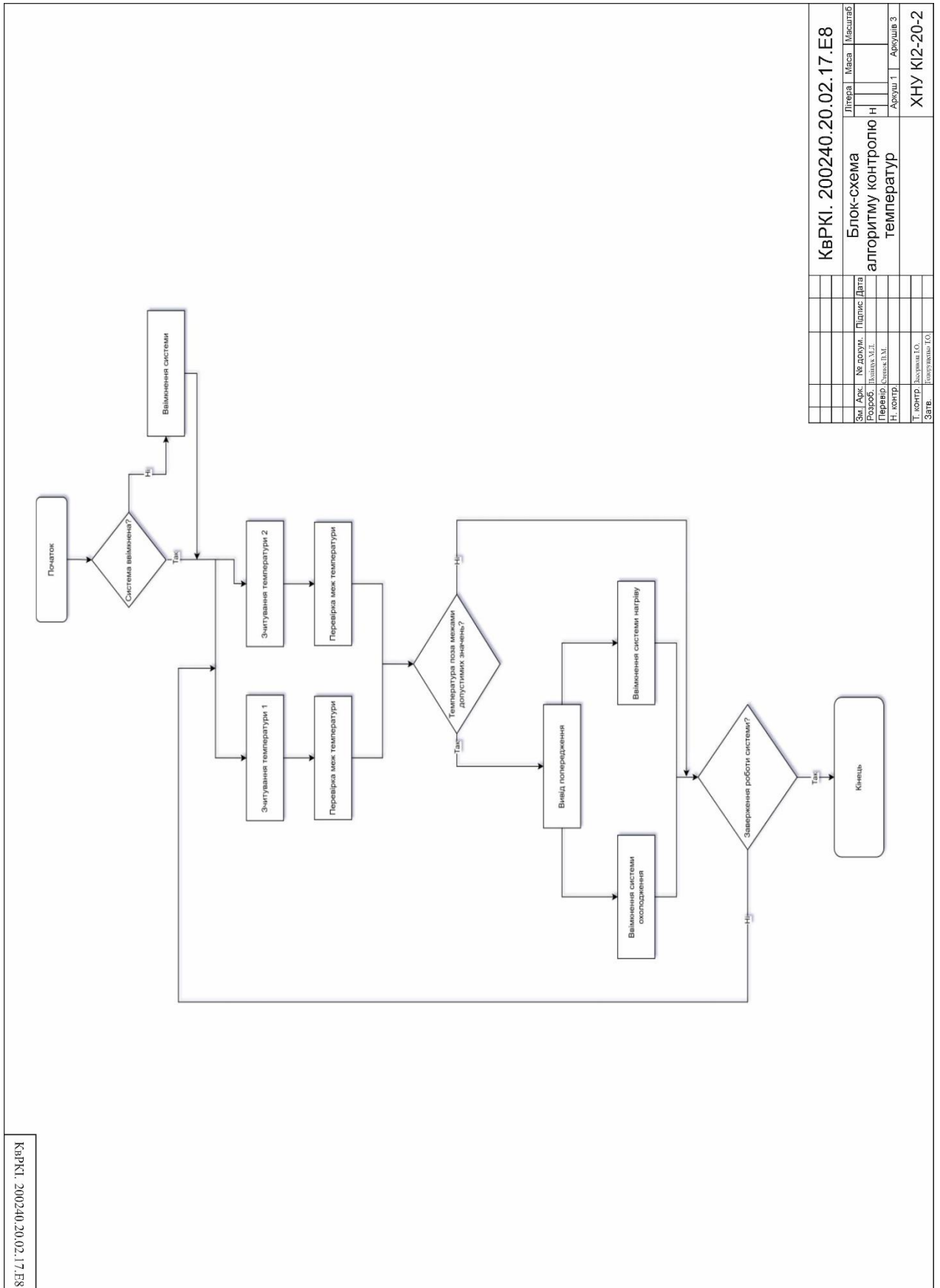
38. Zhang B., Mojtaba K. High-temperature resistance fiber Bragg grating temperature sensor fabrication. *IEEE sensors journal*. 2017. № 7.4. P 586-591.
39. Collins S. F. Comparison of fluorescence-based temperature sensor schemes: theoretical analysis and experimental validation. *Journal of applied physics*. 2018. №84.9. P 4649-4654.
40. Rao Y. In-fiber Bragg-grating temperature sensor system for medical applications. *Journal of Lightwave Technology*. 2017. №15.5. P 779-785.
41. Rai V. Temperature sensors and optical sensors. *Applied Physics*. 2017. №88. P 297-303.
42. Lee, C. E., Atkins R.A., Henry F. T. Performance of a fiber-optic temperature sensor from– 200 to 1050 C. *Optics letters*. 2018. №13.11. P 1038-1040.
43. Hirayama N., Yasukazu S. Fiber Bragg grating temperature sensor for practical use. *ISA transactions*. 2020. №39.2. P 169-173.
44. Turhan-Sayan G. Temperature effects on surface plasmon resonance: design considerations for an optical temperature sensor. *Journal of Lightwave Technology*. 2023. №21.3. P 805.
45. Schmidt R., Uwe S. Using the chip as a temperature sensor-The influence of steep lateral temperature gradients on the Vce (T)-measurement. *Epe Journal*. 2018. №18.1. P 5-11.
46. Hartog A. A distributed temperature sensor based on liquid-core optical fibers. *Journal of lightwave Technology*. 2018. №13.1. P 498-509.
47. Trung T. Freestanding, fiber-based, wearable temperature sensor with tunable thermal index for healthcare monitoring. *Advanced healthcare materials*. 2018. №7.12 . P 1874.
48. Zhu J. Fiber-optic high-temperature sensor based on thin-core fiber modal interferometer. *IEEE Sensors Journal*. 2016. №10.9. P 1415-1418.
49. Sanchez J. Maria P. C. Microcontroller programming: the microchip PIC. CRC press. 2018. 257 p.
50. Mazidi, M. Sepehr Naimi, and Sarmad Naimi. The AVR microcontroller and embedded systems. 2017. 562 p.

					КВРКІ. 200240.20.02.17 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

(обов'язково)

Копія креслення «Блок-схема алгоритму контролю температур»



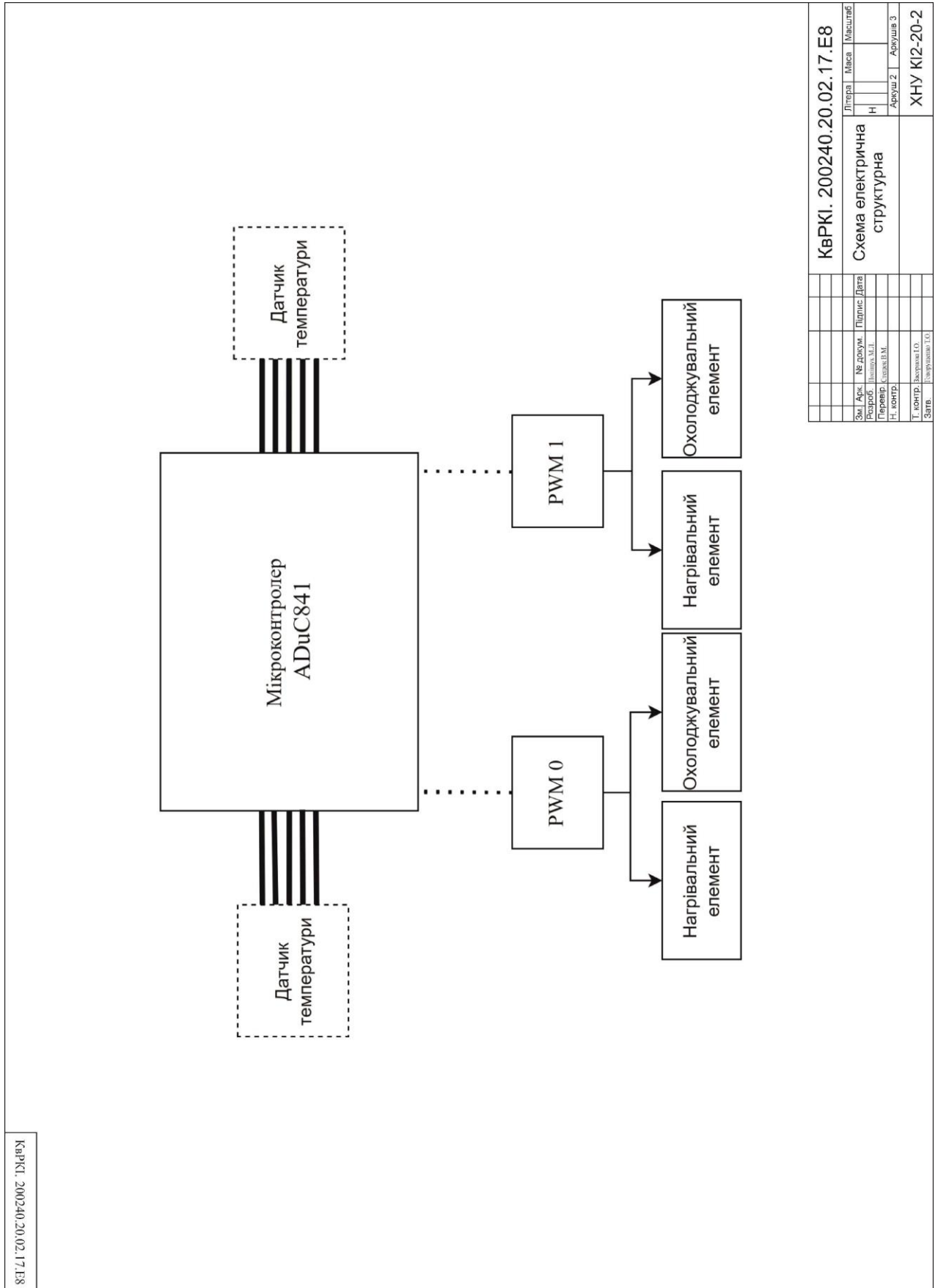
КвРКІ. 200240.20.02.17.E8

КвРКІ. 200240.20.02.17.E8			
Блок-схема алгоритму контролю температур			
Зм. Док.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Попов А.М.		
Перевір.	Савчук М.		
Н. контр.			
Т. контр.	Васильчук Г.О.		
Затв.	Попов А.М.		
Літера	Маса	Наслідок	
		Н	
Аркуш 1	Аркуш 3		
			ХНУ КІ-20-2

ДОДАТОК Б

(обов'язково)

Копія креслення «Схема електрична структурна»

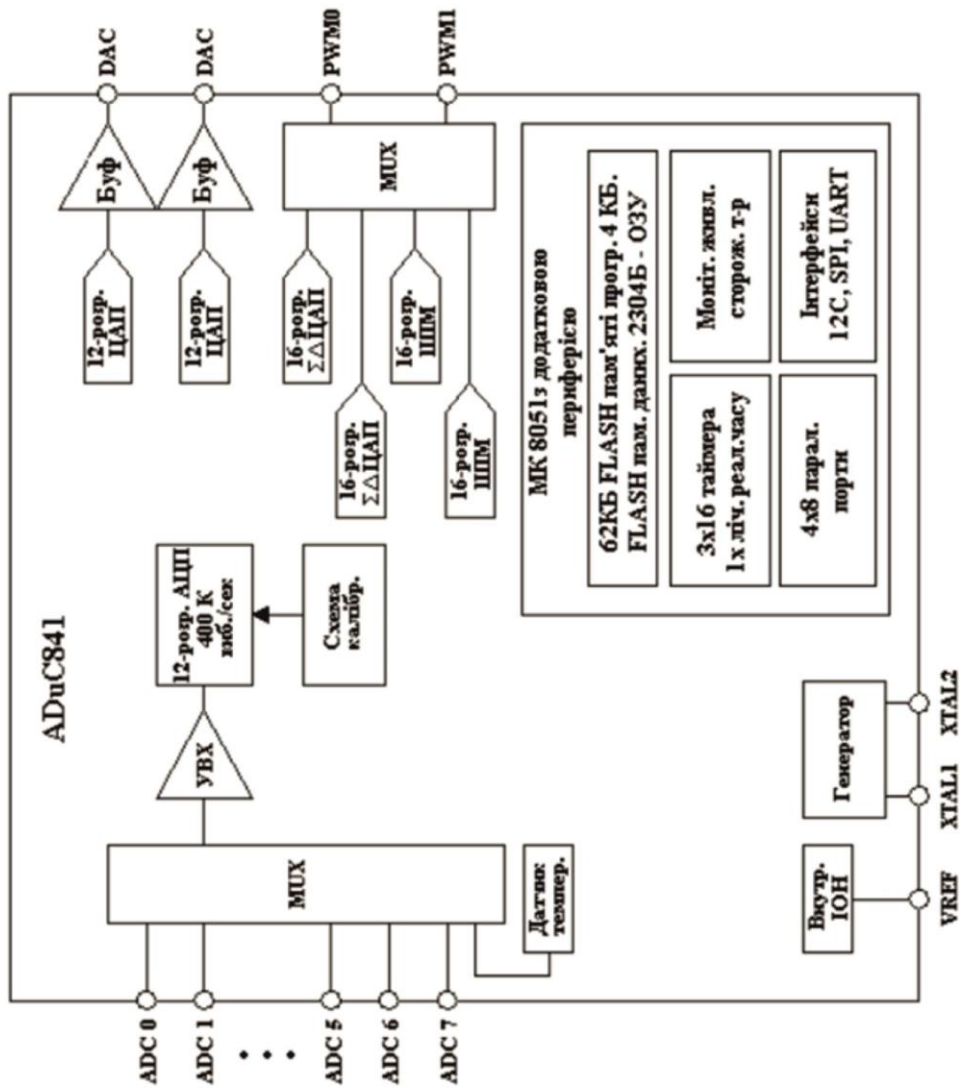


ДОДАТОК В

(ОБОВ'ЯЗКОВО)

Копія креслення «Схема електрична функціональна»

КвРКІ. 200240.20.02.17.Е8



КвРКІ. 200240.20.02.17.Е8		Літера	Масштаб
Схема електрична функціональна		Н	
ХНУ КІ2-20-2		Аркуш 3	Аркуш 3
Зм.	Арк.	№ доум.	Підпис
Розроб.	Польовий А.І.		
Перевір.	Степанів В.М.		
Н. контр.			
Т. контр.	Богданович І.О.		
Затв.	Богданович І.О.		

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

Дата перевірки:
20.06.2024 16:29:09 EEST

Дата звіту:
20.06.2024 18:07:55 EEST

ID перевірки:
1016378451

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005591

Назва документа: Поліщук_Балансувальник задач для динамічної розподіленої системи обчислень

Кількість сторінок: 64 Кількість слів: 11604 Кількість символів: 95636 Розмір файлу: 2.88 MB ID файлу: 1016186985

9.15% Схожість

Найбільша схожість: 1.85% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1008308437)

8.22% Джерела з Інтернету 703 Сторінка 66

3.35% Джерела з Бібліотеки 230 Сторінка 70

0.38% Цитат

Цитати 3 Сторінка 71

Не знайдено жодних посилань

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 10%

ID: 131789 Назва: БКР Балансувальник задач для динамічної розподіленої системи обчислень Додано в БД: 2024-06-20 Автора: М. Л. Поліщук Керівники: В.М Стецюк Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	81621	618	794 (1%)	9 (1%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Поліщук Микола Леонідович

Тема: двоканальна кіберфізична система широкодіапазонного контролю температур промислового застосування на базі мікроконтролера aduc841

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 56

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: В рамках кваліфікаційної роботи було проведено дослідження по роботі з мікроконтролером ADuC841. Також було виділено переваги даного мікроконтролера та порівняно його з аналогами. Крім того було розглянуто середовища для програмування даного мікроконтролера та побудовано алгоритм контролю температур. Для подальшої ефективної роботи з даним мікроконтролером було побудовано 2 схеми. Схему електричну структурну та схему електричну функціональну відповідно.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Дипломний проект у повній мірі відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому, теоретичному, розділі дипломного проекту якісно та в повній мірі розглянуті методи вирішення задач балансування навантажень у розподілених системах обчислень. У наступному розділі було здійснено обґрунтування вибору програмних засобів для реалізації алгоритму балансування. У основній проектній частині диплому було представлено реалізацію ефективний алгоритм балансування завдань для розподіленої системи обчислень. Було реалізовано програмний серверний додаток для організації гібридної системи, а також реалізовано програму для моніторингу стану системи. В загальному усі розділи відповідають завданню та містять сучасні методи вирішення поставлених завдань.

4. Позитивні сторони роботи: Дипломний проект відповідає вимогам кваліфікаційної роботи з системами широкодіапазонного контролю температур. Дана робота демонструє реалізований алгоритм широкодіапазонного контролю температур у промислових приміщеннях з використанням мікроконтролера ADuC841. Кваліфікаційна робота також містить спроектовані схеми які допомагають у роботі з мікроконтролером а саме: схему електричну структурну та схему електричну функціональну.

5. Негативні сторони роботи: Не розглянуто побудову схеми електричної принципової. Алгоритм контролю температур не передбачує обробку помилок.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.


8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої дипломної роботи вважаю, що робота заслуговує оцінки «задовільно», () .

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Петросюк Леонід Петрович, зав. каф. 1173
ХНУ

“ ” _____ 2024 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КПС
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Поліщука Миколи Леонідовича

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-20-2

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

3 червня 2024 року

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Двоканальна кіберфізична система широкодіапазонного контролю температур промислового застосування на базі мікроконтролера aduc841

Автор: Поліщук Микола Леонідович

Спеціальність: 123- Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Стецюк Василь Миколайович., ст. викладач

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

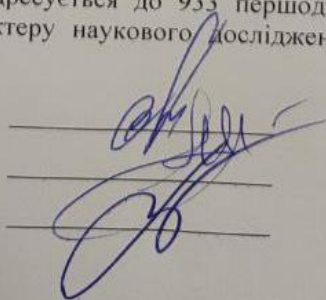
- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 65-71 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 9.15% і адресується до 933 першоджерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС



В. М. Стецюк

С.М. Лисенко

Т. О. Говорущенко